

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



V Всеукраїнська науково-технічна
конференція молодих учених, аспірантів та студентів
„Автоматизація, контроль та управління: пошук ідей та
рішень” (АКУ-2019)

21-22 травня 2019 р.

Збірник наукових праць

м. Покровськ

Автоматизація, контроль та управління: пошук ідей та рішень (АКУ-2019). Збірник наукових праць V Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів та студентів в м. Покровську 21-22 травня 2019 р. - Покровськ, ДонНТУ, 2019. - 131 с.

До збірника наукових праць увійшли матеріали доповідей, що було представлено на V 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, Івано-Франківськ, Кам'янське, Київ, Рівне, Дніпро).

That is the collection of scientific articles of young researches and students from technical high schools of Ukraine (Pokrovsk, Ivano-Frankivsk, Kamianske, Kyiv, Rivne? Dnipro).

Представлены результаты исследований и разработок молодых ученых, аспирантов и студентов из ведущих технических вузов Украины (Покровск, Ивано-Франковск, Каменское, Киев, Ровно, Днепр).

Організаційний комітет: Башков Є.О., д.т.н., проф., проректор з наукової роботи ДонНТУ - голова оргкомітету; Петелін Е.А., 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.

Затверджено вченою радою факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, електроінженерії та радіоелектроніки ДВНЗ «Донецький національний технічний університет». Протокол № 4 від 24.04.2019 р.

Відповідальність за зміст, новизну та оригінальність наданого матеріалу несуть автори статей. Стилiстику та орфографію авторів збережено.

© ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», 2019 р.

© Автори статей, 2019 р.

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

УДК 004.055

Бобков К.М., студент (bobkov_konstantin@ukr.net)

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

ДВНЗ „Донецький національний технічний університет”, м. Покровськ, Україна

ПРОГРАМНА СИСТЕМА ГЕНЕРУВАННЯ АЛГОРИТМІВ НА ОСНОВІ АБСТРАКТНИХ ГРАФ-СХЕМ

Робота присвячена дослідженню підходів щодо процесів автоматизації генерування алгоритмів на основі графічного відображення послідовностей реалізації. Графічний опис алгоритмів [1] є невід'ємною частиною розробки програмного продукту, який не тільки спрощує написання програми, але й забезпечує розуміння принципів її роботи іншими розробниками [2-4]. Програмна система, яку реалізовано в роботі, на основі попереднього аналізу спеціального файлу, який містить дані про потрібний алгоритм, а також описи до кожного блоку, генерує абстрактну блок-схему і здійснює її візуалізацію за умови скорочення або уникнення варіантів перетинання ребер графу.

Структура розробленої програмної системи, що орієнтована на представлення алгоритмів за допомогою абстрактних граф-схем, наведена на рис.1. Розроблений програмний продукт у якості початкових даних приймає два типи файлів: текстовий, в якому зберігаються лише дані про зв'язки між вершинами графу, та бінарний, в якому зберігаються відомості про типи, координати, кольори вершин та ребер і т.п.

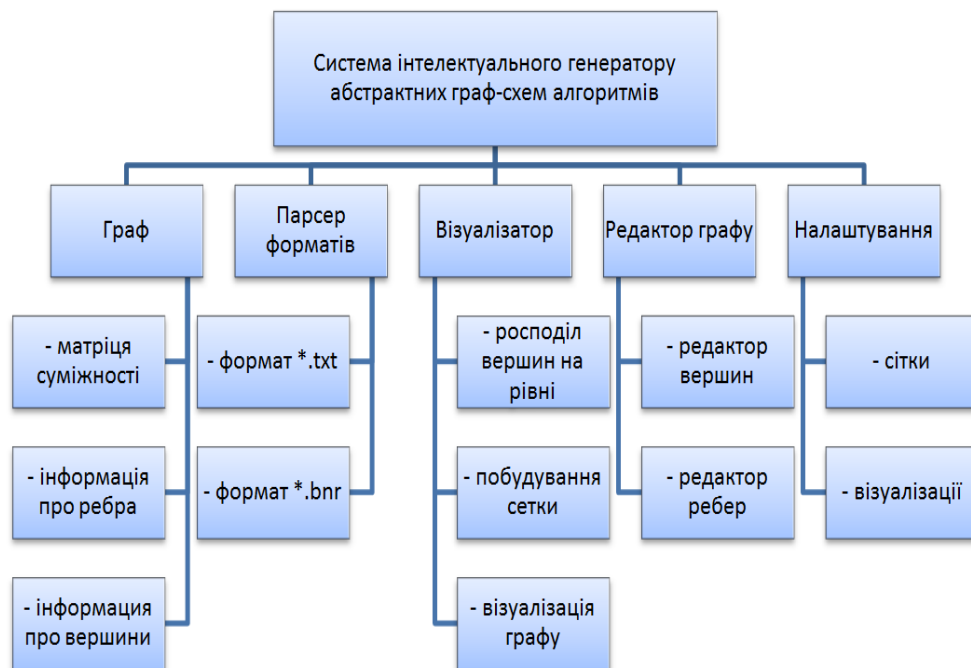


Рисунок 1 – Структура програмної системи

Розроблена програмна система складається з наступних модулів: підсистеми опису графу, парсеру форматів, підсистеми візуалізації, підсистеми налаштування, підсистеми

редагування графу. За допомогою спеціальних діаграм (рис. 2-5) було побудовано алгоритми роботи для кожної частини системи. На рис. 2 представлений алгоритм роботи підсистеми «Граф».

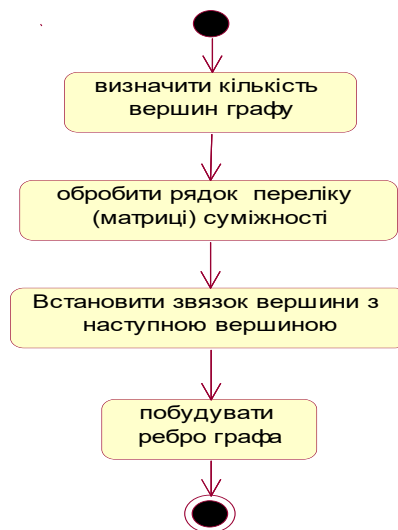


Рисунок 2 – Алгоритм роботи підсистеми «Граф»

Блок «Парсер форматів» орієнтований на обробку файлів з текстовими та бінарними даними. У текстовому файлі зберігаються лише дані про зв'язки вершин, такий файл легкий для сприйняття і редагування користувачем, але не може зберігати, наприклад, інформацію про додаткові налаштування. Зберігання і обробка даних у бінарному файлі здійснюється за допомогою технології BinaryFormatter. Бінарний файл забезпечує зберігання усієї інформації графу, але дані в такому форматі не можуть бути відредаговані користувачем безпосередньо. Алгоритм роботи підсистеми «Парсер форматів» наведено на рис. 3.

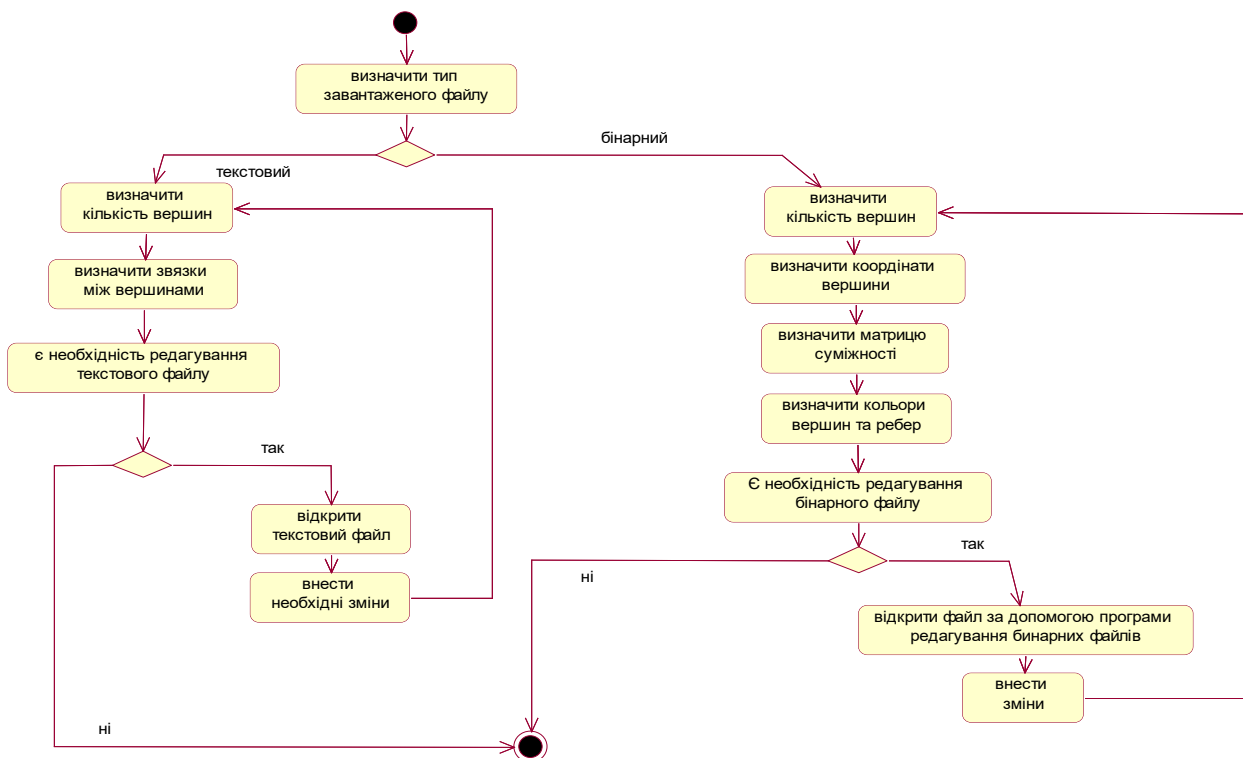


Рисунок 3 – Алгоритм роботи підсистеми «Парсер форматів»

Робота підсистеми візуалізації спрямована на виконання наступних дій: будується обхід графу і здійснюється розподіл вершин по рівням так, щоб вони не повторювались, забезпечується розміщення рівнів графу по відповідним клітинам сітки, здійснюється візуалізація сітки з графом. За допомогою редактору графу (рис. 4) можна редагувати кольори вершин та ребер.

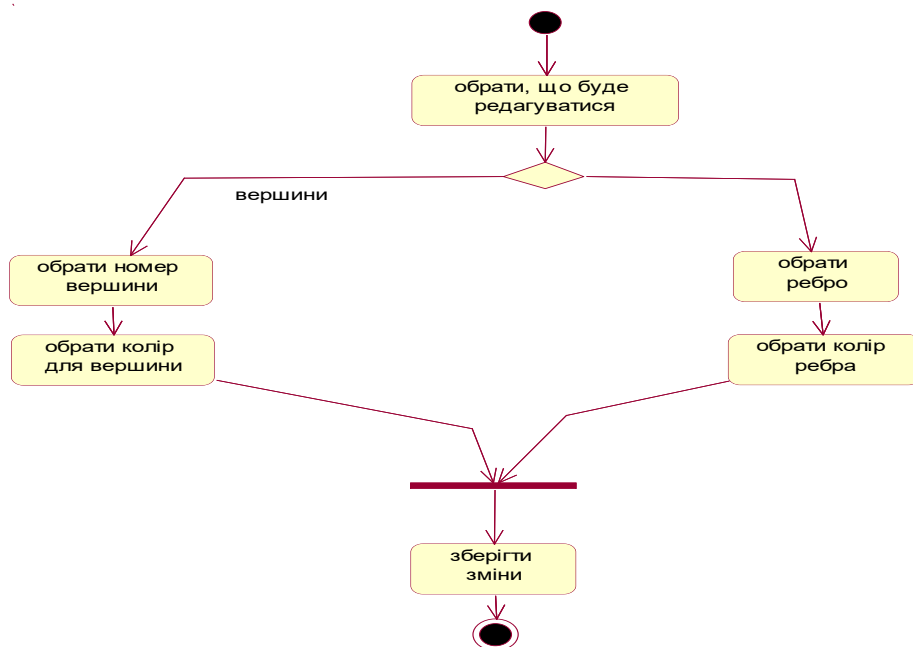


Рисунок 4 – Алгоритм роботи підсистеми «Редактор графу»

На рис. 5 представлено алгоритм роботи підсистеми «Налаштування». У налаштуваннях можуть змінюватися такі елементи, як розмір сітки, розмір порожнього простору, згладжування, спосіб креслення ребер, товщина ліній.

В рамках проведеного дослідження визначено структуру програмного продукту та спроектовано роботу алгоритмів всіх підсистем. Для відстеження помилок у програмному забезпеченні в роботі використовувалася технологія винятків, що запобігає виникненню непередбачених помилок. Тестування програмного коду було спрямоване на виявлення синтаксичних помилок, помилок введення вхідних параметрів, логічних помилок, а також помилок внутрішнього коду.

Наукова новизна роботи полягає у розробці принципів використання графів для представлення різноманітних алгоритмів на основі візуалізації структурних дерев для побудови блок-схем.

Практична значимість роботи полягає у створенні та тестуванні програмного продукту, орієнтованого на автоматизацію побудови графічної схеми алгоритму.

Перелік посилань:

1. Оре О. Графы и их применение / О. Оре. - М.: Едиториал УРСС, Ленанд, 2015. - 208 с.
2. Гома Х. UML. Проектирование систем реального времени, параллельных и распределенных приложений / Хассан Гома. - М.: ДМК Пресс, 2016. - 700 с.
3. Панюкова Т. А. Проектирование программных средств / Т.А. Панюкова. - Москва: Гостехиздат, 2012. - 364 с.
4. Лешек А. Мацяшек Анализ и проектирование информационных систем с помощью UML 2.0 / Лешек А. Мацяшек. - М.: Вильямс, 2016. - 816 с.

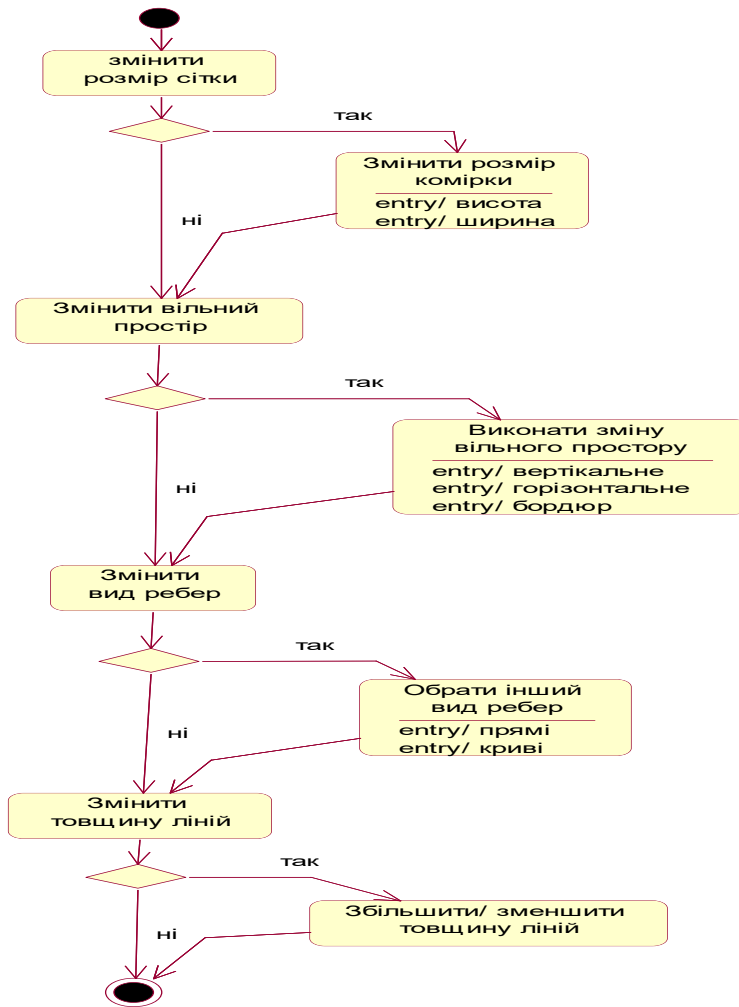


Рисунок 5 – Алгоритм роботи підсистеми «Налаштування»

Ключові слова:

граф, абстрактний граф, блок-схема, алгоритм, вершини, ребра, дерево, кущ, сегмент, парсер

Демьянец А.А., студент (demianetsartur@gmail.com)

Бурлака А.Н., старший преподаватель (o.m.burlaka@gmail.com)

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

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СТЕНДА ВЗАИМНОГО НАГРУЖЕНИЯ НА БАЗЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТЕРОМ

1. Актуальность.

После ремонта электродвигателя обязательно проводятся его испытания. Этот процесс называется "обкатка электродвигателя". Основная приработка поверхности трения происходит в первые часы работы двигателя, требуется создавать определенные условия для работы, благоприятные для приработки поверхностей трения без задиров, заеданий и износов. Это выполняется при соответствующей обкаткой двигателя:

1. Сглаживаются и подравниваются выступающие шероховатости на поверхностях трения, образовавшиеся при их механической обработке, в результате чего во много раз увеличиваются опорные площади соприкасающихся поверхностей и соответственно уменьшаются удельные давления между ними;

2. Повышается износостойкость поверхностей трения

Таким образом, в результате обкатки создаются все необходимые условия для того, чтобы поверхности трения могли воспринимать и передавать нормальные эксплуатационные нагрузки.

2. Известные решения .

Стенд СТ 500 предназначен для проведения обкатки и испытаний под нагрузкой приводных блоков и комбайнов в сборе при проведении предыдущих, приемо-сдаточных и других видов испытаний в соответствии нормативно-технической документацией на конкретные виды машин.

Стенд СТ 500 имеет функцию, позволяющую проводить измерения следующих параметров:

- а) мощность потребления электродвигателем из сети;
- б) силы тока потребляемых электродвигателем из сети;
- в) напряжение из сети;
- г) температуры охлаждающей жидкости (воды), масла в испытательном редукторе, поверхности корпуса испытуемого изделия и окружающей среды;
- д) давление в системе охлаждения;
- е) расходы охлаждающей жидкости;

По методу испытаний стенд представляет собой систему электромеханического нагрузки, обеспечивает формирование фиксированных режимов нагрузки и рекуперацию части энергии в сеть.

Стенд СТ 500 создает фиксированное нагрузки в диапазоне 50 кВт.

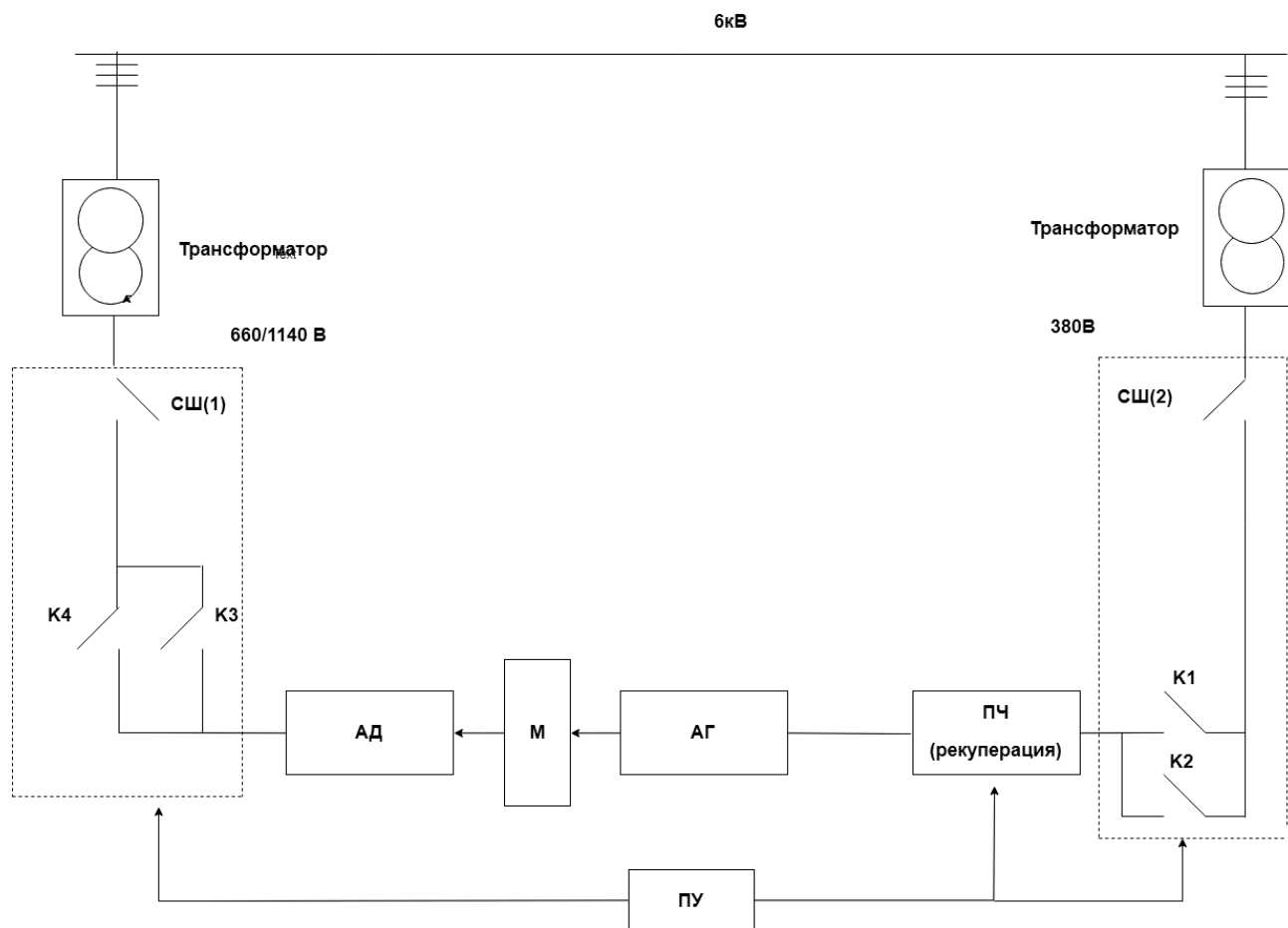
Стенд СТ 500 обеспечивает проведение испытаний в следующих режимах:

- ручной;
- полуавтоматичный;
- автоматический;

Ручной режим предусматривает управление стендом непосредственно оператором.

Полуавтоматический режим предусматривает создание оператором программы, по которой будет проведено испытание. После установки программы испытания проходят в автоматическом режиме.

Автоматический режим предполагает выбор оператором программы, по которому пройдут испытания, в память устройства и проведения испытаний согласно выбранной программы в автоматическом режиме.



СШ – силовой шкаф; К1-К4 – контакторы, АГ - нагрузатель, М – муфта, АД – асинхронный двигатель, ЧП – частотный преобразователь, ПУ – пульт управления,

Принцип работы стенда заключается в создании фиксированной нагрузки на валу испытываемого изделия. Нагрузка создается путем снижения частоты вращения выходного вала нагрузочного блока, что приводит к росту момента на валу испытываемого изделия. При этом часть энергии возвращается в сеть с помощью рекуператоров. Поддерживает заданный уровень нагрузки производится автоматически. После проведения оператором подготовительных операций и нажатия кнопки "пуск стенда" проводится автоматически запуск стенда в следующей последовательности: частотным преобразователем, входящих в систему управления, проводится плавный запуск электродвигателя погрузочного блока. После выхода электродвигателя на заданную частоту вращения автоматически включается электродвигатель испытанного изделия.

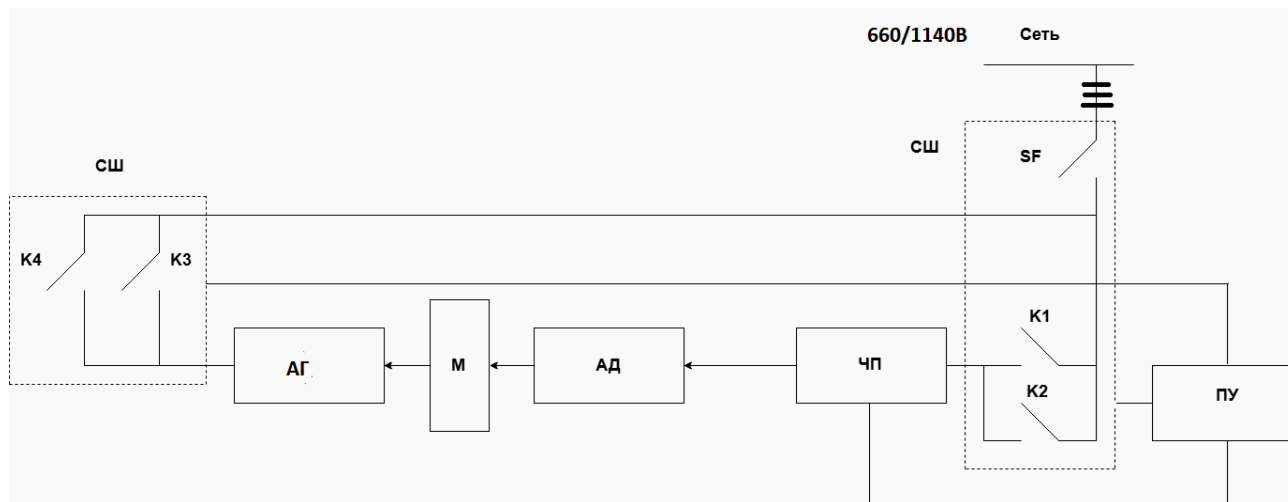
Преобразователь частоты обеспечивает плавный разгон электродвигателя от нулевой до номинальной частоты вращения путем изменения выходной частоты, а также плавное снижение частоты вращения до заданной величины для обеспечения плавной нагрузки заданного уровня при различных частотах вращения выходных валов погрузочного блока и испытываемого изделия.

3. Постановка задачи.

Стенд обеспечивает возможность нагружения (от обкатки в холостую до номинального нагружения) в автоматическом режиме: автоматическую установку

необходимого уровня нагружения (кВт) и автоматическую поддержку уровня нагружения в течение заданного интервала времени и создание уровня нагружения.

Устройство обеспечивает дистанционного реверсирования электродвигателей, с целью проверки направления вращения валов.



СШ – силовой шкаф; К1-К4 – контакторы, АГ – нагрузитель, М – муфта, АД – асинхронный двигатель, ЧП – частотный преобразователь, ПУ – пульт управления, SF – автоматический выключатель.

Силовой шкаф содержит комплект пускорегулирующей аппаратуры для управления двигателями и питанием преобразователя частоты. Управляющие сигналы для работы шкафа силового поступают с пульта управления.

Преобразователь частоты обеспечивает плавный разгон АД от нулевой до номинальной частоты вращения путем изменения выходной частоты, а также плавное снижение частоты вращения до заданной величины для обеспечения плавной нагрузки. Частотным преобразователем проводится плавный запуск АД. После выхода электродвигателя на заданную частоту вращения включается АГ. В случае если скорость вращения вала АД превысит синхронную частоту вращения (скорость вращения магнитного поля статора), тогда начнется рекуперация энергии в сеть.

Пульт управления управляет включением контакторов АГ и АД и в зависимости от требуемого вращения валов электродвигателей формируется команда на включение только одного из двух контакторов группы К1 – К3 или К2 – К4.

Соединение выходных валов АД и АГ, осуществляется с помощью цепной муфты.

4.Алгоритм работы.

- 1.На мониторе войти в меню «настройки», ввести данные испытываемого изделия (сила тока, обороты электродвигателя, передаточное число редуктора).
- 2.Ввести время работы на максимальном токе "2" секунды.
- 3.Выбрать на мониторе "полуавтоматический режим".
- 4.Ввести данные по времени ступени нагружения и нагрузке в соответствии с требований методики испытаний.
- 5.Провести синхронизацию направлений вращений электродвигателей АД и АГ.
- 6.При вращении валов в разные стороны необходимо провести реверс одного из электродвигателей.
- 7.Реверс электродвигателей производится переключателями.

Список ссылок:

http://www.weg.kiev.ua/pdf/WEG_elektrodv_uprav1_ot_preobr_chastoty.pdf

Демьянец А.А., студент (demianetsartur@gmail.com)

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

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

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДОБЫЧНЫМИ КОМБАЙНАМИ

Задача повышения производительности, в совокупности со снижением затрат на обслуживание и электроэнергию, характерна для всех технологических объектов, включая горно-шахтное оборудование. Для добычных комбайнов, эксплуатируемых по сей день на шахтах Донбасса, основными направлениями совершенствования систем управления являются: непрерывное определение границы порода-уголь, контроль местоположения комбайна, качественное регулирование нагрузки на рабочих органах комбайна, комплексное управление комбайном и лавным конвейером по функции скорости.

Работа в этих направлениях призвана получить ощутимое улучшение условий труда, повышения производительности добычных участков, снижение финансовых затрат на незапланированные ремонты и потребляемой электрической энергии. Однако, внедрение новых типов комбайнов, закупка новых систем управления требуют серьезных моментальных капиталовложений с последующей переподготовкой персонала. Использование существующей базы аппаратуры автоматизации, ее модернизация и доработка – основа рационализаторского движения среди работников предприятия.

Типовая структурная схема системы управления добычным комбайном и лавным конвейером приведена на рис.1.

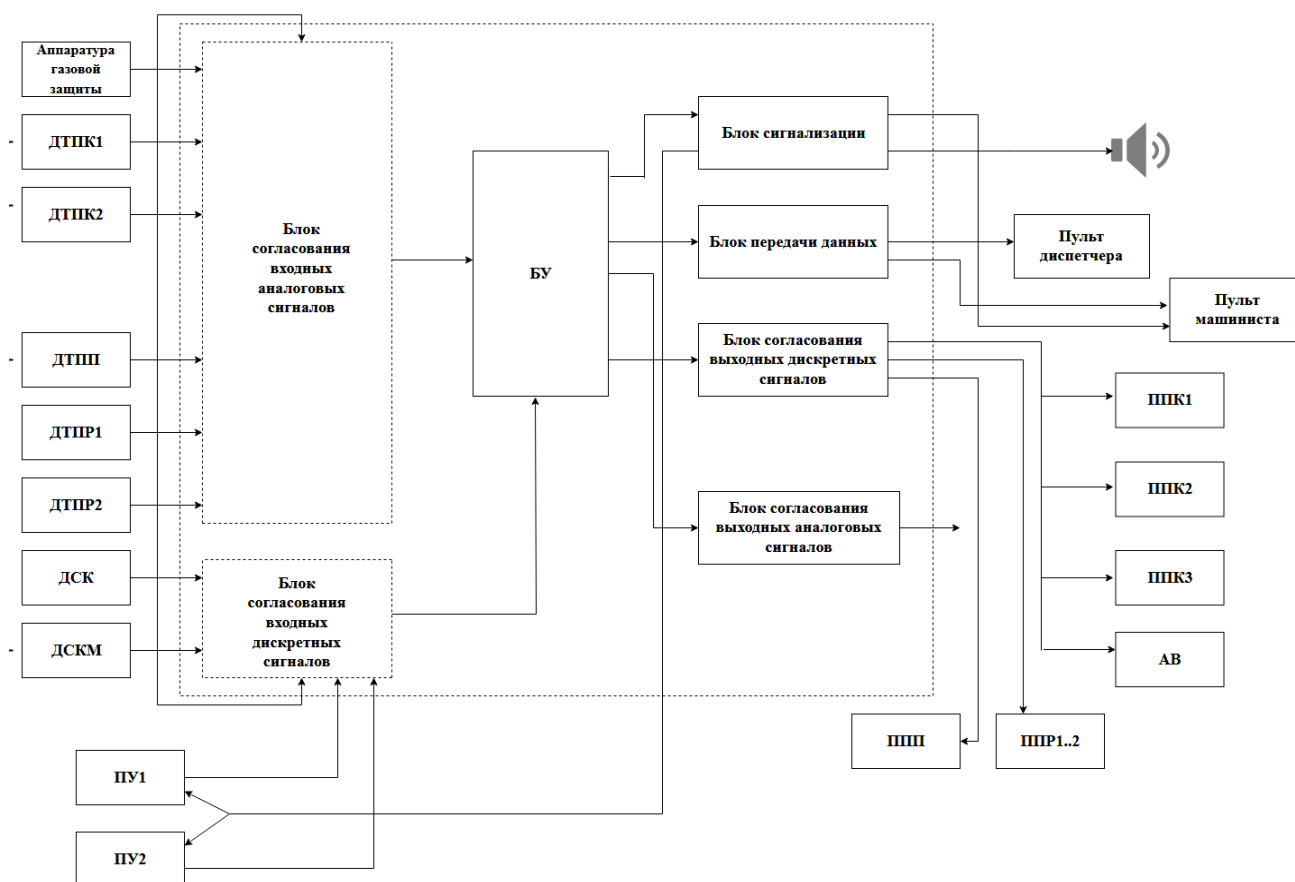


Рисунок 1 - Типовая структурная схема системы управления

На рисунке 1 представлены следующие элементы: ДТПК1..2 (3) – датчики тока приводных двигателей лавного конвейера (3 – при использовании конвейера с тремя двигателями); ДТПП – датчик тока привода подачи комбайна; ДТПР1..2 – датчики тока приводов резания комбайна; ДСК, ДСКМ – датчики скорости конвейера и комбайна; ПУ1..2 – выносные (штрековые) пульты управления комбайном; ППК1..2 (3) – пускатели приводных двигателей лавного конвейера; ППП – пускатель привода подачи комбайна; ППР1..2 – пускатели приводов резания комбайна; АВ – автоматический выключатель; БУ – управляющий модуль (микроконтроллер).

Принцип работы схемы сводится к постоянному опросу датчиков и формированию управляющих воздействий на управление пускателями приводных двигателей подачи комбайна и лавного конвейера. При незапустившемся конвейере запуск привода подачи комбайна блокируется (рис. 2). Представленный алгоритм также содержит блоки вызова подпрограмм: 1) определения и последующего изменения скорости подачи комбайна при изменении нагрузки на его режущих органах; 2) выбора оптимальной скорости движения лавного конвейера при изменении скоростных режимов комбайна; 3) определения текущего местоположения комбайна. Первые две подпрограммы тесно взаимосвязаны на уровне переменных и находятся на стадии доработки.

С учетом того, что длина лавы остается неизменной, время рабочей смены составляет 6 часов, скорость подачи комбайна в зависимости от нагрузки на его режущих органах можно определить из следующей зависимости [1]:

$$P = 0,00025 * \frac{V_p * n_{pp}}{\eta} * (a + \beta * A_p) + \frac{2 * B * m * \delta}{\eta} * A_p * V_n$$

где P – средняя мощность привода комбайна, кВт.

V_p – скорость резания комбайна, м/с;

n_{pp} – количество одновременно режущих резцов, шт;

η – КПД трансмиссии привода исполнительных органов;

a и β – коэффициенты, учитывающие марку угля;

A_p – сопротивление резанию отдельной пачки пласта Н/мм;

B – ширина захвата режущего органа, м;

m – мощность пласта, м;

δ – коэффициент, учитывающий хрупко-пластические свойства угля;

V_n – скорость подачи комбайна, м/мин.

Подпрограмма определения текущего местоположения комбайна разработана на языке Python с использованием пакета Tkinter. Библиотека Tk, указанного пакета, содержит компоненты графического интерфейса пользователя (graphical user interface – GUI), что позволяет решать событийно-ориентированные задачи.

Программный код для расчёта скорости подачи и местоположения комбайна:

```
def GO():
```

```
    go.deiconify()
```

```
    t = 0.0
```

```
    B = 0.275
```

```
    A = var
```

```
    Vp = 3.3
```

```
    npp = 2
```

```
    n = 0.8
```

```
    Bz = 0.63
```

```
    Hp = 1.4
```

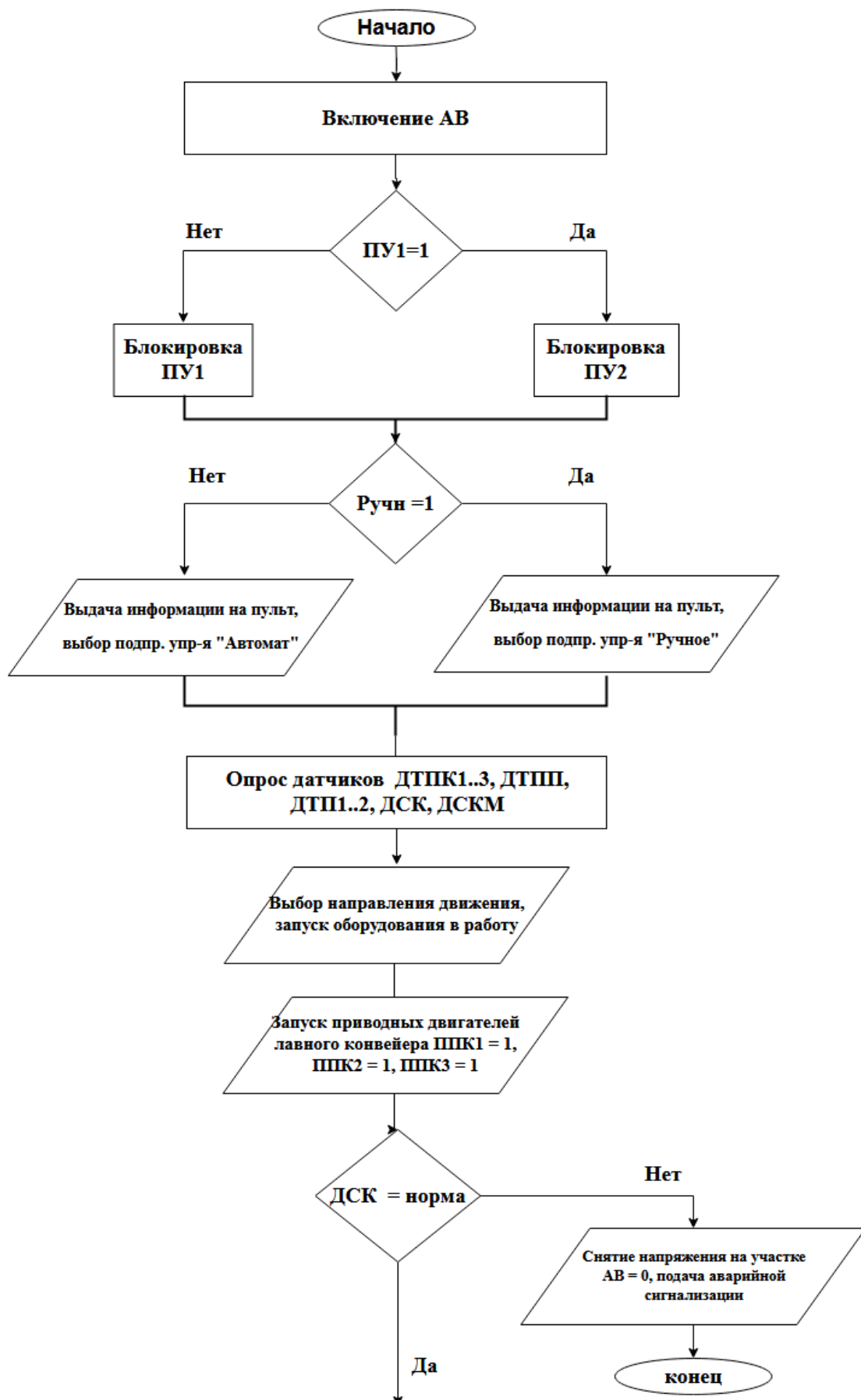


Рисунок 2 – Алгоритм работы

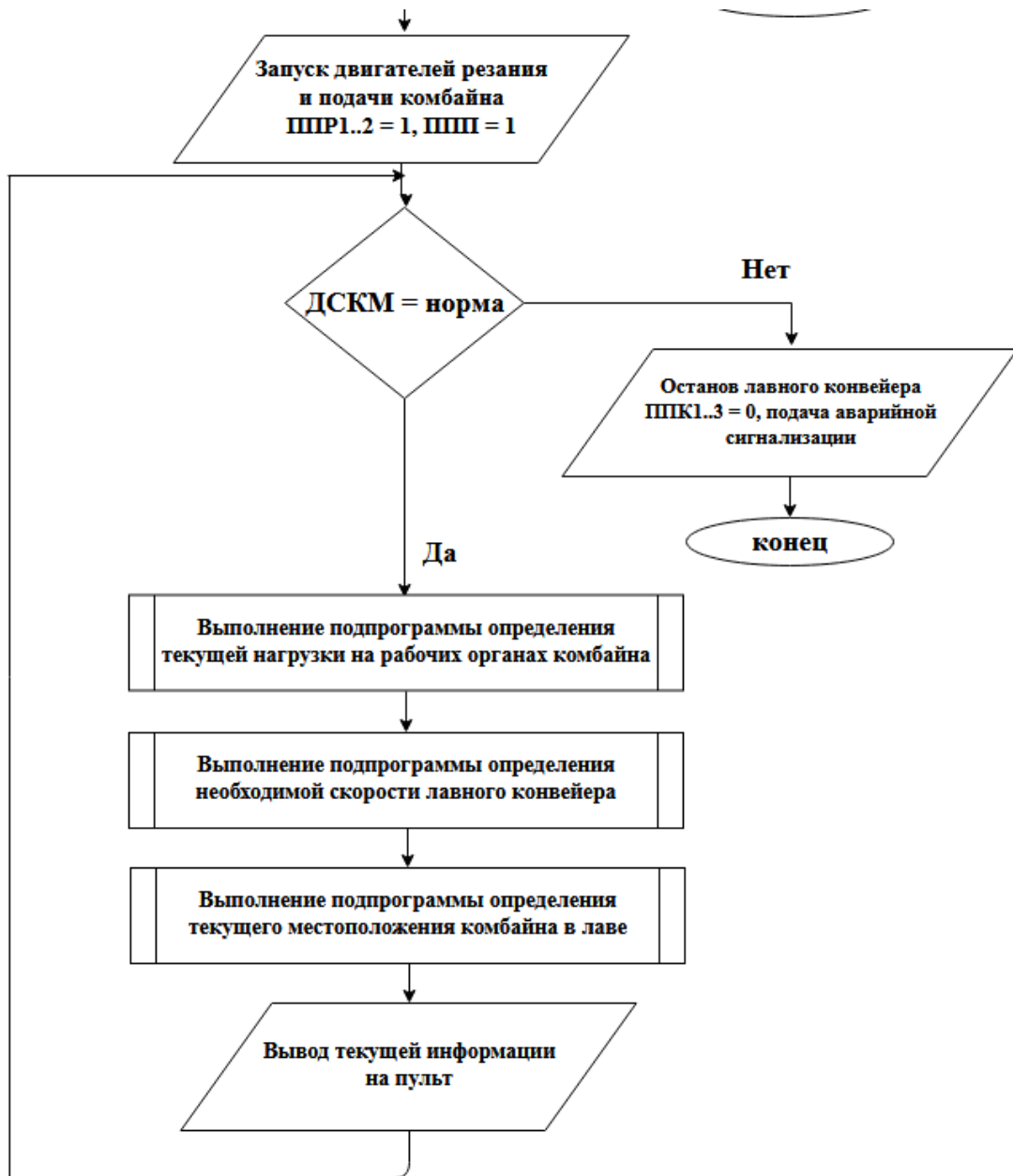


Рисунок 2 (продолжение)

```

b = 0.095
j = 10
intT.set(intT.get()+1)
while t <= True:
    Data.set( (initP.get()-(A+B*initForse.get())*0.0025*(Vp*npp)/n)/
    /((2*Bz*Hp*b*initForse.get())/n) )
    initPosition.set(initPosition.get()+Data.get()*t)
    t+=1
  
```

Запуск алгоритма вычисления осуществляется с помощью кнопки при отработке программы (либо при наличии управляющего сигнала на реальном объекте).

```

button1 = Button(root, text = "Go",command = lambda: GO(),bg = "black",fg =
"white",width = 20,cursor="heart")
button1.place(x=20,y = 160)
  
```

В результате работы программы машинист может получать следующую информацию на пульте управления (рис. 3) – скорость подачи с учетом нагрузки на режущих органах, текущее местоположение комбайна в лаве, время.

Velocity: 1.0717219636392572	Velocity: 1.0717219636392572
Position: 1.0717219636392572	Position: 2.1434439272785144
Time: 1	Time: 2

Velocity: 0.7970223176990094	Velocity: 0.9163683017066476
Position: 2.940466244977524	Position: 3.8568345466841714
Time: 3	Time: 4

Рисунок 3 – Скриншоты результатов работы подпрограммы определения текущего местоположения комбайна

Задача определения текущего местоположения комбайна не является сложной в плане технической и программной реализации. Подпрограмма проста и универсальна. Однако, наличие такой подпрограммы в системах управления эксплуатируемых комбайнов позволит скоординировать работу персонала на участке: 1) снизит время доступа к отказавшему оборудованию и доставки запчастей; 2) определит цикличность работы объектов управления; 3) определит границы плотных включений; 4) скорректирует энергетические характеристики режимов работы комбайна и лавного конвейера.

Список ссылок:

1. Методичні вказівки для курсового і дипломного проектування „Вибір раціонального режиму роботи очисного комплексу” / Уклад.:С.М. Зінов'єв, А.К. Семенченко, Є.А. Триллер, Е.А. Петелін. – Красноармійськ: Красноармійський індустріальний інститут ДонНТУ, 2012. – 28 с.

Ключевые слова:

комбайн, добыча, скорость, алгоритм, местоположение, программа, пульт, местоположение, Python

Журавльов В.А., бакалавр, студент (stepanovvlad20@gmail.com).

Бурлака О.М., старший викладач (oleksandr.burlaka@donntu.edu.ua)

ДВНЗ „Донецький національний технічний університет” м.Покровськ. Україна.

АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРОХІДНИЦЬКОГО КОМБАЙНА

Автоматизація прохідницьких комбайнів, дуже потрібна для шахт і для робочого персоналу так як робота в шахті досить небезпечна, для зменшення травмо-небезпечних ситуацій необхідно зменшувати час перебування робочого персоналу на небезпечних ділянках шахти, для зменшення травмо-небезпечних ситуацій потрібно, автоматизувати таким чином, щоб людина якомога менше приймала участь у прохідницьких роботах. Для цього треба розробити комбайн з автономним управлінням.

При прохідницьких роботах в автоматичному режимі необхідно дотримуватися точності встановленої траєкторії руху прохідницького комбайна, адже навіть незначне відхилення на 1 градус на 100 метрів призведе до значного відхилення, від розрахункової точки, на 2 метри. Що є неприпустимим при прохідницьких роботах в автоматичному режимі.

Для уникнення подібних помилок в роботі прохідницького комбайна, в автоматичному режимі, необхідно створити таку систему, яка б відстежувала положення комбайна в просторі і виключала б відхилення від встановленого курсу.

Так як в ході досліджень подібна система не була виявлена була поставлена задача в її розробці.

Система автоматичного контролю положення прохідницького комбайна обумовлена на контролі положення комбайна в просторі, що дозволить:

- Поліпшити якість проходження вироблення;
- Зменшити похибки при прокладанні підготовчих виробок;
- Полегшення праці шахтарів (шляхом зменшення кількості помилок при нарізці виробок, а отже і їх усунення).

Структурна схема системи автоматичного контролю положення прохідницького комбайна представлена на рис.1

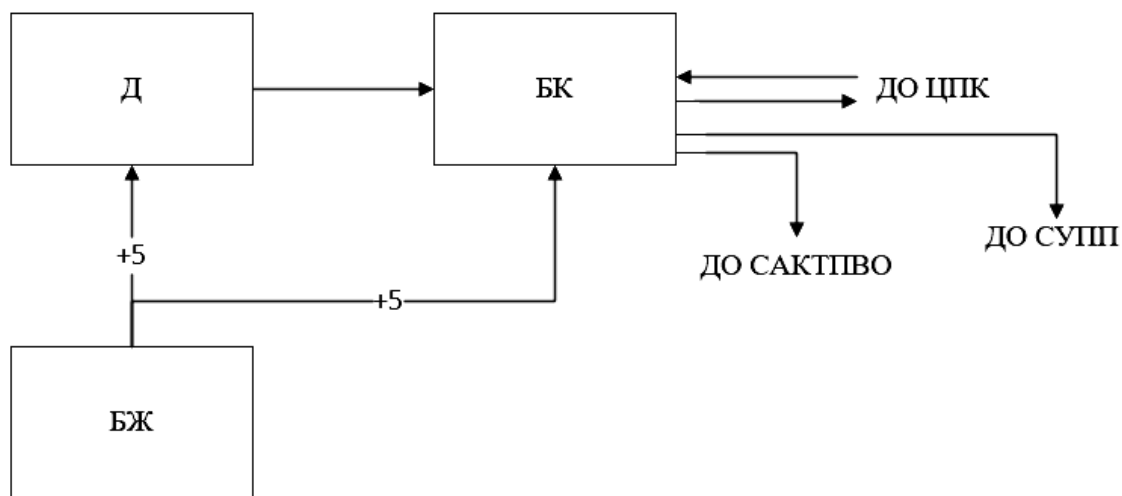


Рисунок 1 - Структурна схема системи автоматичного контролю положення прохідницького комбайна

БЖ - Блок живлення;

БК – Блок керування;

Д – датчик гіроскопічний;

ЦПК – центральний процесор комбайна;

САКТПВО - система автоматичного керування траєкторією переміщення виконавчого органу прохідницького комбайна;

СУПП - система управління приводу подачі прохідницького комбайна.

Система буде працювати за наступним алгоритмом (рис. 2):

Робота системи полягає в відслідковуванні положення комбайна в просторі завдяки даним отриманим з гіроскопічного датчика (Д) і виконуванні наступних операцій: перш за все система повинна отримати данні уставки які передаються з пульта диспетчера комбайна через центральний процесор (ЦПК), після цього система декілька раз (залежно від необхідної точності) опитує гіроскопічний датчик, за допомогою метрологічного методу знаходить середнє значення кута відхилення комбайна та порівнює отриманий результат з уставкою (БК). Якщо після обробки даних система виявила відхилення від уставки по вертикальній осі вона передає корегуючі дані, до системи автоматичного керування траєкторією переміщення виконавчого органу прохідницького комбайна (САКТПВО), для усунення похибки, якщо виявленні відхилення були по горизонтальній осі система передає корегуючі дані, до системи управління приводу подачі прохідницького комбайна (СУПП).

Економічні чинники системи автоматичного контролю положення прохідницького комбайна обумовлені:

- Великою точністю системи, а в наслідок і усунення збитків із-за похибок;
- Ремонтопридатність;
- Легка в обслуговуванні;
- Досить швидкою установкою на об'єкт автоматизації.

Всі вище перераховані фактори дають приріст до точності прокладання забою, тим самим дають можливість прискорити добичу вугілля.

Висновок: дана система автоматичного контролю положення прохідницького комбайна дає змогу виключити людський фактор при прокладенні забою, завдяки чому підвищується якість та швидкість проходження забою.

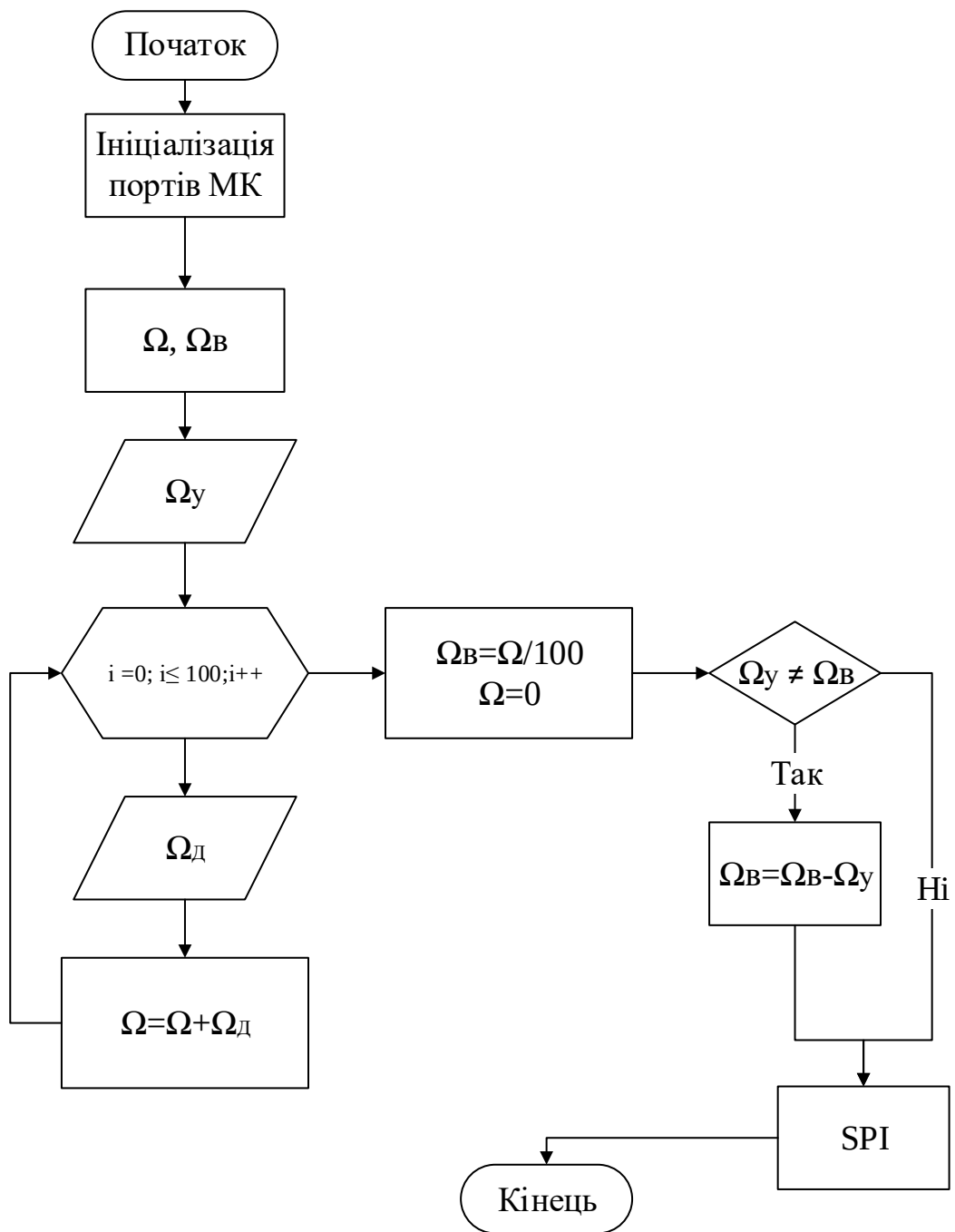


Рисунок 2 - Алгоритм роботи системи автоматичного контролю положення прохідницького комбайна

Кучак М.М., студент (tranzistor8214@gmail.com)

Борин В.С., к.т.н., доц. (borynvs@ukr.net)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

СКЛАДАННЯ СТРУКТУРНИХ СХЕМ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПРИВОДУ СПУСКО-ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ КОЛОНИ БУРИЛЬНИХ ТРУБ

Система автоматичного регулювання (САР) спуско-підйомної установки колони бурильних труб є важливим елементом технологічного процесу буріння свердловин на нафту і газ та складається з елементів, що взаємодіють між собою за допомогою зв'язків. Забезпечення безперебійності роботи бурової установки є однією з найактуальніших проблем сьогодення. Через елементи системи управління і по лінії зв'язку проходять керуючі сигнали і впливи, викликаючи зміни регульованих величин. Обернені зв'язки є як природніми, так і штучними. Природні обернені зв'язки виникають через природні елементи, що складають систему, або через способи з'єднання цих елементів і не можуть бути виключені з системи, а штучні вводяться для корекції характеристик елементів системи або самої системи для отримання необхідних показників регульованого процесу.

Задачу аналізу проходження і перетворення сигналу в системі в теорії САР пропонується вирішувати декількома способами, що мають одну і ту ж вихідну базу – аналітичне описання суті процесів, що відбуваються, в вигляді системи диференціальних рівнянь.

Аналіз умов проходження сигналів через елементи системи управління є одним із фундаментних питань теорії автоматичного управління. При цьому проявляється ступінь впливу обернених зв'язків на показники системи, можливість ідеалізації системи для розрахунків шляхом відкидання природних зв'язків і спрощення фізичних елементів, а також умови введення штучних зв'язків і вибір їх необхідних параметрів.

Вирішивши диференціальне рівняння системи, можна знайти характер зміни регульованої величини. Для знаходження диференціального рівняння системи необхідно мати диференціальне рівняння для окремих ланок, ділянок. Вирішенням системи отриманих диференціальних рівнянь, виключаючи проміжні змінні, можна отримати диференціальне рівняння системи, хоча це є достатньо важким процесом.

Як показав досвід проектних і налагоджуваних робіт приводів спуско-підйомних установок колони бурильних труб великої продуктивності, коли необхідно, не втрачаючи фізичного уявлення про реальні ланки, складає чітке уявлення про вплив параметрів обернених зв'язків.

В даний час існують наступні методи графічного зображення САР при їх аналізі.

Метод функціональних схем. Функціональна схема відображає фізичні зв'язки між реальними елементами САР, що визначають функціональні і енергетичні перетворення сигналів. Блоками, ланками такої схеми є реальні об'єкти або вузли. Цей метод застосовують на першому етапі аналізу САР.

Метод структурних зображень. Під методом структурних зображень розуміють безпосередні графічні зображення системи диференціальних рівнянь, що описують дану САР, де елементи не відображають реальних ланок ні об'єктів, ні математичних еквівалентних реальних ланок.

Графічне зображення системи диференціальних рівнянь дає наочність в розумінні послідовного використання математичних операцій, що спрощує вирішення управління на ЕОМ.

Графічний аналог оперативного управління є цінним на етапі пізнання характеру і логіки зв'язку між системою управління, зручним на етапі перетворення управління, що змінюють наочними структурними перетвореннями, і створює основу для вирішення рівнянь сучасними методами машинної автоматики.

Графічний аналог оперативного управління відображає систематизацію математичних операцій перетворення сигналу, що є основним недоліком застосування цього методу в інженерній практиці, так як він немає фізичного розуміння реальних ланок системи.

Графічний аналог оперативного керування також абстрагований, як і його вихідна система управління. Крім того, в деяких випадках із системи диференціальних рівнянь важко виділити суттєві і несуттєві зв'язки і провести групування елементів, щоб представити їх комбінацією типових ланок.

Метод структурних схем. Під методом структурних схем розуміють сукупність динамічних ланок САР, що відображають в найбільш зручній (інженерній) формі взаємозв'язків, умовами передачі і перетворення сигналів управління і регульованих величин між ними.

Типові динамічні ланки відповідають реальним фізичним ланкам системи регулювання. В нашому випадку зберігається безпосередня відповідність між ланками фізичної моделі і її структурним зображенням. Типова ланка тільки в відповідному частотному діапазоні відповідає реальній ланці. Це положення виходить із передумови ідеалізації системи, яка точно описується математично і приблизно характеризує реальні ланки системи в заданому діапазоні частот сигналів.

Типові ланки є направленими ланками, тобто перетворює сигнал в одному напрямку. В цьому випадку виконується умова незалежності передавальних функцій окремих ланок від їх з'єднання.

Необхідно підкреслити, що структурна схема на основі типових динамічних ланок розглядається не як ілюстрація до рівняння, що описує САР, а як досить зручний і наочний спосіб складання рівнянь системи по рівняннях окремих ланок.

При складанні структурних схем приймають наступні обмеження для динамічних ланок: по-перше, воно повинно бути направленою дією; по-друге, динамічні ланки, а значить і САР, повинні описуватися лінійними або лінеаризованим диференціальним рівнянням.

Перша умова витікає із головної ідеї уявлення структурних схем. Друге - із умови можливості перетворення структурних схем. Всі види перетворення можна звести до наступного: 1) переміщення вузла сумування через розгалуження; 2) переміщення ланки через розгалуження; 3) переміщення ланки через вузол сумування; 4) переміщення ланки через другу ланку.

Для лінійних систем виконані всі види перетворення. Для нелінійних систем в силу недотримання принципу суперпозиції (накладання) і комунікативному принципу можна виконати тільки 1-ше і 2-ге перетворення.

Тому застосування методу структурних схем для нелінійних систем не дає того ж результату, що для лінійних: в даному випадку неможливо отримати передавальну функцію системи.

Однак в більшості випадків, застосовуючи метод припасування, можливо нелінійність представити як суму лінійних ланок з різними коефіцієнтами передачі і ланками затримки.

В даній роботі метод структурних схем розвинений для дослідження лінійних САР, об'єкти яких можуть бути представлені типовими динамічними ланками.

В структурній схемі, що складається з динамічних ланок, велике значення надано способам з'єднання ланок, як основному засобу побудови структурних схем.

Використовуючи різні способи з'єднання типових ланок, можна, комбінуючи окремі ланки, виявити суттєві зв'язки між ними. Особливу увагу приділено оцінці впливу несуттєвих зв'язків, які є в елементах, але можуть не враховуватися в структурних схемах.

Це особливо наочно проявляється при проведенні пошукових робіт з метою виявити структури системи для подальшого аналізу і синтезу. В цьому випадку не явна степінь

впливу кожного оберненого зв'язку і як результат – неможна прийняти припущення, що спрощує дослідження.

Застосування в таких випадках звичайних методів знаходження перехідної функції по вихідній системі диференціальних рівнянь виникає необхідність в багатократному рішенні цієї системи при варіації параметрів.

Метод структурних схем полегшує математичне перетворення рівнянь, що описують поведінку елементів і системи в цілому; полегшує отримання передавальної функції для будь-яких двох величин системи шляхом простої згортки структурної схеми.

Стосовно до окремих ланок структурні методи розкривають внутрішню структуру кожної ланки, що сприяє більш явнішому розумінню істини процесів, що в них протікають, і дозволяє правильно підійти до покращення характеристик ланок налагодженням додаткових зовнішніх зв'язків.

Стосовно до системи в цілому, структурні методи дозволяють встановити раціональність структури схеми з точки зору основної задачі, що покладена на неї, і компенсації дійсних на систему збурень.

Структурний метод знайшов широке застосування в практиці моделювання на аналогових машинах і полягає в тому, що досліджувана система набирається по окремих ланках, що відповідають відповідним ланкам структурної схеми в досліджуваній схемі. Набір задач по структурній схемі моделі дає явне уявлення про відповідності величин і параметрів в досліджуваній системі і моделі, що зручно при підборі коректувальних зв'язків.

Такий спосіб дозволяє здійснювати набір задач з поєднанням невеликого числа елементів моделі, відповідних типів ланок направленої дії, з яких зазвичай складається структурна схема САР.

Недоліком застосування структурних схем є та обставина, що коли складена структурна схема елементу або всієї системи, повністю втрачає уявлення про проходження сигналів всередині окремих елементів.

В деяких випадках складання структурної схеми пов'язано з великими труднощами і може бути зроблено тільки на основі детального аналізу вихідних диференціальних рівнянь системи регулювання. В цьому випадку структурна схема не полегшує знаходження основного рівняння системи, однак вона становиться досить цінною, так як на ній в наглядній формі представлені всі вузли досліджуваної системи і всі існуючі між ними зв'язки. Це може виявитися корисним у всіх подальших дослідженнях.

На (рис. 1. а) показана функціональна схема простої схеми, що складається з приводного двигуна і робочої машини, робочий орган якого з'єднаний з приводом двигуна за допомогою пружного елемента.

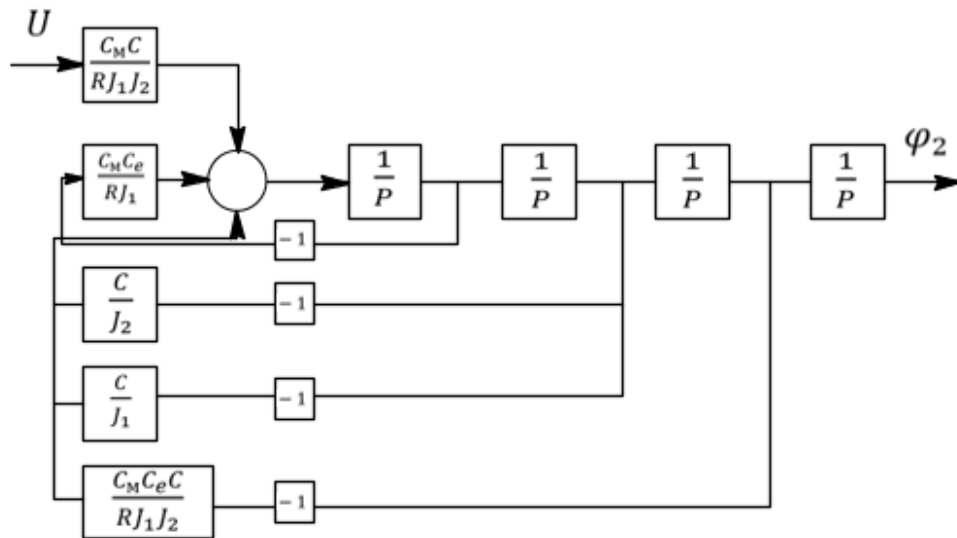
Така проста схема для привідного двигуна постійного струму з незалежним збуренням представлена ідеалізованою фізичною моделлю (рис. 1,б), для якої справедлива система рівнянь:

$$\begin{aligned} J_1 p^2 \varphi_1 + c(\varphi_1 - \varphi_2) &= I C_M; \\ J_2 p^2 \varphi_2 - c(\varphi_1 - \varphi_2) &= 0; \\ U &= IR + C_E p \varphi_1, \end{aligned} \quad (1)$$

де φ , I , U – функції оператора $p = \frac{d}{dt}$.

Користуючись загальноприйнятими засобами:

$$\varphi_1 = I \frac{C_M}{J_1 p^2} - \varphi_1 \frac{c}{J_1 p^2} + \varphi_2 \frac{c}{J_1 p^2}; \quad (2)$$



г)

а – функціональна схема; б – фізична модель; в – графічний аналог системи диференціального рівняння фізичної моделі; г – графічний аналог рівняння в програмному середовищі.

Рисунок 1 - Система двигун – робоча машина

На основі вищесказаного можна зробити висновок, що основна перевага застосування структурних схем полягає в тому, що вони дозволяють просто оцінити суттєві зв'язки між елементами в САР, а отже, і вплив параметрів на перехідних процес. Подальші дослідження планується проводити з використанням програмного продукту MATLAB для створення імітаційної моделі спуско-підйомної установки колони бурових труб.

Перелік посилань:

1. Аналіз структури бурової установки для збільшення потужності приводів спуско-підйомної системи / Борин В.С., Лопатін В.В. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Автоматизоване управління багатовимірними об'єктами на засадах обчислювального інтелекту». – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018. – с.38-39.
2. Застосування методу структурних схем при бурінні свердловин на нафту і газ / Борин В.С., Коростіль О.М. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Автоматизоване управління багатовимірними об'єктами на засадах обчислювального інтелекту». – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018. – с.122-123.

Ключові слова:

спуско-підйомна установка, ланка, диференціальне рівняння, двигун, функціональна схема, модель, метод, аналіз, система, процес.

Климов О.О. студент (klymovalex@gmail.com)

Бурлака О.М, старший викладач (oleksandr.burlaka@donntu.edu.ua)

ДВНЗ „Донецький національний технічний університет”, м. Покровськ, Україна

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТРАЄКТОРІЄЮ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВИКОНАВЧОГО ОРГАНУ ПРОХІДНИЦЬКОГО КОМБАЙНУ

В роботі гірничодобувних підприємств прохідницькі роботи займають значну частину робіт. Так при будівництві гірничодобувних підприємств вони складають 30 – 50% від загальної кількості робіт, а на діючих підприємствах 10 – 30%. Проте дані роботи, як і більшість інших гірничих робіт, супроводжуються підвищеною небезпечністю. Так за даними дослідження в період з 1991 по 2008 р.р. на шахтах України сталося 2821 аварій та аварійних ситуацій, з яких 65,1% підземних аварій, 33,0% підземних пожеж, 2,0% вибухів газу та вугільного пилу, 2,6% раптових викидів вугілля та газу, 16,3% обвалень, 0,64% затоплень гірничих виробок, інші – аварії на поверхні шахти. Аварії на шахтах тягнуть за собою не лише порушення нормального функціонування підприємства та матеріальний збиток, але й погрожують життю та здоров'ю робітників шахти.

Приведена вище статистика свідчить про наявність проблеми, що потребує рішення. Оскільки найпоширенішим нині методом проведення гірничих виробок є комбайновий метод, постає питання створення автоматичної системи керування прохідницьким комбайном. Створення такої системи є досить складною задачею, оскільки необхідно врахувати багато факторів, щоб створити дійсно працюючий прототип системи керування. Доцільно поділити загальний обсяг робіт на окремі задачі, реалізація та налагодження яких займає значно менше часу ніж системи в комплексі.

Однією з таких задач є розробка системи автоматичного керування траєкторією переміщення виконавчого органу прохідницького комбайну. Структура якої приведена на рис. 1.



Рисунок 1 – Структурна схема системи автоматичного керування траєкторією переміщення ВО комбайна

Принцип роботи системи полягає в формуванні траєкторії переміщення виконавчого органу, періодичного опитування датчиків та формуванні сигналу управління до електромагнітних гідророзподільників для управління переміщенням ВО (рис. 2).

Перед початком різання контролер отримує інформацію від інших блоків системи (рис. 1) про положення комбайна у виробці, та інформацію про положення вугілля в забої. За цією інформацією контролер формує необхідну траєкторію переміщення ВО, та очікує дозволяючого сигналу для початку процесу різання (рис. 2).

Оскільки процес різання потребує попереднього пуску інших елементів комбайну, система, не враховуючи безпосередньо процес різання за заданою траєкторією, виконує також наступні функції:

- пуск та зупинка живильника;
- пуск та зупинка конвеєра;
- пуск та зупинка зрошення.

Пуск вище описаних елементів в системі відбувається безпосередньо перед початком різання, а зупинка безпосередньо після завершення процесу різання (рис. 2). Керування гідроциліндрами та гідромоторами в системі відбувається за допомогою електромагнітних гідророзподільників (рис. 1), шляхом подачі на них попередньо узгодженим електричного сигналу керування від контролера.

Для якісного керування система повинна бути замкненою, тому використовуються датчики лінійного положення, що встановлюються на гідроциліндрах підйому - опускання та повороту вліво – вправо виконавчого органу. Датчики що формують вихідний сигнал у діапазоні від 0...10 В чи 0...20 В, потребують перетворення вихідного сигналу до 0...5 В необхідних для обробки контролером. Застосування таких датчиків необґрунтоване, оскільки існують датчики що формують вихідний сигнал уже в необхідному діапазоні. Використання таких датчиків дозволяє досягти високої точності вимірювання, до 5 мм переміщення коронки виконавчого органу, за допомогою вбудованих до мікроконтролера засобів, тобто без примусового покращення точності вимірювання.

Сигнал з датчиків після узгодження надходить до мікроконтролера (рис 1), де лінійне подовження чи скорочення штоку гідроциліндра перетворюється в кут переміщення виконавчого органу. На основі отриманих з датчиків даних мікроконтролер, за певним алгоритмом, формує електричний сигнал керування що відбувається за допомогою електромагнітних гідророзподільників, а також інформаційний сигнал до центрального блоку керування системи, для сигналізації та візуалізації процесу різання, на пульті машиніста та диспетчера.

Повний цикл роботи закінчується в момент коли коронка ВО досягає кінцевої точки траєкторії. Потім виконуються всі необхідні роботи по пересуванні комбайна, встановлення кріплень і т.д. Після чого цикл роботи системи повторюється, з внесеними, якщо того потребує технологічний процес, корективами до траєкторії руху ВО.

Застосування такої системи на підприємстві дозволить не лише забезпечити безпеку персоналу шахти, шляхом усунення його від забою безпосередньо в момент нарізання виробки, але й отримати деякий економічний ефект за рахунок зменшення похибки у розмірах виробки, при її формуванні, та відповідно за рахунок зменшення витрати часу на її формування.

Перелік посилань:

1. Горная энциклопедия./ Гл. ред. Е. А. Козловский; Ред. кол.: М. И. Агошков, Н. К. Байбаков, А. С. Болдырев и др. – М.: Сов. Энциклопедия. Т. 3. Кенган – Орт. 1987. 592 с., илл., 16 л. илл.
2. Булгаков Ю. Ф. Оценка степени влияния различных факторов и причин на аварийность в угольных шахтах Украины / Ю. Ф. Булгаков, А. В. Полевая. // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2010. – №1. – С. 3.

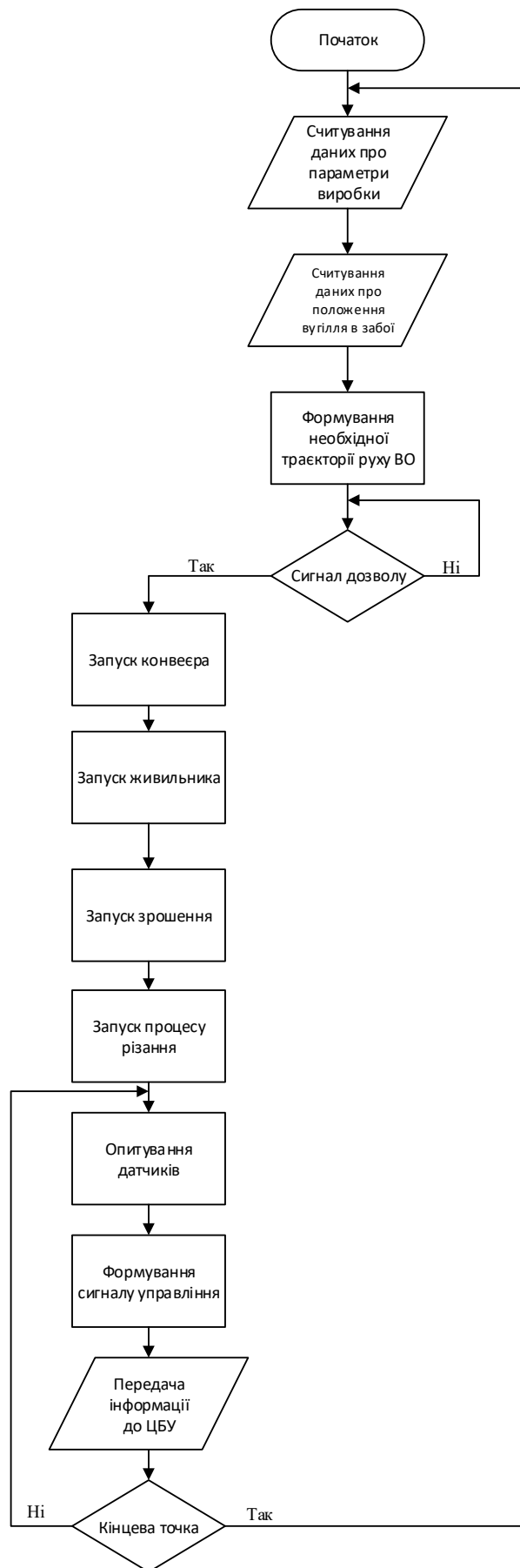


Рисунок 2 – Алгоритм роботи системи автоматичного управління траєкторією руху виконавчого органу прохідницького комбайну

Кобринов Ю.О., магістрант інституту інформаційних технологій

(kobrynovyurii@gmail.com)

Семенцов Г.Н., д.т.н., проф. (kafatp@ukr.net)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

СПОСІБ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПОГЛИБЛЕННЯ НАФТОВИЙ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

Ідентифікація параметрів математичної моделі процесу поглиблення нафтових і газових свердловин, що функціонує за умов апріорної та поточної невизначеності щодо структури і параметрів об'єкта за наявності різного роду завад є важливим науковим та практичним завданням [1,2] щодо впровадження концепції Industry 4.0 у нафтових компаніях.

Проте, аналіз літературних джерел (наприклад [2,3,4 та ін.]), в яких започатковано розв'язання даної проблеми, показує недостатній об'єм проведених досліджень у напрямку використання сучасних методів параметричної ідентифікації нелінійних математичних моделей, що забезпечують підвищення швидкодії ідентифікації параметрів моделі процесу поглиблення нафтових і газових свердловин. Невирішеною частиною загальної проблеми параметричної ідентифікації математичної моделі цього процесу є скорочення витрат часу на активний експеримент та процедуру ідентифікації.

У зв'язку з цим метою даної статті є удосконалення методу ідентифікації параметрів математичної моделі процесу поглиблення нафтових і газових свердловин для збільшення швидкодії процедури ідентифікації. Ідентифікація параметрів нелінійної математичної моделі процесу поглиблення свердловин є під задачею загальної проблеми оптимального керування процесом буріння.

Сьогодні використовується нове покоління алмазних і шарошкових доліт, які забезпечують проходку на одне долото декілька тисяч метрів. У результаті одним долотом розбурюються декілька різнорідних шарів порід, для яких треба уточнювати параметри математичної моделі (ММ). Проте, відомі методи ідентифікації [1÷4] мають істотні обмеження, серед яких неможливість отримання інформації про параметри моделі для системи автоматизованого керування у реальному часі, необхідність проведення складних експериментів, великий обсяг обчислювальних робіт.

Оскільки, відомі методи ідентифікації параметрів ММ процесу поглиблення свердловин [3,4] ґрунтуються на результатах проведення складних і довготривалих експериментів та великому обсязі обчислювальних робіт, то для визначення коефіцієнтів ММ запропоновано подальший розвиток цих методів.

Задача ідентифікації формується так: використовуючи спостереження за поточними значеннями проходки долота Δh_i , визначити параметри k , α , β математичної моделі $V=f(F,\Omega)$ процесу поглиблення свердловин. Для розв'язання задачі ідентифікації розглядається типова нелінійна математична модель [2] процесу поглиблення свердловин

$$V_m = kF^\alpha \Omega^\beta, \quad (1)$$

яка приведена до лінійної форми

$$\lg V_m = \lg k + \alpha \lg F + \beta \lg \Omega. \quad (2)$$

де $V_m = \Delta h / \Delta t$ – механічна швидкість буріння;

Δh – проходка долота за час Δt ;
 F – осьове зусилля на долото;
 Ω – частота обертання долота;
 k, α, β – параметри моделі, що ідентифікуються для конкретних умов геосередовища.

Коефіцієнти моделі (1) залежать від фізико-механічних і абразивних властивостей гірських порід від властивостей долота і повинні визначатися за спеціальним методом для конкретних умов геосередовища.

Граничні умови. Проходка долота за основний період його роботи $t \in [t_0, t_6]$, де t_6 – тривалість буріння, приймає такі значення

$$h(t) \in \{h(t_0) = 0; h(t_6) \geq 0\}.$$

Обмеження на керувальні дії:

$$F(t) \in \{F_{\min}, F_{\max}\}; \Omega(t) \in \{\Omega_{\min}, \Omega_{\max}\} \forall t \in [t_0, t_6]$$

Технологічні обмеження:

Витрата бурового розчину $Q = \text{const} \forall t \in [t_0, t_6]; M_d \leq (M_d)_{\max}$, де M_d – момент на долоті.

Для обчислення параметрів k, α, β моделі (1) запропоновано такий метод.

Користуючись геолого-технічним нарядом, для конкретного типу долота і категорії порід, задамо діапазони зміни осьового зусилля на долото $F_{\min} < F < F_{\max}$ і частоти обертання долота $\Omega_{\min} < \Omega < \Omega_{\max}$. Відзначимо, що параметри режиму буріння F і Ω пов'язані між собою. Цей зв'язок обумовлений властивостями механічної характеристики приводу роторного механізму, який може бути дизельним або електричним. У зв'язку з тим, що ці механічні характеристики не є абсолютно жорсткими, частота обертання долота при зміні $F \in \{F_{\min}, F_{\max}\}$ може зменшитися майже на 50% від початкового значення. Отже, кожному значенню F відповідає своє значення Ω , які є досяжними для вимірювань. Вибираємо три значення осьового зусилля на долото: $F_1 = F_{\min} < F_2 < F_3 = F_{\max}$, яким відповідатимуть три значення частоти обертання $\Omega_1 = \Omega_{\min} < \Omega_2 < \Omega_3 = \Omega_{\max}$. Сукупності параметрів режиму буріння $F_1, \Omega_1; F_2, \Omega_2; F_3, \Omega_3$ використовуватимемо для проведення активного експерименту: впродовж буріння 1 м свердловини із заданими параметрами режиму фіксуватимемо час буріння Δt і середнє значення механічної швидкості буріння $V_{M_1} = (\Delta t_1)^{-1}; V_{M_2} = (\Delta t_2)^{-1}; V_{M_3} = (\Delta t_3)^{-1}$.

Отримані результати підставимо у формулу (2) й отримаємо систему із трьох рівнянь з трьома невідомими коефіцієнтами k, α, β :

$$\left. \begin{aligned} \lg V_{M_1} &= \lg k + \alpha \lg F_1 + \beta \lg \Omega_1, \\ \lg V_{M_2} &= \lg k + \alpha \lg F_2 + \beta \lg \Omega_2, \\ \lg V_{M_3} &= \lg k + \alpha \lg F_3 + \beta \lg \Omega_3. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Для вилучення із системи рівнянь (3) $\lg k$ віднімемо із третього рівняння друге, а із другого – перше. Тоді отримаємо

$$\left. \begin{aligned} \lg V_{M_3} - \lg V_{M_2} &= \alpha (\lg F_3 - \lg F_2) + \beta (\lg \Omega_3 - \lg \Omega_2), \\ \lg V_{M_2} - \lg V_{M_1} &= \alpha (\lg F_2 - \lg F_1) + \beta (\lg \Omega_2 - \lg \Omega_1). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Із системи рівнянь (4) отримаємо вирази для коефіцієнтів α і β :

$$\alpha = \left(\lg \frac{V_{M3}}{V_{M2}} \lg \frac{\Omega_2}{\Omega_1} - \lg \frac{V_{M2}}{V_{M1}} \lg \frac{\Omega_3}{\Omega_2} \right) \left(\lg \frac{F_3}{F_2} \lg \frac{\Omega_2}{\Omega_1} - \lg \frac{F_2}{F_1} \lg \frac{\Omega_3}{\Omega_2} \right)^{-1}, \quad (5)$$

$$\beta = \left(\lg \frac{V_{M3}}{V_{M2}} \lg \frac{F_2}{F_1} - \lg \frac{V_{M2}}{V_{M1}} \lg \frac{F_3}{F_2} \right) \left(\lg \frac{\Omega_3}{\Omega_2} \lg \frac{F_2}{F_1} - \lg \frac{\Omega_2}{\Omega_1} \lg \frac{F_3}{F_2} \right)^{-1}. \quad (6)$$

Після підставлення α і β в одне із рівнянь системи (3), знайдемо коефіцієнт k :

$$\lg k = \lg V_{M1} - \alpha \lg F_1 - \beta \lg \Omega_1, \quad (7)$$

або
$$k = \frac{V_{M1}}{F_1^\alpha \cdot \Omega_1^\beta}. \quad (8)$$

Оскільки, два інших рівняння математичної моделі процесу поглиблення свердловин мають аналогічну структуру, запропонована методика ідентифікації може бути використана і для ідентифікації їх параметрів. Оскільки, контрольований процес змінює свої характеристики в залежності від глибини свердловини, то передбачена можливість ідентифікації даного об'єкта у процесі свого функціонування. Після виявлення моменту переходу долотом меж пластів однорідних гірських порід ідентифікацію параметрів моделі (1) слід повторити. Розроблено алгоритмічне і програмне забезпечення даної задачі.

Технічним забезпеченням є промислові системи контролювання та керування процесом буріння нафтогазових свердловин БУР-САК і СКУБ-М2, що виготовляються Івано-Франківським спеціалізованим конструкторським бюро засобів автоматизації.

Отже, запропоновано методику ідентифікації математичної моделі процесу поглиблення свердловин алмазними і шарошковими долотами, що ґрунтується на результатах нескладного активного експерименту і скорочує час процесу ідентифікації до 25÷30 хвилин на невеликих глибинах свердловини і до 2-х годин на глибині > 4500 м.

Розроблена методика ідентифікації постійних коефіцієнтів у формулі механічної швидкості буріння може бути використана для статичної оптимізації процесу поглиблення свердловин, техніко-економічних розрахунків, а також оцінювання продуктивності нової бурової техніки.

Перелік посилань:

1. Кропивницька В.Б. Стратегія ідентифікації параметрів математичної моделі процесу буріння; тези доп. 1-ої міжнар. наук.-техн. конф., 25-27 травня, 2005 р. / В.Б.Кропивницька, Н.В.Сабат.- К.: Національний авіаційний ун-т. – 2005. – С.106-108.
2. Горбійчук М.І. Оптимізація процесу буріння глибоких свердловин: [монографія] / М.І.Горбійчук, Г.Н.Семенцов. – Івано-Франківськ: Факел, 2003. – 493 с.
3. Семенцов Г.Н. Моделювання та ідентифікація процесу буріння для задач оптимізації управління: [монографія] / Г.Н.Семенцов, О.В.Гутак. – Одеса:Купрієнко С.В., 2014. – 295 с. ISBN 978-966-2769-43-2.
4. Семенцов Г.Н. Сигнальна ідентифікація буримості гірських порід у процесі поглиблення нафтових і газових свердловин: [монографія] / Г.Н.Семенцов, Н.В.Сабат. – Одеса:Купрієнко С.В., 2014. – 185 с. ISBN 978-966-2769-29-6.

Ключові слова:

параметрична ідентифікація, математична модель, процес поглиблення свердловин, методика ідентифікації, механічна швидкість.

Попіль О.С., студент (djamper103@gmail.com)

Бурлака О.М., викладач (oleksandr.burlaka@donntu.edu.ua)

ДВНЗ „Донецький національний технічний університет”, г. Покровськ, Україна

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ НАВАНТАЖЕННЯ РОБОЧОГО ОРГАНУ ПРОХІДНИЦЬКОГО КОМБАЙНУ

Вступ

В даний час в світі існує досить велика кількість паливних ресурсів як поновлюваних так і немає. Вугілля є одним з найстаріших відомих ресурсів в світі і давно став невід'ємною частиною життя людини. Крім спалювання як паливний ресурс, вугілля використовується для багатьох інших цілей, таких як: сировина для металургійної та хімічної промисловості, парфумерії, вилучення різних хімічних елементів для подальшого використання. Виходячи з економічної і політичної ситуації в нашій країні, енергетична безпека стоїть особливо гостро, а значить видобуток вугілля і подальше удосконалення технологій щодо її здійснення, залишається актуальним питанням.

Актуальність питання

В умовах ринкових економічних відносин, основними вимогами для гірничо-шахтного устаткування стають: підвищення ефективності та безпеки експлуатації, зниження металоємності машини і енергоємності руйнування гірської маси внаслідок чого знижуються витрати і підвищується рентабельність видобутої продукції.

В даний час розвиток видобутку вугілля в Україні, характеризується постійним зростанням навантаження на видобувних забій. Найближчим часом у всьому світі магістральним напрямом розвитку вугільної галузі стане створення підприємств типу «лава-шахта», що означає необхідність доведення видобутку з очисного вибою до рівня 10000 т/добу і більше. Найважливішою умовою для цього є забезпечення необхідного фронту робіт, тобто своєчасна підготовка очисних вибоїв. За період відпрацювання діючої лави повинна бути підготовлена і оснащена обладнанням нова.

Тому дуже значущим представляється обґрунтування перспективних напрямків вдосконалення прохідницької техніки, здатної істотно збільшити темпи проходки.

Об'єктом автоматизації в даній роботі є - комбайн прохідницький Донбасс (КПД-23).

Комбайн є самохідну гусеничну машину із стрілоподібним, телескопічним виконавчим органом з осовою коронкою, живильником і відкритим скребковим конвеєром.

Комбайн призначений для відбою і навантаження гірської маси при проведенні виробок аркової, трапецієподібної і прямокутної форм перетину від 11 до 30 м² в проходці з кутом нахилу 12° по вугіллю і змішаному забою з максимальною межею міцності порід при одноосовому стисканні а сж < 100 МПа ($f < 6$) і абразивністю до 15 мг в шахтах небезпечних по газу або пилу, при цьому зміст порід з а сж < 100 МПа не повинно перевищувати 15% площі забою, при сумарній присечки порід не більше 75%.

Кліматичне виконання комбайна-У, категорія розміщення - 5 по ГОСТ 15150-69. Комбайн може застосовуватися на шахтах вугільної промисловості України та ін. Країн, небезпечних щодо газу або пилу, в тому числі на викидонебезпечних пластах в безпечних зонах, установлених поточним прогнозом, або після проведення противикидних заходів і отримання позитивних результатів контролю їх ефективності.

Основними функціональними елементами комбайна є виконавчий орган, руйнуючий породу. Основне завдання при роботі виконавчого органу руйнування корисної копалини з мінімальними енергоємністю і ступенем подрібнення, для цього необхідно регулювати швидкість подачі в складі підсистеми підвіски і переміщення виконавчого органу, що

забезпечує рух зазначеного органу з задаються швидкостями різання з необхідними моментами або зусиллями. Підсистеми приводу виконавчого органу комбайна включають приводні двигуни, редуктори і виконавчі органи.

Постановка задачі

Суть даної роботи полягає у вивченні об'єкта автоматизації, пошуку наявних шляхів вирішення поставленого питання і подальшої розробки приладу для автоматичного контролю і регулювання швидкості подачі виконавчого органу прохідницького комбайна.

Критичний огляд відомих технічних рішень із автоматизації

Швидкість вихідної ланки гідроприводу комбайна КПД-23 прямо пропорційна кількості що надходить до нього рідини, а при постійній подачі обернено пропорційна робочому об'єму камер гідравлічного двигуна. В даний час існує декілька варіантів вирішення завдання з управління швидкості подачі гідроприводу на виконавчий орган:

1. Дросельне регулювання;
2. Об'ємне регулювання;
3. Комбіноване регулювання або об'ємно-дросельне регулювання;

При дросельному регулювання застосовують насоси з постійною подачею, а гідро-двигуни з постійною витратою. Для регулювання витрати рідини гідро-двигуном використовують гідро-дроселі. Гідро-дросель може бути встановлений послідовно з гідро-двигуном (в напірної гідролінії або в гідролінії зливу) і паралельно йому. Для забезпечення стабільного регулювання витрата насоса зазвичай перевищує витрата гідродвигуна, надлишок рідини зливається через переливний клапан в бак.

У схемі з послідовним включенням гідродроселя в напірної лінії (рис. 1, а) тиск P_1 перед гідродроселем 3 підтримується постійним гідроклапаном 1. Частина рідини, що подається насосом 2, зливається через гідроклапан в бак, а частина надходить через гідродросель 3 до двигуна 4. Тиск p_2 за гідродросель залежить від навантаження, тому при зміні навантаження на вихідній ланці гідроприводу перепад тисків на гідродросель буде змінюватися. Відповідно буде змінюватися витрата рідини, що протікає через гідродросель, і швидкість гідродвигателя. Цю схему рекомендується застосовувати в механізмах з постійним навантаженням як за величиною, так і за напрямком.

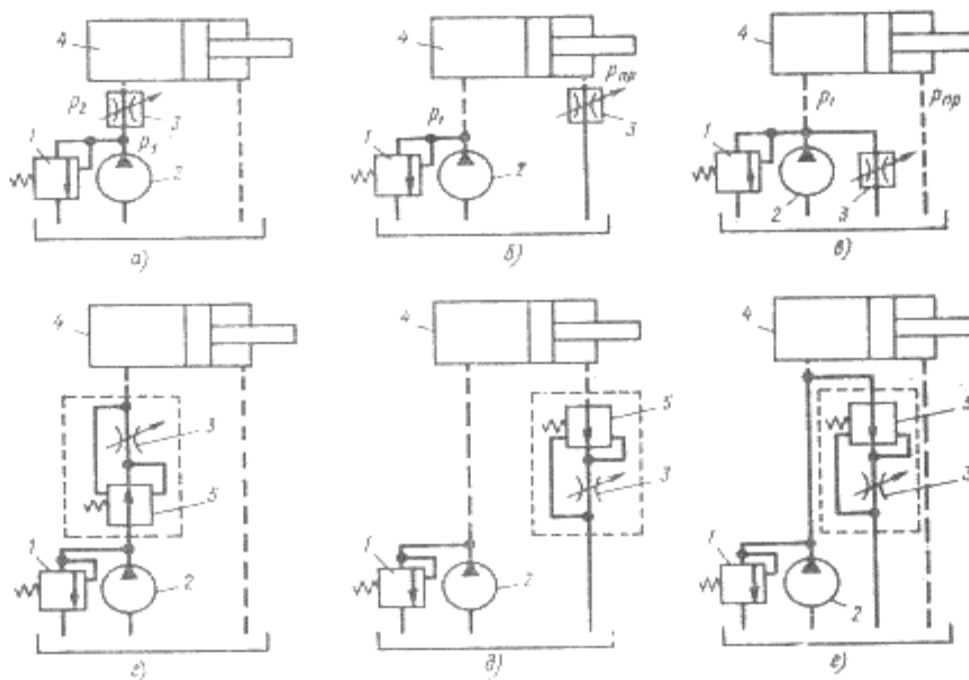


Рисунок 1 - Види дросельного регулювання

У поршневому гідроприводі з об'ємним регулюванням швидкість руху вихідної ланки регулюють зміною подачі насоса. Зміна швидкості гідроциліндра 4 (рис. 2) виробляють, наприклад, при зміні ексцентриситету e радіально-поршневого насоса 5. У схемах з об'ємним регулюванням весь основний потік рідини надходить в гідродвигун без втрат на дроселювання, а робочий тиск насоса встановлюється відповідно навантаженні, тому ККД гідроприводу з об'ємним регулюванням досить високий.

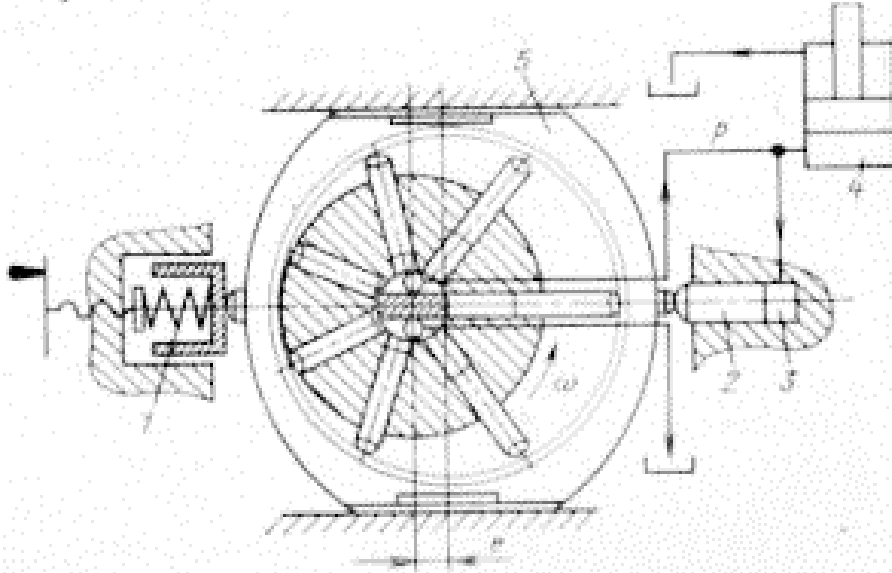


Рисунок 2 - Гідропривод з об'ємним регулюванням швидкості

У зв'язку з тим, що витoki в насосі пропорційні тиску в напірній гідролінії, при коливаннях навантаження (і відповідно робочого тиску) кількість рідини, що подається насосом в гідродвигун, і його швидкість будуть змінюватися. Особливо помітний вплив навантаження на швидкість руху вихідної ланки гідродвигуна при малій величині встановленої швидкості. Це може привести до низької якості обробки і поломки ріжучого інструменту. Для забезпечення сталості швидкості гідроприводу застосовують пристрої стабілізації. Принцип роботи системи стабілізації полягає в автоматичному регулюванні подачі насоса при зміні тиску і витоків. Так, наприклад, подача насоса (див. рис. 2) залежить від співвідношення сили пружини 1 і тиску плунжера 2 гідроциліндра 3, діючих на рухливий статор. Гідроциліндр 3 підключений до напірної гідролінії насоса. При встановленій швидкості і постійному навантаженні дію сил на статор врівноважується. При збільшенні навантаження тиск рідини в напірній гідролінії збільшується, збільшуються також виток насоса. Одночасно з цим плунжер 2 під дією підвищеного тиску в гідроциліндрі 3 зміщує статор насоса, стискаючи пружину 1. Ексцентриситет e і подача насоса збільшуються, компенсуючи збільшилися виток. При зменшенні навантаження на гідродвигун тиск рідини знижується і пружина 1, зміщуючи статор насоса в протилежному напрямку, зменшує подачу насоса. Однак при цьому зменшуються виток в насосі і зберігається сталість швидкості гідродвигуна. Існують і інші схеми стабілізації.

У гідроприводах обертального руху з об'ємним регулюванням швидкість вихідної ланки регулюється або шляхом зміни подачі насоса при постійній витраті гідродвигуна (аналогічно схемі рис. 2), або шляхом зміни витрати гідродвигуна (внаслідок зміни робочого об'єму камер). Для розширення діапазону регулювання іноді застосовують комбіноване регулювання.

Обґрунтування напрямку автоматизації

Виходячи з завдання по автоматизації і викладених вище шляхів вирішення даного питання, а також виходячи з особливостей конструкторської комбайна КПД-23 і гідросистеми

зокрема, був обраний дросельний спосіб регулювання. Так як подача рідини на виконавчий орган, здійснюється через загальний трубопровід і регулюється загальним гідроприводом, регулювання можливо лише через гідрокапан дросельним способом.

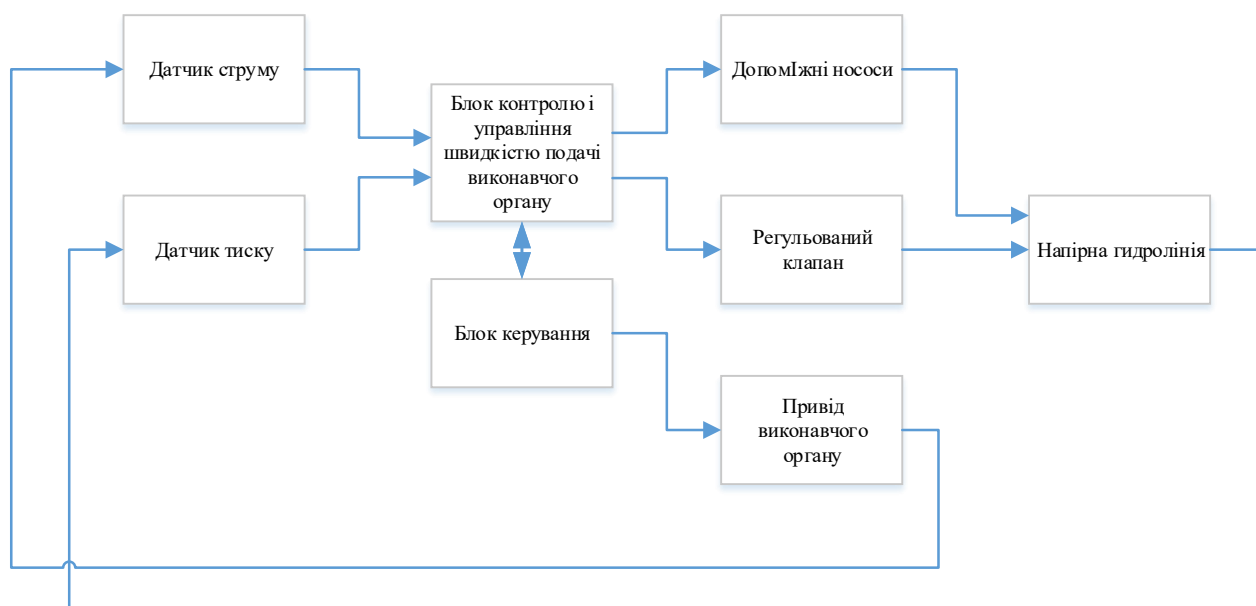
Цей пристрій має виконувати наступні функції:

1. Знімати показання по навантаженню на виконавчий орган комбайна.
2. Аналізувати отримані дані.
3. Керувати швидкістю подачі робочої рідини, виходячи з отриманих та проаналізованих даних.

Виходячи з того, що система повинна бути повністю автоматичною і виконувати всі передбачені функції до неї ставляться такі вимоги:

1. Безперешкодний доступ до пристрою для ремонту, в випадках позаштатних ситуацій.
2. Відповідність вимогам правил улаштування електроприладів.
3. Інформування диспетчера при аварії пристрою.
4. Блокування пристрою при виході з ладу вузлів пристрою.
5. Дотримання необхідних габаритно-технічних параметрів.

Структурна схема пристрою



Алгоритмізація системи автоматизації

Алгоритм роботи пристрою полягає в регулюванні швидкості подачі робочого органу, виходячи з навантаження на робочий орган комбайна при відпрацюванні пласта. Напрямок відпрацювання задається за допомогою кута роботи робочого органу і закладеної за алгоритмом швидкості, при появі різних включень, твердих або більш м'яких ніж вугілля порід, навантаження на ріжучий орган збільшується або зменшується і в слідстві цього необхідно збільшувати або зменшувати швидкість подачі.

Збільшення або зменшення навантаження на робочий орган, при даній структурі комбайна можна поставити діагноз по зміні тиску в напірній гідролінії або за допомогою зміни струму двигуна виконавчого органу, був обраний спосіб визначення навантаження зі зміни тиску. Спочатку йде збір інформації з датчика тиску, після сигнал перетвориться в потрібне значення напруги для того що б його міг вважати мікроконтролер, далі він обробляється мікроконтролером, перетворюється і посилюється для передачі на керований клапан для регулювання подачі рідини і в слідстві зміни швидкості.

Розробка експлуатаційних вимог до пристрою управління системи автоматизації

У зв'язку з тим, що в шахтах, небезпечних за газом або пилом, створюється можливість виникнення пожежі або вибуху, до електроустаткування цих шахт пред'являються додаткові вимоги: 1) застосування оболонок, стійких до механічних ударів, дії вологості, хімічних реагентів і надлишкового тиску, яке може виникнути під час вибуху газів всередині оболонки. Оболонка повинна мати вибухозахисні фланці в сполученнях рухомих або знімних деталей або бути заповненою кварцовим піском, епоксидним компаундом і т.п. Як елементи вибухозахисту використовують також еластичні ущільнення; 2) застосування допоміжних електричних ланцюгів з малими значеннями струму і напруги, які не в змозі з'явитися джерелом займання при вимушеному або випадковому іскроутворенні в електрообладнанні.

При експлуатації пристрою повинні дотримуватися: - правила безпеки з контролю стану підземної атмосфери; - заходи безпеки щодо застосування електричної енергії; - заходи безпеки по обслуговуванню і ремонту електричного устаткування, на якому змонтовані пристрій. Заходи безпеки при монтажі та демонтажі пристроїв повинні виконуватися відповідно до «Керівництвами по експлуатації» на вироби, в які змонтовані вузли або блоки. Електроживлення джерел, що входять до складу, має здійснюватися екранованим кабелем. Робочі і ІТП повинні бути навчені і проінструктовані щодо безпечних методів ведення робіт з обслуговування і експлуатації системи. За результатами навчання повинні бути видані відповідні посвідчення і зроблені записи в книгах. О функціонуванні системи повинні проводитися записи в журналі відповідальними особами.

Пристрій повинен бути обладнано сигналізацією персоналу і виведенням помилки головному диспетчеру при виході з ладу його компонентів. Повинен бути швидкий і зручний доступ до його компонентів при їх ремонті при поломці.

Висновки та напрямок подальших досліджень

Завдяки впровадженню даного рішення, з управління швидкістю подачі виконавчого органу прохідницького комбайна, будуть підвищені значення ККД, підвищиться швидкість відпрацювання пласта, за рахунок рівномірного контролю швидкості при проходженні різного виду порід.

Перелік посилань

1. Пристрій регулювання швидкості подачі стреловидного виконавчого органу прохідницького комбайна [Електронний ресурс]. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/246/2464420.html>.

2. Плавне регулювання швидкості гідроприводу [Електронний ресурс]. URL: <http://chiefengineer.ru/tehnicheskie-discipliny/gidravlika/regulirovanie-skorosti-gidroprivoda/>.

3. Толпежніков Л.І. Автоматичне управління процесами шахт і копалень: Підручник для вузів-2-ге вид., Перераб. і доп.- М.: Недра, 1985.-352с.

4. НПА ОП 10.0-1.01-10. Правила безпеки у вугільних шахтах. Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду №62 від 23.03.2010. -150с.

Семенцов Г.Н., д.т.н., проф. (kafatp@ukr.net)

Регей В.М., магістрант інституту інформаційних технологій (yova.rehey@gmail.com)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

АДАПТИВНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ З ЕТАЛОННОЮ МОДЕЛЛЮ І ПАРАМЕТРИЧНИМ НАЛАШТУВАННЯМ

Розглядається науково-прикладна задача побудови адаптивної системи керування з еталонною моделлю в умовах апріорної та поточної невизначеності вихідних даних щодо алгоритмічної структури і параметрів об'єкта керування. У задачах автоматизації технологічних процесів нафтогазової промисловості такими об'єктами є відцентровий нагнітач, бурильна колона та ін. Щоб врахувати таку ситуацію, пропонується розвиток методу адаптивного керування з еталонною моделлю (ЕМ) і параметричним налаштуванням у реальному часі.

Задача, що розв'язується, це – адаптивне керування лінійним стаціонарним об'єктом, зв'язок між керованою величиною x і керувальною дією u якого описується рівнянням такого виду

$$X(s) = b_m \frac{B(s)}{A(s)} Y(s), \quad (1)$$

де $S = d/dt$ – оператор диференціювання;

$A(s)$, $B(s)$ – нормовані поліноми змінної s з невідомими постійними коефіцієнтами a_i і b_i .

Початкові значення фазових координат об'єкта і моделі відомі: $x(0) = 0$; $x_m(0) = 0$; $\dot{x}(0) = 0$; $\dot{x}_m(0) = 0$.

Припущення:

- модель (1) задовільняє стандартним для більшості задач адаптивного керування [1] вимогам:

а) знак коефіцієнта b_m відомий; $b_m > 0$;

б) поліном $B(s)$ є гурвіцевим;

в) відомі степені поліномів $A(s)$ і $B(s)$ – n і m , відповідно $n - m > 1$.

Припустимо, що основна система (рис.1) і ЕМ описуються рівняннями другого порядку

$$\ddot{x} + a_1 \dot{x} + a_0 x = K_o K_c x_{вх}; \quad (2)$$

$$\ddot{x}_m + b_1 \dot{x}_m + b_0 x_m = K_m x_{вх}; \quad (3)$$

де K_o – змінний в часі коефіцієнт передачі об'єкта;

K_c – коефіцієнт передачі системи керування, який можна переналаштувати;

K_m – коефіцієнт передачі ЕМ;

$x_{вх}$ – вхідний сигнал;

x , x_m – вихідні сигнали об'єкта і ЕМ відповідно;

$a_i = b_i$.

Необхідно визначити алгоритм налаштування коефіцієнта передачі системи керування K_c за умови стійкості перехідних процесів у системі. Для цього віднімемо із рівняння (2) рівняння (3) і введемо позначення

$$\varepsilon^{(i)} = x_M^{(i)} - x^{(i)}, i = 0, 1, 2. \quad (4)$$

Тоді отримаємо таке рівняння для помилки

$$\ddot{\varepsilon} + b_1 \dot{\varepsilon} + b_0 \varepsilon = (K_M - K_c K_o) x_{BX}, \quad (5)$$

або

$$\ddot{\varepsilon} + b_1 \dot{\varepsilon} + b_0 \varepsilon = \gamma x_{BX}, \quad (6)$$

де $\gamma = K_M - K_c K_o$.

(7)

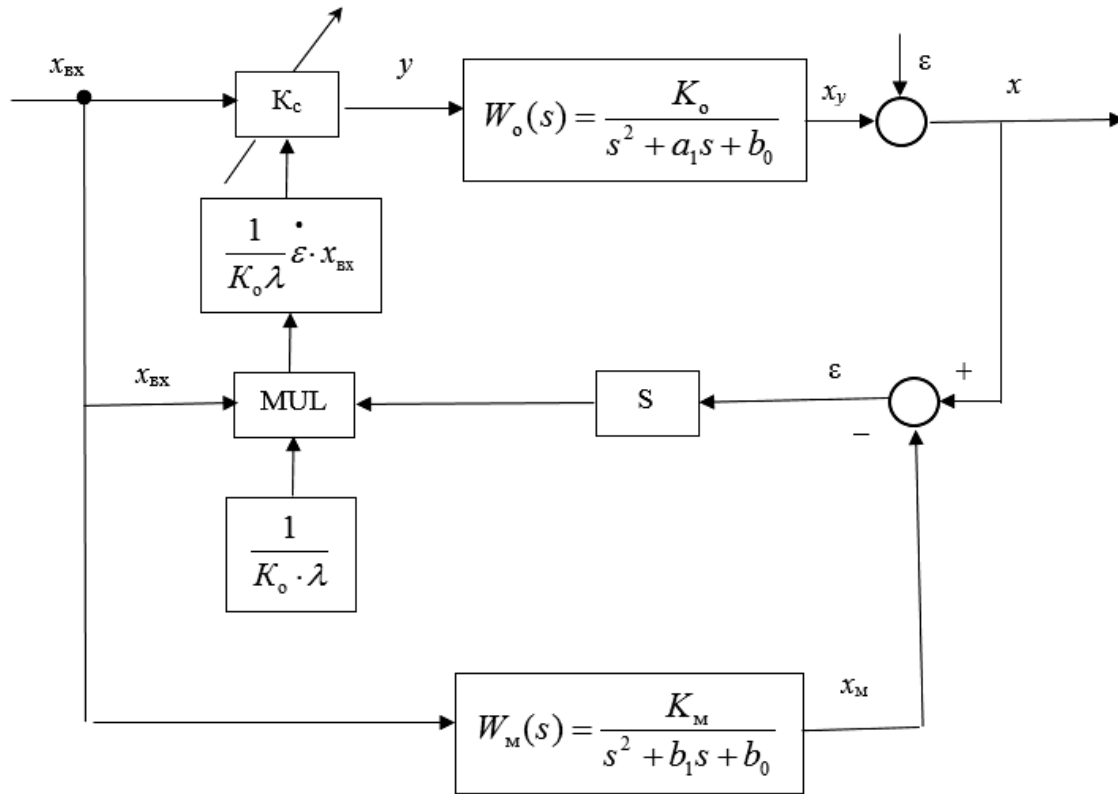


Рисунок 1 – Алгоритмічна структура адаптивної системи з еталонною моделлю і параметричним налаштуванням

Виберемо функцію Ляпунова [2,3] у вигляді квадратичної позитивно визначеної форми фазових координат і різниці коефіцієнтів передачі

$$V = \dot{\varepsilon}^2 + b_0 \varepsilon^2 = \lambda \gamma^2, \quad (8)$$

де λ – постійний додатний коефіцієнт.

Повна похідна по часу функції Ляпунова (8) має такий вигляд

$$\frac{dV}{dt} = 2 \dot{\varepsilon} \ddot{\varepsilon} + 2 b_0 \dot{\varepsilon} \varepsilon + 2 \lambda \gamma \dot{\gamma}. \quad (9)$$

Із (6) визначимо другу похідну помилки

$$\ddot{\varepsilon} = \gamma \ddot{x}_{\text{вх}} - b_1 \dot{\varepsilon} - b_0 \varepsilon \quad (10)$$

і підставимо її в (9)

$$\frac{dV}{dt} = 2\dot{\varepsilon} x_{\text{вх}} \gamma - 2b_1 \dot{\varepsilon}^2 + 2\lambda \gamma \dot{\gamma}. \quad (11)$$

Бачимо, що для забезпечення недодатньої похідної функції Ляпунова, тобто досягнення стійкості процесу налаштування. достатньо виконати умову

$$2\dot{\varepsilon} x_{\text{вх}} \gamma + 2\lambda \gamma \dot{\gamma} \leq 0. \quad (12)$$

Із (12) випливає

$$\dot{\gamma} \leq -\frac{\dot{\varepsilon} x_{\text{вх}}}{\lambda}. \quad (13)$$

З іншого боку, з (7) за умови квазістаціонарної зміни коефіцієнта K_0 : $K_{0_{\min}} \leq K_0 \leq K_{0_{\max}}$ можна отримати

$$\dot{\gamma} = \dot{K}_c K_0. \quad (14)$$

Вирази (13) і (14) дозволяють визначити алгоритм налаштування

$$\dot{K}_c \geq \frac{1}{K_0 \lambda} \dot{\varepsilon} x_{\text{вх}}. \quad (15)$$

Розглянута методика може бути використана для синтезу алгоритмів і законів формування параметрів налаштування в адаптивних системах керування з еталонною моделлю.

Отже, застосування ЕМ для синтезу адаптивних систем дозволяє вирішити ряд важливих завдань:

- здійснити більш простими засобами бажану оптимізацію об'єкта керування, зокрема реалізацію нелінійного закону керування;
- забезпечити швидкодію самоналаштування при лінійному і нелінійному об'єктах керування та нестационарності їхніх параметрів;
- забезпечити більш просту реалізацію за рахунок налаштування ЕМ замість налаштування основної системи при суттєвих змінах характеристик геосередовища.

Перелік посилань:

1. Никифоров В.О. Адаптивное и робастное управление с компенсацией возмущений / В.О.Никифоров. – СПб.: Наука, 2003. – 282 с.
2. Барбашин Е.А. Функции Ляпунова / Е.А.Барбашин. – М.:Наука, 1972. – 240 с.
3. Ковалев А.М. Построение функций Ляпунова со знакопеременной производной для систем, удовлетворяющих теореме Барбашина–Красовского / А.М.Ковалев // Прикладная математика и механика. – 2008. –Т.12.– Вип. 2. – С.266-272.

Ключові слова:

адаптивна система, еталонна модель, об'єкт керування, параметри налаштування, функція Ляпунова

Страшко Е.В., студент (e.strashko1998@gmail.com)

ДВНЗ „Донецький національний технічний університет”, м. Покровськ, Україна

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛІКУ РЕМОНТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ГІРНИЧОВИДОБУВНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

На сьогоднішній день кожне підприємство хоче автоматизувати різні процеси або задачі для зменшення людського фактору та коштів на виробництвах. Цей факт обумовив розробку системи, яка спрямована на автоматизацію обліку ремонтних матеріалів на підприємстві. Розробка системи зі зрозумілим і не складним інтерфейсом користувача дозволила прискорити та автоматизувати облік.

В ході проектування системи автоматизації були проаналізовані вимоги до програмного та апаратного забезпечення, описано процеси проектування [1] системи та БД. Аналізуючи результати проектування були обрані інструментальні засоби. У якості середовища розробки Visual Studio 2017 Community, мова програмування C#, платформа UWP, що дає можливість запускати систему на будь-якому пристрої під управлінням Windows 10, база даних SQLite – це невелика база даних, що застосовується, в основному, як локальне сховище для інформації.

Користувач має можливість переглянути всі існуючі записи, створити новий, редагувати або видалити його. Також є можливість створення файлу для звітності (рисунки 1. Діаграма використання). Період, за який необхідно внести матеріали до файлу, вибирається в ручну.



Рисунок 1 – Діаграма використання

Розроблена система базується на патерні проектування MVVM, що має три складові: Модель (Model), Вид (View), Модель вигляду (ViewModel). Він використовується для відокремлення моделі від її відображення. Це дає можливість змінювати їх незалежно одну від одної.

При розробці системи особливу увагу було приділено реалізації засобів безпеки функціонування, були передбачені усі критичні ситуації роботи веб-додатку для його стабільної роботи та для запобігання його критичного завершення.

Проводилося модульне тестування для локалізації проблем і усунення відповідних дефектів в окремих модулях системи. Тестування локалізації здійснювалося містило перевірку правильності функціонування елементів інтерфейсу користувача та системних повідомлень.

Практичне значення полягає в підвищенні ефективності заповнення баз даних використовуючи програмні додатки. Можна стверджувати, що створений програмний продукт вирішує проблему в автоматизації обліку ремонтних матеріалів на підприємствах.

Перелік посилань:

1. Буч Г. Язык UML. Руководство пользователя / Г. Буч, Дж. Рамбо, И. Якобсон – М.: ДМК пресс, 2007. – 248 с.
2. Шилдт Г. С# 4.0. Полное руководство / Г. Шилдт – М.: Вільямс, 2011. – 1056 с.
3. Грофф Д.Р. SQL. Полное руководство / Д.Р. Грофф, П.Н. Вайнберг, Е.Дж. Оппель – М.: Вільямс, 2018. – 964 с.

Ключові слова:

система автоматизації, С#, шаблон проектування MVVM, платформа UWP, реляційна БД SQLite

Чигур І.І., к.т.н., доцент (chygur@gmail.com)

Єсіпов А.Ю., студент (andriyesipov@gmail.com)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Автоматизація як область сучасного ринку вже давно є окремим напрямом, який являється надзвичайно важливим з точки зору підвищення продуктивності праці, комфорту і безпеки. Найбільш яскраво механічні системи автоматики розвинулись в епоху першої індустріалізації. Як тільки автоматика перестала бути просто видом електромеханіки, з'явилася тематика передачі даних в цілях реалізації алгоритму управління технологічним процесом. Електронні прилади керування за останні 70 років зазнали кардинальної еволюції і кожен раз слідом за цим змінювалися застосовувані протоколи передачі даних.

Першим поколінням електронних управляючих систем були централізовані системи. Один керуючий вузол обробляє сигнали від всіх датчиків і видає керуючі дії на всі задіяні виконавчі механізми. Друге покоління – ієрархічні системи. З ростом числа завдань управління в складних системах значно збільшується обсяг переробленої інформації і підвищується складність алгоритмів керування. В результаті здійснювати управління централізовано неможливо, так як має місце невідповідність між складністю керованого об'єкта і здатністю будь-якого керуючого органу отримувати і переробляти інформацію.

Крім того, в таких системах можна виділити наступні групи завдань, кожна з яких характеризується відповідними вимогами за часом реакції на події, що відбуваються в керованому процесі:

- завдання збору даних з об'єкта управління і прямого цифрового управління (час реакції, секунди, частки секунди);
- завдання екстремального управління, пов'язані з розрахунками бажаних параметрів керованого процесу і необхідних значень уставок регуляторів, з логічними задачами пуску і зупинки агрегатів та ін. (час реакції - секунди, хвилини);
- задачі оптимізації та адаптивного управління процесами, техніко-економічні завдання (час реакції - кілька секунд);
- інформаційні завдання для адміністративного управління, завдання диспетчеризації та координації в масштабах цеху, підприємства, завдання планування та ін. (час реакції - години).

Очевидно, що ієрархія завдань управління призводить до необхідності створення ієрархічної системи засобів управління. Такий поділ, дозволяючи впоратися з інформаційними труднощами для кожного місцевого органу управління, породжує необхідність узгодження прийнятих цими органами рішень, тобто створення над ними нового керуючого органу. На кожному рівні має бути забезпечено максимальну відповідність характеристик технічних засобів заданому класу задач.

Крім того, багато виробничі системи мають власну ієрархію, яка виникає під впливом об'єктивних тенденцій науково-технічного прогресу, концентрації і спеціалізації виробництва, що сприяють підвищенню ефективності суспільного виробництва [1]. Найчастіше ієрархічна структура об'єкта управління не збігається з ієрархією системи управління. Отже, у міру зростання складності систем вибудовується ієрархічна піраміда управління. Керовані процеси в складному об'єкті управління вимагають своєчасного формування правильних рішень, які приводили б до поставлених цілей, приймалися б своєчасно, були б взаємно погоджені. Кожне таке рішення вимагає постановки відповідного завдання управління. Їх сукупність утворює ієрархію завдань управління, яка в ряді випадків

значно складніше ієрархії об'єкта управління.

Тут необхідний цифровий протокол передачі нижнього рівня, що забезпечує обмін між контролером верхнього рівня і контролерами нижнього рівня. Для збору даних з контролерів верхнього рівня застосований протокол верхнього рівня, обслуговуючий обмін між робочою станцією диспетчера АСУТП і контролерами верхнього рівня.

Третє покоління електронних управляючих систем – розподілені однорівневі системи. Згідно цієї ідеології, кожен датчик і привід забезпечені мікроконтроллером, здатні обробляти сигнал, реалізовувати алгоритм управління та спілкуватися по мережі передачі даних не тільки з робочою станцією АСУТП, а й між собою, з метою реалізації розподілення алгоритму управління. Іншими словами, це покоління систем автоматики повністю відповідає девізу Sun Microsystems «Мережа - це комп'ютер», який виник в епоху становлення Інтернету. Саме особливості функціонування розподілених систем автоматики формують список вимог до протоколів передачі даних для сучасних управляючих мереж.

У 1990 році відбулася перше офіційне опублікування відкритого протоколу LonWorks. Одночасно з ним в Європі вийшов опис протоколу EIB. Багато в чому протоколи схожі і приблизно однаково вирішують перелічені вимоги. Відрізняються вони в кількісних характеристиках і в пріоритетності вимог. Так, наприклад, Lon Works при максимальній універсальності має дуже відносну надійність, а EIB володіє абсолютною надійністю і завадостійкістю, але його сфера застосування не така широка.

Цікавою і досить помітною тенденцією є розвиток інтеграційного напрямку у створенні систем управління процесами. Мається на увазі прикладення зусиль для створення максимально універсальних пристроїв, програмних продуктів та технологій в цілому. Це напряму веде до стандартизації діяльності різних виробників. Стандартизація є однією із основних ідеологій у створенні протоколів обміну даними в інженерних системах.

Стандарт KNX набув широкої популярності в побудові інженерних систем для будинків та невеликих приміщень зокрема. Його перевага у взаємодії пристроїв, що працюють за цим стандартом та містяться в одній мережі. Таким чином, для побудови системи управління мікрокліматом в приміщенні достатньо мати відповідне обладнання, що реалізовує ці функції.

Підключені до шини (мережі) абоненти (пристрої) можуть обмінюватися інформацією через загальний канал передачі, шину. При цьому підлягає передачі інформація упаковується в телеграму і передається по кабелю від датчика (сенсора - відправника команд) до одного або кількох виконавчим механізмам. При успішній передачі та прийомі кожен пристрій-приймач підтверджує отримання телеграми. При відсутності підтвердження передача повторюється ще два рази. Якщо і після цього підтвердження відсутнє, то процес передачі закінчується.

Передача проводиться модулюванням напруги в мережі, причому логічний нуль пересилається у вигляді імпульсу, з амплітудою приблизно ± 6 В. Відсутність імпульсу інтерпретується як логічна одиниця. Телеграми пересилаються пакетами в яких 8 інформаційних байт. Пересилання синхронізується старт- і стоп-бітами, є біт контролю на парність.

Таким чином стандарт KNX можна використовувати не тільки для обміну даними між технічними засобами автоматизації (ТЗА) побутових приладів, але і для ТЗА невеликих промислових об'єктів, що розміщені локально на невеликій площі і живляться через одну електричну мережу.

Перелік посилань:

1. Чигур І.І. Метод виявлення часткових відмов інформаційно-вимірювальних каналів в системі автоматизованого контролю технічного стану породоруйнівного інструменту/Чигур І.І.// Нафтогазова енергетика. 2011. - №3(16). – С. 5-11.

Ключові слова: керування, ієрархічна система, протокол передачі, об'єкт

Яремченко А.В., студент.(yaremchenkoa.v@gmail.com)

Бурлака О.М., старший викладач (oleksandr.burlaka@donntu.edu.ua)

ДВНЗ „Донецький національний технічний університет”, м. Покровськ, Україна

АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРИВОДУ ПОДАЧІ ПРОХІДНИЦЬКОГО КОМБАЙНА

Автоматизація прохідницьких комбайнів, дуже потрібна для шахт і для робочого персоналу так як робота в шахті досить небезпечна і для зменшення травмо-небезпечних ситуацій необхідно зменшувати час перебування робочого персоналу на небезпечних ділянках шахти. Наприклад автоматизувати різні частини комбайна таких як ріжучий орган, привод подачі , живильник і багато іншого , це дозволить відсунути людину від місця роботи комбайна , а в ідеалі вивести людину зовсім з шахти.

Пропонуємо систему автоматичного руху прохідницького комбайна, яка обумовлена на самостійному русі комбайна в заданому напрямку, що дозволить:

- Поліпшити якість проходження вироблення;
- Зменшити травмо-небезпеку робочих;
- Полегшення праці шахтарів;
- Підвищити швидкість проходження вироблення.

Структурна схема системи автоматичного управління приводу подачі комбайна вказана на рисунку 1.

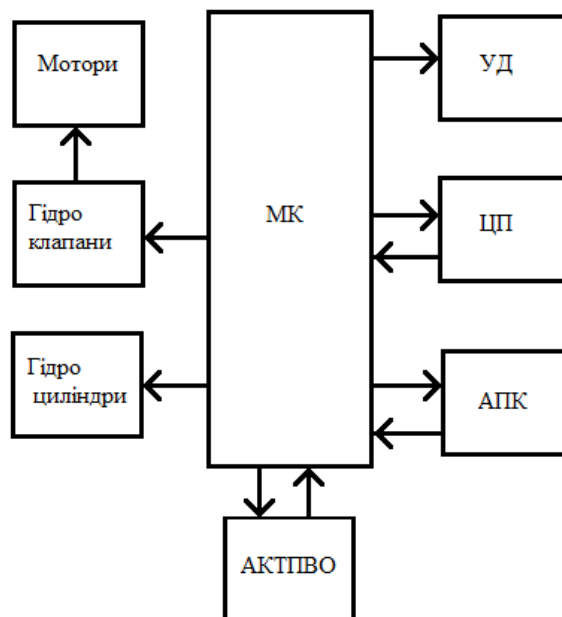


Рисунок 1. Структурна схема системи (МК – Мікроконтролер; ЦП – Центральний процесор; УД – Ультразвуковий датчик; АПК – Апаратура положення комбайну; АКТПВО – Система автоматичного керування траєкторією переміщення виконавчого органу)

Система буде працювати за наступним алгоритмом:

Робота системи полягає в проходженні комбайна відстані від точки А до точки Б і виконувати наступні операції: перш за все система повинна знайти точку відправлення тобто точку А це виконується завдяки опитуванню центрального процесору (рис.1.), який і задає початкову точку з якої буде рухатися комбайн , після установки початкової точки система починає діяти на гідро-клапани приводних моторів (рис.1.), які дають рушійну силу

комбайну, при відхиленні від заданого курсу прямування комбайну, апаратура визначення положення комбайну в просторі подає сигнал про відхилення та визначає кут повороту комбайна. для знаходження точки зарубки тобто точки Б використовується ультразвуковий датчик (рис.1.) , який при досягненні необхідної відстані між комбайном і місцем зарубки сигналізує системі о досягненні точки Б. При досягненні точки Б система припиняє рух комбайну і починає діяти на гідро циліндри розпірок (рис.1.) ,та дає сигнал системі автоматичного керування траєкторією переміщення виконавчого органу (рис.1.), о початку роботи. Ця система в автоматичному режимі по заданій траєкторії формує забій , після завершення нарізання , система автоматичного керування траєкторією переміщення виконавчого органу , подає сигнал о завершенні свого циклу на систему автоматичного керування комбайну , система дає сигнал на гідро-клапани моторів , для руху назад , щоб можна було провести роботи про кріпленню кровлі, після цього система виконує той же самий алгоритм. Блок схем алгоритму указана на рисунку 2.

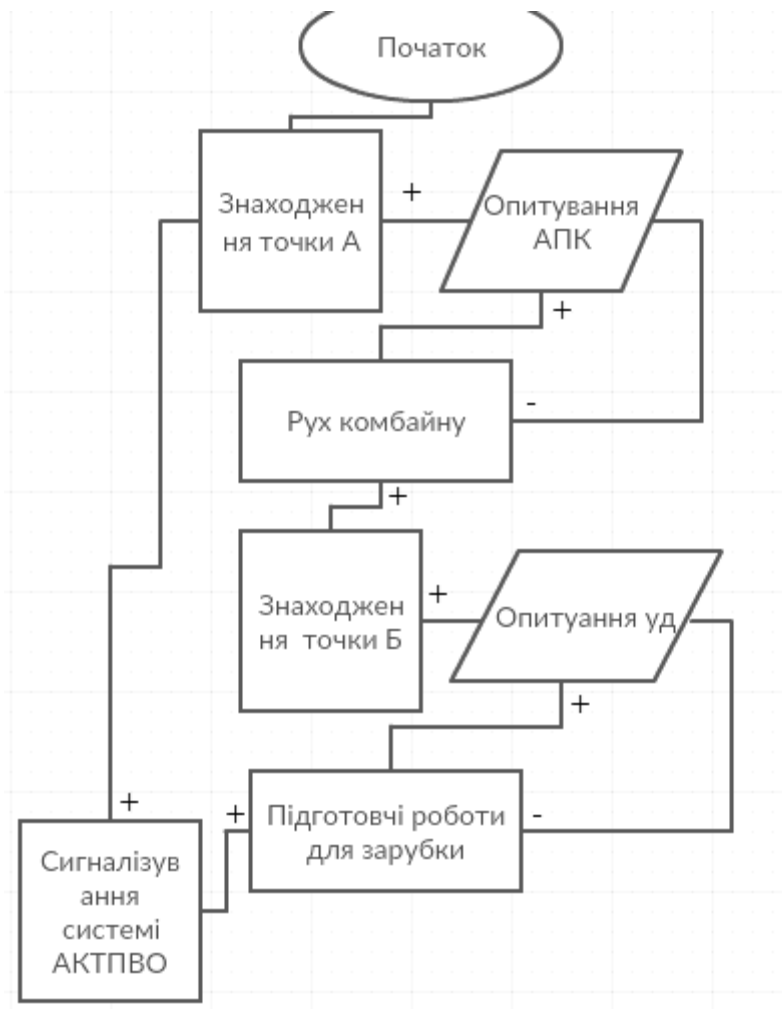


Рисунок 2. Блок схема алгоритму

Економічні чинники системи автоматизації рухом прохідницького комбайна обумовлюються: 1) малою вартістю елементів системи; 2) ремонтно-здатністю; 3) легкістю в обслуговуванні; 4) відносно швидкою установкою на об'єкт автоматизації.

Дана система автоматичного управління приводу подачі прохідницького комбайна дає змогу виключити людський фактор, що слідує зменшення ризику травмування робочого персоналу та якість та швидкість проходження забою та дає приріст до швидкості проходження необхідної відстані, покращує якість нарізання забою.

Лабузова А.М., бакалавр (galatau@gmail.com)

Бурлака О.М., ст. викл. (o.m.burlaka@gmail.com)

ДВНЗ „Донецький національний технічний університет”, м. Покровськ, Україна

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОБІГРІВУ ЦЕХУ

Актуальність питання. Найпоширеніша система водяного опалення функціонує наступним чином: туди входить джерело тепла, опалювальний котел, конструкція трубопроводів, радіатори, циркуляційний насос. Зазвичай даною системою опалення опалюється більшість виробничих цехів з великою площею, в результаті чого виникає проблема в рівномірному розподілі нагрітого повітря по периметру цеху, тобто перегрів верхньої зони приміщення та недогрівання нижньої зони. Перспективним способом вдосконалення системи опалення та рішенням рівномірної подачі теплого повітря є використання системи променевого водяного-інфрачервоного опалення стельового монтажу і системи автоматизації у вигляді датчиків вологості і температури.

Постановка задачі. Модернізації системи опалення за допомогою якої здійснюється рівномірний нагрів води і цеху.

Основний матеріал та результати досліджень.

Системою водяного опалення користуються багато промислових підприємств різного призначення. До прикладу візьмемо Авдіївський коксохімічний завод "АКХЗ", а саме цех автоматизації технологічних процесів "АТП". На цьому заводі діє водяна система опалення, у якій сухе гасіння коксу забезпечується вентиляційною установкою для подачі очищеного повітря в підбатарейне приміщення і опалювальну систему. Прийнята чотирьохбатарейна компоновка коксового цеху, кожна батарея містить 65 печей.

Принцип роботи водяного опалення є наступним: вода, проходячи через теплообмінник котла або іншого джерела тепла, нагрівається до потрібної температури, а потім по трубопроводах подається в опалювальне приміщення. Через труби і радіатори віддає своє тепло в навколишній простір, охолоджується і повертається назад в нагрівальний пристрій. Проблемою такої системи опалення – це наявність зависоких стель. Через це, повністю цех не прогрівається, а прогріте повітря підіймається до стелі.

Для вирішення даної проблеми рівномірного нагріву цеху та економії теплової енергії пропонується спосіб модернізації, замінити звичайну систему водяного опалення на систему водяного-інфрачервоного опалення стельового монтажу і системи автоматизації у вигляді датчиків вологості і температури.

Розглянемо систему променевого водяного-інфрачервоного опалення, що представлена на рис.1.

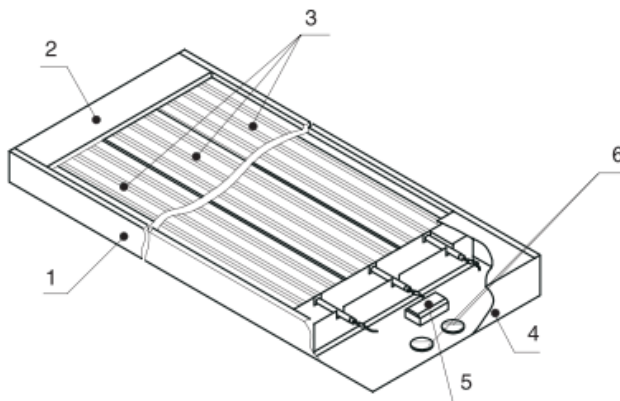


Рисунок 1 – Панель променевого водяного-інфрачервоного опалення: 1 – корпус, 2 – електронагрівач, 3 – випромінююча панель, 4 – кришка, 5 – клемна колодка, 6 – кабельний

В якості теплоносія в стельових випромінюючих панелях опалення, як правило, використовується тепла або гаряча вода від 40 °С до 110 °С, яка передає тепло трубам і випромінює екрану. Нагрітий екран починає випромінювати хвилі в інфрачервоному діапазоні. Так як стельова панель покрита зверху ізоляцією, все випромінювання йде тільки вниз. Хвилі при зіткненні з тілами і поверхнями в приміщенні перетворюються в тепло. Нагріті таким чином тіла в свою чергу починають випромінювати тепло, а також передавати його повітря за допомогою конвекції. За рахунок цього в приміщенні досягається рівний температурний профіль. Стельові випромінюючі панелі характеризуються низькою теплової інерційністю і забезпечують короткий час реагування, що дозволяє істотно зменшити енерговитрати. А так як інфрачервоне випромінювання проходить крізь повітря практично без втрат енергії (воно не нагріває повітря), а перетворюється в тепло безпосередньо в робочій зоні, такий вид опалення є найбільш ефективним і економічним для приміщень з великою висотою стелі. Також стельове променисте опалення незамінне при зональному опаленні, наприклад, в цехах, де частину площі займають верстати, і необхідно опалювати лише проходи, в яких працюють люди.

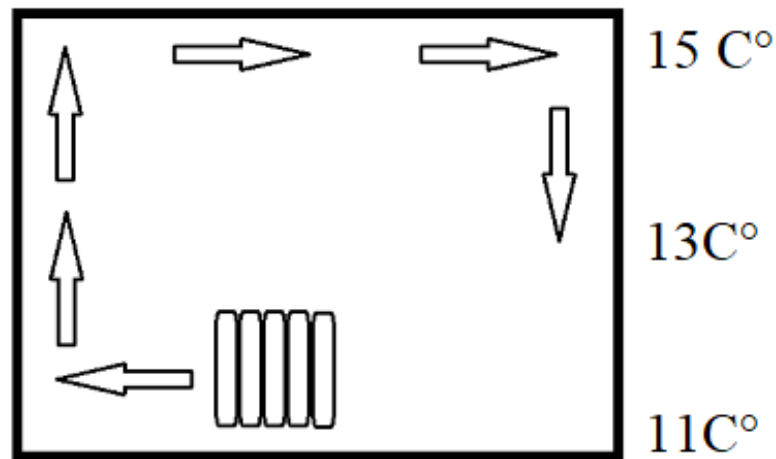


Рисунок 2 – Схема розподілу тепла при звичайному способі опалення.

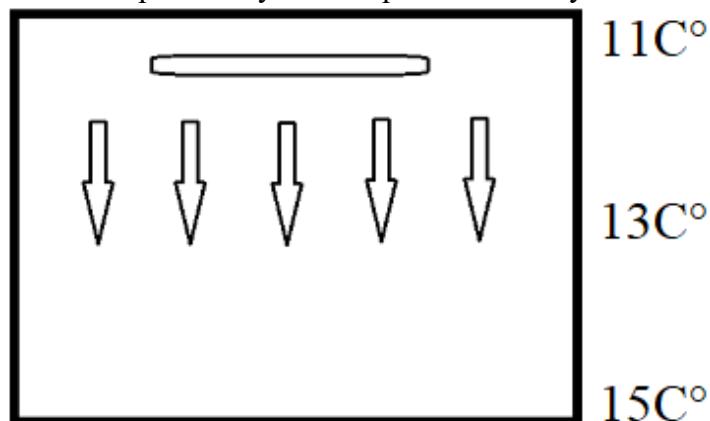


Рисунок 3 – Схема розподілу тепла при використанні системи променевого водяного-інфрачервоного опалення.

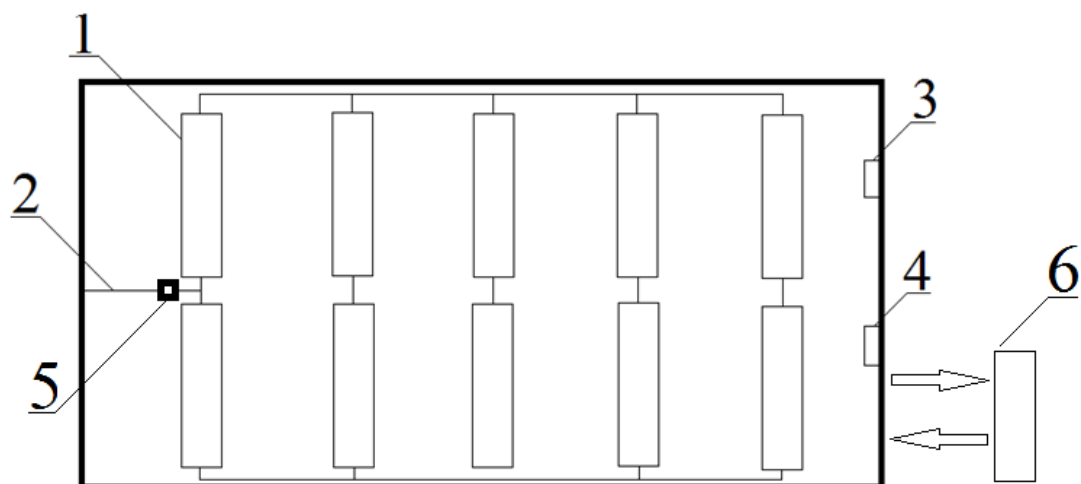


Рисунок 4 – Структурна схема системи променевого водяного-інфрачервоного опалення стельового монтажу

1 – випромінююча панель 2 – сталеві труби, 3 – датчик вологості, 4 – датчик температури, 5 – засувка, 6 – пульт управління

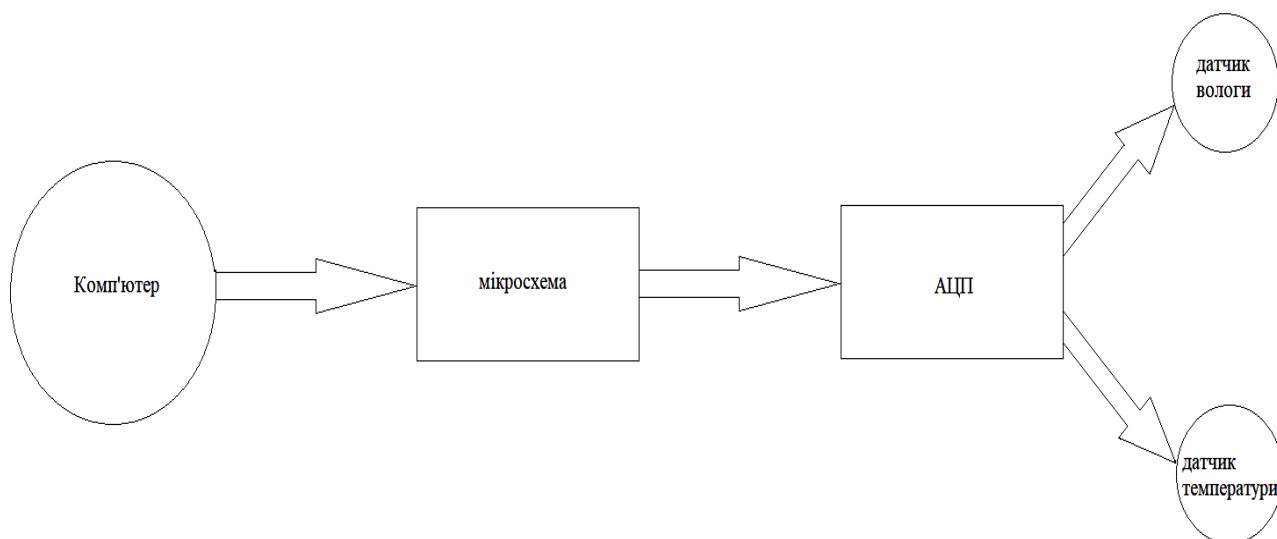


Рисунок 5 – Структура контролю та управління

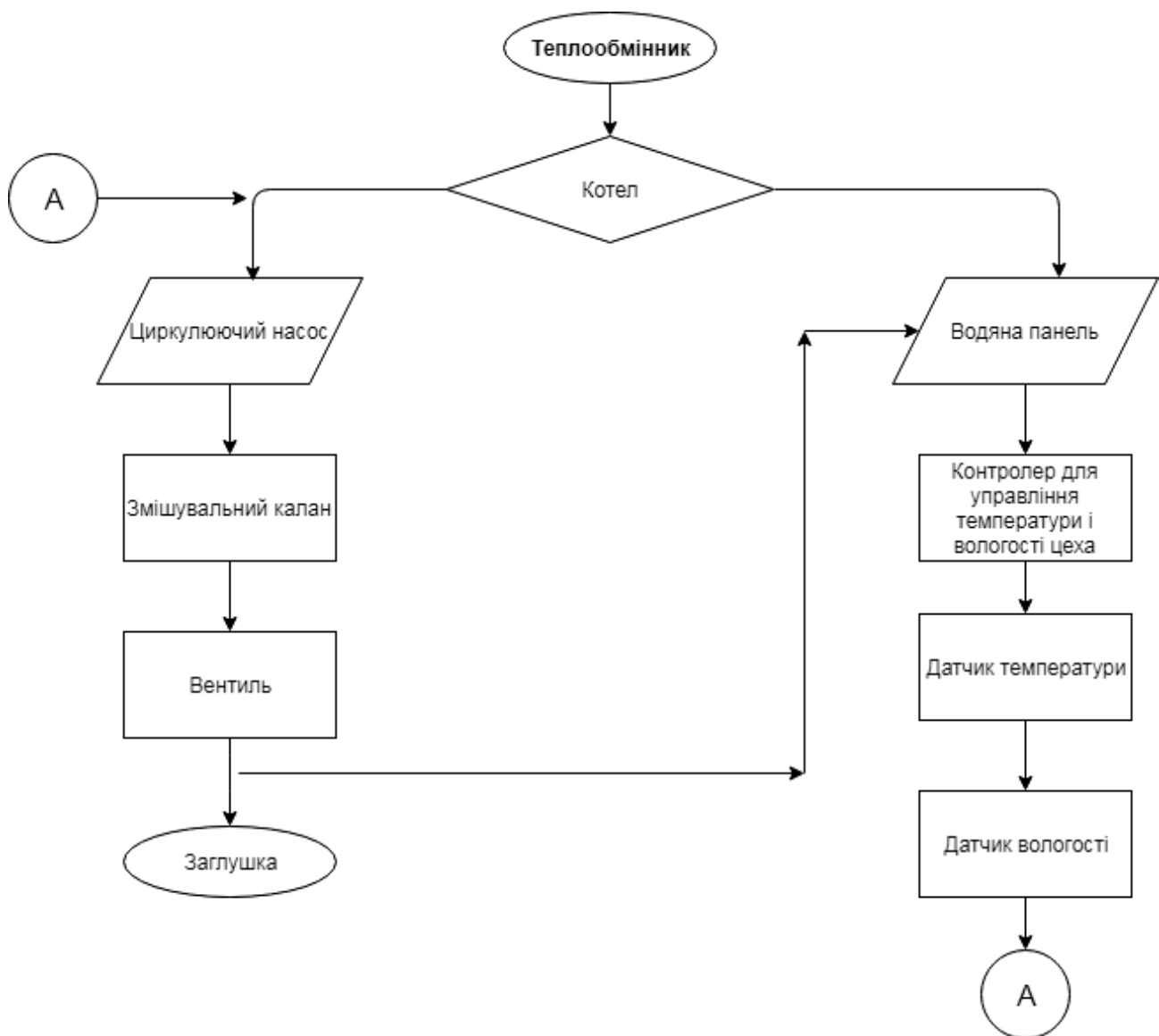


Рисунок 6 – Блок-схема алгоритму роботи системи

Висновок. Завдяки модернізації системи опалення з трубопровідної у променеву водяного-інфрачервоного опалення, вирішується проблема з рівномірного нагріву цеха, оптимізується режим роботи і економія теплової енергії за допомогою системи автоматизації у вигляді датчиків вологості та температури.

Перелік посилань.

1. Миссенар Ф.А. Лучистое отопление и охлаждение. 1961.
2. [Ливчак И.Ф., Кувшинов Ю.А. Развитие теплоснабжения, климатизации и вентиляции за последние 100 лет. Учебное пособие. Издательство АСВ, 2004.](#)
3. Шаповалов И.С. Проектирование панельно-лучистого отопления. 1966.

2. Телекомунікаційні системи

УДК 004.77

Курило О.О. студент (kuriloaleksandr1996@gmail.com)

ДВНЗ „Донецький національний технічний університет”, м. Покровськ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ПРИ ПОГРОЗАХ РЕАЛІЗАЦІЇ АТАК ПОСЕРЕДНИКІВ

Актуальність досліджуваної проблеми зумовлена стрімким розвитком комп'ютерних технологій. Існуючі методи захисту інформації не встигають за такими темпами розвитку, тому як результат ми маємо багато зафіксованих випадків успішних хакерських атак, саме тому дуже важливим є дослідження існуючих методів забезпечення цілісності інформації.

Мета роботи полягає в розробці системи для ефективного виявлення недоліків сучасних методів забезпечення безпеки інформації в комп'ютерних інформаційних системах при погрозах реалізації атак посередників.

На основі досліджень було виявлено що публічні точки доступу бездротової мережі не мають належно захисту, тому зловмисник маючи в обладнанні лише комп'ютер з доступом до бездротової мережі, може створити атаку на точку доступу, тим самим перервавши сесії авторизованих користувачів, і змусити їх підключитися до підробленої точки доступу, тому всі користувачі які автентифіковані в цих мережах, мають великий ризик передати свої персональні данні зловмиснику. Відштовхуючись від досліджень було прийнято рішення розробити систему яка може легко інтегруватися до будь-якої публічної точки доступу, система на основі постійного моніторингу бездротової мережі має виявляти підроблені точки доступу інформувати про них адміністраторів та при необхідності дезактивувати їх.

Висновки: Для розробки була вибрана мова Python через її легку інтеграцію, та безкоштовна операційна система Linux з модифікацією Kali Linux.

Розроблена система на основі порівнянь даних справжніх точок доступу з підробленими, розрізняє підроблені точки доступу від справжніх, після чого попереджує користувача про можливу атаку на точку доступу та активує механізм захисту. В більшості випадків система може дезактивувати підроблену точку доступу. Але на жаль не зможе активувати механізм захисту якщо підроблена точка доступу продублювала всі данні справжньої точки.

Перелік посилань:

1. Python Tutorials. Python String replace() Method, <http://www.tutorialspoint.com/python/stringreplace.htm>.
2. Python (2015). Python documentation, CSV File Reading and Writing, <https://docs.python.org/2/library/csv.html>.
3. Wenyuan Xu, Wade Trappe, Yanyong Zhang and Timothy Wood, (2016) The Feasibility of Launching and Detecting Jamming Attacks in Wireless Networks.
4. Aircrack-ng.org, Airodump-ng, <http://www.aircrack-ng.org/doku.php?id=airodump-ng>.

Ключові слова: комп'ютерна система, цілісність інформації, дезактивувати, автентифікація, бездротова мережа, точка доступу.

Лагутіна І.А., бакалавр (irynalagutina56@gmail.com)

Воропаєва А.О., к.т.н., доц., доцент кафедри АТ

ДВНЗ „Донецький національний технічний університет”, м. Покровськ, Україна

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ МІСТА ПОКРОВСЬК

Актуальність питання. На жаль, Покровськ не є безпечним містом для життя громадян. Це пов'язано з високими показниками злочинів та ДТП. Починаючи з початку 2018 року, співробітниками ГРПП Покровського відділу поліції зазначено 3900 порушень правил дорожнього руху, складено 286 адміністративних протоколів за керування автотранспортом у стані алкогольного або наркотичного сп'яніння. Що стосується злочинів (крадіжки, розбій, шахрайство, вимагання та ін.) ситуація залишає бажати кращого. Не дивлячись на непогану динаміку розкриття правопорушень (57%), їх кількість надто велика. Протягом 2018 року Покровським відділом поліції нараховано 888 кримінальних правопорушень, із яких особливо важких – 39 та 287 – важких. Зафіксовано 22 злочини, скоєні неповнолітніми з метою заволодіння чужим майном.

Постановка задачі. Мета даної роботи полягає у розробці системи відеоспостереження для безпечного життя громадян міста.

Основний матеріал та результати досліджень. Для вирішення поставленої задачі необхідно розробити систему відеоспостереження на вулицях міста Покровськ для більш безпечного та спокійного життя громадян. На мою думку, це зменшить кількість криміналу, адже злочинців буде легко відслідкувати за допомогою камер, так само як і правопорушників дорожньо-транспортних пригод. Саме думка про те, що камери зафіксують злочин, може «стримати» людину від порушення закону. Ще однією перевагою камер є те, що їх наявність може стати доказом невинності людини при проведенні судових розглядів.

Комплексна система відеоспостереження за безпекою дорожнього руху та завантаженістю дорожньої мережі на світлофорно-регульованих перехрестях і небезпечних ділянках автодоріг м. Покровськ призначена для моніторингу та контролю об'єктів транспортної інфраструктури.

Комплексна система відеоспостереження у м. Покровськ повинна забезпечити:

1. цілодобову реєстрацію стану дорожньо-транспортного руху на головних транспортних розв'язках та небезпечних ділянках автодоріг;
2. цілодобове відеоспостереження та фіксацію номерних знаків транспортних засобів, що проїжджають через небезпечні ділянки автодоріг;
3. розпізнавання номерних знаків, що містять символи латинської абетки та цифри (державні номерні знаки транспортних знаків України, країн ЄС та СНД);
4. можливість автоматичного пошуку розпізнаних номерних знаків у зовнішніх базах даних з наданням відповідного повідомлення оператору системи;
5. безпека громадян в місцях масового скупчення та кримінально небезпечних ділянках та безпека дітей в ДНЗ (дошкільних навчальних закладах) та школах.

Провівши дослідження, виявлено місця, де була найбільша кількість ДТП: 1) Перехрестя проспекту Шахтобудівельників та вулиці Захисників України. Лише за 2018 рік зафіксовано 9 аварій, у ході яких були загиблі, та більше 15 аварій з постраждалими; 2) Дорога на вул. Центральна - на цій ділянці дороги за 2018 рік налічують 4 ДТП, у ході яких постраждали 7 чоловік; 3) Вулиця Шмідта – за рахунок дуже поганого стану доріг постійно трапляються аварії.

Усього для початку знадобиться приблизно 20 камер, які будуть розташовані на вул. Центральна, вул. Шмідте, пр-т Шахтобудівельників, вул. захисників України, біля ТЦ Явір, міських лікарень та шкіл.

Сотник О.А., студент

Загребасєв К.С., студент

Марченко С.В., к.ф.-м.н., доцент

Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське, Україна

РЕАЛІЗАЦІЯ АМПЛІТУДНОГО МОДУЛЯТОРА НА ПРОГРАМОВАНІЙ ЛОГІЧНІЙ ІНТЕГРАЛЬНІЙ СХЕМІ

Вступ. В процесі підготовки студентів з радіотехнічного напрямку виникає необхідність отримання навичок роботи з обробки радіотехнічних сигналів засобами цифрової обробки сигналів (ЦОС) [1,2]. Реалізація таких процесів як модуляція, демодуляція, перетворення частоти (помноження частоти) та т. п. вимагає від студента опанування навичок реалізації базових операцій ЦОС над радіосигналами, що в подальшому дозволить створювати складні схеми сучасних телекомунікаційних засобів зв'язку [3].

Постановка задачі. В даній роботі розглядається реалізації амплітудної модуляції (АМ) засобами ЦОС, а саме симуляція та натурна реалізація АМ на програмованій логічній інтегральній схемі (ПЛІС) – Xilinx Spartan 6. В ході роботи було виконано розрахунок та моделювання модулятора в Simulink, згідно отриманих результатів симуляції створено програму на мові HDL з метою реалізації АМ на ПЛІС та проведено натурні дослідження АМ. Таким чином, метою даної роботи є процес реалізації амплітудного модулятора на ПЛІС.

Основна частина. Як відомо[1], амплітудна модуляція є найпростішим видом аналогової модуляції, а тому вона є дуже зручною для отримання студентами навичками щодо створення модуляторів засобами ЦОС.

Як відомо [1], при тональній АМ відповідно до інформаційного сигналу змінюється амплітуда несучого коливання:

$$s_{AM}(t) = A_0(1 + m \cdot \cos(\Omega t + \Phi_0)) \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (1)$$

де, A_0 , ω_0 та φ_0 – амплітуда, циклічна частота та початкова фаза несучого коливання відповідно; $s_{AM}(t)$ – АМ сигнал, m - коефіцієнт (глибина) модуляції; Ω , Φ_0 – циклічна частота та початкова фаза інформаційного сигналу

Для створення амплітудного модулятора визначимо наступні вхідні параметри: смуга частота інформаційного сигналу від 0 до 20 кГц, частоту несучої оберемо на початку короткохвильового діапазону хвиль 3 МГц, а внутрішню частоту дискретизації - 12 МГц.

Згідно формули (1) створимо схему симуляції роботи модулятора в Simulink (Matlab2015). Загальна схема дослідження роботи АМ модулятора (рис. 1, а) складається з двох генераторів синусоїдального сигналу (несучого Sin Wave nes та інформаційного Sin Wave inf), блоку генерації АМ сигналу (AM Modulate), осцилографа для перегляду вихідного сигналу АМ модулятора (Scope AM), а також блок перегляду спектру (Spectrum AM1).

Блок AM Modulate (рис. 1, б) містить в собі два блоки дискретизації (Zero-Order Hold та Zero-Order Hold1) з частотою 12 МГц, блок множення несучого та інформаційного сигналів (Product), блоку суматора (Add), два блоки множення на константу (Gain infnes та Gain nesкое) для масштабування сигналів, сигнальні входи позначені блоками In inf та In nes, а вихід модуля блоком Out AM. Інформаційним сигналом у даному випадку виступає гармонійний сигнал частотою – 2 кГц.

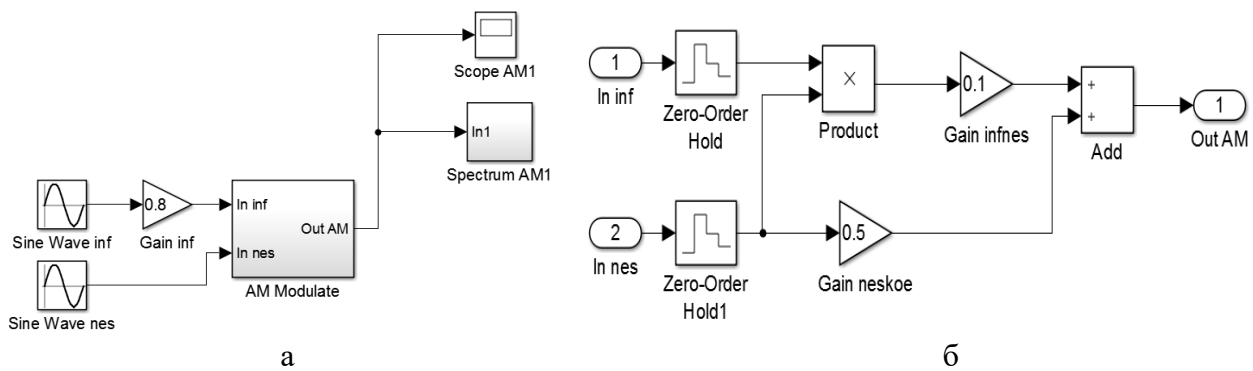


Рис.1 – Загальна схема симуляції роботи модулятора в Simulink

Результати симуляції представлені у вигляді сформованого АМ сигналу та його спектру (рис. 2). Згідно часового представлення коефіцієнт модуляції в даному випадку дорівнює 80%, а спектр має спектральні складові не природні для тональної АМ, що пояснюється особливостями обробки сигналів цифровими засобами.

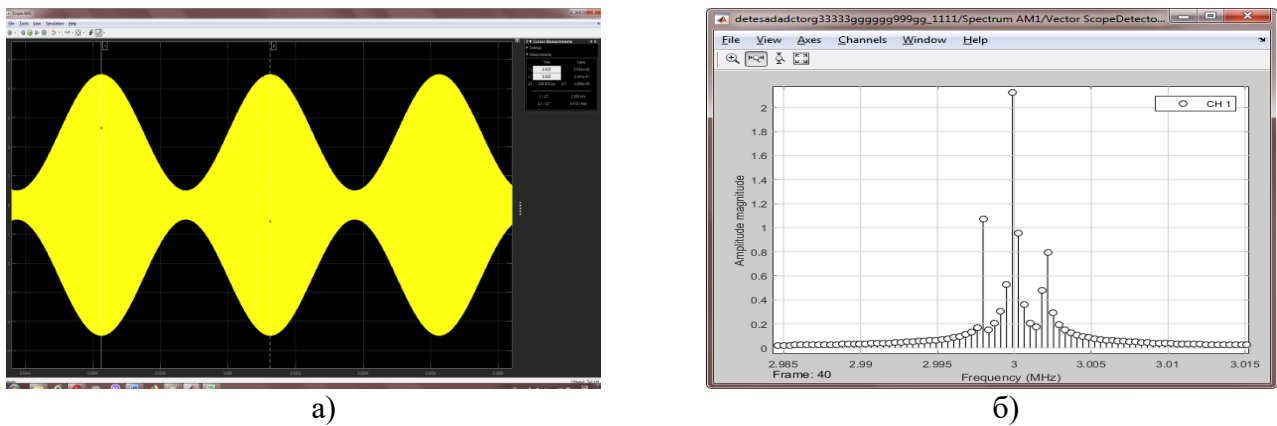


Рис.2 – Результати симуляції : АМ сигнал (а) та його спектр (б)

Процес реалізації АМ модулятора на основі ПЛІС серії Spartan – 6 здійснювався із застосуванням системи проектування Xilinx ISE Design Suite 14.7. Ця платформа включає в себе середовище для симуляції, транслятор з мови Verilog та симулятор (ISim). Симуляція та тестування має декілька рівнів в залежності від стадії на якій проводиться моделювання: після створення початкових описів проекту (режим Behavioral); після виконання етапів синтезу (режим Post-Translate); після виконання стадії відображення опису проекту на фізичні ресурси кристалу (режим Post-Mar); після завершення процедур розміщення та трасування (режим Post-Place & Route).

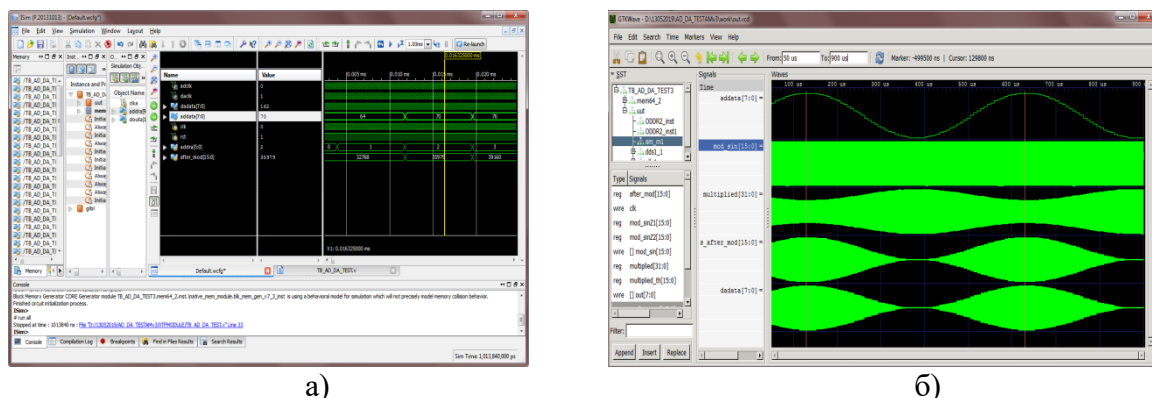
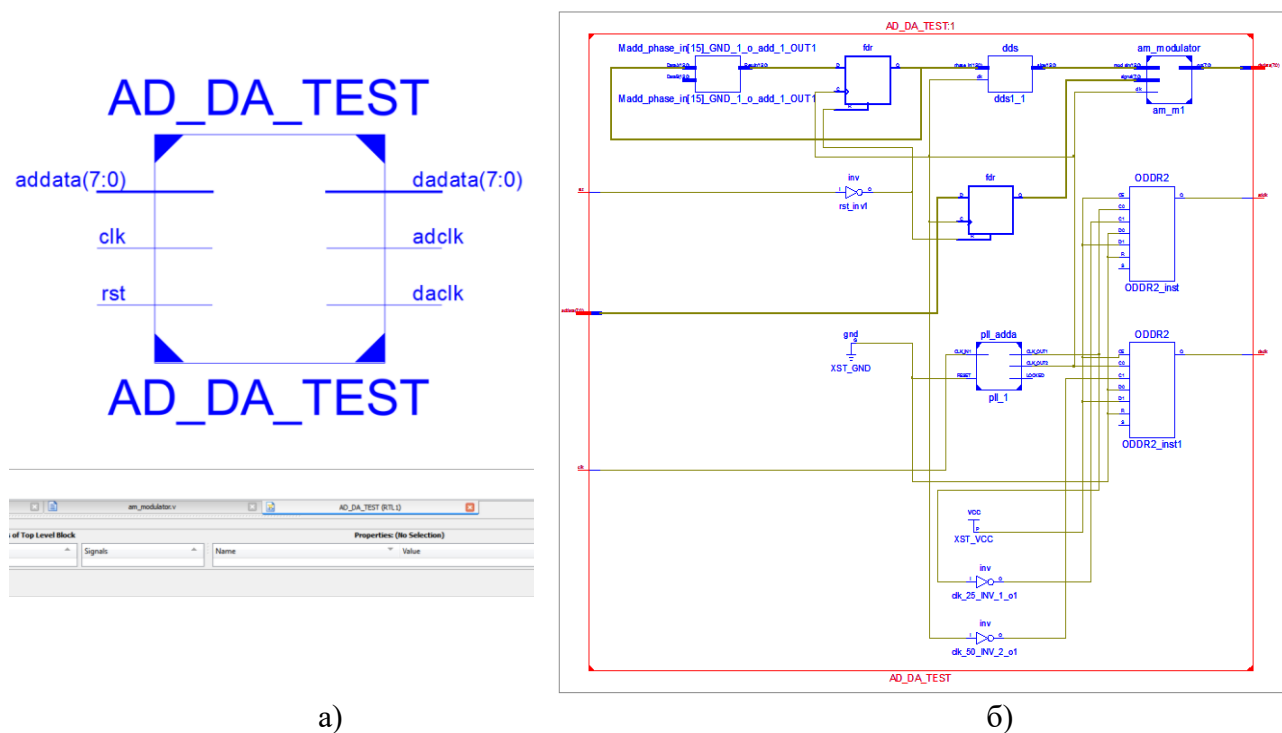


Рисунок 3 – Результати симуляції в ISIM та GTKWave

ISIM використовується для перевірки та перегляду реакції логічної схеми на різні вхідні сигнали. Open Source забезпечує перегляд результатів симуляції (в даному результаті результатів розрахованих ISIM) та дозволяє переглянути дані з використанням побудови графіків сигналів.

Результат симуляції ISIM представлений на рис. 3, а відображає числові данні відліків сигналів відносно часу (реакції пристрою на вхідні тестові дані) та є не досить інформативний для розробника. Для більшого розуміння отриманих результатів переглянемо їх за допомогою GTKWave (рис. 3, б). GTKWave дозволяє побачити крім самих цифрових послідовностей як в ISIM, більш інтуїтивно зрозумілий результат симуляції.

Після виконання процесу симуляції, розглянемо синтезовану схему проекту модулятора на регістровому рівні (RTL) з підключенням вхідного та вихідного інтерфейсу (рис.4, а – загальний вигляд, б – деталізоване збільшення). Початківцю – розробнику графічне представлення RTL реалізації дозволяє якісно оцінити кількість використаних ресурсів кристалу ПЛІС та оптимізувати при необхідності реалізовану схему.



а) б)
Рисунок 4 – RTL схема проекту АМ модулятора

Витрачені ресурси кристалу ПЛІС для реалізації даного проекту АМ модулятора представлено в таблиці 1 (в даній таблиці показано тільки ті ресурси ПЛІС, які використовуються при реалізації проекту АМ модулятора).

Таблиця 1 – Ресурси мікросхеми ПЛІС XC6SLX9 використані для створення модулятора

Device Utilization Summary			
Slice Logic Utilization	Used	Available	Utilization
Number of Slice Registers	114	11,440	1%
Number of Slice LUTs	92	5,720	1%
Number used as logic	70	5,720	1%
Number used as Memory	21	1,440	1%
Number of occupied Slices	32	1,430	2%
Number of MUXCYs used	68	2,860	2%

З метою тестування розробленого модулятора було виконано натурне дослідження. В

процесі вимірювань використане обладнання зображене на рис. 10, та складалося з ПЛІС, модуль АЦП і ЦАП, ноутбук, генератор синусоїдального сигналу, цифрова вимірювальна приставка PCScope5000. Були проведені вимірювання статичної модуляційної характеристики (СМХ) та визначена смуга частот інформаційного сигналу, яка не викликає зміни обраного коефіцієнту модуляції (амплітудно-частотної характеристики модулятора).

В ході вимірювань, частота вхідного (інформаційного) сигналу була фіксована (5 кГц), а змінювалася лише амплітуди даного сигналу, яка, як відомо, викликає зміну коефіцієнта модуляції. Згідно отриманих результатів вимірювання було побудовано графік залежності коефіцієнта модуляції від амплітуди вхідного сигналу (рис. 12, а). Визначення АЧХ модулятора дозволило експериментальним шляхом визначити смугу частот інформаційного сигналу, який можна передати в ефір без спотворень. В нашому випадку елементи тракту ЦОС розраховувались таким чином, щоб існувала можливість для передачі інформаційного сигналу з верхньою частотою, яка дорівнює 20 кГц.

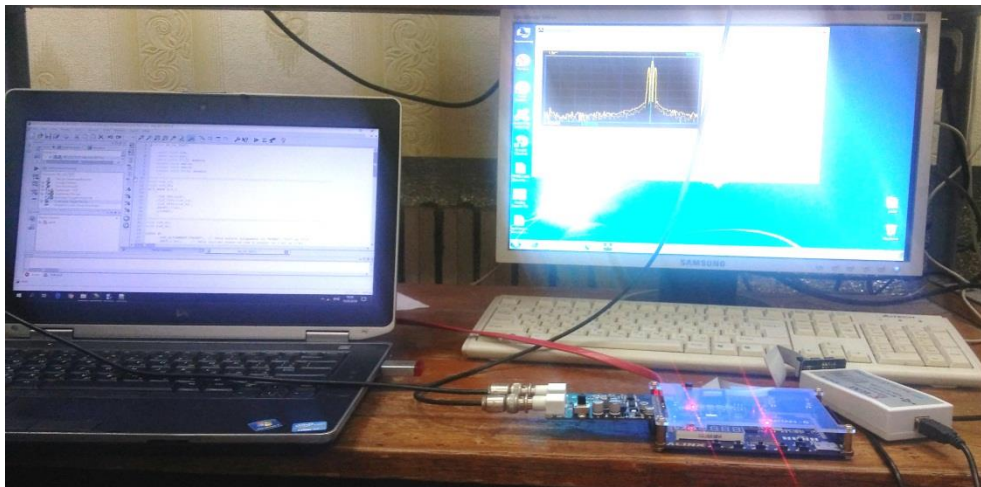


Рисунок 5 – Вимірювальне обладнання для реалізованого АМ модулятора

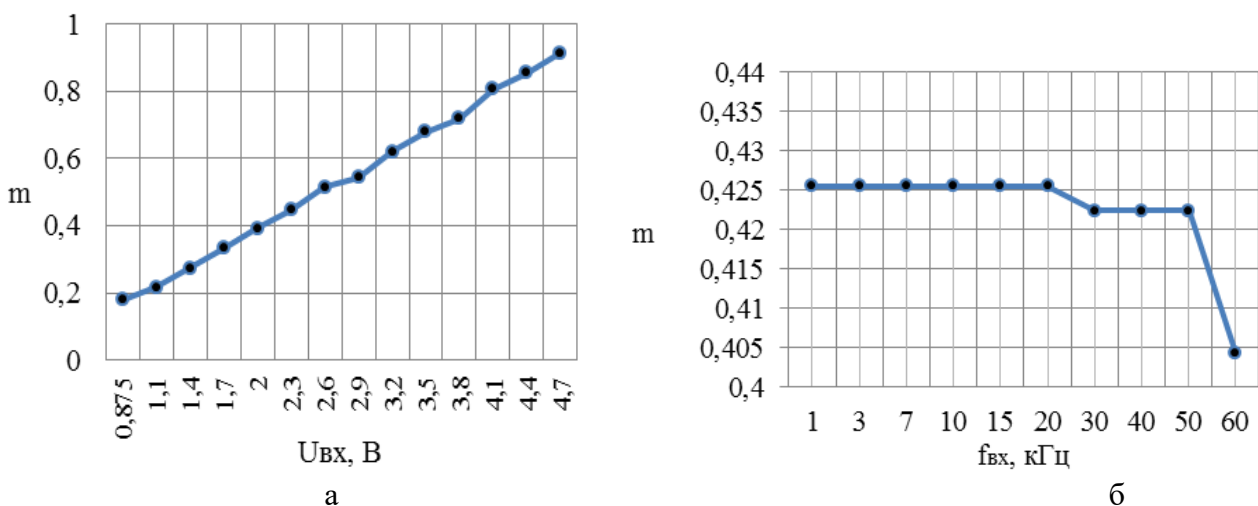


Рисунок 6 – Виміряна СМХ(а) та АЧХ(а) реалізованого АМ модулятора

В процесі вимірювання АЧХ АМ модулятора (рис.12, б) було визначено що коефіцієнт модуляції в діапазоні частот від 0 до 20 кГц мав незмінне значення, а у діапазоні від 0 до 60 кГц зменшився на 2,13%, що обумовлено впливом ефекту неточності (похибки квантування) в роботі цифрового помножувача сигналів. Але з іншого боку розроблений АМ модулятор у порівнянні з аналоговими модуляторами має ширшу смугу робочих частот.

Висновки. В роботі представлено процес створення АМ, який в змозі повторити початківець (студент), що спеціалізується на розробці радіотехнічних систем зв'язку із застосуваннями сучасних засобів ЦОС. В процесі виконання роботи було проведено повний цикл від симуляції роботи схеми модулятора до експериментальних вимірів реалізованого модулятора на ПЛІС. Отримані експериментальні дані говорять про те що, СМХ є майже лінійною, а АЧХ незміною в діапазоні частот від 0 до 20 кГц. Таким чином, було підтверджена успішна реалізація розробленого АМ детектора сучасними засобами ЦОС (ПЛІС).

Література

- 1.Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.
- 2.Бондарев В.Н. Цифровая обработка сигналов: методы и средства: учеб. пособие / В.Н. Бондарев, Г. Трестер, В.С. Чернега. – Харьков: Конус, 2001. – 398 с.
- 3.Солонина А.И., Улахович Д.А., Яковлев Л.А. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 464 с.

Старіковський О.А., бакалавр (zeronorma53@gmail.ru)

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

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна

ПРАКТИЧНІ МЕТОДИ ЗБОРУ ТА КОНТРОЛЮ ІНФОРМАЦІЇ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Актуальність питання. З швидким і безперервним розвитком виробничих технологій на підприємствах виникла необхідність зміни людської праці на автоматизоване виробництво. Вирішення даного питання призвело до розвитку автоматизації як окремого напрямку, з'явилися датчики, маніпулятори, програмне забезпечення та багато інших інструментів, специфіковані навколо контролю виробництва. Використання подібного рішення призводить до мінімізації людської праці та підвищення продуктивності, однак з'являється потреба у фахівцях, які повинні керувати станом самих машин, а так само коригувати їх роботу в разі потреби. Виходячи з фінансових потреб підприємства в отриманні максимального прибутку, необхідно сконцентрувати особливу увагу на зборі та контролі інформації, так як своєчасно надходячі і максимально точні дані дозволяють прийняти найбільш швидкі і найбільш оптимальні рішення керуючого характеру.

Постановка задачі. Мета роботи полягає в аналізі практичних методів збору і контролю інформації на підприємстві, порівняння їх негативних і позитивних факторів. Для досягнення мети поставлені та вирішенні наступні задачі:

- провести аналіз практичних методів збору і контролю інформації на підприємстві;
- розглянути технології та підходи при організації збору інформації;
- виділити основні параметри при організації збору інформації;
- дослідити як здійснюється контроль інформації;
- описати ключові моменти захисту інформації на промислових підприємствах;
- розглянути можливість впровадження веб-орієнтованої системи для об'єктів промислової галузі.

Основний матеріал та результати досліджень.

Збір інформації на підприємстві необхідний із найрізноманітніших причин і задіяний у всіх сферах діяльності, починаючи від кількості виробленого товару за добу і показників температури на складі, закінчуючи відвідуваністю співробітників і балансом коштів кафетерію. Дана інформація дозволяють керуючим відділам приймати максимально правильні та своєчасні рішення про направлення розвитку підприємства, грамотного розподілу фінансів і застосування методів боротьби з конкуренцією. Але перед тим, як отримати можливість прийняти обґрунтоване рішення, корисні дані повинні в першу чергу прийти на руки управління, вони повинні зберігатися в базах даних, бути постійно доступними, а також надійно захищеними [1].

Інформація на підприємстві може потрапляти в базу даних як за допомогою ручного введення із сторони робочого персоналу, так і при використанні систем автоматизації, записуючих необхідні дані через з'єднуючі інтерфейси згідно з алгоритмом написаної для них програми. Варто зазначити, що не у всіх ділянках виробництва можна використовувати технологію автоматизації, часом без ручного введення просто не обійтися.

Існує декілька видів технологій та підходів при організації збору інформації. Для прикладу розглянемо організацію збору інформації про роботу обладнання, що заключається в наступному:

1. Стандартні галузеві протоколи передачі даних.
2. Закриті протоколи від виробників того чи іншого обладнання.

3. Збір даних за допомогою стандартних мережевих протоколів.
4. Використання вбудованих портів для підключення периферійного обладнання.
5. Збір сигналів датчиків, встановлених на конвеєрній стрічці, машині або ж в рамках кімнати.

Збір даних з устаткування здійснюється через інтерфейс між машиною і програмою для обробки інформації. В якості основних параметрів, які підприємство збирає зі свого обладнання, можна виділити наступне:

1. Кількість створених одиниць продукції.
2. Скільки одиниць продукції пройшло перевірку якості.
3. Скільки одиниць продукції виявилися бракованими.
4. Час, що витрачається на виробництво одиниці продукції.
5. Завантаження обладнання. Перевірка готовності до роботи.
6. Час витрачений на простій обладнання. Час роботи обладнання.
7. Стан обладнання. Завантаженість, живлення, надійність, кількість відмов під час роботи за певний проміжок часу.

Варто зауважити, що процес автоматизованого збору інформації залишає за собою здатність видозмінюватися в своїх діючих алгоритмах, а це означає, що підприємство, маючи в наявності належні технології, може вдосконалити процес збору даних. Багаточасовий збір і зберігання корисної інформації дозволяє відділам підприємства простежити за графіками змін тієї чи іншої характеристики. Відділ фінансів може углядіти можливість для подальших інвестицій, а відділ, відповідальний за ремонт обладнання, може скласти графік прогнозу виходу з ладу тих чи інших елементів за допомогою формули для розрахунку напрацювання на відмову.

З урахуванням того, з якого саме обладнання відбувається збір інформації, отримані дані можуть бути розглянуті з будь-якого авторизованого пристрою, що має всі необхідні права, встановлені підприємством, за рахунок використання серверів, що зберігають цю інформацію і пропонують до неї доступ за принципом файлообмінника. Дана технологія дозволяє не тільки отримувати збережену на сервері інформацію, але так само контролювати її, змінювати її зміст і зберігати на окремих носіях [2].

Контроль інформації на промислових підприємствах здійснюється за допомогою трьох ключових моментів необхідних для досягнення даного завдання, а саме:

- захист від пошкоджень;
- доступність;
- конфіденційність.

Більш детальна схема забезпечення контролю інформації на промисловому підприємстві з описом ключових компонентів представлена на рис.1.

Захист інформації			
Напрямок	Суть напрямку		Від чого захищає
Від витоку	Запобігання неконтрольованого розпространення захищеної інформації		Розголошення інформації, що захищається Несанкціонований доступ до інформації, що захищається Отримання інформації, що захищається розвідками
Від неправомірного (навмисного) впливу	Запобігання впливу на захищену інформацію із порушенням встановлених прав і (або) правил на її зміну		Спотворення інформації Знищення інформації копіювання інформації Блокування доступу до інформації Втрата, знищення, збій функціонування пристроїв із інформацією.
Від ненавмисного впливу	Запобігання впливу на захищену інформацію помилками її користувачів, збоєм технічних і програмних засобів, природних явищ, інших, не спрямованих на зміну інформації випадків.		

Рисунок 1 – Напрямки захисту інформації

Під час утворення і постійного розвитку підприємства, керівні відділи змушені приймати ряд складних рішень про те, як саме їм слід розвивати своє виробництво і існуючі мережі. Існує величезна кількість факторів, які є ключовими при прийнятті подібного роду рішень, серед яких можна відзначити наступні: Бюджет підприємства; прогноз про зміну якості виробництва по відношенню до зміни прибутку; встановлена політика безпеки; можливість масштабування мережі; використовуване обладнання; ризик появи нових дірок в захисті мережі при її збільшенні або зміни складових компонентів [3].

Найдорожчим, але в той же час правильним і якісним способом забезпечення контролю інформації на підприємстві є встановлення спеціалізованого ліцензованого обладнання та програмного забезпечення, поділ мережі підприємства на окремі, незалежні один від одного підмережі за допомогою віртуальної локальної мережі або ж фізичного розбиття, а також найм фахівців, що займаються моніторингом мережі і її налагодженням в разі виявлення будь яких проблем [4].

Приклад структурованої організації контролю інформації мережі підприємства, з урахуванням використовуваного обладнання та системами моніторингу наведено, на рис 2.

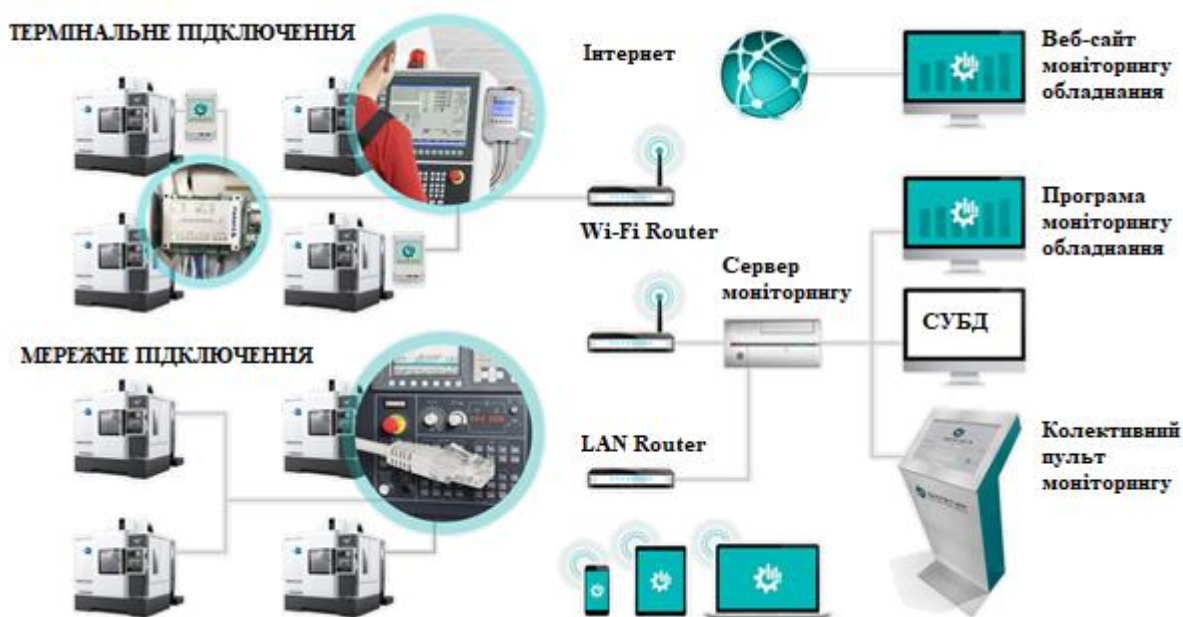


Рисунок 2 – Структурна схема забезпечення збору і контролю інформації на промисловому підприємстві

Інтернет-шлюз плюс фаєрвол як основа системи управління. Проблема впровадження в мережу шлюзів і файрволів полягає в тому, що всі локальні комп'ютери знаходяться в довірній мережі і вразливим місцем стає саме шлюз, який встановлюється на кордоні довіреної мережі та мережі Інтернет. Захопивши шлюз через інтернет, зловмисник потрапляє в довірену мережу підприємства і може захопити інші комп'ютери локальної мережі і отримати доступ до важливої інформації. Тому вимоги до сучасного шлюзу пред'являються дуже високі [5].

Інтернет-шлюз повинен відповідати наступним головним критеріям:

- універсальність (підходить для більшості підприємств);
- функціональність (володіє всіма необхідними можливостями для вирішення завдань);
- надійність (безвідмовність роботи в будь-яких умовах);
- низька вартість роботи, мінімальні витрати на впровадження і супровід;
- простота у використанні і управлінні.

Однак найбільш поширені на сьогоднішній день інтернет-шлюзи в повному обсязі задовольняють сучасним вимогам, тому до підходу вибору шлюзу для систем управління безпекою мережі необхідно підходити з чітким аналізом вимог до здійснення інформаційної безпеки і можливостям інтегрування в неї шлюзу. У таблиці показані поширені види інтернет-шлюзів і їх переваги та недоліки.

Методи захисту інформації:

- перегорода - метод фізичного перегородження шляху злоумиснику до інформації, що захищається;
- управління доступом - метод визначення і розподілу ресурсів системи санкціонованим користувачам;
- шифрування - метод захисту інформації в комунікаційних каналах шляхом її криптографічного закриття (широко застосовується як для обробки, так і для зберігання інформації), при передачі інформації по комунікаційних каналах великої протяжності цей метод є найбільш надійним;
- регламентація - метод захисту інформації, що створює спеціальні умови автоматизованої обробки, зберігання та передачі інформації, що захищається, при яких можливості несанкціонованого доступу до неї зводяться до мінімуму;
- примушення - такий метод захисту інформації, при якому користувачі та персонал системи змушені дотримуватися правил обробки, передачі і використання інформації, що захищається під загрозою матеріальної, адміністративної або кримінальної відповідальності;
- побудження - метод захисту інформації, який стимулює користувача і персонал системи не порушувати встановлених норм.

Висновки та напрямки подальших досліджень.

1. В роботі проведено аналіз практичних методів збору і контролю інформації на підприємстві.
2. Детально розглянуто технології та підходи при організації збору інформації та виділені основні параметри, як здійснюється контроль інформації, описано ключові моменти захисту інформації на промислових підприємствах.
3. Результати досліджень дають можливість їх використання для побудови сучасних кібер-фізичних виробничих систем промислових підприємств. Розглянуто варіант впровадження веб-орієнтованої системи для об'єктів промислової галузі.

Перелік посилань:

1. Одом У. Компьютерные сети. Первый шаг = Computer Networking: First-step / Пер. В. Гусев. — СПб.: «Вильямс», 2006. — 432 с. — (Первый шаг). — 3 000 экз. — ISBN 5-8459-0881-7.
2. Герасименко В. А. Защита информации в автоматизированных системах обработки данных: развитие, итоги, перспективы. Зарубежная радиоэлектроника, 2003, № 3.
3. Закер К. Компьютерные сети. Модернизация и поиск неисправностей. СПб.: БХВ-Петербург, 2001.
4. Галицкий А. В., Рябко С. Д., Шаньгин В. Ф. Защита информации в сети — анализ технологий и синтез решений. М.: ДМК Пресс, 2004. — 616 с.
5. Кульгин М. Технологии корпоративных сетей. Энциклопедия. — СПб.: Питер, 2000. — 509 с.

ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА РОБОТУ WI-FI МЕРЕЖІ І МОЖЛИВІ ВАРІАНТИ ВИРІШЕННЯ

В бездротових мережах як середовище поширення сигналу використовуються радіохвилі. Через це на роботу бездротових мереж впливає велика кількість різного роду перешкод. Найпоширеніші причини, що впливають на роботу бездротових мереж Wi-Fi (IEEE 802.11b / g / n):

1. Інші Wi-Fi-пристрої (точки доступу, бездротові камери і ін.), Що працюють в радіусі дії вашого пристрою і використовують той же частотний діапазон.

Wi-Fi- роутери можуть бути чутливими навіть невеликих перешкод, які створюються іншими пристроями, що працюють в тому ж частотному діапазоні та на тому ж каналі зв'язку. Вирішити данну проблему може планування мережі і ручне налаштування роутерів на непересічні канали.

2. Потужність сигналу .

2.1. Використання занадто великої випромінюваної потужності сигналу Wi-Fi не завжди означає, що мережа буде працювати стабільно і швидко. Якщо радіоефір, в якому працює ваша точка доступу, сильно завантажений (при огляді бездротових мереж ви бачите велику їх кількість і потужність їх сигналу висока), то можуть виникати канальні і міжканальні перешкоди. Наявність таких перешкод впливають на продуктивність мережі, тому що різко збільшують рівень шуму, що призводить до низької стабільності зв'язку через постійне пере посилання пакетів. У цьому випадку необхідно знизити потужність передавача в точці доступу або збільшити відстань між точкою доступу і адаптером; відкрити антену на точці доступу (якщо така можливість передбачена в пристрої); при наявності знімних антен - використовувати антену з більш низьким коефіцієнтом посилення сигналу (наприклад, з коефіцієнтом посилення 2 дБі замість 5 дБі) [1].

2.2. Потужність передавача точки доступу в роутері зазвичай вище в 2-3 рази, ніж на клієнтських мобільних пристроях (ноутбук / смартфон / планшет). У зоні покриття мережі можуть бути такі місця, де клієнт буде чути точку доступу добре, а точка доступу клієнта - погано, або взагалі не чути (ситуація, коли сигнал на клієнтському пристрої є, а зв'язку немає). У каналі зв'язку виникає асиметрія від різних значень потужностей і чутливості приймачів. Для забезпечення високого рівня сигналу потрібно, щоб між клієнтським пристроєм і точкою доступу було якомога більше симетричне тому для отримання більш стабільної зв'язку іноді слід знизити потужність передавача в точці доступу [2].

3. Bluetooth-пристрої, бездротові клавіатури і миші, що працюють в зоні покриття вашого Wi-Fi-пристрої

Bluetooth-пристрої, бездротові клавіатури і миші працюють в частотному діапазоні 2,4 ГГц, а отже, можуть впливати на роботу точки доступу та інших Wi-Fi-пристроїв.

4. Перешкоди та відстань між Wi-Fi-пристроями

Бездротові пристрої Wi-Fi мають обмежений радіус дії. В приміщенні дальність дії бездротової точки доступу може бути обмежена кількома десятками метрів - залежно від конфігурації кімнат, наявності капітальних стін і їх кількості, а також інших перешкод.

Різні перешкоди (стіни, стелі, меблі, металеві двері і т.д.), розташовані між Wi-Fi-пристроями, можуть частково або значно відображати / поглинати радіосигнали, що призводить до часткової або повної втрати сигналу. В містах з багатоповерховою забудовою основним перешкодою для радіосигналу є будівлі. Наявність капітальних стін (бетон + арматура), листового металу, штукатурки на стінах, сталевих каркасів і т.п. впливає на якість сигналу та може значно погіршувати роботу Wi-Fi-пристроїв. У приміщенні створювати перешкоди радіосигналу також можуть бути дзеркала і тоновані вікна. Навіть людське тіло

послаблює сигнал приблизно на 3 dB [1].

Нижче показана таблиця втрати ефективності сигналу Wi-Fi при проходженні через різні середовища. Дані наведені для мережі, що працює в частотному діапазоні 2,4 ГГц.

Таблиця 1. – Втрати ефективності сигналу Wi-Fi при проходженні через різні середовища

Перешкода	Додаткові втрати (dB)	Ефективна відстань
Відкритий простір	0	100%
Вікно без тонування (відсутній металізоване покриття)	3	70%
Вікно з тонуванням (металізоване покриття)	5-8	50%
дерев'яна стіна	10	30%
Міжкімнатні стіна (15,2 см)	15-20	15%
Несуча стіна (30,5 см)	20-25	10%
Бетонна підлога / стеля	15-25	10-15%
Монолітне залізобетонне перекриття	20-25	10%

Ефективна відстань - відсотковий показник того наскільки зменшиться радіус дії сигналу Wi-Fi після проходження відповідного перешкоди в порівнянні з відкритим простором.

Поза приміщеннями впливати на якість сигналу, що передається може ландшафт місцевості (наприклад, дерева, ліси, пагорби). Атмосферні перешкоди (дощ, гроза, снігопад) також можуть бути причиною зменшення продуктивності бездротової мережі (в разі, якщо радіосигнал передається поза приміщеннями).

5. Побутова техніка, яка працює в зоні покриття Wi-Fi-пристрою:

- Мікрохвильові печі можуть послаблювати рівень сигналу Wi-Fi, тому що зазвичай також працюють в діапазоні 2,4 ГГц.
- Монітори з ЕПТ, електромотори, бездротові динаміки.
- отові телефони та інші бездротові пристрої.
- Зовнішні джерела електричної напруги.

На мій погляд у сучасному світі дещо застаріло використовувати ручне налаштування Wi-Fi-точок і тому доцільно крокувати в ногу з часом і ознайомитися з альтернативним і сучасним рішенням цієї проблеми на прикладі компанії Cisco Systems.

Cisco Clean Air - інтелектуальний контроль частотного спектра фізичного рівня за допомогою спеціалізованих мікросхем.

Технологія Cisco Clean Air використовує рішення з апаратною реалізацією на рівні мікросхем. Фактично на точках доступу Wi-Fi присутня інтегрована мікросхема, яка безпосередньо займається аналізом спектра і не віднімає продуктивність від основної системи Wi-Fi. Рішення в цілому (в разі централізованої архітектури мережі Wi-Fi) дозволяє враховувати поточний стан радіосередовища і виконувати самовідновлення і оптимізація бездротової мережі Wi-Fi в режимі близькому до реального часу [3].

Бездротовий зв'язок передбачає спільне використання частотного спектра, і в корпоративних середовищах всілякі програми та пристрої конкурують за пропускну здатність. навантаження на частотний спектр Wi-Fi, Особливо в смузі 2,4GHz, постійно зростає і зараз ІТ-підрозділу особливо потребують забезпечення контролю за бездротовий середовищем в межах своєї організації, щоб отримати можливість ефективно усувати радіочастот та запобігати небажаним простої мережі..

Технологія забезпечує продуктивність відповідно до стандарту Wi-Fi 802.11n і ту ступінь надійності, яка потрібна для підтримки найважливіших додатків, шляхом збору та

аналізу даних про стан радіосередовища і подальшого усунення впливу перешкод. Спеціальний інтегрований механізм уніфікованої бездротової мережі Cisco, який покращує експлуатацію і підвищує продуктивність бездротової мережі за рахунок повного контролю стану радіосередовища. Має унікальну здатність виявляти радіоперешкоди, виявляти джерело, визначати його місце розташування на карті і автоматично налаштовувати мережеве обладнання для оптимізації зони покриття бездротової мережі Wi-Fi (підстроювання частотних каналів Wi-Fi і потужностей випромінювання) [3].

Резюмуючи можна зробити висновок, що якщо мережа Wi-Fi побудована, функціонує і виникли проблеми при експлуатації, то можна проаналізувати їх і використати рішення приведенні вище та налаштовувати кожен точку доступу окрему. Якщо ж мережа тільки планується реалізовуватися, то було б не зайвим ознайомитися з сучасними системами і будувати мережу, яка може саморегулюватися.

Перелік посилань:

1. Что может являться источником помех и каковы их возможные причины? [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://help.keenetic.com/hc/ru/articles/213968709>
2. Способы увеличения скорости соединения, пропускной способности и стабильности беспроводной сети Wi-Fi. [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://help.keenetic.com/hc/ru/articles/213968749>
3. Специальные функции технологии Wi-Fi. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://wi-life.ru/tehnologii/wi-fi/wi-fi-specialnye-funkcii>

Ключеві слова: Wi-Fi мережа, перешкода, потужність сигналу, бездротовий зв'язок, частотний канал, розтер.

ПРИЙОМ ПОТОКОВОГО МОВЛЕННЯ НА БАЗІ FORWARD ТА ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ СИГНАЛУ В ЕФІР АНАЛОГОВОГО ТА ЦИФРОВОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ

В даний час в світі проводяться розробки досконаліших алгоритмів каналного кодування і модуляції для передачі сигналу в супутникової, кабельної та ефірної середовищах. На міжнародних виставках демонструється обладнання, розроблене за проектами цих стандартів. В останні кілька років в світі цифрового мовлення відбулися великі зміни. Flash - технологія доставки контенту через інтернет, розроблена Adobe, стрімко скорочує свою присутність. А її місце займають протоколи подібні HLS.

HLS розшифровується як HTTP Live Streaming - протокол для потокової передачі медіа даних через інтернет. HLS нарізає відео контент в форматі MP4 на короткі 10-секундні блоки, чанкі. Ці короткі фрагменти доставляються по HTTP, що робить протокол сумісним з більшістю пристроїв і файерволів.

Спочатку HLS був запущений компанією Apple влітку 2009 року разом з iPhone 3. Попередні моделі iPhone мали проблеми з онлайн мовленням, через те, що іноді переключалися між Wi-Fi мережами і мобільного передачею даних.

Перед виходом HLS, головним стрімінговим медіа протоколом Apple був Quicktime Streaming Server. Хороший сервіс, але так як він використовував нестандартні порти для передачі даних, його RTSP протокол періодично блокувався файерволами. В купе з повільним інтернетом це призвело до відмови від даного протоколу. Але уроки, отримані при його реалізації, в нагоді в розробці HLS.

Технічна сторона. HLS потік створюється на льоту і зберігається на HTTP сервері. Відео, як згадали вище, діляться на короткі фрагменти з розширенням .ts - MPEG2 Transport Stream. HTTP сервер також створює плейлист файл з розширенням .M3U8 (також званий маніфестом), який служить для індексування всіх відео чанкі. Цей плейлист файл вказує на додаткові індексні файли для кожного з існуючих якостей мовлення. Навіть якщо ви вирішите віщати, використовуючи одне якість, «маніфест» все одно буде створений.

Плеєр користувача повинен розпізнати погіршення або поліпшення швидкості передачі даних в мережі інтернет. Коли така подія відбувається, плеєр звертається до файлу-маніфесту, для визначення на яку якість відео переключитися. Після цього плеєр запитує індексний файл для конкретного якості, щоб завантажити фрагмент відео, на якому зупинився глядач. Весь цей процес непомітний для користувача. [3]

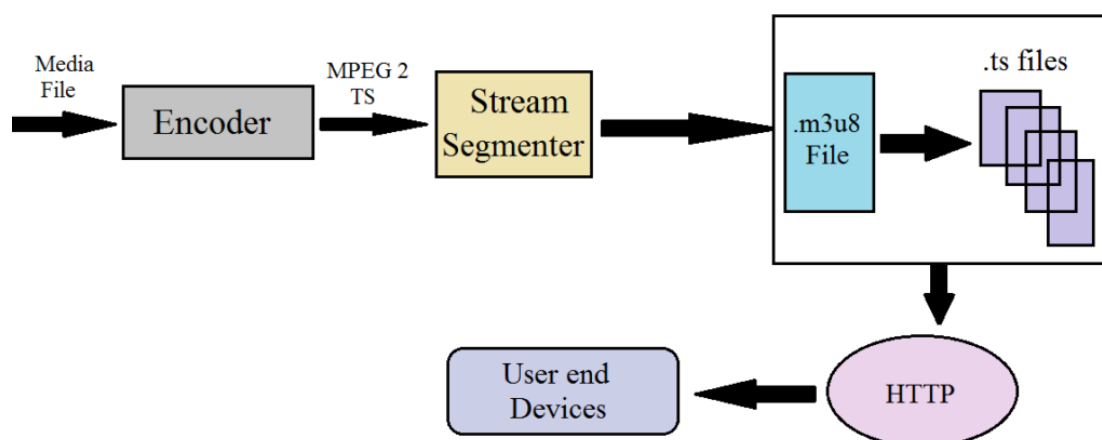


Рисунок 1 - Схема роботи HTTP Live Streaming

На базі продуктів лінійки Форвард ТА можуть бути реалізовані рішення як для прийому, так і для передачі поточкових аудіовідеоданих з використанням технології HLS.

Для передачі аудіовідеоданих по протоколу HLS використовується транспортний потік MPEG-2 TS, в якому відео закодовано у форматі AVC (H.264), аудіо – AAC. [1]

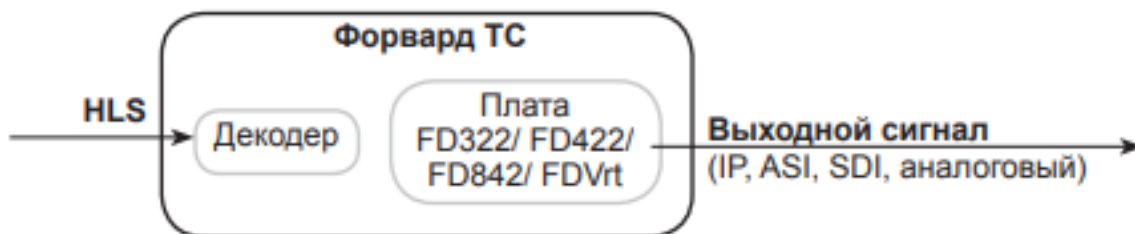


Рисунок 2 - Прийом HLS-потіку і передача на вихід у вигляді IP, ASI, SDI, аналогового сигналу без зміни вмісту медіапотоку

Прийом та подальша передача сигналу здійснюється за допомогою програмного забезпечення SLStreamer.

SLStreamer Pro - програма для роботи зі схемами будь-якої конфігурації і складності, не обмеженими шаблонами.

Це програмне забезпечення надає інтерфейс для роботи зі схемами прийому, обробки і передачі поточкових аудіовідеоданих: налаштування, управління запуском / зупинкою, моніторингу поточного стану. [2]

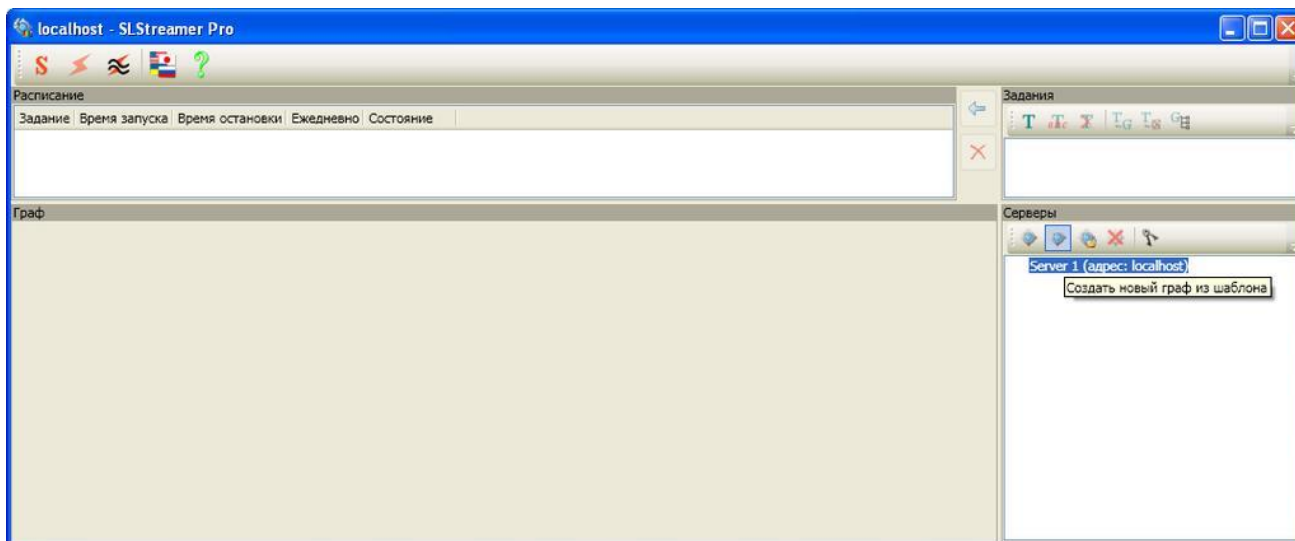


Рисунок 3 - Інтерфейс програми SLStreamer Pro.

Щоб організувати прийом мультимедійних файлів з використанням технології HTTP Live Streaming, використовується вхідний пристрій типу SL HLS.

На сьогоднішній день набирає обертів потокове мовлення на популярних сервісах , таких як Youtube, Twitch, Facebook Live та інші.

Вхідний пристрій SL HLS також «вміє» розбирати потік з Youtube. Таким чином ми маємо змогу вести пряму трансляцію не лише в інтернеті, а й одночасно, за допомогою SL Streamer Pro, транскодувати її в ефір аналогового та цифрового телебачення.

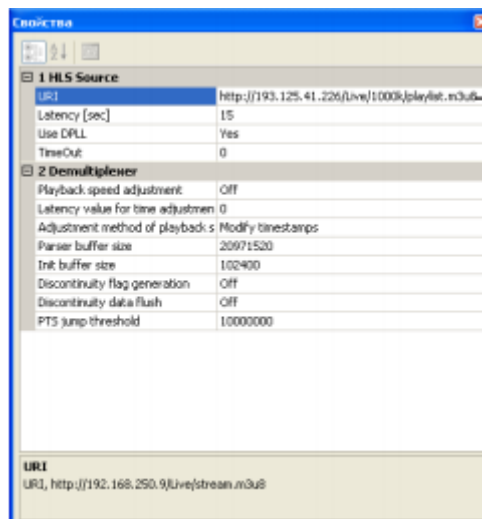


Рисунок 4 - Властивості вхідного пристрою SL HLS

Для цього необхідно в рядку URL вказати URL трансляції.

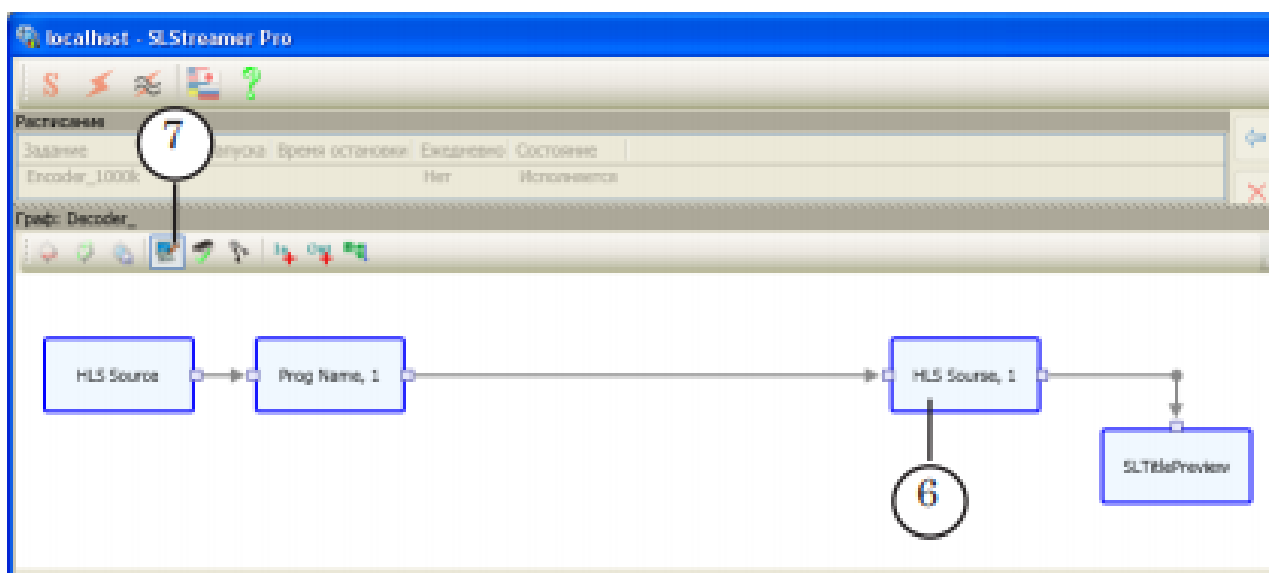


Рисунок 5 - Збудований граф прийому HLS потоку для передачі сигналу в ефір аналогового та цифрового телебачення

Таким чином був оформлений прийом HLS потоку для подальшої передачі до ефіру.

Список джерел

1. HLS-вещание [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Электронні дані. – Режим доступу: https://www.softlab.tv/rus/forward/docs/ru_ts_hls.pdf
2. SLStreamer Lite SLStreamer Pro Руководство пользователя Программы для настройки, мониторинга и управления работой схем цифрового вещания [Электронный ресурс] [Веб-сайт]. – Электронні дані. – Режим доступу: https://www.softlab.tv/rus/forward/docs/ru_ts_slstreamer.pdf.
3. Когда использовать протокол HLS [Электронный ресурс]: [Вебсайт]. – Электронні дані. – Автор: И.Шахнович, Режим доступу: <https://boomstream.com/ru/news/using-hls.html>.

Ключові слова: SLStreamer, HLS, цифрове ефірне мовлення, транспортний потік, MPEG-4, stream, MPEG-2 TS, форвард, HTTP, сервер.

3. Інформаційно-вимірювальні системи, електронні та мікропроцесорні прилади

УДК 621.3.064

Притула І.С., студент (prytula_ak16@nuwm.edu.ua)

Василець С.В., д.т.н., доцент, професор кафедри (svyat.vasilets@gmail.com)

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

РОЗРОБЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ ВЛАСНОГО ЧАСУ ВІДКЛЮЧЕННЯ ВАКУУМНОГО ВИМИКАЧА

Для комутації силових кіл в мережах 6(10) кВ широко використовують вакуумні вимикачі, які характеризуються високими показниками надійності та швидкодії. У разі виникнення короткого замикання в мережі 6(10) кВ час ліквідації аварійного стану включає: час видачі релейним захистом сигналу на відключення вимикача, час розходження контактів вимикача (власний час відключення вимикача) та час гасіння дуги [1]. Застосування мікропроцесорного релейного захисту дозволяє суттєво знизити час виявлення аварійного режиму та сформувати команду на відключення вимикача. Час горіння дуги при відключенні вимикача може знаходитися в межах до половини періоду промислової частоти, тобто до моменту переходу струму через нуль. Після першого згасання дуги повторне запалення не відбувається через швидке відновлення електричної міцності міжконтактного проміжку у вакуумі. Друга складова часу ліквідації аварійного стану визначається механічними характеристиками приводу силових контактів вимикача. Ржавіння елементів механічного приводу, погіршення властивостей мастила, зміна характеристик пружинних елементів призводять до збільшення власного часу відключення вимикача. При виникненні короткого замикання це може призвести до неприпустимих затримок із ліквідацією аварійного режиму та стати причиною пошкодження або підвищеного зношування контактів вакуумної камери через тривале горіння дуги, а також перегрівання електромагніту відключення при тривалому протіканні струму керування.

Час власного відключення вакуумних вимикачів 6(10) кВ становить декілька десятків мс. Зокрема, для вимикача типу ВРС-6, який випускається Рівненським заводом високовольтної апаратури [2], значення даного параметру має знаходитися в діапазоні 35÷55мс. Під час прийнятно-здавальних випробувань та експлуатації вимикачів виникає необхідність контролю власного часу відключення. Відомо про використання пристрою ПКВ/М7 для контролю технічних характеристик високовольтних вимикачів [3], проте абсолютна похибка вимірювання часових інтервалів таким пристроєм перевищує $\pm 0,1$ мс, що є недопустимим. Це обумовлює актуальність підвищення точності вимірювання власного часу відключення вимикача.

Мета роботи - обґрунтувати принцип функціонування та структурну схему мікропроцесорного пристрою вимірювання власного часу відключення вакуумного вимикача.

Основні вимоги до пристрою: абсолютна похибка має бути меншою 50 мкс; пристрій має бути захищений від електромагнітних завад, джерелом яких є електромагнітний привід вимикача; виведення на дисплей власного часу комутації; передача до комп'ютера осцилограм, які характеризують комутацію кожного з полюсів.

Заданим вимогам задовольняє пристрій, принципова електрична схема якого наведена на рис. 1. Основою пристрою є мікроконтролер ATmega328p, який входить до складу плати ARDUINO UNO. Пристрій функціонує наступним чином. При натисканні кнопки S1 ("ввімкнення") подається сигнал на транзистор VT1, який відкриває оптосимістор VH1.

Останній, в свою чергу, подає напругу 220 В на котушку ввімкнення електромагнітного приводу вимикача. При цьому мікроконтролер контролює момент замикання кожного з силових полюсів за допомогою оптопар VH3-VH5, застосування яких обумовлено необхідністю зменшення дії електромагнітних завад на мікроконтролер. Час, що пройшов від подачі команди на ввімкнення вимикача до моментів замикання силових полюсів, відповідає часу ввімкнення полюсів вимикача. Отримані значення часових затримок виводяться на рідкокристалічний дисплей LCD1. Аналогічним чином здійснюється вимкнення та вимірювання власного часу відключення кожного з полюсів вимикача. Світлодіоди VD1 та VD2 відображають поточний стан вимикача – ввімкнений або вимкнений. З метою підвищення завадостійкості пристрою живлення мікропроцесорної плати здійснюється від спеціального трансформатора напруги TV1. Осцилограми стану кожного з полюсів передаються до комп'ютера за USB інтерфейсом, який вбудований в плату ARDUINO UNO.

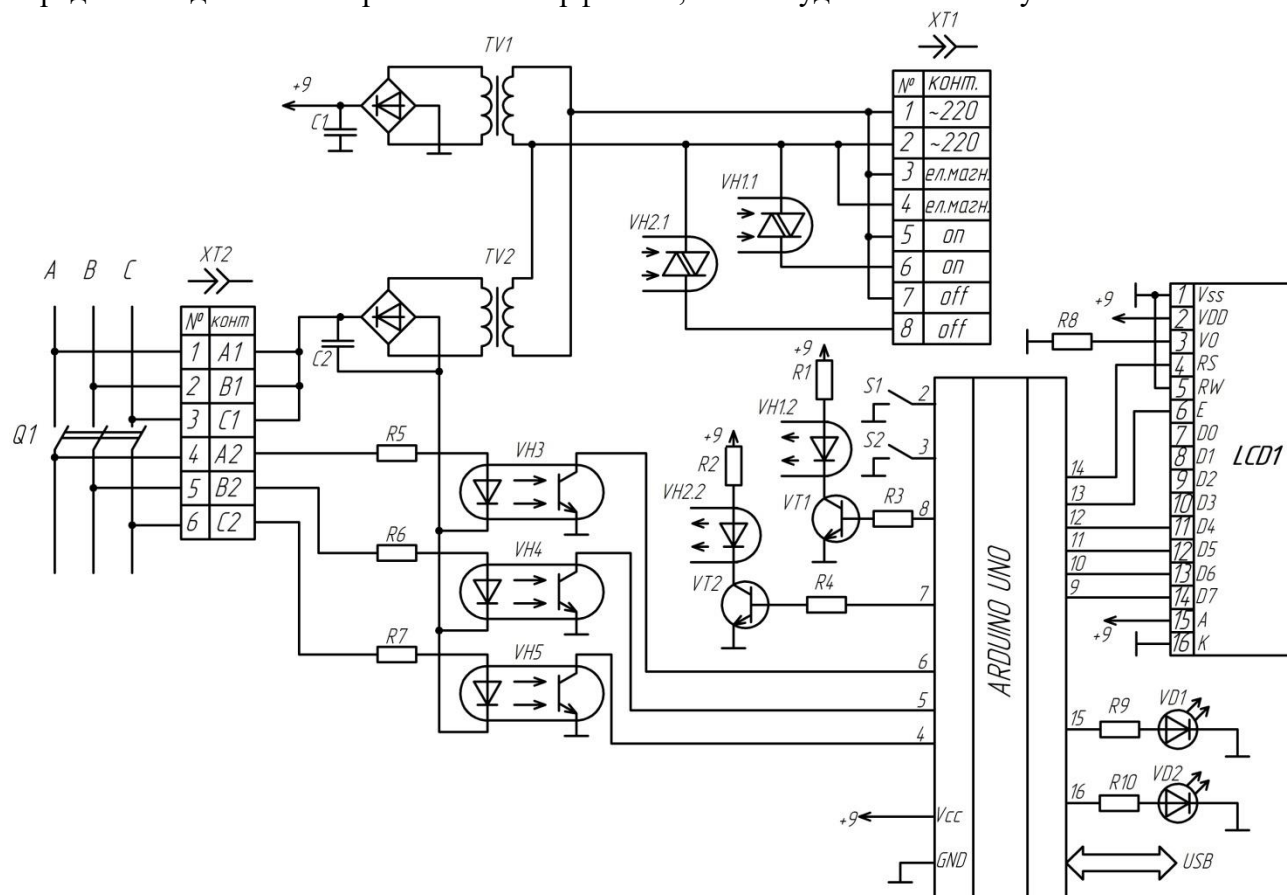


Рисунок 1 – Принципова електрична схема пристрою вимірювання власного часу відключення вакуумного вимикача

Таким чином, запропонована схема пристрою вимірювання власного часу відліку вакуумного вимикача дозволяє підвищити точність контролю технічного стану механічної частини електричного апарату.

Перелік посилань:

1. Плешков П.Г., Мануйлов В.Ф., Коновалов І.В., Релейний захист та автоматика систем електропостачання: Навчальний посібник. Кіровоград: КНТУ, 2008. 202 с.
2. Выключатели вакуумные типов ВРС-6 и ВРС-10. Техническая информация. НКАИ.670049.022 ТИ. Ред. 9. Ровно: РЗВА, 2013. 49 с.
3. Прибор контроля высоковольтных выключателей ПКВ/М7. Руководство по эксплуатации СКБ 126.00.00.000РЭ. Иркутск: ООО «СКБ ЭП». 26 с.

Ключові слова: вакуумний вимикач, час спрацювання, мікроконтролер, вимірювання

Василець К.С., асистент (k.s.vasylets@nuwm.edu.ua)

Василець С.В., д.т.н., доцент, професор кафедри (svyat.vasilets@gmail.com)

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

СИМУЛЯТОР ФУНКЦІОНУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ

Дистанційний захист є основним типом релейного захисту в магістральних електромережах. Принцип виявлення аварійного режиму заснований на вимірюванні та оцінці імпедансу від місця встановлення захисту до точки короткого замикання [1]. Дослідження функціонування дистанційного релейного захисту під час проведення лабораторних робіт з дисципліни «Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем» представляє деякі труднощі через необхідність оперування з миттєвими значеннями струмів та напруг електромережі в нормальному та аварійному режимах. Це обумовлює актуальність використання програмно-апаратного симулятора для дослідження зміни як миттєвих значень режимних параметрів, так і функціонування дистанційного релейного захисту.

Мета роботи – обґрунтування структури програмно-апаратного симулятора для дослідження функціонування дистанційного релейного захисту в мережі 110 кВ.

Програмно-апаратний симулятор, виготовлений на кафедрі автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій Національного університету водного господарства та природокористування, включає мнемонічний щит та екран для відображення графіків змінних стану мережі (рис. 1).

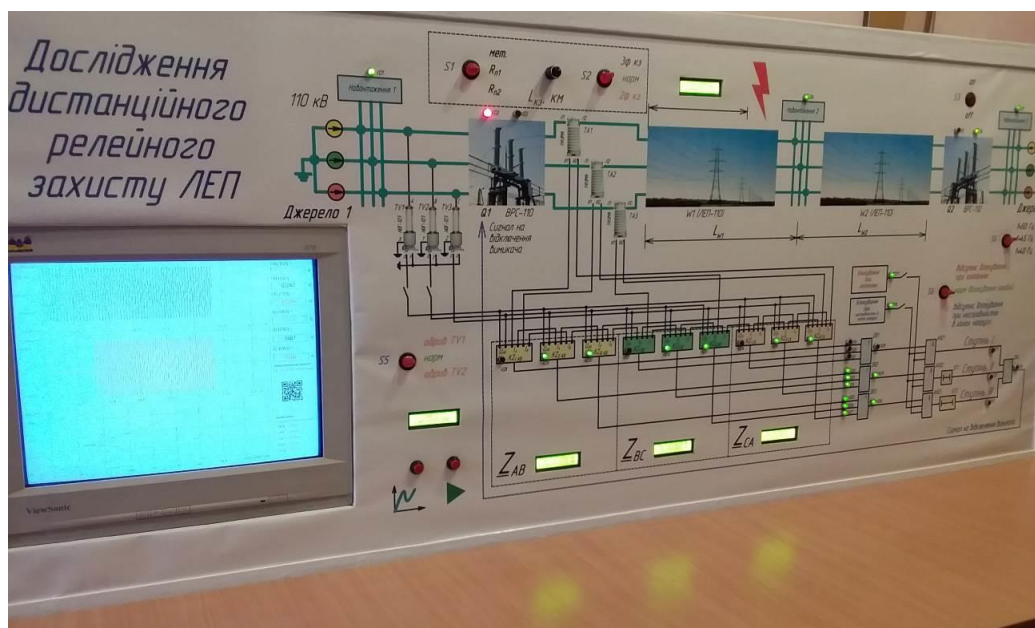


Рисунок 1 – Загальний вигляд програмно-апаратного симулятора

Досліджується електрична мережа, що включає два джерела напругою 110 кВ із глухозаземленими нейтраліми, кожне з яких подає живлення на навантаження: джерело 1 живить підстанцію 1, до збірних шин якої під'єднано навантаження 1; джерело 2 живить підстанцію 3 з навантаженням 3 (рис. 2). За допомогою високовольного вимикача Q1 до підстанції 1 під'єднана лінія електропередачі W1. Вимикач Q2 під'єднує до підстанції 3 лінію W2. Лінії електропередачі W1 та W2, виконані проводами АС 120/19, під'єднуються до підстанції 2, яка живить навантаження 2.

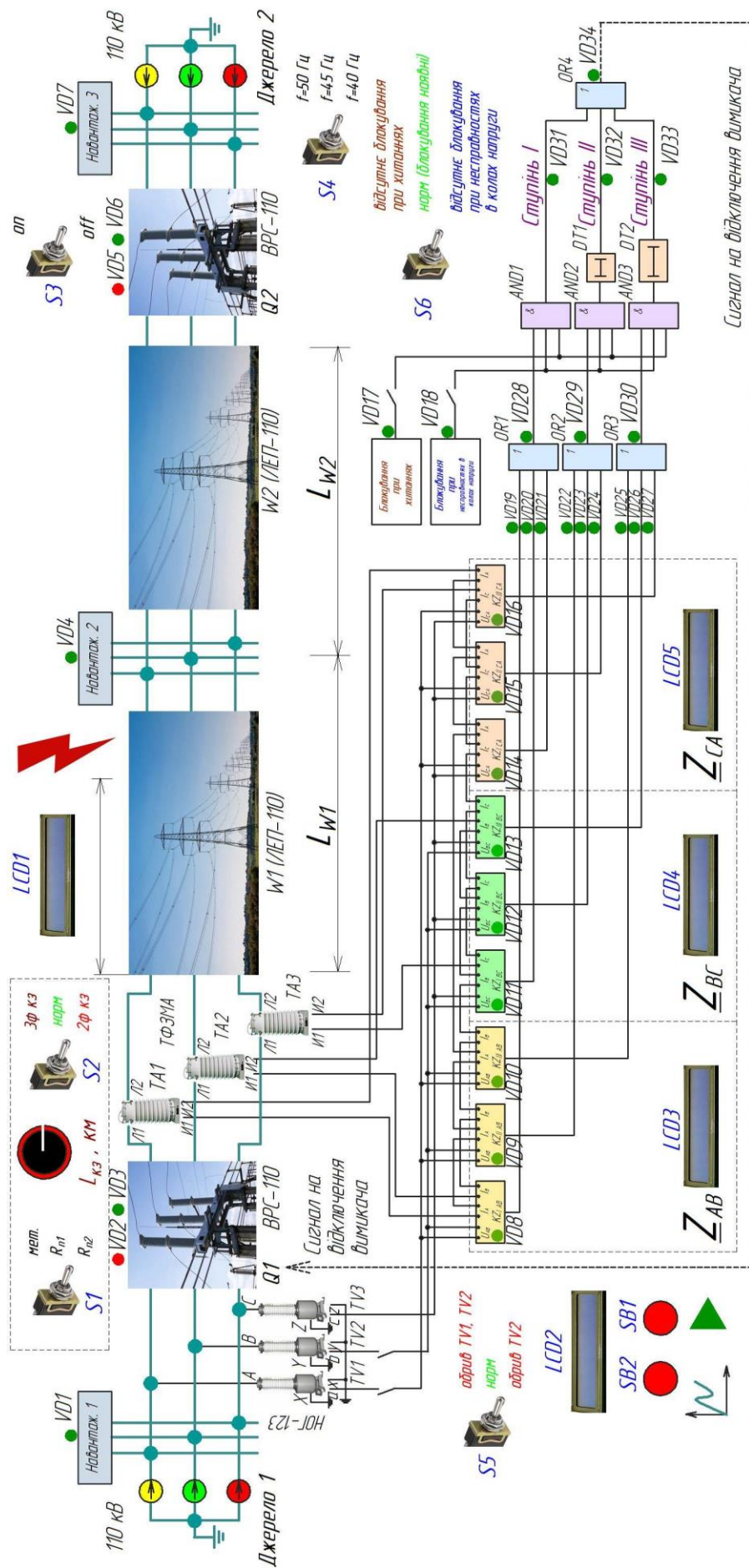


Рисунок 2 - Розміщення елементів керування та індикації на мнемонічному щиті симулятора

До шин підстанції 1 під'єднані вимірювальні трансформатори напруги TV1-TV3. На виході вимикача Q1 встановлені вимірювальні трансформатори струму TA1-TA3. До вказаних вимірювальних трансформаторів під'єднано дистанційний релейний захист, який включає наступні елементи: реле мінімального опору I, II та III ступенів фаз АВ (KZ_{IAB}, KZ_{IIAB}, KZ_{IIIB}), аналогічні реле для фаз ВС та СА, блокування від хитань та блокування при несправностях в колах напруги, логічні елементи (OR1-OR4, AND1-AND3), які реалізують логіку роботи захисту, та блоки затримки DT1, DT2 спрацювання II та III ступенів захисту.

Результати досліджу

Вхідні



stenddist@gmail.c... 29 бер.

кому: мені

ЗВІТ лабораторного стенду із дослідження релейного захисту ЛЕП.

Дата: 29.03.2019 15:40:12

Параметри досліджу:

Довжина лінії L1 = 35 км.

Довжина лінії L2 = 25 км.

Імпеданс спрацювання 1 ступеня Z_{ср1} = 14,5 Ом.

Імпеданс спрацювання 2 ступеня Z_{ср2} = 20 Ом.

Імпеданс спрацювання 3 ступеня Z_{ср3} = 26 Ом.

Затримка спрацювання 2 ступеня DT1 = 1 с.

Затримка спрацювання 3 ступеня DT2 = 2,5 с.

Виникає ТРИФАЗНЕ к.з., відстань точки к.з. від захисту L_{кз} = 5 км; опір точки к.з. R_п = 0,001 Ом

Вимикач Q2 вимкнений

Частота напруги Джерела2 f2 = 50 Гц

Наявні блокування при хитаннях та блокування при несправностях в колах напруги

Перелік графіків:

Figure 1_1 - Миттєві значення напруги u_{TV1} (В) в функції часу t (с)

Рисунок 3 - Лист на електронну пошту з умовами та результатами досліджу

Модулі максимальних імпедансів спрацювання реле опору I, II та III ступенів налаштовуються через спеціальну web-сторінку за допомогою смартфона.

Мнемонічний щит (рис. 2) оснащений дисплеями LCD1-LCD5 для відображення поточної конфігурації та імпедансів мережі. Також на щиті розміщені світлодіодні індикатори VD1-VD34, що ілюструють стан мережі та спрацювання різних елементів дистанційного захисту, тумблери S1-S6 та кнопки керування SB1, SB2 для налаштування режиму функціонування електромережі.

Необхідна конфігурація мережі, що задається органами керування на мнемонічному щиті, надходить до програми розрахунку перехідних процесів у мережі, робота якої заснована на формування матричного диференційного рівняння стану електромережі 110 кВ та його чисельного розв'язання відповідно до наведеного у [2] методу. Отримані миттєві значення струмів, напруг та імпедансів виводяться на екран в темпі, що є суттєво меншим за реальний час, що дозволяє проаналізувати функціонування складових частин дистанційного релейного захисту. Після закінчення досліджу на попередньо вказану адресу електронної пошти надходить лист зі звітом та графіками величин, які характеризують стан мережі та дистанційного

захисту (рис. 3).

Таким чином, розроблений симулятор дозволяє аналізувати перехідні процеси в електромережі 110 кВ з одно- або двостороннім живленням та досліджувати особливості роботи елементів дистанційного релейного захисту в темпі часу, що є меншим від реального. Функціонування мережі досліджується в наступних режимах: нормальний режим; хитання; виникнення трифазного або двофазного металевого (або через перехідний опір) короткого замикання на вказаній відстані від місця встановлення дистанційного захисту; виникнення короткого замикання в мережі за наявності хитань або за умови пошкодження трансформаторів напруги.

Перелік посилань:

1. Ziegler GerHard Numerical Distance protection: principles and application (Siemens). 4th ed. - Erlangen: Publicis-MCft-Verl., 2011. – 419 p.
2. Математичне моделювання перехідних процесів в електротехнічних комплексах шахтних електричних мереж: монографія / В.Ф. Сивокобиленко, С.В. Василець. – Луцьк: Вежа-Друк, 2017. – 272 с.

Ключові слова: релейний захист, симулятор, електромережа, відключення, вимикач, струм

Василець К.С., асистент (k.s.vasylets@nuwm.edu.ua)

Василець С.В., д.т.н., доцент, професор кафедри (svyat.vasilets@gmail.com)

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

КОНТРОЛЬ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ ВІДГАЛУЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ З ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ЧАСТОТИ

Електричні мережі з ізолюваною нейтраллю напругою до 1140 В вугледобувних та прохідницьких дільниць вугільних шахт експлуатуються у досить важких умовах, що обумовлює високу імовірність пошкодження ізоляції кабелів та виникнення витоків струму на землю [1]. Широке впровадження в останні роки частотно-регульованого асинхронного електропривіду вугледобувних машин обумовлює актуальність підтримання необхідного рівня електробезпеки стану кабелю, яким приводний двигун під'єднується до частотного перетворювача, оскільки штатні засоби захисту не захищають вказану частину мережі. Відомо про розроблення апарату захисту АЗУР-4пп для комбінованих електромереж вугледобувних дільниць шахт [2], проте інформаційним параметром для такого апарату є величина постійного оперативного струму, що накладається на мережу на виході трансформаторної підстанції. Процеси проходження постійного оперативного струму через напівпровідникові елементи частотних перетворювачів до цього часу вивчені недостатньо і, відповідно, надійність спрацювання такого апарата при виникненні замикання на землю в колі змінної частоти потребує додаткового вивчення. Таким чином, стан ізоляції та кола замикання на землю в кабелі змінної частоти комбінованої електромережі на сьогоднішній день контролюються недостатньо, що обумовлює актуальність розроблення способу контролю стану ізоляції відгалуження змінної частоти електромережі.

Метою дослідження є підвищення електробезпеки мереж з ізолюваною нейтраллю, що включають частотні перетворювачі, за рахунок контролю активного опору ізоляції відгалуження змінної частоти.

Відомо спосіб контролю стану ізоляції в розподільних мережах [3], що включає накладання на мережу струму непромислової частоти нульової послідовності. Недоліком такого способу є низька точність, оскільки при накладанні на відгалуження електромережі, яке живиться від перетворювача частоти, струму непромислової частоти, високочастотні складові струмів інвертора спотворюють накладені струми непромислової частоти, що ускладнює реалізацію способу.

Також відомо спосіб контролю ізоляції інверторних систем [4], який передбачає контроль зниження активного опору ізоляції за розбалансом потенціалів позитивної та негативної шин інвертора. Недоліком такого способу є низька точність, оскільки, вказаний розбаланс може характеризувати, окрім зниження активного опору ізоляції, також несиметрію навантаження вихідних фаз інвертора, що знижує точність виявлення зниження активного опору ізоляції. Крім того, спосіб не дозволяє виявити зниження активного опору ізоляції, що супроводжуються незначними струмами, наприклад, зниження активного опору ізоляції до декількох кОм, або виникнення витоку струму на землю через опір тіла людини, оскільки такі режими суттєво не впливають на різницю потенціалів шин інвертора.

Для контролю активного опору ізоляції відгалуження змінної частоти пропонується кожне таке відгалуження обладнати додатковим пристроєм, що містить додаткове джерело вимірювальної постійної напруги, яке підключають до однієї фази відгалуження через дросель. Це дає змогу визначати постійну складову струму витоку від додаткового джерела вимірювальної напруги, вимірювати напругу між вказаною фазою відгалуження і землею, визначати постійну складову вимірюваної напруги. Визначення фактичної величини активного опору ізоляції здійснюється шляхом ділення постійної складової вимірюваної напруги на постійну складову струму витоку від додаткового джерела.

На рис. 1 наведена принципова електрична схема відгалуження електричної мережі з напівпровідниковим перетворювачем частоти та пристроєм реалізації запропонованого способу. Реалізація способу контролю активного опору ізоляції відгалуження електричної мережі з напівпровідниковим перетворювачем частоти пояснюється графіками в функції часу t , що наведені рис 2. Відгалуження електричної мережі складається з силового вимикача 1, до якого підключено напівпровідниковий перетворювач частоти 2, що включає випрямляч 3, ємнісний фільтр 4 та автономний інвертор напруги 5. До виходу перетворювача частоти 2 за допомогою кабелю 6, ізоляція якого характеризується активними опорами 7 відносно землі, підключено навантаження 8, кожна фаза якого характеризується індуктивністю 9 та активним опором 10.

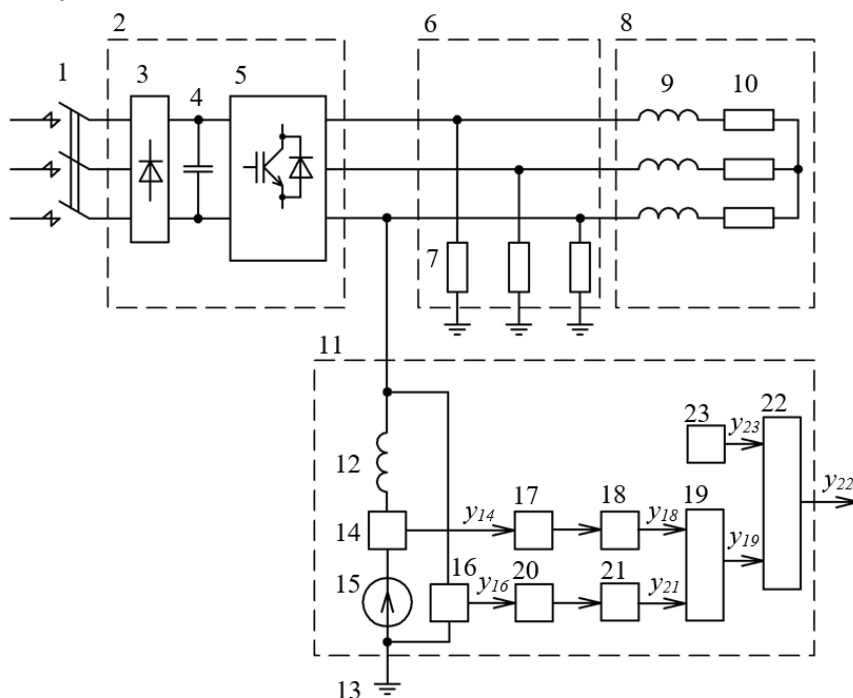


Рисунок 1 – Принципова електрична схема відгалуження електричної мережі з напівпровідниковим перетворювачем частоти та пристроєм реалізації запропонованого способу

Пристрій 11 реалізації способу, що пропонується, містить дросель 12, перший вивід якого підключають до фази відгалуження, а між другим виводом вказаного дроселя і заземленням 13 послідовно включають давач 14 миттєвих значень вимірювального струму та додаткове джерело 15 вимірювальної напруги. Між першим виводом дроселя 12 і заземленням 13 підключають давач 16 миттєвих значень вимірювальної напруги, що прикладається до відгалуження. До виходу давача 14 послідовно підключені аналого-цифровий перетворювач 17 та цифровий фільтр 18, який виділяє постійну складову вхідного сигналу, причому вихід останнього підключено до першого входу блоку 19 обчислення фактичного опору ізоляції. До виходу давача 16 послідовно підключені аналого-цифровий перетворювач 20 та цифровий фільтр 21, який виділяє постійну складову вхідного сигналу, сигнал з виходу якого надходить на другий вхід блоку 19. Вихід блоку 19 підключено до другого входу блоку 22 порівняння, причому на перший вхід блоку 22 подається сигнал задавача 23 уставку за величиною активного опору ізоляції відгалуження. Сигнал з виходу блоку 22 порівняння передається на відключення відгалуження електричної мережі, причому вказаний сигнал дорівнює логічній одиниці, якщо фактичний опір ізоляції є меншим від вказаної уставки, і дорівнює логічному нулю, якщо фактичний опір ізоляції перевищує вказану уставку.

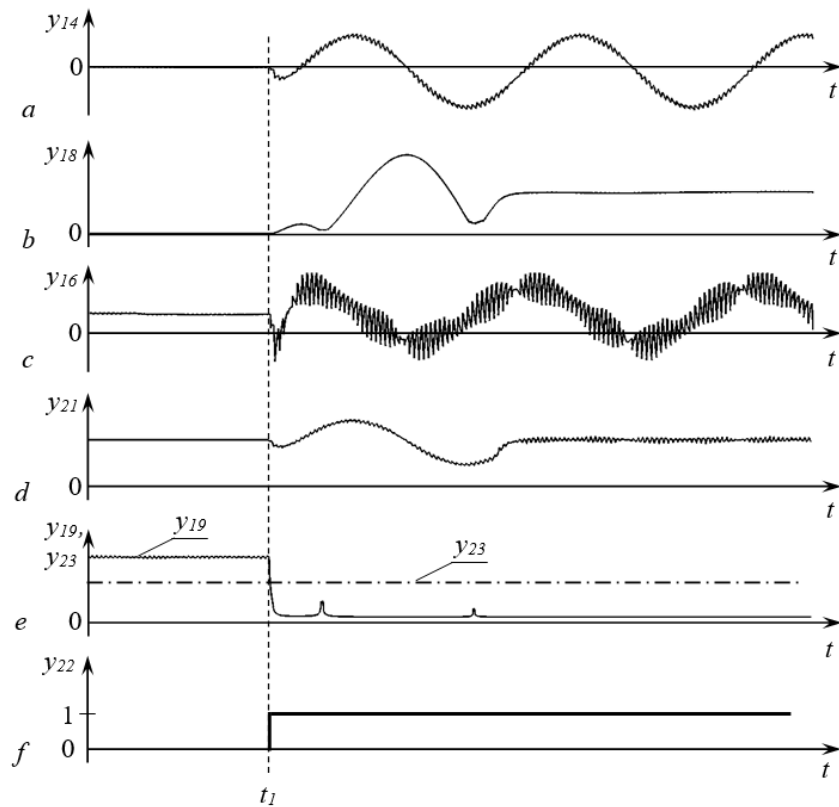


Рисунок 2 – Графіки в функції часу t : a – сигнал y_{14} , що відповідає миттєвим значенням вимірювального струму; b – сигнал y_{18} , що відповідає постійній складовій вимірювального струму; c – сигнал y_{16} , що відповідає миттєвим значенням вимірювальної напруги, яка прикладається до відгалуження; d – сигнал y_{21} , що відповідає постійній складовій вимірювальної напруги; e – сигнал y_{19} , який відповідає фактичному активному опору ізоляції, та сигнал y_{23} , який відповідає уставці за величиною активного опору ізоляції відгалуження; f – сигнал y_{22} на відключення відгалуження електричної мережі

Припустимо, що до моменту t_1 пошкодження ізоляції відсутнє, комутаційний апарат 1 ввімкнений, перетворювач частоти 2 працює в нормальному режимі, причому випрямляч 3 виконує випрямлення трифазної системи вхідних напруг, фільтр 4 згладжує випрямлену напругу, інвертор 5 формує трифазну систему широтно-імпульсно модульованих напруг, яка через кабель 6 подається на навантаження 8. Струм від додаткового джерела 15 вимірювальної напруги пристрою 11, через давач 14 і дросель 12 накладається на відгалуження електромережі. Дросель 12 призначений для запобігання замикання на землю через вимірювальне коло від робочої напруги відгалуження мережі, оскільки обмежує змінну складову струму. В той же час для постійного вимірювального струму його опір, у порівнянні із опором ізоляції, є незначним. Через незначні величини індуктивностей 9 та активних опорів 10 навантаження, порівняно з активними опорами 7 ізоляції, їх величини суттєво не впливають на величину вимірювального струму. Вимірювальний струм визначається паралельно з'єднаними активними опорами 7 ізоляції кабелю відгалуження відносно заземлення 13. Сигнал y_{14} на виході давача 14, що відповідає миттєвим значенням вимірювального струму, має незначну величину через те, що величини активних опорів ізоляції в нормальному режимі є високими. Аналого-цифрове перетворення сигналу y_{14} виконується перетворювачем 17, цифровий сигнал з виходу якого подається на вхід цифрового фільтру 18, який формує сигнал y_{18} , що відповідає постійній складовій вимірювального струму і також має незначну величину. Сигнал y_{16} на виході давача 16, що відповідає миттєвим значенням вимірювальної напруги, яка прикладається до відгалуження, має змінні та постійну складові. Змінні складові обумовлені напругами на виході інвертора, постійна складова відповідає напрузі додаткового джерела 15. Аналого-цифрове

перетворення сигналу u_{16} виконується перетворювачем 20, цифровий сигнал з виходу якого подається на вхід цифрового фільтру 21, який формує сигнал u_{21} , що відповідає постійній складовій вимірювальної напруги. Сигнал u_{19} на виході блоку 19, який виконує ділення сигналу u_{18} на першому вході на сигнал u_{21} на другому вході, відповідає фактичному активному опору ізоляції. Оскільки сигнал u_{19} перевищує сигнал u_{23} задавача 23 уставки за величиною активного опору ізоляції відгалуження, то блок 22 порівняння не передає сигнал u_{22} з виходу пристрою 11 на відключення відгалуження електричної мережі, вказаний сигнал дорівнює логічному нулю.

При зниженні активного опору 7 ізоляції електричної мережі хоча б в одній з фаз у момент t_1 , вимірювальний струм, якому відповідає сигнал u_{14} , суттєво збільшується і містить як змінні складові, що визначаються режимом роботи напівпровідникового перетворювача частоти, так і постійну складову від додаткового джерела 15 вимірювальної напруги. Останній складовій відповідає сигнал u_{18} на виході фільтра 18. Усталена величина цього сигналу після моменту t_1 є суттєво більшою, ніж до вказаного моменту. Амплітуди змінних складових сигналу u_{16} , що відповідає миттєвим значенням вимірювальної напруги, після моменту t_1 суттєво збільшилися через зниження активного опору ізоляції. При цьому усталені значення постійної складової вимірювальної напруги, яким відповідає сигнал u_{21} , суттєво не змінюються і відповідають напрузі джерела 15. Сигнал u_{19} на виході блоку 19, який відповідає фактичному опору ізоляції, суттєво знижується, стає меншим від сигналу u_{23} задавача 23 уставки за величиною активного опору ізоляції відгалуження, що виявляється блоком 22 і спричиняє передачу сигналу u_{22} , який дорівнює логічній одиниці, з виходу пристрою 11 на відключення відгалуження електричної мережі. Контроль відношення постійних складових напруги додаткового джерела до вимірювального струму забезпечує підвищення точності виявлення неприпустимого зниження опору ізоляції відгалуження електромережі і передачу сигналу на відключення відгалуженням.

В якості перетворювачів 17, 20 можуть бути використані аналого-цифрові перетворювачі, які забезпечують передачу результатів перетворення за одним з відомих внутрішньосхемних інтерфейсів. Функції блоків 18, 19, 21-23 можуть бути реалізовані алгоритмічно у вигляді програми для мікроконтролера.

Таким чином, запропонований спосіб забезпечує підвищення точності контролю активного опору ізоляції відгалуження електричної мережі з напівпровідниковим перетворювачем частоти за рахунок контролю відношення постійної складової напруги додаткового джерела до постійної складової струму витоку, що дозволяє отримати дані про стан ізоляції відгалуження, встановити наявність ушкодження ізоляції, передати сигнал на відключення відгалуження електричної мережі, припинити експлуатацію відгалуження електричної мережі з незадовільними параметрами ізоляції, підвищити електробезпеку функціонування електромереж дільниць вугільних шахт з ізолюваною нейтраллю трансформатора.

Перелік посилань:

1. Електрифікація гірничих робіт: Підручник / Півняк Г.Г. та ін. Вид. 2-е, допрац. та доп. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2005. – 615 с.
2. Новое поколение комплекса взрывозащищенного электрооборудования для систем электроснабжения горных производств / Ф.П. Шкрабец, Е.А. Вареник, В.Н. Савицкий, В.С. Дзюбан // Науковий вісник НГУ, 2012, № 6. – С. 101-107.
3. Спосіб контролю змін стану ізоляції в розподільних мережах: пат. UA 81448: кл. H02H 3/17, заявл. 04.07.2005; опубл. 10.01.2008.
4. Circuit arrangement and method for insulation monitoring for inverter applications: patent US 8310242 B2, G01R 31/14, data of patent: 13.11.2012.

Ключові слова:

електромережа, частотний перетворювач, виток струму, ушкодження, ізоляція, сигнал, давач

Харламов Є.Р, учень 11 класу ЗОШ№3 м.Покровськ (egor_k2010@mail.ru),

Любименко О.М., к.ф.-м.н.,доц. (e.n.lyubimenko@gmail.com)

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна

НАПІВПРОВІДНИКИ В ЕЛЕКТРОНІЦІ

На 1935-1950 роки прийшовся пік розвитку лампової схемотехніки. Але на зміну лампам прийшли напівпровідники: транзистори, мікросхеми.

На сьогоднішній день напівпровідники набули широкого поширення в електроніці. Вони застосовуються практично у всіх пристроях, якими ми користуємося.

Тому мета роботи розглянути основні властивості напівпровідників, їх використання в техніці; розглянути властивості напівпровідникового діода, транзисторів.

Для досягнення даної мети автором були поставлені такі завдання:

1. Розглянути фізичні властивості напівпровідників
2. Розглянути домішкову провідність напівпровідників
3. Розглянути напівпровідниковий діод
4. Розглянути транзистор

Для початку давайте розглянемо фізичні властивості напівпровідників:

1. Характерна особливість напівпровідників - зростання електропровідності зі зростанням температури, при низьких температурах електропровідність мала. При температурі близькій до абсолютного нуля напівпровідники мають властивості ізоляторів .

2. Властивість односторонньої провідності контакту двох напівпровідників. Саме ця властивість використовується при створенні різноманітних напівпровідникових приладів: діодів, транзисторів, тиристорів та ін.

Контакти різних напівпровідників в певних умовах при освітленні або нагріванні є джерелами фото - е. Р. с. або, відповідно, термо - е. р. с.

Зараз ми розглянемо домішкову провідність напівпровідників

Домішковою провідністю напівпровідників називають їхню електропровідність, зумовлену наявністю домішкових центрів. Домішковими центрами (домішками) вважають:

- атоми сторонніх елементів;
- надлишкові атоми елементів, що входять до напівпровідників;
- всілякі дефекти кристалічних ґраток: порожні вузли, атоми або іони, вкраплені між вузлами ґратки, зсуви, пов'язані з пластичною деформацією кристала, тріщини тощо.

Домішки вносять зміни у періодичне електричне поле кристала і впливають на рух електронів та їхні енергетичні стани. Енергетичні рівні валентних електронів домішкових атомів не розташовуються у дозволених енергетичних зонах основного кристала, а утворюють домішкові енергетичні рівні (локальні рівні), що розташовані у забороненій зоні.

У результаті переведення електронів з донорних рівнів у зону провідності у напівпровіднику виникає електронна домішкова провідність. Напівпровідники такого типу називають електронними або напівпровідниками n-типу

Для випадку тривалентної домішки (бор, алюміній, індій) у кристалі германію бракує одного електрона для утворення ковалентних зв'язків з 4-ма сусідніми атомами германію. Цей електрон можна отримати з валентної зони напівпровідника з утворенням у цій зоні дірки. Такі домішки називають акцепторними. Такі домішкові напівпровідники мають за низької температури діркову провідність або провідність р-типу а напівпровідники називають напівпровідниками р-типу

Ми розглянули фізичні властивості, а також домішкову провідність напівпровідників. Зараз ми розглянемо їх застосування. І почнемо ми з напівпровідникового діода

Діод — електронний прилад з двома електродами, що пропускає електричний струм лише в одному напрямі. Застосовується у радіотехніці, електроніці, енергетиці та в інших

галузях, переважно для випрямлення змінного електричного струму, детектування, перетворення та помноження частоти, а також для переключення електричних кіл.

Діоди виготовляють з кремнію, германію, селену та інших напівпровідників.

При оберненій напрузі, більшій за 60В, настає пробій — різке збільшення струму, яке використовується в роботі лавинних діодів та діодів Зенера. При оберненій напрузі, меншій ніж 60В, існує тільки малий струм насичення, здебільшого, порядку мікроамперів. При прикладенні напруги в прямому напрямку, струм зростає експоненційно, залишаючись малим до напруги, — напруги відкриття діода. Ця напруга може бути різною, в залежності від типу діода, — від 0,2 В для діодів Шоткі, до 4 В у блакитних світлодіодів.

Ми переходимо до розгляду транзисторів

Транзистор — напівпровідниковий елемент електронної техніки, який дозволяє керувати струмом, що протікає крізь нього, за допомогою зміни вхідної напруги або струму, поданих на базу, або інший електрод. Невелика зміна вхідних величин, може призводити до суттєво більшої зміни вихідної напруги та струму. Транзистори, є основними елементами сучасної електроніки. Зазвичай вони застосовуються в підсилювачах і логічних електронних схемах. У мікросхемах в єдиний функціональний блок об'єднані тисячі й мільйони окремих транзисторів. За будовою та принципом дії, транзистори поділяють на два великі класи: біполярні транзистори (БТ) й польові транзистори (ПТ). До кожного з цих класів входять численні типи транзисторів, що відрізняються за будовою і характеристиками. Позначення біполярних транзисторів на схемах рис.5 напрямком стрілки показує напрямок струму через емітерний перехід, і служить для ідентифікації n-p-n і p-n-p транзисторів.

Дія біполярного транзистора базується на використанні двох p-n-переходів між базою та емітером і базою та колектором. В області p-n-переходів виникають шари просторового заряду, між якими лежить тонка нейтральна база. Якщо між базою й емітером створити напругу в прямому напрямку, то носії заряду інjektуються в базу й дифундують до колектора. Оскільки вони є неосновними носіями в базі, то легко проникають через p-n-перехід між базою й колектором. База виготовляється достатньо тонкою, щоб носії заряду не встигли прорекомбінувати, створивши значний струм бази. Якщо між базою й емітером прикласти запірну напругу, то струм через ділянку колектор-емітер не протікатиме.

Існує кілька режимів роботи транзисторів

1. Активний режим

Активному режиму роботи транзистора відповідає відкритий стан емітерного переходу і закритий колекторний перехід. В цьому режимі переходи транзистора мають різну ширину: закритий колекторний перехід значно ширший ніж відкритий емітерний перехід.

2. Інверсний режим

Інверсний режим роботи біполярного транзистора аналогічний активному режиму з відмінністю лише в тому, що в цьому режимі у відкритому стані знаходиться колекторний перехід, а в закритому — емітерний.

3. Режим насичення

В режимі насичення обидва переходи транзистора знаходяться у відкритому стані. В цьому режимі електрони і з емітера, і з колектора рухаються в базу, внаслідок чого в структурі протікають два зустрічних наскрізних потоки електронів (нормальний та інверсний).

4. режим відсічення

В даному режимі колекторний рп перехід зміщений у зворотному напрямку, а на емітерний перехід може бути подано як зворотне, так і пряме зміщення, що не перевищує граничного значення, при якому починається емісія неосновних носіїв заряду в область бази з емітера (для кремнієвих транзисторів приблизно 0, 6-0,7 В).

Схеми включення:

- Зі спільним колектором (СК) — вхідний сигнал подається на базу, а знімається з емітера. Застосовується для підсилення струму. Характеризується високим коефіцієнтом

підсиленням струму і коефіцієнтом передачі напруги близьким до одиниці (але меншим від неї).

- Зі спільним емітером (СЕ) — вхідний сигнал подається на базу, а знімається з колектора. У цьому разі фаза вихідного сигналу є протилежною до фази вхідного сигналу. Забезпечує підсилення як струму, так і напруги.

- Зі спільною базою (СБ) — характеризується відсутністю підсилення по струму (коефіцієнт передачі близький до одиниці, але менший від неї), високим коефіцієнтом підсилення напруги і помірним (в порівнянні зі схемою зі спільним емітером) коефіцієнтом підсилення потужності. Вхідний сигнал подається на емітер, а вихідний знімається з колектора. Особливістю схеми зі спільною базою є мінімальний серед трьох

Висновок

Ми коротко розглянули основні властивості напівпровідників. З'ясували, де вони застосовуються: діоди, транзистори, світлодіоди, і таке інше. Ми торкнулися малої частини великої теми - напівпровідники. Але все ж краще починаю з самого простого. І я вважаю, що для базового розуміння цієї теми, ми зробили досить, торкнулися однієї з основних компонентів електроніки - діодів і транзисторів. З'ясували їх властивості, способи підключення, їх застосування.

Дізналися, що за допомогою транзисторів можна, як посилити сигнал, так і управляти струмом між його двома висновками. А діоди служать для випрямлення змінного струму, так як вони пропускають струм в один напрямок.

І в кінець ми може сказати з упевненістю, що напівпровідники це дуже потрібні і корисні матеріали, без яких не можливо було б те, що є у нас зараз: телевізори, телефони, комп'ютери та ін, а створення нових напівпровідників питання майбутнього.

Перелік посилань:

1. Основи технології напівпровідникових матеріалів : навч. посіб. / І. В. Курило, С. К. Губа ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2012. – 240 с. : іл. – Бібліогр.: с. 233-234 (18 назв). – ISBN 978-617-607-236-2
2. Фізика напівпровідників : підруч. для студентів ВНЗ / Ю. В. Попик ; М-во освіти і науки України, ДВНЗ "Ужгород. нац. ун-т". – Ужгород : ТОВ "ІВА", 2014. – 820 с. : іл. – Бібліогр.: с. 810-814 (117 назв). – ISBN 978-617-501-089-1
3. Фізичні основи напівпровідників та електронних структур : Навч. посіб. для студ. вищ. навч. техн. закл. / П. С. Кособуцький, М. В. Лобур, І. Є. Лопатинський; ред.: П. С. Кособуцький; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Л., 2001. - 347 с. - Бібліогр.: с.341-345.
4. Яворський Б. М. Довідник з фізики: для інженерів та студентів вищих навч. закладів / Б. М. Яворський, А. А. Детлаф, А. К. Лебедев. — Т. : Навчальна книга-Богдан, 2005. — 1034 с. — ISBN 966-692-818-3.

Ключові слова:

напівпровідник, транзистор, діод, напруга, емітер

4. Енергетика та автоматизований електропривід

УДК 620.91: 621.341.572

Бензарь А.Є., студент (anton.benzar@donntu.edu.ua)

Тютюнник Н.Л., ст. викладач (natalia.tiutiunnyk@donntu.edu.ua)

ДВНЗ „Донецький національний технічний університет”, м. Покровськ, Україна

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ДВНЗ «ДонНТУ»

Сучасне життя неможливо уявити без щоденного використання електроенергії. І з кожним роком споживання енергетичних ресурсів збільшується. Оскільки запаси планети Земля не безмежні, то ефективне ресурсозбереження стратегічно актуальне як в масштабі України, так і в масштабі Покровська і навіть університету.

Нижче наведені дані для порівняння. А саме: фактична інсоляція і роза вітрів із середніми значеннями. Аналізуючи дані показники і з огляду на специфіку Донецької області, ми приходимо до висновку, що установка і експлуатація сонячних панелей буде більш ефективна ніж вітроустановок щодо міста Покровська.

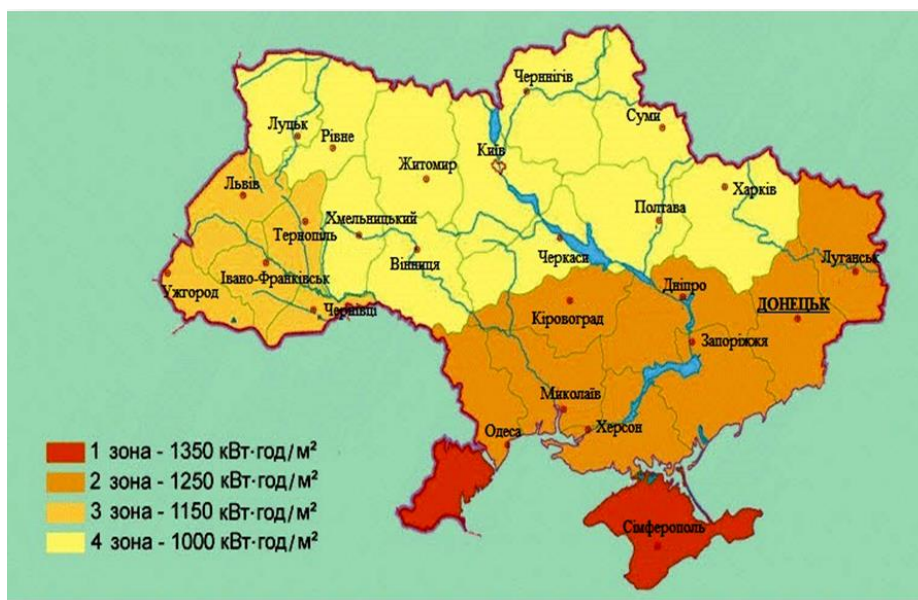


Рисунок 1 – Мапа сонячного випромінювання України (інсоляція)

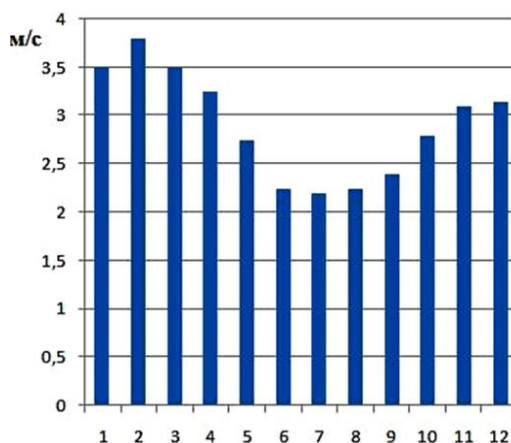


Рисунок 2 – Середня швидкість вітру за місяць в Донецькій області (Роза вітрів)

Ідея полягає у зміні системи електропостачання університету на автономну з використанням сонячних панелей і мережевого інвертора. Це дозволить як покривати власні потреби, так і продавати зайву електричну енергію в мережу. Схема розташування елементів наведена нижче.

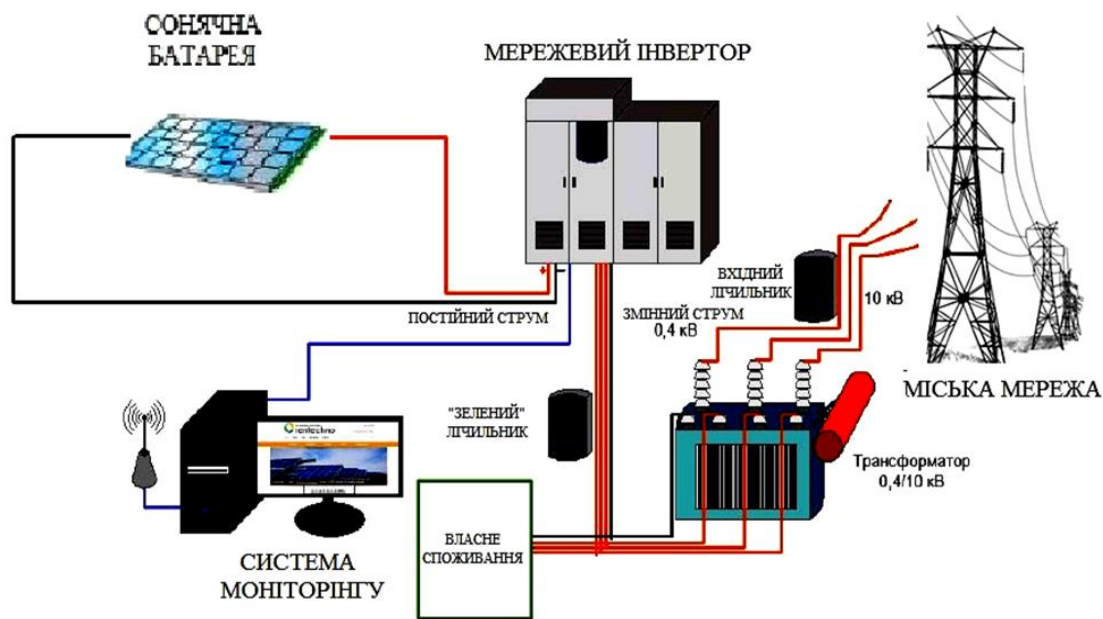


Рисунок 3 – Мережева сонячна електростанція

Враховуючи кути повороту сонця протягом доби, розташування панелей варто вибрати на даху, оскільки саме при такому розміщенні виходить максимальний ККД. Площа дахів корпусів університету близько 5000 м².

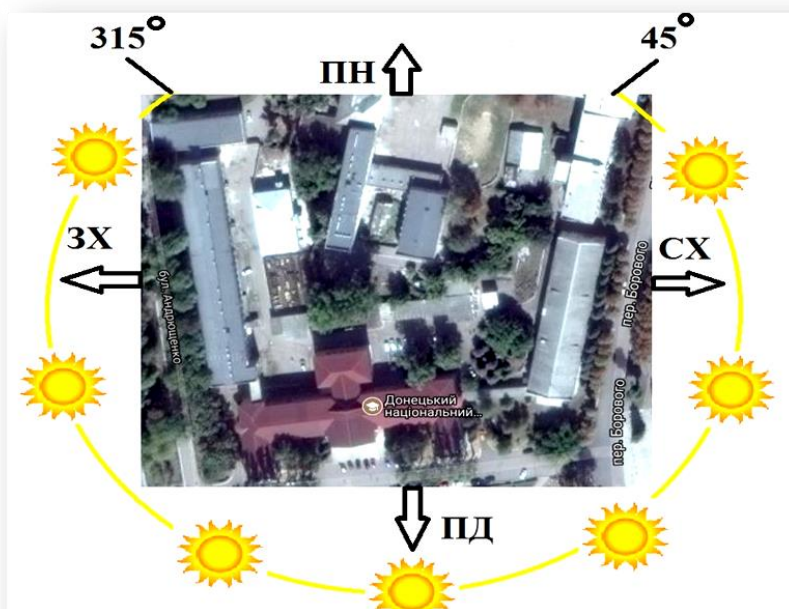


Рисунок 4 – Рух сонця протягом дня

При сприятливих умовах, одна сонячна панель виробляє до 250 Вт енергії в годину. Покривши хоча б 1500 м² даху панелями, отримаємо продуктивність достатню для покриття потреби університету. Взявши за основу об'єм споживаної електроенергії за 2016-2017 роки (рис. 5), знадобиться 932 сонячних панелей, 8 мережевих інверторів і 55 акумуляторних

батарей. Загальна вартість проекту може коливатися від 350 до 500 тис. грн з урахуванням нестабільного курсу долара до гривні.

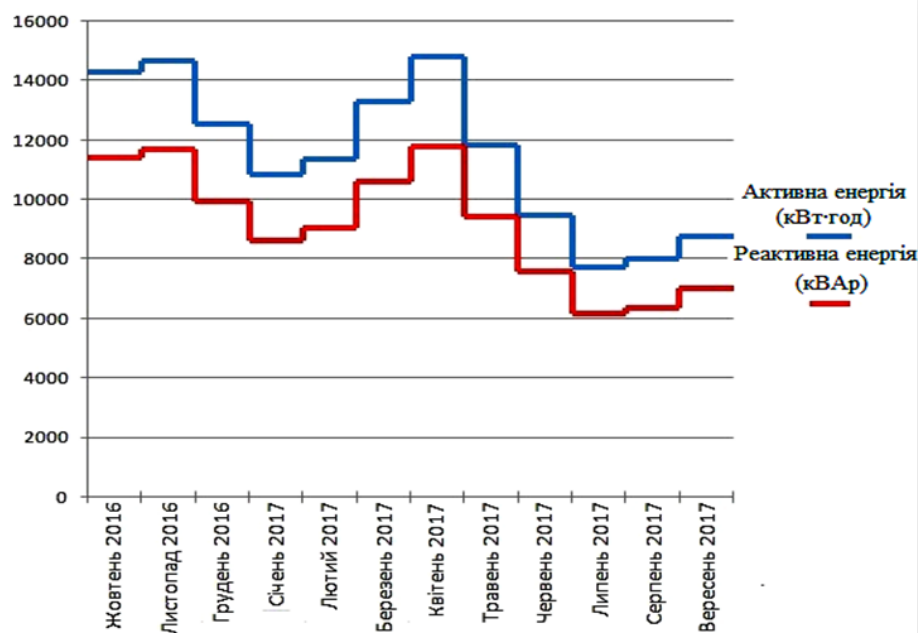


Рисунок 5 – Річний графік електроспоживання університетом

Порівнявши передбачувану вироблену і спожиту електроенергію на загальному графіку (Рисунок 6), бачимо, що низькі показники в зимовий період компенсуються надлишком виробленої енергії в літній період. Даний графік доводить, що крім споживання, ми можемо продавати електроенергію за зеленим тарифом, що буде сприяти більш швидкій окупності проекту.

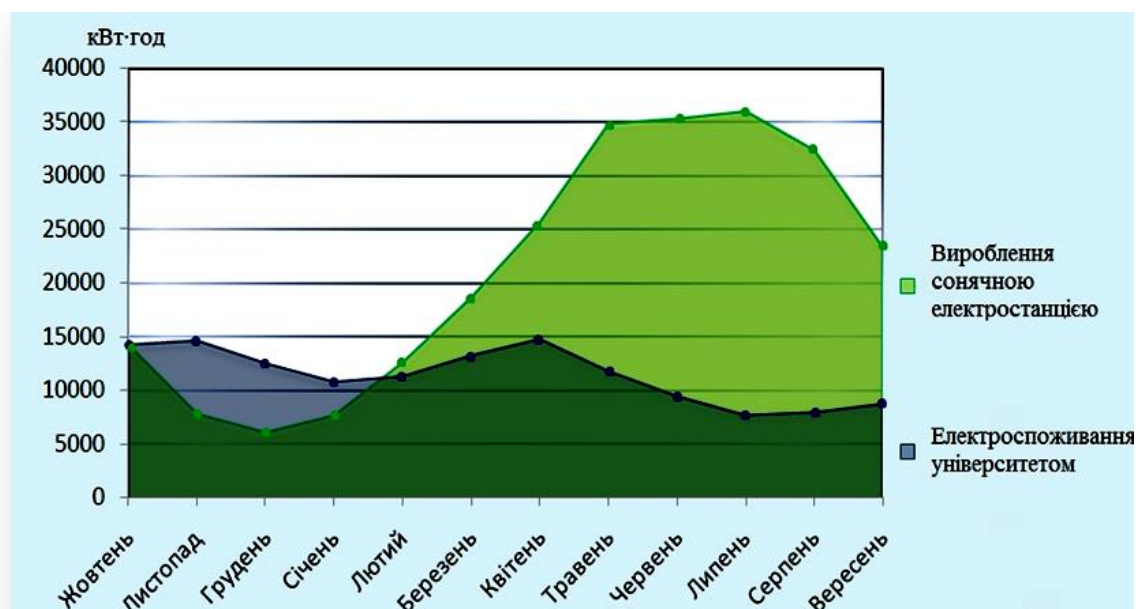


Рисунок 6 – Графік покриття електроспоживання університетом

В результаті досліджень мереж з використанням сонячних панелей, розроблена імітаційна модель (Рисунок 7). Вона включає в себе комунікаційне підключення всіх компонентів, названих раніше.

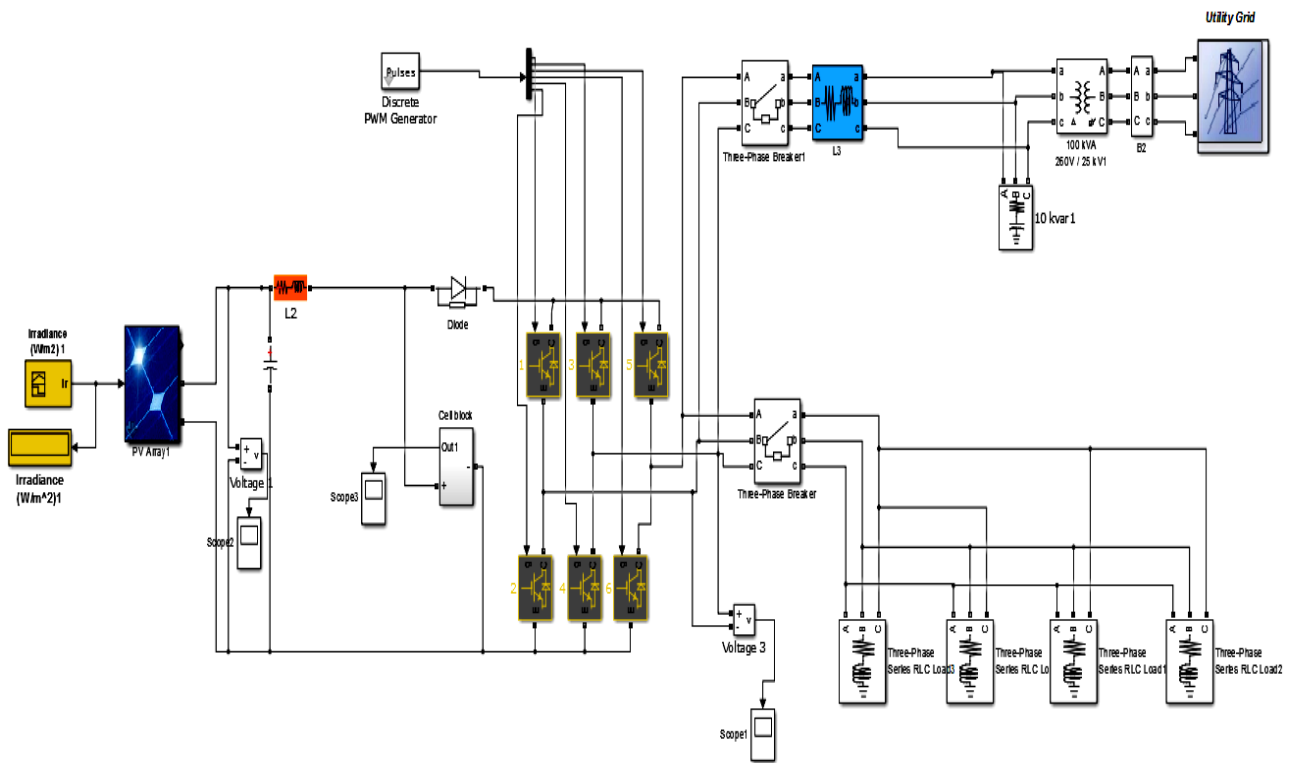


Рисунок 7 – Імітаційна модель мережі з використанням сонячних панелей

Підводячи підсумки, бачимо, що, реалізуючи проект, можна домогтися енергетичної автономності університету використовуючи власну площу. Незважаючи на те, що вартість проекту досить велика, вже приблизно через 5 років всі вкладення окупляться. Крім цього, використання сонячних панелей зберігає екологію і зменшує споживання невідновлюваних ресурсів.

Ключові слова:

енергозбереження, сонячна енергія, інвестор, екологія, ресурси

Гармаш Е.В., аспірантка (Alizabet1593@mail.ru)

Колларов О.Ю., зав.каф., к.т.н., доц., (kollarov@gmail.com)

ДВНЗ „Донецький національний технічний університет”, м. Покровськ, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕНЕРГОУСТАНОВОК ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ КОНЦЕНТРАТОРІВ ПОТОКУ

Для того щоб істотно підвищити ефективність роботи енергоустановок можна розрахувати використання концентраторів і потокоформуючих елементів.

Аналіз конструктивних рішень гідроенергетичних установок, показав, що використання нових технічних рішень потокоформуючих елементів значно покращує енергетичні показники таких установок.

Зокрема, для підвищення ефективності роботи гідроакумулюючих електростанцій (ГАЕС) пропонується використати наступну конструкцію водоприймача-водовипуску (рис. 1). Даний водоприймальний пристрій дозволяє змінювати форму поперечного перерізу водоприймальної камери і усувати кутові зони, найбільш несприятливі з гідравлічної точки зору. Цим забезпечується зниження втрат напору у водоприймачі-водовипуску ГАЕС [1].

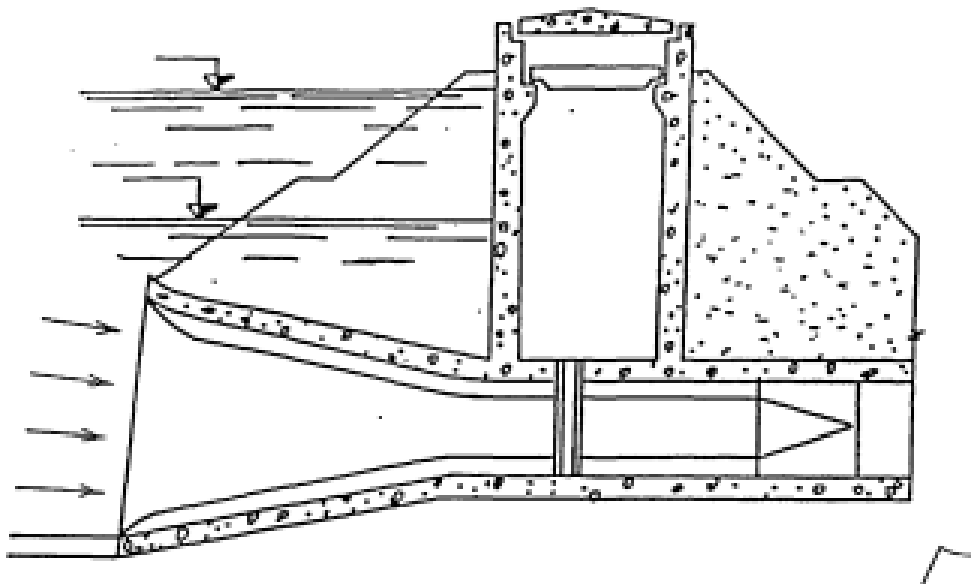


Рисунок 1 - Водоприймач-водовипуск з рухомими кутовими елементами..

Якщо конструкцію використовувати в низовому водоприймачі ГАЕС, що безпосередньо примикає до робочого колеса, то додатково до сказаного можна забезпечити підвищення ККД агрегату і зниження пульсації тиску через більш плавне підведення води до робочого колеса. Недоліком конструкції водоприймача-водовипуску ГАЕС є те, що у відомому пристрої підвищені втрати енергії на подолання потоком досить великої довжини водоприймальної-водовипускної камери..

Наступна конструкція водоприймального пристрою гідротехнічної споруди [2] забезпечує напрям водного потоку та формує розтрубну водоприймальну камеру. Схема пристрою наведена на рис. 2

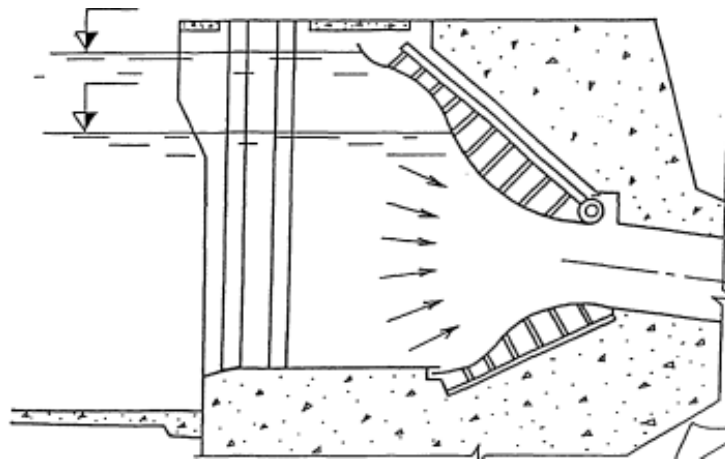


Рисунок 2 - Водоприймач з рухомими гнучкими стінками.

Як випливає з рисунка, крім зміни раструбности в цій конструкції, можливо, забезпечити різну форму водоприймальної камери.

Це дуже важливо для забезпечення оптимального обриси водоприймача при його роботі в різних режимах і при різних рівнях водив водосховище.

Недоліком даної конструкції є те, що верхня і нижня межі вхідного оголовка напірного водоводу, складаються із більшої кількості рухомих частин, а це значно зменшує надійність роботи і термін експлуатації всієї конструкції. Вплив концентраторів потоку досить ефективно проявляє себе не тільки в межах потокопроводящего тракту, але і поза ним.

Зокрема, конструкція водоприймача-водовипуску ГАЕС [1], передбачає установку стінки біля водоприймального отвору. При роботі ГАЕС у насосному режимі в результаті впливу цієї стінки потік води відкидається вгору шари водосховища (рис. 3). Цим істотно зменшується довжина аванкамери, що піддається впливу великих швидкостей потоку. Створення сприятливого режиму в аванкамері призведе до зменшення витрат кріплення дна аванкамери, дослідно, до підвищення ефективності водоприймального пристрою. При зміні режиму роботи, стінка автоматично укладається на дно, зменшуючи тим самим опір потоку в турбінному режимі.

До недоліків цієї конструкції так само можна віднести наявність рухомих частин, що позначається на зменшенні надійності роботи і терміну служби всієї установки.

Сифонний водовипуск [4] і всмоктувально-відсмоктувальна труба [5] так само є концентраторами потоку гідроенергетичних установок. Конструктивні рішення, яких наведені на рис. 1.3, а і 1.3.6. Сутність цих технічних рішень полягає в тому, що вони здатні автоматично змінювати кут раструбности при переході від турбінного режиму в насосний і навпаки. При цьому не потрібно стежати систем і складного обладнання. Зміна геометричних параметрів проводиться автоматично під дією зміни напрямку водного потоку.

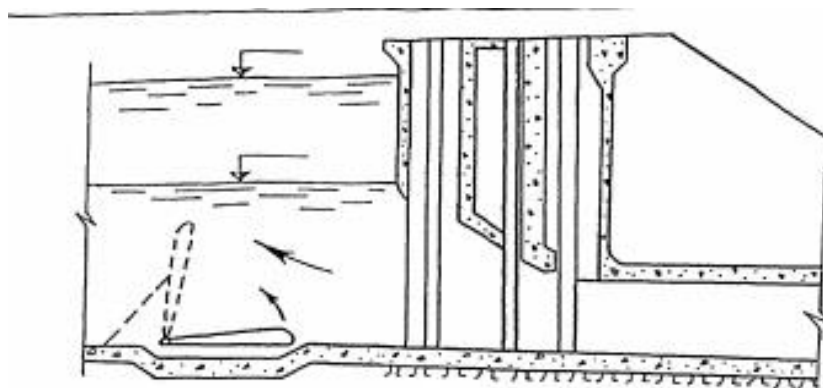


Рисунок 3 - Водоприймач-водовипуск з автоматично встановлюється захисною

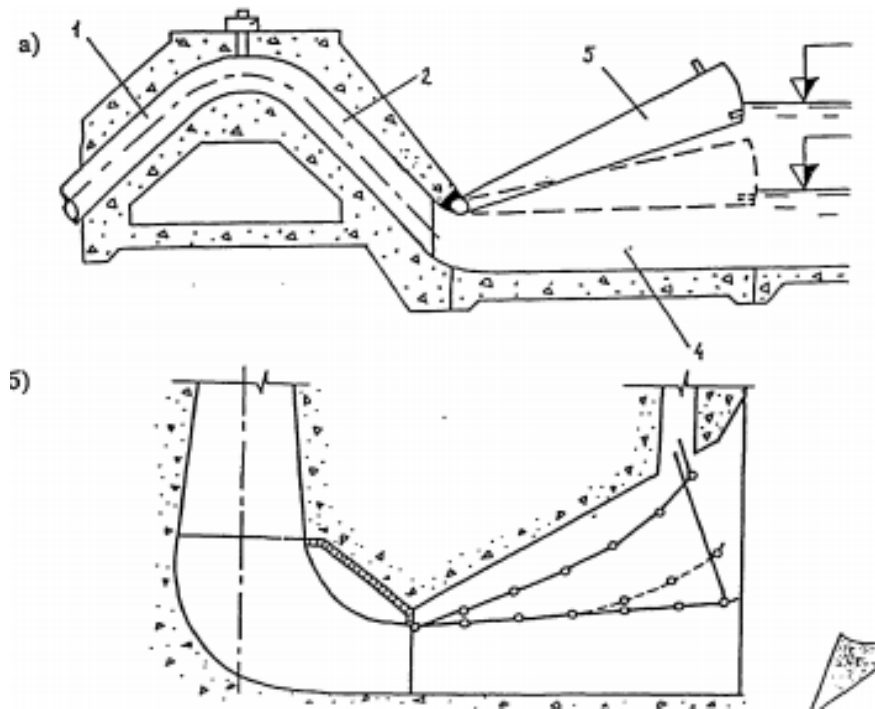


Рисунок 4 - Водовипускні пристрої зі змінною розтрубністю: а) сифонного типу; Б) колінчастого типу.

Дані конструкції водовипускних у будівництві, зокрема, колінчастого типу (рис. 4) містять рухомі елементи, як шарнірно з'єднаних між собою секцій, які в процесі експлуатації відсмоктуючі труби знижують надійність всієї конструкції. Крім цього, існує ймовірність відмови в роботі рухомих секцій стелі, що призведе до різкого погіршення гідравлічного режиму відвідного потоку і збільшення втрат. Вельми істотно підвищити ефективність вітроенергетичних установок дозволяє застосування концентраторів повітряного потоку.

Це обумовлено тим, що для швидкохідних ВЕА необхідні значні величини швидкостей вітру для забезпечення їх роботи (4 і більше м/с), оскільки в них для обертання вітротурбіни використовується ефект підйомної сили, що виникає при обтіканні потоком профільованих лопатей. При цьому максимальний коефіцієнт використання енергії вітру, досягнутий в сучасних умовах, може становити 35-40%.

Концентратори потоку являють собою конфузорной, диффузорного або комбіновані пристрої, що встановлюються в безпосередній близькості від вітротурбіни. В результаті їх дії підвищується швидкість вітру в зоні вітроколеса і, отже, коефіцієнт використання енергії вітрового потоку. Підвищення швидкості повітря забезпечує також збільшення потужності агрегату і вироблення електроенергії.

Типовим прикладом цього є вітроподвигун, показаний на рис. 5. Він має вхідний конфузур і вихідний дифузур, безпосередньо примикають до вітроколеса. Потік повітря, що закінчується через клиноподібні лотки, ежектірується в ВЕУ зовнішнім потоком. Наявність концентратора і ежектування істотно збільшують коефіцієнт використання енергії вітру [6]. Однак у даній конструкції концентратора конфузурний і диффузорним частинки нерухомі, що позначається на ефективності роботи конструкції. Крім того, пристрій вимагає великої матеріалоємності для створення конфузора і дифузора, що призведе до збільшення вартості установки.

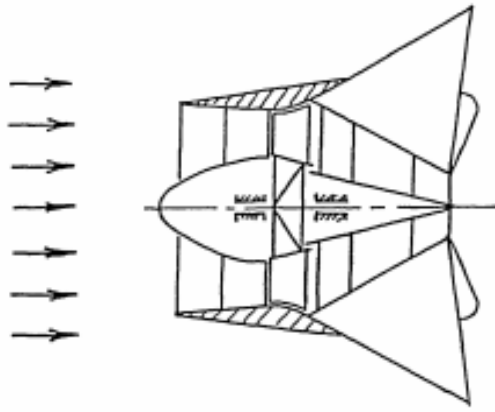


Рисунок 5 - Вітроагрегат з конфузорно-діфузорним концентратором.

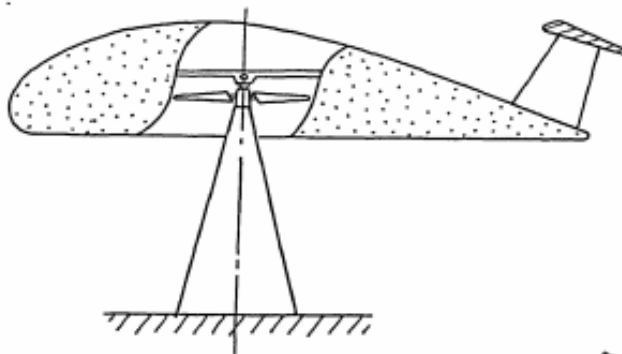


Рисунок 6 - Вітроагрегат з саморегулюючим концентратором крилоподібної форми

Існує конструкція концентратора ВЕА [11] виконаного крилоподібні за формою з внутрішньої робочою порожниною для установки вітроколеса (рис. 6.). Кріплення концентратора передбачено за допомогою шарніра. Вітроагрегат забезпечений саморегулюючим пристроєм, у якого при зміні швидкості обертання змінюється момент інерції. У процесі роботи агрегату зміна швидкості вітру змінює підйомну силу і перепад тиску на концентраторі. За рахунок цього починає підвищуватися частота обертання вітроколеса і автоматично включиться в дію регулюючий механізм, який і приведе до зміни кута нахилу концентратора і підтримання постійної величини швидкості обертання колеса.

Незважаючи на автоматичну роботу вітро агрегат представлений на рис. 6 , досить громіздкий і складний в експлуатації, в ньому є додаткове регулюючий пристрій. Ці негативні фактори ускладнюють його практичне застосування. На рис. 7 наводиться схема вітроагрегата з концентратором потоку у вигляді витягнутої башти, що має нижній повітро збірники верхній ежектірующее оголовки [7]. У вежі розміщена вітротурбіну колінеарного типу з вертикальною віссю. Установка забезпечена додатковим і потоку напрямними пластинами і кільцем, завдяки яких забезпечується примусовою параметрами. Дана конструкція концентратора досить ефективна і володіє істотною міцністю і довговічністю, проте відрізняється великою матеріаломісткістю, а отже буде мати велику вартість.

Далі, на рис. 8 показано ортогональний агрегат з рознесеними в плані вертикальними прямими лопатками. Незаперечною позитивною властивістю такого вітроагрегату є можливість відновлення енергії вітрового потоку, що пройшов на вітряний ряд лопатей завдяки вертикальному енергообміну. В результаті цього на лопаті підвітряного ряду діє потік повітря з великою енергією, і ККД ВЕУ зростає. Представлені конструкції концентраторів (рис. 7 та 8) досить ефективні і володіють істотною міцністю і довговічністю, проте відрізняються значною матеріаломісткістю, а, отже, будуть мати високу вартість

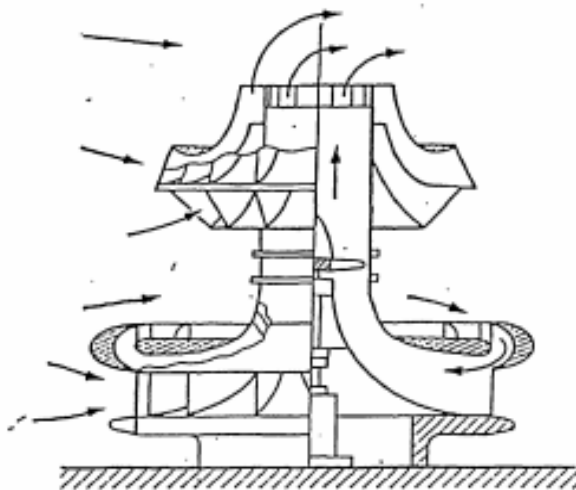


Рисунок 7 - Вертикально-осьовий вітроагрегат колінеарного типас витяжною вежею

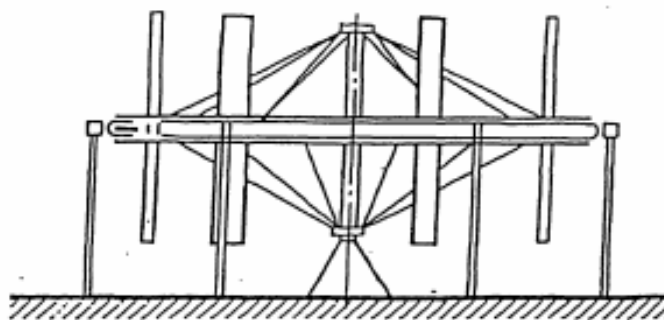


Рисунок 8 - Вітроагрегат з вертикальним і прямими лопатями.

Використання концентраторів для ВЕА дозволяє не тільки забезпечити їх ефективну роботу, але і зменшити негативний вплив ЗЕА на навколишнє середовище. При експлуатації вітроенергетичних установок, виникає небезпека для орнітофауни (ураження птахів). Крім цього, в аварійних ситуаціях можливий відліт пошкоджених частин вітроколеса. Зниження зазначених факторів можна забезпечити за рахунок використання наступної конструкції концентратора ВЕА [8]. Сутність його вслід.

З метою захисту вітроколеса і зниження матеріаломісткості ВЕУ, вітроагрегат (рис. 9), забезпечений концентратором повітряного потоку, виконаним з дешевого матеріалу і складається з двох частин: конфузорної, розміщеної перед вітроколеса і диффузорної - за ним. ВЕУ забезпечений також флюгерами у вигляді вертикальних пластин і крилоподібні профілем, закріпленим наторцах флюгерів, службовцям для підйому гнучкої частини конфузора в робоче положення. Для регулювання ступеня впливу вітру на вітроагрегат крилоподібний профіль встановлений з можливістю повороту щодо горизонтальній осі. До недоліків даної конструкції можна віднести те, що в цьому пристрої необхідний механізм для розвороту вітроагрегата за вітром, що знижує ефективність його роботи, велика матеріаломісткість, а, отже, і вартість, а також низька надійність з-за значного видалення масивних частинок (вітроколеса і вихідний частини концентратора) отстойкі. Таке видалення буде викликати вигин осі вітроколеса і стійки, а, отже, і часту поломку.

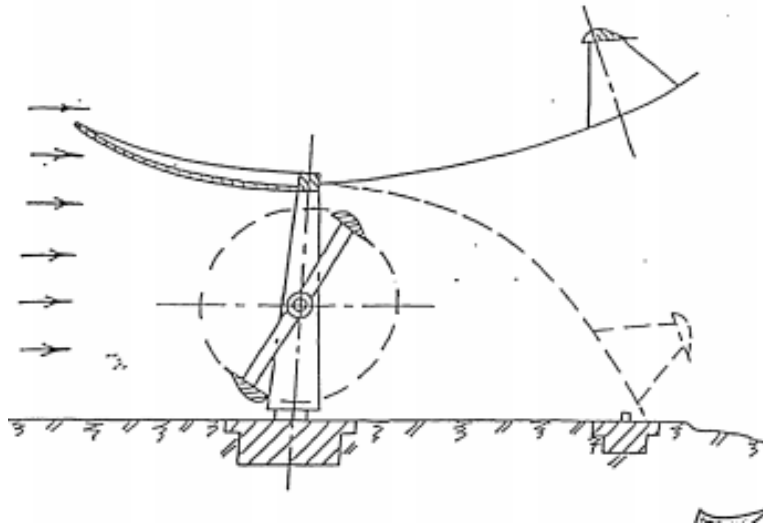


Рисунок 9 - Вітроагрегат з рухомим конфузотно-діфузотним концентратоном.

Таким чином, найбільш перспективними для практичного використання є енергетичні установкн, постачання потокоформуючими елементами і концентратоми потоку. У цьому випадку екологічні умови і вимоги ефективної роботи енергоустановки забезпечуються автоматично безслідних і регулюючих систем.

Концентратори, навіть найпростішої конструкції, досить ефективні для вітроустановок. Вони дозволяють використовувати малі швидкості ветропотока і істотно підвищити потужність і вироблення електроенергії. Однак, досягнення науки і техніки, постійне зростання вимог, щодо зниження негативного впливу і захисту навколишнього середовища, підвищення ефективності і економічності енергоустановок, рівня надійності та безпеки їх експлуатації, збільшення ступеня корисного використання при рідної відновлюваної енергії та зменшення матеріаломісткості, все це є основними причинами вдосконалення конструктивних рішень енергоустановок з концентратоми потоку.

Перелік посилань:

1. Водоприемник-водовыпуск гидроаккумулирующей электростанции / Васильев Ю.С, Кукушкин В.А., Беляев С.Г., Бальзанников М.И.-А.с.1289954.-1987.-Бюл.№6.
2. Водоприемник гидротехнического сооружения / Васильев Ю.С, Коновалов А.Б., Кукушкин В.А., Хлебников С.П., Бальзанников М.И.-А.с.1155665. -1985.-БЮЛ.№18.
3. Водовыпуск/Бальзанников М.И., Орлова А.А., Учаев А.В., Елистратов В.В.-А.с.1705484.-199 2-Бюл.№2.
- 4.Отсасывающая труба гидроагрегата /ФинкА.К., Колесниченко А.И., Губин М.Ф.-Патент№2033496.-Бюл.№11 .
5. Ветродвигатель/ПетинОВ.И.-А.с.1592572.-1990.-Бюл.№34.
6. Бальзанников М.И. Направления совершенствования конструкций ветроэнергетических агрегатов // Энергетическое строительство.-1994.-№10 . -С .14-24.
- 7..Ветроагрегат/Бальзанников М.И.-Патент№2062352.-1996.-Бюл. №17.

Ключові слова: енергоустановка, концентратор потоку, гідроенергетична установка, водоприймач, вітродвигун, вітроагрегат, відновлююча енергія.

Остренко. Д.О., студент (dmytro.ostrenko@gmail.com)

Колларов Олександр Юрійович, к.т.н. доц. зав. каф. ЕЛІН (kollarov@gmail.com)

ДВНЗ „Донецький національний технічний університет”, м. Покровськ, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Популярний нині термін «Інтелектуальна мережа» (або в англійській літературі «Smart grid») має декілька визначень. Однак всі вони зводяться до того, що така мережа повинна забезпечувати:

- отримання інформації від постачальників електроенергії про її генерацію;
- отримання інформації від споживачів про витрату електроенергії;
- управління як виробництвом, так і споживанням електроенергії. [1]

Причому все це має відбуватись в режимі реального часу і мати за мету - досягнення максимальної ефективності роботи кожного елемента в енергосистемі. Тож перед інтелектуальними мережами постають досить складні завдання і саме тому створення такої системи, вимагає установки великої кількості мережевих вимірювальних пристроїв і модернізація вже існуючих електромереж, вимагає великих витрат як часу, так і фінансів. Однак країни ЄС та США вже почали поступову модернізацію своїх енергомереж, впроваджуючи якщо і не всю систему Smart grid, то її окремі елементи, Smart Grid просувається в усьому світі. Різні країни інвестують у трансформацію своїх традиційних електромереж до рівня Smart Grid. Для цього вони перепрофілювати цілі організації [2].

Сучасна концепція інтелектуальних мереж зображена на рисунку 1.

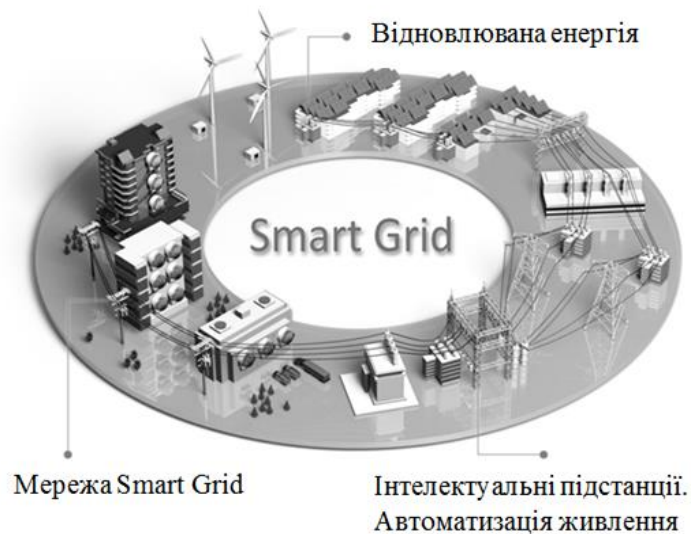


Рисунок 1 – Концепція Smart Grid

Гарно продумана система управління може включати всі функціональні складові як органічне ціле і задовольняти потреби, що ставлять до мережі. Майбутній план щодо розвитку інтелектуальної системи зображений на рисунку 2.

Десять років назад в ЄС був реалізований пілотний проект віртуальної електростанції. Завдяки використанню сучасних інформаційних технологій, виявилось можливим управляти з єдиного центру безліччю дрібних виробників електроенергії: вітрогенераторів, сонячних станцій невеликої потужності, установок на біогазі, установок на водні та інше., а також пристроями, що запасують вироблену електричну потужність (таким, як акумуляторними батареями) в разі її перевиробництва. Головним досягненням цього проекту стала організація стійкої і передбачуваної роботи такої віртуальної електростанції, яка складається з безлічі

(сотні і тисячі) малопотужних і до того ж і нестабільних генераторів, що змінюють обсяг вироблюваної електроенергії в залежності від часу доби і погодних умов.



Рисунок 2 - Мета для Smart Grid.

В наш час (на 2015й рік) в країнах ЄС реалізується більше 280 дослідних і демонстраційних проектів в області Smart grid. На це в 30 європейських країнах передбачено витратити понад два млрд. євро - дуже мала частина суми, необхідної на переоснащення всіх європейських енергомереж[2].

Однією з найважливіших технологій для забезпечення роботи Smart grid вважається механізм управління гнучким виробничим модулем (cell controller). Це проект здійснений на практиці в Данії. До впровадження системи «віртуальної» електростанції ця територія лише частково задовольняла свої потреби в електроенергії за рахунок власної генерації. А тепер при сильних швидкостях вітру, країна перетворюється в постачальника електроенергії. Створена при реалізації проекту система, яка регулює поставки електроенергії споживачам, показала високу стійкість і хорошу керованість. Можна сказати, що на даний момент ця найвдаліший локальний проект реалізації системи Smart grid на практиці.

Висновки: В роботі було розглянуто стан питання в області інтелектуальних систем Smart grid. Наведено принцип побудови сучасної інтелектуальної мережі та дано прогноз на майбутнє, а саме збільшення їх ролі (або дольової частки) в енергетичному секторі країн ЄС та США, що у свою чергу пов'язано із різким зростанням потреб в електричній енергії виробленої альтернативними джерелами - сонячним станціям, вітровим та іншими.

Список використаних джерел:

1. Electronic resource: <https://alternativenergy.ru/vetroenergetika/81-raschet-vetrogeneratora.html> (reference date 01.05.19).
2. Електронна стаття В.Семенова в International Electrotechnical Magazine з теми "Технология Smart grid и будущее мировой электроэнергетики."
3. Стаття «Smart Grid Research: Control Systems - IEEE Vision for Smart Grid Controls: 2030 and Beyond Reference Model», автора Anuradha Annaswamy.

Ключові слова: МРРТ, Інтелектуальна система, користувач, енергомережа

Косухіна О.С., к.т.н., доц. (e_kos@ukr.net)

Косухін О.В., аспірант (kosukhin24@gmail.com)

Поляков Р.М., аспірант (polykov@ukr.net)

О.М.С'янов, д.т.н., проф. (alexandr.sianov@gmail.com)

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПАРАМЕТРІВ ДВОКОТУШКОВОЇ І СТРИЖНЕВОЇ КОНСТРУКЦІЙ ІНДУКЦІЙНОГО РЕОСТАТУ

Основним завданням при розробці й створенні індукційних реостатів (ІР) [1] є одержання якомога більших меж зміни еквівалентних електромагнітних параметрів при мінімальних масогабаритних показниках і високій технологічності виготовлення. Досвід експлуатації ІР показує, що їхня якість повинна оцінюватися не за одним критерієм, а за їх рядом. При цьому слід зазначити значну кількість і розмаїтість параметрів, що характеризують ІР. До них відносяться геометричні розміри конструктивних елементів, характеристики електротехнічних, магнітних і ізоляційних матеріалів, обмоткові дані, параметри живлячої напруги й т.ін. У деяких випадках загальне число параметрів може досягати десятків і навіть сотень. При цьому такі параметри, як геометричні розміри, є безперервними величинами, а інші, наприклад число витків, - дискретними.

Розмаїття параметрів проявляється також і в тім, що одні з них, які характеризують безпосередньо ІР, є незмінними у часі, а інші, наприклад, зовнішні впливи по колу живлення, залежать від часу.

Складність геометричних форм ІР, необхідність врахування нелінійних властивостей матеріалів, а також усе більш жорсткі вимоги, що висуваються на практиці до точності електромагнітних розрахунків, з одного боку, вказують на обмежену область застосування аналітичних методів, а з іншого боку, підкреслюють актуальність розробки універсальних чисельних алгоритмів, орієнтованих на застосування сучасних ЕОМ. Маючи у своєму розпорядженні такі алгоритми, що дозволяють варіювати геометрією, властивостями матеріалів і інших характеристик, з'являється можливість замінити тривалий і дорогий експеримент швидким і ефективним розрахунком різних варіантів конструкції з наступним вибором раціональнішої. При цьому створюються передумови для автоматизації проектування ІР. Отже, на сучасному етапі для проектування ІР повинні застосовуватися підходи, що базуються на чисельних методах і моделях.

Розробка методик визначення електромагнітних параметрів ІР залежно від різних факторів, що при цьому впливають, представляє на сьогоднішній день одну з найбільш актуальних задач.

Розмаїття форм виконання осередів ІР, а також їхнє взаємне розташування щодо обмоток викликають таке ж розмаїття особливостей фізичних процесів, що протікають у них. В основному це пов'язано з нерівномірністю розподілу магнітного потоку у перетині, внутрішньому й зовнішньому периметрам. Ця нерівномірність залежить від форм виконання ІР і їхнього взаємного розташування, а також електромагнітних властивостей застосовуваних матеріалів. Тому практично всі електромагнітні параметри ІР є нелінійними.

Рівняння для тривимірної польової задачі відносно векторного магнітного потенціалу, яке описує електромагнітне поле в ІР, в декартовій системі координат має вигляд [2]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial A}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu \frac{\partial A}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu \frac{\partial A}{\partial z} \right) + \sigma \frac{\partial A}{\partial t} = J, \quad (1)$$

де A – векторний магнітний потенціал; σ – питома провідність середовища; x, y, z – координати області; J – щільність струму.

Щільність струму в обмотці ІР визначається за виразом:

$$J = \frac{N_{wr} i}{S_{wr}}, \quad (2)$$

де N_{wr} – число витків фази обмотки ІР; S_{wr} – площа, яку займає котушка.

Напруга розраховується таким чином:

$$u_{02} = r_{02} i_{02} + \frac{N_{wr} l}{S_{wr}} \int_{S_{wr}} \frac{\partial A}{\partial t} dS_{wr}, \quad (3)$$

де r_{02} – активний опір в котушці; i_{02} – струм в котушці; N_{wr} – кількість витків котушки ІР; l – довжина витка.

Тоді повна тривимірна математична модель ІР в польовій постановці матиме вигляд [3]:

$$-\nabla(\mu \nabla A) = \begin{cases} 0 & \text{в повітряному просторі} \\ -\sigma \frac{\partial A}{\partial t} & \text{в екрані ІР} \\ \frac{N_{wr} i_{02}}{S_{wr}} & \text{в котушці ІР} \end{cases} \quad (4)$$

Опираючись на розроблену математичну модель ІР у польовій постановці [2], у роботі досліджено електромагнітні параметри двокотушкової і стрижневої конструкцій (рис. 1, 2).

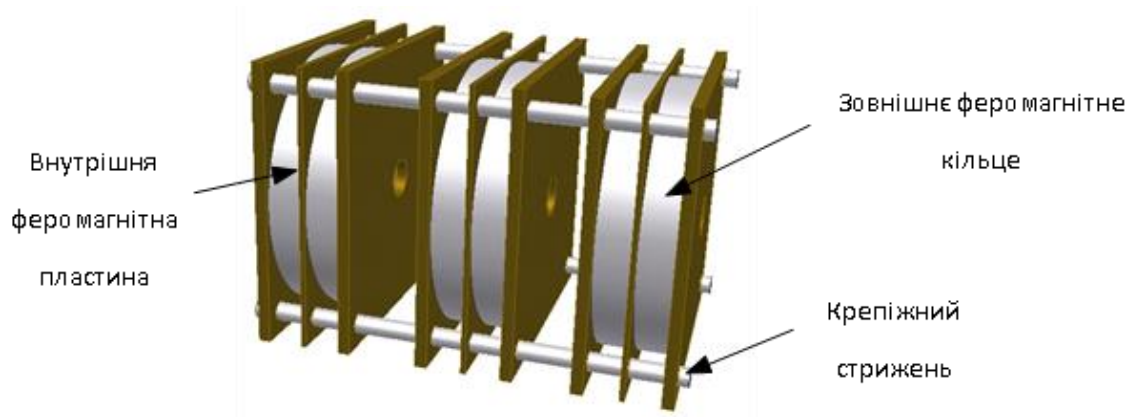


Рисунок 1 – Двокотушкова конструкція ІР

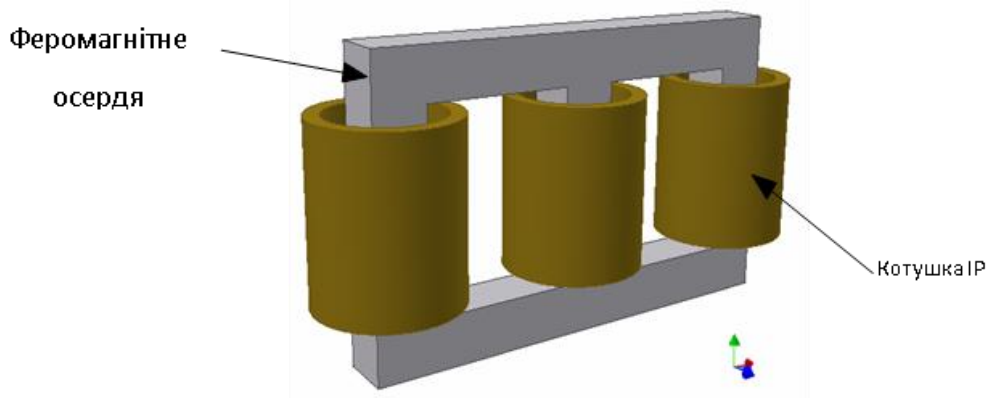


Рисунок 2 – Стрижнева конструкція ІР

Масивні феромагнітні частини даних конструкцій виготовлені зі сталі Ст3. Обмотка намотана проводом ПСД перетином 8,5х1,2 мм із числом витків $w = 60$.

Розглянута двокотушкова конструкція ІР, на відміну від стрижневої, має повне екранування фаз обмоток. Напівфази кожної з котушок розділені між собою феромагнітною плитою. Кінцевоелементні моделі розглянутих конструкцій показані на рис. 3.

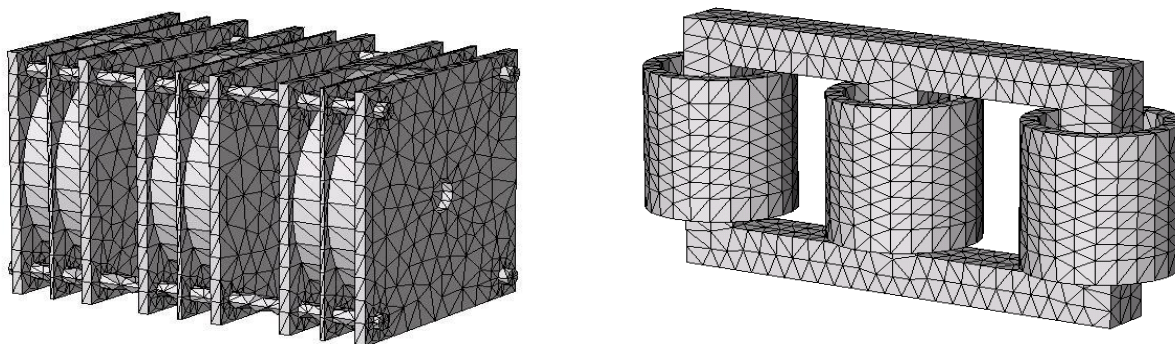


Рисунок 3 – Кінцевоелементна модель двокотушкової (а) та стрижневої (б) конструкції ІР

Розрахунок моделей був виконаний для сталих режимів при напрузі 10...200 В і частоті 5, 50 і 100 Гц. На рис. 4 і 5 показано тривимірний розподіл амплітудного значення магнітної індукції.

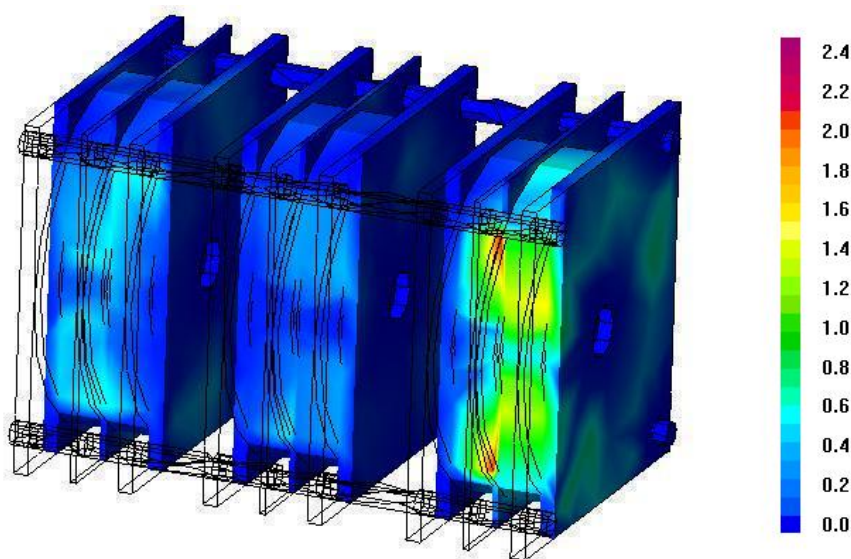


Рисунок 4 - Розподіл магнітної індукції в перетині ІР

Розрахункові залежності повного опору однієї фази ІР аналізованих конструкцій від струму в обмотці представлені на рис. 6 і 7 відповідно.

Отримані результати мають важливе практичне значення, оскільки дозволяють оцінити ступінь впливу конструктивної форми ІР на його електромагнітні параметри. Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок про те, що серед розглянутих конструкцій найбільший ступінь зміни електромагнітних параметрів при впливі живлячої напруги різної частоти має котушкова конструкція ІР. Дана обставина дозволяє розглядати останню в якості базової аналізованої моделі.

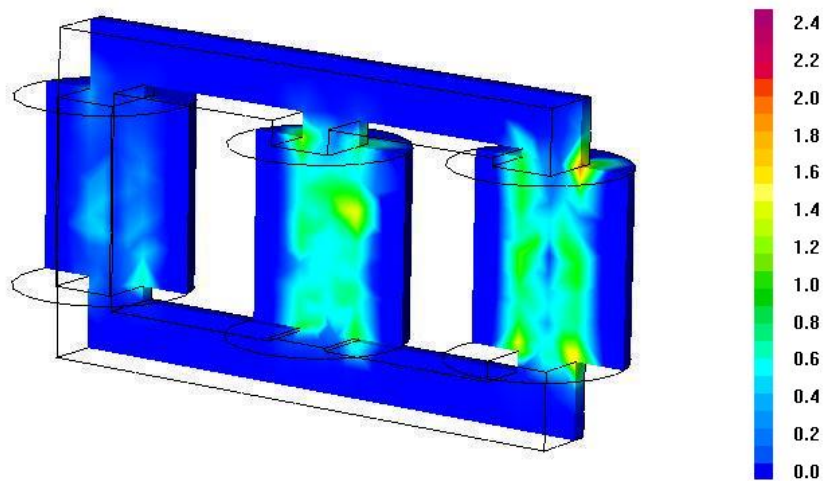


Рисунок 5 - Розподіл амплітудного значення магнітної індукції

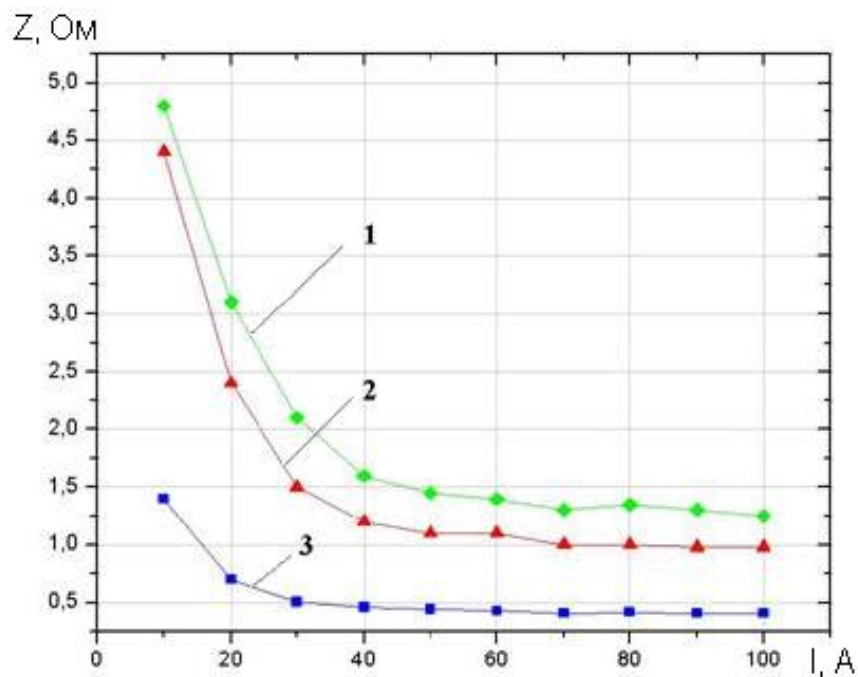


Рисунок 6 - Залежність повного опору ІР дискової конструкції від струму при частоті живлячої напруги: 1 - 100 Гц; 2 - 50 Гц; 3 – 5 Гц

Як уже відмічалось, у сучасній інженерній практиці при проектуванні електротехнічних пристроїв все більша увага приділяється чисельним методам, що дозволяють враховувати реальну геометричну форму досліджуваних об'єктів, їх електрофізичні властивості, зміну положення у просторі під дією сил різної природи. У більшості випадків дослідження пристроїв зводиться до розрахунку електромагнітного поля, на основі якого здійснюється вибір або модифікація конструктивних елементів.

Зростаючі вимоги до точності розрахунку магнітного поля призводять до необхідності більш точного врахування геометричної конфігурації елементів пристрою, що сприяє використанню тривимірних моделей, імпортованих з CAD систем. Якщо досліджуваний об'єкт являє собою складну технологічну одиницю, оточену повітряним проміжком, його розрахунок може представляти певні практичні труднощі. Стандартні алгоритми дискретизації, що входять до складу сучасних САМ систем, призводять до створення сіток, що містять сотні тисяч тетраедральних елементів. Вирішення подібних завдань у нелінійній

постановці на ПЕОМ середнього класу нерідко неможливо протягом навіть декількох робочих днів, а у випадку врахування механічних переміщень у просторі є й зовсім нездійсненною задачею.

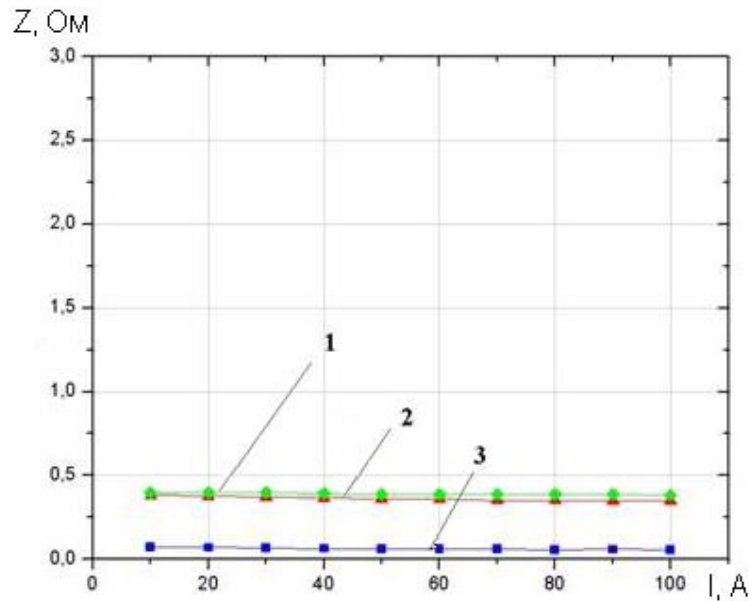


Рисунок 7 - Залежність повного опору ІР стрижневої конструкції від струму при частоті живлячої напруги: 1 - 100 Гц; 2 - 50 Гц; 3 - 5 Гц

Гострота проблеми може бути дещо знята шляхом примусового розрідження сіток або застосування “ручної” розбивки. Однак як перший, так і другий підходи негативно позначаються на результатах розрахунку, неминуче викликаючи збільшення похибки.

Іншим вирішенням, що забезпечує одержання прийнятних результатів при мінімальних обчислювальних ресурсах, є дослідження тривимірних об’єктів у двовимірному поданні. Даний підхід дозволяє одержати задовільну точність розрахунку шляхом аналізу конструкції в осесиметричній або плоскопаралельній постановці.

На рис. 8а показана одна фаза двокотушкового ІР, утворена шляхом обертання плоского перетину (рис. 8б) навколо осі симетрії.

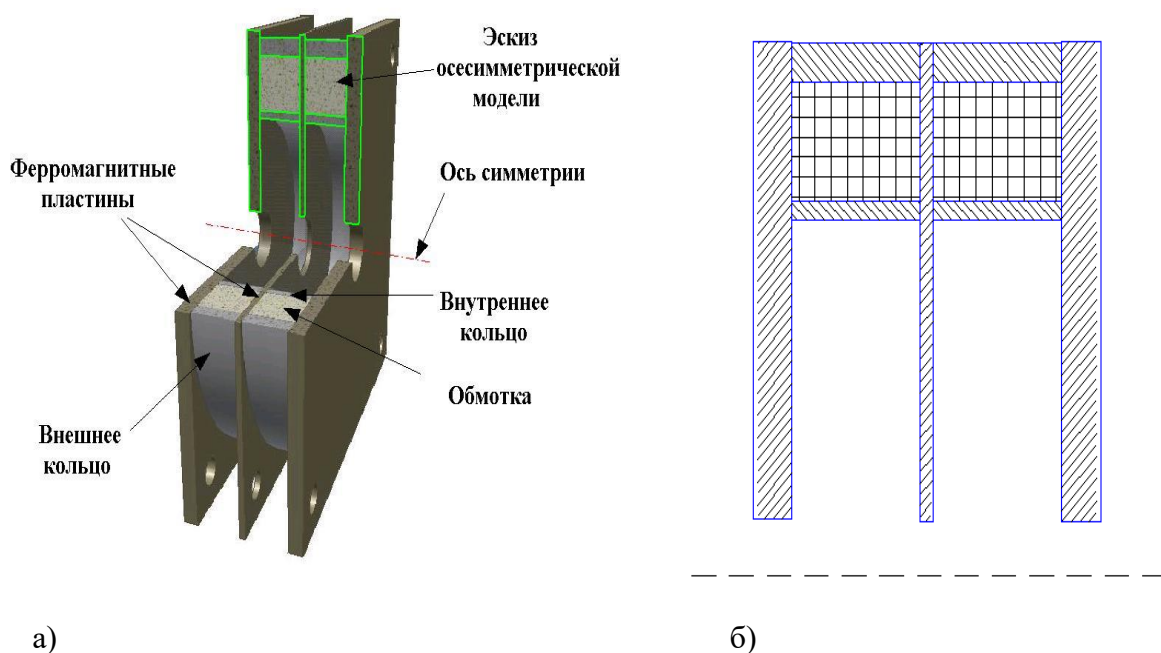


Рисунок 8 - Зовнішній вигляд однієї фази ІР

На рис. 9 представлені тривимірні й двовимірні дискретні моделі досліджуваного зразка ІР, побудовані на основі тетраедрального й двовимірного симплекс-елемента відповідно. Кількість вузлів тривимірної моделі становить 36421, кількість елементів - 18481; двовимірної моделі - 3414 і 1863 відповідно.

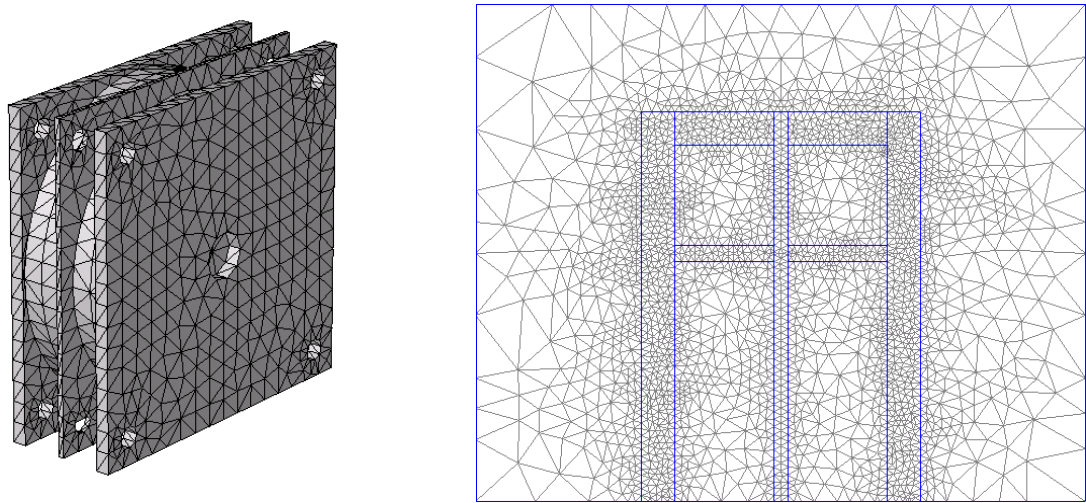


Рисунок 9 - Тривимірні й двовимірні дискретні моделі ІР

Отримані дискретні моделі досліджувалися у квазістатичних режимах при впливі живлячої напруги 10 - 200 В і частотах 5, 50, 100 Гц. На рис. 10 показані розрахункові криві залежності величини повного опору однієї фази ІР від струму в обмотках для тривимірної й двовимірної моделей.

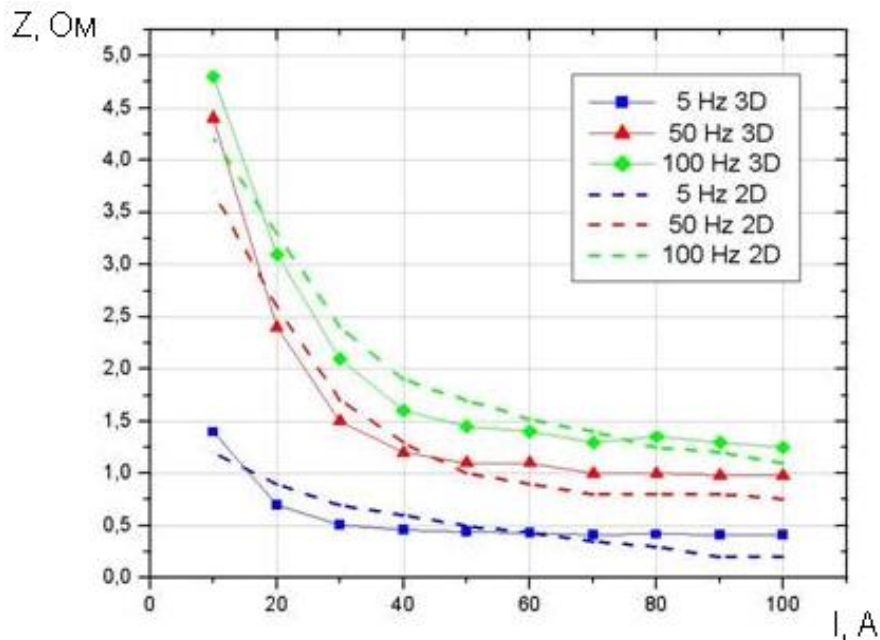


Рисунок 10 - Залежність повного опору ІР від струму

З рис. 10 слідує, що відхилення значень повного опору однієї фази ІР для двовимірної моделі від значень повного опору для тривимірної моделі при частотах 5, 50 і 100 Гц перебувають у межах 2-8%, що є прийнятним у рамках інженерної точності. Таким чином, в умовах обмежених обчислювальних ресурсів дослідження двовимірної моделі може бути раціональним і обґрунтованим.

Висновки: Заміна звичайних реостатів з дискретною або плавною зміною величини активного опору на ІР і розміщення їх на валу ротора в місці розташування контактних кілець робить асинхронний двигун безконтактним і надає йому позитивні властивості звичайного короткозамкненого двигуна. Використання розрахунків у двовимірній осьовій моделі дозволяє уникнути складних розрахунків у тривимірному випадку. При цьому даний підхід дозволяє одержати задовільну точність розрахунку.

Перелік посилань:

1. Проектування асинхронних двигунів /А.П. Вербовой, П.Ф. Вербовой, О.М. С'янов – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2013. – 528 с.
2. Індукційні реостати з покращеними масогабаритними показниками для асинхронних двигунів з фазним ротором/О.В. Качура, С.В. Количев, О.М. С'янов - Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2011. – 209 с.
3. О.М. С'янов, О.С. Косухіна, Р.М. Поляков Дослідження впливу частоти струму на опір індукційного реостату за допомогою розв'язку рівнянь поля в тривимірній постановці. - Математичне моделювання. №2 (37) – Кам'янське, 2017. – С. 25-28.

Ключові слова: індукційний реостат, електромагнітні параметри, тривимірна модель, перетворювач частоти, асинхронний двигун

Кобринов Ю.О., магістрант інституту інформаційних технологій
(kobrynovyurii@gmail.com)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ

Характеристику експлуатаційним можливостям обладнання можна дати, розглянувши різні типи приводів з точки зору їх відповідності основним показникам роботи. До них відносяться: відповідність технологічним параметрам роботи компресорної станції (напір, витрата, структура мережі), необхідному діапазону регулювання, які є виробничими площами і електричної мережі; показники надійності і технічної готовності; рівень гнучкості пропонуваніх рішень; простота і доступність обслуговування.

Завдання вибору електричного чи газотурбінного регулювання приводу для відцентрового компресора не може бути зведена до використання лише одного критерію оцінки і вимагає розгляду цілого ряду факторів, що враховують експлуатаційні можливості обладнання [2].

Вибір типу приводу і конструкції компресорного агрегату базується на аналізі операційних потреб і проєктованих робочих точок. Вибираючи між турбо- і електроприводом, перш за все, необхідно проаналізувати низько швидкісні режими.

Турбіни не накладають істотних обмежень, за винятком коливань їх продуктивності в залежності від атмосферного тиску і умов експлуатації (стан фільтрів і забруднення компресора, старіння ущільнень). Електроприводи накладають певні обмеження щодо нижньої частини кривої стиснення, що вимагає більш ретельного аналізу робочих точок на предмет їх досяжності даними приводом.

Якщо в результаті такого аналізу підтверджена прийнятність електроприводу, то його істотною перевагою є забезпечення гнучкості системи в порівнянні з газовою турбіною, що особливо необхідно в умовах частих пусків, оскільки:

- газова турбіна має нижчу пускову надійність;
- часті пуски збільшують теплові навантаження турбіни і ведуть до зменшення напруження на відмову і збільшення витрат на обслуговування;
- необхідність очищення і часу попереднього прогріву збільшує тривалість пуску газових турбін.

Недостатня гнучкість газотурбінного приводу впливає на показники ефективності, особливо в режимах часткового завантаження. При частотному регулюванні або використанні такого різновиду гідродинамічного приводу, як механотронний привід «Ворекон», їх К.К.Д. залишається практично незмінним на всьому діапазоні зміни швидкості обертання, в той час як для газової турбіни К.К.Д. істотно знижується при частковому завантаженні [2].

У той же час діапазон регулювання обмежується можливостями компресорів. Відцентрові компресори зазвичай працюють в режимах не нижче 55% від номінальної швидкості обертання.

Надійність сучасних електродвигунів практично залежить тільки від надійності енергопостачання. Щоб не поступитися рівнем надійності електроприводу, для газової турбіни необхідна досконала і дорога система обслуговування. Ресурс електродвигуна також значно більше ресурсу газової турбіни. Однак, на термін служби всієї системи електроприводу істотно впливає використання частотних перетворювачів, ресурс яких становить 10-12 років. У цьому сенсі краще гідродинамічний регульований привід, який має ресурс не менше 30 років [1], що відповідає проєктному строку експлуатації КС.

Оцінюючи необхідний для розміщення обладнання простір можна відзначити

переваги газової турбіни і гідродинамічного електроприводу, в той час як частотно-регульовані приводи вимагають значних площ для розміщення високовольтних допоміжних пристроїв, трансформаторів, фільтрів гармонік, масло охолоджувачів. Як і всі високовольтне обладнання, вони повинні виконувати вимоги щодо мінімальних безпечних відстаней, допустимих для людини і техніки, вся інфраструктура повинна бути недоступною для загоряння газу. Досвід показує, що при використанні частотно-регульованих приводів потреба в виробничих площах для КС збільшується приблизно вдвічі в порівнянні з газотурбінним приводом і приблизно в 3-4 рази в порівнянні з гідродинамічним [2].

Важливим обмеженням у використанні електричних приводів є стан надійності та готовності мережі електропостачання, а також якість електроенергії. Це обумовлює вибір виду електромережі, розміру кабелів, з урахуванням потенційного впливу пристрою на мережу. Електрична мережа піддається екологічній небезпеці, як при наземних, так і при підземних ЛЕП. Отже необхідне резервне джерело живлення і додаткові витрати на реалізацію проекту.

У свою чергу, оцінюючи експлуатаційні можливості газових турбін важливо враховувати якість газу. Навпаки, це не накладає ніяких обмежень при використанні електроприводу.

Перелік посилань:

- 1 Костенко, Д. А. Регулируемые приводы: возможности, затраты, эффективность [Текст] / Д. А. Костенко, В. Б. Иванов // ТЭК. — 2008. — №4. — С. 30–33.
- 2 Кончаков, Н. Н. Применение гидромурт Фойт для регулирования центробежных компрессоров [Текст] / Н. Н. Кончаков, М. Рихтер, В. И. Ситас, В. Б. Иванов, А. В. Федюхин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2013. — № 3/7(63). — С. 4–8.

Ключові слова: електропривод, електропостачання, компресор.

Стьопкін В.В., к.т.н., доц. каф.ЕТ та ЕП НМетАУ (E-mail: vasilstopkin@gmail.com)
Михайличенко С.О., Цапко В.В., Березін О.О., студенти гр. АП НМетАУ
Національна металургійна академія України, Дніпро, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ПРУЖНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Актуальність питання. Електромеханічні системи (ЕМС) приводних машин металургійного виробництва володіють певними особливостями руху механічної частини: пружні ланки передач у перехідних процесах або при дії періодичних збурень стають причиною виникнення коливань, що викликають значні додаткові динамічні навантаження на електричне та механічне обладнання та відхилення процесів від заданої технології. Динамічні навантаження коливального характеру не дозволяють використовувати електричне обладнання за перевантажувальною здатністю, значно скорочують строк служби вузлів та деталей механічної передачі за зносостійкістю та витривалістю [1, 2].

Для усунення або зменшення пружних механічних коливань здійснюють синтез ЕМС із реалізацією демпфуючої дії електропривода. Методики синтезу параметрів та структур ЕМС, що використовуються на практиці передбачають мінімізацію реакції електропривода на коливання механічної частини. В дійсності в ЕМС необхідно розглядати взаємодію коливань.

Відомі дослідження та публікації. Жорсткий зворотний зв'язок електропривода із механізмом є припущенням, яке у деяких випадках не є припустимим. Цей зв'язок двигуна з виконавчим органом є абсолютно не жорстким, а можливість нехтування явищем пружності пов'язана з тим, що власна частота пружних коливань системи «двигун – виконавчий механізм» є досить великою у порівнянні з частотами коливань властивими системі керування електроприводом. Тому підвищення швидкодії ЕМС, що зумовлене застосуванням тиристорних або транзисторних перетворювачів і високоякісних елементів системи керування, іноді неможливе у наслідок суттєвого впливу пружності в механічній передачі на якість перехідних процесів електропривода.

У роботі [4] розглянуті способи зниження коливань у системі підпорядкованого регулювання швидкості двигуна при наявності пружного зв'язку двигуна з механізмом при малих значеннях коефіцієнта інерції. Визначена область застосування корегуючого зв'язку за похідною від швидкості виконавчого органу та корегування зв'язку за різницею швидкостей двигуна та виконавчого органу.

У роботі [3] запропонований узагальнений метод синтезу ЕМС з пружними зв'язками при використанні демпфуючого впливу електропривода з врахуванням ефекту електромеханічного взаємозв'язку.

У даній роботі проведений розрахунок САК електропривода постійного струму з пружністю та складена його математична модель.

Постановка задачі. В роботі поставлена задача розробки математичної моделі електропривода постійного струму з компенсуючими зворотними зв'язками для дослідження їх впливу на пружні механічні коливання.

Основний матеріал та результати досліджень. У якості приклада для моделі був використаний двигун постійного струму з наступними даними: номінальна напруга $U_n = 220$ В; номінальний струм $I_n = 172$ А; номінальна частота обертів $n_n = 600$ об/хв; опір кола якоря $R_a = 0,0749$ Ом; момент інерції $J_{дв} = 2,575$ кгм². З двигуном використаний тиристорний перетворювач (ТП) зі сталюю $T_{тп} = 0,005$ с. Перевантажувальна здатність двигуна $\lambda = 2$. Співвідношення моментів інерції $g = 1,5$. Частота незатухаючих коливань системи $\Omega_0 = 30$ рад/с. Бажане співвідношення моментів інерції $g_0 = 5,8$. Реактивний

момент навантаження $M_r = 0,1 \cdot M_n$. Випадковий активний момент навантаження $M_{st} = 0,3 \cdot M_n$. Регулятор струму – пропорційно-інтегральний (ПІ). Регулятор швидкості – пропорційний (П). ЕРС некомпенсована. Режим роботи змодельований наступний – розгін до швидкості $0,9 \cdot \omega_n$, накид навантаження через 2с після початку руху та гальмування до швидкості $0,5 \cdot \omega_n$ через 3,5с після початку руху.

При складанні математичної моделі були зроблені такі припущення:

- зусилля та моменти в системі прикладені до зосереджених мас, що не зазнають деформації;
- пружні зв'язки невагомі та характеризуються сталим жорстким зв'язком, тобто коефіцієнтом пропорційності між моментом та деформацією;
- деформація пружних ланок лінійна та підпорядковується закону Гука;
- хвильовий рух деформації відсутній.

Знаходимо номінальну кутову частоту обертання двигуна:

$$\omega_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30} = \frac{3,14 \cdot 600}{30} = 62,8 \text{ с}^{-1}. \quad (1)$$

В усталеному режимі роботи визначимо конструктивний коефіцієнт:

$$KF = \frac{U_n - I_n \cdot R_a}{\omega_n} = \frac{220 - 172 \cdot 0,0749}{62,8} = 3,3. \quad (2)$$

Індуктивність якірного кола:

$$L_a = k \cdot \frac{30 \cdot U_{ян}}{\pi \cdot p_n \cdot I_{ян} \cdot n_n} = 0,5 \cdot \frac{30 \cdot 220}{3,14 \cdot 2 \cdot 172 \cdot 600} = 0,0051 \text{ Гн}, \quad (3)$$

де $k = 0,5$ – приймаємо для компенсованих машин.

Електромагнітна стала часу:

$$T_a = \frac{L_a}{R_a} = \frac{0,0051}{0,0749} = 0,068 \text{ с}. \quad (4)$$

Співвідношення $4 \cdot T_{тп} / T_a = 0,294 < 1$, це означає, що для забезпечення підвищеної швидкодії можна контур струму налагоджувати за симетричним критерієм оптимізації. Проте, для спрощення математичного опису контуру регулювання струму (використання на вході фільтру) будемо використовувати налагодження за технічним оптимумом.

Коефіцієнт передачі ТП:

$$K_{тп} = \frac{U_n}{10} = \frac{220}{10} = 22. \quad (5)$$

Момент інерції виконавчого органу:

$$J_2 = J_1 \cdot (g - 1) = 2,575 \cdot (1,5 - 1) = 1,3 \text{ кгм}^2. \quad (6)$$

Коефіцієнт жорсткості:

$$C_{12} = \Omega_0 \cdot \frac{J_1 \cdot J_2}{J_1 + J_2} = 30 \cdot \frac{2,575 \cdot 1,3}{2,575 + 1,3} = 772,5. \quad (7)$$

Стала часу пружних коливань:

$$T_y = \sqrt{\frac{J_1 \cdot J_2}{C_{12} \cdot (J_1 + J_2)}} = \sqrt{\frac{2,575 \cdot 1,3}{772,5 \cdot (2,575 + 1,3)}} = 0,033 \text{ с}. \quad (8)$$

Мала стала контуру швидкості:

$$T_{\mu\omega} = 4 \cdot T_{\pi} = 4 \cdot 0,005 = 0,02 \text{ с.} \quad (9)$$

Визначимо ефективний паралельний корегуючий зв'язок. Для цього, наприклад, віддамо перевагу введенню додатного зворотного зв'язку за похідною швидкості ВВ. Перевіримо, чи виконується умова достатнього запасу за фазою в реальній системі $T_{\mu\omega} \leq (0,2 \div 0,3) \cdot T_{\pi}$ для застосування цього способу корегування при заданих параметрах ЕМС. В силу того, що $T_{\mu\omega} = 0,02$, а $T_{\pi} = 0,025$, умова не виконується. За таких умов, слід використовувати корегування за другою похідною ВВ.

Коефіцієнт зворотного зв'язку за струмом та швидкістю двигуна:

$$K_c = \frac{10}{I_n \cdot \lambda} = \frac{10}{172 \cdot 2} = 0,0291, \quad (10)$$

$$K_{s1} = \frac{10}{\omega_n} = \frac{10}{62,8} = 0,159. \quad (11)$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за різницею швидкостей двигуна та ВМ:

$$K_{s2} = T_y \cdot \sqrt{K_{s1} \cdot (g_0 - g)} = 0,033 \cdot \sqrt{0,159 \cdot (5,8 - 1,5)} = 0,0276. \quad (12)$$

Коефіцієнт підсилення пропорційної частини регулятора струму розраховується за виразом:

$$K_{pcp} = \frac{R_a \cdot T_a}{2 \cdot T_{\pi} \cdot K_{\pi} \cdot K_c} = \frac{0,0749 \cdot 0,068}{2 \cdot 0,005 \cdot 22 \cdot 0,0291} = 0,79. \quad (13)$$

Коефіцієнт підсилення інтегральної частини регулятора струму розраховується за виразом:

$$K_{pci} = \frac{R_a}{2 \cdot T_{\pi} \cdot K_{\pi} \cdot K_c} = \frac{0,0749}{2 \cdot 0,005 \cdot 22 \cdot 0,0291} = 11,71. \quad (14)$$

Коефіцієнт підсилення регулятора швидкості у відповідності до обраного регулятора швидкості:

$$K_{ps} = \frac{1}{g_0^{3/4}} \cdot \frac{K_c \cdot (J_1 + J_2)}{K_{s1} \cdot KF \cdot T_y} = \frac{1}{5,8^{3/4}} \cdot \frac{0,0291 \cdot (2,575 + 1,3)}{0,159 \cdot 3,3 \cdot 0,033} = 1,71. \quad (15)$$

Обмеження регулятора швидкості приймаємо на рівні 10В.

Завдання на швидкість:

$$U_{\text{зш}} = \begin{cases} 9; \\ 5, \text{ якщо } t > t_1, \end{cases} \quad (16)$$

де t_1 – час початку гальмування (через 3,5 с після початку руху).

Програма моделювання розглянутої електромеханічної системи виконана в пакеті бібліотек SIMULINK (MATLAB) стандартними блоками (рис.1) а розрахунки у вигляді m-файлу.



Рис.1. Модель пружного електропривода

Прикладене навантаження:

$$M_c = \begin{cases} 0,1 \cdot I_n \cdot KF \cdot \text{sign}(\omega_2); \\ 0,3 \cdot I_n \cdot KF + 0,1 \cdot I_n \cdot KF \cdot \text{sign}(\omega_2), \text{ якщо } t > t_2, \end{cases} \quad (17)$$

де t_2 – час накиду додаткового навантаження, що подається через 2 с після початку руху.

Здійснювати розрахунок параметрів ЕМС за вихідними даними, та дослідження перехідних процесів за швидкостями двигуна, виконавчого механізму при різних g будемо здійснювати у такій послідовності: стандартне налагодження П-регулятора швидкості; корегування за похідною швидкості виконавчого валу (ВВ) при відповідному бажаному налагодженні П-регулятора швидкості; корегування за похідною швидкості ВВ при відповідному бажаному налагодженні П-регулятора швидкості; корегування за другою похідною швидкості ВВ при відповідному бажаному налагодженні П-регулятора швидкості; корегування за різницею швидкостей виконавчого валу та двигуна при відповідному бажаному налагодженні П-регулятора швидкості; корегування за різницею швидкостей виконавчого валу та двигуна при відповідному бажаному налагодженні П-регулятора швидкості; корегування за похідною швидкості двигуна при відповідному бажаному налагодженні П-регулятора швидкості; корегування за похідною струму при стандартному налагодженні П-регулятора струму. Нижче наведені приклади графіків перехідних процесів.

На рис.2 наведені графіки перехідних процесів в однозонному електроприводі постійного струму з пружністю в механічній передачі при стандартному налагодженні П-регулятора швидкості та $g=1,5$.

Коефіцієнт підсилення П-регулятора швидкості:

$$K_{ps1} = \frac{g_0^{3/4} \cdot (J1 + J2) \cdot K_c}{g^{3/2} \cdot K_{s1} \cdot KF \cdot T_y} = \frac{5,8^{3/4} \cdot (2,575 + 1,3) \cdot 0,0291}{1,5^{3/2} \cdot 0,159 \cdot 3,3 \cdot 0,033} = 13,06. \quad (18)$$

Глибина зворотного зв'язку K_{s2} :

$$K_{s21} = \frac{g^{1/2} \cdot (g_0 - g) \cdot K_{s1} \cdot T_y}{g_0^{3/4}} = \frac{1,5^{1/2} \cdot (5,8 - 1,5) \cdot 0,159 \cdot 0,033}{5,8^{3/4}} = 0,0075. \quad (19)$$

Передатна функція ПІ-регулятора швидкості:

$$K_{pspi} = K_{psb} \cdot \frac{\tau_{psb} \cdot p + 1}{\tau_{psb} \cdot p} = 1,14 \cdot \frac{0,033\delta + 1}{0,033\delta}, \quad (20)$$

де $\tau_{psb} = T_y = 0,033$ – стала часу регулятора швидкості, с.

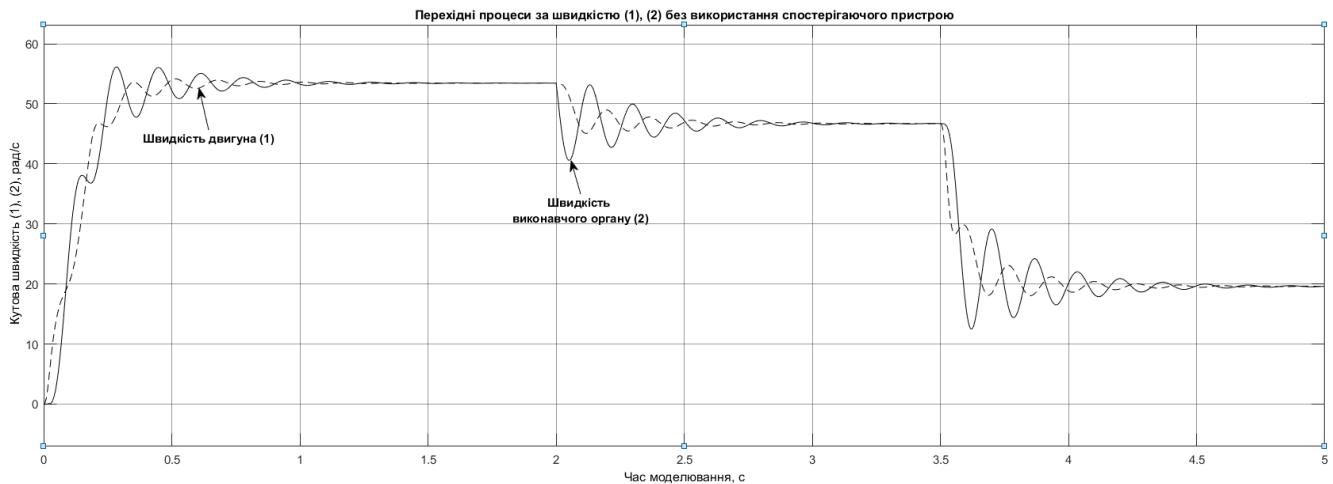


Рис.2. Графіки перехідних процесів в однозонному електроприводі постійного струму з пружністю в механічній передачі при стандартному налагодженні П-регулятора швидкості та $g=1,5$

Висновки та напрямок подальших досліджень. У роботі здійснено розв’язання актуальної практичної задачі з дослідження моделі електропривода постійного струму з пружними елементами у механічній частині. Можна зробити такі висновки: при $g = 3 \div 10$ необхідно без введення додаткових зворотних зв’язків налагодити регулятор швидкості; якщо $g > 10$, найкращий ефект можна отримати при введенні додаткового зворотного зв’язку за похідною швидкості двигуна; при $g = 1 \div 3$ слід використовувати додатковий зворотний зв’язок за похідною швидкості виконавчого валу.

Перелік посилань.

1. Задорожня И.Н., Тарасов А.Ф., Задорожний Н.А. Оценка влияния механического демпфирования на динамику электропривода с упругими связями // Вести. нац. техн. ун-та «ХПИ». – 2005. – №45. – С.176-180.
2. Задорожня И.Н. Описание динамических процессов в главных приводах прокатных станов на основе электромеханических аналогий. Вести. ДГМА. – Краматорск. – 2005. – С.55-58.
3. Дослідження систем електропривода методами математичного моделювання: Навч. посібник / С.М. Довгань. – Дніпропетровськ: НГА України, 2001. – 137с.
4. Зворыкин В. Б. Коррекция САР скорости при наличии упругой связи двигателя с механизмом и малых коэффициентах соотношения инерционных масс / В. Б. Зворыкин, Г. Ю. Станциц. // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Адаптивні системи автоматичного управління». – 2013. – №1. – С. 73–78.

Радченко О.П., студент (filin135@ukr.net),

Любименко О.М., к.ф.-м.н., доц. (e.n.lyubimenko@gmail.com),

Штепа О.А., к.т.н., доц. (oleksandr.shtepa@donntu.edu.ua)

Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, Україна

РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ЕНЕРГОНОСІЯ У ВИГЛЯДІ ГАРЯЧОГО ГАЗУ ЗАДАНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ДЛЯ ГРУППИ СУШИЛЬНИХ УСТАНОВОК

На сьогоднішній день тенденції обмеженості запасів паливно-енергетичних ресурсів викликала необхідність проведення політики економії ресурсів.

Загальна проблема економії первинних енергетичних ресурсів вирішується вдосконаленням обладнання та способів їх переробки, перетворення та розподілу. Виробництво вже перетворених видів енергії також має шляхи вдосконалення та модернізації, що може значно зменшити обсяг споживаної енергії. Теплова сушка, як і кожний термічний процес представляє собою сукупність одночасних явищ тепло- та масообміну.

Сушка матеріалів є непростим процесом, оскільки під впливом температури змінюються властивості рідини, яка випаровується, але і властивості матеріалу який висушують. Теплова сушка є теплопоглинаючим технологічним процесом.

Питання економії енергії при термічній сушці є однією з первостепенних задач підвищення ефективності та повинні розглядатися з урахуванням комплексу факторів, визначаючих цю ефективність для кінцевого користувача.

Сушильні установки відносяться до технологічних установок, в яких процеси переносу теплоти та маси забезпечують зміну технологічних властивостей обробленого матеріалу.

Сушильні установки призначені для сушіння будівельних матеріалів, виробів і деталей. Одна з основних вимог, що пред'являється до сушильних установок - забезпечення безперервної, економічної, швидкої та рівномірної сушки за умови повної механізації і автоматизації.

Зазвичай вони входять до складу більш складних систем виробництва і є тільки одним з етапів отримання готового продукту.

Серед багатства процесів хімічної та суміжних галузей промисловості сушка матеріалів, напівпродуктів та готових виробів займає одне з ключових місць. Вона є одним з основних етапів отримання багатьох продуктів. Сукупність параметрів проведення даного процесу, конструктивні особливості апаратного оформлення у більшості визначає якість та ціну кінцевого продукту. У хімічній промисловості, де технологічні процеси протікають в основному в рідкій фазі, кінцеві продукти мають вигляд або пасти, або зерен, крихти, пилу. Це обумовлює вибір відповідних методів сушіння. Вона часто є останньою операцією на виробництві перед випуском готового продукту. При цьому попереднє видалення вологи зазвичай здійснюється більш дешевими механічними способами (наприклад, фільтруванням), а остаточне - сушінням. Такий комбінований спосіб видалення вологи дозволяє підвищити економічність процесу. Але існуюче традиційне апаратно-оформлення процесів сушіння не завжди може задовольнити зрості вимоги споживачів.

Сушильне устаткування в більшості галузей промисловості відстає по продуктивності від іншого обладнання. Крім того, сушка - один з найбільш енергоємних процесів. Отже, підвищення продуктивності сушки і розробка оптимального способу використання підводу теплоти є найважливішими завданнями, від вирішення яких залежить ефективність роботи всього технологічного ланцюжка.

Сама волога з'єднується з тілами трьома видами зв'язку:

1.Хімічним

Волога входить до складу молекул речовини. При сушінні не видаляється, так як з її видаленням матеріал змінює свої властивості, тому в технології сушіння не розглядається.

2.Фізико-хімічним

Волога міститься в капілярно-пористих колоїдних системах, представником яких є глина. Ця волога, адсорбована найдрібнішими колоїдними частинками, і волога набрякання, для якої характерна осмотична форма зв'язку з матеріалом. Фізико-хімічна волога володіє середньою інтенсивністю зв'язку з матеріалом.

3.Фізико-механічним

Волога характеризується самим неміцним видом зв'язку, вона має з матеріалом структурну зв'язок при утворенні гелю, а також утримується в капілярах капілярними силами змочування і поверхневого натягу.

Матеріали, які утримують вологу тільки капілярними силами, називаються капілярно-пористих. Вони легко сушаться без істотної зміни об'єму(усадки). До таких матеріалів відносять шлак, пісок.

Будь-який вологий матеріал в процесі сушіння розглядають як систему, що складається з сухого матеріалу и води. Під сухим матеріалом (тільки для процесів сушіння) розуміють абсолютно сухий матеріал разом з хімічно пов'язаною вологою.

Різниця сушених матеріалів за фізико-хімічними та структурно-механічними властивостями, формою, розміром, кількістю і т. д. сприяє застосуванню в промисловості різноманітних конструкцій сушильних установок. Існує наступна класифікація найбільш поширених сушильних установок.

За способом підведення теплоти до матеріалу:

- 1.конвективні;
- 2.кондуктивні;
- 3.радіаційні;
- 4.електромагнітні;
- 5.комбіновані (конвективно-радіаційні, конвективно- радіаційно-високочастотні).

Загостримо увагу на конвективних сушильних апаратах, бо вони отримали найбільше розповсюдження і першочисленним є універсальність нового більш ефективного та економічного способу сушки.

При конвективному сушінні вологий газ (що є робочим тілом) має основну роль в процесі. Тому вивчення властивостей вологого газу необхідно при розгляді процесів сушіння та їх розрахунках. Різноманітні процеси тепло- і масообміну між речовинами супроводжується, як правило, нагріванням, охолодженням, зволоженням або осушенням повітря. Іноді ці процеси мають місце при змішуванні мас повітря з різними параметрами. Ці процеси, накладаючись один на інший, створюють досить складні закономірності зміни стану повітря.

Основним недоліком конвективного способу сушки є низька інтенсивність для крупнокускових матеріалів, тому що рух вологи всередині матеріалу до поверхні відбувається за рахунок перепаду вологості у внутрішніх і зовнішніх шарах матеріалу. Конвективна сушка здійснюється повільно і триває кілька годин. У цьому випадку температура в центрі менше, ніж на поверхні, тому перепад температур має негативний вплив і загальмовує рух вологи в матеріалі.

Дослідження показують, що для висушування товстих шарів матеріалу, зокрема пастоподібних речовин, перспективно застосування комбінованих способів сушіння, як конвективна сушка з застосуванням струмів високої частоти. При цьому методі в період постійної швидкості сушіння сушка ведеться досить інтенсивно конвективним способом, а в другому періоді сушіння, коли в матеріалі залишається пов'язана волога, процес прискорюється за рахунок видалення вологи струмами високої частоти. При цьому час

сушіння знижується в 2-3 рази в порівнянні з камерним конвективним сушінням.

Висновок

Основна увага в подальшій роботі над модернізацією має бути зосереджена на розробці технології повторного використання теплоти, що йде з пароповітряної сумішшю в сушильних установках конвективного типу; розробці математичної моделі конвективного сушіння матеріалів з урахуванням використання теплоти, що відходить від пароповітряної суміші в сушильних установках конвективного типу; розробці методики розрахунку конвективної сушильної установки, що включає схему використання теплоти, що йде з пароповітряною сумішшю.

На основі отриманих математичних моделей і методик розрахунку визначити раціональні режими роботи сушильного обладнання, в тому числі схеми утилізації теплоти.

Перелік посилань:

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D1%88%D0%BA%D0%B0_\(%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D1%88%D0%BA%D0%B0_(%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81))
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D1%88%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0
3. <https://mash-xxl.info/info/676774/>
4. <https://www.ngpedia.ru/id549494p1.html>

Ключові слова:

теплота, конвективний, сушіння, проблема, економія, промисловість, модернізація, властивості, матеріали

Сороколіт Д.О., студент групи ЕС-15 (bullya2016@gmail.com)

Лисенко В.А., доцент кафедри ЕІ, канд. техн. наук (viktor.lysenko@donntu.edu.ua)
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна

ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ВІД ОДНОФАЗНИХ ЗАМИКАНЬ НА ЗЕМЛЮ

Вступ. В електроенергетичній системі України, як і в багатьох інших країнах, найбільш поширені мережі напругою 6-10 кВ.

Залежно від ємнісних струмів замикання на землю нейтраль мережі виконують: ізольованою (рис. 1 а), резонансно-заземленою (компенсованою) [1] через індуктивний реактор (котушку Петерсена) (рис.1 б) або заземленою через паралельно з'єднані реактор і резистор [2]. Такий режим нейтралі має багато переваг, але в багатьох випадках чутливість і селективність захисту від однофазних замикань не забезпечується через порівняно малих струмів і складного характеру перехідних процесів при замиканнях на землю через дугу [3].

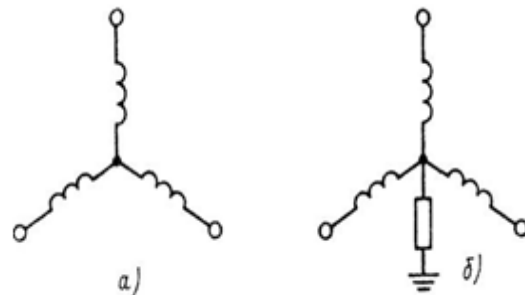


Рисунок 1 - Режими роботи нейтралі

До недоліків мереж 6-10 кВ слід віднести також виникнення перенапруг при однофазних замиканнях на землю (ОЗЗ) і особливо, якщо в місці замикання виникає нестійка електрична дуга [4]. Такі ОЗЗ часто переходять в двофазні, а інколи і трифазні замикання і вимагають аварійного відключення одного або декількох приєднань. Ці недоліки в меншій мірі проявляються в компенсованих мережах 6-10 кВ при резонансній налаштуванні котушки Петерсена, в зв'язку з чим вони найбільш поширені в енергосистемах [5]. Резонансне заземлення нейтралі вимагає застосування автоматичного регулятора налаштування котушки Петерсена [6]. В роботі [7] показано, що використання заземлення нейтралі через резистор не тільки збільшує струм замикання, а й підвищує кратність перенапруг в порівнянні з резонансним заземленням нейтралі. Таким чином, створення надійних механізмів захисту від однофазних замикань на землю є актуальним.

Огляд публікацій та недоліки відомих рішень.

У роботах [8, 9] зроблені спроби класифікувати відомі способи захисту від однофазних замикань. В [10] пропонується узагальнений підхід до аналізу інформації в каналах релейного захисту та автоматики мережі. У роботах [3, 11 і ін.] Показано, що в мережах 6-10 кВ за допомогою відомих струмових і струмів-спрямованих захистів важко, а іноді і неможливо, забезпечити захист від ОЗЗ з необхідною чутливістю і селективністю. У роботах [12, 13] пропонується використовувати інжекцію струму від спеціального джерела в контур нульової послідовності мережі для полегшення пошуку місця пошкодження. В роботі [14] досліджуються особливості нестійкого дугового замикання і в [15] пропонується використовувати додатково шунтування пошкодженої фази. Однак, ці методи вимагають істотної модернізації устаткування підстанцій. В роботі [16] пропонується групова захист від ОЗЗ. В [17] пропонується багаточастотний дистанційний захист, оскільки дистанційна захист на частоті живлення мережі не може працювати в мережах з резонансним заземленням нейтралі. У компенсованих мережах при ОЗЗ в залежності від ступеня компенсації реактора напрямку струму в пошкодженному приєднанні може бути таким самим, як в непошкодженному. В роботі [18] розглядається модель дуги в місці пошкодження, в [19] зроблена спроба за параметрами перехідного процесу локалізувати координату місця замикання. Відомо про використання різних методів для аналізу струму замикання на землю,

зокрема, методу Проні [20], про застосування детектора однофазних замикань, побудованого на перетворенні Гілберта [21], про використання інформації про енергетичний спектр процесів під час замикання на землю [22]. На нашу думку, перспективним напрямком в розробці селективного захисту є подальший розвиток ідеї виділення, за допомогою частотних цифрових фільтрів, з струмів і напруг нульової послідовності, що становлять частоти вищою ніж частота живлення мережі [23, 24]. Для цього необхідні відповідні дослідження перехідних процесів при ОЗЗ і розробка нових ефективних алгоритмів. Причому, тут необхідний системний підхід і одночасний аналіз перехідних процесів при ОЗЗ як в первинних колах мережі, так і в колах захисту, для цього найбільш доцільним є розробка відповідних математичних моделей. Відомі публікації, в яких описані математичні моделі мереж 6-10 кВ [25] і моделі алгоритмів захисту [26]. Також був описаний схожий алгоритм захисту з використанням для виділення необхідних частотних складових перетворення Фур'є. Програмні комплекси, описані в [16], на наш погляд, не забезпечують необхідної гнучкості і прозорості моделей. Тому вирішення зазначених завдань є актуальним.

Висновок. Проводячи огляд статей іноземних інженерів ми можемо побачити, що проблема однофазних замикань на землю залишається актуальною і на даний час.

Перелік посилань:

- [1] Dolník B., Kurimský J. Contribution to earth fault current compensation in middle voltage distribution networks *Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review)*, 2011, vol. 2011, no. 2, pp. 220-224.
- [2] Pravyla ulashtuvannja elektroustanovok. [Rules for the electrical installations]. Ministry of Energy and Coal of Ukraine, Kyiv 2017. –617 p. (In Ukrainian).
- [3] Hanninen S Single phase earth faults in high impedance grounded networks/Characteristics, indication and location. Dissertation for the degree of Doctor of Technology. Espoo, Finland, 2001, 78 p. + app. 61 p.
- [4] Cerretti A., Gatta F., Geri A., Lauria S., Maccioni M., Valtorta G. [Temporary overvoltages due to ground faults in MV networks] 2009 IEEE Power Tech Conference Bucharest 2009.
- [5] Figueiredo C., Mello G., Silveira M. [Resonant Grounding Applied in Brazil] 24-th International Conference on Electricity Distribution Glasgow, 2017 Paper 1250.
- [6] Lysenko V. [Feedback on Installed Experience with Digital Signal Processing Petersen Coil Regulator] IEEE Conference on Modern Electrical and Energy Systems Kremenchuk, Ukraine, 2017.
- [7] Calone R., Cerretti A., Gatta F., Geri A., Lauria S., Maccioni M., Valtorta G. [Abnormal Ground Fault Overvoltages in Mv Networks: Analyses and Experimental Tests] 21-st International Conference on Electricity Distribution Frankfurt, 2011 Paper 0511.
- [8] Roberts J., Altuve H., Hou D. [Review of ground fault protection methods for grounded, ungrounded and compensated distribution systems] IEEE Power and Energy Society General Meeting—Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 2001.
- [9] Chen K., Huang C., He J. Fault detection, classification and location for transmission lines and distribution systems: a review on the methods. *High Volt.*, 2016, Vol. 1, iss. 1, pp. 25–33
- [10] Nikiforov A. Application of The Theorem of ‘About the Unity of the Structural Description of RPA Devices’ for the Simulation of a Power Network Smart-Grid. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 2017, Vol. 9, No. 1-5, pp. 39-48,
- [11] Zhang W., He M., Ren J., Wen Y., Zhang Z, Pu Z, Zhang R. [SLG (Single-Line-to-Ground) Fault Location in NUGS (Neutral Un-effectively Grounded System)] MATEC Web of Conferences Volume 160, article 01009 (2018) International Conference on Electrical Engineering, Control and Robotics (EECR 2018) doi: 10.1051/matecconf/201816001009.
- [12] Dan A., Raisz D. [Fault Location and compensation of the Harmonic Content of the Residual Fault Current during Single-Phase to Ground Faults in Compensated Networks] International Conference on Renewable Energies and Power Quality Granada (Spain), 2010.

- [13] Druml G., Raunig C., Schegner P., Fickert L. [Fast Selective Earth Fault Localization Using the New Fast Pulse Detection Method] 22-nd International Conference on Electricity Distribution Stockholm, 2013 Paper 1092.
- [14] Druml G., Seiert O., Marketz M. [Directional Detection of Restriking Earthfaults in Compensated Networks] 21-st International Conference on Electricity Distribution Frankfurt, 2011 Paper 0612.
- [15] Druml G., Schegner P., Fickert L., Schlömmner M. [Advantages of the New Combination: Petersen-Coil and Faulty-Phase-Earthing] 24-th International Conference on Electricity Distribution Glasgow, 2017 Paper 1450.
- [16] Balcerek P., Fulczyk M., Izykowski J., Rosolowski E., and Pierz P. [Centralized Substation Level Protection for Determination of Faulty Feeder in Distribution Network] Power and Energy Society General Meeting IEEE, San Diego, CA, USA 2012.
- [17] Altonen J., Wahlroos A., Vähäkuopus S. [Application of Multi-Frequency Admittance-Based Fault Passage Indication in Practical Compensated Mv-Network] 24-th International Conference on Electricity Distribution Glasgow, 2017 Paper 0967.
- [18] Ravlić S, Marušić A, Havelka J. An Improved Method for High Impedance Fault Detection in Medium Voltage Networks. *Technical Gazette* 2017, vol. 24, no.2, pp.391-396 doi: 10.17559/TV-20151012082303.
- [19] Dzienis C., Jurisch A. [Accurate Localization of Ground Faults in Non-Solidly Earthed Networks Based on Transients Analysis] 24-th International Conference on Electricity Distribution Glasgow, 2017 Paper 0759.
- [20] Chaari O., Bastard P., Meunier M. [Prony's method: an efficient tool for the analysis of earth fault currents in Petersen-coil-protected networks] in *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 10, no. 3, pp. 1234-1241, July 1995. doi: 10.1109/61.400901
- [21] Cui T., Dong X., Bo Z., Juszczak A. [Hilbert-Transform-Based Transient/Intermittent Earth Fault Detection in Noneffectively Grounded Distribution Systems] *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 26, no. 1, pp. 143-151, Jan. 2011. doi: 10.1109/TPWRD.2010.2068578
- [22] Wang X., Song G., Chang Z., Luo J., Gao J., Wei X., Wei Y. Faulty Feeder Detection Based on Mixed Atom Dictionary and Energy Spectrum Energy for Distribution Network. *IET Generation, Transmission & Distribution*. 2017, vol.12. doi:10.1049/iet-gtd.2017.1250.
- [23] Ha H, Subramanian S. [Transient earth fault detection on compensated earthed system], 22th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution, Stockholm, 2013, Paper No 0119.
- [24] Venkataraman K, Kirby B, Ha H, Newman P. [Transient Earth Fault Detection on Compensated Earthed System] 12th IET International Conference on Developments in Power System Protection (DPSP 2014) 2014, Copenhagen, Denmark.
- [25] Kyrylenko O. V., Seheda M. S., Butkevych O. F., Mazur T. A. Matematychni modeliuvannia v elektroenerhetytsi. Pidruchnyk[Mathematical modeling in electric power engineering. Manual] Lviv, 2013. 608 p. (In Ukrainian).
- [26] Pitot F., Venkataraman k., Vassilevsky N., Teon C. P. [Wattmetric earth fault protection – innovation for compensated distribution networks] 23rd International Conference on Electricity Distribution, Lyon, 2015 Paper 0963.

Машенко Ю.А., студент групи ЕЛКмз-17

Лисенко В.А., доцент кафедри ЕІ, к.т.н. (viktor.lysenko@donntu.edu.ua)

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ ВІД ОЗЗ В УМОВАХ ШУ «ПОКРОВСЬКЕ»

В підземних розподільних мережах 6 кВ з ізольованою нейтраллю ОЗЗ є найбільш поширеним видом аварії. В умовах ШУ «Покровське» вони складають 90 % від загального числа ушкоджень. Забезпечення захисту від ОЗЗ й боротьба з перенапругами, що їх супроводжують – найважливіші напрямки для підвищення надійності електропостачання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій: Дослідженням процесів, що супроводжують однофазні замикання на землю, присвячені праці І. Сироти, Ф. Ліхачова[1], В. Шуцького[2], В. Серова. Існуючі підходи до реалізації релейних захистів від ОЗЗ розглянуті в працях А. Федосєєва, М. Федосєєва[3], В. Андрєєва[4], М. Шабада[5].

Метою дослідження є пошук шляхів удосконалення захисту від ОЗЗ й виникаючих у зв'язку з ними перенапругами в умовах ШУ «Покровське».

Структура схеми електропостачання підземної частини ШУ «Покровське»

Схема електропостачання підземної частини ШУ «Покровське» являє собою 4 відокремлені мережі напругою 6 кВ, що живляться від поверхневих трансформаторних підстанцій, в кожній з яких задіяні по 2 обмотки для живлення підземної частини.

У мережі головного стовбура задіяні 8 ввідних кабелів перетином 3х120, по 4 кабелі підключені до кожної з обмоток. Для розподілу електроенергії по шахті на горизонтах 593м та 708м розташовані центральні підземні підстанції ЦПП, від яких живляться розподільні підземні пункти РПП№№ 3, 8 та високовольтні двигуни насосів центрального водовідливу ЦВВ.

Мережа ППС-2 є найбільш протяжною й розгалуженою. Для її живлення використовуються 9 ввідних кабелів перетином 3х150. З них 5 підключені до першої обмотки трансформатору та 4 до другої. Усі кабелі заходять в ЦВВ та ЦПП горизонту 815 м, звідки живляться РПП№№ 2, 10, 11, 12, 14. Від РПП№ 14, в свою чергу, живиться РПП№ 15, а від РПП №2 – РПП №5

Мережа ППС-3 прокладена по стовбуру двома кабелями перетином 3х150, що йдуть на тимчасове ЦПП розташоване на горизонті 910 м, з якого живиться РПП№ 16.

Розподільні високовольтні пристрої

Близько 270 високовольтних комірок КРПВ-6 задіяні у роботі схеми електропостачання шахти. З них-108 з вакуумним вимикачем ВВ та блоком захисту та управління БЗУ-2 встановленим заводом-виробником. Решта – комірки з повітряним вимикачем ПЕВ модернізовані шляхом заміни релейних блоків на мікропроцесорний блок БЗУ-2. Блок БЗУ-2 виробництва НВП «Рудпром автоматика» забезпечує роботу захисту від ОЗЗ. Захист діє за параметрами величини струму та напруги нульової послідовності та здвигу фази між ними.

Доля КРПВ-6 ОП – найстаріших за роком виготовлення комірок, що конструктивно не здійснюють захист від однофазних замикань на землю не перебільшує 10% від загальної кількості й має тенденцію до зменшення.

Схема електропостачання головного стовбуру на 100 відсотків складається з КРПВ з повітряним вимикачем.

У схемі ППС-2 використовується 95 комірок з вакуумними вимикачами та 57 з повітряними. У схемі ППС-3: 13 з вимикачами ВВ та 8 модернізованих комірок з ПЕВ.

В усіх розподільних пристроях з вакуумними вимикачами заводом-виробником

встановлені обмежувачі перенапруги ОПН–РТ/TEL– 6/6.9, що використовуються для захисту обладнання та кабельних мереж від перенапруг різного походження, у тому числі й виникаючих при однофазних замиканнях на землю. У комірках старих зразків з повітряним вимикачем обмежувачі перенапруги відсутні. Застосування ОПН зменшує ступінь деградації ізоляції кабелю, зменшує ймовірність групових пошкоджень в мережі та збільшує експлуатаційну надійність електрообладнання в цілому.

Багатомісні пошкодження від перенапруг при ОЗЗ

Тільки протягом перших чотирьох місяців 2019 року у мережі 6 кВ ППС-2 сталося щонайменше 4 випадки групових пошкоджень ізоляції кабелю та обладнання пов'язаних з дуговим однофазним замиканням на землю. Так у січні: перенапруга викликана однофазним замиканням на землю, що сталося на лінії КРПВ № 155, призвела до пошкодження муфти на стовбуровому кабелю вводу №8 та виникнення в ній переміжної дуги. Захист стовбурного кабелю від однофазних замикань на землю, що забезпечується пристроями розташованими на поверхневій підстанції та діє на сигнал, спрацював сигналізуючи про наявність ушкодження в напрямку вводу №8, але мережа залишилася увімкнутою. Через 20 хвилин з моменту першого виникнення переміжної дуги внаслідок перенапруги сталося пошкодження ще в 5 кабельних лініях електрично пов'язаних з мережею де відбувалося ОЗЗ, що призвело до 9 - годинного простою виробництва й недовипуску продукції на десятки мільйонів гривень.

Слід зазначити, що в усіх згаданих випадках було пошкоджено кабель вводу №8. Ввідний КРПВ №300, в який заходить цей кабель, був єдиним у пошкодженій мережі КРПВ серед ввідних, у якому встановлено повітряний вимикач, а отже відсутні ОПН.

Особливої уваги заслуговує той факт, що у наявній на сьогодні схемі електропостачання у всіх частинах шахти відсутній захист стовбурових кабелів від однофазних замикань на землю діючий на вимкнення, що пов'язано з відсутністю методики їх селективного захисту. Таке становище містить в собі потенційні загрози руйнівних аварійних ситуацій, що й було продемонстровано

Неселективність та ненадійність спрацьовування.

Для прикладу, тільки за 20 днів травню поточного року на шахті сталося 6 ОЗЗ на землю. У половині з цих випадків захист спрацював селективно, й було відключено тільки пошкоджене приєднання, у трьох випадках відбувалося неспрацьовування захисту на пошкоджену приєднанні та спрацьовування на непошкоджених. Причиною 2 з цих випадків стала недосконалість системи перевірки працездатності елементів схеми захисту, а саме конструктивні особливості схеми перевірки захисту та організаційні недоліки. У одному з випадків причиною стала недосконалість існуючого захисту, який не забезпечує надійності при дугових замиканнях. Також один з цих випадків призвів до пошкодження ізоляції кабелю в декілька місцях.

Розрахунок ємнісних струмів, виникаючих у шахтних мережах при ОЗЗ.

Для визначення актуальних уставок захисту від ОЗЗ необхідно вирахувати загальний ємнісний струм мереж приєднаних до кожної з обмоток трансформаторів та власний ємнісний струм кожної окремої лінії, що захищається.

Для цього потрібно знайти питомий ємнісний струм замикання на землю для кожного з типів кабелів, що входять до мережі. Необхідний для цього параметр - ємність фаз кабелів ВЕВБ6Шв та ВЕВК6Шв відносно землі знайдений шляхом безпосереднього вимірювання в умовах ШУ «Покровське» з залученням спеціалістів налагоджувального підприємства. Для визначення ємності кабелів іншого типу використані довідні табличні значення. Кабелі типів ВЕВБ6Шв та ВЕВК6Шв завдяки особливостям конструкції, а саме - наявності мідного екрану кожної з жил (Рис. 1), мають значно більшу ємність ніж вказана в табличних даних для аналогічних за параметрами кабелів.

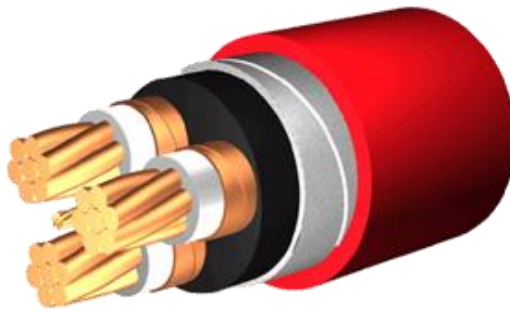


Рис. 1 - Кабель ВЕВБ6Шв

Отримані значення ємності однієї фази відносно землі для, кабелю ВЕВБ6Шв 3х70 - 0,561мкФ на 1 км

ВЕВБ6Шв 3х95 - 576мкФ на 1 км

ВЕВБ6Шв 3х120 - 0,598мкФ на 1 км

ВЕВБ6Шв 3х150 - 0,618мкФ на 1 км

Для кабелю ВЕВБ6Шв 3х95:

$$I_c = 3 \cdot 6 / \sqrt{3} \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,576 \cdot 10^{-3} = 1,88 \text{ (А/км)}$$

Для кабелю ВЕВБ6Шв 3х120 :

$$I_c = 3 \cdot 6 / \sqrt{3} \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,598 \cdot 10^{-3} = 1,93 \text{ (А/км)}$$

Для кабелю ВЕВБ6Шв 3х150 :

$$I_c = 3 \cdot 6 / \sqrt{3} \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,618 \cdot 10^{-3} = 1,99 \text{ А/км}$$

В такий спосіб розраховано струм за всіма лініями згідно схеми електропостачання.

Отримані значення загального струму усіх приєднань для кожної з обмоток трансформаторів, який власне й є струмом замикання на землю в будь-якій точці мережі:

ППС-2 - $\sum I_{B1} = 79,99 \text{ А}$

$\sum I_{B2} = 67,22 \text{ А}$

ППС-3 - $\sum I_{B1} = 11,11 \text{ А}$

$\sum I_{B1} = 11,97 \text{ А}$

Головний стовбур - $\sum I_{B1} = 9,16 \text{ А}$

$\sum I_{B2} = 40,29 \text{ А}$

Покращення надійності та селективності спрацювання захисту від ОЗЗ

Для покращення селективності спрацювання захисту розраховано уставки, що враховують конфігурації схем електропостачання.

Для 8 комірок КРПВ-6 у зв'язку з великим значенням власного ємнісного струму неможливо обрати діючу уставку, яка б відповідала і вимогам селективності і вимогам надійності за коефіцієнтом чутливості.

Висновки.

Отже, існуюча система захисту від ОЗЗ в умовах ШУ «Покровське» потребує удосконалення. Алгоритми захисту від ОЗЗ які втілені в приладах, що використовуються в ШУ «Покровське» не дозволяють забезпечити вирішення проблеми селективності і надійності при замиканнях з дугою, що переважає. Забезпечення надійності електропостачання потребує пошуків нових шляхів вирішення проблеми захисту від ОЗЗ. На базі ДонНТУ розроблено прилад захисту від ОЗЗ принцип дії якого може забезпечити більш селективну та надійну роботу захисту незалежно від характеру замикання. Пристрій буде

випробувано в умовах ШУ Покровське в поточному році.

Перелік посилань

1. Лихачев Ф.А. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов. М.: Энергия, 1971. 152 с.
2. Шуцкий В.И., Жидков В.О., Ильин Ю.Н. Защитное шунтирование однофазных повреждений электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1986. 151 с.
3. Федосеев А. М., Федосеев М. А. Релейная защита электроэнергетических систем: Учеб. для вузов. — М.: Энергоатомиздат, 1992. — 528 с.
4. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов/ В. А. Андреев. — М.: Высш. шк., 2006. — 639 с.
5. Шабад М. А. Защита от однофазных замыканий на землю в сетях 6-35 кВ. — М.: НТФ «Энергопрогресс», 2007. — 64 с.

Ключові слова: ОЗЗ, перенапряга, ємнісний струм, дугове замикання, селективність.

5. Методи та засоби дослідження та оптимізації динамічних систем

УДК 621.357

Гузьо І.В., студентка (huzjoira@gmail.com)

Когутяк М.І., к.т.н., доц. (atp_kohutyak@ukr.net)

СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ НАЛАШТУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ В ОДНОКОНТУРНІЙ АСК ПРОЦЕСУ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ

На сьогоднішній день виробництво нафтопродуктів - важлива галузь промисловості України, яка значною мірою впливає на економічний розвиток нашої країни. Бензини - один з основних видів палива для двигунів сучасної техніки. Ароматичні вуглеводні (бензол, толуол, ксилоли) повсюдно використовуються у виробництві пластичних мас, синтетичних каучуків, синтетичних волокон і розчинників. Процес каталітичного риформінгу є важливою стадією отримання високооктанового компонента автомобільних бензинів, ароматичних вуглеводнів та технічного водню. Продуктивність установок каталітичного риформінгу значною мірою залежить від ефективності керування даним процесом

Об'єкт, що аналізується є астатичним об'єктом з самовирівнюванням, який працює при невеликих навантаженнях. Об'єкт описується передавальною функцією третього порядку. Для забезпечення необхідних показників якості регулювання (перерегулювання 30-40%), для забезпечення хорошої якості перехідного процесу, підвищення стійкості системи згідно критерію симетричного оптимуму (СО) використовуємо ПІ - регулятор [1]. Статична помилка за допомогою такого регулятора рівна нулю. Перетворювальна функція ПІ - регулятора має вигляд:

$$W_p(p) = \frac{C_1 p + C_0}{p}$$

Розрахуємо параметри налаштування регулятора C_1 і C_0 .

Для цього знайдемо передавальну функцію замкненої системи, структурна схема якої приведена на рисунку 1.

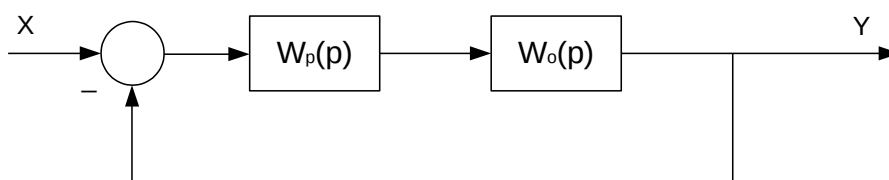


Рисунок 1 – Структурна схема одноконтурної АСР

Передавальна функція розімкненої системи має вигляд:

$$W(p) = W_0(p) \cdot W_p(p) = \frac{23.944p + 1}{291834163p^3 + 49587574p^2 + 354.344p + 1} \cdot \frac{C_1 p + C_0}{p};$$

$$W(p) = \frac{23.944p^2C_1 + 23.944pC_0 + C_1p + C_0}{291834163p^4 + 49587.574p^3 + 354.344p^2 + p};$$

$$W(p) = \frac{23.944p^2C_1 + (23.944C_0 + C_1)p + C_0}{291834163p^4 + 49587.574p^3 + 354.344p^2 + p};$$

Отже, передавальна функція замкнутої системи буде мати вигляд:

$$W(p) = \frac{23.944p^2C_1 + (23.944C_0 + C_1)p + C_0}{291834163p^4 + 49587.574p^3 + (354.344 + 23.944C_1)p^2 + (1 + 23.944C_0 + C_1)p + C_0}$$

Здійснимо підбір параметрів ПІ-регулятора для ідеального фільтра Батерворда [2].
Передавальна функція замкненої системи в загальному випадку:

$$W(p) = \frac{Tm}{a_0p^n + a_1p^{n-1} + \dots a_{n-1}p + a_i};$$

Нормований вигляд:

$$W(p) = \frac{Tm}{p^{-n} + A_1p^{m-1} + \dots A_{m-1}p + 1};$$

$$p = pTm = \frac{p}{\omega_0}; \quad Tm = \frac{1}{\omega_0} = \sqrt[n]{\frac{a_0}{a_n}}; \quad A_{n-1} = \frac{a_{n-1}}{a_0} Tm^{n-1};$$

де

$$A_1 = \frac{a_1}{a_0} Tm; \quad A_2 = \frac{a_2}{a_0} Tm^2; \quad A_3 = \frac{a_3}{a_0} Tm^3;$$

Для фільтра Батерворда з n=4

$$A_1 = 2.61, A_2 = 3.41, A_3 = 2.61 [2].$$

$$Tm = \sqrt[4]{\frac{a_0}{a_4}} = \sqrt[4]{\frac{291834163}{C_0}};$$

$$A_1 = \frac{49587.574}{291834163} \cdot \left(\sqrt[4]{\frac{291834163}{C_0}}\right) = 2.61;$$

$$A_2 = \frac{354.344 + 23.944C_1}{291834163} \cdot \left(\sqrt[4]{\frac{291834163}{C_0}}\right)^2 = 3.41;$$

$$A_3 = \frac{1 + 23.944C_0 + C_1}{291834163} \cdot \left(\sqrt[4]{\frac{291834163}{C_0}}\right)^3 = 2.61.$$

З рівняння знаходимо, що $C_0 = 0.072022$. Підставляючи це значення в інше рівняння отримаємо, що $C_1 = 1.9167295$.

Так як ці параметри, які розраховані є не точними, то здійснимо вибір параметрів регулятора з допомогою ЕОМ, використовуючи програму MATLAB.

Отримаємо: $C_1 = 1.095228, C_0 = 5.143273 \cdot 10^{-3}$.

Підставимо ці значення в передавальну функцію регулятора і отримаємо:

$$W_p(p) = \frac{1.095228p + 5.143273 \cdot 10^{-3}}{p}$$

Отже, в подальшому будемо використовувати параметри настройки регулятора розраховані з використанням ЕОМ.

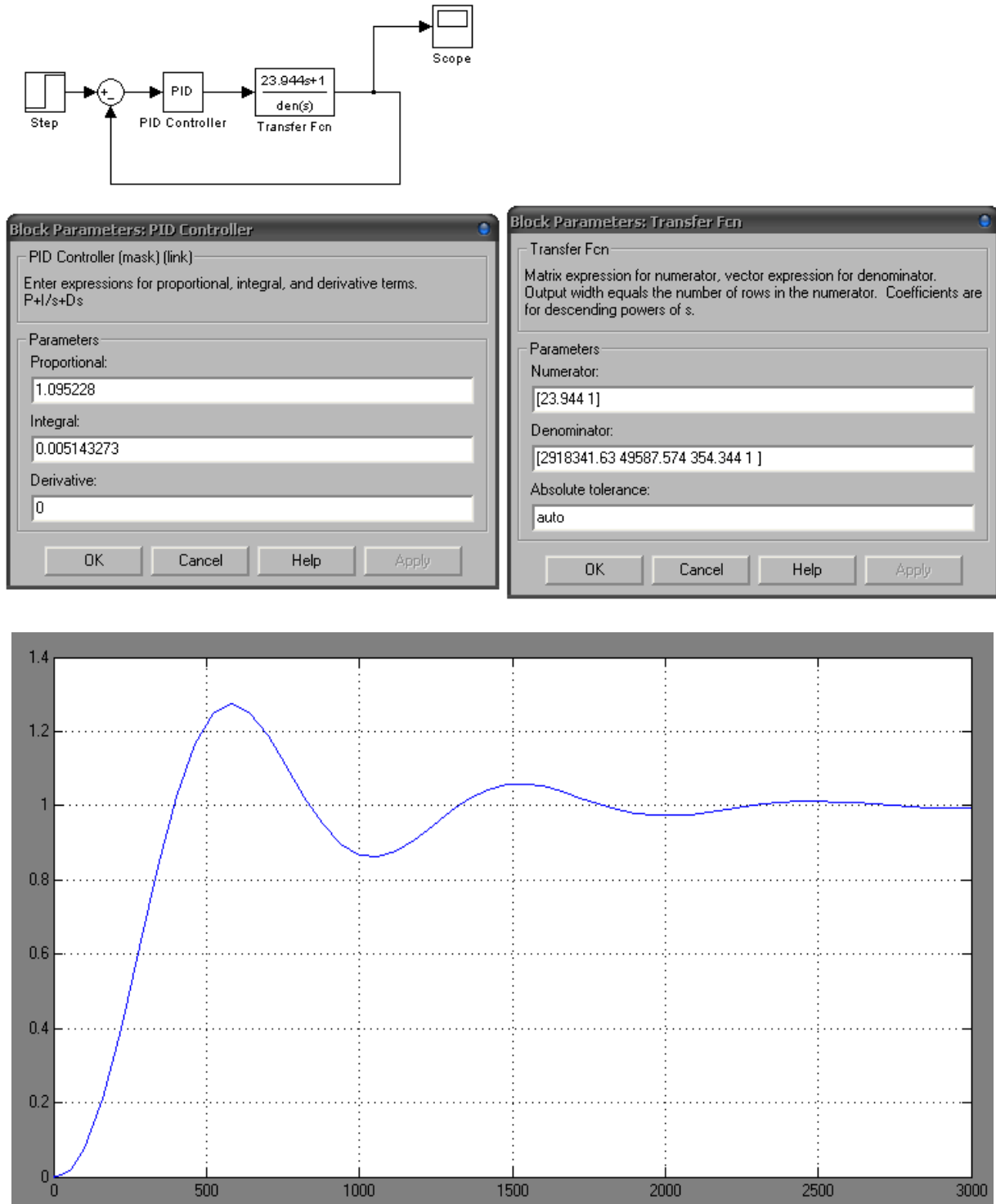


Рисунок 2 – Вибір параметрів налаштування ПІ-регулятора для одноконтурної АСР за допомогою програми MATLAB.

Висновки:

Розглянуто синтез системи автоматичного керування процесом каталітичного риформінгу.

Розраховано оптимальні параметри налаштування регуляторів в одноконтурній АСК процесу каталітичного риформінгу.

Перелік посилань:

1. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие. – под ред. А.С. Ключева – М.: Энергоатомиздат, 1990 – 464с.

2. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования. – под. ред. А.С.Ключева – М.: Энергоатомиздат, 1990- 595с.

Ключові слова:

каталітичний риформінг, синтез автоматичного керування, оптимальні параметри, ПІ-регулятор.

Чернега Р.М., студент (romanch52777@gmail.com)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КЕРОВАНОГО ОБ'ЄКТА МЕТОДОМ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ

Даний метод припускає, що використовуються масиви значень вхідних і вихідних сигналів об'єкта, які зняті через деякий інтервал часу – період квантування. У вхідному сигналі об'єкта повинні бути присутні як постійна, так і пробна складові. Постійна складова визначає положення робочої точки процесу в околі й проводить визначення параметрів динамічної моделі об'єкта. Враховуючи, що використовуються дискретні значення входу й виходу, необхідно працювати з цифровими(дискретними) моделями об'єкта.

Розглянемо методику використання методу найменших квадратів на прикладі цифрової моделі першого порядку, яка задана у вигляді:

$$y_M = ay(k-1) + bu(k-1) \quad (1)$$

Структурна схема експерименту з використанням моделі об'єкта показана на рисунку 1, на якому КО – керований об'єкт, М – модель об'єкта, $u(k), y(k), e(k), y_M(k), \theta$ – вхідний і вихідний сигнали, поточна помилка ідентифікації, вихідний сигнал і вектор оцінки параметрів.

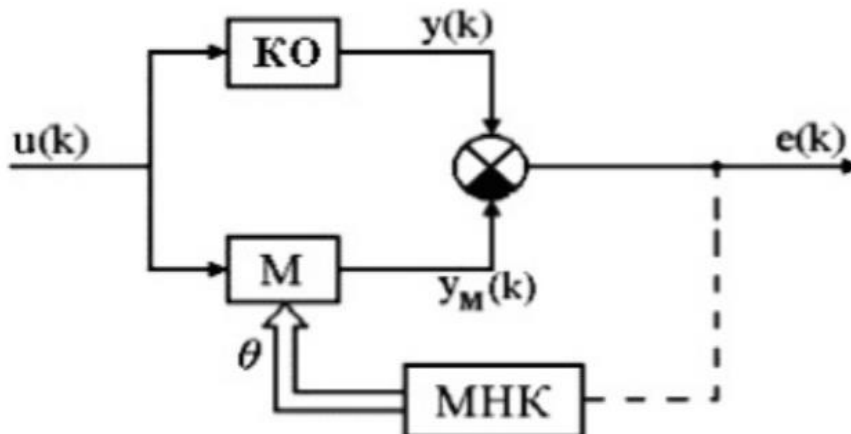


Рисунок 1 – Структурна схема експерименту

Нехай накопичено $N+1$ точок вимірювання вхідного вихідного сигналів об'єкта. У методі найменших квадратів узагальнена помилка ідентифікації повинна бути мінімальною:

$$E = \sum_{k=1}^{N+1} e^2(k) \rightarrow \min(\theta) \quad (2)$$

Для спрощення запису опустимо в подальших викладеннях межі підсумовування. Розкриваємо вираз 2 у наступному вигляді:

$$E = \sum e^2(k) = \sum [y(k) - y_M(k)]^2 = \sum [A - B]^2, \quad (3)$$

де

$$A = y(k) - ay(k-1), \quad B = bu(k-1) \quad (4)$$

Після відповідних перетворень формули 3, розкриття дужок і приведення подібних

одержимо

$$E = S_1 - 2aS_2 + a^2S_3 - 2bS_4 + 2abS_5 + b^2S_6, \quad (5)$$

де

$$S_1 = \sum y^2(k) \quad (6)$$

$$S_2 = 2a \sum y(k) \cdot y(k-1) \quad (7)$$

$$S_3 = a^2 \sum y^2(k-1) \quad (8)$$

$$S_4 = 2b \sum y(k) \cdot u(k-1) \quad (9)$$

$$S_5 = 2ab \sum y(k) \cdot u(k-1) \quad (10)$$

$$S_6 = b^2 \sum u^2(k-1) \quad (11)$$

Звідси випливає формула для обчислення оцінок вектора параметрів керованого об'єкта за методом найменших квадратів

$$\theta = A^{-1}B \quad (12)$$

Зворотна матриця A^{-1} завжди існує, оскільки початкова матриця A симетрична і позитивно визначена, що випливає з формул 6 – 11.

Знаючи параметри дискретної моделі, можна визначити параметри передавальної функції об'єкта

$$W_0(p) = \frac{K}{T_p + 1} = \frac{y(p)}{u(p)} \quad (13)$$

Відомо, що зв'язок між параметрами дискретної моделі 12 і передавальні функції 13 визначається формулами

$$a = e^{\frac{-Tk}{T}}, \quad b = K(1 - a) \quad (14)$$

Звідки випливає, що

$$T = \frac{-Tk}{\ln(a)}, \quad K = \frac{b}{(1-a)} \quad (15)$$

При використанні МНК одержувані оцінки обчислюються з деякими помилками, які називаються зсувом оцінок. Для отримання достатньо достовірних результатів необхідно виконати ряд умов:

1) подавати на вхід керованого об'єкта який-небудь пробний тестовий сигнал із достатньо широким спектром (наприклад, ПВДС);

2) об'єм досліджуваної вибірки (N) повинен бути достатнім для отримання достовірних оцінок, причому, чим менший рівень пробного ПВДС, тим більшим повинно бути число N;

3) із збільшенням рівня шумів на виході об'єкта точність оцінок знижується.

Облік запізнення в об'єкті керування приводить до появи затримки в керуючому сигналі на M періодів квантування

$$y(k) = ay(k-1) + bu(k-1-M), \quad (16)$$

де

$$M = \text{int}\left(\frac{\tau}{T_k}\right) \quad (17)$$

У зв'язку з цим, разом з оцінкою параметрів необхідно визначити й величину затримки. Це можна зробити шляхом знаходження глобального мінімуму узагальненої помилки ідентифікації для різних величин затримки $M = 0 \div M_{max}$ при використанні одного й того ж масиву даних.

Перелік посилань:

1. Автоматизація технологічних процесів у нафтовій та газовій промисловості: навч. посіб. / Г. Н Семенцов, Я. Р. Когуч, Я. В. Куровець, М. М. Дранчук. – Івано–Франківськ: ІФНТУНГ, 2009. – 300с.
2. Автоматизація неперервних технологічних процесів в нафтовій та газовій промисловості: навч. посіб. / М. І. Когутяк, Р. М. Лещій, М. М. Дранчук, М. В. Шавранський. – Івано – Франківськ: ІФНТУНГ, 2015. – 286с.

Ключові слова:

керований об'єкт, метод найменших квадратів, помилка ідентифікації, дискретна модель.

Чигур І.І., к.т.н., доцент (chygur@gmail.com)

Мицяк О.Я., студент 4-го курсу

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ КЕРУВАННЯ ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Проблема керування динамічними об'єктами в умовах невизначеності є центральною проблемою сучасної теорії керування. Особливо це стосується технологічних процесів з нестаціонарними параметрами. Типовим є випадок, коли відсутній точний математичний опис об'єкта або відбувається зміна його параметрів невідомим чином в широких межах, тобто багато об'єктів керування характеризуються неповнотою апріорної та поточної інформації щодо їх характеристик і впливів зовнішнього середовища, що істотно впливає на якість керування і його результати. Застосування адаптивних методів націлено на усунення невизначеності, пов'язаної з незнанням структури і параметрів моделі об'єкта. Більшість традиційних адаптивних методів керування потребують синтезу адаптивних прогнозуючих моделей, що забезпечують локально-оптимальне та енергозберігаюче керування та постійного оновлення інформації в процесі функціонування об'єкту.

Однак реальні процеси функціонування деяких об'єктів, на відміну від моделей, часто відбуваються в умовах не прогнозованих зовнішніх збурень і від внутрішніх змін параметрів самого об'єкта керування. У ряді задач керування залежності між вхідними і вихідними змінними настільки складні, що не можуть бути описані аналітично, і деякі змінні не можуть бути представлені кількісно. До таких змінних відносяться наприклад лінгвістичні чи символічні змінні, значеннями яких є терміни природної мови.

Основна відмінність інтелектуальних систем полягає в наявності механізму системного оброблення знань. Головна архітектурна особливість, яка відрізняє інтелектуальні системи керування від традиційних, – це механізм отримання, зберігання і оброблення знань для реалізації функцій керування.

В основу створення інтелектуальних систем покладено два узагальнені принципи:

- керування на основі аналізу зовнішніх даних, ситуацій та подій (ситуаційне керування);
- використання сучасних інформаційних технологій оброблення знань.

Нечітка логіка (fuzzy logic) отримала популярність в останні роки, але її складність та недостатня дослідженість є причиною, через яку її ще важко застосовувати в системах автоматичного керування. Складність цього підходу полягає у тому, що вихідний набір нечітких правил формується як правило експертом чи групою експертів і може виявитися неповним, суперечливим чи містити похибки.

Штучні нейронні мережі – це ще один потужний крок до створення інтелектуальних систем керування [1,2]. До переваг нейромережевого підходу відносять: паралелізм обробки інформації; єдиний принцип навчання та здатність вирішувати неформалізовані завдання. Недоліками нейронних мереж є неможливість передбачення похибки регулювання для вхідних впливів, які не входили в набір навчальних сигналів; відсутність критеріїв вибору кількості нейронів у мережі, тривалості навчання діапазону і кількості навчальних впливів. Ні в одній з публікацій не досліджували робастність або запас стійкості регулятора. Реалізація процесу навчання є основною перепорою на шляху широкого використання методів нейронних мереж в регуляторах [16].

Таким чином, застосування тієї чи іншої технології керування залежить від конкретного завдання яке має бути вирішено. Кожен з підходів володіє як перевагами так і недоліками, тому перспективним є застосування комбінації різних методів керування.

Застосування гібридного підходу (поєднання традиційних методів керування, нечіткої логіки та нейронних мереж) дозволяє створювати СК, ефективні в усьому спектрі ситуацій і є перспективним для застосування в системах автоматичного керування складними динамічними об'єктами в умовах невизначеності.

Перелік посилань:

1. Чигур І.І. Нейронна мережа і регулятор з прогнозуванням процесу керування каталітичним реактором у нафтогазовій галузі / Шавранський М.В., Чигур І.І., Шавранський В.М.// Науковий вісник Національного технічного університету нафти і газу. – 2010. - № 4 (26). – С. 90 – 95.
2. Чигур І.І. Автоматизація технологічного процесу регенерації диетиленгліколю з використанням штучних нейромереж/ Борин В.С., Чигур І.І., Костецький О.В., Сопуляк В.М.// Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ.- 2010. - №4 (37). - С. 104-107.

Ключові слова: керування, невизначеність, інтелектуальна система, гібридний підхід

Горпинич Д.О., студент (dmitrii.gorpinich@gmail.com)

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна

Кириченко В.В., к.ф.-м.н., доцент (vki28@gmail.com)

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Лесіна Є.В., к.ф.-м.н., доцент (eugenia.lesina@donntu.edu.ua)

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна

ЗАДАЧА ОПТИМІЗАЦІЇ ПЛАНУВАННЯ АВІАПЕРЕВЕЗЕНЬ МІЖ ДВОМА НАСЕЛЕНИМИ ПУНКТАМИ

Поняття оптимізації пов'язано з пошуком або створенням чогось найкращого в певному сенсі, що найбільш повно задовольняє певні потреби. Оптимізувати процес функціонування системи – значить знайти і встановити такі умови (значення параметрів процесу), при яких найбільш повно проявляється та чи інша властивість системи; розробити оптимальний план польотів – створити такий план, який би найбільш повно задовольняв деякі вимоги, наприклад, заявлені авіакомпаніями час і кількість вильотів; спроектувати оптимальний маршрут вильоту в районі аеродрому – такий маршрут, який би задовольняв економічні потреби та вимоги безпеки [1].

Під критерієм оптимальності можна розуміти деякий показник функціонування системи, який вибирається головним при постановці задачі пошуку найкращого розв'язку. В системі управління повітряним рухом (УПР) на різних етапах функціонування в якості критеріїв можуть виступати такі показники, як пропускна здатність зони УПР або гранично допустима інтенсивність повітряного руху, очікувана частота потенційно конфліктних ситуацій, показник складності УПР в тій чи іншій зоні, показники відхилення від запланованої програми польоту повітряного судна (ПС) в зоні відповідальності диспетчера, число небезпечних зближень за деякий період часу, середній вік персоналу служби руху і тому подібне.

Вибір показника в якості критерію оптимальності означає, що подальший розв'язок повинен максимізувати або мінімізувати (в залежності від змісту задачі) значення цього показника. На практиці неможливо нескінченно збільшувати (зменшувати) значення показника, тому присутні деякі обмеження, яким шуканий розв'язок також має задовольняти. Наприклад, підвищення інтенсивності повітряних потоків обмежена, зокрема, допустимою завантаженістю диспетчера. Це саме те обмеження, якому має задовольняти оптимальний розв'язок. Ще один приклад обмежень: встановлені схеми і правила польотів в районі того чи іншого аеродрому, які обмежують можливі траєкторії польоту ПС і таким чином можуть виступати в якості обмежень задачі оптимізації УПР за критерієм економічності.

При виборі методів оптимізації процесів УПР їх доцільно розділити на два види: статичні і динамічні [2]. До статичних процесів УПР відносять в основному процеси планування і організації управління повітряним рухом, в яких не розглядаються або не враховуються динамічні властивості об'єктів системи УПР, зокрема таких об'єктів, як повітряні судна.

До динамічних процесів відносять, насамперед, процеси безпосереднього УПР, а також процеси організації, пов'язані з організацією траєкторій руху ПС. В обох випадках в процесі виконання завдання повітряне судно розглядається як динамічний об'єкт, стан якого в повітряному просторі і характеристики руху змінюються і можуть бути керованими. На відміну від цього, наприклад, при плануванні потоків повітряного руху вихідні дані про розташування повітряних трас і аеродромів, стан технічних засобів забезпечення польотів, метеоумови і т.п. вважаються статичними, тобто не враховуються їх можливі зміни. З точки зору оптимізації, відмінність між статичними і динамічними процесами полягає в наступному: при оптимізації статичних процесів слід знайти один оптимальний розв'язок –

вектор X^* ; при оптимізації динамічних процесів необхідно знайти послідовність оптимальних розв'язків X^*_1, X^*_2, X^*_3 для одного стану динамічного об'єкта, другого, третього і т.д., тим самим знайти оптимальну траєкторію руху об'єкта з початкового в кінцевий бажаний стан.

При оптимізації статичних процесів використовуються моделі задач математичного програмування. Найбільш відомою є задача лінійного програмування (ЗЛП), в якій всі функції лінійні:

$$\begin{aligned} f(X) &= c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4 + \dots + c_nx_n \rightarrow \min (\max) \\ a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}x_4 + \dots + a_{1n}x_n &\leq (\geq)b_1 \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 + a_{m4}x_4 + \dots + a_{mn}x_n &\leq (\geq)b_m. \end{aligned}$$

Тут m – кількість обмежень, в кожному обмеженні може стояти знак рівності, тоді це рівняння-обмеження, або знак нерівності, тоді це нерівність-обмеження; коефіцієнти c_i , b_i , a_{ij} – деякі константи, що характеризують умови, для яких здійснюється пошук оптимальних розв'язків.

Існує універсальний спосіб розв'язання задач лінійного програмування, так званий симплекс-метод. Симплекс-метод є основним в лінійному програмуванні. Розв'язання задачі починається з розгляду однієї з вершин багатогранника (області допустимих розв'язків). Якщо досліджувана вершина не відповідає максимуму (мінімуму), то переходять до сусідньої, збільшуючи значення функції мети при розв'язанні задачі на максимум і зменшуючи при розв'язанні задачі на мінімум. Таким чином, перехід від однієї вершини до іншої покращує значення функції мети. Так як число вершин багатогранника обмежено, то за кінцеве число кроків гарантується знаходження оптимального значення або встановлення того факту, що задача не має розв'язків. Схема симплекс-методу демонструє його алгоритмічний характер, що дозволяє успішно програмувати і реалізувати цей метод на ЕОМ.

Розглянемо задачу оптимального перевезення пасажирів між двома населеними пунктами. Авіакомпанії потрібно організувати регулярні перевезення пасажирів між двома містами. У розпорядженні авіакомпанії є два типи ПС. Відомі такі характеристики: c_1, c_2 – пасажіромісткість першого і другого типів; a_1, a_2 – середні витрати палива одного і другого типу ПС на політ між двома містами; b_1 – паливні ресурси в авіакомпанії; b_2 – кількість наявних ПС першого типу; b_3 – кількість наявних ПС другого типу. Задача оптимізації полягає в наступному. Необхідно так обрати кількість ПС за типами при плануванні рейсів, щоб кількість перевезених пасажирів була максимальною, при обмежених запасах палива і кількості ПС за типами. Для формального запису задачі введемо змінні: x_1 – кількість ПС першого типу, x_2 – кількість ПС другого типу. Тоді задача запишеться наступним чином:

$$\begin{aligned} c_1x_1 + c_2x_2 &\rightarrow \max, \\ a_{11}x_1 + a_{12}x_2 &\leq b_1, \\ x_1 &\leq b_2, x_2 \leq b_3 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

Для розв'язання цієї задачі, за допомогою пакету прикладних програм MATLAB [3], було розроблено програму пошуку оптимального значення даної функції $c_1x_1 + c_2x_2$ та графічний інтерфейс для більш зручного користування.

Оптимізація до

☐ Min ☒ Max

Пасажиромісткість

	x1	x2	x3	x4	x5
	120	150			

Середні затрати пального

	x1	x2	x3	x4	x5
	7.8	9.7			

Кількість літаків 1-го типу

	x1	x2	x3	x4	x5
	1	0			

Кількість літаків 2-го типу

	x1	x2	x3	x4	x5
	0	1			

Ресурси

150 (T)

15

7

Обмеження

	x1	x2	x3	x4	x5
	0	0			
	15	7			

Відповідь

10.5256 x1+ 7 x2+ 0 x3+ 0 x4+ 0 x5= 2313.08

Обчислити

Рис. 1 – Загальний вигляд програми

В панелі «Пасажиромісткість» запишемо кількість місць в літаках першого та другого типу: $c_1 = 150$, $c_2 = 250$.

Пасажиромісткість

	x1	x2	x3	x4	x5
	120	150			

Рис. 2 – Панель «Цільова функція»

В панелі «Оптимізувати до» вибираємо згідно нашої математичної моделі значення max .

Оптимізація до

☐ Min ☒ Max

Рис. 3 – Панель «Оптимізувати до»

Задаємо значення у панелі «Ресурси»: b_1, b_2, b_3 – паливні ресурси в авіакомпанії, кількість наявних ПС першого типу та кількість наявних ПС другого типу відповідно.

Далі в блоці «Обмеження цільової функції» задаємо значення параметрів a_{11}, a_{12} – середні витрати палива першого і другого типу ПС на політ між двома містами, у випадку $x_1 \leq b_1, x_2 \leq b_2$ у відповідних полях задаємо значення (1 0) і (0 1) відповідно.

	x1	x2	x3	x4	x5
Середні затрати пального	7.8	9.7			
Кількість літаків 1-го типу	1	0			
Кількість літаків 2-го типу	0	1			

Ресурси

150 (Т)

15

7

Рис. 4 – Панель «Ресурси»

В панелі «Обмеження» у першому рядку задаємо мінімально допустиме значення або пишемо 0 для виконання умови невід’ємності, у другому рядку пишемо максимально допустиме значення цільової функції. Оскільки у даному випадку маємо дві невідомі величини, то пишемо (0 0) і (15 7).

Обмеження					
	x1	x2	x3	x4	x5
	0	0			
	15	7			

Рис. 5 – Панель «Обмеження»

Після заповнення даних блоків натискаємо на кнопку «Обчислити», в результаті на панелі «Відповідь» з’явиться оптимальний план перевезення пасажирів.

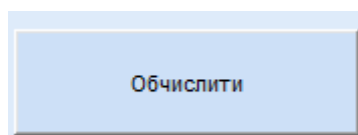


Рис. 6 – Кнопка «Обчислити»

Відповідь										
10.5256	x1+	7	x2+	0	x3+	0	x4+	0	x5=	2313.08

Рис. 7 – Панель «Відповідь»

Очевидно, що при даних початкових умовах компанія може організувати перевезення 2313 пасажирів.

Взагалі розроблена програма пошуку оптимальної кількості перевезених пасажирів може розрахувати максимальну кількість пасажирів для п'яти типів повітряних суден з різною пасажиромісткістю. При аналізі результатів можна зробити висновок, яку кількість літаків певного типу слід випускати в рейс авіакомпанії, щоб досягти максимальної кількості перевезених пасажирів.

Перелік посилань:

1. Глухих И.Н. Основы теории УВД: учебно-метод. пособие. В 2-ч. Ч. 2 – Ульяновск: УВАУ ГА, 1999. – 26с.
2. Харченко В.П. Обслуговування повітряного руху на цивільних аеродромах України: навч. посіб. / В.П. Харченко, Г.Ф. Аргунов, О.Є. Луппо. – К.: НАУ, 2013. – 244 с.
3. Иглин С.П. Математические расчёты на базе MATLAB / С.П. Иглин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 640 с.

Ключові слова: управління повітряним рухом, повітряне судно, критерій оптимальності, симплекс-метод.

Біломеря В.А., магістрант (b.vladislav1997@gmail.com)

Маслова Н.О., к.т.н., доцент (masgpp2@gmail.com)

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м.Покровськ Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ В РІШЕННІ ЗАДАЧ ФОРМУВАННЯ РОЗКЛАДУ

Однією з актуальних задач, що відноситься до групи NP - складних проблем є задача формування розкладу. Важливість цього напрямку для виробництв, логістики, при керуванні персоналом, у сфері освіти та інших підтверджує хоча б той факт, що конференція РАТАТ, присвячена розкладам проводиться кожні два роки й активно підтримує означену тематику.

Відомі дослідження та публікації

В процесі рішення задач формування розкладу застосовуються алгоритми цілочисельного програмування, агентний підхід, евристичні алгоритми (мурашина колонія), задачі на графах, динамічне програмування (імітація відпалу). Одним із сучасних підходів до рішення проблеми формування розкладу є застосування генетичних алгоритмів.

Проблеми з рішення задачі формування розкладу для університетів розглянуті, наприклад, в [1]. У роботі проведено оперативні дослідження з аналізу проблем, що виникають при складанні розкладів курсів в університетах. Застосовані метаевристичні методи, підхід на основі розподілених мультиагентних систем.

Рішення проблеми формування розкладу для навчального закладу за допомогою генетичних алгоритмів розглядається в роботі [2]. Автори пропонують модифікацію базового генетичного алгоритму і підвищення його продуктивності за рахунок стримування створення нових конфліктів, застосування графічного інтерфейсу для підвищення наочності складання розкладу, та у якості перспективи вказують можливість застосування паралельних обчислень.

У роботі [3] розглянуто модифікацію генетичного алгоритму для генерування однотижневого розкладу вищого навчального закладу на навчальний семестр. Пропонується нова структура хромосоми, яку представлено двовимірним масивом, та модифіковані оператори кросинговеру та мутації.

Порівняння стратегій селекції хромосом генетичного алгоритму розглядається у роботі [4]. Автори порівнюють три основні методи селекції (колесо рулетки, турнірний відбір та ранговий відбір) під час вирішення задачі комівояжера.

Постановка задачі

З початку 20 століття у зв'язку зі збільшенням масштабів виробництва з'явився попит на розробку алгоритмів формування розкладів у яких ураховувалися б різноманітні обмеження. У наш час розклади використовуються у великій кількості сфер діяльності людини: виробництво, логістика, керування персоналом, сфера освіти.

Метою роботи є дослідження існуючих математичних та алгоритмічних моделей, а також методів та алгоритмів для вирішення проблеми формування розкладу занять університету, створення власних математичних та алгоритмічних моделей, а також методів та алгоритмів для вирішення проблеми формування розкладу занять університету на базі генетичного алгоритму з урахуванням вимог, які б відповідали умовам організації навчальної діяльності університету.

Основний матеріал та очікувані результати досліджень

На даний момент існує велика кількість робіт на тему складання розкладу занять університету (University course timetabling problem - UCTTP). З кожним роком їх кількість збільшується, що говорить про зростаючий інтерес до вирішення цієї проблеми.

Якихось беззаперечних моделей або алгоритмів для вирішення цієї проблеми зараз не існує, що говорить про актуальність створення нових варіантів, що враховували б якомога

більшу кількість вимог та обмежень до сформованого розкладу, вирішували проблеми значної кількості університетів, а також створювали розклади за адекватний час.

Одним із найбільш популярних алгоритмів для вирішення проблеми формування розкладу є генетичний алгоритм. Генетичний алгоритм працює з набором потенційних рішень, які називають популяцією.

Кожен екземпляр популяції (особина) складається з хромосоми, яка представляє з себе структуру даних, яка містить у собі набір даних, які характеризують конкретний варіант рішення задачі.

У даній роботі у якості моделі відображення розкладу занять планується використовувати модель хромосоми, що зображено на рисунку 1.

Її можна представити у вигляді одновимірного масиву довжиною $2 \cdot K$, де K – це кількість занять у навчальному плані університету.

Елементи цього масиву (гени), індекси яких лежать на проміжку від 0 до $K-1$, можуть приймати значення від 1 до N , де N – це кількість аудиторій.

Елементи (гени), індекси яких лежать на проміжку від K до $2 \cdot (K-1)$, можуть приймати значення від 1 до M , де M – це кількість унікальних проміжків часу, що складаються з дня тижня та часу, у які проводяться заняття. Таким чином, кожне i -те заняття навчального плану описується двома генами з індексами i та $i+K$.

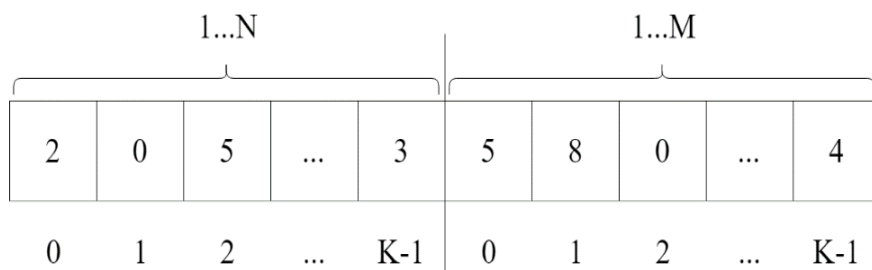


Рисунок 1 – Структура хромосоми

Для збільшення швидкодії генетичного алгоритму процес генерації початкової популяції будується таким чином, щоб генеровані розклади не мали колізій. Це дозволить зробити більш простими оператори кросинговеру та мутації, а також має позитивно вплинути на швидкість обчислення фітнес-функції. У наслідку оптимізації має зменшитись час пошуку оптимального розкладу, тому що більшість часу роботи генетичного алгоритму припадає саме на обчислення значення фітнес-функції.

У роботах інших авторів (наприклад, у [2]) було запропоновано виконувати запуск генетичного алгоритму у декількох потоках з різними початковими популяціями і після завершення роботи кожного з потоків обирається найкраще рішення.

У протиположному такому підході у роботі пропонується модифікувати генетичний алгоритм таким чином, що на початку роботи генерувати декілька початкових популяцій та виконувати їх обробку паралельно генетичним алгоритмом. Після чого у кожній з отриманих популяцій обрати кращі хромосоми та на їх основі створити меншу кількість нових популяцій і запустити процес паралельної обробки генетичним алгоритмом вже до них.

На рисунку 2 наведено схему розмежування початкових популяцій та формування нових.

Процес має продовжуватися до тих пір, поки не буде отримано одну найкращу хромосому. Подібна модифікація має зменшити вірогідність потрапляння алгоритму у локальний мінімум, та охопити більшу область можливих рішень. Крім цього, розпаралелювання алгоритму дозволить оброблювати більше хромосом за одиницю часу.

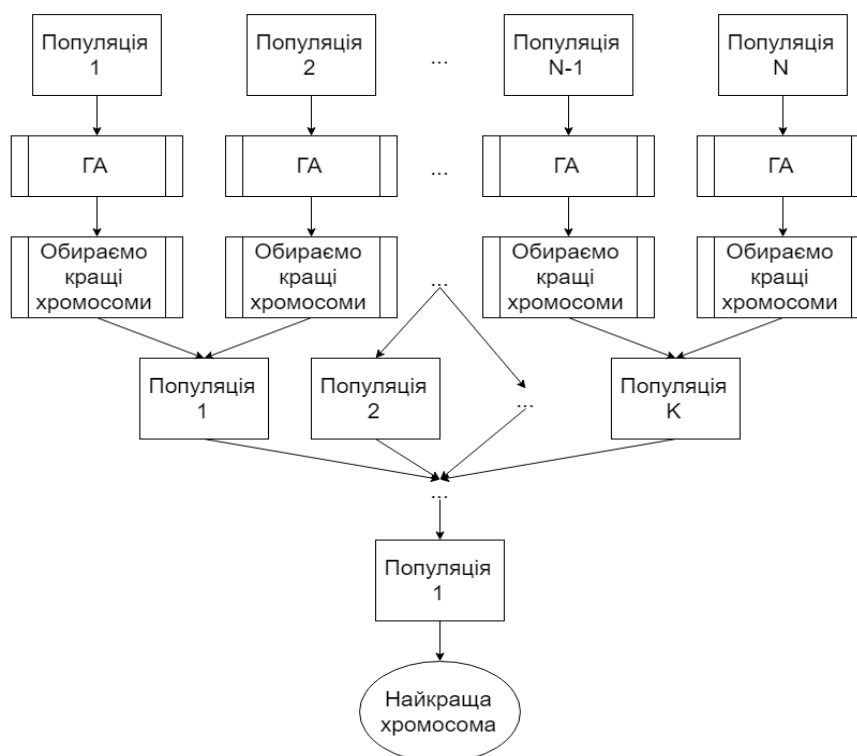


Рисунок 2 Схема модифікованого алгоритму

Висновки

Проблема формування розкладів відноситься до NP - складних задач. На даний момент опублікована значна кількість робіт по теорії розкладів, пропонуються алгоритми для різних варіантів задач за цією темою, але рішень, які б задовольняли повному пакету вимог, що висуваються до розкладів на даний час не знайдено.

Вищеописана модифікація генетичного алгоритму, яка доповнена паралельною обробкою, має зменшити час роботи алгоритму, охопити більшу область можливих рішень, збільшити вірогідність знаходження глобального оптимального рішення.

1. Hamed Babaei, Jaber Karimpour, Amin Hadidi A survey of approaches for university course timetabling problem Article in *Computers & Industrial Engineering*, Volume 86, August 2015, Pages 43-59 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835214003714>,

2. B. Sigl ; M. Golub ; V. Mornar Solving timetable scheduling problem using genetic algorithms *Proceedings of the 25th International Conference on Information Technology Interfaces, 2003. ITI 2003.* 19-19 June 2003 Date Added to IEEE Xplore: 04 September 2003 Print ISBN: 953-96769-6-Print INSPEC Accession Number: 7854377 <https://ieeexplore.ieee.org/document/1225396>

3. Mortaza A. A Fast Genetic Algorithm for Solving University Scheduling Problem / A. Mortaza, S. Saeed. // *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*. – 2014. – №1. – С. 7–15.

4. Mohd Razali N. Genetic Algorithm Performance with Different Selection Strategies in Solving TSP / N. Mohd Razali, J. Geraghty. // *Proceedings of the World Congress on Engineering 2011 Vol II*. – 2011, London, U.K..

Ключові слова:

генетичний алгоритм, розклад, UCTTP, хромосома, популяція

ЗМІСТ

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

Бобков К.М., Дмитрієва О.А. ПРОГРАМНА СИСТЕМА ГЕНЕРУВАННЯ АЛГОРИТМІВ НА ОСНОВІ АБСТРАКТНИХ ГРАФ-СХЕМ	3
Дем'янець А.А., Бурлака А.Н., РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СТЕНДА ВЗАИМНОГО НАГРУЖЕНИЯ НА БАЗЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТЕРОМ	7
Дем'янець А.А., Жовтобрух С.А. МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДОБЫЧНЫМИ КОМБАЙНАМИ	10
Журавльов В.А., Бурлака О.М. АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРОХІДНИЦЬКОГО КОМБАЙНА	15
Кучак М.М., Борин В.С. СКЛАДАННЯ СТРУКТУРНИХ СХЕМ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПРИВОДУ СПУСКО-ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ КОЛОНИ БУРИЛЬНИХ ТРУБ	18
Климов О.О., Бурлака О.М. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТРАЄКТОРІЄЮ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВИКОНАВЧОГО ОРГАНУ ПРОХІДНИЦЬКОГО КОМБАЙНУ	23
Кобринов Ю.О., Семенов Г.Н. СПОСІБ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПОГЛИБЛЕННЯ НАФТОВИЙ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН	26
Попіль О.С., Бурлака О.М. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ НАВАНТАЖЕННЯ РОБОЧОГО ОРГАНУ ПРОХІДНИЦЬКОГО КОМБАЙНУ	29
Семенов Г.Н., Регей В.М. АДАПТИВНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ З ЕТАЛОННОЮ МОДЕЛЛЮ І ПАРАМЕТРИЧНИМ НАЛАШТУВАННЯМ	34
Страшко Е.В. СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛІКУ РЕМОНТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ГІРНИЧОВИДОБУВНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ	37
Чигур І.І., Єсіпов А.Ю. ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ	39
Яремченко А.В., Бурлака О.М. АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРИВОДУ ПОДАЧІ ПРОХІДНИЦЬКОГО КОМБАЙНА	41
Лабужева А.М., Бурлака О.М. МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОБІГРІВУ ЦЕХУ	43

2. Телекомунікаційні системи

Курило О.О. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ПРИ ПОГРОЗАХ РЕАЛІЗАЦІЇ АТАК ПОСЕРЕДНИКІВ	47
---	-----------

Лагутіна І.А., Воропаєва А.О. РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ МІСТА ПОКРОВСЬК	48
Сотник О.А., Загребасєв К.С., Марченко С.В. РЕАЛІЗАЦІЯ АМПЛІТУДНОГО МОДУЛЯТОРА НА ПРОГРАМОВАНІЙ ЛОГІЧНІЙ ІНТЕГРАЛЬНІЙ СХЕМІ	49
Старіковський О.А., Жуковська Д.О. ПРАКТИЧНІ МЕТОДИ СБОРУ ТА КОНТРОЛЮ ІНФОРМАЦІЇ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ	54
Кузьменко І.А. ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА РОБОТУ WI-FI МЕРЕЖІ І МОЖЛИВІ ВАРІАНТИ ВИРІШЕННЯ	58
Караханян Р.О. ПРИЙОМ ПОТОКОВОГО МОВЛЕННЯ НА БАЗІ FORWARD ТА ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ СИГНАЛУ В ЕФІР АНАЛОГОВОГО ТА ЦИФРОВОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ	61

3. Інформаційно-вимірювальні системи, електронні та мікропроцесорні прилади

Притула І.С., Василюк С.В. РОЗРОБЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ ВЛАСНОГО ЧАСУ ВІДКЛЮЧЕННЯ ВАКУУМНОГО ВИМИКАЧА	64
Василюк К.С., Василюк С.В. СИМУЛЯТОР ФУНКЦІОНУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ	66
Василюк К.С., Василюк С.В. КОНТРОЛЬ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ ВІДГАЛУЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ З ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ЧАСТОТИ	69
Харламов Є.Р., Любименко О.М. НАПІВПРОВІДНИКИ В ЕЛЕКТРОНІЦІ	73

4. Енергетика та автоматизований електропривід

Бензарь А.Є., Тютюнник Н.Л. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ДВНЗ «ДОННТУ»	76
Гармаш Е.В., Колларов О.Ю. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕНЕРГОУСТАНОВОК ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ КОНЦЕНТРАТОРІВ ПОТОКУ	80
Остренко Д.О., Колларов О.Ю. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕРЕЖ	86
Косухіна О.С., Косухін О.В., Поляков Р.М., О.М. С'янов ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПАРАМЕТРІВ ДВОКОТУШКОВОЇ І СТРИЖНЕВОЇ КОНСТРУКЦІЙ ІНДУКЦІЙНОГО РЕОСТАТУ	88
Кобринов Ю.О. ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ	95
Стьопкін В.В., Михайличенко С.О., Цапко В.В., Березін О.О.	

МОДЕЛЮВАННЯ ПРУЖНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА	97
Радченко О.П., Любименко О.М., Штепа О.А. РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ЕНЕРГОНОСІЯ У ВИГЛЯДІ ГАРЯЧОГО ГАЗУ ЗАДАНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ДЛЯ ГРУППИ СУШИЛЬНИХ УСТАНОВОК	102
Сороколіт Д.О., Лисенко В.А. ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ВІД ОДНОФАЗНИХ ЗАМИКАНЬ НА ЗЕМЛЮ	105
Мащенко Ю.А., Лисенко В.А. ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ ВІД ОЗЗ В УМОВАХ ШУ «ПОКРОВСЬКЕ»	108

5. Методи та засоби дослідження та оптимізації динамічних систем

Гузьо І.В., Когутяк М.І. СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ НАЛАШТУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ В ОДНОКОНТУРНИЙ АСК ПРОЦЕСУ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ	112
Чернега Р.М. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КЕРОВАНОВОГО ОБ'ЄКТА МЕТОДОМ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ	116
Чигур І.І., Мицяк О.Я. ОСОБЛИВОСТІ КЕРУВАННЯ ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ	119
Горпинич Д.О., Кириченко В.В., Лесіна Є.В. ЗАДАЧА ОПТИМІЗАЦІЇ ПЛАНУВАННЯ АВІАПЕРЕВЕЗЕНЬ МІЖ ДВОМА НАСЕЛЕНИМИ ПУНКТАМИ	121
Біломеря В.А., Маслова Н.О. ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ В РІШЕННІ ЗАДАЧ ФОРМУВАННЯ РОЗКЛАДУ	126