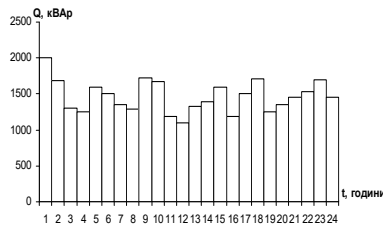
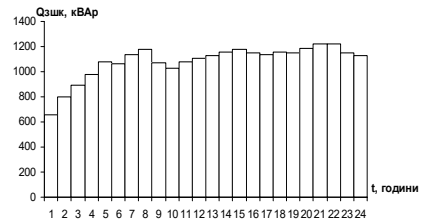


а)



б)



в)

*Рисунок 1 - Графіки електричних навантажень по активній (а) і реактивній (б) потужностях та генерації ЗШК (в) по підприємству*

За спожиту активну енергію режимного дня підприємство сплатило 203490 грн., а за спожиту реактивну енергію – 88 060 грн.. Місячна плата за спожиту реактивну енергію з врахуванням генерації в енергосистему за червень 2019 року склала 2729860 грн. [3].

Проведений енергетичний аудит системи електропостачання за реактивною енергією показав, що підприємство сплачує значні кошти за споживання та генерацію реактивної енергії, за додаткові втрати активної енергії від протікання реактивної. При цьому в системі електропостачання підприємства достатньо потужності існуючих ЗШК з мікропроцесорними пристроями управління.

У магістерській роботі будуть запропоновані варіанти рішення задач компенсації реактивної енергії системи енергопостачання підприємства “АБІНБЕВ ЕФЕС УКРАЇНА”. Зокрема будуть розглянуті варіанти перерозподілу потужностей ЗШК по вузлах мережі та зміна алгоритмів пристроїв їх управління.

#### Список використаних джерел

1. Железко Ю.С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях [Текст] / Ю.С. Железко, А.В. Артемьев, О.В. Савченко. – М.: изд-во НИЦ Энас, 2005. – 277 с.
2. Скоробогатова В.І. Підвищення функціональної ефективності управління потоками реактивної енергії в діючих електричних мережах / В.І. Скоробогатова, Б.І. Кулик // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – Чернігів: ЧДТУ, 2007. – № 30. – С. 118-121.
3. Тарифи на електроенергію для промислових споживачів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua>.

УДК 621.311

## ВИБІР МІСЦЬ УСТАНОВКИ ТА КІЛЬКОСТІ КА ПРИ СЕКЦІОНУВАННІ ЛЕП 6-10КВ

Діхтярук І. В., к.т.н., доцент

Національний університет «Чернігівська політехніка»

### Вступ

Найбільша кількість аварійних відключень (приблизно 90% всіх стійких відмов) відбувається в розподільних електричних мережах напругою 10 кВ з повітряними лініями (ПЛ). Це обумовлено великою протяжністю таких мереж, які на сьогодні є найменш надійними елементами електричної системи. Більшість з них є морально застарілими та фізично зношеними та не можуть забезпечити необхідний рівень надійності електропостачання споживачів. В умовах ринкової економіки змінюються відносини між споживачами електричної енергії та енергопостачальними компаніями. Споживачі все частіше звертають увагу на рівні надійності електропостачання. Це робить задачу підвищення надійності електропостачання досить актуальною.

**Метою роботи** є удосконалення методу вибору місць та кількості комутаційних апаратів при секціонуванні магістралі лінії електропередавання (ЛЕП) напругою 6-10кВ.

### Основні матеріали дослідження.

В даний час вирішення такої задачі підвищення надійності електропостачання споживачів проходить при різкому зниженні капіталовкладень в будівництво нових та реконструкцію існуючих електричних мереж. Цей факт висуває додаткові умови до техніко-економічного обґрунтування заходів підвищення надійності розподільних електричних мереж (ЕМ). Сучасний стан ЕМ обумовлює необхідність пошуку шляхів підвищення надійності розподільних ЕМ з повітряними лініями (ПЛ), що не потребують значних інвестицій та довгострокових капіталовкладень.

Тому, під час розвитку розподільних електричних мереж виникає проблема поступового та поетапного підвищення надійності електропостачання споживачів, при мінімальних капітальних затратах.

Для підвищення ефективності роботи розподільних електричних мереж автором запропоновано застосувати автоматичне реконфігурування електричної мережі за рахунок її секціонування автоматичними роз'єднувачами, оснащеними приводом та автоматикою [1-3]. Суть такого секціонування розподільної електричної мережі полягає у виділенні окремих ділянок електричної мережі під час безструмової паузи (по аналогії з роботою відокремлювачів в мережах напругою 35-110 кВ). Причому виділення ділянок повинно починатися після другого циклу автоматичного повторного ввімкнення (АПВ), оскільки перший цикл АПВ дозволяє усунути основну масу нестійких пошкоджень. Для всіх типів розподільних електричних мереж напругою 6-10 кВ, оснащених вакуумними вимикачами, можна реалізувати два цикли АПВ і один цикл ручного повторного ввімкнення (РПВ).

В [4] показано, що ефект від встановлення кожного наступного комутаційного апарату (КА) зменшується приблизно в два рази. Отже більше двох секціонуючих КА встановлювати на магістралі не доцільно і в роботі розглядається лише секціонування за допомогою двох КА.

Ефективність використання секціонуючих КА для підвищення надійності електропостачання споживачів в більшості випадків залежить не лише від технічних характеристик КА та мережі, а від вибору місця встановлення апарату. Саме тому дуже важливим, у випадку застосування секціонуючих комутаційних апаратів для підвищення надійності електропостачання споживачів, є визначення такого місця встановлення, при якому ефект від секціонування буде максимальним. Визначення раціонального місця встановлення КА секціонування мережі є оптимізаційною багатокритеріальною задачею, яка не може бути розв'язана однозначно.

Оскільки аналітичний розв'язок вищезазначеної оптимізаційної задачі з дискретними параметрами важко реалізувати із за значної розмірності, то автором запропоновано дискретні вихідні дані представити, як неперервну величину, задану функціональною залежністю [5].

Для типових моделей ЛЕП напругою 10 кВ, які були запропоновані вченими Пруссом В.Л. та Тисленко В.В. [6] та для нових узагальнених структур розподільних електричних мереж напругою 6-10кВ [7], які враховують зміни, що відбулися в них за останні 30 років, методом прямого перебору за значенням найбільшого зниження недовідпуску електричної енергії споживачам, було визначено раціональні місця встановлення автоматичних секціонуючих роз'єднувачів у випадку ручного, автоматичного резервування та без резерву, при секціонуванні одним та двома комутаційними апаратами.

Аналіз отриманих результатів вказує на те, що у більшості випадків отримана множина раціональних місць встановлення двох комутаційних апаратів включає в себе 70-100% раціональних місць встановлення одного КА. Таким чином, проводити розрахунки для варіантів секціонування з одним КА недоцільно.

За допомогою запропонованого методу представлення дискретного розподілу потужності споживачів по довжині ЛЕП було отримано цільову функцію відносного недовідпуску електричної енергії споживачам при секціонуванні одним КА без резервування:

$$\Delta W_{\Sigma}^{1/PP^*} = \Delta W_{\Sigma}^{\max} \cdot \left[ L_{1\Sigma}^* + (1 - P_{1\Sigma}^*) \cdot (1 - L_{1\Sigma}^*) \cdot \frac{\Delta_1^*}{\Delta_1} \right] \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $P_{1\Sigma}^*$  – відносна потужність від початку лінії до місця встановлення секціонуючого КА;

$L_{1\Sigma}^*$  – відносна довжина від початку лінії до місця встановлення секціонуючого КА;

$\Delta$  – середня тривалість відновлення електропостачання споживачам при стійких пошкодженнях віднесена до 1 км довжини лінії;

$\Delta_1''$  – середня тривалість відновлення електропостачання споживачам зони, яка відділяється після другого циклу АПВ, віднесена до 1 км довжини лінії.

Аналогічно можна отримати цільову функцію при секціонуванні двома КА:

$$\Delta W_{\Sigma}^{2,LP*} = \Delta W_{\Sigma}^{\max} \cdot \left[ L_{1\Sigma}^* + (1 - P_{1\Sigma}^*) \cdot (1 - L_{1\Sigma}^* - L_{3\Sigma}^*) \cdot \frac{\Delta_1''}{\Delta_1} + P_{3\Sigma}^* \cdot L_{3\Sigma}^* \cdot \frac{\Delta_1''}{\Delta_1} \right], \quad (2)$$

$\Delta_1'$  – середня тривалість відновлення електропостачання споживачам зони, яка відділяється після першого циклу АПВ, віднесена до 1 км довжини лінії.

Заміняючи  $P_{1\Sigma}^* = y_1, P_{3\Sigma}^* = y_2, L_{1\Sigma}^* = x_1, L_{3\Sigma}^* = x_2, \frac{\Delta_1^{P/DK}}{\Delta_1} = \alpha_1, \frac{\Delta_1''}{\Delta_1} = \alpha_2$ , отримаємо систему з двох рівнянь,

розв'язуючи яку можна визначити раціональні місця встановлення автоматичних секціонуючих КА, при секціонуванні як одним, так і двома КА:

$$\Delta W_{\Sigma}^{\{1,LP+2,LP\}^*} = \begin{cases} x_1 + (1 - y_1) \cdot (1 - x_1) \cdot \alpha_2 \rightarrow \min, \\ y_1 \cdot x_1 + y_2 \cdot x_2 + [x_1 - y_1 \cdot x_1 - y_2 \cdot x_1] \cdot \alpha_1 + (1 - x_1 - x_2) \cdot (1 - y_1 - y_2) \cdot \alpha_2 \rightarrow \min. \end{cases} \quad (3)$$

Множина отриманих в результаті розв'язку системи значень, дозволить визначити раціональні місця встановлення КА, при якому ефект від секціонування, як одним, так і двома КА буде максимальним.

### Висновки:

1. Для типових моделей ЛЕП напругою 10 кВ та для нових узагальнених структур розподільних електричних мереж напругою 6-10кВ визначено раціональні місця встановлення секціонуючих КА методом прямого перебору за значенням найбільшого зниження недовідпуску електричної енергії споживачам. Аналіз отриманих результатів вказує на те, що проводити розрахунки для варіантів секціонування з одним КА недоцільно, оскільки у більшості випадків отримана множина раціональних місць встановлення двох комутаційних апаратів включає в себе 70-100% раціональних місць встановлення одного КА.

2. Отримано цільову функцію недовідпуску електричної енергії споживачам, за допомогою якої аналітично можна визначити раціональні місця встановлення автоматичних секціонуючих КА, при секціонуванні як одним так і двома КА.

### Список використаних джерел

1. Дихтярук И. В. Использование разъединителя РЛКВ-С-10 для секционирования распределительных сетей напряжением 10 кВ / Р. А. Буйный, И. В. Дихтярук, А. В. Красножон // Вісник Чернігівського державного технологічного університету: зб. – 2012. – № 1(55). – С. 227-232.

2. Діхтярук І. В. Застосування роз'єднувачів нового покоління у схемах автоматизованого секціонування розподільних мереж напругою 6-10 кВ / Р. О. Буйний, І. В. Діхтярук, Ю. О. Калюжний, А. О. Квицинський // Енергетика та електрифікація. – 2013. – № 4(55). – С. 34-40.

3. Діхтярук І. В. Автоматичне виділення пошкодженої ділянки в нерезервованих розподільних електричних мережах напругою 6-10кВ із застосуванням роз'єднувачів нового покоління / І. В. Діхтярук, Р. О. Буйний // Тези доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі». – Чернігів: ЧНТУ, 2013, Т. 1, с. 295-297.

4. Буйный Р.А. Модели и методы оптимизации надежности воздушных распределительных электрических сетей: Дис. канд. техн. наук: 05.14.02 / Р.А. Буйный – Чернігів, 2004. – 165с.

5. Діхтярук І. В., Визначення раціональних місць встановлення автоматичних секціонуючих роз'єднувачів в розподільних мережах напругою 10кВ / І. В. Діхтярук // Технічна електродинаміка. – 2014. – №4. – С.53-54.

6. Прусс В.Л. Повышение надежности сельских электрических сетей / В.Л. Прусс, В.В. Тесленко – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1989. – 208с.

7. Гомельський, Д. К. Кластеризація структур розподільних електричних мереж напругою 10 кВ / Д. К. Гомельський, Р. О. Буйний, А. О. Квицинський // Енергетика та електрифікація. – 2014. – №4. – С. 34-37.