

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
„ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”



IV Всеукраїнська науково-технічна
конференція молодих учених, аспірантів та студентів
„Автоматизація, контроль та управління: пошук ідей та
рішень” (АКУ-2018)

22-23 травня 2018 р.

Збірник наукових праць

м. Покровськ

Автоматизація, контроль та управління: пошук ідей та рішень (АКУ-2018). Збірник наукових праць IV Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів та студентів в м. Покровську 22-23 травня 2018 р. - Покровськ, ДонНТУ, 2018. - 191 с.

До збірника наукових праць увійшли матеріали доповідей, що було представлено на IV Всеукраїнській науково-технічній конференції молодих учених, аспірантів та студентів, що проведена кафедрою Автоматики та телекомунікацій факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, електроінженерії та радіоелектроніки ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» (м. Покровськ, Україна). Збірник призначений для студентів та аспірантів вищих технічних навчальних закладів, технічних фахівців з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Представлено результати наукових досліджень та розробок молодих вчених, аспірантів та студентів із провідних технічних вузів та наукових закладів України (Покровськ, Харків, Київ, Одеса, Северодонецьк) та Німеччина (м. Бінген).

That is the collection of scientific articles of young researches and students from technical high schools of Ukraine (Pokrovsk, Kharkiv, Kyiv, Odesa, Severodonetsk) and Germany (Bingen).

Представлены результаты исследований и разработок молодых ученых, аспирантов и студентов из ведущих технических вузов Украины (Покровск, Харьков, Киев, Одесса, Северодонецк) и Германии (Бинген).

Організаційний комітет: Башков Є.О., д.т.н., проф., проректор з наукової роботи ДонНТУ - голова оргкомітету; Тарасюк В.П., к.т.н., доц., декан факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, електроінженерії та радіоелектроніки ДонНТУ – заст. голови оргкомітету; Воропаєва А.О., к.т.н., доц. кафедри автоматики та телекомунікацій, відповідальний секретар; Жовтобрух С.А., ст. викл. кафедри автоматики та телекомунікацій - відп. редактор, Воропаєва В.Я., к.т.н., проф., проректор з навчальної роботи ДонНТУ; Зорі А.А., д.т.н., проф. кафедри електронної техніки; Вовна О.В., д.т.н., проф., завідувач кафедри електронної техніки; Поцєпаєв В.В., к.т.н., доц., завідувач кафедри автоматики та телекомунікацій; Колларов О.Ю., к.т.н., доц., завідувач кафедри електричної інженерії.

Секретаріат оргкомітету: Ступак Г.В., ст. викл. кафедри автоматики та телекомунікацій

Відповідальність за зміст, новизну та оригінальність наданого матеріалу несуть автори статей.

Затверджено вченою радою факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, електроінженерії та радіоелектроніки ДВНЗ «Донецький національний технічний університет». Протокол № 1 від 23.05.2018 р.

© ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», 2018 р.

1. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, впровадження концепції Industry4.0 в промислову автоматику

УДК 004.942:67-519.252

Астафьев Н. А., аспирант, техэксперт ОТ и ПБ (nik_a1975@i.ua)

Дмитриева О. А., д.т.н., проф. (dmitrieva.donntu@gmail.com)

ГВУЗ „Донецкий национальный технический университет”, г. Покровск, Украина

ПРОБЛЕМА СБОРА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ КОТЛОВ

Любое промышленное предприятие в технологическом процессе использует множество объектов повышенной опасности (ОПО), аварийные ситуации на которых необходимо предвидеть, так как они могут привести к человеческим жертвам или техногенным катастрофам. Поэтому существует необходимость в мониторинге параметров технологических процессов с целью определения надежности ОПО и сроков до вероятного разрушения, используя при этом данные уже эксплуатирующихся систем. При отсутствии автоматического мониторинга эксплуатационных параметров, точность внесенных оператором в агрегатные журналы ОПО данных влияет на поиск оптимальной математической модели, оценивающей срок безаварийной эксплуатации парового котла.

Типовой котел [1] представляется структурной схемой (рис. 1), на которой можно выделить пароводяную и газовоздушную системы [2].

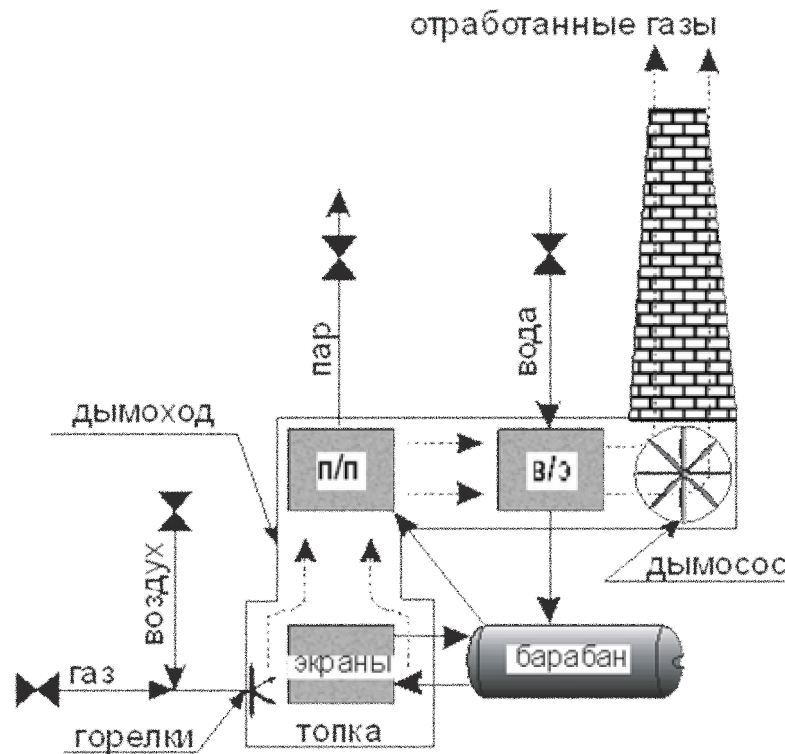


Рисунок 1 – Схема котла

Границами этих систем являются металлические стенки труб поверхностей нагрева пароводяной системы, через которые происходит перенос тепловой энергии от сгорания газа на нагрев воды и преобразования ее в пар.

В процессе эксплуатации котлов невозможно поддерживать рабочие параметры на протяжении всего срока эксплуатации. Это связано с неоднородностью газа (скачки температуры при сгорании), рабочей среды (непостоянное содержание солей, перепады давления воды по различным причинам), выработки горелок, износа труб и образования накипи на стенках труб. В связи с этим стойкость материала снижается, уменьшается толщина металла элементов котла, увеличивается расход энергоносителей и т. д. [2]

Для этого в критичных узлах пароводяной (питательная линия, барабан, экраны и пароперегреватель) и газовоздушной (горелочные устройства, топка котла, дымоход, дымосос) систем установлены датчики или отводы к приборам контроля. В каждой системе оператором периодически осуществляется снятие данных с приборов оперативного учета.

При отсутствии в АСУ котла специального хранилища интересующих нас данных для разработки математической модели, оценивающей срок его безаварийной эксплуатации, приходится пользоваться бумажными носителями, заполненными людьми.

После преобразования данных в электронный вид возникают следующие проблемы при их первичной обработке:

1. Ошибки при переносе данных с бумажного носителя (агрегатный журнал, суточная ведомость, ремонтный журнал и т.п.) в электронный вид из-за их большого количества (ежечасный контроль более 30 параметров в течение 5 календарных лет с редкими остановками). Данную ошибку обозначим как «Ошибка копирования».

Такие ошибки легче всего отследить по минимальному и максимальному значению либо всех значений, либо выборки по определенным периодам. При опечатке возможен, во-первых, пропуск или случайный набор лишних цифр (механическая ошибка). Во-вторых, возможен ввод данных соседнего параметра (невнимательность), а так как параметры, в основном, имеют различный порядок чисел, то данный способ легко позволяет выявить ошибку.

Такой первичный анализ дает хорошие результаты по выявлению и устранению «Ошибок копирования».

2. Ошибки заполнения журналов и ведомостей операторами – «Ошибка ввода». Данные проблемы возникают либо из-за халатного отношения к работе (заполнение ведомостей происходит в конце смены по памяти), либо в связи с отсутствием у оператора достаточной квалификации, чтобы определить сбой показания в приборе оперативного учета.

Кратковременные сбои аппаратной части можно выявить по косвенно зависимым другим параметрам. Например, расход питательной воды на входе не может быть ниже, чем расход пара на выходе, температура уходящих газов за пароперегревателем при нормальной работе не может быть ниже температуры пара. Это противоречит законам физики и ставит под сомнение данные, собранные из таких источников. Такие данные целесообразно исключить из дальнейшей обработки, чтобы ограничить влияние «Ошибок ввода» на результат моделирования.

Причиной такого расхождения также может быть снятие параметров одного часа эксплуатации за большой промежуток времени (не одновременный контроль приборов). Но эту проблему можно отсеять, приняв граничную погрешность, основанную на экспериментальных наблюдениях. Например, не более 3% отклонения параметра от среднего за 5 минут наблюдений. Тогда, применяя данный метод, можно нивелировать нестыковки в данных, отнесенных к «Ошибкам ввода», возникающие из-за растянутого во времени наблюдения и погрешности приборов оперативного учета.

3. Ошибки приборов оперативного учета, возникающие в связи с выходом их из строя – «Ошибка регистрации». Такое отклонение можно определить проверкой изменения параметра в произвольно выбранный промежуток времени (3 и более часа, смена, день и т.п.) в сравнении с изменениями косвенно связанных с ним параметрами.

Это происходит из-за выхода из строя датчика или самого прибора. Так как замена оборудования происходит не сразу, показания могут сильно отличаться от средних в течение нескольких часов, тогда как иные параметры в это же время будут показывать нормальное отклонение от средних величин.

Ошибки, которые легче всего устраняются – «Ошибки ввода». Остальные ошибки выявить сложнее и определить их границы точно практически невозможно. Для этого необходима экспертная оценка. При достижении критической массы сочетания всех трех ошибок в общем объеме данных, результаты расчетов по создаваемой математической модели могут сильно отличаться от реальных показателей.

Для исключения подобных ситуаций необходимо провести следующие мероприятия:

1. Добавление хранилища данных, полученных АСУ агрегата во время эксплуатации от приборов оперативного учета (исключаются полностью «Ошибки ввода» и частично «Ошибки регистрации»). Однако, это дорогостоящий вариант.

2. Ежедневный контроль записей в агрегатном журнале и суточной ведомости с опросом персонала, на основании чего можно сделать вывод о правильности их ведения и оперативно выявить выход из строя приборов и датчиков (частично исключает «Ошибки ввода» и полностью «Ошибки регистрации»). Но это кропотливый труд и долгосрочный проект, так как вероятность отказов у современных котлов составляет десятки процента в год.

3. Применение добавочного контроля [2] в каждом блоке агрегата, что подразумевает дополнительные расходы на приборы оперативного учета и датчики, но при этом полностью исключают «Ошибки регистрации». Проблемы с «Ошибками ввода» остаются.

С учетом всего вышесказанного, задача получения достоверных данных для реализации математической модели, которая бы рассчитывала сроки безаварийной эксплуатации ОПО, сильно зависит от человеческого фактора. Полностью исключить человеческий фактор возможно только при автоматизации процесса прогнозирования сроков безаварийной эксплуатации ОПО, в целом, и котельного оборудования, в частности.

Разработка и внедрение описанной системы автоматизации прогнозирования ориентировано на выявление ситуаций образования дефектов и оценивание сроков вероятных разрушений элементов оборудования. Усиление системы прогнозирования экспертной надстройкой позволит провести качественный анализ и получить экспертные выводы о причинах аварийных ситуаций.

Список ссылок:

1. Котельные установки / [Ю.А. Рундыгин, Е.Э. Гильде, А.В. Судаков и др.]; Т. IV-18 Машиностроение. Энциклопедия; Ред. совет: К. В. Фролов (пред.) и др. – М.: Изд-во Машиностроение, 2009. – 400 с.

2. Астафьев Н.А. Разработка подсистемы мониторинга для автоматического контроля надёжности котлов / Н.А. Астафьев, О.А. Дмитриева // Збірка доповідей II Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів та студентів «Автоматизація, контроль та управління: пошук ідей та рішень», 23-27 травня 2016 р. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2016. – С. 6 - 8.

Тарасюк В.П., декан ФКІТАЕР, к.т.н, доцент (viktoriia.tarasiuk@donntu.edu.ua)

Ахмедов Р.Н. , аспірант (ramin.akhmedov@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ УЧАСТІ СТУДЕНТІВ ДОННТУ У МІЖНАРОДНИХ КОНКУРСАХ XPLORE NEW AUTOMATION AWARD

У форматі інтерв'ю

1. У чому полягає основна ідея змагання? Скільки було етапів конкурсу?

З 2014 року група викладачів з кафедр Автоматики та телекомунікацій та Електронної техніки приймала участь у TEMPUS-програмі «Trainings in Automation Technologies for Ukraine», яка включала Duesseldorf University of Applied Sciences, Німеччина та базувалась на співпраці з компанією Phoenix Contact [1]. С 2016 року ДонНТУ також увійшов до мережі EduNet (International Education Network) та викладачі університету приймали активну участь у конференціях, тренінгах, стажуваннях, виставках які проводить компанія Phoenix Contact [2].

Phoenix Contact походить із Німеччини, головний офіс компанії розташований у місті Бломберг. Заснована 1923 року в Ессені, компанія зростала разом із розширенням завдань, що стояли перед ними. Це стосується як виробництва та технологій, так і різноманіття продукції та сфер діяльності. Роботу будують через свої філії у країнах. Мають 50 дочірніх компаній і 30 представництв у всьому світі, які забезпечують професійні консультації та своєчасну доставку продукції.



Загальна мета компанії: інноваційна продукція, технології та рішення в сфері електротехніки та автоматизації

Інноваційні технології з'єднання та автоматизації дозволяють компанії спільно з клієнтами та партнерами створювати рішення для світу майбутнього. Там, де це необхідно - наприклад, у транспортній інфраструктурі та електромобілях - для очищення води, виробництва відновлюваної енергії та створення інтелектуальних мереж електроживлення або енергоефективних машин і систем промислового обладнання.

Вони розглядають технологічні та відповідні соціальні зміни. Маючи майже 100-річний досвід в машинобудуванні та автоматизації, вони сьогодні працюють над інтелектуальним виробництвом майбутнього.

Xplore New Automation Award — міжнародний технологічно-освітній конкурс, організований компанією Phoenix Contact [3]. Його цільова аудиторія — ентузіасти техніки різного віку та з різною освітою. Команди школярів, студентів, практикантів і молодих спеціалістів змагаються між собою в креативності, розробляючи інноваційні рішення для автоматизації, що мають різне практичне спрямування.



Переваги конкурсу

- Дозволяють здобути нові технічні ноу-хау, які допомагають досягти успіху в обраній професії
- Дозволяють зав'язати контакти з підприємствами й вищими навчальними закладами
- Дозволяють виграти цінні призи

У рамках конкурсу xplore New Automation Award організатори підтримують команди

з усього світу, надаючи продукцію на суму 3000 євро для командних проектів.

Конкурс проводиться в п'ять номінацій: Smart Factory, Environment, Urban Infrastructure, Recreation, Infinity. У кожній номінації визначаються переможці. Найкращі в своїх номінаціях команди їдуть презентувати проекти до міста Бад-Пірмонт.

Незалежне журі, що складається з представників промислових підприємств, вишів і ЗМІ, нагороджує лауреатів.

Переможці конкурсу xplora New Automation Award мають змогу представити свій проект широкому загалу на Ганноверському ярмарку (Hannover Messe) — найбільшій у світі промисловій виставці.

Головує на конкурсі Роланд Бент, виконавчий віце-президент компанії Phoenix Contact з маркетингу й розвитку. Конкурс проводиться під патронатом Федерального міністерства економіки й енергетики.

Xplora New Automation Award-2018 був оголошений навесні 2018 року. За поданою організаторами інформацією було подано біля 2000 проектів з 34 країн світу. Віл ДонНТУ було подано три проекти (наукові керівники Тарасбк В.П., Ступак Г.В.)

У червні оголосили переможців першого туру і до 124 найкращих увішли два проекти ДонНТУ: «Road SSL» та «Stesha project» (з 16 українських, які взагалі пройшли цей тур).

Протягом 6 місяців команди отримали обладнання на 3000 євро кожна, приймали участь у веб-конференціях та обговореннях. Відправляли проміжні результати. Команди отримали сертифікати учасників. Доопрацьовували проекти та чекали на остаточне рішення журі. Не буду приховувати основну ставку ДонНТУ робило саме на проект «Road SSL». Він яскравіший, більш якісно оформлений, функціонально та технічно дуже цікавий, над ним працювали не один рік, але журі вирішило інакше і до 24 команд фіналістів потрапив сам проект «Stesha project» (у загальному рейтингу 2 українські команди: команда Кафедра АТЕП (КПІ ім.Ігоря Сікорського) з проектом «Besanabar» та команда кафедри Електронної техніки Донецького національного технічного університету з проектом «Stesha project». Напочатку березня команди вирушили до Німеччини, де 8 березня представляли свої проекти на фіналі конкурсу в головному офісі компанії PHOENIX CONTACT у м.Бад Пірмонт.

2. ДонНТУ представив на конкурсі проект «Stesha project». Розкажіть докладніше про проект. Як він виник та які проблеми були на етапі розробки?

Лозунг проекту «Наша мета - спростити процес пошуку необхідного товару і скоротити витрати часу!"

Кожен стикався з проблемою пошуку магазину (відділу) для придбання необхідного товару. Ти точно знаєш, що шукаєш, а доводиться зайти в один, другий, і знову повернутися в перший, втративши багато часу. Для вирішення таких ситуацій команда ДонНТУ створила голографічний помічник "Stesha". Цей помічник, за вашими критеріями, опису, ключовими словами підкаже вам магазин і покаже шлях до нього. Головна «фішка» нашого проекту - це новий голографічний дисплей і можливість спілкування помічника з відвідувачем. Користувачеві пропонується робити інтерактивний вибір; Помічник розповідає, де знаходиться потрібний магазин або підсвічує шлях до нього. Вся система синхронізована між центром управління та магазинами для забезпечення оптимальної її завантаженості.

Проект реалізований з мінімальним набором технічних пристроїв. Він має великі тенденції до розширення і впровадження в самі різні сфери суспільного життя. Структурна схема реалізації представлена на рис.1.

З'явився проект за наполегливості студента другого курсу спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка» Аносова Юрія. На лекціях з комп'ютерних технологій я багато розповідала студентам, що треба не боятися висловлювати свої думки та ідеї, навіть на молодших курсах. Почуло мене три студенти, які й спромоглися підготувати презентації та подати їх на конкурс. Одразу кажу: усі ідеї були цікавими, перемогла саме ця. Ми декілька разів змінювали презентацію, ми наполягали на додаванні більш розгорнутого опису. Але

Юрій вміє сперечатися й наполіг на своєму.

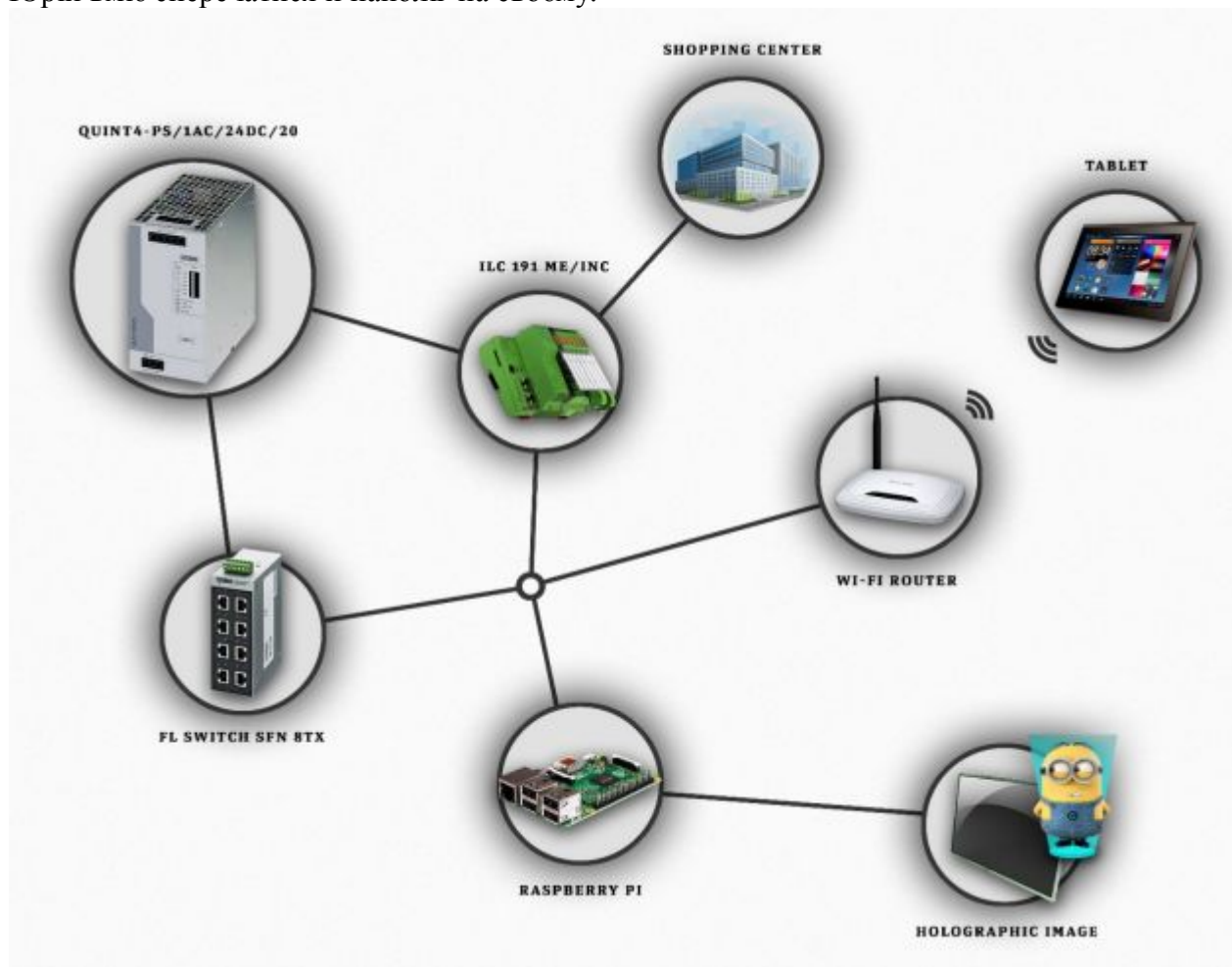


Рисунок 1 – Структурна схема реалізації

Після оголошення вердикту першого туру було легке непорозуміння, а як саме вирішувати поставлену задачу, бо ідею проекту можна реалізувати різними підходами і як використати оптимально саме обладнання PHOENIX CONTACT до кінця одразу не представляли. І тут на допомогу з'явився аспірант кафедри Електронної техніки Рамін Ахмедов. Він заспокоїв усіх і після декількох тижнів з'явилося розуміння і перші креслення майбутньої реалізації.

Склад команди можна було змінювати, тому до команди ми ввели Раміна та студента спеціальності «Електроніка» Максима Бережного, який займався програмуванням боту – інтерактивного «розумного» підкажчика. Хлопці зробили макет з доступних матеріалів (картон, пластик) та відображали відео голограми за допомогою ноутбуку. Таку презентацію до фінали й отправили. Не буду приховувати: на перемогу не сподівалися. Ми бачили реалізацію макетів інших. Наша програвала.

Ми не знаємо, якими критерії висувалися, маємо здогадку, о сподобалася сама ідея та той образ мультяшного міньона, який ми використовували.

3. *Що ви відчули, коли дізналися, що потрапили до фіналу?*

Спершу здивування. Потім засмучення, що проект «Дорога» не потрапив до фіналу.. А потім жах. Я зрозуміла, що везти до Німеччини картонно-жахливий макет - не можна. Часу було три тижні. Я завжди кажу: наші студенти можуть ВСЕ. А у скрутних умовах: ще більше. З'явилося декілька непередбачуваних моментів: у одного члена команди Максима Бережного немає закордонного паспорта й виготовити його ми б не встигли, тому терміново зробили заміну у складі команди на учасника виставки «Elkom-2017», магістранта спеціальності «Електроніка» Лебедева Владислава. За його допомоги остання версія макету з'явилася дуже

швидко, була замовлена з якісного акрілу та придбала дуже яскравий та презентабельний вигляд. Крім того проект був доопрацьований на сучасні інформаційні технології та засоби, ми змогли відмовитися від використання ноутбуку, для сенсорного управління застосували планшет й проект став, ще кращим, ніж був до того.

4. Де відбувся фінальний етап конкурсу? Які ще команди взяли участь у фінальному змаганні?

8 березня команди представляли свої проекти на фіналі конкурсу в головному офісі компанії PHOENIX CONTACT у м.Бад Пірмонт. У нашій категорії Urban Infrastructure було п'ять проектів: два з України, Туреччина, Німеччина та Китай.

У інших категоріях були також Швейцарія, Нідерланди, Польща, Франція, Іспанія, В'єтнам, Гватемала, Єгипет та інші.

Масштабність конкурсних проектів ми зрозуміли тільки тоді, коли приїхали вже до Німеччини. Були проекти розміром з маленьку кімнату у 5 квадратних метри, або мініфабрика, яка зайняла половину звичайної кімнати, а були й дуже невеличкі (інтелектуальні відеоокуляри з віртуальної реальністю). Но всі дуже цікаві.

Всього було три частини фіналу: презентація (її можна було дивитися он-лайн, див.рис.2)), потім прохід журі та наявна демонстрація роботи проекту (див.рис.3), а наприкінці оголошення результатів та святкування 25-річчя PHOENIX CONTACT.



Рисунок 2- Презентація проекту

5. Цікаво, якими мовами спілкувалися учасники конкурсу? Який досвід спілкування з колегами ви отримали?

Переважно англійською. Організатори усі вільно володіють. Всі добре розуміли одне одного. Наші студенти спочатку соромилися, а потім вільно спілкувалися з іншими командами. З Київською командою ми розмовляли українською. Хочу сказати, що дуже цікаві хлопці, грамотні доброзичливі. Ми намагалися підтримувати друг друга і радіємо знайомству зі студентами та їх керівником Олександром Степанцем.

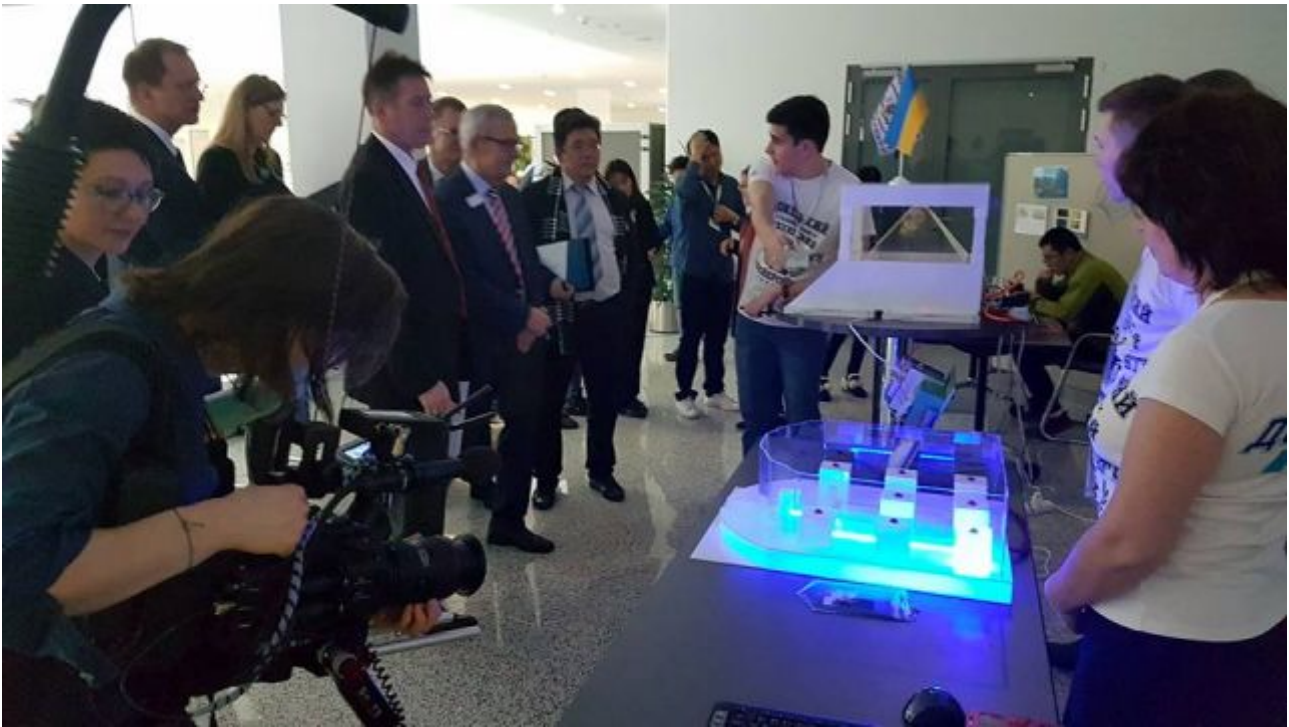


Рисунок 2 - Прохід журі та наявна демонстрація роботи проекту

6. *Для Вас це не перший візит до Німеччини. Чим вразила Німеччина цього разу?*

Так я вже неодноразово була і у Німеччині й на підприємствах RHOENIX CONTACT. Вже не стільки дивувалась, скільки вкотре відмічала, що нам є до чого спрямовуватися, але вже зараз ми вміємо приймати гостей не гірше європейських країн.

Хоча ні: одне враження в мене є: аеропорти. З'ясувалося, що літаки у Німеччині іноді запізняються, а якщо в тебе транзитний рейс та на пересадку було заплановано 50 хвилин, а отримали 20. Швидкісний біг нескінченним аеропортом Франкфурта ми запам'ятемо надовго. Але все закінчилося добре: на нас чекали і без нас би ніхто не полетів.

7. *Яке практичне значення має участь команди ДонНТУ у конкурсі?*

По перше: Досвід. Величезний досвід участі у конкурсах такого рівня. Завжди важко бути першим. Зараз я вже знаю, що покращити у макеті, проекті, щоб виглядати ще краще. Тепер розумію, яке значення має презентаційний форма проект, а не тільки його технічне рішення (хоча до нас підходило дуже багато співробітників та інженерів офісу RHOENIX CONTACT, їм було цікаве саме технічна реалізація на їх обладнанні. Рішення виявилось нестандартним та неочікуваним). А ще побачили дуже гарну країну, оцінили можливості свого розвитку, провели час в дружній міжнародній атмосфері.

По друге: Участь у фіналі, де наші хлопці стояли разом з представниками найрозвиненіших країн світу і гідно представили себе, ДонНТУ й Україну. Ім'я ДонНТУ тепер буде зафіксовано у документах, буклетах RHOENIX CONTACT, як учасників фіналу Xplore New Automation Award. А конкурс проводиться лише один раз на три роки, та конкуренція в ньому величезна.

По третє: Викладачі до нових вражень і нових знайомств отримали у подарунок по новітньому контролеру PLCnext. Це найсучасніший пристрій, який дозволить подолати дуже важливий етап у підготовці наших фахівців

А саме головне : нам вдалося показати нашим студентам: що майбутнє дійсно у їх власних руках. Тільки треба мати бажання та не лякатися бути відвертими, креативними, вимагати від викладачів співпраці та спрямовування на реалізацію своїх ідей. Сьогодні університет пропонує участь у багатьох інкубаторах, тренінгах, воркшопах та іншому. Ми максимально вітаємо інновації та спроможність реалізовувати свої ідеї.

Дозволимо собі процитувати нашого колегу з КПП Олександра Степанця, бо краще сказати, напевно неможна : «Головна задача конкурса проста - показати собі і світу, що у є неймовірний потенціал, що ви зможете рухати прогрес вперед, що ви приведете людство до процвітання своїм розумом і своїм натхненням. Отримати призове місце – бажано і важливо. Озирнутися на виконану власноруч роботу, на вміння дивитися вперед і бачити можливості там, де інші не бачать нічого, на розуміння командної роботи і важливої ролі кожного її члена - безцінно. Те, що ви досягли, те, які висновки ви зробили, те, які навички і знання ви отримали - залишаться з вами назавжди і побудує міцний фундамент вашого професійного успіху. Бо ви перспективні і класні. Ми щиро дякуємо усім, хто приймав участь, хто підтримував і переживав! Впевнені, що у наших хлопців головні перемоги попереду! І до зустрічі через 3 роки, на конкурсі xplora New Automation Award 2021! Xplora - лише індикатор. Яскравий, дуже класно оформлений, неймовірно затягуючий і хвилюючий індикатор потенціалу. Але пахати треба щодня, всім і на майбутнє. Тоді буде результат і буде користь»

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. [https://www.phoenixcontact.com/online/portal/ua?1dmy&urile=wcm%3apath%3a/uauk/web/corporate/company/subcategory_pages/Educational Projects Tatu Project/387494c6-3b26-48a2-9c39-d1906f8b05ca](https://www.phoenixcontact.com/online/portal/ua?1dmy&urile=wcm%3apath%3a/uauk/web/corporate/company/subcategory_pages/Educational%20Projects%20Tatu%20Project/387494c6-3b26-48a2-9c39-d1906f8b05ca)
2. https://www.phoenixcontact.com/online/portal/ua?1dmy&urile=wcm%3apath%3a/uauk/web/corporate/company/subcategory_pages/xplora/8fcb160c-4f12-423e-86c6-c89e79b7ad0a

Демидов С.С., студент (serjdemidov95@gmail.com)

Самойлович Б.П., студент (bohdan.samoilovych@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ КОМБІКОРМУ ПО ДІЛЬНИЦІ З ВИРОЩУВАННЯ ПТИЦІ

На даний час з комплексу виробництва комбікорму, комбікорм транспортується в спеціалізованій ємності, змонтованій на базі автомобіля SCANIA та обладнаній системою пневмоподачі корма, завдяки якій на виконавчій ділянці завантажується у проміжний бункер – накопичувач.

- На одній машині транспортується біля 22 тон комбікорму.
- Повна місткість проміжного бункера накопичувача 30 тон.
- Кількість бункерів на виробничій ділянці – 7 штук.

Після проміжних бункерів, комбікорм транспортується до кожного пташника. Це відбувається завдяки загрузчикам сухих кормів (ЗСК) на базі автомобіля МАЗ, ємністю 6,5 тон. Він завантажується з проміжних бункерів накопичувачів та розвозить комбікорм по приймальних бункерах ємністю 15 тон, котрі знаходяться біля кожного пташника та призначені для подачі комбікорму безпосередньо в пташник.

З приймального бункера комбікорм, завдяки шнековому (поперечному) транспортеру, подається до приймальних хоперів розташованих у пташнику. Повний час вивантаження одного ЗСК в приймальний бункер 30 хвилин. Отже, повне завантаження приймального бункера 2 ЗСК = 1 година. Як правило, на виконавчій ділянці працює 1 ЗСК.

Основні проблеми цього процесу:

- Розвозка кормів від проміжних накопичувальних бункерів до приймальних бункерів для кожного пташника, яке здійснюється за допомогою ЗСК на автотранспорті.
- Залежність від людського фактору при завантаженні та вивантаженні кормів.
- Відсутність автоматизованого контролю рівня наповнення прийомного бункера, що може привести до відсутності корма у пташнику
- Жвавий рух автотранспорту;
- Високий рівень шуму при роботі та русі машин.

Усі ці фактори негативно впливають на ріст й розвиток птиці та на ефективність підприємства.

Для боротьби з усіма цими проблемами була розроблена система пневмоподачі комбікорму до пташників. Пневматичні навантажувачі зернових культур вже тривалий час використовуються в усьому світі для здійснення завдань пов'язаних із завантаженням-розвантаженням морських судів, вантажівок, вагонів, підлогових складів, силосів, буртів і ін.. Однак використання пневматичної техніки в сільськогосподарських підприємствах нашої країни не має достатнього поширення. Цьому є кілька причин. Одна з них - це новизна даної техніки для наших фермерів (хоча по всьому світу дану техніку почали активно використовувати для транспортування зерна ще на початку минулого століття) і пов'язаний з цим скептицизм. Також мало хто на селі уявляє собі що така техніка існує, і що її можна ефективно використовувати в господарстві. Пневмопогрузчики здатні переміщувати зерно на значні відстані - до 1000м. Під час транспортування вони одночасно також підсушують зерно. Висота подачі зерна пневмопогрузчиком може досягати 20 м і навіть вище, а продуктивність від декількох тон до тисячі тон на годину. Завдяки трубам і колінам з вигином 15, 30, 45, 60 і 90 градусів можлива прокладка транспортувального шляху потрібної довжини і конфігурації

[1]. Недоліками пневмопогрузчиків є значні витрати електроенергії на транспортування 1 тони продукту і висока ціна. Пневмопогрузчики успішно використовуються для транспортування насіннєвого матеріалу, оскільки травмованість зерна - мінімальна.

Переваги

- Мінімум місця для установки, система труб підводиться в будь-яке місце.
- Невелика вага трубопроводу дає низькі навантаження на конструкції будівель.
- Важкі компоненти для установки в важкодоступних місцях відсутні.
- Широкий перелік модульних трубопроводів і з'єднань дає гнучкі можливості установки.
- Тільки електропідключення для нагнітача і клапанів
- Легке регулювання продуктивності затвора в точці завантаження.
- Пневматична транспортування високого тиску.

Як працює нагнітач?

Потік повітря високого тиску подається через випускний отвір нагнітача в підключену транспортну трубу. Матеріал подається через завантажувальну воронку або затвор в трубу. Розподільник служить для транспортування в

різних напрямках [2].

Система труб типу ОК

Використання високопродуктивних пневмотранспортних систем дає можливість використовувати ефективний зерновий трубопровід. Тип труб ОК 160 та ОК 200 були розроблені спеціально для пневматичного транспортування зерна.



Рисунок 3 - Компоненти трубопроводу



Рисунок 1 - Нагнітач



Рисунок 2 - Схема роботи нагнітача

Переваги:

- Єдиний стандарт труб ОК 160 та ОК 200
- Труби ОКР 160 і ОКР 200 є посиленою версією з більш товстою стінкою.
- Коліно ОКХ 160 має цементувати покриття для тривалої служби.
- Для частішої зміни конфігурації труб рекомендуємо використовувати швидкоз'ємні хомути.
- Болтові хомути використовуються для фіксованих систем трубопроводу.

Також була розроблена система автоматизації цього процесу (рис 4), яка дозволяє підтримувати необхідний рівень комбікорму у пташнику та дозволяє диспетчеру спостерігати та реагувати на аварійні ситуації миттєво. Рівень комбікорму у бункерах контролюється датчиками ємності, а перенаправлення потоку корму

виконується завдяки задвіркам з синхронними електродвигунами. Зв'язок між виконавчими органами та контрольним пунктом відбувається завдяки бездротовому радіо зв'язку, використовуючи Lora.

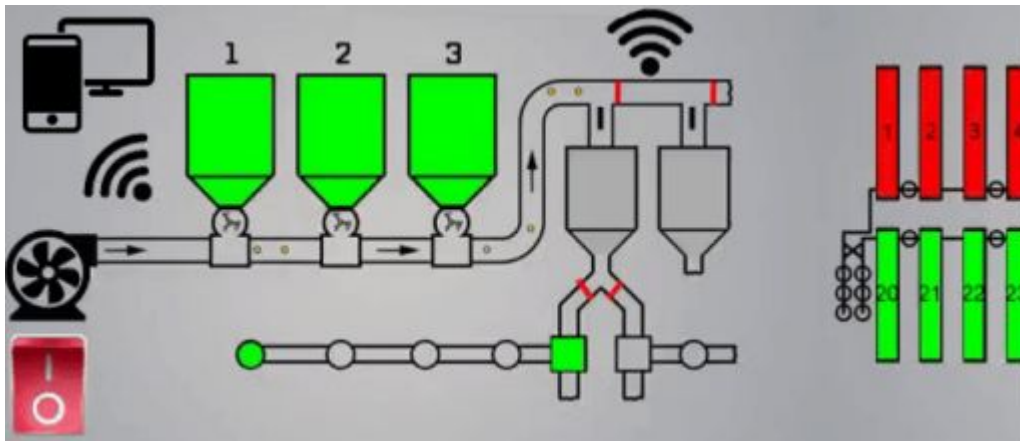


Рисунок 4 - Схема роботи системи

На птахофабриці знаходяться 6 проміжних бункерів, які розділені по 3 на кожну сторону, як можна побачити на рисунку 5. Це дозволяє одночасно заправляти пташники по обидва боки. Також передбачений аварійний зв'язок пневмосистеми, завдяки перетинянню труб.

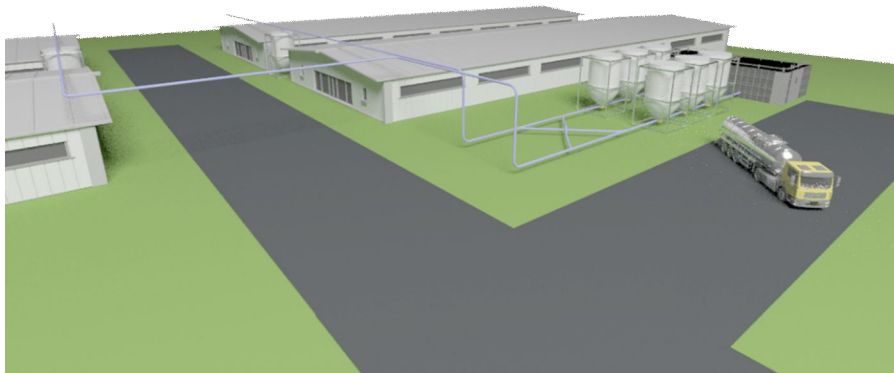


Рисунок 5 – 3D модель системи

Список використаної літератури:

1. «Транспортування зерна за допомогою пневмотранспорту» - [Електронний ресурс] URL: https://m.kittrade.com.ua/?page=articles%2Farticle_pnevmotransport (дата звертання: 12.05.2018)
2. «Пневмоперегрузка зерна» - каталог товарів - Орловська обл., м.Орел, вул. Машинобудівна, д. 8а – 16.
3. «Візуалізація CoDeSys - Доповнення до керівництва користувача з програмування ПЛК в CoDeSys 2.3»; - Росія, м. Смоленськ, ул. Жовтневої революції, 9, 2006 - 83с.

Кривенко О. М., магістрант (voossu@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ПОБУДОВА ІГРОВОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА БАЗІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Розвиток індустрії відеоігор за останній час зробив її одним з найбільш великих сегментів індустрії розваг [1]. Індустрію відеоігор не можливо розглядати окремо від процесу їх розробки. Коли на ринок виходить новий ігровий продукт він відразу ж опиняється в опозиції по відношенню до всіх наявних продуктів індустрії. Завдяки цьому дану індустрію можна назвати висококонкурентним середовищем з глобальною конкуренцією, де велика кількість компаній і незалежних команд займаються створенням своїх продуктів.

Для того, щоб відеогра була конкурентоспроможна і успішна на ринку відеоігор розробнику чи команді розробників, випускаючи новий продукт, необхідно продемонструвати не тільки гарну графічну складову, а й запропонувати щось нове та інноваційне, що зробить продукт кращим за інші наявні на ринку. Можна сказати, що ігрова індустрія знаходиться у пошуку нових підходів для покращення ігрового процесу та ігрового досвіду. Одним з таких підходів може бути використання методів штучного інтелекту для поліпшення ігрового досвіду гравців.

Методи штучного інтелекту дозволяють зробити часткову або повну автоматизацію вирішення складних завдань в самих різних областях діяльності [1]. До широко застосовуваних методів, які можуть використовуватися при розробці відеоігор можна віднести штучні нейронні мережі і генетичні алгоритми. Завдяки своїй гнучкості відповідні методи машинного інтелекту набули великого розповсюдження. В розрізі поліпшення ігрового досвіду гравців відповідні методи інтелекту можуть вирішувати завдання генерації ігрових супротивників, штучного інтелекту ігрових агентів, а також інших ігрових механік.

Фактично сумісне використання методів машинного інтелекту і навчання дозволяє отримати ігровий процес, який зможе підлаштовуватися під гравця і адаптуватися під різні ігрові ситуації. Що в свою чергу зробить процес гри більш цікавим, а також буде спонукати гравця знаходити нові стратегії і методи гри.

Відповідно до вищенаведеного тематика дослідження є актуальною, оскільки присвячена питанням використання методів штучного інтелекту для реалізації ігрових механік, а саме, використання штучних нейронних мереж і генетичних алгоритмів для побудови штучного інтелекту ігрових агентів.

Вдаючись в історичний ракурс вивчення проблеми, можна побачити, що в деякому сенсі ігри стали однією з відправних точок розвитку даних методів штучного інтелекту. А ідея використання методів машинного навчання і інтелекту для реалізації штучного інтелекту ігрових агентів не є новою, а була запропонована ще в 1947 році Артуром Самуелем [2], який висунув новаторську ідею створення програми, здатної грати в шашки, і провів дослідження, які стали основопологаючими для області ігрового штучного інтелекту. Запропонований підхід став загальним не тільки для шашок, але й для більшості класичних позиційних багатокрокових ігор з ідеальною інформацією, де комп'ютерні програми мають певну кількість попередньо визначених ігрових станів.

Але на цьому дослідження і розвиток підходів і методів машинного навчання не зупинився. Хоча початкові дослідження стосувалися ігор з ідеальною інформацією, але з подальшими дослідженнями область застосування розширилась до ігор з недосконалою інформацією і стохастичних ігор, а саме, ігор зі скритими станами, ймовірнісними іграми та

ігри з численними опонентами [2]. Класичними прикладами ігор з ідеальною інформацією є хрестики-нулики, шашки, шахи, го, а до ігор з недосконалою інформацією можна віднести реверсі, нарди, покер, бридж. Розвиток відповідних ігор став основоположним для росту досліджень штучного інтелекту, створюючи множину інноваційних методів.

Поліпшення підходів до побудови штучного інтелекту в результаті дозволило досягнути нового якісного рівня у підходах штучного інтелекту, а саме інтелект почав перевершувати можливості людей в деяких вузькоспеціалізованих задачах. Він є надзвичайно ефективним в закритому ігровому середовищі, але при зміні сценарію використання, вони не здатні виконувати інші завдання, навіть дуже прості.

Мета роботи полягає у дослідженні важливої науково-прикладної проблеми, пов'язаної з адаптацією підходів штучного інтелекту для застосування в інтелекті ігрових агентів, а також у виконанні оцінки доцільності використання відповідного підходу. Виконання відповідної мети дослідження передбачає під собою виконання певного ряду задач. Відповідні задачі полягають у ознайомленні з теоретичною базою, огляді існуючих розробок, розробкою методики оцінки доцільності використання підходу; розробкою тестової платформи та алгоритмів інтелекту ігрових агентів (класичних і на базі машинного навчання) з проведенням їх оцінки у відповідності до методики.

Об'єкт дослідження представлено процесом реалізації штучного інтелекту ігрових агентів. Предмет дослідження представлено методами, моделями, засобами і підходами до реалізації штучного інтелекту ігрових агентів.

Запропонована оцінка доцільності використання певного підходу для побудови інтелекту ігрових агентів полягає у порівнянні класичної реалізації ігрового штучного інтелекту і реалізації, яка базується на машинному навчанні. Порівняння здійснюється за допомогою критеріїв, що характеризують відповідні алгоритми [4]. Їх умовно поділяють на два набори: об'єктивні і суб'єктивні. Об'єктивні критерії представлені чисельними характеристиками, серед яких швидкість прийняття рішення алгоритмом, час виконання поставленого завдання, кількість задіяних програмних ресурсів, тощо. Суб'єктивні критерії представлені параметрами, які не можливо оцінити за допомогою вимірювання. Прикладами таких критеріїв є легкість реалізації, мобільність розробленого штучного інтелекту.

В роботі виконується порівняльна оцінка ігрового штучного інтелекту заснованого на класичному підході з інтелектом заснованим на машинному навчанні. Отримані результати можуть бути використані при розробці відеоігор, побудованих на базі штучного інтелекту ігрових агентів, що базуються на методах машинного навчання, а також в рамках інших наукових досліджень. У подальшому дослідження може бути розширено на інші формати реалізації ігрового штучного інтелекту, а також інші типи і жанри відеоігор.

Перелік посилань:

1. Machine learning: the power and promise of computers that learn by example [Текст] / Peter Donnelly, Margaret Boden, Roger Brownsword та ін. – К. : The Royal Society, 2017. – 128 с. – ISBN: 978-1-78252-259-1.
2. M. Bowling. Machine learning and games / Michael Bowling, Johannes Fürnkranz, Thore Graepel, Ron Musick // Machine Learning – 2006 – №63(3) – С. 211-215 – ISSN: 0885-6125.
3. D. Charlesand. The past, present and future of artificial neural networks in digital games / D. Charlesand, S. Mcglinchey // Fifth International Conference on Computer Games: Artificial Intelligence, Design and Education – 2004 – С. 163-169.
4. Blair Peter Trusler. Implementing Racing AI using Q-Learning and Steering Behaviours // Blair Peter Trusler, Dr Christopher Child – 2012 – № 58 – С. 49-54 – ISBN: 978-1-78536-068-8.

Рухов О.О., магістрант (sasharukhov@rambler.ru)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ВІБРАЦІЇ ВЕНТИЛЯТОРА ГОЛОВНОГО ПРОВІТРЮВАННЯ

Актуальність теми досліджень. Сучасне гірниче підприємство є неможливим без примусової вентиляції. Припинення провітрювання веде за собою зупинку всього технологічного комплексу шахти, до підняття людей на поверхню, припинення роботи всіх машин і механізмів. Від надійної, безвідмовної роботи системи провітрювання повністю залежить безпека, а найчастіше і життя людей, що працюють у шахті [1].

У силу старіння установок, застосовуваних у них матеріалів та умов їх експлуатації у вентиляторі відбуваються поломки різного роду. Саме тому, своєчасне виявлення неполадок в роботі вентилятора є важливою умовою їх роботи.

У вугільній промисловості України засоби діагностики, подібні до системи, що розробляється, відсутні. Аналіз використання схожих комплексів у інших галузях промисловості показує, що кількість аварійних простоїв зменшується на величину від 30 до 40 %, а їх тривалість скорочується в 2 рази. До того ж, безперервний контроль зробить більш безпечною роботу працівників шахти. Беручи до уваги те, що близько 80 % шахтних вентиляторів, які використовуються у гірничо-видобувній промисловості України, вичерпали свій ресурс [2], можна зробити висновок, що розробка системи автоматичного контролю за станом ВГП шахти, є задачею актуальною.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є обґрунтування структури та підходів до технічної реалізації системи автоматичного контролю вібрації вентилятора головного провітрювання.

Для досягнення поставленої мети сформульовано та вирішено такі задачі:

- аналіз існуючих технічних рішень із побудови систем автоматичного контролю вібрації вентилятора головного провітрювання;
- обґрунтування структурної схеми та компонентної бази системи автоматичного контролю вібрації вентилятора головного провітрювання;
- критичний аналіз принципу дії розробленої структурної схеми системи автоматичного контролю вібрації вентилятора головного провітрювання.

Результати досліджень. Основним поділом аналізаторів спектра можна вважати їх поділ на цифрові та аналогові. Цифрові аналізатори спектра володіють перевагами у порівнянні з аналоговими: вони мають вищу швидкодію та перешкодозахисність.

Цифрові аналізатори можуть бути побудовані двома способами. У першому випадку це звичайний аналізатор послідовного типу, в якому вимірювальна інформація, отримана методом сканування смуги частот за допомогою гетеродина, відцифровується за допомогою АЦП і, далі, обробляється цифровим методом. У другому випадку реалізується цифровий еквівалент паралельного типу у вигляді ДПФ-аналізатору, який обчислює спектр за допомогою алгоритмів дискретного перетворення Фур'є (ДПФ).

При розробці структури досліджуваної системи необхідно враховувати, що вона повинна реєструвати швидкоплинні сигнали й одноразові появи в сигналі нових частотних компонентів. Супергетеродинний (послідовного типу) аналізатор спектру з розгорткою побудований за звичайною схемою, яка кілька десятиліть тому вперше дозволила інженерам проводити вимірювання в частотній області.

Спочатку аналізатори з розгорткою будувалися виключно на аналогових компонентах, але потім пройшли той самий шлях розвитку, що і область техніки, в якій вони застосовуються. На рисунку 1 зображена схема типового сучасного аналізатора спектра з розгорткою.

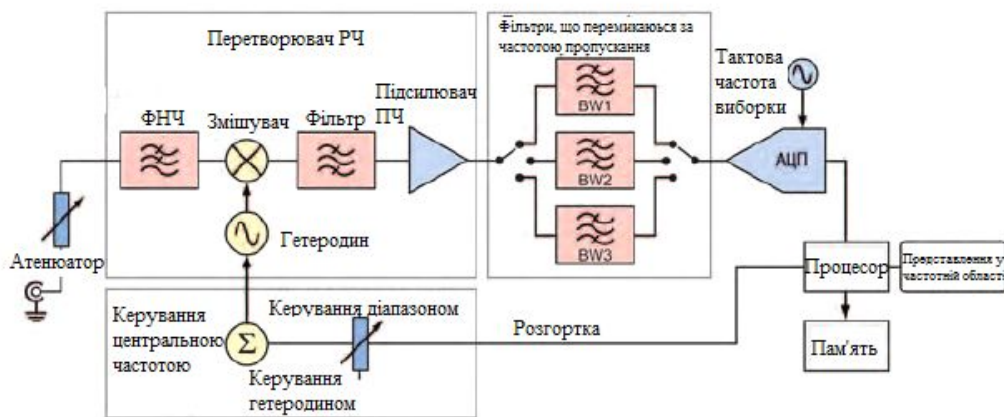


Рисунок 1 – Схема типового сучасного аналізатора спектру з розгорткою

У супергетеродинному аналізаторі спектру з розгорткою до широкосмугових аналогових фільтрів смуги частот додано цифрові засоби, що замінюють фільтри з більш вузькою смугою. Фільтрація, змішання частот і посилення до АЦП виконується аналоговими засобами у смугах частот BW1, BW2 і BW3. Якщо потрібно фільтр з більш вузькою смугою, ніж BW3, він накладається за допомогою цифрової обробки сигналів після аналого-цифрового перетворення. До АЦП і процесору цифрової обробки сигналів пред'являються досить високі вимоги. У сучасних аналізаторах спектра з розгорткою використовуються такі цифрові елементи як АЦП, засоби цифрової обробки сигналів і мікропроцесори. Однак основний підхід здебільшого залишається без змін і найкраще підходить для дослідження керованих стаціонарних сигналів.

Альтернативним підходом є використання аналізаторів спектра в реальному масштабі часу (аналізатор паралельного типу) призначених для виконання контролю, який пов'язаний з нестаціонарними і динамічними радіосигналами. Основна особливість аналізу спектра в реальному масштабі часу – це можливість синхронізації щодо радіочастотного сигналу, негайного запису його в пам'ять і аналізу в декількох областях. Це дозволяє надійно виявляти радіочастотні сигнали, що змінюються в часі, і визначати їх характеристики [3]. На рисунку 2 зображена спрощена блок-схема аналізатора спектра в реальному масштабі часу.

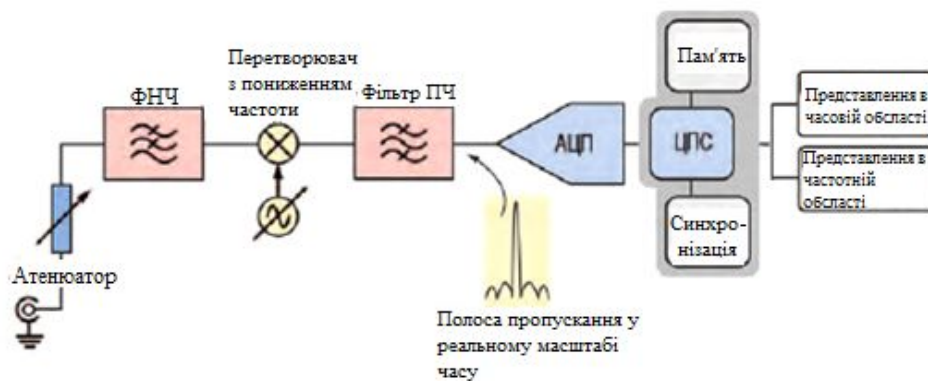


Рисунок 2 – Спрощена блок-схема аналізатора спектру в реальному масштабі часу

У порівнянні з послідовними цифрові паралельні ДПФ-аналізatori володіють певними перевагами: більш високою роздільною здатністю і швидкістю роботи, можливістю аналізу імпульсних і одноразових сигналів. Вони здатні обчислювати не тільки амплітудний, але і фазовий спектри, а також одночасно представляти сигнали в часовій і частотній областях. На жаль, паралельні ДПФ-аналізatori через обмеження можливостей АЦП працюють тільки на відносно низьких частотах.

Однак для вирішення поставленого завдання аналіз частотного діапазону проводиться

в смузі від 1 Гц до 10 кГц, тому раціональніше всього використовувати ДПФ-аналізатор спектру [4].

Таким чином, досліджувана система повинна бути цифровою, паралельного типу і працюючою в реальному масштабі часу. Структурна схема розроблюваної системи автоматичного контролю приведена на рисунку 3.

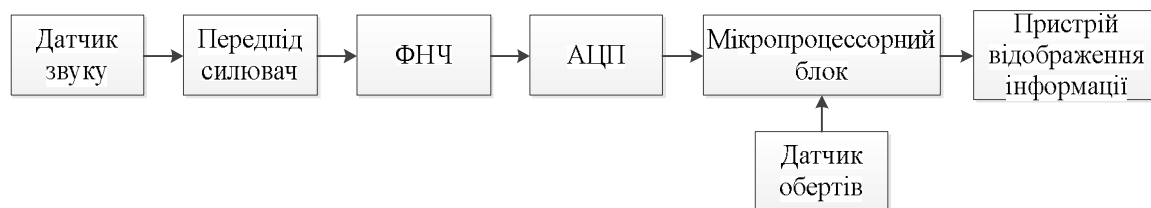


Рисунок 3 – Структурна схема системи автоматичного контролю вібрації вентилятора головного провітрювання

Узагальнено принцип роботи системи, побудованої за структурною схемою на рисунку 3, полягає в наступному. Датчик звуку сприймає звуковий шум, що створюється рухомими елементами ВГП шахти і перетворює його в електричний сигнал. Датчиком виступає конденсаторний мікрофон з чутливим елементом у вигляді рухомої мембрани. Чутливий елемент включається в електричний ланцюг, перетворюючи зміну руху мембрани конденсатора у зміну напруги. Передпідсилювач призначений для посилення вихідного сигналу датчика до рівня, сприйманого АЦП. ФНЧ виконує фільтрацію вхідного аналогового сигналу в тому діапазоні частот, в якому проводяться дослідження – від 1 Гц до 10 кГц, видаляючи з сигналу непотрібні, неінформативні складові. АЦП перетворює відфільтрований аналоговий сигнал в цифровий, який надходить в мікропроцесорний блок для подальшої обробки. Датчик обертів слугує для отримання інформації про частоту обертання ротора вентилятора, оскільки на основі цього значення розраховуються всі інформативні частоти для пошуку дефектів ВГП. У мікропроцесорному блоці виконується аналіз сигналу шуму вентилятора на предмет виявлення в ньому ознак наявності дефектів. Для аналізу використовуються критерії, що зберігаються в пам'яті мікропроцесорного блоку, а також інформація, що надходить з датчика обертів.

Висновки. У статті проведено дослідження з обґрунтування структури та підходів до технічної реалізації системи автоматичного контролю вібрації вентилятора головного провітрювання, а саме:

- проаналізовано існуючі технічні рішення із побудови систем автоматичного контролю вібрації вентилятора головного провітрювання;
- обґрунтовано структурну схему та компонентну базу системи автоматичного контролю вібрації вентилятора головного провітрювання;
- проведено критичний аналіз принципу дії розробленої структурної схеми системи контролю вібрації вентилятора головного провітрювання.

Перелік посилань:

1. Ивановский И.Г. Шахтные вентиляторы. Учебное издание / И.Г. Ивановский. – Владивосток, 2003. – 196 с.

2. Реверсні вентилятори [Ел. ресурс]. – Режим доступу: – http://www.sibai.ru/index.php?Itemid=846&id=486&option=com_content&task=view. Дата звернення: 14.05.2018.

3. Яковлев В.А. Основы анализа спектра в реальном масштабе времени / В.А. Яковлев, А.И. Ярмук // Измерительные приборы и системы. № 6. – 2007. – с. 48–54.

4. Рухов О.О. Розробка структурної схеми пристрою автоматичного контролю вібрації вентилятора головного провітрювання / О.О. Рухов // Зб. доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених «ТАК»: телекомунікації, автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології, 29 – 30 лист. 2017. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2017. – С. 200 – 202.

Нагорний С.А. магістрант (nagornyj.sergei@gmail.com)

Степаненко В.С. магістрант, (mr.wlad@list.ru)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ

Поновлювані джерела енергії не шкодять навколишньому середовищу та забезпечують найбільш чистої та зеленої енергії, яка може захистити та зберегти навколишнє середовище. Серед усіх відновлюваних джерел енергії сонячних фотоелектричних енергогенеруючих систем стають надзвичайно популярними, так зростання триватиме через різке скорочення витрат на установку, а також підвищення ефективності осередків [1]. Середньорічний темп зростання сонячної енергетики був найвищим в світі на рівні 55% з 2010 року до 2017 року, потім вітроенергетики на 21%. Загальна потужність приватних СЕС на 2017р в Україні становить 7 МВт, а обсяг залучених ними інвестицій - близько 5 млн євро. Для того, щоб забезпечити максимальну вихідну потужність фотоелектричних елементів, кут сонячного світла падіння повинен бути постійно горизонтальним до панелі сонячних батарей протягом всього дня. Це досягається за рахунок постійного вирівнювання сонячних панелей відповідно до сонячним рухом в денний час. Це оптимальне розташування сонячних панелей для отримання максимальної вихідної потужності може бути досягнуто за допомогою автоматичних систем стеження за сонцем. Сонячна панель перетворює енергію світла в електричну енергію; кількість електричної енергії генерується та залежить від інтенсивності, а так само кута падіння прямого сонячного випромінювання. Потужність, що генерується фіксованою панеллю нахилу менше, ніж динамічна. Ця пряма втрата потужності випромінювання визначається косинусом кута між панеллю та сонячною радіацією (Θ).

Пряма потужність втрат = $(1 - \cos \Theta)$

Оскільки потік сонячної радіації становить кут падіння від 80 до 85 ° буде втрата близько 85% енергії в ранковий і вечірній часи. Сонце також переміщається на кут 46° з півночі на південь протягом одного року. Розташована сонячна панель між північчю і півднем визначить, що сонце рухається на 23° по обидва боки, що призводить до втрати енергії майже на 8,3%. Ця втрата може бути компенсована з використанням подвійної осі автоматичної системи спостереження, яка безперервно відстежує сонце на схід-захід і північ-південь. Таким чином, автоматичні системи спостереження можуть допомогти в зниженні втрат потужності, які відбуваються в ранкові та вечірні часи, коли значення Θ досить великі [2].

Ефективність фотоелектричних систем сильно залежить від деяких основних параметрів - місяць року, тривалості дня, сонячної радіації, температури і в деякій мірі від відносної вологості та швидкості вітру.

За добрих погодних умов, коли було ясно та сонячно, у середньому за день енергія генерована системою стеження була 226,02 Вт · год, в той час як для нерухомої панелі було 164,94 Вт · год. Енергоємність системи (ЕС) спостереження обчислюється за такою формулою:

$$(EP - EF) / (EF),$$

де EP енергія, що генерується рухомий системою і EF є енергією, що генерується фіксованою системою.

$$ES = [(226,02 - 164,94)] / (164,94) = 0,3704 = 37,04\%$$

Таким чином, видно, що виграш в енергії, що генерується системою стеження вельми обнадійливий під час умов ясного неба.

При похмурій погоді, в середньому за день отриманої енергії системи стеження виходить 190,74 Вт · год, в той час як нерухома панель 147,01 Вт · год. Таким чином, виграш в енергії єдиної системи спостереження виявляється 29,75%.

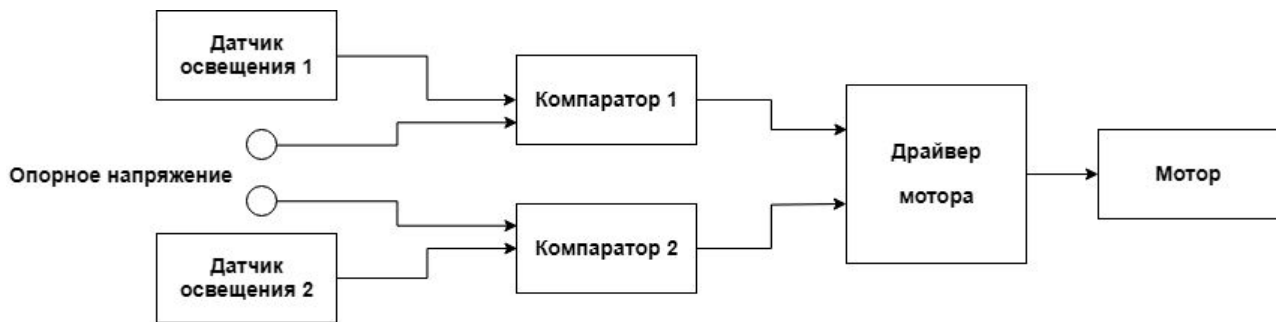


Рисунок 1. Блок-схема управління двигуном.

1. Вартість виготовлення механічної структури системи близько 700 грн
2. Вартість електричних і електронних компонентів для управління електродвигунами системи приблизно 600 грн
3. Вартість сонячної панелі близько 1000 грн
4. Всього вартість системи стеження з сонячною панеллю 2300 грн. У той час, як готові системи стеження за сонцем в середньому коштують від 9000 грн.

У висновку виходить:

1. При сонячних і похмурих умовах виграш в енергії виходить як і раніше досить добре і перебуває в діапазоні від 30%.
2. Дуже високі значення приросту енергії виходять вранці і післяобідній в усі дні, в результаті чого загальних високих значень середньодобового приросту енергії для системи відстеження в порівнянні з фіксованою системою.
3. Аналіз вартості системи показує, що автоматична система стеження має досить хороший термін окупності близько 7 місяців.

Перелік посилань

1. SPSingh, K. Srikant, KS Jairaj, «Ланцюги управління електродвигунами, які використовуються в автоматичних системах стеження»
2. Шарма Priyanjan, Малхотра Nitesh, «Сонячна система стеження за допомогою мікроконтролера», 2014.
3. SP Singh, K. Srikant, KS Jairaj, «Оцінка ефективності фотогальванічних систем стеження».

Шушур О.М., к.т.н., доцент (leshu@i.ua)

Державний університет телекомунікацій, м. Київ, Україна

МЕТОД НЕЧІТКОГО УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ЗАДАЧ З ОБМЕЖЕННЯМИ

Розробка інформаційних технологій для вирішення завдань автоматизації управління різними системами стала дуже популярною в силу цілого ряду переваг щодо традиційних методів. Основи нечіткого моделювання та управління закладені в роботах Л. Заде, Е. Мамдані, М. Сугено, Т. Терано, А. Кофмана, Р.Ягера і ін. [1,2] Питанням побудови систем управління на основі нечіткої логіки приділено багато уваги в працях А.П. Ротштейна, А.В. Леоненкова, В.І. Гостева [2,3]. При цьому існуючі методи нечіткого регулювання спираються на нечітку логіку, яка використовує функції приналежності одного аргументу і розглядають задачу управління без обмежень, що охоплюють кілька керуючих змінних. Однак в практиці управління складними системами досить часто зустрічаються завдання, в яких керуючі змінні нелінійно пов'язані між собою набором обмежень.

Метою даної роботи є розробка методу вирішення завдань нечіткого управління, що містять систему обмежень на керуючі змінні. Для досягнення поставленої мети формалізовано узагальнену постановку задачі нечіткого управління при наявності обмежень і розроблено послідовність етапів нечіткого виведення.

Завдання нечіткого управління з нелінійними обмеженнями на керуючі змінні може бути формально представлена у вигляді:

$$\bar{U} = F(\bar{X}), \quad (1)$$

$$\bar{G}(\bar{X}, \bar{U}), \quad (2)$$

де $F(\bar{X})$ – модель, що визначає залежність керуючих змінних $\bar{U}$ від вхідних змінних $\bar{X}$ блока управління; $\bar{G}(\bar{X}, \bar{U})$ – система функцій належності нелінійних обмежень на управління, що приймають значення з відрізка $[0,1]$.

У задачі управління в інформаційних технологіях на основі виділених вхідних ($\bar{X}$) і вихідних ($\bar{U}_o$) змінних пристрою управління ПУ формуються множини вхідних та вихідних лінгвістичних змінних $B = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m\}$ та $W = \{w_1, w_2, \dots, w_s\}$ відповідно.

Вхідні змінні $\bar{X}$ розбиваються на підмножини $\bar{x}_l$, $l = \overline{1, m}$, які відповідають кожній вхідній лінгвістичній змінній β_l : $\bar{x}_l \rightarrow \beta_l$.

Вхідна лінгвістична змінна β_l визначається як кортеж:

$$\langle \beta_l, T_l, E_l \rangle,$$

де β_l – назва l -ої змінної; T_l – терм-множина l -ої лінгвістичної змінної, яка містить назви нечітких змінних.

Аналогічно в роботі визначена вихідна лінгвістична змінна w_z .

Функції належності $\mu_k^l(\bar{x}_l)$ і $\mu_b^z(\bar{u}_z^o)$ термів лінгвістичних змінних β_l і w_z у загальному випадку є функціями багатьох аргументів.

Модель нечіткого управління на основі функцій належності багатьох аргументів в узагальненому вигляді можна представити як множину правил нечітких продукцій $P = \{R_1, R_2, \dots, R_p\}$ виду:

$$\text{Правило } R_r: \text{ЯКЩО } \bigcap_{i=1}^{N_r} \Pi U_{ir}^{lk} \text{ ТО } \bigcap_{j=1}^{M_r} \Pi Z_{jr}^{zb}, (K_{fr}) \quad (3)$$

де N_r – кількість антецедентів, що входять до правила g ; M_r – кількість консеквентів, що входять до правила g ; $ПУ_{ir}^{lk}$ – i -а антецедента, що входить до правила g , яка представляє собою нечітке висловлювання, що складається з вхідної лінгвістичної змінної β_l та відповідного їй k -го терму; $ПЗ_{jr}^{zb}$ – j -а консеквента, що входить до правила g , яке представляє собою нечітке висловлювання, що складається з вихідної лінгвістичної змінної w_z та відповідного їй b -го терму, K_r – ваговий коефіцієнт правила.

Антецеденти мають вид:

$$ПУ_{ir}^{lk} : \beta_l \in \beta_{lk}, \quad (4)$$

де β_l – назва l -ої вхідної лінгвістичної змінної; β_{lk} – k -тий терм вхідної лінгвістичної змінної β_l .

Консеквенти представляються наступним чином:

$$ПЗ_{jr}^{zb} : w_z \in w_{zb}, \quad (5)$$

де w_z – назва z -ої вихідної лінгвістичної змінної; w_{zb} – b -тий терм вихідної лінгвістичної змінної w_z .

На основі розробленої моделі виконуються етапи нечіткого виведення: фазифікація, агрегування, активізація, акумуляція, дефазифікація.

Реалізація наведених етапів нечіткого виведення аналогічна реалізації етапів узагальненого методу нечіткого управління на основі функцій приналежності кількох аргументів [5], за винятком етапів акумуляції і дефазифікації.

На етапі акумуляції відбувається об'єднання ступенів істинності консеквента, а також враховуються обмеження на керуючі змінні для отримання функції приналежності кожної вихідної лінгвістичної змінної наступним чином:

$$\mu^*(\bar{U}) = \left(\bigcup_{r=1}^p \bigcup_{z=1}^s \bigcup_{b=1}^c \mu_r^{zb}(\bar{u}_z^0) \right) \wedge \bigcap_{i=1}^{N^g} g_i(\bar{X}^0, \bar{U}), \quad (6)$$

де p – кількість правил, що входять до бази знань; c – кількість термів вихідної лінгвістичної змінної w_z ; N^g – кількість обмежень у задачі управління; $\bar{X}^0$ – значення вхідних змінних, що надійшли в пристрій управління.

Етап дефазифікації може бути реалізований шляхом узагальнення на багатовимірний випадок методу центру тяжіння або максимального чи мінімального значення з максимумів функції (6).

Таким чином, в роботі формалізована задача нечіткого управління з нелінійними обмеженнями і запропонований метод її вирішення на основі використання нечіткого виведення з застосуванням функцій належності кількох аргументів. Результати роботи можуть бути використані для розробки інформаційних технологій, що автоматизують управління системами при наявності обмежень на значення керуючих змінних.

Література

1. An experiment in linguistic yn thesis with a fuzzy logic controller. / Mamdani E. H., Assilian S. // International Journal of Man-Machine Studies. – 1975. – Vol. 7. – № 1. – PP. 1–13.
2. Гостев В.И. Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления / В.И. Гостев. – Нежин: Видавництво «Аспект-Поліграф», 2009. – 416 с.
3. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ- Петербург, 2005. – 736 с.
4. Шушура А.Н. Метод нечеткого управления на основе переменных с многомерными функциями принадлежности / А.Н. Шушура, И.А. Тарасова // Штучний інтелект. – 2010. – №1. – С. 122-128.

Марний В.А., магістрант (marnyj@i.ua)

Жовтобрух С.А., старший викладач (serhii.zhovtobrukh@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНУВАННЯ ШАХТНОЇ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ

Серед стаціонарних об'єктів автоматизації, від яких залежить ефективність роботи гірничого підприємства, одне з головних місць належить підйомним установкам (ПУ). На цей час вони комплектуються потужним електроприводами, які працюють тривалий час протягом доби, чим забезпечують високу продуктивність шахти. Особлива увага приділяється питанням економічності їхньої роботи, контролю основних параметрів і характеристик (місцеположення сосуда, швидкості підйому-зпуску, а також надійності і безпеки роботи підйомної установки). [1]

Вирішення цих питань сучасними системами управління дозволяє досягти відповідної мети: для скіпових ПУ – підвищення кількості вугілля, що підіймається; для клітьових – безпека шахтарів та продуктивність доставки матеріалів, що необхідні для роботи дільниць.

Загальним недоліком усіх технічних рішень автоматизації є централізована структура, що знижує надійність функціонування ПУ [2], оскільки при виході з ладу головного контролера, дані про технологічний процес не передаються на пульт диспетчера.

Таким чином, є доцільною задача по вдосконаленню системи управління клітьовою ПУ за рахунок розподілу структурних компонентів системи з використанням активного резервування та децентралізації алгоритмів управління.

Для автоматизації підйомної установки пропонується наступна функціональна схема блоку прийому інформації та видачі команд (рис. 1):

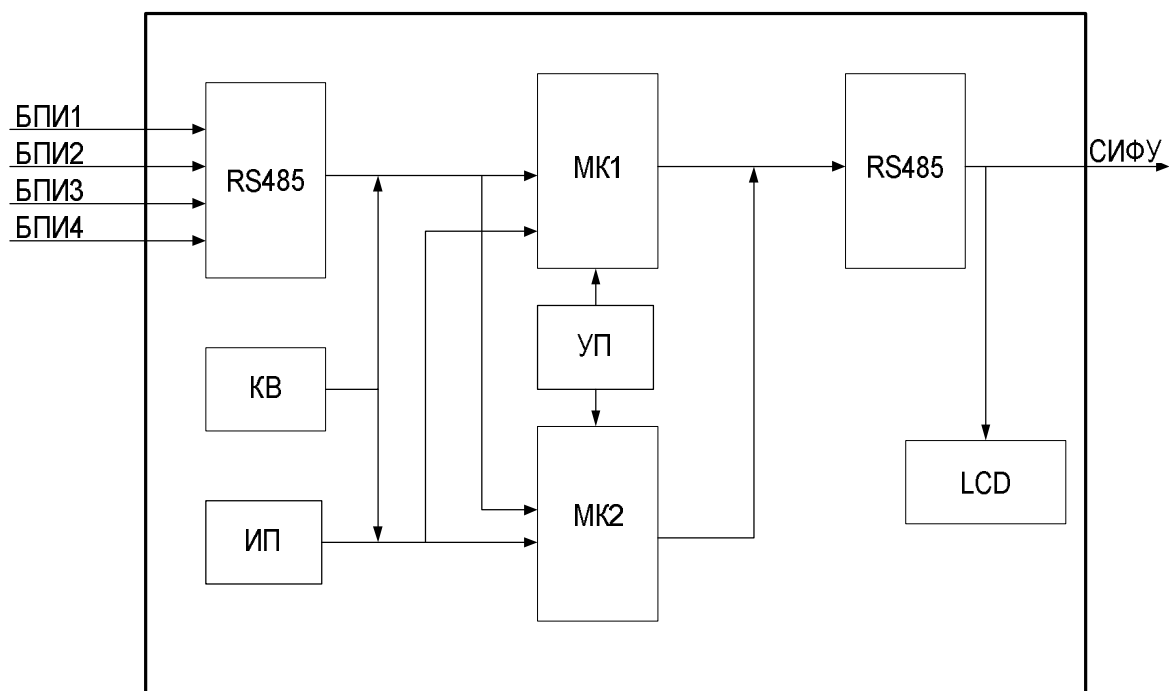


Рисунок 1 - Структурна схема блоку прийому інформації та видачі команд

На рисунку наведено такі позначення: ИП - джерело живлення, УП - пристрій

перемикання, МК1 - основний мікроконтролер, МК2 - резервний мікроконтролер.

Кожен із сигналів від блоків прийому інформації та їх передача на основний мікроконтролер виробляється за допомогою інтерфейсу RS - 485. З мікроконтролера (МК) відбувається виведення даних на рідко- кристаличний індикатор (LCD). До мікроконтролеру підключається клавіатура (KB). Мікроконтролери живляться за допомогою джерела живлення ПІ.

Алгоритм роботи системи, що розробляється наведено на рис. 2.

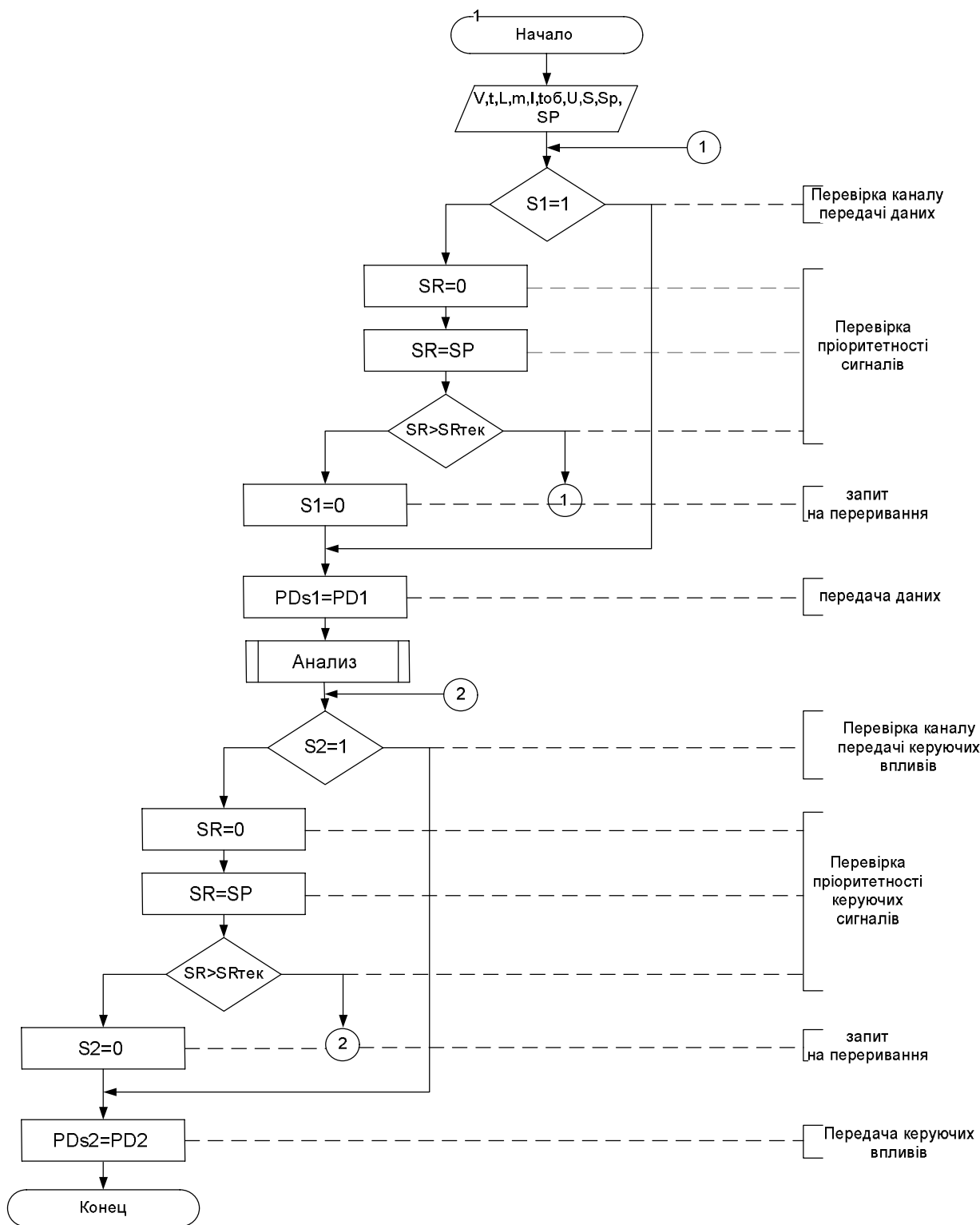


Рисунок 2 – загальний алгоритм роботи системи

Принцип роботи даної системи полягає в наступному: в машинний зал, а також угорі, внизу стовбура і у копра встановлюються відповідні блоки прийому інформації БПІ1,2,3,4, які в свою чергу здійснюють прийом інформації від технологічних датчиків контролю технологічного процесу. Кожному сигналу від датчика, з метою передачі його на великі відстані без втрат, присвоюється відповідна адреса, за допомогою якої блок прийому інформації та видачі команд проводитиме опитування кожного блоку і передача даних здійснюється по протоколу. Ці сигнали надходять в цифровому вигляді на блок прийому інформації та видачі команд. Далі вся інформація надходить оператору ЕОМ на пульт управління, звідки ведеться контроль за станом технологічного процесу, де оператор збираючи дані, може здійснювати управління двигуном підйомної машини у відповідності з заданими параметрами і режимами роботи. У всіх блоках як пристрій узгодження для аналогових сигналів використовуються операційні підсилювачі, а для дискретних застосовується гальванічна розв'язка. Блок прийому інформації та видачі команд передбачає у своєму складі два мікроконтролера (основний і резервний), які з'єднані між собою пристроєм перемикачів. При виході з ладу основного мікроконтролера пристрій перемикачів включає в роботу резервний мікроконтролер. Для більшої ефективності роботи, діаграма підйому умовно ділиться на вісім ділянок та при збої системи резервний мікроконтролер починає свою роботу з того моменту, на якому зупинився основний.

Таким чином, в ході проведеної роботи була спроектована автоматизована система контролю функціонування шахтної підйомної установки, яка за рахунок використання сучасних елементів мікропроцесорної техніки, розміщеної структури і активного резервування обчислювального контролера, дозволить підвищити надійність і ефективність роботи технологічного процесу клітьового підйому.

Перелік посилань:

1. Руководство по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок: нормативное производственно–практическое издание/В.Р. Бежок, В.Г. Калинин, В.Д. Коноплянов, Е.М. Курченко; Под общей редакцией В.А. Корсуна. – Донецк, 2009. – 672 с.
2. Дроздова, Л.Г. Стационарные машины: Учеб. пособие. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 157 с.

Марний В.А., магістрант (marnyj@i.ua)

Жовтобрух С.А., старший викладач (serhii.zhovtobrukh@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ КЕРОВАНОГО ПУСКУ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ

Сучасні шахтні підйомні машини є найбільш потужними з усього стаціонарного обладнання на шахті. Потужність електроприводу підйомної машини досягає 1000кВт, а великих - 2000кВт і вище. Електропривод підйомних установок споживає до 40% всієї електроенергії, що витрачається шахтою. Підйомні установки шахт і копалень - найбільш складні та відповідальні об'єкти в загальному технологічному колі транспортування корисної копалини з вибою на поверхню. Складність їх обумовлена тим, що електрична схема підйомної машини повинна виконувати безліч контрольних і захисних функцій і забезпечувати автоматичне керування потужним приводом постійного або змінного струму при значній, змінній за рівнем навантаженні для підтримки з великою точністю заданої швидкості посудини на всіх ділянках його руху [1].

Для забезпечення безпечної роботи підйомної установки у всіх виробничих ситуаціях на діючих стовбурах шахт необхідне знання основних залежностей між амплітудно-частотними характеристиками просторових поздовжньо-поперечних коливань похилої струни головного каната і геометричними, режимними і інерційними параметрами підйомної установки. [2].

Електромеханічна система клітьової ШПУ можна розглядати як трьохмасову (ТЕМС) у вигляді еквівалентної розрахункової схеми (рис 1). [3].

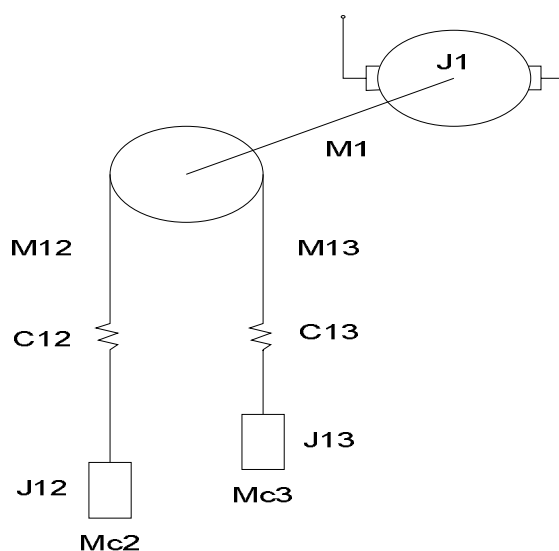


Рисунок 1 - Розрахункова схема трьохмасової електромеханічної системи ЕП

На схемі наведено такі позначення: J_1 – момент інерції електродвигуна і обертових мас на його валу, J_{12} – приведений момент інерції до швидкості вала вантаженої кабіни, J_{13} – приведений момент інерції до швидкості вала порожньої кабіни, M_1 – момент електродвигуна, Mc_2 – наведений статичний момент завантаженої посудини, Mc_3 – наведений статичний момент порожньої посудини, M_{12} – наведений пружний момент між

двигуном і вантаженою посудиною, M_{13} – наведений пружний момент між двигуном і порожньою посудиною, C_{12} – жорсткість каната між двигуном і вантаженою посудиною, C_{13} – жорсткість каната між двигуном і порожньою посудиною.

Диференціальні рівняння трьохмасової ЕМС підйомної установки в процесі переміщення підйомних посудин представлені наступною системою рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_1 - M_{12} + M_{13} = J_1 \cdot \frac{d\omega_1}{dt}; \\ M_{12} - M_{c2} = J_{12} \cdot \frac{d\omega_2}{dt} \\ -M_{13} + M_{c3} = J_{13} \cdot \frac{d\omega_3}{dt} \\ U_a = i_a \cdot R_a + L_a \cdot \frac{di_a}{dt} + k\phi \cdot \omega_1 \\ M_1 = k\phi \cdot i_a \\ (\omega_1 - \omega_2) \cdot C_{12} = \frac{dM_{12}}{dt} \\ (\omega_3 - \omega_1) \cdot C_{13} = \frac{dM_{13}}{dt}, \end{array} \right. \quad (1)$$

де ω_1 – кутова швидкість обертання двигуна; ω_2 – приведена до кутової швидкості двигуна швидкість навантаженої підйомної посудини, ω_3 – приведена до кутової швидкості двигуна швидкість порожньої підйомної посудини, R_a – опір обмотки якоря, L_a – індуктивність обмотки якоря, $k\phi$ – конструктивна постійна двигуна, i_a – струм якоря, U_a – напруга на якорі.

Для того, щоб розв'язати рівняння виду:

$$\frac{d}{dt} \bar{Y} = \bar{A} \cdot \bar{Y} + \bar{B}(t) = f(\bar{Y}, t), \quad (2)$$

застосовано чисельний метод розв'язання диференціальних рівнянь Рунге - Кутта четвертого порядку. Ідея методу полягає в тому, щоб використовувати метод невизначених коефіцієнтів.

При реалізації диференціальних рівнянь двигуна постійного струму з незалежним збудженням була використана середовище розробки Microsoft Visual Basic 2010. Основне вікно для завдання необхідних параметрів двигуна було виконано у вигляді форми за допомогою пакета Windows Forms Applications. Далі наведемо головне робоче вікно для завдання необхідних параметрів двигуна (рис. 2.), в якому здійснюється вибір між кутовими швидкостями електродвигуна і наведеними кутовими швидкостями між двигуном і навантаженою судиною, і двигуном і порожньою судиною, а також струмом у колі якоря, і приведеними пружними моментами між двигуном і вантаженою судиною, і двигуном і порожньою судиною, для побудови відповідних залежностей. Необхідний розрахунок проводився на підставі вихідних даних електроприводу клітьової підйомної установки ш. «Краснолиманська» (Україна).

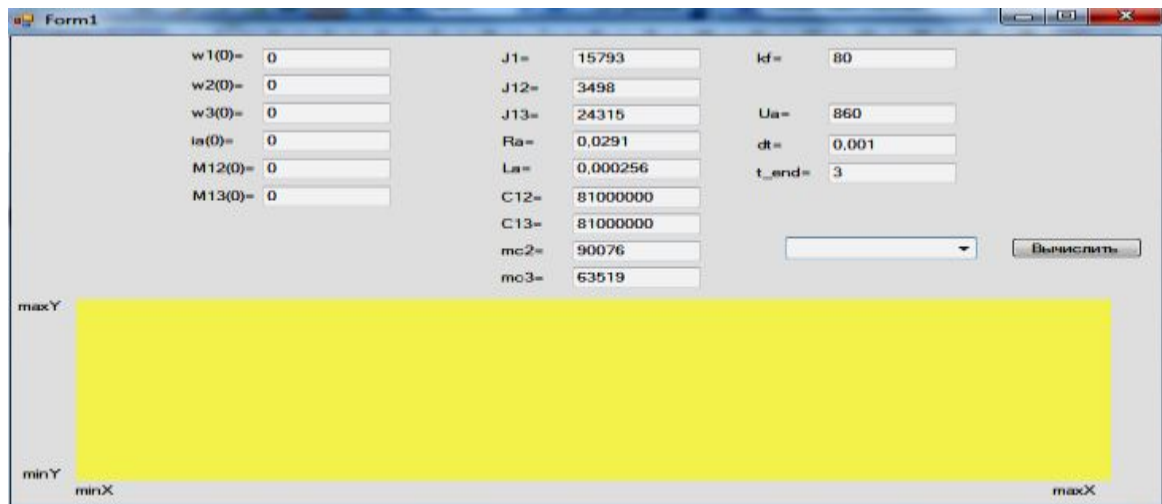


Рисунок 2 - Робоче вікно програми в середовищі Microsoft Visual Basic

За наведеними вихідними даними електродвигуна отримуємо наступні залежності при пуску електродвигуна:

- 1) кутова швидкість електродвигуна (рис. 3);
- 2) приведена до кутової швидкості двигуна, швидкість навантаженої підйомної посудини (рис. 4);
- 3) приведена до кутової швидкості двигуна, швидкість порожньої підйомної посудини (рис. 5);
- 4) струм в колі якоря (рис. 6);
- 5) наведений пружний момент між двигуном і навантаженою судиною (рис. 7);
- 6) наведений пружний момент між двигуном і порожньою судиною (рис. 8).



Рисунок 3 - Графік кутової швидкості при розгоні електродвигуна $\omega = f(t)$



Рисунок 4 - Графік приведеної до кутової швидкості двигуна, швидкості завантаженої підйомної посудини при розгоні $\omega_2 = f(t)$

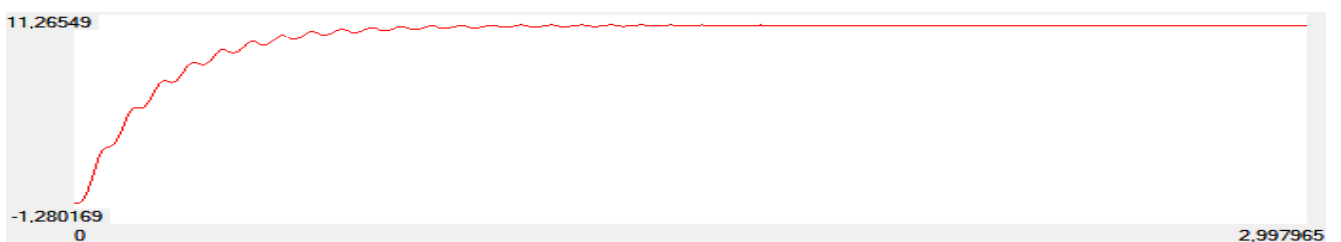


Рисунок 5 - Графік приведеної до кутової швидкості двигуна, швидкості порожньої

підйомної посудини при розгоні $\omega_3 = f(t)$

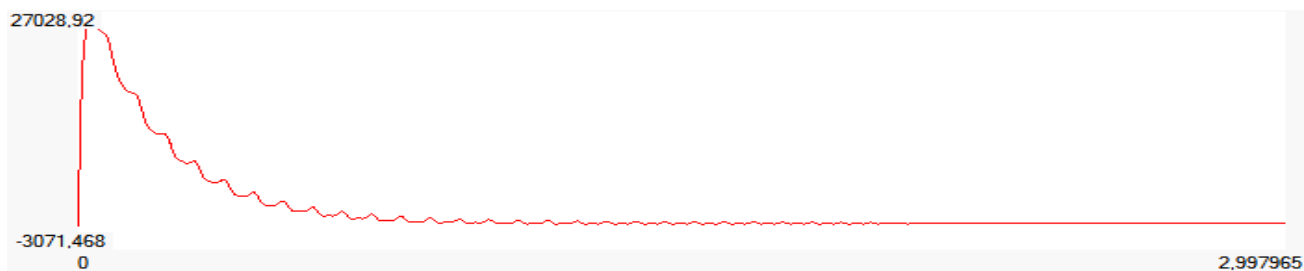


Рисунок 6 - Графік струму в колі якоря $i_a = f(t)$

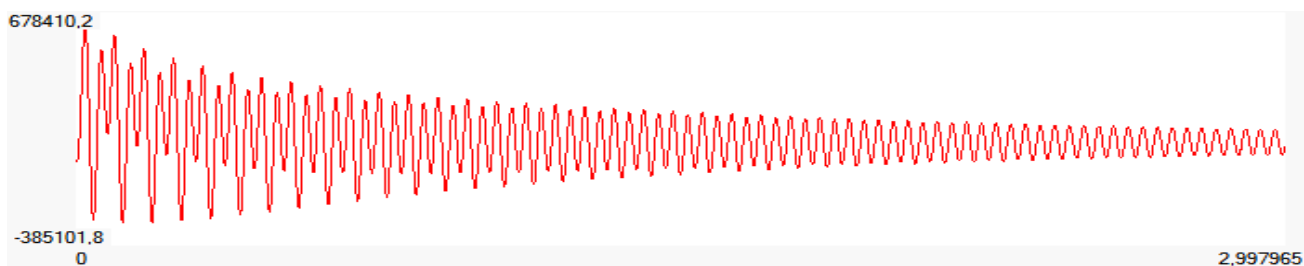


Рисунок 7 - Графік наведеного пружного моменту між двигуном і навантаженою судиною при розгоні $M_{12} = f(t)$

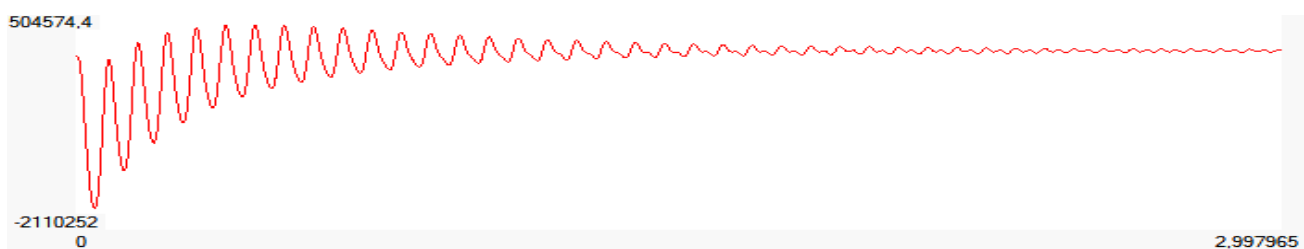


Рисунок 8 - Графік наведеного пружного моменту між двигуном і порожньою судиною при розгоні $M_{13} = f(t)$

Висновки:

Розроблена комп'ютерна програма, яка дозволяє задавати різні рівні шпаруватості напруги живлення якоря двигуна постійного струму, а також змінювати шпаруватість із часом, завдяки чому є можливість моделювати керований пуск підйомної установки з необхідними показниками якості перехідного процесу.

Перелік посилань

1. Дроздова Л.Г. Стационарные машины и установки / Л.Г. Дроздова.- В.: Изд-во ДВГТУ, 2007.- 162 с.
2. Куклина Е.А. Экономика, организация и планирование работы рудничных стационарных установок: Учеб. пособие / Е.А. Куклина.- СПб.: Санкт-Петербургский государственный горный институт, 2005.- 43 с.
3. Потураев В.Н. Вертикальный транспорт на горных предприятиях / В.Н. Потураев, А.Г. Червоненко, Л.В. Колосов.- М.: Недра, 1975. - 351с.

Стоян Є.В., магістрант (stoyanchik1001@gmail.com)

Потєпаєв В.В., к.т.н., доцент (valerii.potsepaiev@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ САУ ВИДОБУВНИМ КОМБАЙНОМ З КОМПЕНСАЦІЙНИМ РЕГУЛЯТОРОМ ШВИДКОСТІ

Огляд літератури з автоматизації вугільних комбайнів показує, що система автоматичного управління видобувним комбайном є автоколивальною системою. Це обумовлено характером взаємодії виконавчих органів комбайна з руйнованим пластом, нелінійною залежністю сили тертя в опорах комбайна від швидкості подачі та вертикальних складових сил реакції вибою на виконавчих органах, а також, у випадку ланцюгової системи подачі, наявністю пружного тягового ланцюга.

В безланцюговій системі подачі періодичні складові збурень на виконавчих органах – моменту навантаження та сил реакції вибою є слідством їх кінематичної невідновженості, яка визначається схемою розстановки ріжучого інструмента та числом заходів шнека – одним або двома.

Відповідно до цього в спектрі збурень в системі мають місце частоти кратні частоті обертання виконавчих органів. В разі винесеної системи подачі в спектр додаються коливання, що пов'язані з наявністю ланцюга.

Періодичний характер збурень в системі автоматичного управління комбайном (САУ) викликає в контурі стабілізації швидкості подачі такі ж періодичні керуючі впливи по їх відпрацюванню, що стає причиною високодинамічного навантаження трансмісії приводу подачі. Крутильні коливання моменту великої амплітуди в елементах трансмісії призводять до їх прискореного втомного зносу і, отже, зменшенню довговічності привода. Це особливо важливо для привода подачі з електромагнітним гальмом ковзання, в якому необхідна жорсткість механічних характеристик створюється системою стабілізації швидкості.

В зв'язку з цим побудова та дослідження САУ комбайном, котра забезпечує зниження динамічності навантажень в приводі подачі з електромагнітним гальмом ковзання, є актуальним науково – технічним завданням.

Метою роботи є вдосконалення динамічних характеристик системи автоматичного управління видобувним комбайном з вбудованою системою подачі, в приводі якої варіатором швидкості є електромагнітне гальмо ковзання.

Ідеєю роботи є використання безінерційного зворотного зв'язу по струму управління в контурі стабілізації швидкості привода подачі.

Для виконання синтезу САУ, що забезпечує зниження періодичних коливань крутного моменту в приводі подачі та дозволяє оцінити показники її якості як в режимі стабілізації швидкості подачі, так і в режимі стабілізації навантаження привода виконавчих органів, побудовано математичну модель САУ видобувним комбайном в робочому режимі. Модель представлено у вигляді системи, що наведена нижче.

В моделі позначено: $\dot{\phi}$ - кутова швидкість привода подачі; J - момент інерції привода, приведений до приводного колеса; M - обертаючий момент привода, приведений до приводного колеса; M_n - момент навантаження привода; i - струм управління в обмотці збудження гальма; $S = \frac{\omega_0 - \dot{\phi}}{\omega_0}$ - ковзання гальма, ω_0 - кутова швидкість асинхронного двигуна

з врахуванням редукції; F_m - сила тертя опор комбайна об напрямні, н;

$$F_m = \mu(\dot{x})(m \cdot g + R_a); R_a = R_{a_1} + R_{a_2};$$

$$\left\{ \begin{array}{l} J\ddot{\phi} = M - M_n; \\ M = M_m \arctg^2(ai)(\sqrt[4]{S}), \quad S \in [0,1]; \\ M_n = (F_m + F_{ck} + R_b) \cdot r; \\ F_m = \mu(\dot{x})(m \cdot g + R_a); \\ \mu(\dot{x}) = a_1 + a_2 e^{-a_3 \dot{x}} + a_4 \dot{x}, \quad \dot{x} = \dot{\phi} \cdot r; \\ F_{ck} = m \cdot g \cdot \sin(\alpha_n); \\ U_T = iR + L(i)\dot{i}, \quad L(i) = \frac{L_0}{1 + (ai)^2}, \\ U_T = \frac{U}{2} (1 + \cos(\pi - \frac{u}{u_m} \pi)); \\ T_2 \dot{u} = y - u; \\ y = \begin{cases} ku_{ПД}, & 0 < u_{ПД} < u_m/k, \\ u_m, & u_{ПД} \geq u_m/k, \\ 0, & u_{ПД} \leq 0; \end{cases} \\ u_{ПД} = k_n \varepsilon + k_\partial \dot{\varepsilon} - T_1 \dot{u}_{ПД}; \\ \varepsilon = v - k_{\partial u} \dot{\phi} - k_{33} \dot{i}; \\ v = u_I = k_i \int \varepsilon_i(t) dt; \\ \varepsilon_i = i_{360} - i_{60}; \end{array} \right.$$

R_{a_1}, R_{a_2} сили вертикальних реакцій вибою на випереджаючому й відстаючому шнеках, н;

$\mu(\dot{x})$ - коефіцієнт тертя опор комбайна об напрямні;

$\mu(\dot{x}) = \text{sign}(\dot{x})(a_1 + a_2 e^{-a_3 \dot{x}} + a_4 \dot{x})$; a_1, a_2, a_3, a_4 - позитивні константи; $R_b = R_{b_1} + R_{b_2}$ - сили горизонтальних реакцій вибою на відстаючому й випереджаючому шнеках, Н; $F_{ck} = m \cdot g \cdot \sin(\alpha_n)$; - сила, що скочує, α_n - кут нахилу пласта; U_T - напруга на виході керованого тиристорного випрямляча, який живить обмотку збудження ЕГК; U - напруга, що підводиться до керованого тиристорного випрямляча; u - сигнал управління тиристорним випрямлячем; u_m - рівень обмеження сигналу управління на виході пропорційно - диференціальний (ПД) регулятора; y - сигнал на виході нелінійної ланки обмеження з коефіцієнтом передачі ПД регулятора k на лінійному інтервалі; $u_{ПД}$ - сигнал управління ПД регулятора; k_∂ - коефіцієнт при похідній в сигналі ПД регулятора; k_n - коефіцієнт при пропорційній складовій в сигналі ПД регулятора; ε - сигнал розузгодження по швидкості; $k_{\partial u}$ - коефіцієнт передачі датчика швидкості; k_{33} - коефіцієнт компенсаційного зворотного зв'язку по струму управління; $v = u_I$ - завдання по швидкості подачі на виході І регулятора; ε_i - сигнал розузгодження по струму; i_{360} - завдання по струму електродвигуна привода виконавчих органів; i_{60} - струм електродвигуна привода виконавчих органів.

На рис. 1 показано побудовану в Simulink модель САУ комбайном з компенсаційним зворотним зв'язком по струму управління гальма з коефіцієнтом 0.8. Блок MATLAB fcn

shearer1 обчислює момент навантаження приводу подачі M_n та сумарний момент навантаження на виконавчих органах. Останній масштабується в струм приводу електродвигуна виконавчих органів.

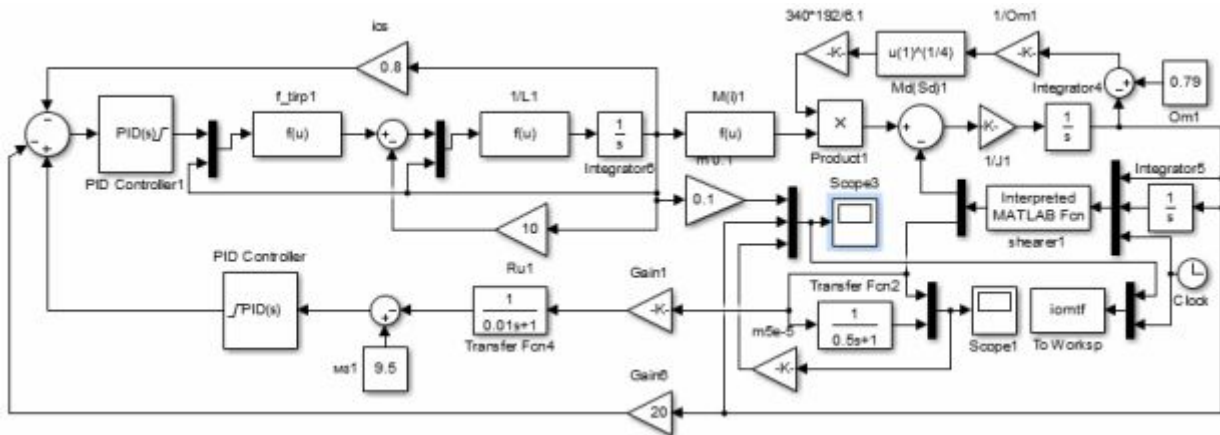


Рисунок 1 – Модель САУ комбайном з компенсаційним зворотним зв'язком по струму в контурі управління швидкістю гальма.

На рис.2 та рис.3 наведені результати дослідження моделювання рухів САУ при відпрацюванні збурень по опірності вугілля різанню відповідно для системи з компенсаційним зворотним зв'язком та без нього при інших рівних умовах

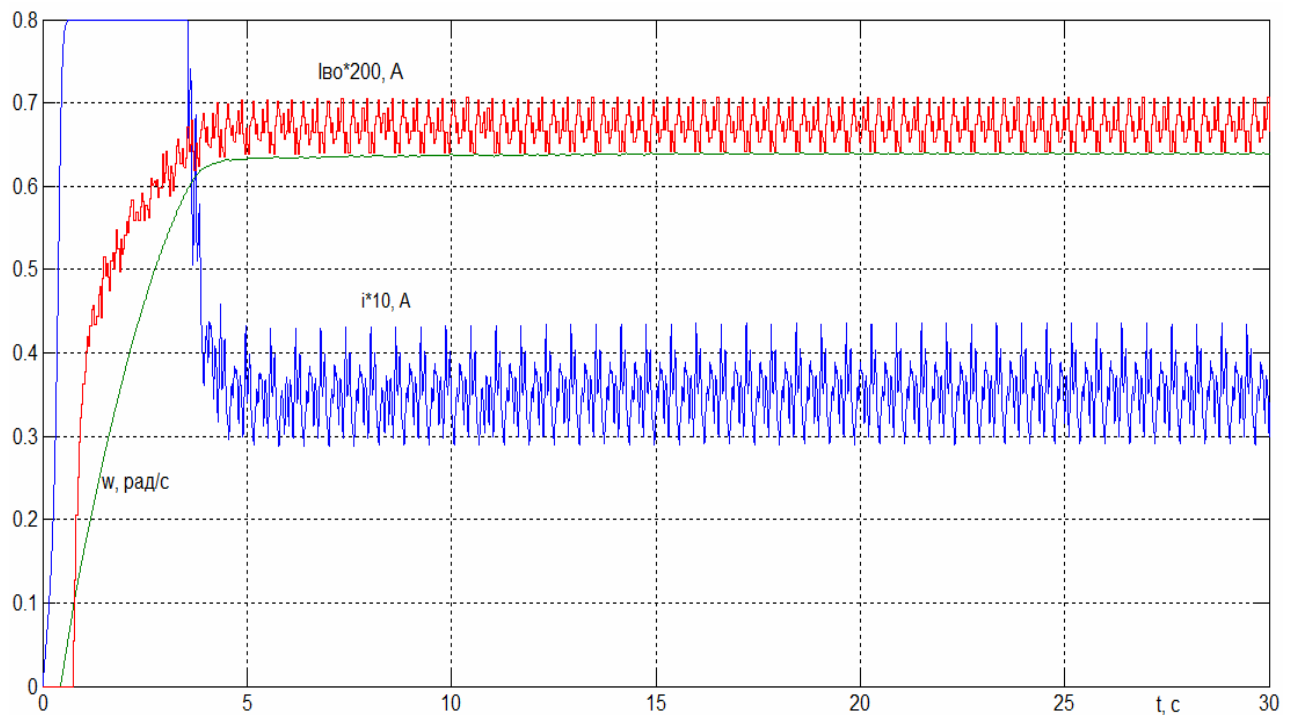


Рисунок 2 – Рухи САУ комбайном в вихідній системі

Вимірювання показують, що в системі з компенсаційним зворотним зв'язком розмах коливань струму управління зменшене більш ніж в 25 разів, порівняльно з системою без нього. При цьому зазначимо, що якість стабілізації навантаження на виконавчих органах практично не погіршилась.

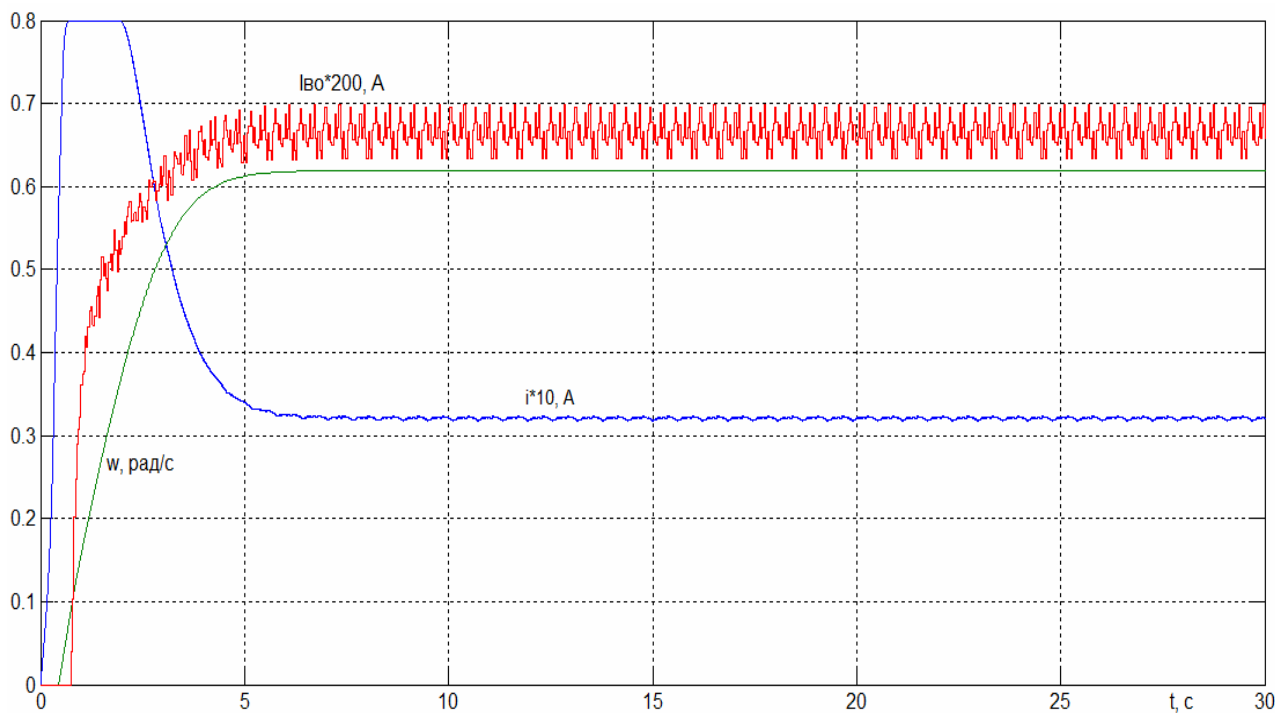


Рисунок 3 – Рухи САУ комбайном в розробленій системі

Висновки.

1. Розроблено та досліджено САУ видобувним комбайном з компенсаційним зворотним зв'язком по струму в контурі управління швидкістю електромагнітного гальма ковзання.
2. Синтезована структура та параметри САУ дозволяють більш ніж в 25 разів зменшити амплітуду коливань струму управління i , отже, крутного моменту привода подачі.
3. Практично усунення крутильних коливань обертаючого моменту дозволить збільшити ресурс трансмісії привода подачі.

Література

1. Поцєпаєв В.В., Шмідт Ю.Б., Мамєдов Р.Р. Адаптивна система автоматичного управління приводом подачі з електромагнітним гальмом ковзання. / В.В.
2. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія Автоматичного Керування / М.Г. Попович, О.В., Ковальчук. – Київ: Либідь, 2007. – 656 С.
3. Поцєпаєв В.В. Алгоритмический метод моделирования нагрузок на роторных исполнительных органах машин. Materialy IV mezinarodni vedecko-prakticka konference “veda a vznik – 2008/2009” dil 16. tehnicke vedy: Praha. publishing house “Education and science” – 104 stran.

Вербовська Г.С., магістрант

Поцєпаєв В.В., к.т.н., доцент (valerii.potsepaiev@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОВІТРЮВАННЯ ТУПИКОВОЇ ВИРОБІТКИ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ

Для забезпечення ефективного управління провітрюванням тупикового забою необхідно оперативно змінювати продуктивність вентиляторів ВМП та насосу зрошування повітря [1].

Функціональна схема системи автоматичного управління провітрюванням (САУ П) приведена на рис. 1.

Пристрій управління по сигналу завдання необхідної витрати повітря $Q_{пп}$ і сигналу зворотного зв'язку з датчика витрати повітря $Q_{фп}$ формує сигнали управління U_u на перетворювач частоти ПЧ, внаслідок чого змінюється швидкість обертання статора електродвигуна вентилятора ВМП. При зміні частоти обертання статора електродвигуна в мережі змінюється витрата повітряного потоку, який контролюється відповідним датчиком, сигнал якого є фактором обурення витрати води $Q_{фв}$ насосної установки. Насос являє собою асинхронний електродвигун швидкість якого змінюється в наслідок надходження сигналу з ПЧ. Сигнал управління U_u частотного перетворювача задається регулятором необхідної витрати води $Q_{пв}$, в наслідок якої змінюється сигнал $\gamma_{вл}$ вологості повітря.

Перетворювач частоти здійснює регулювання частоти струму статора електродвигуна вентилятора в залежності від сигналу завдання. Швидкість обертання ротора визначається частотою струму статора і змінюється не миттєво, тому з достатнім ступенем точності передавальний функцію ПЧ можна записати в наступному вигляді:

$$W_{ПЧ}(p) = K_{ПЧ} \frac{K_j}{T_j \cdot p + 1},$$

де $K_{ПЧ}$ – коефіцієнт перетворювача частоти, K_j – коефіцієнт передачі, який характеризує ступінь зміни швидкості обертання валу вентилятора при зміні частоти струму статора двигуна; T_j – постійна часу, що характеризує інерційність розгону двигуна.

Передавальна функція повітряного потоку вентилятора, що враховує відстань, на якому виконується вимірювання витрати, представляється ланкою запізнювання. Для спрощення обчислень із урахуванням невеликої відстані до виходу вентилятора передавальну функцію повітряного потоку можна уявити у вигляді аперіодичної ланки 1-ого порядку:

$$W_{П}(p) = \frac{K_{П}}{T_{П} \cdot p + 1},$$

де $K_{П}$ – коефіцієнт посилення, $T_{П}$ – постійна часу.

Коефіцієнт посилення $K_{П}$ є залежністю дебіту вентилятора з частотою обертаючого колеса, яка, згідно закону пропорційності, прямо пропорційно зміні оборотів двигуна.

Постійна часу $T_{П}$ як відношення відстані z , на якому виконується вимірювання, до початкової швидкості повітряного потоку Q_0 .

Передавальна функція вологості повітря, що враховує час, за який вологомисткість повітря досягає вимірюваного пристрою з урахуванням швидкості повітряного потоку,

представляється у вигляді аперіодичної ланки 1-ого порядку:

$$W_B(p) = \frac{K_B}{T_B \cdot p + 1},$$

де K_B - коефіцієнт посилення, T_B - постійна часу.

Для плавного регулювання частоти обертання асинхронного двигуна застосовується управляючий регулятор. Передавальна функція регулятора по керуючому впливу має вигляд аперіодичної ланки 1-ого порядку:

$$W_P(p) = \frac{K_P}{T_P \cdot p + 1},$$

де K_P - коефіцієнт посилення регулятора, T_P - постійна часу системи управління.

ПІД регулятор формує керуючий сигнал з метою отримання необхідних точності і якості перехідного процесу. ПІД-регулятор формує керуючий сигнал, який є сумою трьох доданків, пропорційної різниці вхідного сигналу і сигналу зворотного зв'язку (сигнал неузгодженості) k_n , інтегралу сигналу неузгодженості $k_{\text{н}}$, похідної сигналу неузгодженості k_d . Передавальна функція регулятора по керуючому впливу має вигляд аперіодичної ланки 2-ого порядку:

$$W_{\text{під}}(s) = \frac{k_d s^2 + k_n s + k_{\text{н}}}{(\tau s + 1)s},$$

Передавальна функція датчиків метану, запиленості повітря, витрати повітря, витрати води можуть бути представлені у вигляді:

$$W_M(p) = K_M,$$

де K_M - коефіцієнт передачі датчика метану.

$$W_Z(p) = K_Z$$

де K_Z - коефіцієнт передачі датчика запиленості повітря.

$$W_{\text{вп}}(p) = K_{\text{вп}}$$

де $K_{\text{вп}}$ - коефіцієнт передачі датчика витрати повітря.

$$W_{\text{вв}}(p) = K_{\text{вв}}$$

де $K_{\text{вв}}$ - коефіцієнт передачі датчика витрати води.

Коефіцієнти передачі залежать від різниці вимірюваної величини і вихідного сигналу датчика В.

Таким чином, математичний опис САУ У з регульованою частотою обертання електроприводу може бути записано у вигляді:

$$\left\{ \begin{array}{l} W_{\text{пч}}(p) = K_{\text{пч}} \frac{K_j}{T_j \cdot p + 1} \\ W_{\text{п}}(p) = \frac{K_{\text{п}}}{T_{\text{п}} \cdot p + 1} \\ W_{\text{б}}(p) = \frac{K_{\text{б}}}{T_{\text{б}} \cdot p + 1} \\ W_{\text{р}}(p) = \frac{K_{\text{р}}}{T_{\text{р}} \cdot p + 1} \\ W_{\text{пид}}(s) = \frac{k_{\text{д}} s^2 + k_{\text{п}} s + k_{\text{и}}}{(\tau s + 1)s} \\ W_{\text{м}}(p) = K_{\text{м}} \\ W_{\text{з}}(p) = K_{\text{з}} \\ W_{\text{вп}}(p) = K_{\text{вп}} \\ W_{\text{вб}}(p) = K_{\text{вб}} \end{array} \right.$$

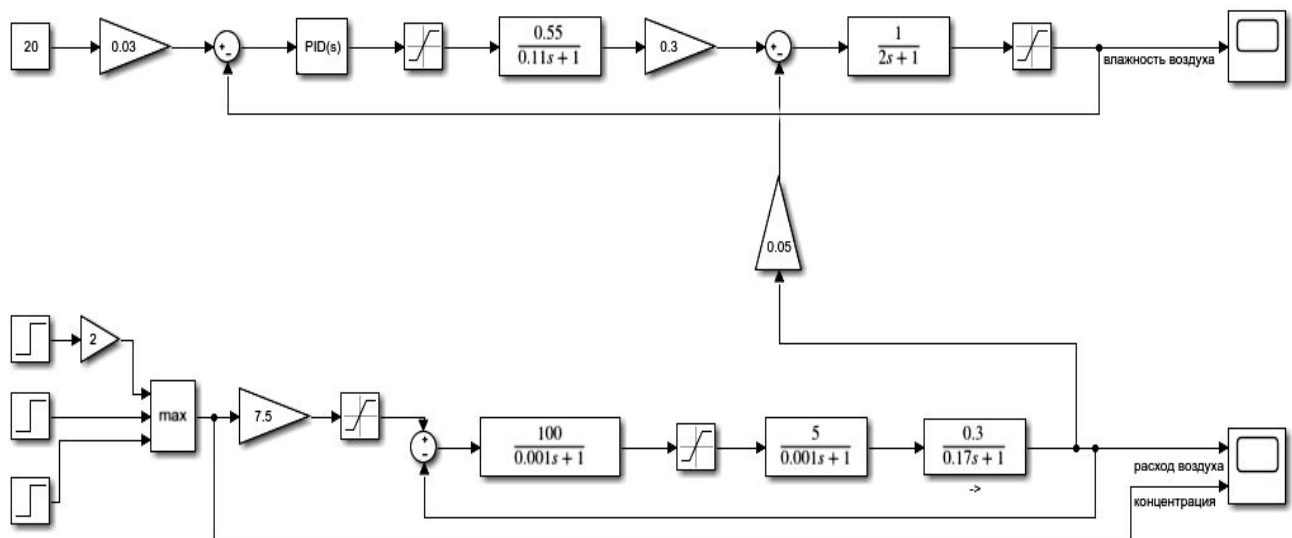


Рисунок 1 – Модель САУ провітрюванням тупикової виробітки

Перехідна характеристика (реакція системи на одиничний стрибок) системи має вигляд:

$$h(t) = L^{-1} \frac{W_{\text{р}}(p)}{p}.$$

На рисунках 2 та 3 наведено перехідні процеси в САУ провітрювання при раптовому викиді газу метану (2%, момент 20 с.) та концентрації пилу 20 мг/м³.

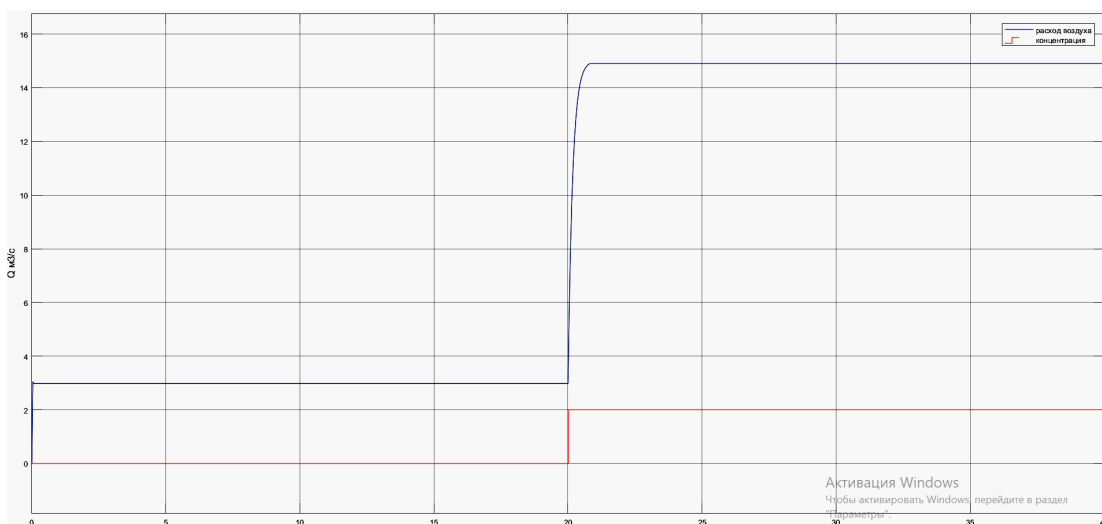


Рисунок 2 - Перехідна характеристика системи провітрювання при викиді метану на 20 с.

Візуальне дослідження графіку перехідної характеристики показує, що система адекватно реагує на викид газу метану збільшуючи витрату повітря до максимальної – $15 \text{ м}^3/\text{с}$ з витратою часу менше ніж 1 с.

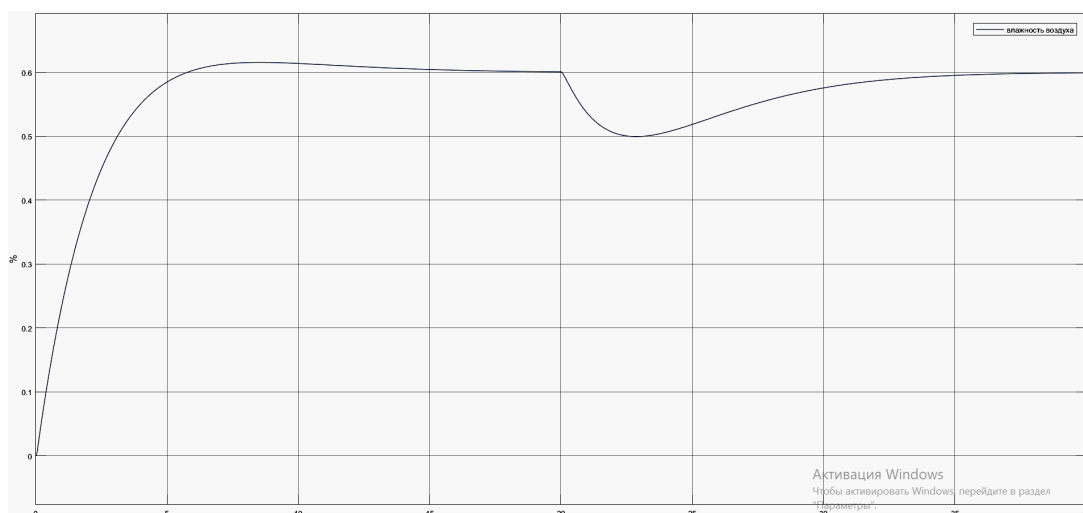


Рисунок 3 - Перехідна характеристика системи зволоження при викиді метану на 20 с. та концентрації пилу $20 \text{ мг}/\text{м}^3$

Візуальне дослідження графіку перехідної характеристики показує, що система адекватно реагує на збільшення концентрації пилу до $20 \text{ мг}/\text{м}^3$ при раптовому викиді газу метану (2%) збільшуючи вологість повітря до 60%.

Висновки:

1. Розроблено математичну модель САУ провітрювання тупикової виробітки.
2. Чисельним експериментом підтверджено адекватність запропонованої математичної моделі системи автоматичного управління провітрюванням.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аэрология горных предприятий / К.З. Ушаков, А.С. Бурчаков, Л.А. Пучков и др. – М.: Недра, 1987. – 264 с.

Горішняк С.Г., магістрант

Поцєпаєв В.В., к.т.н., доцент (valerii.potsepaiev@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ СКІПОВОГО ПІДЙОМУ

Важливим кроком в складанні математичної моделі є вибір методу структурної ідентифікації. Так як в кожному конкретному випадку він може істотно спростити саму модель, дозволити її реалізувати засобами обчислювальної техніки, зменшити час моделювання і т.п.

Розгляд існуючих методів структурної ідентифікації дозволить вибрати найбільш раціональний підхід до розробки математичної моделі досліджуваного об'єкта.

Для отримання математичного опису об'єкта використовують теоретичні або експериментальні методи ідентифікації.

Функціональна схема системи автоматичного управління скіповом підйомом (САУ П) приведена на рис. 1.

Розглянемо двох контурну систему підлеглого регулювання керований випрямляч - двигун постійного струму, структурна схема якого показана на рисунку 1. Об'єкт регулювання в даному випадку двигун, який представлений послідовним з'єднанням інерційного і інтегруючого ланок, охоплених зворотним зв'язком по е. д. з. У багатьох випадках, коли електромагнітна постійна часу $T_M \geq 4 \cdot T_\mu$, зворотним зв'язком по е. д. з. можна знехтувати. Виходячи зі структури об'єкта, система двоконтурна, з зовнішнім контуром швидкості і підлеглим йому контуром струму якоря. Некомпенсовані постійні часу приводу T_μ входять в передавальну функцію тиристорного перетворювача ТП. Об'єктом управління внутрішнього контуру служить тиристорний перетворювач, а об'єктом регулювання - двигун з входом по напрузі якорного ланцюга і виходом по току.



Рисунок 1 – Модель САУ системи підпорядкованого регулювання керований випрямляч - двигун постійного струму.

Передавальні функції ланок мають такий вигляд:

$$W_{K.P.C.}(p) = \frac{(a_c b_c T_T p + 1) K_T T_M C_d}{a_c^2 b_c T_T^2 p K_c R_\vartheta} - \text{передавальна функція ПІ-регулятора швидкості}$$

$$W_{K.P.T.}(p) = \frac{(T_\vartheta p + 1) R_\vartheta}{T_T p K_{TP} K_T} - \text{передавальна функція ПІ-регулятора струму}$$

$$W_{T.П.}(p) = \frac{K_{TP}}{T_\mu p + 1} - \text{апериодическое ланка, що моделює тиристорний перетворювач}$$

$$W_{\pi}(p) = \frac{1/R_{\pi}}{T_{\pi}p + 1} - \text{апериодическое ланка, що моделює якірний ланцюг двигуна}$$

$$W_{K.P.T}(p) = \frac{R_3}{C_d T_M p} - \text{інтегруюча ланка, що моделює механічну інерцію двигуна}$$

Для повного дослідження даної моделі додамо навантаження на двигун скіпового підйомника який містить лебідку, скіп, підвішеною на канаті. Функціональна схема системи автоматичного управління скіповом підйомом з навантаженням приведена на рис. 2.

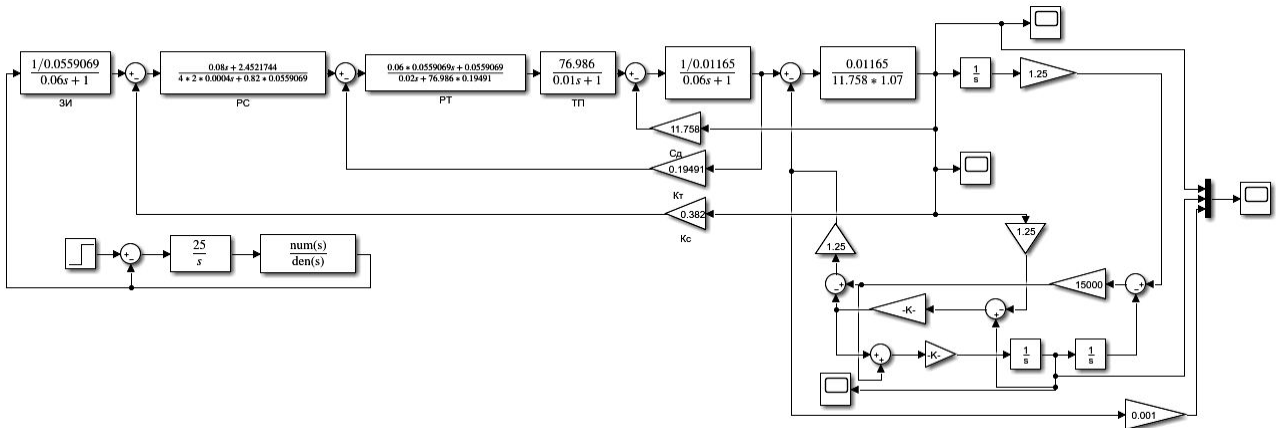


Рисунок 2 – Модель САУ системи підпорядкованого регулювання керований випрямляч - двигун постійного струму з навантаженням.

Таким чином, математичний опис навантаження на двигун може бути записано у вигляді:

$$\begin{cases} J_{\text{пр}} \frac{d\omega_{\text{ДВпр}}}{dt} = M_{\text{ДВпр}} - M_{\text{Н}} \\ M_{\text{Н}} = (F_y + F_{\text{Д}}) * r \\ F_y = (\varphi_{\text{Дпр}} * r - X m) * C, C = \frac{\text{Мод.упр}}{L_{\text{кан.}}} \\ F_{\text{Д}} = (\varphi * r - \dot{X}) * \beta \\ m \ddot{x} = F_y + F_{\text{Д}} \end{cases}$$

Нам необхідно підвищити ефективність і надійність роботи електроприводу шахтної скіпової підйомної установки. Для реалізації даного завдання проведемо дослідження даної моделі на іншому типі регулятора, тому що модернізація даного вузла системи несе найменші витрати і не тягне заміни механічних вузлів і агрегатів шахтної скіпової підйомної установки.

На рисунку 3 представлена характеристика перехідного процесу системи автоматичного регулювання електроприводу шахтної скіпової підйомної установки на базі П-регулятора.

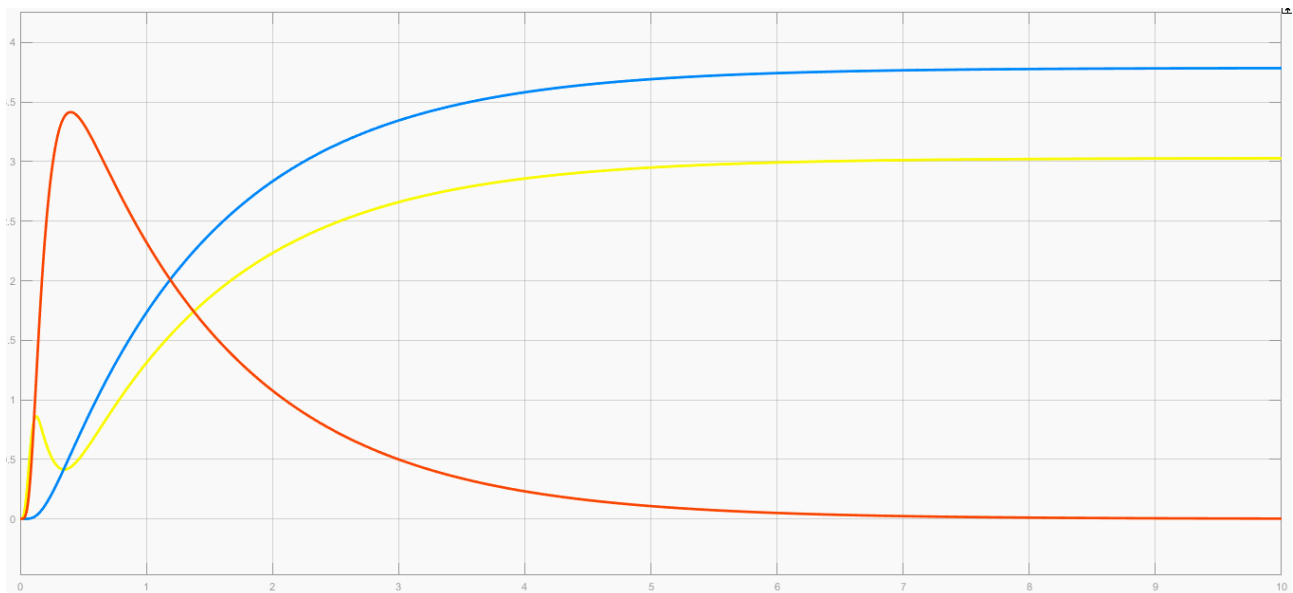


Рисунок 3 – Графік перехідного процесу.

Тривалість перехідного процесу буде становити 6,5 секунди, величина перерегулювання рівне сталому значенню вихідної величини 1, тобто що дорівнює значенню вхідного впливу.

Даний тип регулятора має найбільш стабільні і швидкодіючі характеристики, що сприятливо позначиться на всій системі автоматичного регулювання електроприводу шахтної скіпової підйомної установки.

Застосування даного типу регулятора передбачає модернізацію тільки керуючої частини системи, а саме регулятора швидкості.

З графіка бачимо що при додаванні навантаження на двигун скіпового підйомника який містить лебідку, скіп, підвішеною на канаті, з метою підвищення надійності підйомника шляхом зменшення крутного моменту на барабані лебідки в період пуску підйомника і збільшення крутного моменту при розгоні двигуна.

Висновки:

1. Розроблено математичну модель САУ системи підпорядкованого регулювання керований випрямляч - двигун постійного струму з навантаженням скіпового підйому.
2. Чисельним експериментом підтверджено адекватність запропонованої математичної моделі системи автоматичного управління скіповом підйомом.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

2. Малиновский А. К. Автоматизированный электропривод машин и установок шахт и рудников: Учебник для вузов. – М: Недра, 1987. – 280 с.
3. Гаврилов П.Д. Автоматизация производственных процессов Учебник для вузов. – М: Недра, 1985. – 217 с.
4. Руководство по проектированию систем автоматического управления: Уч. пособие / Под ред. В. А. Бесекерского. – М.: Высшая школа, 1983. –296 с.
5. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического регулирования. Учебник для вузов. – М: Недра, 1975. – 768 с.

Авраменко Н.І., магістрант

Поцєпаєв В.В., к.т.н., доцент (valerii.potsepaiev@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна

АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ ПРАКТИЧНОЇ МОДЕЛІ ХОЛОСТОГО ХОДУ КОМБАЙНУ З ВИНЕСЕНОЮ СИСТЕМОЮ ПОДАЧІ

Для достовірної оцінки подальших досліджень комбайну з винесеною системою подачі необхідна розробка моделі яка цілком характеризує холостий хід комбайну. Процес вишукування рішень було закінчено у такому варіанті.

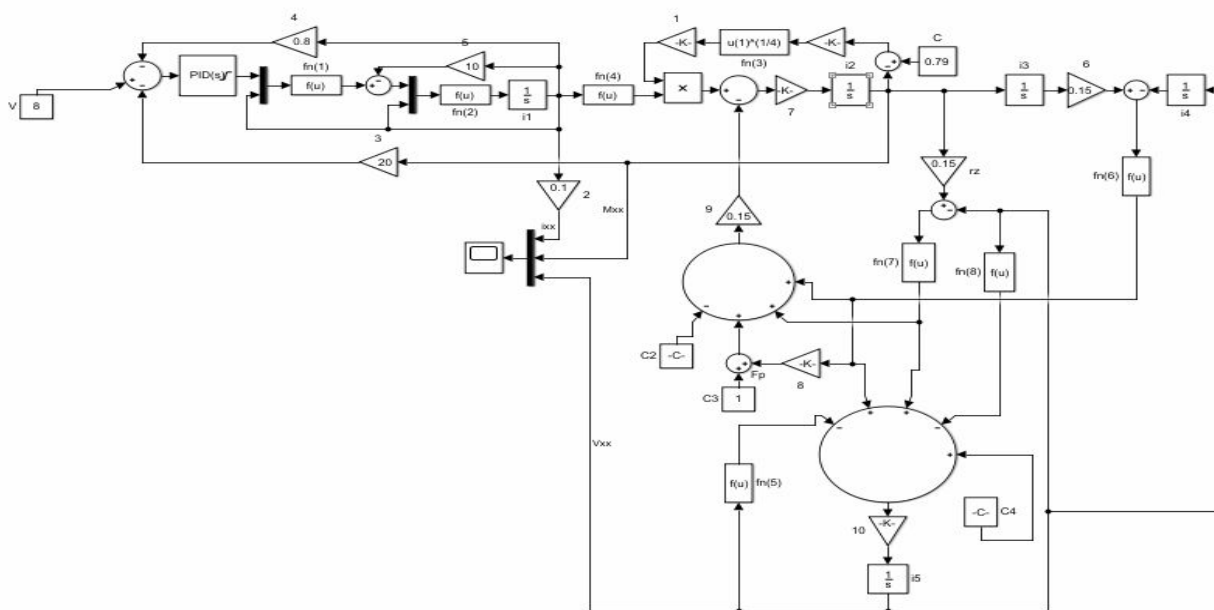


Рисунок – 1 – Модель холостого ходу комбайну

Модель вміщує у собі:

$$\left\{ \begin{array}{l} m\ddot{x} = F_n + F_g - F_m - F_{\Sigma} + F_{ck} \\ J\ddot{\varphi} = \vec{M} - Mn; \\ M = M_M \arctg^2(ai)(\sqrt[4]{S}), \quad S \in [0,1]; \\ M_{Hxx} = r * (F_n + F_g + F_p - F_n); \\ U_T = iR + L(i)\dot{i}, \quad L(i) = \frac{L_0}{1 + (ai)^2}, \quad U_T = \frac{U}{2} \left(1 * \cos\left(\pi - \frac{u}{u_m}\pi\right) \right); \\ T_2\dot{u} = y - u; \\ y = \begin{cases} ku_{\text{пд}}, & 0 < u_{\text{пд}} < \frac{u_m}{k} \\ u_m, & u_{\text{пд}} \geq \frac{u_m}{k} \\ 0, & u_{\text{пд}} \leq 0 \end{cases}; \\ u_{\text{пд}} = \varepsilon + k_g\dot{\varepsilon} - T_1\dot{u}_{\text{пд}}; \\ \varepsilon = v - \dot{\varphi} \end{array} \right.$$

де :

m – маса комбайна, кг; x – узагальнена координата переміщення центра мас корпусу

комбайна, м; F_n - пружне зусилля в робочій гілці тягового ланцюга, Н ;

$$F_n = c(\varphi r - x), \begin{cases} \frac{E}{L}, \varphi r - x > 0; \\ 0, \varphi r - x \leq 0 \end{cases};$$

c – жорсткість робочої гілки тягового ланцюга, Н/м; r – радіус приводної зірки, м; φ - узагальнена координата вихідного валу привода подачі, рад; E – погонна жорсткість тягового ланцюга, Н; L - довжина робочої гілки тягового ланцюга, м; F_g - дисипативна сила в робочій гілці тягового ланцюга, Н;

$$F_g = \beta(\dot{\varphi}r - \dot{x}), \begin{cases} \chi\sqrt{cm_n}, \dot{\varphi}r - \dot{x} > 0 \\ 0, \dot{\varphi}r - \dot{x} \leq 0 \end{cases}$$

β - коефіцієнт дисипативних втрат, кг/с; χ – коефіцієнт внутрішнього тертя; m_n - маса робочої гілки тягового ланцюга, кг; F_m - сила тертя опор комбайна об напрямні, Н;

$$F_m = \mu(\dot{x})(m * g);$$

$\mu(\dot{x})$ - коефіцієнт тертя опор комбайна об напрямні;

$$\mu(\dot{x}) = \text{sign}(\dot{x})(a_1 + a_2 e^{-a_3} + a_4 \dot{x});$$

a_1, a_2, a_3, a_4 - позитивні константи; F_{Σ} - сила опору переміщенню верхньої холостої гілки тягового ланцюга в напрямних, Н;

$$F_{\Sigma} = L_{\Sigma} k_{\Sigma};$$

k_{Σ} - коефіцієнт питомих втрат, що залежить від зігнутості конвеєрного става, конструкції напрямних, кількості та вологості штибу, Н /м; L_{Σ} - довжина верхньої холостої гілки тягового ланцюга, м; F_{ck} -сила діюча на скатування комбайну, Н; $F_{ck} = m * g * \sin(\alpha_n)$; α_n - нахил пласта; J - сумарний момент інерції ведених частин привода подачі, кг/м²; M - обертаючий момент привода подачі, Н* м. Значення J , M приведені до вихідного валу привода подачі.

M_H - момент навантаження привода; i - струм управління в обмотці збудження гальма; S – ковзання гальма; $S = \frac{\omega_0 - \phi}{\omega_0}$, ω_0 - кутова швидкість асинхронного двигуна привода подачі з врахуванням редукції. F_p - сила опору переміщенню робочої гілки тягового ланцюга в напрямних, Н; $F_p = F_0 k_p$; F_0 - зусилля, необхідне для протягання незакріпленого ланцюга в напрямних, Н; k_p - коефіцієнт, що враховує вигини конвеєрного става; F_H - зусилля в нижній гілці тягового ланцюга, Н; U_T - напруга на виході керованого тиристорного випрямляча, яка подається на обмотку збудження ЕГК; U - напруга, що підводиться до керованого тиристорного випрямляча; u - сигнал управління тиристорним випрямлячем; u - рівень обмеження сигналу управління на виході ПД регулятора; y - сигнал на виході нелінійної ланки обмеження з коефіцієнтом передачі ПД регулятора k на лінійному інтервалі; $u_{пд}$ - сигнал управління ПД регулятора; k - коефіцієнт при похідній в сигналі ПД регулятора; k_g - сигнал розузгодження по швидкості; v - завдання по швидкості подачі.

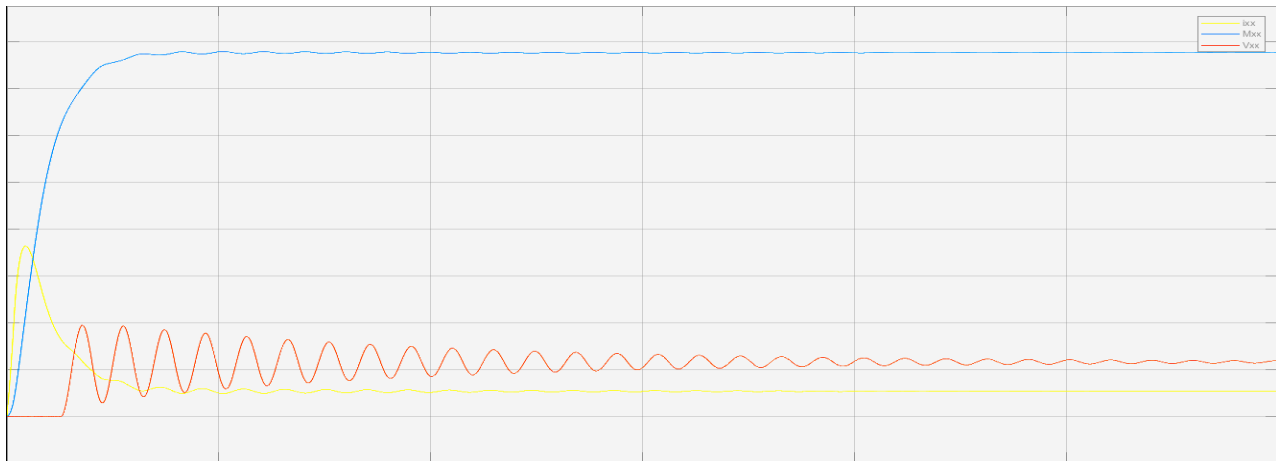


Рисунок 2 – Результат роботи моделі

Результат роботи моделі задовольняє теоретичним умовам у зв'язку з чим розпочато моделювання реального режиму роботи комбайна з винесеною системою подачі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Поцєпаєв В.В., Шмідт Ю.Б., Мамєдов Р.Р. Адаптивна система автоматичного управління приводом подачі з електромагнітним гальмом ковзання. / В.В. Поцєпаєв, Ю.Б. Шмідт, Р.Р. Мамєдов // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. - 2017. - Вип. 1 (30). - С.17-27.
2. Вынесенная система подачи комбайна УКД – 250 типа ВСПК [Електронний ресурс] // ХМЗ «Свет шахтера». – 2008. – Режим доступа до статті: http://www.shaht.kharkov.ua/files/index_1.html.
3. Перемещение узкозахватных комбайнов с упругим тяговым органом /Я.И. Альшиц, Г.В. Малеев, В.И. Коновалов и др. – Изв. вузов. Горный журнал, 1970, № 5, с. 97 – 100.

Шинкаренко О.О., магістрант (shinkarenko_oleg@mail.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ НАВАНТАЖЕННЯ ПРИВОДА ВИКОНАВЧИХ ОРГАНІВ ВИДОБУВНОГО КОМБАЙНА ГШ200Б

Якість регулювання навантаження приводу виконавчих органів в значній мірі визначається показниками якості перехідних процесів в контурі стабілізації швидкості подачі – часом регулювання та перерегулюванням. Аналіз останніх досліджень систем стабілізації швидкості приводу з ЕГК показав, що найкращий час регулювання при нульовому перерегулюванні має система стабілізації швидкості з адаптивним ПД регулятором. В зв'язку з цим при структурному синтезі САУ комбайном в якості контуру стабілізації швидкості обрано систему стабілізації з адаптивним ПД регулятором.

Першим завданням параметричного синтезу було визначення початкового значення коефіцієнта при похідній в функції адаптації при якому має місце мінімальний час регулювання при відсутності перерегулювання.

Для з'ясування переваг адаптивного привода перед неадаптивним виконано наведений вище експеримент, де способом накладання порівнюються перехідні процеси в адаптивній та неадаптивній системі стабілізації швидкості. Результати показані на рис. 1.

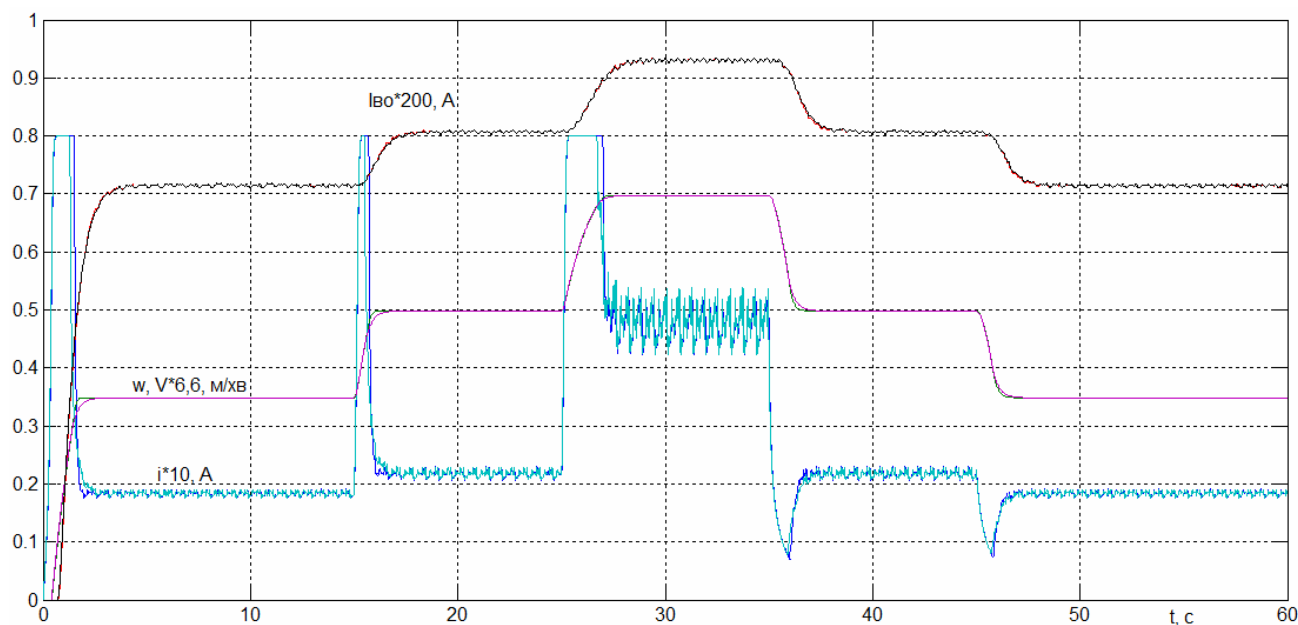


Рисунок – 1 Порівняння перехідних процесів в адаптивній та неадаптивній системі стабілізації швидкості приводу подачі при стрибках впливу завдання по швидкості

Слід зазначити, що на рис. 1 струм приводу виконавчих органів відфільтровано аперіодичною ланкою з постійною часу 0,5с для більшої наочності.

Другим завданням параметричного синтезу було знаходження коефіцієнта при інтегралі помилки І регулятора контуру стабілізації навантаження на виконавчих органах, який забезпечує мінімальний час регулювання на при відсутності перерегулювання. Дослідженнями встановлено значення $k_i=2$.

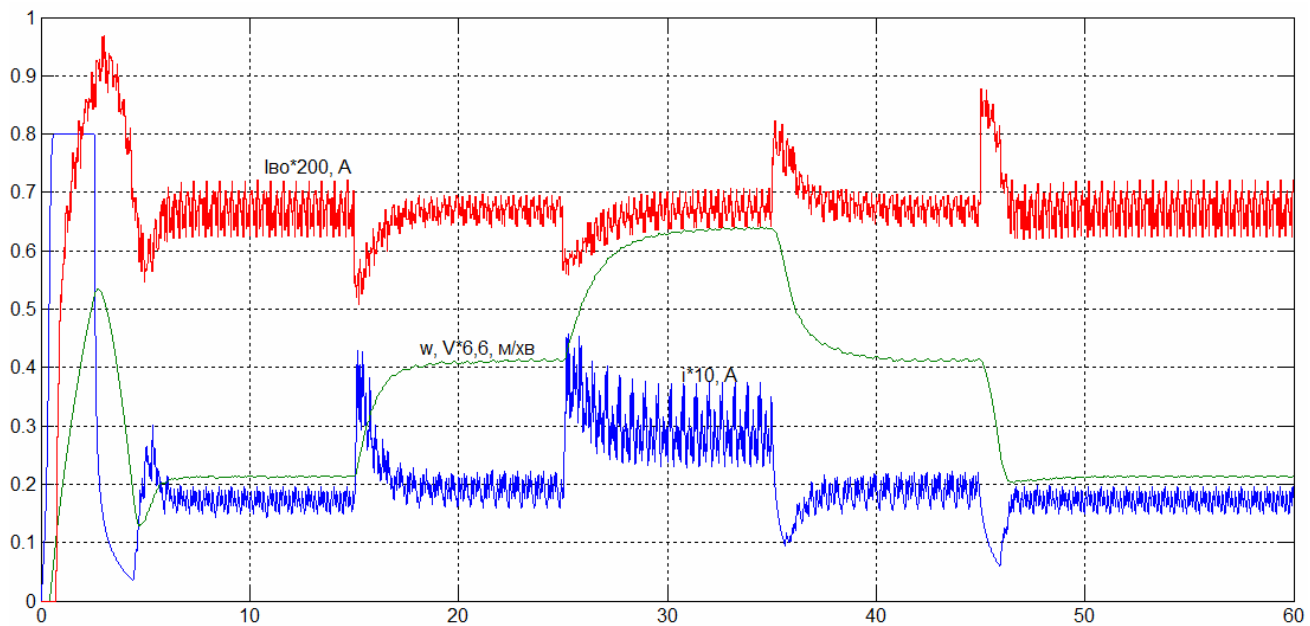


Рисунок – 2 Перехідні процеси відпрацювання регулятором навантаження збурень по опірності різанню з адаптивною системою стабілізації швидкості

На рис. 2 наведено результати моделювання роботи розробленої САУ комбайном ГШ200Б з адаптивним контуром стабілізації швидкості при відпрацюванні збурень по опірності вугілля різанню. Як видно з рисунка, система стійка при всіх збуреннях і відповідає вимозі відсутності перерегулювання. Час регулювання при найбільшому позитивному стрибку опірності у 100кН/мм становить 1,12с, що забезпечує низьку ймовірність перекидання двигуна приводу виконавчих органів.

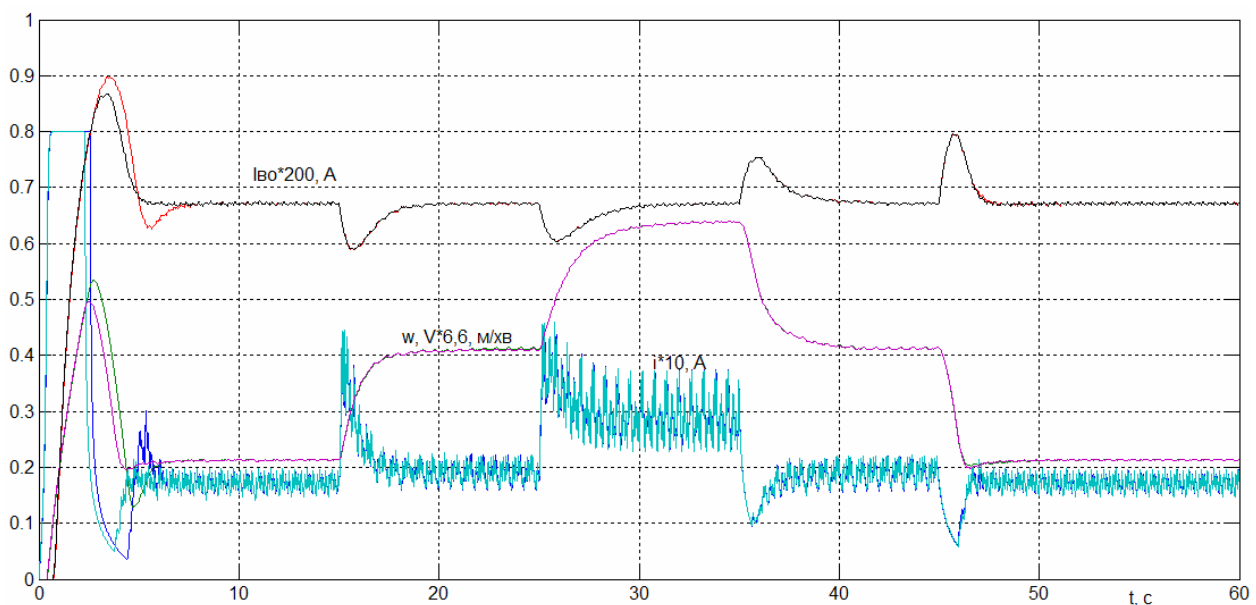


Рисунок – 3 Перехідні процеси відпрацювання регулятором навантаження збурень по опірності різанню з неадаптивною системою стабілізації швидкості

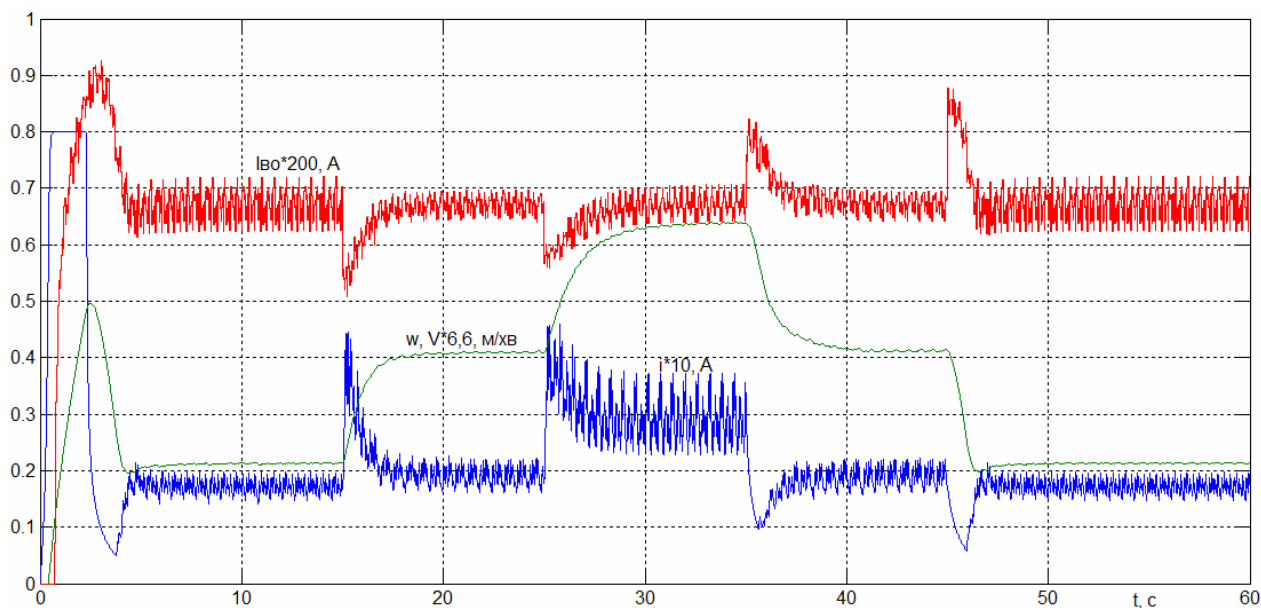


Рисунок – 4 Порівняння перехідних процесів стабілізації навантаження в адаптивній та неадаптивній САУ.

Ідентичний наведеному вище експеримент виконано для САУ з неадаптивним контуром стабілізації швидкості, що показано на рис. 3. На наступному рисунку 4 порівняно способом накладання адаптивна та неадаптивна САУ

Результати порівняння свідчать про те що якість регулювання навантаження на виконавчих органах в адаптивній та неадаптивній САУ практично співпадає. В неадаптивній САУ при рівних параметрах отримано такий же час регулювання 1,12с, як і в адаптивній при відсутності перерегулювання.

Висновки. Розроблено регулятор навантаження приводу виконавчих органів видобувного комбайна ГШ200Б, який забезпечує стійкість та час регулювання 1,12с при відсутності перерегулювання. Виконано порівняльні дослідження САУ комбайном з адаптивною та неадаптивною системою стабілізації швидкості, які показують що якість регулювання в обох варіантах систем практично співпадає. Використання адаптивної системи недоцільно через відсутність переваг та більшу складність в реалізації та налаштуваннях.

Література

1. Поцєпаєв В.В., Шмідт Ю.Б., Мамєдов Р.Р. Адаптивна система автоматичного управління приводом подачі з електромагнітним гальмом ковзання. / В.В. Поцєпаєв, Ю.Б. Шмідт, Р.Р. Мамєдов // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. - 2017. - Вип. 1 (30). - С.16-26.

Косинський І.С, магістрант (kosinskiyvan9@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ САУ ВИДОБУВНИМ КОМБАЙНОМ З ПРИВОДОМ ПОДАЧІ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ГАЛЬМОМ КОВЗАННЯ

Метою дослідження є перевірка результатів структурного та параметричного синтезу та порівняння отриманих результатів з вихідною системою. Дослідженню підлягають два основні режими роботи комбайна – з постійною швидкістю подачі та з стабілізацією навантаження на виконавчих органах. Для порівняння розробленої САУ з вихідною проводились ідентичні модельні експерименти для обох систем.

Для дослідження робочого режиму комбайна з постійною швидкістю подачі виконувались експерименти, в яких перевірялась якість перехідних процесів стабілізації швидкості при зміні завдання по швидкості подачі та відпрацювання збурень по навантаженню привода подачі, що виникають при зміні опірності вугілля різанню.

Результати одного з модельних експериментів з розробленою САУ наведені на рис. 1. Експеримент виконано для важких умов роботи комбайна наступним чином. З 0с до 10 – тої секунди вихід системи на усталений режим з постійною швидкістю подачі 1,4 м/хв при опірності вугілля різанню 350 Н/мм. На 10 – тій секунді завдання по швидкості підвищено до 2,7 м/хв з цією швидкістю рух продовжується до 20 – ї секунди. На 15 – тій секунді опірність стрибкоподібно знижено з 350 Н/мм до 250 Н/мм. На 20 – тій секунді завдання по швидкості підвищено до 4,2 м/хв з цією швидкістю рух комбайна продовжується до 30 – ї секунди. На 25 – тій – зниження опірності до 200 Н/мм. На 30 – тій секунді завдання по швидкості знижено до 2,7 м/хв з цією швидкістю рух комбайна продовжується до 40 – ї секунди. На 35 – тій секунді опірність підвищено з 200 Н/мм до 250 Н/мм. На 40 – вій секунді завдання по швидкості знижено до 1,4 м/хв і з цією швидкістю рух комбайна продовжується до кінця експерименту. На 45 – тій секунді опірність підвищено з 250 Н/мм до 350 Н/мм.

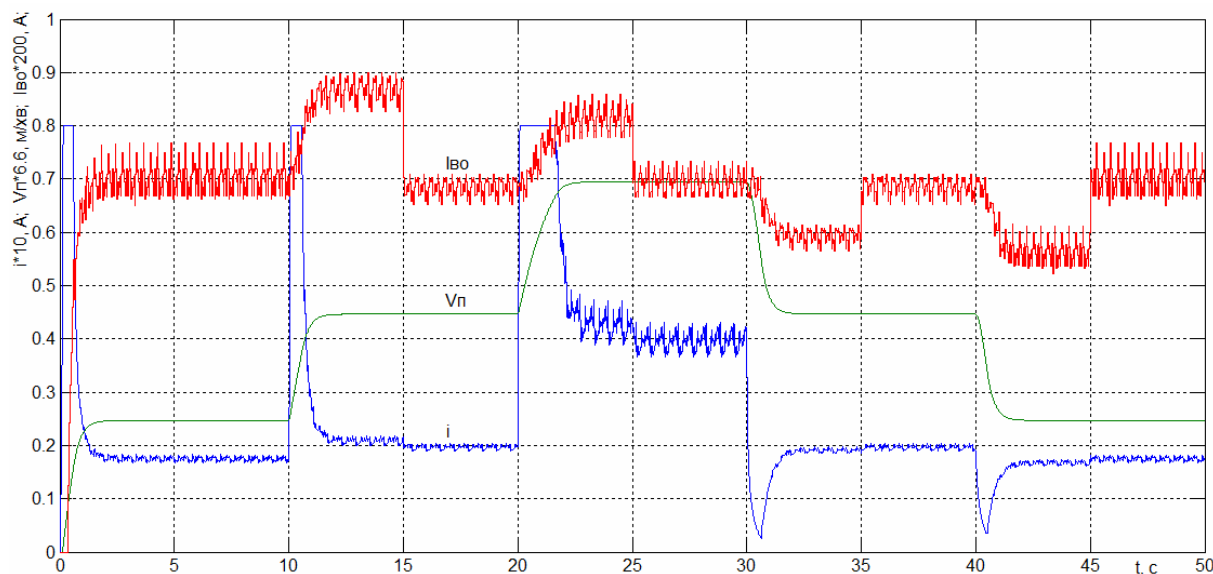


Рисунок – 1 Перехідні процеси переключення швидкості та відпрацювання збурень в приводі подачі в розробленій САУ.

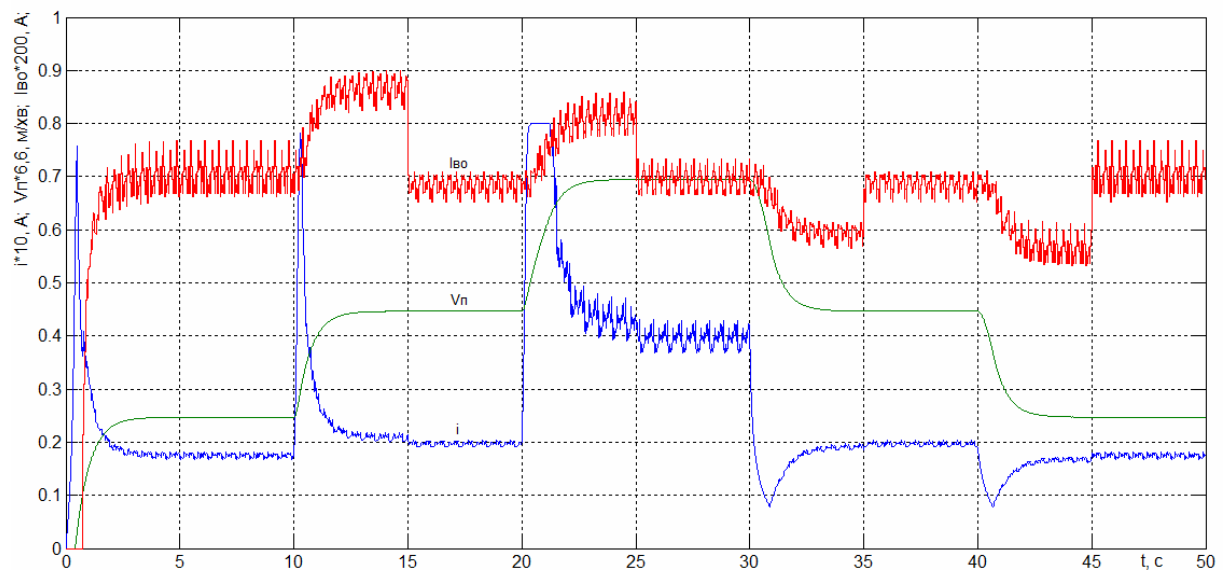


Рисунок – 2 Перехідні процеси переключення швидкості та відпрацювання збурень в приводі подачі в вихідній САУ.

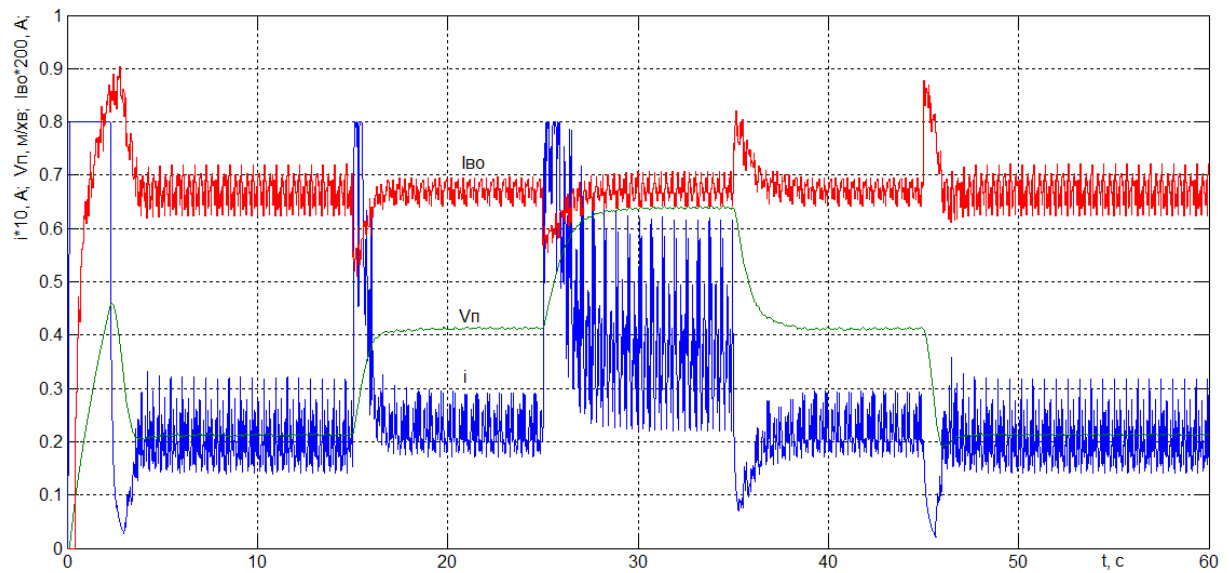


Рисунок – 3 Перехідні процеси відпрацювання збурень по опірності різання в розробленій САУ.

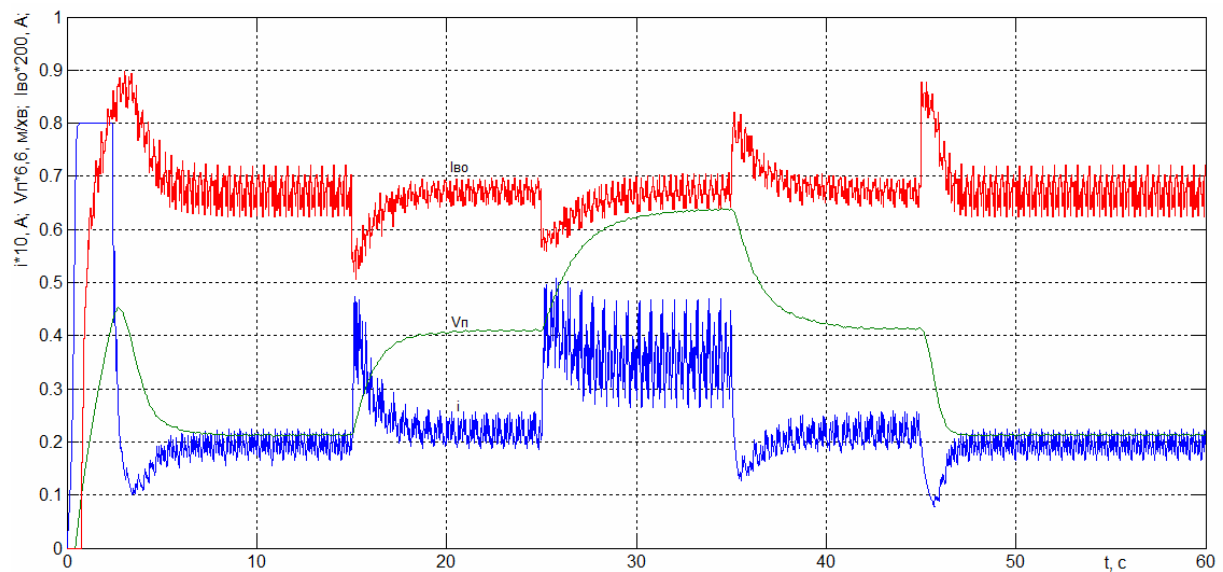


Рисунок – 4 Перехідні процеси відпрацювання збурень по опірності різання в вихідній САУ

Наведені результати показують, що в усіх випадках переключення швидкості подачі спостерігаються аперіодичні монотонні перехідні процеси. Збурення по моменту навантаження привода подачі відпрацьовуються практично без помилки.

На рис. 2 показано ідентичний описаному модельний експеримент для вихідної системи. Порівняння показують, що час регулювання в розробленій САУ на 30...75% менше ніж в вихідній системі.

Перехідні процеси відпрацювання збурень по опірності вугілля різанню системою стабілізації навантажень, отримані при моделюванні розробленої системи, показані на рис. 3. Експеримент виконано при наступних умовах: 3 0с до 15 – тої секунди «зарубування комбайна» та вихід системи на усталений режим з постійною швидкістю подачі при опірності вугілля різанню 350 Н/мм. На 15 – тій секунді опірність стрибком знижено з 350 Н/мм до 250 Н/мм, на 25 – тій – повторне зниження опірності до 200 Н/мм. На 35 – тій та 45 – тій секунді опірність підвищено відповідно з 200 Н/мм до 250 Н/мм та з 250 Н/мм до 350 Н/мм.

Наведені результати свідчать про стійкість системи та монотонні аперіодичні процеси регулювання навантаження. В найнебезпечнішому режимі при стрибку опірності з 250 Н/мм до 350 Н/мм час регулювання становить 0,82 с, що унеможливорює перекидання електродвигуна приводу виконавчих органів.

Для порівняння динамічних характеристик розробленої системи з характеристиками вихідної виконано вище описаний експеримент для вихідної системи. Порівняння дає можливість зробити висновок про те, що час регулювання в усіх режимах відпрацювання зміни навантажень значно та якісно менший. Так в найнебезпечнішому режимі при стрибку опірності з 250 Н/мм до 350 Н/мм в розробленій САУ час регулювання становить 0,82 с, в вихідній – 1,25 с. Це може стати причиною перекидань двигуна приводу виконавчих органів з відомими негативними наслідками.

Висновки: Синтезовано вдосконалену САУ видобувним комбайном з приводом подачі з електромагнітним гальмом ковзання. Вдосконалені динамічні характеристики привода подачі дозволяють забезпечити аперіодичні монотонні перехідні процеси та знизити час регулювання навантажень на виконавчих органах до 0,82с, що виключає перевертання електродвигуна приводу виконавчих органів.

Література

1. Поцєпаєв В.В., Шмідт Ю.Б., Мамєдов Р.Р. Адаптивна система автоматичного управління приводом подачі з електромагнітним гальмом ковзання. / В.В. Поцєпаєв, Ю.Б. Шмідт, Р.Р. Мамєдов // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. - 2017. - Вип. 1 (30). - С.16-26.

Куш Г.І., магістрант (germankushchlion31@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПРИВОДОМ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ГАЛЬМОМ В ВИНЕСЕНІЙ СИСТЕМІ ПОДАЧІ ВИДОБУВНОГО КОМБАЙНА

Для виконання завдання дослідження адаптивної САУ комбайном з ВСП було розроблено модель адаптивної системи стабілізації швидкості приводу подачі, що наведена на рис. 1.

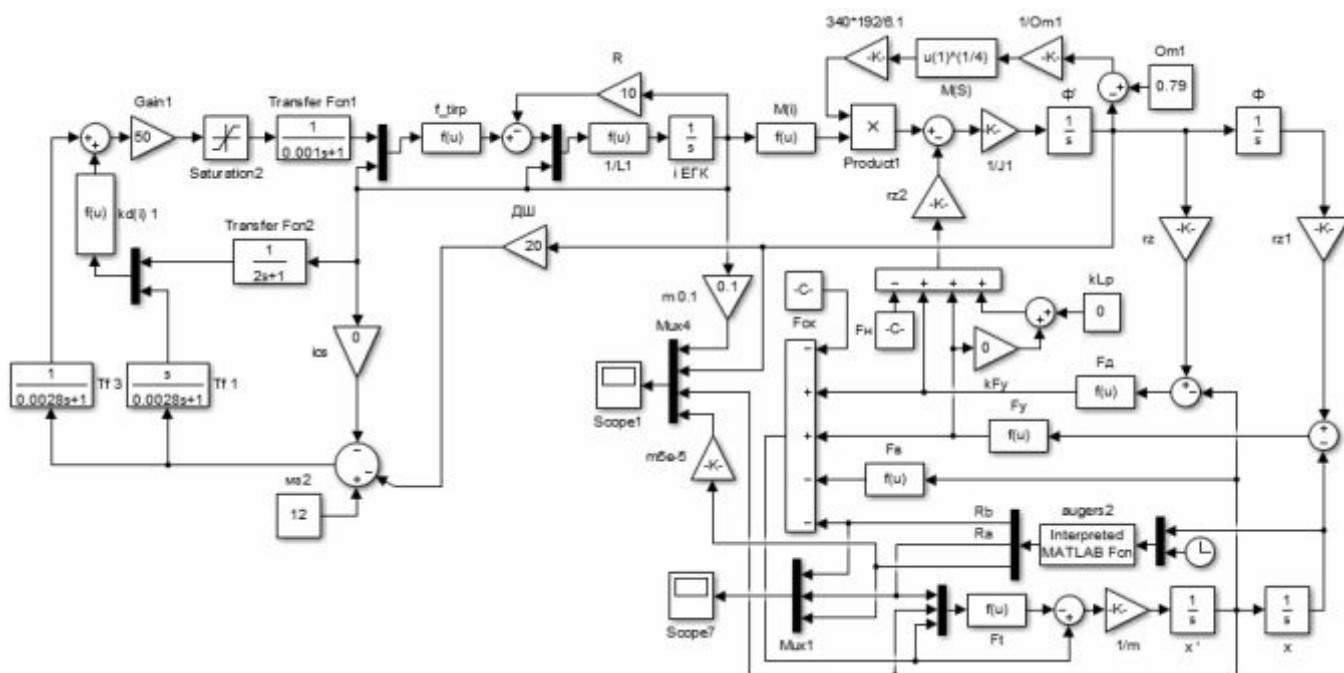


Рисунок 1 - Модель адаптивної САУ комбайном з ВСП в Simulink

Відмінністю цієї моделі від не адаптивної САУ комбайном з ВСП є заміна ПД регулятора на адаптивний ПД регулятор, до якого входять інерційна ланка Tf3, реальна диференціальна ланка Tf1, інерційна ланка Transfer fcn2, мультиплексор, функціональний блок kd(i)1, який реалізує функцію адаптації $u(2) * (0.1 + 5 / (1 + (0.75 * (u(1) - 0.0))^3))$ – залежність коефіцієнта при похідній від струму управління, суматор кутової швидкості та її похідної, пропорційна ланка Gain1.

Дослідження АСАУ з адаптивним ПД регулятором [1] показали, що з вираз та параметри, котрі наведені в цій статті не забезпечують прийнятної якості регулювання швидкості подачі, зокрема, мають місце дуже затягнуті перехідні процеси. Це пояснюється тим, що параметричний синтез було виконано не в моделі реальної системи, де навантаження винесеного приводу є пружне зусилля в тяговому ланцюзі, а момент навантаження задавався постійним. В зв'язку з викладеним було виконано параметричний синтез адаптивного ПД регулятора, в результаті котрого функція адаптації прийняла вигляд $u(2) * (0.1 + 0.55 / (1 + (0.55 * (u(1) - 0.0))^2))$.

Порівняння роботи АСАУ, де використані налаштування адаптивного регулятора з роботи [1], з результатами досліджень цієї роботи для рівних умов наведені на рис. 2 та 3.

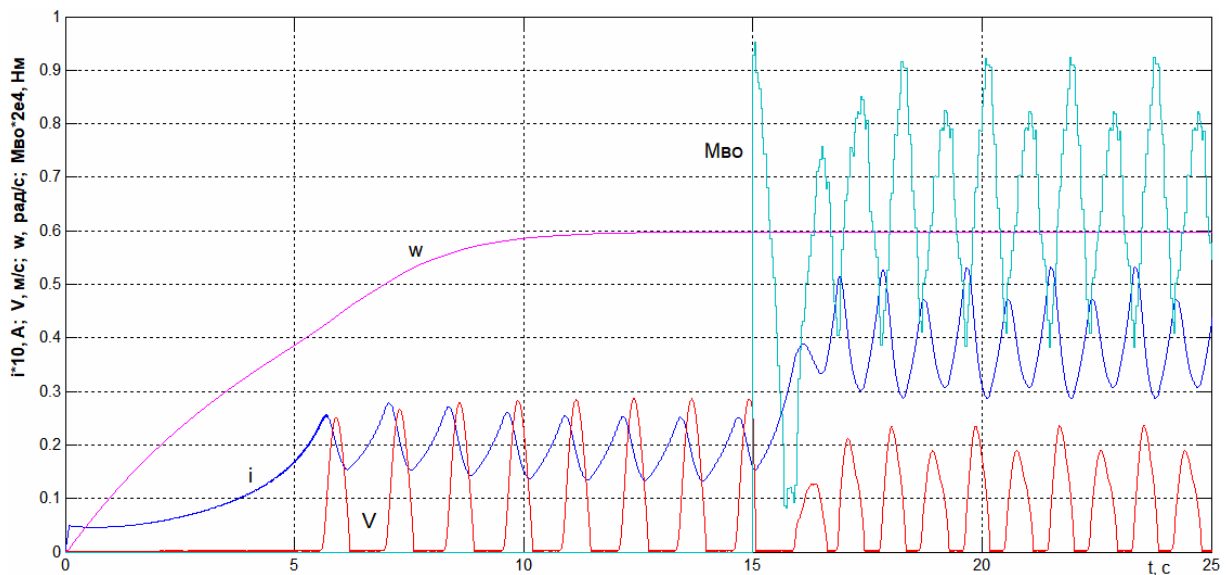


Рисунок 2 - Перехідний процес початку руху комбайна та вихід на робочий режим в АСАУ [1]

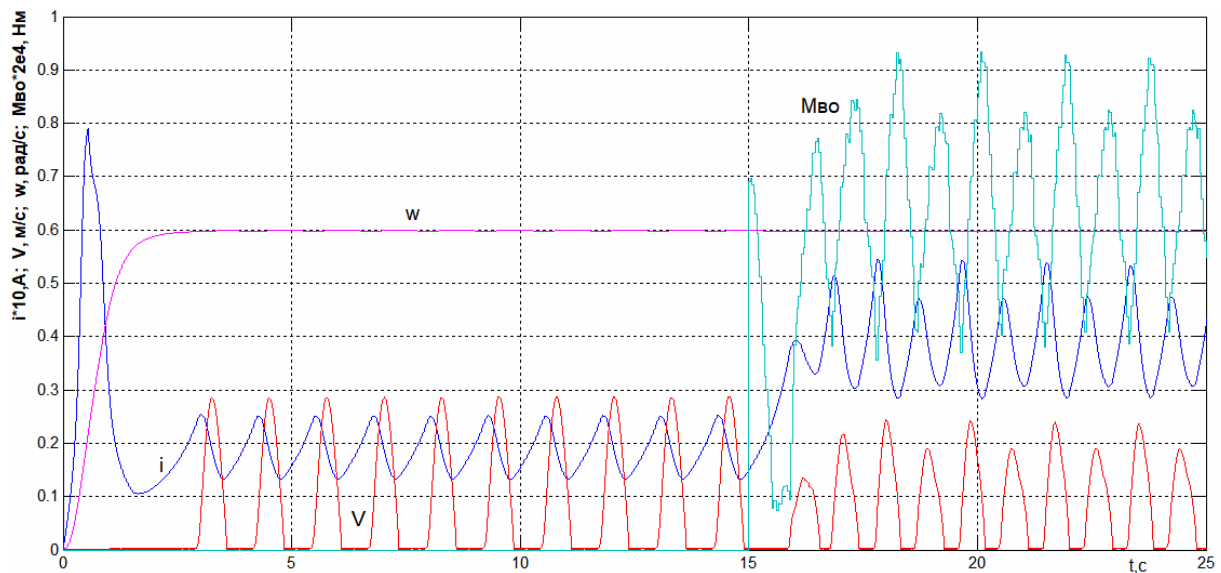


Рисунок 3 - Перехідний процес початку руху комбайна та вихід на робочий режим в розробленій АСАУ

Як видно з рисунків, час регулювання кутової швидкості приводу w в попередній АСАУ становить 12с, в розробленій в цій роботі – 1.5с при відсутності перерегулювання, що важливо для режиму автоматичної стабілізації навантажень на виконавчих органах.

Модельний експеримент з дослідження перехідних процесів переключення швидкостей подачі в робочому режимі комбайна в розробленій АСАУ наведено на рис. 3. Експеримент виконано для довжині робочої гілки тягового ланцюга $L_p=100\text{м}$ та опірності вугілля різанню 300Н/мм . Для порівняння з неадаптивною САУ з ПД регулятором з найкращими налаштуваннями для повністю ідентичних умов на перехідні процеси кутової швидкості w винесеного приводу АСАУ (червона лінія) накладено реалізацію перехідних процесів для неадаптивної САУ (чорна лінія).

Наведені реалізації перехідних процесів кутової швидкості приводу в адаптивній САУ та в неадаптивній свідчать про те, що час регулювання в АСАУ значно менший ніж в неадаптивній системі. Зниження часу регулювання в представлений реалізації швидкості w становить не менше 2,5с. Це важливо для режиму автоматичного регулювання навантажень на виконавчих органах комбайна тому, що зменшується час перебування приводу

виконавчих органів в перевантаженому стані і, відповідно, знижується ймовірність його стопоріння.

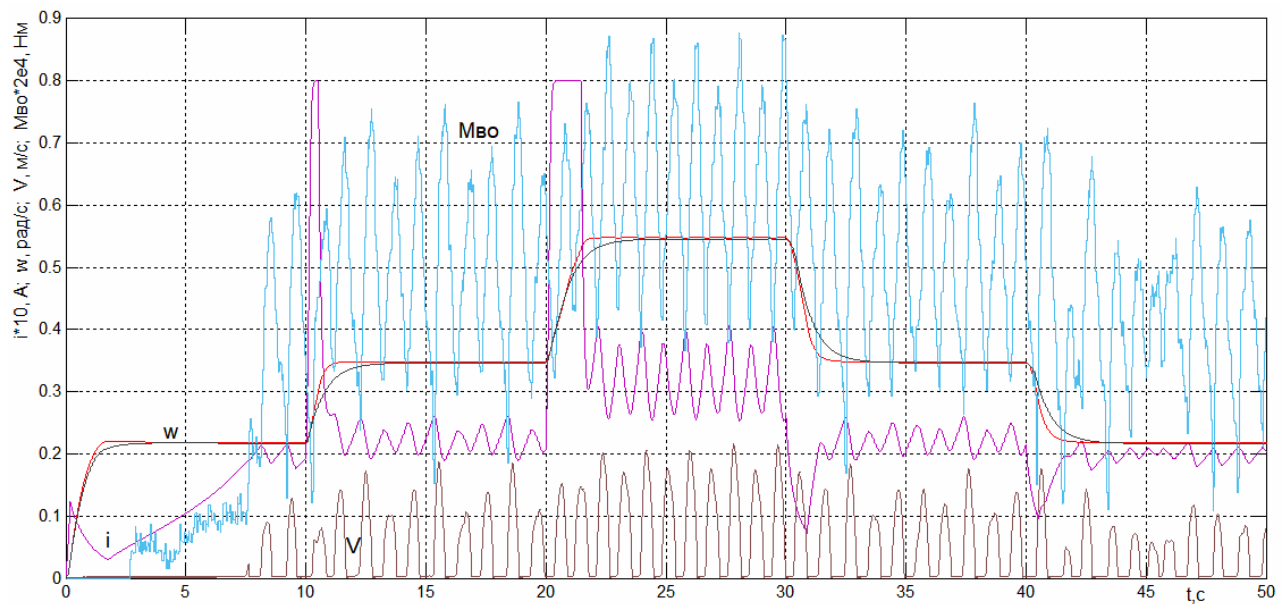


Рисунок 4 - Перехідні процеси переключення швидкостей подачі в робочому режимі комбайна

Література

1. Поцєпаєв В.В., Шмідт Ю.Б., Мамєдов Р.Р. Адаптивна система автоматичного управління приводом подачі з електромагнітним гальмом ковзання. / В.В. Поцєпаєв, Ю.Б. Шмідт, Р.Р. Мамєдов // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. - 2017. - Вип. 1 (30). - С.17-27.
2. Моделирование рабочих режимов вынесенной системы перемещения очистного комбайна, оснащенной частотно-регулируемым приводом // Кондрахин В.П., Мельник А.А., Косарев В.В., Стадник Н.И., Мезников А.В. // Наукові праці Донецького національного технічного університету, вип. 16 (142), Серія: гірничо-електромеханічна. – Донецьк, 2008. – С. 141 – 148.
3. Вынесенная система подачи комбайна УКД – 250 типа ВСПК [Електронний ресурс] // ХМЗ «Свет шахтера». – 2008. – Режим доступа до статті: http://www.shaht.kharkov.ua/files/index_1.html.

Селіванов О.І., магістрант (selvsasha@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ВИДОБУВНИМ КОМБАЙНОМ З ПРИВОДОМ ПОДАЧІ НА ОСНОВІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ГАЛЬМА КОВЗАННЯ

Особливістю досліджуваної САУ є її нестационарність, яка полягає в тому, що коефіцієнт передачі системи змінюється в залежності від зміни опірності вугілля різанню вздовж лави та в перерізі пласта, при роботі з присічкою бічних порід, різанні прошарків та твердих включень. Іншими словами, для однієї і тієї ж швидкості подачі має місце абсолютно різний рівень навантажень на виконавчих органах. Це показано на рис. 1.

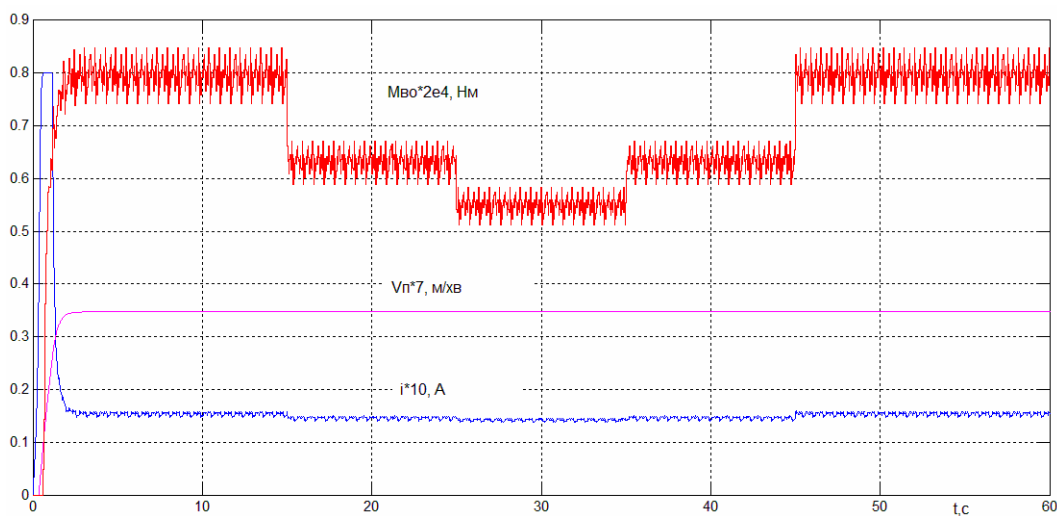


Рисунок 1 – Дослідження роботи САУ по відпрацюванню збурень при зміні опірності вугілля різанню

Наведений рисунок свідчить про високу якість стабілізації швидкості, незважаючи на ударні навантаження приводу при збуреннях, викликаних зміною опірності різанню руйнованого пласта. Момент навантаження на привід подачі в цьому режимі дорівнює 12000 Нм, що відповідає реальній системі. Це одне з підтверджень адекватності математичної моделі.

Досліджена якість перехідних процесів зміни швидкості подачі комбайна в режимі стабілізації швидкості приводу. Цей експеримент моделює переключення швидкості з пульта машиніста комбайна. Результати модельного експерименту наведені на рис. 2.

При опірності різанню $A=250$ Н/мм на десятій секунді виконано підвищення впливу по швидкості, що задає, в результаті швидкість подачі збільшується з 2.5 до 3.5 м/хв. На двадцятій секунді виконано зворотне зниження впливу, що задає, і відповідно швидкість знижується до вихідного значення 2.5 м/хв. В обох перехідних процесах має місце їх аперіодична та монотонна форма, що відповідає поставленим вимогам до їх якості.

Варто зазначити, що час регулювання в цьому експерименті майже максимальний через те, що магнітна система гальма при струмі управління в 1,5 А знаходиться практично в ненасиченому стані. З зростанням струму управління, викликаним, наприклад, збільшенням кута нахилу пласта, часова характеристика обмотки збудження гальма буде зменшуватись, отже, швидкодія приводу зростатиме.

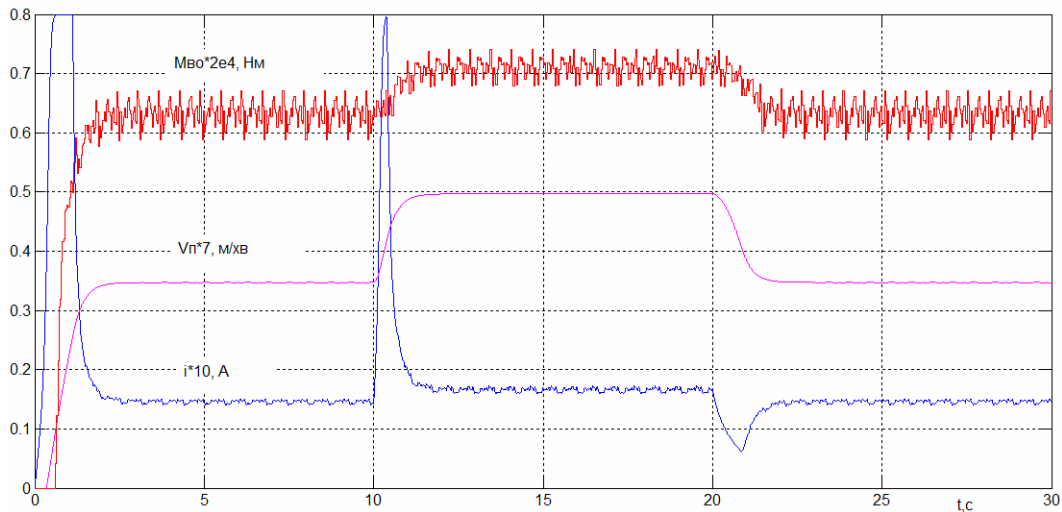


Рисунок 2 – Перехідні процеси переключення швидкості комбайна в режимі стабілізації швидкості подачі

Таким чином, визначено структуру та параметри контуру стабілізації швидкості подачі, які забезпечують високі показники якості управління згідно з поставленими вимогами.

Одним з завдань роботи є порівняльні дослідження розробленої САУ з САУ з адаптивним контуром стабілізації швидкості. Адаптивний ПД закон управління, розроблений в статті [2] та магістерській роботі [3], дозволяє отримати кращі динамічні характеристики приводу з ЕГК, що робить доцільним дослідження САУ комбайном з таким приводом. З цією метою на основі вказаних робіт розроблена та реалізована в Simulink математична модель, наведена на рис. 3. У моделі застосовано адаптивний ПД регулятор в контурі стабілізації швидкості подачі.

Порівняльний аналіз двох САУ свідчить, що переваги адаптивного приводу в режимі стабілізації навантажень практично відсутні. Час регулювання в найбільше небезпечному з точки зору перекидання двигуна стрибкоподібному перевантаженні в 100 Н/мм для адаптивної системи і для розробленої збігається і становить 1,5с. Швидкість та форма перехідних процесів при відпрацюванні всіх змодельованих збурень мало відрізняються для обох систем. Таким чином, на підставі досліджень можна зробити висновок про недоцільність використання САУ з адаптивним приводом, оскільки вона не має суттєвих переваг, більш складна в налаштуванні та апаратній реалізації.

Висновки.

1. Розроблено та досліджено структуру САУ видобувним комбайном на основі ЕГК та виконано її параметричний синтез.
2. Розроблена САУ має ПД закон управління в контурі стабілізації швидкості подачі та І закон в контурі стабілізації навантажень на виконавчих органах
3. В режимі стабілізації швидкості подачі САУ забезпечує аперіодичні монотонні перехідні процеси при переключенні швидкості подачі та статичну помилку не більше 0,81%.
4. В режимі стабілізації навантажень на виконавчих органах САУ є астатичною з нульовою статичною помилкою та забезпечує аперіодичні монотонні перехідні процеси при відпрацюванні збурень по опірності різанню. Час регулювання при відпрацюванні збурення в 100 Н/мм становить 1,5 с
5. Використання САУ з адаптивним регулятором швидкості подачі є недоцільним оскільки вона не має суттєвих переваг в порівнянні з розробленою системою.

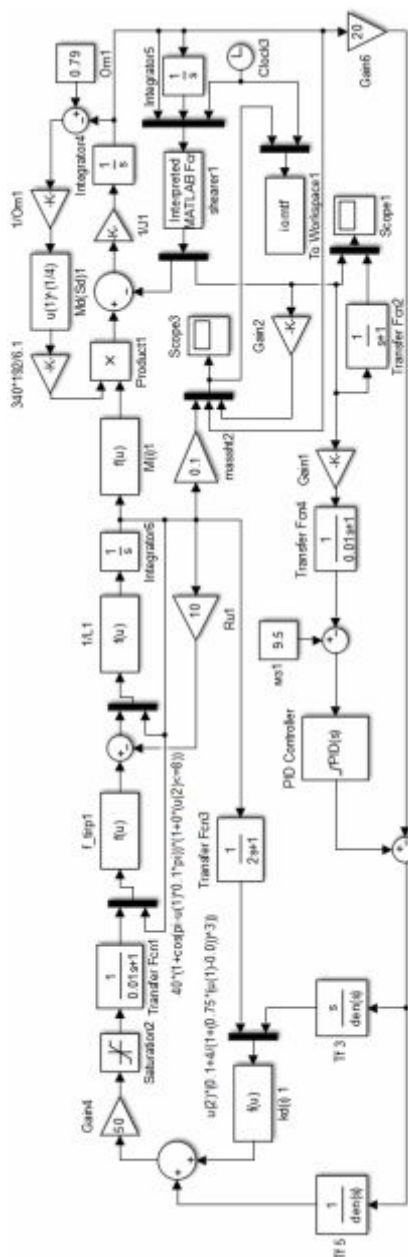


Рисунок 3 – Модель САУ комбайном з адаптивним приводом з ЕГК в Simulink

Література

1. Поцпаев В.В. Математическая модель вынесенного привода подачи комбайнов для тонких пластов. – Науч. тр. / ИГД им. А.А. Скочинского, 1983, вып. 218. Механизмы и автоматизация подземной добычи угля, с. 56 – 62.
2. Поцпаев В.В., Шмидт Ю.Б., Мамедов Р.Р. Адаптивна система автоматичного управління приводом подачі з електромагнітним гальмом ковзання / В.В. Поцпаев, Ю.Б. Шмидт, Р.Р. Мамедов // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. - 2017. - № 1 (00). - С.16-26.
3. Мамедов Р.Р. Розробка та дослідження адаптивної системи автоматичного управління винесеним приводом подачі видобувного комбайна: кваліфікаційна робота магістра / Р.Р. Мамедов – Покровськ: ДонНТУ, 2017. –61 С.

2. Телекомунікаційні системи

УДК – 004.73

Воскобойник Є.І., студентка (yelyzaveta.voskoboinyk@nure.ua)

Безугла А.Є., ст. викладач (anna.bezuglaya@nure.ua)

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОРПОРАТИВНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

У наш час корпоративні комп'ютерні мережі (ККМ) є однією з головних складових структури підприємства. ККМ – складна система, що складається з великої кількості комунікаційного обладнання та обчислювальних компонентів, яка вимагає постійного контролю. Протягом усього життєвого циклу ККМ необхідно проводити оптимізацію і модернізацію окремої ділянки мережі або перепроєктування всієї структури мережі. Завдання проектування структури корпоративної мережі складне і включає обробку багатьох параметрів і особливостей мережі, та враховувати кількість виділених на даному етапі матеріальних засобів і ресурсів.

Життєвий цикл ККМ можна описати вектором розвитку

$$V_s = (S_{c1}, S_{c2}, \dots, S_{cQ}),$$

де S_{c1} – початкова структура мережі,

S_{cQ} – кінцева структура мережі,

Q – кількість етапів життєвого циклу.

На кожному етапі в ході реінжинірингу структури мережі S_c виділяють статичний і модифікований фрагменти проекту. Статичні фрагменти відповідають критерію оптимальності на даному етапі і не потребують перепроєктування [1]. Виходячи зі сказаного, ККМ можна представити у вигляді об'єднання цих фрагментів ($S_c^s \cup S_c^m$). Далі синтез ККМ зводиться до синтезу оптимальної структури модифікованого фрагмента за критерієм оптимальності з формули:

$$E = \sum_i \frac{\vartheta_i}{C_i} \rightarrow \max, \quad i = \overline{1, M}, \quad (1)$$

де C_i – вартість структури,

M – число комутаторів,

ϑ_i – булева змінна,

$$\vartheta_i = 1, \text{ якщо } \sum_{i=1}^N \lambda_i \leq P; \quad \vartheta_i = 0, \text{ якщо } \sum_{i=1}^N \lambda_i > P, \quad (2)$$

де N – кількість абонентів комутатора,

λ_i – навантаження i-го порту комутатора,

P – пропускна здатність комутатора.

У результаті об'єднання статичного і модифікованого мережних фрагментів отримаємо оптимальну структуру мережі підприємства.

Також у процесі реінжинірингу важливим етапом є усунення вузьких місць. Будемо використовувати швидкість передачі даних як характеристику продуктивності мережі для виявлення вузьких місць ККМ можна таку. Враховуючи, що швидкість передачі даних є випадковою величиною і залежить від багатьох факторів як внутрішніх, так і зовнішніх, застосування методу статистичних випробувань для оцінки параметрів моделей ККМ дозволяє поширити імовірнісний підхід і на деякі параметри, що характеризують швидкість

передачі даних в мережі[2]. Введемо поняття коефіцієнта завантаженості елемента ККМ, що визначається за формулою:

$$K_z(L) = W\{K_z(L)\},$$

де $K_z(L)$ - коефіцієнт завантаженості L-го елемента мережі в момент часу, що обчислюється за формулою:

$$K_z(L) = \frac{\lambda_p(L)}{\lambda_{max}(L)}, \quad (3)$$

де $\lambda_p(L)$ - реальна швидкість передачі даних по L-му елементу мережі,

$\lambda_{max}(L)$ – максимальна швидкість передачі даних по L-му елементу мережі.

Для отримання значення $W\{K_z(L)\}$, необхідно багаторазово «розіграти» методом статистичних випробувань швидкість передачі даних в мережі. Після проведення досить великої кількості «розіграшів» N, фіксуємо верхню межу емпіричного розподілу, що складається з N значень $K_z(L)$ за формулою(3). Застосування коефіцієнта завантаженості елементів дозволяє за допомогою методу статистичних випробувань здійснити розподіл елементів, що входять в комп'ютерну мережу за належністю їх до трьох зонах. Розподіл зон:

- критична зона, до неї відносяться всі елементи з $W\{K_z(L)\} < P_1$, де значення P_1 близько до нуля ($P_1 \approx 0.1 + 0.2$);
- робоча зона, яка об'єднує елементи зі значеннями $W\{K_z(L)\} > P_2$, де P_2 близько до одиниці ($P_2 \approx 0.8 + 0.9$);
- прикордонна зона, яка об'єднує елементи з середніми значеннями коефіцієнтів: $P_1 \leq W\{K_z(L)\} \leq P_2$.

При цьому елементи, що потрапляють в критичну зону відносимо до вузьких місць.

Розглянемо інший принцип, заснований на оцінці ймовірності попадання елемента в кожен із зон: напруженої, ненапруженої та проміжної, в разі конкретної реалізації передачі трафіку. Для початку фіксуємо дві ймовірності P_1 та P_2 , з умовою, що $P_2 < P_1$. Далі необхідно сформулювати умову, що якщо для елемента i ймовірність $P_i < P_2$, то елемент i відноситься до «напруженої» зони; якщо для елемента i ймовірність $P_i > P_1$, то елемент i відноситься до «ненапруженої» зони; якщо для елемента i ймовірність P_i попадає до інтервалу $P_2 < P_i < P_1$, то елемент i відноситься до «проміжної» зони. Потім моделюємо тривалість передачі пакетів даних для всіх елементів ККМ та визначаємо приналежність елементів до «напруженої» зони, для випадку одного «розіграшу». Після цього повторюємо аналогічний «розіграш» (N-раз), та знаходимо відносну частоту попадання до цієї зони $\bar{P}_i = \frac{N_i}{N}$, де N_i кількість випадків (з N «розіграшів»), коли i -й елемент має значення $K_z(L)$ близьке до нуля. Та зіставляємо величини $\bar{P}_i$, P_1 , P_2 , у результаті чого приймаємо рішення, зараховувати i -й елемент до першої, «напруженої» групи, другої – «ненапруженої», або відноситься до третьої, «проміжної» зони. Це завдання може бути вирішене на підставі застосування інтегральної теореми Муавра-Лапласа.

Перелік посилань:

1. Нестеренко С. Методика реінжиніринга сетей масштаба предприятия/ С.Нестеренко, А. Биньковский. // Труды Одесского политехнического университета. – 2007. – № 2(28) – С. 95-99.
2. Иевлева С. Анализ вероятностных параметров моделей корпоративных компьютерных сетей на основе имитационного моделирования / С. Иевлева, Е. Иевлев // Вісник НТУ «ХП». – 2014. – №60(1102) – С. 85-91.

Гвоздьов А. В., студент (herkulesvolodya@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПРОБЛЕМИ ЗАХИСТУ ДАНИХ ДАТАЦЕНТРІВ ВІД КІБЕРАТАК

На сьогоднішній день все більше та більше ми між собою передаємо інформацію за допомогою різних пристроїв таких, як смартфони, планшети, комп'ютери та інші. Мобільний зв'язок та мережа Інтернет щодня прогресують та мають настільки швидкий розвиток, що навіть не завжди можна встигнути за темпами розвитку ті існуючими технологіями. Розвиток інтернету речей (IoT) набирає більше обертів та актуальності. Найкрупніші IT-компанії та, навіть, оператори мобільного зв'язку інвестують в розвиток IoT, створення технологій та рішень для підтримки та функціонування.

Розвиваючи IoT у різних сферах застосування (агро-сектор, розумні технології та інші) доводиться мати справу з великою кількістю даних, які потрібно обробити, проаналізувати та на основі отриманих обчислювань прийняти рішення. Коли йде мова про велику кількість даних призначених слід вживати таке поняття як Big Data або Великі Дані.

Деякі довідники визначають великі дані як сукупність наборів даних настільки великих та складних, що обробка з використанням доступних інструментів управління базами даних стає важким. Проблеми Big Data включають в себе як отримати, зберігати, шукати, ділитися, аналізувати та візуалізувати великі дані. Тенденція до великого отримання даних обумовлена додатковою інформацією, яка була отримана з аналізу одного великого набору пов'язаних між собою даних в порівнянні від окремого невеликого набору даних з однаковим загальним об'ємом даних дозволяє знайти кореляції для визначення захворювань, допомагає вирішити деякі проблеми у збройних конфліктах, знайти злочинців та визначити умови дорожнього руху у режимі реального часу. На сьогоднішній день у нас є доступ до великої кількості типів даних, які включають в себе транзакції, дії у соціальних мережах, послуги мобільних пристроїв, Інтернет-ігри та інше. Відкриті дані зростають у об'ємі та їх все складніше зберігати та обробляти.

Для зберігання та обробки великої кількості даних застосовуються дата-центри або центри обробки даних (ЦОД). Це такі центри, які централізують IT-операції та обладнання організацій, а також місце де зберігаються, оброблюються та розповсюджуються дані. Дата-центри мають найважливіші системи мережі та відіграють важливу роль для безперервності щоденних операцій. Як слідство, безпека та надійність дата-центрів та їх інформації є пріоритетними для організацій, які вони обслуговують.

Щоб забезпечити безпеку даних, які зберігаються в ЦОД, застосовуються засоби фізичної та кібер безпеки. По всьому периметру встановлюються камери відеоспостереження, працює цілодобова охорона, застосовуються міри безпеки, які обмежують та контролюють доступ технічного персоналу до різних приміщень та обладнання. Також встановлюються системи резервного електроживлення та канали зв'язку, системи контролю клімату та пожежної безпеки.

Також всі системи сигналізації, кліматичного контролю, пожежної безпеки та резервних систем електроживлення та каналу зв'язку контролюються автоматичною системою SCADA. Встановлюються системи які контролюють доступ до даних, які зберігаються у ЦОД, системи запобігання DDoS – атак та несанкціонованого доступу до даних.

Проаналізувавши відомі випадки кібератак на дата-центри, основний висновок які роблять спеціалісти з інформаційної безпеки, у більшості випадків ключову роль в безпеці відіграє людський фактор, який надає багато можливостей зловмисникам. Але й існують

випадки, коли атаки були успішними не тільки із-за людського фактору.

Наприклад, колокейшн-провайдер Interxion попередив своїх клієнтів про проблеми в системі безпеки, які призвели до потрапляння в руки зловмисників конфіденційної інформації про клієнтів.

У грудні 2015 зловмисники отримали доступ до бази даних клієнтів Interxion, що містить конфіденційну інформацію 23 тис. бізнес-партнерів компанії, включаючи імена, посади, адреси електронної пошти та номери телефонів. Цінні дані були втрачені через проломи в системі безпеки Платформи для управління взаємовідносинами з клієнтами (Customer Relationship Management CRM), наданої Interxion третьої сторони програмного забезпечення.

Також є багато випадків, коли зловмисники використовували вразливості SCADA систем, які контролювали кліматичні умови та системи пожежної безпеки. Порушували роботу або виводили з ладу системи кондиціонування. В результаті цього серверне обладнання виходило з ладу.

Найчастішими методами успішних кібератак є DDoS-атаки. DDoS - це метод нападу, який використовується, щоб заборонити доступ для легітимних користувачів онлайн-сервісу. Атака може проводитися на банк або сайт електронної комерції, додатки SaaS або будь-який інший тип мережевого сервісу. Деякі атаки можуть бути спрямовані навіть на VoIP інфраструктури. ЦОД, на які були спрямовані такі атаки використовували спеціалізовані апаратні засоби, які розташовані в центрі обробки даних підприємства перед звичайними серверами і маршрутизаторами і спеціально створені для виявлення і фільтрації шкідливого трафіку. Вони є дорогими продуктами, які можуть не працювати до того моменту, доки на ЦОД не буде здійснена атака також вони можуть бути дорогими в експлуатації. Для роботи цих пристроїв потрібні кваліфіковані інженери по мережі і безпеки.

Деякі підприємства використовують свого провайдера (ISP) для забезпечення DDoS-пом'якшення. У цих провайдерів пропускна здатність вище, ніж у підприємства, що може допомогти в великих об'ємних атаках, але є три ключові проблеми з цими сервісами.

Для захисту ЦОД від DDoS створює компанія Cisco. Тут мова йде саме про програмно-апаратний комплекс. В першу чергу, працює Cisco Traffic Anomaly Detector - йде пасивний моніторинг трафіку, що не шкодить пропускної здатності. При цьому дозволяє вчасно розпізнати що починається атака та передати на Cisco Guard «сигнал тривоги».

Cisco Guard працює не «зовнішньому периметрі. Оскільки Cisco Guard використовує окремий мережевий інтерфейс, то його робота по «фільтрації» трафіку під час DDoS не заважає іншим системам.

Cisco Guard на MVP-архітектурі, до речі, успішно. При цьому Cisco піддає ретельному аналізу і фільтрації саме підозрілий трафік, а «нормальний» при цьому продовжує абсолютно вільний рух.

Перелік посилань:

1. Datamation Big Data Security <https://www.datamation.com/big-data/big-data-security.html>
2. Поняття дата-центру, структура ті його особливості https://cosmonova.net/page/what_is_dc
3. Practical Reverse Engineering: x86, x64, ARM, Windows Kernel, Reversing Tools, and Obfuscation – Bruce Dang; 2014 p.
4. Network Security and DDoS – Imran Sohail, Sikandar Hauat; 2010p.

Шапо В.Ф., к.т.н., доцент (stani@te.net.ua)

Национальный университет "Одесская морская академия", Одесса, Украина

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В последние годы чрезвычайно быстро развиваются беспроводные технологии передачи данных. По состоянию на май 2018 г. успешно применяются следующие беспроводные технологии построения офисных и промышленных сетей: Wi Fi (b, a, g, n, ac (wave 1 и wave 2), ah, ad), Bluetooth, ZigBee, NFC, RFID, Wi Max, Thread, UltraWideBand, Wireless USB, Wireless HART, Z-Wave, Personal Cell (PCell), WBAN, Li Fi, IEEE 802.22, LoRaWAN [1], LPWAN, ISA100.11a и др. Многие из них отличаются друг от друга автономностью работы, скоростью передачи и приёма данных, дальностью, топологией, возможностью работы в IP-сетях, задействованными частотами и другими характеристиками. Многие из них могут использоваться в промышленности, для построения систем "Умный дом", соответствуют концепциям IoT (Internet of Things, Интернет вещей), IIoT (Industrial Internet of Things, Промышленный Интернет вещей) и Industry 4.0 (4-й этап промышленной революции). Некоторые технологии дополняют друг друга, некоторые имеют накладывающиеся, широкие или нишевые сферы применения, при этом все они активно развиваются и дополняются новыми разработками.

В подавляющем большинстве случаев для построения локальных беспроводных сетей в офисах, а также во множестве промышленных приложений используются технологии Wi Fi (группа стандартов IEEE 802.11). Наиболее современные из них представлены в табл. 1. Для их использования совместно с офисными проводными сетями семейства Ethernet в связи с одним и тем же форматом кадра дополнительное промежуточное оборудование не требуется. В табл. 1 использована аббревиатура: КАМ – квадратурная амплитудная модуляция.

Таблица 1 – Основные характеристики беспроводных технологий передачи данных Wi Fi

Число про- странствен- ных потоков	Тип моду- ляции	Число антенн, приём / передача	Максимальная скорость, Мбит/с				Частотный диапазон, ГГц
			1 ка- нал	2 ка- нала	4 ка- нала	8 ка- налов	
802.11n							
1	КАМ64	1×1	72	150	-	-	2.4 и 5
2	КАМ64	2×2	144	300	-	-	2.4 и 5
3	КАМ64	3×3	216	450	-	-	2.4 и 5
4	КАМ64	4×4	288	600	-	-	2.4 и 5
802.11ac wave 1							
1	КАМ256	1×1	86	200	433	-	5
2	КАМ256	2×2	173	400	866	-	5
3	КАМ256	3×3	289	600	1300	-	5
802.11ac wave 2							
1	КАМ256	1×1	86	200	433	866	5
2	КАМ256	2×2	173	400	866	1730	5
3	КАМ256	3×3	289	600	1300	2600	5
4	КАМ256	4×4	385	800	1730	3470	5
8	КАМ256	8×8	770	1600	3470	6930	5

При построении сложных промышленных сетей передачи данных или модернизации имеющихся сетей, построенных на базе оборудования различных производителей, поколений, обладающих различной производительностью, для стыковки современного коммуникационного оборудования, в т.ч. беспроводных устройств, с сетевыми сегментами,

использующими различные сетевые технологии, необходимо использовать соответствующие сетевые шлюзы. При прохождении через шлюз, соединяющий сетевые сегменты, выполненные по различным сетевым технологиям, сетевые пакеты должны быть преобразованы к соответствующему формату, используемому в сетевом сегменте-получателе.

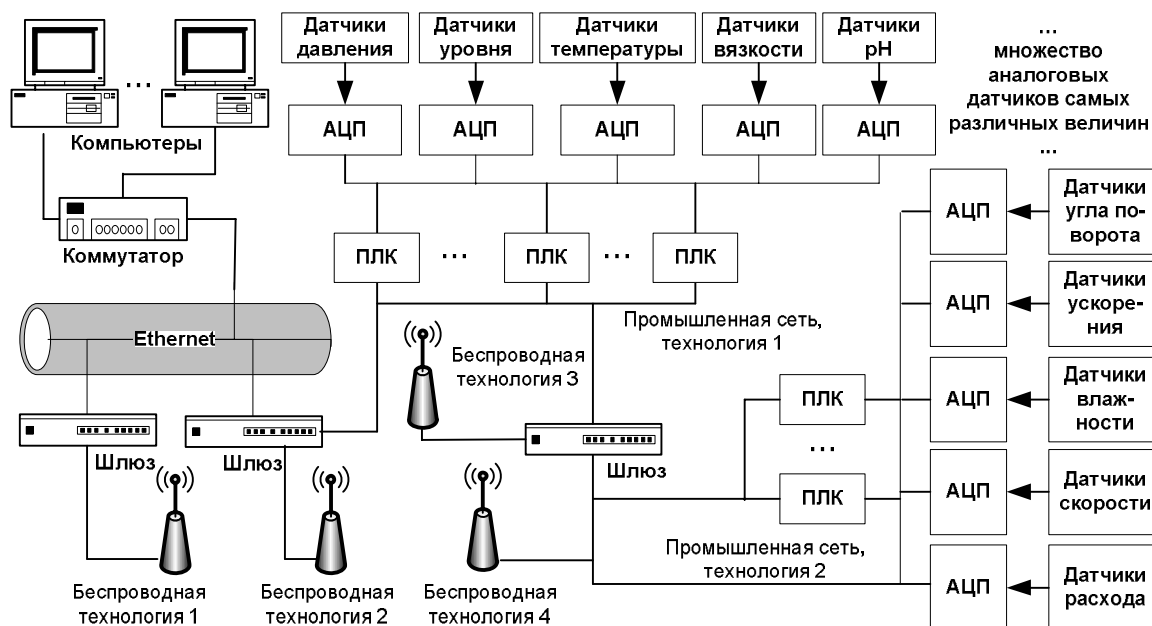


Рисунок 1 – Структура сети предприятия с применением различных беспроводных технологий и сетевых шлюзов для решения промышленных и офисных задач

При прохождении через шлюз, соединяющий сетевые сегменты, выполненные по различным несовместимым сетевым технологиям, сетевые пакеты автоматически преобразуются к формату сетевой технологии, которая используется в сетевом сегменте-получателе путём добавления заголовков и хвостиков требуемого формата. Процедура прохождения пакета из сетевого сегмента-отправителя к сетевому сегменту-получателю через сетевые шлюзы показана на рис. 2. На рис. 2 использованы аббревиатуры: ЗПСТ – заголовок пакета сетевой технологии, ХПСТ – хвостик пакета сетевой технологии.

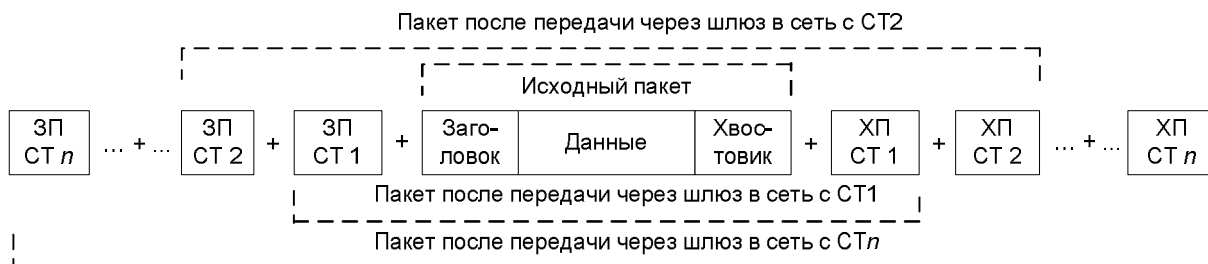


Рисунок 2 – Структура пакета данных после передачи между сетевыми сегментами, использующими несовместимые сетевые технологии, в прямом направлении (n этапов)

Пакет имеет три раздела: заголовок, данные, хвостик. Заголовок содержит адреса отправителя и получателя (компьютеров, ПЛК, ноутбуков, смартфонов, серверов, интеллектуального промышленного оборудования и т.д.) и системную информацию. Размер блока данных в пакете меняется в зависимости от сетевой технологии, но для большинства сетей он составляет 512 байт – 4 кбайт. В хвостике содержится системная информация и контрольная сумма. Например, в пакете Ethernet в зависимости от версии размер передаваемых данных составляет 0 – 1500 байт, размер заголовка – 13-22 байт, размер хвостика – от 4 байт. При этом минимальный размер кадра составляет 64 байта, а максимальный – 1518 байт [2]. При передаче кадров в обратном направлении через сетевые

шлюзы или в сетевой сегмент, совместимый с исходным по сетевой технологии, соответствующие заголовки и хвостовики автоматически отбрасываются. Процедура передачи пакетов в обратном направлении с последовательным отбрасыванием заголовков и хвостовиков показана на рис. 3, 4.

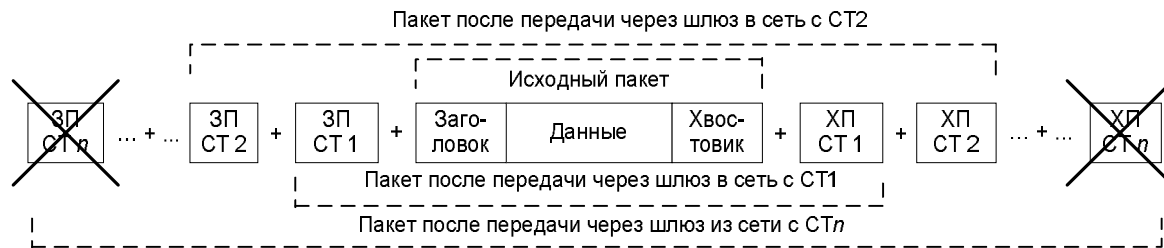


Рисунок 3 – Структура пакета данных после передачи между сетевыми сегментами, использующими несовместимые сетевые технологии, в обратном направлении (1-й этап)

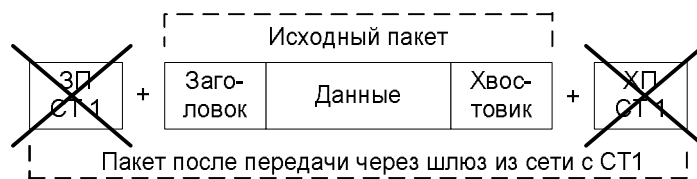


Рисунок 4 – Структура пакета данных после передачи между сетевыми сегментами, использующими несовместимые сетевые технологии, в обратном направлении (n-й этап)

Т.о., при прохождении через каждый промежуточный шлюз в связи с добавлением к пакету дополнительных заголовков и хвостовиков увеличиваются накладные расходы N_o передачи данных и снижается эффективность N_e их передачи. Формулы для их расчёта приведены ниже.

$$N_o = \frac{\sum_{i=1}^n S_{ti}}{\sum_{i=1}^n S_{ti} + S_d}; N_e = \frac{S_d}{\sum_{i=1}^n S_{ti} + S_d}, \quad (1), (2)$$

где S_{ti} – размер заголовка и хвостовика, добавляющихся на каждом промежуточном шлюзе, байт; S_d – размер передаваемых полезных данных, байт.

Применение беспроводных технологий передачи данных позволяет упростить модернизацию и эксплуатацию сети, в ряде случаев уменьшить число сетевых шлюзов и финансовые затраты при бесшовной стыковке сетевых сегментов, выполненных на совместимых по формату пакета протоколах: Wi Fi и Ethernet, Wireless HART и HART, ISA100.11a [3] с HART, Foundation Fieldbus, Profibus, DeviceNet и другими протоколами промышленной передачи данных, Wireless USB и Bluetooth с широчайшим диапазоном сетевых устройств.

Литература

1. Шапо В.Ф. Беспроводные сети передачи данных LORA // Матеріали науково-методичної конференції "Актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки". – Одеса: НУ "ОМА", 2016. – С. 29-34.
2. 802.3-2015 - IEEE Standard for Ethernet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: WWW.URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7428776/>.
3. ISA100.11a полностью отменяет необходимость в Wireless HART [Электронный ресурс]. – Режим доступа: WWW.URL: <http://variant-group.ru/news-item.php?p=7>.

Воропаєва А.О., к.т.н., доцент (anna.voropaieva@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ПІДХОДУ ПРОГРАМНО-КОНФІГУРОВАНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ІГРОВИХ ПЛАТФОРМ

Актуальність питання. Останні досягнення в області хмарних обчислень і розгортання центрів обробки даних призвели до появи численних інноваційних послуг. Ігри є одним з таких додатків, які можуть отримати вигоду з досягнень хмарних обчислень. Такі хмарні системи дозволяють користувачам грати в високі з погляду графіки класу ігри на різних платформах, в тому числі планшетах і смартфонах, що мають менш обчислювальних і графічних ресурсів обробки, ніж ПК або ноутбуки, тому що вся логіка гри, їх обробка та рендеринг графіки відбувається в хмарі. Результатом є просто відео, яке буде передаватися на пристрій. Хмара дозволяє розробникам ігор підтримувати більше платформ, зменшити виробничі витрати і збільшити свої чисті доходи.

У хмарі, команди гравців відправляються від пристрою (смартфона, планшета, ігрової консолі, ПК тощо) на сервер, де приймаються відповідні дії ігрового движка для створення результуючої сцени гри. Після цього стислі відео кадри посилаються гравцям через мережу, і, нарешті, декодуються та відображаються на пристроях. Хоча це значно знижує обчислювальну навантаження на боці споживача послуги, але додає додаткові затримки, що вводяться мережею і серверами. На сьогодні відомо, що затримка в хмарних іграх приблизно в 1,7 рази вище, ніж у консольних. Ці затримки можуть негативно вплинути на досвід гравців (QoE). Завдання зменшення затримки є досить важким, в основному тому, що за статистикою лише 70% кінцевих користувачів будуть знаходитися нижче ліміту затримки 80 мс, необхідного для прийняттого використання хмарних ігор [1]. На додаток до латентності присутня велика кількість варіацій в затримках, відома як джиттер, що також чинить негативний вплив на QoE гравців

Основний матеріал і результати досліджень. Сьогодні центри обробки даних, як правило, будуються в основному з комутаторів ядра мережі, що підключаються до розподілюючого комутатора всередині стойки з серверами, кожен з котрих далі передає запити до оброблюючого елементу мережі, який може працювати на декількох віртуальних машинах. У хмарних іграх, зважаючи на необхідність обробки великих об'ємів відеоданих, які необхідно опрацьовувати та передавати, основні комутатори схильні до перезавантаження. Таким чином, допоміжні мережеві маршрути повинні бути використаними для зменшення навантаження та імовірності виходу з ладу обладнання, та вони мають автоматично перерозподіляти навантаження як тільки основні маршрути досягнуть деякого заданого порогу завантаженості. У традиційних мережах, хоча маршрутизатор оголошує свою таблицю маршрутизації та синхронізує її з іншими відповідними елементами мережі, кожен з них самостійно контролює свою власну таблицю маршрутизації за допомогою інформації про мережу, яка збирається самим роутером. Це робить розподілене управління неефективним. Крім того, протоколи маршрутизації не беруть до уваги динамічні умови у мережі: використання полоси пропускання, втрати пакетів та затримки. Таким чином, підхід програмно-конфігурованих мереж (SDN) може бути запропонован у якості нового до вирішення проблеми надання послуг хмарного ігрового сервісу [2]. Оскільки більшість методів оптимізації складні з точки зору обчислювального процесу, зазвичай використовуються заздалегіть визначені алгоритми розподілу навантаження. Це дозволяє при поширенні трафіку, зменшити мережеве навантаження і відповідну end-to-end затримку та джиттер, що суттєво покращує досвід кінцевих користувачів.

З точки зору концепції, з тим щоб забезпечити ефективний розподіл навантаження, коли комутатор ядра приймає пакет та ще не має відповідності у своїй таблиці маршрутизації, він посилає пакет до контролера SDN, який потім знаходить оптимальний шлях, щонайкраще відповідний для передачі цього пакета. Як тільки шлях вибраний, новий запис буде створено в таблиці маршрутизації комутатора для майбутніх пакетів одного і того ж потоку. Сесія кожного гравця з конкретною грою становить один потік.

Існуючі алгоритми, включаючи ті які реалізовані з використанням SDN контролера, як правило, знаходять оптимальну траєкторію шляху зважаючи на різні критерії (наприклад, мінімальна затримка, або кількість комутаторів на шляху до кінцевого місця призначення тощо), щоб створити правила пересилки. У пропонованому методі, по-перше, всі можливі шляхи, від комутатора ядра до основного комутатора стійки визначені за допомогою контролера. У той час як граfi, побудовані на основі сучасних архітектур центрів обробки даних (наприклад, Fat-tree і VL2) є простими, і джерело (тобто комутатор ядра) фіксується для всіх потоків, завдання знаходження всіх можливих шляхів може бути вирішена за допомогою алгоритму Дейкстри.

Далі, контролер збирає статистику QoS від OpenFlow комутаторів уздовж виділених шляхів з використанням повідомлень протоколу OpenFlow (STATISTICS_REQUEST, STATISTICS_REPLY, ...), визначених у специфікації OpenFlow.

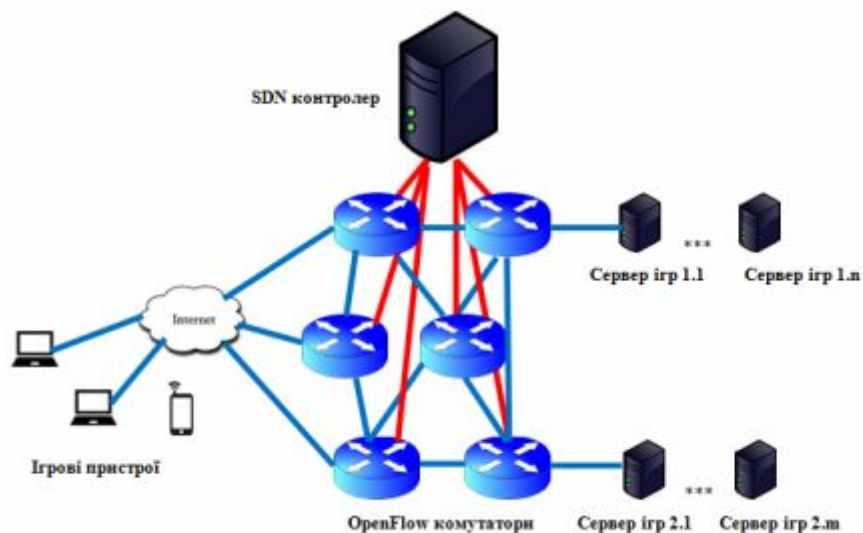


Рисунок 1 – Архітектура рішення для хмарних ігр з використанням SDN.

Висновки.

В роботі наведено можливості використання програмно-конфігурованого підходу для рішення проблеми перезавантаження маршрутизаторів та надмірності затримки пакетів у хмарних іграх. Пропоноване рішення цієї проблеми, на відміну від існуючих, які намагаються боротися з нею лише на стороні серверів, полягає в тому щоб використовувати можливості Software Defined Networking для зменшення впливу вказаних параметрів.

Перелік посилань:

1. Amrhein D., Quint S. Cloud computing for the enterprise: Part 1: Capturing the cloud. [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.ibm.com/developerworks/websphere/techjournal/0904_amrhein/0904_amrhein.html. - Назва з титул. екрана.
2. The Road to SDN: An Intellectual History of Programmable Networks: Nick Feamster, Jennifer Rexford, Ellen Zegura [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.sigcomm.org/node/3488>. - Назва з титул. екрана.

Дубенкова Ю. Є., магістр (dubenkova.yulia123@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ МОНІТОРІНГУ В АДМІНІСТРУВАННІ МАСШТАБОВАНИХ МЕРЕЖ (ISP)

На сьогоднішній день кожному системному адміністратору інтернет-провайдера відомо, що моніторинг є одним з ключів управління масштабної мережею ISP (Internet Service Provider). Отже, моніторинг - це система постійного спостереження, відстеження статусів різноманітних сервісів таких, як мережеве обладнання, сервер, комп'ютерна мережа та інші.

Необхідність моніторингу полягає у високій конкуренції на ринку інформаційних послуг. Великі системи вимагають постійного контролю. Не варто сподіватися, що користувачі завжди самі будуть повідомляти про труднощі. Зазвичай абоненти йдуть по шляху найменшого опору, вважаючи, що на вирішення проблеми у них піде менше часу, ніж на її опис та повідомлення про її виникнення.

Існує безліч обов'язкових щоденних операцій, а саме: перевірка правильності функціонування електронної пошти та веб-служб; перегляд журнальних файлів на предмет наявності ранніх ознак несправностей; контроль над підключенням локальних мереж; контроль доступності системних ресурсів. Всі ці операції піддаються автоматизації, та й безліч готових систем моніторингу можуть допомогти системним адміністраторам у вирішенні цієї задачі.

Результатом використання такого сервісу як моніторингу в ISP є:

1. Зниження часу виявлення і усунення проблем роботи сервісу за рахунок своєчасного виявлення та локалізації проблем;
2. Підвищення лояльності користувачів послуги доступу в Інтернет за рахунок безперервного моніторингу якості роботи для користувача сервісів в різних точках мережі;
3. Підвищення лояльності корпоративних користувачів за рахунок надання їм інформації про якість послуг.

Існує безліч програмних пакетів для здійснення якісного моніторингу мережі, наприклад, Rancid, Munin, Monit, Cacti, Zabbix, Nagios та інші. Одну з таких моніторингових систем розглянемо більш детально, а саме Zabbix.

Zabbix – це вільна система моніторингу, за допомогою якої відстежується стан мережі. Для зберігання даних використовується MySQL, PostgreSQL, SQLite або Oracle Database, веб-інтерфейс написаний на PHP. Підтримує декілька видів моніторингу:

1. Simple checks - може перевіряти доступність і реакцію стандартних сервісів, таких як SMTP або HTTP, без встановлення будь-якого програмного забезпечення на спостережуваному хості.
2. Zabbix agent - може бути встановлений на UNIX-подібних або Windows-хостах для отримання даних про навантаження процесора, використання мережі, дискового простору і так далі.
3. External check - виконання зовнішніх програм, також підтримується моніторинг через SNMP.

Основні можливості: розподілене моніторинг - до декількох тисяч вузлів; сценарії на основі моніторингу; автоматичне виявлення; централізований моніторинг журналів; веб-інтерфейс для адміністрування і настройки; звітність і тенденції; SLA-моніторинг; підтримка високопродуктивних агентів (zabbix-agent) практично для всіх платформ; комплексна реакція на події; підтримка SNMP v1, 2, 3; підтримка SNMP-пасток; підтримка IPMI; підтримка

моніторингу JMX-додатків; підтримка виконання запитів в різні бази даних без необхідності використання сценарної обв'язки; розширення за рахунок виконання зовнішніх скриптів; гнучка система шаблонів і груп; можливість створювати карти мереж. Підтримувані платформи (сервер і агент): AIX, FreeBSD, HP-UX, Linux, Mac OS, OpenBSD, SCO OpenServer, Solaris, Tru64 / OSF; крім того, реалізовані агенти для Novell Netware і операційних систем сімейства Windows. Архітектура zabbix складається з трьох основних компонентів:

1. Zabbix agent – багатопоточний демон, збирає необхідні параметри на машині і відправляє результати на сервер;
2. Zabbix server - збирає дані, виконує перевірки і розсилає повідомлення;
3. Web interface - зміна параметрів моніторингу, візуалізація даних, управління оповіщенням, і т.д.

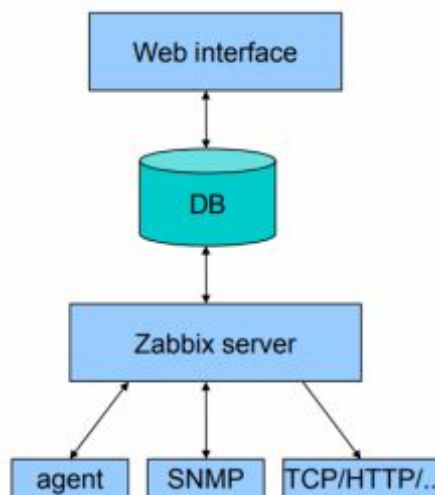


Рисунок 1 – Архітектура Zabbix

Існує значна проблема, вона полягає в тому, що коли система досягає 8000-9000 NVPS (NVPS необхідна швидкодія в секунду), то резервна база даних не встигає за основний. Отже, можна зробити висновок, що відмовостійкості у даного програмного пакета немає. На даний момент існують такі рішення проблеми:

1. Використовувати Linux-HA з DRBD для partitioning БД;
2. LUN-реплікація на SAN з реплікацією на інший ЛУН;
3. Percona XtraDB cluster. У версії 5.6 ще недоступний.

Можна зробити висновок, що дане програмне забезпечення як zabbix значно спрощує роботу системного адміністратора ISP, вона дає повний контроль над внутрішньо мережевими процесами, а також можливість швидко реагувати на недоліки і несправності в системі.

Перелік посилань:

1. Эви Немет, Гарт Снайдер, Трент Хейн, Бэн Уэйли. Unix и Linux: руководство системного администратора, 4-е изд. :Пер. с англ. - М. : ООО "И.Д. Видьямс", 2017. - 1312 с.;
2. Решение по мониторингу качества работы сервисов Интернет для провайдеров [Електронний ресурс] – URL: <http://www.informatec.by/kompaniya/news/274-reshenie-po-monitoringu-kachestva-raboty-servisov-internet-dlya-provajderov.html> – Режим доступу: (Дата звернення: 19.05.2018);
3. Zabbix [Електронний ресурс] – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Zabbix> – Режим доступу: (Дата звернення: 20.05.2018);
4. Zabbix – мониторим и отслеживаем [Електронний ресурс] – URL: <http://www.ignix.ru/public/daemon/zabbix> - Режим доступу: (Дата звернення: 20.05.2018);
5. Масштабируя Zabbix [Електронний ресурс] – URL: <https://habr.com/company/zabbix/blog/193472/> – Режим доступу: (Дата звернення: 18.05.2018).

Ступак Г.В., старший викладач (glib.stupak@donntu.edu.ua)

Слагіна К.С., студент (kateryna.yelahina@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ МОДЕЛІ ЦЕНТРУ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВИКЛИКІВ ІНТЕРНЕТ-ПРОВАЙДЕРА

Поява у операторів зв'язку нових телекомунікаційних послуг викликала істотне збільшення кількості клієнтів та попиту на інформаційні послуги центрів обслуговування викликів (ЦОВ). Підвищення рівня якості роботи операторів та ключових показників ефективності функціонування ЦОВ в цілому є не просто конкурентною перевагою компанії, але й важливою умовою збереження її позиції на ринку.

З погляду математичної інтерпретації, центр обслуговування викликів являє собою call-центр, що у свою чергу є системою масового обслуговування (СМО). Модель call-центра інтернет-провайдера, що розглядається, з погляду СМО представлена на рисунку 1.

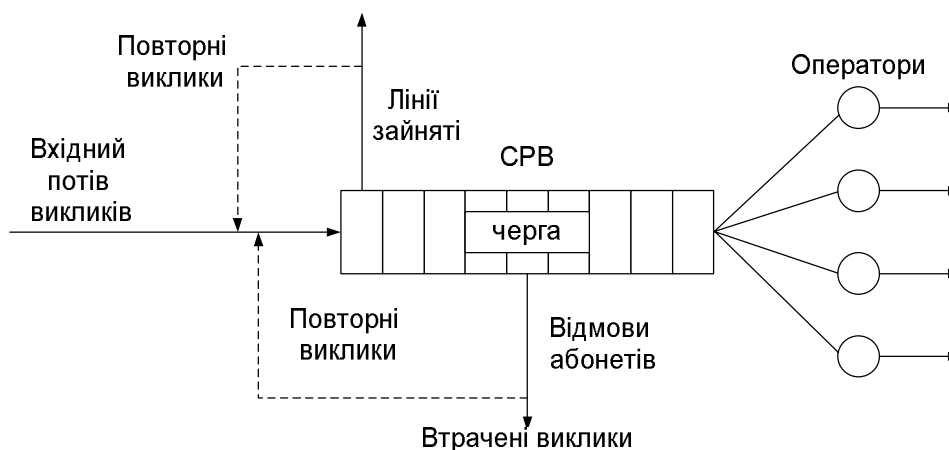


Рисунок 1 – Модель центру обслуговування викликів

Даний ЦОВ є системою масового обслуговування з очікуванням та обмеженою чергою М/М/п. Це означає, що кількість заявок в черзі не може перевищити заданого значення m . Для системи, що розглядається, $m=10$. Якщо новий виклик приходить в момент, коли всі міста в черзі зайняті, він покидає СМО, отримує відмову.

Система масового обслуговування з очікуванням має такі характеристики:

- ймовірність відмови $P_{від}$;
- середня кількість викликів в черзі $L_{оч}$;
- середня кількість викликів під обслуговуванням $L_{об}$;

Ймовірність відмови виходить з наступної формули:

$$P_{від} = P_{m+1} = \rho^{m+1} P_0, \quad (1)$$

де ρ – інтенсивність навантаження каналу,

P_0 – гранична ймовірність стану системи.

Гранична ймовірність стану системи визначається наступним чином:

$$P_0 = (1 - \rho) / (1 - \rho^{m+2}). \quad (2)$$

Інтенсивність навантаження каналу ρ є середня кількість викликів, що приходить за середній час обслуговування одного виклику та розраховується за формулою:

$$\rho = \lambda / \mu, \quad (3)$$

де λ – інтенсивність потоку,

μ – інтенсивність обслуговування викликів.

В системі, що розглядається, має 4 можливих станів, тобто 5 каналів. Тоді сумарний потік обслуговувань буде мати інтенсивність 4μ .

Формули для обчислення інших показників ефективності СМО з очікуванням наведені нижче.

Середня кількість викликів в черзі $L_{оч}$:

$$L_{оч} = \rho^2 \frac{[1 - \rho^m(m+1 - m\rho)]}{(1 - \rho^{m+2})(1 - \rho)}. \quad (4)$$

Середня кількість викликів під обслуговуванням $L_{об}$:

$$L_{об} = 1 - P_0. \quad (5)$$

Середня кількість викликів в системі $L_{сист}$:

$$L_{сист} = L_{оч} + L_{об}. \quad (6)$$

Згідно з дослідженням, середня кількість обслугованих викликів на добу становить близько 320, середньою тривалістю 140 с. Проаналізуємо, як розподіляється навантаження на операторів за часом доби (табл. 1):

Таблиця 1 – Розподіл звернень за часом доби

Час	К-сть викликів	Час	К-сть викликів	Час	К-сть викликів
00 – 01	2	08 – 09	25	16 – 17	32
01 – 02	4	09 – 10	37	17 – 18	20
02 – 03	1	10 – 11	33	18 – 19	17
03 – 04	1	11 – 12	23	19 – 20	11
04 – 05	1	12 – 13	15	20 – 21	9
05 – 06	1	13 – 14	12	21 – 22	5
06 – 07	3	14 – 15	26	22 – 23	3
07 – 08	5	15 – 16	32	23 – 00	2

Виходячи з цих даних, розрахуємо ймовірності відмови, середні кількості заявок в черзі, середні кількості зайнятих ліній, а також загальну кількість викликів в системі за описаною вище моделлю (табл. 2):

Таблиця 2 – Розрахунок існуючої системи масового обслуговування

Час	ρ	P_0	$P_{від}$	$L_{оч}$	$L_{об}$	$L_{сист}$
00 – 01	1,0	0	0	0	0	0
01 – 02	1,0	0	0	0	0	0
02 – 03	1,0	0	0	0	0	0
03 – 04	1,0	0	0	0	0	0
04 – 05	1,0	0	0	0	0	0
05 – 06	1,0	0	0	0	0	0
06 – 07	1,0	0	0	0	0	0
07 – 08	1,0	0	0	0	0	0
08 – 09	1,08	0,053	0,123	5,457	0,947	6,404

09 – 10	1,162	0,032	0,167	6,232	0,968	7,200
10 – 11	1,151	0,034	0,161	6,140	0,965	7,105
11 – 12	1,087	0,051	0,127	5,528	0,949	6,477
12 – 13	1	0	0	0	0	0
13 – 14	1	0	0	0	0	0
14 – 15	1,115	0,043	0,142	5,808	0,957	6,765
15 – 16	1,125	0,04	0,147	5,899	0,960	6,859
16 – 17	1,094	0,049	0,130	5,596	0,951	6,548
17 – 18	1,0	0	0	0	0	0
18 – 19	1,0	0	0	0	0	0
19 – 20	1,0	0	0	0	0	0
20 – 21	1,556	0,0028	0,359	8,263	0,997	9,260
21 – 22	1,0	0	0	0	0	0
22 – 23	1,0	0	0	0	0	0
23 – 00	1,0	0	0	0	0	0

На підставі даної таблиці можна зробити висновок, що середня ймовірність відмови виклику 5, 65% задовільна. Але все ж таки в системі є абоненти, що скористалися послугами підприємства, а в певний час не можуть додзвонитися та отримати консультацію. Вирішенням такої проблеми може бути створення мультисервісного контакт-центру.

Перелік посилань:

1. Степанов М.С., Пшеничников А.П. Обобщенная модель call-центра // Труды 5-й отраслевой научной конференции форума «Технологии информационного общества» 9- 10 февраля 2011 г., Москва, МТУСИ – Т-Comm - Телекоммуникации и Транспорт. 2011. – No7. – С.125-128
2. Хлебников С.О., Моделирование нагрузки и определение типовых сценариев обслуживания для microcall-центров малых и средних предприятий [Електроний ресурс]. Режим доступу: <http://www.myshared.ru/slide/651868/>
3. Бельская Н.М., Исследование и разработка алгоритмов мониторинга и анализа качества работы операторов контакт-центра [Електроний ресурс]. Режим доступу: <http://www.dissercat.com/content/issledovanie-i-razrabotka-algoritmov-monitoringa-i-analiza-kachestva-raboty-operatorov-konta>

Лебединський М.О., магістрант (maksym.lebedynskyi@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОБМІНУ ДАНИМИ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ КОМБІКОРМІВ НА ВИРОБНИЧІЙ ДІЛЯНЦІ ПО ВИРОЩУВАННЮ БРОЙЛЕРІВ

На сьогодні доставка та завантаження комбікормів на виробничу ділянку виконується таким чином: спочатку із комплексу по виробництву комбікормів, комбікорм транспортується у спеціальній ємності, яка змонтована на базі автомобіля SCANIA і яка обладнана системою пневматичної подачі корму, за допомогою якої на виробничій ділянці корм завантажується до проміжних бункерів — накопичувачів. Потрібно відмітити, що на одній машині транспортується близько 22 тон комбікорму; повна ємність проміжного бункера 30 тонн, та кількість проміжних бункерів дорівнює 7. Далі завантажувач сухих кормів ємністю 6,5 тон завантажується з проміжних бункерів накопичувачів та транспортує корм по приймальних бункерах ємністю 15 тон, які знаходяться біля кожного пташника і створені для подачі корму у пташник. З приймального бункера комбікорм, за допомогою шнекового транспортеру, подається у приймальні хоппери, що розташовані у пташнику. Повне завантаження приймального бункера займає близько 1 години.

Тому можна виділити декілька проблем при транспортуванні комбікормів на виробничій ділянці по вирощуванню бройлерів, а саме:

- Основною проблемою є транспортування кормів від проміжних накопичувальних бункерів до приймальних бункерів для кожного пташника, яка виконується за допомогою завантажувача сухих кормів на базі автомобіля МАЗ ємністю 6,5 тон.
- Залежність від людського фактору при завантаженні та вивантаженні кормів.
- Відсутність автоматичного контролю за рівнем приймального бункера, що може призвести до відсутності корму у пташнику.
- Оживлений рух автотранспорту, який створює великий рівень шуму при роботі і русі машин.

Усі ці факти негативно впливають на ріст та розвиток птиці та на ефективність виробництва.

Вирішуючи проблеми автоматизації було обрано систему пневматичної подачі корму від проміжних бункерів до приймальних бункерів.

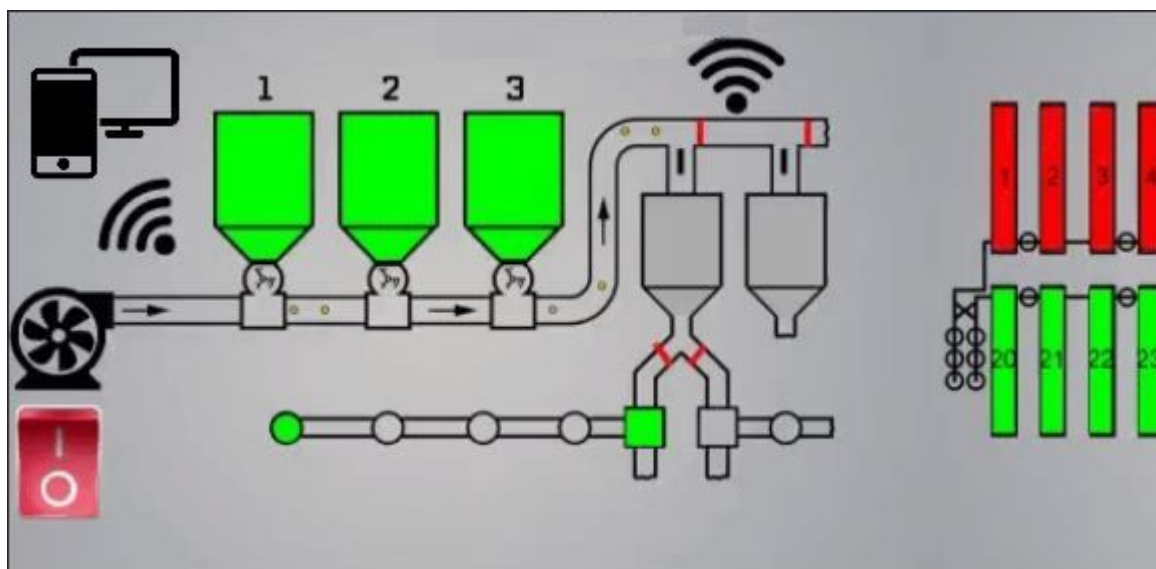


Рисунок 1 — SCADA система для подачі зерна

При розробці системи винили проблеми з забезпечення автоматизації процесів обміну даними та автоматичної подачі зерна у випадках, коли бункер стає порожнім.

Було вирішено використовувати систему на базі стандарту LoRa. Це оптимальний варіант який має у собі усе, що потрібно: велику дальність дії, мінімальну швидкість передачі (нам не потрібна велика швидкість, дані, що передаються дуже малі), має мале енергоспоживання.

Стандартною архітектурою мережі LoRa є наявність багатьох кінцевих точок, що передають інформацію до базової станції, з якої інформація потрапляє до серверу мережі і далі інформація може використовуватися у будь-якому способі.

Кінцева точка у такій архітектурі, це елементи, що виконують функції контролю, виміру та керування. Вони можуть використовувати живлення від батареї. Так як дані у LoRaWAN можуть передаватися в обидві сторони, як від кінцевих точок до сервера, так і в зворотню сторону ми можемо виконувати не тільки контроль за сенсорами, а і керування заглишками на пневматичних трубах.

Для вирішення проблем обміну даних запропоновано таку функціональну схему, де збоку є позначення, який саме модуль використовується, його ціну та необхідну кількість модулів.



Рисунок 2 — Функціональна схем

Для забезпечення повного контролю за мережею запропоновано використовувати систему з двох клапанів (один блокує трубу до елеватора, інший блокує переміщення зерна далі, до інших елеваторів), сенсору об'єму (це система з трьох або більше ультразвукових датчиків, що вимірюють кількість зерна у елеваторі). Усі ці сенсори та керуючі пристрої з'єднуються за допомогою кінцевого вузла зв'язку, який побудований на базі RN248, на усю ділянку по вирощуванню бройлерів їх потрібно 38 штук на кожний пташник, але їх кількість можна збільшити для резервування та масштабування системи. Кінцеві вузли з'єднанні за допомогою базової станції MultiConnect Conduit з модулями розширення, що дозволяє нам використовувати базову станцію напряму до контролера. Як контролер у системі буде використовуватися Phoenix contact АХС 1050. Далі можна використовувати сервер для можливості зберігання даних з сенсорів та можливості віддаленого управління.

Більш докладніше про кожний з модулів:

RN2483 це модуль який побудований на базі LoRa трансивера Srmtech SX1276 з контролером. Модуль працює на частоті 868 МГц, має 14 GPIO, RTC, UART. Потрібно відмітити, що кожний GPIO може бути сконфігурований під вхідний, так і під вихідний сигнал. Коштує кожний модуль приблизно 10 доларів.

MultiConnect Conduit виконує роль базової станції, вона вміє підтримувати 4G, 3G, 2G та Ethernet. Це дає великі можливості для використання. Операційна система базової станції побудована на базі Лінукс, що теж дає ряд переваг. Базова станція містить у собі два контакти для розширень.

Опишемо систему обміну даних з боку інформації, а саме, які дані передаються. З сенсорів об'єму передаються дані о заповненні елеватора, це буде відстань, яку фіксують ультразвукові сенсори. Сенсори будуть знаходитися на декілька рівнях, це зображено на рисунку 3.

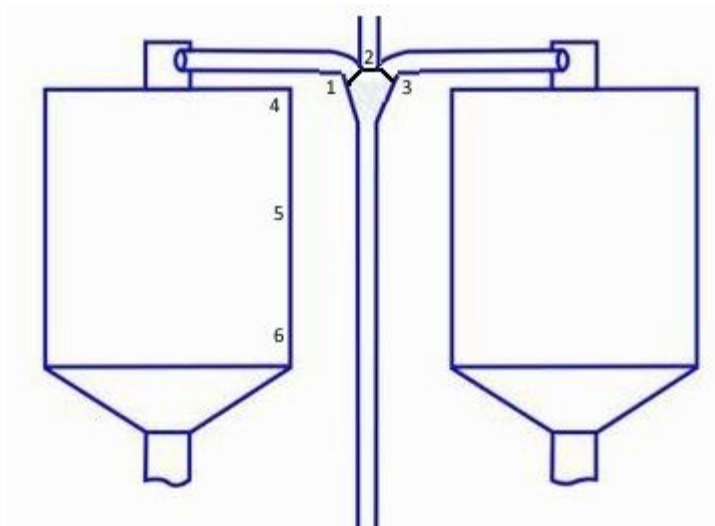


Рисунок 3 — Розташування модулів у елеваторах і труба

Згідно рисунка можна побачити, що 1-3 це клапани які відповідають за напрямок руха зерна по трубах, вони приймають сигнали управління та передають інформацію о своєму стані (відкритий чи закритий), 4-6 це сенсори об'єму, що передають інформацію о своєму стані. Знаючи стан сенсорів, можна зрозуміти скільки зерна потрібно поставити у елеватор.

Так як базова станція побудована на базі операційної системи Лінукс, ми можемо конвертувати інформацію від сенсорів у інформацію яку використовує контролер Phoenix Contact АХС 1050.

Була розрахована та побудована мережа зв'язку для забезпечення автоматичної роботи системи по транспортуванню комбікормів на виробничій ділянці по вирощуванню бройлерів. Були знайдені оптимальні модулі для побудови мережі. Та розраховано приблизне місце розташування сенсорів для оптимальної роботи мережі.

Перелік посилань:

1. Кейс для Student agritech challenge. Система транспортування комбікормів на виробничій ділянці по вирощуванню бройлерів. <https://drive.google.com/drive/folders/1tHuEgPqeMrv2iqKKzuzJbFTlFAisSxU9> (20.05.2018)
2. Протокол LoRaWAN, модуляція LoRa, технологии Long Range, LPWAN сети и Интернет вещей (IoT) Site: <http://lorawan.lace.io/lorawan-networks/> (20.05.2018)
3. Microchip RN2483 Site: <http://lorawan.lace.io/rn2483-with-single-channel-gateway-raspberry-pi-lorawan-chapter-1/> (20.05.2018)
4. MultiConnect® Conduit™ site: <https://www.multitech.com/brands/multiconnect-conduit> (20.05.2018)

Мірошниченко О.А., студент (sanek000@meta.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ В СФЕРІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ДЛЯ МЕРЕЖ ISP

На сьогоднішній день безпека все стає критичною характеристикою всіх сервісів і грає важливу роль в прибутковості роботи Інтернет-провайдерів (ISP), а одна з основних проблем - це підтримка надійності надання послуг в умовах різноманітних атак. Трафік, який генерується різними видами шкідливого впливу, може порушити нормальну роботу мережі і створює додатковий ризик для мережевих пристроїв, які відповідають за виконання базових функцій маршрутизації і комутації. Обсяги трафіку зловмисників постійно зростають, оскільки існують легкодоступні і все більш досконалі інструменти атак, а мотиви стають все більш різноманітними. Якщо раніше атаки в першу чергу проводилися з метою тимчасово вивести з ладу відомі сайти, щоб привернути увагу ЗМІ, на сьогоднішній день вони все більше використовуються для реалізації схем шантажу, вимагання або набувають політичну, економічну основу. Щорічно це приносить підприємствам і провайдерам багатомільйонні збитки.

ISP необхідно впливати на основні сервіси, які існують на ринку, зміщуючи їх у напрямку послуг з урахуванням вимог безпеки, а також надавати клієнтам нові, більш ефективні сервіси з урахуванням їх вартості. Для цього необхідні рішення, реалізація яких вимагає розгортання великої кількості виділеного обладнання, що встановлюється на точках клієнта (CPE), і істотно переробити топології мереж, що не реалізовується на практиці через високу вартість, збільшення витрат на обслуговування, додаткове ускладнення системи, а також проблем масштабованості.

Можна виділити також такі проблеми в модернізації системи безпеки в мережах ISP:

1. Відключення робочої мережі, що може бути необхідно при проведенні робіт, є негативним фактором для абонентів, який може спричинити фінансові збитки для провайдера
2. Обладнання різних виробників, у яких можуть бути несумісні певні функції безпеки
3. Масштабні мережі, в яких можуть бути тисячі вузлів, провести в усіх них зміни є непростим завданням

Методи злому інформаційних мереж постійно вдосконалюються, в них з'явилися інтелектуальні алгоритми для створення комплексних змішаних загроз, які поширюються автоматизованим шляхом з високим ступенем резервування. Для мереж ISP можна виділити наступні загрози:

1. **Атаки на протоколи маршрутизації (BGP, OSPF).** Впровадження сторонніх маршрутів зловмисника в таблицю маршрутизації з метою перехоплення даних
2. **Інформаційна розвідка.** Зловмисник сканує мережу для виявлення вразливих пристроїв (наприклад, це можуть бути відкриті порти, відсутність парольного захисту, уразливості ОС) і атакує виявлені жертви.
3. **Атаки типу «відмова в обслуговуванні» (DoS, DDoS) і атаки на інфраструктуру.** Це атаки з використанням великої кількості IP-пакетів, що передаються в мережу. Цілями атаки є зниження швидкодії і надійності роботи мережі, а можливо і повна її паралізація.
4. **Злом і захоплення мережевих пристроїв.** Як правило, такі дії слідує за етапом інформаційної розвідки і являють собою несанкціонований доступ до того чи іншого пристрою з наміром порушити його безпеку.
5. **Sniffing.** Перехоплення і подальший аналіз, або тільки аналіз мережевого трафіку, призначеного для інших вузлів.

6. **Man-in-the-Middle.** Вид атаки, коли зловмисник перехоплює канал зв'язку між двома системами, і отримує доступ до всієї інформації, що передається. При отриманні доступу на такому рівні можна модифікувати інформацію потрібним чином, щоб досягти своїх цілей.

7. **Різнманітні spoofing-атаки (ARP-spoofing, IP-spoofing, DHCP-spoofing, DNS-spoofing).** Атаки, при яких зловмисник підмінює якісь параметри (MAC, IP) з метою перехоплення трафіку жертви.

8. **Rootkit.** Програма, яка впроваджується в систему і перехоплює системні функції, або робить заміну системних бібліотек.

9. **Backdoor.** Використання дефекту алгоритму або ПО, який навмисно вбудовується в нього розробником і дозволяє отримати несанкціонований доступ до даних або віддаленого управління операційною системою і комп'ютером в цілому

10. **Експлуатація вразливостей мережевого обладнання та програмного забезпечення.** Виявити всі уразливості обладнання та програм на етапі розробки і тестування неможливо, що призводить до використання цих слабкостей хакерами.

11. **Змішані типи загроз.**

Також потрібно відмітити, оскільки мережа провайдера є транспортом для абонентського трафіка, то вона може постраждати навіть у тих випадка, коли жертвою є абонент, особливо відчутно це при атаках виду DDoS. Роздивившись основні загрози для мереж ISP, можна зробити висновок, що інформаційна безпека – це актуальне і складне питання.

Перелік посилань:

1. Види хакерських атак [Електроний ресурс]. – URL: <https://sites.google.com/site/hackerskieataki/home/vidy-hackerskih-atak> (Дата звернення: 15.05.18)
2. Service Provider Security [Електроний ресурс]. – URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/about/security-center/service-provider-infrastructure-security.html> (Дата звернення: 15.05.18)
3. Spoofing [Електроний ресурс]. – URL: <http://xgu.ru/wiki/spoofing> (Дата звернення: 15.05.18)

Прокушев А.М., магістрант (andrii.prokushev@donntu.edu.ua)

Воропаєва В.Я., к.т.н., доц. MBA (viktoriya.voropayeva@donntu.edu.ua)

Ступак Г.В., ст. преп. (stupakgv@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ІСНУЮЧІ МЕТОДИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В SCADA - СИСТЕМАХ

Компанії та підприємства цілого ряду галузей стали цілком залежні від комп'ютерних технологій, і зупинка в роботі інфраструктури може паралізувати діяльність організації на тривалий час і завдати значних матеріальних збитків.

Промислові інформаційні системи називають автоматизованими системами управління технологічними процесами (АСУ ТП). На відміну від систем автоматичного управління (САУ), вони не повністю автономні і мають у свої структурі людину-оператора. У той же час більшість розроблювачів захисних програм зараз більш активно використовують іншу аббревіатуру - SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition, тобто «диспетчерське управління і накопичування даних».

Розробка мереж АСУ ТП за зразком офісних та корпоративних мереж призвела до міграції вразливостей останніх в промисловий сегмент.

Підслуховування (sniffing). Дані по комп'ютерних мережах передаються в незахищеному форматі, що дозволяє зловмисникові, який отримав доступ до ліній передачі даних в мережі підслуховувати або зчитувати трафік. Для підслуховування в комп'ютерних мережах використовують sniffери. Sniffer пакетів – це є прикладна програма, яка перехоплює всі мережеві пакети, передані через певний домен.

Зміна даних. Зловмисник, який отримав можливість прочитати дані, зможе зробити і наступний крок - змінити їх. Дані в пакеті можуть бути змінені, навіть якщо зловмисник нічого не знає ні про відправника, ні про одержувача.

Комп'ютерні віруси, мережеві «черв'яки», програма «троянський кінь», віруси є шкідливі програми, які впроваджуються в інші програми для виконання певної небажаної функції на робочій станції.

Відмова в обслуговуванні (Denial of Service, DoS). Ця атака відрізняється від атак інших типів: вона не націлена на отримання доступу до мережі або на отримання з цієї мережі будь-якої інформації. Атака DoS робить мережу організації недоступною для звичайного використання за рахунок перевищення допустимих меж функціонування мережі, операційної системи або додатки. По суті, вона позбавляє звичайних користувачів доступу до ресурсів або комп'ютерів мережі організації.

Кібератака це масовий злом комп'ютерних мереж, або масове зараження комп'ютерів вірусами. Слово «кібер» в цьому випадку означає «комп'ютерний» або «пов'язаний з Інтернетом».

Всі існуючі методи захисту інформації, залежно від способу реалізації, можливо поділити на дві групи: апаратні (технічні) і програмні. Основна мета використання цих методів - це захист від розголошення, просочування і несанкціонованого доступу до джерел даних. Метою кібербезпеки є захист інформації та інтелектуальної власності від викрадення, корупції, або стихійного лиха, при цьому інформація залишається доступною і можливе її використання авторизованими користувачами.

Апаратні засоби захисту інформації включають до себе різні електронні, механічні, електронно-механічні пристрої, які апаратними (фізичними) засобами вирішують завдання захисту.

До програмних засобів захисту інформації відносяться спеціалізовані програми, які призначені для виконання головних захисних функцій системи. Вони містять програми для

шифрування інформації, ідентифікації користувачів, аутентифікації користувачів, контролю доступу, видалення файлів, що зберігаються у тимчасовій пам'яті, імітаційного моделювання системи захисту та інше. Програмні засоби захисту інформації можуть мати різновиди за функціоналом, які наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Види програмних засобів

Антивірусна програма	Програма для виявлення комп'ютерних вірусів та "лікування" заражених файлів, а також для прогнозування зараження інших файлів шкідливим кодом.
Міжмережеві екрани (брандмауер або firewall)	Між промисловою та глобальною мережами створюються спеціальні сервери, які перевіряють і фільтрують увесь трафік, що проходить крізь них.
Proxy servers	Весь трафік мережевого та транспортного рівнів моделі OSI забороняється повністю - маршрутизація відсутня, а звернення з локальної мережі до глобальної відбуваються через спеціальні "сервери-посередники". При цьому звернення з глобальної мережі до корпоративної стають неможливими.
VPN (Virtual Private Network або віртуальна приватна мережа)	За допомогою цієї технології можливо передавати інформацію через мережі, у яких використовується одне або декілька мережевих з'єднань над іншою мережі.

Програмні методи в порівнянні з апаратними виграють у можливості налаштування і загальній вартості. Однак апаратне рішення у кілька разів продуктивніше і надійніше, але займає великий обсяг у просторі.

Високу популярність на ринку інформаційної безпеки останнім часом набули рішення класу sandbox, які, на відміну від зазначених раніше підходів намагаються виявляти шкідливу активність в оброблюваних файлах за нечіткими критеріями: підозрілому і аномальному поведінці здійснюваного файлу або об'єкта при його роботі у віртуальному середовищі, що емулює кінцеву робочу станцію або сервер компанії. Дане сімейство рішень зараз вкрай широко представлено на ринку як західними, так і іншими виробниками, і воно зарекомендувало себе як найбільш зручний і гарантований спосіб детектування zero-day шкідливого ПО, що дозволяє визначити і навіть блокувати атаки на самій ранній стадії занурення в інфраструктуру.

При всій потужності, що використовуються технології вирішення даного класу не можна вважати панацеєю від будь-якої атаки або шкідливого коду. При прийнятті рішення про придбання sandbox вкрай важливо зіставити можливий збиток від атаки на компанію з сукупною вартістю рішення, яка включає не тільки покупку ліцензій і її впровадження, але і суттєві витрати по її супровод. Робота з системою вимагає дуже високої спеціалізованої експертизи з боку фахівців компанії.

Кожен запропонований методів має свої сильні і слабкі сторони. Одні надають глобальну базу знань про погрози і їх детектуванні і вимагають наявності професійної команди в центрі моніторингу інформаційної безпеки з відточеними процесами аналізу інцидентів, інші - додаткових інвестицій на придбання нових класів рішень інформаційної безпеки і їх супровід, треті - істотного посилення внутрішніх процесів і політик, та й вони просто не завжди застосовні. Як завжди оптимальним підходом є якась комбінація описаних методів. Тому до вибудовування власної стратегії протидії кібератакам має сенс підходити тільки після зваженого визначення критичних для компанії ризиків і оцінки доцільних для їх нівелювання витрат.

Список литературы:

1. Департамент кіберполіції Національної поліції України [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://cyberpolice.gov.ua/>.
2. БАЗОВІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З КІБЕРБЕЗПЕКИ ПРОМИСЛОВИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ДЛЯ ВІДДІЛІВ АСУ ТП. Практичний посібник для керівників та спеціалістів АСУ ТП промислових підприємств. Версія 1.0 від серпня 2017 Технічний комітет 185 “Промислова автоматизація”
3. Анализ угроз сетевой безопасности [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://ypn.ru/138/analysis-of-threats-to-network-security/>.

Савочкіна А.Ю., студентка (anastasiia.savochkina@nure.ua)

Харківський національний університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕСТУВАННЯ

Найчастіше сучасні програмні продукти виконуються в стислі терміни і при обмежених бюджетах проєктів. Розробка займає важливе місце в створенні програмних продуктів, але, на жаль, розробники часто ігнорують необхідність забезпечення інформаційної безпеки і захищеність своїх продуктів, піддаючи користувачів своїх продуктів ризику. Контроль якості є дуже важливим етапом у створенні продуктів, який допомагає створювати безпечні, надійні і зручні програмні продукти.

З розширенням ринку програмного забезпечення тестування набуло підвищену важливість з огляду на безліч об'єктивних і суб'єктивних причин, серед яких особливо можна виділити:

- 1) Бізнес-причини. Набагато простіше конкурувати на ринку ПО тієї фірми, яка розробляє більш якісне ПЗ.
- 2) Уподобання користувачів. Від якості ПО залежать такі важливі для користувача фактори як безпеку особистих даних, грошових операцій та інших важливих даних.

- 3) Об'єктивні дані. Є області, в яких від якості ПО залежить життя людей.

Незважаючи на те, що роль тестування на перший погляд може здатися не такою вже значною, що особливо характерно для людей погано знайомих з життєвим циклом ПЗ, процес тестування програмного забезпечення є настільки ж невід'ємну частину розробки, як і проєктування.

Якщо методологія розробки програмного забезпечення не застосовувалася, роль процесу тестування для забезпечення якості продукту важко переоцінити. Роль тестування ще більше зростає із застосуванням прогресивної ітеративної і інкрементальної методології розробки ПО. Специфіка даної методології полягає в малій тривалості окремих етапів розробки - ітерацій. У той же час кожна ітерація включає в себе всі етапи життєвого циклу, аж до впровадження розроблюваного ПЗ і отримання реакції користувачів. Очевидно, що такий підхід, по-перше, вимагає від тестової інфраструктури виявляти значну кількість дефектів програми, на якомога більш ранніх стадіях, по-друге, фаза впровадження програмного продукту на кожній ітерації вимагає від тестової підсистеми виявити таку кількість помилок, щоб продукт міг вступити до кінцевого користувача. Все це все більш і більш підвищує вимоги до якості тестів і максимально завантажує тестову інфраструктуру.

Тестування є складовою частиною процесу налагодження ПЗ, після виявлення помилок дефекти в програмному коді повинні бути усунені розробниками. Завданнями сучасного тестування є не тільки виявлення помилок в програмах, а й виявлення причин їх виникнення. Такий підхід дозволяє розробникам функціонувати максимально ефективно, швидко усуваючи виникаючі помилки. Розуміння важливості процесу тестування призводить до виникнення тенденцій, спрямованих на застосування технічних прийомів перевірки якості програмного забезпечення. Найбільш важливим напрямком тут є впровадження різних систем автоматизованого тестування. Основна роль в здійсненні якісного процесу тестування належить способам організації взаємодії всіх учасників розробки і вибору правильної методології.

Автоматизація у цілому не тільки економить час на розробку, що є актуальною проблемою, але і покращує надійність і безпеку створюваних продуктів. На даний час на ринку є великий попит на інженерів з якості, тому що надійність перевірки продуктів

збільшується, час на тестування скорочується, робота тестувальника становиться менш стресовою. Звісно, автоматичні тести ніколи не зможуть замінити людину, але зможуть полегшити та удосконалити роботу інженера з якості програмного забезпечення.

Більшість програмних продуктів, що випускаються сьогодні, є веб-орієнтованими програмами, розрахованими на роботу в інтернет-браузері. Ефективність тестування подібних додатків відрізняється в різних компаніях і організаціях. В епоху високої інтерактивності і взаємодії в процесі розробки програм, коли багато організацій використовують методологію Agile в тій чи іншій формі, автоматизація тестування часто стає необхідністю. Під автоматизацією тестування мається на увазі використання інструментів для того, щоб багаторазово виконувати повторювані тести для тестової програми.

Автоматизоване тестування забезпечує переваги, які можуть підвищити ефективність роботи відділу тестування в довгостроковій перспективі. Автоматизоване тестування дозволяє:

1. Перевірка даних, що вимагають точних математичних розрахунків.
2. Перевірка правильності пошуку даних.
3. Швидко надавати розробникам звіт про стан продукту.
4. Отримати потенційно нескінченне число прогонів тестів.
5. Забезпечити підтримку Agile і екстремальних методів розробки.
6. Зберігати сувору документацію тестів.
7. Виявити помилки, які були пропущені на стадії ручного тестування.
8. Перевірити важкодоступні місця в системі (бекенд процеси, логирование файлів, запис в БД).
9. Перевірити часто використовувану функціональність, ризики від помилок в якій досить високі. Автоматизувавши перевірку критичної функціональності, можна гарантувати швидке знаходження помилок, а значить і швидке їх вирішення;
10. Автоматизувати рутинні операції, такі як перебори даних (форми з великою кількістю введених полів. Автоматизувати заповнення полів різними даними і їх перевірку після збереження).
11. Перевірка валідаційних повідомлень.
12. Перевірка довгих end-to-end сценаріїв.

Автоматизація у цілому не тільки економить час на розробку, що є актуальною проблемою, але і покращує надійність і безпеку створюваних продуктів. На даний час на ринку є великий попит на інженерів з якості, тому що надійність перевірки продуктів збільшується, час на тестування скорочується, робота тестувальника становиться менш стресовою. Звісно, автоматичні тести ніколи не зможуть замінити людину, але зможуть полегшити та удосконалити роботу інженера з якості програмного забезпечення.

Автоматизоване тестування має безліч переваг, пов'язаних головним чином з високою швидкістю виконання тестів і можливістю виконувати однотипні тести знову і знову. Існує велика кількість як комерційних, так і безкоштовних інструментів, які допомагають в розробці автоматизованих тестів. Selenium, ймовірно, є найбільш поширеним серед інструментів з відкритим кодом [1].

Selenium - це комплект з декількох інструментів, кожен з яких передбачає свій власний підхід до автоматизації тестування. У сукупності набір інструментів Selenium надає багатий набір можливостей, спеціально зібраних разом для тестування всіх типів веб-додатків. Selenium надає кілька варіантів для ідентифікації елементів інтерфейсу, порівняння очікуваного і спостережуваного поведінки тестованої програми. Однією з ключових особливостей Selenium є можливість запуску одних і тих же тестів в різних браузерах [2].

Selenium складається з декількох інструментів, кожен з яких має своє призначення.

1) Selenium 2 (або Selenium Webdriver). Selenium 2 - останнє поповнення в пакеті інструментів Selenium і є основним вектором розвитку проекту. Це абсолютно новий інструмент автоматизації, який забезпечує відмінний набір можливостей для керування

браузером, має більш цілісний і об'єктно-орієнтований програмний інтерфейс (API), а також не має обмежень, властивих більш ранніх версій.

Розробники WebDriver і Selenium прийшли до висновку, що кожен продукт має свої достоїнства, і злиття двох проєктів дозволить отримати набагато більш надійний інструмент автоматизації. Результатом цього злиття став Selenium 2. Цей інструмент надає для використання WebDriver API, а в якості ядра може використовуватися як новіша власна реалізація WebDriver, так і реалізація, яка лежала в основі Selenium 1. Крім того, в Selenium 2 вбудований інтерфейс Selenium RC для забезпечення зворотної сумісності. Це, зокрема, дозволяє без особливих зусиль мігрувати існуючі тести на нову версію [1].

2) Selenium 1 (або Selenium Remote Control). Протягом тривалого часу Selenium RC був основним напрямком розвитку проєкту, поки в результаті злиття WebDriver і Selenium не з'явилося Selenium 2, новіший і потужний інструмент.

Selenium 1 все ще активно підтримується (в основному в режимі супроводу), тому що він надає деякі можливості, які все ще недоступні в Selenium 2, включаючи підтримку деяких мов програмування (наприклад, Perl) і підтримку всіляких браузерів [3].

3) Selenium IDE. Selenium IDE (Integrated Development Environment, вбудована середовище розробки) - інструмент для розробки і створення прототипів тестових сценаріїв. Це плагін для браузера Firefox, з простим і зручним інтерфейсом для створення автоматизованих тестів. У Selenium IDE вбудована функція запису, яка дозволяє записувати дії, що здійснюються користувачем, і потім зберігати їх у вигляді коду на одній з мов програмування, підтримуваних Selenium [1].

4) Selenium Grid. Selenium Grid дозволяє масштабувати великі тестові набори, а також запускати тести, які необхідно виконати в декількох середовищах. Selenium Grid дозволяє запускати тести паралельно, тобто різні тести можуть бути запуснені в один і той же час на декількох віддалених машинах. Це обіцяє дві переваги. По-перше, якщо у вас дуже багато тестів або час виконання ваших тестів занадто велике, ви можете значно збільшити продуктивність за допомогою Selenium Grid, розділивши тести на кілька потоків і запускаючи їх одночасно на декількох серверах. По-друге, якщо тести необхідно запускати в різних середовищах, ви можете налаштувати віддалені сервера відповідним чином і запустити одні і ті ж тести відразу в декількох різних середовищах. В обох випадках використання паралельних процесів в Selenium Grid дозволяє значно прискорити тестування [4].

Більшість людей починає з Selenium IDE. За допомогою IDE ви можете дуже швидко, часом лише за кілька секунд, створювати прості тести. Однак не рекомендується будувати всю автоматизацію тестування на базі Selenium IDE. Для найбільш ефективного використання Selenium, вам необхідно створювати і запускати тести за допомогою Selenium 2 або Selenium 1 в поєднанні з одним з підтримуваних мов програмування. Вибір мови - на ваш розсуд.

Перелік посилань:

1. Що таке Selenium? [Електронний ресурс]: Selenium – автоматизація веб-додатків. – Режим доступу: <https://selenium2.ru/>. – Назва з екрана.
2. Satya Avsarala. Selenium WebDriver Practical Guide: Interactively Automate Web Applications Using Selenium WebDriver. - Packt Publishing, 2014, - 246 p.
3. Selenium WebDriver [Електронний ресурс]: Selenium WebDriver. – Режим доступу: <https://www.seleniumhq.org/projects/webdriver/>. – Назва з екрана.
4. Selenium-Grid [Електронний ресурс]: Selenium-Grid — Selenium Documentation. – Режим доступу: https://www.seleniumhq.org/docs/07_selenium_grid.jsp. – Назва з екрана.

Скляренко М.В асистент кафедри АТ(sklyarenkomm@yandex.ua)

Воропаєва В.Я к.т.н., доц. кафедри АТ(viktoriya.voropayeva@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ERP – СИСТЕМ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ

Ефективність автоматизації вугледобувних підприємств полягає в підвищенні безпеки праці, скороченні чисельності робітників, особливо в найбільш небезпечних зонах, підвищенні ефективності роботи, зниженні простоїв і негативного впливу людського фактора, ефективного аналізу витрат, планування, збуту та управління персоналом.

Реалізація будь-якого з аспектів автоматизації на виробництві, а також в сфері звітності та менеджменту вимагає великої обчислювальної потужності і дискового простору. Раніше такі системи будувалися локально в інфраструктурі підприємства і обслуговувалися зусиллями співробітників ІТ-відділу. До того ж, ці системи виявилися досить дорогими при впровадженні, обслуговуванні, а також вимагали відчутних зусиль по кастомізації під вимоги і завдання системи. Співробітники віддалених складів і цехів компанії як і раніше не могли в режимі реального часу спостерігати за процесами на виробництві та мати можливість працювати не в рамках інфраструктури підприємства.

Розглянемо існуючу реалізацію систем автоматизації на вугледобувному підприємстві (на прикладі ПАТ Ш/У «Покровське»). Такі системи будуються за багаторівневим ієрархічним принципом і включають в себе на нижньому рівні системи автоматизації технологічних процесів (АСУ ТП основних і допоміжних ділянок), на середньому рівні пульт диспетчера, на вищому рівні ERP-систему. Важливу роль відіграє інформація з серверів відеоспостереження, доступ до якої реалізується в режимі реального часу.

Дана система будується на базі корпоративної телекомунікаційної мережі (рисунок 1) і включає в себе крім комутаційного обладнання велику кількість серверів: файлові сервери, поштові сервери, домен контролери, відео сервери і т.д., які вимагають значного дискового простору та обчислювальної потужності. Всі дані з систем АСУ ТП, ERP і відео спостереження зберігаються на локальних серверах і доступ до цих даних мають користувачі тільки всередині групи.

Передача даних здійснюється по протоколу TCP/IP. Локальна мережа працює за технологією 100 Mbit/sEthernet. Зовнішній канал вибирається в межах 10-15Мбіт/с. Основний трафік рухається всередині підприємства в рамках локальної мережі.

Таким чином, дана реалізація має такі недоліки:

- Істотні фінансові витрати на закупівлю серверів, обладнання та програмного забезпечення
- Складне налаштування серверів
- Великі вимоги до персоналу ІТ-відділу для обслуговування інфраструктури
- Відсутність гнучкої масштабованості ІТ-інфраструктури
- Обмежений доступ до даних для територіально віддалених підрозділів і користувачів, що знаходяться не всередині мережі. [1]

Для вирішення цих проблем найбільш перспективною концепцією реалізації подібних систем на вугледобувних підприємствах є реалізація хмарних ERP систем і хмарних сховищ даних. Хмарні ERP – це рішення для управління ресурсами підприємства, процесинг даних в яких здійснюється на стороні сервіс-провайдера, а користувачам надається віддалений доступ до інтерфейсу системи і роботі з нею. Замість того, щоб

розміщувати систему на власних незалежних серверах, компанія орендує доступ до системи у провайдера і має постійний доступ до неї через інтернет [2].



Рисунок 1 – Локальна структура систем автоматизації підприємства.

Хмарні сервіси надають доступ в реальному часі до даних і додатків підприємства, завдяки чому кожна структура підприємства може оперативно реагувати на зміни в бізнесі. Крім того, хмарні сховища мають можливість надавати доступ до записів відеокamer і можливість перегляду відео з камери в режимі реального часу з будь-якої точки світу.

Пропонується наступна реалізація таких систем з впровадженням хмарних сервісів (рис. 2). Оптимальним варіантом реалізації подібного рішення є винесення в хмару ERP систем і даних з камер відеоспостереження. Дані АСУ ТП в хмару виносити неефективно, а більш зручно винести в хмару через структуру ERP позмінні звіти та зведені дані, що істотно заощадить на пропускній здатності каналу зв'язку з хмарою. ERP - системи виносяться в хмару повністю, щоб мати доступ до інформації з будь-якого територіально віддаленого підрозділу з високою частотою актуалізації даних.

Дані відеоспостереження мають мультимедійний характер, що означає великі вимоги до пропускної здатності каналу. Для більш економічної реалізації зберігання мультимедіа в хмарі виберемо реалізацію зберігання мультимедіа у високій роздільній здатності і в високій якості на локальному сервері (Відеосервері), а в хмарі реалізувати можливість перегляду мультимедіа в режимі реального часу, але в стислому вигляді, що звичайно ж відбитися на якості зображення, але позитивно вплине на розмір самого мультимедіа, істотно скоротивши вимоги до високої пропускної здатності каналу.

Таким чином, система має:

- Еластичність: швидке збільшення або зменшення обсягу використовуваних послуг відповідно до потреб.
- Економічність: оплата буде відбуватися тільки за те, що надано в користування, знижуючи до мінімуму витрати на обладнання і на обслуговуючий персонал.
- Доступність: до систем хмари можна звертатися цілодобово, з будь-якого місця і з будь-якого пристрою.

- Простота: ІТ-служби будуть звільнені від обов'язків підтримки серверів і оновлення програм.

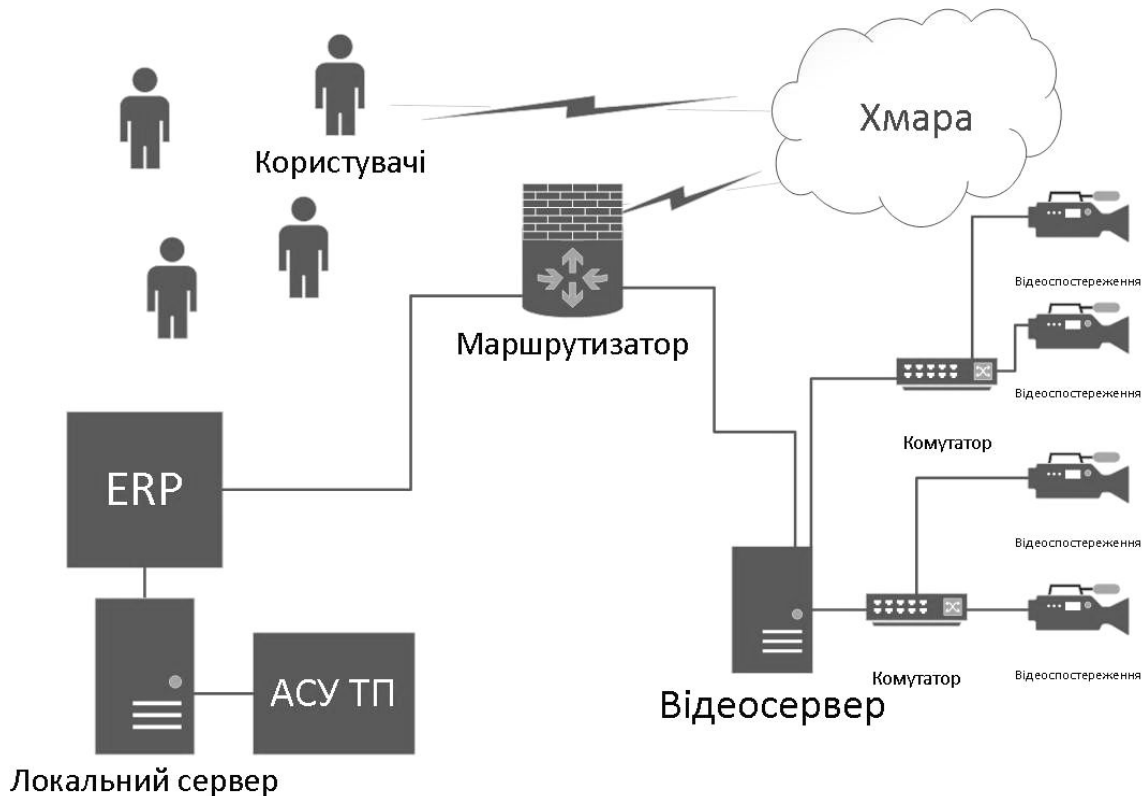


Рисунок 2 – Система автоматизації підприємства з використанням хмарних сервісів.

Безпечне зберігання та пересилання даних є одним з основних питань при роботі з «хмарою», особливо що стосується конфіденційних і приватних даних. Одне з найбільш популярних помилок полягає в тому, що безпека даних усередині підприємства забезпечена надійніше, ніж в «хмарі» проте професійні провайдери, надають хмарні послуги приділяють більше уваги безпеці, продуктивності і контролю, ніж, часто істотно обмежені в можливостях, ІТ-відділи підприємств. Тому користуючись хмарними сервісами серйозного провайдера підприємство, як правило, отримує більш високий рівень захисту для своєї мережі, ніж в своїй локальній інфраструктурі (за значно менші гроші). [3]

Таким чином, можемо зробити висновок, що використання хмари для ERP-систем вугільних підприємств найбільш безпечне, економічне і ефективне рішення, що дозволяє підприємству оперативно реагувати на потреби в обчислювальній потужності і при цьому ефективно розподіляти грошові ресурси на обслуговування систем.

Список джерел

1. Воропаєва В.Я., Шапо В.Ф. Аналіз вимог до серверної підсистемі при побудові інформаційних систем підприємства // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. Випуск 17 (148). - Донецьк-2009. - 215 с., С. 14-21.
2. Хмарні ERP - системи // TADVISER .2014. [<http://www.tadviser.ru/index.php/> Стаття: Хмарні _ERP-системи]
3. Що найбільше загрожує вашій компанії? // Український журнал економіст. 2013. [Http: // ua - economist. com / 3296- chto - bolshe - vsego - ugrozhaet - vashey - kompanii. html]

Жуковська Д.О., аспірант (daria.zhukovska@donntu.edu.ua)

Несвітаєв А.А., магістрант (mr.icejune@gmail.com)

Воропаєва В.Я., к.т.н., доц. (viktoriya.voropayeva@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ СУПУТНИКОВОГО КАНАЛУ В ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ

Актуальність питання. Існуючі технічні рішення з розподілу радіоресурсу гетерогенних супутникових систем зв'язку (ГССЗ) мають статичний характер і не враховують флуктуації трафіку різних пріоритетів, що пов'язані з його фрактальними характеристиками. Вирішення зазначеної проблеми вимагає побудови особливого класу моделей, які здатні враховувати самоподібні властивості трафіку, особливо різноманітність його окремих типів і на основі цього виконувати динамічний перерозподіл пропускної здатності супутникових каналів зв'язку [1]. Сучасним і перспективним засобом вирішення цієї задачі є використання штучних нейронних мереж.

Постановка задачі. Мета роботи полягає в розробці моделі нейронної мережі, що дозволяє ефективно розподілити пропускну здатність супутникового каналу на основі прогнозування в реальному масштабі часу значень обсягів трафіку по класах сервісу. Для досягнення мети поставлені та вирішені наступні задачі:

- дослідити особливості планування ресурсу супутникового каналу ГСЗ;
- визначити параметри QoS для різних типів трафіку, що передається по супутниковому каналу;
- розробити та реалізувати модель нейронної мережі для прогнозування трафіку;
- провести ряд експериментів та виконати аналіз отриманих результатів.

Основний матеріал та результати досліджень.

На сьогоднішній день доступність супутникового каналу прийнято оцінювати в 99%. Це означає, що в цілому канал може не функціонувати не більше 3,66 доби за рік. В залежності від виду супутника, що використовується, затримка варіюється від 250 мс до 400 мс для середньовисотних супутників та до 600 мс для геостаціонарних. Загальні втрати становлять – 4,43%.

Для дослідження особливостей планування ресурсів та передачі трафіку по супутниковому каналу в роботі використовується структурна схема, що представлена на рис.1.

Мережа складається з центральної станції (ЦС), яка встановлюється на головному вузлі провайдера, а також мережі абонентських станцій (АС), які встановлюються безпосередньо в точках надання послуг. Взаємодія ЦС з мережею АС здійснюється через геостаціонарний супутник зв'язку. ЦС взаємодіє з усіма АС мережі і маршрутизує відповідний трафік за напрямками. До ЦС можуть бути підключені різні цифрові мережі, при цьому забезпечується відповідна пріоритизація і QoS переданої інформації.

Для побудови абонентських станцій застосовується віртуальний сегмент локальної мережі, що ізолює доступ абонентів один від одного, а також служить для зниження трафіку в мережі. На мережах широкосмугового доступу існує два способи застосування VLAN - сервісний VLAN (S-VLAN) – окрема VLAN для кожної з послуг (доступ в Інтернет, VoIP, IPTV і т.д.) і клієнтський VLAN (C-VLAN), який використовується для доставки множини сервісів окремому користувачу. Але при використанні класичних моделей VLAN ускладнюється реалізація механізму динамічного контролю доступної смуги пропускання

при активації послуг, зростає обчислювальне навантаження на пристрій, виникають проблеми поширення трафіку групової розсилки.

Авторами в роботі [2] досліджено, що існуючі в кожній зі схем проблеми можуть отримувати рішення за рахунок використання гібридної схеми VLAN (Multicast-VLAN), де для Unicast трафіку використовується C-VLAN, а для передачі широкомовного трафіку використовується виділений S-VLAN. Використання такої схеми забезпечує високий рівень якості обслуговування мережі (імовірність помилково прийнятої інформації зменшилась до 5%, максимальна затримка 0,0065 с) і виконує більш суворі вимоги, що пред'являються при передачі різних видів трафіку.

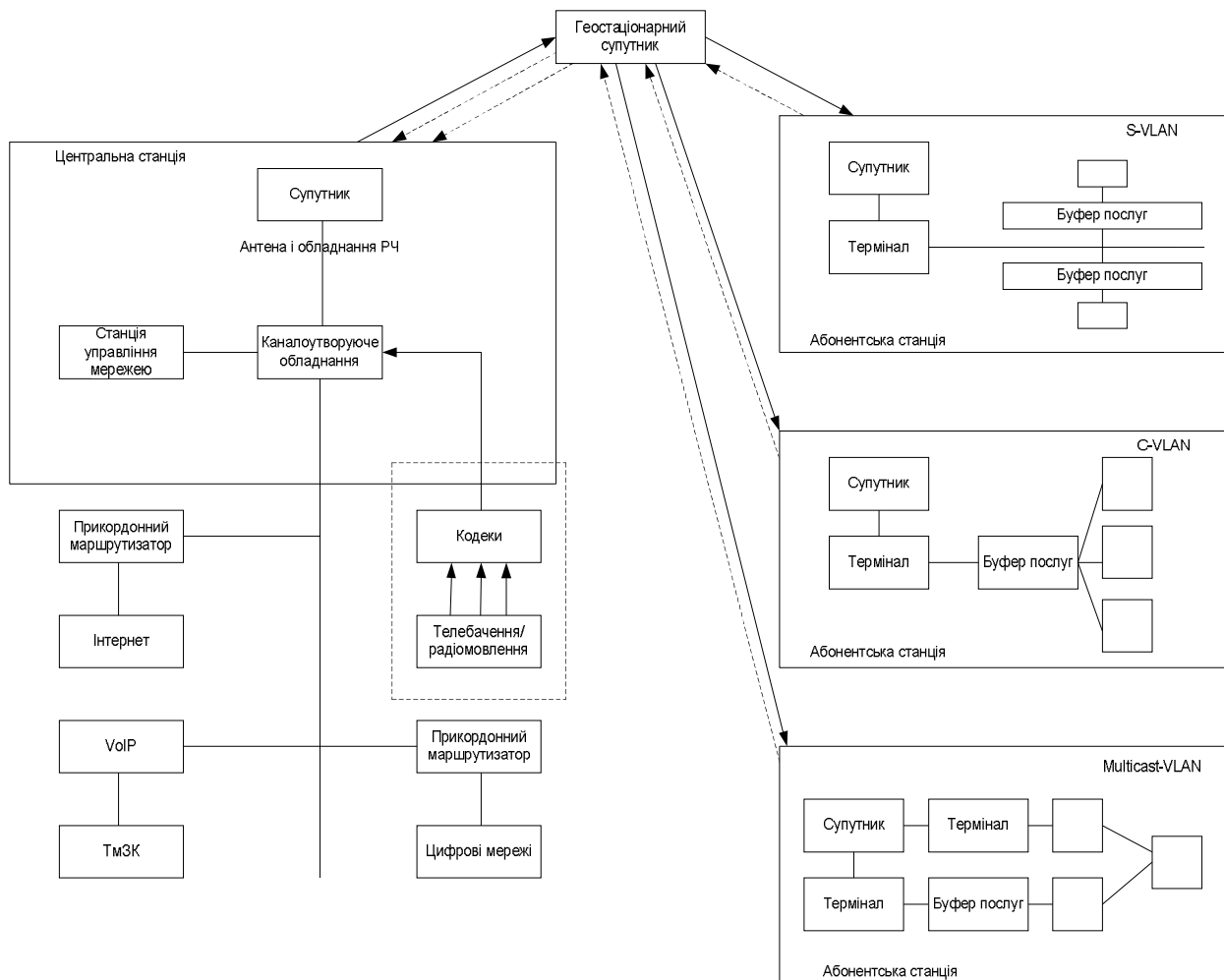


Рисунок 1 – Структурна схема ГССЗ

Крім того, важливою задачею є формування прямого каналу від центральної станції та зворотних каналів від периферійних станцій. При формуванні прямого каналу для забезпечення багатостанційного доступу використовується метод тимчасового мультиплексування TDM, що дозволяє забезпечити динамічний розподіл ресурсу між різними послугами, якщо, наприклад, мовлення ТБ програм здійснюється не постійно (дистанційна освіта, нічні канали та ін.). При формуванні зворотних каналів використовуються наступні способи доступу до частотного ресурсу: зворотний канал TDMA з фіксованим режимом (забезпечується жорстке закріплення таймслоту за терміналом, чим досягається гарантована швидкість передачі) та динамічним (дозволяє більш успішно передавати IP-трафік, враховуючи його природу); зворотний канал BM-FDMA - множинний доступ з частотним поділом в імпульсному режимі.

Взаємодія терміналів між собою здійснюється через єдиний супутниковий ресурс мережі з множинним доступом на вимогу, розділеним в часі і по частоті. Система управління

управляє черговістю включення терміналів. Управління розподілом ресурсу в мережі, управління пріоритетами і QoS здійснює ЦС. Отже, саме на ділянці ЦС-супутник і буде вирішуватись задача ефективного розподілу ресурсу, а саме, пропускну здатності.

Сучасні наукові дослідження передачі трафіку різного типу та надання послуг, неодноразово доводять, що процеси, що відбуваються в мережі, володіють нестійкою структурою - поява самоподібних властивостей та затримок, які не відповідають вимогам якості обслуговування. З метою дослідження статистичних характеристик мультимедійних потоків ГССЗ, в тому числі ступеня їх самоподібності, в роботі проведено моделювання трьох типів трафіку: трафік Internet (передача даних), трафік, що формується переглядом відео-файлу в режимі реального часу та голосовий трафік. Використання законів розподілу тривалості повідомлень і часу їх надходження на передачу дозволяє оцінити якість обслуговування трафіку мережі. Аналізуючи потоки трафіку, що надходять можна вирішити задачу прогнозування. Проаналізувавши наукові дослідження в даній області [3], було обрано наступні закони розподілу для різних типів трафіку, які представлені у таблиці 1

Таблиця 1 – Закони розподілу часу між надходженням заявок для різних типів трафіку та відповідні параметри

Тип трафіку	Закон розподілу	Параметри
Internet-трафік	Парето	$\alpha = 0,316, \beta = 3,026 * 10^{-4}$ Пріоритет 3
VoIP	Логнормальний	$\sigma = 2,489, \mu = -10,652, \gamma = 3,408 * 10^{-6}$ Пріоритет 1
Голосовий трафік	Вейбула	$\alpha = 0,787, \beta = 6,432 * 10^{-5}$ Пріоритет 2

При моделюванні трафіку було взято до уваги, що при передачі по гетерогенній системі супутникового зв'язку необхідно також врахувати значення затримки, яку вносить лінія зв'язку. Природна затримка супутникових мереж становить близько 250 мс на передачу сигналу, а отже її треба додати до часу між надходженням для кожної заявки певного типу.

Для того, щоб підвищити показники якості обслуговування та ефективно розподілити пропускну здатність супутникового каналу була поставлена задача прогнозування надходження трафіку в ГССЗ, щоб ЦС динамічно могла розподілити пропускну здатність каналу в будь-який момент часу

При вирішенні задач управління, класифікації, прогнозування в телекомунікаційних мережах часто використовують нейронні мережі. Такий успіх визначається рядом причин: нейромережі – це найпотужніший метод імітації явищ і процесів, який дозволяє показувати складні залежності навіть при великій кількості змінних; використовують механізм навчання – користувач нейронної системи підбирає представницькі дані і запускає навчальний алгоритм, який сам налаштовує параметри мережі без участі користувача.

Все частіше при прогнозуванні та управлінні трафіком використовується багатошаровий перцептрон як різновид нейронної мережі прямого поширення. Найважливішою властивістю нейронних мереж, що використовують багатошаровий перцептрон, є їх здатність навчатися на основі даних навколишнього середовища і в результаті навчання підвищувати свою продуктивність. Навчання нейронної мережі відбувається за допомогою інтерактивного процесу коригування синаптичних значень і порогів на кожній ітерації процесу навчання [4].

Для реалізації розробленої структурної схеми та виконання ряду поставлених експериментів найбільш ефективною є модель на нейронних мережах, реалізована в пакеті MatLab. Neural Network Toolbox в пакеті MatLab забезпечує всебічну підтримку проектування, навчання та моделювання множини відомих мережних парадигм, від базових моделей перцептрону до найсучасніших асоціативних і самоорганізованих мереж.

При створенні нейромережі в пакеті MatLab підключається навчальна вибірка даних, створюється нейронна мережа згідно із розробленою структурною схемою. Процес навчання нейронної мережі передбачає наступну послідовність подій:

1. У нейронну мережу надходять дані із зовнішнього середовища: вхідні дані – момент надходження заявки певного пріоритету, а вихідні – кількість заявок певного пріоритету.
2. В результаті першого пункту змінюються вільні параметри нейронної мережі.
3. Після зміни внутрішньої структури нейронна мережа відповідає на збудження вже іншим чином.

Під час навчання нейронної мережі використовувалась сигмоїдальна функція активації нейронів, а для оптимізації параметрів моделі було обрано алгоритм Левенберга-Маркварда зі зворотнім розповсюдженням помилки. Результати моделювання розробленої нейронної мережі для прогнозування насупні: похибки перевірного (validation) та тестового (test) наборів вихідних даних мають аналогічну динаміку, а також не спостерігається їх збільшення зі зростанням кількості ітерацій навчання; найкращий результат спостерігався на 314 ітерації; відносне значення похибки симуляційного прогнозування вимірювальної інформації не перевищило $\pm 0,5\%$.

Результат проведення навчання нейронної мережі та тестування дозволили отримати прогнозні значення кількості заявок певного типу трафіку, що представлені на рис.2.

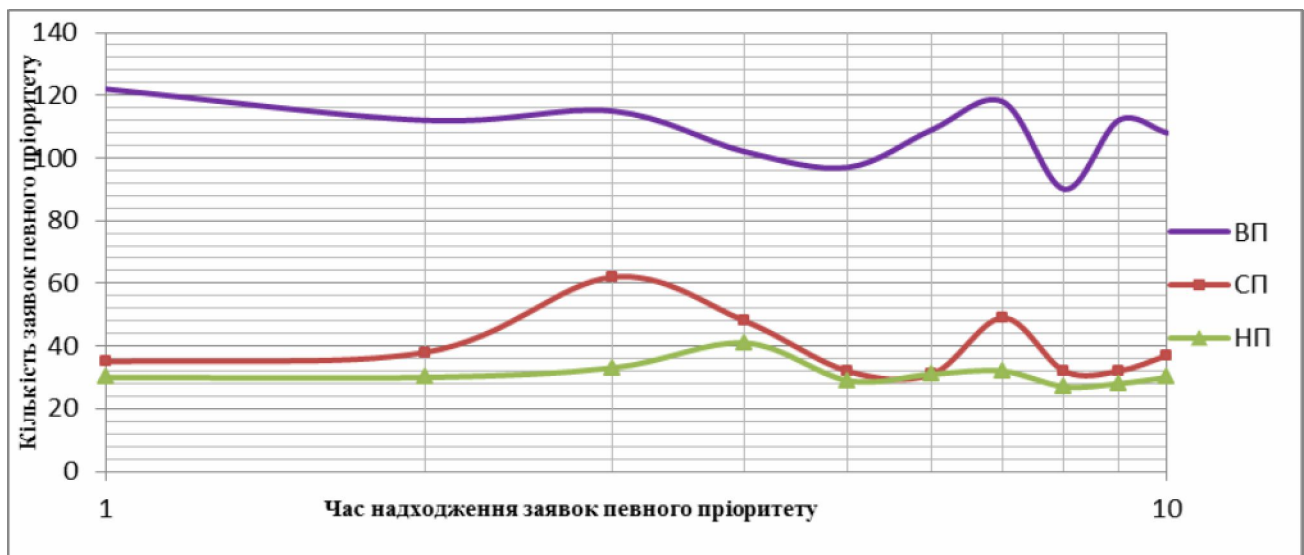


Рисунок 2 – Результати прогнозної кількості заявок певного пріоритету

Отримані результати показують, що прогнозування телекомунікаційного трафіку за допомогою нейромереж дозволяє визначати періоди істотної зміни часткового співвідношення трафіків різних типів і на основі цього виконувати динамічний перерозподіл пропускної здатності супутникових каналів зв'язку.

Висновки та напрямки подальших досліджень.

1. Досліджено особливості планування ресурсів та передачі трафіку по супутниковому каналу в ГССЗ.
2. Розроблено модель оцінки та прогнозування кількості заявок певного пріоритету за допомогою нейронної мережі, що використовує багатоваріантний перцептрон. У результаті моделювання розробленої нейронної мережі встановлено, що відносне значення с.к.в. похибки симуляційного прогнозування не перевищує $\pm 0,5\%$, це свідчить про її задовільний рівень адекватності.
3. Результати моделювання показали, що з урахуванням прогнозування кількості заявок різного пріоритету та динамічним перерозподілом пропускної здатності, сумарна затримка заявок з високим і низьким пріоритетом зменшилась на 7% та з середнім – на 2% від загального значення.

Перелік посилань:

1. Новиков Е.А., Зиннуров С.Х. Модель гибкого обслуживания трафика сложной структуры и алгоритм оперативного резервирования дополнительных каналов в земных станциях спутниковой связи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sccs.intelgr.com/archive/2017-01/07-Novikov.pdf> – Дата доступа: травень 2018. – Назва з титул. екрана.
2. Воропаева, В.Я. Исследование характеристик моделей клиентского трафика / В.Я. Воропаева, Д.А. Жуковская, Е.С. Честа // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. – 2016. – №1(29). – С. 106–115.
3. Киреева Н.В., Чупахина Л.Р Частный случай исследования параметров трафика сети для определения законов распределения времени передачи пакетов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://applied-research.ru/ru/article/view?id=6794> pdf – Дата доступа: травень 2018. – Назва з титул. екрана.
4. Руккас К.М., Соляник Ю.В., Овчинников К.А., Олуватосин О.Д. Сравнительный анализ методов прогнозирования трафика в телекоммуникационных системах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://pt.journal.kh.ua/2014/1/1/141_rukkas_analysis.pdf – Дата доступа: травень 2018.

Сметанін В.С., студент (valentyn.smetanin@nure.ua)

Свид І.В., к.т.н., доц. (iryna.svyd@nure.ua)

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна

РОЗРОБКА ДОДАТКІВ ПІД МОБІЛЬНІ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ЗБОРУ АНАЛІТИЧНИХ ДАНИХ

Важливу роль для розвитку будь-якої сфери людської діяльності відіграють достовірні та актуальні аналітичні данні. А основі такої інформації проводяться аналітичні дослідження, прогнозування, удосконалення досліджуємої галузі. Більш глибока і просунута аналітика може значно поліпшити розробку нових продуктів та вибір управлінських рішень - це один з постулатів Industry 4.0.

На сьогодні смартфон є невід'ємною частиною суспільного життя, що дозволяє за допомогою користувача пристрою і відповідного мобільного додатку зібрати велику кількість даних в тій чи іншій області.

При розробці мобільних додатків постає актуальна задача: створення додатків, здатних працювати на всіх мобільних пристроях. Непросто прийняти рішення про вибір відповідного інструментарію через зростаючу кількість платформ та інструментальних середовищ.

За матеріалами StatCounter Android – найкраща операційна система за темпами збільшення числа своїх користувачів. Ще рік тому Android займала близько 30% ринку, а тепер вже більше 40%. Тобто зростання не припиняється і навіть не сповільнюється [1].

Для мобільної платформи Android розроблено додаток Мігрень Monitor, який призначено для моніторингу головного болю. Цей додаток з'єднує пацієнта з його лікарем в режимі online, має зручний інтерфейс і розширені звіти. Це інтуїтивний інструмент для відстеження головних болів, їх тяжкості, тривалості та причини появи. Розробка додатку проводилася на основі рекомендацій та статистичних даних лікарів [2, 3].

Мігрень Monitor дозволяє отримати доступ до підтримки лікаря і анонімної спільноти інших людей, які страждають від головного болю, з якими ви можете взаємодіяти. Можливість ділитися звітами з сім'єю, друзями або лікарем. Можливість отримувати щоденну інформацію, яка допомагає відслідковувати головний біль.

Особливості розроблено додатку:

- інтуїтивне заповнення симптомів і головних болів (тривалість, ступінь головного болю, загальний стан);
- відстеження прийнятих медикаментів;
- відстеження причин появи головного болю;
- комунікація з лікарем;
- анонімна соціальна мережа з іншими пацієнтами;
- можливість ділитися повідомленнями про приступи мігрені, отримувати звіти про прийняті медикаментами, про частоту приступів та їх тривалість та інше.

Перелік посилань:

1. StatCounter. Operating System Market Share Worldwide. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://gs.statcounter.com/os-market-share> . – Дата доступу: 15.05.2018.
2. Інформаційний сайт про головні болі. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://golovabolit.info/> . – Дата доступу: 15.05.2018.
3. Медицина неотложных состояний. Избранные лекции / Под ред. Д.м.н. проф. В.В. Никонова; к.м.н. доц. А.Э. Феськова; доц. Б.С. Федака. – Т.2. – Донецк: ИД «Заславский», 2007. – 408 с.

Плаксюк Б.О., магістрант (bogdan.plaksyuk@gmail.com)

Воропаєва А.О., к.т.н., доц. (anna.voropaieva@donntu.edu.ua)

Ступак Г.В., ст.викл (glib.stupak@donntu.edu.ua)

Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ DMVPN НА ПАРАМЕТРИ QOS

На сьогоднішній день технологія DMVPN все частіше застосовується в корпоративних територіально розподілених мережах, і на деяких ділянках мереж вона приходить на заміну VPN. Інтенсивне впровадження даної технології носить позитивний характер, але досі не досліджений вплив на параметри якості обслуговування при переході на інший принцип побудови віртуальних мереж. Для визначення саме цих параметрів необхідно провести імітаційне моделювання роботи мережі. В якості такої виступатиме сегмент мережі компанії «ОЛДІ», яка поєднує розподілені сегменти. Необхідно розробити дві моделі – модель на базі VPN та модель мережі з DMVPN. Метою моделювання є визначення деяких показників якості, а саме – надійність доставки та затримка.

Виходячи з поставленої мети в якості програмного пакету можливо використання пакету Cisco Packet Tracer. Використання саме цього продукту зумовлено наступними факторами, а саме – програмне забезпечення є безкоштовним для використання в рамках учбового процесу та забезпечує повноцінне налаштування активного устаткування. На рисунку 1а та 1б відповідно наведені моделі мережі з VPN з DMVPN.

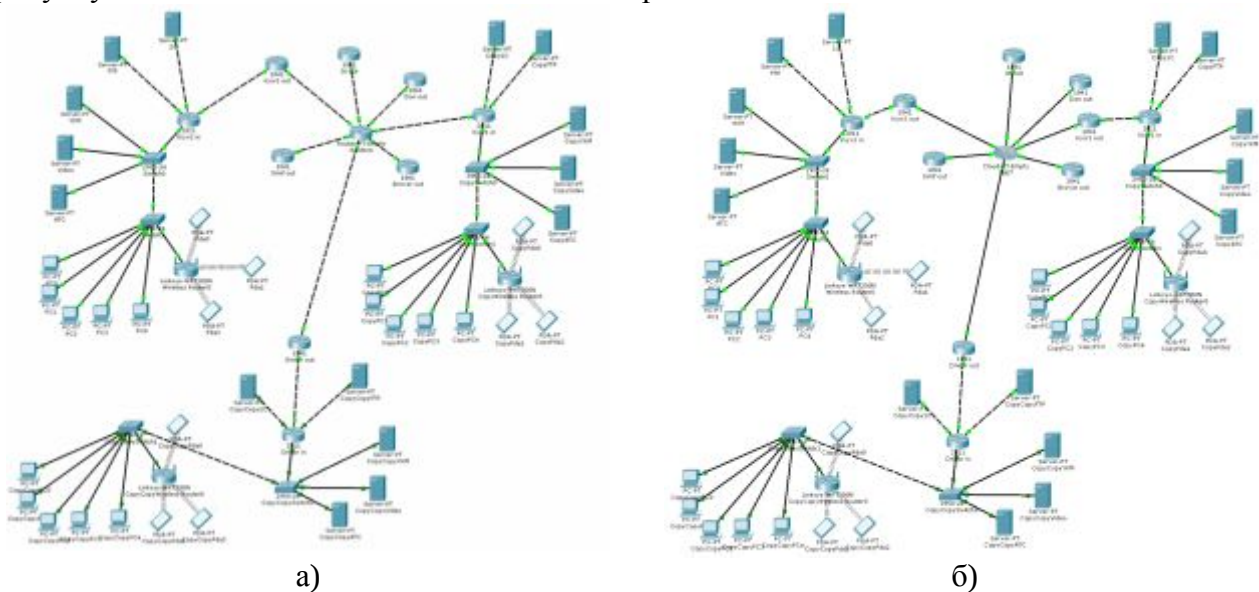


Рисунок 1 – Імітаційні моделі

Перший критерій який буде досліджений – надійність доставки. На моделі (рисунок 1а) за надійність обміну між торговельними підрозділами відповідає центральний маршрутизатор «Київ1», який виконує функції VPN сервера. В випадку виходу з ладу цього пристрою, можливість обміну між філіями неможлива, що є безперечним мінусом для функціонування мережі. На моделі, на рисунку 1б, фізична топологія також виглядає як зірка, але на логічному рівні завдяки використанню DMVPN, топологія мережі представлена як повнозв'язна. Виходячи з цього віртуальні канали між вузлами (філіями) створюються відповідно до записів в таблицях маршрутизації маршрутизаторів Out, що дає змогу організовувати VPN-тунелі при використанні різних маршрутів, що визначені протоколом EIGRP. Також слід зауважити, що даний протокол в залежності від завантаженості каналів та метрик може обрати найбільш оптимальний маршрут. Не останнім фактором в випадку

надійності доставки є використання DSCP. В залежності від класу обслуговування для різних пакетів обираються найоптимальніші маршрути.

Якісним показником надійності доставки інформації виступає відсоток втрачених пакетів. В залежності від навантаження на мережу ці дані можуть коливатися. Програмний пакет PacketTracer має відповідні інструменти, що дозволяють генерувати пакети різного розміру за різними протоколами та напрямками. Окрім величини пакету існує можливість встановлювати такі параметри як ToS (флаг DSCP), TTL (максимальний час життя), кількість відправлених пакетів або інтенсивність та адресу отримувача. В таблиці 1 наведені результати роботи мережі на VPN та DMVPN моделі.

Таблиця 1 – Характеристики надійності доставки існуючої мережі

Тип пакетів	ToS	Навантаження, Ерл	Кількість відправлених пакетів	Кількість втрачених	%
VPN/ DMVPN					
FTP	0/4	0,5/0,5	7500/7500	750/12	10/0,16
HTTP	0/1	0,3/0,3	4500/4500	1350/97	30/2,16
POP3	0/2	0,05/0,05	750/750	37/14	4,94/1,87
SMTP	0/2	0,05/0,05	750/750	48/12	6,4/1,6
RTP	0/5	0,1/0,1	1500/1500	97/0	6,47/0
Всього		1/1	15000/15000	2282/135	15,22/0,9

На рисунку 2 наведене графічне відображення рівня втрат пакетів на існуючій мережі та на оптимізованому варіанті розвитку мережі з урахуванням надання сервісів реального часу.

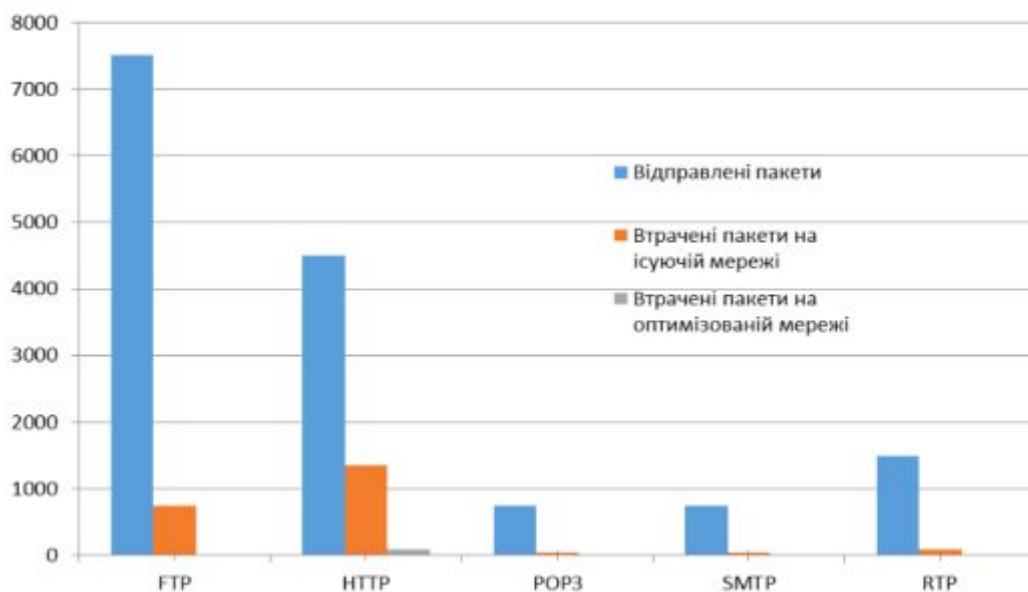


Рисунок 2 – Результати дослідження рівня втрат

Результати дослідження параметрів затримки для обох моделей

Таблиця 2 – Дослідження затримки на існуючій мережі

Тип пакетів	ToS	Навантаження, Ерл	Кількість відправлених пакетів	Затримка, мс		
				мін	макс	середня
VPN/ DMVPN						
FTP	0/4	0,5/0,5	7500/7500	81/5	212/38	146,5/21,5
HTTP	0/1	0,3/0,3	4500/4500	32/12	115/84	73,5/48
POP3	0/2	0,05/0,05	750/750	24/7	74/44	49/25,5
SMTP	0/2	0,05/0,05	750/750	18/8	89/58	53,5/33
RTP	0/5	0,1/0,1	1500/1500	59/2	174/29	116,5/15,5

Графічне відображення результатів дослідження величини затримки наведено на рисунку 3.

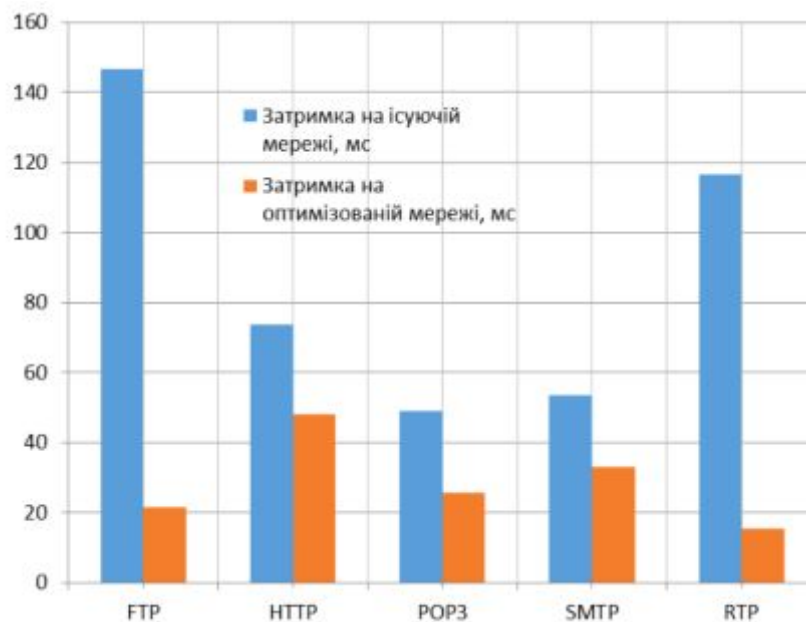


Рисунок 3 – Зміна величини затримки в залежності від конфігурації мережі

Виходячи з результатів отриманих при дослідженні моделей мереж на базі VPN та DMVPN, на підставі табличного та графічного їх відображення, можна зробити висновок про те, що DMVPN мережа має кращі показники QoS, а саме менший відсоток втрат пакетів і значно меншу величину затримки при доставці пакетів.

При однакових початкових умовах були проведені дослідження надійності доставки та величини затримки пакетів. Як виходить з проведеного дослідження, загальна величина втрат пакетів в VPN мережі становить 15,22 %, в DMVPN – 0,9%. Величина затримки також була досліджена на розроблених моделях. Показник затримки також для DMVPN мережі значно нижчий. Отримані дані свідчать про позитивний вплив на параметри QoS при переході роботи корпоративних мереж з VPN до технології DMVPN.

Перелік посилань:

1. DMVPN explained [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://blog.ine.com/2008/08/02/dmvpn-explained/>. – назва з екрану.
2. S. Vaarala, E. Klovning, "Mobile IPv4 Traversal Across IPsec-based VPN gateways", draft-ietf-mip4-vpn-problem-solution-02.txt, November 2005
3. Таненбаум Э., Компьютерные сети. – Санкт-Петербург: Питер, 2003
4. DMVPN -- MPLS over DMVPN [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://networknerd.blogspot.com/2014/08/dmvpn-mpls-over-dmvpn-oh-yeah.html> – назва з екрану.
5. Ruta Jankuniene, Ieva Jankunaite, "Route creation influence on DMVPN QoS, " Proceedings of the ITI 2009 31st Int. Conf. on Information Technology Interfaces, Cavtat, Croatia, pp.609-614, June 2009.

3. Інформаційно-вимірювальні системи, електронні та мікропроцесорні прилади

УДК 681.2

Ушакова А.В., инженер (avushak@gmail.com)

Довгалов Л.Ю., директор (ntp.ekor@gmail.com)

ООО НТП «Экор», г. Северодонецк, Украина

СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ОБОРУДОВАНИЯ И ПОДАЧИ ИНГИБИТОРА

Срок службы оборудования в большинстве случаев связан с его коррозионными разрушениями. Система прогнозирования остаточного ресурса оборудования и подачи ингибитора предназначена для контроля агрессивности среды и коррозии оборудования и определения даты его ремонта или замены.

В работе системы используются следующие методы контроля: по потенциалу оборудования, линейному поляризационному сопротивлению, электрическому сопротивлению [1].

Система состоит из датчика коррозии проволочного ДКП, коррозиметра ЭКОР-ЭС-2М, контроллера процесса коррозии ЭКОР-КПК-ЭС-2, блока питания, GSM- модемов SPRUT M2M lite, рабочей станции (рис.1).

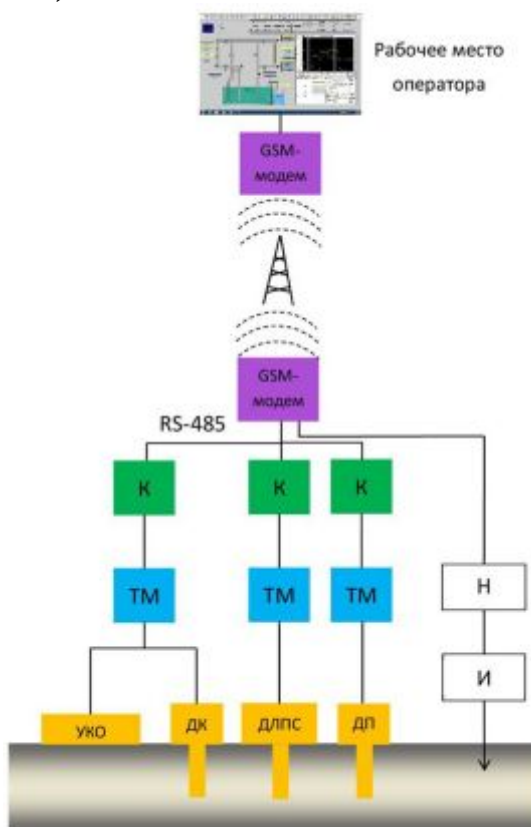


Рисунок 1 – Схема системы прогнозирования остаточного ресурса оборудования и подачи ингибитора: УКО – участок контролируемого оборудования, ДК – датчик коррозии, ДЛПС – датчик линейного поляризационного сопротивления, ДП – датчик потенциала, ТМ – трансмиттер, К – контроллер, Н – насос, И – ингибитор коррозии.

Датчики позволяют выполнять измерения в различных средах в широком диапазоне температур и давлений.

Для управления подачей ингибитора используются данные от датчика коррозии ДК либо от датчика линейного поляризационного сопротивления ДЛПС.

На основании данных, полученных от участка контролируемого оборудования, рассчитывается срок службы оборудования и определяется дата его замены или ремонта [2].

Коррозиметр измеряет падения напряжения на измерительной и эталонной части датчика, выполняет цифровую фильтрацию и передает данные в цифровом виде через RS-485 по протоколу ModBus для обработки в контроллер процесса коррозии.

Контроллер процесса коррозии управляет процессом измерений, выполняет статистическую обработку полученных данных, вычисляет соотношение сопротивлений и рассчитывает диаметр либо толщину измерительной части датчика и по изменению во времени диаметра (толщины) измерительной части датчика вычисляет скорость коррозии за заданные промежутки времени (за 10 мин, 1 ч, 4 ч, 12 ч, 24 ч).

Данные могут передаваться в цифровом виде через RS-485 по протоколу ModBus в системы SCADA для визуализации и хранения (рис. 2).

GSM- модемы осуществляют передачу данных из контроллера процесса коррозии по протоколу Modbus с использованием каналов GSM-связи на удаленную рабочую станцию.

Рабочая станция осуществляет визуализацию и архивирование данных, полученных из контроллера процесса коррозии.

Данные (диаметр либо толщина, скорость коррозии за 1 ч и за 24 ч) за 100 суток сохраняются в энергонезависимой памяти контроллера и могут быть переданы в Microsoft Excel.

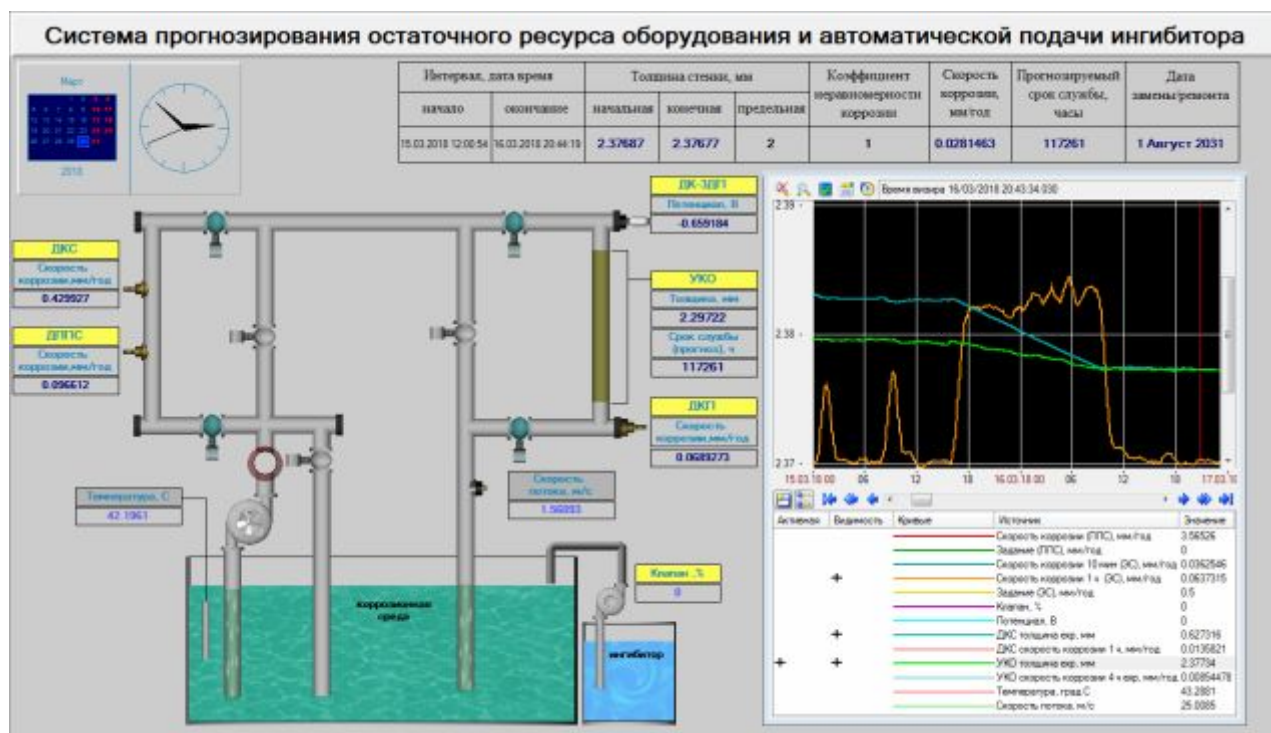


Рисунок 2 – Вид экрана SCADA

Система прогнозирования остаточного ресурса оборудования и автоматической подачи ингибитора позволяет в условиях эксплуатации количественно измерять скорость коррозии и оперативно контролировать коррозионные процессы в режиме реального времени, а также с высокой достоверностью прогнозировать дату замены оборудования.

Список литературы:

1. Довгалов Л.Ю., Анохин А.А., Ушакова Е.Ю., Ушакова А.В., Шукайло Б.Н., Топорко Н.А. Система мониторинга скорости коррозии углеродистой стали в средах водооборотных циклов методом электрического сопротивления // Вісник СНУ ім. В.І. Даля. – 2013. – №13. – С. 194-200.
2. Довгалов Л.Ю., Ковалев Д.А., Ушакова А.В., Ушакова Е.Ю., Барыбин С.Н. Система непрерывного измерения скорости коррозии технологического оборудования в условиях эксплуатации // Спецвыпуск журнала «Фізико-хімічна механіка матеріалів»: Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів. – 2016. – №11 – С. 292-296

Рубан А.О., магістрант (ruban.anya@ukr.net)

Вовна О.В., д.т.н., доцент, (oleksandr.vovna@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВИТРАТ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В ТРУБОПРОВІДІ

Актуальність питання. Основні родовища природного газу розташовано на значній відстані від споживачів. Подача газу до них здійснюється за газопроводами різного діаметру. Під час проходження газу виникає тертя потоку об стінку труби, що викликає втрату тиску. Тому транспортувати природний газ у достатній кількості та на великі відстані, тільки завдяки природному пластовому тиску не можна. Для цього споруджують компресорні станції, які встановлюються на трасі газопроводу через кожні (100 – 150) км. Порівняльний аналіз засобів вимірювання витрат і кількості газу [2] дозволяє стверджувати, що поки найкращим способом вимірювання витрат і кількості газу в газовій промисловості є метод змінного перепаду тиску.

На сьогоднішній день для розрахунку витрат застосовуються високоточні обчислювачі витрат різних виробників, серед них такі як: Супер-Флоу-ІІЕ, контролери витрати FloBoss 407, FloBoss 103, FloBoss S600, обчислювачі УВП-280А і т.п. Перераховані пристрої забезпечують точність розрахунку витрат не більш (0,25 – 0,5)%, у той час як раніше похибка вимірювання у (1,5 – 2) % вважалася прийнятною. Також потрібно відзначити, що цей метод застосовується для дуже великого діапазону діаметрів вимірювальних трубопроводів. Діаметр вимірювального трубопроводу знаходиться в діапазоні $0,05 \text{ м} \leq D \leq 1,00 \text{ м}$.

З аналізу технічних характеристик приладів і систем, які застосовуються для реалізації методу змінного тиску видно, що похибка датчиків перепаду тиску, абсолютного тиску та перепаду температури, а також обчислювачів не перевищує 0,1 % і задовольняє нормативним документам [1].

Постановка мети та задач дослідження. Метою роботи є обґрунтування та розробка структури вимірювальної системи витрат природного газу в трубопроводі.

Основний матеріал і результати досліджень. Електронна система дозволяє вимірювати витрати і кількість під час руху потоку в прямому та зворотному напрямку з використанням симетричних діафрагм. Витрата газу, млн. $\text{м}^3/\text{добу}$, крізь трубопровід довжиною L , км, визначається формулою (при тиску 0,1013 МПа і 20°C) [1]:

$$Q = 105,1 \cdot 10,2 \cdot 10^{-6} \cdot D^{2,5} \cdot \sqrt{\frac{P_H^2 - P_K^2}{\lambda \cdot \Delta_B \cdot T_{CP} \cdot Z_{CP} \cdot L}}, \quad (1)$$

де D – внутрішній діаметр газопроводу, мм; P_H і P_K – тиск газу на початку та наприкінці газопроводу, МПа; $\lambda = 0,009$ – коефіцієнт гідравлічного опору; Δ_B – відносна щільність газу за повітрям; T_{CP} – середня температура за довжиною газопроводу, К; Z_{CP} – середній за довжиною газопроводу коефіцієнт стисливості газу; L – довжина ділянки газопроводу, км.

Розрахунки показують, що для прокачування $Q = 90$ млн. $\text{м}^3/\text{добу}$, на ділянці трубопроводу $\varnothing 1400$ мм, $L = 100$ км необхідно затратити потужність 50 МВт. Під час збільшення продуктивності на 30 % від проектної, потужність необхідно збільшувати більш ніж у два рази зі збереженням кінцевого тиску.

Обґрунтовані та розроблені вимоги [3] до вимірювального каналу надлишкового тиску

електронної системи витрат природного газу в трубопроводі. Розроблені вимоги дозволяють виконати проектування вимірювального каналу системи. Виконано оцінку метрологічних характеристик вимірювального каналу надлишкового тиску. Отримано значення абсолютної похибки вимірювання надлишкового тиску, яке не перевищує 0,09 МПа у діапазоні від 0 до 6 МПа. Значення відносної похибки вимірювання не перевищують 1,5 %, що повністю задовольняє вимогам нормативної документації [1] до вимірювальних систем витрат природного газу.

Електронна система, що розроблюється, призначена для вимірювання та реєстрації параметрів потоку вимірюваного середовища (природного газу) методом змінного перепаду тиску на стандартних звужуючих пристроях і в системах зі застосуванням лічильників і датчиків об'ємної витрати газу або рідини (робота в режимі коректора).

Система призначена для експлуатації на промислових і комунальних об'єктах як автономний засіб вимірювання, а також у складі автоматизованих систем обліку та контролю витрат або передачі інформації до інших систем. Електронна система призначена для експлуатації у вибухонебезпечних зонах.

Система може застосовуватися для роботи в режимі коректора. Під час роботи в режимі коректора спільно з лічильником або датчиком об'ємної витрати електронна система повинна визначати витрати в робочих умовах за кількістю імпульсів об'ємного лічильника. Потім по виміряним значенням тиску, температури та об'ємної витрати розраховувати кількість і витрата природного газу, які наведено до нормальних умов.

В основу системи покладено принцип вимірювання надлишкового (абсолютного) тиску, перепаду тиску та температури контролюваного середовища шляхом перетворення:

- надлишкового (абсолютного) тиску і перепаду тиску за допомогою інтегральних мостових тензоперетворювачів у цифрове значення тиску і перепаду тиску;
- температури контролюваного середовища за допомогою термоперетворювача опору у цифрове значення температури.

За виміряним значенням тиску, перепаду тиску та температури методом змінного перепаду тиску на пристрої звуження потоку проводиться розрахунок витрат і кількості рідин і газів за формулою (1). Структурна схема електронної системи вимірювання витрат природного газу на базі мікропроцесора наведено на рисунку 1, де позначено: ВКТ – вимірювальний канал температури; ВКНТ – вимірювальний канал надлишкового тиску; ВКРТ – вимірювальний канал різницевого тиску; АК – аналоговий комутатор; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; МПС – мікропроцесорна система; ЦІ – цифрова індикація; ПК – персональний комп'ютер.

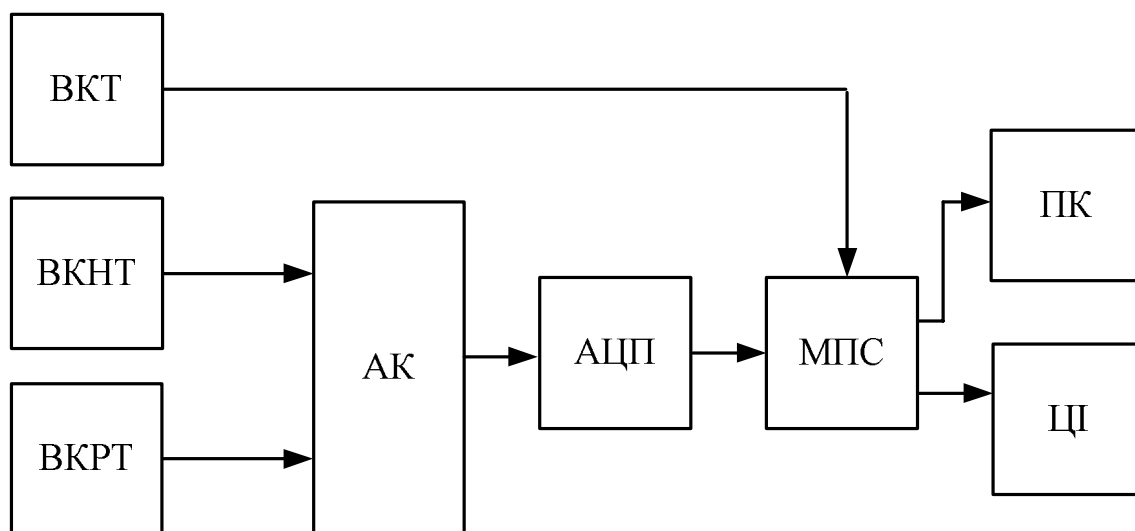


Рисунок 1 – Структурна схема електронної системи вимірювання витрат природного газу

Узагальнену структуру електронної системи можна представити таким чином. У виносному блоці монтуються вимірювальні канали тиску (ВКНТ – вимірювальний канал надлишкового тиску і ВКРТ – вимірювальний канал різницевого тиску) і температури (ВКТ), а в стаціонарному – мікропроцесорний блок, що дозволяє в реальному масштабі часу розраховувати вторинні параметри.

З виходу вимірювальних каналів сигнали надходять до входів аналого-цифрового перетворювача (АЦП) з вбудованим аналоговим комутатором (АК), який перетворює аналогові сигнали у цифрові. З виходу АЦП сигнал подається на входи мікропроцесора, де відбувається обробка та індикація інформації, що надійшла. Мікропроцесор є основною частиною електронного пристрою і виконує такі функції:

- керування режимами вимірювань;
- експрес-обробка інформації з розрахунком у реальному часі витрат природного газу;
- відображення інформації на індикаторах;
- реєстрація інформації з програмно-керованої частотою опитування вимірювальних каналів.

Вимірюване середовище – будь-яка рідина (газ), що не агресивна до використаних матеріалів (у тому числі природний газ, водяна пара, вода та інше середовище, що містить до 16 компонент).

Форма надання інформації – стандартний HART-протокол, обмін даними за інтерфейсами RS-232, RS-485. Передача даних з використанням різних типів модемів за виділеною або телефонною лініями, систем стільникового зв'язку, радіоканалу і каналах систем телемеханіки.

Реєстрація часових параметрів потоку за 50 діб і добових - за 600 діб, у незалежну пам'ять пристрою.

Реєстрація втручань оператора на 1200 повідомлень.

Автономний режим роботи забезпечує низьке енергоспоживання електронного пристрою протягом 3 років від вбудованої літєвої батареї.

Передача всіх вимірюваних та архівованих даних здійснюється за дводротяною лінією зв'язку довжиною до 1000 м до системи збору даних.

Забезпечення працездатності в діапазоні робочих температур від – 40 до + 60°C.

Висновки.

Обґрунтовано та розроблено структуру вимірювальної системи витрат природного газу в трубопроводі. Система виконує вимірювання параметрів потоку природного газу методом змінного перепаду тиску на стандартних звужуючих пристроях і в системах зі застосуванням лічильників і датчиків, експрес-обробку інформації з розрахунком у реальному часі витрат природного газу, відображення інформації на індикаторах та реєстрація інформації з програмно-керованої частотою опитування вимірювальних каналів.

Перелік посилань:

1. Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение физических свойств природного газа, его компонентов и продуктов его переработки: ГОСТ 30319.1-96 – [Действующий от 1997-07-01]. – М.: Издательство стандартов, 1996. – 28 с.
2. Кремлевский, П.П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник / П.П. Кремлевский. – 5-е изд. перераб. и доп. — СПб.: Политехника, 2002. — 409 с.
3. Рубан, А.О. Обґрунтування вимог до розробки вимірювального каналу витрат природного газу / А.О. Рубан, О.В. Вовна // Зб. доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених «Телекомунікації, автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології», 29-30 лист. 2017 р. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2017. – С. 16 – 19.

Мітіна Т.І., магістрант (tamara.mitina.95@ukr.net);

Вовна О.В., д.т.н., доц. (oleksandr.vovna@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВИТРАТИ ВУГІЛЬНОГО ПИЛУ НА ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Актуальність досліджень

Для вимірювання витрати вугільного пилу застосовуються витратоміри, які засновані на методах відбору проб. Існує кілька методів відбору проб, але основні – метод стандарту ISO 9931 та метод ASTM/asme [1, 2]. Ці методи засновані на відборі серії проб з труби, за якою подається вугільний пил. До основних недоліків методів відбору проб слід віднести складність реалізації безперервного режиму вимірювання контрольованого параметра, наявність елементів, що вимагають регулярної заміни, потреба в обслуговуючому персоналі, необхідність придбання дорогого устаткування та зупинки енергоблоку для його монтажу.

У економічних умовах, що склалися в Україні, витратоміри, які засновані на методах відбору проб не знаходять широкого застосування. Тому існує необхідність розробки витратоміра, який би забезпечував безперервне вимірювання витрати вугільного пилу на пальники парового котла, був технологічний під час встановлення, зручний в експлуатації і, при цьому, мав хороші показники точності та прийнятну вартість.

Мета та задачі дослідження

Метою роботи є розробка та обґрунтування вимог до розробки вимірювальної системи витрат пилу на основі гідродинамічного методу контролю. Для досягнення мети в роботі сформульовані та вирішені задачі:

- обґрунтувати математичний апарат визначення витрат пилу на основі гідродинамічного методу вимірювального контролю;
- розробити структурну схему розміщення вимірювальної системи витрат вугільного пилу на теплоелектростанції.

Результати досліджень

Витрата аеросуміші та вторинного повітря визначається множенням швидкості на площу [1]:

$$Q = V \cdot F \cdot \frac{\rho_b}{\rho_b} \left[\frac{\text{НМ}^3}{\text{с}} \right], \quad (1)$$

а повна витрата повітря підсумовуванням витрат первинного та вторинного повітря.

Витрата пилу визначається множенням масової швидкості на площу:

$$q = \rho_p \cdot V \cdot F \left[\frac{\text{КГ}}{\text{с}} \right]. \quad (2)$$

У формулах (1) та (2) прийняти такі позначення: $Q \left[\frac{\text{НМ}^3}{\text{с}} \right]$ – витрата повітря;

$V \left[\frac{\text{М}}{\text{с}} \right]$ – швидкість витрати; $F \left[\text{М}^2 \right]$ – площа каналу; ρ_0 та

$\rho_b \left[\frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} \right]$ – робоча та нормальна щільність повітря; $q \left[\frac{\text{КГ}}{\text{с}} \right]$ – витрата пилу; $\rho_p \left[\frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} \right]$ – концентрація пилу.

Під час розрахунку витрати необхідно визначити значення параметрів і змінних величин, що входять до правих частин рівнянь (1) та (2). Для розрахунку змінних величин ρ_p і V використовується система рівнянь, що пов'язує параметри потоку в пилопроводі до і після введення пилу:

$$\text{– рівняння Бернуллі} \quad P_{st} + \rho_1 \cdot \frac{V_1^2}{2} = P_{st2} + \rho_2 \cdot \frac{V_2^2}{2} + \Delta P_{12}; \quad (3)$$

$$\text{– рівняння нерозривності} \quad \rho_{b1} \cdot V_1 \cdot F_1 = \rho_{b2} \cdot V_2 \cdot F_2; \quad (4)$$

$$\text{– рівняння стану} \quad \rho_{b1} = \frac{P_{sti}}{R \cdot T_i}; \quad (5)$$

$$\text{– адитивність щільності} \quad \rho = \sum \rho_j. \quad (6)$$

де P_{sti} – статичний тиск; ρ_i – щільність аеросуміші; ΔP_{12} – втрати тиску на ділянці; ρ_{b1} – щільність газу; T_i – температура; R – універсальна газова постійна; ρ_j – щільність компонентів і концентрація пилу в аеросуміші; $i=1,2$.

Для визначення витрати пилу за вищенаведеними співвідношенням необхідно на пилопроводі вимірювати такі величини:

- статичний тиск P_{st1} ;
- швидкісний напір P_{d1} ;
- різницю статичних тисків ($P_{st1} - P_{st2}$);
- температуру аеросуміші – T_1 .

Таким чином необхідні два диференційних датчика тиску, датчик статичного тиску та датчик температури. На технологічній схемі (див. рис. 1) дрібним пунктиром позначені повітряні трубки [1, 3], а великим пунктиром – електричні кабелі для передачі інформаційно-аналогового сигналу на комутатор аналогових сигналів.

До складу витратоміра входить чотири вимірювальних канали: два канали вимірювання динамічного тиску, канал вимірювання температури та канал вимірювання статичного тиску. Динамічний тиск $\Delta P_1, \Delta P_2$, за допомогою дифманометрів перетворюються до електричного сигналу струму та далі за допомогою перетворювачів струм-напруга перетворюються до електричного сигналу напруги. У каналі вимірювання температури використовується термометр опору. За допомогою перетворювача опір-напруга отримується електричний сигнал напруги, який за допомогою нормуючого підсилювача приводиться до стандартного рівня. Датчик статичного тиску відразу дає сигнал напруги. Далі електричні сигнали вимірювальної інформації через комутатор аналогових сигналів подаються до аналого-цифрового перетворювача, який виконує його перетворення до цифрового формату та вводиться до мікроконтролера. Мікроконтролер здійснює подальшу обробку вимірювальних сигналів, розраховує витрати вугільного пилу та видає результат на індикацію. Також до мікроконтролера через інтерфейс RS485 можна підключати персональний комп'ютер. Це необхідно для отримання детальних значень усіх вимірюваних параметрів для побудови залежностей, графіків, а також для збереження і друку результатів вимірювань.

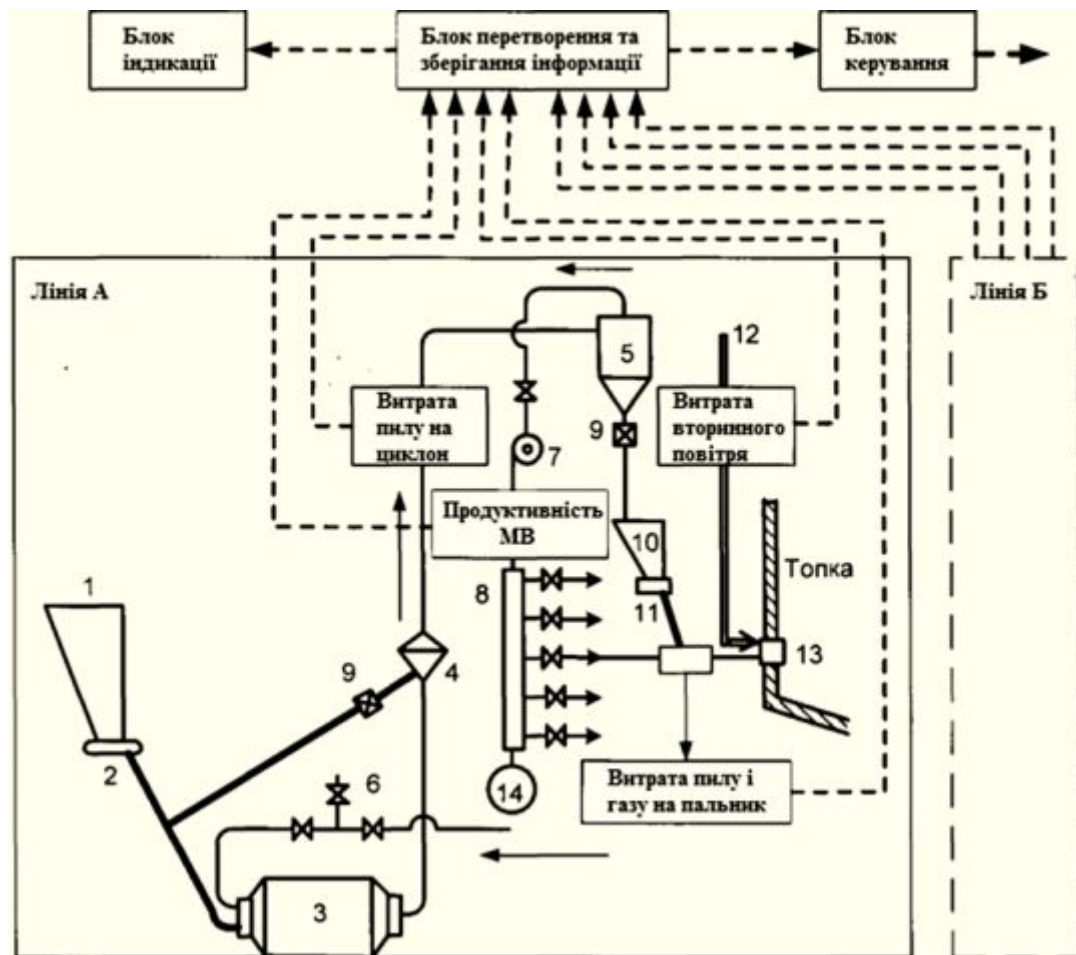


Рисунок 1 - Схема розміщення вимірювальної системи витрат вугільного пилу на теплоелектростанції

Висновки

Обґрунтовано та розроблено математичний апарат визначення витрати пилу на основі гідродинамічного методу вимірювального контролю. Для визначення витрати пилу за розробленим математичним апаратом необхідно на пилопроводі вимірювати такі величини, як статичний тиск, швидкісний напір, різницю статичних тисків і температуру аеросуміші. Таким чином, необхідні два диференційних датчика тиску, датчик статичного тиску та датчик температури. Розроблено структурну схему розміщення вимірювальної системи витрат вугільного пилу на теплоелектростанції.

Література

1. Кесова, Л.А. Контроль и автоматическое управление пылеподачей на ТЭС / Л.А. Кесова. – К.: Вища школа, 1991. – 142 с.
2. Фокин, В.М. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения / В.М. Фокин. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. – 240 с.
3. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) / Под ред. Н.В. Кузнецова. – М.: Энергия, 1973. – 295 с.

Дульченко С.Ю., магістрант (dulchenko_s@ukr.net)

Вовна О.В., д.т.н., доцент, (oleksandr.vovna@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ШВИДКОДІЮЧОГО ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО ВИМІРЮВАЧА КОНЦЕНТРАЦІЇ МЕТАНУ В АТМОСФЕРІ ШАХТ

Актуальність питання. Розвиток вугільної галузі, яка є на сьогодні основою забезпечення безпеки України в енергетичній галузі, пов'язаний не тільки з модернізацією виробництва, а й з усуненням раптових викидів вибухонебезпечних сумішей. Під час видобування й транспортування метану з гірничих масивів вугільних шахт підвищується ризик підвищення рівня небезпечного загазування, переходу метаноповітряних сумішей до вибухонебезпечного стану та виникнення пожежі. Це обумовлено руйнуванням гірничого масиву та порушенням герметичності дегазаційного обладнання. Підвищення рівня безпеки на вуглевидобувних підприємствах України за незмінності технологічних умов видобутку вугілля досягається завдяки використанню швидкодіючих вимірювачів концентрації метану для умов атмосфери вугільних шахт. Розробка наукових основ підвищення точності швидкодіючого оптико-електронного вимірювача концентрації метану є актуальним.

Постановка мети та задач дослідження. Метою роботи є обґрунтування та розробка структури швидкодіючого оптико-електронного вимірювача концентрації метану для систем аерогазового захисту промислових підприємств з компенсацією зміни температури.

Основний матеріал і результати досліджень. Під час аналізу отриманих результатів експериментальних досліджень [1, 2] розробленого оптико-електронного вимірювача концентрації метану виявлено, що температура є основним дестабілізуючим фактором, зміна якого істотно впливає на результати вимірювання концентрації метану. Визначено, що зміна температури на 1°C призводить до появи додаткової похибки вимірювання концентрації метану від $\pm 1,4$ до $\pm 2,1$ $^{10^{-6}}\%$, що від 7 до 11 разів перевищує регламентоване значення додаткової похибки вимірювання [3] від зміни зазначеного дестабілізуючого фактора. Тому вимірювання концентрації метану розробленим засобом є можливим тільки з компенсацією зміни температури.

Пропонується [1, 2, 4] як термочутливий елемент використовувати один з оптико-електронних компонентів вимірювача, при такому методі компенсація температурного дрейфу є найрезультативнішою. З результатів аналізу досліджень розробленого оптико-електронного вимірювача можна зробити висновок, що основний внесок до температурної нестабільності його вихідного сигналу має температурний дрейф світловипромінюючого діода. Зміна характеристик і параметрів фотодіода від температури має незначний внесок до загальної температурної нестабільності вихідного сигналу вимірювального каналу, оскільки фотодіод експлуатується в фотогальванічному режимі. Характерною особливістю роботи фотодіода в цьому режимі є незалежність його струму від температури. Температурний дрейф аналогових вимірювальних перетворювачів також незначний порівняно з дрейфом характеристик світловипромінюючого діода.

Вимірювач має два просторових відкритих оптичних канали: основний вимірювальний (OK_1) і компенсаційний (OK_2). Кожний ОК містить вимірювальні канали падінь напруг на СВД, амплітуда вихідних сигналів яких лінійно змінюється від температури. Живлення СВД здійснюється імпульсами струму, тому для визначення падінь напруг на СВД сформовано додаткові імпульсні послідовності, які синхронізовано з основними. Вимірювання падінь напруг на СВД реалізовується диференційним підсилювачами (ДП) з інтегруючими колами на кожному з його входів. Структурну схему вимірювача концентрації метану в атмосфері шахт з реалізацією методу компенсації його температурного дрейфу наведено на рис. 1, де

позначено: СВД₁ і СВД₂ – джерела випромінювання основного вимірювального ОК₁ і компенсаційного ОК₂ оптичних каналів; ДСКН₁ і ДСКН₂ – джерела струму, які керовані напругою, для живлення СВД; ДП₁ і ДП₂ – диференційні підсилювачі з інтегруючими колами на його входах; ФД₁ і ФД₂ – фотодіоди ІЧ-випромінювання; БП₁ і БП₂ – блоки перетворення вихідних сигналів фотодетекторів; ОП – обчислювальний пристрій; ЦІ – блок індикації та реєстрації вимірювальної інформації; БК – блок керування; ЦКЗ – цифровий канал зв'язку; АГЗ – система аерогазового захисту вугільних шахт.

Робота вимірювача здійснюється під керуванням БК. ДСКН₁ і ДСКН₂ формують дві імпульсні послідовності, які синхронізовано між собою. Основна імпульсна послідовність з тривалістю імпульсу $t_i = 20$ мкс та амплітудою 1000 мА використовується для живлення СВД₁ і СВД₂ основного вимірювального (ОК₁) та компенсаційного (ОК₂) каналів [4]. За переднім фронтом імпульсів струму, які живлять СВД, формуються сигнали синхронізації $U_{\text{синх1}}$ і $U_{\text{синх2}}$. Ці сигнали подаються до синхронних детекторів (СД) блоків перетворення вихідних сигналів фотодетекторів (БП₁ і БП₂). Оптичні імпульси проходять через ОВК і КК з подальшим перетвореннями до електричних сигналів. Ці електричні сигнали напруги надходять до синхронних детекторів БП₁ і БП₂, де за переднім фронтом синхроімпульсів від ДСКН₁ і ДСКН₂ виконується детектування їх амплітудних значень ($U_{\text{сд1}}$ і $U_{\text{сд2}}$).

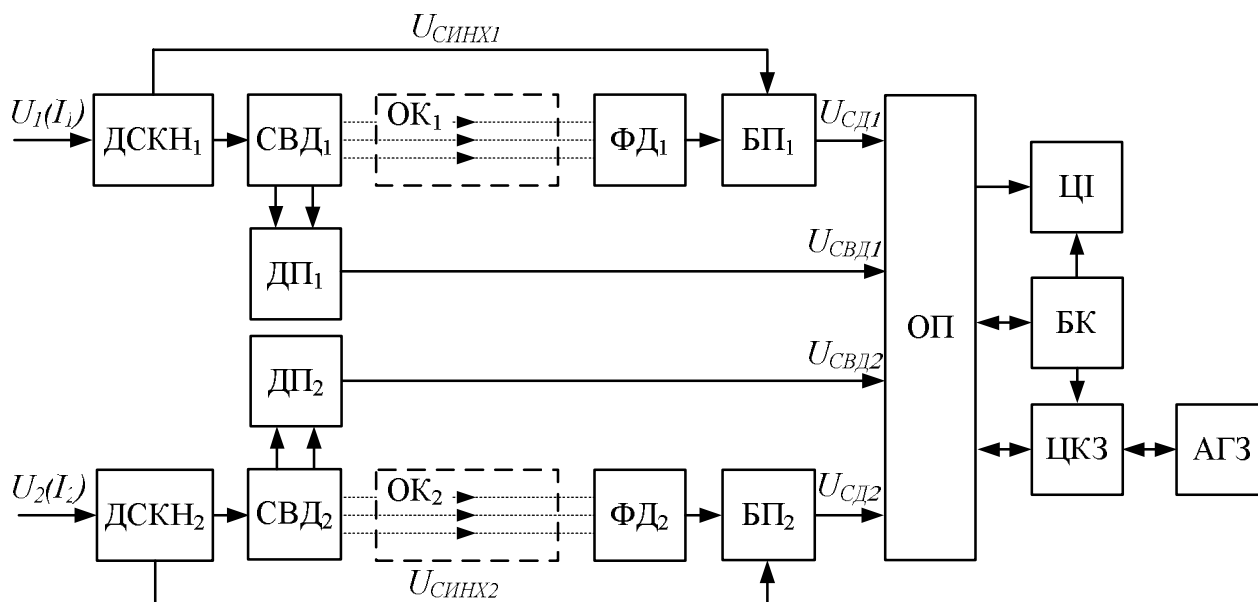


Рисунок 1 – Структурна схема швидкодіючого оптико-електронного вимірювача концентрації метану з компенсацією температурного дрейфу

Основний й додатковий імпульси рознесені паузою, тривалість якої складає $t_n^{\Delta T} = 60,4$ мкс. Величину $t_n^{\Delta T}$ встановлено експериментально [1, 2]. Значення $t_n^{\Delta T}$ визначається постійною часу охолодження СВД після дії струму живлення, який розігріває кристал. Амплітуда додаткової імпульсної послідовності становить 12 мА. Цей імпульс використовується для вимірювання зміни температури випромінюючого кристалу СВД. Тривалість імпульсу для вимірювання температурного дрейфу складає $t_i^{\Delta T} = 20$ мкс. За переднім фронтом цього синхроімпульсу виконується його інтегрування схемою ДП, на кожному з двох входів якого встановлено інтегруючі кола. Для зниження похибки, яку викликані синфазними входними сигналами від основної імпульсної послідовності рекомендується використовувати інструментальний ДП. Цей ДП здійснює підсилення амплітуди сигналу, величина якої є пропорційною до зміни температури для реалізації компенсації температурного дрейфу БК.

Електричні сигнали вихідних напруг БП₁ і БП₂ передаються до ОП. За отриманими

залежностями зміни падіння напруги на СВД від температури [1, 2]:

$$U_{СВД}(T) = U_{0СВД} - k_{СВД} \cdot T, \quad (1)$$

де $U_{0СВД}$, В та $k_{СВД}$, В/°С – параметри функції (1), значення яких визначено для двох зразків оптичного вимірювача $U_{0СВД1}=2,65$ В та $U_{0СВД2}=2,55$ В; $k_{СВД1}=0,016$ В·(°С)⁻¹ та $k_{СВД2}=0,016$ В·(°С)⁻¹ та розраховане значення вихідного сигналу СД від зміни $U_{СВД}$ визначається функціональною залежністю [2]:

$$U_{0СД}^{розр.}(U_{СВД}) = U_{0СДТ} \cdot (1 + \Delta S_T \cdot e^{k_{СДТ} \cdot U_{СВД}}), \quad (2)$$

значення параметрів якої встановлено під час проведення досліджень вихідного сигналу напруги СД у розширеному діапазоні температур (до +55°С), $U_{0СД1Т}=-3,3746$ В та $U_{0СД2Т}=-2,5872$ В; $\Delta S_{1Т}=-0,6142$ та $\Delta S_{2Т}=-0,7234$; $k_{СД1Т}=0,4700$ В⁻¹ та $k_{СД2Т}=0,4815$ 1/В⁻¹ здійснюється компенсація температурного дрейфу вихідних сигналів ОВК і КК.

Після компенсації температурних дрейфів вихідних сигналів основного та компенсаційного каналів вимірювача на підставі визначених значень ΔS і відомих величин C_{CH4} у балонах з повірочними газовими сумішами під час градування вимірювача розраховуються коефіцієнти (c_0 , c_1 і c_2) функції, за якими розраховуються значення концентрації метану в атмосфері шахт за формулою:

$$C_{CH4}^{розр.}(U_{СД}, U_{СВД}) = c_0 + c_1 \cdot \Delta S(U_{СД}, U_{СВД}) + c_2 \cdot (\Delta S(U_{СД}, U_{СВД}))^2. \quad (3)$$

Під керуванням БК, дані щодо зміни концентрації метану виводяться до цифрової індикації (ЦІ) та за допомогою цифрового каналу зв'язку (ЦКЗ) передаються до системи аерогазового захисту (АГЗ) шахти.

Висновки.

Розроблено засіб компенсації температурного дрейфу вихідного сигналу оптичного вимірювача, в якому використано як термочутливий елемент вимірювача – світловипромінюючий діод, а як інформаційний сигнал – падіння напруги на діоді під час його живлення від додаткової імпульсної послідовності струму. Реалізація розробленого методу дозволила забезпечити необхідну величину додаткової похибки вимірювань концентрації метану від температури не більше $\pm 0,15$ ⁰⁶%, що є на 30 % меншим за регламентоване значення похибки ($\pm 0,2$ ⁰⁶%).

Перелік посилань:

1. Вовна, О.В. Апаратно-програмний спосіб компенсації температурного дрейфа вихідного сигналу оптичного вимірювача концентрації метану / О.В. Вовна, А.А. Зорі, І.С. Лактіонов // Технічна електродинаміка. – К., 2017. – Випуск 4. – С. 86 – 92.
2. Вовна, О.В. Удосконалення способу компенсації температурного дрейфу вихідного сигналу оптичного вимірювача концентрації метану / О.В. Вовна, А.А. Зорі, І.С. Лактіонов, Р.Н. Ахмедов // Збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-технічної конференції «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах» (ВКДТ-2017), 31 жовтня – 2 листопада 2017 р. – Вінниця: ВНТУ, 2017.
3. Приборы шахтные газоаналитические. Общие требования, методы испытания: ДСТУ ГОСТ 24032:2009. – Действ. от 2009-02-01. – К.: Держспоживстандарт, 2009. – 24 с.
4. Вовна, О.В. Оптоелектронні вимірювальні системи концентрації метану та пилу в рудничній атмосфері шахт: монографія / О.В. Вовна. – Покровськ (Красноармійськ): ДВНЗ «ДонНТУ», 2016. – 336 с.

Понікаров Б.К., магістрант (popovswag@gmail.com)

Сенько В.Ф., к.т.н., доцент (viktor.senko@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ОЦІНКА МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ВАГИ В СТАНЦІЯХ ПОРЦІЙНОГО ДОЗУВАННЯ

Актуальність питання. Об'ємний парціальний дозатор призначено для дозування сухих та пастоподібних продуктів в автоматичному режимі. Однією з технічних вимог, яка пред'являється до дозаторів, є забезпечення необхідної точності вимірювання ваги.

Постановка мети та задач дослідження. Метою роботи є обґрунтування та визначення метрологічних характеристик вимірювача ваги в станціях порційного дозування сухих продуктів в автоматичному режимі.

Основний матеріал і результати досліджень. Під час розробки електронного пристрою контролю ваги в станціях дозування сухих продуктів обґрунтовані вимоги до його вимірювального каналу [1]:

- діапазон вимірювання ваги, г: від 50 до 500;
від 400 до 2000;
- відносна похибка вимірювання, % не більш ± 1 ;
- діапазон зміни вихідного сигналу вимірювального каналу, $U_{вих}$, В від 0 до + 5;
- напруга джерела живлення вимірювального каналу, $U_{ж}$, В ± 5 ;
- діапазон робочих температур вимірювального каналу, T , °C від + 10 до + 30.

Як первинний вимірювальний перетворювач ваги вимірювального каналу використовується інтегральний тензоперетворювач тиску серії «Model 34», в якому порожнина, що сприймає тиск середовища, що контролюється, виготовлений із титанового сплаву AL312. Технічні характеристики тензорезистивного датчика AL312 Model 34 [2]:

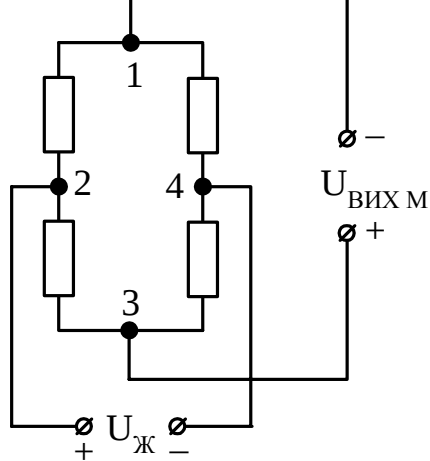
- діапазон зміни номінального значення ваги, m , г від 50 до 10 000;
- максимальне значення ваги, m , кг 10;
- діапазон вихідного сигналу U_d , мВ (20°C) від 270 до 440;
- нелінійність вихідного сигналу % U_d $\pm 0,02$;
- варіація вихідного сигналу % U_d 0,01;
- початкове значення вихідного сигналу, мВ (20°C) ± 15 ;
- вихідний опір моста, $R_{вихм}$, Ом 350;
- напруга живлення, $U_{ж}$, В (20°C) 5,0;
- струм споживання $I_{сп}$, мА 15;
- зміна початкового значення вихідного сигналу, мВ/°C ± 2 ;
- зміна діапазону вихідного сигналу %/10°C від – 0,20 до + 0,15;
- діапазон робочих температур, °C від – 50 до + 80;
- вид кліматичного виконання УХЛ4;
- ступень захисту IP00.

Зовнішній вигляд інтегрального тензоперетворювачу AL312 Model 34 наведено на рисунку 1. Принципову схему інтегрального тензоперетворювача AL312 Model 34 наведено на рисунку 2.

Характеристика перетворення тензорезистору AL312 Model 34 описується лінійною функцією виду:

$$U_{BHX\ M}(m) = U_{0BHX\ M} + S_{m \rightarrow U} \cdot P = U_{BHX\ M}(m_{\min}) + \frac{U_{BHX\ M}(m_{\max}) - U_{BHX\ M}(m_{\min})}{m_{\max} - m_{\min}} \cdot m =$$

$$= 270 \cdot 10^{-3} + \frac{(440 - 270) \cdot 10^{-3}}{10000 - 50} \cdot P = (270 + 0,017 \cdot m) \cdot 10^{-3} \text{ В.}$$

	
Рисунок 1 – Зовнішній вигляд інтегрального тензоперетворювача AL312 Model 34	Рисунок 2 – Принципова схема інтегрального тензоперетворювача AL312 Model 34

Діапазон зміни вихідної напруги тензорезистору AL312 Model 34 під час зміни ваги від 50 до 2 000 г дорівнює:

$$U_{BHX\ M}(m_{\min}) = U_{0BHX\ M} + S_{m \rightarrow U} \cdot m_{\min} = (270 + 0,017 \cdot 50) \cdot 10^{-3} = 270,85 \text{ мВ};$$

$$U_{BHX\ M}(m_{\max}) = U_{0BHX\ M} + S_{m \rightarrow U} \cdot m_{\max} = (270 + 0,017 \cdot 2000) \cdot 10^{-3} = 304,00 \text{ мВ.}$$

$$\Delta U_{BHX\ M} = U_{BHX\ M}(m_{\max}) - U_{BHX\ M}(m_{\min}) = 304,00 - 270,85 = 33,15 \text{ мВ.}$$

Похибка вимірювання ваги тензорезистором AL312 Model 34, яку обумовлено температурним ($T = (+10...+30)^\circ\text{C} = (20 \pm 10)^\circ\text{C}$) дрейфом діапазону вихідного сигналу

$$(\delta_{\Delta U_{BHX}}^{\Delta T} = (-0,95...+0,35) \cdot \frac{\%}{10^\circ\text{C}}), \text{ дорівнює:}$$

$$\Delta_{III}^{\Delta T} = \frac{\Delta U_{BHX\ M} \cdot \frac{\delta_{\Delta U_{BHX}}^{\Delta T} \cdot \Delta T}{100}}{S_{m \rightarrow U}} = \frac{33,15 \cdot \frac{0,2 \cdot 10}{100}}{0,017} = 3,9 \text{ г.}$$

Похибка вимірювання ваги тензорезистором AL312 Model 34, яку обумовлено варіацією вихідного сигналу, дорівнює:

$$\Delta_{III}^{BC} = \frac{U_{BHX\ M}(m_{\max}) \cdot \frac{\delta_{U_{BHX\ max}}^{BC}}{100}}{S_{m \rightarrow U}} = \frac{304,00 \cdot \frac{0,01}{100}}{0,017} = 1,8 \text{ г.}$$

Похибка вимірювання ваги тензорезистором AL312 Model 34, яку обумовлена нелінійністю характеристики перетворення, дорівнює:

$$\Delta_{\text{ТП}}^{\text{НЛ}} = \frac{U_{\text{ВНХ М}}(m_{\text{max}}) \cdot \frac{\delta_{U_{\text{ВНХ max}}^{\text{НЛ}}}}{100}}{S_{m \rightarrow U}} = \frac{304,00 \cdot \frac{0,02}{100}}{0,017} = 3,6 \text{ г.}$$

Оцінимо сумарну похибку вимірювання ваги тензоперетворювачем, яку обумовлена трьома складовими [3,4]:

- похибка від температурного дрейфу вихідного сигналу $\Delta_{\text{ТП}}^{\Delta T}$;
- похибка від варіації вихідного сигналу $\Delta_{\text{ТП}}^{\text{BC}}$;
- похибка від нелінійності характеристики перетворення вимірювального перетворювача $\Delta_{\text{ТП}}^{\text{НЛ}}$.

$$\Delta_{\text{ТП}}^{\Sigma} = \sqrt{(\Delta_{\text{ТП}}^{\Delta T})^2 + (\Delta_{\text{ТП}}^{\text{BC}})^2 + (\Delta_{\text{ТП}}^{\text{НЛ}})^2} = \sqrt{(3,9)^2 + (1,8)^2 + (3,6)^2} = 5,6 \text{ г.}$$

Отримане значення абсолютної похибки вимірювання ваги менше ніж допустиме, тому вибір первинного вимірювального перетворювача вірний. Для розробки вимірювального каналу ваги в дозуючому комплексі необхідно розробити вимірювальний підсилювач за наступним вимогами:

- діапазон зміна вхідної диференційної напруги джерела сигналу, $U_{\text{ВХ}}$, мВ від + 270,85 до + 304,00;
- діапазон зміна вихідної напруги вимірювального каналу $U_{\text{ВНХ}}$, В від 0 до + 5;
- вихідний опір вимірювального мосту, $R_{\text{ВНХ М}}$, Ом 350;
- діапазон робочих температур T , °C від + 10 до + 30.

Висновки. Обґрунтовано та визначено метрологічних характеристик вимірювача ваги в станціях порційного дозування сухих продуктів в автоматичному режимі. Як первинний вимірювальний перетворювач ваги використаний інтегральний тензоперетворювач тиску серії «Model 34». Під час оцінку його метрологічних характеристик встановлена величина сумарної похибки вимірювання ваги тензоперетворювачем. Отриманий результат менше ніж заданий в технічному завданні на проектування вимірювальної електронного пристрою, тому вибір датчика ваги виконано вірно та обґрунтовано.

Перелік посилань:

1. Понікаров, Б.К. Розробка та обґрунтування вимог вимірювального контролю ваги в станціях порційного дозування / Б.К. Понікаров, В.Ф. Сенько // 36. доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених «Телекомунікації, автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології», 29-30 лист. 2017 р. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2017. – С. 39 – 41.
2. Sensorica [Електронний ресурс]: Портативні датчики ваги з нержавіючої сталі серії 31-34. – Режим доступу: http://www.sensorica.ru/pdf/31_34.pdf. – Дата доступу: травень 2018. – Загл. з екрану.
3. Тартаковский, Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерения: [учеб. для вузов] /Д.Ф. Тартаковский, А.С. Ястребов. – М.: Высш. шк., 2001. – 205 с.
4. Сергеев, А.Г. Метрология: учебник /А.Г. Сергеев. – М.: Логос, 2005. – 272 с.

Запорожченко В.М., магістрант (vladimirza987@gmail.com)

Зорі А.А., д.т.н., професор (anatolii.zori@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ МУТНОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ

Актуальність питання. Хоча до теперішнього часу розроблена безліч методів для визначення забруднень у воді, визначення мутності як і раніше важливе, оскільки мутність – це простий і неспростовний показник зміни якості води. Раптова зміна мутності може вказувати на додаткове джерело забруднення або сигналізувати про проблеми під час обробки води. Фотометричний метод є єдиним розповсюдженим методом визначення мутності питної води. Турбідиметричний та нефелометричний метод є схожими методами, які відрізняються тим, що нефелометрія характеризує кількісну оцінку відбитого світла, що розсіюється від часток, а турбідиметрія – оцінка світла, що проходить крізь суспензію з непрозорими частками. Нефелометричний метод з'явився як розвиток турбідиметричного методу та у теперішній час турбідиметрія являє собою частку нефелометрії. На практиці можна створювати нефелометри, які будуть реєструвати світло не тільки на куті 90° , але і на будь-яких інших кутах, в тому числі і нульовому, як у турбідиметрії.

Постановка мети та задач дослідження. Метою роботи є розробка математичної моделі оптико-електронного вимірювального каналу мутності питної води для отримання його характеристики перетворення.

Основний матеріал і результати досліджень. Для побудови оптико-електронного вимірювального каналу мутності питної води використано оптрону пару: світловипромінюючий діод (СВД) та фотодіод (ФД), а також враховано вимоги проточності вимірювального середовища через кювету, що забезпечується оптичним каналом (ОК). Для отримання необхідної точності вимірювань мутності речовини запропоновано [1] використовувати два оптичні канали, які виконують вимірювання інтенсивності оптичного випромінювання прямого ходу та розсіяного під кутом 90° .

Електронний пристрій, що розробляється, повинен контролювати мутність питної води, яка має дуже мале значення від 0 до 10 NTU, що складає від 0 до 13 мг/л за [кремнеземом](#) у вигляді [діатоміту](#) [1]. Цей фактор потребує високої чутливості вимірювального каналу, але це вимагає великих технічних затрат.

Другий закон Бера, який зв'язує інтенсивність пройденого випромінювання та концентрацією поглинаючої речовини в розчині; потік паралельних промінів монохроматичного випромінювання під час проходження через розчин з поглинаючої речовини концентрації C_{tud} визначається за співвідношеннями [2, 3]:

$$I = I_0 \cdot e^{-k \cdot C_{tud} \cdot l}, \quad D = \frac{\lg(I_0)}{I} = k \cdot C_{tud} \cdot l,$$

де I_0 – інтенсивність падаючого монохроматичного випромінювання; I – інтенсивність монохроматичного випромінювання, що пройшло шар речовини; k – коефіцієнт поглинання, що характеризує речовину; D – оптична щільність випромінювання; C_{tud} – мутність речовини; l – товщина поглинаючого шару.

Оптична щільність розраховується як [2, 3]:

$$D(C_{tud}, \lambda) = C_{tud} \cdot l \cdot k(\lambda).$$

Коефіцієнт пропускання оптичного каналу T розраховується за формулою:

$$T(C_{tud}, \lambda) = e^{-D(C_{tud}, \lambda)},$$

де λ – довжина хвилі випромінювання.

Джерело випромінювання повинно забезпечити оптичне випромінювання в діапазоні довжин хвиль від 800 до 900 нм. Як джерело випромінювання вибираємо світловипромінюючий діод типу IR-880-514N5 [4], який має технічні характеристики:

- пікова довжина хвилі випромінювання, λ , нм 880;
- потужність випромінювання, P , мВт 11;
- значення напруги при прямому включенні, $U_{пр}$, В 1,8;
- значення прямого струму, $I_{пр}$, мА 50;
- зворотний струм, $I_{звр}$, мкА при –1 В 10;

Спектральна щільність потоку випромінювання для світловипромінюючого діоду (СВД) розраховується за наступною формулою [2]:

$$f_{СВД}(\lambda) = S_{0СВД} \cdot e^{-r_{СВД}^2 \cdot (\lambda - \lambda_{0СВД})^2},$$

де $S_{0СВД} = \frac{\Phi_{0СВД} \cdot r_{СВД}}{\sqrt{\pi}}$ – максимальна спектральна щільність потоку.

Нормовану спектральну щільність потоку випромінювання СВД типу IR-880-514N5 [4] наведено на рисунку 1.

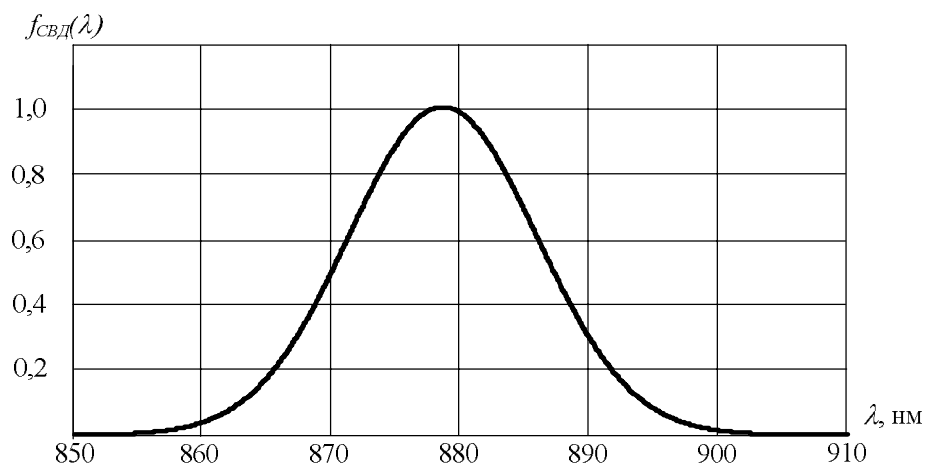


Рисунок 1 – Нормована спектральна щільність потоку випромінювання СВД типу IR-880-514N5

Фотоприймач використовує фотодіод 2ОФ137Г, який призначено для застосуванні у складі оптико-електронної апаратури, що працює в діапазоні довжин хвиль від 0,5 до 1,12 мкм. Фотодіод 2ОФ137Г має технічні характеристики і параметри:

- розміри фоточутливого елементу, $a \times b$, мм 0,6x0,6;
- діапазон довжин хвиль, $\Delta\lambda$, мкм від 0,1 до 1,1;
- діапазон довжин хвиль максимуму, λ_{max} , мкм від 0,92 до 0,96;
- робоча напруга U_p , В 20;
- темрявий струм, I_T , мкА 0,03;
- інтегральна чутливість за струмом, $S_{I_{инт}}$, мА/Вт 0,25.

Відносну спектральну чутливість фотодіоду 2ОФ137Г наведено на рисунку 2.

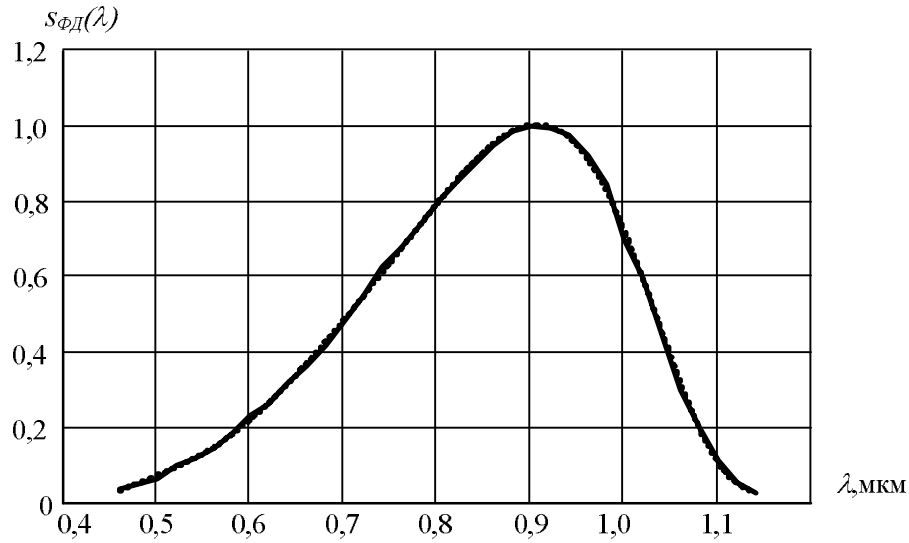


Рисунок 2 – Відносна спектральна чутливість фотодіоду 2ОФ137Г

Вихідний сигнал фотоприймача є сигналом струму, оскільки фотоприймальний пристрій – фотодіод 2ОФ137Г, і визначається співвідношенням:

$$I_{\text{вихPD}}(C_{\text{туд}}, l) = S_{\text{Синт}} \cdot \Phi_{\text{вихОК}}(C_{\text{туд}}, l),$$

де $S_{\text{Синт}}$ – інтегральна чутливість фотоприймача до сигналу випромінювача; ця характеристика пов'язана зі спектральними характеристиками, як фотоприймача, так і випромінювача та відрізняється від інтегральної чутливості фотоприймача. Обидві характеристики визначаються таким чином:

$$S_{\text{инт}} = \int_0^{\infty} S_{\text{ФД}}(\lambda) d\lambda; \quad S_{\text{Синт}} = S_{\text{инт}} \cdot s_{\text{Синт}}.$$

Нормована інтегральна чутливість фотодіода до сигналу:

$$s_{\text{Синт}} = \frac{\int_0^{\infty} s_{\text{ФД}}(\lambda) \cdot s_{\text{СВД}}(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} s_{\text{ФД}}(\nu) d\lambda} = \frac{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} s_{\text{ФД}}(\lambda) \cdot s_{\text{СВД}}(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} s_{\text{ФД}}(\lambda) d\lambda} = 0,215.$$

Інтегральна чутливість фотодіода до сигналу:

$$S_{\text{Синт}} = S_{\text{инт}} \cdot s_{\text{Синт}} = 0,25 \cdot 0,215 = 53,75 \frac{\text{мА}}{\text{Вт}}.$$

Зміну величини вихідного струму фотодіода від мутності питної води, величина якої складає від 0 до 13 мг/л за [кременеземом](#) у вигляді [діатоміту](#) наведено на рисунку 3.

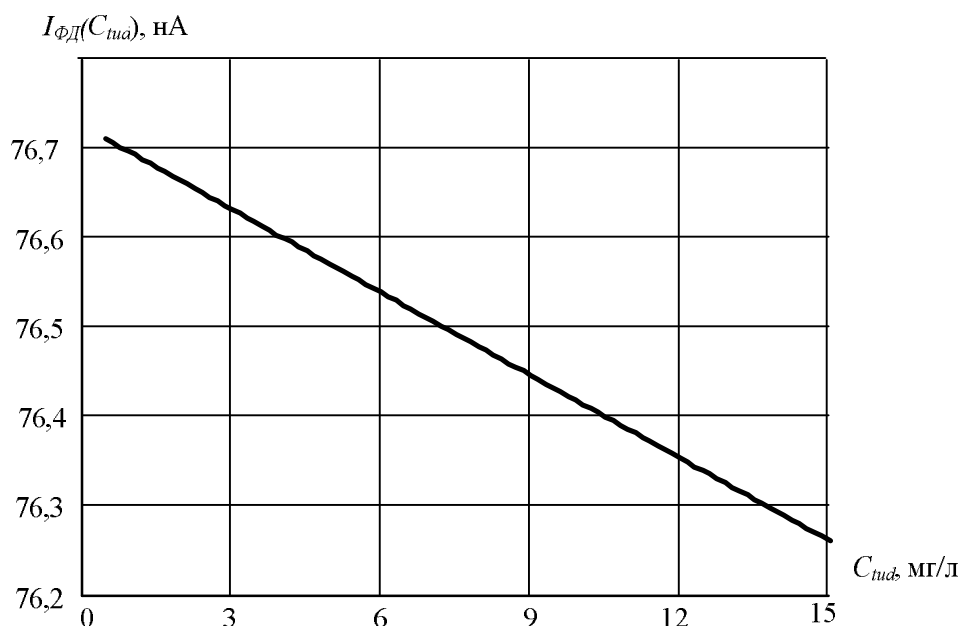


Рисунок 3 – Зміна величини вихідного струму фотодіода від мутності питної води, величина якої складає від 0 до 13 мг/л за [кремнеземом](#) у вигляді [діатоміту](#)

Характеристика перетворення оптико-електронного вимірювального каналу мутності питної води (див. рис. 3) має практично лінійну залежність в діапазоні зміни від 0 до 13 мг/л за [кремнеземом](#) у вигляді [діатоміту](#). Величина чутливості зміни вихідного струму розробленого вимірювального каналу складає 0,03 нА/(мг/л).

Висновки.

Розроблена математична модель оптико-електронного вимірювального каналу мутності питної води. Під час досліджень моделі отримана характеристик перетворення, як зміна величини вихідного струму фотодіода від мутності питної води в діапазоні від 0 до 13 мг/л за [кремнеземом](#) у вигляді [діатоміту](#). Результати математичного моделювання дозволять розробити вимоги до проектування електронної вимірювальної оптико-електронного системи визначення мутності питної води.

Перелік посилань:

1. Запороженко, В.М. Розробка та обґрунтування структури електронної системи вимірювання мутності питної води / В.М. Запороженко, А.А. Зорі // 36. доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених «Телекомунікації, автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології», 29-30 лист. 2017 р. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2017. – С. 20 – 23.
2. Булатов, М.И. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа / М.И. Булатов, И.П. Калинин. – 5-е изд., перераб. – Л.: Химия, 1986. – 432 с.
3. Васильев, В.П. Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 2. Физико-химические методы анализа: учеб / В.П. Васильев. – М.: Высш. шк., 1989. – 384 с.
4. Выхлопные газы автомобилей [Електронний ресурс]. – Електронні данні. – Режим доступу: https://www.studiplom.ru/Technology-DVS/Exhaust_gases.html, вільний. – Загл. з екрану. <http://www.led-eshop.de/PDF/special/IR-880-514N5.pdf>
4. Led-Eshop [Електронний ресурс]: IR-880-514N5. – Режим доступу: <http://www.led-eshop.de/PDF/special/IR-880-514N5.pdf>. – Дата доступу: травень 2018. – Загл. з екрану.
5. Западприбор [Електронний ресурс]: 2ОФ137Г. – Режим доступу: <http://zapadpribor.com/2of137g-fotodiod>. – Дата доступу: травень 2018. – Загл. з екрану.

Оленич В.В., магістрант (nomonoh4@gmail.com)

Зорі А.А., д.т.н., професор (anatolii.zori@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ВИМІРЮВАЧА ТЕМПЕРАТУРИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Актуальність питання. Одним із параметрів, який підлягає виміральному контролю, під час аналізу теплотворної здатності природного газу, є температура. Максимальний діапазон зміни середньомісячних температур газу становить від $-7,9$ до $+23,2^{\circ}\text{C}$ [1]. Відхилення температури газу на 1°C від стандартного значення температури (20°C) призводить до зміни облікованого об'єму природного газу на $0,34\%$. У такому випадку похибка обліку газу буде знаходитися в діапазоні від $-9,5$ до $+1,1\%$ [1]. Тому підвищення точності вимірювання температури природного газу є актуальною задачею.

Постановка мети та задач дослідження. Метою роботи є обґрунтування та розробка структурної схеми електронної системи вимірювання температури природного газу, яка забезпечувала вимірювання температури в діапазоні від -10 до $+40^{\circ}\text{C}$ з величиною абсолютної похибки вимірювання не більш $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Основний матеріал і результати досліджень. Найвищу точність, яка може бути досягнута навіть у несприятливих умовах експлуатації, можна одержати завдяки використанню цифрових вимірвальних пристроїв. У теперішній час цифрові вимірвальні пристрої набули достатньо широке поширення не тільки у прецизійних, але і у виробничих умовах. Структурна схема виміральної системи, тобто сукупність взаємозв'язаних у просторі та часі блоків, описується алгоритмом роботи. Алгоритм роботи системи обов'язково включає сукупність операцій над вхідними сигналами, які необхідні для знаходження вимірвальних величин.

Точність вимірювання температури терморезистивними термометрами визначається, по-перше, похибками вимірювання опору терморезистору і, по-друге, нестабільністю його параметрів [2, 3]. Для високостабільних платинових терморезисторів основне джерело похибки – це вимірвальна схема [4], тому їй надають основну увагу під час розробки високоточних термометрів.

На рисунку 1 наведено схема терморезистивного термометру, у якого нестабільність градувальної характеристики термоперетворювача опору не впливає на точність вимірювання [4]. Термоперетворювач опору 1 працює у схемі перетворювача 2 «зміна опору – напруга», яка живиться від джерела 3 змінної струми з частотою ω_1 . Після перетворювача використовується фазочутливий випрямляч 4 напруги, з виходу якого через ключі 5 і 6 по черзі подається через дільник напруги 7 та інтегратор 8 на входи диференціального підсилювача 9. Частоту Ω комутаційного генератора 16 вибирають так, щоб враховувати теплову інерцію термоперетворювачів опору 1.

Характеристику терморезистору 1 з урахуванням його нелінійності можна записати у наступному вигляді:

$$R_t = R_0 (1 + \nu \cdot \theta),$$

де $\nu = \frac{dR}{dt}$ – усереднена чутливість терморезистору, яка має змінне значення, залежно від температури його перегріву θ щодо початкової, під час якої опір терморезистору R_t дорівнює R_0 .

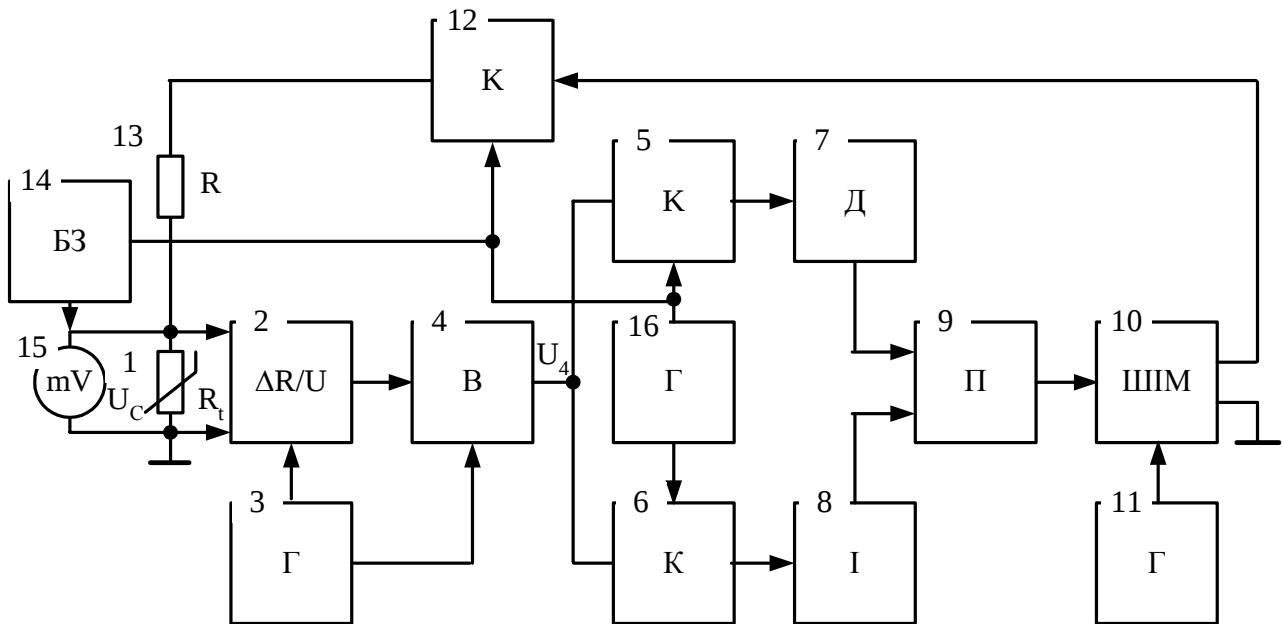


Рисунок 1 – Структурна схема вимірювача температури із автоматичним урівноваженням імпульсним струмом

Випрямлена напруга U_4 на виході ланки 4 під час розімкненого ключа 12 у моменти часу, коли ключ 6 замкнений, поступає до інтегратору 8, де запам'ятовується:

$$U'_4 = S \cdot R_0 \cdot v_1 \cdot \theta,$$

де S – сумарна чутливість та коефіцієнт перетворення 2 і 4; v_1 – значення чутливості терморезистору 1 під час дії температури θ .

Коли закривається ключ 5, напруга U_4 через дільник 7, який має коефіцієнт ділення K_d , надходить до неінвертуючого входу підсилювача 9. Підсилена різниця напруги перетворюється широтно-імпульсним модулятором 10, який живиться від генератору 11 змінною напругою з частотою ω_2 . Послідовність імпульсів, яка через ключ 12 та резистор 13 поступає до термоперетворювача опору 1, підігрівуючи його на невелике значення температури Δt . Під час додаткового розбалансування моста 2, напруга U_4 зростає до значення:

$$U''_4 = S \cdot R_0 \cdot v_2 \cdot \frac{\theta + \Delta\theta}{K_d}$$

де v_2 – нове значення чутливості терморезистору під час дії температури $\theta + \Delta\theta$.

Частота проходження імпульсів $\omega_2 \neq \omega_1$, тому фазочутливий випрямляч, яким керує генератор 3 за частотою ω_1 , не реагує на імпульси, які поступають до плеча мостової схеми 2. У невеликому діапазоні зміни температури $\Delta\theta$ можна вважати характеристику терморезистору лінійною, $v_1 \approx v_2$, тоді

$$\frac{\theta + \Delta\theta}{K_d} \approx \theta.$$

Температура перегріву терморезистору визначається наступним співвідношенням:

$$\Delta\theta = \frac{R_0 I_D^2}{F\alpha} [1 + \nu(\theta + \Delta\theta)],$$

де I_D – діюче значення імпульсного струму; α – коефіцієнт тепловіддачі з поверхні термоперетворювачу, який має площу F .

Стале значення падіння напруги U_C на термоперетворювачі опори реєструється мілівольтметром 15, після отримання сигналу дозволу, який формується блоком затримки 14. Затримка визначається тепловою інерційністю термоперетворювачу опору 1:

$$U_C = \frac{F \cdot \alpha \cdot (K_D - 1)}{I_m} \cdot \theta, \quad (1)$$

де I_m – амплітуда однополярного імпульсного струму.

З формули (1) видно, що на похибку вимірювання цією схемою не впливають нестабільність та нелінійність градувальної характеристики термоперетворювачу опору, тому розроблена схема вимірювача має підвищені метрологічні характеристики.

Недоліком цієї схеми є вплив амплітуди імпульсів струму, який визначається співвідношенням опорів баластного резистору R і термоперетворювачу опору R_t під час його нагрівання та охолодження, а також вплив теплової постійної часу на охолодження терморезистору в другій половині періоду комутації, коли відсутні імпульси для підігрівання термоперетворювачу. Це призводить до появи систематичної похибки через залишкове нагрівання термоперетворювачу опору та до зниження швидкодії засобу вимірювання, якщо потрібно зменшити цю похибку. Цього недоліку можна уникнути, якщо стабілізувати амплітуду однополярних імпульсів схемою порівняння, на яку подає падіння напруги на резисторі та напруга стабільного джерела [4].

Висновки.

Обґрунтовано та розроблено структурну схему електронної системи вимірювання температури природного газу, яка забезпечувала вимірювання температури в діапазоні від -10 до $+40$ °C з величиною абсолютної похибки вимірювання не більш $\pm 0,1$ °C.

Перелік посилань:

1. Кузь, М.В. Методичні аспекти підвищення точності обліку природного газу лічильниками з електронними пристроями температурної компенсації / М.В. Кузь, О.Є. Середюк // Методи та прилади контролю якості, 2012. – № 28. – С. 113 – 119.
2. Готра, О. Терморезистивні вимірювальні пристрої / О.Готра // Вимірювальна техніка та метрологія, 2000. – № 56. С. 46 – 51.
3. Бромберг, Э.М. Тестовые методы повышения точности измерений / Э.М. Бромберг, К.Л. Куликовский. – М.: Энергия, 1978. – 176 с.
4. Електричні вимірювання електричних та неелектричних величин : навч. посібник для студ. електротехніч. та енергетич. спец. вузів / За ред. Є. С. Поліщука. – К.: Вища школа, 1978. – 352 с.

Лактіонов І.С., к.т.н. (ivan.laktionov@donntu.edu.ua)

Саланжій В.М., магістрант (studyindn@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ЖИВИЛЬНОГО РОЗЧИНУ ТЕПЛИЧНИХ КУЛЬТУР

Актуальність. На сьогоднішній день, з виходом України на європейський ринок її аграрна промисловість набуває все більшої рентабельності в економічному розвитку країни. З виходом на європейський ринок Україна повинна постачати овочеві культури, які відповідають європейським стандартам [1], інакше вони будуть не конкурентно спроможними, що призведе до малого попиту української продукції у Європі та знизить прибуток аграрного бізнесу.

Таким чином, модернізація та розвиток аграрної промисловості України, до якої безпосередньо відноситься і вирощування тепличних овочевих культур, є необхідними умовами для утримання української продукції на європейському ринку. Одним з факторів, який впливає на морфологію та врожайність овочевих культур є електропровідність живильного розчину. Отже, розробка електронної системи контролю електропровідності живильного розчину тепличних культур є актуальною науково-прикладною задачею.

Постановка задачі. Метою статті є обґрунтування компонентної бази та розробка структурної схеми електронної системи контролю електропровідності живильного розчину.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано та вирішено наступні задачі:

- аналіз існуючих промислових засобів для вимірювання електропровідності живильного розчину;
- визначення необхідних діапазонів вимірювання електропровідності живильного розчину та їх вплив на морфологію та період вегетації тепличних овочевих культур;
- аналіз дестабілізуючих факторів, які впливають на точність вимірювання електропровідності живильного розчину;
- розробка загальної структурної схеми системи контролю електропровідності живильного розчину та обґрунтування компонентної бази, на якій вона буде побудована.

Результати досліджень. Згідно поставлених вимог система контролю електропровідності живильного розчину повинна забезпечувати контроль електропровідності у визначеному діапазоні, який є індивідуальним для кожної овочевої культури: для огірків та томатів – від 1,5 до 2,0 мСм/см, для капусти – від 1,2 до 1,5 мСм/см [2]. В якості чутливого елементу системи було обрано аналоговий датчик DFR0300, технічні характеристики якого наведені у табл. 1. Зовнішній вигляд датчика та його розміри наведені на рис. 1.

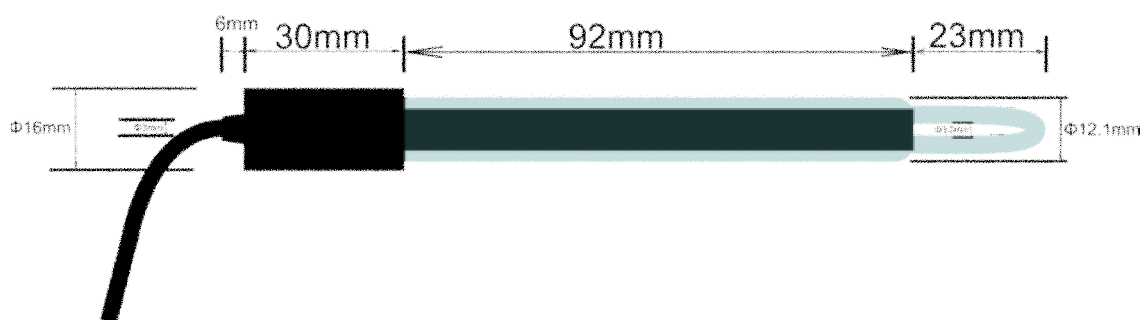


Рисунок 1 – Загальний вигляд аналогового кондуктометра DFR0300

Таблиця 1 – Технічні характеристики сенсора DFR0300

№ з/п	Показник	DFR0300
1	Робоча напруга, В	+5
2	Діапазон вимірювання, мСм/см	1 – 20
3	Робоча температура, °C	5 – 40

Аналізуючи результати існуючих досліджень [3] виявлено, що температура є дестабілізуючим фактором, який впливає на точність виміру електропровідності. Для виміру даного параметру з наступною корекцією результатів вимірювального контролю електропровідності було обрано чутливий елемент у вигляді цифрового датчика DS18B20 розміщеного у водонепроникному корпусі 3-Pin TO-92. Датчик являє собою мікроконтроллер, який дозволяє зберігати показники температури та змінювати точність вимірювання (0,5 °C; 0,25 °C; 0,125 °C; 0,0625 °C). Вигляд датчика наведено на рис. 2.

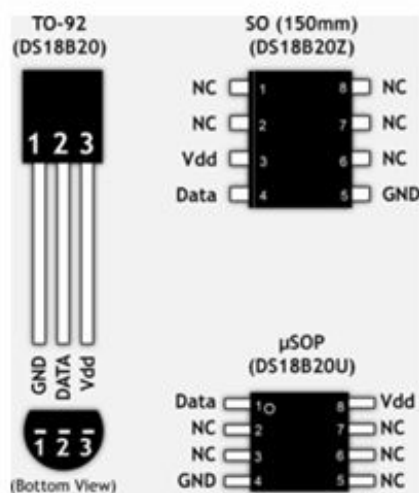


Рисунок2 – Цифровий датчик вимірювання температури DS18B20 у водонепроникному корпусі

Температурний діапазон датчика від -55°C до +125°C з похибкою не більше 0,5°C. Напруга живлення від 3,3 до 5 В.

Відповідно до розташування теплиць та особливостей догляду за тепличними культурами є необхідність у використанні сучасних мережевих технологій. Це дозволить постійно відстежувати величину електропровідності живильного розчину та повідомити власника у разі її відхилення. Оперативне втручання дозволить зберегти ефективність живильного розчину, а відповідно і якість кінцевого продукту.

Проаналізувавши існуючі методи та засоби вимірювання електропровідності живильного розчину виявлено, що вони мають обмежений функціонал та не можуть контролювати електропровідність у потрібних діапазонах. Також, вони розроблені на дорогій компонентній базі, що робить їх важкодоступними для вітчизняного користувача.

Отже, виходячи з вищесказаного досліджувана система контролю електропровідності живильного розчину повинна виконувати наступний функціонал базових функцій:

1. Забезпечення контролю електропровідності живильного розчину у необхідному діапазоні відповідно до вирощуваної культури.
2. Врахування температури розчину, як дестабілізуючого фактору, для зменшення похибки вимірювання.
3. Вимірювання електропровідності живильного розчину у режимі Online.

На підставі проведених досліджень було обґрунтовано узагальнену структурну схему досліджуваної системи, яку наведено на рис. 3.

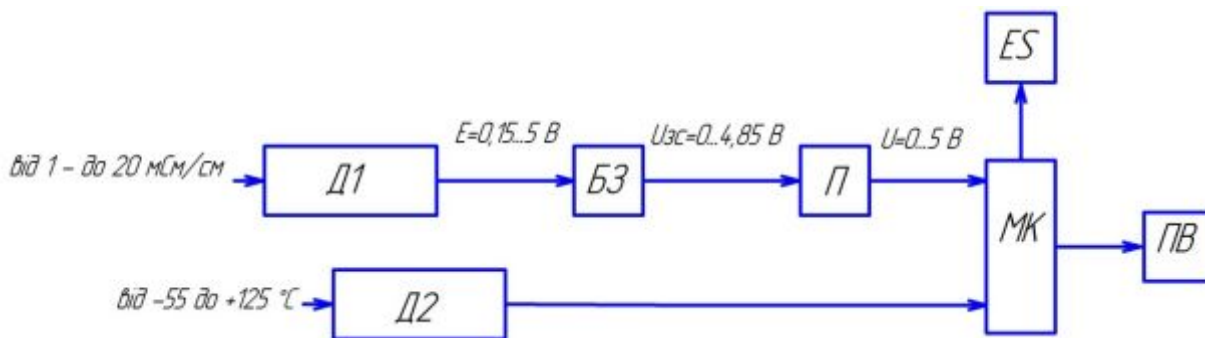


Рисунок 3 – Узагальнена структурна схема досліджуваної системи
(Д1 – датчик DFR0300; Д2 – датчик DS18B20; БЗ – блок зсуву; П – підсилювач;
МК – мікропроцесор; ПВ – пристрій відображення інформації; ES –Ethernet Shield)

Узагальнена структурна схема розроблена на економічній для вітчизняного користувача компонентній базі з урахуванням поставлених вимог до досліджуваної системи. Чутливі елементи (датчики) були обрані з урахуванням їх сумісності з мікропроцесорною платформою Arduino Uno. Досліджувана система може бути використана у подальших наукових дослідженнях: розробка методів та засобів автоматизованого контролю концентрації електролітів живильного розчину; дослідження взаємного впливу усіх параметрів якості живильного розчину на морфологію та період вегетації тепличних культур; удосконалення системи контролю електропровідності живильного розчину для виміру електропровідності проточних вод. Реалізація поставлених цілей дозволить підвищити якість та врожайність тепличних овочевих культур, що дозволить зміцнити позиції України на європейському ринку та економіку країни в цілому.

Висновки.

1. Визначено параметр якості живильного розчину, який впливає на морфологію та врожайність тепличних овочевих культур.
2. Розроблено узагальнену структурну схему контролю електропровідності живильного розчину з урахуванням дестабілізуючих факторів.
3. Визначено пріоритетні напрямки для подальших досліджень з використанням досліджуваної системи контролю електропровідності живильного розчину.

Перелік посилань:

1. Офіс віце-прем'єр-міністра з питань європейської та євроатлантичної інтеграції[Електрон. ресурс]: Овочі: перспективи експорту до ЄС. – Режим доступу: <https://www.eu-ua.org/ovochi/>. – Назва з титул. екрана.
2. ВНТП АПК–19–07. Тепличні і оранжерейні підприємства. Споруди захищеного ґрунту для фермерських (селянських) господарств: Відомчі норми технологічного проектування / М-во аграр. політ. України. – К.: «ХІК», 2007. – 140с.
3. Лактионов, И.С. Полевой измеритель кислотности почв с аппаратно-программной компенсацией дестабилизирующего влияния естественной влажности / И.С. Лактионов, М.Ю. Никоненко // Наук. пр. Донецьк. нац. техн. ун-ту. Сер.: «Обчислювальна техніка та автоматизація». – Красноармійськ, 2015. – Вип. 1 (28)' 2015. – С. 133 –140.

Бричка Є.О., магістрант (ramza505@gmail.com)

Вовна О.В., д.т.н., доцент, (oleksandr.vovna@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна

ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНЦЕНТРАЦІЇ НІТРАТ-ІОНІВ У ВОДІ

Актуальність питання. Надмірна кількість нітратів, які потрапляють з харчовими продуктами та водою до організму, має негативний вплив на здоров'я людини. Тому вимірювальний контроль концентрації нітрат-іонів є актуальною задачею.

Постановка мети та задач дослідження. Метою роботи є обґрунтування та розробка структури вимірювальної системи контролю концентрації нітрат-іонів у природній воді.

Основний матеріал і результати досліджень. Е.р.с. іоноселективного електроду (ІСЕ) ЕЛІС – 121 NO3 [1] за умови, що досліджуваний розчин заздалегідь розбавлений нітратом калію (KNO_3) відомої концентрації, може бути описаний рівнянням Нернста [2, 3]:

$$E = E_0 + S_{теор} \cdot pX,$$

де E – е.р.с. іоноселективної системи (вимірювальний електрод та електрод порівняння) в аналізованому розчині, мВ; E_0 – е.р.с. електродної системи з активністю нітрат-іонів, величина якої дорівнює 1 моль/дм³, мВ; pX – показник активності нітрат-іонів в аналізованому розчині; $S_{теор}$ – теоретичне значення крутизни електродної характеристики, мВ/ pX , яке розраховується за формулою [2, 3]:

$$S_{теор} = 54,19 + 0,1984 \cdot t,$$

де t – температура розчину, °C.

Графік зміни напруги ІСЕ від активності нітрат-іонів pNO_3 в діапазоні від 0 до 5 під час зміни температури досліджуваної проби природної води наведений на рисунку 1, де позначено: 1) $t=+32^\circ\text{C}$; 2) $t=+17^\circ\text{C}$; 3) $t=+2^\circ\text{C}$.

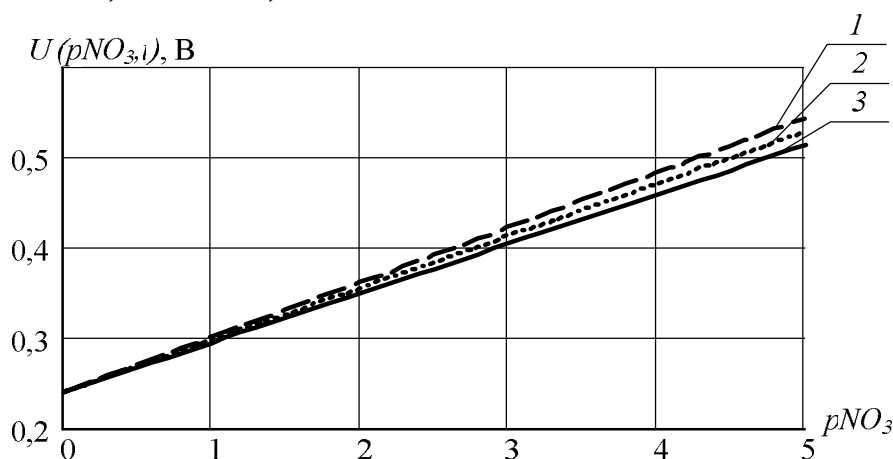


Рисунок 1 – Зміна напруги ІСЕ від активності нітрат-іонів pNO_3 у діапазоні від 0 до 5 під час зміни температури від $+2$ до $+32^\circ\text{C}$

З графіку визначена чутливість іоноселективного електроду під час зміни:

- активності нітрат-іонів pNO_3 дорівнює (57 ± 3) мВ/ pNO_3 ;
- температури досліджуваної проби води $(0,6 \pm 0,4)$ мВ/°C [4].

Для вимірювання концентрації нітрат-іонів у природній воді з відносною похибкою вимірювання не більш $\pm 5\%$ необхідно виконувати вимірювання та вносити поправку за температурою до результатів вимірювання концентрації NO_3 [4].

Для вимірювання концентрації нітрат-іонів у природній воді використовуються іоноселективний електрод типу ЕЛІС – 121 NO_3 [1]. Для вимірювання температури аналізованої проби використовується датчик вимірювання температури, який підключений до відповідного вимірювального каналу системи. Вимірювальну систему, що розробляється, конструктивно виконано у вигляді двох блоків.

– виносний блок, що містить в своєму складі канали вимірювання концентрації нітратів і температури природної води;

– базовий блок, що містить обчислювач концентрації нітратів, пристрій відображення вимірювальної інформації ($p\text{NO}_3$, T), джерело живлення.

Виносний блок вимірювального каналу концентрації нітратів у воді складається зі зонду, до складу якого входить іоноселективний електрод та чутливий елемент вимірювача опору. Вихідний сигнал іоноселективного електрода подається на вимірювальний канал різниці потенціалів, який знаходиться зовні вимірювального зонду. Вихідний сигнал чутливого елементу перетворювача опору подається на вимірювальний канал температури, який також знаходиться зовні вимірювального зонду. Під час вимірювання до проби води опускається тільки вимірювальний зонд. Вихідні сигнали чутливих елементів поступають на вхідні підсилювачі відповідних каналів та нормуються до вхідного рівня АЦП.

Алгоритм роботи вимірювальної системи наступний:

1. Різниця потенціалів на іоноселективних електродах пропорційна концентрації нітрат-іонів у природній воді, поступає на електрометричний підсилювач.

2. Сигнал температури аналізованої проби перетворюється терморезистором, який включений у відповідні плече вимірювального моста, в електричний і поступає на вимірювальний підсилювач. Сигнали поступають на нормуючі підсилювачі, які приводять їх до необхідного рівня.

3. Мультиплексор аналогових сигналів по черзі видає сигнали на пристрій вибірки-збереження. Час перемикання каналів визначає мікропроцесор.

4. Електричні аналогові сигнали перетворюються АЦП в двійкові коди. Сигнали керування на початок перетворення і видачу коду, видає мікропроцесор. Коди поступають на буфер прийому-передачі та після цього на мікропроцесор. У постійно-запам'ятовуючому пристрої (ПЗП) зберігаються константи та програми обробки даних.

5. До результату вимірювання концентрації нітрат-іонів у природній воді вноситься поправка за температурою.

6. Пристрій індикації виводить інформацію про концентрацію нітрат-іонів у природній воді безпосередньо на корпусі системи.

Виносний блок з'єднується з базовим блоком кабелем, за яким у виносний блок поступають напруга живлення вимірювальних каналів, а в базовий з виносного – вихідні сигнали вимірювальних каналів. Для того, щоб довжина з'єднання кабелю не впливала на якість передачі сигналів вимірювальної інформації планується використовувати струмовий варіант виходу вимірювальних каналів і передачу інформації по кабелю здійснювати у вигляді уніфікованого сигналу постійного струму в діапазоні від 0 до 5 мА.

Структурну схему вимірювальної системи контролю концентрації нітрат-іонів на основі потенціометричного методу з використанням іоноселективних електродів представлено на рисунку 1, де позначено: ІСЕ – іоноселективний електрод; ВПТ – вимірювальний перетворювач температури; КВН – каналу вимірювання нітратів; КВТ – канал вимірювання температури; МАС – мультиплексор аналогових сигналів; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; МПС – мікропроцесорна система; ЦІ – цифрова індикація; Таймер – годинник реального часу.

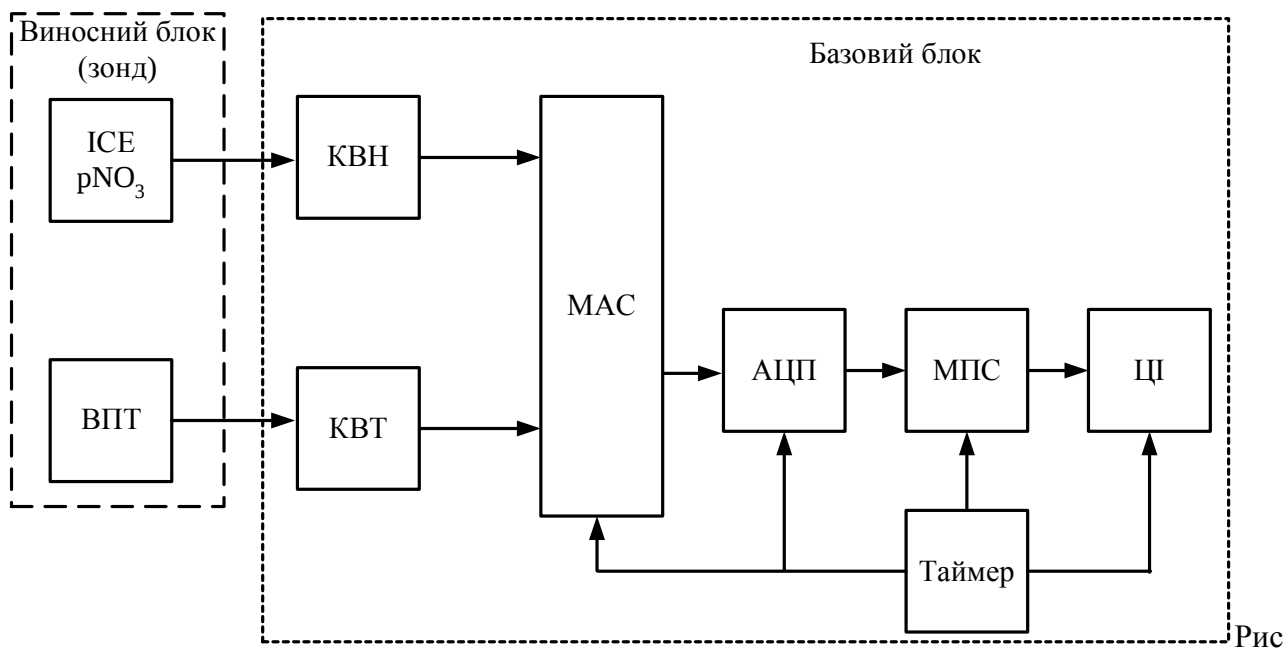


Рис
унок 1 – Структурна схема вимірювальної системи контролю концентрації нітратів у природній воді

Вимірювальні канали системи повинні задовольняти наступним технічним вимогам:

1. Канал вимірювання концентрації нітратів:

- діапазон вимірювання концентрації нітратів, pNO_3 від 0 до 4,3;
- відносна похибка вимірювання pNO_3 , % 2,5;
- використовуваний електрод ЕЛІС – 121 NO_3
- діапазон вихідної напруги ICE $U_{вих}$, мВ від 240,0 до 500,3;
- вихідна напруга НП, $U_{вих}$, В від 0 до 5.

2. Канал вимірювання температури:

- діапазон температур вимірювального середовища, °C від 2 до 32;
- значення абсолютної похибки вимірювання температури, °C $\pm 1,0$.
- вихідна напруга НП, $U_{вих}$, В від 0 до 5.

Висновки.

Обґрунтовано та розроблено структуру вимірювальної системи контролю концентрації нітрат-іонів у природній воді, яка складається із двох блоків: виносний блок, що містить в своєму складі канали вимірювання концентрації нітратів та температури природної води, та базовий блок, що містить обчислювач концентрації нітратів, пристрій відображення вимірювальної інформації (pNO_3 , T), джерело живлення.

Перелік посилань:

1. Электрод ионоселективный ЭЛИС – 121 NO_3 : [технические характеристики и параметры датчиков]. – Фирма ЭЛИС, 2006. – 2 с.
2. Лебедева, М.И. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: [учебное пособие] / М.И. Лебедева. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 216 с.
3. Камман, К. Работа с ионоселективными электродами / К. Камман. – пер. с нем. А.Ф. Жукова; под ред. О.М. Петрухина. – М.: Мир. – 1980. – 284 с.
4. Бричка, Є.О. Обґрунтування вимог до електронної системи визначення концентрації нітрат-іонів у воді / Є.О. Бричка, О.В. Вовна // Зб. доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених «Телекомунікації, автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології», 29-30 лист. 2017 р. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2017. – С. 36 – 38.

Ігнат'єва В.Ю., магістрант (vikkittoria150595@gmail.com)

Зорі А.А., д.т.н., професор (anatolii.zori@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

РОЗРОБКА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ В ВИХЛОПНИХ ГАЗАХ АВТОМОБІЛІВ

Актуальність питання. Вихлопні гази автомобільного транспорту є основним джерелом токсичних речовин двигуна внутрішнього згорання та є неоднорідною сумішшю різних газоподібних речовин з різноманітними хімічними та фізичними властивостями, що складається з продуктів повного та неповного згорання палива, надмірного повітря, аерозолів і різних мікродомішок (як газоподібних, так і у вигляді рідких і твердих частинок), що надходять з циліндрів двигунів в його випускні систему. У своєму складі вони містять близько 300 речовин, більшість з яких токсична [1 – 3]. Таким чином, підвищуються вимоги до складу вихлопних газів автомобілів, що в свою чергу призводить до зниження граничнодопустимих концентрацій (ГДК) небезпечних складових у вихлопі та підвищенню вимог до систем і пристроїв аналізу концентрацій складових вихлопних газів автомобілів [2, 3]. Відповідно, спираючись на сучасні засоби оптоелектроніки і мікроелектроніки необхідно вибрати методи і засоби, які забезпечують підвищення чутливості та точності вимірювального контролю складових вихлопних газів [4], а також підвищать їх швидкодію.

Постановка мети та задач дослідження. Метою роботи є розробка оптико-електронної системи контролю концентрації оксиду вуглецю в вихлопних газах автомобільного транспорту.

Основний матеріал і результати досліджень. Структурну схему каналу вимірювання концентрації оксиду вуглецю наведено на рисунку 1, де позначено: ДВ – джерело випромінювання; ОК – оптичний канал; ФП – фотоприймальний пристрій; ФПС – фотопідсилювач; НП – нормуючий підсилювач; АЦП – аналого-цифровий перетворювач, який є частиною мікроконтролера; МПС – мікропроцесорна система; ЦІ – цифрова індикація, на екран якої виводиться результат вимірювання концентрації оксиду вуглецю; ПК – персональний комп'ютер, який зберігає оброблені дані.

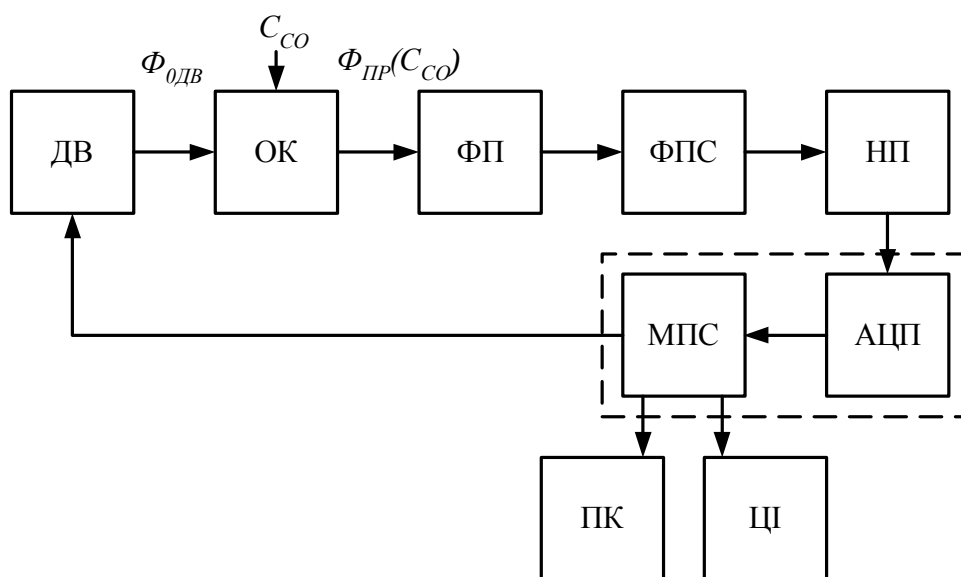


Рисунок 1 – Структурна схема каналу вимірювання концентрації оксиду вуглецю з мікропроцесорною системою

Джерело випромінювання (ДВ) формує направлений рівномірний потік випромінювання ($\Phi_{0ДВ}$), який проходить оптичний канал з вимірюваною концентрацією оксиду вуглецю (C_{CO}). На фотоприймач (ФП) надходить ослаблений потік випромінювання процесами поглинання інфрачервоної радіації ($\Phi_{ПР}(C_{CO})$), який несе інформацію про концентрацію оксиду вуглецю в оптичному каналі. ФП перетворює отриманий потік в електричний сигнал. Електричний сигнал від фотоприймача містить інформації про концентрацію оксиду вуглецю та поступає до вимірювального каналу системи, що розробляється.

Робота даного каналу електронної системи заснована на спектрометричному оптико-абсорбційному методі, який полягає в здатності атмосферних газів вибірково поглинати променисту енергію. Як джерела випромінювання вибраний вибірково світловипромінюючий діод. Світловий потік під час проходження через кювету, потрапляє до фотоприймача – фотодіода, який включений до фотопідсилювач (ФПС). ДВ і ФП вибрані таким чином, щоб вони випромінювали/поглинали ІЧ-випромінювання на максимальній довжині хвилі поглинання оксидом вуглецю.

На виході ФП отримано напругу порядку декількох мВ. Щоб можна було по цьому сигналу знайти значення концентрації оксиду вуглецю, його потрібно привести до уніфікованого вигляду до перетворити до цифрової форми за допомогою АЦП. Для уніфікації сигналу напруги використовується фотопідсилювач. Нормуючий підсилювач перетворює цей сигнал в сигнал, який зручний для сприйняття АЦП, тобто на виході нормуючого підсилювача вихідний сигнал напруги з діапазоном від 0 до 2,5 В, при цьому 0 В відповідає мінімальній концентрації, а 2,5 В – максимальній концентрації оксиду вуглецю. АЦП перетворює аналоговий сигнал до двійкового коду, який обробляється мікропроцесором, та отримана інформація виводиться на екрані пристрою відображення або на персональний комп'ютер.

Блок настройки складається зі змінних резисторів, за допомогою яких можна корегувати роботу вимірювального каналу електронної системи. Встановлення нуля – це схема зсуву нуля, тобто цей блок усуває адитивну похибку. У блоці нормуючого підсилювача передбачена настройка «грубо–точно», яка здійснюється за допомогою двох змінних резисторів у колі зворотного зв'язку. До мікропроцесорного блоку підключена клавіатура, яка виконує такі функції:

- корекція нуля;
- вимірювання концентрації;
- примусова передача інформації до персонального комп'ютера;
- калібрування МПС;
- скидання.

Індикація обчислених значень приводиться на рідко-кристалічний індикатор (РКІ). Перетворення змінної напруги промислової мережі до постійної напруги живлення елементів схеми виконує джерело живлення. Підтримка протоколу обміну даних з персональним комп'ютером (ПК) виконує блок інтерфейсу зв'язку USB.

Для підвищення точності вимірювання концентрації оксиду вуглецю необхідно забезпечити стабілізацію джерел випромінювання. Оптичний канал складається з джерела випромінювання та приймача випромінювання. ДВ повинно бути стабілізованим за потужністю випромінювання світлового потоку. Схему стабілізації такого ДВ представлена на рисунку 2 [5].

Роботу схеми можна описати наступним чином. Частина світлового потоку, яка випромінюється джерелом випромінювання VD_2 попадає на фотодіод VD_1 , що підключений в коло негативного зворотного зв'язку. Зміна світлового струму VD_1 призводить до зміни вхідної напруги, а отже і напруги на виході, яким регулюється потужність випромінювання світловипромінюючого діода VD_2 . Опір R_1 задає початковий зсув на фотодіоді VD_1 . Опори $R_2 - R_4$ призначені для установки сили світла СВД (розміри світлового потоку). Резистор R_5 необхідний для обмеження струму бази VT_1 , а резистор R_6 для обмеження струму VD_2 . Ця

система дозволить у достатньому ступені стабілізувати ДВ.

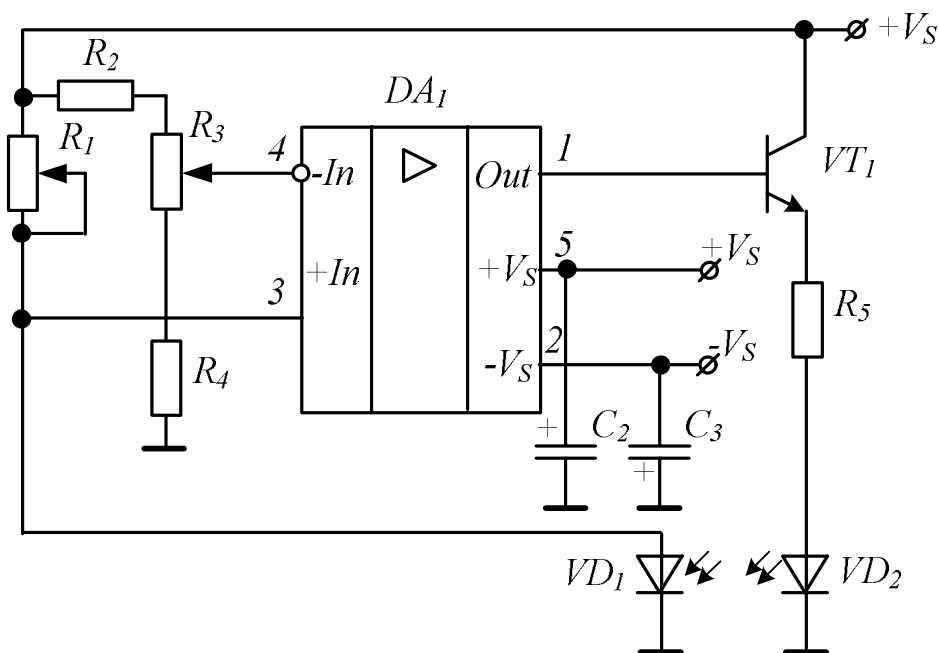


Рисунок 2 – Схема стабілізації потужності джерела випромінювання

Висновки.

Обґрунтовано та розроблено структурні та функціональні схеми каналу вимірювання концентрації оксиду вуглецю електронної вимірювальної системи. Розроблена вимірювальна частина електронної системи концентрації вихлопних газів двигунів внутрішнього згорання. Для зменшення похибки вимірювання концентрації оксиду вуглецю розроблена принципова схема стабілізації потужності світловипромінюючого діоду.

Перелік посилань:

1. От Еуро 0 к Еуро 5 [Електронний ресурс]. – Електронні данні. – Режим доступу: <https://www.stroyteh.ru/wiki/Экологические%20стандарты%20Евро>, вільний. – Загл. з екрану.
2. Диагностика двигателя по составу выхлопных газов [Електронний ресурс]. – Електронні данні. – Режим доступу: <https://autodiagnos.com.ua/Diagnos/gaz.htm>, вільний. – Загл. з екрану.
3. Выхлопные газы автомобилей [Електронний ресурс]. – Електронні данні. – Режим доступу: https://www.studiplom.ru/Technology-DVS/Exhaust_gases.html, вільний. – Загл. з екрану.
4. Ігнат'єва, В.Ю. Розробка вимірювального каналу концентрації вуглеводнів у вихлопних газах автомобільного транспорту / В.Ю. Ігнат'єва, А.А. Зорі // Зб. доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених «Телекомунікації, автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології», 29-30 лист. 2017 р. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2017. – С. 13 – 15.
5. Демчук М.И. Импульсная спектрометрия / М.И. Демчук, М.А. Иванов. – Минск: Университетское, 1986. – 208 с.

Васильченко О.В., магістрант (uamralexua@gmail.com)

Вовна О.В., д.т.н., доцент, (oleksandr.vovna@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВУГІЛЬНОГО ПИЛУ

Актуальність питання. У відповідності з правилами техніки безпеки у вугільних шахтах [1], запилення повітря повинно оцінюватися за максимальною разовою та середньозмінною концентрацією зважених у повітрі частинок окремо для кожного технологічного процесу. Визначення запилення повинно здійснюватися у всіх гірничих виробках, де знаходяться люди. Вимірювання концентрації пилу в атмосфері вугільної шахти є складною метрологічною задачею, оскільки пил є системою, яку необхідно описувати великою кількістю параметрів [2], тому розробка методів і засобів вимірювального контролю концентрації зваженого вугільного пилу є актуальним завданням.

Постановка мети та задач дослідження. Метою роботи є обґрунтування та розробка вимог до вимірювальної системи концентрації зваженого вугільного пилу.

Основний матеріал і результати досліджень. У теперішній час як основний спосіб визначення запилення повітря використовується спосіб відбору проб вугільного пилу аспіраційними пристроями (пробовідбірниками) епізодичної дії або вимірювання концентрації пилу переносними пиломірами, які допущені для застосування у вугільних шахтах. Відбір проб пилу аспіраційними пристроями здійснюється на протязі не менше 30 хвилин на відстані 1 м від працівника за напрямом руху повітря. Основним недоліком аспіраційних пристроїв є обов'язкова участь людини під час вимірювань, що призводить до значних трудових витрат і зменшення достовірності результатів вимірювань.

Серед приладів, що вимірюють концентрацію зваженого пилу в атмосферному повітрі, найбільше поширення набули пиломіри, які засновані на оптичному методі. Конструкцію простого оптичного вимірювача наведено на рисунку 1 [2, 3], де позначено: 1, 2 – корпус з посадочними місцями для джерела випромінювання (ДВ) та фотоприймача (ФП); 3, 4 – оглядові стекла, що запобігають попаданню пилу на поверхні ДВ та ФП; l – довжина бази відкритого оптичного каналу (ВОК) вимірювача концентрації вугільного пилу $C_{\text{П}}$ з дисперсністю від D_{min} до D_{max} . Використання оптичних вимірювачів концентрації пилу обмежується складністю обслуговування апаратури в шахтних умовах і одним з головних факторів, який збільшує методичну похибку вимірювань концентрації вугільного пилу, є поступове запилення оглядових стекол, які захищають деталі оптичного каналу вимірювача [3]. Тому, для зниження похибки від цього дестабілізуючого фактору необхідно застосувати відповідні конструкторські рішення та заходи.

Під час оперативного контролю запилення атмосфери вугільних шахт до вимірювачів концентрації пилу пред'являються такі вимоги:

- безперервність та повна автоматизація процесу вимірювання, дистанційна передача значень, наявність зворотного зв'язку;
- похибка вимірювань не повинна перевищувати $\pm 10\%$ від гранично-припустимою концентрації ($C_{\text{Пmax}} = 3000 \text{ мг/м}^3$);
- мала інерційність, лінійність градувальної характеристики;
- наявність попереджувальної та аварійної сигналізації;
- автоматична періодична перевірка нуля;
- нечутливість до змін зовнішніх дестабілізуючих факторів, неінформативних параметрів вхідного сигналу, а також пристосованість до роботи в промислових умовах (вібростійкість, стійкість до високих температур, вологості та агресивне середовище);

- простота конструкції, дешевизна, портативність і висока експлуатаційна надійність;
- наявність пристрою та його робота не повинні вносити спотворень до результатів вимірювання концентрації та дисперсний склад пилу.

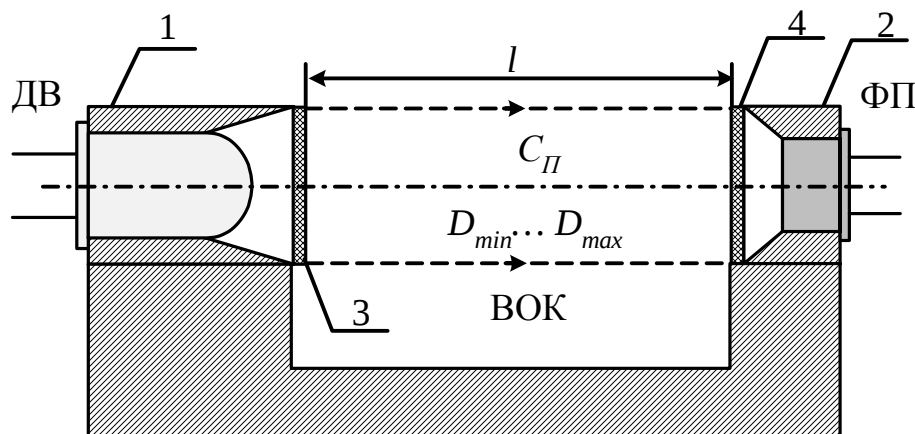


Рисунок 1 – Конструкція оптичного вимірювача концентрації вугільного пилу

В основу оптичного методу контролю концентрації пилу покладений закон Бугера-Ламберта-Бера [3], згідно якому, інтенсивність випромінювання, що пройшло через пилегазове середовище може бути описана наступним співвідношенням:

$$I = I_0 \cdot \exp(-\varepsilon \cdot C_{\Pi} \cdot l), \quad (1)$$

де I_0 – інтенсивність начального світлового потоку; C_{Π} – вимірювальна концентрація пилу, ε – показник поглинання світла, який приходить на одиницю концентрації; l – товщина пилегазового шару (довжина оптичного шляху).

З виразу (1) отримано співвідношення для оцінки чутливості оптичного методу:

$$\Delta I / \Delta C_{\Pi} = -\varepsilon \cdot l \cdot I_0 \exp(-\varepsilon \cdot C_{\Pi} \cdot l) = -\varepsilon \cdot l \cdot I. \quad (2)$$

З аналізу виразу (2) можна зробити висновок, що чутливість методу тим вище, чим більше коефіцієнт поглинання ε , товщина поглинаючого шару l та інтенсивність випромінювання I , що пройшло через пилегазове середовище. Інтенсивність світлового потоку зі заданими ε і l можна збільшити, під час застосування потужного джерела світла, наприклад лазер або потужний світлодіод з вузькою діаграмою спрямованості з використанням оптичної системи фокусування.

Вибір довжини бази ВОК аналізатора пилу не регламентується жодним з нормативних документів. Тому для досягнення максимальної чутливості вимірювання концентрації вугільного пилу слід визначити оптимальне значення l під час проведення відповідних досліджень та побудові математичної моделі вимірювача концентрації вугільного пилу. У існуючих оптичних вимірювачах концентрації пилу довжина бази ВОК знаходиться в межах від 35 до 150 мм.

Згідно з вимогами ДСТУ [4] межі похибки вимірювань концентрації вугільного пилу, що припускаються, в повітрі робочої зони, дорівнюють гранично-припустимій концентрації (ГПК) або більш, повинні складати $\pm 25\%$ від вимірюваної величини з довірчою вірогідністю 0,95; під час вимірювання концентрацій нижче ГПК – межі абсолютної похибки вимірювань, що припускається, повинні складати $\pm 0,25$ ГПК в мг/м^3 з довірчою вірогідністю 0,95. Сумарна похибка вимірювань концентрації вугільного пилу не повинна перевищувати $\pm 20\%$. Похибка вимірювань концентрацій вугільного пилу існуючих

пилімірів складає від ± 5 до ± 30 % залежно від концентраційного діапазону вимірювання та дисперсності частинок вугільного пилу.

Згідно з вимогами ДСТУ [4] до методик і засобів вимірювання концентрації вугільного пилу необхідно забезпечити вимірювання концентрації вугільного пилу у присутності супутніх компонентів на рівні $\leq 0,5$ ГПК у повітрі робочої зони, яка відповідає 10 мг/м^3 . Під час використання робітниками стандартних респіраторів, які забезпечують захист органів дихання від вугільного пилу, який вітає у повітрі, концентраційні межі вимірювання не повинні перевищувати 0,5 від (10 – 15) ГПК, що відповідає не більш 100 мг/м^3 . Насправді, гігієнічні вимоги СНіП і ССБТ під час проведення робіт у вугільних шахтах зазвичай ігноруються, що призводить до випадків, коли концентрація зваженої в атмосферному повітрі шахти вугільного пилу перевищує вибухонебезпечні межі.

Положенням про пилегазовий режим на вугледобувних і вуглезбагачувальних фабриках, розробленим за участю МакНДІ [1], встановлені межі вмісту вугільного пилу в повітрі робочої зони, які складають 30 % від НПВ вугільного пилу цього підприємства. В Україні нормативних документів такого типу і стандартів, що встановлюють нижню та верхню межі вимірювання концентрації вугільного пилу, немає.

Показник швидкодії вимірювача концентрації вугільного пилу є одним з основних, оскільки в шахтних умовах переважають газодинамічні процеси, які швидко протікають, та несуть потенційну загрозу безпеки робіт. З огляду на те, що нормативні документи і стандарти, які регламентують основні робочі характеристики автоматичних вимірювачів концентрації вугільного пилу шахтної атмосфери відсутні, то вимоги до швидкодії оптичного вимірювача концентрації вугільного пилу поставлені виходячи з часу спрацьовування стаціонарних метанометрів, оскільки поріг вибуховості в шахтних умовах визначається в основному комбінаціями вмісту метану та пилу. Вимоги ДСТУ [5] регламентують максимальний час спрацьовування стаціонарних метанометрів, які призначені для використання як засоби газового контролю та відключення гірничого електроустаткування, не більш 0,8 с. за об'ємною часткою метану, отже, швидкодію вимірювального каналу концентрації пилу необхідно забезпечити не більш 0,5 с.

Висновки.

Обґрунтовано та розроблено основні вимоги до вимірювача концентрації вугільного пилу: швидкодія вимірювача повинна складати не більш 0,5 с в діапазоні вимірюваної концентрації від 0 до 3 г/м^3 зі заданої дисперсності частинок вугільного пилу від 1 до 10 мкм.

Перелік посилань:

1. Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ: [стандарт Мінвуглепрому України; видання офіційне СОУ 10.1.00174088]. – Макіївка: МакНДІ, 2005. – 222 с.
2. Клименко, А.П. Методы и приборы для измерения концентрации пыли / А.П. Клименко. – М: Химия, 1978. – 208 с.
3. Креопалова, Г.В. Оптические измерения: [учебник для вузов по специальностям «Оптико-электронные приборы» и «Технология оптического приборостроения»] / Г.В. Креопалова, Н.Л. Лазарева, Д.Т. Пуряев; под общ. ред. Д.Т. Пуряева. – М.: Машиностроение, 1987. – 264 с.
4. Общие санитарно-гигиенические требования в воздухе рабочей зоны: ГОСТ 12.1.005-88. – [Действующий от 1989-01-01]. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 50 с.
5. Приборы шахтные газоаналитические. Общие требования, методы испытания: ДСТУ ГОСТ 24032:2009. – [Действующий от 2009-02-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2009. – 24 с.

Карабаджак Є.Є., магістрант (Karabadzhak2014@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗАПИЛЕННОСТІ СОНЯЧНИХ МОДУЛІВ

Актуальність питання. Зараз при використанні альтернативних джерел енергії великий попит мають сонячні панелі. Один з недоліків цієї системи це вплив зовнішніх факторів на коефіцієнт корисної дії. При зменшенні ефективності системи користувач несе економічні втрати та електроенергетичні втрати. На сьогодні існує безліч методів для збільшення ефективності фотоелектричного перетворювача, але жоден не комбінує в собі параметрів економічності та простоти реалізації, що є вагомими чинниками для кінцевого користувача. Рішенням такої проблеми може бути система моніторингу[1].

Для будь-якого типу фотоелектричного перетворювача неможливо уникнути зниження ефективності або коефіцієнта корисної дії. Причини які впливають на зниження ефективності фотоелемента та на його вихідні параметри(табл.1).

При збільшенні температури сонячного елемента зменшується здібність до генерування електричного струму (втрати ефективності до 3-5 %)[2]. Великомасштабні системи потребують постійного контролю за температурою та охолодження системи для збереження продуктивної роботи та обладнання в цілому. Інші фактори (забруднення, погодні та кліматичні умови, часові умови) зменшують ефективність фотоелектричного модуля від 5% до 7%. Кількість енергії яку генерує сонячна панель на пряму залежить від кількості отриманого сонячного світла.

Таблиця1 - Причини зниження ефективності фотоелемента

Фактори впливу	Зниження коефіцієнта корисної дії, %
Погодні та кліматичні умови	на 5%
Зміна дня та ночі	<7%
Приріст температури	від 3-5%
Нерівномірний розподіл сонячних променів	на 2%
Забруднення	на 7%

Відсоткове відношення може змінюватися в залежності від типу фотоелектричного перетворювача та в залежності від складності системи альтернативного джерела живлення.

Сьогодні очищення в ручному режимі найактуальніше для приватних осіб. Воно потребує мінімальних фінансових та фізичних витрат, але не оптимальне через невідому частоту прибирання.

Часте очищення пошкоджує поверхню модулів, а повна його відсутність зменшує ефективність роботи системи. Безпосереднє пошкодження системи впливає на її функціональність та довговічність, що в свою чергу потребує заміну модуля. З економічної точки зору оптимальним варіантом є система моніторингу стану запилення панелі. Необхідно контролювати рівень забруднення в мінімальних межах та при збитковій концентрації інформувати про необхідність очищення[3].

Система моніторингу стану сонячних панелей для систематизації процесу очищення в ручному режимі наведена на рисунку 1. Сонячна енергія потрапляє на фотоелектричний перетворювач та датчик. Датчики зчитавши інформацію надає її до апаратно-програмного пристрою за допомогою якого виконується розрахунок рівня запиленості системи[4]. На даному етапі використовується платформа Arduino UNO. Платформа запрограмована для зчитування інформації з пристрою обробки та збереження. Данна система має мінімальні затрати на монтаж та проста у використанні.

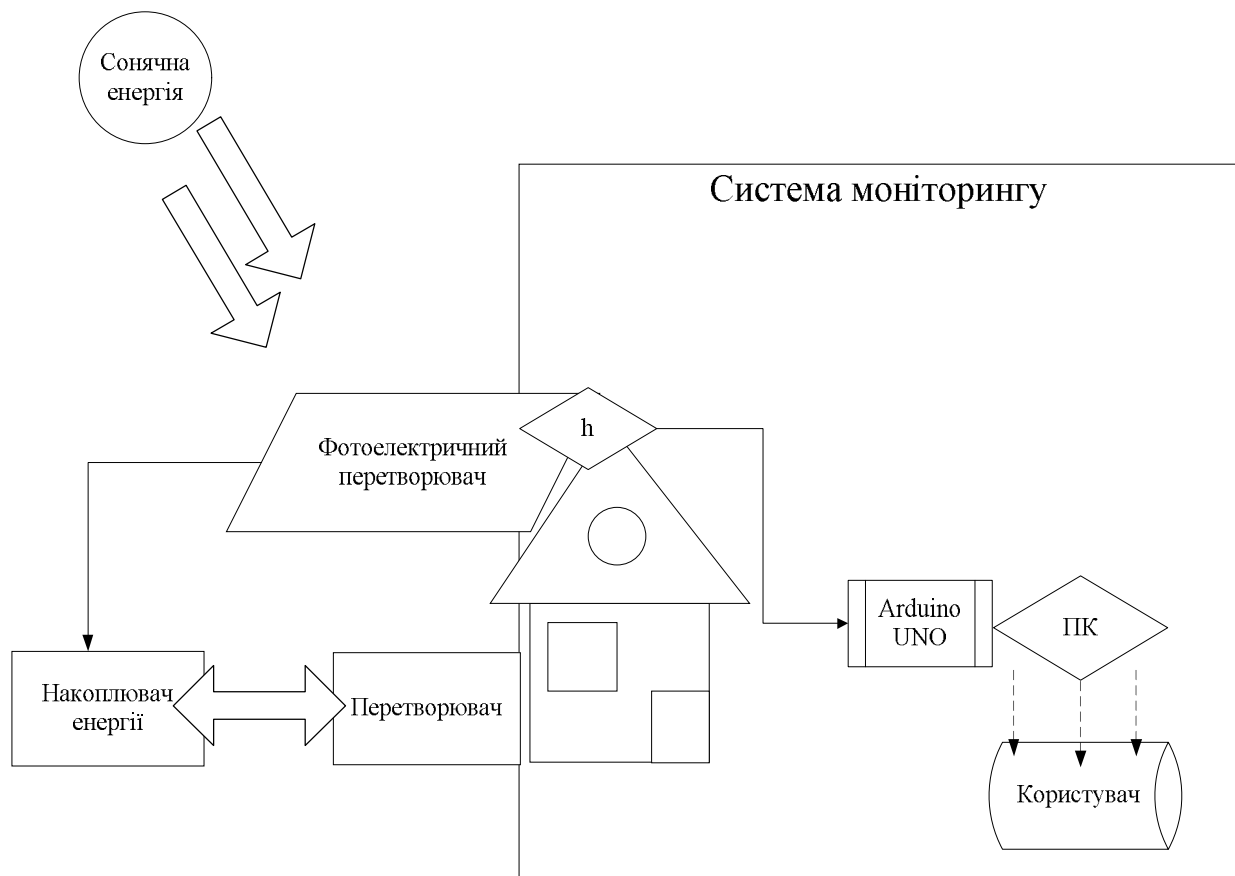


Рис.1-Структурна схема системи моніторингу

В роботі представлено переваги та недоліки використання сучасних фотоелектричних систем, як основних компонентів фотовольтаїки. Запропоновано систему моніторингу за сонячними модулями для зменшення чинників впливу на ефективність системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сафонов В.А. Разработка комбинированной солнечной установки для автономного потребителя / В.А.Сафонов, В.В.Кувшинов // Відроджена енергетика . – №4(23). – 2010. – с.61-69.
2. Клычев, Ш. И. Оптические среды как способ повышения эффективности концентраторных солнечных фотоэлектрических установок / Ш. И. Клычев, С. А. Бахрамов, В. В. Харченко, З. Ш. Клычев // Гелиотехника. – 2012. – №2. – С.71-73.
3. Мейтин М. Пусть всегда будет солнце // Электроника: Наука, Технология, Бизнес, сс.40-46(2000).
4. Ефимов В.П. Фотопреобразователи энергии солнечного излучения нового поколения// ФІП ФІП PSE,8(2), (2010).

4. Енергетика та автоматизований електропривід

УДК 621.3.036:621.565.95.

Маляков І.В., студент (igoran118@gmail.com)

Власенко М.М., к.т.н., доцент (mykolay.vlasenko@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ У КАНАЛАХ ТЕПЛООБМІННИКА ЗА ДОПОМОГОЮ САПР SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

Робота присвячена створенню 3D моделі водо-водяного кожухотрубного теплообмінника та визначення його ефективності (ККД) за допомогою SolidWorks Flow Simulation. На сьогоднішній день все менше і менше використовується натурних лабораторних моделей для дослідження й вивчення тих чи інших процесів. Бо вже з кінця ХХ століття Системи Автоматизованого Проектування (САПР) почали виходити на високий рівень продуктивності. Створення SolidWorks переслідувало такі цілі, як: скорочення трудомісткості проектування і планування, скорочення собівартості проектування і виготовлення моделей, скорочення термінів проектування. Тому на сьогодні актуальність цього питання є дуже важливою.

Відомі дослідження та публікації. Особливості САПР SolidWorks викладено у статті [1], алгоритм роботи та основні пріоритети SolidWorks відображено в [2]. Останніми авторами проводилися дослідження SolidWorks та були встановлені одні з основних пріоритетів у розробці системи, яка орієнтована на вирішення завдань конструкторсько-технологічної підготовки виробництва. Також буро розглянуто три базові конфігурації: стандартну, професійну і преміум, а крім цього, прикладні модулі: інженерні розрахунки, обробка механічна, управління даними. Спеціалізовані модулі SolidWorks, призначені для проектування технологічного оснащення, об'єднані в спеціалізовані пакети і забезпечують конструкторам-технологам можливість швидкого створення і модифікації штампів, прес-форм і ливарних форм.

У [1], було розглянуто інтерфейс користувача, порядок створення зборки, проектування зварних деталей за тривимірним ескізом з використанням профілів із бази даних програми.

Основний матеріал та результати досліджень. Усі моделі SolidWorks складаються з 3 видів: деталь, зборка і 2D креслення. Креслення кожухотрубного водо-водяного теплообмінника було взято із інтернету і за цим кресленням зроблено 3D модель. Важливою перевагою 3D моделі над 2D кресленням є найбільш повний опис геометрії та фізичних властивостей об'єкта моделювання (маса, моменти інерції, обсяг). Однак, одним з вагомих недоліків САПР SolidWorks є невід'ємна потреба у великих резервах продуктивності комп'ютера.

На першому етапі за допомогою відповідних інструментів було викреслено деталь - корпус (кожух) теплообмінника. Далі була створена модель трубної решітки, це найскладніша деталь збірки. Третьою та останньою деталлю було днище. Після того, як усі деталі були накреслені, перейшли до наступного етапу – складання зборки. Зборка здійснюється за допомогою інструменту «сполучення». Усі деталі по чергово з'єднуються одна з іншою. Після завершення процедури сполучення, була виконана 3D модель, яка має вигляд, представлений на рис.1.

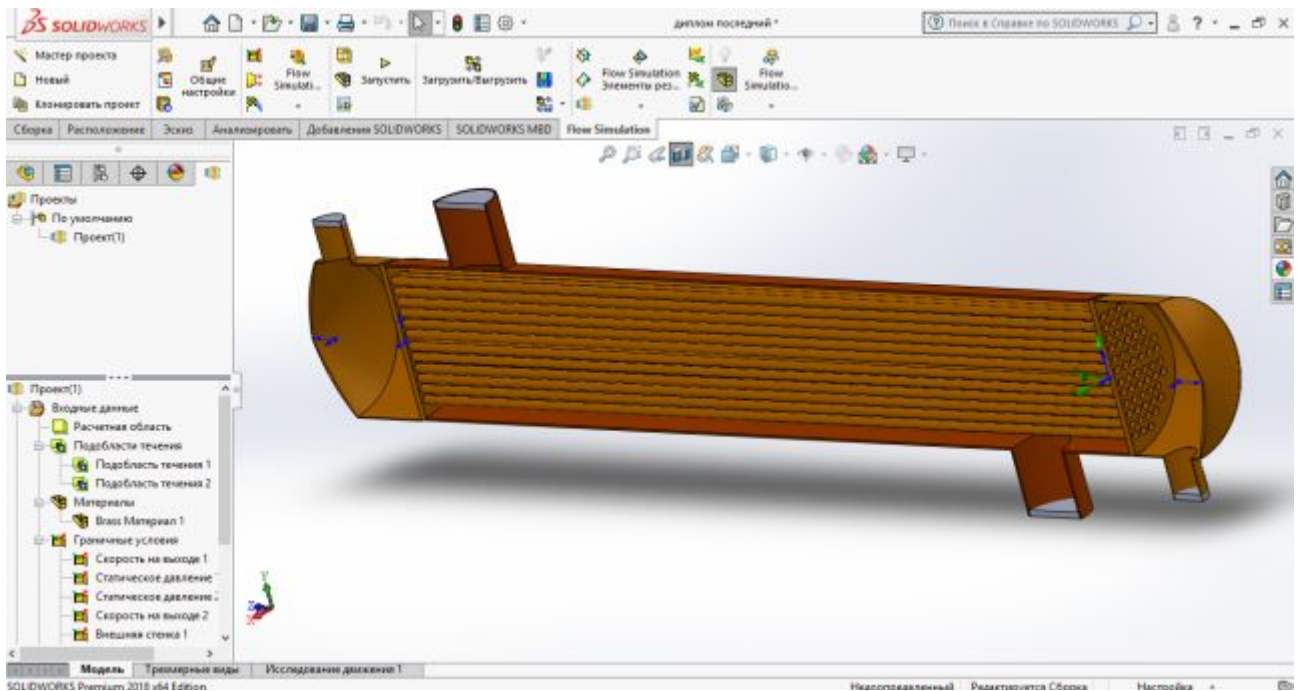


Рисунок 1 – Кожухотрубний водо-водяний теплообмінник у розрізі

Після створення геометричної моделі, переходили до технічного теплового розрахунку моделі за допомогою блоку SolidWork Flow Simulation. Перша важлива відмінність використання комп'ютерного моделювання від математичного полягає у точності результатів дослідження. Наприклад, коефіцієнт теплопровідності λ для будь-якого теплоносія не є величиною сталою і має залежність від температури, тиску, вологості. Для спрощення розрахунку його приймають незмінним. SolidWork Flow Simulation враховує вищезгадані залежності як коефіцієнта теплопровідності λ , так і решту інших термодинамічних і фізичних параметрів. SolidWork Flow Simulation це інструмент чисельного моделювання, заснований на методі кінцевих обсягів. За допомогою його можуть вирішуватися стаціонарні і нестаціонарні задачі. При вирішенні теплових задач істотною перевагою подібних інструментів є розрахунок плинну теплоносія. Це позбавляє користувача від необхідності призначати коефіцієнти тепловіддачі, які описують взаємодію плинного середовища зі стінкою теплообмінника.

Розрахунок починається з обрання матеріалу моделі (це будь-який матеріал з бази даних програми), встановлення граничних умов та призначення цілей розрахунків.

Прикладом такого розрахунку є графічне відображення температурного поля теплообмінника, що приведено на рис.2.

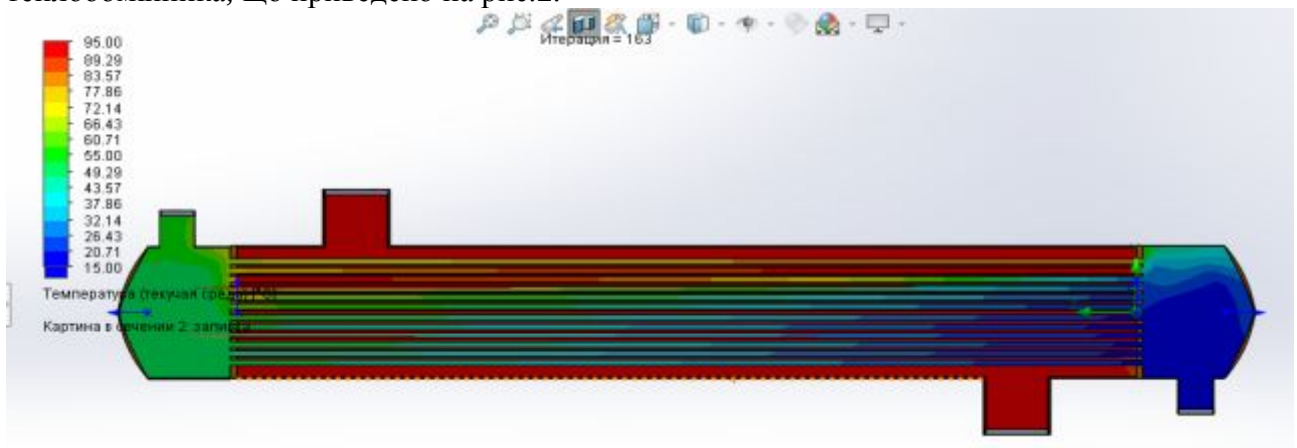


Рисунок 2 – Температурне поле плинного середовища теплообмінника

Висновки та напрямок подальших досліджень. Система автоматизованого проектування SolidWorks знайшла широке застосування у виробництві і наукових дослідженнях завдяки тому, що забезпечує повну розробку виробів будь-якого призначення і будь-якої складності, має зрозумілий інтерфейс і можливості виявлення помилки на ранній стадії проектування. Подальше використання САПР SolidWorks може бути пов'язане з розв'язанням задач інтенсифікації тепломасообмінних процесів.

Перелік посилань:

1. Федік Л.Ю. Особливості системи автоматизованого проектування SolidWorks / Л.Ю. Федік // Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». - 2014.- Вип. 15. - С.127-130.
2. Андрусевич А.А. Исследование современных средств проектирования технологической оснастки / А.А. Андрусевич, Ф.В. Фомовский, С.В. Сотник // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. - 2014. - Вип. 3. - С. 104-109.
3. Алямовский А.А. SolidWorks Simulation: Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации / Алямовский А.А. - Москва: ДМК Пресс, 2015. – 562 с.

Шкабура С.В., студентка (svetashkabura@rambler.ru)

Колларов О.Ю., к.т.н., доц. (kollarov@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

РОЗРОБКА ДОПОМІЖНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТРУБНОГО ЗАВОДУ З ВИКОРИСТАННЯМ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Використання фотоелектричних перетворювачів під час розробки систем електропостачання є надзвичайно актуальним питанням у зв'язку з впровадженням «Зеленим» тарифом - спеціальним тарифом, відповідно до якого електрична енергія, що виробляється об'єктами електроенергетики, які використовують альтернативні джерела енергії, закуповується. Відповідно до законодавства існує положення права виробників електроенергії з поновлюваних джерел, а саме:

1. Гарантується підключення до існуючих енергетичних мереж;
2. Гарантується придбання енергопостачальниками усієї енергії, яка була вироблена з відновлюваних джерел;
3. Гарантія незмінності тарифів, відповідно до яких визначається вартість енергії під час термінів їх дії [1].

Згідно з підписаною Угодою про Асоціацію з ЄС (Стаття 338, Глава 1, Розділ V), Україною були взяті на себе додаткові зобов'язання з приводу поступової інтеграції системи електроенергетики України до електроенергетичної мережі Європи, і в той же час стимулювати виробництво енергії з поновлюваних джерел енергії. Важливим фактором, який сприяє не лише актуалізації впровадження альтернативних джерел енергії, а й привертає увагу закордонних інвесторів щодо можливої капіталізації, є те, що на території України встановлені одні з найвищих ставок в Європі щодо «Зеленого» тарифу. Закріплений законом «зелений» тариф діє до 2030 року[2].

Серед основних задач, які потребують вирішення при розробці систем електропостачання промислових підприємств можна виділити підвищення якості електроенергії у моменти провалу напруги на різних частотах: на високих частотах фільтрація високочастотних гармонік і перехідних процесів, на середніх частотах регулювання пускових режимів та само запуску, на інфра-низьких частотах дотримання добового циклу. Також задачами є підвищення живучості підприємства в аварійному режимі під час безструмлення і тимчасових перерв живлення, диспетчеризація, «гра» на ринку тарифів (3-зонний тариф) протягом різних періодів часу (наприклад, протягом 2-х годин, години, ситуаційно), та ефективна реалізація сонячної енергії як при повному вирішенні задачі, так і при частковому забезпеченні високоякісного навантаження. Розглянемо останню задачу докладніше.

Аналізуючи перелік обладнання підприємства, було прийнято розрахувати можливість автономного живлення ділянки підготовки і ремонтно-технічного обслуговування, встановлена потужність якої була визначена за методикою, яка застосовує коефіцієнт використання обладнання, та становить 278 кВт. Після розрахунку системи автономного електропостачання даної ділянки було вираховано, що необхідно 1330 панелей для покриття потреб, але в той же час подібне рішення потребує використання великої кількості акумуляторних батарей. Це є великим недоліком, адже акумулятори потребують великих капіталовкладень, певних умов експлуатації та при великій кількості потребують багато місця. Тому було прийнято рішення надання резервного живлення від сонячної електростанції лише групі таких відповідальних споживачів, як пульти та шафи управління, освітлення, кранове господарство. Розрахунок потужності проведено за зазначеною вище методикою. Отриманий результат становить 123,95 кВт потужності. Для функціонування

електростанції обираємо 10 гібридних сонячних інверторів GROWATT 10000 та використовуємо стаціонарні мало обслуговувані свинцево-кислотні акумуляторні батареї EverExceed серії OPzS ємністю 2100 Агод. Для забезпечення необхідного навантаження встановлюються 782 сонячні панелі Risen Energy RSM60-6-290M потужністю 290 Вт.

Так як після розрахунку встановлення сонячної електростанції на даху трубного заводу було зайнято лише 29% площі даху, то економічно вигідним вбачається використання площі, яка залишилася, для розробки мережевої станції для продажу електроенергії за «зеленим» тарифом, не виключаючи залучення для цього інвесторів. Отже, після аналізу територіальних можливостей встановлена можливість спорудження промислової мережевої електростанції потужністю 600 кВт, виробіток електроенергії якою зображений на рис.1.

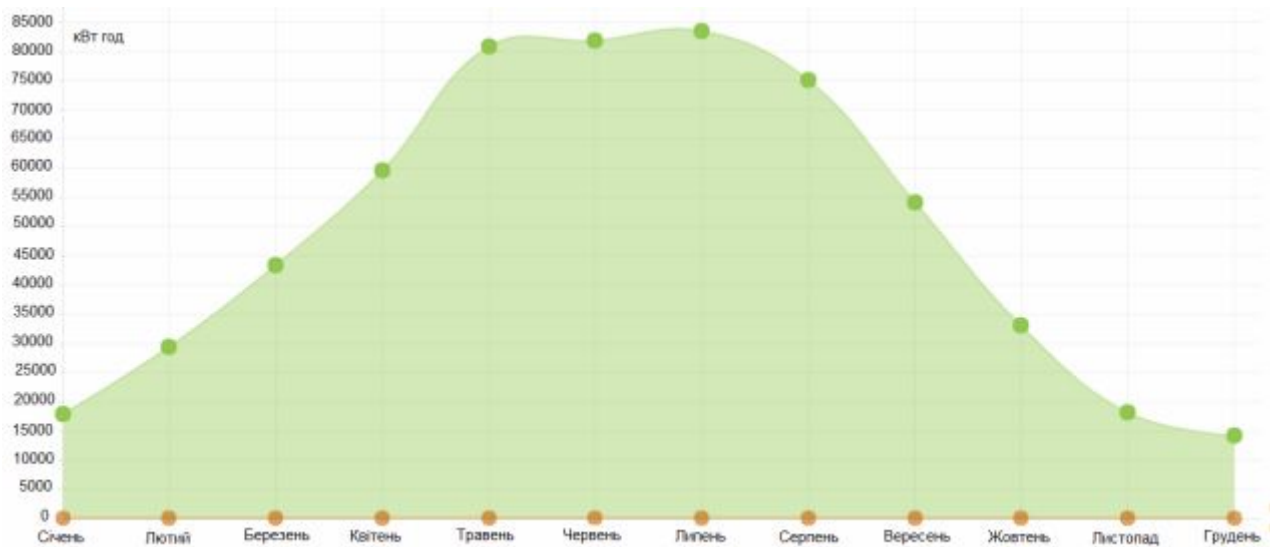


Рисунок 1 – Виробіток спроектованої мережевої електростанції потужністю 600 кВт при відсутності власного споживання

Отже, були розроблені декілька можливих проектів встановлення допоміжної системи електропостачання з використанням фотоелектричних перетворювачів для трубного заводу, проведено їх порівняльний аналіз та визначені характеристики основних елементів системи електропостачання.

Перелік посилань:

1. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2003, № 24, ст.155)
2. Промышленная солнечная станция 1 МВт [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://alteco.in.ua/solution/solnechnaya-energetika/solar-plant-1mw>

Алексєєва М.В., магістрантка, (aliekšieieva.mariia@ukr.net),

Бордюков В.Є. магістрант, (vitaliibordyukov@ukr.net),

Шейна А.О., к.т.н., (annsheina08@gmail.com).

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ВПЛИВ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПАРАМЕТРИ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ

У чому полягає головна відмінність електричних систем? Добре відомо, що головною рисою електричних систем є нерозривність процесу генерації й споживання електричної енергії. Тобто вона практично миттєво передається від джерел електроенергії до споживачів у потрібному об'ємі.

Єдність процесів споживання й генерації електроенергії потребує забезпечення балансів активних і реактивних потужностей. Потужності споживання й генерації є функціями частоти змінного струму f і напруги U (статичні характеристики). Загально відомо, що баланс активних потужностей більше впливає на частоту змінного струму f (глобальний, загальносистемний параметр) і в незначній мірі впливає на значення напруг U у вузлах електричної системи. Баланс реактивних потужностей навпаки впливає на локальний параметр системи – напругу U у вузлах мережі.

Навантаження споживачів змінюється цілодобово і графік навантаження поділяють на три частини: базову, полупікову і пікову. В Україні більша частина потужностей генерації недостатньо маневрена і здатна покривати лише базову частину навантаження. Це є проблемне питання, для вирішення якого необхідне введення нових мобільних потужностей генерації. Зараз цю функцію виконують ГЕС та ГАЕС, потужність яких згідно [1] становить тільки 9 % при необхідних 15-20 %. Будівництво нових великих ГЕС в умовах рівнинних річок України не можливе.

Світова практика [2] показала, що використання пристроїв накопичування електроенергії значно підвищує ефективність експлуатації мережі: вирівнюється навантаження, згладжуються піки навантаження і оптимально використовуються потужності генерації. Ідея використання накопичувачів електроенергії не нова, але є актуальною, особливо в сучасних умовах здороження палива для електричних станцій.

Пристрої накопичування змінювалися й удосконалювалися протягом тривалого часу. Мета даної роботи: роздивимось питання практичного застосування накопичувачів електроенергії (НЕ) на основі літій-полімерних комірок в розподільчих мережах і проаналізувати вплив їх роботи на параметри функціонування мережі.

Головна ідея використання НЕ – розділити у часі процеси генерації і споживання електроенергії. Як відомо, конденсатори здатні накопичувати електричні заряди при подачі на їх пластини робочої напруги. Вони характеризуються ємністю, яка визначає величину накопиченого заряду. Ємність конденсатора визначається на основі геометричних розмірів і фізичних властивостей ізоляції. Добре відомо, що питома енергія конденсатора тим більше, чим менше товщина конденсатора δ . Існує мінімальна допустима величина товщини $\delta_{\min}$, нижче якої виникає електричний пробій ізолятора і він виходить зі строю. Для роботи конденсатора необхідно, щоб напруженість електричного поля була більше пробивної напруженості $E_{i\delta} = \frac{U}{\delta_{\min}}$ з урахуванням коефіцієнту запасу.

Для звичайних конденсаторів питома енергія невелика. Тривалість зберігання заряду із-за струмів витоку також невелика. У 1957 році фірмою “General Electric” (USA) [3] був запатентований перший конденсатор із активованого вугілля. Головна особливість активованого вугілля: велика поверхня в одиниці об'єму. Електролітом в такому

конденсаторі є розчин солі лужних металів в органічному розчиннику. Ємність такого конденсатору майже в 100 мільйонів разів перевищує ємність звичайних конденсаторів.

Заряд таких конденсаторів відбувається завдяки накопиченню електричної енергії в подвійному електричному шарі (ПЕШ), який утворений поверхнею зарядженого провідника і шаром прилеглих до нього іонів електроліту. ПЕШ – це конденсатор з двома обкладинками, ємність якого пропорційна площі обкладинок і обернено пропорційна відстані між ними. Відстань між обкладинками дуже мала, а величина поверхні провідника, наприклад, активованого вугілля, досягає 1700-2000 м²/г, тому ємність ПЕШ дуже велика і енергія конденсатора може досягати 55-60 Дж/г.

Енергію ПЕШ в електричних конденсаторах почали широко використовувати в другій половині ХХ ст. з появою, матеріалів, які дозволили створити такі конденсатори. Крім того виникла потреба в потужних джерелах струму, які швидко заряджаються з великим ресурсом для вирішення завдання акумулювання енергії.

Зараз широкого використання набули класичні конденсатори з ПЕШ, гібридні пристрої СК з різними типами матеріалу електродів: один електрод виготовлений з активованого вугілля, а інший електрод виготовляється з матеріалів, які застосовуються при виробництві акумуляторних батарей. Також з'явилися гібридні СК, в яких застосовуються оксиди металів (оксид свинцю або оксид нікелю), в якості позитивного електроду, і літєвий графіт - в якості негативного. Питомі енергія (кВт·год/кг) у гібридних СК є вищою, ніж у класичних СК.

На базі конденсаторів підвищеної ємності була створена модульна конструкція накопичувача енергетичного призначення [4] (рис .1).



навантаження і підвищення її стійкості.

Річні втрати потужності ΔW в лініях електропередач (ЛЕП) з активним опором R_{WL} і номінальною напругою $U_{НОМ}$ при максимальному навантаженні P_{max} :

$$\Delta W = \frac{P_{max}^2 \cdot R_{WL}}{U_{НОМ}^2 \cos^2 \varphi} \cdot \left[2 \cdot T_{max} - 8760 + \frac{8760 - T_{max}}{1 + \gamma - 2\beta} (1 - \beta)^2 \right], \quad (1)$$

де T_{max} – число годин роботи з максимальним навантаженням; β – коефіцієнт мінімуму навантаження; γ – коефіцієнт щільності навантаження (заповнення графіка навантаження).

З включенням в ЛЕП накопичувачем енергії:

- зменшиться максимальне навантаження P_{max} ;
- збільшиться число годин роботи з максимальним навантаженням T_{max} ;
- збільшиться коефіцієнт мінімуму навантаженням β ;
- збільшиться коефіцієнт заповнення графіка навантаженням γ .

Включення накопичувального елемента потужністю P_{HE} змінить T_{max} до величини $\gamma_{HE} \cdot 8760$, β – до β_{HE} , а P_{max} – до $P_{max_{HE}} = P_{max} - P_{HE}$.

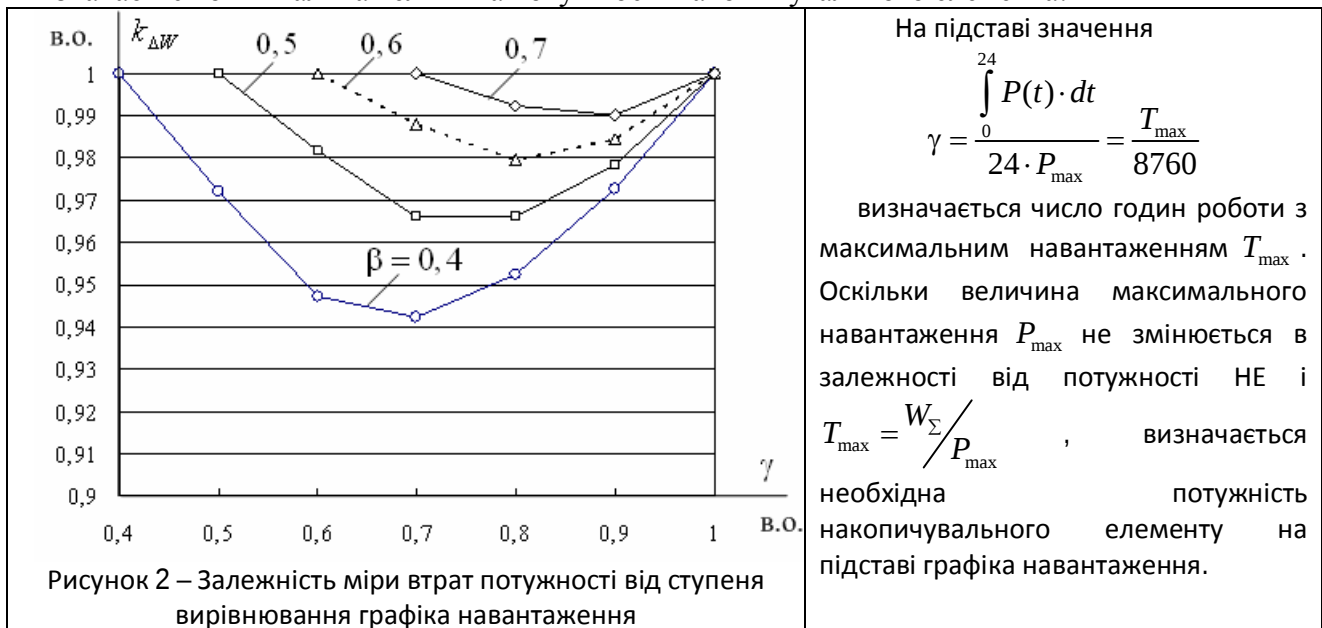
Отже коефіцієнт зміни річних втрат енергії, пов'язаних з включеним НЕ, на підставі (1) буде визначатися наступним чином:

$$k_{\Delta W} = \frac{\Delta W_{HE}}{\Delta W} = \frac{(P_{\max} - P_{HE})^2}{P_{\max}^2} \cdot \frac{(2 \cdot \gamma_{HE} - 1) \cdot 8760 + \frac{(1 - \gamma_{HE}) \cdot 8760}{1 + \gamma_{HE} - 2\beta_{HE}} (1 - \beta_{HE})^2}{(2 \cdot \gamma - 1) \cdot 8760 + \frac{(1 - \gamma) \cdot 8760}{1 + \gamma - 2\beta} (1 - \beta)^2}.$$

У випадку повного вирівнювання графіка навантаження ($\gamma_{HE} = 1$, $\beta_{HE} = 1$) і позначення $\frac{(P_{\max} - P_{HE})}{P_{\max}} = 1 - P_{HE*}$, у відповідності з виразом для потужності НЕ $P_{HE} = 1 - \gamma$, коефіцієнт зміни втрат після перетворень буде визначатися:

$$k_{\Delta W} = \frac{\gamma^2 \cdot (1 + \gamma - 2\beta)}{(\gamma - \beta)^2 + \gamma \cdot (\gamma - \beta^2)} \quad (2)$$

На рис. 2 побудовані характеристики зміни втрат потужності в ЛЕП для різних коефіцієнтів мінімуму навантаження β в залежності від ступеня вирівнювання графіка навантаження, тобто коефіцієнта щільності навантаження γ . Мінімальні втрати потужності в ЛЕП відповідають критерію $k_{\Delta W} \rightarrow \min$. На підставі отриманого значення $k_{\Delta W \min}$ визначається оптимальна величина потужності накопичувального елемента.



Отже НЕ є багатофункціональними пристроями. Виконання одних функцій автоматичне забезпечує виконання інших. За наведеним алгоритмом в електричних мережах визначається потужність накопичувального елемента з позиції не лише вирівнювання графіка навантаження, але і зменшення втрат потужності в ЛЕП.

Перелік посилань:

1. Лежнюк П. Д. Проектування електричної частини електричних станцій: навчальний посібник / П. Д. Лежнюк, В. М. Лагутін, В. В. Тептя. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 194 с.
2. Аналіз зарубіжної практики впровадження автоматизованих систем управління технологічними процесами в електроенергетиці. / Міністерство енергетики та вугільної промисловості України ДП «НЕК «Укренерго». Науково-технічний центр електроенергетики. Київ – 04/2014.
3. Pat. US2800616 (A) Low voltage electrolytic capacitor / Н. I. Becker; assigned 23.07.57.
4. Астахов Ю. Н. Накопители энергии в электрических системах: учебное пособие / Ю.Н. Астахов, В.А. Веников, А.Г. Тер-Газарян. – М.: Высш.кл., 1989. – 159 с.

Бордюков В.Є. магістрант, (vitaliibordyukov@ukr.net),
Алексєєва М.В., магістрантка, (aliekisieieva.mariia@ukr.net),
Шейна А.О., к.т.н., (annsheina08@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
 м. Покровськ, Україна

АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ ІНЕРЦІЙНИХ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Найбільш істотні зміни в енергетичній галузі за даними Міжнародного Енергетичного Агентства (International Energy Agency) є [1]:

- зростання попиту на електроенергію;
- дефіцит потужностей генерації;
- підвищення вимог до надійності й якості електроенергії;
- значне підвищення вартості електричної енергії;
- вимоги до екологічної відповідності енергетичних об'єктів.

Внаслідок дефіциту резервів потужностей генерації в період пікових навантажень виникає розбалансування режиму роботи енергосистеми. Це становить серйозну небезпеку і може привести до повного розладу роботи енергосистеми.

Рівняння відносного руху ротора еквівалентного генератора – це залежність частоти f від небалансу потужності ΔP :

$$\Delta P = T_j \frac{d^2 \delta}{dt^2} = T_j \frac{df}{dt}, \quad (1)$$

де T_j – постійна інерції еквівалентного генератора;

δ – кут вибігу ротора; $d^2 \delta / dt^2 = df / dt$ – прискорення або уповільнення руху ротора.

Відповідно до (1) залежність частоти в системі від небалансу активної потужності складає

$$\frac{df}{dt} = \frac{\Delta P}{T_j}. \quad (2)$$

Отже чим більше дефіцит потужності генерації в системі ΔP , тим швидше знижується частота f . Невелике зниження частоти на 0,1-0,2 Гц не становить небезпеки для нормальної роботи енергосистеми, а призводить до погіршення економічних показників. Небезпечне зниження частоти більш ніж на 1-2 Гц може привести до повного розладу роботи енергосистеми. Усунути небаланс потужності ΔP можна двома шляхами: зменшенням навантаження системи шляхом відключення частини споживачів або збільшенням генерації шляхом введення резервних потужностей на електростанціях.

До теперішнього часу головною концепцією розвитку електроенергетики було нарощування потужностей і розширення складу енергетичного та електротехнічного обладнання з поліпшеними його характеристиками.

Нова концепція розвитку електроенергетики – впровадження інтелектуальних технологій. Smart Grid – це автоматизована система відстеження і розподілу потоків електроенергії з ефективним використанням енергетичних ресурсів.

Одна зі складових інтелектуальних електроенергетичних мереж [1] – накопичувачі електричної енергії, які:

– вирівнюють графіки навантаження в мережі (у період провалу навантаження накопичують дешеву електричну енергію, яку віддають в період максимуму навантаження);

- підвищують межі стійкості енергосистеми;
- забезпечують безперебійне електропостачання особливо відповідальних споживачів і власних потреб електричних станцій;
- демпфують коливання потужності;
- стабілізують роботу відновлювальних джерел електричної енергії.

Енергія відновлювальних джерел електричної енергії непостійна за величиною (наприклад, потік вітру нестійкий за напрямком і швидкістю; енергія сонця залежить від погодних умов, змін дня і ночі). Тому є доцільним акумулювати енергію в період її генерації і використовувати для покриття навантаження в необхідний період.

Одні з найперших застосованих акумуляторів енергії – інерційні накопичувачі енергії (ІНЕ). З кінця 70-х років відбувся новий віток у створенні ІНЕ, який був пов'язаний зі створенням високоміцних матеріалів, що мали велику питому міцність (супермаховики). Вони і зараз досить розповсюджені, бо можуть легко адаптуватися в будь-яку систему електропостачання. Характерними областями застосування ІНЕ є: автономні установки електроживлення (наприклад, транспортного призначення); резервні установки безперебійного живлення (для відповідальних споживачів, що не допускають перерви електропостачання); великомасштабні електроенергетичні установки; електрофізичні комплекси; гіроскопічні пристрої (в системах орієнтації і навігації літальних апаратів, морських суден). В цілому ІНЕ мають різнобічні застосування при широкому діапазоні шкали їх енергій і потужностей. Дослідження пов'язані з ІНЕ мають інженерний характер, метою яких є визначення характеристик ІНЕ та їх оптимальних параметрів.

Розглянемо загальноприйняту структурну схему електроенергетичної установки з інерційними накопичувачами електроенергії, яка приведена на рис. 1. Від джерела живлення постійного або змінного струму електроенергія запасється за рахунок електричної машини (ЕМ), яка працює як двигун і розкручує маховик. Цей процес триває доки ротор маховика не досягне кутової швидкості обертання $\Omega = \Omega_1$. Тоді ІНЕ переходить в режим зберігання енергії. За потребою споживачів система керування дає сигнал перемикачу режимів і ІНЕ переводиться у режим розряду, коли ЕМ працює як генератор. Наявність комутатора характерно для ІНЕ з ЕМ постійного струму. Він виконаний як електромеханічний щітково-колекторний вузол ЕМ (класична конструкція), і як керований напівпровідниковий перетворювач (безконтактні вентильні). Комутатор виконує роль інвертора при роботі ЕМ в режимі двигуна і роль випрямляча при роботі ЕМ в режимі генератора. Для ЕМ змінного струму комутатор відсутній (на схемі штрихова лінія) і працює блок стабілізації частоти. Він не використовується в установках постійного струму і деяких установках змінного струму (на схемі штрихова лінія).

Перевагою використання синхронних і асинхронних машин є можливість безконтактного виконання

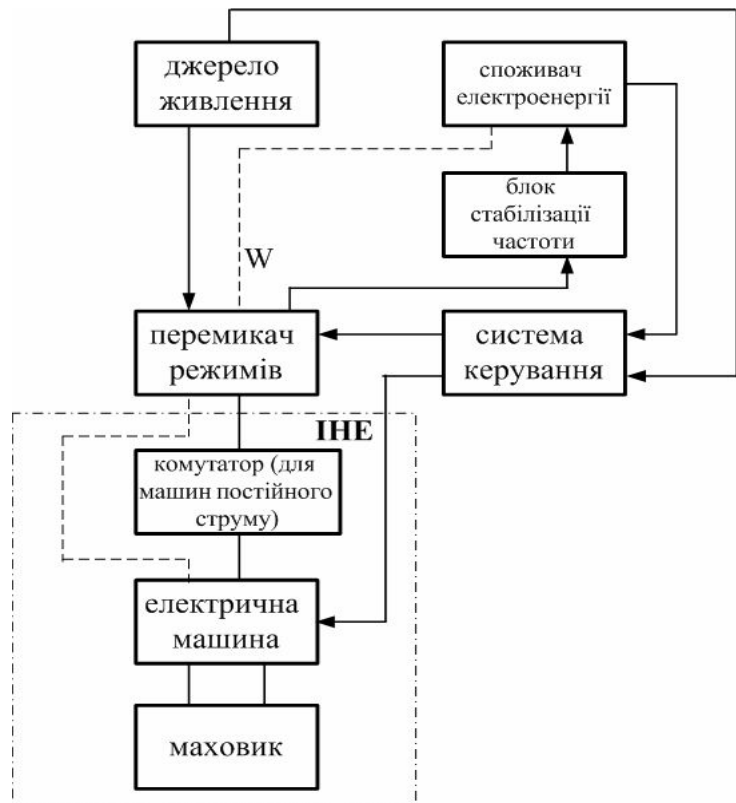


Рисунок 1 – Структурна схема електроенергетичної установки з ІНЕ

ротора. Це підвищує ресурс ЕМ і спрощує експлуатаційне обслуговування. Недоліком ЕМ змінного струму є великий внутрішній індуктивний опір взаємної індукції, який спричиняє значну втрату напруги при живленні активно-індуктивного навантаження в ударних режимах генератора.

Для ІНЕ характерна специфіка роботи синхронних або асинхронних ЕМ як генераторів ударної дії: відбір електричної потужності відбувається в умовах, відповідних перехідному процесу раптового несиметричного (для однофазних машин) або симетричного (для трифазних машин) короткого замикання (КЗ) генератора з попереднього режиму холостого ходу. Ударна потужність – це максимальна миттєва потужності за час півперіоду промислової частоти $t=0,01$ с.

На практиці доцільно використовувати перший максимум струму (пікове значення) з урахуванням аперіодичної складової. Розряд генератора промислової частоти $f=50$ Гц, триває менше 0,02 с. За такий малий час можливий відбір від ІНЕ і перетворення в електроенергію порівняно невеликої частини запасеної кінетичної енергії (менше 10-20%). З метою підвищення ефективності функціонування синхронних генераторів їх активну зону проектують так, щоб обмотка статора і потужна демпферна обмотка мали невеликі індуктивні опори розсіювання X_σ і $X_{\sigma D}$ відповідно. Це дозволяє збільшити максимальне значення струму розряду, тому перетворення в електроенергію досягне 80 % кінетичної енергії, яка була накоплена.

Інтегральний вираз для визначення енергії заряду (розгону ротора ІНЕ)

$$W_3 = \int_0^{t_3} P(t)dt + \zeta \int_0^{t_3} P_B(t)dt = W_K + W_{TEP} + W_{EL} + W_{MAG} + \zeta W_{3B}, \quad (3)$$

де $P(t)$, $P_B(t)$ – розрахункові значення потужностей, які споживаються від джерела живлення силовим колом (статора) і потужність обмотки збудження (індуктор) відповідно;

ζ – коефіцієнт, який враховує наявність окремого кола електромагнітного збудження ($\zeta=1$ для різних типів машин постійного струму і синхронних ЕМ,

$\zeta=0$ для асинхронних (індукційних) машин і для ЕМ зі збудженням від постійних магнітів);

W_K – кінетична енергія ІНЕ, яка накоплена ротором;

W_{TEP} – енергія втрат на тертя ротора ІНЕ об навколишнє середовище, в опорах ротора і в рухомих контактах струмоприймача,

W_{EL} – енергія електричних втрат в силових колах (обмотці якоря, контактах, а також в опорах вентильних перетворювачів),

W_{MAG} – енергія магнітних втрат (на гістерезис і вихрові струми в магнітопроводі),

W_{3B} – енергія електричних втрат на збудження, час зарядного режиму.

За відомими значеннями питомої енергії і часу розряду визначається місце ІНЕ в системі електроенергетичних установок з урахуванням їх призначення і технічних вимог.

Отже був наведений аналіз режимів роботи індукційних накопичувачів електроенергії й область їх застосування.

Перелік посилань:

1. Аналіз зарубіжної практики впровадження автоматизованих систем управління технологічними процесами в електроенергетиці. / Міністерство енергетики та вугільної промисловості України ДП «НЕК «Укренерго». Науково-технічний центр електроенергетики. Київ – 04/2014.
2. Бут Д.А. Накопители энергии: Учеб. пособие для вузов / Д.А. Бут, Б.Л. Алиевский, С.Р. Мизюрин. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 400 с.

Соловійов І.Д., магістрант, (sgorsolovyovd@gmail.com)

Колларов О.Ю., к.т.н., зав.каф. ЕлІн, (oleksandr.kollarov@donntu.edu.ua)

Зінов'єв С.М., к.т.н., доцент, (serhii.zinoviev@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ ГІРНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

Основними завданнями експлуатації сучасних систем електропостачання гірничих підприємств є правильне визначення електричних навантажень, раціональна передача і розподіл електроенергії, забезпечення необхідного ступеня надійності електропостачання, необхідної якості електроенергії на затискачах електроприймачів, забезпечення електромагнітної сумісності приймачів електричної енергії з мережею живлення, економія електроенергії та інших матеріальних ресурсів. Експлуатація електросистеми гірничих підприємств залежить від багатьох факторів, пов'язаних зі специфічними умовами розташування електроустаткування в гірських виробках, які визначають ряд вимог до конструкції машин і механізмів, електричним мережам для створення безпечної і безаварійної їх роботи. Постійне просування очисних і підготовчих забоїв вимагає постійного-ного (комбайни, струги і ін.) або періодичного (конвеєри лави, маневрові і скреперні лебідки, перевантажувачі, бурові верстати і ін.) переміщення машин і механізмів слідом за просуванням фронту робіт. Це стає можливим завдяки застосуванню гнучких кабелів і кінцевих штепсельних муфт. Указане обладнання на порядки більше вартує ніж електропередавальні мережі інших підприємств [1].

Необґрунтовані запаси, закладені при виборі електропередавальної мережі, одразу піднімуть капітальні та експлуатаційні витрати, що у свою чергу збільшить собівартість видобутої продукції. В умовах дотаційного стану гірничої галузі це недозволена розкіш.

Лише деякі гірничі підприємства були введені в експлуатацію на початку 90-х років. Переважна частина – ще в радянські часи. Масштабної модернізації не було на жодному підприємстві незалежно від форми власності. Останнім часом спостерігається тенденція інтенсифікації виробничих процесів для зниження собівартості продукції. З'явилися машини і механізми з більшим рівнем енергоозброєності, що дозволяє підвищити продуктивність робіт, але й збільшує навантаження на електропередавальні мережі.

Специфічні умови гірничих підприємств та вимоги безпеки привели до поширення у гірничої галузі електродвигунів з короткозамкненим ротором. Запуски таких двигунів супроводжуються 7-8ми кратним перевищенням пускового току над номінальним, а якщо ще й машини під навантаженням – запуски затягуються у часі. Тому, при вказаних запусках електродвигунів рівень напруги в мережі значно знижується, а при перевищенні допустимих меж спрацьовує апаратура захисту та відключає напругу. Часті відключення живлення значно знижують ефективність роботи і нівелюють використання нового продуктивнішого обладнання. Найменш витратним є рішення з переходу на вищу напругу живлення, як що така можливість закладена у привід машин. В даний час на шахтах України для підземних розподільних мереж і потужних двигунів застосовується напруга 6 кВ, для силових живильних мереж дільниць - 380, 660 і 1140 В. Для живлення ручного електроінструменту і ручних електросвердел, а також для освітлення гірничих виробок і світловий сигналізації використовують напругу 127 В. Досвід переводу очисних комплексів з напруги 660 на 1140 В в шахтах Донбасу показує, що продуктивність праці збільшується в середньому на 30%, а собівартість вугілля знижується на 9-10% [1, 2].

Перевести усі споживачі ділянки без заміни частини обладнання дуже часто не можливо з конструктивних причин. Провести ж заміну обладнання виявляється дорого, або неможливо, коли проблеми в роботі електричної мережі виникають в процесі роботи, а не на

початку, коли можна внести корективи.

Впровадження високопродуктивних комплексів великої потужності вимагає переходу в дільничних мережах на більш високу напругу. При існуючій напрузі 660 В і обмеження пускового струму в дільничних мережах до 1000 А гранична потужність електродвигуна з короткозамкненим ротором становить 175 кВт. Збільшення потужності електродвигунів досягається при перекладі дільничних мереж на номінальну напругу 1140 В (коефіцієнт переходу становить $\sqrt{3}$). Це дає можливість використовувати частину електрообладнання як при звичайній, так і при підвищеній напрузі за рахунок перемикання обмоток (з трикутника на зірку). Проте перехід з 1140 на 660 В допустимо тільки для двигунів потужністю до 175 кВт, у яких пусковий струм при напрузі 660 В досягає граничного значення 1000 А. Більш потужні двигуни не слід переводити на знижену напругу.

Перехід у дільничних мережах на напругу 1140 В дозволяє підвищити граничні моменти двигунів, збільшити одиничну потужність, знизити втрати напруги і потужності в кабельній мережі. Однак при збільшенні номінальної напруги дільничних мереж і двигунів підвищується вартість електрообладнання в результаті необхідності посилення його ізоляції. Крім того, у ряді випадків із-за потовщення ізоляції обмоток двигуна знижується його потужність в заданих габаритах. Особливо значно при зростанні напруги збільшується вартість двигунів малої потужності. Для кожного рівня напруги є нижня межа потужності двигуна, нижче якої практично недоцільно створювати двигуни.

Підвищення напруги викликає зростання експлуатаційних витрат на обслуговування високовольтного обладнання та забезпечення необхідного рівня електробезпеки. Тому номінальна напруга в системі електропостачання дільниці вугільної шахти вибирається на основі техніко-економічного порівняння варіантів [2].

При виборі номінального напруги 1140 В можливі такі схеми електропостачання ділянок (рис 1):

- від трансформатора 6/1,2 кВ (рис. 1, а), коли всі ЕП, крім освітлення і ручних електросвердл, отримують живлення на напрузі 1140 В;
- від двох трансформаторів (рис. 1, б), один з яких живить самі потужні електроприймачі ділянки на напрузі 1140 В, а другий – допоміжні установки на 660 В;
- від триобмоткового трансформатора (рис. 1, в), вторинні обмотки якого розраховані на номінальну напругу 1140 і 660 В, але такі трансформатори поки що не випускаються в Україні.

Розглянемо можливість найбільш якісної передачі і розподілу електроенергії, вирішую питання переходом з напруги 660 В на 1140 В.

При виборі потужності трансформаторів для дільничних підстанцій слід враховувати переважувальну здатність трансформаторів, замість того, щоб приймати у всіх випадках найближчу більшу стандартну потужність.

Вибір числа трансформаторів повинний бути обґрунтований економічним порівнянням. За умови паралельної роботи допускається використання лише однотипних трансформаторів з відношенням потужностей не більше ніж 3:1.

Звичайно перевагу віддають варіанту з одним трансформатором. У випадку, якщо будуть вибрані два трансформатора, то слід вирішити питання про те, як вони будуть працювати на мережу дільниці: паралельно або роздільно.

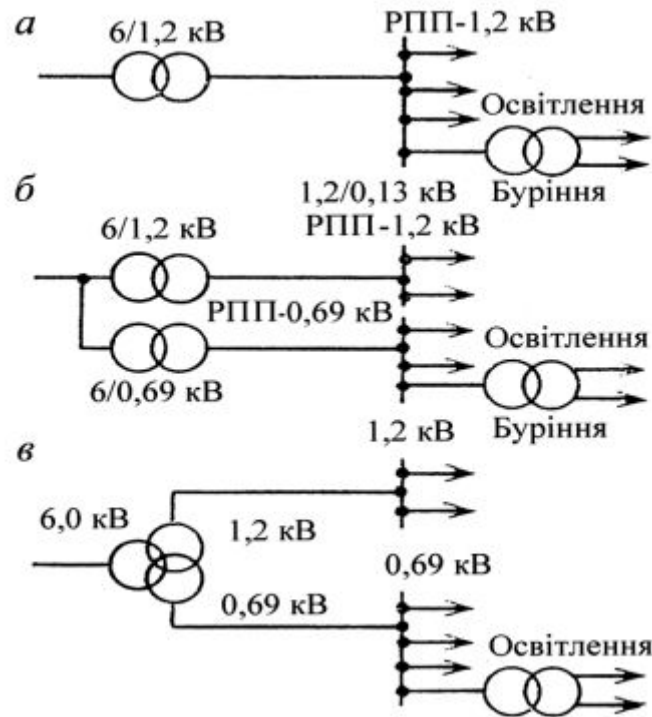


Рисунок 1 – Варіанти схем електропостачання ділянок на напрузі 1140 В

Безсумнівно, що з експлуатаційної точки зору паралельна робота трансформаторів буде більше доцільною. У цьому випадку при тій же кабельній мережі будуть мати місце менші втрати напруги, особливо при пускових режимах. Паралельна робота стане доцільною при необхідності підвищення величини струму к.з. з метою підвищення надійності дії максимального захисту. Однак з точки зору безпеки більше бажаною є роздільна робота трансформаторів. Дійсно, при роздільній роботі опір ізоляції мережі та ємнісні опори мережі відносно землі стануть більше високими, тому небезпеки, які ними утворюються стануть меншими. При роздільній роботі полегшується експлуатацію захисту від витоків (більше високим стане опір ізоляції мережі, виникає групова селективність) [1, 2].

Роздільна робота має також деякі переваги з експлуатаційної точки зору – меншою стане потужність трифазного короткого замикання в мережі. Тому перевагу слід віддати роздільній роботі трансформаторів, якщо це не створює значні ускладнення. Встановлення двох трансформаторних підстанцій для живлення ділянки проблему не вирішують, тому що, "просідання" напруги визвано втратами в електропередавальній мережі.

Перелік посилань:

1. Соловйов І.Д., Хоменко Л.Б., Зінов'єв С.М. Підвищення пропускної спроможності електропередавальної мережі гірничого підприємства [77.121.11.9/bitstream/PoltNTU/.../1/materials_04.12.17.pdf] / Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика: збірник наукових праць за матеріалами III Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції, 4-5 грудня, 2017 р. / Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка – Полтава: ПолтНТУ, 2017 – С. 121-123.
2. Медведєв Г.Д. Електрообладнання та електропостачання гірничих підприємств. – М.: Недра, 1988. – 356 с.: іл.

Хоменко Л.Б., магістрантка, (larisa.khomenko15@gmail.com)

Колларов О.Ю., к.т.н., зав.каф. ЕлІн, (oleksandr.kollarov@donntu.edu.ua)

Зінов'єв С.М., к.т.н., доцент, (serhii.zinoviev@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

АСИНХРОНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ТРАНСПОРТНИХ ЛІНІЙ ПРОМИСЛОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Найбільш простою електричною машиною серед тих, які використовуються в промисловості, є асинхронний двигун з короткозамкненим ротором. Він компактний, має малу масу на одиницю потужності та простий у використанні. Цим обумовлений той факт, що асинхронний електропривод середньої потужності з напругою 380 та 660 і потужністю до 500 кВт є найбільш масовим серед усіх електроприводів, які застосовуються у різних галузях промисловості. В гірничій промисловості використання асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором в якості електроприводу транспортних ліній промислового призначення є не тільки раціональним, а і єдиним можливим, оскільки Правила технічної експлуатації і Правила безпеки забороняють використання у якості електроприводу асинхронних двигунів з фазним ротором. У випадках коли необхідно регулювати частоту обертання ротора, наприклад для електровозів, використовують двигуни постійного струму і системи живлення та систему з контактнo-резисторною системою управління двигуном. Для більшості електровозів електропривод оснащуються електродвигунами постійного струму з послідовним збудженням. Досвід експлуатації довів, що таке рішення має ряд недоліків серед яких значно ускладнена конструкція та експлуатація обладнання, підвищена вартість та знижений рівень надійності колекторного вузла, якірних і полюсних обмоток двигунів, підвищена трудомісткість їх обслуговування. Занижений ресурс відбивається на надійності експлуатації всієї транспортної лінії.

Для трифазних асинхронних двигунів найбільш перспективним способом плавного регулювання є зміна частоти напруги живлення. Високі динамічні показники електроприводу, що частотно-регулюються, можуть бути здобуті, якщо в основі синтезу їх систем автоматизованого регулювання (САР) будуть використання диференціальних рівнянь об'єкту регулювання, методи перетворення електромеханічних систем під час зміни системи координат та сучасні принципи оптимізації. Аналіз систем рівнянь, які характеризують математичні моделі машин змінного струму, показує, що асинхронний двигун є двомірним нелінійним об'єктом. Він характеризується нелінійними зв'язками між каналами регулювання цього об'єкту, а також нелінійними залежностями між змінними, які регулюються. У частотно-регульованому асинхронному двигуні зміна керуючих впливів, яка здійснюється для зміни електромагнітного моменту, супроводжується у загальному випадку електромагнітним перехідним процесом, основною ознакою якого є наявність вільних складових потокозчеплення ротора. Нормований характер зміни моменту у частотно-регульованому електроприводі досяжний за умови регулювання потокозчеплення ротора. У роботах Ф. Блашке був сформульований принцип організації САР, яка орієнтована за вектором потокозчеплення ротора. Під час цього обертаючий момент двигуна визначається тільки "поперечною" складовою I_{sq} , а магнітний потік – тільки "продольною" складовою I_{sd} вектора намагнічуваної сили статора. Динамічні характеристики частотно-регульованого асинхронний двигун з САР, яка чітко орієнтована за вектором потокозчеплення ротора, подібні динамічним характеристикам компенсованого двигуна постійного струму з незалежним збудженням [1].

У більшості випадків електроприводи цього класу, які пропонуються до поставки

ведучими електротехнічними фірмами, САР синтезуються у класі багатомірних автономних систем. У випадку багатомірних нелінійних об'єктів, які характеризуються як сукупність нелінійних підоб'єктів, які пов'язані нелінійними функціональними залежностями, можлива реалізація регуляторів у вигляді активних лінійних фільтрів виходячи з оптимальної передавальної функції замкнених контурів регулювання. Порядок синтезу САР можна звести у загальному випадку до таких основних етапів:

- вибір системи відрахування. Відповідний вибір системи координат по-винен забезпечити подання асинхронного двигуна як простого об'єкту.
- вибір регульованих координат і законів їх взаємозв'язаного керування.

Виконання задач зводиться до пошуку раціональних структур, які характеризуються: відносно простим виразом електромагнітного моменту з мінімальним числом внутрішніх зв'язків; наявністю у прямих каналах керування тільки лінійних ланок; зручність виміру та обчислення змінних об'єктів, які повинні регулюватися. Раціональний вибір цих координат дозволяє знехтувати деякими перехресними зв'язками між каналами об'єкту через їхню слабкість.

Розвиток сучасної теорії автоматичного керування разом з розвитком напівпровідникової та мікропроцесорної техніки робить систему векторного керування однією з найкращих автоматизованих електромеханічних систем. Основою для математичного опису моделі асинхронної машини є диференціальні рівняння електричної та механічної рівноваги системи, а також рівняння перетворення електромагнітної енергії в механічну [2]. У найбільш загальній формі у системі координат, яка обертається з деякою швидкістю, ці рівняння мають вигляд:	$\left. \begin{aligned} \tilde{U}_s &= \tilde{I}_s R_s + \frac{d\tilde{\Psi}_s}{dt} + j\omega_c \tilde{\Psi}_s \\ \tilde{U}_r &= \tilde{I}_r R_r + \frac{d\tilde{\Psi}_r}{dt} + j(\omega_c - \omega) \tilde{\Psi}_r \\ M &= \frac{3}{2} K_r Z_p \left[\tilde{\Psi}_r \times \tilde{I}_s \right] \\ M - M_c &= J \frac{d\omega}{dt} \\ \tilde{\Psi}_s &= \tilde{I}_s L_s + \tilde{I}_r L_m \\ \tilde{\Psi}_r &= \tilde{I}_s L_m + \tilde{I}_r L_r \end{aligned} \right\}$
--	---

де $\tilde{\Psi}_r$, $\tilde{I}$, $\tilde{U}$ – миттєві значення узагальнених просторових векторів потокозчеплень, струмів та напруг, отримані з миттєвих значень відповідних фазних величин; ω — кутова швидкість обертання ротора; $L_s(L_r)$ – індуктивність обмоток статора (ротора); L_m – взаємна індуктивність між обмотками статора та ротора; J та M_c – момент інерції електромеханічної системи та момент опору навантаження.

Під час реалізації САР із застосуванням цієї методики синтезу виникають труднощі, які обумовлені наступними обставинами:

- керування асинхронним двигуном у системі координат, яка орієнтована за вектором потокозчеплення ротора, потребує високої точності у визначенні його просторової позиції, так як помилка його виміру призводить до коливань електромагнітного моменту у динамічних режимах роботи;
- у залежності від температури та режиму роботи асинхронного двигуна параметри машини змінюються у достатньо широких границях, що потребує ідентифікації цих параметрів і адаптивної побудови регуляторів.

У перших САР, які орієнтовані за вектором потокозчеплення ротора, інформація про нього вводилась через вимірювання за допомогою датчиків Хола. Недоліком цього способу є обмеження діапазону вихідних частот перетворювача частоти через необхідність застосування спеціальних активних фільтруючих засобів у каналі переробки інформації про магнітний потік для фільтрації вищих гармонік, які обумовлені пазами статора.

Більш сприятливий спосіб: обчислення вектору потокозчеплення ротора за допомогою математичних моделей. З введенням у САР математичної моделі асинхронного

двигуна для реалізації керування у координатах потокозчеплення ротора достатньо мати інформацію про три струми статора та швидкість ротора. Всі ці сигнали є сигналами зворотних зв'язків САР.

Рівняння перехідних процесів у асинхронному двигуні, що записані в системі координат статора, можуть бути отримані на підставі рівнянь, з урахуванням того факту, що $\omega_c = 0$. Після виконання перетворень з урахуванням того, що для двигуна з короткозамкненим ротором $\tilde{U}_r = 0$ та в системі координат статора $\omega_c = 0$ отримаємо вираз для векторів потокозчеплень ротора і статора. Якщо виразити результуючі вектори через їх реальну та мниму частини, то їх можна записати у системі координат статора. Додав до отриманих рівнянь рівняння рівноваги моментів електропривода $M - M_c = J \frac{d\omega}{dt}$, отримаємо систему диференціальних рівнянь, що повністю характеризує перехідні процеси в електроприводі при векторному керуванні.

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\omega}{dt} &= \frac{3}{2} \cdot \frac{K_r Z_p}{J} (\Psi_\alpha I_\beta - \Psi_\beta I_\alpha) - \frac{M_c}{J} \\ \frac{d\Psi_\alpha}{dt} &= -\frac{\Psi_\alpha}{T_r} - \omega \Psi_\beta + \frac{L_m}{T_r} I_\alpha \\ \frac{d\Psi_\beta}{dt} &= -\frac{\Psi_\beta}{T_r} + \omega \Psi_\alpha + \frac{L_m}{T_r} I_\beta \\ \frac{dI_\alpha}{dt} &= \frac{K_r}{T_r L_s'} \Psi_\alpha + \frac{K_r}{L_s'} \omega \Psi_\beta - \frac{R'}{L_s'} I_\alpha + \frac{U_\alpha}{L_s'} \\ \frac{dI_\beta}{dt} &= \frac{K_r}{T_r L_s'} \Psi_\beta - \frac{K_r}{L_s'} \omega \Psi_\alpha - \frac{R'}{L_s'} I_\beta + \frac{U_\beta}{L_s'} \end{aligned} \right\}$$

Таким чином, асинхронний двигун як об'єкт керування, описується системою нелінійних рівнянь п'ятого порядку, у якій два виходи – кутова швидкість (момент) та модуль потокозчеплення – повинні регулюватися за допомогою двовірного вектору керуючих напруг статора.

Передбачається, що керуюча напруга статора формується за допомогою транзисторного інвертора з ШІМ, частота комутації якого достатня для розглядання силового перетворювача як ідеального підсилювача.

Розроблена модель допоможе в розробці надійних і якісних САР на основі перетворювачів частоти. Такі системи дозволять використовувати асинхронний привод на транспортних лініях промислового призначення там, де традиційно використовується привід з двигунами постійного струму.

Перелік посилань:

1. Дацковский Л. Х. Современное состояние и тенденции в асинхронном частотно-регулируемом электроприводе (краткий аналитический обзор) / Л.Х. Дацковский, В.И. Роговой, В. Н. Абрамов [и др.] // Электротехника. – 1996. – № 10. – С. 18-28.
2. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. Екатеринбург. УРО РАН, 2000. – 654 с.

Юр'єв С.А., магістрант, (yuryevsa@gmail.com)

Колларов О.Ю., к.т.н., зав.каф. ЕлІн, (oleksandr.kollarov@donntu.edu.ua)

Зінов'єв С.М., к.т.н., доцент, (serhii.zinoviev@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВІБРАЦІЙНОГО МЛИНА

Тонке і надтонке подрібнення залізних руд та інших корисних копалин в даний час є однією з головних проблем в області збагачення. Останнім часом на деяких гірничо-збагачувальних комбінатах стоять питання подрібнення залізних руд до величини 0,03-0,02 мм і отримання тонкоподрібнених продуктів для виготовлення виробів з вогнетривких матеріалів, виробів з металевих порошків та ін.

У світовій практиці для цілей тонкого подрібнення велике поширення одержали вібраційні млини. Горизонтальні млини мають одну або кілька камер, встановлених в одному корпусі, який приводиться в рух одним або кількома інерційними вібраторами. Приводом млинів, як правило, є жорсткий ексцентриковий механізм.

Для створення вібраційних млинів великих обсягів і продуктивності є млини з вертикальним розташуванням помольної камери. На відміну від інших типів вертикально розташованого циліндричного корпусі цього млина повідомляються коливання уздовж його осі. Внаслідок цього тіла що меляться взаємодіють з днищем робочого циліндра і між собою переважно з ударом. Завантаження подрібнювального матеріалу здійснюється у верхній частині, звідки він самотпливом переміщується до місця розвантаження, одночасно заповнюючи всю площу поперечного перерізу робочого циліндра. Завдяки цій конструкції має місце менший, ніж у звичайних вібраційних млинах, знос куль і більш повне використання робочого простору млини [1].

Для подрібнення матеріалів на збагачувальних фабриках видобувної, гірничорудної, металургійної та інших галузей промисловості в основному застосовуються стрижневі й кульові барабанні млини. Ці млини забезпечують переробку великих потоків матеріалів, що є головних їх перевагою перед іншими типами дробарних апаратів. Поряд з цим барабанні млини мають низьку інтенсивність подрібнення і, внаслідок цього, малі питомі продуктивності при великому зносі куль.

Особливістю вібраційних млинів є одночасна участь всього технологічного завантаження в процесі подрібнення матеріалу. Крім того, унаслідок високої частоти коливань вібраційних млинів подрібнюваний у вібраційних млинах матеріал випробовує в одиницю часу на один – два порядки більше ударів, чим кульових барабанних млинах. Природно, енергія одиничного удару кулі вібраційного млина менша, ніж в барабанній, тому вони малоефективні при подрібненні крупних матеріалів їх слід застосовувати при тонкому і надтонкому подрібненні [1, 2].

В даний час вібраційні млини знаходять застосування в хімічній промисловості, при виробництві будівельних матеріалів, металокерамічних і силікатних виробів і т. ін. Використання таких млинів дозволяє отримати подрібнений матеріал розмірами до одного мікрометра. В робочій камері млина матеріал подрібнюється під впливом стирання та ударів спеціальних тіл, які здебільшого виготовляють у вигляді шарів з твердих сплавів сталі або з фарфору. Вібраційні млини залежно від способу отримання вібрації ділять на два типи: гіраційні ті інерційні.

На рисунку 1а показано структуру вібраційного млина гіраційного типу. В якості приводу 1 виступає асинхронний двигун з короткозамкненим ротором, який обертає через муфту 2 колінчастий вал 3. Вісь вала не співпадає з віссю обертання, тому за рахунок ексцентриситету вал підіймає та опускає корпус 4, який заповнюють матеріалом для

подрібнення та спеціальними кулями 5. Виникаючі відцентрові сили врівноважують противагами 6. Конструкцію встановлюють на пружини 7. Для роботи обирають частоту обертання вала 1500... 000 об/хв, при якій система робить гіраційний рух. Кулі всередині помольної камери циркулюють, натикаються на матеріал і ударами та тертям подрібнюють його.

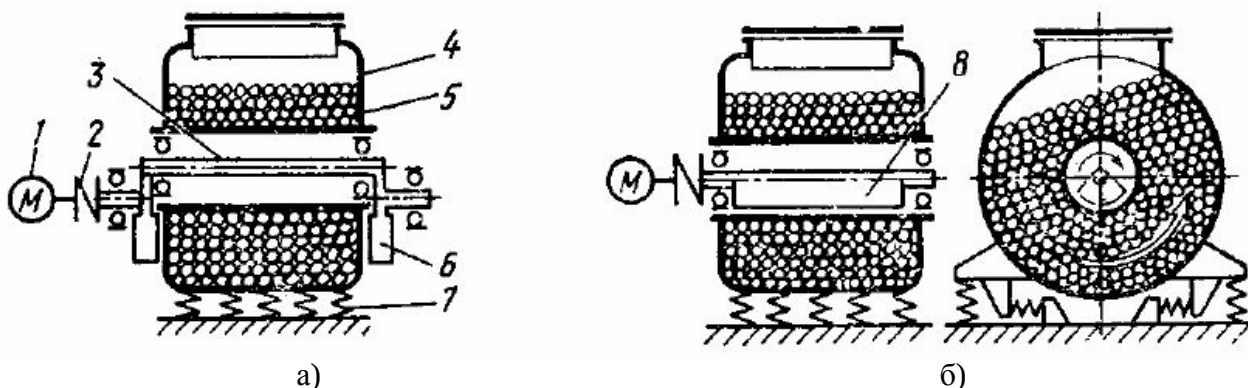


Рисунок 1 – Структура вібраційних млинів: а) гіраційного типу, б) інерційного типу.

На рисунку 1б показано структуру вібраційного млина інерційного типу. Конструкція такого млина доволі схожа на попередню. Для отримання коливань на вал не симетрично встановлюють додаткову масу 8 – дебаланс. Характер руху куль та подрібнювального матеріалу подібний до попереднього млина, а частота обертання вала електродвигуна така сама. Тобто робота електроприводу мало відрізняється вібраційних млинів різного типу.

У зв'язку з тим вимушені коливання корпусу з частотою коливань ω будуть відставати від коливань сили, що змушує коливатись, виникне кут зсуву фаз φ між коливаннями. Тоді коливання координати центра мас системи будуть описуватись рівняннями

$$x = x_a \cos(\omega t - \varphi_x)$$

$$y = y_a \sin(\omega t - \varphi_y)$$

де x_a і y_a – амплітуда коливань вздовж осей x та y відповідно, t – час.

Прийнявши жорсткості пружин в напрямку обох осей рівними та позначивши жорсткість як c , та допустивши, що центр мас корпусу співпадає з віссю обертання вала можна записати систему рівнянь, яка описує коливання корпусу млина

$$m_0 \ddot{x} + b_x \dot{x} + cx = m_0 \omega^2 R \cos(\omega t)$$

$$m_0 \ddot{y} + b_y \dot{y} + cy = m_0 \omega^2 R \sin(\omega t)'$$

де m_0 і m_0 – відповідно маса дебаланса та маса всієї системи, що коливається,

b_x і b_y – коефіцієнти опору сил по осям, R – радіус дебаланса.

Власна частота коливань системи $\omega_0 = \sqrt{c / m_0}$. Нехтуючи як малими дисипативними силами $b_x = b_y = 0$, враховуючи, що $c = m_0 \omega^2$ та продиференціювавши по часу вираз для координат центра мас системи та підставивши в систему рівнянь отримуємо амплітуди коливань

$$x_a = y_a = \frac{m_o R}{m_o (1 - \frac{\omega_0}{\omega})}$$

Млин повинен працювати у резонансному режимі, тому жорсткість опорних пружин обирають у діапазоні $\omega_0 / \omega = 1/4 \dots 1/5$. Під частоту коливань підбирають електродвигуном з потрібною частотою обертання валу.

Щоб підтримувати коливання в системі млина за період коливань $T = 2\pi / \omega$ необхідна енергія, яка знаходиться за виразом

$$A = m_o \cdot \omega^2 \cdot R \cdot \int_0^T \dot{x} \cdot dt = \pi \cdot m_o \cdot \omega^2 \cdot R \cdot x_a \cdot \sin \varphi$$

Для розрахунку середньої потужності електроприводу необхідно отриманий вираз для енергії поділити на період коливань системи.

$$N = \frac{A}{T} = \frac{1}{2} \cdot m_o \cdot \omega^3 \cdot R \cdot x_a \cdot \sin \varphi$$

Завдяки проведеним дослідженням обґрунтовані вибір загальної моделі коливання корпусу млина, проведені спрощення та прийняті допущення, в результаті чого отримані вирази для знаходження амплітуди коливань, необхідної енергії для підтримки коливань та розрахунку середньої потужності електроприводу вібраційного млина.

Подальший розвиток пов'язаний зі збільшенням ефективності вібраційних млинів, що можливо за рахунок зменшення втрат енергії при роботі. Суттєвий відсоток втрат приходить на елементи амортизації млинів, тому що традиційно розрахунки власної частоти коливань млина провадяться для системи елементів млина без урахування власної частоти коливань елементів амортизації. Частота власних коливань знаходиться приблизно і буде змінюватись в залежності від завантаження камер матеріалом, помольними шарами та кулями, їх габаритів, амплітуди і частоти коливань, характеристик вузла амортизації. Отже розрахована частота може відрізнятись від резонансної, процес помелу буде менш ефективним а втрати в елементах амортизації зростуть. Тому в узгоджені частот коливань власної і резонансної складається особливість роботи електроприводу вібраційного млина. Застосувати регульований привід, який буде підлаштовувати частоту обертання під резонансну частоту коливань млина було б частковим рішенням проблеми, однак привело б до здороження обладнання, підвищенню вимог до його обслуговування та зниженню надійності обладнання. Тому власну частоту коливань підбирають на етапі проектування близьку до резонансної, а зменшення втрат потужності пропонується зробити за рахунок оптимізації роботи везла амортизації з електроприводом вібраційного млина.

Перелік посилань:

1. Олевский В.А. Размольное оборудование обогатительных фабрик (Справочное пособие по конструкциям, расчету и эксплуатации шаровых и стержневых мельниц). – М., Госгортехиздат., 1963г. – 447с.
2. Олевский В. А. Конструкции, расчеты и эксплуатация дробилок. – М.: ГНТИЛЧЦМ, 1958 – 459 с.
3. В.Я. Борщев. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы: учебное пособие, Тамбов: издательство Тамбовского Государственного Технического Университета, 2004. 75с.
4. Клушанцев Б.В., Косарев А.И., Муйземнек Ю.А. Дробилки: Конструкция, расчет, особенности эксплуатации. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.

Каракушан М.К., магістр (drinko.mk@gmail.com)

Дринько А.Е., магістр (red.mail.ad@gmail.com)

Горохов О.Ю., магістр (gorohof3a@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ПІДХОДІВ ДО ВСТАНОВЛЕННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ

За даними ДТЕК "Донецькобленерго", в Донецькій області здійснює електропостачання більш ніж 867 тис. побутовим споживачам, з них більш ніж 450 тис. державний сектор, які проживають в домах висотної забудови з лічильниками, встановленими як у щитових на сходових клітках, так і в квартирах споживачів. Існує проблема доступу к приладам обліку, встановленим в квартирах і тамбурах, для зняття контрольних показань персоналом компанії, враховуючи відверті недопуски споживачами контролерів компанії.

У зв'язку з важким доступом до лічильників персоналу енергозбуту споживачі приєднують додаткові відпайки перед лічильником (безоблікові), змінюють фазування лічильників та з використанням штучного заземлення на труби опалення або водопостачання безобліково споживають електричну енергію або зменшують її обсяг. Крім того, в збудованих тамбурах мешканці домів приєднують мережи освітлення не к лініям загальнодомового освітлення, а к загальним стоякам квартир, що веде к додатковим втратам електроенергії. Таким чином ми бачимо необхідність у створенні система багатофункціональний лічильників у побутових мережах.

Метою створення та подальшого розвитку система багатофункціональний лічильників у побутових мережах є забезпечення можливості збереження енергоносіїв, недопущення наднормативних втрат електроенергії та заохочення населення до економії електроенергії за рахунок використання сучасних приладів обліку, які дозволяють розрахунки по зонним тарифам та забезпечують достовірний облік за умови передачі даних до білінгу про споживання побутового абонента щодоби.

Мета створення, призначення та галузь застосування система багатофункціональний лічильників у побутових мережах

Мета створення система багатофункціональний лічильників у побутових мережах

Система багатофункціональний лічильників у побутових мережах створюється для досягнення наступних цілей:

- Приведення обліку електроенергії побутових та юридичних споживачів у відповідність вимогам «Правил користування електричною енергією» (далі по тексту ПКЕЕ);
- Автоматизація процесу збору, обробки і передачі інформації із всіх точок обліку електроенергії;
- Зниження величини комерційних і технічних втрат за рахунок підвищення точності, достовірності вимірів і оперативності надходження інформації від первинних приладів обліку;
- Захист інформації від несанкціонованого доступу на всіх рівнях її збору та обробки;
- Підвищення швидкості отримання та обробки інформації, оперативності управління режимами енергоспоживання;
- Зменшення долі ручної праці і виключення суб'єктивних факторів, пов'язаних зі зчитуванням показань з розрахункових лічильників електричної енергії;

- Підвищення надійності системи збору інформації за рахунок застосування в системі технічних, програмних та організаційних рішень;
- Оперативне виявлення і виключення місць втрат електроенергії;
- Зменшення витрат на обслуговування і ремонт парку лічильників;
- Дистанційне відключення/підключення споживачів.
- Встановлення ліміту потужності споживачам.

Призначення та задачі система багатофункціональний лічильників у побутових мережах

Система багатофункціональний лічильників у побутових мережах призначена для досягнення наступних результатів[1]:

- Автоматизації процесу вимірювання, збору, обробки, зберігання, відображення, документування та передачі інформації про параметри режимів споживання електроенергії;
- Автоматизації процесу своєчасної передачі інформації про об'єми споживання електричної енергії за допомогою погоджених протоколів обміну та форматами даних
- Максимальне використання у розрахунках за електричну енергію даних приладного обліку;
- Оперативний моніторинг та виявлення крадіжок чи втручань в роботу розрахункових лічильників;
- Забезпечення автоматизованого аналізу споживання електричної енергії окремими групами споживачів та формування прогнозу (заявки) споживання для структурних підрозділів та(чи) товариства в цілому на прогнозний період (доба, місяць, квартал, рік).
- Підвищення достовірності нарахувань за спожиту електричну енергію, формування корисного відпуску і відображенням його в білінгових програмних комплексах, за рахунок використання фактичних результатів вимірювання;
- Можливість контролю показників якості електропостачання;
- Створення умов для участі споживачів в регулюванні режимів споживання.

Структура система багатофункціональний лічильників у побутових мережах, засоби та способи зв'язку, що забезпечують інформаційну взаємодію рівнів системи

Структура система багатофункціональних лічильників у побутових мережах

Система багатофункціональний лічильників у побутових мережах являє собою дворівневу (нижній та верхній рівень), територіально розподілену систему програмно-апаратних засобів визначення, збору, збереження та передачі даних обліку електроенергії.

Система багатофункціональний лічильників у побутових мережах має властивість цілісності та централізованого керування. За функціональним призначенням система багатофункціональний лічильників у побутових мережах поділяється на дві функціональні складові – вимірювальну частину система багатофункціональний лічильників у побутових мережах, яка забезпечує формування і зберігання первинних даних та частину збору і обробки даних.

Вимірювальна частина система багатофункціональний лічильників у побутових мережах структурно розташована на нижньому рівні системи, ЗОД – верхній рівень системи.

На нижньому рівні система багатофункціональний лічильників у побутових мережах забезпечує:

- визначення обсягів електричної енергії, яка надійшла в мережу об'єкту обліку на час опитування лічильників електричної енергії або на зафіксований час;
- формування та автоматичне заповнення електронного журналу подій;
- збереження інформації при аваріях, резервування даних;
- накопичування та зберігання в базі даних ПЗПД (БД ПЗПД) параметрів мережі;
- накопичування та зберігання в базі даних ПЗПД первинних значень вимірювання та передачу цих даних на верхній рівень система багатофункціональний лічильників у

побутових мережах каналами та засобами зв'язку (накопичення та передача даних виконується згідно встановленого регламенту).

На верхньому рівні система багатофункціональний лічильників у побутових мережах використовується програмно-технічний комплекс NovaSyS Energysale, який здійснює та забезпечує:

- отримування та зберігання отриманої інформації;
 - можливість дистанційного відключення та лімітування потужності споживачів у випадках і порядку, передбачених законодавством;
 - можливість безперервного контролю за справною роботою всіх засобів обліку електроенергії;
 - можливість контролю балансу активної енергії на заданих ділянках мережі, з метою виявлення можливих порушень у споживанні електроенергії;
 - можливість контролю розбалансу величин струмів у фазному та нульовому колах однофазних лічильників;
 - можливість перегляду миттєвих параметрів електромережі з трифазних та однофазних лічильників;
 - можливість перегляду журналу подій тарифних лічильників;
 - можливість формування бази даних про спожиту електроенергію по об'єктах і споживачах;
 - можливість роботи з базою даних без обмежень по часу, об'єму та кількості користувачів;
 - наявність російського (українського) інтерфейсу;
 - надання адміністраторам можливості конфігурування параметрів одного й групи лічильників електричної енергії з фіксацією найменування користувача, виконуючого конфігурування;
 - можливість зчитування даних з лічильників електричної енергії по попередньо створеному розкладу та у будь-який момент часу з диспетчерського центра;
 - можливість доступу до бази даних із розмежуванням повноважень;
 - можливість обробки та аналізу зібраних даних, балансу споживання;
 - звітів по спожитій електроенергії як по окремих споживачах так і по об'єктах в цілому
- можливість формування в табличному й графічному виді, можливість експорту в таблиці Excel.

Вимоги, яким відповідає програмне та апаратне забезпечення багатофункціональних лічильників

- об'єктом автоматизації обліку електричної енергії є окремий енерговузол (філія, район, ПС, РП, ТП, фідер, ж/б тощо) з обов'язковим балансуванням від джерела живлення[2]
- забезпечення можливості формування даних для розрахунку показників якості електропостачання (SAIDI, SAIFI);
- можливість зчитування даних з лічильників різних виробників в обсязі, що забезпечує повноцінну роботу автоматизованої системи;
- можливість доступу споживачів до результатів вимірювання лічильника, в тому числі інформації про диференційоване за часом споживання електричної енергії;
- ідентифікація та фіксація подій з журналів подій лічильників, у тому числі пов'язаних з несанкціонованим втручанням у роботу лічильників;
- забезпечення можливості обробки результатів інтервального (диференційованого за часом) вимірювання електричної енергії;
- верифікація даних;
- автоматична синхронізація часу приладів обліку;
- використання відкритих протоколів обміну;

- збереження та відображення даних параметризації для кожного локального приладу обліку.

Функції засобів обліку електроенергії

Засоби обліку занесені до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки України, мають клас точності 1,0 (0,5, 0,5S) та відповідають вимогам діючих ГОСТ 30207-94, стандарту МЕК (IEC) 687 і мають відповідний сертифікат якості.

Електронні лічильники побутових споживачів призначені для вимірювання активної енергії, в залежності від виконання можуть здійснювати облік електроенергії по тарифним зонам, в однофазних колах змінного струму, визначають сумарне значення спожитої електроенергії. Лічильники мають вбудований модуль передачі даних по радіоканалу стандарту IEEE802.15.4 (2,4 ГГц) або модуль PLC.

Електронні лічильники призначені для вимірювання активної і реактивної енергії, в трифазних мережах змінного струму, визначають сумарне значення спожитої електроенергії, в залежності від виконання можуть здійснювати облік електроенергії по тарифним зонам, мають вбудований модуль передачі даних по радіоканалу стандарту IEEE802.15.4 (2,4 ГГц) або модуль PLC.

Міжповірочний інтервал лічильників – не менше 16 років.

Термін служби лічильників – не менше 20 років.

Інтерфейс модуля передачі даних лічильників запрограмований таким чином, щоб вони мали можливість створювати власне локальне комунікаційне середовище, тобто надісланий запит деякий час транслюється від одного лічильника до іншого, поки лічильник, якому адресовано запит, не дає відповіді, яка потім транслюється в зворотному напрямку.

Функції комунікаційних пристроїв

В якості комунікаційних модулів використовуються контролери збору даних, комутаційні контролери, подовжувачі інтерфейсу та ретранслятори.

Контролер збору даних використовується в якості ПЗПД та призначений для забезпечення каналу зв'язку між вимірювальною частиною Багатофункціональний лічильників (структурно розташованою на нижньому рівні системи) по радіоканалу або PLC та сервером ПАТ «ДТЕК Донецькобленерго» по GSM/GPRS каналам.

Контролер збору даних має можливість виконувати наступне:

- накопичувати власну базу даних (БД) (не менше ніж 2000 лічильників), що зберігається в енергонезалежної пам'яті та в зазначений розкладом час передавати інформацію БД на сервер;
- виконувати зчитування та передавання даних з окремого лічильника в будь-який час.

Контролер збору даних має вбудований модуль передачі даних по радіоканалу стандарту IEEE802.15.4 (2,4 ГГц) або модуль PLC та інтерфейс RS-485[3].

У випадку збору даних з використанням інтерфейсу RS-485 до КС можливо підключення до 31 пристрою.

Комутаційний контролер призначений для забезпечення каналу зв'язку між вимірювальною частиною багатофункціональних лічильників (групи лічильників електроенергії) і КС.

Подовжувач інтерфейсу призначений для перетворення каналу передачі даних по інтерфейсу RS-485 в радіоканал і навпаки (збільшує зону дії). Подовжувач інтерфейсу забезпечує надійний зв'язок на відстані до 500 метрів (при прямій видимості).

Живлення подовжувача інтерфейсу виконується від приладів зі стандартним інтерфейсом RS-485. Швидкість передавання даних 300-115200 бод.

Ретранслятор - приймально-передавальний радіотехнічний пристрій, що встановлюється на проміжних пунктах ліній радіозв'язку з метою посилення прийнятих сигналів і подальшої їх передачі.

Радіоканал усіх комутаційних пристроїв відповідає стандарту IEEE 802.15.4 (2,4 ГГц).

Режими функціонування Багатофункціональний лічильників

Багатофункціональний лічильників забезпечує наступну функціональність:

- фіксацію у заданий момент часу результатів збору облікової інформації об'ємові споживання електроенергії від лічильників площадок споживача;
- зчитування з багатофункціональних лічильників додаткової інформації (графіки навантажень, журнал подій, покази на 00.00);
- діагностування працездатності технічних та програмних засобів Багатофункціональний лічильників та формування повідомлень про порушення працездатності;
- дистанційне передавання за запитом у відповідну службу ПАТ «ДТЕК Донецькобленерго» результатів обліку електроенергії.

Режим функціонування Багатофункціональний лічильників здійснюється безперервно в реальному часі крім випадків усунення несправностей та проведення регламентних робіт.

Усі операції, які виконує Багатофункціональний лічильників в процесі її розгортання, можна класифікувати:

- основні, які забезпечують безпосередньо функції обліку і контролю за прийомом, розподілом і реалізацією електричної енергії[4];
- сервісні, які забезпечують налагоджування, конфігурування та підтримку окремих вузлів, фрагментів та Багатофункціональний лічильників в цілому у робочому стані;
- по ступеню автоматизації – автоматичні, автоматизовані.

Організація виконання функцій обліку і контролю за прийомом, розподілом і реалізацією електричної енергії припускає:

- автоматичне вимірювання параметрів споживання електроенергії і формування первинних баз даних трифазних електронних багатофункціональних лічильників;
- автоматичне вимірювання та визначення об'єму споживання електроенергії в однофазній мережі змінного струму за допомогою однофазних електронних лічильників;
- періодичне (або за запитом) отримання інформації від лічильників та формування БД ПЗПД (в даному випадку БД контролера збору даних);
- передавання у встановлений розкладом час, БД ПЗПД до серверу ПАТ «ДТЕК Донецькобленерго».

Процес адміністрування Багатофункціональний лічильників припускає набір операцій, пов'язаних з конфігуруванням параметрів лічильників і системи, формуванням структури обліку, формування і ведення БД і т.і.

Надійність функціонування Багатофункціональний лічильників

Надійність функціонування Багатофункціональний лічильників забезпечується наступним:

- вибором оптимальної функціональної структури;
 - вибором технічних і програмних засобів, параметри яких відповідають сучасним вимогам і гарантуються підприємствами-виробниками;
 - оперативністю заміни програмно-технічних засобів, які вийшли з ладу;
 - використанням в Багатофункціональний лічильників апаратно/програмного резерву на всіх рівнях;
 - застосуванням ефективних з точки зору надійності схем з'єднань й інтерфейсів між компонентами системи та технологічних процесів збору, опрацювання й передачі даних;
- Надійність Багатофункціональний лічильників в цілому характеризується наступними значеннями показників надійності:
- середній строк служби не менше 20 років (з врахуванням заміни технічних засобів, що відпрацювали свій ресурс);
 - середнє напрацювання на відмову у виконанні окремої функції не менш 10000 годин;

- середнє напрацювання на відмову технічних засобів не менш 10000 годин;
- середній час відновлення працездатного стану не більше 12 годин;
- час готовності програмно-технічних засобів не більше 30 хвилин (із повністю вимкненого стану до виконання тесту готовності).

Відновлення працездатності технічних засобів Багатофункціональний лічильників виконується шляхом заміни технічного засобу (або його частини). Відмова одного технічного засобу не призводить до відмови інших технічних засобів Багатофункціональний лічильників.

Діагностична програма перевірки працездатності технічних засобів та програмного забезпечення Багатофункціональний лічильників постійно фіксує час, місце, вид та причину порушення правильності функціонування Багатофункціональний лічильників.

Захист інформації від несанкціонованого доступу

Для забезпечення захисту інформації від несанкціонованого доступу передбачені заходи на програмному та технічному рівнях.

Устаткування з передачі даних не має прямого (безпосереднього) з'єднання з мережами загального користування без наявності механізмів захисту інформації від несанкціонованого доступу.

Заходи програмного рівня.

В програмному забезпеченні Багатофункціональний лічильників передбачено:

- використання паролів у діалоговому режимі;
- забезпечено надання користувачам тільки тієї інформації, котра відповідає визначеним для них правам доступу[5].

Автоматично реєструється інформація щодо всіх дій користувачів Багатофункціональний лічильників, пов'язаних з:

- реконфігурацією ПЗ Багатофункціональний лічильників та його компонентів;
- синхронізацію функціонування за системним часом усіх технічних засобів Багатофункціональний лічильників між собою;

Багатофункціональний лічильників забезпечує регламентований доступ з боку ПАТ «ДТЕК Донецькобленерго» до масиву необроблених даних і т.д.

Заходи технічного рівня.

Захист від несанкціонованого доступу до технічних засобів забезпечується:

- засобами авторизованого доступу до інформації лічильників;
- розміщенням обладнання Багатофункціональний лічильників в окремому приміщенні, що зачиняється на замок та має обмежений доступ;
- пломбування лічильників та вимірювальних ланцюгів, а також виконанням вимог нормативного документу МІНПАЛІВЕНЕРГО «Додаткові вимоги до засобів обліку електроенергії, спрямовані на запобігання несанкціонованому втручанням в їх роботу».

Збереження інформації під час аварій

Для Багатофункціональний лічильників в нормальних умовах її функціонування аварійною ситуацією є відключення електроживлення (ГОСТ 24.701-86). При відключенні електроживлення лічильників обліку графік навантаження зберігається за останні 40 діб з періодом інтеграції 30 хвилин, покази на початок доби зберігаються за останні 40 діб, відповідно до п. 2.7 «Концепції побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку України».

Локальне устаткування збору даних Багатофункціональний лічильників забезпечує збереження усієї накопиченої до часу аварії первинної та розрахункової інформації.

Багатофункціональний лічильників зберігає працездатність при відключенні електроживлення на період часу, який відповідає категорії надійності електропостачання електроустановок споживача.

В програмах збору інформації з лічильників працює алгоритм контролю за повнотою даних.

Захист Багатофункціональний лічильників від впливу зовнішніх факторів

Захист Багатофункціональний лічильників від впливу зовнішніх факторів забезпечується вибором відповідного обладнання, матеріалів, ПЗ, протоколів передачі даних та інше, а також правильним виконанням таких заходів, як екранування, заземлення, фільтрація, і т.і. По електромагнітній сумісності елементи Багатофункціональний лічильників відповідають вимогам міжнародних стандартів ГОСТ 29156-91 (МЕК 801-4), ГОСТ 29191-91 (МЕК 801-2), ГОСТ 29216-91.

Інформаційні кабелі від комутаційних пристроїв прокладаються, по можливості, окремо від силових кабелів та від проводом іншого призначення.

Стандартизація Багатофункціональний лічильників

Багатофункціональний лічильників створюється на основі діючих стандартів (ЕСКД, ЕСТД, ЕСПД, ГОСТ, ДСТУ).

Багатофункціональний лічильників відповідає нормам та правилам наступних документів:

- "Концепція побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах Енергоринку";
- "Інструкції про порядок обліку електричної енергії";

Багатофункціональний лічильників створюється також на основі інших діючих нормативних документів, у т.ч. ПКЕЕ, що регулюють виконання робіт в області створення автоматизованих систем обліку електроенергії.

Програмні та технічні інтерфейси багатофункціональний лічильників стандартизовані.

Використовуючи перелік перерахованих пропозицій буде вирішити такі питання як : Важким доступом до лічильників персоналу енергозбуту споживачі приєднують додаткові відпайки перед лічильником (безоблікові), змінюють фазування лічильників та з використанням штучного заземлення на труби опалення або водопостачання безобліково споживають електричну енергію або зменшують її обсяг. Крім того, в збудованих тамбурах мешканці домів приєднують мережі освітлення не к лініям загальнодомового освітлення, а к загальним стоякам квартир, що веде к додатковим втратам електроенергії.

Перелік посилань:

1. Новини енергетики. – 2010. – № 8, № 9
2. Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2010. – №11
3. Итальянская система дистанционного управления абонентской сетью / Тубинис В.В./Новая Генерация 2/2010
4. Выявление хищений электроэнергии с помощью дистанционных средств контроля/ В.Н. Красинский, М.В. Васин, К.Ю. Гура// Электропанорама – 2011. – №1-2
5. Матеріали НКРЕ щодо впровадження АСКОВЕ в ОРЕ України та аналізу витрат електроенергії в електромережах напругою 0,4-750 кВ

Горохов О.І., студент (gorohof3a@gmail.com)

Каракушан М.К., студент (drinko.mk@gmail.com)

Дринько А.Е., студент (red.mail.ad@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ІСНУЮЧИ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА МОЖЛИВІ СПОСОБИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

У статті представлений аналіз основних проблем енергетики та можливих шляхів їх вирішення щодо економічної ситуації, що склалася в Україні на сучасному етапі.

Ключові слова: енергетична безпека, енергозбереження, енергозаміщення, нетрадиційне паливо, поновлювані джерела енергії, альтернативні способи виробництва енергії

На даний момент широкого поширення набув термін «енергетична безпека» поряд з військовою, економічною, екологічною, продовольчою та іншими видами безпеки [1]. Дане поняття можна інтерпретувати як стан захищеності країни, її громадян, суспільства і економіки від загроз надійному паливно і енергозабезпеченню. Щоб забезпечити енергетичну безпеку України, потрібно своєчасно виявити основні проблеми енергетики і описати ті способи, які підходять для реального здійснення в умовах кризової економіки. Для ХХ століття і першого десятиліття нового століття характерний високий зріст споживання первинних енергоресурсів і електроенергії. У світі в 15 разів зросло сукупне споживання електричної енергії та в 4,4 рази збільшився витрата електрики на одного жителя планети [2]. Причому темп використання енергетичних ресурсів продовжує зростати. Разом з тим продовжують активно освоюватися первинні джерела енергії з більш високою енергоемкістю - кам'яне вугілля, уран, газ, нафту.

При ретельному розгляді, найбільш значущі проблеми, пов'язані з енергетикою, шикуються в так звану «тріаду енергетичних проблем» [3].

По-перше, основні на сьогодні джерела енергії непоновлювані, причому розподіляються по планеті нерівномірно. Через що одні країни відчувають дефіцит і змушені витрачати значну частину бюджету на покупку енергоресурсів, стаючи при цьому залежними від своїх постачальників. Інші ж, навпаки, можуть підісти на легкий заробіток, що загрожує таким державам стати сировинними придатками країн, які обрали інноваційний шлях розвитку. Як, наприклад, Росія ще десятиліття тому щільно «сиділа» на вуглеводневої трубі, але тепер курс жорстко орієнтований на освоєння більш досконалих способів видобутку електричної енергії.

Рисунок 1 дозволяє оцінити енергозабезпеченість провідних промислово розвинених країн.

По-друге, сучасна енергетика приносить помітний збиток екологічній обстановці в світі. Це антропогенні викиди в повітряний простір Землі, забруднення її надр і водної оболонки. Непередбачуваність погоди підвищується, клімат на планеті змінюється [2]. В довершення всього цього слід згадати про великі аварії на техногенних об'єктах, таких як Чорнобильська АЕС.

По-третє, все перераховане вище провокує появу нових геополітичних і соціальних проблем. Так дефіцит джерел енергії змушує держави розв'язувати військові конфлікти за ресурси або здійснювати переділ територій з їх покладами ненасильницькими, економіко-політичними методами. А проблеми з кліматом призводять до погіршення ситуації в сільському господарстві, незапланована зміна погоди здатна позбавити фермерів врожаєм і викликати голод в регіоні, що в свою чергу може привести до соціальних вибухів або навіть міграції населення.

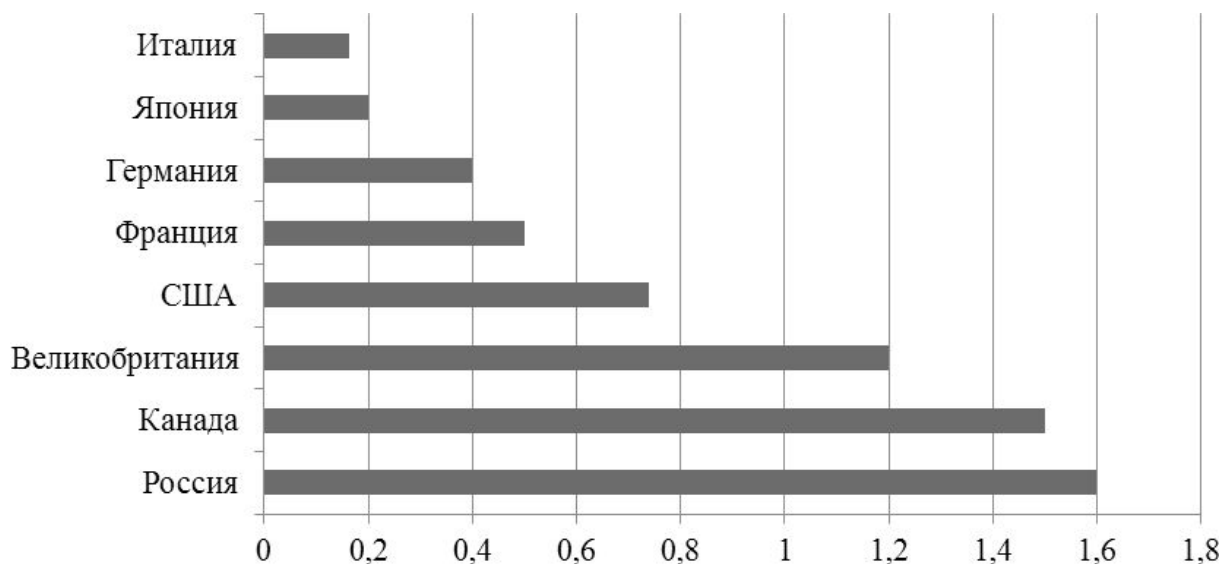


Рисунок 1 - Енергозабезпеченість країн «великої вісімки» (відношення обсягу готівки енергоресурсів до обсягу споживання)

Вирішити проблеми, що входять в тріаду, можливо шляхом заощадження енергоресурсів і заміщення традиційного палива на нетрадиційні відновлювані джерела енергії (НВДЕ) з залученням у все більших масштабах допоміжних паливних ресурсів (ДПР) та застосуванням сучасних способів отримання енергії.

Інтерес до ДПР зростає через збільшення вартості традиційних енергоресурсів, що стало наслідком зростання попиту і скорочення пропозиції зважаючи на виснаження родовищ. До ДПР відносяться горючі сланці (з якого добувають нафту і газ), бітумінозні піски (один з видів нетрадиційної нафти), важка нафта, побічний нафтовий газ, метан вугільних пластів, газогідрати. Необхідно відзначити, що видобуток метану з газогідратів створює великі труднощі з його вилучення без шкоди навколишньому середовищу і тому вимагає великих грошей.

Широке впровадження ДПР дозволить продовжити термін життя вуглеводневих секторів паливно-енергетичного комплексу, тим самим не дати рости цінам і частково вирішити проблему дефіциту.

На рис. 2 представлено співвідношення сланцевого газу до запасів традиційного газу по країнам.

Нетрадиційні відновлювані джерела енергії НВДЕ дозволяють отримувати енергію, взявши за контроль природні процеси природи, що відбуваються на Землі, а також переробка відходів життєдіяльності людини. До НВДЕ відносяться надра планети, сонце, вітер, малі річки, моря і океани, а також горючі відходи промислового виробництва і домогосподарств. Енергія, що отримується від великих річок, давно освоєна енергетикою, тому відноситься до більш широкої групи відновлюваних джерел енергії. ВДЕ невичерпні і здатні відновити енергетичний потенціал протягом декількох десятиків років.

На даний момент, світовий потенціал НВДЕ складає близько 20 млрд. Тонн умовного палива (т.у.п.), що майже в два рази перевищує кількість видобутого мінерального палива. У таблиці 1 зіставлені ресурси відновлюваних джерел енергії в Україні та світі.

Однак, крім очевидних плюсів НВДЕ мають і ряд істотних мінусів [2]:

- значні добові та сезонні зміни в потужності при роботі здебільшого НВДЕ, що призводить до необхідності спільної експлуатації енергоустановок на різних НВДЕ, роботі в зв'язці з агрегатами на традиційних енергоресурсів, акумулюванню електричної енергії. Все це «влітає в копійчку» при спорудженні та експлуатації подібних складних енергетичних комплексів;

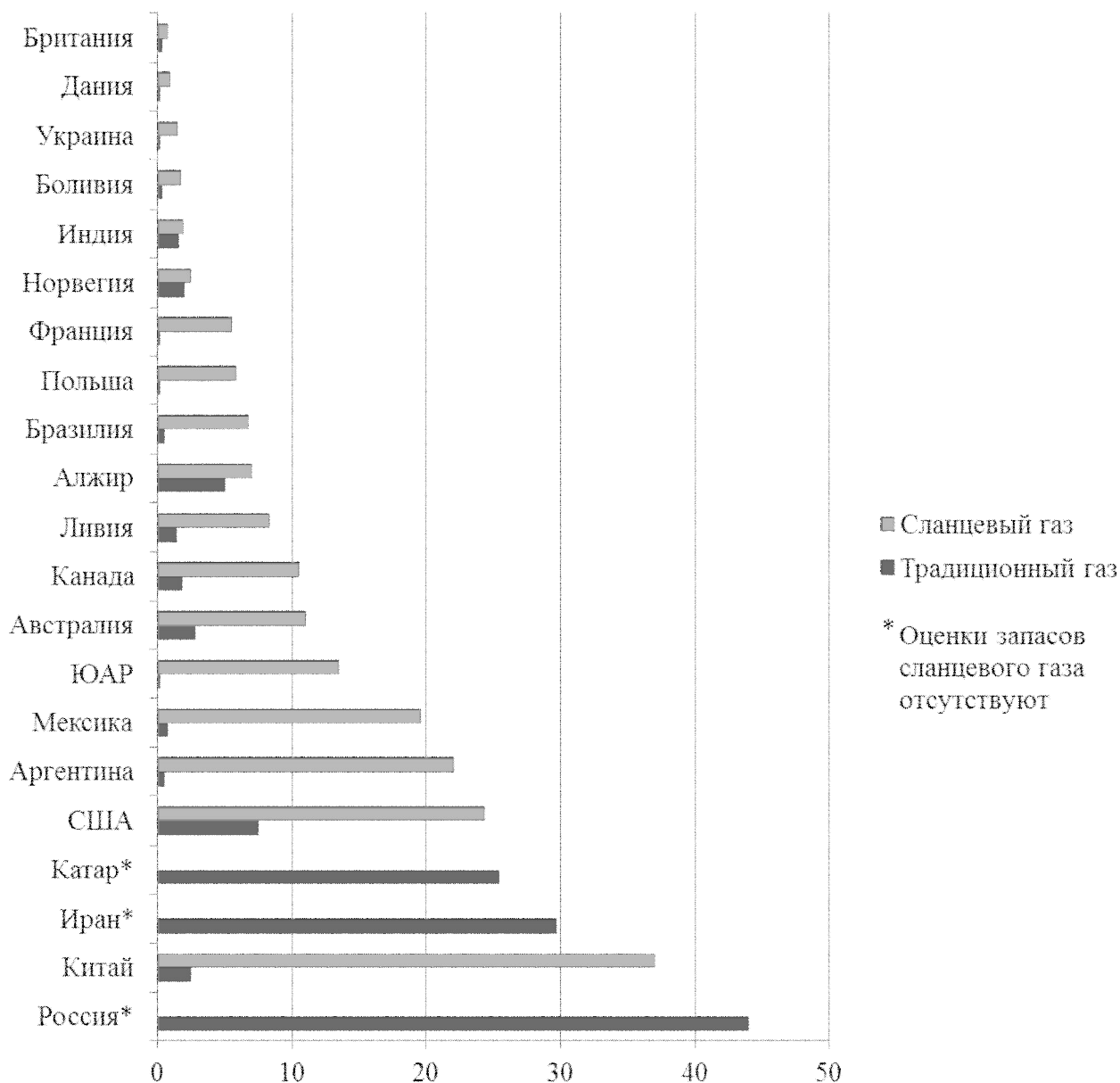


Рисунок 2 - Співвідношення запасів традиційного газу до запасів сланцевого газу по країнам

- низька енергетична ефективність системи (ККД);
- великі габарити і маса установок і, як наслідок, значні витрати на їх спорудження.

Заходи щодо збереження та заміщення джерел енергії потрібно здійснювати паралельно. Але енергозбереження можливо до певної межі, тому то основні на сьогодні і найближчу перспективу джерела енергії є вичерпаними і після використання заповнити запаси природних копалин неможливо. Тому акцент поступово повинен бути зміщений в сторону енергозаміщення.

Необхідно також згадати про альтернативну енергетику, яка заснована на відомих, але поки ще не освоєних в промислових масштабах технологіях. Таких як використання атомних реакторів на швидких нейтронах, керований термоядерний синтез, пряме перетворення енергії водню і кисню в електричну за допомогою електрохімічних генераторів, магнітогідродинамічний спосіб виробництва енергії

Таблиця 1 - Ресурси ВДЕ в світі та Україні, млн. т.у.т

Види енергії	Технічний потенціал	
	Світ	Україна
Енергія сонця	5.3×10^4	0.003
Вітрова енергія	2.2×10^4	0.018
Геотермальна енергія	1.7×10^5	0.02
Енергія біомас	9.5×10^3	1.3
Гідроенергія	1.7×10^3	32

В даний час, атомна енергетика забезпечує приблизно 18% від потреби в електроенергії в усьому світі і близько 15% - в Україні. За умови значного зростання ефективності застосування ядерного палива і безпеки атомних електростанцій, можна реально досягти збільшення частки даного виду енергетики до 30-40% в загальному виробництві електроенергії до середини ХХІ століття.

Що стосується термоядерної енергетики. Починаючи з середини ХХ ст. передові держави витрачають багато сил і коштів на те, щоб взяти під контроль реакцію керованого синтезу легких елементів (УТС) - фактично невичерпне джерело енергії. Одиниця маси такого палива дозволяє отримати приблизно в десять мільйонів разів більше енергії, ніж мінеральне паливо і в сотню разів більше, ніж уран. Багатообіцяючим напрямком у вирішенні проблем, пов'язаних з екологічною обстановкою в попередні кілька років стала воднева енергетика, яка пропонує використовувати в якості палива водень. Величезним плюсом на користь водню є те, що отримувати енергію тепер можна без негативних наслідків для навколишнього середовища. Для цього потрібен спеціальний паливний елемент, який є електрохімічним генератором і безпосередньо перетворює хімічну енергію в електричну за єдиним побічним продуктом реакції - водою [3, с. 34].

На закінчення необхідно відзначити, що можна говорити про так звані тріади енергетичних проблем: дефіцит основних джерел енергії, викликаний їх вичерпністю та нерівномірним розподілом по планеті, погіршення екологічної обстановки, постійні конфлікти за обмежені ресурси. Рішення перерахованих вище проблем можливо за рахунок використання альтернативних джерел енергії, що скоротить забруднення навколишнього середовища і вирішить питання, пов'язані з «енергетичним голодом».

Перелік посилань :

1. Бобров Є. А. Енергетична безпека держави / Є. А. Бобров ; Ун-т економіки та права, ВНЗ "КРОК". – Київ, 2013. – 306 с.
2. Горбанев В. А., Митрофанова І. Б. Природные ресурсы мировой экономики // Мировое и национальное хозяйство. — 2014. — № 2. — С. 7.
- Антонюк Е. В. Современная энергетика: экономический аспект // Территория науки.—2013.—№2.—С.32–38.

Гармаш Є.В., магістрант (Alizabet1593@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ ПАРИ НА ТУРБІНУ

За початковим значенням тиску пари $P_0 = 13$ МПа і температури $t_0 = 540$ °С визначається стан пари перед стопорним клапаном точка A_0 , (перетин ліній P_0 і t_0). За допомогою h_s -діаграми визначається енергетичний потенціал пари $h_0 = 3443,4$ кДж/кг. Тиск пари перед соплами регулюючого ступеня з урахуванням втрат у стопорних, регулюючих клапанах і перепускних паропроводах:

$$P'_0 = P_0 \cdot (0,95 \div 0,96), \text{ МПа} \quad (1)$$

$$P'_0 = 0,95 \cdot 13 = 12,35 \text{ МПа.}$$

Точка A'_0 (перетин ліній P'_0 і t_0), визначає стан пари перед соплами регулюючого ступеня. За допомогою h_s -діаграми або [1] визначається ентальпія $h'_0 = 3449,02$ кДж/кг, ентропія $s = 6,6$ кДж/кг і питомий об'єм $v'_0 = 0,028$ м³/кг.

Тиск за останнім ступеням із урахуванням втрат у вихідному патрубку:

$$P_{2z} = [1 + \lambda \left(\frac{C_{вп}}{100} \right)^2] \cdot P_{2п}, \text{ МПа} \quad (1,1)$$

$$P_{2z} = \left[1 + 0,09 \cdot \left(\frac{110}{100} \right)^2 \right] \cdot 0,0037 = 0,0041 \text{ МПа,}$$

де λ - коефіцієнт, що враховує аеродинамічні властивості вихлопного патрубка конденсаційної турбіни;

$P_{2п}$ – тиск в конденсаторі, МПа;

$C_{вп}$ – середня швидкість потоку у вихлопному патрубку для конденсаційних турбін, м/с.

Витрата пари на турбіну по попередньо заданому ККД (без обліку витоків через кінцеві ущільнення) визначається за формулою:

$$G = \frac{N_a^p}{h_0 \cdot \eta_{0a}}, \text{ кг/с} \quad (1,2)$$

де N_a^p – розрахункове електричне навантаження, кВт;

h_0 – наявний тепловий перепад на проточну частину турбіни кДж/кг;

η_{0a} – відносний електричний ККД турбогенератора.

Значення відносного електричного ККД турбогенератора визначається за таблицею 2.1 в залежності від його потужності.

Через те, що тепловий розрахунок проводиться для навантаження 210 МВт, то $\eta_{0e} = 0,851$. Для турбін із проміжним перегрівом пари значення тиску за ЦВТ визначається за формулою:

$$P_1 = (0,15 \div 0,18) P_0, \text{ МПа} \quad (1,3)$$

$$P_1 = 0,16 \cdot 13 = 2,08 \text{ МПа.}$$

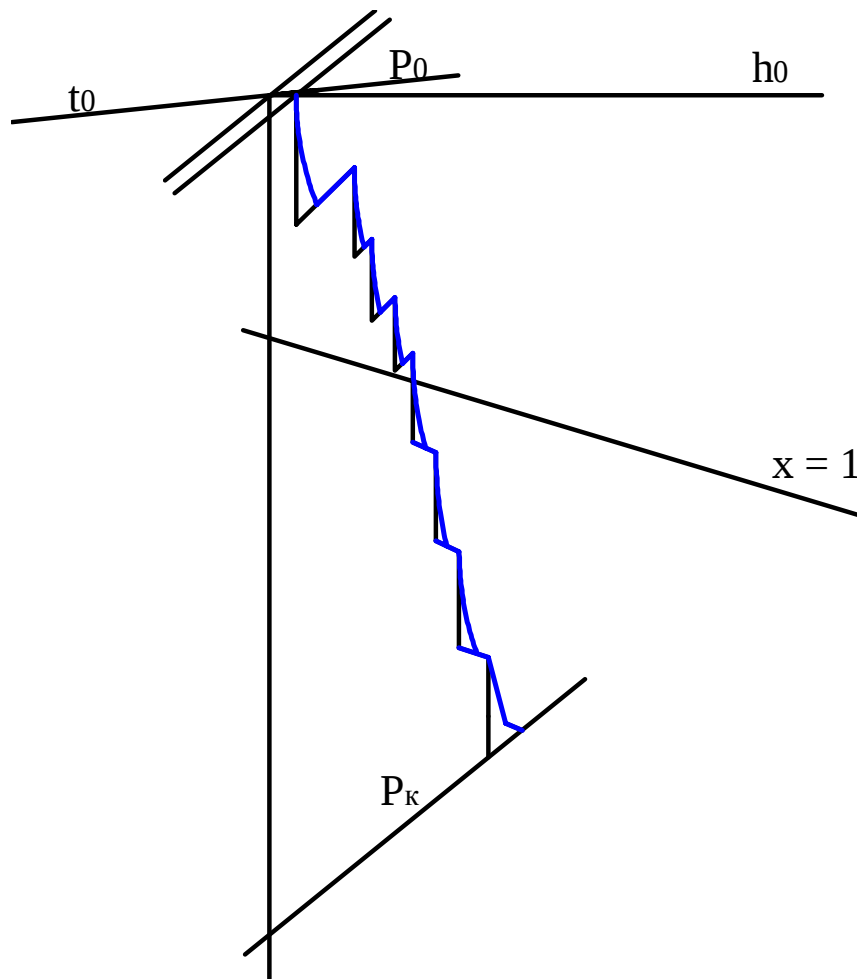


Рисунок 1 - Процес розширення пари в багатоступінчастій турбіні

Таблиця 2.1 – Значення відносного електричного ККД турбогенератора

Середнє значення ККД, %	Потужність турбоагрегата, МВт				
	50	100	150	200	300
η_{0e}	81-83,5	83,5-84	84-86	84-86	84-86

Від точки A'_0 по ізоентропі $s = 6,6$ кДж/кг відкладається точка К (перетин ліній P_1 і ізоентропі $s = 6,6$ кДж/кг). Значення тиску в цій точці дорівнює $P_1 = 2,08$ МПа, та ентальпії $h_1 = 2960,56$ кДж/кг.

Втрати тиску в проміжному пароперегрівачі і паропроводах складають від 10 до 12,5 %:

$$P_1^m = (0,875 \div 0,9) \cdot P_1, \text{ МПа} \quad (1,4)$$

$$P_1^m = 0,9 \cdot 2,08 = 1,87 \text{ МПа.}$$

Точка A'_1 (перетин ліній P_1^m і t_m) при тиску $P_1^m = 1,87$ МПа, температурі $t_m = 540$ °С, має ентальпію $h_1' = 3555,42$ кДж/кг і ентропію $s = 7,58$ кДж/кг. Від точки A'_1 по ізоентропі $s = 7,58$ кДж/кг відкладається точка В з тиском $P_{2z} = 0,0041$ МПа, ентальпією $h_{2z} = 2280$ кДж/кг. При тиску $P_{2n} = 0,0037$ МПа, ентальпія дорівнює $h_{2i} = 2265$ кДж/кг.

Втрати енергії у випускному патрубку визначають за формулою:

$$\Delta H_{\pi} = h_{2z} - h_{2\pi}, \frac{\kappa \text{Дж}}{\text{кг}} \quad (1,5)$$

$$\Delta H_{\pi} = 2280 - 2265 = 15 \text{ кДж/кг.}$$

Втрати енергії на клапанах:

$$\Delta H_{\text{кл}} = h_0' - h_0, \frac{\kappa \text{Дж}}{\text{кг}} \quad (1,6)$$

$$\Delta H_{\text{кл}} = 3449,02 - 3443,4 = 5,62 \text{ кДж/кг.}$$

Формула для визначення наявного теплового перепаду на проточну частину турбіни:

$$H_0' = H_0^I + H_0^{II}, \text{ кДж/кг} \quad (1,7)$$

де H_0^I – наявний тепловий перепад циліндру високого тиску, кДж/кг;

H_0^{II} – наявний тепловий перепад циліндрів середнього та низького тиску, кДж/кг.

Наявний тепловий перепад ЦВТ:

$$H_0^I = h_0^{A_0} - h_0^K, \text{ кДж/кг} \quad (1,8)$$

$$H_0^I = 3443,4 - 2960,56 = 482,84 \text{ кДж/кг.}$$

Наявний тепловий перепад ЦСТ і ЦНТ в цілому дорівнює:

$$H_0^{II} = h_0^{A_1} - h_0^B, \text{ кДж/кг} \quad (1,9)$$

$$H_0^{II} = 3555,42 - 2280 = 1275,42 \text{ кДж/кг.}$$

Наявний тепловий перепад на проточну частину турбіни дорівнює:

$$H_0' = 482,84 + 1275,42 = 1758,26 \text{ кДж/кг.}$$

Витрата пари на турбіну по попередньо заданому ККД дорівнює:

$$G = \frac{210 \cdot 10^3}{1758,26 \cdot 0,851} = 140,35 \text{ кг/с.}$$

Перелік посилань:

1. Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. – М: Энергоатомиздат, 1984.- 420 с.
2. Юренев В.Н., Лебедев П.Д. Теплотехнический справочник, т. I, II. – М.: Энергия, 1975 – 1976.- 324 с.
3. СО 153-34.17.440 – 2003 Инструкция по продлению срока эксплуатации паровых турбин. – Москва: Промышленная безопасность. – 178 с.
4. ДСТУ 3008-95 Документація.Звіти у сфері науки і техніки. – Київ: Держстандарт України.- 36 с.

Эль Хамдаун Муад, магистрант,

Толочко О. И., д.т.н., проф. (tolochko.ola@gmail.com)

КПИ имени Игоря Сикорского, кафедра автоматизации электромеханических систем и электропривода

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ПРЯМОГО И ПЛАВНОГО ПУСКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Введение. Существует достаточно широкий круг механизмов, в которых используется нерегулируемый электропривод с короткозамкнутым асинхронным двигателем. К таким механизмам относятся многие общепромышленные механизмы, в частности турбомеханизмы и некоторые механизмы промышленного транспорта (конвейеры, перегружатели, транспортеры, эскалаторы, краны и др.).

Под плавным пуском понимают такой пуск, при котором потребляемый ток и развиваемый электромагнитный момент находятся в допустимых пределах, а переходные процессы носят аperiodический характер. В ряде случаев накладывается ограничение и по скорости изменения тока и момента. Плавный пуск позволяет снизить износ элементов кинематической схемы механизма, увеличивая, таким образом, время между капитальными ремонтами оборудования. Дополнительно за счет ограничения тока снижается нагрузка на питающую сеть и повышаются энергетические показатели электропривода.

Простейшими устройствами, увеличивающими плавность пуска, являются автотрансформаторы. В настоящее время они еще применяются в электроприводах малоответственных механизмов. В ответственных же механизмах подобные электроприводы постепенно выводятся из эксплуатации.

В последнее время увеличился интерес к устройствам, позволяющим обеспечить плавный пуск, реализуемых с помощью полупроводниковых приборов [1-4].

В настоящее время разными фирмами выпускаются устройства плавного пуска (УПП, англ. soft-starter) в комплектном исполнении, реализующие в пусковых режимах плавное увеличение подводимого к двигателю напряжения при постоянной частоте. Силовая схема таких устройств выполняется на тиристорах, что делает их более дешевыми, чем современные преобразователи частоты на базе IGBT. Таким образом, вопрос плавного пуска может быть решен гораздо более просто, если механизм не требует регулирования скорости.

Известно также, что характеристики плавного пуска зависят от закона изменения амплитуды напряжения в функции времени. Наиболее часто используют кусочно-линейные траектории амплитуды питающего напряжения, которые достаточно легко реализовать на практике. Однако никто не доказал, что такие характеристики являются наилучшими. Поэтому вопрос о характере преобразования напряжения сети устройствами плавного пуска остается открытым, а задача снижения скачков пусковых токов и электромагнитного момента, а также амплитуды их колебаний является актуальной.

Целью данной статьи является сравнение переходных процессов при плавном пуске асинхронного двигателя с линейными и экспоненциальными законами изменения амплитуды напряжения статора.

Материалы и результаты исследований. В качестве исследуемого двигателя в данной работе выбран двигатель с такими паспортными данными: $P_n = 18,5 \text{ кВт}$ – номинальная мощность; $n_n = 1448 \text{ об/мин}$ – номинальная скорость; $U_{nl} = 380 \text{ В}$ – номинальное линейное напряжение; $I_{sn} = 35 \text{ А}$ – номинальный ток статора; $R_s = 0,159 \text{ Ом}$, $R_r = 0,16 \text{ Ом}$ – сопротивления статора и ротора; $L_{\sigma\sigma} = 0,0011 \text{ Гн}$, $L_{r\sigma} = 0,0022 \text{ Гн}$ – индуктивности рассеяния статора и ротора; $L_m = 0,0489 \text{ Гн}$ – индуктивность намагничивания; $J = 0,234 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ – момент инерции.

На рис. 2 приведены графики переходных процессов в исследуемом двигателе при прямом пуске.

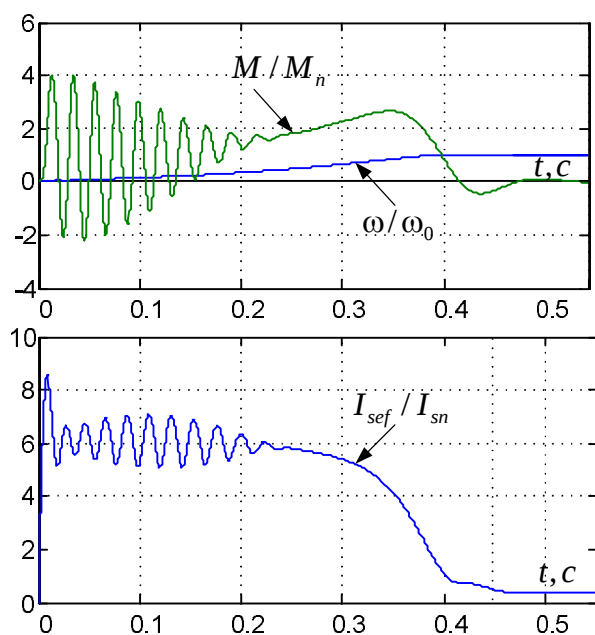


Рисунок 2 – Переходные процессы в АД при прямом пуске

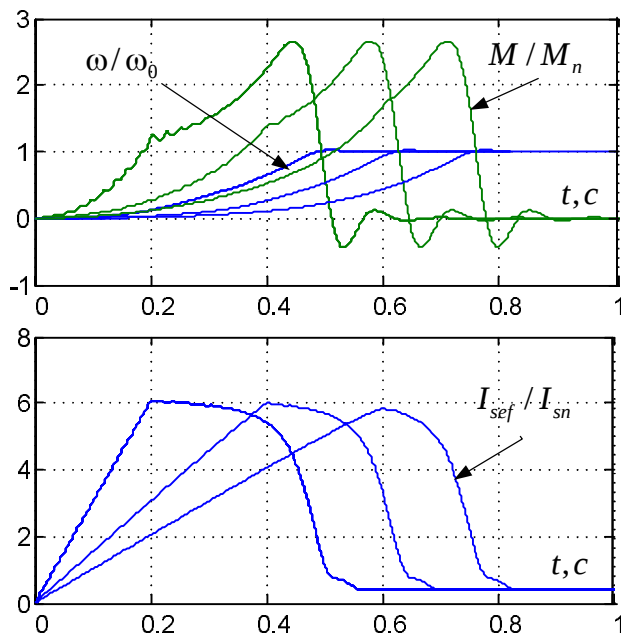


Рисунок 3 – Переходные процессы в АД при изменении амплитуды напряжения статора по линейному закону

Из этих графиков видно, что при прямом пуске электромагнитный момент колеблется с частотой питающего напряжения; максимальная амплитуда колебаний достигает $6M_n$, а максимальное значение момента – $4M_n$. Амплитуда колебаний эффективного тока статора достигает $2I_{sn}$, а пиковое значение – $8,5I_{sn}$. Вследствие этого возникают большие нагрузки в кинематических передачах и в подшипниках, что может привести к повреждению вала двигателя, редуктора и муфт. В ременных передачах может возникать проскальзывание. Высокие пусковые токи приводят к ускоренному износу изоляции и, соответственно, снижению срока службы асинхронного двигателя. Они могут привести также к падениям напряжения питания, которые вызывают размыкание контактов в цепях управления.

Исследуем процессы плавного пуска при линейном и экспоненциальном законах изменения амплитуды напряжения статора, при разных временах нарастания ее до номинального значения. Графики переходных процессов показаны на рис.3 и рис.4.

Из анализа приведенных графиков видно, что при изменении выходного напряжения УПП по линейному закону максимальный момент при пуске снижается до $2,7M_n$, а ток – до $6I_{sn}$. При этом экстремальные значения этих величин практически не изменяются при увеличении времени пуска.

При экспоненциальном изменении выходного напряжения УПП пиковые значения токов и моментов при увеличении времени пуска уменьшаются и оказываются меньше, чем при использовании линейного закона. Например, при экспоненциальном законе изменения амплитуды напряжения статора, обеспечивающем время плавного пуска АД 0,8 с, которое в 2 раза превышает время прямого пуска, максимальное значение момента снижается до $2,3M_n$, а ток – до $5,1I_{sn}$. При времени разгона 0,9 с эти величины снижаются еще больше: до $2M_n$ и до $4,8I_{sn}$ соответственно.

Анализ энергии тепловых потерь в меди показывает, что при прямом пуске без нагрузки она составляет для рассматриваемого двигателя 22 кДж, а при плавном пуске

снижается до 14-15 кДж, т.е. примерно на 50%.

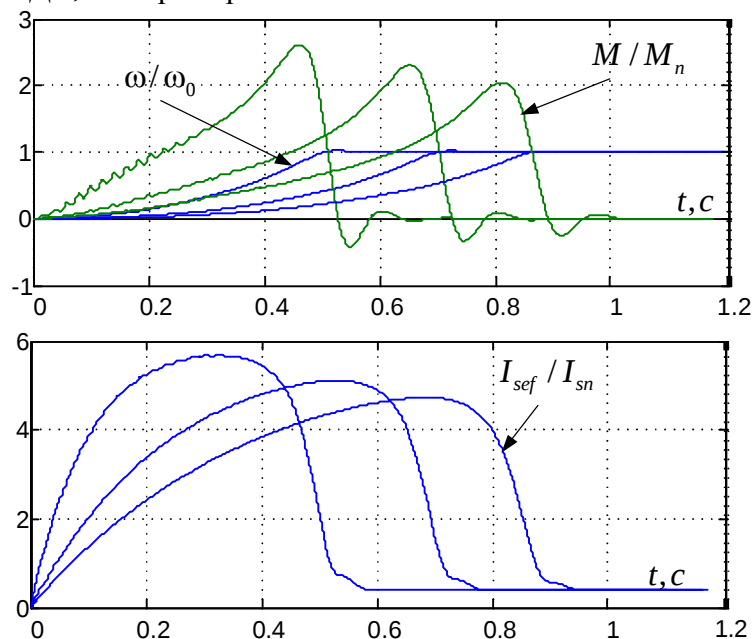


Рисунок 4 – Переходные процессы в АД при изменении амплитуды напряжения статора по экспоненциальному закону

Выводы. Сравнительный анализ переходных процессов при прямом пуске и двух разных способах плавного пуска показал, что, изменяя амплитуду напряжения статора по экспоненциальному закону можно добиться плавного пуска с меньшими значениями пиков тока статора и электромагнитного момента, чем при линейном законе изменения напряжения. При этом время разгона двигателя до номинальной скорости возрастает в 2-2,5 раза по сравнению с прямым пуском при уменьшении пиковых значений момента и тока примерно в 2 раза и при полном устранении колебаний этих сигналов.

Перечень ссылок

1. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины: Учебник для вузов / А.В. Иванов-Смоленский – М.: Энергия, 1980. – 928 с.
2. Браславский И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод: Учеб. пособие / И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков; под ред. И.Я. Браславского. – М.: ИЦ «Академия», 2004. – 256 с.
3. Ильинский Н.Ф. Электропривод: энерго- и ресурсосбережение: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.Ф. Ильинский, В.В. Москаленко. – М.: Издательский центр «Академия», 2008-208 с.
4. Маренич К.Н. Асинхронный электропривод горных машин с тиристорными коммутаторами. – Донецк: ДонГТУ, 1997. – 64 с.

Нечай Г.П., студентка (nechay1995@ukr.net)

Колларов О.Ю., к.т.н., доцент (kollarov@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

РОЗРОБКА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЖИВЛЕННЯ ДВНЗ «ДОННТУ»

У зв'язку із стрімкою індустріалізацією Донецька область займає одне з «лідуючих» місць в Європі та перше в Україні за показниками по деградації навколишнього середовища. Різноманітність господарчих оборотів, під час глобальної індустріалізації області, призвела до того, що вже до 1991 року природно – заповідний фонд Донецької області став складати лише 0,6 % її території (при європейських критеріях не менше 5 %). При цьому більше, ніж 40 % шкідливих викидів припадає на 3 електростанції та 4 металургійних заводи області. Тобто, зменшуючи потребу в електроенергетиці від стандартних діючих станцій можна значною мірою покращити екологію нашої області[1].

Мною було проаналізовано та вибрано за альтернативне джерело живлення – сонячну енергію. По географічним та кліматичним умовам саме сонячна станція може стати альтернативою для станцій, що діють з великою кількістю забруднюючих факторів для нашої екології.

З різноманіття сонячних станцій я обрала мережеву фотоелектричну станцію. Використання ФЕС при наявності мережі дозволяє уникнути багатьох, якщо не всіх, недоліків автономних систем. По суті, мережа є великим акумулятором зі 100% ККД, який може прийняти всі надлишки енергії[2].

Електроенергія, що генерується сонячними панелями, миттєво потрапляє через інвертор до споживачів. При відсутності освітленості можливе використання енергії з акумуляторних батарей при відключенні зовнішньої мережі.

Потужність, що виробляється, є пропорційною інтенсивності сонячного освітлення. Під час спільної роботи з електричною мережею, енергія, що була отримана від фотоелектричних батарей встановлюється пріоритетною. При достатній кількості освітленості енергія з міської мережі не споживається зовсім. При недостатньому освітленні і відповідно меншій кількості енергії, що виробляється сонячною електростанцією, з міської мережі береться та кількість енергії, якої не вистачає споживачам[3].

Виходячи з наших умов розміщення сонячних батарей я планую на даху університету під кутом 20° паралельно даху, який розташований під кутом 20° відповідно. Установка на нерухому конструкцію з алюмінієвих профілів, що закріплені на опорні елементи, задля мінімізації витрат та для надійності системи. Між дахом та панеллю утворюється невеликий проміжок, який дозволяє уникнути додаткового нагріву фотоелементів, що в свою чергу дасть змогу уникнути втрат продуктивності через зниження напруги та струму[4].

Задіяні будуть дахи 2 та 3 поверху повністю, орієнтуючись на захід та схід. Частково можна заповнити панелями і 1 поверх (дах над головним входом), інші частини даху будуть затемнені падаючою тінню від великих дерев або розміщення недоцільно через орієнтацію на північ.

Зробила розрахунок площі даху, який є придатним для сонячних панелей, вона складає 7029 м^2 . Після розрахунків потужності інвертора та акумуляторів було отримано необхідну кількість сонячних батарей, що складає 932 штуки. Розмір одного вибраного модуля складає $1640 \times 992 \text{ мм}$, тобто площа одного модуля складає близько $1,6 \text{ м}^2$. Розраховуючи орієнтовну площу сонячної станції я отримала результат, який повністю задовольняє нашим умовам для розміщення на даху, а саме 2982 м^2 .

Проаналізувавши орієнтовне вироблення електроенергії сонячною станцією та електроспоживання університетом побудувала графік (рис. 1).

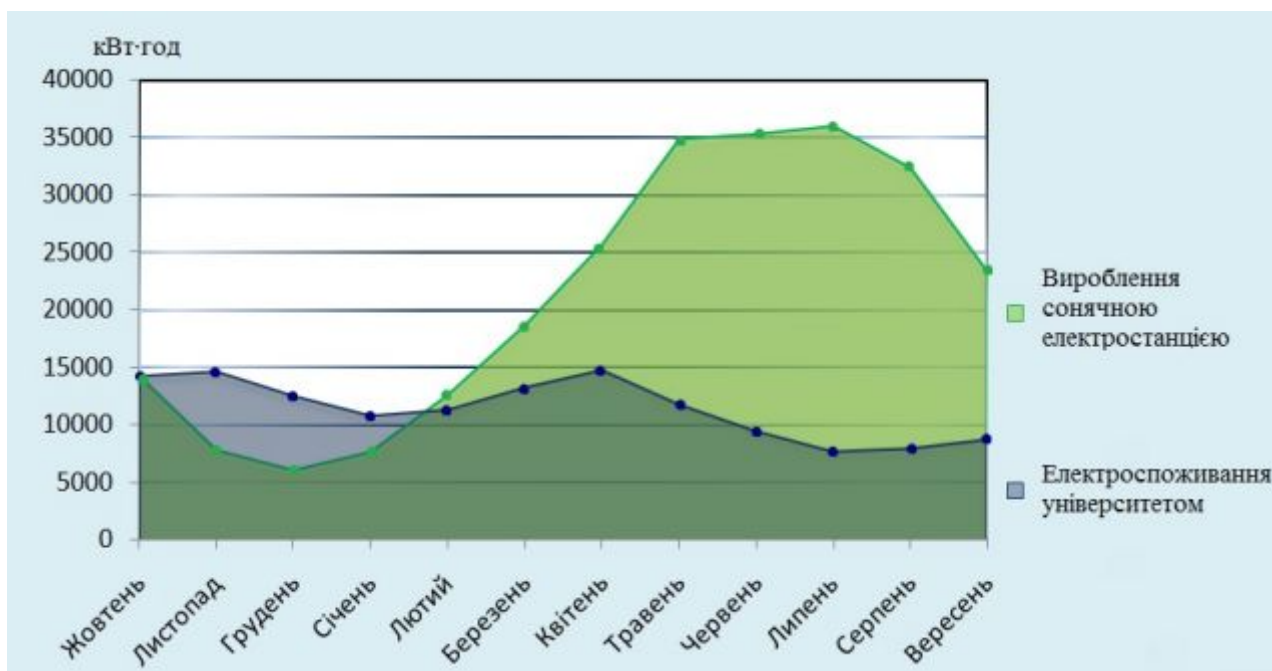


Рисунок 1 – Графік покриття електроспоживання університетом за допомогою СЕС

Виходячи з отриманих даних можна зробити висновок, що теоретично сонячна станція може більшу кількість місяців покривати повністю електроспоживання та навіть продавати значну кількість за «зеленим тарифом». В місяці, коли інтенсивність сонячної інсалації невелика сонячна станція буде частково покривати споживання, а енергію, що бракує, будемо брати з міської мережі.

Перелік посилань:

1. Экологическая обстановка в Донецкой области [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Экологическая_обстановка_в_Донецкой_области.
2. Лукутин Б.В. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями / Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Плотников И.А. – Томск : Томский политехнический университет, 2015. – 127 с.
3. Шлыков И.И. Преобразование солнечной энергии: вып. квал. работа магистра / Шлыков И.И. – 2016 – 88 с.
4. Правильная установка солнечных батарей – залог успеха [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.energya.by/pravilnyiy-montazh-solnechnyih-batarey-zalog-uspeha/>

5. Методи та засоби дослідження та оптимізації динамічних систем

УДК 622.232

Шульженко В.В., магістрант, (vladshulzhenko@gmail.com)

Соболь Є.А., магістрант, (yevgensobol@gmail.com)

Зінов'єв С.М., к.т.н., доцент, (serhii.zinoviev@donntu.edu.ua)

Індустріальний інститут ДВНЗ «ДонНТУ», м. Покровськ, Україна

ФОРМУВАННЯ СИЛ НА ТАНГЕНЦІАЛЬНИХ ПОВОРОТНИХ РІЗЦЯХ

Поширеним способом видобутку вугілля є механічне руйнування різанням вугільних пластів спеціальним ріжучим інструментом. Процес різання характеризується параметрами, що постійно змінюються, і являє собою безперервне чергування місцевих відривів дрібних елементів стружки і відриву від масиву крупного шматка. Місцеві відриви шматків супроводжуються дробленням вугілля і виділенням вугільного пилу з ядра, що формується попереду різця і як клин просувається в масив [1].

В процесі дроблення відбувається збільшення сили різання, а відриви невеликих елементів стружки супроводжуються викидом дрібно роздробленого ядра і деяким зниженням сили різання. Після завершення окремого відколу, коли від масиву відокремлюється крупний елемент, сила різання падає до нуля або близькою до нуля [2]. В незруйнованій частини масиву, що знаходиться в під різцевому просторі, завжди виникають високі контактні напруги стиснення, що формують силу подачі і викликають диспергування вугілля при терті, а також знос інструменту [3].

Формування сил залежить від глибини проникнення різців в масив, яка залежить від напрямку та швидкості руху різців.

В процесі руйнування вугільного масиву ріжучим інструментом виконавчих органів з горизонтальною віссю обертання різці рухаються по складній траєкторії, яка складається з нерівномірних рухів поступального – вздовж видобувного вибою (рух всього комбайна) та двох обертальних рухів – навколо осі поворотного редуктора (редуктор разом з виконавчим органом) та навколо осі обертання виконавчого органу (обертання виконавчого органу). Спрощено цей рух представляють сумою рівномірних поступального та обертального руху, виключаючи рух виконавчого органу навколо осі поворотного редуктора. Математично рух ріжучого інструменту можна задати параметричними рівняннями [2, 4]

$$\begin{cases} x = a\varphi - r \sin \varphi \\ y = -r \cos \varphi \end{cases}$$

де r – радіус обертання точки, взятий на інструменті, мм;

φ – кут повороту вала руйнівного органу;

a – ордината рухомої центроїди миттєвих центрів швидкостей, мм.

Ордината вершини різця визначиться

$$a = \frac{1000V}{2\pi n}$$

де V – поступальна швидкість переміщення, виконавчого органу (швидкість подачі), м/хв;

n – число обертів вала руйнівного органу, об/хв

Силова взаємодія різців з породним масивом залежить від траєкторії руху вершини різця, яка у свою чергу залежить від кутової швидкості обертання шнека та швидкості подачі

комбайну на масив. Зусилля прямо пропорційне товщині стружки та опору пласта різанню. При роботі різців вони рухаються відносно масиву зі швидкістю подачі V_n , та швидкістю різання V_p , і на їх робочі грані передаються сили тиску від породного масиву: N_n – на передню, N_z – на задню, N_b – на бокові грані. Під дією цих сил тиску та сил тертя формується загальне навантаження на ріжучому інструменті, які можна представити у вигляді складових, направлених вздовж осей x, y і z , та які позначають як Z – сила різання, Y – сила подачі (сила проникнення різця в масив в напрямку подачі виконавчого органу на масив), X – бокова сила [1].

Виконавчі органи видобувних комбайнів оснащені двома основними типами різців: радіальними та тангенціальними. Вони відрізняються конструктивно та кутом нахилу різця да напрямку подачі. Розглянемо ретельно формування сил на тангенціальних поворотних різцях (рис. 1). Такі різці мають кут нахилу різця да напрямку подачі γ . На рисунку позначено: 1 – вугільний масив, 2 – тангенціальний поворотний різець.

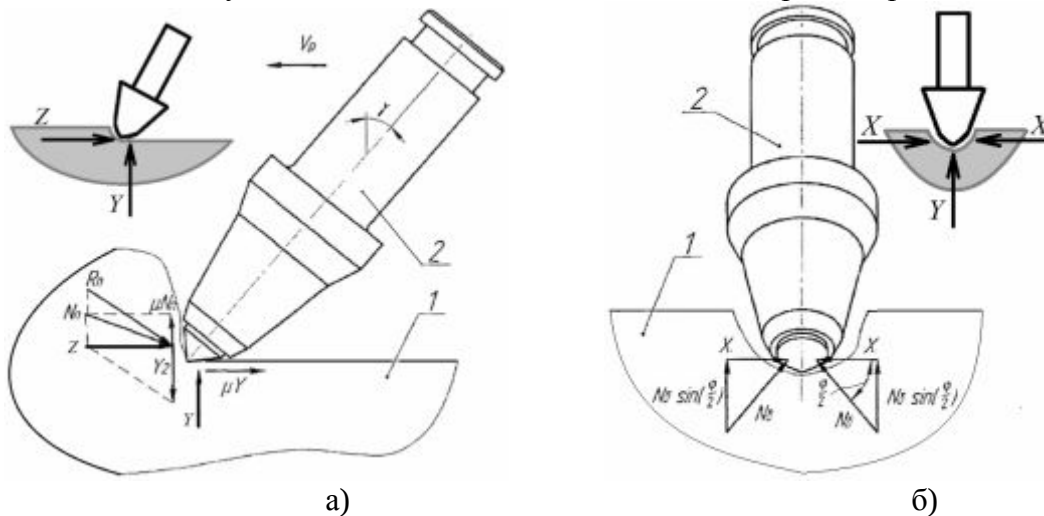


Рисунок 1 – Схема формування сил на тангенціальному різці

На передню частину різця діють нормальний тиск N_n і опір тертю μN_n , та μY , рівнодіюча яких R_n може бути розкладена на опір різанню Z і опір подачі різця Y (рис. 1а). Аналогічно нормальні і дотичні сили, що діють на задню й бічні поверхні різця, розкладаються на складові (рис. 1б).

Сила різання Z є геометричною сумою проєкцій рівнодіючих сил по передній та бокових частинах різця. Бічна сила X являє собою алгебраїчну суму сил діючих на праву і ліву сторони різця. В багатьох випадках при розрахунках бічну силу X не враховують.

Аналіз формування сил на тангенціальних поворотних різцях допоможе при розрахунках різців правильно встановити граничні умови і навантаження для програмних пакетів кінцево-елементного моделювання напружено-деформованого стану в різцях та різцетримачах. Правильна розстановка зусиль, напрямку їх дії, значення величин допоможуть отримати в результаті аналізу більш реалістичні результати моделювання.

Перелік посилань:

1. Позин Е.З., Меламед В.З., Тон В.В. Разрушение углей выемочными машинами. – М.: Недра, 1984. – 288 с.
2. Макеев Г.В., Гуляев В.Г. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов. – М.: Недра, 1988. – 268 с.
3. Фролов А.Г., Дарыкин И.Н. К определению максимальных нагрузок на шнековые исполнительные органы выемочных комбайнов. – Науч. сообщения ИГД им. А.А.Скочинского, 1974, вып.117, с.34-63.
4. Солод В.И., Гетопанов В.Н., Рачек В. М. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов. – М.: Недра, 1982 – 350 с.

¹Дмитриева О.А., д-р техн. наук, проф. (olha.dmytriieva@donntu.edu.ua),

^{1,2}Гуськова Н.Г., аспирант, (huskovanadiia@gmail.com)

¹Донецкий национальный технический университет, г. Покровск, Украина

²Высшая техническая школа университета прикладных наук, г. Бинген, Германия

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ЧАСТНЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ МЕТОДОМ ПРЯМЫХ

В работе рассматривается проблема параллельного решения уравнений в частных производных с помощью метода прямых, обеспечивающего сведение начальной задачи к задаче Коши, описываемой системой обыкновенных дифференциальных уравнений. В качестве базового метода предложены коллокационные многошаговые блочные разностные схемы.

Цель работы состоит в исследовании проблемы сведения уравнений в частных производных к задаче Коши (1), описываемой системой обыкновенных дифференциальных уравнений, для эффективной параллельной реализации. Научная новизна состоит в использовании при сведении эволюционных уравнений к методу прямых многоточечных коллокационных блочных разностных схем, ориентированных на реализацию в параллельных вычислительных системах и позволяющих обеспечивать управление шагом интегрирования.

Известен подход [1-3], который обеспечивает сведение эволюционного уравнения в частных производных с помощью метода прямых к системе обыкновенных дифференциальных уравнений (СОДУ) с помощью дискретизации по пространственной переменной. Полученная система СОДУ может быть реализована с использованием параллельных методов решения исходной задачи с начальными и граничными условиями. При этом все преимущества решения (параллельное управление шагом, локальный контроль ошибок, простота явных методов и устойчивость неявных) могут быть реализованы и для случая частных производных, т.е. метод прямых позволяет получить приближения более высокого порядка при дискретизации пространственных производных без значительного увеличения вычислительной сложности.

$$x' = f(t, x(t)), \quad x(t_0) = x_0, \quad t \in [t_0, T] \quad (1)$$

Рассматривается задача численного вычисления приближения к решению $u(x, t)$ параболического уравнения в частных производных

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + f(x, t), \quad x \in [x_0, L], \quad t \in [t_0, T] \quad (2)$$

с начальными и граничными условиями.

После замены с помощью метода прямых (method of lines, MOL) [1] пространственных частных производных алгебраическими приближениями, основанными на разложении в ряд Тейлора, формируется система обыкновенных дифференциальных уравнений (3), для которой могут быть применимы практически любые методы численного интегрирования.

$$u' = \varphi(t, u(t)), \quad u(t_0) = y_0, \quad t \in [t_0, T]. \quad (3)$$

Для получения решения (3) могут быть использованы специальные библиотечные процедуры, содержащие дополнительные функции, такие, как автоматическая настройка шага интегрирования (τ -уточнение) и аппроксимация более высокого порядка (p -уточнение).

Однако существует ряд сложностей. При выборе схемы с высоким порядком аппроксимации возникают значительные числовые колебания (наблюдается неустойчивость решения), что характерно для явных методов, а сокращение порядка ведет к чрезмерному сглаживанию или округлению результата в пространственных точках x , где решение быстро меняется. Тогда приходится прибегать к процедуре увеличения или уменьшения интервала сетки (h -уточнение). Для разрешения этой проблемы в работе предлагается использование коллокационных блочных методов с контролем на шаге.

Если обобщить полученные в [4] результаты, связанные с разработкой параллельных коллокационных методов, и ввести вместо интерполяционных многочленов Лагранжа интерполяционные многочлены с кратными узлами, например, Гаусса или Эрмита, для которых потребовать совпадения в точках коллокации не только значений функции $\varphi(t, x(t))$, но и ее производных $\varphi^{(j)}(t, x(t)), j = 1, 2, \dots, p$ до порядка p включительно, можно значительно повысить скорость сходимости.

В качестве точек коллокации по каждой образованной прямой вводится множество точек равномерной сетки

$$t_{n,i} = t_{n,0} + i\tau \in [t_{n,-m+1}, t_{n,s}], i = -(m-1), -(m-2), \dots, 0, 1, \dots, s,$$

затем формируются блочные разностные расчетные схемы с коллоцированием в m опорных точках и в s расчетных [4]

$$u_{n,i} = u_{n,0} + \tau \left(\sum_{j=-(m-1)}^0 b_{i,j} F_{n,j} + \sum_{j=1}^s a_{i,j} F_{n,j} \right), \quad i = 1, 2, \dots, s, \quad (4)$$

где $u_{n,i}$ – приближенные значения решения задачи Коши (1) в точках $t_{n,i}$, $i = 0, 1, 2, \dots, s$,

τ – шаг интегрирования,

$F_{n,j} = \varphi(t_n + j\tau, u_{n,j})$ – правые части уравнения (3) в соответствующих точках, $j = -(m-1), -(m-2), \dots, 0, 1, \dots, s$,

$a_{i,j}$ и $b_{i,j}$ – коэффициенты расчетной схемы.

Для разграничения рассчитанных и искомых точек введем соответствующие обозначения и представим их в виде векторов

$U_n = \{u_{n,j}\}$, $n = 1, 2, \dots$, $j = -(m-1), -(m-2), \dots, 0$, – вектор посчитанных точек,

$U_{n+1} = \{u_{n+1,j}\}$, $n = 1, 2, \dots$, $j = 1, 2, \dots, s$ – вектор искомых точек,

$F_{n,j} = \varphi(t_n + j\tau, u_{n,j})$, $n = 1, 2, \dots$, $j = -(m-1), -(m-2), \dots, 0$,

$F_{n+1,j} = \varphi(t_n + j\tau, u_{n,j})$, $n = 1, 2, \dots$, $j = 0, 1, \dots, s$ – соответственно, правые части уравнения (3) в известных и искомых точках,

$U_{n,0} = (u_{n,0})e$ – решение в точке $t_{n,0}$,

e – единичный вектор размерности s .

Тогда в векторной форме система уравнений (4) будет иметь вид

$$U_{n+1} = U_{n,0} + \tau(BF_n + AF_{n+1}). \quad (5)$$

Для начала расчета необходимо ввести множество опорных значений U_0 , которые могут быть определены одношаговым методом, обеспечивающим требуемую точность расчетов

$$U_0 = \{u_{0,j}\}, \quad j = 1-m, 2-m, \dots, 0.$$

Тогда поиск численного решения может быть сведен к решению на каждом шаге нелинейной системы уравнений (5), с последовательным определением векторов $U_1, U_2, \dots$. Необходимо обратить внимание на то, что каждое уравнение в (5) содержит $m+s$ неизвестных коэффициентов

$$b_{i,j}, j = -(m-1), -(m-2), \dots, 0, i = 1, 2, \dots, s,$$

$$a_{i,j}, j = 1, 2, \dots, s, i = 1, 2, \dots, s,$$

которые могут быть определены из условий аппроксимации или с помощью интегро-интерполяционного метода. В работе [4] доказана устойчивость этих методов по начальным данным и по правой части, также для них определен максимальный порядок аппроксимации, составляющий величину $m+s$. После определения неизвестных коэффициентов и формирования матриц A и B с соответствующими размерностями $s \times m$ и $s \times s$ вычисления многошаговым блочным методом, представленным в виде системы нелинейных уравнений (5) можно свести к следующему итерационному процессу

$$U_{n+1}^{(1)} = U_{n,0}e + \tau BF_n, \quad (6)$$

$$U_{n+1}^{(r+1)} = (U_{n,0}e + \tau BF_n) + \tau AF_{n+1}^{(r)}, n = 1, 2, \dots$$

До начала решения системы (6) предварительно определяются значения вектора U_0 в опорных точках начального блока. Вычисление приближенных значений решения задачи Коши в каждом следующем расчетном блоке осуществляется итерационно. Определение начальных значений в расчетном блоке осуществляется на основе многошагового предикторного метода Адамса, что позволяет повысить точность начального приближения.

В качестве тестовых уравнений в работе использовались одномерные параболические задачи с различными типами граничных условий и с известными точными решениями для оценивания глобальной погрешности решения. Дискретизация по пространственной переменной осуществлялась многошаговым многоточечным коллокационным блочным методом с числом опорных и расчетных точек в блоке 2×2 .

Тестирование выполнялось для тестового жесткого уравнения теплопроводности (2), описанного в [5], с известным точным решением

$$u(x,t) = e^{-\pi^2 a^2 t} \sin(\pi x) + e^{-\pi^2 a^2 k^2 t} \sin(k\pi x),$$

в начальном условии которого

$$u(x,0) = \sin(\pi x) + \sin(k\pi x) \quad (7)$$

содержится параметр жесткости $k \gg 1$, обеспечивающий быстрое убывание компоненты решения $e^{-\pi^2 a^2 k^2 t} \sin(k\pi x)$. На границах заданы условия вида

$$u(x,0) = \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right), \quad u(0,t) = u(L,t) = 0, \quad (8)$$

Основной упор делался на сравнительный анализ точности решения методом прямых по отношению к известным явным и неявным сеточным методам с соизмеримыми размерностями шагов по времени и по пространству. В [5] приведены данные о том, что реализация этого уравнения известным разностным методом Кранка-Николсона дает неприемлемую точность, которая резко ухудшается с увеличением параметра жесткости k , понижаясь, при $k = 10$ до значения 0.61. Реализация этой же задачи с помощью метода

прямых позволяет значительно повысить точность расчетов. Анализ полученных численных решений и величин глобальных погрешностей при вариации параметра жесткости k показывает, что величина глобальной погрешности растет с увеличением параметра жесткости, но при этом она значительно меньше величины, приведенной в [5] для случая использования разностной схемы повышенной точности.

Заключение. В работе рассмотрены вопросы возможной параллельной реализации эволюционных уравнений в частных производных с помощью метода прямых. Дискретизация по пространству осуществлялась многошаговым многоточечным коллокационным блочным методом с числом опорных и расчетных точек в блоке 2×2 . В качестве тестовых уравнений в работе использовались одномерные параболические задачи с различными типами граничных условий и с известными точными решениями для оценивания глобальной погрешности решения. Проведенные компьютерные эксперименты показали значительные преимущества предложенного подхода даже при последовательной реализации. Ожидается, что последующие эксперименты в параллельных средах с использованием коллокационных блочных разностных схем, изначально ориентированных на параллельное решение, позволят значительно улучшить показатель времени.

Список литературы

1. Schiesser W. Method of Lines Analysis of Turing Models. Published, 2017. – 268 p.
2. Bolten M., Moser D., Speck R. A multigrid perspective on the parallel full approximation scheme in space and time // Numerical Linear Algebra with Applications. - 2017. - №1. – P. 1-24.
3. Schiesser W. Differential Equation Analysis in Biomedical Science and Engineering. John Wiley & Sons, 2014. – 440 p.
4. Дмитриева О. А. Параллельные численные методы моделирования динамических объектов: монография. –Покровск: «ДонНТУ», 2016. – 384 с
5. Cash J. R. New finite difference schemes for parabolic equations // Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM) J. – 1984. -Vol. 21, № 3. – P. 433-446.

Гогольєва Н.Ф., доцент кафедри, к.ф.-м.н., доцент (nataliia.hoholieva@donntu.edu.ua)
Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

НОВИЙ ВИПАДОК ІНТЕГРОВАНOSTІ СИСТЕМИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ В ЗАДАЧІ ПРО РУХ ДВОХ ГІРОСКОПІВ ЛАГРАНЖА

Актуальність питання. Динаміка неголономних систем є одним з найбільш складних розділів механіки. Теорії руху неголономних систем завжди приділялася досить велика увага. Ці системи є механічними моделями багатьох технічних об'єктів. Багато технічних пристроїв представляють у вигляді системи твердих тіл, сполучених між собою шарнірами.

У гіроскопії і механіці твердого тіла немало прикладів, коли побудовано точні розв'язки досліджуваних рівнянь в загальних або окремих випадках, методи побудови яких можуть бути використані в аналогічних випадках. Дослідження можливостей точної інтеграції рівнянь руху має теоретичне і практичне значення. Нерідко точна інтеграція значно спрощує дослідження нелінійних рівнянь і має свої переваги. Точний розв'язок задачі служить еталоном для наближених методів і може служити початковим наближенням для складніших задач.

Раніше вже були розглянуті деякі інтегровані випадки задачі про рух за інерцією двох гіроскопів Лангранжа, з'єднаних неголономним шарніром [1], [2].

Знаходження точних розв'язків є початковим етапом для побудови повних розв'язків, які в наочній формі дають вичерпну інформацію про особливості руху кожного з тіл системи.

Постановка мети та задач дослідження. Метою роботи є перетворення рівнянь руху двох тіл, з'єднаних неголономним шарніром, побудова нових аналітичних і повних розв'язків цієї задачі.

О. П. Харламов і М. П. Харламов запропонували реалізацію неголономної в'язі – неголономний шарнір [3], коли до внутрішньої або зовнішньої поверхні сферичної оболонки кріпиться рамка, що несе коліщатка (диски). Можливі різні конструкції такої в'язі, що забезпечують рівність компонент кутових швидкостей ω_* і Ω_* , з'єднаних цим шарніром тіл S і S_0 у напрямі e , фіксованому в одному з них (ортогонально площині, що містить осі коліщаток): $\omega_* \cdot e = \Omega_* \cdot e$. Ця в'язь виключає відносні повороти тіл S і S_0 навколо осі неголономності, що має напрям e .

Постановка задачі про рух за інерцією двох гіроскопів Лагранжа, з'єднаних неголономним шарніром, надано у роботі [4] М. Ю. Лесіної і О. П. Харламова. Система, що розглядається, замкнена: дванадцять рівнянь зв'язують дванадцять величин.

Взаємодію тіл S і S_0 в неголономному шарнірі забезпечує момент $L = Le_3^0$, що характеризує дію через цей шарнір тіла S_0 на S .

$$L = -e_2 L \sin \theta + e_3 L \cos \theta, \text{ протидія } -L \text{ прикладена до } S_0.$$

У системі координат, що рухається поступально разом з O , $K = B(\omega_1 e_1 + \omega_2 e_2) + n_0 e_3$ – момент відносно точки O кількості руху тіла S .

$$K_0 = B_0(\Omega_1 e_1^0 + \Omega_2 e_2^0) + n_0 e_3^0 - \text{аналогічний вектор для тіла } S_0.$$

Записуючи зміну вектора K в системі координат, що рухається поступально з прискоренням W_* , слід окрім моменту пружних сил $e_1 P'(\theta)$ ввести момент переносних сил інерції $r \times (-mW_*)$. У проекціях на третю вісь рівняння встановить несталість величини n , а перші два записуються у вигляді

$$A(\dot{\omega}_1 - \omega_2 \omega_3) + n \omega_2 = -P'(\theta) + N[-(\Omega_1^2 + \Omega_2^2) \sin \theta + (\dot{\Omega}_1 - \Omega_2 \Omega_3) \cos \theta],$$

$$A(\dot{\omega}_2 + \omega_3 \omega_1) - n \omega_1 = N(\dot{\Omega}_2 + \Omega_3 \Omega_1) - L \sin \theta, \quad \dot{n} = L \cos \theta.$$

При складанні рівнянь руху тіла S_0 , окрім моменту $-\epsilon_1^0 \Pi'(\theta)$, потрібно врахувати момент $\mathbf{r}_0 \times (-m\mathbf{W}_*)$:

$$A_0(\dot{\Omega}_1 - \Omega_2 \Omega_3) + n_0 \Omega_2 = \Pi'(\theta) + N[(\omega_1^2 + \omega_2^2) \sin \theta + (\dot{\omega}_1 - \omega_2 \omega_3) \cos \theta],$$

$$A(\dot{\Omega}_2 + \Omega_3 \Omega_1) - n_0 \Omega_1 = N(\dot{\omega}_2 + \omega_3 \Omega_1), \quad \dot{n}_0 = -L.$$

Система рівнянь, розв'язана відносно похідних, має вигляд:

$$\dot{\phi} = n/J - \omega_3, \quad \dot{\Phi} = n_0/J_0 - \Omega_3, \quad \dot{n} = L \cos \theta, \quad \dot{n}_0 = -L,$$

$$\dot{\omega}_1 = \omega_2 \omega_3 + [-(A_0 - N \cos \theta) \Pi'(\theta) - N n_0 \Omega_2 \cos \theta - A_0 n \omega_2 - A_0 N (\Omega_1^2 + \Omega_2^2) \sin \theta + N^2 (\omega_1^2 + \omega_2^2) \sin \theta \cos \theta] / (A A_0 - N^2 \cos^2 \theta),$$

$$\dot{\omega}_2 = -\omega_1 \omega_3 + (A_0 n \omega_1 - N n_0 \Omega_1 - A_0 L \sin \theta) / (A A_0 - N^2),$$

$$\dot{\Omega}_1 = \Omega_2 \Omega_3 + [(A - N \cos \theta) \Pi'(\theta) - N n \omega_2 \cos \theta - A n_0 \Omega_2 + A N (\omega_1^2 + \omega_2^2) \sin \theta - N^2 (\Omega_1^2 + \Omega_2^2) \sin \theta \cos \theta] / (A A_0 - N^2 \cos^2 \theta),$$

$$\dot{\Omega}_2 = -\Omega_1 \Omega_3 + (N n \omega_1 - A n_0 \Omega_1 - N L \sin \theta) / (A A_0 - N^2).$$

Ці рівняння слід доповнити кінематичними співвідношеннями

$$\Omega_1 = \omega_1 + \dot{\theta}, \quad \Omega_2 = \omega_2 \cos \theta + \omega_3 \sin \theta, \quad \Omega_3 = -\omega_2 \sin \theta + \omega_3 \cos \theta, \quad \dot{\Phi} = \dot{\phi} \cos \theta.$$

Інтеграл, що виражає сталість моменту кількості руху системи відносно її центру мас:

$$G_1^2 + G_2^2 + G_3^2 = g^2,$$

$$G_1 = (A - N \cos \theta) \omega_1 + (A_0 - N \cos \theta) \Omega_1,$$

$$G_2 = (A - N \cos \theta) \omega_2 + (A_0 \cos \theta - N) \Omega_2 - n_0 \sin \theta,$$

$$G_3 = (A_0 \Omega_2 - N \omega_2) \sin \theta + n_0 \cos \theta + n$$

і інтеграл енергії

$A(\omega_1^2 + \omega_2^2) + A_0(\Omega_1^2 + \Omega_2^2) - 2N(\Omega_1 \omega_1 \cos \theta + \Omega_2 \omega_2) + n^2/J + n_0^2/J_0 + 2\Pi(\theta) = 2h$, де $\Pi(\theta)$ – довільна диференційована функція кута θ .

Основний матеріал і результати досліджень. Виключаючи послідовно $\omega_2(\theta)$, $k'(\theta)$ отримаємо для змінної $k_0(\theta)$ лінійне однорідне диференціальне рівняння другого порядку зі змінними коефіцієнтами, де замість параметрів A , A_0 , J , J_0 , N введемо нові безрозмірні параметри $B_* = 1 + H/A_0 J_0$, $D_* = H/A_0 J - 1$, $E_* = N/A_0$,

$$(B_* + D_* \cos^2 \theta) k_0''(\theta) + (E_* - 3D_* \cos \theta) k_0'(\theta) \sin \theta + (B_* - 1 + 2E_* \cos \theta) k_0(\theta) = 0.$$

Прийнявши обмеження, що тіло S сферично симетрично і одно з тіл системи закріплене в центрі мас отримано новий розв'язок задачі про рух за інерцією двох гіроскопів Лагранжа, з'єднаних неголономним шарніром.

$$n_0(\theta) = C \sin(\lambda \theta + \beta), \quad n(\theta) = \frac{C \lambda}{(1 - \lambda^2)} [\lambda \sin(\lambda \theta + \beta) \cos \theta - \cos(\lambda \theta + \beta) \sin \theta],$$

$$\omega_2(\theta) = -\frac{C}{B \lambda (1 - \lambda^2)} [\lambda \sin(\lambda \theta + \beta) \sin \theta + \cos(\lambda \theta + \beta) \cos \theta], \quad \Omega_2(\theta) = -\frac{C}{B \lambda (1 - \lambda^2)} \cos(\lambda \theta + \beta),$$

$$\zeta - 1 = 2A_0/(A_0 - J_0), \quad \Omega_3(\theta) = \frac{C}{B(1 - \lambda^2)} \sin(\lambda \theta + \beta), \quad \omega_3(\theta) = \frac{C}{B \lambda (1 - \lambda^2)} [\lambda \sin(\lambda \theta + \beta) \cos \theta - \cos(\lambda \theta + \beta) \sin \theta],$$

$$\Omega_1(\theta) = \frac{2A_0}{A_0 - J_0} \kappa(\theta), \quad \omega_1(\theta) = 2 \frac{2A_0 - J_0}{A_0 - J_0} \kappa(\theta), \quad \dot{\Phi}(\theta) = 0, \quad \phi^*(\theta) = 0,$$

$$\kappa^2(\theta) = \frac{(A_0 - J_0)^2}{4(A_0^2 + 2A_0 J - J J_0)^2} \left\{ \left[g^2 - \frac{(J + J_0)^2 C^2}{J_0^2} \right] - \frac{(A_0^2 + 2A_0 J - J J_0)(J + J_0) C^2}{J J_0^2} \cos^2(\lambda \theta + \beta) \right\}.$$

Знайдено потенційну енергію пружного елемента $2h_1 - 2\Pi(\theta) = \tilde{M}_* \cos^2(\lambda \theta + \beta)$, де

$$\tilde{M}_* = -\frac{C^2(\mu_* - 1 + \lambda^2)(2\mu_* - 1 + \lambda^2)}{B(1 - \lambda^2)^2(\mu_*^2 + 2\mu_* \lambda^2 + \lambda^4 - \lambda^2)}, \text{ а в постійну } h_1 \text{ включені } 2h \text{ й інші постійні.}$$

Висновки.

За допомогою напівзворотнього методу отримано розв'язок задачі на лінійному по других і третіх компонентах кутових швидкостей тіл інваріантному співвідношенні спеціального вигляду, при обмеженнях – тіло S сферично симетрично і одно з тіл системи закріплене в центрі мас.

Швидкість власного обертання тіла S_0 дорівнює нулю, тому напіврухомий базис $\mathbf{e}_1^0 \mathbf{e}_2^0 \mathbf{e}_3^0$ співпадає з базисом $\mathbf{e}_1^{*0} \mathbf{e}_2^{*0} \mathbf{e}_3^0$. Швидкість власного обертання тіла S також дорівнює нулю, тому, аналогічно, напіврухомий базис $\mathbf{e}_1 \mathbf{e}_2 \mathbf{e}_3$ співпадає з базисом $\mathbf{e}_1^* \mathbf{e}_2^* \mathbf{e}_3^*$.

Перелік посилань:

1. Гоголева, Н.Ф. Новый случай интегрируемости задачи о движении двух гироскопов Лагранжа, соединенных неголономным шарниром / Н.Ф. Гоголева, М.Е. Лесина // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія : обчислювана техніка та автоматизація, №1 (28) – Донецьк , 2015. – С. 24 – 32.
2. Гоголева, Н.Ф. Задача про рух по інерції двох гіроскопів Лагранжа, сполучених неголономним шарніром: інтегрований випадок / Наталія Федорівна Гоголева// Науковий Вісник Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Серія: Комп'ютерні системи та компоненти. – Том.4, випуск 4. – Чернівці: ЧНУ, 2013. – С.74–77.
3. Харламов, А.П. Неголономный шарнир / А.П. Харламов, М.П. Харламов // Механика твердого тела. – 1995. – Вып.27. – С.1–7.
4. Лесина, М.Е. Движение по инерции двух гироскопов Лагранжа, соединенных неголономным шарниром / М.Е. Лесина, А.П. Харламов // Механика твердого тела. – 1995. – Вып.27. – С.15–21.

Глинська К.С., магістрант (katerinaglinskaya96@gmail.com)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ НАВЧАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ

Розробка ігрових додатків – це одна з поширених зараз галузей комп'ютерної індустрії, що активно розвивається, використовуючи для цього результати вивчення все складніших технологій. Невід'ємною частиною багатьох сучасних ігрових додатків є реалізація штучного інтелекту. Дослідження алгоритмів навчання штучного інтелекту в комп'ютерних іграх з метою їх вдосконалення – це одне з першочергових завдань розробників сучасної ігрової індустрії. Це пов'язано з тим, що штучний інтелект сучасних стратегічних ігрових додатків досі часто поступається людині. Це змушує нас шукати та впроваджувати нові засоби його посилення, одним із яких є машинне навчання. Вивчення існуючих методів реалізації навчання штучного інтелекту на прикладі однієї гри дозволить успішно застосувати або модифікувати їх для будь-яких конкретних умов. Практика останніх років показує [1, 2], що правильно впроваджене машинне навчання в ігрових додатках дозволяє підняти їх інтелект на новий рівень. Особливим успіхом у реалізації ігрового штучного інтелекту користуються нейронні мережі як один із методів машинного навчання, тому саме на них було вирішено зосередитися в даній роботі. Серед їх переваг слід назвати паралельну обробку масової інформації, можливість рішення задачі при відсутності певного алгоритму, здатність до навчання та узагальненню отриманих знань.

Однак незважаючи на те, що кожного року витрати на дослідження нейронних мереж зростають, ця галузь ще залишається для людини «чорним ящиком», і лише незначна доля результатів теоретичних досліджень використовується на практиці. Невизначеність, відсутність чітких знань щодо їх впровадження у комп'ютерних іграх, складність навчання ігрових агентів стають серйозною перешкодою для розробників. Тому ця робота, присвячена використанню нейронних мереж для навчання ігрового штучного інтелекту, є актуальною, так як вона дозволить не тільки підвищити рівень сучасних стратегічних ігор, але й просунутися у вивченні принципів функціонування нейронних мереж у певних умовах, запропонувати ряд рекомендацій щодо їх подальшого використання.

Об'єктом дослідження даної роботи виступають засоби реалізації ігрового штучного інтелекту, існуючі досягнення й невирішені проблеми в цій галузі. Предметом дослідження є нейронні мережі як засіб навчання й підсилення штучного інтелекту стратегічних ігор.

Метою роботи є реалізація навчання ігрового інтелекту засобами нейронної мережі, що дозволить оптимальним чином відповідати на дії суперників й матиме істотний вплив на якість ігрового процесу. Побудова нейронних мереж з різними топологіями, методами навчання, параметрами та функціями оцінки, варіювання вхідних вибірок для тренувального набору, експериментування з різними алгоритмами оптимізації дозволить знайти кращий варіант реалізації нейронної мережі для певного типу ігор та отримати розумну поведінку штучного інтелекту в цих умовах.

В процесі роботи будуть використані математичні методи апроксимації й оптимізації функцій оцінки, статистичні методи обробки вхідних даних, евристичні методи для створення та навчання мережі, методи порівняння й аналізу для вивчення та узагальнення досягнень існуючих підходів. Результатом роботи на поточному етапі є узагальнення досліджень та підготовка теоретичної бази для подальшого впровадження нейронної мережі, огляд існуючих методів, реалізацій та досліджень в цій галузі. Кінцевим результатом роботи буде нейронна мережа, що зможе навчити ігровий штучний інтелект суперничати не тільки з людиною, а й аналогічними програмами, моделюючи поведінку та мислення людини при

прийнятті рішень.

Зазвичай початок розвитку нейронних мереж пов'язують з роботами психіатра й нейроаналітика Мак-Каллока і математика Пітца. Їх новаторська стаття, що описувала принципи функціонування нейронної мережі, викликала бурхливий інтерес і обговорення ідеї з 1942 по 1969 роки, надавши значний вплив на роботи фон Неймана, Вінера («Кібернетика», 1948), Хебба (правило навчання нейронної мережі, 1949), Аттли (поняття активації нейрону, 1949), Габора (ідея нелінійного адаптивного фільтру, 1954), Тейлора (дослідження асоціативної пам'яті, 50-ті), Відроу й Хофа (принцип навчання ADALINE, дельта-правило, 1959) та багатьох інших. Розвиток чисельних методів (опис методу градієнтів), математичного апарату (метод найменших квадратів), теорії інформації Шеннона, теорії автоматів, обчислень та комунікацій, голографії, нейробіології і інших дисциплін в ці роки сприяє дослідженню нейронних мереж. Але робота Мінського й Перпєрта відкриває вченим очі на їх певні обмеження, через що інтерес до них майже зникає у період 1969 – 1980-ті. В 80-ті роки ситуація змінюється завдяки працям Гроссберга по теорії адаптивного резонансу, рекурентним мережам Хопфілда, моделі Кохонена, відкриттю принципу навчання з підкріпленням, розробці алгоритму зворотного поширення помилки, опису машини Больцмана, які дозволили зняти ряд описаних Мінським й Перпєртом обмежень, відкриваючи нейронним мережам двері до вирішення нових класів задач. Тому не дивовижно, що період з 1986 по сьогоднішній день називають періодом «повернення до нейронних мереж й перетворенням штучного інтелекту у науку» [3]. Значний вклад в розвиток теорії нейронних мереж внесли також українські вчені Є.М. Куцусь, А.Г. Івахненко та російські вчені А.І. Галушкін й А.Н. Горбань. Сьогодні нові роботи й дослідження, присвячені нейронним мережам, виникають кожен день.

Перші способи реалізації ігрового штучного інтелекту хоча й були успішні, часто не сприймалися як справді інтелектуальні, як, наприклад, було при перемозі DeepBlue над Каспаровим. Зокрема, для опису такого штучного інтелекту було застосовано термін «прикордонні інновації» (innovations at the margins) [4], підкреслюючи, що йому ще далеко до справжнього інтелекту. Автор визначає, що замість того, щоб ризикнути й здійснити справжній прорив в технологіях, ми задовольняємось невеликими покращеннями простих завдань. У 50-ті роки Артур Семюель застосовує машинне навчання для програмування гри шашки (Checkers). Себастьян Трун одним з перших у світі застосував нейронні мережі в шахових програмах, розробивши в середині 90-х програму NeuroChess, однак розробка не змогла обіграти кращих представників «класичної школи». В 2015 році Метью Лай розробив комп'ютерну програму Giraffe на основі нейронної мережі, яка три доби грала в шахи сама з собою – і змогла винести з ігор всі знання, необхідні для гри на рівні міжнародного майстра FIDE. Суттєвого прогресу в цій сфері вдалося досягти в грудні 2017 року, коли програма AlphaZero за чотири години навчилася грі в шахи, після чого перемогла Stockfish 8 – штучний інтелект, який до сих пір вважався найкращим віртуальним шаховим гравцем. Великим досягненням нейронних мереж була перемога AlphaGo у грі Го, яка раніше була прикладом переваги інтелекту людини над штучним інтелектом. Дослідники вважали, що гра ще довго буде залишатись недоступною комп'ютерному гравцю через складність алгоритму. Нейронні мережі знайшли використання не тільки в настільних іграх. Першим популярним ігровим додатком, заснованому на нейронних мережах, була гра Creatures (1996). Після неї були ще Thief (1998), серія ігор Halo (2011–2017), Half-Life (1998), Black and White (2000), The Sims, Forza Motorsport (2005), Civilization (1991–2016) й інші, які тим чи іншим чином застосовували елементи нейронних мереж для навчання ігрових агентів.

Поле для подальших досліджень є досить широким, адже нейронні мережі, як і будь-яка скільки-небудь вивчена технологія, вже зустрілися з певними проблемами. По-перше, це те, що Лара-Кабрера називає «artificial stupidity» [5], що можна розуміти як недосконалість штучного інтелекту, прірву між ним і біологічним інтелектом. Зрозуміло, що чим складніша мережа, чим більше нейронів використовує для обробки інформації, тим вона розумніша, але реалізувати скільки-небудь приближену до реальної нейронної системи модель з сучасними

технологіями неможливо. Інша проблема створення нейронних мереж полягає в відсутності яких-небудь рекомендацій щодо їх застосування саме у ігрових додатках. Єдиноразове проведення комплексного аналізу, порівняння функціонування різних конфігурацій мереж в різних умовах могло би змінити цю картину. Інша перешкода полягає в тому, що, незважаючи на все різноманіття топологій та типів штучних мереж, алгоритмів навчання, різних методів та евристик, на практиці зазвичай використовують найпростіші методи та принципи навчання. Це пояснюється необхідністю економії пам'яті й часу обробки інформації, особливо коли мова йде про комп'ютерні ігри, де ресурси і без того використовуються значним чином, складністю реалізації й тестування таких розробок. Тим не менш, й гарно вивчені методи теж мають свої недоліки. Наприклад, метод градієнтного спуску (настільки поширений, що часто застосовується за замовченням у багатьох бібліотеках, хоча існують його оптимізації) дозволяє знайти лише локальні, а не глобальні мінімуми (кращі стратегії з мінімальною похибкою). Надмірний обсяг навчальної вибірки або створення «дуже розумної» мережі (з великою кількістю шарів та нейронів) призводить до її перенавчання й порушенню узагальнюючої спроможності (така мережа просто запам'ятовує правильні відповіді й не може діяти в нових умовах). І навпаки, мала кількість нейронів не дозволить мережі досягти бажаних результатів. Використовуючи дуже великий шаг навчання, ми ризикуємо пропустити кращий хід, а з занадто малим кроком навчання може потребувати багато часу.

Всі описані недоліки є актуальними і зараз, але існують перспективні напрямки їх подолання. Одним з таких перспективних напрямків є досить нові на сьогодні капсульні нейронні мережі, які були створені як альтернатива сверточним мережам й застосовувались лише для розпізнавання зображень. Вперше ідея їх застосування в іншій – ігровій – галузі з'явилась зовсім недавно й може виявитись ефективною. Також досить перспективним напрямком дослідження нейронних мереж у іграх є їх комбінація з іншими методами машинного навчання – генетичними алгоритмами й навчанням з підкріпленням.

Враховуючи наявні проблеми й досвід попередніх досліджень, було встановлену мету й визначені задачі для подальшої роботи. Зокрема, мають бути реалізовані програмно модулі, що здійснюють навчання нейронних мереж з різними конфігураціями для певної стратегічної гри. Різнобічна оцінка отриманих реалізацій дозволить обрати кращі параметри навчання штучного інтелекту й висунути ряд рекомендацій для інших розробників.

Перелік посилань:

1. Millington I., Funge J. Artificial Intelligence for Games, Second Edition..– Elsevier Inc., 2009. – 895 p.
2. Yannakakis G., Togelius J. Artificial Intelligence and Games. – Springer, 2018. – 359 p.
3. Тадеусевич Р., Боровик Б. Элементарное введение в технологию нейронных сетей с примерами программ.– М.: Телеком, 2011. – 408 с.: ил.
3. Pannu A. Artificial Intelligence and its Application in Different Areas – International Journal of Engineering and Innovative Technology (Volume 4, Issue 10, April 2015). – 6 p.
4. Каспаров Г. Человек и компьютер: Взгляд в будущее. – Альпина Паблишер, 2017. – 398 с.
5. R. Lara-Cabrera, M. Nogueira-Collazo, C. Cotta, and A. J. Fernández-Leiva, «Game artificial intelligence: Challenges for the scientific community» CEUR Workshop Proc., vol. 1394, no. January, pp. 1–12, 2015.

Макарішин В., магістрант (makarvlad82@gmail.com)

Маслова Н. О., к.т.н., доц. (nataliia.maslova@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

РОЗРОБКА КРОСПЛАТФОРМНОГО ІГРОВОГО ДОДАТКУ З ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ BLOCKCHAIN

Blockchain - це технологія, на якій побудована робота криптовалюти, це спосіб зберігання даних, розподілена база даних. Базова система блокчейну - постійно зростаюча послідовність блоків, які розподіляються між учасниками за допомогою пірінгових мереж [1]. В наш час технологія знайшла застосування не тільки у сферах грошового розподілу, а й у інших областях, які жодним чином не пов'язані із фінансовими інструментами. Це аутентифікація (HYRP, BlockVerify, OneName); зберігання авторських прав (платформа Ascribe); організація електронних виборів; надання юридичних та економічних послуг (Borderless); торгівля; нерухомість та багато іншого.

Однією з особливостей технологій блокчейна є те, що по-суті це реалізація сучасних досягнень теорії обчислювальної складності алгоритмів і криптології [2]. Головною відмінністю і перевагою використання технології Blockchain є те, що база даних зберігається не в одному конкретному місці, вона розподілена серед сотень або тисяч комп'ютерів користувачів мережі. Кожен користувач має вільний доступ до актуальної версії бази, що робить її абсолютно прозорою для всіх учасників. При проведенні будь-якого обміну або транзакції, кожен пристрій у мережі перевіряє правильність операції, однаковість останнього блоку у ланцюжку, якщо хоч один пристрій забракне операцію, її буде відмінено.

Відомі спроби застосування Blockchain і в індустрії ігор [3,4]. Актуальність цього обумовлена тим, що технологія може захистити гри від злому, шахрайства, дублювання ігрових предметів, неправомірного додавання ігрового золота і т.д. Особливо це важливо в онлайн іграх, в які грають люди з можливістю покупки ігрових ресурсів за реальні гроші. Це в свою чергу зробить процес гри більш комфортним та безпечним, спонукає гравця робити покупки, та не перейматись, що їх може хтось вкрати. Тематика дослідження є актуальною оскільки вона чіпає питання безпеки та сучасний напрямок - впровадження криптовалюти та технологій Blockchain у відеоіграх.

Метою роботи є адаптація та застосування технології Blockchain у відеоіграх.

Основні задачі полягають у ознайомленні з теоретичною базою, огляді існуючих розробок, проектуванні ігрового застосунку з використанням Blockchain, його реалізації і тестуванні, а також аналізу отриманого рівня безпеки.

Особливість ігор на блокчейні полягає в тому, що гравці будуть мати реальне право власності на своїх персонажів і внутрішню ігрову валюту. Іншими словами, розробники вже не зможуть різко перекоїти екосистему гри - забанити когось або змінити ціни на товари. Таким чином, блокчейн дає гравцям певну владу. Також блокчейн може витіснити посередників з ігрової галузі. В даний момент великі ігрові платформи контролюються такими компаніями, як Steam, Apple і Google. Блокчейн може створити децентралізовану ігрову економіку, яка прямо пов'яже розробників і гравців.

Загальний перелік задач, які формуються у цьому напрямку відображено на рисунку 1.



Рисунок 1. Можливості застосування технологій Blockchain у відеоіграх

Для реалізації проекту обрана платформа Ethereum завдяки своїй технології смарт-контрактів, за допомогою якої можна випустити свою криптовалюту (токени) і інтегрувати їх в гру в вигляді ігрових активів (валюта, предмети, бонуси тощо). Крім того смарт-контракти забезпечать зручну реалізацію обміну внутрішньо ігровими предметами. Основна ідея смарт-контрактів - виключити розбіжність трактувань умов укладеного договору.

В якості ігрового двигуна обрана система Unity. Unity – між платформне середовище розробки комп'ютерних ігор. Система досить проста у використанні, надає широкий спектр можливостей. Unity має візуальне середовище розробки, модульну систему компонентів, зручний інтерфейс та досить великий перелік функцій та інструментів для створення ігор.

Планується розробка багатокористувацької кросплатформної гри. Мультиплеєр буде реалізовано за допомогою стандартних інструментів Unity, та деяких додаткових асетів. Бібліотека Nethereum дуже часто оновлюється, й не так давно з'явилась можливість підтримки Unity3D.

Щоб увімкнути сумісність з крос-платформною та механізмом потокової передачі, Nethereum використовує новий тип RPC-клієнта UnityRpcClient. За допомогою цього клієнту можна отримати номер останнього блоку, виконувати запити RPC. Контрактні виклики будуть виконуватись аналогічно RPC, але для цього потрібно, щоб запит було закодованою, це надасть користувачам можливість обміну ігровими предметами поза грою.

Очікується, що використання технології Blockchain збільшить рівень захисту ігрових активів. Оскільки вони оцінюються достатньо дорого, це стимулює діяльність, шахраїв та хакерів, направлену на заволодіння відповідними ресурсами, нечесним шляхом. Реалізація системи керування активами на базі Blockchain здатна вирішити цю проблему.

Перелік посилань:

1. Satoshi N. Как технология блокчейн поможет человечеству. Режим досту-пу: www.bitnovosti.com/2014/10/02/blockchain-pomozhet-chelovechestvu .
2. Кудин А.М. Блокчейн и криптовалюты на основании «доказательства точности». Математичне та комп'ютерне моделювання моделювання. Серія: Технічні науки: тзб.наук.праць / - Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський нац.ун-т ім.І.Огієнка, 2017.-Вип.15.-с.104-108
3. Введение в Blockchain игры и знакомство с Dragonereum. Режим досту-пу: <https://golos.io/ru--blokcheijn/@dragonereum-io/vvedenie-v-blockchain-igry-i-znakomstvo-s-dragonereum>
4. Стаценко Н. Как работают игры на блокчейне. Режим досту-пу: <https://rb.ru/story/blockchain-games/>

Кириченко В.В., к.ф.-м. н., доц. (vkir28@gmail.com)

Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

Лесіна Є.В., к.ф.-м. н., доц. (eugenia.lesina@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ РУХІВ ГІРОСКОПА З БАЗОВОЮ ВЕРТИКАЛЬНОЮ ОРІЄНТАЦІЄЮ

Гіроскопи представляють собою поворотні тверді тіла з високою частотою. Вісь поворотів гіроскопа може змінити свій напрям у просторі. Властивостями гіроскопа володіють артилерійські снаряди, що обертаються, гвинти літаків, ротори турбіни. Більш простий приклад гіроскопа – дзига: тіло, яке обертається навколо певної осі, що зберігає положення в просторі, якщо на гіроскоп не впливають зовнішні сили та моменти цих сил. При цьому гіроскоп має стійкість і здатний протистояти впливу зовнішніх сил, що багато в чому визначається його швидкістю обертання.

Для моделювання рухів гіроскопа скористаємося рівняннями Лагранжа 2-го роду:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial E}{\partial q_i} = Q_i,$$

де E – кінетична енергія системи; Q_i – узагальнені сили; $q_i, \dot{q}_i$ – узагальнені координати і швидкості.

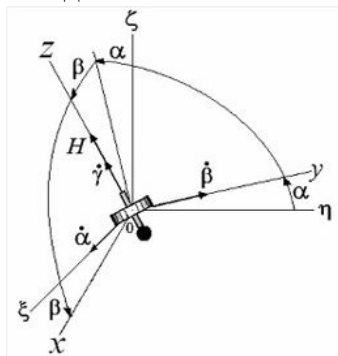


Рисунок 1 – Системи координат

Система координат $Oxyz$, пов'язана з гіроскопом, – супутня. Вона бере участь у рухах по кутам α, β , але не приймає участь у власному обертанні γ . Система координат $O\xi\eta\zeta$ пов'язана з інерціальним простором (нерухома система). Узагальнені координати – кути α, β, γ (рис. 1).

Система має три ступеня свободи. Координата γ – циклічна. Рівняння руху по цій координаті приводить до виразу сталості кінетичного моменту H гіроскопа [1, 2]. Складемо рівняння Лагранжа другого роду по узагальненим координатам і швидкостям $\alpha, \dot{\alpha}, \beta, \dot{\beta}$. Кінетична енергія гіроскопа

$$E = A \cos^2 \beta \frac{\dot{\alpha}^2}{2} + A \frac{\dot{\beta}^2}{2} + \frac{1}{2} C (\dot{\gamma} + \dot{\alpha} \sin \beta)^2,$$

де $A = B, C$ – моменти інерції гіроскопа з базовою вертикальною орієнтацією осі обертання відносно осей x, y, z . Узагальнені сили, які діють на гіроскоп:

$$\begin{aligned} Q_\alpha &= -\mu_\alpha \dot{\alpha} + mgz_C \sin \alpha \cos \beta + Mom_2 \cos \omega_2 t, \\ Q_\beta &= -\mu_\beta \dot{\beta} + mgz_C \sin \beta \cos \alpha + Mom_1 \cos \omega_1 t. \end{aligned} \quad (1)$$

Тут μ_α, μ_β – коефіцієнти в'язкого демпфірування; m, z_C – маса гіроскопа і зсув центра мас, що забезпечують маятниковий момент гіроскопа; Mom_i, ω_i – амплітуда і частота гармонічних збуджуючих моментів або сталі (при $\omega_i = 0$) збуджуючі моменти, g – прискорення вільного падіння [3].

Використовуючи формалізм Лагранжа, отримаємо:

$$\frac{\partial E}{\partial \dot{\alpha}} = A \dot{\alpha} \cos^2 \beta + C (\dot{\gamma} + \dot{\alpha} \sin \beta) \sin \beta, \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E}{\partial \dot{\alpha}} \right) = A \ddot{\alpha} \cos^2 \beta - \dot{\alpha} \dot{\beta} A \sin 2\beta + H \dot{\beta} \cos \beta,$$

$$\frac{\partial E}{\partial \dot{\beta}} = A \dot{\beta}, \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E}{\partial \dot{\beta}} \right) = A \ddot{\beta}, \quad \frac{\partial E}{\partial \beta} = A \dot{\alpha}^2 \sin \beta \cos \beta + H \dot{\alpha} \cos \beta.$$

Нелінійні рівняння руху гіроскопа без карданова підвіса з базовою вертикальною орієнтацією осі власного обертання мають вигляд:

$$A\ddot{\alpha} \cos^2 \beta + \mu_{\alpha} \dot{\alpha} - A\dot{\alpha}\dot{\beta} \sin 2\beta + H\dot{\beta} \cos \beta = mgz_C \sin \alpha \cos \beta + Mom_2 \cos \omega_2 t,$$

$$A\ddot{\beta} + \mu_{\beta} \dot{\beta} - A\dot{\alpha}^2 \sin \beta \cos \beta - H\dot{\alpha} \cos \beta = mgz_C \sin \beta \cos \alpha + Mom_1 \cos \omega_1 t,$$

де $H = C(\dot{\gamma} + \dot{\alpha} \sin \beta) = \text{const}$ – кінетичний момент гіроскопа.

Вважаючи кути α, β та їх похідні малими і нехтуючи малими величинами порядку вище першого, отримаємо лінеаризовані рівняння руху гіроскопа:

$$A\ddot{\alpha} + \mu_{\alpha} \dot{\alpha} + H\dot{\beta} = mgz_C \alpha + Mom_2 \cos \omega_2 t,$$

$$A\ddot{\beta} + \mu_{\beta} \dot{\beta} - H\dot{\alpha} = mgz_C \beta + Mom_1 \cos \omega_1 t.$$

Лінеаризовані рівняння руху при відсутності демпфірування і моментів гармонічних зовнішніх сил:

$$\begin{aligned} A\ddot{\alpha} + H\dot{\beta} &= mgz_C \alpha, \\ A\ddot{\beta} - H\dot{\alpha} &= mgz_C \beta. \end{aligned} \quad (2)$$

Враховуючи, що гіроскопічні моменти значно більше інерційних за рахунок більшого кінетичного моменту, отримаємо наближені прецесійні рівняння руху гіроскопа:

$$\begin{aligned} H\dot{\beta} &= mgz_C \alpha, \\ -H\dot{\alpha} &= mgz_C \beta. \end{aligned} \quad (3)$$

Так як в лінеаризованих рівняннях рухів (2) гіроскопа кінетичний момент $H = 0$ та $z_C < 0$, то можливо отримати рівняння малих недемпфированих коливань статично стійкого фізичного маятника, який відповідає гіроскопу:

$$\begin{aligned} A\ddot{\alpha} + mgz_C \alpha &= 0, \\ A\ddot{\beta} + mgz_C \beta &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Із прецесійних рівнянь (3) визначимо власну частоту його прецесійних коливань. Після простих перетворень (3) будемо мати:

$$\ddot{\alpha} + k_G^2 \alpha = 0, \quad \ddot{\beta} + k_G^2 \beta = 0,$$

де частота малих власних прецесійних коливань гіроскопа

$$k_G = mgz_C / H. \quad (5)$$

Перетворимо рівняння (4) малих коливань відповідного фізичного маятника і визначимо його власну частоту коливань:

$$\ddot{\alpha} + k_{\Phi M}^2 \alpha = 0, \quad \ddot{\beta} + k_{\Phi M}^2 \beta = 0,$$

де частота власних коливань фізичного маятника $k_{\Phi M} = \sqrt{mgz_C / A}$.

У випадку гіроскопа з вертикальною базовою орієнтацією осі власного обертання і відсутністю в'язкого демпфірування має місце прецесія по кутам α і β з частотою k_G , яка визначається формулою (5), отриманою із прецесійних рівнянь руху (3). Ця прецесія являє собою більш повільний рух по кутам α і β в порівнянні з відповідними коливаннями фізичного маятника під впливом того ж самого моменту сил тяжіння.

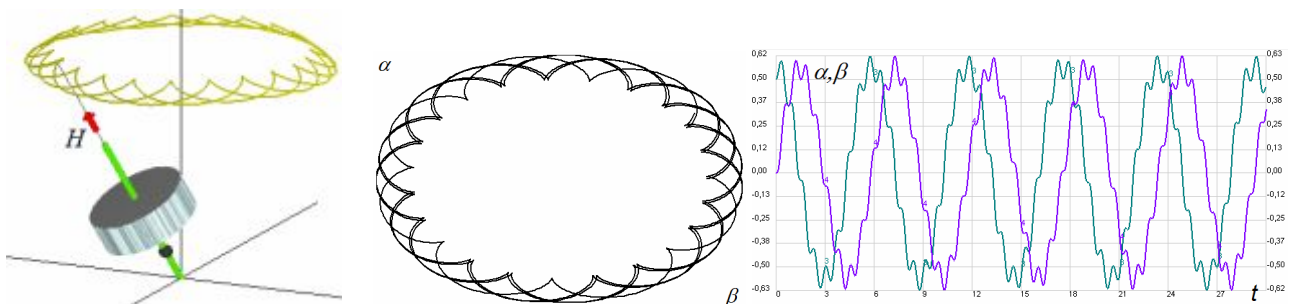


Рисунок 2 – Поведінка гіроскопа

При наявному початковому відхиленні від вертикалі вісь гіроскопа піддається прецесії з деякою кутовою швидкістю біля вертикалі та описує в просторі кутовий конус і здійснює більш швидкі нутаційні коливання.

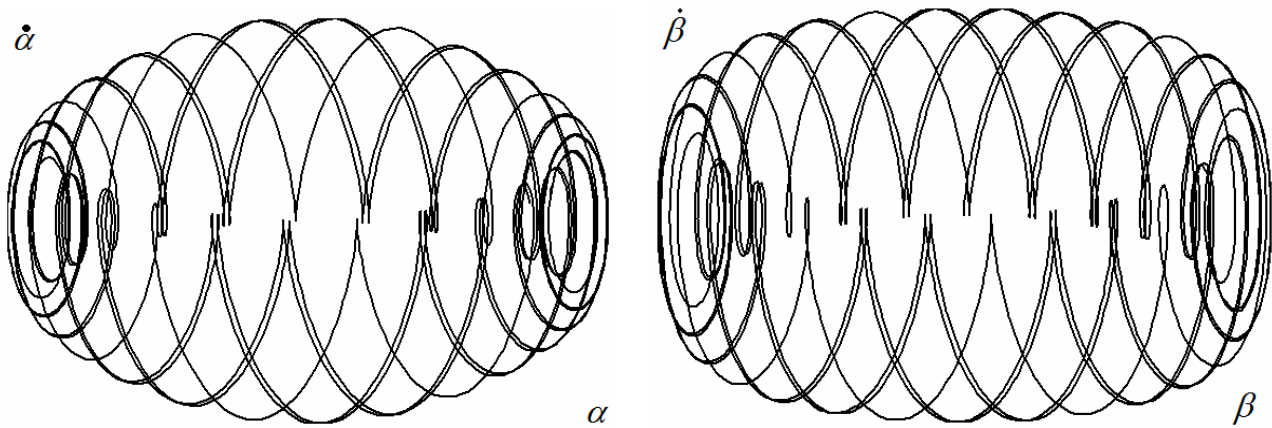


Рисунок 3 – Фазовий портрет

На рисунках 2, 3 представлені графіки перехідних процесів та фазові портрети руху гіроскопа при інтегруванні його рівнянь (1) з заданими вихідними параметрами ($A = 0,01 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$; $H=0,1 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$; $m=1\text{кг}$; $z_C=0,01\text{м}$) та при відсутності демпфірування.

Перелік посилань:

1. Общая и прикладная теория гироскопов с применением компьютерных технологий / [Джашитов В.Э., Панкратов В.М., Голиков А.В.]; за ред. академика РАН В.Г. Пешехонова. – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электрон», 2010. – 154с.
 2. Лунц Я.Л. Введение в теорию гироскопов. – М.: Наука, 1972. – 296 с.
- Мангус К. Гироскоп. Теория и применения.

Золотухіна О.А., аспірант (zolotukhina.oks.a@gmail.com)

Державний університет телекомунікацій, м. Київ, Україна

ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ З УРАХУВАННЯМ НАЯВНОСТІ НЕДОСКОНАЛОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Ефективне управління ресурсами є одним із ключових факторів забезпечення розвитку підприємства, особливо в умовах політичної та економічної нестабільності [1]. Визначення обсягів необхідних ресурсів, термінів їх використання, поточного стану ресурсів та інших параметрів, які складають процеси ресурсопостачання та ресурсовикористання, повинно виконуватися з максимальним урахуванням існуючих в предметній галузі факторів. При цьому, задачі управління ресурсами можуть бути вирішені як традиційними методами прийняття рішень, так і за допомогою нечітких моделей та методів [2, 3, 4], оскільки вхідні дані системи представлені великою кількістю різномірних даних, в тому числі кількісними і лінгвістичними поняттями, розмитими значеннями, експертними оцінками тощо.

Будемо розглядати управління ресурсами як динамічну систему, точки фазового простору якої визначають стан кожного з ресурсів, задіяних у виробничих процесах в певні моменти часу. Наявність недосконалої інформації, яка проявляється у неповноті, нечіткості, недостовірності та інших видах невизначеності даних про характеристики ресурсів чи процеси їх використання, потребує використання нечітких моделей та методів прийняття рішень при плануванні та контролі витрат ресурсів. З урахуванням динамічності системи, вхідним параметром нечіткої моделі прийняття рішень повинна бути часова характеристика. Постановка задачі даної роботи полягає у визначенні складових процесу прийняття рішень в системі управління ресурсами з урахуванням наявності недосконалої інформації та динамічності системи.

Зважаючи на характер інформації, якою оперує система управління ресурсами, та на те, що остаточне рішення щодо ресурсопостачання та/або ресурсовикористання приймає людина, вирішення задачі управління ресурсами включає наступні етапи.

1. Визначення переліку та правил формування вхідних змінних, які описують характеристики ресурсів. При цьому, уніфіковане представлення усіх видів недосконалостей у вигляді нечітких множин дозволяє застосовувати на подальших етапах одну схему обробки даних. Для перетворення суперечливих характеристик використовуються ваги, які відображають достовірність або значущість певного джерела, за яким формується суперечливе дане. Функції належності ненадійних та невизначених характеристик можуть формуватися на підставі ймовірностей їх значень. Для перетворення неповних даних можуть застосовуватися продукційні моделі, в тому числі такі, що використовують експертні оцінки.

2. Визначення ОПР цілей, критеріїв, обмежень та переваг, за якими повинно прийматися рішення щодо управління ресурсами. Кінцева мета цього етапу полягає у формуванні множини обмежень для кожного виду ресурсу. Елементи множини для одного ресурсу можуть включати: обмеження щодо обсягів (для витратних матеріалів) чи часу (для обладнання, механізмів, людей) використання при різних режимах роботи; загальний ресурс роботи обладнання/механізму чи його запасних частин; амортизаційні показники для різних режимів роботи та інші характеристики.

3. Побудова множини альтернатив, які забезпечують досягнення мети ОПР. Враховуючи характер вхідних даних системи пропонується використання нечітких продукційних моделей. Динамічність системи управління ресурсами при цьому вимагає, щоб при формуванні правил одним із атрибутів виступав час.

4. Фазифікація вхідних змінних. Процес фазифікації полягає у встановленні відповідності між чисельним значенням вхідної змінної системи нечіткого виведення і значенням функції належності відповідного їй терма лінгвістичної змінної. Мета фазифікації

полягає у пошуку ступенів істинності усіх елементарних висловлень, що входять до антецедентів нечітких продукційних правил.

5. Агрегація. Цей етап дозволяє визначити ступені істинності для кожного з правил в продукції на основі значень функцій належності термів, лінгвістичних змінних, які складають ядра нечітких продукційних правил. Слід зазначити, що використання для агрегації різних нечітких логічних операцій може призвести до отримання різних результуючих значень. Налаштування параметрів агрегації покладатиметься на ОПР.

6. Активація. Дозволяє визначити кількісне значення ступеня істинності деякого висновку на основі відомого значення ступеня істинності вхідної умови. В залежності від алгоритму, використовують методи min-активації, prod-активації чи average-активації.

7. Акумуляція – це етап, на якому розраховуються функції належності для кожної вихідної змінної продукційної бази. Для системи управління ресурсами характерне те, що на виході може утворитися декілька результуючих змінних в залежності від характеристик виробничого процесу або його стадії. Наприклад, за вхідними даними про пробіг автомобіля та режим його використання можна розрахувати використані витратні матеріали (пальне, мастила) та параметри амортизації компонентів автомобіля (зношеність шин, амортизацію двигуна тощо).

8. Дефазифікація. Цей етап передбачає формування на підставі вихідної лінгвістичної змінної точного чисельного значення. Для перетворення можна використовувати традиційні методи: центр ваги, центр площі, ліве модальне значення, праве модельне значення. Слід зауважити, що деякі значення вихідних характеристик можуть не потребувати переведення в чисельний формат, а використовуватися в своєму лінгвістичному значенні, наприклад, висновок про списання, ремонт або подальше використання обладнання чи механізму.

Реалізація зазначених етапів може бути виконана із використанням одного із відомих алгоритмів: Мамдані, Сугено, Ларсена, Цукамото. За необхідності, визначення параметрів алгоритму може бути покладене на ОПР.

Підводячи підсумки, слід зазначити наступне:

- запропонована модель прийняття рішень дозволяє врахувати наявність недосконалої інформації, присутньої в предметній галузі управління ресурсами, за рахунок уніфікованого представлення недосконалих даних засобами нечітких множин;
- введення в модель часового параметру стану ресурсу дозволяє врахувати динамічний характер системи управління ресурсами;
- вихідними даними системи може бути декілька змінних, які розраховуються за однаковими вхідними даними, але стосуються різних ресурсів;
- особливістю нечіткої моделі прийняття рішень в системі управління ресурсами є те, що вихідні дані можуть не підлягати дефазифікації, а використовуватися в своєму лінгвістичному стані;
- остаточний алгоритм прийняття рішень визначає ОПР, оскільки для кожного конкретного виробничого процесу чи його окремої стадії може виникнути потреба в розрахунку результатів різними способами.

Перелік посилань:

1. Воробйова Ю.М. Управління ресурсами підприємства: Навч. посібник/ [Ю.М. Воробйова, Холода Б.І.] – К.:Центр навчальної літератури, 2004. – 288 с.
2. Козлов В.Н. Системный анализ и принятие решений/ В.Н. Козлов. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2009.– 223 с.
3. Моделі та методи прийняття рішень / [О. Ф. Волошин, С. О. Мащенко]. – 2-ге вид., перероб. та допов. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2010. – 336 с.
4. Принятие решений в условиях нечеткой информации / [А. Н. Павлов, Б. В. Соколов]; ГУАП – СПб., 2006 – 72 с.

ЗМІСТ

1. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, впровадження концепції Industry4.0 в промислову автоматизацію

Астафьев Н.А., Дмитриева О.А. ПРОБЛЕМА СБОРА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ КОТЛОВ.....	3
Тарасюк В.П., Ахмедов Р.Н. ПЕРСПЕКТИВИ УЧАСТІ СТУДЕНТІВ ДОННТУ У МІЖНАРОДНИХ КОНКУРСАХ XPLORE NEW AUTOMATION AWARD.....	6
Демидов С.С., Самойлович Б.П. СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ КОМБІКОРМУ ПО ДІЛЬНИЦІ З ВИРОЩУВАННЯ ПТИЦІ..	12
Кривенко О. М. ПОБУДОВА ІГРОВОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА БАЗІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ.....	15
Рухов О.О. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ВІБРАЦІЇ ВЕНТИЛЯТОРА ГОЛОВНОГО ПРОВІТРЮВАННЯ.....	17
Нагорний С.А., Степаненко В.С. АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ.....	20
Шушура О.М. МЕТОД НЕЧІТКОГО УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ЗАДАЧ З ОБМЕЖЕННЯМИ.....	22
Марний В.А., Жовтобрух С.А. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНУВАННЯ ШАХТНОЇ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ.....	24
Марний В.А., Жовтобрух С.А. РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ КЕРОВАНОГО ПУСКУ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ.....	27
Стоян Є.В. ДОСЛІДЖЕННЯ САУ ВИДОБУВНИМ КОМБАЙНОМ З КОМПЕНСАЦІЙНИМ РЕГУЛЯТОРОМ ШВИДКОСТІ.....	31
Вербовська Г.С., Поцєпаєв В.В. СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОВІТРЮВАННЯ ТУПИКОВОЇ ВИРОБІТКИ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ.....	35
Горішняк С.Г., Поцєпаєв В.В. СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ СКІПОВОГО ПІДЙОМУ.....	39
Авраменко Н.І., Поцєпаєв В.В. АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ ПРАКТИЧНОЇ МОДЕЛІ ХОЛОСТОГО ХОДУ КОМБАЙНУ З ВИНЕСЕНОЮ СИСТЕМОЮ ПОДАЧІ.....	42
Шинкаренко О.О. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ САУ ВИДОБУВНИМ КОМБАЙНОМ ГШ200Б.....	45
Косинський І.С. ДОСЛІДЖЕННЯ САУ ВИДОБУВНИМ КОМБАЙНОМ З ПРИВОДОМ ПОДАЧІ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ГАЛЬМОМ КОВЗАННЯ.....	48
Куш Г.І. ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПРИВОДОМ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ГАЛЬМОМ В ВИНЕСЕНІЙ СИСТЕМІ ПОДАЧІ ВИДОБУВНОГО КОМБАЙНА.....	51
Селіванов О.І. ДОСЛІДЖЕННЯ САУ ВИДОБУВНИМ КОМБАЙНОМ З ПРИВОДОМ ПОДАЧІ НА ОСНОВІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ГАЛЬМА КОВЗАННЯ.....	54

2. Телекомунікаційні системи

Воскобойник Є.І., Безугла А.Є. МОДЕРНІЗАЦІЯ КОРПОРАТИВНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ.....	57
Гвоздьов А. В. АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПРОБЛЕМИ ЗАХИСТУ ДАНИХ ДАТАЦЕНТРІВ ВІД КІБЕРАТАК.....	59
Шапо В.Ф. ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ	

СИСТЕМ.....	61
Воропаєва А.О. ВИКОРИСТАННЯ ПІДХОДУ ПРОГРАМНО-КОНФІГУРОВАНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ІГРОВИХ ПЛАТФОРМ.....	64
Дубенкова Ю.Є. АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ МОНІТОРІНГУ В АДМІНІСТРУВАННІ МАСШТАБОВАНИХ МЕРЕЖ (ISP).....	66
Ступак Г.В., Єлагіна К.С. МОДЕЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ МОДЕЛІ ЦЕНТРУ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВИКЛИКІВ ІНТЕРНЕТ-ПРОВАЙДЕРА...	68
Лебединський М.О. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОБМІНУ ДАНИМИ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ КОМБІКОРМІВ НА ВИРОБНИЧІЙ ДІЛЯНЦІ ПО ВИРОЩУВАННЮ БРОЙЛЕРІВ.....	71
Мірошніченко О.А. АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ В СФЕРІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ДЛЯ МЕРЕЖ ISP	74
Прокушев А.М., Воропаєва В.Я., Ступак Г.В. ІСНУЮЧІ МЕТОДИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В SCADA – СИСТЕМАХ.....	76
Савочкіна А.Ю. ОГЛЯД СУЧАСНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕСТУВАННЯ.....	79
Склярєнко М.В., Воропаєва В.Я. ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ERP СИСТЕМ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ.....	82
Жуковська Д.О., Воропаєва В.Я., Несвітаєв А.А. ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ СУПУТНИКОВОГО КАНАЛУ В ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ.....	85
Сметанін В.С., Свид І.В. РОЗРОБКА ДОДАТКІВ ПІД МОБІЛЬНІ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ЗБОРУ АНАЛІТИЧНИХ ДАНИХ.....	90
Плаксюк Б.О., Воропаєва А.О., Ступак Г.В. ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ DMVPN НА ПАРАМЕТРИ QOS.....	91

3. Інформаційно-вимірювальні системи, електронні та мікропроцесорні прилади

Ушакова А.В., Довгалов Л.Ю. СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ОБОРУДОВАНИЯ И ПОДАЧИ ИНГИБИТОРА.....	94
Рубан А.О., Вовна О.В. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВИТРАТ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В ТРУБОПРОВОДІ	97
Мітіна Т.І., Вовна О.В. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВИТРАТИ ВУГІЛЬНОГО ПИЛУ НА ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....	100
Дульченко С.Ю., Вовна О.В. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ШВИДКОДІЮЧОГО ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО ВИМІРЮВАЧА КОНЦЕНТРАЦІЇ МЕТАНУ В АТМОСФЕРІ ШАХТ.....	103
Понікаров Б.К., Сенько В.Ф. ОЦІНКА МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ВАГИ В СТАНЦІЯХ ПОРЦІЙНОГО ДОЗУВАННЯ.....	106
Запорожченко В.М., Зорі А.А. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ МУТНОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ.....	109
Оленич В.В., Зорі А.А. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ВИМІРЮВАЧА ТЕМПЕРАТУРИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ.....	113
Лактіонов І.С., Саланжій В.М. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ЖИВИЛЬНОГО РОЗЧИНУ ТЕПЛИЧНИХ КУЛЬТУР.....	116
Бричка Є.О., Вовна О.В. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНЦЕНТРАЦІЇ НІТРАТ-ІОНІВ У ВОДІ.....	119

Ігнатська В.Ю., Зорі А.А. РОЗРОБКА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ В ВИХЛОПНИХ ГАЗАХ АВТОМОБІЛІВ.....	122
Васильченко О.В., Вовна О.В. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВУГІЛЬНОГО ПИЛУ.....	125
Карабаджак Є.Є. СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗАПИЛЕННОСТІ СОНЯЧНИХ МОДУЛІВ.....	128

4. Енергетика та автоматизований електропривід

Маляков І.В., Власенко М.М. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ У КАНАЛАХ ТЕПЛООБМІННИКА ЗА ДОПОМОГОЮ САПР SOLIDWORKS FLOW SIMULATION.....	130
Шкабура С.В., Колларов О.Ю. РОЗРОБКА ДОПОМІЖНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТРУБНОГО ЗАВОДУ З ВИКОРИСТАННЯМ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ.....	133
Алексєєва М.В., Бордюков В.Є., Шеина А.О. ВПЛИВ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПАРАМЕТРИ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ.....	135
Бордюков В.Є., Алексєєва М.В., Шеина А.О. АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ ІНЕРЦІЙНИХ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.....	138
Соловйов І.Д., Колларов О.Ю., Зінов'єв С.М. ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ ГІРНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	141
Хоменко Л.Б., Колларов О.Ю., Зінов'єв С.М. АСИНХРОНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВІД ТРАНСПОРТНИХ ЛІНІЙ ПРОМИСЛОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	144
Юр'єв С.А., Колларов О.Ю., Зінов'єв С.М. ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВІБРАЦІЙНОГО МЛИНА.....	147
Каракушан М.К., Дринько А.Е., Горохов О.Ю. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ПІДХОДІВ ДО ВСТАНОВЛЕННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ.....	150
Горохов О.І., Каракушан М.К., Дринько А.Е. ІСНУЮЧИ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА МОЖЛИВІ СПОСОБИ ЇХ ВИРІШЕННЯ.....	157
Гармаш Є.В. ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ ПАРИ НА ТУРБІНУ.....	161
Эль Хамдауи Муад, Толочко О.И. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ПРЯМОГО И ПЛАВНОГО ПУСКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ	164
Нечай Г.П., Колларов О.Ю. РОЗРОБКА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЖИВЛЕННЯ ДВНЗ «ДонНТУ».....	167

5. Методи та засоби дослідження та оптимізації динамічних систем

Шульженко В.В., Соболев Є.А., Зінов'єв С.М. ФОРМУВАННЯ СИЛ НА ТАНГЕНЦІАЛЬНИХ ПОВОРОТНИХ РІЗЦЯХ.....	169
Дмитриева О.А., Гуськова Н.Г. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ЧАСТНЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ МЕТОДОМ ПРЯМЫХ.....	171
Гоголева Н.Ф. НОВИЙ ВИПАДОК ІНТЕГРОВАНOSTІ СИСТЕМИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ В ЗАДАЧІ ПРО РУХ ДВОХ ГІРОСКОПІВ ЛАГРАНЖА.....	175
Глинська К.С. ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ НАВЧАННЯ ШТУЧНОГО	

ІНТЕЛЕКТУ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ.....	178
Макарішин В., Маслова Н.О. РОЗРОБКА КРОСПЛАТФОРМНОГО ІГРОВОГО ДОДАТКУ З ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ BLOKCHAIN	181
Кириченко В.В., Лесіна Є.В. МОДЕЛЮВАННЯ РУХІВ ГІРОСКОПА З БАЗОВОЮ ВЕРТИКАЛЬНОЮ ОРІЄНТАЦІЄЮ	183
Золотухіна О.А. ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ З УРАХУВАННЯМ НАЯВНОСТІ НЕДОСКОНАЛОЇ ІНФОРМАЦІЇ.....	186