

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Розробка системи електропостачання споживачів із застосуванням засобів контролю якості електричної енергії»

КРБ.141ЕЕбд_31[1].05.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
ступеня вищої освіти бакалавр
групи 141ЕЕбд_31[1]
ЗІНЧИК Богдан

Керівник: канд. техн. наук, доцент
БИЧКОВ Ярослав

Полтава – 2025 року

ВСТУП

Якісні показники електричного струму мають вирішальне значення для стабільно роботи всіх споживачів. Відхилення від номінальних значень може призвести до небажаних наслідків і виходу з ладу дорогого обладнання і оргтехніки. Тому забезпечення споживачів електроенергією у межах номінальних значень є актуальною задачею.

Обраний підхід до проектування зовнішнього електропостачання дозволить створити сучасний, надійний і економічно вигідний об'єкт. Неухильне дотримання технічних вимог і регламентів, орієнтованих на безпеку і стабільність системи, забезпечить тривалу і безперебійну роботу електропостачання на об'єкті.

Електричні збої можуть призвести до серйозних наслідків. Від складного електронного обладнання залежить добробут великої кількості людей.

З цієї причини багато установ купують автономні джерела живлення для своїх будівель. Такі джерела, як правило, надходять в роботу при збоях в міських мережах електропостачання.

Однією з причин збоїв у роботі електропостачання є порушення якості електропостачання, яке обумовлене різними причинами: зносом обладнання в системі електропостачання, перевантаженням електромереж, обривами в лініях електропередач і та ін.

Мета роботи – розробка системи безперебійного електропостачання споживачів із застосуванням засобів контролю якості електричної енергії.

Об'єкт розробки – будівля торгівельно-розважального центру МИР з офісами та продуктовими магазинами.

Предмет розробки – система резервного електрозабезпечення ТРЦ МИР.

Методика досліджень системний аналіз можливостей та засобів реалізації системи безперебійного електропостачання споживачів із застосуванням засобів контролю якості електричної енергії. Розрахунок основних показників для реалізації проекту, графічне відображення технологічних процесів, визначення

параметрів електричних елементів, економічна оцінка та безпека технічного обслуговування електроустановок з напругою до 1000 В

Практичні результати роботи – проведено підбір спеціалізованого обладнання для аналізу якості електроенергії, запропоновано схеми включення АВР у разі невідповідності чи припинення електропостачання, розраховано параметри силового кабелю, розраховано орієнтовну вартість технічних засобів для реалізації проекту, сформовано основні положення безпекової діяльності підприємства. Результати розробленої проектної документації можуть бути рекомендовані для впровадження на підприємствах соціально-побутового призначення.

1 ОГЛЯД ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

1.1 Характеристика показників якості електричної енергії

Відхилення напруги від номіналу спричиняються добовими, сезонними та технологічними коливаннями електричного навантаження споживачів, зміною потужності компенсуючих пристроїв, регулюванням напруги генераторами електростанцій і підстанцій енергосистем, а також змінами схеми та параметрів електромереж.

Діапазон відхилення напруги від номінальної визначається різницею між дійсним значенням U та встановленим номінальним $U_{ном}$ (з 1 липня 2025 року у Полтаві, як і по всій Україні, номінальна напруга мереж низької напруги загального призначення зміниться з 220 В на 230 В) [1].

$$\delta U = U - U_{ном} \quad (1.1)$$

або,

$$\delta U = \frac{U - U_{ном}}{U_{ном}} 100 \quad (1.2)$$

Девіація усталеної напруги δU_y дорівнює, % :

$$\delta U_y = \frac{U_y - U_{ном}}{U_{ном}} 100 \quad (1.3)$$

де U_y усталене (ефективне) значення напруги для інтервалу усереднення.

У електромережах однофазного струму ефективне значення напруги визначається як значення напруги основної частоти $U_{(1)}$.

Стандарт $U_{(1)}$ нормує відхилення напруги на клеммах електроприймачів. Нормально допустимі і гранично допустимі значення відхилення усталеної напруги

дорівнюють ± 5 і ± 10 % від номінального значення напруги відповідно і в точках загального приєднання споживачів електричної енергії.

Енергетична енергія повинна встановлюватися в договорах на час виконання мінімальних і максимальних навантажень в енергосистемі з урахуванням необхідності дотримання норм стандарту на терміналах приймачів електричної енергії відповідно до нормативних документів.

Коливання напруги виникають через різкі зміни навантаження на певній ділянці електричної мережі. Це може бути спричинено, наприклад, запуском асинхронного двигуна з великою кратністю пускового струму або роботою технологічного обладнання з нестабільним режимом, що супроводжується короткочасними змінами активної та реактивної потужності, як у випадку з електроприводами [2, 3].

Зазвичай контролюють два показники:

- Діапазон зміни напруги δU_t
- доза мерехтіння P_t

Діапазон зміни напруги δU_t обчислюється за формулою у%,

$$\delta U_t = \frac{(U_i - U_{i+1})}{U_{ном}} 100 \quad (1.4)$$

де U_i , - значення U_{i+1} послідовних крайніх значень (або екстремуму і горизонтального перерізу) огинаючої середньоквадратичного значення напруги, відповідно до рис. 1.1.

Рисунок 1.1– Коливання напруги

Частоту повторення зміни напруги $F_{\delta U_t}$, (1/с, 1/хв) визначається виразом:

$$F_{\delta U_t} = \frac{m}{T} \quad (1.5)$$

де m – число змін напруги за час T ;

T - інтервал часу вимірювання, який приймається рівним 10 хвилинам.

Інтервал часу між змінами напруги становить:

$$\Delta t_{i,i+1} = t_{i,i+1} - t_i \quad (1.6)$$

Оцінювання допустимих діапазонів зміни напруги (зокрема, її коливань) здійснюється на основі кривих, що відображають залежність між цими діапазонами та частотою повторень або тривалістю інтервалів між змінами. Якість електроенергії в точці загального приєднання за наявності періодичних змін напруги у вигляді прямокутного сигналу (меандра) (див. рис. 1.2) вважається відповідною стандарту, якщо зафіксоване значення амплітуди змін не перевищує рівнів, поданих на кривих рис. 1.2, з урахуванням відповідної частоти повторення або часових інтервалів між коливаннями.

Рисунок 1.2 – Коливання напруги довільної форми (а) і меандрової форми (б)

Максимально допустиме значення суми усталених відхилень напруги δU_y і діапазону зміни напруги δU_t в точках приєднання до електричних мереж напругою 0,38 кВ дорівнює $\pm 10\%$ від номінальної напруги.

Флікер (мерехтіння) – це міра сприйнятливості людини до впливу коливань світлового потоку, викликаних коливаннями напруги в мережі живлення за певний проміжок часу. (P_{st}, P_{Lt}). Короткочасною вважається доза флікеру при інтервалі часу спостереження, що дорівнює 10 хвилинам, тривала з інтервалом в 2 години.

Вихідними даними для розрахунку є рівні мерехтіння, виміряні за допомогою флікерметра - приладу, в якому моделюється крива чутливості (амплітудно-частотна характеристика) органу ока людини. Доза мерехтіння ЕК відповідає вимогам стандарту, якщо короткочасні та довготривалі дози мерехтіння, визначені вимірюванням протягом 24 годин або розрахунком, не перевищують гранично допустимих значень: для дози короткочасного мерехтіння – 1,38 і для довготривалої дози – 1,0 (при коливаннях напруги з формою, відмінною від меандру).

Допустиме значення гранично допустимого значення для короткочасної дози мерехтіння в точках загального приєднання споживачів електроенергії з лампами розжарювання в приміщеннях, де потрібне значне візуальне напруження, становить 1,0, а для тривалих – 0,74, при коливаннях напруги з формою, відмінною від меандрової.

У процесі генерації, трансформації, транспортування та використання електроенергії виникають відхилення у вигляді синусоїдальних форм струму та напруги. Джерелами таких спотворень є синхронні генератори, трансформатори, що працюють при підвищеній магнітній індукції в осерді (через підвищену напругу на виводах), перетворювачі змінного струму на постійний, а також обладнання з нелінійною вольт-амперною характеристикою (нелінійні навантаження). Внесок синхронних генераторів і трансформаторів у загальний рівень спотворень є незначним і суттєво не впливає на електропостачання та функціонування джерел живлення. Основними ж чинниками виникнення спотворень залишаються вентильні перетворювачі, установки для дугового та контактного зварювання, частотні перетворювачі а також багато електронних пристроїв (зокрема телевізори, персональні комп'ютери), газорозрядні лампи тощо.

Частотні синусоїдальні компоненти називаються гармонічними компонентами або гармоніками. Синусоїдальна складова, період якої дорівнює періоду несинусоїдальної періодичної величини, називається фундаментальною або першою гармонікою. Складові синусоїди з частотами від другого до n -го називаються вищими гармоніками (рис. 1.3).

Рисунок 1.3. – Стресова несинусоїдальність

Стресова несинусоїдальність характеризується наступними показниками:

- коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги.
- коефіцієнт n -ї гармонічної складової напруги.

Коефіцієнт спотворень синусоїди кривої напруги K_U , % визначається виразом,

$$K_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N U_{(n)}^2}}{U_{(1)}} 100 \quad (1.7)$$

де $U_{(n)}$ ефективне значення n -ї гармонічної складової напруги, В;

n - порядок гармонійної складової напруги,

N - порядок останньої з гармонійних складових напруги, еталон встановлений при $N = 40$;

$U_{(1)}$ – ефективне значення основної частоти напруги, В.

Допускається K_U визначати виразом, %

$$K_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N U_{(n)}^2}}{U_{ном}} 100 \quad (1.8)$$

де $U_{ном}$ – номінальна напруга мережі, В.

Коефіцієнт n -ї гармонічної складової напруги дорівнює, %

$$K_{U(n)} = \frac{U_{(n)}}{U_{(1)}} 100 \quad (1.9)$$

Допускається $K_{U(n)}$ обчислювати виразом, %

$$K_{u(n)} = \frac{U_{(n)}}{U_{(ном)}} 100 \quad (1.10)$$

Для розрахунку необхідно визначити рівень напруги окремих гармонік, що генеруються нелінійним навантаженням. Фазна напруга гармоніки в розрахунковій точці мережі знаходять з виразу:

$$U_{(n)} = \frac{I_{(n)} n U_{нп} U_{ном}}{S_k} \quad (1.11)$$

де I_{eff} - ефективне значення фазного струму n-ї гармоніки; $U_{\text{нп}}$ - напруга нелінійного навантаження (якщо розрахункова точка збігається з точкою кріплення нелінійного навантаження, то $U_{\text{нп}}=U_{\text{ном}}$); $U_{\text{ном}}$ - номінальна напруга мережі; $S_{\text{к}}$ - потужність короткого замикання в точці приєднання нелінійного навантаження. Для розрахунку $U_{(n)}$ необхідно попередньо визначити струм відповідної гармоніки, який залежить не тільки від електричних параметрів, але і від виду нелінійного навантаження.

Тип падінням (просіданням) напруги розуміється раптова значна зміна напруги в точці електричної мережі нижче рівня 0,9 з подальшим відновленням напруги до початкового рівня або близького до нього через проміжок часу від десяти мілісекунд до декількох десятків секунд (рисунок 1.4).

Рисунок 1.4 - Падіння напруги

Характерною рисою просідання напруги є його тривалість - Δt_n , що дорівнює:

$$\Delta t_n = t_k - t_n \quad (1.12)$$

де t_n і t_k - початковий і кінцевий моменти часу падіння напруги. Для просідання напруги також характерна глибина просідання напруги - різниця між номінальним значенням напруги і мінімальним значенням ефективної напруги, виражена в одиницях напруги або у відсотках від її номінального значення. Просідання напруги розраховується за виразами

$$\delta U_n = U_{\text{ном}} - U_{\text{мін}} \quad (1.13)$$

$$\text{або, \%} \quad \delta U_n = \frac{U_{\text{ном}} - U_{\text{мін}}}{U_{\text{ном}}} 100 \quad (1.14)$$

Допустиме значення тривалості падіння напруги в електричних мережах напругою до 20 кВ включно становить 30 с.

Імпульс напруги та короткочасне перенапруження. Деформація форми кривої напруги живлення може виникати через високочастотні імпульси, які з'являються під час комутаційних процесів у мережі, дії розрядників тощо. У таких випадках рівень спотворення напруги визначають за значенням імпульсної напруги. (рис. 1.5).

Рисунок 1.5 – Параметри імпульсної напруги

Імпульсна напруга у відносних одиницях дорівнює:

$$\delta U_{\text{имп}} = \frac{U_{\text{имп}}}{\sqrt{2}U_{\text{ном}}} \quad (1.15)$$

де $U_{\text{имп}}$ – значення імпульсної напруги, В.

Амплітуда імпульсу визначається як найвище миттєве значення напругового імпульсу. Тривалість імпульсу — це часовий інтервал від початку імпульсу до моменту, коли миттєве значення напруги повертається до початкового рівня або значення, близького до нього. Значення напруги не підлягає нормуванню згідно зі стандартом.

Основними завданнями контролю є:

1. Перевірка відповідності вимогам стандарту в частині оперативного контролю в електричних мережах загального призначення;
2. Перевірка відповідності фактичних значень на інтерфейсі мережі шляхом віднесення балансу значенням, зафіксованим у договорі на постачання електроенергії;
3. Розробка технічних умов на приєднання споживача;
4. Сертифікація електричної енергії.

Основна мета діагностичного контролю якості електроенергії на межі електричних мереж споживача і енергопостачальної організації полягає у виявленні причини погіршення якості електроенергії, визначенні допустимого

внеску в порушення вимог стандарту, включенні їх в договір про постачання електроенергії, нормалізації якості електроенергії [4].

Діагностичний контроль необхідно здійснювати під час видачі та перевірки дотримання технічних умов приєднання споживача до електромережі, контролю виконання умов договору на постачання електроенергії, а також у ситуаціях, коли слід оцінити внесок окремих груп споживачів, підключених до спільного енергоцентру, у погіршення якості електроенергії. Такий контроль має проводитися регулярно та включати короточасні вимірювання (тривалістю не більше одного тижня) параметрів і характеристик. Під час діагностичного контролю здійснюють вимірювання як нормованих, так і ненормованих показників, струмів, їх гармонійних і симетричних складових, а також відповідних потоків потужності.

На подальших етапах діагностичних вимірювань якості електроенергії контрольними точками повинні бути шини районних підстанцій, до яких підключені кабельні лінії споживачів. Вони також становлять інтерес з точки зору перевірки коректної роботи перемикачів трансформаторів, збору статистичних даних, а також реєстрації провалів напруги і короточасних перенапруг у мережі. Це дозволяє здійснювати нагляд за функціонуванням наявних засобів підтримки якості електроенергії – таких як синхронні компенсатори, статичні батареї конденсаторів, трансформатори і генератори, які підтримують допустимі відхилення напруги, а також за роботою захисних пристроїв і систем автоматики в електричній мережі.

Інспекційний контроль якості електроенергії здійснюється органами з сертифікації з метою отримання даних про фактичний стан сертифікованої електричної енергії в мережах енергопостачальної компанії, перевірки дотримання вимог і правил, передбачених сертифікатом, а також підтвердження того, що показники якості електроенергії залишаються в межах встановлених норм протягом усього терміну його дії.

Оперативний контроль якості електроенергії є важливим під час експлуатації в точках електромережі, де спостерігаються перекося напруги, що не можуть бути

усунені у найближчій перспективі. Такий контроль необхідно здійснювати в місцях приєднання тягових підстанцій залізничного та міського електротранспорту, а також на підстанціях підприємств, де використовуються пристрої з нелінійними електричними характеристиками, у системах електропостачання промислових об'єктів і при організації живлення споживачів.

Прилади комерційного обліку якості електроенергії реєструють відносний час, протягом якого параметри якості електроенергії у пункті контролю виходять за межі нормальних і гранично допустимих значень упродовж розрахункового періоду. Ці дані використовуються для визначення доплат до тарифів для сторін, відповідальних за погіршення якості електроенергії на промисловому підприємстві [5, 6].

Контроль якості електроенергії в пунктах загального приєднання споживачів електроенергії до систем загального призначення здійснюється енергопостачальними організаціями (пункти контролю вибираються відповідно до нормативних документів). Частота вимірювань якості електроенергії:

- у разі сталого відхилення напруги – щонайменше двічі на рік, залежно від сезонної зміни навантаження в розподільній мережі енергоцентру, а якщо в енергоцентрі встановлено автоматичне регулювання напруги лічильника – не рідше одного разу на рік;
- в інших випадках – не менше одного разу на два роки, за умови незмінності схеми мережі та її складових, а також за відсутності суттєвих змін у характері електричних навантажень споживача, що можуть погіршити якість електроенергії.

Періодичність контролю якості електроенергії встановлюється споживачем електричної енергії за погодженням з енергопостачальною організацією.

1.2 Засоби контролю якості електричної енергії

Контроль якості електричної енергії здійснюється за допомогою різних пристроїв, призначених для вимірювання й аналізу параметрів електромережі, зокрема напруги, струму, частоти, гармонік, флікеру та інших характеристик. Такі пристрої сприяють підтриманню належного рівня електропостачання та захищають обладнання від можливих ушкоджень [5].

Основні засоби контролю якості електричної енергії:

- аналізатори якості електричної енергії;
- пристрої, які вимірюють та аналізують основні параметри електричної енергії, такі як напруга, струм, потужність, гармонічні спотворення, флікер та інше.

Серед інших за технічними характеристиками та універсальністю ми обрали прилади, що отримали назву «Аналізатори якості електроенергії».

Вони поєднують у собі майже усі можливі прилади з визначення та аналізу показників якості електричної енергії [6].

Аналізатор якості енергії PM175 використовується для вимірювання й фіксації ключових характеристик електричної енергії та потужності, зокрема параметрів, що визначають її якість, у мережах загального електропостачання [7].

Аналізатори задовольняють вимогам стандартів 6. ДСТУ OIML D 11:2019, ДСТУ EN 62052-11:2015, ДСТУ EN 62053-22:2015 і технічної документації фірми SATEC LTD, Ізраїль [8-10].

Рисунок 1.6 – Аналізатор якості електроенергії SATEC PM175

Технічні характеристики

Точність вимірювань:

- Клас точності 0.2 S;
- Виміри значень параметрів, починаючи від 1 періоду мережевої частоти;

Аналіз якості електроенергії:

- Моніторинг електричної мережі, осцилографування по 6 каналам (3 входу напруги, 3 входу струму);
- Аналіз якості електроенергії відповідно до стандарту МЕК61000-4-30, клас S [11];
 - КІС по струму та напрузі, індивідуальні гармоніки (до 50);
 - Стале відхилення напруги в режимах найбільшою, найменшою і добового навантаження;
 - Викривлення синусоїдальності кривої напруги;
 - Коефіцієнт n-ої гармонійної складової напруги;
 - Несиметрія напруг зворотної та нульової послідовності;
 - Відхилення частоти;
 - Розмах зміни напруги та доза флікера;
 - Провали напруги;
 - Імпульсна напруга і тимчасові перенапруги.

Годинник реального часу (RTC):

- Незалежний годинник та календар, похибка ходу 0.5 сек / день;
- Присвоєння міток часу;
- Синхронізація часу по каналу зв'язку або по дискретному входу;
- Аварійна сигналізація і управління;
- 16 керуючих тригерів, програмовані уставки;
- 2 програмованих релейних виходи 3А, 250;
- 2 дискретних входи, 2 аналогових входи / виходи;
- Запис та зберігання графіків навантаження;

Ізоляція:

- Повна гальванічна ізоляція кін струмів та напруг;
- 6 кВ імпульс

Комунікація:

- 2 незалежних порти зв'язку (RS232, RS422, RS485, модем, Ethernet, Profibus DP);
- Протоколи: Modbus RTU, ASCII, DNP 3.0;

Датчики напруг та струмів для встановлення на опорах ЛЕП:

- Прилади SATEC серії PM175 в спеціальній модифікації дозволяють підключати до приладу спеціальні вимірювальні MV-датчики, суміщені з конструкцією опорного ізолятора;
- MV-датчики разом з приладами SATEC дозволяють створити компактне, надійне та економічне рішення для підвищення надійності спостереження в розподільних мережах 6/10/35 кВ.

Переваги MV-датчиків:

- Компактність та економічність;
- Висока надійність;
- Монтаж без відключення лінії;
- Збільшений термін служби в порівнянні зі звичайними ТТ та ТН;
- Відсутність резонансів напруг;

Завдання системи моніторингу:

- Моніторинг всіх параметрів мережі;
- Вимірювання втрат в розподільних мережах;
- Реєстрація фактів розкрадання електроенергії;
- Контроль якості електроенергії;
- Баланс енергії;
- Виявлення несправностей;
- Контроль та регулювання рівня напруги.

Висновок до розділу 1

Відхилення напруги в електричних мережах виникають через добові, сезонні та технологічні зміни навантаження, а також через особливості роботи обладнання. Основними показниками якості напруги є: відхилення від номінального значення, колювання, мерехтіння (флікер), спотворення синусоїдальності (гармоніки) та

падіння напруги. Встановлені нормативи регламентують допустимі межі цих відхилень.

З метою забезпечення якості електроенергії проводяться діагностичний, інспекційний та оперативний контроль, включаючи вимірювання параметрів, аналіз відхилень, виявлення джерел порушень і контроль дотримання договірних умов. Спеціальні прилади (зокрема флікерметри) дозволяють реєструвати відхилення та встановлювати відповідальність за погіршення якості. Регулярний контроль дозволяє забезпечити стабільне і якісне електропостачання споживачам.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розміщення та характеристики об'єкту

Торгівельний центр МИР знаходиться у мікрорайоні Левада за адресою місто Полтава, просп. Миру 30А

Живлення районної трансформаторної підстанції здійснюється від кабельної мережі 10 кВ (рис. 2.1).

Рисунок 2.1 – Розподільча мережа 10 кВ

Рисунок 2.2 – Генплан ТРЦ МИР

Забезпечення гарантованого електропостачання будівлі вкрай необхідне, оскільки робота офісного комплексу щоденна та безперервна. У разі перебоїв з електроенергією будівля має підтримувати електропостачання автономно. Для цих цілей поруч з будівлею розташована дизель-генераторна установка (ДГУ) (рис. 2.2), розташована в спеціальній ємності з шумопоглинаючого матеріалу.

На даний момент підключення дизель-генераторної установки в разі виникнення збою в міських електромережах здійснюється співробітниками Комплексу МИР, які працюють цілодобово. Незважаючи на те, що більшість робочих станцій мають джерела безперебійного живлення, їх робота розрахована на короткий проміжок часу. У цей період співробітник, відповідальний за підключення дизельного генератора, повинен відреагувати на відсутність електропостачання в будівлі, якомога швидше дістатися до агрегату і запустити його.

Весь описаний вище процес займає досить велику кількість часу. У зв'язку з цим підключення резервної дизель-генераторної установки (ДГУ) в будівлі офісного комплексу МИР потребує автоматизації.

Основна мета – розробити автоматичне підключення резервного живлення

для будівлі офісного комплексу за м. Полтава, просп. Миру 30А

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- ознайомитися з діяльністю підприємства;
- вивчити вимоги правил улаштування електроустановок (ПУЕ) для надійності електропостачання;
- вивчити способи гарантованого електропостачання споживачів електричної енергії;
- розглянути автономні джерела електропостачання;
- підібрати конкретне обладнання для схеми АВР;
- розробити схему підключення резервної дизель-генераторної установки.

Пристрої АВР повинні бути передбачені для відновлення електропостачання споживачів шляхом автоматичного приєднання резервного джерела живлення у разі відключення робочого електроживлення, що призводить до знеструмлення електроустановок споживача. Також повинні бути передбачені пристрої АВР для автоматичного включення резервного обладнання в разі невідповідності якісних показників електроенергії, що призводить до порушення нормального технологічного процесу.

Також рекомендується передбачати пристрої АВР, якщо їх застосування дозволяє спростити релейний захист, знизити струми короткого замикання і знизити вартість обладнання за рахунок заміни кільцевих мереж на радіально секційні і т.д.

Пристрої АВР можуть встановлюватися на трансформаторах, лініях, секційних і шинних з'єднувальних вимикачах, електродвигунах і т.д.

Пристрій АВР, як правило, повинно забезпечувати можливість його роботи в разі втрати напруги на шинах живиться елемента, викликаного будь-якою причиною, в тому числі і коротким замиканням на цих шинах.

При відключенні вимикача справного джерела живлення пристрій АВР повинен, як правило, включати вимикач резервного джерела живлення без додаткової тимчасової затримки. При цьому повинна бути забезпечена одноразова робота пристрою.

Для забезпечення роботи АВР у разі знеструмлення елемента, що подається, внаслідок втрати напруги на стороні живлення робочого джерела, а також у разі відключення автоматичного вимикача на приймальній стороні (наприклад, для випадків, коли релейний захист робочого елемента діє тільки на відключення автоматичних вимикачів на стороні живлення) в колі АВР повинен бути передбачений пусковий елемент напруги. У разі втрати напруги на живильному елементі і при наявності напруги з боку живлення резервного джерела зазначений пусковий пристрій повинен діяти з витримкою часу на відключення вимикача робочого джерела живлення з приймальної сторони. Пускач напруги АВР не повинен передбачатися, якщо робочий і резервний елементи мають однакове джерело живлення.

Для трансформаторів і ліній ближнього сполучення з метою прискорення роботи АВР доцільно виконувати релейний захист з дією на відключення не тільки автоматичного вимикача з боку живлення, але і автоматичного вимикача з боку прийому. З цією ж метою в найбільш відповідальних випадках (наприклад, при власних потребах електростанцій) при відключенні автоматичного вимикача з будь-якої причини тільки на стороні живлення, автоматичний вимикач повинен бути негайно відключений з приймальної сторони по ланцюгу блокування.

Елемент мінімальної напруги пускового блоку АВР, який реагує на зникнення напруги робочого джерела, повинен бути налаштований з режиму самозапуску електродвигунів і від зниження напруги при дистанційних коротких замиканнях. Напругу спрацьовування елемента управління напругою на шинах резервного джерела пускового пристрою АВР слід підбирати, якщо це можливо, виходячи з умови самозапуску електродвигунів. Час роботи пускового пристрою АВР повинен бути більше часу відключення зовнішніх коротких замикань, при яких зниження напруги викликає роботу елемента мінімальної напруги пускового пристрою, і, як правило, довше часу роботи повторного включення на стороні живлення.

Мінімальна напруга елемента пускового блоку АВР, як правило, повинна бути встановлена таким чином, щоб виключити його помилкове спрацьовування

під час перегорання одного із запобіжників трансформатора напруги з боку обмотки високої або низької напруги; Коли низьковольтна обмотка захищена автоматичним вимикачем, дія пускового пристрою повинна бути заблокована при його відключенні. Допускається не враховувати цю вимогу при виконанні пристроїв АВР в розподільчих мережах 6-10 кВ, якщо для цього потрібна спеціальна установка трансформатора напруги.

Якщо при використанні напруги пуску АВР час його роботи може бути неприпустимо тривалим (наприклад, при наявності в навантаженні значної частки синхронних електродвигунів), то рекомендується додатково до пускового пристрою напруги використовувати інші види пускових пристроїв (наприклад, що реагують на втрату струму, зниження частоти, зміну напрямку живлення і т.д.).

У разі застосування частотного пускового пристрою останній при зниженні частоти робочого джерела живлення до заданого значення і при нормальній частоті на стороні резервного джерела живлення повинен діяти з витримкою часу на відключення вимикача справного джерела живлення.

При технологічній необхідності пристрій для автоматичного включення резервного обладнання може бути запуснено від різних спеціальних датчиків (тиску, рівня і т.д.).

Схема розташування АВР джерел живлення для власних потреб електростанцій після включення резервного джерела живлення замість одного з відключаючих робочих джерел повинна зберігати можливість роботи при відключенні інших робочих джерел живлення.

При виконанні пристроїв АВР необхідно перевіряти умови перевантаження резервного джерела живлення і самозапуску електродвигунів і, при наявності надмірного перевантаження або самозапуску, слід виконувати розвантаження в процесі роботи АВР (наприклад, відключення некритичних, а в деяких випадках і частини відповідальних електродвигунів).

При виконанні АВР слід враховувати неприпустимість його дії по включенню споживачів, відключених пристроями АЧР. Для цього слід застосовувати спеціальні заходи (наприклад, блокування частоти); в окремих

випадках, при особливому обґрунтуванні неможливості виконання цих заходів, допускається не передбачати ОВС.

При роботі пристрою АВР, коли є можливість включення короткого замикання, як правило, повинен бути забезпечений розгін захисту цього автоматичного вимикача. При цьому повинні бути вжиті заходи щодо недопущення відключень резервного джерела живлення по ланцюгу розгону захисту за рахунок пускових струмів.

З цією метою на вимикачах резервних джерел живлення для власних потреб електростанцій розгін захисту повинен забезпечуватися тільки в тому випадку, якщо його тимчасова затримка перевищує 1-1,2 секунди; При цьому в ланцюг розгону повинна бути введена тимчасова затримка близько 0,5 секунди. Для інших електроустановок значення тимчасових затримок беруться виходячи з конкретних умов.

У тому випадку, якщо в результаті дії АВР можливе асинхронне включення синхронних компенсаторів або синхронних електродвигунів, а якщо це неприйнятно для них, а також з метою запобігання підзарядки від цих машин до місця несправності, необхідно в разі зникнення живлення автоматично відключати синхронні автомати або перевести їх в асинхронний режим шляхом відключення АГП і подальшого автоматичного включення або повторної синхронізації після відновлення напруги в результаті успішного проведення АВР.

Для запобігання спрацьовуванню резервного джерела з АВР перед відключенням синхронних машин допускається застосовувати гальмування АВР. Якщо останнє неприйнятно для решти навантаження, допускається з особливим обґрунтуванням відключати від пускового блоку АВР лінію, що з'єднує робочі силові шини з навантаженням, що містить синхронні електродвигуни.

Для підстанцій з синхронними компенсаторами або синхронними електродвигунами повинні бути вжиті заходи щодо запобігання некоректної роботи АКР під дією АВР.

З метою запобігання спрацьовуванню резервного джерела живлення при короткому замиканні в разі неявного резерву, запобігання його перевантаження,

полегшення самозапуску, а також для відновлення нормального ланцюга електроустановки найпростішими засобами після аварійного відключення і роботи пристрою автоматики рекомендується використовувати комбінацію АВР і пристроїв повторного включення. Пристрої АВР повинні спрацьовувати при внутрішніх пошкодженнях робочого джерела, повторного включення – при інших пошкодженнях.

Після успішної роботи пристроїв повторного включення або АВР, як правило, повинно бути передбачено більш повне автоматичне відновлення ланцюга в аварійний режим (наприклад, для підстанцій зі спрощеними схемами електричних з'єднань на високовольтній стороні – відключення секційного вимикача, включеного в процесі роботи АВР на низьковольтній стороні після успішного повторного включення живильної лінії) [12-14].

2.2 Способи гарантованого електропостачання споживачів електроенергії

Існує кілька принципово різних способів гарантованого електропостачання споживачів електроенергії.

Одним із способів безперебійного живлення напругою є роздільне постачання споживача двома незалежними джерелами електроенергії, одне з яких є основним (робочим), а друге – резервним. В якості основного джерела використовується робоча лінія підстанції, а в якості резервного джерела може використовуватися друга (резервна) лінія підстанції, автономний генератор струму або пристрій безперебійного живлення.

В аварійній ситуації, коли зникає напруга від основного джерела живлення, важливо подбати про швидке включення резервного джерела. Для цих цілей використовується автоматичний перемикач резерву, який автоматично перемикає подачу напруги між робочим і резервним джерелами, забезпечуючи безперервну подачу електроенергії споживачу.

Принцип автоматичної передачі переказу схематично зображений на рисунку 2.3.



Рисунком 2.3 – Автоматичний трансферний вхід КМ1 – замикаючий контакт, КМ2 – розмикаючий контакт.

2.3 Схеми АВР

Найпростіша схема АВР, яка може бути використана для однофазної мережі власного будинку, невеликої промислової або адміністративної будівлі, показана на рисунку 2.4. Схема виконана на одному контакторі КМ1, двох однополюсних автоматичних вимикачах SF1 і SF2 і одному двополюсному автоматичному вимикачі QF1.

Рисунком 2.4 – Схема АВР для однофазної мережі на одному контакторі При першому включенні АВР включати роботу по черзі автоматичні вимикачі SF1 і SF2.

У робочому режимі напруга живлення від основного вводу подається на котушку контактора КМ1. Контактор спрацьовує і його замикаючий контакт КМ1.1 замикається, а розмикає контакт КМ1.2. Схема АВР для однофазної мережі при роботі основного вводу наведена на рис. 2.5.

Рисунок 2. 5– Схема АВР для однофазної мережі при роботі основного вводу

Фаза А1 через однополюсний автоматичний вимикач SF1 і силовий контакт КМ1.1 надходить на вхід двополюсного автоматичного вимикача QF1. Нуль Н ніде не пробивається, а відразу підключається до другого входу переривника QF1. При включенні QF1 його контакти замикаються, і напруга основного вводу подається в мережу на споживача.

В аварійному режимі при відсутності напруги на основному вводі котушка контактора знеструмлюється, контакт КМ1.1 розмикається, а КМ1.2 стає замкнутим.

Схема АВР для однофазної мережі при роботі резервного вводу наведена на рисунку 2.6.

Рисунок 2. 6 – Схема АВР для однофазної мережі при роботі резервної мережі вводу.

Тепер від резервного вводу фаза А2 через автоматичні вимикачі SF2, QF1 і контакт КМ1.2 йде до споживача в мережі.

При відновленні живлення на головному вводі напруга знову подається на котушку контактора КМ1 і контактор спрацьовує. При цьому контакт КМ1.1 замикається, а КМ1.2 розмикається, і напруга з основного вводу знову подається на споживача.

Бувають ситуації, коли при нормальній роботі необхідно передати потужність навантаження з основного вводу на резервний. Для цього достатньо відключити автоматичний вимикач SF1.

Дана схема АВР є класичною і відмінно працює, але при її використанні необхідно враховувати потужність перемикачів силових контактів: якщо контакти розраховані на робочий струм, наприклад, 16 ампер, то навантаження слід

підключати до АВР не більше ніж на 16 ампер.

У разі, коли сумарна споживана потужність, наприклад, будинку, складе більше 16 ампер, то тільки саме необхідне електрообладнання, яке забезпечить нормальну життєдіяльність до відновлення напруги на основному вводі.

Однак в такому варіанті схема підходить тільки для об'єктів, де є можливість прийому двох незалежних ліній живильної напруги від підстанції.

Далі необхідно розглянути ланцюг АВР на одному контакторі, з розривною фазою і нулем.

На відміну від попередньої схеми, тут комутуються як фазні, так і нульові дроти, що дозволяє використовувати автономне джерело електроенергії, а в разі аварії і зовсім виключити неробочий вхід з домашньої мережі. А щоб лічильник не враховував вироблену енергію резервним входом, вхід підключають після лічильника.

В якості резервного живлення для цієї АВР можна використовувати власну міні-електростанцію, дизельний або бензиновий генератор струму, джерело безперебійного живлення або будь-яке інше автономне джерело напруги. Схема АВР на одному контакторі, з розривною фазою і нулем, представлена на кресленні БР13.03.02 025 Е31.

При першому введенні АВР в експлуатацію включаємо по черзі автоматичні вимикачі SF1 і SF2.

У робочому режимі напруга живлення від основного вводу подається на котушку контактора КМ1. Контактор працює і підключає домашню мережу до основного вводу своїми розмикаючими контактами КМ1.1 і КМ1.2. При цьому замикаючі контакти КМ1.3 і КМ1.4 розмикаються і повністю відключають резервний вхід від домашньої мережі.

Схема АВР на одному контакторі, з розривом фази і нуля при роботі основного вводу, показана на рис. 2.7.

Рисунок 2. 7 – ланцюг АВР на одному контакторі, з розривом фази і нуля

при роботі основного вводу

У разі втрати напруги на основному вводі котушка КМ1 знеструмлюється, контакти КМ1.1 і КМ1.2 розмикаються, а фазний і нульовий дроти основного вводу відключаються. При цьому контакти КМ1.3 і КМ1.4 стають замкнутими і через них напруга з резервного входу надходить в домашню мережу.

Схема АВР на одному контакторі, з розривом фази і нуля при роботі резервного вводу, показана на рис 2.8.

Рисунок 2. 8 – ланцюг АВР на одному контакторі, з розривом фази і нуля при роботі резервного входу

У даній схемі можливе використання модульних контакторів типів ВС463-22 230В, ЕСБ-63-22 230В, МК-103, КМ-63, З-Щ230/63-22, що дозволяє здійснювати живлення навантаження з струмом до 63 ампер.

Іноді виникає ситуація, коли при відновленні живлення на основному ввіді не завжди потрібно перемикається на нього в автоматичному режимі. Щоб виконати цю умову, давайте ще раз трохи змінимо схему і додамо в неї кнопку, щоб перемикавання на основний вхід відбувалося тільки при натисканні цієї кнопки. Цей варіант схеми АВР (без лічильника електроенергії) використовується в деяких електроустановках для живлення КВПіА і апаратури автоматики (рисунок 2.9).

Рисунок 2. 9 – Схема АВР (без лічильника електроенергії)

Тут кнопка SB1 підключається паралельно контакту КМ1.1, який знаходиться в ланцюзі живлення котушки контактора. Таке підключення не дозволить контактору автоматично включатися при появі напруги на основному вході.

Щоб увімкнути контактор вручну, коротко натисніть кнопку SB1. Напруга впаде на котушку, спрацює контактор, замкнуться контакти КМ1.1 і КМ1.2 і підключить основний вхід до домашньої мережі. В цьому випадку контакти КМ1.3 і КМ1.4 розімнуться і відключать резервне живлення.

Звичайно, для того, щоб увімкнути резервне джерело живлення, потрібно додати в ланцюг АВР проміжне реле, контакти якого б запускали пускову електроніку апаратури резервного живлення. Але робити це потрібно в кожному конкретному випадку.

Трифазна схема АВР на одному контакторі повністю аналогічна однофазній,

тільки джерелом напруги є трифазна мережа. Відповідно, основний і резервний ввідні автоматичні вимикачі повинні бути триполюсними.

У цій схемі необхідно суворо дотримуватися чергування фаз основного і резервного джерел живлення, тому що трифазні споживачі, наприклад електродвигуни при переході на резервне джерело живлення можуть почати обертатися в зворотному напрямку.

Принципова схема АВР на одному контакторі для трифазних навантажень наведена на рис. 2.10.

Рисунок 2.10 – Схема АВР на одному контакторі для трифазних навантажень КМ – магнітний пускач, QF1 – ввідний автоматичний вимикач основного вводу, QF2 – ввідний автоматичний вимикач, HLG – зелена лампа, HLR – червона лампа.

Розглянемо, наприклад, наш стартер СМ підключений до фази «С», і з якихось причин зникла напруга на основному вході в фазі «А». Схема не переключиться на резервний вхід, а споживачі фази «А» залишаться без напруги. Тому для трифазних споживачів краще використовувати інші схеми АВР, наприклад, із застосуванням двох контакторів і реле контролю фаз ЕЛ-11.

Цей недолік можна виправити, підключивши магнітний пускач до лінійної напруги 380 (В), тобто між будь-якими двома фазами (в прикладі - між фазою В і С), а сигнальні лампи залишити на 220 (В). Таким чином, ми будемо управляти двома фазами основного джерела живлення, що показано на кресленні БР 13.03.02 025 Е32, де КМ - магнітний пускач, QF1 - ввідний автоматичний вимикач основного вводу, QF2 - ввідний автоматичний вимикач резервного вводу, HLG - зелена лампа, HLR - червона лампа.

Висновок до розділу 2

Торгівельний центр МИР у мікрорайоні Левада потребує автоматизації системи резервного електроживлення, оскільки наразі запуск дизель-генератора виконується вручну працівниками комплексу, що займає багато часу. Для безперебійної роботи офісного комплексу необхідно впровадити систему автоматичного введення резерву (АВР), яка забезпечить швидке перемикання з основного джерела живлення на резервне у разі аварій. У тексті детально розглянуто вимоги до пристроїв АВР, принципи їх роботи, варіанти схем та технічні нюанси. Основна мета – створити надійну, безпечну і автоматизовану систему резервного електропостачання для об'єкта.

3 ВИБІР СХЕМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ТА ПЕРЕРІЗУ КАБЕЛЮ

3.1 Вибір схеми електроживлення

Категорія електроприймачів II. Для офісної частини ТРЦ МИР основне навантаження складають побутові електроприлади, освітлення, фото-відеотехніка, комп'ютери, оргтехніка.

Для магазину «Сільпо» до споживачів додається пекарня та кулінарія з потужним технологічним обладнанням.

Розрахункове навантаження $S_p=1948,46$ кВА

Розглянемо стандартну схему електроживлення з окремим кабельним введенням від дизельного генератора на ТП2.

При двопробієвому підключенні трансформаторів – рис. 3.1.

Рисунок 3.1 – Електрична схема

3.2 Вибір перерізу кабелю

Знайдемо необхідний перетин кабелю живлення.

Довжина кабелю від генератора до ДП становить (прокладаються два кабелі по $L = 50$ м.

Дійсний час відключення лінії $t_{\text{Л}} = 0,7$ с (захист) + $0,03$ с (вимикач) = $0,73$ с.

Кількість кабелів $n=2$.

Визначаємо розрахунковий струм одного кабелю:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U \cdot n} \quad (3.1)$$

$$I_p = \frac{1948,46}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 56,24 \text{ A}$$

Перевіримо поперечний переріз на щільність струму:

$$S = \frac{I}{J} \quad (3.2)$$

Величина J , що є нормованою щільністю струму в одиницях $\text{A}/\text{мм}^2$, вибирається з таблиць і залежить від тривалості використання максимального навантаження. Ці дані ґрунтуються на узагальнених показниках споживання електроенергії в містах.

Якщо припустити, що річна тривалість використання максимального навантаження становить 5400 годин, то для кабелів з ПВХ-ізоляцією і алюмінієвими жилами значення $J = 1,2$.

$$S = \frac{56,24}{1,2} = 46,87 \text{ мм}^2$$

Вибираємо стандартний поперечний переріз кабелю в меншому напрямку $S_{\text{st}} = 35 \text{ мм}^2$.

Для кабелю АПвП-0,4 3х35 прокладеного в землі допустимий тривалий струм становить $I_{\text{доп}} = 119\text{А}$.

Перевірка наявності нагріву при нормальній роботі кабелю [15,16].

Допустима тривала температура жили кабелю АПвП-0,4 3х35 становить 90°C .

Для кабелю при $t^{\circ}\text{C}$ землі 15°C поправочний коефіцієнт дорівнюватиме $K_1 = 1,04$.

У зоні прокладки кабелю піщано-глинистий ґрунт з вологістю 12-14%.

Поправочний коефіцієнт $K_2 = 1$.

два робочі кабелі прокладено у землі на відстані 100 мм,

Поправочний коефіцієнт $K_3 = 0,9$.

Таким чином, фактичний допустимий тривалий струм $I_{\text{ф.дод.}}$ для кабелю в нормальному режимі перетином 35мм^2 становить:

$$I_{\text{ф.дод.}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot I_{\text{доп.}} \quad (3.3)$$

$$I_{\text{ф.дод.}} = 1,04 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 119 = 111,38 \text{ А}$$

Умова виконується, тому що

$$I_{\text{ф.дод.}} \geq I_p \rightarrow 111,38 \geq 56,24 \text{ А}$$

Перевірка на перегрів в режимі після аварії (в разі виходу з ладу одного кабелю). Максимально допустима температура кабелю в післяаварійному режимі – 130°C . Тривалість роботи кабелю в такому режимі не повинна перевищувати 8 годин на добу, а загальний час роботи не повинен перевищувати 1000 годин.

Коефіцієнт навантаження на кабель при нормальній експлуатації:

$$K_3 = \frac{I_p}{I_{\text{ф.дод.}}} \quad (3.4)$$

$$I_p = \frac{56,24}{11,38} = 0,51$$

Розрахунковий струм в післяаварійному режимі по кабелю складе:

$$I_p^* = I_p \cdot 2 \quad (3.5)$$

$$I_p^* = 56.24 \cdot 2 = 112,48 \text{ A}$$

У післяаварійному режимі кабель може бути перевантажений на 30%.

$$I_{\text{ф.дод.}}^* = 1.3 \cdot I_{\text{ф.дод.}} \quad (3.6)$$

$$I_{\text{ф.дод.}}^* = 1.3 \cdot 111,38 = 144,8 \text{ A}$$

Умова виконується, тому що

$$I_{\text{ф.дод.}}^* \geq I_p^* \rightarrow 144,8 \geq 112,48 \text{ A}$$

Перевірка на термічну стійкість струмам короткого замикання в післяаварійному режимі:

$$S_{\text{ТС}} = \frac{I_{\text{кз}} \cdot \sqrt{t_{\text{Л}}}}{C} \quad (3.7)$$

де $C=95$ – постійна величина для кабелів з алюмінієвими жилами Час відключення лінії $t_{\text{Л}}=0,73\text{с}$.

$$S_{\text{ТС}} = \frac{12500 \cdot \sqrt{0,73}}{95} = 112,42 \text{ мм}^2$$

Умова $35 \text{ мм}^2 \geq 112,42 \text{ мм}^2$ не виконується, вибираємо кабель 120 мм^2 , $I=232\text{A}$.

Перевірка кабелю на втрату напруги в аварійному режимі.

$$\Delta U\% = \Delta U^* \cdot L \cdot S_p^* \quad (3.8)$$

$$S_p^* = \frac{S_p}{n} \quad (3.9)$$

$$S_p^* = \frac{1948,46}{1} = 1948,46 \text{ кВА}$$

де $L=500$ м.

n - кількість кабелів.

S^* - потужність, що передається по одній кабельній лінії.

$\Delta U^*=0,3$ – табличне питоме значення втрат напруги МВт/км.

$$\Delta U\% = 0,3 \cdot 0,05 \cdot 1,94846 = 0,029 \%$$

Умова по втраті напруги виконується.

Висновок до розділу 3

Розглянуто вибір схеми електроживлення та визначення перерізу кабелю для споживачів II категорії на об'єкті ТРЦ "МИР", включаючи офісні приміщення та магазин "Сільпо". Запропоновано стандартну схему з окремим введенням від дизельного генератора. Розраховано навантаження (1948,46 кВА) та обрано переріз кабелю (спочатку 35 мм^2), перевірено відповідність умовам по струмовій щільності, тривалому навантаженню, перегріву в аварійному режимі та втратам напруги. Виявлено, що кабель 35 мм^2 не витримує струм короткого замикання – замінено на 120 мм^2 . Всі перевірки після заміни задовольняють технічні вимоги, що гарантує надійність та безпечність електропостачання.

4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ТЕХНІЧНА БЕЗПЕКА

4.1 Економічна ефективність

Для реалізації проєкту з покращення умов електрозабезпечення ТРЦ МИР слід визначити вартість технічних засобів для його реалізації.

Таблиці приблизного кошторису засобів контролю якості електричної енергії та кабельних ліній наведена у табл. 4.1 [17-19].

Таблиця 4.1 – Вартість ТЗ для реалізації проєкту

№	Найменування	Ціна	Кількість	Сума, грн
1.	Аналізатор якості електроенергії SATEC RM175	72800	1	72800
2.	Щит автоматичного введення резерву, АВР-600-630-31УЗ	148326	1	148326
3.	Кабель АПвЕоаПу-15 3x120/35 (кму) Південкабель	2422	50	121100
	Разом			342226

Загальна вартість обладнання для встановлення додаткової можливості автоматичного введення резерву без урахування виконаних робіт буде становити від 342 226 грн.

4.2 Технічна безпека

До початку робіт, що виконуються з відключенням електроенергії, необхідно провести технічні заходи, описані нижче, в зазначеному порядку [20]:

- відключення від джерела напруги струмоведучих частин, на яких будуть проводитися роботи;

- вжиття заходів щодо виключення помилкового або самовільного включення комутаційної апаратури з попаданням напруги на струмоведучі частини;

- вивішування на ручних вимикачах і клавішах дистанційного керування комутаційних апаратів плакатів, що забороняють їх ввімкнення;

- перевірка відсутності напруги на струмоведучих частинах, що підлягають заземленню, на час роботи;

- включення заземлювальних лопаток роз'єднувачів, а в разі їх відсутності – накладення переносних заземлювачів на струмоведучі частини; ці провідники повинні бути підключені до шини заземлення ще до перевірки відсутності напруги;

- огороження робочих місць і частин огорожі, що залишаються під напругою, при необхідності і при виконанні робіт поблизу цих частин;

- вивішування попереджувальних плакатів «Зніміть напругу» на огороженнях, а на робочому місці – «Працюють люди».

Всі ці операції виконуються двома особами, а в разі одноосібного обслуговування - одним співробітником.

При взаємодії з електроустановками напругою до 1000 В, коли знеструмлення струмоведучих частин неможливе, необхідно дотримуватися правил електробезпеки і технічних запобіжних заходів. До таких заходів належать:

- Ізоляція сусідніх провідників під напругою для запобігання контакту. У тих випадках, коли ізоляція недосяжна, слід використовувати відповідні методи для розділення струмоведучих провідників поблизу робочої зони.

- Користуватися електроізоляційним взуттям, стояти на електроізоляційних майданчиках або використовувати електроізоляційні килимки, якщо є ризик ураження електричним струмом, тобто працювати із застосуванням захисних засобів від ураження електричним струмом.

- Користуватися електроізоляційними засобами індивідуального захисту та ручним інструментом, що відповідають вимогам нормативних документів.

Якщо контакт здійснюється з провідниками під напругою без відключення напруги і з використанням захисних засобів, необхідно суворо дотримуватися таких заходів:

- Міцно тримайтеся за ручки відповідних інструментів і не виходьте за межі страхувального кільця.

- З ізоляційними елементами захисних засобів слід поводитися таким чином, щоб виключити перекриття фаз і замикання поверхні ізоляції на землю між жилами, що перебувають під напругою.

- Використовувати тільки неушкоджені і сухі ізоляційні елементи захисних засобів з непошкодженим лакофарбовим покриттям. Будь-які дефекти покриття або проблеми з ізоляційними елементами вимагають негайного припинення їх використання.

- При використанні електрозахисних засобів, таких як плоскогубці, штанги, електрозатискачі, покажчики напруги, слід наближатися до струмоведучих частин тільки на відстань, що визначається довжиною ізоляційної частини виробу.

- Категорично забороняється прямий контакт з ізоляторами електроустановок, що перебувають під напругою. В електроустановках забороняється працювати в зігнутому положенні, якщо під час рихтування відстань до струмоведучих частин буде менше допустимого. Крім того, під час роботи поблизу незахищених струмоведучих частин забороняється розташовувати ці деталі таким чином, щоб ці деталі розташовувалися ззаду або з обох боків.

Дотримуйтесь особливої обережності під час переміщення довгих предметів, таких як труби або драбини, у місцях розподільних пристроїв, де не всі струмоведучі частини мають належний захист. Транспортування повинно здійснюватися двома особами під постійним наглядом спостерігача.

Драбини і риштування, що використовуються для ремонту, повинні відповідати стандартам ГОСТ або ТУ. Драбини, що встановлюються на рівній поверхні, повинні мати гумові основи, а ті, що стоять на землі, повинні мати загострені металеві наконечники. Обов'язковим є забезпечення надійної опори у верхній частині, а драбини, підвішені на мотузках, при спиранні на мотузку повинні

мати гачки на верхньому кінці. Категорично заборонено використання прив'язних драбин.

При кріпленні драбин до металоконструкцій, кран-балок і т. п. Необхідно надійно закріпити як верхню, так і нижню частини драбини.

Використання металевих драбин при обслуговуванні та ремонті електроустановок забороняється. При роботі з драбинами обов'язкова присутність двох людей, один з яких повинен знаходитися біля основи.

Нарешті, категорично забороняється виконувати роботи, стоячи на ящиках або інших предметах.

Організаційні заходи з електробезпеки

До таких заходів належать:

- оформлення письмового наряду-допуску, або внесення до оперативного журналу даного усного наказу, що робиться ще до виконання завдання працівником, який вніс наказ або отримав його;
- завдання також оформляється письмовим переліком робіт, допущених до виконання працівником, відповідальним за електрогосподарство;
- допуск ремонтного персоналу до роботи допускається тільки з дотриманням порядку допуску;
- під час роботи здійснюється нагляд за дотриманням правил безпеки ремонтним персоналом;
- закінчення роботи і перерви, переведення працівників на інше місце оформляються письмово;
- призначаються відповідальні особи за безпечне виконання робіт;
- при виконанні роботи встановлюється раціональний режим праці та відпочинку;
- навчання всіх працівників підприємства правилам електробезпеки.

Висновок до розділу 4

Представлено кошторис необхідного обладнання, включаючи аналізатор якості електроенергії, щит автоматичного введення резерву та кабельну продукцію. Загальна вартість реалізації технічної частини проєкту без врахування вартості монтажних робіт становить 342 226 грн.

Детально викладено вимоги до забезпечення електробезпеки під час виконання робіт. Описано технічні заходи, які необхідно здійснити перед початком робіт з відключенням напруги, а також заходи безпеки при роботі з електроустановками, що залишаються під напругою. Наведено правила користування засобами індивідуального захисту, вимоги до інструментів, драбин, а також організаційні заходи – включаючи оформлення нарядів-допусків, контроль за виконанням робіт і навчання персоналу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Відхилення напруги в електричних мережах виникають через добові, сезонні та технологічні зміни навантаження, а також через особливості роботи обладнання. Основними показниками якості напруги є: відхилення від номінального значення, коливання, мерехтіння (флікер), спотворення синусоїдальності (гармоніки) та падіння напруги.

2. З метою забезпечення якості електроенергії проводяться діагностичний, інспекційний та оперативний контроль, включаючи вимірювання параметрів, аналіз відхилень, виявлення джерел порушень і контроль дотримання договірних умов.

3. Спеціальні прилади (зокрема флікерметри) дозволяють реєструвати відхилення та встановлювати відповідальність за погіршення якості. Регулярний контроль дозволяє забезпечити стабільне і якісне електропостачання споживачам.

4. Торгівельний центр МІР у мікрорайоні Левада потребує автоматизації системи резервного електроживлення, оскільки наразі запуск дизель-генератора виконується вручну працівниками комплексу, що займає багато часу.

5. Для безперебійної роботи офісного комплексу необхідно впровадити систему автоматичного введення резерву (АВР), яка забезпечить швидке перемикання з основного джерела живлення на резервне у разі аварій.

6. Детально розглянуто вимоги до пристроїв АВР, принципи їх роботи, варіанти схем та технічні нюанси. Розраховано перетин силового кабелю.

7. Представлено кошторис необхідного обладнання, включаючи аналізатор якості електроенергії, щит автоматичного введення резерву та кабельну продукцію. Загальна вартість реалізації технічної частини проєкту без врахування вартості монтажних робіт становить 342 226 грн.

8. Детально викладено вимоги до забезпечення електробезпеки під час виконання робіт. Описано технічні та організаційні заходи, які необхідно здійснити

Полтавський державний аграрний університет

перед початком робіт з відключенням напруги, а також заходи безпеки при роботі з електроустановками, що залишаються під напругою.

9. Наведено правила користування засобами індивідуального захисту, вимоги до інструментів, драбин, а також організаційні заходи – включаючи оформлення нарядів-допусків, контроль за виконанням робіт і навчання персоналу.

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет