

УДК 621.316.11.3

№ держреєстрації 0109U002813

Інв. № _____

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Державний вищий навчальний заклад

"Національний гірничий університет"

(Державний ВНЗ "НГУ")

49005, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19; тел./факс (0562) 47-32-09;

телекс: 143457 "AGAT SU", E-mail: Shevchsergey@gmail.com

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи,

д-р техн. наук, професор

О.С. Бешта

"__" _____ 2011 р.

ЗВІТ

З НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ І РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ПЕРЕВОДУ

ЖИВЛЕННЯ ПІДЗЕМНИХ СПОЖИВАЧІВ ГЛИБОКИХ

ЕНЕРГОЄМНИХ ШАХТ НА НАПРУГУ 20-35 кВ

тема ГП-419

(заключний)

Начальник НДЧ,

канд. техн. наук, доцент

Р.О.Дичковський

Зав. кафедри відновлюваних джерел енергії,

керівник НДР д-р техн. наук, професор

Ф.П. Шкрабець

2011

Рукопис закінчено «09» грудня 2011 р.

Результати роботи розглянуті науково-технічною радою. Протокол № 3 від 12.12.2011 р.

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник теми,

д-р техн. наук, проф.

Виконавці:

ст. наук. співроб., канд. техн. наук

ст. наук. співроб., канд. техн. наук

ст. наук. співроб., канд. техн. наук

ст. наук. співроб.

ст. наук. співроб.

мол. наук. співроб.

мол. наук. співроб., аспірант каф. ВДЕ

інж.3 кат.

Ф.П. Шкрабець

(розд.1–3, закінчення)

Ю.В. Куваєв

(розділи 2, 3)

Д.В. Ципленков

(розділи 3)

О.В. Остапчук

(розділи 2, 3)

А.М. Гребенюк

(розділи 2)

В.А. Кондрашов

(розділи 1, 3)

М.С. Кириченко

(розділи 2)

А.В. Акулов

(розділ 3)

О.В. Полонська

(розділ 1–3)

У роботі брали участь студенти гр. ЕЕс-11-2 Юрченко К.О., Староконь С.В.

Нормоконтролер

Л.С. Шломіна

РЕФЕРАТ

Заключний звіт з НДР: 119 с., 24 рис., 8 табл., 28 джерел, 5 додатків.

Об'єкт дослідження: мережі живлення та розподілення електричної енергії системи підземного електропостачання.

Метою даної роботи є підвищення ефективності системи електропостачання шахти за рахунок забезпечення якості електроенергії і динамічної стійкості підземних споживачів.

З урахуванням перспектив розвитку ЗЖРК, підвищення ефективності електропостачання глибоких горизонтів шахти може бути досягнуте за рахунок переводу на більш високий клас напруги як мінімум живлячих (стовбурних) шахтних мереж. Вказаний захід передбачає встановлення безпосередньо в шахті підстанції з первинною напругою 35 кВ, що у свою чергу вимагає вирішення комплексу питань пов'язаних з технічною реалізацією і забезпеченням безпеки експлуатації високовольтних електроустановок в умовах шахт.

Для досягнення поставленої мети повинні бути вирішені наступні наукові задачі:

- дослідження пропускної спроможності існуючих живлячих підземні споживачі шахтних мереж ЗЖРК з урахуванням зростання навантажень;
- виконання техніко-економічного порівняння варіантів живлення підземних споживачів на напрузі 6, 10, 35 кВ;
- дослідження технічної можливості реалізації в умовах ЗЖРК варіанту споруди підземної підстанції 35/6(10) кВ з урахуванням номенклатури електроустаткування.

Ключові слова: СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ; РОЗПОДІЛЬНІ ПУНКТИ І ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ; ПРОПУСКНА СПРОМОЖНІСТЬ СТОВБУРНИХ КАБЕЛІВ; РІВНІ НАПРУГ; ПОДОВЖНЯ КОМПЕНСАЦІЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ І ПРОЦЕСУ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЗБІЛЬШЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ГЛИБОКИХ РУДНИХ І ВУГІЛЬНИХ ШАХТ І ОЦІНКА КРИТИЧНИХ ЗНАЧЕНЬ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ШАХТНИХ МЕРЕЖ НАПРУГОЮ 6-10 кВ.....	
1.1 Особливості побудови системи електропостачання шахти.....	8
1.2 Оптимальні напруги розподільних мереж вугільних шахт.....	15
1.3 Розрахунок пропускної здатності стовбурових кабелів.....	20
2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ТА ВАРІАНТІВ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ СПОЖИВАЧІВ ГЛИБОКИХ ШАХТ, НОРМАТИВНО-ДИРЕКТИВНЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ КЛАСУ НАПРУГИ ЖИВИЛЬНИХ І РОЗПОДІЛЬНИХ ШАХТНИХ МЕРЕЖ.....	
2.1 Розробка структури і варіантів систем електропостачання глибоких шахт і обґрунтування глибини застосування підвищеної напруги із урахуванням умов експлуатації.....	28
2.2 Основні шляхи забезпечення нормованого рівня живильних напруг.....	31
2.3 Аналіз нормативних і директивних матеріалів з метою юридичного обґрунтування переведення електропостачання підземних споживачів на напругу 20-35 кВ	43
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ МОЖЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ В УМОВАХ РУДНИХ І ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ВАРІАНТУ ЖИВИЛЬНИХ МЕРЕЖ І ПІДСТАНЦІЙ НАПРУГОЮ 20-35 кВ З УРАХУВАННЯМ НОМЕНКЛАТУРИ, ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ТА МАСОГАБАРИТНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ.....	
3.1 Основні загальні вимоги до систем внутрішнього електропостачання шахт.....	47
3.2 Технічні вимоги до системи електропостачання підземних споживачів (глибокого вводу) напругою 35 кВ.....	50
3.3 Дослідження технічної можливості реалізації в умовах рудних і вугільних шахт варіантів спорудження підземної підстанції 20-35/6(10) кВ з урахуванням номенклатури електроустаткування.....	53
3.4 Оцінка технічної можливості реалізації в умовах рудникових шахт варіанта вводу напруги 35 кВ на глибокі горизонти.....	56

3.5 Автоматичний і селективний контроль параметрів ізоляції в розподільних мережах напругою вище 1000 В.....	76
3.6 Забезпечення поздовжньої селективності захистів від замикань на землю в живильних підземні споживачі мережах.....	85
ВИСНОВКИ.....	91
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	93
ДОДАТОК А ЗВІТ ПРО ПАТЕНТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	96
ДОДАТОК Б ВИТЯГ З ПРОТОКОЛУ ЗАСІДАННЯ КАФЕДРИ	113
ДОДАТОК В ВИТЯГ З ПРОТОКОЛУ ЗАСІДАННЯ СЕКЦІЇ НТР ЗА НАУКОВИМ НАПРЯМОМ "ПРОБЛЕМИ ГІРНИЧОЇ ТА МЕТАЛУРГІЙНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНЯ".....	115
ДОДАТОК Г РЕЦЕНЗІЯ НА НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ.....	117
ДОДАТОК Д АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ.....	119

ВСТУП

При видобутку корисних копалин підземним способом спостерігається тенденція поглиблення шахт, а інтенсифікація виробництва супроводжується зростанням електричних навантажень підземних споживачів. Вже в даний час встановлена потужність підземних споживачів ряду шахт перевищує 10 МВт, а глибина залягання пластів, що розробляються, перевищила 1000 метрів. Якщо врахувати й розподіл електроенергії в підземних виробках, то стають очевидними наростаючі проблеми забезпечення якості електроенергії і зростання втрат електроенергії в системах електропостачання глибоких шахт на напрузі 6 кВ. З урахуванням перспектив розвитку галузі, підвищення ефективності електропостачання глибоких шахт може бути досягнуто за рахунок переведення на більш високий клас напруги, як мінімум живлячих (стовбурних) шахтних мереж. Вказаний захід передбачає встановлення безпосередньо в шахті підстанції з первинною напругою 20-35 кВ, що у свою чергу вимагає вирішення комплексу питань пов'язаних з технічною реалізацією та забезпеченням безпеки експлуатації високовольтних електроустановок в умовах шахт.

Не останню роль в забезпеченні стійкої роботи шахт відіграють системи електропостачання, їх надійність, безпека, економічна ефективність. Залежать ці показники від багатьох чинників, але в основному від напруги живлячих і розподільних мереж та параметрів елементів цих мереж, вибір яких залежить від очікуваних навантажень.

У даний час для внутрішньошахтних високовольтних розподільних мереж застосовується напруга 6 кВ. Зі зростанням потужності шахт, що будуються, і особливо із збільшенням сумарної потужності електродвигунів на прохідницьких і добувних дільницях ускладнюється стовбурна і підземна кабельна мережа (збільшується переріз жил кабелів, прокладаються паралельні лінії тощо), що викликає збільшення капітальних вкладень в систему електропостачання, підвищення втрат електроенергії.

Крім того, дослідження питань надійності схем електропостачання шахт дозволили встановити, що з точки зору надійності необхідно прямувати до зменшення числа ліній, які живлять центральну підземну підстанцію. Реалізація таких схем можлива шляхом підвищення напруги, що подається на центральну підземну підстанцію. У даний час діє ряд нормативно-правових документів, які регламентують виробництво, передачу, розподіл і споживання електроенергії взагалі так і зокрема організацію роботи електроустановок в умовах гірничих підприємств з підземним способом видобутку корисних копалин. Деякі з цих нормативних актів значно застарілі та не відповідають сучасним вимогам до обладнання, що виготовляється рядом передових підприємств (зокрема закордонних). Номенклатура обладнання, що використовується на аналогічних підприємствах за кордоном, досить різноманітна, тому потребує вивчення доцільність використання напруги відповідного класу.

Визначення доцільного значення напруги шахтних високовольтних розподільних мереж з урахуванням перспективи зростання підземних навантажень стає актуальною задачею.

Шляхом вибору відповідного рівня напруги можна у повному обсязі і на тривалий термін вирішити задачу якісного електропостачання глибоких шахт з урахуванням перспективи зростання електричних навантажень підземних електроприймачів. Цей шлях вдосконалення і підвищення ефективності електропостачання глибоких енергоємних шахт на даний час представляється найбільш реальним і технічно можливим. Попередні розрахунки показують, що значення оптимальної напруги живильних мереж для горизонтів на глибині більш 1000 м представляє 15-25 кВ.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ І ПРОЦЕСУ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЗБІЛЬШЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ГЛИБОКИХ РУДНИХ І ВУГІЛЬНИХ ШАХТ І ОЦІНКА КРИТИЧНИХ ЗНАЧЕНЬ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ШАХТНИХ МЕРЕЖ НАПРУГОЮ 6-10 кВ

1.1 Особливості побудови системи електропостачання шахти

Для визначення структури системи електропостачання розглянуто більше 30 схем сучасних діючих вугільних шахт. Вивчення цих схем дозволило прийняти в якості основи наступні умови та значення основних характеристик шахти і системи електропостачання [1, 2, 3, 4]:

Продуктивність шахти, млн. т/рік	1 – 3
Глибина горизонту, що відпрацьовується, м	400 – 1000
Кількість очисних (підготовчих) вибоїв	6 – 10
Кількість проммайданчиків на поверхні	1
Кількість головних знижувальних підстанцій (ГЗП)	1
Кількість центральних підземних підстанцій (ЦПП)	1 – 2
Кількість розподільних підземних пунктів 6 кВ (РПП)	3 – 5
Кількість стовбурів, якими прокладаються стовбурні кабелі....	1
Напруга живлячої і розподільної мережі в шахті, кВ	6
Електричні навантаження підземних електроприймачів, МВ•А...	6 – 18,0

Відповідно до прийнятих умов в якості прикладу на рисунку 1.1 представлені основні структури, що відображають властивості найпоширеніших схем електропостачання ділянки мережі напругою 6 кВ підземних гірничих виробок. Для вказаної структури даних схем електропостачання на поверхні проммайданчику шахти передбачена ГЗП з двома триобмотковими трансформаторами 110...35/6/6 кВ. Для живлення підземних електроприймачів потужністю від 6 до 18 МВА на ГЗП передбачено розподільний пристрій напругою 6 кВ (РП 6 кВ) підземних споживачів. На живлячих лініях до РП 6 кВ підземних споживачів встановлені струмообмежувальні реактори. Підземні електроприймачі одержують електроенергію від різних секцій РП 6 кВ по декількох, залежно від величини електричного навантаження, кабельним лініям напругою 6 кВ. Живлячі кабелі прокладаються по стовбуру, а їх довжина ви-

значається глибиною горизонту шахти, який відпрацьовується. Для резервування електропостачання споживачів ЦПП другого горизонту можуть бути передбачені кабельні лінії напругою 6 кВ з ЦПП першого горизонту. Якщо є тільки один горизонт на шахті, то кола схеми, що відносяться до першого горизонту, виключаються.

На кожному потоці представлені рівні структури системи. На першому потоці до РП споживачів поверхні підключені: субабоненти, різні стаціонарні установки (підйоми, вентилятори), трансформаторні підстанції (ТП), РП електроустановок шахти та інші приєднання. До шин ТП підключаються споживачі на напругу до 1000 В. На другому потоці до РП підземних споживачів відносяться одна або дві (рідше три) центральні підземні підстанції (ЦПП). Від ЦПП живляться: водовідливні установки, розподільні підземні пункти (РПП), трансформаторні підстанції для споживачів на напругу до 1000 В приствольного двору й інші споживачі. До РПП підключаються пересувні дільничні підземні підстанції для споживачів до 1000 В дільниці (підготовчих і очисних вибоїв).

На кожному із горизонтів, окрім ЦПП, передбачені РПП 6 кВ дільниць, останні одержують живлення від ЦПП відповідних горизонтів. Кількість підземних дільничних пересувних знижувальних трансформаторних підстанцій (ПДПП) визначається конкретними умовами.

Характерним для даних структур є те, що електричним навантаженням, яке є деякою функцією від продуктивності шахти і її глибини, визначається кількістю стовбурних і живлячих кабелів напругою 6 кВ; від кількості очисних (підготовчих) вибоїв залежить кількість РПП 6 кВ і, отже, сумарна протяжність кабелів 6 кВ. З позицій визначення загальної протяжності кабельних ліній напругою 6 кВ, а також оцінки надійності системи електропостачання, враховуючи формалізованість систем електропостачання за технологічними ознаками, можна використовувати структуру представлену на рисунку 1.1.

Кількість кабелів, що прокладаються по стовбуру, залежить від кількості горизонтів, що розробляються, і від потужності, що передається з урахуванням номінального струму ввідного осередку в ЦПП і необхідного резерву. Так, при найпоширеніших в даний час вибухобезпечних комірок типу РВД з номінальним струмом

300 А цьому струму відповідає переріз кабелю 150 мм^2 , що допускається. Звідси визначається мінімальна кількість необхідних кабелів.

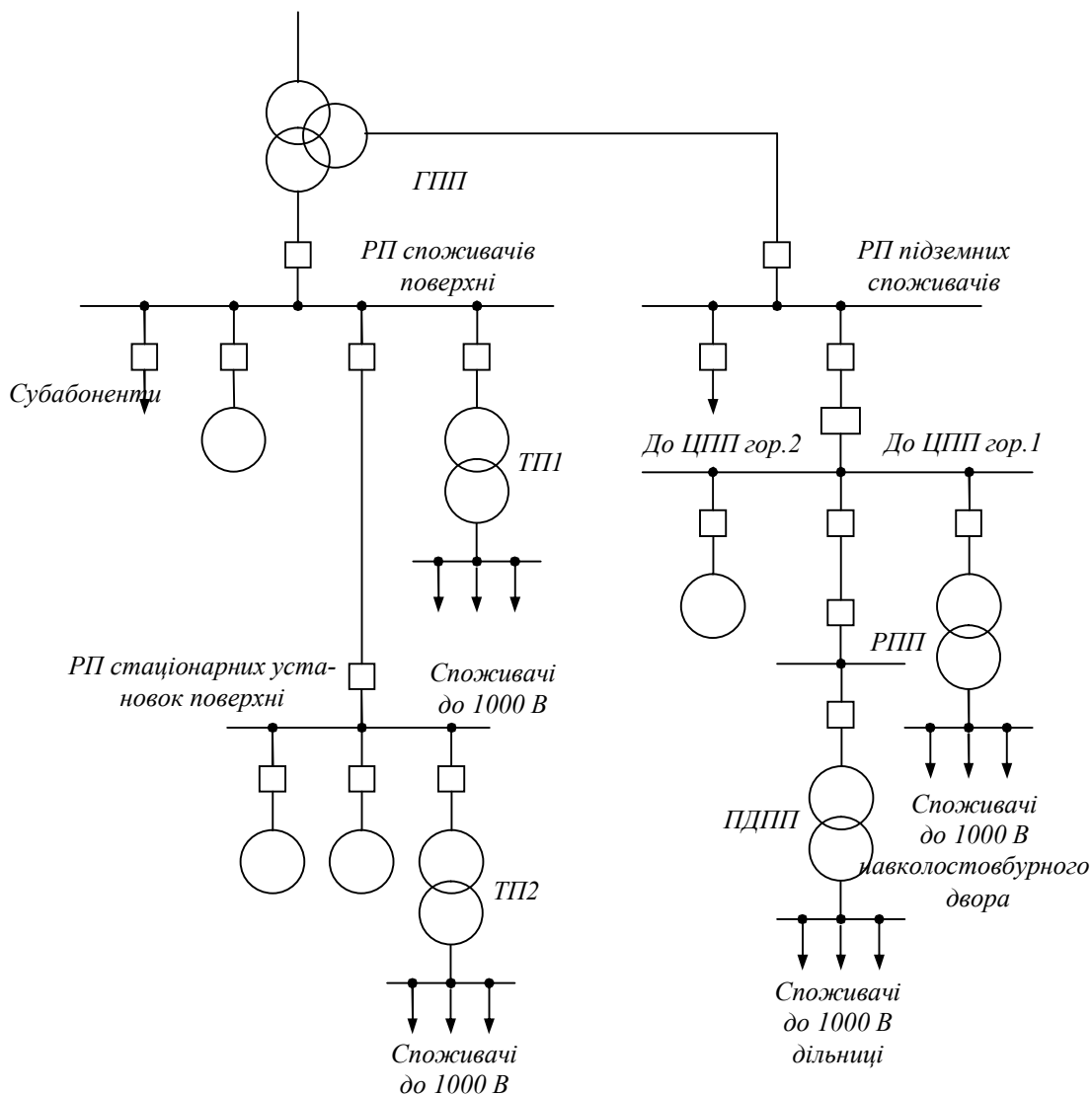


Рисунок 1.1 – Структура системи електропостачання шахти

У разі використання комірок типа ЯВ на номінальний струм 400 А переріз стовбурних кабелів може бути підвищене до $185-240 \text{ мм}^2$. При виборі кількості резервних кабелів у стовбурі необхідно керуватися таблицею 1.1.

При кількості стовбурних кабелів понад два відповідно збільшуються кількість секцій в розподільчому пристрої ЦПП, оскільки ввідні пристрої існуючих вибухобезпечних комірок не передбачають можливість введення двох і більше кабелів.

Таблиця 1.1 – Кількість стовбурних кабелів і режим їх роботи

Кількість кабелів	Режим роботи кабелів		Величина навантаження, на яке повинен бути розрахований кожний кабель в порівнянні із загальною %
	нормальний	аварійний	
2	Два кабелі в роботі	Один кабель в роботі	100
3	Три кабелі в роботі	Два кабелі в роботі	50
4	Чотири кабелі в роботі	Три кабелі в роботі	33
5	П'ять кабелів в роботі	Чотири кабелі в роботі	25

Секціонування шин в ЦПП має за мету забезпечити велику надійність електропостачання споживачів в підземних виробках. В цьому випадку найвідповідальніші споживачі, безперерійна робота яких повинна бути забезпечена за рахунок резервування (головний водовідлив, перетворююча підстанція відкатки електровоза, кабельні фідери, що живлять панельний бремсберг тощо), приєднуються до різних секцій шин в ЦПП.

У цілях підвищення безпеки і надійності експлуатації вибухобезпечних висковольтних комірок в шахтах ПБ вимагають приймати номінальні значення їх розривних струмів і потужностей в два рази менше фактичних. Відповідно до цього потужність к.з. в шахті при використанні комірок РВД не повинна перевищувати 50000 кВ·А, а при комірках ЯВ-6400 – 75000 кВ·А.

За наявності декількох горизонтів схеми електропостачання підземних споживачів через стовбур значно ускладнюються. Залежно від кількості працюючих горизонтів, виходячи зі зручності каналізації електроенергії, в цьому випадку звичайно на кожному горизонті передбачається окрема ЦПП.

Подальше зростання потужностей підземних електроустановок за наявності двох і більше горизонтів викликає значне збільшення кількості і перерізів стовбурних кабелів. Головними перевагами системи живлення підземних електроустановок через стовбури є:

- 1) використання для прокладення кабелів готового стовбура;
- 2) стаціонарність стовбурних кабелів, розрахована на весь термін їх служби без переміщення, і можливість їх ретельного монтажу і нагляду за ними;

3) зручність централізованого контролю і обслуговування високовольтної кабельної мережі шахти з ЦПП;

4) зручність контролю і експлуатації дільничних трансформаторних знижувальних підстанцій.

Разом з тим цьому способу електропостачання властивий ряд недоліків:

1) необхідність використання в підземних виробках у великих масштабах високої напруги (6 кВ), що значно підвищує небезпеку ураження електричним струмом, виникнення пожеж і вибухів;

2) необхідність вживання маслонаповнених апаратів, а також дорогого високовольтного електроустаткування у вибухобезпечному виконанні;

3) висока вартість протяжної кабельної мережі 6 кВ;

4) велика ємність кабельної мережі, що визначає значну величину струмів ємностей, які підвищують небезпеку експлуатації;

5) великі струми к.з., які викликають необхідність використання струмообмежувальних реакторів;

6) необхідність використання великої кількості стовбурних кабелів значного перерізу при передачі великої потужності і відповідної кількості ввідних високовольтних комірок високої вартості, які збільшують розміри камери ЦПП і капітальні витрати на неї.

Вказані недоліки системи електропостачання через стовбур, що ускладнюються із зростанням продуктивності шахт і значним підвищенням потужності підземних споживачів електроенергії, що викликає виконання живлення віддалених електроприймачів на ділянках через шурфи і енергосвердловини.

Одним з основних напрямів технічного розвитку вибійного устаткування стане значне зростання енергоозброєності. Встановлена потужність устаткування у високопродуктивному очисному вибої досягає 1500 – 2000 кВт, а потужність окремих двигунів вибійних машин перевищує 400 – 600 кВт, що забезпечує продуктивність машин більше 20 т/хв. Спостерігається значне зростання одиничних потужностей двигунів підйомних і вентиляторних установок та інших машин і механізмів.

У зв'язку з цим однією з найактуальніших задач, що стоять перед галуззю, є економне витрачання енергоресурсів і електроенергії, і відповідно регулювання режимів електроспоживання. Актуальним є також автоматичне регулювання реактивної потужності шляхом установки конденсаторних батарей змінної ємності у поєднанні з установкою фільтро-компенсувальних установок (ФКУ).

Складною задачею є оптимізація режимів електроспоживання з більш точним визначенням електричних навантажень і відповідно вибір всіх елементів (трансформаторів, лінії передач, устаткування) систем електропостачання. Слід розробляти нові методи розрахунку електричних навантажень з урахуванням регулювання режимів електроспоживання. Ця комплексна народногосподарська задача має дуже важливе значення і вирішення її можливе шляхом зусиль науково-дослідних і проектних інститутів за обов'язкової участі електромеханічних та енергетичних служб виробничих об'єднань.

Особливості системи електропостачання підземних споживачів глибоких шахт. На першому ступені розподілу енергії в схемі електропостачання гірничого підприємства застосовується напруга 110-154 кВ. Перетворення енергії і живлення електроприймачів здійснюється за допомогою ГПП. ГПП розташовується, як правило, безпосередньо на території підприємства або на деякій відстані від нього. ЗРП обладнаний дво- або триобмотковими трансформаторами потужністю 40-63 МВА на напругу 110(154) /35/10(6) і виконаний за спрощеною схемою на стороні вищої напруги (з віддільниками і короткозамикачами). На стороні 6 кВ здійснюється живлення через ЗРП поверхневих і підземних споживачів. В ЗРП виконано розділення поверхневих і підземних споживачів [5].

Для глибоких шахт характерна наступна схема електропостачання підземних споживачів. Живлення від ГПП шахти через стовбур здійснюється прокладкою кабелів 6 кВ до центральної підземної підстанції (ЦПП). До кожної ЦПП прокладено не менше двох кабелів. Переріз кабелю вибраний таким чином, щоб при виході з ладу одного із них, кабелі, які залишилися в роботі, забезпечили електроенергією підземні електроприймачі. При цьому у разі вживання КРУВ переріз кабелю не повинен перевищувати 240 мм². Для підвищення надійності електропостачання в ЦПП

застосовують секціоновану систему шин з пристроями АВР. Секційні вимикачі в нормальному режимі вимкнені. Від ЦПП по кабельних лініях електроенергія передається до стаціонарних дільничних знижувальних підстанцій (ДПП). Згідно вимог правил безпеки при розробці двох і більше горизонтів на кожному горизонті споруджується ЦПП. Живлення кожної ЦПП здійснюється або за роздільною схемою безпосередньо від шин 6 кВ ГПП, або при невеликому навантаженні від шин ГПП і ЦПП вищерозміщеного горизонту. Частина підземних розподільних підстанцій має резервні вводи для забезпечення безперебійності живлення споживачів в аварійному режимі. ЦПП встановлено поблизу стовбура і зібрано із комплектних розподільних пристроїв (типу КРУВ і КРУРН). Комплектні розподільні пристрої типу КРУВ – 6 представлені у наступних модифікаціях: для приєднань, що відходять (КРУВ, КРУВ з вбудованим трансформатором струму нульової послідовності); ввідні (КРУВ) і секційні (КРУВ).

Принципи оптимізації систем підземного електропостачання. Існуючі системи підземного електропостачання вугільних шахт по суті розвивалися і продовжують розвиватися на базі принципів, закладених в них при проектуванні на початковій стадії електрифікації шахт. У міру вдосконалення технології, механізації і електрифікації гірничих робіт, що визначило підвищення потужності і збільшення кількості підземних електроприймачів, зростала складність проектування систем підземного електропостачання. При цьому основною методикою проектування було дотримання, окрім вимог ПБ, різних норм і показників, необхідних для правильного функціонування проектованої системи.

У ряді випадків розглядалися окремі варіанти на основі техніко-економічного порівняння і приймався найбільш бажаний із них, що зовсім не завжди свідчило про те, що він був найоптимальнішим зі всіх можливих. Таким чином, якість і ефективність проектування у значній мірі залежали від досвіду і інженерної інтуїції проектувальника.

Тим часом, у міру вдосконалення і інтенсифікації гірничих робіт, системи підземного електропостачання все більш ускладнюються і приймають форму складної динамічної системи, що охоплює сукупність численних факторів і об'єктів. Достат-

ньо вказати, що до числа цих факторів відносяться такі, як: спосіб розкриття і підготовки шахтного поля, система розробки, кількість пластів, що розробляються, їх глибина залягання і кут падіння, рівень механізації очисних і підготовчих робіт, надійність окремих видів і елементів електроустаткування, закони формування навантажень гірничих машин, вживана напруга в мережах і якість електроенергії, умови експлуатації і ін.

У цих умовах вибір якого-небудь загального варіанту системи електропостачання на основі техніко-економічного порівняння з іншими є вже недостатнім, так само як і вибір окремих варіантів загальної системи електропостачання. Оптимальна система підземного електропостачання, що найкращим чином задовольняє всім вимогам безпеки, надійності, зручності експлуатації і економічності, може бути створена лише на основі теорії складних динамічних систем, що відносяться до класу складних систем ймовірності.

Для практичного вирішення цієї актуальної задачі необхідна велика робота, пов'язана зі збором статистичних даних про надійність підземного електроустаткування, розподіл навантажень у підземних мережах, якість електроенергії та ін. Лише на основі аналізу усіх необхідних даних може бути розроблений узагальнений метод наукового підходу до складання алгоритмів оптимізації топологічної, апаратурної і інших сторін найраціональнішої системи підземного електропостачання.

1.2 Оптимальні напруги розподільних мереж вугільних шахт

Однією з основних умов ефективного використання нового підземного устаткування є застосування на шахтах відповідної системи електропостачання.

В даний час для внутрішньошахтних високовольтних розподільних мереж застосовується напруга 6 кВ. Зі зростанням потужності шахт, що будуються, і особливо зі збільшенням сумарної потужності електродвигунів на прохідницьких і видобувних ділянках ускладнюється стовбурова і підземна кабельна мережа (збільшується перетин жил кабелів, прокладаються паралельні лінії тощо), що викликає збільшення капітальних вкладень у систему електропостачання, підвищення втрат електроенергії. Таким чином, визначення економічно доцільної величини напруги шахтних

високовольтних розподільних мереж з урахуванням перспективи зростання підземних навантажень стає актуальною задачею.

Для здійснення концентрації та інтенсифікації підземних гірничих робіт необхідне подальше зростання продуктивності виймальних комбайнів та інших забійних машин і, отже, значне підвищення потужності їхніх приводів.

Питання вдосконалення електропостачання та підвищення ефективності використання гірничих машин і комплексів в принципі можуть вирішуватися декількома технічно можливими шляхами, з яких основними є:

1. Розробка систем автоматичного регулювання напруги під навантаженням. Розрахунки показують, що цим шляхом можливо значно підвищити якість живлення та ефективність використання забійних машин. Проте одним лише застосуванням систем автоматичного регулювання напруги не можна повністю вирішити проблему електропостачання виїмкових машин недалекого майбутнього з потужностями приводів, зазначеними вище.

2. Застосування для забійних машин регульованого приводу: двигунів постійного струму, гідроелектропривода, асинхронних двигунів з частотним регулюванням.

3. Подальше підвищення робочої напруги змінного струму дільничних мереж, що живлять потужні забійні машини.

Вибором відповідного рівня напруги можна в повному обсязі та на тривалий термін вирішити завдання якісного електропостачання високопродуктивних забійних машин з урахуванням перспективи зростання потужності їхнього приводу. Цей шлях в даний час є найбільш реальним і технічно здійсненним.

Необхідно також відзначити, що незважаючи на великі науково-дослідні роботи, що проводяться з метою створення більш досконалого приводу, асинхронний короткозамкнений двигун змінного струму, який знайшов широке поширення завдяки своїй простоті й надійності, безсумнівно буде залишатися одним з основних двигунів забійних машин. Тому визначення оптимальної величини напруги дільничних мереж, що живлять потужні забійні машини, варто робити, виходячи з умов якісного

живлення асинхронного приводу, на яке відхилення напруги від номінального рівня дуже впливають.

Підвищення напруги дільничних мереж створює умови для більш ефективного використання не лише потужного нерегульованого електроприводу (асинхронних двигунів), а й деяких видів регульованого приводу, що використовує асинхронні двигуни (гідроелектроприводи, асинхронні двигуни з частотним регулюванням).

Характеристика розподільних ліній підземної електричної мережі. Як вже вказувалося, у зв'язку з підвищеною енергоємністю шахт застосування в даний час в розподільчій мережі напруги 6 кВ призводить до необхідності прокладки по стовбуру великої кількості кабелів, число яких на деяких шахтах доходить до 4-5, а на гідрошахтах до 10 і більше [6]. Велика кількість паралельно прокладених кабелів ускладнює експлуатацію системи електропостачання і вимагає великих капіталовкладень. Крім того, дослідження питань надійності схем електропостачання шахт дозволили зробити висновок, що з міркувань надійності необхідно прагнути до зменшення числа ліній, що живлять ЦПП. Здійснення таких схем можливо шляхом підвищення величини напруги, що подається на ЦПП [4].

Недоліки застосування напруги 6 кВ позначаються і на підземних шахтних мережах. Зростаючі навантаження виїмкових ділянок при живленні їх напругою 6 кВ потребують значного збільшення перетинів, а в ряді випадків і паралельної прокладки кабелів, що ускладнює розподільну мережу, тягне за собою підвищення витрати кольорових металів, збільшує втрати електроенергії, особливо в підземних мережах великої протяжності, довжина окремих фідерів яких доходить до 5 км. Отже, виникає потреба застосовувати в шахтних розподільних мережах більш високої напруги.

Вибір рівня напруги високовольтних розподільних мереж шахт є одним з важливих питань, вирішити який необхідно для забезпечення подальшого підвищення потужності вугільних шахт.

Подальше збільшення потужності електроприводу гірничих машин і механізмів ще більше погіршує становище. Тільки кардинальна зміна системи електропостачання і перш за все збільшення робочої напруги забійного обладнання може за-

безпечити необхідне нарощування потужностей гірничих машин у найближчому майбутньому.

Підвищена напруга дозволить також полегшити кабельну мережу та збільшити гнучкість системи електропостачання, що важливо в умовах інтенсифікації підземних робіт (при швидких темпах відпрацьовування шахтних полів, частих переміщеннях устаткування тощо).

Межі допустимих відхилень напруги в шахтній мережі.

Межі допустимих відхилень напруги в дільничній низьковольтній електромережі визначаються: 1) фактичним рівнем напруги на затискачах вторинної обмотки живильного трансформатора і 2) мінімально допустимим рівнем напруги на затискачах приймачів, що забезпечує нормальну роботу останніх.

Фактична величина напруги на вторинних затискачах трансформатора залежить від величини високої (первинної) напруги, що підводиться, і фактичного навантаження трансформатора і пов'язаної з цим величини втрати напруги у вторинній обмотці трансформатора.

Якщо напруга на затискачах первинної обмотки трансформатора відповідає номінальному 6000 В, то на затискачах вторинної обмотки трансформатора напруга при холостому ході, тобто при відключеному навантаженні, також відповідає номінальному 400 або 690 В.

Слід водночас зазначити, що при заданому номінальній напруги приймачів (127, 220, 380, 660, 1140 В) номінальна напруга вторинної обмотки понижуючого трансформатора (при холостому ході) приймається з урахуванням 5% втрати напруги в трансформаторі при номінальному навантаженні.

За цієї умови величина номінальній напруги трансформатора визначиться з виразу

$$U_{тр.н.} - 0,05U_{тр.н.} = U_{дв.н.},$$

звідки

$$U_{тр.н}(1 - 0,05) = U_{дв.н} \quad \text{або} \quad U_{тр.н} = \frac{U_{дв.н}}{0,95}$$

Таким чином, для номінальних напруг споживачів 127 – 1140 В номінальні напруги трансформаторів складуть відповідно:

$$U_{тр.н} = \frac{127}{0,95} = 133 \text{ В}; \quad U_{тр.н} = \frac{220}{0,95} = 231 \text{ В};$$

$$U_{тр.н} = \frac{380}{0,95} = 400 \text{ В}; \quad U_{тр.н} = \frac{660}{0,95} = 695 \text{ В};$$

$$U_{тр.н} = \frac{1140}{0,95} = 1200 \text{ В}.$$

Звідси випливає, що, всупереч загальноприйнятій величині номінальної напруги трансформатора для мережі 660 В $U_{тр.н} = 690 \text{ В}$; найбільш вірно приймати $U_{тр.н} = 660/0,95 = 695 \text{ В}$.

Якщо ж виходити з дійсної величини втрати напруги у трансформаторі, яка зокрема визначається його напругою короткого замикання $u_{к.з.}\%$, то при різних $u_{к.з.}\%$ різні трансформатори повинні мати різні величини номінальної напруги, що неминуче внесло б більшу плутанину в цьому питанні. Тим не менш, щоб уникнути різнобою, надалі при розрахунках будемо виходити з величини, яка вказується в каталогах номінальної напруги трансформаторів $U_{тр.н} = 690 \text{ В}$.

При навантаженні напруга на затискачах трансформатора буде дорівнювати різниці між номінальною напругою (напруга при холостому ході) і фактичною величиною втрати напруги у вторинній обмотці, що залежить в основному від величини навантаження і коефіцієнта потужності приймачів.

В умовах експлуатації величина вищої напруги, що підводиться до трансформатора, часто буває нижче номінальної, наприклад 5800 замість 6000 В, що пояснюється звичайно підвищеними втратами напруги в кабельній мережі високої напруги або недостатньою напругою на шинах ГПП.

При зменшенні напруги, що підводиться до первинної обмотки трансформатора, зменшується напруга на затискачах вторинної обмотки його (відповідно до величини коефіцієнта трансформації). В результаті цього зменшується напруга на затискачах приймачів, що викликає порушення їхньої нормальної роботи.

Для усунення цього недоліку шахтні трансформатори обладнані відпаюваннями від первинної обмотки, виведеними до спеціальних затискачів, які носять назву регулювальних затискачів, за допомогою яких збільшується або зменшується коефіцієнт трансформації і відповідно знижується чи підвищується напруга на затискачах вторинної обмотки трансформатора в межах $\pm 5\%$ фактичної величини. Якщо до трансформатора підводиться повна номінальна напруга 6000 В, то при використанні мінусових регулювальних затискачів напруга на затискачах його вторинної обмотки в залежності від величини напруги відповідно підвищується з 400 до 420 В, з 690 до 725 В і з 1200 до 1260 В, що забезпечує значне збільшення меж допустимої втрати напруги в мережі. Однак такий режим роботи не економічний, бо створює підвищення втрати енергії в мережі та позбавляє можливості підвищити напругу при тимчасових його зниженнях [4].

Забезпечення номінального рівня напруги, наприклад 380 В, на затискачах електродвигунів в забою в переважній більшості випадків є технічно нездійсненним або економічно нераціональним. Втрата напруги у вторинній обмотці трансформатора при нормальному навантаженні зазвичай становить близько 5% номінальної напруги 400 В, що відповідає робочій напрузі на затискачах трансформатора $400 - (0,05 \cdot 400) = 380$ В. Звідси зрозуміло, що забезпечити нормальну напругу на затискачах забійних електродвигунів, що перебувають від трансформатора на відстані 300-500 м і більше, практично неможливо.

1.3 Розрахунок пропускної здатності стовбурових кабелів

Перш ніж приймати рішення по вдосконаленню (реконструкції) системи електропостачання шахти та обґрунтуванню необхідних технічних рішень варто оцінити можливості існуючої системи електропостачання з точки зору можливих збільшень електричних навантажень при забезпеченні необхідної якості електроенергії. В на-

шому випадку слід оцінити пропускну здатність стовбурових кабелів до конкретних горизонтів з урахуванням параметрів існуючих кабелів без їх посилення або заміни.

Для вирішення зазначеної задачі скористаємося залежністю переданої потужності у функції від втрати напруги при заданій номінальній напрузі живильних мереж і параметрах кабелю

$$S = \frac{10 \Delta U U^2}{(R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)} 10^{-3} \text{ МВА.}$$

Конструкція кабелю зумовлює особливе значення для нього поверхневого ефекту близькості, додаткових втрат потужності та інших явищ, характерних для передачі змінного струму. Активний опір кабелів визначається матеріалом струмоведучих жил та їхнім перетином

$$R = \frac{\rho \cdot l}{2q} 10^{-6} \text{ Ом,}$$

де ρ – питомий опір дроту (мідь $1,7 \cdot 10^{-8}$, алюміній $2,8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м/км), l – довжина дроту, q – перетин дроту, U – номінальна напруга, $\Delta U\%$ – відносне лінійне падіння напруги, φ – кут зсуву фаз між струмом і напругою.

Магнітне поле, що виникає навколо та всередині жил кабелів визначає їх індуктивний опір. ЕРС, що відповідає індуктивному опору, наводиться в кожному проводі лінії магнітними полями всіх фазних проводів. Тому її величина, а отже і величина пропорційного їй індуктивного опору залежать від взаємного розташування проводів. Якщо це розташування забезпечує однакове потокозчеплення кожного проводу, то ЕРС що наводяться в проводах стають рівними, а індуктивний опір фазних проводів лінії однаковими.

Індуктивний опір кабелю:

$$X = x_0 \cdot l \cdot 10^{-3} \text{ Ом,}$$

де x_0 – реактивний (індуктивний) опір, для трижильних кабелів приймаємо рівне $0,08$ Ом/км [7].

В таблицях 1.2 та 1.3 наведені результати розрахунків активних та індуктивних опорів кабелів, які відходять від поверхневої підстанції КРМ до центральних підземних підстанцій відповідних горизонтів шахти.

Таблиця 1.2 – Параметри кабелів від секції 1 КРМ

Горизонт	№ фідера	Тип кабелю	Довжина кабелю	Перетин кабелю, q мм ²	Активний опір кабелю R Ом	Індуктивний опір кабелю X Ом
ЦПП-ЦГС г.480	33	ААБ	780	2*(3*150)	0,0728	0,0312
	37	ААБ	780	3*150	0,04853	0,0624
ПДК г.640	47	АСПл-6	1130	3*120	0,08789	0,0904
ЦПП-ЦСС г.640	35	ААБ-6	1300	2*(3*150)	0,1213	0,052
ЦПП г.840	401	ААШВ	250	2*(3*185)	0,01899	0,05
		ЦСПнц	1000	2*(3*120)		
	403	АВБбШВ	220	2*(3*35)	0,04689	0,0888
			900	2*(3*120)		
			200	2*(3*185)		
ЦПП-ЦГС г.940	501	АЕБбШВ	220	2*(3*35)	0,10935	0,0952
			900	2*(3*180)		

Таблиця 1.3 – Параметри кабелів від секції 2 КРМ

Горизонт	№ фідера	Тип кабелю	Довжина кабелю	Перетин кабелю, q мм ²	Активний опір кабелю R Ом	Індуктивний опір кабелю X Ом
1	2	3	4	5	6	7
ЦПП-ЦГС г.480	34	ААБ-6	250	2*(3*185)	0,06992	0,0288
		СКВ	720	2*(3*120)		
ПДК г.640	38	ААБ-6	750	2*(3*150)	0,07	0,03
		ААБ	200	2*(3*150)	0,05194	0,0532
		СКВ	1130	2*(3*120)		
ЦПП-ЦСС г.640	40	ААБ	1450	2*(3*150)	0,1353	0,058
ЦПП-ЦГС г.740	320	ААБлу	1040	2*(3*150)	0,09707	0,0416

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7
ЦПП г.840	400	ААШВ	250	2*(3*185)	0,04598	0,05
		ЦСПнц	1000	2*(3*120)		
	406	ААБ-6	1100	2*(3*185)	0,08324	0,044
ЦПП-ЦГС г.940	502	ААБ-6	250	3*185	0,1372	0,0588
		АЭВБбШВ	900	2*(3*185)		

Використовуюючи результати таблиць і беручи середньозважені для шахти значення $\cos \varphi \approx 0,707$, $\sin \varphi \approx 0,707$, за приведеним виразом визначимо пропускну здатність відповідних стовбурових кабелів при діючій номінальній напрузі 6 кВ. Результати розрахунків представлені на рисунку 1.2.

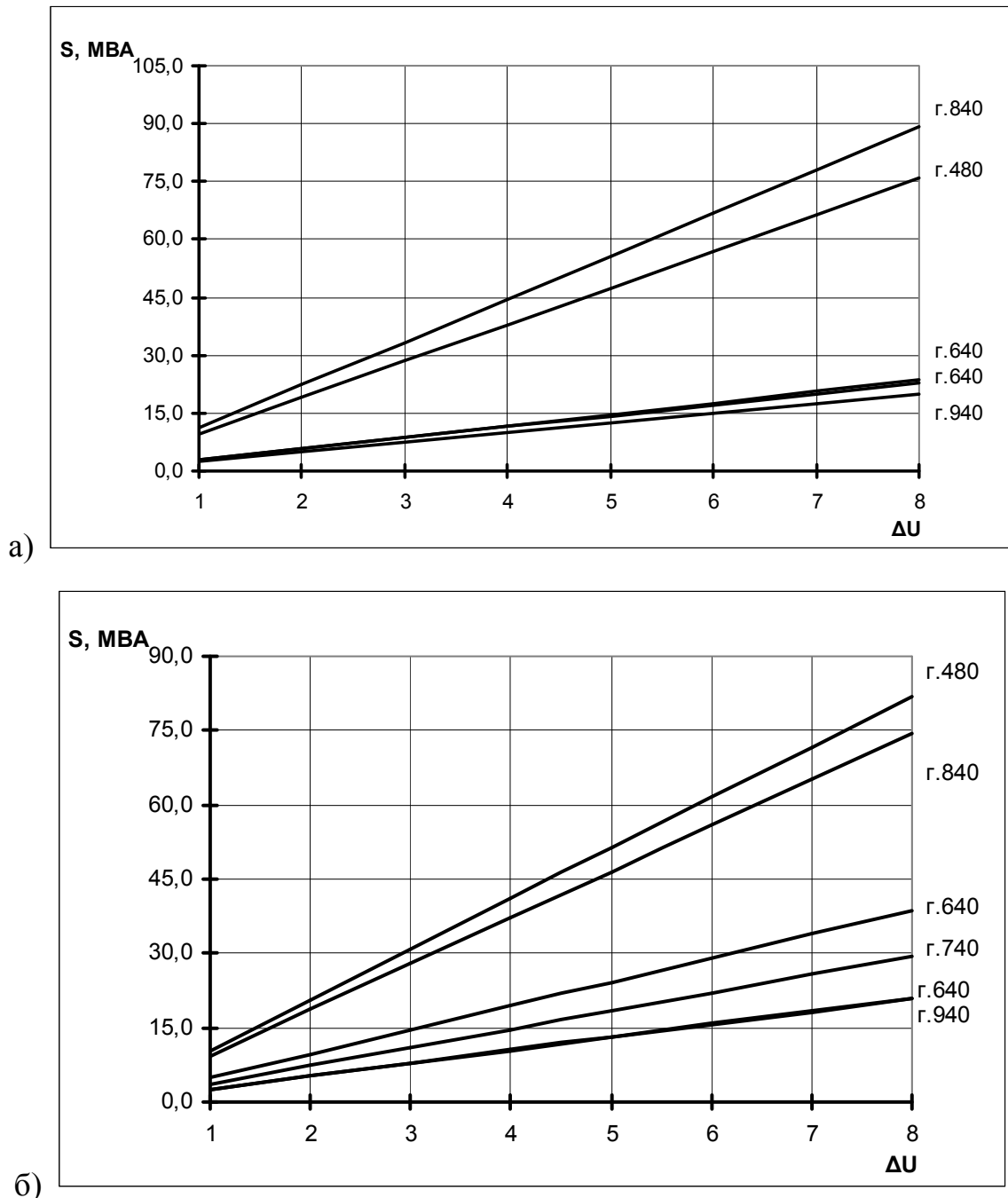
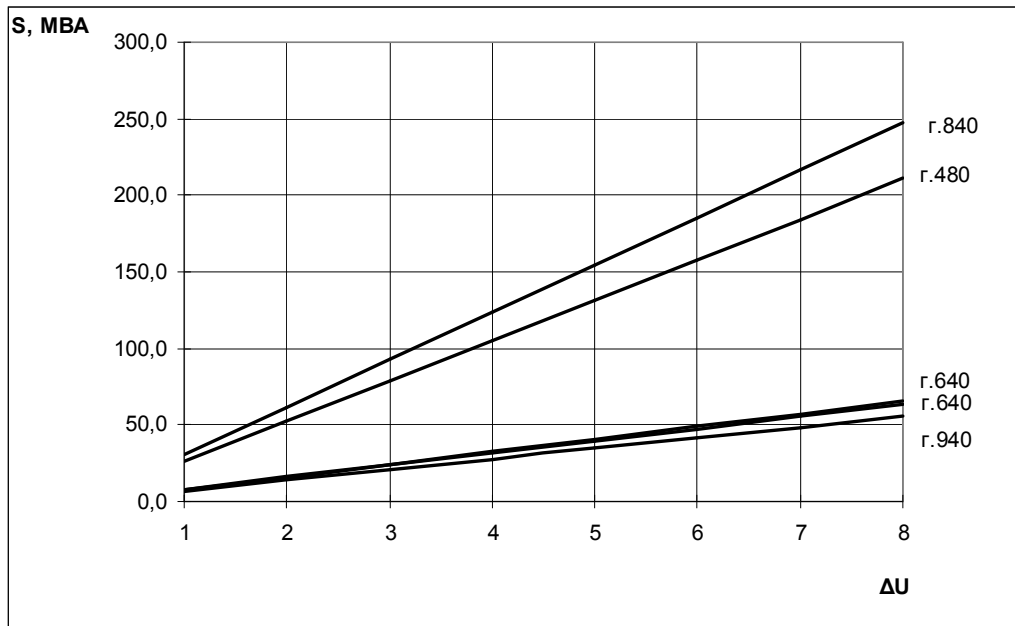


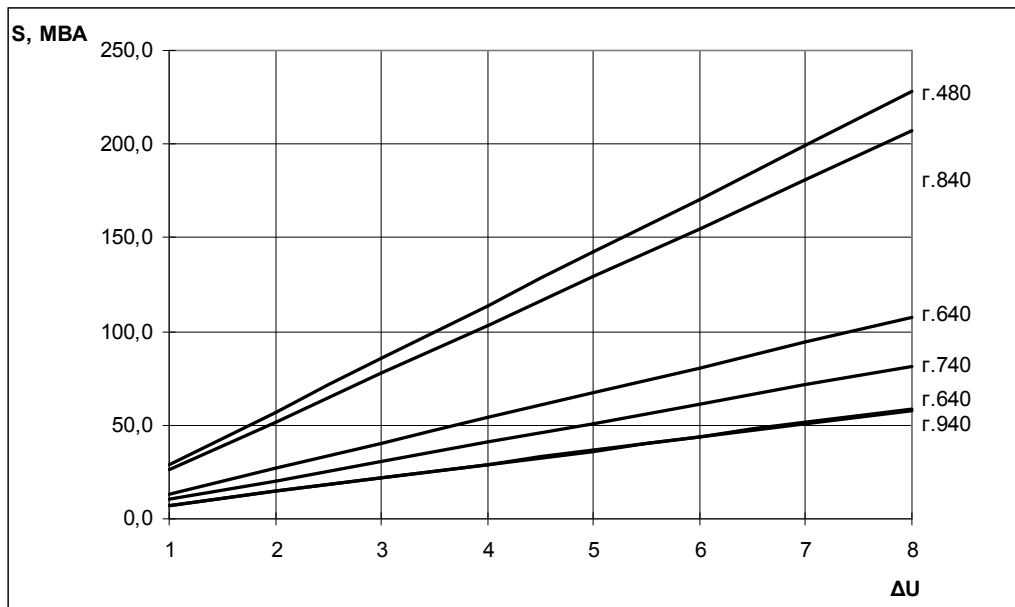
Рисунок 1.2 – Пропускна здатність кабелів при напрузі мережі 6 кВ:

а – секція 1 підстанції КРМ; б – секція 2 підстанції КРМ

Пропускна здатність стовбурових кабелів при збільшенні номінальної напруги до 10 кВ показана на графіках рисунка 1.3.



а)



б)

Рисунок 1.3 – Пропускна здатність кабелів при напрузі мережі 10 кВ

а – секція 1 підстанції КРМ; б – секція 2 підстанції КРМ

Для варіанту електропостачання за схемою глибокого вводу напруги 35 кВ на горизонті передбачається використання одножильних кабелів. Для такої прокладки кабелів питомий індуктивний опір залежить від відстані між жилами (кабелями) і для кольорового металу ($\mu=1$) при промисловій частоті 50 Гц індуктивний опір кабельної лінії з шитого поліетилену (ПвП) розраховуємо за формулою:

$$x_0 = \omega \left(4,6 \lg \frac{2D_{cp}}{d} + 0,5 \mu \right) 10^{-4} = 0,144 \lg \frac{2D_{cp}}{d} + 0,016,$$

де $D_{cp} = \sqrt[3]{D_{1-2}D_{2-3}D_{1-3}}$ – середня геометрична відстань між осями проводів;
 $D_{1-2}D_{2-3}D_{1-3}$ – дійсні відстані між кабелями 1,2,3, d – фактичний зовнішній діаметр провідника кабелю.

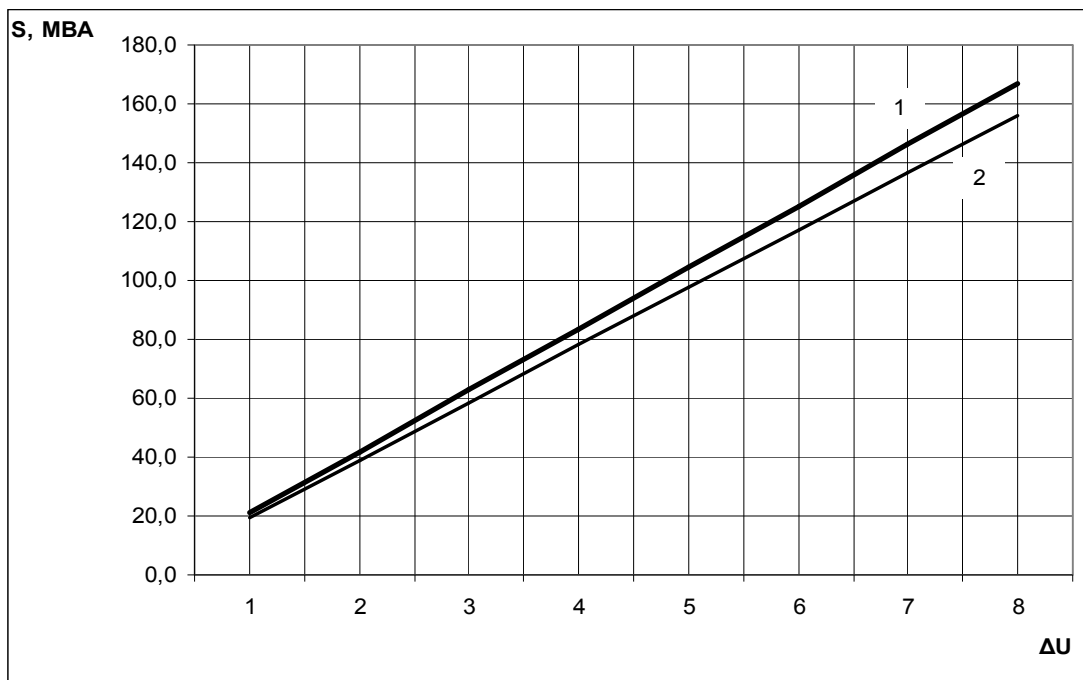


Рисунок 1.4 – Пропускна здатність кабелів при напрузі 35 кВ:

1 - відстані між кабелями 1,2,3 ($D_{1-2}D_{2-3}D_{1-3}$ - 100,100,200 мм); 2 - відстані між кабелями 1,2,3 ($D_{1-2}D_{2-3}D_{1-3}$ - 200,200,400 мм)

Результати розрахунків параметрів кабельної лінії на гор.940 м та її пропускна здатність представлені відповідно в таблиці 1.4 та рисунку 1.4.

Таблиця 1.4 – Параметри кабелів ПвП напругою 35 кВ

Горизонт	Тип кабелю	Довжина кабелю	Перетин кабелю, q мм ²	Активний опір кабелю R Ом	Індуктивний опір кабелю X Ом	
					1	2
ЦПП г.940	ПвП	1470	3*50	0,4998	1	2
					0,3381	0,3969

Висновки до розділу 1

1. Не останню роль у забезпеченні усталеної роботи шахт виконують системи електропостачання, їхня надійність, безпека, економічна ефективність. Залежать ці показники від багатьох факторів, але в основному від напруги живильних і розподільних мереж і параметрів елементів цих мереж, вибір яких залежить від очікуваних навантажень.

2. Коливання напруги на шинах 6 кВ ГПП на поверхні шахти викликані пуском потужних синхронних і асинхронних з короткозамкненим ротором двигунів і нерівномірним режимом роботи підйомних машин, споживана потужність яких протягом одного циклу різко змінюється від нуля до максимального значення.

3. Від рівня напруги залежить статична стійкість працюючих двигунів. Так як момент асинхронного двигуна залежить від квадрата напруги, то при зниженні напруги у двигунів, що працюють з постійним навантаженням, швидкість зменшується і двигуни можуть зупинитися, а при пуску початковий момент виявляється недостатнім для розгону приводу. Чим більше потужність двигунів по відношенню до потужності трансформатора, що живить їх, і чим більше опір мережі, тим нижче буде рівень напруги на затискачах двигунів, що пускаються чи самозапускаються.

4. Умови роботи підйомних машин визначаються, в основному, глибиною залягання корисних копалин і кількістю гірничої маси, яку слід підняти за зміну (добу), тобто виробничою потужністю шахти. Водовідливні, вентиляторні та компресорні установки, в основному забезпечують безпечні умови праці на шахтах і в рудниках, характеризуються безперервним режимом роботи. Їх навантаження змінюється відповідно зі зміною водопритоків, довжини гірничих виробок, а також в результаті підвищення температури зі збільшенням глибини відпрацювання корисних копалин.

5. У теперішній час для внутрішахтних високовольтних розподільних мереж застосовується напруга 6 кВ. Зі збільшенням сумарної потужності електроприймачів ускладнюється стовбурна й підземна мережа (збільшується переріз жил кабелів, прокладаються паралельні кабельні лінії тощо), що викликає підвищені втрати електропостачання і приводить до зниження напруги у споживачів.

6. За розрахованими даними реальних навантажень гірничих підприємств зроблено висновок, що застосований на сьогоднішній день рівень напруги перешкоджає поглибленню робочих горизонтів і підвищенню обсягів видобутку корисних копалин.

7. Оцінку можливості існуючої системи електропостачання рудних і вугільних шахт із погляду можливості збільшення електричних навантажень при забезпеченні необхідної якості електроенергії варто виконувати на основі дослідження пропускної здатності стовбурних кабелів до конкретних горизонтів з урахуванням параметрів існуючих кабелів без їхнього посилення або заміни.

8. У найближчій перспективі очікується поглиблення підземних виробок, що безумовно призведе до збільшення навантажень, та погіршення показників якості електроенергії.

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ТА ВАРІАНТІВ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ СПОЖИВАЧІВ ГЛИБОКИХ ШАХТ, НОРМАТИВНО-ДИРЕКТИВНЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ КЛАСУ НАПРУГИ ЖИВИЛЬНИХ І РОЗПОДІЛЬНИХ ШАХТНИХ МЕРЕЖ

2.1 Розробка структури і варіантів систем електропостачання глибоких шахт і обґрунтування глибини застосування підвищеної напруги із урахуванням умов експлуатації

Основними загальними вимогами, яким повинна задовольняти будь-яка система електропостачання, є: надійність електропостачання, висока якість електроенергії, безпека і економічність всіх елементів системи [8, 9,].

Надійність системи електропостачання забезпечується за рахунок раціонального її проектування з урахуванням технічних і економічних міркувань, а також високого рівня експлуатації. Висока якість електроенергії визначається дотриманням діапазону допустимих змін параметрів напруги і частоти, встановленої ДСТУ. Дотримання діапазону допустимих змін частоти забезпечується енергосистемою, а дотримання діапазону допустимих змін показників напруги на затискачах споживачів в значній мірі залежить від правильного проектування і експлуатації електроустановок.

Від правильного вибору, монтажу і експлуатації електроустановок і захисних засобів залежить електробезпека обслуговуючого персоналу, що стикається з електроустановками. Раціональне поєднання капітальних витрат на споруду систем електропостачання і щорічних експлуатаційних витрат є необхідною умовою розумного і економічного використання засобів, спрямованих на електрифікацію гірничої промисловості.

Свідомий підхід до виконання вказаних вимог може бути забезпечений при глибокому знанні фізичних процесів, що протікають при експлуатації електроустановок, умов спільної роботи окремих елементів електрообладнання, основних поло-

жень раціонального проектування електропостачання і раціональної експлуатації електрогосподарства сучасних крупних гірничих підприємств.

При проектуванні електропостачання гірничих підприємств основними питаннями є вибір загальної схеми живлення, числа, потужності та розташування знижувальних підстанцій, раціональних напруг живильних і розподільних мереж, способів передачі електроенергії територією підприємства.

Напруга систем зовнішнього і внутрішнього електропостачання залежить від електричної потужності підприємства, його віддаленості від джерел живлення, напруги і резервних потужностей джерел живлення, які має в своєму розпорядженні енергопостачальна або енергопередавальна компанія в прилеглому районі, а також від характеру навантаження — кількості і потужності електроприймачів різних напруг, наявності електроприймачів з різко змінним характером навантаження (тиристорний привід підйомних машин), що негативно впливає на такі показники якості напруги, як коефіцієнт несинусоїдальності і коливання напруги.

Як правило, зовнішнє електропостачання гірничих підприємств рекомендується виконувати за системою глибокого вводу з мінімальною кількістю ступенів трансформації, тобто при максимальному наближенні високої напруги до споживачів. При цьому способі живлення відбувається органічна сполука живильних мереж з розподільними мережами першого ступеня розподілу електроенергії. У кожному конкретному випадку вибір напруги повинен проводитися шляхом техніко-економічного порівняння варіантів при різних рівнях напруги.

Системи електропостачання гірничих підприємств створюються для забезпечення живлення електроенергією приймачів на поверхні шахти і в гірничих виробках: підйомні установки, вентилятори, компресори, холодильні машини, насосні агрегати, вакуум-помпові станції, технологічні комплекси на поверхні, підземні споживачі з видобутку і транспортування до приствольного двору корисної копалини, машини для проходки гірничих виробок і транспорту породи або її дроблення, якщо вона використовується для закладання виробленого простору, а також всі електроприймачі напругою 380–220 В на поверхні, що забезпечують функціонування гірничого підприємства.

У основі побудови схем внутрішнього електропостачання лежить вимога ПУЕ відносно забезпечення надійності електропостачання приймачів електричної енергії. Система електропостачання підземних гірничих робіт повинна відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати безперебійне живлення електроенергією основних електроприймачів;
- бути безпечною відносно пожеж, вибухів рудникової атмосфери і поразки людей електричним струмом;
- забезпечувати високу якість електроенергії, що підводиться до електроприймачів, в умовах безперервної зміни технологічних параметрів гірничих розробок і розвитку підземних електричних мереж;
- бути економічною при дотриманні перерахованих вище вимог.

Остаточний вибір способу живлення і схеми електропостачання підземних споживачів проводять з урахуванням гірничо-геологічних умов залягання корисних копалин на підставі техніко-економічного порівняння конкуруючих варіантів. На вибір системи електропостачання добувних ділянок, крім гірничо-геологічних і технологічних чинників, істотний вплив роблять спосіб механізації у вибоях і схема транспорту корисних копалин від вибою. Специфічною особливістю систем підземного електропостачання є їх рухомий характер, обумовлений постійним переміщенням фронту очисних і підготовчих робіт.

При проектуванні нових шахт застосовують типові планування приствольних дворів. Місцеположення ЦПП та їхня кількість практично зумовлюється плануванням приствольних дворів. ЦПП розташовують в спеціальній камері з двома виходами, з вогнетривким (неспалюваним) кріпленням, прилеглою до камери головного водовідливу шахти. Камеру ЦПП, як правило, розміщують в приствольному дворі поряд з енергоємним споживачем. Для виключення затоплення водою рівень бетонної підлоги в камері повинен бути не менше ніж на 0,5 м вище за позначку головок рейкової колії в приствольному дворі в місці сполучення його із стовбуром з ухилом 0,01 м у бік водозбірних канавок. Один вихід з ЦПП передбачається до виробки, другий — до камери водовідливу. Ходи сполучення між каме-

рою ЦПП з приствольними виробками і камерою насосної водовідливу обладнано протипожежними дверима, що відкриваються у бік камери водовідливу, і ґратчастими розсувними одностулковими дверима. Для сполучення камери ЦПП з виробками приствольного двору повинен бути проведений ходок, де також повинно бути встановлено протипожежну і ґратчасту двері.

2.2 Основні шляхи забезпечення нормованого рівня живильних напруг

Граничні значення рівнів і коливань напруги в першу чергу забезпечуються підтримкою сталості напруги на шинах джерела живлення, що входить в обов'язок енергопостачальної організації. Для цього на районних підстанціях встановлюються трансформатори з автоматичним регулюванням напруги під навантаженням з діапазоном регулювання 15 – 20%, вольтододавальні трансформатори та інші засоби регулювання. Однак великої уваги має бути надано і заходів з підтримання сталості напруги та зменшення коливань напруги безпосередньо в шахтних мережах.

До цих заходів належать:

- упорядкування технологічного процесу з метою забезпечення по можливості рівномірного графіка навантаження протягом зміни і доби;
- правильний вибір технологічного обладнання та електроприводів;
- широке застосування синхронних двигунів для нерегульованих приводів з постійним режимом роботи;
- переведення існуючих мереж на більш високий клас напруги.

Подальше збільшення виробничої потужності шахти і необхідність розвитку гірничих виробок вимагають значного підвищення концентрації та інтенсифікації гірничих робіт, застосування більш потужних і більш продуктивних гірничих машин і, як наслідок, підвищення енергоемності шахти.

Високовольтні розподільні електричні мережі. Від РУ-6 кВ ЦПП живляться високовольтні електродвигуни насосів, знижувальні трансформатори, що живлять споживачів навколостовбурного двору, і дільничні підстанції (стаціонарні та пересувні). В даний час для живлення підземних споживачів Запорізького ЗРК живлення подається по кабельних лініях електропередач напругою 6 кВ, загальна довжина

яких обчислюється десятками кілометрів. Довжина ліній 6 кВ, з урахуванням розвитку мереж, досягне 1,5 – 2,0 км, що, природно, приводить до великих коливань напруги в мережі та низьких рівнів напруги у споживачів, а також до великих втрат потужності. Тому виникає необхідність реконструкції живильних ліній при розвитку шахти [10, 11].

Необхідне збільшення пропускної здатності ліній електропередачі може бути здійснено шляхом:

- а) заміни живильних кабелів, кабелями більшого перерізу;
- б) збільшення кількості живильних кабелів;
- в) поздовжньої компенсації реактивних параметрів лінії;
- г) використання класу більш високої напруги для розподільної мережі.

Перші два способи є доцільними для шахт, виробки яких проходять реконструкцію або проектуються. Заміна живильних кабелів кабелями більшого перетину, пов'язана з великою витратою кольорового металу, а прокладення нових ліній електропередачі потребує великих капітальних вкладень і може бути рекомендовано тільки в тих випадках, коли підвищити пропускну здатність існуючих ліній іншим шляхом не вдається.

Більш глибокому аналізу застосування останніх методів треба приділити більше уваги. Поліпшення якості електричної енергії за рахунок поздовжньої компенсації реактивних параметрів лінії можна рекомендувати на підприємствах, де нерозгалужена розподільна мережа, окремі приводи якої мають різкозмінне навантаження, а також велика глибина залягання корисних копалин, при чому розробка ведеться на глибоких горизонтах. Повздовжня ємнісна компенсація забезпечується включенням послідовно до живильної лінії конденсаторної установки. Опір ємності конденсаторів компенсує (частково або повністю) або навіть перекомпенсує індуктивний опір лінії, внаслідок чого в ній зменшується втрата напруги. Схема електропостачання горизонту 940 м з використанням установки подовжньо-ємнісної компенсації (ПЕК) наведена на рисунку 2.1.

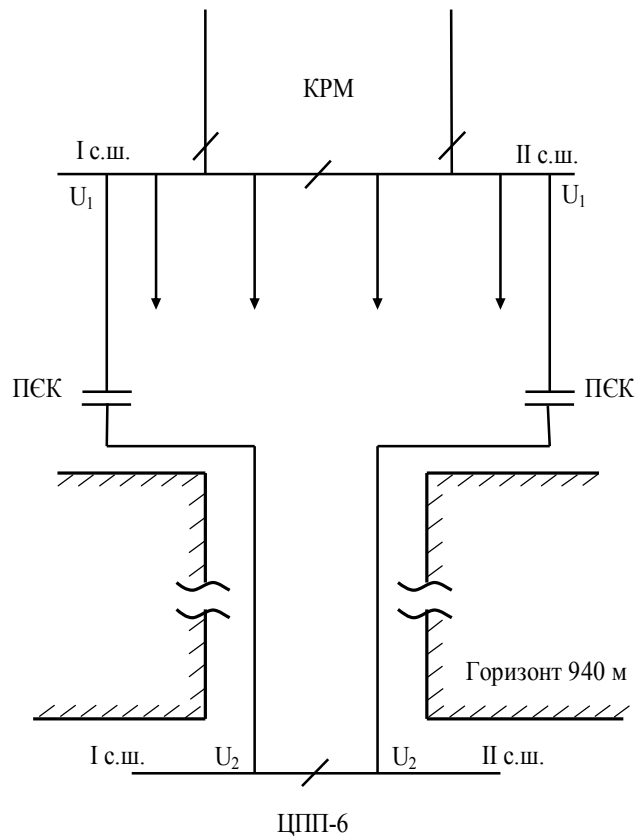


Рисунок 2.1 – Електропостачання горизонту 940 м з установкою подовжньо-ємнісної компенсації

Величина добавки напруги, створюваної послідовно включеними конденсаторами, пропорційна величині струму навантаження і автоматично змінюється при змінах його величини, практично безінерційно. Ця обставина визначає особливу ефективність послідовного включення конденсаторів при коливаннях навантаження, (наприклад при частих включеннях двигунів з великими пусковими струмами, при роботі зварювальних агрегатів тощо), для зниження коливань напруги [3, 11,12].

У таблиці 2.1 приведені значення основних параметрів конденсаторної батареї ПЕК для забезпечення різних значень компенсації втрати напруги в кабельній лінії від секції II ГПП до ЦПП, а також допустимі значення U_1 при $U_2 = 6300$ В і очікувані значення U_2 при $U_1 = 6300$ В.

Основні параметри конденсаторної батареї, допустимі значення U_1 (при $U_2 = 6300$ В) і очікувані значення U_2 (при $U_1 = 6300$ В) при різних значеннях.

Таблиця 2.1 – Основні параметри конденсаторної батареї ПЕК для 1 с.ш.

$\Delta U, \%$	λ	$x_{KB},$ Ом	$U_{KB},$ В	Допустиме $U_1,$ В (при $U_2 = 6300$ В)	Очікуване $U_2,$ В (при $U_1 = 6300$ В)	
					В	% від $U_{2н}$
5	9,8	0,45	290	3100	6500	3,23
6,8	13,3	0,61	392	6000	6615	5,0
8	15,7	0,72	463	5934	6690	6,2
10	19,6	0,9	579	5825	6810	8,2

Запобігання небажаних режимів при роботі установок ПЕК. Економічна і стійка робота установки ПЕК у високовольтних розподільних мережах багато в чому залежить від правильного вибору основного параметра – опору ємності конденсаторів. Із збільшенням цього параметра зростає напруга на виході установки. Тому доцільно збільшувати опір конденсаторів при низьких рівнях напруги мережі.

Практично настройка установок ПЕК за максимальним режимом підвищення напруги не завжди вдається у зв'язку з виникненням параметричного резонансу асинхронних двигунів, а також появою феромагнітних субгармонійних коливань.

При параметричному резонансі струми асинхронних двигунів, що містять низькі гармоніки, викликають резонанс між установкою ПЕК та індуктивністю кола і двигуна. Це відбувається на частоті яка нижче за частоту енергосистеми. В цих умовах двигун обертається із зниженою відповідно до частоти резонансу швидкістю обертання. При цьому двигун працює як перетворювач, споживаючи енергію на частоті енергосистеми і видаючи її назад в мережу на резонансній частоті. Цей процес супроводжується вібраціями і великими струмами в двигуні, причому можуть виникнути і періодичні коливання напруги в мережі.

Явища феромагнітних субгармонійних коливань спостерігаються в основному при включенні ненавантажених трансформаторів або при значному підвищенні напруги. Якщо при цьому послідовно включений опір ємності має достатню величину, то це приводить до насичення сердечника трансформатора і до появи субгармонік значної амплітуди з дробовим (1:2; 1:3 тощо) відношенням її частоти до основної.

Це явище супроводжується значним підвищенням струму і напруги, що може привести до відключення як лінії, так і трансформаторів.

Боротися з небажаними режимами можна наступними способами:

- перший – включення шунтувального опору;
- другий – закорочування конденсаторів;
- третій – зменшення опору установки.

Перший спосіб

За цим способом паралельно конденсаторам включається шунтувальний активний опір.

Недоліком цього способу слід рахувати наявність втрат енергії в шунтувальному опорі і зниження ефекту підвищення напруги установкою ПЕК.

Згідно з [13] в деяких випадках для усунення небажаних режимів достатньо було включення шунтувального опору, величина якого перевищувала опір конденсаторів всього в 3 рази. Це приводило до відчутних втрат енергії в шунтувальному опорі при постійному включенні його. В тих випадках, коли при усуненні небажаних режимів мережі вдається збільшити значення шунтувального опору в 10-20 разів в порівнянні із значенням опору конденсаторів, вживання цього способу доцільне.

Можливо також включення послідовно з шунтувальним опором насичувального дроселя, який при появі субгармонійних складових струму буде підмагнічуватися і відкривати гілку з активним опором. Цей варіант вимагає вживання спеціальних дроселів насичення, що здорожує установку ПЕК.

Другий спосіб

За цим способом автоматично закорочуються конденсатори спеціальним захистом, що приводиться в дію субгармонійними складовими струму. Через деякий час після відключення установка знову включається автоматично в роботу. Передбачається, що за цей час двигуни розвинуть номінальну швидкість. Даний спосіб може бути рекомендований за наявності відповідальних навантажень і достатньо великої пропускної потужності, оскільки він коштосний (значні витрати на вимикач і спеціальний фільтровий захист).

Третій спосіб

Найбільш простим і доступним є спосіб зменшення опору установки. Даний спосіб передбачає зменшення опору установки ПЄК з одночасним зменшенням пробивної напруги спеціальних захисних розрядників.

Зниження пробивної напруги захисних розрядників забезпечує одночасно і шунтування конденсаторів у разі появи небажаних режимів із значною амплітудою напруг і тим самим сприяє їхньому усуненню. При цьому конденсатори шунтуються стійкою дугою, рухомою між електродами спеціального розрядника. Після припинення небажаного режиму дуга на розряднику гаснула, і розрядник був знову готовий до повторних дій.

У умовах експлуатації розрядник настроюється приблизно на двократну напругу, що виникає на конденсаторах при нормальному максимальному режимі .

У результаті досвіду експлуатації і експериментальних досліджень параметричного резонансу асинхронних двигунів відомо, що виникнення небажаного режиму залежить від багатьох чинників. До числа їх слід віднести параметри двигуна, а також ступінь завантаження двигуна і опір мережі, що живить даний двигун. Параметричний резонанс є досить складним явищем; він піддається теоретичному аналізу лише при введенні ряду спрощень і то тільки для простих схем з одним або двома двигунами.

Дослідження показали [14], що виникнення небажаних режимів визначається в основному навантаженнями як освітлювальними, так і силовими, включеними паралельно двигуну. За наявності інших двигунів, що працюють через ту ж установку ПЄК, вірогідність виникнення параметричного резонансу різко зменшується.

Повздовжня компенсація реактивних параметрів ліній електропередач за допомогою послідовно включених конденсаторів покращує режим роботи лінії, але втрати потужності при тому ж навантаженні практично не змінюються, а зі збільшенням навантаження зростають пропорційно другого ступеня відношення струмів. Цей метод є більш ефективним в системах з повітряними ЛЕП.

При використанні четвертого способу та розв'язання завдання вибору оптимальної напруги в загальному випадку слід попередньо визначити величину економіч-

но доцільної (нестандартної) напруги, при якій мають місце мінімальні витрати на створення системи електропостачання.

Визначення економічно доцільної напруги мережі пов'язано з необхідністю приймати безперервну шкалу напруг і використовувати економічні залежності, в яких напруга є аргументом що змінюються. Знаючи величину економічно доцільної напруги, можна вибрати оптимальну стандартну напругу стосовно до кожного конкретного випадку.

Питанню знаходження величини раціональної (економічно доцільної) напруги аналітичним шляхом за кордоном приділяється велика увага. У ряді країн для визначення раціональної напруги мереж промислового призначення використовуються порівняно прості емпіричні залежності [14].

Системи електропостачання шахт мають ряд специфічних особливостей (протяжні кабельні мережі, велика кількість електроустаткування тощо), які повинні бути враховані при знаходженні оптимальної напруги шахтних мереж.

Порівняльна техніко-економічна оцінка варіантів електропостачання при різних напругах проводиться шляхом зіставлення як економічних (вартісних) параметрів, так і технічних (якісних) показників, що не мають вартісного вираження.

Якісні показники варіанту є кращими, якщо:

- при роботі в електромережі виникають менші коливання напруги;
- зменшуються втрати потужності та енергії;
- створюються більш сприятливі умови для монтажу і експлуатації мереж;
- скорочується витрата кольорових металів;
- є можливість без значних витрат здійснити реконструкцію мережі (збільшити передачі потужності, довжину кабелів тощо).

Для визначення економічно доцільної напруги системи електропостачання при певній переданій потужності і довжині кабелів слід зробити розрахунок вартісних показників елементів системи (кабелів, електродвигунів, трансформаторів тощо) і всієї системи в цілому при декількох обраних рівнях напруги (існуючому і планованому).

Для розгляду застосовуються два варіанти реконструкції:

- переведення ліній та електрообладнання на більш високий клас напруги (з 6 на 10 кВ);

- підвищення номінальної напруги ліній живлення до значення 6 або навіть 35 кВ, залишаючи напругу розподільної мережі незмінною.

Порядок розрахунку кабельних електричних мереж. Розрахунки кабельних електричних мереж виконуються за загальноприйнятою методикою, виходячи з допустимих струмових навантажень (за нагріванням) і падіння напруги в номінальному і пусковому режимах. Виконаємо визначення оптимального рівня напруги шахтних високовольтних мереж шляхом техніко-економічного порівняння варіантів системи електропостачання шахт при напрузі 6 і 10 кВ.

Доцільний варіант напруги шахтних розподільних мереж визначається для таких технічних параметрів:

– глибина	800 і 1200 м;
– значення підземного навантаження	8500-16000 МВА;
– приведена довжина підземної мережі	до 1,5 км;
– порівнювані напруги мережі	6 і 10 кВ.

До складових елементів шахтної високовольтної розподільчої мережі відносять: кабелі, електродвигуни підйомних, вентиляторних і насосних установок (високовольтні); дільничні трансформатори та трансформаторні підстанції; комутаційна апаратура.

Характеристика приймачів електричної енергії. На рудних шахтах високовольтні двигуни застосовуються для приводу підйомних, вентиляційних, насосних і компресорних установок. В даний час розподіл електроенергії на шахтах проводиться при напрузі 6 кВ, і трифазні двигуни потужністю 200-250 кВт і вище обирають на цю напругу. Однак у зв'язку зі зростанням навантаження шахт з'явилася необхідність розподілу електроенергії в межах шахти при більш високій напрузі, зокрема при напрузі 10 кВ. Цю напругу особливо доцільно вибирати, коли шахта живиться від електростанції з напругою генераторів 10,5 кВ або від районної підстанції з вторинною напругою трансформаторів 10,5 кВ.

Єдина серія трифазних двигунів передбачає їх виготовлення на напругу 10 кВ, починаючи від потужності 500 кВт. Так як при напрузі 660 В двигуни зможуть виготовлятися потужністю до 600-700 кВт, то у більшості випадків можна буде відмовитися від проміжної напруги 6 кВ, яку доводиться вводити в схеми електропостачання при напрузі джерела живлення 10,5 кВ. Згідно з преїскурантом вартість електродвигунів при напрузі 10 кВ на 20 % вище вартості електродвигунів при напрузі 6 кВ. ККД електродвигунів на напругу 10 кВ в середньому на 1% менше ніж у двигунів на 6 кВ. Стандартний ряд потужностей приводів на 10 кВ істотно менше ніж на 6 кВ.

В даний час на вітчизняних шахтах частина застосовуваних приводів працюють при напрузі 6 кВ і в разі переведення розподільної мережі на напругу 10 кВ двигуни потужністю до 300 – 350 кВт повинні бути замінені або (при можливості) перемотані для роботи при напрузі 380 В, а для живлення більш потужних двигунів потрібно встановити трансформатори 10/6 кВ.

Зазначені заходи при переході на напругу 10 кВ пов'язані з додатковими витратами на придбання, монтаж та ремонт додаткових електроустановок та обладнання. У кожному конкретному випадку питання має вирішуватися шляхом техніко-економічних розрахунків з урахуванням місцевих умов і термінів отримання додаткового електроустаткування. Однак, в цілому для шахти, з огляду на порівняно низькі рівні навантажень гірничо-технологічного обладнання, переведення системи внутрішнього підземного електропостачання шахти на напругу 10 кВ з позиції заміни приводів шахтних машин і установок не можна визнати доцільним.

Високовольтні шахтні кабельні мережі. Для виконання високовольтних електричних мереж по стовбуру і підземних гірничих виробках застосовують броньовані кабелі з мідними жилами.

Мінімальні перетини жил кабелів виходячи з механічної міцності приймаються: для стовбурових кабелів – 35 мм², для кабелів підземних розподільних мереж – 16 мм² [12].

Максимальні перетини жил, виходячи із зручності монтажу: для стовбурових кабелів 120 мм², для кабелів підземних мереж – 95 мм².

Для прокладки по стовбуру використовуються кабелі з висушеною ізоляцією марки ЦСКН. Підземна високовольтна розподільна мережа виконується кабелем марки СБН. Результати зведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку стовбурових кабелів

Глибина шахти H , м	Загальне підземне навантаження		Кількість кабелів з резервом n і перетином їх жил s , мм ²		
	Потужність S , кВа	Струм I , А			
		При напрузі в розподільчій мережі			
		6	10	6	10
800	6400	640	395	4×120	3×95
1200	8000	800	470	5×120	3×120
800	9600	960	560	6×120	4×95
1200	12000	1200	700	7×120	5×95
800	12800	1280	750	8×95	5×95
1200	16000	1600	935	9×120	6×120

Найбільш економічним способом збільшення пропускної здатності електричних мереж є переведення діючих ліній на підвищену номінальну напругу без заміни жил кабелів, але з посиленням ізоляції.

Ефективність такого переведення визначається тим, що при однакових навантаженні, коефіцієнті потужності, матеріалі та перетині жил кабелів, при підвищенні напруги лінії з $U_{н1}$ до $U_{н2}$ відношення втрат напруги:

$$\frac{\Delta U_2}{\Delta U_1} = \frac{U_{н1}}{U_{н2}},$$

а відношення втрат потужності:

$$\frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} = \left(\frac{U_{н1}}{U_{н2}} \right)^2,$$

де $\Delta U_1, \Delta D_1$ – втрати напруги та потужності при напрузі $U_{i1}, \Delta U_1, \Delta D_1$ – втрати напруги та потужності при напрузі U_{i2} .

Розрахункові значення співвідношень втрат напруги $\frac{\Delta U_2}{\Delta U_1}$ і втрат потужності в кабельних лініях підземної мережі при незмінних параметрах системи наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Співвідношення втрат напруги та потужності

$U_{n1}, \text{кВ}$	$U_{n2}, \text{кВ}$	$\frac{\Delta U_2}{\Delta U_1}, \%$	$\frac{\Delta P_2}{\Delta P_1}, \%$
6	10	60	36
	35	17	3
10	35	28	8

З таблиці 2.3 видно, що при переведенні ліній напругою 6 кВ на напругу 10 або 35 кВ втрати напруги зменшуються відповідно на 40 і 83%, а втрати потужності – на 64 і 97%. Переведення ліній з напруги 6 кВ на напругу 10 кВ, як правило, може здійснюватися без посилення ізоляції ліній. Разом з тим необхідно мати на увазі, що переведення діючих та проєктованих підземних мереж напругою 6 кВ на напругу 10 кВ пов'язане з необхідністю отримання дозволу Держгірпромнагляду України на застосування напруги 10 кВ в підземних виробках.

Дільничні трансформатори і підстанції. При переведенні шахтних високовольтних мереж на напругу 10 кВ потрібна заміна трансформаторів 6/0,4 кВ трансформаторами 10/0,4 кВ. Слід зазначити, що переведення мереж з 6 на 10 кВ полегшується тим, що трансформатори потужністю 630 кВА і вище з номінальною напругою 6 і 10 кВ виконуються так, що для переходу на напругу 10 кВ не потрібна заміна обмоток вищої напруги. Трансформатори менших потужностей при напрузі 6 і 10 кВ мають різні типи обмоток. Однак, як показує практика, обмотки 6 кВ цих трансформаторів мають значний запас міцності ізоляції, що дозволяє використовувати ці об-

мотки для напруги 10 кВ майже без змін. Отже, переведення підземних розподільчих мереж на напругу 10 кВ з точки зору забезпечення живленням дільничних споживачів напругою до 1000 В практично не пов'язане з додатковими витратами, так само як і не пов'язане з підвищенням ефективності саме цих ділянок системи електропостачання.

Пускова і розподільна апаратура. Переведення шахтних розподільних мереж на підвищену напругу поліпшить умови їх експлуатації, але, як правило, не викликає зміни кількості підстанцій або конфігурації мережі. Отже, кількість високовольтної пускової та розподільної апаратури буде однаковою при різних варіантах напруги мережі.

Вартість апаратури на напругу 6 та 10 кВ, в більшості випадків однакова. Якщо припустити лінійну залежність вартості апаратури від застосовуваної напруги, подорожчання апаратури в порівнянні з апаратурою на напругу 6 кВ становить порядок – 7%.

Електробезпека застосування підвищених рівнів напруги в шахтних розподільних мережах. Підвищення напруги в високовольтних розподільних мережах з 6 до 10 кВ, очевидно, не буде пов'язано з істотним підвищенням небезпеки при експлуатації стаціонарних високовольтних двигунів, ЦПП, УПП і високовольтних кабельних ліній. Відповідним чином сконструйована апаратура дозволить зберегти той самий рівень безпеки, який досягнутий при використанні напруги 6 кВ.

Пов'язано це з тим, що для таких рівнів напруги слід говорити тільки про забезпечення непрямої безпеки (безпосередній дотик до струмовідних частин небезпечний в будь-якому випадку), а мережі напругою 6 і 10 кВ припускають однакову систему релейного захисту.

З виконаного аналізу можна зробити висновок, що переведення ліній та електрообладнання на більш високий клас напруги (з 6 на 10 кВ) спосіб ґрунтується на комплексній заміні двигунів електроприводів. При такій реконструкції необхідно використання спеціальних пристроїв на 10 кВ та отримувати дозвіл на використання відповідної напруги у Держгірпромнагляді України.

Напруга 35 кВ не використовується для електропостачання в підземних розподільних мережах, тому для аналізу використання цього рівня напруги потрібно виконати юридичну експертизу документів, що регламентують використання електричної енергії споживачами.

2.3 Аналіз нормативних і директивних матеріалів з метою юридичного обґрунтування переведення електропостачання підземних споживачів на напругу 20-35 кВ

У даний час діє ряд нормативно-правових документів, які регламентують виробництво, передачу, розподіл і споживання електроенергії взагалі та роботу електроустановок в умовах рудникових підприємств з підземним способом видобутку корисних копалин зокрема. До цих документів відносяться:

- Закон України від 16.10.1997 № 575/97-ВР "Про електроенергетику" ;
- Правила улаштування електроустановок //Затверджено наказом Мінпаливенерго України від 28 серпня 2006 р. № 305;
- Нормативно-правовий акт "Правила улаштування електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок" (номер Держреєстрації ДНАОП 0.00-1.32-01);
- Нормативно-правовий документ "Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів" //Мінпаливенерго України, Наказ № 258 від 25.07.2006;
- Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів //Затверджено Наказом Держнаглядохоронпраці України №4 від 09.01.98 (номер Держреєстрації НПАОП 40.1-1.21-98);
- Нормативно-правовий акт "Єдині правила безпеки при розробці рудних, нерудних і розсипних родовищ підземним способом" (номер Держреєстрації НПАОП 0.00-1.34-71).

В практиці проектування систем електропостачання шахт відомо варіанти порівняння рівнів напруги, які перевищують прийняті 6 кВ, навіть для розподільних мереж [12, 15]. Одержані результати показують перспективність такого заходу в плані зниження втрат, зменшення перетину та кількості стовбурних кабелів тощо.

Тому варіант з використанням глибокого вводу напруги 35 кВ, для відповідних умов підземного електропостачання, допускає значний економічний ефект. Проте ухвалення остаточного рішення з введення під землю напруги 35 кВ та експлуатації електротехнічного обладнання і кабельних мереж (на 35 кВ) в рудничних шахт припускає відповідний аналіз діючих нормативно-правових документів.

Згідно з пунктом 520 даних Правил (розділ 3 «Електричні машини і апарати») в підземних виробках рудничних підприємств повинні застосовуватися електричні машини, трансформатори, апарати і прилади тільки в рудниковому виконанні, які задовольняють вимогам Правил виготовлення вибухозахищеного і рудникового електрообладнання. Згідно з цим пунктом допускається до освоєння випуску електрообладнання в рудниковому виконанні вживання в шахтах електрообладнання в нормальному (нерудниковому) виконанні (закритому, захищеному).

Проте, відповідно до пункту 522 даних Правил для живлення стаціонарних приймачів електричної енергії, пересувних підстанцій, а також при проходці стовбурів допускається вживання напруги не вище 6000 В, а для стаціонарних підземних підстанцій допускається з дозволу органів держміськтехнагляду (Держміськпромнагляду України) вживання напруги до 10000 В.

Висновки до розділу 2

1. Розвиток шахт, пов'язаний з розробкою глибоких горизонтів, пов'язаний з різким збільшенням електричних навантажень і потребує реконструкції системи електропостачання для забезпечення якості електроенергії при очікуваному зростанні навантажень. При цьому можливі наступні варіанти:

- підтримання рівня робочої напруги технічними засобами вольтодобавлення (лінійні регулятори, установки поздовжньої компенсації);
- переведення системи внутрішнього підземного електропостачання шахти на напругу 10 кВ;
- живлення нових глибоких горизонтів рудникових шахт виконати напругою 35 кВ (глибокий ввід напруги 35 кВ).

2. З метою забезпечення якості напруги у електроприймачів глибоких горизонтів в якості резервного варіанта запропонована система електропостачання глибоких горизонтів з включенням установки поздовжньої ємнісної компенсації. Ємнісний опір конденсаторів компенсує (частково або повністю) або навіть перекомпенсує індуктивний опір лінії, внаслідок чого в ній зменшується втрата напруги. Поздовжня компенсація реактивних параметрів ліній електропередач за допомогою послідовно включених конденсаторів покращує режим роботи лінії, але втрати потужності при тому ж навантаженні практично не змінюються, а зі збільшенням навантаження зростають пропорційно другого ступеня відношення струмів. Цей метод є більш ефективним в системах з повітряними ЛЕП.

3. Переведення високовольтних розподільних мереж на напругу 10 кВ замість застосовуваного в даний час 6 кВ на рудничних шахтах передбачає значне зменшення втрат енергії при її каналізації і дозволяє забезпечити певне зростання підземних електричних навантажень, проте таке рішення не можна визнати доцільним з наступних причин:

- необхідно використання відповідних пристроїв при відсутності такого класу напруги;

- адаптація на більш високий ступінь напруги чинного високовольтного обладнання (насосні установки тощо) потребують заміни електричних двигунів та іншого обладнання;

- необхідна заміна комплектних розподільчих пристроїв КРУРН і високовольтних кабелів;

- у будь-якому випадку застосування напруги 10 кВ в підземних виробках вимагає згідно з // узгодження з Держгірпромнаглядом України.

4. Найбільш перспективним з можливих варіантом електропостачання глибоких горизонтів є варіант глибокого вводу напруги 35 кВ з установкою підземної підстанції 35/6 кВ. Цей варіант обумовлений рівнем очікуваних електричних навантажень і що передбачають розвиток шахти, глибиною розташування електроприймачів (з урахуванням відстані від джерела до стволу на поверхні і від стовбура до підстанційної камери під землею) і зосередженням основних за потужністю і відповідаль-

ності електроприймачів (підйомні машини сліпого стовбура, приводу водовідливних установок) в районі стовбура. Крім того, такий варіант передбачає подальшу перспективу розвитку шахт і виключає вплив (і зв'язок в нормальному режимі експлуатації) існуючої системи підземного електропостачання шахти. Однак такий варіант до початку робіт з проектування та реалізації глибокого введення напруги 35 кВ на горизонт 940 м вимагає складання техніко-економічного обґрунтування з метою отримання дозволу Держгірпромнагляду України на виконання зазначених робіт.

5. Згідно з виконаною експертизою нормативних документів, згідно з "Єдиними правилами безпеки при розробці рудних, нерудних і розсипних родовищ підземним способом" існує обмеження на вживання напруги 35 кВ в умовах вугільних і рудних шахт, таким чином для початку робіт з проектування і реалізації варіанту глибокого вводу напруги 35 кВ на рудникових шахтах потрібно складання техніко-економічного обґрунтування з метою отримання дозволу Держгірпромнагляду України на виконання вказаних робіт.

З ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ МОЖЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ В УМОВАХ РУДНИХ І ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ВАРІАНТУ ЖИВИЛЬНИХ МЕРЕЖ І ПІДСТАНЦІЙ НАПРУГОЮ 20-35 КВ З УРАХУВАННЯМ НОМЕНКЛАТУРИ, ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ТА МАСОГАБАРИТНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ

3.1 Основні загальні вимоги до систем внутрішнього електропостачання шахт

Основними загальними вимогами, яким повинна відповідати будь-яка система електропостачання, є: надійність електропостачання, висока якість електроенергії, безпека і економічність всіх елементів системи.

Надійність системи електропостачання забезпечується за рахунок раціонального її проектування з урахуванням технічних і економічних міркувань, а також високого рівня експлуатації. Висока якість електроенергії визначається дотриманням діапазону допустимих змін параметрів напруги і частоти, встановлених ГОСТом. Дотримання діапазону допустимих змін частоти забезпечується енергосистемою, а дотримання діапазону допустимих змін показників напруги на затискачах споживачів значною мірою залежить від правильного проектування та експлуатації електроустановок.

Від правильного вибору, монтажу та експлуатації електроустановок та захисних засобів залежить електробезпека обслуговуючого персоналу, що стикається з електроустановками. Раціональне поєднання капітальних витрат на споруджування систем електропостачання та щорічних експлуатаційних витрат є необхідною умовою розумного і економічного використання коштів, що спрямовуються на електрифікацію гірничої промисловості.

Свідомий підхід до виконання зазначених вимог може бути забезпечений при глибокому знанні фізичних процесів, що протікають при експлуатації електроустановок, умов сумісної роботи окремих елементів електрообладнання, основних положень раціонального проектування електропостачання та раціональної експлуатації електрогосподарства сучасних великих гірничих підприємств.

При проектуванні електропостачання гірничих підприємств основними питаннями є вибір загальної схеми живлення, числа, потужності і розташування знижувальних підстанцій, раціональних напруг живильних і розподільних мереж, способів передачі електроенергії по території підприємства.

Напруга систем зовнішнього і внутрішнього електропостачання залежить від електричної потужності підприємства, його віддаленості від джерел живлення, напруги і резервних потужностей джерел живлення, які має енергопостачальна або енергопередаюча компанія у прилеглому районі, а також від характеру навантаження – кількості і потужності електроприймачів різних напруг, наявності електроприймачів з різко змінним характером навантаження (тиристорний привод підйомних машин), негативно впливає на такі показники якості напруги, як коефіцієнт несинусоїдності і коливання напруги.

Як правило, зовнішнє електропостачання гірничих підприємств рекомендується виконувати за системою глибокого вводу з мінімальною кількістю ступенів трансформації, тобто при максимальному наближенні високої напруги до споживачів. При цьому способі живлення відбувається органічне з'єднання живлячих мереж з розподільними мережами першого ступеня розподілу електроенергії. У кожному конкретному випадку вибір напруги повинен здійснюватися шляхом техніко-економічного порівняння варіантів при різних рівнях напруги.

Системи електропостачання гірничих підприємств створюються для забезпечення живлення електроенергією приймачів на поверхні шахти і гірничих виробках: підйомні установки, вентилятори, компресори, холодильні машини, насосні агрегати, вакуум-насосні станції, технологічні комплекси на поверхні, підземні споживачі з видобутку і транспортування до приствольного двору корисної копалини, машини для проходки гірничих виробок та транспорту породи або її дроблення, якщо вона використовується для закладки відпрацьованого простору, а також всі електроприймачі напругою 380-220 В на поверхні, що забезпечують функціонування гірничого підприємства.

В основі побудови схем внутрішнього електропостачання діє вимога ПУЕ щодо забезпечення надійності електропостачання приймачів електричної енергії. Сис-

тема електропостачання підземних гірничих робіт повинна відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати безперебійне живлення електроенергією основних електроприймачів;
- бути безпечною щодо пожеж, вибухів рудничної атмосфери і ураження людей електричним струмом;
- забезпечувати високу якість електроенергії, що підводиться до електроприймачів в умовах безперервної зміни технологічних параметрів гірничих розробок і розвитку підземних електричних мереж;
- бути економічною при дотриманні перерахованих вище вимог.

Остаточний вибір способу живлення та схеми електропостачання підземних споживачів роблять з урахуванням гірничо-геологічних умов залягання корисних копалин на підставі техніко-економічного порівняння конкуруючих варіантів. На вибір системи електропостачання видобувних ділянок крім гірничо-геологічних і технологічних факторів, істотний вплив мають спосіб механізації в забоях і схема транспорту корисної копалини від забою. Специфічною особливістю систем підземного електропостачання є їх рухомий характер, зумовлений постійним переміщенням фронту очисних і підготовчих робіт.

При проектуванні нових шахт застосовують типові планування приствольних дворів. Місце розташування ЦПП і їх кількість практично зумовлюється плануванням приствольних дворів. ЦПП розташовують в спеціальній камері з двома виходами, з вогнестійким (неспалимим) кріпленням, що примикає до камери головного водовідливу шахти. Камеру ЦПП, як правило, розміщують в приствольному дворі поруч з енергоємним споживачем. Для виключення затоплення водою рівень бетонної підлоги в камері повинен бути не менш ніж на 0,5 м вище за позначку головок рельсового шляху в приствольному дворі в місці сполучення його зі стволом з ухилом 0,01 м в сторону водозбірних канавок. Один вихід з ЦПП передбачається у виробку, другий – в камеру водовідливу. Ходки повідомлень між камерою ЦПП з приствольним виробками і камерою насосного водовідливу обладнають протипожежними дверима, що відкриваються в бік камери водовідливу, і ґратчасти-

ми розсувними одностулковими дверима. Для сполучення камери ЦПП з виробками приствольного двору повинен бути проведений ходок, де також повинні бути встановлені протипожежні та ґратчасті двері.

3.2 Технічні вимоги до системи електропостачання підземних споживачів (глибокого вводу) напругою 35 кВ

При розробці технічних вимог враховувалися особливості систем електропостачання гірничих підприємств, умови і фактори підземної розробки корисних копалин: гірничо-геологічні, технічні та технологічні, в т.ч. умови навколишнього середовища, а також вимоги діючих нормативних документів з влаштування, експлуатації та обслуговування електроустановок.

Однією з особливостей систем електропостачання підземних споживачів є періодична (постійна) зміна їх параметрів через рухомий характер місця проведення гірничих робіт, пов'язаних з технологією видобутку руди.

Основними факторами, що визначають побудову та характеристики схем підземного електропостачання є:

- глибина шахти, число горизонтів, що розроблюються, водорясність та розміри шахтного поля;
- виробнича потужність підприємства в цілому, а також електрична потужність і розташування встановлених під землею приймачів електричної енергії (стаціонарних і пересувних).
- вид і енергоємність підземного транспорту;
- величина напруги, що застосовується для живлення приймачів електричної енергії на видобувних і підготовчих ділянках;
- значення напруги на шинах ГПП.

При проектуванні (створенні) систем електропостачання та електроустановок підземних споживачів повинні виконуватися вимоги діючих нормативно-правових документів застосування яких визначає Державна інспекція з енергетичного нагляду за режимами споживання електричної і теплової енергії (Держенергонагляд).

Враховуючи сукупність всіх особливостей системи електропостачання (СЕП) гірничих підприємств, умов і чинників підземного видобутку корисних копалин і діючих нормативних документів, що відносяться до даного питання до системи електропостачання підземних споживачів з ЦПП глибокого вводу напругою 35/6 кВ пред'являються такі основні вимоги:

СЕП повинна бути надійною, забезпечувати безперебійне і якісне живлення електроенергією всіх підземних електроприймачів:

– відповідно до ПУЕ за умовою забезпечення надійності електропостачання електроприймачів гірничодобувні підприємства належать до I категорії. У складі електроприймачів цієї категорії є особлива група споживачів, що відносяться до аварійної та технологічної броні (людський і вантажно-людських клітьового підйом за вертикальним стовбуром, головний водовідлив тощо), безперебійна робота яких необхідна для безаварійної зупинки виробництва з метою запобігання загрози життя людей, значного збитку підприємства через недовипуск продукції і можливого пошкодження коштовного обладнання. Для реалізації цієї вимоги живлення ЦПП слід передбачити не менше ніж по двох кабельних лініях від двох незалежних джерел. Згідно з рекомендаціями Центрогіпрошахта, «кожен кабель розраховують за навантаженням складовою 100% від повної для двох стовбурових кабелів, 70% – для трьох і 40% для чотирьох стовбурових кабелів»;

– один з основних показників якості електроенергії – стабільність напруги на електродвигунах при різних режимах роботи (нормальний режим, перевантаження, холостий хід, пуск). Відхилення напруги на затискачах електродвигунів та електричних апаратів керування в нормальному режимі допускається від -5% до + 10% номінального. Реалізація цієї вимоги може бути досягнута шляхом максимального наближення високої напруги до центрів навантаження зокрема глибокий ввід напруги 35 кВ на ЦПП;

– експлуатація силових кабельних ліній напругою до 35 кВ повинна здійснюватися відповідно до інструкції, затвердженої наказом міністерства палива та енергетики України від 15.02.2005 № 77 (СОУ – Н МПЕ 40.1.20.509: 2005.).

Електропостачання повинно бути безпечним щодо ураження персоналу електричним струмом, а також виникнення відкритого іскріння, здатного викликати пожежі. Основні заходи для забезпечення надійності та безпечного застосування електроенергії в підземних умовах:

- застосування електротехнічних виробів, що забезпечують захист обслуговуючого персоналу від контакту з струмоведучими частинами, попадання твердих тіл і проникнення води всередину корпусу (наприклад, виконання електрообладнання за ступенем захисту IP 44 або IP 54);

- використання ефективних пристроїв захисту від ураження електричним струмом та від пожеж. Аналіз показує, що основними причинами аварій у шахтах є пошкодження ізоляції в кабельних мережах. Слід забезпечити надійний високочутливий і двохступінчатий захист від замикань на землю в кабельних мережах напругою 35 кВ з дією на відключення;

- електричні мережі на поверхні (повітряні і кабельні) напругою 35 кВ, що мають гальванічний зв'язок з шахтними кабельними мережами, також повинні обладнуватися захистом від замикань на землю з дією на відключення для виключення тривалої експлуатації мережі в режимі однофазного замикання на землю;

- передбачити технічні засоби глибокого обмеження внутрішніх та ферорезонансних перенапруг і придушення перехідних процесів, що негативно впливають на непряму електробезпеку.

Застосування технічних засобів, що поліпшують якісні та економічні показники електропостачання (наприклад, обираються способи і засоби компенсації реактивної потужності та місця їх встановлення; вирішуються питання регулювання режимів електроспоживання та обліку витрат електроенергії др.)

Використання засобів технічної діагностики кабельних мереж, основного рудничного електрообладнання і системи електропостачання гірничого підприємства в цілому.

Камера ЦПП та всі відповідні до неї виробки та вентиляційні збійки повинні виконуватися відповідно до вимог з проведення, кріплення та експлуатації гірничих виробок що визначаються нормативно-правовими документами, що стосуються роз-

робки родовищ підземним способом, зокрема повинні бути закріплені негорючими матеріалами; камери повинні закриватися суцільними протипожежними дверима і при довжині більше 10 м мати два виходи, розташованих в найбільш віддалених одна від одної частинах камери.

Можливе виконання електроживлення ЦПП через свердловини, вибір місця розташування яких слід визначити за мінімальними річним витратам на основі техніко-економічного порівняння варіантів. У цьому випадку розташування свердловини може бути максимально наближене до центру електричних навантажень з урахуванням подальшого розвитку гірничих робіт.

3.3 Дослідження технічної можливості реалізації в умовах рудних і вугільних шахт варіантів спорудження підземної підстанції 20-35/6(10) кВ з урахуванням номенклатури електроустаткування

Найбільш перспективним з можливих варіантів електропостачання споживачів гор. 1000 м і більш енергоємної шахти є варіант глибокого вводу напруги 35 кВ з установкою підземної підстанції 35/6 кВ. Цей варіант обумовлений рівнем очікуваних і передбачаючих розвиток шахти електричних навантажень (до 10 МВт), глибиною розташування електроприймачів (з урахуванням відстані від джерела до стовбура на поверхні і від стовбура до камери підстанції під землею) і зосередженням основних за потужністю і відповідальністю електроприймачів (підйомні машини сліпого стовбура, приводу водовідливних установок) в районі стовбура.

Структура запропонованої системи електропостачання глибоких горизонтів рудничної шахти представлена на рисунку 3.1.

Крім того, такий варіант передбачає подальшу перспективу розвитку шахти і виключає вплив (і зв'язок в нормальному режимі експлуатації) існуючої системи підземного електропостачання шахти. При чому розподіл електроенергії по горизонтах 1000 м і далі передбачається здійснювати на напрузі 6 кВ, що є переважним з погляду забезпечення (при необхідності) резервування живлення електроприймачів суцільних горизонтів

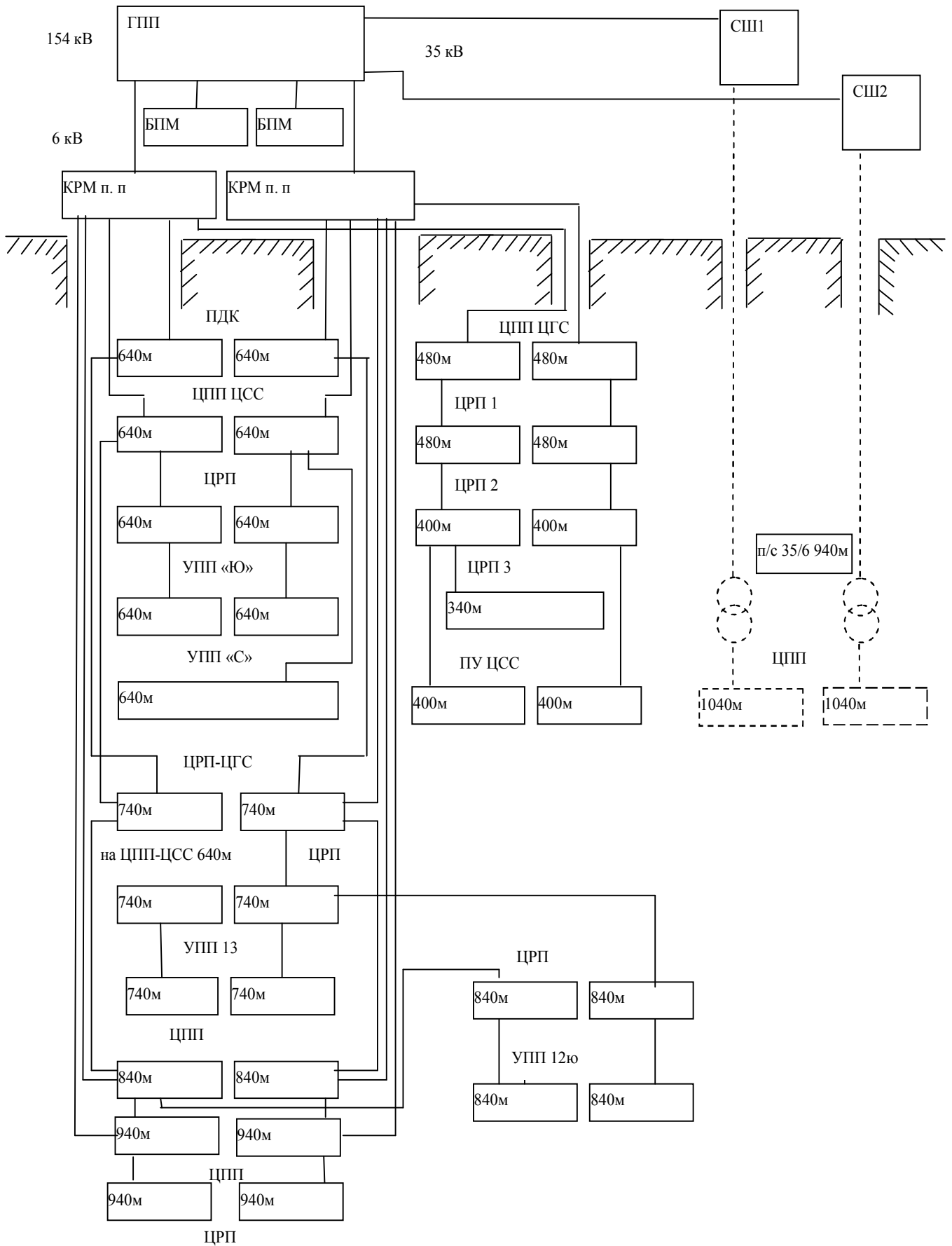


Рисунок 3.1 – Структура системи електропостачання глибоких горизонтів рудничної шахти

Принципову схему живлення підземних трансформаторів 35/6 кВ пропонується реалізувати за схемою блоку лінія – трансформатор (рисунок 3.2), що дозволить виключити необхідність встановлення на підземній підстанції як мінімум трьох (ввідних і секційних) розподільних установок напругою 35 кВ у рудничному виконанні.

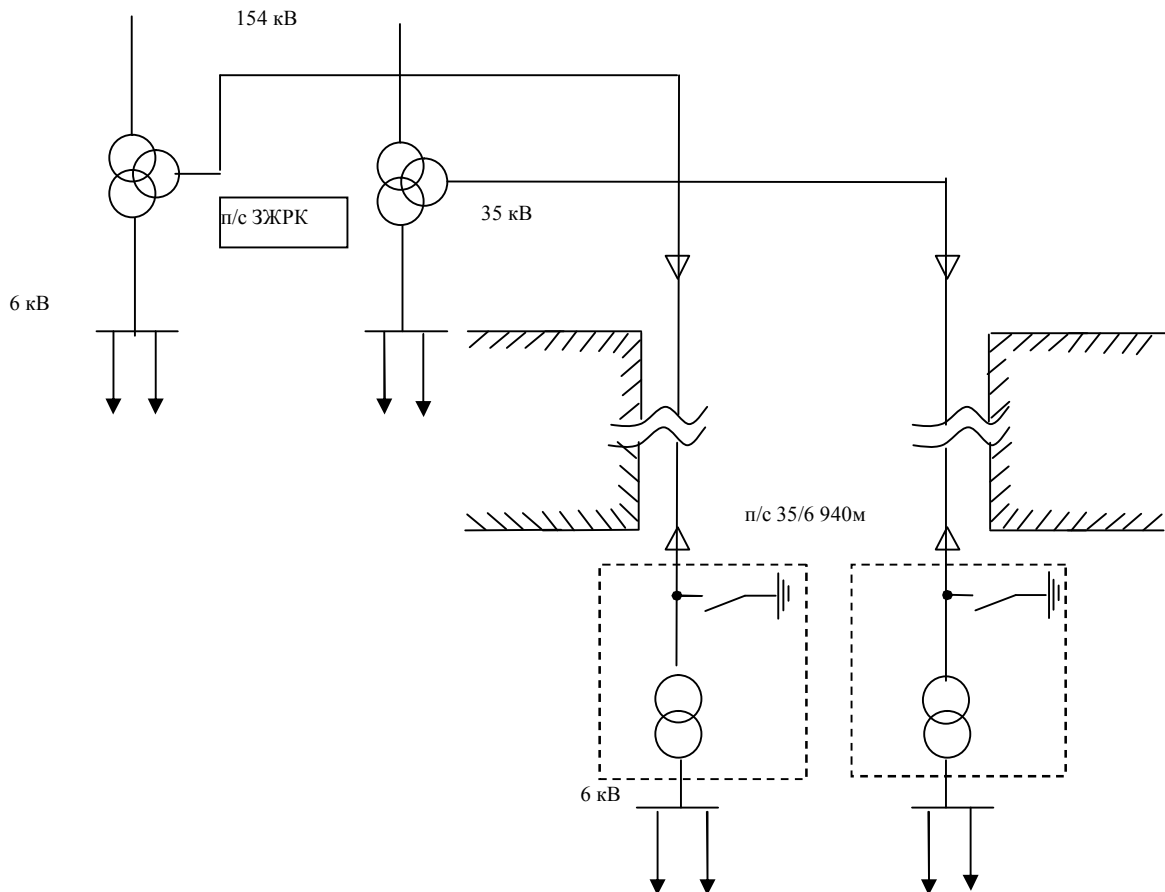


Рисунок 3.2 – Принципіальна схема живлення підземних трансформаторів 35/6 кВ за схемою блок лінія – трансформатор

Останнє буде сприяти як зниженню капітальних витрат, так і підвищенню надійності системи хоча б за рахунок зменшення елементів системи. Застосування сухих трансформаторів у виконанні IP54, що мають в комплекті заземлюючі ножі, дозволяє виконати одну з основних вимог галузевих Правил безпеки також без встановлення розподільної комірочки.

Одним з важливих питань забезпечення безпеки та експлуатаційної надійності системи електропостачання є обмеження (придушення) внутрішніх перенапруг.

Проблема ускладнюється тим, що шахтна мережа напругою 35 кВ гальванічно пов'язана з розгалуженою мережею 35 кВ поверхні, виконаної в основному у вигляді повітряних ЛЕП і працює з повністю ізольованим від землі режимом нейтралі.

До недоліків мереж з ізольованою нейтраллю можна віднести нестабільність напруги нейтралі, сприятливі умови для виникнення дугових замикань, ферорезонансні явища, підвищені напруги дотику і кроку при дугових замиканнях на землю, підвищені кратності внутрішніх перенапруг тощо. Зазначені явища призводять до появи багатомісних замикань на землю і до зниження рівня надійності та електробезпеки.

Природно, що для усунення помилкових спрацьовувань пристроїв захисту від замикань на землю, викликаних вказаними коливаннями, необхідно виключити або різко скоротити тривалість перехідних процесів. Одним з ефективних методів усунення коливання є зменшення добротності коливального контуру, що досягається зменшенням значення активного опору ізоляції мережі щодо землі, який ввімкнений паралельно реактивним опором ізоляції.

3.4 Оцінка технічної можливості реалізації в умовах рудникових шахт варіанта вводу напруги 35 кВ на глибокі горизонти

Для технічної реалізації схеми електропостачання зображеної на рисунку 3.1 потрібно виконати аналіз наступного обладнання: силові високовольтні кабелі, які не підтримують горіння, пожегобезпечні трансформатори, розподільні пристрої, з ступенем захисту не нижче IP 54 номінальною напругою 35 кВ.

Силові високовольтні кабелі

В даний час при розвитку електричних мереж рівень споживання електроенергії і щільність навантаження постійно підвищується, все більш широко використовуються силові кабелі високої напруги 6-500 кВ. Серед виконань кабельних ліній високої напруги 6-500 кВ все більшу поширеність набувають ЛЕП, виконані кабелями з ізоляцією із зшитого поліетилену.

У 60-х роках минулого століття з'явилося перше покоління кабелів з екструдованої ізоляцією, спочатку з ізоляцією з термопластичного поліетилену, потім – із

зшитого. Масове виробництво кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену на напругу до 110 кВ почалося в 70-х роках ХХ століття. В даний час створені, прокладені і знаходяться в експлуатації подібні кабелі на напругу до 500 кВ.

До основних переваг кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену відносяться:

- підвищена навантажувальна здатність, обумовлена більш високою допустимою температурою ізоляції в робочому режимі;
- висока термічна стабільність при протіканні струмів короткого замикання;
- мала вага і менший зовнішній діаметр, що полегшує прокладку кабелів, особливо на складних ділянках кабельних трас;
- менший допустимий радіус вигину кабелів;
- можливість прокладки на трасах з необмеженою різницею рівнів;
- проста технологія монтажу муфт та ремонту кабелю;
- великі будівельні довжини.

Висока робоча напруга жили кабелю призводить до необхідності використання металевих екранів. Їх основним призначенням є забезпечення рівномірності електричного поля, що впливає на головну ізоляцію кабелю (ізоляцію «жила-екран»), що досягається тільки у разі заземлення екрана.

Екрани кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену виконані з добре провідного матеріалу (з міді); їх заземлення більш ніж в одній точці веде, якщо не прийняті спеціальні заходи, до появи в екранах, як у нормальному симетричному режимі, так і при коротких замиканнях, значних струмів, порівнянних зі струмом жили кабелю.

Використання однофазних кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену в електричних мережах згідно [9] вимагає заземлення їх екранів з двох сторін. Однак це призводить до появи великих струмів в екранах кабелю, порівнянних зі струмом жили. Це призводить до погіршення теплового режиму та зменшення пропускної здатності ЛЕП.

Станом на 2007-2010 роки в Росії та Україні про проблеми, які спричиняє невірне заземлення екранів однофазних кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену, не мають уявлення ні більшість організацій, що проектують, ні, тим більше, експлуатація.

Тому необхідна розробка заходів щодо зменшення струмів в екранах одножильних кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену.

Конструкція кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену

Основними елементами конструкції кабелю з ізоляції із зшитого поліетилену є:

- мідна або алюмінієва струмопровідна жила з номінальним перетином від 35 до 1000 мм²;
- внутрішній напівпровідний шар, ізоляція і зовнішній напівпровідний шар, накладені одночасно методом потрійної екструзії;
- екран з номінальним перетином від 16 до 120 мм²;
- екструдована зовнішня оболонка з поліетилену високої густини або полівінілхлоридного (ПВХ) пластикату.

Конструкція одножильного кабелю з ізоляцією із зшитого поліетилену марки ПвЕгаП наведено на рисунку 3.3.

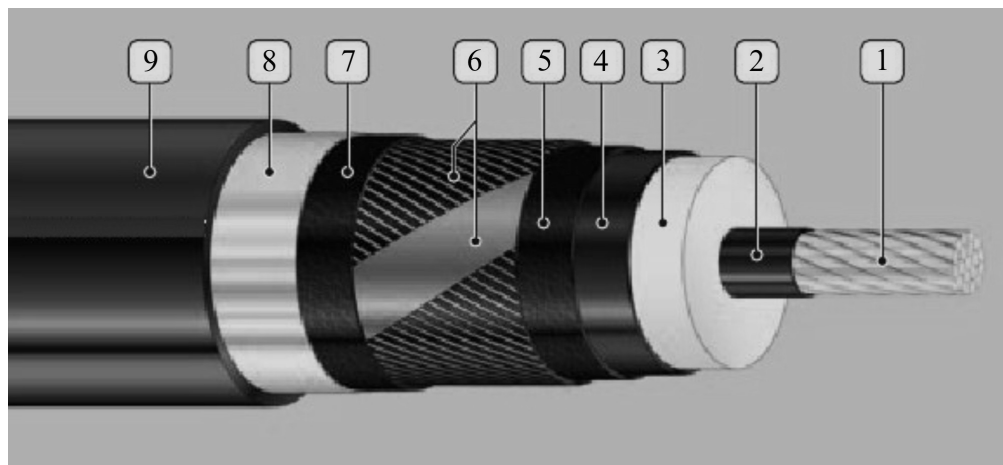


Рисунок 3.3 – Конструкція одножильного кабелю марки ПвЕгаП:

- 1 – струмопровідна жила; 2 – внутрішній екструдований напівпровідний шар, 3 – екструдована ізоляція із зшитого поліетилену, 4 – зовнішній екструдований напівпровідний шар, 5 – шар з напівпровідного полотна або водонабухаючої стрічки; 6 – мідний екран; 7 – пластмасова стрічка, 8 – алюмополімерна стрічка; 9 – зовнішня оболонка екструдована з поліетилену високої щільності

Галузь застосування та умови експлуатації кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену

Основні марки кабелів і відповідні їм області застосування наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Галузі застосування основних марок кабелів

Марка кабелю	Рекомендовані області застосування
АПвЕгП, ПвЕгП	Для прокладки в землі (траншеях) з високою корозійною активністю ґрунту, за умови захисту кабелю від механічних ушкоджень.
АПвЕгаП, ПвЕгаП	Для прокладки в землі, в сирих, частково затоплюваних приміщеннях, в несудноплавних водоймах при забезпеченні механічного захисту кабелів.
АПвЕВ, ПвЕВ	Для одиночної прокладки в приміщеннях, каналах і тунелях і для прокладки в сухих ґрунтах за умови захисту кабелю від механічних ушкоджень.
АПвЕБП, ПвЕБП, АПвЕАкП, ПвЕАкП	Для прокладки в землі (траншеях) з високою корозійною активністю ґрунту, в місцях, де можливий механічний вплив на кабель.
АПвЕКП, ПвЕКП	Те ж, у т.ч. значні розтягуючі зусилля.
АПвЕБВ, ПвЕБВ, АПвЕАкВ, ПвЕАкВ	Для одиночної прокладки в приміщеннях, каналах і тунелях, в сухих ґрунтах, в місцях, де можливий механічний вплив на кабель.
АПвЕКВ, ПвЕКВ	Те ж, у т.ч. значні розтягуючі зусилля.

Кабелі призначені для прокладки на трасах без обмеження різниці рівня. При прокладці кабелів у повітрі (на естакадах, галереях, відкритих лотках тощо) необхідно передбачити захист кабелів від сонячного випромінювання.

Кабелі, що мають у маркуванні «нг» або «нгд» призначені для групової прокладки в кабельних спорудах, приміщеннях (у тому числі в пожежонебезпечних); кабелі з маркуванням «нгд» – для прокладки на об'єктах, де поряд з вимогами до нерозповсюдження горіння пред'являються вимоги до зниженого димогазовиділення при горінні і тлінні: атомних станціях, електростанціях, метрополітенах, висотних будівлях, крупних промислових об'єктах та ін.

Кабелі з посиленою оболонкою з поліетилену призначені для прокладки на складних ділянках кабельних трас, що містять більше 4 поворотів під кутом понад 30° або прямолінійні ділянки з більш ніж 4 переходами в трубах довжиною понад

20 м або з більш ніж двома переходами в трубах довжиною понад 40 м, а також для прокладки у воді.

Тривало допустима температура нагріву жил кабелів при експлуатації – 90°C . Максимально допустима температура нагріву жил кабелів при короткому замиканні – 250°C . Тривалість короткого замикання не повинна перевищувати 5 с. Гранично допустима температура екрану при короткому замиканні 350°C . Допустима температура нагріву жил кабелів в режимі перевантаження не більше 130°C . Тривалість роботи кабелів в режимі перевантаження повинна бути не більше 8 годин на добу і не більше 1000 год. за термін служби.

Способи прокладання кабелів однофазних з ізоляцією із зшитого поліетилену

Найбільш поширеними є два варіанти прокладки кабелів:

- у ряд (рисунок 3.4, а);
- у вершин рівностороннього трикутника (рисунок 3.4, б).

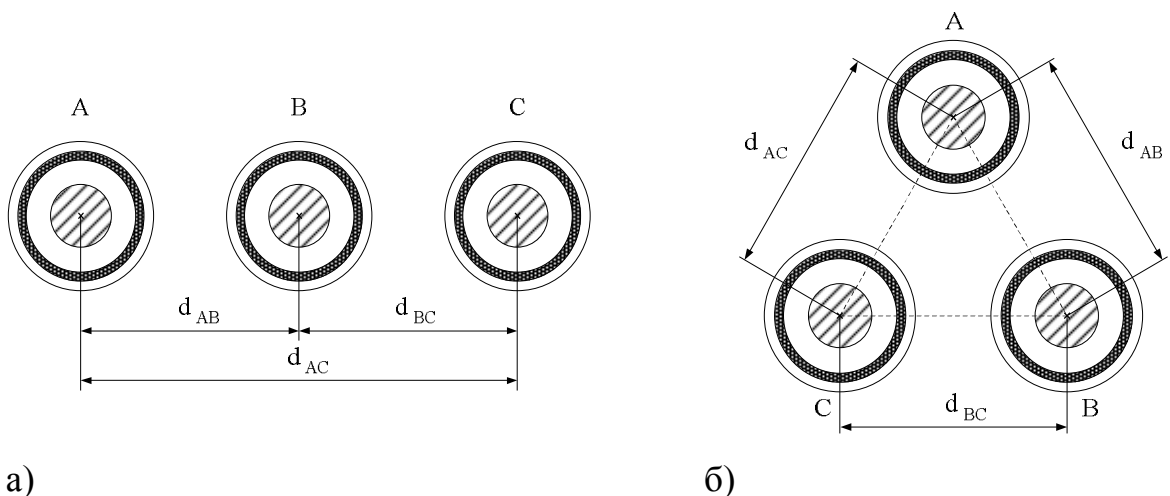


Рисунок 3.4 – Розташування фаз кабелів: а) у ряд («flat-formation»);
б) у вершин рівнобічного трикутника («trefoil-formation»)

Способи заземлення екранів однофазних кабелів трифазної кабельної групи

Згідно [9] кабелі з металевою оболонкою або бронею, а також кабельні конструкції, на яких прокладаються кабелі, повинні бути заземлені або занулені. Однак, це призводить до появи струмів в екранах кабелю, порівнянних зі струмом жили, що призводить до погіршення його теплового режиму.

Можливі такі способи заземлення екранів кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену.

Заземлення екрана кабелю з двох сторін кабельної лінії. При використанні даного способу заземлення, екрани кабелів з'єднуються і заземлюються на початку і в кінці кабельної лінії (рисунок 3.5).

Заземлення екрана кабелю з двох сторін кабельної лінії

При використанні даного способу заземлення, екрани кабелів з'єднуються і заземлюються на початку і в кінці кабельної лінії (рисунок 3.5).

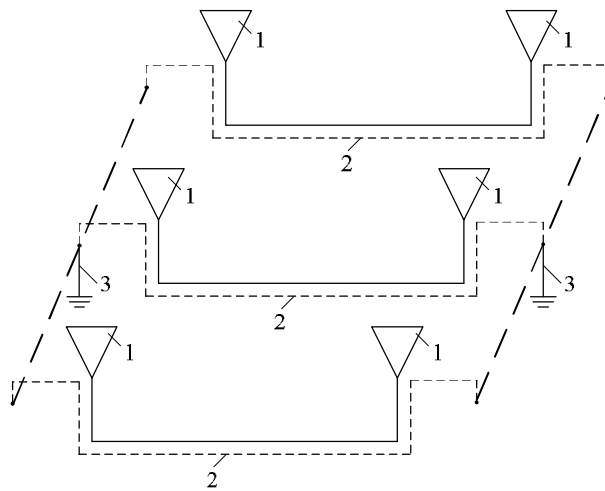


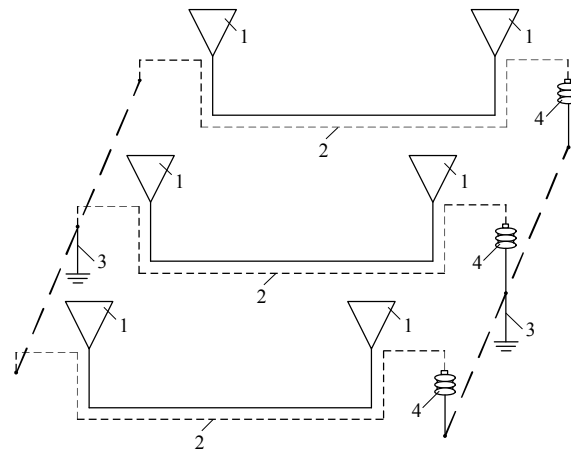
Рисунок 3.5 – Заземлення екранів кабельної групи з обох кінців:

- 1) кінцева муфта; 2) екран; 3) пристрій, що заземлює

Заземлення екрана кабелю на одному кінці кабельної лінії

Екрани з'єднуються і безпосередньо заземлюються тільки на одному кінці кабельної лінії. На другому кінці екрани з'єднуються із землею через обмежувач перенапруги (ОПН) (рисунок 3.6).

При такому способі заземлення на екранах з'являється наведена напруга, пропорційна струму, що протікає по кабелю, і довжині кабельної лінії. Втрати в екранах обумовлені вихровими струмами і їх величина менша, ніж при заземленні екрана з обох сторін, що дає можливість підвищити тривало допустимі струмові навантаження кабелів. Довжина кабельної лінії при такому способі заземлення обмежується припустимою величиною напруги на екрані.

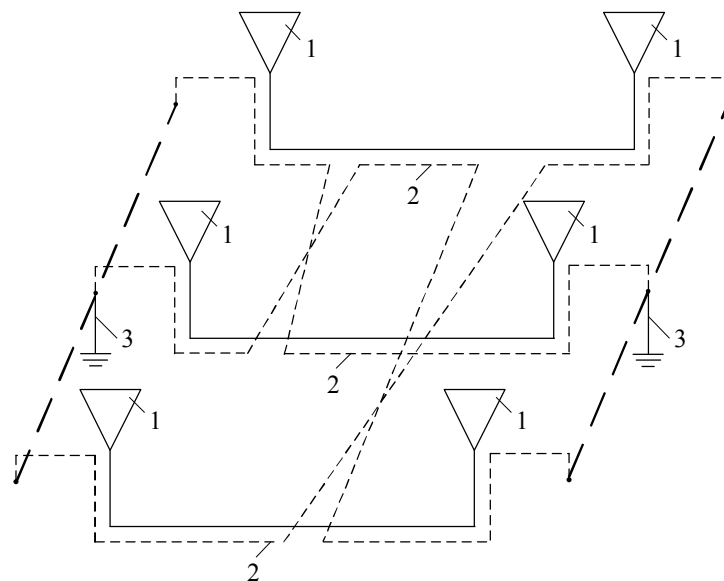


1 – кінцева муфта; 2 – екран; 3 – пристрій, що заземлює;
4 – нелінійний обмежувач перенапруг

Рисунок 3.6 – Заземлення екранів кабельної групи на одному кінці

Заземлення екрана кабелю із застосуванням N повних циклів транспозиції

При застосуванні цього способу заземлення екранів у вузлах транспозиції встановлюються спеціальні транспозиційні коробки, що забезпечують зміну взаємного розташування екранів окремих фаз кабельної групи по всій довжині кабельної лінії (рисунок 3.7). В цьому випадку максимальна напруга наводиться у з'єднувальних коробках, втрати в екрані обумовлені тільки вихровими струмами.



1 – кінцева муфта; 2 – екран; 3 – пристрій, що заземлює

Рисунок 3.7 – Застосування повного циклу транспозиції екранів:

Струморозподілення у кабельній лінії з ізоляцією із зшитого поліетилену

Розглянемо нормальний режим роботи трифазної групи кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену при заземленні екранів на початку і в кінці ділянки ЛЕП (рисунки 3.8).

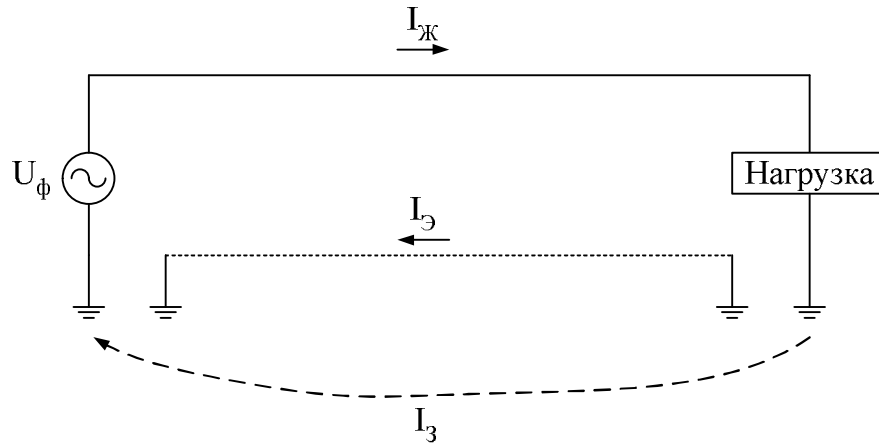


Рисунок 3.8 – Розподілення струмів в одному із кабелів трифазної групи

У нормальному режимі струм, що проходить у лінії – $I_{жс}$, буде повертатися назад у джерело двома способами:

- по землі – струм $I_{з}$;
- по екрану – струм $I_{э}$.

Перший закон Кірхгофа для даного випадку запишеться:

$$\dot{I}_e + \dot{I}_z = \dot{I}_{жс} . \quad (3.1)$$

У зв'язку з тим, що опір екранів однофазних кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену на порядок менше опору заземлення, струм, що проходить по землі, буде незначним, тобто буде виконуватися умова:

$$\dot{I}_e \approx -\dot{I}_{жс} . \quad (3.2)$$

Але разом з цим на струм і напругу в екрані кожної фази буде впливати не тільки струм жили цієї фази, але і струми жил і екранів сусідніх фаз. Падіння напруги на екрані набуде вигляду:

$$\Delta \dot{U}_{EA} = \dot{I}_{EA} \cdot Z_E + \dot{I}_{ЖА} \cdot Z_{Ж-E} + \dot{I}_{ЖВ} \cdot Z_K + \dot{I}_{ЖС} \cdot Z_K, \quad (3.3)$$

де $\Delta \dot{U}_{EA}$ – падіння напруги на екрані кабелю фази «А», В; \dot{I}_{EA} – струм, що протікає у екрані кабелю фази «А», А; Z_E – повний опір екрану кабелю, Ом; $\dot{I}_{ЖА}, \dot{I}_{ЖВ}, \dot{I}_{ЖС}$ – струми, що протікають у фазах трифазної кабельної групи, А; $Z_{Ж-E}$ – повний взаємний опір «жила–екран» кабелю, Ом; Z_K – повний опір, що наводиться на екран сусідніми кабелями, Ом;

З рівняння (3.3) слід, що $\Delta \dot{U}_{EA} = 0$ за умов:

$$Z_{Ж-E} = Z_K. \quad (3.4)$$

Це можливо лише при однаковій відстані між жилами і розглядаємим екраном, що виключено з-за наявності зовнішньої ізоляції кабелю. Іншими словами, дії струмів фаз не можуть повністю бути скомпенсовані в екрані через різну відстань до нього. Тому істотні струми і напруги в екранах притаманні всім типовим трифазним групам однофазних кабелів напругою 35 кВ. Небезпечних струмів і напруг в екранах не було б у тому випадку, якщо замість трифазної групи однофазних кабелів застосовувався б трифазний кабель, що має три жили в одній загальній оболонці. Зовнішній вигляд кабелю такої конструкції приведено на рисунку 3.9.

Промисловими підприємствами на сьогодні налагоджено виробництво силових кабелів класу напруг 6 – 35 кВ у трифазному виконанні. Всі кабелі по конструкції, технічним характеристикам і експлуатаційним властивостям відповідають міжнародному стандарту МЕК 60502-2, а також сертифіковані в системах сертифікації ГОСТ і в галузі пожежної безпеки.

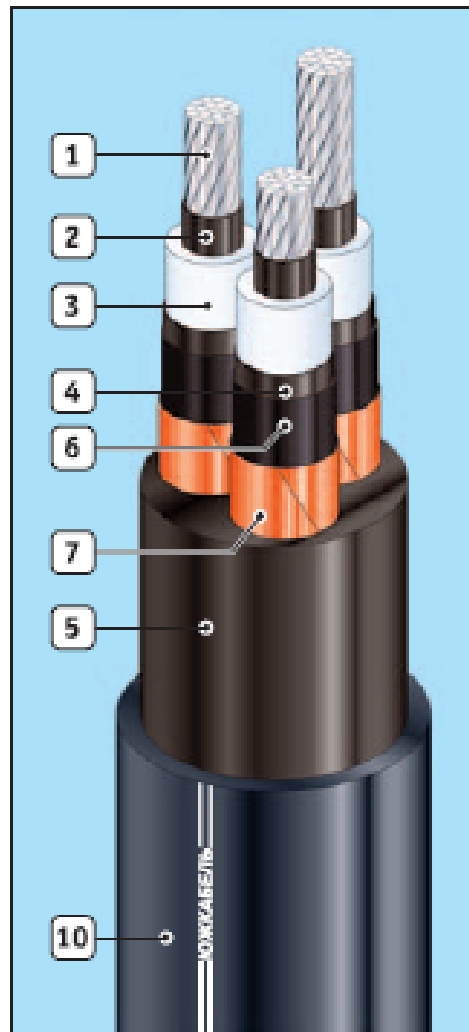


Рисунок 3.9 – Конструкція трижильного кабелю напругою 35 кВ:

- 1 – багатодротова, ущільнена струмопровідна жила, алюмінієва або мідна; 2 – внутрішній екструдований напівпровідний шар; 3 – ізоляція із зшитого поліетилену;
 4 – зовнішній екструдований напівпровідний шар;
 5 – екструдоване заповнення (для трижильних кабелів);
 6 – шар обмотки водонабухаючої стрічки; 7 – мідний екран;
 10 – зовнішня оболонка з поліетилену (посилена для кабелів з маркуванням «у»)

Струми короткого замикання: для всіх видів кабелю і перерізів струм короткого замикання обчислюється виходячи з нижченаведених умов:

температура жили

до короткого замикання – 90°C

після короткого замикання – 250°C

температура екрану

до короткого замикання – 70°C

після короткого замикання – 350°C

При прокладці кабелю з ізоляцією із зшитого поліетилену радіус вигину не повинен бути менше $15xD$, де D – зовнішній діаметр кабелю. При монтажі з використанням спеціального шаблону допускається мінімальний радіус вигину $7,5xD$.

Сухі трансформатори

Сухі трансформатори з обмотками, заповненими під вакуумом епоксидним компаундом IP 21 до IP33

Трансформатори сухі RESIBLOC: трансформатори сухі RESIBLOC мають виняткову механічну міцність, стійкість до механічних і термічних дій, до зусиль, що виникають при короткому замиканні. Обмотки трансформатора являють собою монолітні блоки, герметизовані епоксидною смолою. Завод-виробник трансформаторів сертифікований за системою якості ISO9001 та ISO14001 [18].

Загальні технічні дані трансформаторів RESIBLOC:

- потужність: до 40 МВА;
- первинна напруга: до 41,5 кВ;
- вторинна напруга: до 36 кВ;
- базовий імпульсний рівень: відповідно до стандартів;
- матеріал обмотки ВН: мідь;
- матеріал обмотки НН: алюміній;
- клас нагрівостійкості ізоляції обмотки ВН/НН: F/F;
- заводська табличка;
- прибор для контролю температури;
- затискачі для заземлення;
- рама з поворотними роликами для переміщення трансформатора як у поздовжньому так і в поперечному напрямку або санчата;
- вушка для підйому активної частини;
- трансформатор із заданими замовником габаритними розмірами;
- виконання оболонок IP23, IP33, IP54 внутрішньої або зовнішньої установки, з гальванічно покритої або забарвленої оболонкою (за замовленням можливі інші виконання);

- вентилятори примусового охолодження, включаючи прилади контролю (збільшення потужності на 40%);
- болти заземлення (1 комплект – 3 шт.).

Клас захисту IP 54 надає захист проти випадкового дотику, скупчень небезпечних забруднень. Захисні кожухи IP 54 для трансформаторів потужністю до 1000 кВА поставляються з природним повітряним охолодженням. Для більш потужних трансформаторів може бути запропоновано як повітряне, так і повітряно-водяне охолодження (AFWF) (рисунки 3.10, 3.11).

RESIBLOC® спеціальні конструкції для нестандартного застосування

Хоча стандартні моделі трансформаторів RESIBLOC® задовольняють вимогам більшості споживачів, особливі умови експлуатації або розміщення можуть потребувати спеціально розроблених конструкцій. Гнучкість технічних рішень, застосованих у трансформаторах RESIBLOC, дозволяє виготовити відповідну конструкцію практично під будь-яке замовлення. В даний час трансформатори різної конструкції, такі як: однофазні, триобмоткові, трансформатори із спеціальними вводами. Регулярно поставляються замовникам у різні країни світу. Трансформатори RESIBLOC можуть комплектуватися додатковим устаткуванням, наприклад: заземлювальними вимикачами, вимикачами навантаження, запобіжниками тощо.

Трансформатори RESIBLOC виробляються для нестандартного застосування в наступних спеціальних виконаннях:

- однофазні;
- триобмоткові з подвійною вторинною обмоткою;
- з подвійною обмоткою високої напруги;
- трансформатори збудження;
- автотрансформатори;
- тягові трансформатори;
- з пристроями РПН;
- для залізничного транспорту;
- морські: тягові підстанції й розподільні;
- для атомних станцій;

- для вітряних станцій;
- для *гірничої промисловості*



Рисунок 3.10 – Трансформатор з повітряно-водним охолодженням IP 54 виконаний для потреб гірничої промисловості



Рисунок 3.11 – Трансформатор з кожухом IP 54

Італійські сухі трансформатори з литою ізоляцією SEA серії TTR

Трансформатори SEA серії TTR розроблені для задоволення будь-яких потреб наших замовників і застосовуються як в повсякденному електропостачанні, так і в електропостачанні відповідальних вузлів великих промислових підприємств. Напряга первинної обмотки 36 кВ.

Стандартні рішення передбачають поставку трансформаторів з класом захисту IP00.

За бажанням замовника трансформатор може бути поставлений в комплекті із захисним кожухом, виконаним з попередньо узгодженим класом захисту. В такому випадку машина буде надійно захищена від стороннього і небажаного доступу. Тим не менш, розміри захисного кожуха не повинні обмежувати якісний відвід тепла при роботі машини, а відстані до струмоведучих частин повинні бути дотримані.

Трансформатори SEA відповідають вимогам наступних нормативів: IEC 60076-11, CENELEC HD 464 – HD 538.

За бажанням замовника забезпечується відповідність іншим міжнародним стандартам або специфічними вимогами замовника. Наш проектувальний і виробничий потенціал дає можливість задовольнити найрізноманітніші потреби клієнтів.

Сухі трансформатори компанії GBE (Італія)

Італійська компанія GBE виробляє сухі трансформатори з ізоляцією з литої смоли призначені для розподільчих мереж потужністю від декількох кВА до 16000 кВА і розраховані на всі номінали в класі середньої напруги, зокрема 12, 24 і 36 кВ.

Завдяки застосуванню передових інноваційних технологій в області трансформаторобудування сухі трансформатори фірми GBE з ізоляцією з литої смоли мають високий рівень надійності. Їх можна використовувати в умовах високої вологості та забрудненості, і при цьому не виникає проблем, пов'язаних з пожежною небезпекою і з викидом токсичних і отруйних речовин. Оскільки при виготовленні трансформаторів використовуються виключно вогнезахисті діелектрики, що само загашуються [19].

КРУ 35 кВ1. КРУЕ 35 кВ серії FLUSARC. Призначення і область застосування

Комплектний розподільчий пристрій в елегазовій ізоляції (моноблок) серії «FLUSARC» («ФЛУСАРК») призначено для прийому і розподілу електричної енергії трифазного змінного струму з номінальною напругою 36 кВ. «FLUSARC» виконує функції приєднання до 5 ліній і живлення та захисту одного або двох розподіль-

чих трансформаторів потужністю до 3000 кВА за допомогою комбінації вимикача навантаження з плавкими запобіжниками (FLUSARC-F) або силового вакуумного вимикача з релейним захистом (FLUSARC-CB) [20].

Комутаційні апарати і система шин розміщені в герметичному корпусі, заповненому елегазом з надлишковим тиском 0,3 бар і «запаяному» на весь термін служби.

Переваги такої конструкції наведені нижче:

1. Максимальна безпека персоналу

- заземлення всієї конструкції моноблока;
- повна ізоляція від елементів, що знаходяться під напругою, розташованих в металевому корпусі з нержавіючої сталі;
- безпечний доступ до запобіжників із заземленням з обох сторін;
- стійкість до внутрішньої дузі;
- видиме положення головних контактів;
- механічні блокування, що виключають помилкові дії персоналу;
- застосування елегазу запобігає поширенню вогню;
- спеціальний клапан на основі корпусу викидає газ у разі критичного підвищення тиску;
- підвищений термін служби;
- низький тиск газу і надійна система герметизації забезпечує термін служби 30 років без необхідності додаткового закачування елегазу;
- показчики наявності напруги для кожного приєднання.

2. Стійкість до впливу навколишнього середовища

- моноблок не піддається впливу навколишнього середовища і може бути встановлений в місцях з підвищеним забрудненням або в морському кліматі без погіршення характеристик обладнання;
- можливість роботи під водою;
- можливість як внутрішньої, так і зовнішньої установки.

3. Легкість монтажу та обслуговування

- повна заводська готовність і при отриманні достатньо тільки установити і підключити кабелі;
- простота кріплення до підлоги за допомогою чотирьох болтів;
- виконання всіх операцій з лицьової панелі за допомогою простих і функціональних пристроїв;
- механічні індикатори положення комутаційних апаратів;
- можливість випробування кабелів без необхідності від'єднання їх від моноблока;
- не потрібно обслуговування протягом всього терміну служби.

4. Економія

- менша вартість у порівнянні з аналогами;
- малі габарити, можливість установки моноблоків до кіосків, підвалів, морських контейнерів і т.д.;
- малі витрати на перевезення.

5. Універсальність

- великий вибір компонувань;
- стандартизація конструкцій та елементів;
- виконання з можливістю подальшого розширення.

6. Висока якість

- відповідність міжнародним нормам і стандартам ГОСТ;
- сертифікати якості ISO 9001:2000 та ISO 14001.

Опис конструкції та функцій. «FLUSARC» являє собою малогабаритний розподільчий пристрій, що складається з одного до п'яти функціональних блоків.

Конструкція. Зовнішній корпус виконаний з нержавіючої листової сталі (AISI 304) товщиною 30/10 мм. Передні панелі приводних механізмів і подіуму (опорної рами) виконані з вуглецевої сталі (P11) і покриті порошковим забарвленням. Кабельні вводи та ізоляційні кріплення плавких запобіжників виконані з епоксидної гуми, що містить кварц. Приводні механізми працюють за принципом пружин, що «перекидаються» через нульове положення, тобто швидкість включення / відключення

чення вимикачів навантаження не залежить від дій персоналу. Блокування на приводних механізмах та блокування між заземлювачами і дверцятами відсіку плавких запобіжників здійснюються вручну (рисунок 3.12).

Кабельні кріплення, закріплені на подіумі, виконані з армованого склом нейлону і служать для кріплення кабелів перетином від 25 до 240 мм². Заземлення броні кабелю виконується за допомогою болтів. Передбачені висновки для підключення зовнішнього контуру заземлення. На основі корпусу вмонтовано запобіжний клапан, що служить для викиду елегазу в разі критичного підвищення тиску.

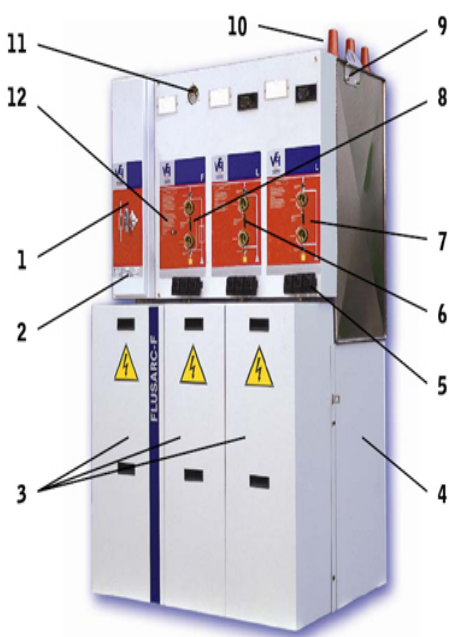


Рисунок 3.12 – Основні елементи FLUSARC-F: 1 – двері відсіку плавких запобіжників; 2 – заводська табличка з параметрами; 3 – кришка відсіку кабельних приєднань; 4 – сталевий подіум; 5 – індикатор наявності напруги на кабелі; 6 – блокування «Заземлювач – вимикач навантаження»; 7 – блокування «Заземлювач – Вимикач навантаження»; 8 – блокування заземлювача функції F; 9 – підйомний гак; 10 – прохідні ізолятори; 11 – манометр

При виконанні моноблоків з можливістю розширення на верхній стінці корпусу монтуються прохідні ізолятори. На передній стінці корпусу при необхідності встановлюється манометр для контролю тиску елегазу. Встановлено додатковий клапан, який при необхідності може бути використаний для закачування газу всередину корпусу навіть за наявності напруги. На стінці корпусу і передньої панелі моноблока на вимогу можуть бути вмонтовані оглядові віконця для візуального контролю положення контактів. На передній панелі приведена однолінійна схема розподільчого пристрою з індикаторами положення основних контактів і стану апаратури (пружин, запобіжників). Блокування на приводних механізмах та блокування між заземлювачами і дверцятами відсіку плавких запобіжників здійснюються вручну.

Кабельні кріплення, закріплені на подіумі, виконані з армованого склом нейлону і служать для кріплення кабелів перетином від 25 до 240 мм². Заземлення броні кабелю виконується за допомогою болтів. Передбачені виводи для підключення зовнішнього контуру заземлення. На основі корпусу вмонтовано запобіжний клапан, що застосовується для викиду елегазу в разі критичного підвищення тиску.

При виконанні моноблоків з можливістю розширення на верхній стінці корпусу монтуються прохідні ізолятори. На передній стінці корпусу при необхідності встановлюється манометр для контролю тиску елегазу. Встановлено додатковий клапан, який при необхідності може бути використаний для закачування газу всередину корпусу навіть за наявності напруги. На стінці корпусу і передньої панелі моноблока за запитом можуть бути вмонтовані оглядові віконця для візуального контролю положення контактів. На передній панелі приведена однолінійна схема розподільного пристрою з індикаторами положення основних контактів і стану апаратури (пружин, запобіжників).

Комплектуючі для вакуумного вимикача FLUSARC СВ можуть бути встановлені в будь-який час (навіть після монтажу моноблока на об'єкті) на раму, розташовану в передній частині. Для зовнішньої установки «FLUSARC» на лицьову панель монтується кожух і встановлюються ущільнення відсіку кабельних приєднань (ступінь захисту всього моноблока збільшується до IP54).

Вимикач навантаження. Вимикач складається з трьох полюсів, закріплених на сталевій рамі і з'єднаних із загальним валом, пов'язаних з приводним механізмом. Кожен полюс складається з верхньої і нижньої частин, виконаних з епоксидної резини. Верхня частина включає в себе нерухомі контакти і шинні з'єднання. Нижня частина включає рухомі контакти і поршень з системою гасіння дуги (на основі принципу автодугтя). Приводний механізм може виконуватися ручним або моторизованим. При ручному механізмі управління виконується тільки за допомогою рукоятки. При моторизованому управлінні може здійснюватися як вручну, так і дистанційно (рисунок 3.13).

Блокування. Приводні механізми обладнані механічними блокуваннями, що запобігають помилковій дії персоналу – включення заземлювача при включеному вимикачі і, навпаки, включенні вимикачі при замкнутому заземлювачі.

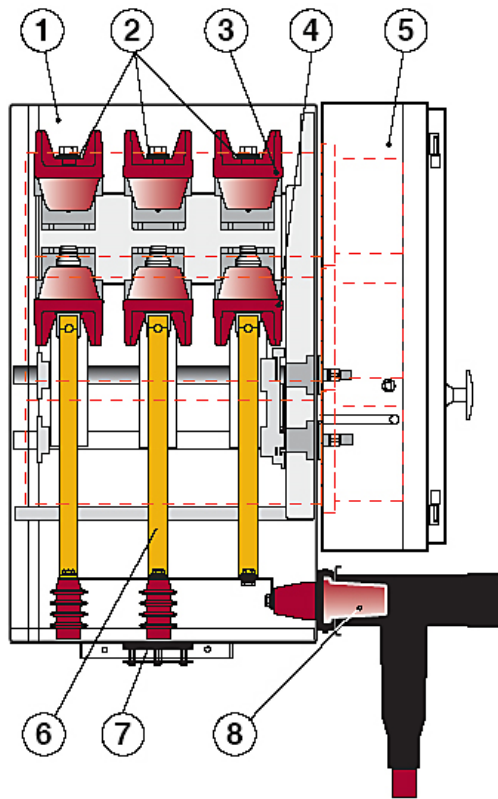


Рисунок 3.13 – Вимикач навантаження: 1 – елегаз, 2 – мідні шини, 3 – верхній ізолятор, 4 – нижній ізолятор, 5 – відсік плавких запобіжників, 6 – мідні шини приєднання, 7 – запобіжний клапан; 8 – ввід для кабельного приєднання

Доступ до запобіжників можливий тільки після відкриття дверцят відсіку при відключеному вимикачі і замкнутих заземлювачах. Включення вимикача неможливо при наявності хоча б одного згорілого запобіжника. Роз'єднувач для функції СВ може бути включений або відключений тільки при відключеному вакуумному вимикачі. На передній панелі встановлені індикатори наявності напруги на кабелі для кожного приєднання. Цей пристрій являє собою покажчик з трьох неонових ламп, підключених до ємнісного подільника напруги, вбудованих в прохідні ізолятори. Крім індикації напруги можна зробити фазування кабелів, що знаходяться під напругою, за допомогою переносного низьковольтного приладу. Дана операція виключає роботу з високою напругою і забезпечує максимальний захист персоналу. За запитом встановлюються ключові блокування на вимикач навантаження і заземлювач, що дозволяють задати певну послідовність дій по роботі з кількома розподільними пристроями.

Кабельні приєднання. Кабельні приєднання виконані в передній частині, що забезпечує зручне обслуговування.

Сітка схем головних кіл і загальні габаритні розміри

Сітка схем головних кіл і загальні габаритні розміри

Усі розміри вказано в мм (рисунок 3.14).

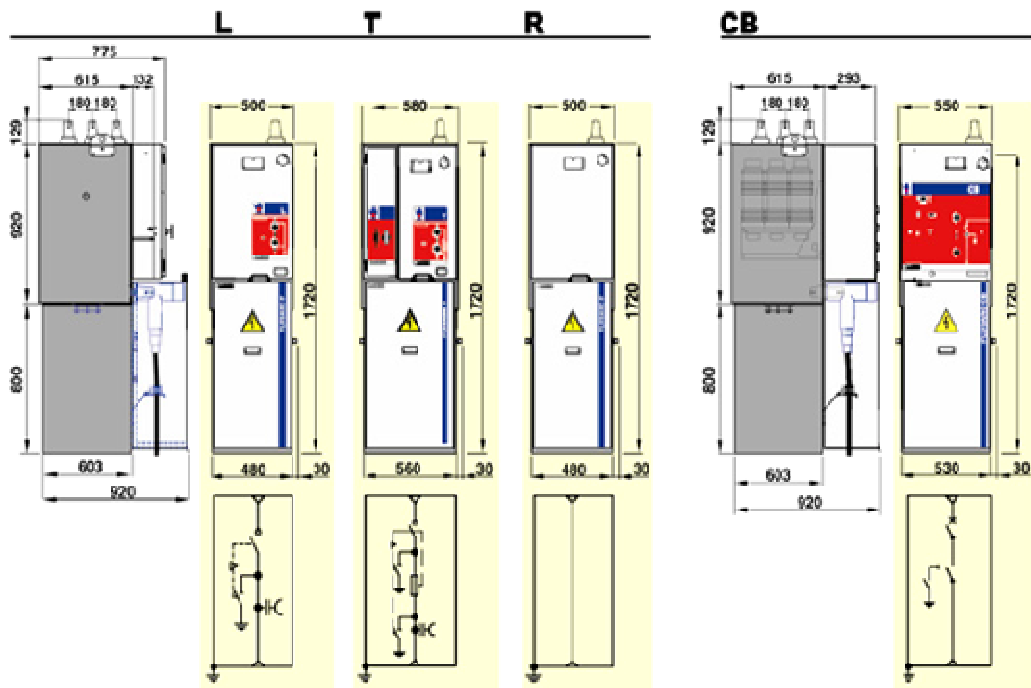


Рисунок 3.14 – Габаритні розміри розподільної установки напругою 35 кВ

Технічні характеристики відповідних розподільчих установок наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні параметри КРУЕ-35

Найменування параметру	Значення
1 Номінальна напруга, кВ:	35
2 Номінальний струм головних з'єднань, А	630; 1000; 1600
3 Частота, Гц	50
4 Номінальний струм відключення вимикача, кА	20
4 Струм термічної стійкості протягом 3 с, кА	20
5 Номінальний струм електродинамічної стійкості головних з'єднань, кА	51
6 Номінальна напруга допоміжних кіл, В	≈380/220
7 Розрахункове тяжіння від спусків ВЛ-10 кВ, кН	100
8 Оперативне обслуговування	централізоване

З огляду наведеного вище огляду характеристик обладнання, можна зробити висновок, що застосування розподільної установки в умовах гірничих підприємств досить складне завдання (використання елегазу у якості ізоляції, необхідний ступінь захисту для рудничних підприємств тощо). Тому більш доцільно застосування принципової схеми живлення підземних трансформаторів 35/6 кВ за схемою «блок лінія – трансформатор», що дозволить виключити необхідність встановлення на підземній підстанції як мінімум трьох (ввідних і секційних) розподільних установок напругою 35 кВ у рудничному виконанні. У якості трансформаторів потрібно застосовувати трансформатори, виготовлені для потреб гірничої промисловості, які мають необхідний ступінь захисту від навколишнього середовища та захисні пристрої для відповідної безпеки обслуговування.

3.5 Автоматичний і селективний контроль параметрів ізоляції в розподільних мережах напругою вище 1000 В

У процесі експлуатації систем електропостачання з ряду причин і в першу чергу з метою прогнозування рівня електробезпеки і надійності електричних мереж і установок необхідно знати стан їх ізоляції. Надійність і безпеку роботи систем електропостачання багато в чому залежить від значень активного і реактивного опорів ізоляції електричної мережі відносно землі. У мережах з компенсацією ємнісних струмів замикання на землю на зазначені характеристики систем електропостачання істотно впливає режим налаштування пристрою, що компенсує [21, 22]. Для отримання більш достовірної інформації про стан ізоляції фаз мережі відносно землі і непрямой оцінки експлуатаційних характеристик систем електропостачання необхідно проводити бажано безперервний моніторинг параметрів ізоляції та режиму настройки дугогасних реакторів під робочою напругою. Це дозволить в упереджувальному режимі відслідковувати появу небезпечних станів системи і, за наявної технічної можливості, вводити випереджаючі керуючі команди, що дозволяють мінімізувати можливі збитки.

Відповідно до діючих галузевих нормативних матеріалів у вугільних шахтах всі кабельні лінії напругою вище 1000 В, прокладені в підземних виробках, в ство-

лах та свердловинах, повинні обладнуватися захистом від витоків і замикань на землю миттєвої дії (без витримки часу). Зазначений захист у свою чергу повинен забезпечувати відключення лінії при появі однофазного витоку, відповідного зниження активного опору ізоляції однієї фази відносно землі в мережі напругою 6 кВ до значення не менше 116 кОм, а також при рівномірному зниженні опору ізоляції відносно землі трьох фаз нижче трикратного значення опору однофазного витоку. Крім того, захист від витоків повинен здійснювати попередній контроль стану ізоляції із заборону на включення пошкодженої ділянки при зниженні опору ізоляції нижче заданого рівня [13].

Слід зазначити, що вказані вельми жорсткі вимоги галузевих Правил до теперішнього часу не реалізовані за рядом причин, основною з яких слід вважати відсутність високочутливих методів захисту від витоків (контролю ізоляції) при одночасному забезпеченні селективності (вибірковості) дії. З усіх існуючих нині принципів виконання пристроїв захисту від замикань і витоків на землю можна відзначити тільки один, який може забезпечити виконання галузевих вимог (крім селективності) – принцип контролю опору ізоляції накладенням на мережу постійного оперативного струму [23, 24].

За цим принципом у 70-х роках минулого століття в МакНДІ був розроблений апарат загальномережного захисту від витоків АЗО-6 для мереж напругою 6 кВ. Однак апарат мав обмеження за параметрами контрольованої мережі і не набув поширення в основному через неселективність дії і неможливості застосування його з цієї причини в розподільних мережах.

Для цілей автоматичного і селективного контролю параметрів ізоляції (активного, реактивного і при необхідності повного опорів щодо землі) в розподільних мережах пропонується використовувати метод безперервного вимірювання значень складових опору ізоляції мережі відносно землі під робочою напругою, заснований на використанні накладених на мережу оперативних струмів непромислової частоти (рисунок 3.15).

Суть запропонованого методу безперервного та оперативного контролю параметрів ізоляції відносно землі електричної мережі та її елементів полягає в тому, що

на електричну мережу одночасно накладаються два оперативні синусоїдальних сигнали (джерела ИОС-1 і ИОС-2), частоти яких не рівні між собою і відрізняються від промислової.

На контрольованих ділянках (лінії або приєднання), а також в місці підключення оперативного джерела встановлюються пристрої, призначенням яких є зняття параметрів оперативних сигналів і їх відповідна обробка з метою визначення в за-

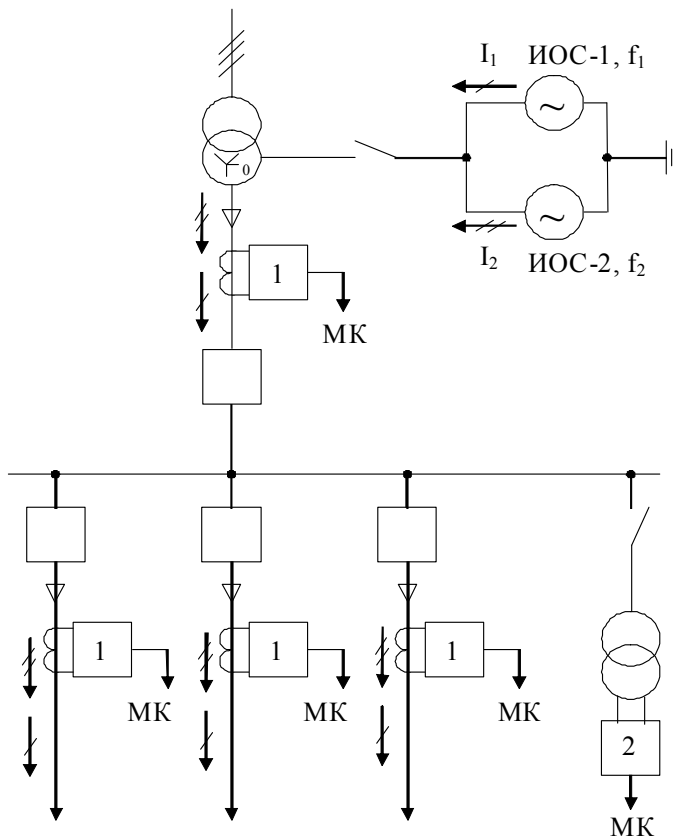


Рисунок 3.15 – Схема, що пояснює метод безперервного контролю параметрів ізоляції розподільної мережі:

1 – пристрій виділення та обробки оперативних струмів; 2 – пристрій виділення та обробки оперативних напруг

значених точках значень оперативних струмів і напруг. Зафіксовані (із заданою шпаруватістю сканування) параметри оперативних сигналів в цифровому вигляді подаються на входи мікроконтролера МК, де використовуються для обчислення та передачі за заданою адресою безперервно (регулярно) поновлюваних значень параметрів ізоляції.

Для оперативних накладених на мережу сигналів рекомендується використовувати частоти 100 і 200 Гц. Цей вибір обумовлений практично повною відсутністю в системах електропостачання парних гармонік, що різко знижує похибку вимірювання від впливу перешкод, і відносно малим впливом ємності приєднань і мережі в цілому на завантаження оперативного джерела [25].

У загальному випадку відповідно до рисунку 3.16 значення оперативного синусоїдального струму, що накладається на розподільну мережу визначається значеннями напруги оперативного джерела U і провідністю відносно землі всієї розподільної мережі (або, при необхідності, контрольованої ділянки):

$$\underline{I} = \underline{U}\underline{Y}, \quad (3.5)$$

де $\underline{Y} = \frac{I}{R} + j\omega_{on}C$, або $\underline{Y} = \frac{I + j\omega_{on}CR}{R}$ комплексну провідність ізоляції мережі або ділянки для оперативної частоти ω_{on} ; R і C – відповідно значення активного опору та ємності щодо землі ізоляції трьох фаз контрольованої ділянки або мережі, при цьому

$$\frac{I}{R} = \frac{I}{R_A} + \frac{I}{R_B} + \frac{I}{R_C}, \quad \text{і} \quad C = C_A + C_B + C_C.$$

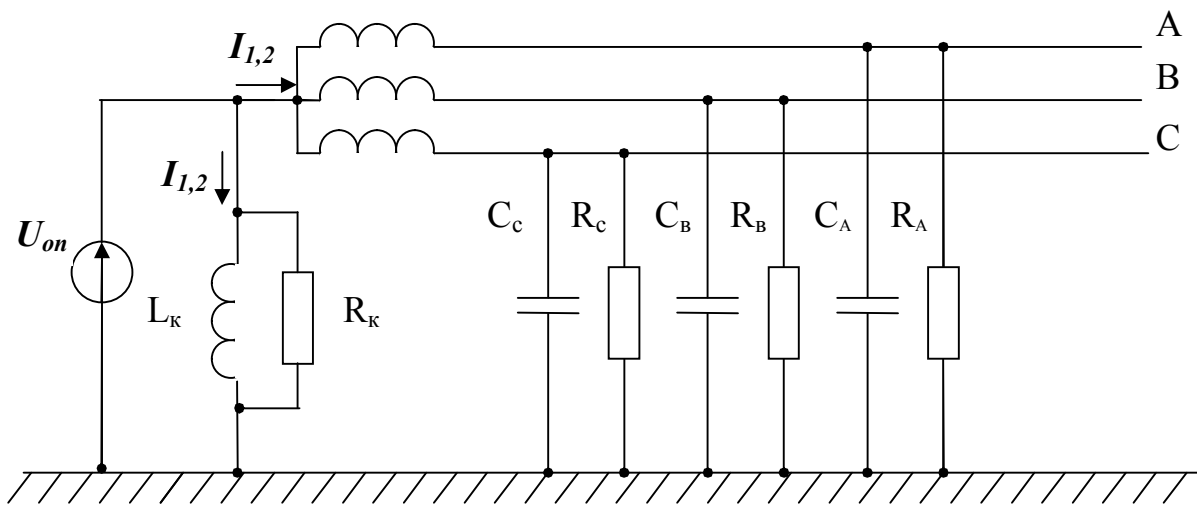


Рисунок 3.16 – Схема заміщення розподільної мережі з компенсованою нейтраллю

Комплексний опір оперативного струму визначається виразом:

$$\underline{z} = \frac{I}{\underline{Y}} = \frac{R}{I + j\omega_{on}CR} = \frac{R(1 - j\omega_{on}CR)}{I + \omega_{on}^2 C^2 R^2}, \quad (3.6)$$

а струм через приведений опір буде дорівнювати

$$\underline{I} = \frac{U}{R}(1 + j\omega_{on}CR), \quad (3.7)$$

або його діюче значення:

$$I = \frac{U}{R} \sqrt{1 + \omega_{on}^2 C^2 R^2}. \quad (3.8)$$

Якщо на електричну мережу накладаються одночасно два оперативних сигнали з різними частотами (рисунок 3.17), то тоді від кожного оперативного джерела будемо мати струми:

$$I_1 = \frac{U_1 \sqrt{1 + \omega_1^2 C^2 R^2}}{R}, \quad I_2 = \frac{U_2 \sqrt{1 + \omega_2^2 C^2 R^2}}{R}, \quad (3.9)$$

де I_1 , U_1 , ω_1 – струм, напруга і частота першого оперативного джерела; I_2 , U_2 , ω_2 – струм, напруга і частота від другого оперативного джерела.

Вирішивши рівняння (3.9) відносно R отримаємо:

$$R = \sqrt{\frac{U_1^2}{I_1^2 - U_1^2 \omega_1^2 C^2}}, \quad R = \sqrt{\frac{U_2^2}{I_2^2 - U_2^2 \omega_2^2 C^2}}. \quad (3.10)$$

Припустимо, що значення активного опору ізоляції контрольованої ділянки (мережі) не змінюється за час виміру, тобто $R = const$, прирівняємо і праві частини виразів (3.10)

$$\frac{U_1^2}{I_1^2 - U_1^2 \omega_1^2 C^2} = \frac{U_2^2}{I_2^2 - U_2^2 \omega_2^2 C^2},$$

і вирішивши нове рівняння щодо C , отримаємо вираз для сумарної ємності трьох фаз всієї мережі або відповідної контрольованої ділянки (приєднання) щодо землі:

$$C = \frac{1}{U_1 U_2} \sqrt{\frac{U_2^2 I_1^2 - U_1^2 I_2^2}{(\omega_1^2 - \omega_2^2)}}. \quad (3.11)$$

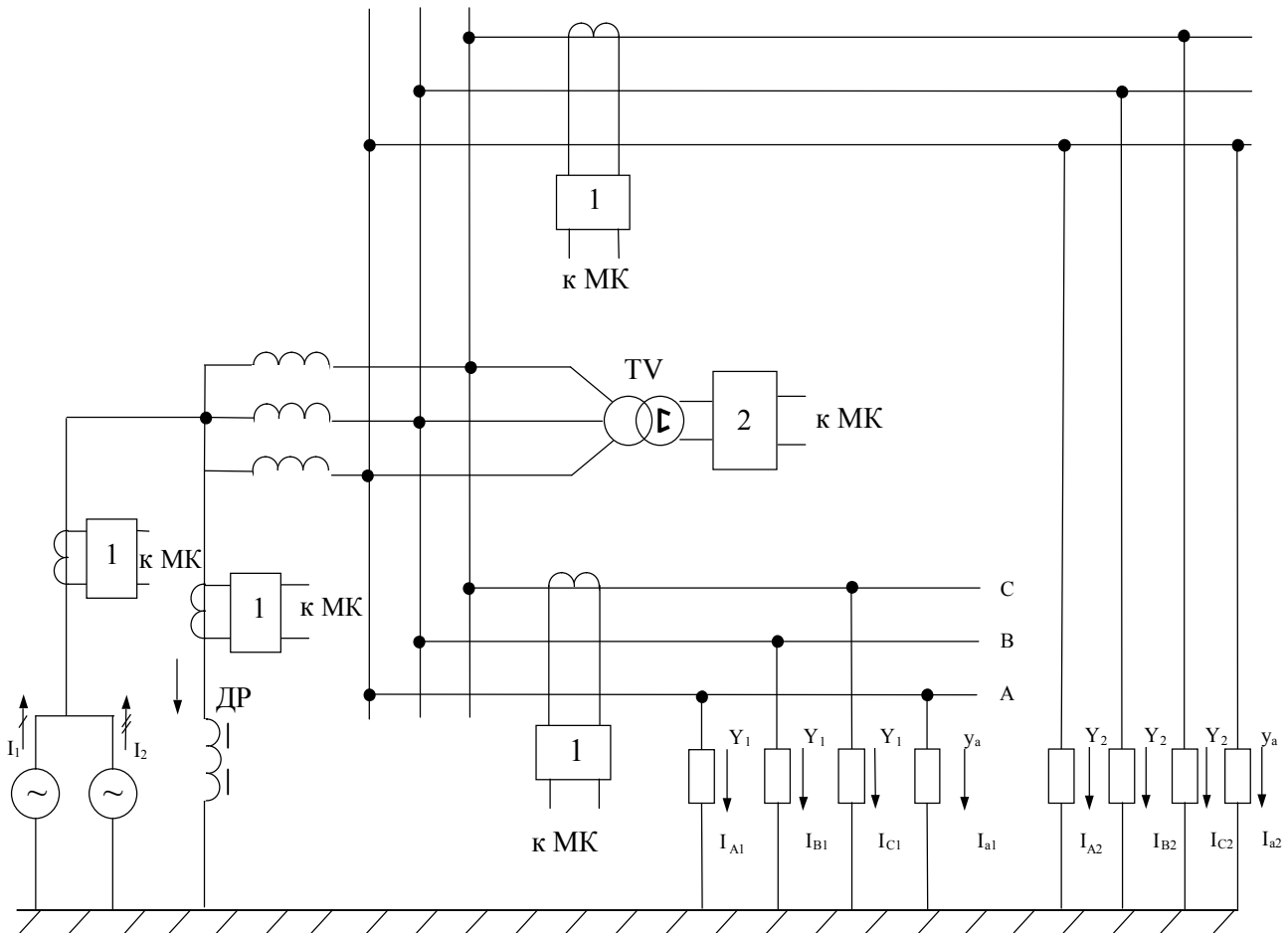


Рисунок 3.17 – Схема, що пояснює метод безперервного селективного контролю параметрів ізоляції розподільної мережі

Аналогічним чином, припустивши, що значення ємності щодо землі контрольованої ділянки або мережі не змінюється ($C = \text{const}$), провівши необхідні перетворення, отримаємо вираз для активного опору ізоляції відносно землі трьох фаз всієї мережі або відповідного контрольованої ділянки (приєднання):

$$R = U_1 U_2 \sqrt{\frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{U_2^2 I_1^2 \omega_2^2 - U_1^2 I_2^2 \omega_1^2}}. \quad (3.12)$$

Метод одночасного накладення на мережу двох оперативних сигналів може також використовуватися для оперативного вимірювання значення індуктивності дугогасного реактора (пристрою, що компенсує) з метою автоматичної (або ручно-

го) налаштування заданого режиму компенсації. Комплексний опір дугогасного реактора оперативному струму (рисунок 3.16) дорівнює:

$$\underline{z}_\kappa = \frac{\omega_{on} L_\kappa R_\kappa}{R_\kappa + j\omega_{on} L_\kappa}. \quad (3.13)$$

Стуми через дугогасний реактор при накладені двох оперативних сигналів не-промислових частот:

$$I_1 = \frac{U_1 \sqrt{R_\kappa^2 + \omega_1^2 L_\kappa^2}}{\omega_1 L_\kappa R_\kappa}, \quad I_2 = \frac{U_2 \sqrt{R_\kappa^2 + \omega_2^2 L_\kappa^2}}{\omega_2 L_\kappa R_\kappa}. \quad (3.14)$$

Вважаючи, що значення активного опору дугогасного реактора є однаковим ($R_\kappa = const$) для оперативних сигналів різних частот, провівши перетворення отримаємо вираз для розрахунку індуктивності дугогасного реактора на основі контрольованих параметрів накладених на мережу оперативних сигналів:

$$L_\kappa = \frac{U_1 U_2}{\omega_1 \omega_2} \sqrt{\frac{\omega_1^2 - \omega_2^2}{U_1^2 I_2^2 - U_2^2 I_1^2}}. \quad (3.15)$$

Функціональна схема системи безперервного вимірювання параметрів ізоляції відносно землі всієї розподільної мережі або її елементів без зняття робочої напруги наведена на рисунку 3.18. Структура системи припускає один канал напруги і кілька (за кількістю контрольованих приєднань) каналів струму. Канал напруги, на вхід якого надходить сигнал з датчика напруги TV (вимірювального трансформатора напруги) підключеного до шин розподільчого пристрою, призначений для зняття, обробки і вимірювання значень оперативних напруг U_{f1} і U_{f2} і передачі їх в обчислювальний модуль для подальшого використання. Стумові канали, на входи яких сигнали надходять від відповідних датчиків струму ТА і (вимірювальних трансформато-

рів струму) встановлених на відведених приєднаннях, також призначені для зняття, обробки і вимірювання значень оперативних струмів I_{f1} і I_{f2} відповідних ділянок розподільної мережі і передачі їх в обчислювальний модуль.

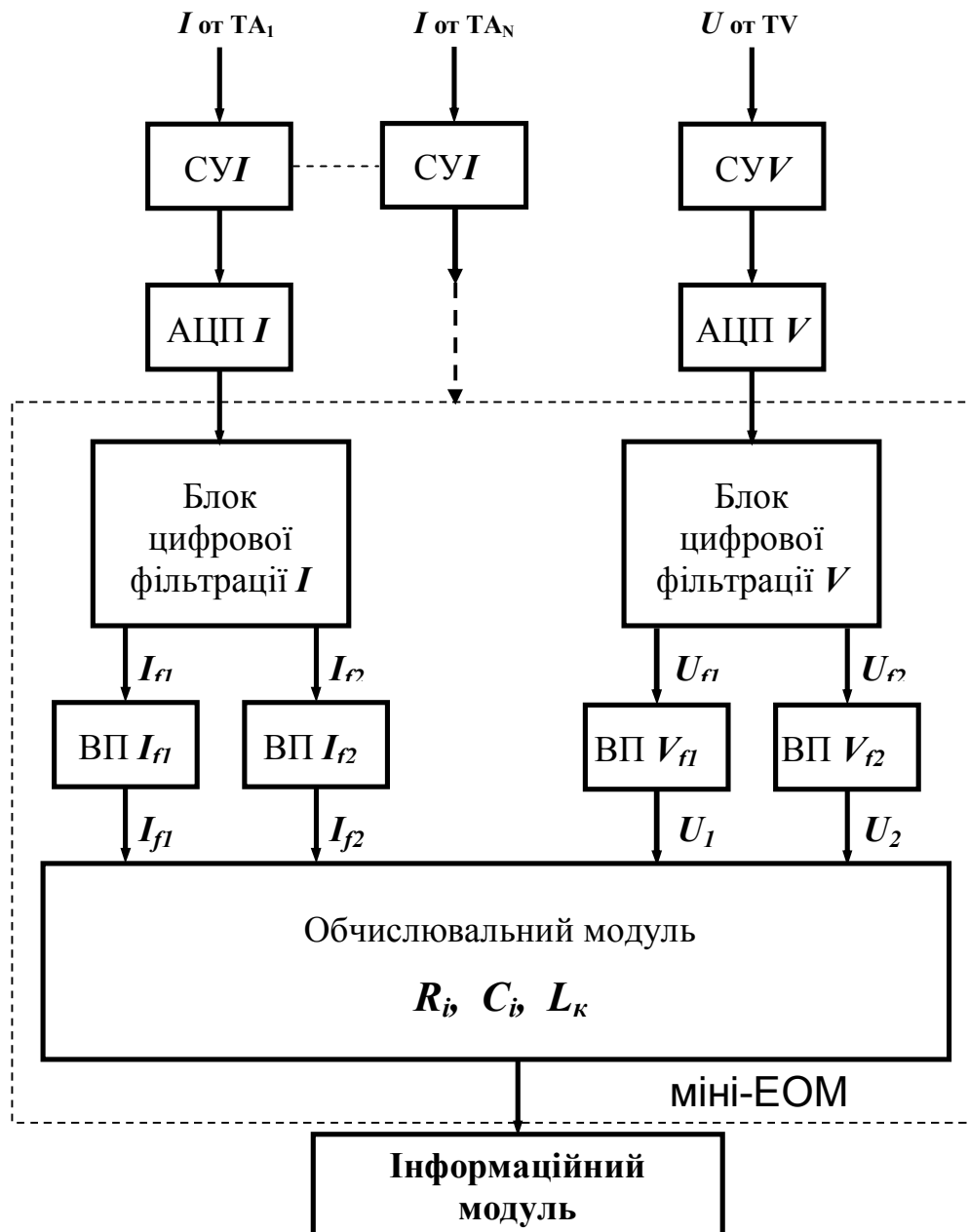


Рисунок 3.18 – Функціональна схема системи безперервного вимірювання параметрів ізоляції відносно землі

Названі канали відрізняються вхідними блоками (погоджуючими пристроями,) CU , що забезпечують сполучення аналого-цифрових перетворювачів і відповідних вимірювальних датчиків (трансформаторів). При обробці сигналів системою послі-

довно виконуються наступні операції: вхідні аналогові сигнали перетворюються в цифрові (АЦП); відповідними блоками цифрової фільтрації (призначені для виділення програмними методами із загального струмового сигналу сигналів оперативних частот) виділяються і поділяються сигнали складових оперативних частот; сигнали вимірюються (ІУ - кількісна оцінка сигналів відповідних частот) та їх значення вводяться в обчислювальний модуль системи.

Обчислювальний блок на підставі одночасно вимірюваних і зафіксованих значень оперативних струмів і напруг за виразами (3.11), (3.12) і (3.15) з урахуванням коефіцієнтів трансформації вимірювальних трансформатора напруги k_V і трансформаторів струму k_A і в заданих точках розподільчої мережі системи електропостачання виробляє обчислення:

- активного опору ізоляції відносно землі трьох фаз всієї мережі або відповідно контрольованої ділянки (i -го приєднання)

$$R_i = \frac{U_1 U_2}{k_V k_{Ai}} \sqrt{\frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{U_2^2 I_{li}^2 \omega_2^2 - U_1^2 I_{2i}^2 \omega_1^2}}; \quad (3.16)$$

- сумарної ємності трьох фаз всієї мережі або відповідної контрольованої ділянки (i -го приєднання) щодо землі

$$C_i = \frac{k_V k_{Ai}}{U_1 U_2} \sqrt{\frac{U_2^2 I_{li}^2 - U_1^2 I_{2i}^2}{(\omega_1^2 - \omega_2^2)}}; \quad (3.17)$$

- індуктивності дугогасного реактора

$$L_\kappa = \frac{U_1 U_2}{k_V k_{A\partial\partial} \omega_1 \omega_2} \sqrt{\frac{\omega_1^2 - \omega_2^2}{U_1^2 I_{2\partial p}^2 - U_2^2 I_{\partial pi}^2}}. \quad (3.18)$$

Інформаційний блок системи призначений для подання результатів обчислення у зручній для конкретних умов формі або формування повідомлення і відправки його енергодиспетчеру та іншим зацікавленим службам.

У загальному випадку застосування мікро-ЕОМ або контролерів у системі контролю ізоляції дозволяє запропонований метод використовувати:

- для оперативної оцінки рівня активного опору ізоляції, як всієї мережі в цілому, так і кожного з приєднань розподільної мережі незалежно від режиму роботи нейтралі;

- для оперативної оцінки рівня ємнісного опору ізоляції, як всієї мережі в цілому, так і кожного з приєднань розподільної мережі незалежно від режиму роботи нейтралі;

- для оперативного вимірювання значення індуктивності дугогасного реактора (пристрою, що компенсує);

- для виконання виборчої сигналізації або захисту від замикань і витоків на землю у системах електропостачання незалежно від конфігурації і режиму роботи нейтралі мережі;

- для цілей автоматичної настройки пристрою, що компенсує в заданий режим (не тільки резонансний) по відношенню до ємності щодо землі розподільної мережі.

3.6 Забезпечення поздовжньої селективності захистів від замикань на землю в живильних підземні споживачі мережах

Як вже зазначалося, надійність електропостачання споживачів в значній мірі залежить від якості функціонування засобів захисту від замикань на землю в розподільчих мережах. При цьому слід зазначити, що за інших рівних умов, якість функціонування названих захистів залежить від структури побудови (кількості ступенів розподілу) і режиму роботи нейтралі розподільчої мережі.

Досить поширена двоступенева система електропостачання споживачів гірничих підприємств (рисунки 3.19) характеризується тим, що (в відповідності з вимогами ПУЕ та галузевих інструкцій) захисту від замикань на землю лінії живильної КРП і ліній, що відходять від КРП не можуть бути узгоджені за умовами селектив-

ності дії, так як ті й інші повинні виконуватися без витримки часу. Саме такі проблеми характерні для реалізації захисту стовбурових кабелів систем електропостачання шахт.

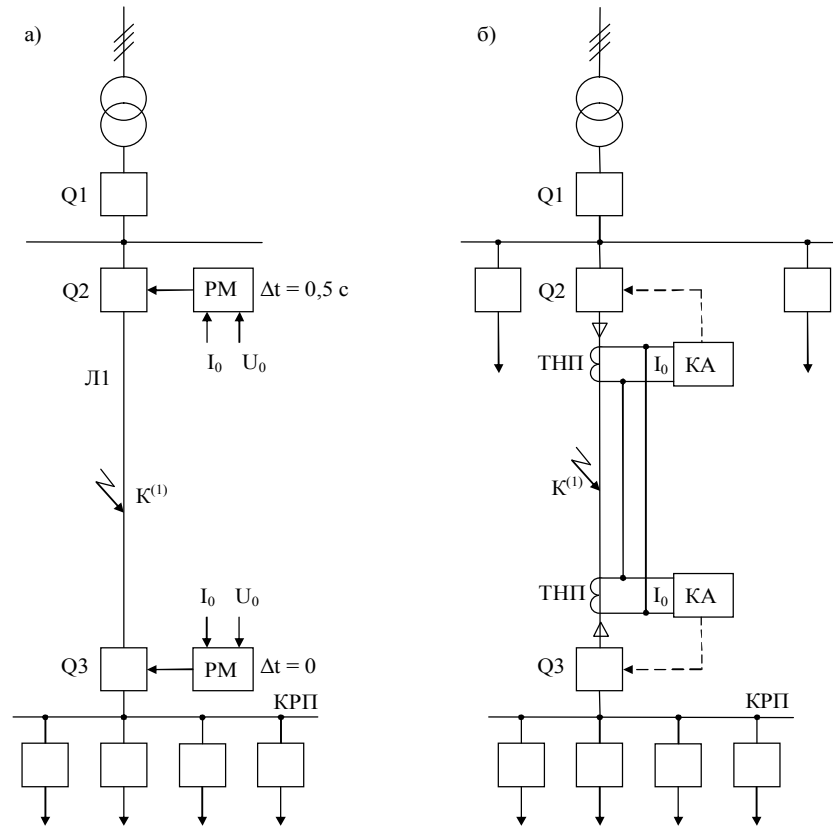


Рисунок 3.19 – Забезпечення селективності дії захисту від замикань на землю при двоступеневій системі розподілу

Для виправлення вказаного недоліку пропонується:

1. Якщо від трансформаторної підстанції поверхні до КРП відходить одна лінія (рисунок 3.19, а), то для забезпечення селективності дії захистів слід встановити на початку і в кінці лінії Л1 спрямовані пристрої захисту від замикань на землю. Захист встановлений на ввіді в КРП повинен реагувати на замикання на лінії і діяти на вимикач Q3 без витримки часу, що дозволить захист встановлений на початку лінії Л1 виконати з витримкою часу 0,4 - 0,5 с. Штатна друга ступінь захисту від замикань на землю (що реагує на напругу нульової послідовності) буде діяти на відключення вимикача Q1 з витримкою часу 0,7 с.

2. Якщо у трансформаторній підстанції ліній, що відходять дві і більше (рисунок 3.19, б), то для забезпечення селективності дії захистів від замикань на землю в системі електропостачання шахти, на лініях, що живлять КРП слід встановити подовжній диференціальний захист, що реагує на струм нульової послідовності.

Режим роботи нейтралі (повністю ізольована нейтраль, компенсована нейтраль, з резистором в нейтралі) електричних мереж напругою 6 кВ істотно впливає не тільки на працездатність пристроїв захисту від замикань на землю, а й на рівень внутрішніх перенапруг, що супроводжують такі аварійні режими, тобто на пошкоджуваність електричних мереж та обладнання .

Розподільні мережі з повністю ізольованою нейтраллю отримали переважне розповсюдження. Однак такий режим нейтралі мережі не завжди є оптимальним з точки зору таких критеріїв, як надійність, електробезпека і економічність. Для реальних параметрів розподільних мереж з повністю ізольованою нейтраллю максимальне значення перенапруг (напруги між здоровими фазами і землею) при замиканнях на землю знаходиться на рівні 4,5 фазної напруги. Для цих же мереж теоретичний максимум напруги зміщення нейтралі складає трикратну фазну напругу. Як вже зазначалося, однофазні замикання на землю супроводжуються перехідними процесами, які виникають в момент появи замикання і в момент відключення пошкодженої ділянки (процес відновлення напруги в мережі). Зазначені перехідні процеси забезпечують значну частину неправдивих спрацьовувань пристроїв захисту від замикань на землю в мережах з повністю ізольованою нейтраллю.

Ефективність компенсації ємнісних струмів і ефективність роботи електричних мереж з компенсованою нейтраллю в значній мірі залежить від режиму настройки пристрою, що компенсує. Більшість дослідників при цьому віддають перевагу резонансному налаштуванню індуктивності пристрою, що компенсує з ємністю мережі щодо землі.

Якщо оцінювати надійність електропостачання електроприймачів пошкоджуваністю елементів мережі та якістю роботи релейного захисту, то необхідно зазначити, що взагалі застосування компенсованих мереж, де потрібна дія захисту на від-

ключення, стримується другою умовою. Що стосується пошкоджуваності елементів розподільних мереж, то необхідно відзначити безпосередній зв'язок цього показника з режимом настройки пристрою, що компенсує, так як саме налаштуванням пристрою, що компенсує визначається рівень перенапруг в мережі при однофазних замиканнях на землю. При резонансному налаштуванні пристрою, що компенсує, а також при його розладі в межах 5%, навіть теоретично перенапруги на непошкоджених фазах не можуть перевищити $2,75 U_{\phi}$. Збільшення ступеню розлагодження компенсації понад 5% призводить до швидкого наростання рівня перенапруг, а при розлагодженні пристрою, що компенсує на 20% від резонансного, ефективність пристроїв, що компенсують в частині обмеження перенапруг при замиканнях на землю практично не відчувається в порівнянні з мережами з повністю ізольованою нейтраллю.

Електричні мережі з резистором в нейтралі, мають, порівняно з мережами з повністю ізольованою або компенсованою нейтраллю, більш високу надійність за рахунок поліпшення якості роботи пристроїв захисту від однофазних замикань на землю (придушення виникають після відключення пошкодженого приєднання або після самоліквідації пошкодження коливального перехідного процесу), виключення ферорезонансних процесів і зменшення пошкоджуваності елементів системи електропостачання. Ефективність таких мереж істотно проявляється при значенні створюваного активного струму замикання на землю на рівні не менше 40% від ємнісного.

Аналіз впливу заземлення нейтралі електричних мереж на надійність і умови електробезпеки систем електропостачання в цілому, на пошкоджуваність розподільних мереж та електрообладнання, а також на працездатність засобів релейного захисту, дозволяє дати оцінку кожному конкретному режиму роботи нейтралі і розробити рекомендації, спрямовані на посилення позитивних показників відповідних режимів. Дослідження показали, що найнижчий рівень експлуатаційної надійності відповідає мережам з повністю ізольованою нейтраллю, а також мережам з компенсованою нейтраллю при розладі компенсації на 20% і більше від резонансної, що зумовлено високою пошкоджуваності елементів систем електропостачання від дії вну-

трішніх перенапруг і ферорезонансних явищ. Найбільш висока експлуатаційна надійність забезпечується в розподільних мережах з накладенням додаткової активної складової на струм замикання на землю (мережі з резистором в нейтралі). У таких мережах при певних умовах різко обмежуються рівень внутрішніх перенапруг супроводжуючих несиметричні uszkodження, практично виключається розвиток ферорезонансних процесів, а так само практично виключається помилкова робота пристроїв захисту від замикань на землю за рахунок різкого придушення (практично усунення) перехідних процесів у разі відключення uszkodжень [27].

Висновки по розділу 3

1. Аналіз основних вимог до систем внутрішнього підземного електропостачання шахт і виконана оцінка основних параметрів і характеристик електротехнічного високовольтного рудничного електрообладнання вітчизняного та зарубіжного виробництва дозволяють констатувати:

- для умов залізорудної шахти Запорізького ЗРК у зв'язку з розробкою глибоких горизонтів і різким зростанням електричних навантажень на горизонті 940 м виконання схеми глибокого вводу на зазначений горизонт можливо;

- параметри та характеристики розробленого електрообладнання та того, що випускається серійно у промисловості або на замовлення електроустаткування в рудниковому виконанні дозволяють реалізувати варіант реконструкції системи електропостачання шахти за схемою глибокого введення напруги 35 кВ на гор.940 м та споруди підстанції 35 / 6 кВ на цьому горизонті;

- перевагу при виборі схеми живлення підземної підстанції 35/6 кВ слід віддати варіанту "блок лінія – трансформатор", що дозволить відмовитися від розподільного пристрою 35 кВ в шахті при дотриманні діючих загальних і галузевих вимог експлуатації і безпеки.

3. Режим роботи нейтралі електричних розподільних мереж напругою 6-35 кВ з можливих з повністю ізольованою нейтраллю, з компенсованою нейтраллю і з резистором в нейтралі істотно впливає не тільки на працездатність пристроїв захисту

від замикань на землю, але й на рівень внутрішніх перенапруг, що супроводжують такі аварійні режими, тобто на пошкоджуваність електричних мереж та обладнання.

4. Виконана оцінка основних параметрів і характеристик електротехнічного високовольтного рудникового електрообладнання вітчизняного та зарубіжного виробництва дозволяють констатувати:

- параметри та характеристики електроустаткування, що розроблене і випускається промисловістю серійно або на замовлення, в рудничному виконанні дозволяють реалізувати варіант реконструкції системи електропостачання шахти за схемою глибокого вводу напруги 35 кВ на глибокі горизонти і спорудження підстанції 35/6 кВ на цьому горизонті;

- перевагу при виборі схеми живлення підземної підстанції 35/6 кВ слід віддати варіанту «блок лінія – трансформатор», що дозволить відмовитися від розподільчої установки 35 кВ в шахті при дотриманні діючих загальних і галузевих вимог експлуатації і безпеки.

ВИСНОВКИ

У науковій роботі виконано аналіз побудови системи електропостачання глибоких шахт, розвиток яких пов'язаний з подальшою розробкою робочих горизонтів, що призводить до різкого збільшення електричних навантажень та вимагає реконструкції системи електропостачання для забезпечення якості електроенергії при очікуваному збільшенні навантажень. При цьому розглянуті наступні варіанти:

- підтримка рівня робочої напруги технічними засобами вольтодобавлення (лінійні регулятори, установки поздовжньої компенсації);
- переведення системи внутрішнього підземного електропостачання шахти на напругу 10 кВ;
- живлення нових глибоких горизонтів виконати напругою 35 кВ (глибокий ввід напруги 35 кВ).

2. Переведення високовольтних розподільних мереж на напругу 10 кВ замість застосовуваного в цей час 6 кВ в умовах рудничних шахт припускає значне зменшення втрат енергії при її каналізації й дозволяє забезпечити певний ріст підземних електричних навантажень, однак таке рішення не можна визнати доцільним по наступних причинах:

- класу напруги 10 кВ часто не існує в умовах діючих систем електропостачання, тому буде потрібно спорудження відповідних підстанцій;
- адаптація на більше високий рівень напруги діючого високовольтного устаткування вимагає заміни електричних двигунів і іншого встаткування;
- у кожному разі застосування напруги 10 кВ у підземних виробках вимагає у відповідності "Єдиними правилами безпеки при розробці рудних, нерудних і розсіпних родовищ підземним способом" узгодження з Держгорпромнаглядом України.

3. Найбільш перспективним для глибоких рудних шахт при реконструкції системи електропостачання у зв'язку з розробкою глибоких горизонтів є варіант використання глибокого вводу напруги 35 кВ тільки на горизонти глибиною більше 1000 м, з установкою підземної підстанції 35/6 кВ і розподілом електроенергії по робочому горизонті і далі на напрузі 6 кВ. Однак такий варіант до початку робіт із проектування й реалізації глибокого вводу напруги 35 кВ вимагає змін діючих Правил

Держгорпромнаглядом України на виконання зазначених робіт.

4. Виконана оцінка основних параметрів і характеристик електротехнічного високовольтного рудничного електроустаткування вітчизняного й закордонного виробництва дозволяють констатувати:

- параметри й характеристики електроустаткування в рудничному виконанні, що розроблено та виготовлено промисловістю серійно або за замовленням, дозволяють реалізувати варіант реконструкції системи електропостачання шахти за схемою глибокого вводу напруги 35 кВ на глибокі горизонти шахти та спорудження підстанції 35/6 кВ на робочому горизонті;

- перевага при виборі схеми живлення підземної підстанції 35/6 кВ варто віддати варіанту "блок лінія - трансформатор", що дозволить відмовитися від розподільної установки 35 кВ у шахті при дотриманні діючих загальних і галузевих вимог експлуатації й безпеки.

У результаті виконаної роботи запропоновані обґрунтовані рекомендації щодо номінальних значень напруг живильних і підземних розподільних мереж глибоких рудних і вугільних шахт із урахуванням технічних обмежень за умовами експлуатації; також розглянуті можливі варіанти роботи пристроїв релейного захисту та контролю ізоляції в системі електропостачання глибоких шахт при використанні робочої напруги 35 кВ із урахуванням технологій видобутку, гірничо-геологічних умов і умов безпеки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Грейсух М.В., Кутовой Л.Н. Электроснабжение угольных и рудных шахт. – М.: Недра, 1965. – 360 с.
2. Электрификация горных работ /Под. ред. С.А. Волотковского.– Киев: Вища школа.1980. – 448 с.
3. Электроснабжение угольных шахт / С.А. Волотковский, Ю.Т. Разумный, Г.Г. Пивняк, Ф.П. Шкрабец и др.– М.: Недра, 1984.
4. Электрооборудование и электроснабжение горнорудных предприятий. Под. ред. В.С. Виноградова. – М., Недра, 1983. – 335 с.
5. Півняк Г.Г., Шкрабець Ф.П., Заїка В.Т., Разумний Ю.Т. Системи ефективного енергозабезпечення вугільних шахт / За ред. акад. НАН України Г.Г. Півняка. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2004.–206 с.
6. Разумный Ю. Т., Шкрабец Ф. П. Повышение эффективности электроснабжения угольных шахт. – К.: Техника, 1984. -136 с.
7. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети. 2-е изд., перераб. и доп./ под общей ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербиновского.– М.: Энергия 1980.– 576 с., ил.
8. Вареник Є.О., Випанасенко С.І., Дзюбан В.С., Шидловська Н.А, Шкрабець Ф.П. Забезпечення безпеки та ефективності шахтних електроустановок / За ред. академіка Г.Г. Півняка. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2004. – 248 с.
9. Правила устройства электроустановок. – Х.: Издательство «ИНДУСТРИЯ», 2007. – 416 с.
10. Г.Х. Побуль Повышение пропускной способности распределительных сетей высокого напряжения с применением продольно-емкостной компенсации: – М.: Энергия, 1977. – 60 с., ил.
11. Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных шахт / Под общей ред.. В.В.Дегтярева, В.В.Серова. – М.: Недра, 1988.

12. Электрificazione горного производства: Учебник для вузов: В 2-х т. / Под ред. Л.А. Пучкова и Г.Г. Пивняка. – М.:Издательство Московского государственного горного университета, 2007. -Т.1. – 511 с.; Т.2. – 595 с.
13. Єдині правила безпеки при розробці рудних, нерудних і розсипних родовищ підземним способом //НПАОП 0.00-1.34-71.
14. Шишкин Н.Ф., Антонов В.Ф. Основные направления электрификации современных шахт. М.: Наука, 1981, 116 с.
15. Справочник энергетика карьера /В.А. Голубев, П.П. Мирошкин, Н.М. Шадрин и др.; Под ред. В.А. Голубева – М.: Недра, 1986. – 420 с.
16. Шкрабец Ф.П. Глубокий ввод напряжения 35 кВ для питания потребителей глубоких горизонтов шахты ЗАО "Запорожский ЖРК"[Текст] / Шкрабец Ф.П., Остапчук А.В., Безручко Ю.Н. // Гірнича електромеханіка та автоматика: Наук. - техн. зб. – 2010. – №84. – С.69-76.
17. Екологічна та економічна складові використання геотехнічних систем України [Текст] / моногр. / під заг. ред. Г.Г. Пивняка – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2011 – 223 с.
18. <http://www.abb.ua/cawp/uaabb051/d6d710ce9a5e3b19c125703b0050abde.aspx>
19. Società Elettromeccanica Arzignanese - Via L. Galvani, 8 - 36070 Tezze di Arzignano (VI) Italia – www.seatrasformatore.it
20. www.rospol-electro.ru
21. Шкрабец Ф.П. Косвенный контроль параметров изоляции в распределительных сетях напряжением 6 - 10 кВ. [Текст] / Шкрабец Ф.П., Куваев Ю.В., Ковалев А.И. // Науковий вісник НГУ. – 2009. – Вип. №12. – С. 72-77.
22. Шкрабец Ф.П. Пути повышения безаварийности распределительных сетей горных предприятий [Текст] // Науковий вісник НГУ. – 2009. – Вип. №1. – С. 59-65.
23. Шкрабец Ф.П. Автоматический и селективный контроль параметров изоляции в распределительных сетях напряжением выше 1000 В. [Текст] //

Взрывозащищенное электрооборудование: сб. науч. тр. УкрНИИВЭ. - Донецк: ООО "АИР". – 2009. – С. 31-39.

24. Пивняк Г.Г. Селективный контроль изоляции распределительных сетей напряжением выше 1000 В. [Текст] / Пивняк Г.Г., Шкрабец Ф.П. // Горный журнал КГМА (Краков) (в печати)

25. Шкрабец Ф.П. Контроль и управление параметрами изоляции распределительных сетей [Текст] // Взрывозащищенное электрооборудование: сб. науч. тр. УкрНИИВЭ.- Донецк: ООО "АИР". – 2010. – С. 277-288.

26. Шкрабец Ф. П., Оптимизация режимов работы нейтрали распределительных сетей [Текст] / Шкрабец Ф. П., Ковалев А.И. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна. - 2009. Вип. №27–С.67-70.

27. Шкрабец Ф.П. Создание современных систем защиты электрических сетей горных предприятий [Текст] // Горный журнал: Спец.выпуск. – Москва: Издательский дом "Руда и Металлы". – 2010. – С. 34-40.

28. Шкрабець Ф.П. Підвищення безаварійності і рівня безпеки електричних мереж кар'єрів [Текст]: моногр. /Ф.П. Шкрабець, А.М. Гребенюк, О.І. Ковальов – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2011 –233 с. – Рос. мовою.

ДОДАТОК А

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
 Державний вищий навчальний заклад
 «Національний гірничий університет»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
 д-р. техн. наук, проф.

_____ О.С. Бешта

"__" _____ 2011 р.

З В І Т

**ПРО ПАТЕНТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ
 З НАУКОВО–ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ**

"Наукове обґрунтування і розробка концепції переводу живлення підземних споживачів глибоких енергоємних шахт на напругу 20-35 кВ"

шифр теми ГП-419

Начальник НДЧ,

канд. техн. наук. доц.

Зав. кафедри відновлюваних джерел енергії,

керівник НДР, д-р техн. наук. проф.

Зав. відділом ПЛВ

Нормоконтролер

Р.О. Дичковський

Ф.П. Шкрабець

О.О. Філонова

Л.О. Савостенко

СПИСОК АВТОРІВ

Виконавець,

А.В. Акулов

аспірант 3 року навчання (Форма Г.1.1, Довідка про пошук, Форма Г.1.4, Форма Г.2.4, Висновки)

ЗАГАЛЬНІ ДАНІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Організація (підприємство) - виконавець розробки -

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»

Початок розробки - 2009, січень

Кінець розробки - 2011, грудень

Призначення, область застосування, стислий опис об'єкта

Об'єкт дослідження відноситься до проблеми оцінки впливу застосування робочої напруги 20-35 кВ стовбурних кабелів глибоких шахт, а також методів контролю ізоляції та селективного захисту від витоків у мережі напругою 20-35 кВ. Метою роботи є забезпечення більшої надійності та електробезпеки мереж з таким класом робочої напруги.

Галузь застосування – кабельні електричні мережі напругою 35 кВ для умов глибоких вугільних або рудних шахт.

Призначено для контролю від струмів витоку в трифазних мережах напругою вище 1000 В. Шляхом зміни параметрів контролю визначають на кожній ділянці мережі поточні значення активного опору і ємності ізоляції відносно землі, шляхом періодичного накладення струмів високої частоти, безупинно порівнюють поточні й задані значення активного опору і ємності, і по відхиленню поточних від заданих значень їх, роблять висновок про аварійний режим.

У пристрій контролю параметрів ізоляції електричної мережі напругою вище 1000 В додатково уведені: з'єднаний із силовим трансформатором джерело оперативного струму, трансформатор струму нульової послідовності із блоком виділення сигналів підвищеної частоти з ЕОМ.

Винахід дозволяє знизити ймовірні виникнення витоків в умовах зміни параметрів мережі при експлуатації, забезпечити безперервний контроль ізоляції й за рахунок цього, знизити збиток від аварій.

Призначений для захисту розподільної мережі від замикань на землю в трифазних розподільних мережах напругою вище 1000 В. Додатково уведено: оперативний сигнал непромислової частоти, рівність значень сигналів оперативних струмів різних частот (або їхнє розходження в межах до 20%) визначають як наявність ушкодження ізоляції на даному приєднанні. Винахід дозволяє підвищити вибірковість захисту розподільної мережі незалежно від виду замикання на землю, і за рахунок цього - підвищити електробезпечність, надійність і економічність роботи системи електропостачання.

Призначено для захисту від замикань на землю в трифазних розподільних мережах напругою вище 1000 В. Додатково уведено аналого-цифровий перетворювач (АЦП) і вимірювальний елемент додаткового сигналу джерела струму непромислової частоти, а також блок формування керуючого імпульсу. Винахід дозволяє забезпечити вибірковість захисту ушкодженої ділянки незалежно від змінних параметрів мережі, і за рахунок цього, підвищити надійність електропостачання, знизити збиток від простою встаткування.

ЗМІСТ

1 Довідка про пошук.

2 Патентна документація (табл. Г.1.1).

3 Техніко-економічні показники ОГД (табл. Г.1.4).

4 Аналіз можливості використання ОГД відомих об'єктів промислової власності (табл. Г.1.5).

5 Аналіз можливості використання в ОГД відомих об'єктів промислової власності (табл. Г.2.4)

6 Висновки.

7 Довідка про оцінку науково-технічного рівня результатів НДР.

ДОВІДКА ПРО ПОШУК

Завдання на проведення патентних досліджень _____ ГП-419
 Етап _____ заключний
 Початок пошуку 05 травня 2011 Завершення пошуку 10 жовтня 2011

Таблиця 3.1 Джерела інформації, що використані при проведенні пошуку

Предмет пошуку (ОГД)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
1	2	3	4	5	6
Режим роботи нейтралі шахтних живильних мереж та методи контролю ізоляції й селективного захисту від витоків стовбурних кабелів напругою 20-35 кВ	Україна РФ	6 МПК H02H 3/17	Спеціалізована БД "Винаходи (корисні моделі) в Україні" База данных «Патенты России»	49082 49045	Вісник НТУ «ХП», Технічна електродинаміка, Науковий вісник НГУ, «Промислова енергетика»

Керівник підрозділу - виконавця робіт

Шкрабець Ф.П.

Зав. ПЛВ

Філонова О.О.

Форма Г.1.1 Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	бібліографічні дані	відомості про його дію
1	2	3
Режим роботи нейтралі шахтних живильних мереж та методи контролю ізоляції й селективного захисту від витоків стовбурних кабелів напругою 20-35 кВ	(11) 20018; (51) МПК (2006) H02H 3/16 (73) ДЕРЖАВНИЙ МАКІЇВСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ З БЕЗПЕКИ РОБІТ У ГІРНИЧІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ (54) Пристрій для захисту від витоків струму на землю	діє з 15.01.2007
	(11) 12721; (51) МПК H02H 3/17 (2006.01) (73) УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ, ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ ВИБУХОЗАХИЩЕНОГО ТА РУДНИКОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ З ДОСЛІДНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМ ВИРОБНИЦТВОМ (54) Пристрій для контролю ізоляції та захисту електричних мереж від струмів витоків	діє з 15.02.2006
	(11) 1733; (51) 7G06F15/46 (73) ЗАКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "РАДІЙ" (54) Пристрій для контролю ізоляції та напруги	діє з 15.04.2003
	(11) 59855; (51) 7G01R31/00, H02K3/02 (73) Барбинягра Михайло Петрович (54) Пристрій контролю ізоляції	діє з 15.09.2003
	(11) 75176; (51) МПК (2006) H02H 3/16 (73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "КРОНВЕРК", Симонович Володимир Афіногенович, Нечай Андрій Михайлович, Вайнер Руслан Юхимович, Гнідаш Богдан Леонідович (54) Пристрій контролю ізоляції	діє з 15.03.2006

1	2	3
	(11) 23445; (51) МПК Н02Н 3/16 (2006.01) (73) ДЕРЖАВНИЙ МАКІЇВСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ З БЕЗПЕКИ РОБІТ У ГІРНИЧІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ (54) Пристрій для контролю опору ізоляції та захисного вимикання	діє з 25.05.2007
	(11) 81448; (51) МПК Н02Н 3/17 (2006.01) (73) ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ (54) Спосіб контролю змін стану ізо- ляції в розподільних мережах	діє з 10.01.2008
	(11) 90532; (51) МПК (2009) G01R 31/08, Н02Н 3/16, Н02Н 3/00, G01N 27/00 (73) САБАДАШ ІГОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ (54) Спосіб неперервного неруйнів- ного діагностування ізоляції облад- нання мереж 6-35 кВ	діє з 11.05.2010
	<i>Патент Российской Федерации</i> (11) 2121745; (51) Н02Н3/16 (73) САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (54) Способ защиты трехфазной сети с изолированной нейтралью от одно- фазных замыканий на землю	діє з 10.11.1998
	<i>Патент Российской Федерации</i> (11) 2028638; (51) G01R31/02, G01R31/08, G01R27/18 (73) Дунаев Борис Дмитриевич; Са- вельев Виталий Андреевич; Словес- ный Сергей Алексеевич; Усов Алек- сандр Венедиктович; Шилов Сергей Валентинович (54) Способ контроля сопротивления изоляции разветвленных сетей по- стоянного и переменного тока	діє з 09.02.1995

1	2	3
	<p><i>Патент Российской Федерации</i> (11) 2097893; (51) H02H3/16 (73) Малеев Александр Владимирович; Шелеметьев Игорь Анатольевич; Кузнецов Владимир Елистратович; Ефимов Юрий Константинович (54) Способ направленной защиты от однофазного замыкания на землю в электрической сети переменного тока и устройство для его осуществления</p>	<p>діє з 27.11.1997</p>
	<p><i>Патент Российской Федерации</i> (11) 2160953; (51) H02H3/16, G01R31/08 (73) Брянцев Александр Михайлович (54) Способ определения места однофазного повреждения в электрической сети 6-35 кВ с компенсацией тока замыкания на землю (варианты)</p>	<p>діє з 20.12.2000</p>

Форма Г.1.4 Техніко-економічні показники ОГД та об'єктів
аналогічного значення

Найменування та одиниця вимірювання	Техніко-економічні показники			
	Об'єкта за стандартом або технічними умовами	Об'єкта-аналога (державна, фірма, організація, модель)	ОГД	Перспективного зразка
1	2	3	4	5
		апарат загальномережевого захисту від витоків (АЗО-6). СРСР, 1986г	Спосіб контролю ізоляції та пристрій для його здійснення	Спосіб контролю ізоляції та пристрій для його здійснення
Ємнісний опір ділянки відносно землі (Ом)		відсутній	основний	основний
Порівняння рівнів виміряних сигналів		відсутній	основний	основний

Форма Г.1.5 Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності ОГД

ОГД, його складові частини		Прототип		Очікуваний результат	Можливості використання у промисловості або іншій сфері діяльності	Номер поданої заявки, дата подачі заявки
Назва	Сукупність ознак	Бібліографічні дані	Сукупність ознак			
1	2	3	4	5	6	7
Режим роботи нейтралі шахтних живильних мереж та методи контролю ізоляції й селективного захисту від витоків стовбурних кабелів напругою 20-35 кВ	Спосіб контролю параметрів ізоляції електричної мережі напругою вище 1000 В включає визначення заданих значень активного опору ізоляції та ємності на фазу відносно землі мережі, відрізняється тим, що визначають на кожній ділянці мережі поточні значення активного опору і ємності ізоляції відносно землі, шляхом періодичного накладення струмів високої частоти, безперервно порівнюють поточні та задані значення активного опору і ємності, і за відхиленням їхніх поточних від заданих значень, судять про аварійний режим.	Авторське свідоцтво СРСР № 542287, кл. Н02Н3/16, 1971 р.	Спосіб селективного відключення ділянки зі зниженим опором ізоляції в розгалужених електричних мережах низької напруги змінного струму з ізолюваною нейтраллю, що полягає в послідовному накладенні на мережу оперативного струму різних непромислових частот, визначенні величини накладеного струму в кожному з відгалужень на власній частоті, порівнянні цієї величини з уставкою і відключенні від мережі відгалуження в разі перевищення уставки.	Зниження ймовірних виникнень витоків в умовах зміни параметрів мережі при експлуатації, забезпечення безперервного контролю і за рахунок цього, зниження шкоди від аварій	Можливість використання в релейному захисті, області контролю і захисту від струмів витоків в трифазних мережах напругою вище 1000В.	№ 55794 Опубл. 2005р.

продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7
	<p>Пристрій контролю параметрів ізоляції електричної мережі напругою вище 1000 В включає силовий трансформатор, що відрізняється тим, що в мережу введені: з'єднане з силовим трансформатором джерело оперативного струму, трансформатор струму нульової послідовності з блоком виділення сигналів підвищеної частоти послідовно включений на контрольованій ділянці мережі, виходом з'єднаний з ЕОМ.</p>	<p>Авторське свідоцтво СРСР № 542287, кл. Н02Н3/16, 1971 р.</p>	<p>Пристрій містить генератор регульованої промислової частоти, підключений між мережею і землею через трансформатор напруги і трансформатор струму, вторинна обмотка якого пов'язана з керуючим входом генератора через послідовно з'єднані вузькосмуговий фільтр, граничний елемент і блок управління частотою, і встановлений в кожному відгалуженні трансформатор струму, вторинна обмотка якого пов'язана з автоматичним вимикачем відповідного відгалуження через вузькосмуговий фільтр і граничний елемент, причому кожен вузькосмуговий фільтр в відгалуженнях налаштований на власну частоту.</p>	<p>Зниження ймовірних виникнень витоків в умовах зміни параметрів мережі при експлуатації, забезпечення безперервного контролю і за рахунок цього, зниження шкоди від аварій</p>	<p>Можливість використання в релейному захисті, області контролю і захисту від струмів витоків в трифазних мережах напругою вище 1000В.</p>	<p>№ 55794 Опубл. 2005р.</p>

продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7
	<p>Спосіб виборчого захисту від замикань на землю в розподільних мережах напругою вище 1000 В, що включає накладення на мережу струму непромислової частоти контроль його значення на ділянці мережі, яка захищається, що відрізняється тим, що на розподільну електричну мережу накладають додатково оперативний сигнал непромислової частоти, визначають на кожній ділянці мережі поточні значення оперативних струмів, порівнюють їх між собою, і за відхиленням значень, судять про аварійний стан контрольованої ділянки, і рівність значень оперативних струмів різних частот (або їх відмінність в межах до 20%) визначають як наявність пошкодження ізоляції в даному приєднанні.</p>	<p>Бухтояров В .Ф. Нові пристрої для захисту від замикань на землю в електричних мережах розрізів (огляд) ЦНИЭИУголь 1976 р.</p>	<p>Спосіб контролю параметрів ізоляції електричної мережі напругою вище 1000 В, що полягає в тому, що на контрольовану мережу накладають струм непромислової частоти і контролюють його значення на лінії електропередач (ЛЕП), яка захищається, в порівнянні з заданим значенням (уставкою спрацьовування).</p>	<p>Підвищення вибірковості захисту розподільної мережі при досить високій чутливості незалежно від виду замикання на землю.</p>	<p>Можливість використання в релейного захисту, а саме, захисту від несиметричних ушкоджень у трифазних розподільних мережах напругою вище 1000 В.</p>	<p>№ 55794 Опубл. 2005р.</p>

продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7
	<p>Пристрій виборчого захисту від замикань на землю в трифазних розподільних мережах напругою вище 1000 В, що включає датчик струму, послідовно з'єднані фільтр, вимірювальний елемент і елемент порівняння, що відрізняються тим, що введені послідовно включені між датчиком струму і фільтром аналого-цифровий перетворювач (АЦП), а між фільтром і блоком порівняння - вимірювальний елемент додаткового сигналу джерела струму непромислової частоти, а також блок формування керуючого імпульсу, вхід якого з'єднаний на вихід блоку порівняння.</p>	<p>Авторське свідоцтво СРСР № 978260, кл. Н02Н 3/17, 30.11.1982 р</p>	<p>Пристрій виборчого захисту від замикань на землю в трифазних розподільних мережах напругою вище 1000 В, що містить підключений до мережі, що захищається фільтр приєднання, джерело оперативної напруги, перший вихідний полюс якого заземлений, регулятор рівня струму, а також послідовно з'єднані датчик струму, частотний фільтр і виконавчий орган.</p>	<p>Забезпечення вибірковості захисту пошкодженої ділянки незалежно від змінних параметрів мережі, і за рахунок цього, підвищення надійності електропостачання, зниження.</p>	<p>Використання в області релейного захисту, а саме, захисту від несиметричних ушкоджень у трифазних розподільних мережах напругою вище 1000 В.</p>	<p>№ 55794 Опубл. 2005р.</p>

**Форма Г.2.4 Аналіз можливості застосування в ОГД відомих об'єктів
промислової власності**

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності (біб- ліографічні да- ні)	Суть об'єкта промислової власності	Очікуваний результат від застосування
1	2	3	4
Режим роботи нейтралі шахтних живильних мереж та методи контролю ізоляції й селективного захисту від витоків стовбурних кабелів напругою 20-35 кВ	(11) 49333А; (51) 7Н02Н 3/16 (73) Донецький державний технічний університет (54) Спосіб визначення пошкодженого приєднання в електричній мережі	Спосіб визначення пошкодженого приєднання в електричній мережі, що включає реєстрацію полярності імпульсів нульової послідовності одночасно не менше, ніж для трьох приєднань, що виникають у момент замикання на землю, наступне визначення переважної полярності, яку порівнюють з полярністю кожного імпульсу струму та визначення пошкодження приєднання за полярністю імпульсу струму, протилежної переважній, відрізняється тим, що реєстрацію полярності імпульсів струму приєднання виконують тільки для надперехідних струмів нульової послідовності, а за наявністю або відсутністю надперехідних струмів через певний інтервал часу судять про наявність чи відсутність пошкодженого приєднання і за наявністю пошкодженого приєднання його визначають.	Підвищення швидкодії і вибірковості релейного захисту в мережах напругою вище 1000 В, частково з запропонованим технічним рішенням.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

_____ **О.С.Бешта**

"__" _____ **2011 р.**

ДОВІДКА

про оцінку науково-технічного рівня результатів НДР

ГП-419 "Наукове обґрунтування і розробка концепції переводу живлення підземних споживачів глибоких енергоємних шахт на напругу 20-35 кВ"

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Найменування та одиниця виміру	Значення техніко-економічних показників	
	кращого аналога	розробленого об'єкту

Деклараційний патент на винахід 55738 А (Україна). Шкрабець Ф.П., Скосирев В.Г. Остапчук О.В. Спосіб контролю ізоляції та пристрій для його здійснення Оpubл. 2003р. Бюл. N 4, стор.4.154.

Патент на винахід № 55794 (Україна) Шкрабець Ф.П., Скосирев В.Г. Остапчук О.В. Спосіб виборчого захисту від замикань на землю в трифазних розподільних мережах напругою вище 1000 В Оpubл. 2005р. Бюл. N 11, стор.3.184.

Патент на винахід № 55904 (Україна) Шкрабець Ф.П., Скосирев В.Г. Остапчук О.В. Пристрій виборчого захисту від замикань на землю в трифазних розподільних мережах напругою вище 1000 В Оpubл. 2005р. Бюл. N 11, стор.3.185.

Відомості НОУ-ХАУ Включає метод контролю параметрів у мережі напругою вище 1000В

ЗАГАЛЬНА ОЦІНКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ НДР

перевищує сучасний рівень науки і техніки

(відповідає сучасному рівню науки і техніки, перевищує, не відповідає)

в Україні

Зав. ПЛВ

Керівник НДР

_____ **О.О. Філонова**

_____ **(П.І.Б.)**

"__" _____ **20__ р.**

ВИСНОВКИ

В результаті проведення патентних досліджень виявлено:

1. Розширення показників контрольованих параметрів мережі та спрощення системи контролю та захисту.
2. Розроблений ОГД містить матеріали, які можуть скласти предмет винаходу та конфіденційні відомості.
3. Технічний рівень НДР відповідає сучасному рівню науки і техніки, ОГД не має аналогів в Україні.

ДОДАТОК Б

Витяг з протоколу № 11

засідання кафедри відновлюваних джерел енергії
Державного ВНЗ «Національний гірничий університет»

м. Дніпропетровськ

25.11.2011 р.

ПРИСУТНІ: зав. кафедри проф. Шкрабець Ф.П., професори Іванов О.Б., Куваєв Ю.В., доценти Головченко А.С., Кирилов І.А., Колб А.А., Ципленков Д.В. Панченко В.І., Остапчук О.В., ст. викладачі Гребенюк А.М. Федоров С.І., аспіранти Акулов А.В., Чугунов О.К..

СЛУХАЛИ: повідомлення керівника теми ГП-419 проф. Шкрабця Ф.П. про результати виконання науково-дослідної роботи „Наукове обґрунтування і розробка концепції переводу живлення підземних споживачів глибоких енергоємних шахт на напругу 20-35 кВ” (“Дослідження технічної можливості реалізації в умовах рудних і вугільних шахт варіанту живильних мереж і підстанцій напругою 20-35 кВ з урахуванням номенклатури, перспектив розвитку та масогабаритних параметрів електроустаткування.”) в 2011 році.

ВИСТУПИЛИ: проф. Іванов О.Б., яків відмітив важливість розроблювальної теми, її своєчасність і актуальність для сучасного стану системи електропостачання.

Професор Куваєв Ю.В. відмітив наукову новизну результатів і практичну цінність досліджень.

ПОСТАНОВИЛИ:

1. Вважати, що роботу виконано відповідно календарному плану і технічному завданню у повному обсязі.
2. Роботу виконана на високому науковому рівні, має теоретичне і практичне значення, яке є у аналізі пропускної здатності сучасних мереж живлення шахтної системи електропостачання.
3. Робота не містить матеріалів, які можуть бути предметом винаходу.

4. Матеріали звіту по НДР за 2011 рік є закінченими дослідженнями і можуть бути опубліковані.
5. Результати виконання НДР схвалити і заключний звіт з НДР затвердити.

**Зав. каф. відновлюваних джерел енергії,
д.т.н., професор**

Ф.П. Шкрабець

**Вчений секретар кафедри
відновлюваних джерел енергії,
к.т.н., доцент**

А.А. Колб

ДОДАТОК В**Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»****ВИТЯГ З ПРОТОКОЛУ № 3****засідання секції науково-технічної ради за науковим напрямом****“Проблеми гірничої та металургійної електроенергетики,
енергозбереження”**

м. Дніпропетровськ

12 грудня 2011 р.

ПРИСУТНІ: Голова – професор Іванов О.Б., заст. голови – професор Випанасенко С.І., вчений секретар – доц. Рухлов А.В., члени секції - професори Корсун В.І., Шкрабець Ф.П., Казачковський М.М.

СЛУХАЛИ: повідомлення проф. Шкрабця Ф.П., керівника теми ГП-419 «Наукове обґрунтування і розробка концепції переводу живлення підземних споживачів глибоких енергоємних шахт на напругу 20-35 кВ» про виконання робіт по темі, передбачених календарним планом на 2011 рік.

Доповідачем розкриті отримані результати.

Основними з них є:

- обґрунтування застосування підвищеної напруги на різних рівнях структури підземного електропостачання відповідно в умовах рудних і вугільних шахт;
- розробка структури та обґрунтування основних технічних параметрів устаткування для систем внутрішнього електропостачання підвищеної напруги енергоємних рудних і вугільних шахт.
- виконана оцінка основних параметрів і характеристик електротехнічного високовольтного рудничного електроустаткування вітчизняного й закордонного виробництва, яка дозволила констатувати, що варіант реконструкції системи електропостачання глибоких рудних шахти за схемою глибокого вводу напруги 35 кВ на робочий горизонт і спорудження розподільної підстанції, при чому перевагу

при виборі схеми живлення підземної підстанції 35/6 кВ варто віддати варіанту "блок лінія - трансформатор".

За результатами проведеної роботи було написано 2 монографії та 8 наукових статей.

ВИСТУПИЛИ: професор Іванов О.Б., який дав позитивну оцінку результатам виконаної роботи та відзначив, що зміст виконаних досліджень відповідає етапу календарного плану за 2011 рік, а наукові і практичні результати – поставленій цілі НДР. Він рекомендував заключний звіт з НДР схвалити до затвердження.

УХВАЛИЛИ: 1. Науково-дослідна робота виконана відповідно до технічного завдання і етапів календарного плану робіт у повному обсязі.
2. Науково-технічний рівень роботи відповідає сучасному рівню науки і техніки. Робота містить наукові і практичні результати.
3. Матеріали звіту не містять відомостей, які можуть бути віднесені до державної таємниці.
4. Заключний звіт схвалити і рекомендувати до затвердження.

**Голова секції,
професор**

О.Б. Іванов

**Вчений секретар,
доцент**

А.В. Рухлов

ДОДАТОК Г

РЕЦЕНЗІЯ

на науково-дослідну роботу

"Наукове обґрунтування і розробка концепції перевodu живлення підземних споживачів глибоких енергоємних шахт на напругу 20-35 кВ (ГП-419)"

Рецензована НДР присвячена актуальним питанням поліпшення показників якості напруги в системі підземного електропостачання глибоких рудних і вугільних шахт за рахунок оцінки пропускної здатності мереж та дослідження динаміки навантажень в системі електропостачання. Автори роботи успішно вирішили поставлене завдання та у рецензованому звіті з виконали аналіз роботи глибоких шахт, розвиток яких пов'язаний з подальшою розробкою робочих горизонтів і приведе різкому збільшенню електричних навантажень, що вимагає реконструкції системи електропостачання для забезпечення якості електроенергії при очікуваному росту навантажень. При цьому в роботі розглянуті наступні варіанти:

- підтримка рівня робочої напруги технічними засобами вольтодобавлення (лінійні регулятори, установки поздовжньої компенсації);
- переведення системи внутрішнього підземного електропостачання шахти на напругу 10 кВ;
- живлення нових глибоких горизонтів виконати напругою 35 кВ (глибокий ввід напруги 35 кВ).

Найбільш прийнятним для глибоких рудних шахт при реконструкції системи електропостачання у зв'язку з розробкою глибоких горизонтів виявлено третій варіант, який потребує змін до використовуваних "Єдиних правил безпеки при розробці рудних, нерудних і розсипних родовищ підземним способом".

Виконана оцінка основних параметрів і характеристик електротехнічного високовольтного рудничного електроустаткування вітчизняного й закордонного виробництва дозволяють констатувати:

- параметри й характеристики устаткування що випускається промисловими підприємствами серійно або за замовленням у рудничному виконанні дозволяють реалізувати варіант реконструкції системи електропостачання глибоких шахт за рахунок глибокого вводу напруги 35 кВ і спорудження підстанції 35/6 кВ на робочому горизонті;

- перевага при виборі схеми живлення підземної підстанції 35/6 кВ варто віддати варіанту "блок лінія - трансформатор", що дозволить відмовитися від розподільного пристрою 35 кВ у шахті при дотриманні діючих загальних і галузевих вимог експлуатації й безпеки.

У результаті запропоновані обґрунтовані рекомендації щодо номінальних значень напруг живильних і підземних розподільних мереж глибоких рудних і вугільних шахт із урахуванням технічних обмежень за умовами експлуатації; також розглянуті можливі варіанти структури та схем електропостачання підземних споживачів глибоких шахт на напрузі 20-35 кВ із урахуванням технологій видобутку, гірничо-геологічних умов і умов безпеки.

Робота представляє наукову й практичну цінність для наукових і інженерно-технічних працівників.

Виконані дослідження можуть бути використані для подальших робіт, присвячених підвищенню показників якості електричної енергії системі електропостачання енергоємних глибоких шахт.

**Завідувач відділу геомеханічних систем
та вібраційних технологій
Інституту геотехнічної механіки
ім. М. С. Полякова НАН України
д-р. техн. наук, професор**

Б.О. Блюсс

ДОДАТОК Д

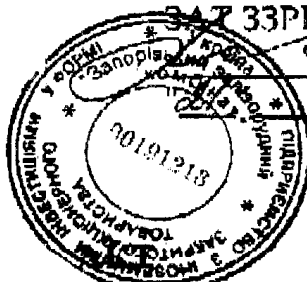
ЗАТВЕРДЖУЮ

Технічний директор

ЗАТ ЗЗРК

А.М. Зубко

12 2011р.



впровадження результатів досліджень

У результаті виконання Національним гірничим університетом (м. Дніпропетровськ) науково-дослідної роботи ГП-419 «Наукове обґрунтування і розробка концепції переводу живлення підземних споживачів глибоких енергоємних шахт на напругу 20-35 кВ», було перевірено технічні рішення з урахуванням структури підземної електричної мережі ЗАТ ЗЗРК.

Результати роботи використані МакНДІ (м. Макіївка) при розробці "Нормативів безпеки використання напруги 35 кВ для систем електроживлення підземних електроприймачів", дозволять застосування напруги 35 кВ для живлення глибоких горизонтів рудникових шахт, що зменшить втрати напруги, поліпшить якість електричної енергії та підвищить економічність роботи, за рахунок використання електричної енергії іншого класу.

Головний енергетик ЗАТ ЗЗРК

Башинський Д.В.