МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
КРАСНОАРМІЙСЬКИЙ ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ

ДНІ НАУКИ– 2011

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

регіональної науково-практичної конференції

Том 1

Красноармійськ
2011

УДК 30.3+336+481+621+622+658

Дні науки – 2011: Збірник матеріалів регіональної науково-практичної конференції: В 2т. – Красноармійськ: КІІ ДонНТУ, 2011. – Т. 1. – 173 с.

У збірнику опубліковано материали науково-практичної конференції з актуальних проблем геотехнології і охорони праці у гірничій промисловості, перспективних технологій та геомеханічних проблем розробки корисних копалин, інженерної механіки, електромеханіки і автоматики, соціально-гуманітарних та природничих проблем та сучасних напрямків економічних досліджень.

Для науковців, викладачів вищих навчальних закладів, фахівців різних галузей економіки, представників органів місцевого самоврядування, державних службовців, студентів.

Оргкомітет конференції:

Голова – Ляшок Ярослав Олександрович - к.т.н., доцент, зав.каф. геотехнологій і охорони праці (ГіОП), директор КІІ ДонНТУ.

Вірич Світлана Олександрівна – к.т.н., доцент, зав. каф. інженерної механіки.
Гого Володимир Бейлович – д.т.н., доцент, зав. каф. природничих наук.
Дяченко Наталія Іванівна – к.і.н., доцент, зав. каф. соціально-гуманітарної підготовки.
Лисенко Світлана Миколаївна – к.е.н., доцент, зав. каф. економіки і менеджменту.
Нестеренко Василь Миколайович – к.т.н., доцент, заст. зав. каф. ГіОП
Носач Олександр Костянтинович – к.т.н., доцент, зав. каф. розробки пластових родовищ.
Сименко Олена Василівна – к.т.н., доцент, зав.каф. електромеханіки і автоматики (ЕМА) заст. декана КІІ ДонНТУ

Технічні редактори: ас. Смірнов В.В., ас. Нагорна К.Д.

Комп’ютерна верстка: ас. Трунов Д.М.

Редакційна колегія повідомляє, що автори публікацій несуть відповідальність за достовірність поданої інформації, зміст матеріалів, їх мовно-стилистичне оформлення

© Колектив авторів, 2011

ЗМІСТ

1. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ГІРНИЧОГО ВИРОБНИЦТВА

БЕНЕРА О.П., НЄМЦЕВ Е.М.
ПИТАННЯ МОНТАЖУ, РЕМОНТУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЗАСОБІВ ПРОХІДНИЦЬКОГО ВОДОВІДЛИВУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ГІДРОЕЛЕВАТОРІВ **7**

БЄЛОВ М.В, НЄМЦЕВ Е.М.
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЛАВНОСТІ ПУСКУ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА **9**

ВАКАРЄВ І.В., ГАНЗА А.І.
РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ПІДВИЩЕННЮ НАДІЙНОСТІ ГАЛЬМОВИХ ПРИСТРОЇВ ШАХТНИХ ПІДЙОМНИХ УСТАНОВОК **12**

ВАКАРЕВ І. С., ГАНЗА А.І.
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕКУЩИХ РЕМОНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ ОЧИСТНЫХ И ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЕВ ШАХТЫ **14**

ГАНЗА А.И., ГЛУШАК О.В.
К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТОВ НАГРУЗКИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ **18**

ГУНЯ О.А., НЄМЦЕВ Е.М.
ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗУСИЛЛЯ, НЕОБХІДНОГО ДЛЯ ГАЛЬМУВАННЯ СКЛАДУ, ЩО ОБІРВАВСЯ **23**

ДЕГТЯРЬОВ Д.С., НЄМЦЕВ Е.М.
УСУНЕННЯ ВПЛИВУ ГАЛЬВАНОЭФФЕКТУ У ДАТЧИКУ РІВНЯ **25**

ДОРОФЄЄВ Б.В, ТРИЛЛЄР Є.А., ПЕТЕЛІН Е.А.
ПРОБЛЕМИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В МЕРЕЖАХ З НАПІВПРОВІДНИКОВИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ **27**

КОНДРАТЕНКО В.Г., ВОРОНОВ А.Г.
ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ЗНАЧИТЕЛЬНОМ РАССТОЯНИИ ДРУГ ОТ ДРУГА **31**

КОРОЛЁВ А.И.,ЧЕРНЫШЕВ В.И.
МОНИТОРИНГ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ **32**

ЛАЗАРЕНКО А. В., ГАНЗА А.І.
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ШАХТНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ **34**

ПОПОВСКИЙ Ю.О., ЧЕРНИШЕВ В.І.
ЦЕНТРУВАННЯ КОНВЕЄРНИХ СТРІЧОК **37**

СОЛОМЕНЦЕВ К.А., НАДЖАРЯН М.Г.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРОВОДНИКА КОРОБЧАТОГО ДЛЯ ПОДЪЕМНОГО СОСУДА ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ **39**

ТРИЛЛЕР Е.А., ДИДОВИЧ Н.В.
ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ КАЛОРИФЕРНЫХ УСТАНОВОК **41**

ТРИЛЛЕР Е.А., КОНИВЕЦ Р.К.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАЛОРИФЕРНОЙ УСТАНОВКИ ГЛАВНОГО СТВОЛА ШАХТЫ «РОДИНСКАЯ» **44**

ТРИЛЛЕР Е.А., МИСОЧЕНКО Л.Н.
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КАЛОРИФЕРНОЙ УСТАНОВКИ ШАХТЫ ИМЕНИ ГЕРОЕВ КОСМОСА **48**

ТРИЛЛЕР Е.А., МОСОЛОВ С.А.
РЕАКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ И ЕЕ КОМПЕНСАЦИЯ КАК ЭЛЕМЕНТ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ **50**

ТРИЛЛЕР Е.А., ТИМОЩУК С.В.
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ЗУМПФОВОГО ВОДООТЛИВА ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО СТВОЛА ПАБ «ШАХТОУПРАВЛЕНИЕ ПОКРОВСКОЕ» **55**

ХОРУНЖИЙ Д.П., ТРИЛЛЄР Є.А., ПЕТЕЛІН Е.А.
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМАХ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЮЧИХ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ **58**

ШВЕДЧЕНКО С.С., ГАНЗА А.И.
СПОСОБЫ УПРОЧНЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС **61**

2. ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ ТА ЕКОЛОГІЇ РЕГІОНУ ОЧИМА МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ

БАЮН Р.М., БАЧУРІНА Я.П.
СПОСОБИ СТВОРЕННЯ ПРОТИФІЛЬТРАЦІЙНИХ ЗАВІС **64**

GERASYMENKO I.Y., BILETSKA L.L., LIZUNOVA O.M.
THE CORRELATION BETWEEN THE FORM OF OWNERSHIP AND MOTIVATION OF THE ENTERPRISE'S STAFF **66**

ГОРЬКОВА А., НАГОРНА К.Д.
ПІДТРИМАННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК, ЩО ПОВТОРНО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ НА ШАХТАХ КРАСНОАМІЙСЬКОГО ВУГЛЕНОСНОГО РАЙОНУ **67**

ГРАЧЁВА И.И., ЛЯШОК Я.А.
ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ УЧАСТКОВЫХ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ОТРАБОТКЕ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ **68**

ІСАЄНКОВА Ю.В., ІСАЄНКОВ О.О.
ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ПРОЯВІВ ЗДИМАННЯ ПОРІД ПІДОШВИ В КАПІТАЛЬНИХ І ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБКАХ **70**

КРЮКОВА Д. А., ПРИДАТЬКО С.П.
ЕСТЕТИЗАЦІЯ І МІКРОКЛІМАТ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА – ВАЖЛИВІ СКЛАДОВІ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ **73**

НАУМОВА Ю. А., ТУНИК Д. А., ЮСИПУК Ю. А.
МИРОВОЙ ОПЫТ В ОБЛАСТИ ТЕХНОЛОГИИ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ **76**

НЕСТЕРЕНКО В.Н., СМИРНОВА И.В.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАНА С ЦЕЛЬЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ВЫГОДЫ **79**

НЕСТЕРЕНКО В.М., ТИМОФЄЄНКО О.В.
МОЖЛИВОСТІ КЕРУВАННЯ ГАЗОВИДІЛЕННЯМ ЗАСОБАМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ НА ГАЗОВИХ ШАХТАХ **81**

ПЛЯШЕЧНИК Н. А., РОМАНІЙ С.М.
ЕКОЛОГІЯ ТА ФІЗИЧНИЙ СТАН ЛЮДИНИ **83**

ПРИДАТЬКО С.П., ЗЕЛЕНЕВА О.Г., ІВАНЧЕНКО В.А.
ЕКОЛОГІЧНА СВІДОМІСТЬ ЯК СКЛАДОВА ОСОБИСТОСТІ СУЧАСНОЇ ЛЮДИНИ **85**

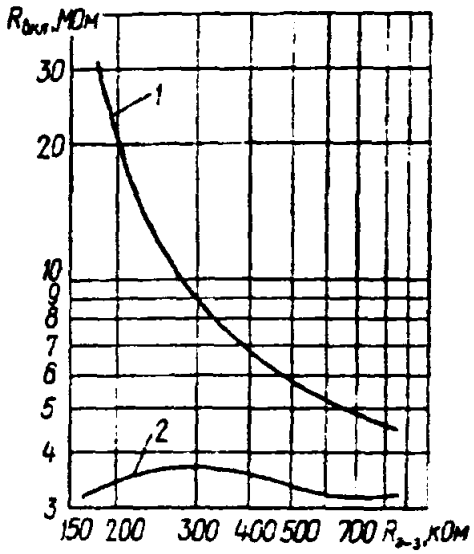

Рис. 2 – Вхідні характеристики реле контролю рівня КСИ при порозі чуттєвості 3 МОм

Таким чином, спрямоване використання фактора ЕРС гальваноефекту забезпечує підвищення надійності функціонування апаратури контролю рівня і чутливості реле без застосування додаткових заходів по обслуговуванню.

В роботі була розв'язана проблема нестабільної роботи датчиків рівня контролю сипучих матеріалів через вплив на їх роботу гальваноефекту. Було запропоновано метод усунення впливу гальваноефекту без залучення додаткових коштів, побудовані вихідні характеристики реле контролю рівня.

УДК 621.316.727
ДОРОФЄЄВ Б.В, ТРИЛЛЄР Є.А.. к.т.н, ПЕТЕЛІН Е.А., к.т.н (КІІ ДонНТУ)

ПРОБЛЕМИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В МЕРЕЖАХ З НАПІВПРОВІДНИКОВИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Розглянуто негативний вплив на процес компенсації реактивної потужності споживачів енергії з напівпровідниковими перетворювачами, які є джерелами вищих гармонік. Запропонована схема вибору системи компенсації реактивної потужності на підприємстві. Наведена класифікація пристроїв для регулювання неактивних складових потужності.

Розвиток сучасних технологій напівпровідників (елементів з нелінійними вольт-амперними характеристиками) веде все більш до зростаючої кількості споживачів, керованих тиристорами й конверторами. На жаль, конвертори збільшують значення індуктивної реактивної потужності й погіршують несинусоїдальну форму струмової кривої. Ці перешкоди мережі ведуть до ушкоджень і помилковим включенням устаткування й приладів.

Типовий струм конвертора являє собою накладення різних синусоїдальних складових току, тобто основної мережевої частоти й певного числа так званих вищих гармонік (у трифазній мережі в першу чергу гармоніки 5-го, 7-го й 11-го порядків).

Найбільш серйозні порушення якості електроенергії в електричній мережі мають місце при роботі потужних керованих вентильних перетворювачів.

Залежно від схеми випрямлення вентильні перетворювачі генерують у мережу наступні гармоніки струму: при 6-фазній схемі — до 19-го порядку; при 12-фазній схемі — до 25-го порядку включно.

Вищі гармоніки струму й напруги викликають додаткові втрати активної потужності у всіх елементах системи електропостачання: у лініях електропередачі, трансформаторах, електричних машинах, статичних конденсаторах, тому що опори цих елементів залежать від частоти.

У конденсаторах, призначених для компенсації реактивної потужності, навіть невеликі напруги вищих гармонік можуть викликати значні струми гармонік. На підприємствах з більшою питомою вагою нелінійних навантажень

батареї конденсаторів або відключаються захистом від перевантаження по струму або за короткий строк виходять із ладу через спучування банок. Це відбувається через те, що наявність вищих гармонік веде до підвищення струму в конденсаторах, тому що реактивний опір конденсаторів зі зростанням частоти - зменшується. Паралельно зі зростанням струму в конденсаторах, який можна регулювати за допомогою конструктивних заходів, у несприятливих випадках у мережах можуть виникнути резонансні явища. Компенсаційні конденсатори та індуктивності трансформатора й мережі являють собою резонансний контур. Якщо власна частота такого контуру збіжиться із частотою вищих гармонік, то можливе виникнення коливань зі значними надструмами й перенапругами. Це веде до перенавантажень і ушкодженням в електричних установках.

«Забруднення» мереж змінного струму вищими гармоніками може приводити до наступних наслідків [1]:

- зниження терміну служби конденсаторів;
- передчасне спрацьовування контакторів і інших запобіжників;
- вихід з ладу або помилкова діяльність комп'ютерів, приводів двигунів, пристроїв освітлення й ін. чутливих споживачів;
- прискорене старіння ізоляції електричних машин, трансформаторів, кабелів;
- погіршення коефіцієнта потужності електроприймачів;
- погіршення або порушення роботи пристроїв автоматики, телемеханіки, комп'ютерної техніки й інших пристроїв з елементами електроніки;
- погрішності вимірювань лічильників електроенергії, які приводять до неповного обліку споживаної електроенергії;
- порушення роботи самих вентильних перетворювачів при високому рівні вищих гармонійних складових.

Для зниження резонансної частоти мережі до значення, величина якого нижче значення найменшої вищої гармоніки даної мережі, до конденсатора підключають дросель (реактор). Цим запобігають виникненню резонансу між конденсаторами й мережею, а значить і зростанню струмів вищих гармонік.

Крім того, таке включення має ефект фільтра, при якому зменшується ступінь викривлення напруги. Воно рекомендується в тих випадках, коли частка споживачів, що забруднюють мережу вищими гармоніками, становить менше 20 % усіх споживачів мережі. Резонансна частота конденсатора, включеного послідовно із дроселем, завжди лежить нижче частоти 5-ой гармоніки. Для струмів вищих гармонік ланцюг фільтра являє собою дуже низький повний опір. Тому більша частина таких струмів направляється в цій контур.

На необхідність застосування фільтрів у системах компенсації реактивної потужності вказують наступні автори [2, 3], які вважають, що в енергосистемах, що містять потужні споживачі енергії з напівпровідниковими перетворювачами, звичайно суттєво спотворюються напруги й струми електромереж. Особливо великі викривлення при наявності в системах потужних перетворювачів на одноопераційних тиристорах. Комутаційні процеси в цих пристроях також приводять до виникнення в мережах резонансних явищ.

У більшості випадків для зниження викривлень напруги мережі застосовують резонансні LC-фільтри, а також RC-ланцюги. Разом з тим сучасний стан силових напівпровідникових систем дозволяє для поліпшення якості електроенергії використовувати активні фільтри, побудовані, наприклад, на модулях IGBT (біполярний транзистор з ізольованим затвором) [2, 3]. Ці пристрої можуть виконувати й інші завдання: компенсувати реактивну потужність електромереж, відновлювати симетрію напруг. У якості потужних активних фільтрів розглядається застосування багаторівневих, многотактних і каскадних напівпровідникових перетворювачів. Розробляються також перетворювачі інших типів. Тому планування побудови системи компенсації реактивної потужності на підприємстві, доцільно проводити з урахуванням електромагнітної сумісності споживачів за наступною схемою (Рис.1)

Вимоги до якості електричної енергії встановлюються відповідним ДСТУ, у якому оговорюються норми на відхилення частоти, напруги, коефіцієнт несинусоідальності напруги, розмах зміни напруги (доза коливань напруги), коефіцієнт гармонійної складової напруги, тощо.

Успішна спільна паралельна робота споживачів електроенергії, а іноді й генераторного встаткування, включаючи мережі, можлива лише при забезпеченні встановлених ДСТУ норм, як з боку споживача, так і з боку живильної мережі. У цьому випадку говорять про електромагнітну сумісність устаткування в системі енергозабезпечення підприємства.

Традиційно проблема електромагнітної сумісності в системі енергозабезпечення підприємства вирішувалася за допомогою обертових синхронних компенсаторів або конденсаторних батарей з постійною ємністю, обладнаних електромеханічними комутуючими пристроями й пасивних фільтрів.

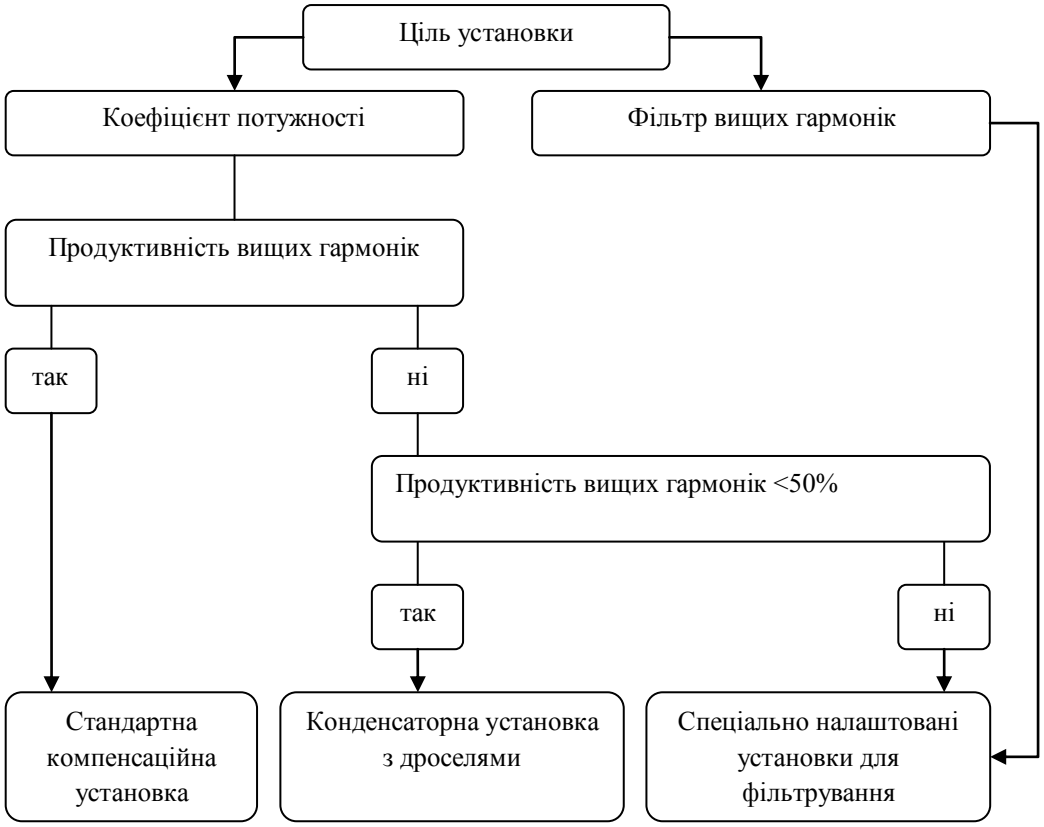

Рисунок 1 - Планування системи компенсації реактивної потужності на підприємстві

Однак такі підходи вже не задовольняють сучасним вимогам, головним чином через зростаючу інтенсивність факторів, що взаємно обурюють, з боку паралельно працюючих навантажень.

Дані фактори, а також необхідність автоматичного керування різноманітними показниками якості в електричній мережі, зажадали створення систем керування параметрами якості електричної енергії.

Останні досягнення в технології виробництва потужних напівпровідникових перемикаючих приладів (GTO - тиристори, MOSFET і IGBT - транзистори) і обчислювальної техніки визначили розвиток систем керування якістю електроенергії по двом основним напрямкам [4]. Перше з них пов'язане з удосконалюванням силових виконавчих вузлів і елементів системи керування, друге визначається пошуком оптимальних структур і алгоритмів роботи елементів системи й системи в цілому. Ці пристрої мають прості електричні схеми. Звичайно вони складаються із шунтувальних конденсаторів і реакторів разом з тиристорними ключами.

Другий напрямок має більш широкі можливості, тому що дозволяє врахувати вплив факторів, що обурюють, не тільки на окремі елементи системи керування якістю електроенергії, але й на контрольовані та параметри технологічного процесу, що змінюються: струм, напругу, активну потужність, неактивні складові потужності.

Сучасні схемотехнічні пристрої для регулювання неактивних складових потужності можуть бути класифіковані в такий спосіб (Рис.2) [4].

Висновки:

1. Застосування в системах електропостачання підприємств схем компенсації реактивної потужності сприяє поліпшенню параметрів якості споживаної підприємством електроенергії;
2. В енергосистемах, що містять потужні споживачі енергії з напівпровідниковими перетворювачами, звичайно суттєво спотворюються напруги й струми електромереж за рахунок виникнення вищих гармонік, що практично зводить нанівець усі зусилля по компенсації реактивної потужності;
3. Побудову системи компенсації реактивної потужності на підприємстві, доцільно проводити з урахуванням електромагнітної сумісності споживачів;
4. Пристрої для регулювання неактивних складових потужності діляться на дві велики групи: пристрої без додаткового перетворення енергії та пристрої з додатковим перетворенням енергії;

5. Для запобігання негативному впливу вищих гармонік на роботу електромереж та споживачів енергії необхідно застосовувати резонансні або активні фільтри, які пригнічують усі неосновні складові струмів мереж у певному діапазоні частот, у тому числі неканонічні й низькочастотні складові;

6. Активні фільтри є багатофункціональними пристроями й, крім фільтрації струмів і напруг електромереж, можуть забезпечувати компенсацію реактивної потужності й симетрирования трифазних систем струмів і напруг.

Рисунок 2 – Класифікація пристроїв для регулювання неактивних складових потужності

Перелік посилань:

1. Справочная книга электрика / Под ред. В.И. Григорьева. – М.: Колос. 2004–56 с.
2. Пронин М.В., Воронцов А.Г., Калачиков П.Н., Емельянов А.П. Электроприводы и системы с электрическими машинами и полупроводниковыми преобразователями (моделирование, расчет, применение). – СПб: «Силовые машины», «Электросила», 2004. – 252 с.
3. Пронин М.В., Воронцов А.Г. Активная фильтрация напряжений и токов сети в установках с высоковольтными тиристорными преобразователями // Сб. «Горное оборудование и электромеханика». – 2005. – № 5. – С. 41–45.
4. Управление качеством электроэнергии при несинусоидальных режимах / А.В. Агунов; СПбГМТУ.- СПб., - 2009 -134 с.

УДК 621.65.004.13
КОНДРАТЕНКО В.Г., ВОРОНОВ А.Г. (КИИ ДонНТУ)

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ЗНАЧИТЕЛЬНОМ РАССТОЯНИИ ДРУГ ОТ ДРУГА

Розглянуто аналітичний метод розрахунку паралельної роботи водовідливних установок, розташованих на значній відстані один від одного

В практике шахтного водоотлива не редко бывают случаи, когда одновременно две, а то и более насосных установок, расположенных на значительном расстоянии друг от друга, работают на общий трубопровод. Схема такой работы водоотливных установок представлена на рис.1. На рисунке изображены: 1 - первый насосный агрегат; 2 - второй насосный агрегат; 3 - третий насосный агрегат; 4 - четвертый насосный агрегат; 5 - подводящий трубопровод первого насосного агрегата; 6 - подводящий трубопровод второго насосного агрегата; 7 - подводящий трубопровод третьего насосного агрегата; 8 - подводящий трубопровод четвертого насосного агрегата; 9 - напорный трубопровод первой водоотливной установки; 10 - напорный трубопровод второй водоотливной установки; 11 - общий напорный трубопровод.

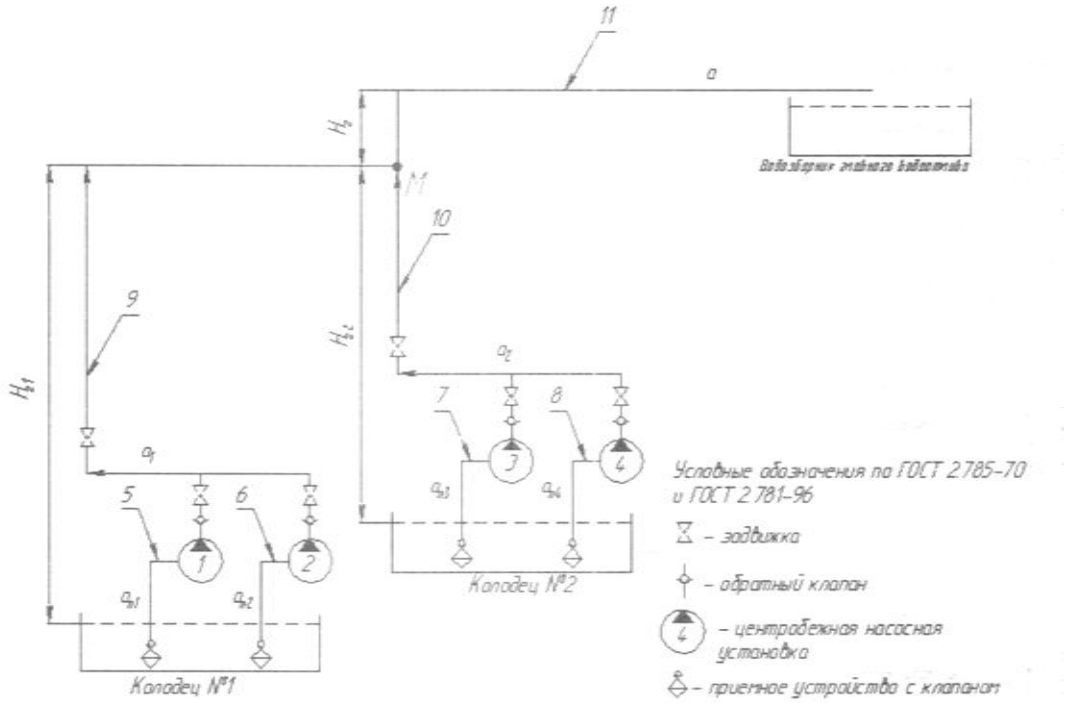

Рис.1. Схематическое изображение параллельной работы водоотливных установок.

В литературе приводится расчет параллельной работы насосов только в случае, если эти насосы расположены рядом на одном горизонте [1].

Для вывода аналитического метода расчета схемы водоотлива (рис. 1.) считаем, что нам известны гидравлические сопротивления подводящих трубопроводов всех насосов ($a_{п1}$ $a_{п2}$, $a_{п3}$, $a_{п4}$) и гидравлические сопротивления нагнетательных трубопроводов на всех участках (a_1 a_2, a). Также нам известны геометрические