

ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЧНОГО ВВІМКНЕННЯ РЕЗЕРВУ ДЛЯ УКРИТТЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ, ПІД ЧАС ВВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

Карапіщенко А. Ю., магістрант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Повномасштабне вторгнення російської федерації на територію України 24 лютого 2022 року показало необхідність ховатися в укриттях своїх будинків або у підземних паркінгах. Перебуваючи в сховищі, громадяни усвідомили необхідність надійного електропостачання під час повітряної тривоги (ракетного або артилерійського обстрілів, вуличних боїв у місті). Від надійності електропостачання залежить не тільки освітлення приміщення, але і робота насосних апаратів, які забезпечують постачання води. В більшості випадків укриття являє собою підвальне приміщення, яке живиться від окремої кабельної лінії, яка подається на ввід до розподільчого пристрою (далі – ВРП) відповідальне за живлення місць загального користування (далі – МЗК). Тобто ця окрема лінія відповідає за освітлення сходів, під’їзду, роботу водонасосів, функціонування ліфтів та, за наявності, приміщень для двірників, конс’ержів або під магазини чи інші види бізнесу. А в будинках із підземним паркінгом, до них підходить ще одна кабельна лінія, яка і живить це приміщення, із можливістю встановлення зарядних станцій для електромобілів та гібридів.

Мета дослідження. Забезпечити укриття освітленням та водопостачанням на максимально можливий період часу.

Матеріали та результати дослідження. Є декілька варіантів застосування автоматичного ввімкнення резерву (далі – АВР) в умовах воєнного стану:

- 1) прокласти резервну лінію із цієї ж трансформаторної підстанції (далі – ТП), але від іншого трансформатору;
- 2) живлення від двох ТП, резервна лінія йде від іншого, найближчого;
- 3) постачання електроенергії буде надходити від дизель- або бензогенераторів, встановлених в кожному під’їзді.

Перший варіант. Прокладання додаткової лінії з одного ТП, але від іншого трансформатора, рис. 1. Це одне із найпростіших рішень, яке дозволить із мінімальними капіталовкладеннями підвести до укриття електроенергію та водопостачання. Тобто, можливо забезпечити усім необхідним для повноцінного функціонування укриттів, коли основний кабель зруйновано або пошкоджено внаслідок потрапляння ракети, її уламків тощо. Додаткова лінія може подати напругу до будівель. Але в цьому варіанті є суттєві недоліки. Це тільки дозволить мати електропостачання при нормальній роботі теплових електричних станцій (далі – ТЕС) або централей (далі – ТЕЦ), чи підстанцій (далі – ПС). Наприклад, зруйновано підстанцію, яка йде від ТЕЦ до споживачів, ніякої електроенергії на ТП мешканців будівлі не буде надходити, якщо компанія-дистриб’ютор не включить

генератори чи не подасть напругу через інші ПС напругою 110/10 кВ, і так само при віялових відключеннях, коли компанії електропостачання повністю відімкнуть ТП. Проте, цей варіант дає декілька дуже значних переваг, а саме:

- 1) не потрібно надавати усім будинкам першу категорію електроспоживачів (основне та додаткове живлення, яке надходить з одного ТП, але від двох різних трансформаторів);
- 2) під час неповних віялових відключень (коли відключають кабельну лінію споживання електроенергії тільки в квартирах) живлення до МЗК буде надходити, навіть під час пошкодження основної лінії живлення;
- 3) мінімальні затрати коштів, купівля автоматів та проведення додаткових ліній.

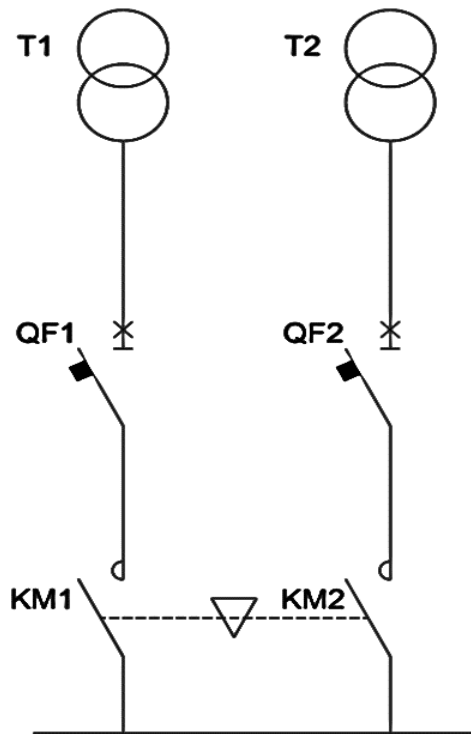


Рисунок 1 – Схема АВР від другого трансформатора тієї ж ТП: Т1, Т2 – трансформатори; QF1, QF2 – автоматичні вимикачі для захисту ліній від струмів короткого замикання та струмів навантаження; KM1, KM2 – силові контактори, які керують вихідними контактами реле контролю напруги.

Другий варіант. Живлення надходить від двох ТП, рис. 2. Цей випадок характерний для споживачів першої категорії. Є одним із найневдаліших для рішення нашої задачі, бо потрібно надати першу категорію електроспоживачів усім багатоквартирним будинкам, що в свою чергу викличе великі проблеми із перебудовою існуючих підстанцій (встановлення більш потужних трансформаторів та ліній електропередачі), як на ТП, РП та ПС 110/10, а це, в свою чергу призводить до збільшення генеруючої спроможності електричних станцій та централей (ТЕС, ТЕЦ тощо).

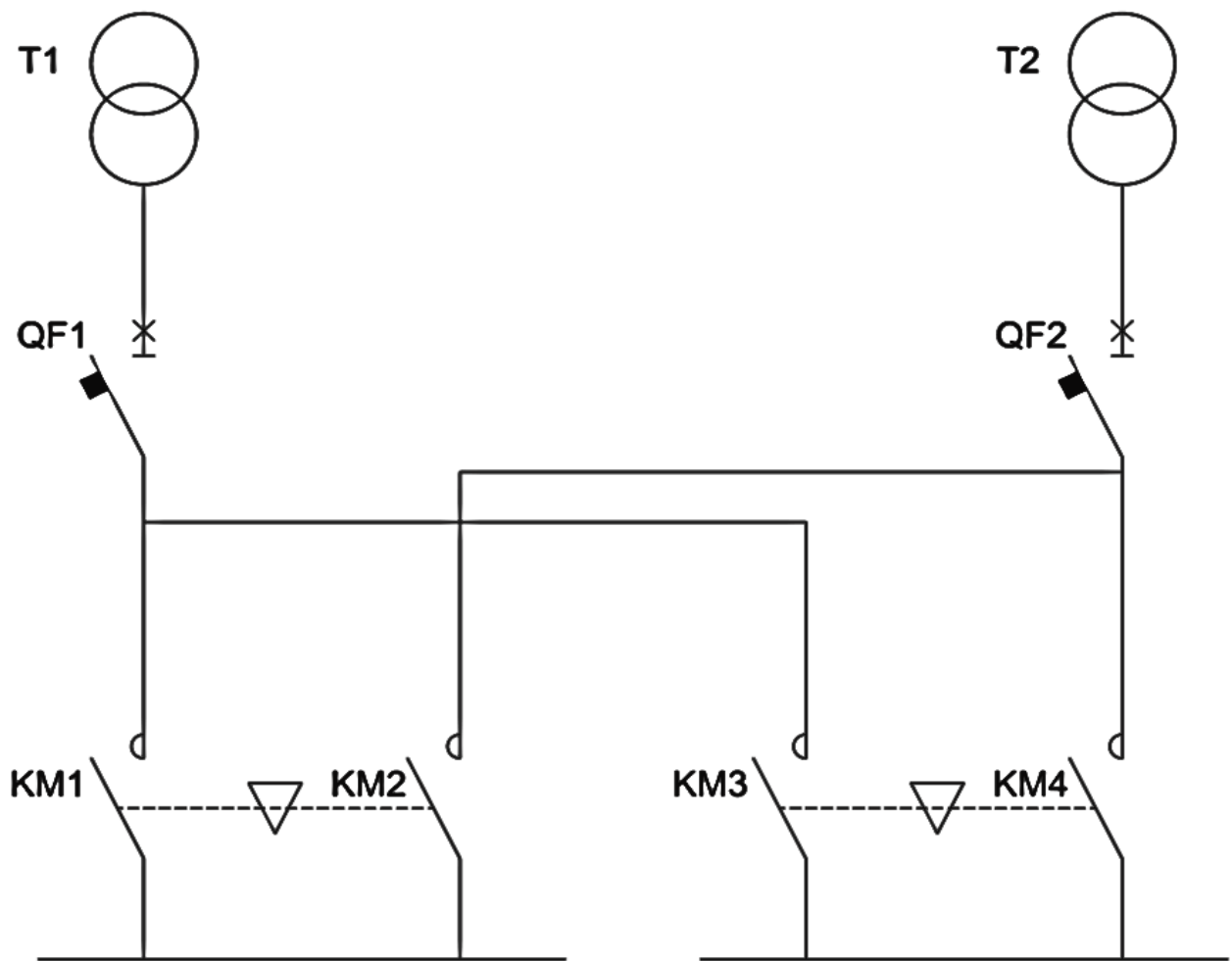


Рисунок 2 – Схема АВР, яка живиться від двох ТП (схема споживачів першої категорії): Т1, Т2 – трансформатори; QF1, QF2 – автоматичні вимикачі для захисту ліній від струмів короткого замикання та струмів навантаження; КМ1, КМ2, КМ3, КМ4 – силові контактори, які керують вихідними контактами реле контролю напруги.

Третій варіант. Електропостачання за рахунок власних джерел енергії, рис. 3. Такий тип вирішення задачі вважається найкращим. Кожне укриття має власне джерело живлення. Може надавати електропостачання та працювати під час обстрілів. Головна перевага даного типу на відміну від попередніх двох – він працює на основному джерелі живлення до зникнення електроенергії в місті, пошкодження чи часткове руйнування станцій, підстанцій або ліній електропередачі. Наступна перевага – навіть, при повному вимкненні ТП, під час віялових відключень, коли припиняється електроживлення не тільки житлових квартир, а й МЗК, ліфти та освітлення під'їзду також буде працювати, що в свою чергу забезпечить безпечний шлях мешканців будинку до укриття. Проте, навіть у найкращих, з точки зору надійності електропостачання варіантів є свої недоліки, а саме значні грошові затрати зі сторони держави на закупівлю генераторів чи акумуляторних батарей. Наступний недолік – потрібно обрати надійне місце його

розташування та палива до нього, щоб запобігти крадіжок таких агрегатів та запасу палива.

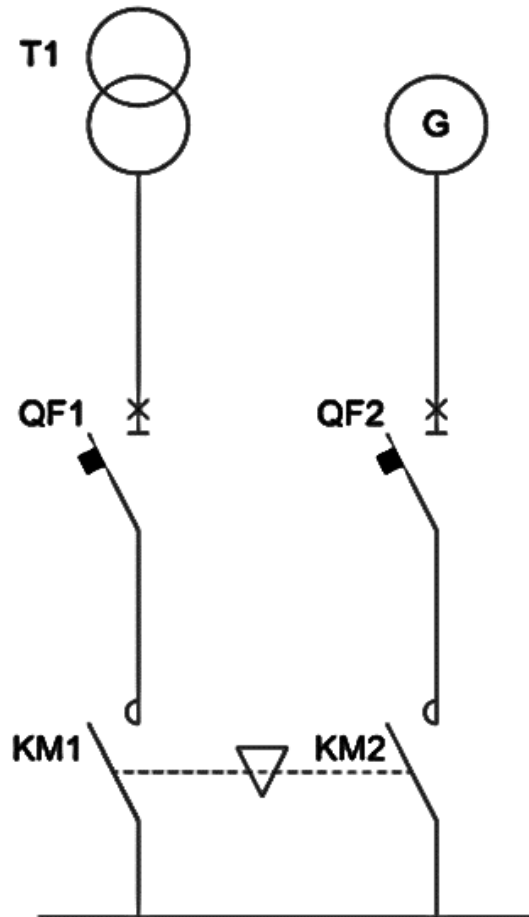


Рисунок 3 – Схема АВР із застосуванням власного джерела живлення:

T1 – трансформатор; G – генератор; QF1, QF2 – автоматичні вимикачі для захисту ліній від струмів короткого замикання та струмів навантаження; KM1, KM2 – силові контактори, які керують вихідними контактами реле контролю напруги.

Порівняння усіх варіантів приведено у табл. 1. Критерії, за якими порівнювались схеми обиралися наступним чином. По-перше, укриття мають з мінімальними перервами отримувати електропостачання при переході на резервне живлення, тобто майже прирівнювати їх до споживачів першої категорії. Тому що, ці споруди відповідають за безпеку життя людей та зв'язок із навколишнім світом (мобільний зв'язок та інформаційні новини через інтернет), цей критерій отримав назву – “Надійність та тривалість електропостачання”. По-друге, якщо обрали схему електропостачання, потрібно проводити роботи з реконструкцій та модернізацій вже існуючих агрегатів генеруючих та передавальних потужностей.

Таблиця 1 – Результати дослідження

Критерії	1 варіант	2 варіант	3 варіант
Надійність та тривалість електропостачання	Ця схема зможе надати живлення в найкоротші строки часу (0.3 – 0.8 сек), за рахунок швидкого спрацювання АВР і перемкне із основної (від Т1) на резервну лінію (від Т2). Але така схема буде не виправдана у випадку пошкодження обох ліній, цього ТП або під час віялових відключень. Тому тривалість електропостачання залежить від потужностей міста.	Дана пропозиція надасть живлення в проміжку від 1 до 5 сек, збільшення часу спрацювання пояснюється віддаленістю ТП2 від ТП1, за принципом першої категорії споживачів. Тривалість трохи більша ніж у 1 варіанту, але також залежить від стану обох ліній та ТП. І знову, живлення залежить від потужностей міста.	Останній варіант заживить укриття через 10 сек, через увімкнення генератора на розкручення до робочих обертів. Тому тривалість – найбільша, яка забезпечить живлення при повному руйнуванні енергосистеми міста або блекауті бо, маємо незалежне джерело живлення. Залежність лише від кількості палива для генератора.
Складність реалізації проекту	В цій схемі капітально нічого не змінюємо, а лише додаємо додаткову лінію від другого трансформатора до кожного будинку, яке живиться від цього ТП та додаємо АВР. Завантаження трансформаторів не змінюється і модернізація ТП – не потрібна.	Даний тип є одним із складніших у реалізації, як потребує реконструкцій кабельних ліній та заміни обладнання у вже існуючих ТП, що свою чергу призведуть до модернізації обладнання на РП, ПС, електричних станціях.	З точки зору реалізації являється найпростішим бо, не потрібно проводити реконструкції вже існуючих агрегатів, а лише закупівля АВР і генераторів + палива до них. Потрібно визначитись із місцем їх розташування для запобігання крадіжки генератора та палива.
Економічна складова	Кошторис складається із: вартості АВР, вартості кабельних дротів та оплати роботи працівників, які будуть проводити дану роботу.	Вартість складається з: вартості АВР, вартості кабельних дротів та оплати роботи працівників, які будуть проводити дану роботу, модернізацію ТП, РП, ПС, електричних станцій та ліній електропередачі.	Сума проекту буде визначатися: вартості АВР, вартості генераторів та інверторів до них, вартості палива.

Чи будуть ці перебудови складними у реалізації, тому критерій отримав назву “Складність реалізації проекту”. По-третє, обравши схему за двома попередніми критеріями, логічним завершенням порівняння буде критерій – “Економічна

складова”. Це один із основних критерій вибору тієї чи іншої схеми, тому цей пункт покаже доцільність з економічної сторони, реалізації нових рішень.

Висновки. Серед представлених варіантів забезпечення надійного електропостачання укриття, останній варіант являється найбільш оптимальним, бо кожне укриття буде забезпечене власним джерелом живлення та буде отримувати електроенергію від міста доти, до поки електромережі міста та генеруючі потужності не будуть виведені з ладу. Якщо дане рішення виявиться занадто затратним, є доцільним розглядати найперший із запропонованих рішень, а саме – прокласти додаткову кабельну лінію від другого трансформатора, від однієї ТП. Проте, це не зможе забезпечити електроенергією укриття, якщо вийдуть з ладу генеруючі та передавальні потужності міста або під час масових віялових відключень, коли повністю вимикають трансформаторні підстанції. Найгірший вибір буде обрання другого варіанту – надати усім будинкам із укриттям першу категорію споживачів. По-перше, це найбільші капіталовкладення, на відміну від інших варіантів, які себе повністю не виправдовують. Тому що під час віялових відключень можливі випадки повного вимкнення двох або більше ТП, до яких приєднаний будинок. По-друге, не можливе живлення будинку, якщо будуть зруйновані генеруючі та передавальні потужності.

Перелік посилань

1. Автоматическое включение резерва//Бензарь В.К. Словарь-справочник по электротехнике, промышленной электронике и автоматике —Мн.: Выш. шк., 1985
2. Автоматическое включение резерва//Новый политехнический словарь —М.: Большая Российская энциклопедия, 2000
3. Автоматическое включение резерва//Энциклопедия современной техники. Автоматизация производства и промышленная электроника. Том 1 (А – И) —М.: Советская энциклопедия, 1962
4. Правила устройства электроустановок. Шестое издание. Глава 3.3
5. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Глава 1.2 Электроснабжение и электрические сети (Издание седьмое) п.1.2.19
6. Національний стандарт України ДСТУ ІЕС 60947-6-1:2007 Пристрої комплектні розподільчі низьковольтні Частина 6 -1. Багатофункційне обладнання. Перемикальне комутаційне обладнання (українська). ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ. 2007.
7. «Релейная защита энергетических систем» Чернобровов Н. В., Семенов В. А. Энергоатомиздат 1998
8. «Автоматическое включение резерва» М. Т. Левченко, М. Н. Хомяков «Энергия» 1971
9. Релейний захист та автоматизація енергосистем. Конспект лекцій. - Київ: НТУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”, 2021. - 57 с.