

Частина IV. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

УДК 621.316.

Ф.П. Шкрабець, д-р техн. наук, О.В. Остапчук, канд. техн. наук
(Україна, м. Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»)

ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ГЛИБОКИХ РУДНИХ І ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

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 [1-4]:

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

Відповідно до прийнятих умов, в якості прикладу на рис. 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 головна знижувальна підстанція (ГЗП) з двома триобмотковими трансформаторами напругою 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. Підземні електроприймачі одержують електроенергію від різних секцій РП 6 кВ за кількома, залежно від значень електричного навантаження, кабельним лініям напругою 6 кВ. Живлячі кабелі прокладаються по стовбуру, а їх довжина визначається глибиною горизонту шахти, який відпрацьовується. Для резервування електропостачання споживачів центральної підземної підстанції (ЦПП) другого горизонту можуть бути передбачені кабельні лінії напругою 6 кВ з ЦПП першого горизонту. Якщо відпрацьовується тільки один горизонт, то кола схеми, що відносяться до першого горизонту, виключаються.

На кожному горизонті представлені однакові структури системи. На першому горизонті до РП споживачів поверхні підключені: субабоненти, різні стаціонарні установки (підйом, вентиляція), трансформаторні підстанції (ТП), РП електроустановок шахти та інші приєднання. До шин ТП підключаються споживачі напругою до 1000 В. На другому горизонті до РП підземних споживачів відносяться одна або дві (рідше три) ЦПП. Від ЦПП отримують живлення: водовідливні установки, розподільні підземні пункти (РПП), трансформаторні підстанції для споживачів напругою до 1000 В пристовбурного двору й інші споживачі. До РПП підключаються пересувні дільничні підземні підстанції споживачів до 1000 В дільниці (підготовчих і очисних вибоїв).

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

Характерним для даних структур є те, що електричне навантаження, 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 довжина кабелів 6 кВ. З позиції визначення загальної довжини 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.

Кількість кабелів, що прокладаються по стовбуру, залежить від кількості горизонтів, що розробляються, і від потужності, що передається з урахуванням номінального струму ввідної коміррки в ЦПП і

необхідного резерву. Так, при використанні найпоширеніших в даний час вибухобезпечних комірок типу РВД з номінальним струмом 300 А йому відповідає переріз кабелю 150 мм², що допускається. Звідси визначається мінімальна кількість необхідних кабелів.

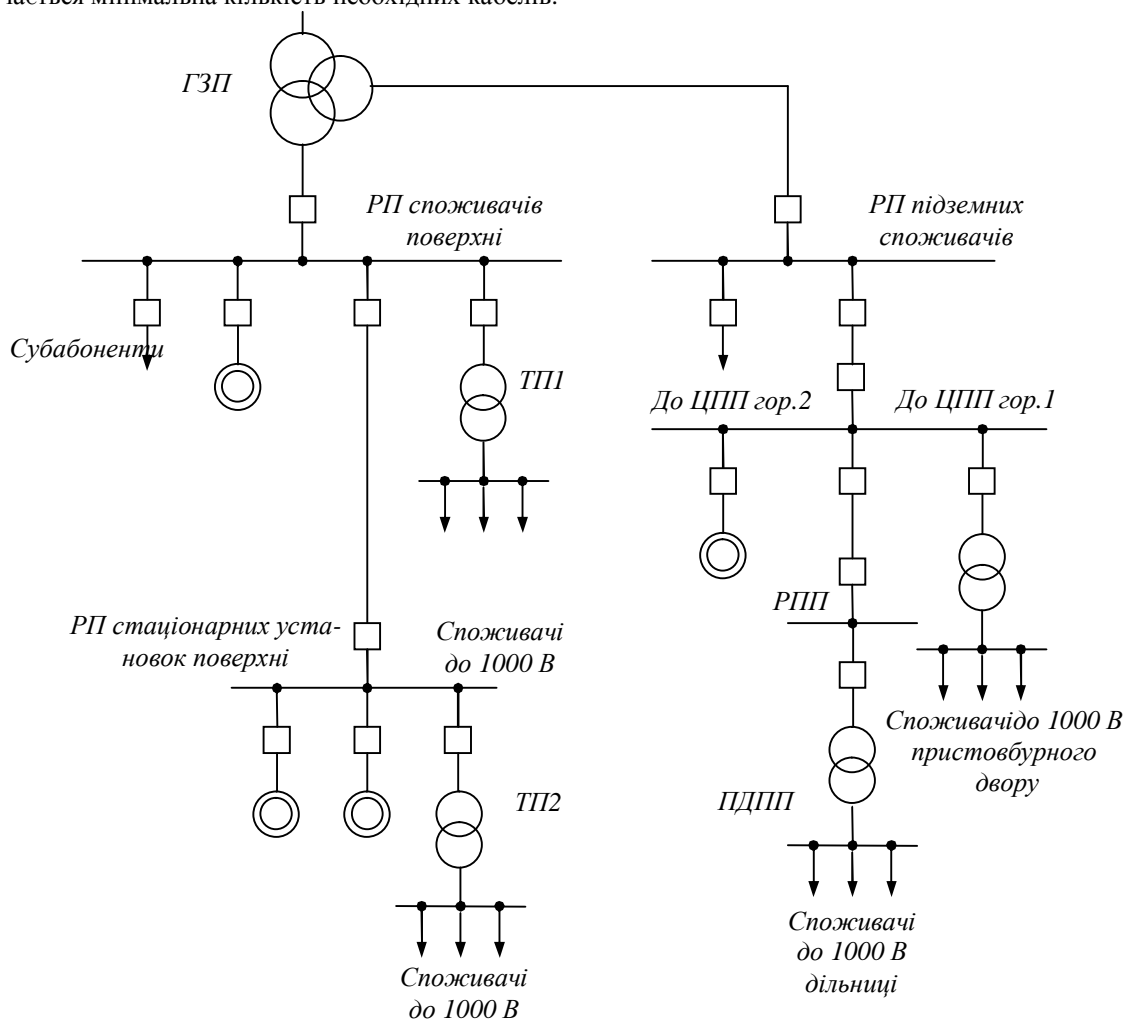


Рис. 1. Структура системи електропостачання шахти

У разі використання комірок типу ЯВ з номінальним струмом 400 А, переріз стовбурних кабелів може бути підвищений до 185-240 мм². При виборі кількості резервних кабелів у стовбурі необхідно керуватися табл. 1.

Таблиця 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

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

Секціонування шин в ЦПП має за мету забезпечити 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 високовольтних комірок в шахтах правила безпеки 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 кВА, а при використанні комірок ЯВ-6400 – 75000 кВА.

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 на кожному горизонті передбачається окрема ЦПП. 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, можливість їх ретельного монтажу і нагляду за ними;
- 3) зручність централізованого контролю і обслуговування високовольтної кабельної мережі шахти;
- 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 дорогого високовольтного електроустановлення у вибухобезпечному виконанні;
- 3) висока вартість довгої 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 є значне зростання енергозброєності. 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-компенсуювальних 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. При виборі слід використовувати нові методи розрахунку електричних навантажень з урахуванням регулювання режимів електроспоживання, ця комплексна 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 ГЗП. ГЗП розташовується, як правило, безпосередньо на території підприємства або на деякій відстані від нього. Вона обладнана дво- або триобмотковими трансформаторами потужністю 40-63 МВА напругою 110(154)/35/10(6) кВ і виконана за спрощеною схемою на стороні вищої напруги (з віддільниками і короткозамикачами). На стороні 6 кВ здійснюється живлення через ЗРП, де виконано розділення поверхневих і підземних споживачів [5].

Живлення від ГЗП шахти через стовбур здійснюється прокладкою кабелів 6 кВ до 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 комплектних розподільних пристроїв, переріз кабелю не повинен перевищувати 240 мм². Для підвищення надійності електропостачання в ЦПП застосовують секціоновану систему шин з пристроями автоматичного регулювання. Секційні вимикачі в нормальному режимі вимкнені. Від ЦПП по кабельних лініях електроенергія передається до стаціонарних дільничних знижувальних підстанцій (ДЗП). Згідно вимог правил безпеки при розробці двох і більше горизонтів на кожному з них споруджується ЦПП. Живлення кожної ЦПП здійснюється або за роздільною схемою безпосередньо від шин

6 кВ ГЗП або при невеликому навантаженні від шин ГЗП і ЦПП розміщеного вище 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 з вбудованим трансформатором струму нульової послідовності); ввідні і секційні.

Принципи оптимізації систем підземного електропостачання. Існуючі системи підземного електропостачання гірничих підприємств по суті розвивалися і продовжують розвиватися на базі принципів, закладених в них при проектуванні на початковій стадії електрифікації. Постійне вдосконалення технології, механізація і електрифікація гірничих робіт, призвели до підвищення потужності і збільшення кількості підземних електроприймачів, зростала складність проектування систем підземного електропостачання. При цьому основною методикою проектування було дотримання, окрім вимог правил безпеки, 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 залежать від досвіду і інженерної інтуїції проектувальника. Тим часом, системи підземного електропостачання все більш ускладнюються і приймають форму складної динамічної системи, що охоплює сукупність численних факторів і об'єктів. Достатньо 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 тощо. В цьому випадку, 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. 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 глибоких рудних і вугільних шахт

Однією з основних умов ефективного використання нового підземного устаткування є застосування на шахтах відповідної системи електропостачання. В даний час для шахтних 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 переріз 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.

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.

Характеристика розподільних ліній підземної електричної мережі. Як вже вказувалося, у зв'язку з підвищеною енергоємністю шахт застосування в даний час в розподільній мережі напруги 6 кВ призводить до необхідності прокладки по стовбуру великої кількості кабелів, число яких на деяких шахтах доходить до 4-5, а на окремих об'єктах до 10 і більше [6]. Зростаючі навантаження виїмкових дільниць 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. 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]. Отже, виникає потреба застосовувати в шахтних розподільних мережах більш високої напруги.

Вибір рівня напруги високовольтних розподільних мереж шахт є одним з важливих питань, вирішити яке необхідно для забезпечення подальшого підвищення потужності вугільних шахт. Підвищена напруга дозволить також полегшити кабельну мережу та збільшити гнучкість системи електропостачання, що важливо в умовах інтенсифікації підземних робіт (при швидких темпах відпрацювання шахтних полів, частих переміщеннях устаткування тощо).

Межі допустимих відхилень напруги в шахтній мережі.

Межі допустимих відхилень напруги в дільничній низьковольтній електромережі визначаються: фактичним рівнем напруги на затискачах вторинної обмотки живильного трансформатора; 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 та 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.

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

Для усунення вказаного 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].

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 нашому 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, МВА:

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

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, Ом:

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

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.

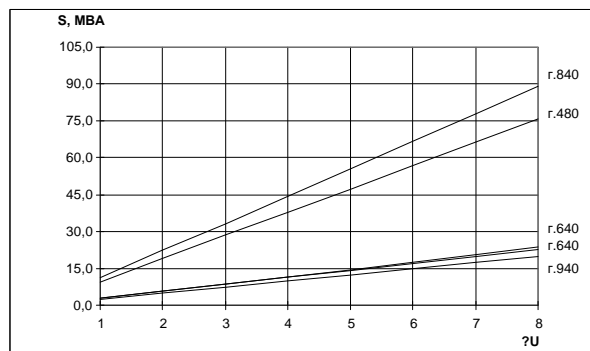
Магнітне поле, що виникає навколо та всередині жил кабелів визначає їх індуктивний опір. ЕРС, що відповідає індуктивному опору, наводиться в кожному проводі лінії магнітними полями всіх фазних проводів. Тому її величина, а отже і величина пропорційного їй індуктивного опору залежать від взаємного розташування 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:

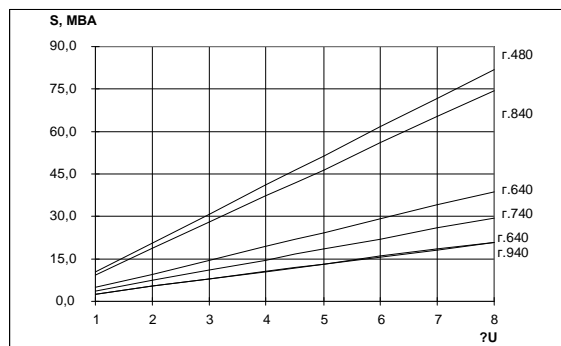
$$X = x_0 \cdot l \cdot 10^{-3} \text{ Ом},$$

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

По наведеним формулам проведено розрахунок та використовуючи середньозважені для шахти значення $\cos \phi \approx 0,707$, $\sin \phi \approx 0,707$, визначалась пропускна здатність відповідних стовбурових кабелів при робочій напрузі 6 та 10 кВ представлені на рисунках 2 – 3 відповідно.

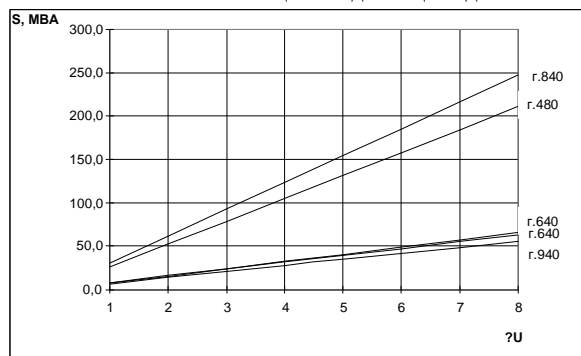


а)

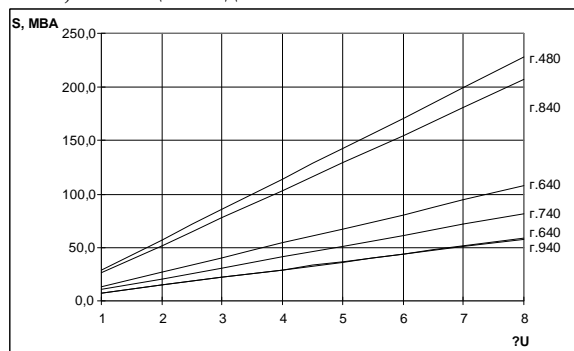


б)

Рис. 2. Пропускна здатність кабелів при напрузі мережі 6 кВ:
а – секція 1 підстанції підземних споживачів; б – секція 2 підземних споживачів



а)



б)

Рис. 3. Пропускна здатність кабелів при напрузі мережі 10 кВ
а – секція 1 підстанції підземних споживачів; б – секція 2 підземних споживачів

Виходячи з наведених графіків можна зробити висновок про значне підвищення пропускної здатності кабельної мережі при переведенні на більш вищий рівень напруги. Але на багатьох гірничих підприємствах класу напруги 10 кВ не існує тому потрібна побудова окремої підстанції. Крім того, в системах електроприводу застосовуються високовольтні двигуни номінальною напругою 6 кВ, що призведе до їх заміни та значних капіталовкладень. В цьому випадку найбільш доцільним є використання робочої напруги 35 кВ для стовбурних кабелів в системі підземного електропостачання, зі збереженням напруги 6 кВ для підземної розподільної мережі. Вище вказаний клас уже дозволяється використовувати у гірничих виробках, що не є безпечними за газовим та пиловим фактором.

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) розраховано за формулою:

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

де $D_{сер} = \sqrt[3]{D_{1-2}D_{2-3}D_{1-3}}$ – 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.

Пропускна здатність кабельної лінії на на гор.1000 м зображена на рисунку 4.

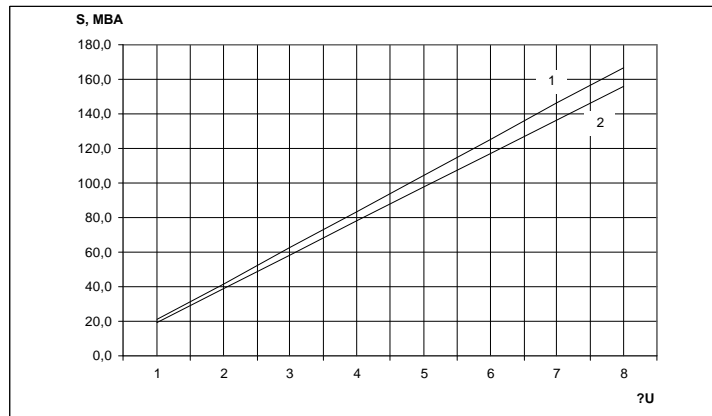


Рис. 4. – Пропускна здатність кабелів при напрузі мережі 35 кВ:
1 – відстані між кабелями 1,2,3 ($D_{1-2}D_{2-3}D_{1-3}$ - 100,100,200 мм);
2 – відстані між кабелями 1,2,3 ($D_{1-2}D_{2-3}D_{1-3}$ - 200, 200, 400 мм)

Висновки

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.

2. 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.

3. 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.

4. 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 пропускну здатності стовбурних кабелів до конкретних горизонтів з урахуванням параметрів існуючих кабелів без їхнього посилення або заміни.

Список літератури

1. Белых, Б.П. Электрические нагрузки и электропотребление на горнорудных предприятиях [Текст]: учеб. Пособие / Б.П. Белых, И.С. Свердель, В.К. Олейников; М., Недра, 1971. – 247 с.
2. Электрификация горных работ [Текст]: учеб. / под. Ред. С.А. Волотковского. – Киев: Вища школа. 1980. – 448 с.
3. Электрооборудование и электроснабжение горнорудных предприятий [Текст]: учеб. / под. Ред. В.С. Виноградова. – М., Недра, 1983, – 335 с.
4. Электрификация горного производства [Текст]: Т.1. учеб. Для вузов / В.Т. Заика, Ю.Т. Разумный, А.Я. Рыбалко и др.: в 2-х т. Под ред. Л.А. Пучкова и Г.Г. Пивняка.– Москва: МГГУ, 2007. – 511 с.: ил.
5. Разумный, Ю. Т. Повышение эффективности электроснабжения угольных шахт. [Текст]: учеб. Пособие / Ю.Т. Разумный, Ф. П. Шкрабец – К.: Техника, 1984. -136 с.

6. Шишкин, Н.Ф. Основные направления электрификации современных шахт. [Текст] монограф// Н.Ф. Шишкин., В.Ф. Антонов; М.: Наука, 1981. – 116 с.
7. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети. [Текст]: справочник/под общей ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербиновского 2-е изд., перераб. И доп./– М.: Энергия 1980.– 576 с., ил.

Рекомендовано до друку проф. Разумним Ю.Т.

УДК 622.272:621.3.07

Н.Ю. Рухлова

(Украина, Днепропетровск, Государственное ВУЗ “Национальный горный университет”)

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГЛАВНОГО ВОДООТЛИВА ШАХТЫ В РЕЖИМЕ ПОТРЕБИТЕЛЯ-РЕГУЛЯТОРА

Введение. Одной из основных проблем в работе энергосистемы является неравномерность графика электропотребления, т. е. существуют явно выраженные периоды максимального потребления электроэнергии. Для покрытия максимальных нагрузок, уровень которых превышает базовую мощность существующих источников энергии, необходимо привлечение дополнительных (маневренных) источников, что в свою очередь приводит к увеличению удельного расхода топлива на отпущенную электроэнергию и, как следствие, увеличение ее стоимости.

Проблему неравномерности графика электрических нагрузок (ГЭН) возможно решить путем огромных капиталовложений на создание гидроаккумулирующих или (и) газотурбинных электрических станций в энергосистеме. Однако такие станции не всегда могут быть высокоэффективными. Поэтому другим, более эффективным направлением является использование энергоемких установок промышленных предприятий, как основных потребителей электроэнергии, в качестве потребителей-регуляторов (П-Р). Использование потребителей в данном качестве позволяет изменять режим их работы не нарушая технологического процесса и не влияя на производительность всего предприятия в целом. На угольных шахтах в режиме П-Р возможно использовать главную водоотливную установку (ГВУ), которая является достаточно энергоемким потребителем, а регулирование режима ее работы может привести к снижению платы за потребленную электроэнергию всего предприятия.

Цель работы – формирование обобщенного критерия оценки эффективной работы главной водоотливной установки шахты в режиме потребителя-регулятора.

Изложение основного материала. Режимы работы существующих ГВУ характеризуются невозможностью их использования как эффективных П-Р. Участие главного водоотлива в регулировании режима электропотребления должно быть экономически выгодным как потребителю (шахте), так и производителю (энергосистеме) при условии использования дифференцированного по периодам суток тарифа на электроэнергию. При таком тарифе устанавливаются периоды времени, в пределах которых плата за потребляемую электроэнергию разная, что стимулирует предприятие (шахту) ограничивать свое электропотребление в часы максимума нагрузок энергосистемы. В часы ночного провала, полупика и пика плата за потребленную электроэнергию осуществляется с тарифным коэффициентом 0,35, 1,02 и 1,68 соответственно. Исходя из этого экономический эффект от изменения режимов работы водоотлива, отключения насосов в часы пика и интенсивной откачки воды в часы ночного провала энергосистемы должен быть достаточно высоким.

В общем случае при изменении нагрузки на величину ΔP в течение времени $t_1 - t_2$ расход топлива можно записать так [1]:

$$\Delta G = \int_{t_1}^{t_2} j \Delta P(t) dt, \quad (1)$$

где j – относительный прирост расходов топлива по нагрузке или увеличение расхода топлива при изменении нагрузки на единицу. Этот показатель изменяется в зависимости от нагрузки. При переходе ТЭС из базового режима работы в полупиковый и дальше в пиковый мощность станции увеличивается и определяется дополнительное количество топлива, необходимое для обеспечения нагрузки превышенной сверх базовой.

Критерием оценки расхода топлива являются его удельные показатели на выработку одного кВт·ч. На практике величина удельного расхода условного топлива g_0 рассчитывается по фактическим данным о выработке электроэнергии W и общему расходу топлива G путем деления G / W . Однако такие расчеты