

# ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРИСТРОЇВ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НА РЕЖИМ РОБОТИ ПІДСТАНЦІ 110/10 КВ

*Маківський О.А., магістрант, Марченко А.А., к.т.н., доцент  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем*

**Вступ.** За останні десятиліття суттєво зросла необхідність у використанні електроенергії. Однією з головних вимог до електроенергії є її якість, яка суттєво може впливати на надійність постачання електроенергії, ефективність, безпеку її споживання та використання.

Впровадження сучасних технологій ставить нові вимоги до надійності та якості електроенергії загалом і електропостачання споживачів. В наш час електроенергія — основне джерело світла та тепла, а тому повинна відповідати визначеним нормам якості. Одна з головних задач енергетики — підтримання вказаних норм у допустимих межах, що, на жаль, не можливо без регулювання відповідних параметрів. Одними з основних параметрів можна вважати активну та реактивну потужності. Хоча навантаження споживає лише активну потужність, але через конструкційні особливості свого виконання, елементи мережі мають складові реактивного опору та провідності, а отже не можна нехтувати таким параметром, як реактивна потужність.

Пристрої компенсації реактивної потужності (далі КП) здатні забезпечити стабільні рівні напруг, оптимізацію поточкорозподілу, а в результаті — покращення пропускної здатності мережі та зниження рівня втрат. Основне завдання КП полягає в підвищенні ефективності керування потоками потужності, регулювання напруги, збільшенні коефіцієнта потужності  $\cos(\varphi)$ .

Мета використання конденсаторних батарей — зниження перетоків реактивної потужності, яке, у свою чергу, веде до зменшення завантаження ЛЕП, трансформаторів, дозволяє регулювати напругу всередині енергосистеми.

Актуальність роботи полягає у тому, що варіативність застосування пристроїв компенсації реактивної потужності, а також методів їх експлуатації досить велика.

**Мета.** Дослідити вплив пристроїв компенсації реактивної потужності на рівень напруги та значення параметру коефіцієнта потужності  $\cos(\varphi)$  на шинах підстанції.

**Матеріали і результати досліджень.** Для моделювання компенсуючого пристрою, який використовується на підстанції, скористаємося програмою PowerFactory. В якості фрагменту електричної схеми обираємо фрагмент електричної мережі (Рис. 1), що складається зі схем 3 з'єднаних між собою підстанцій. Згідно із зазначеною рисунком, в середовищі Power Factory набираємо схему, за допомогою якої будемо проводити моделювання.

В якості зовнішнього джерела вибираємо інструмент «External Grid» та підключаємо його до схеми з обох сторін. Шини модулюємо елементами «Terminal» — у випадку одиночної шини, та елементами «DoubleBusbar» і «DoubleBusBypass» у випадку зведеної шини та зведеної шини з обхідною відповідно. Трансформатори модулюємо за допомогою вмонтованої бібліотеки

елементів Power Factory. Параметри лінії, напруги на шинах і величини навантажень задаємо вручну.

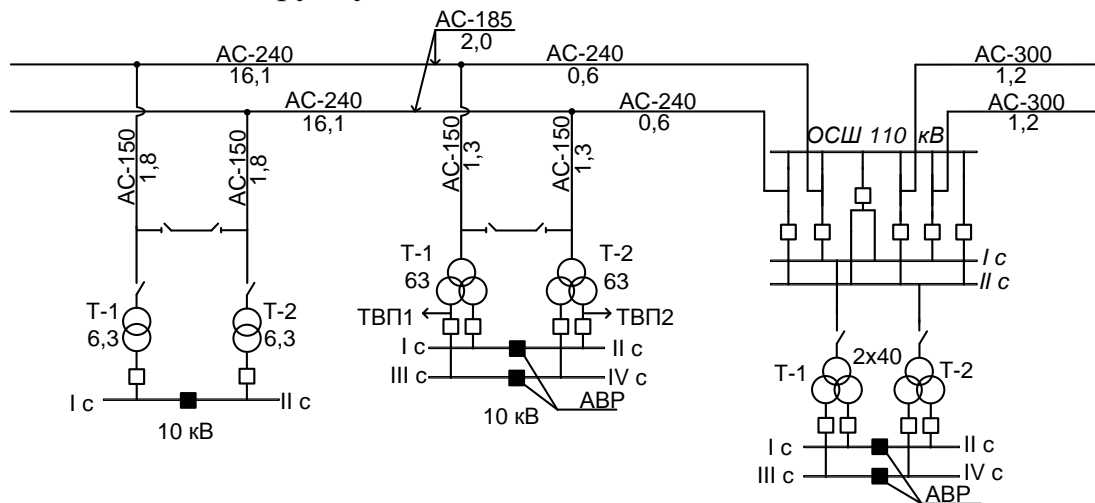


Рисунок 1 — Фрагмент електричної мережі

До шин підстанції приєднуємо елементи компенсації реактивної потужності, задача встановлення яких — підвищити  $\cos(\varphi)$  на шинах підстанції від 0.83 до 0.95 (Рис. 2). Розраховуємо режим. Дані про напругу на шинах, втрати активної потужності та завантаженість трансформаторів у перші колонки табл. 1, 2 та 3 відповідно.

Наступний крок - модулювання режиму з використанням КП (Рис.3).

Розрахунок потужності компенсуючого пристрою  $Q_{КП}$  проводимо за наступним алгоритмом:

1. Визначимо поточне значення  $\text{tg}(\varphi_{П})$ :

$$\text{tg}(\varphi_{П}) = \frac{Q_{Н}}{P_{Н}} = \frac{10}{15} = 0.67 \quad (1)$$

2. Визначимо бажане значення  $\text{tg}(\varphi_{П})$ , використовуючи бажане значення  $\cos(\varphi)=0,95$ :

$$\text{tg}(\varphi_{Б}) = \text{tg}(\arccos(0.95)) = 0.32 \quad (2)$$

3. Виразимо  $\text{tg}(\varphi_{Б})$  аналогічно формулі (1) :

$$\text{tg}(\varphi_{Б}) = \frac{Q_{Н} - Q_{КП}}{P_{Н}} \quad (3)$$

4. Використовуючи формулу (3) знайдемо необхідну потужність  $Q_{КП}$ :

$$Q_{КП} = P_{Н} \cdot [\text{tg}(\varphi_{П}) - \text{tg}(\varphi_{Б})] = 15 \cdot [0.67 - 0.32] = 5.25 \text{ МВАр} \quad (4)$$

Результати моделювання заносимо у другі колонки таблиць 1, 2 та 3 відповідно.

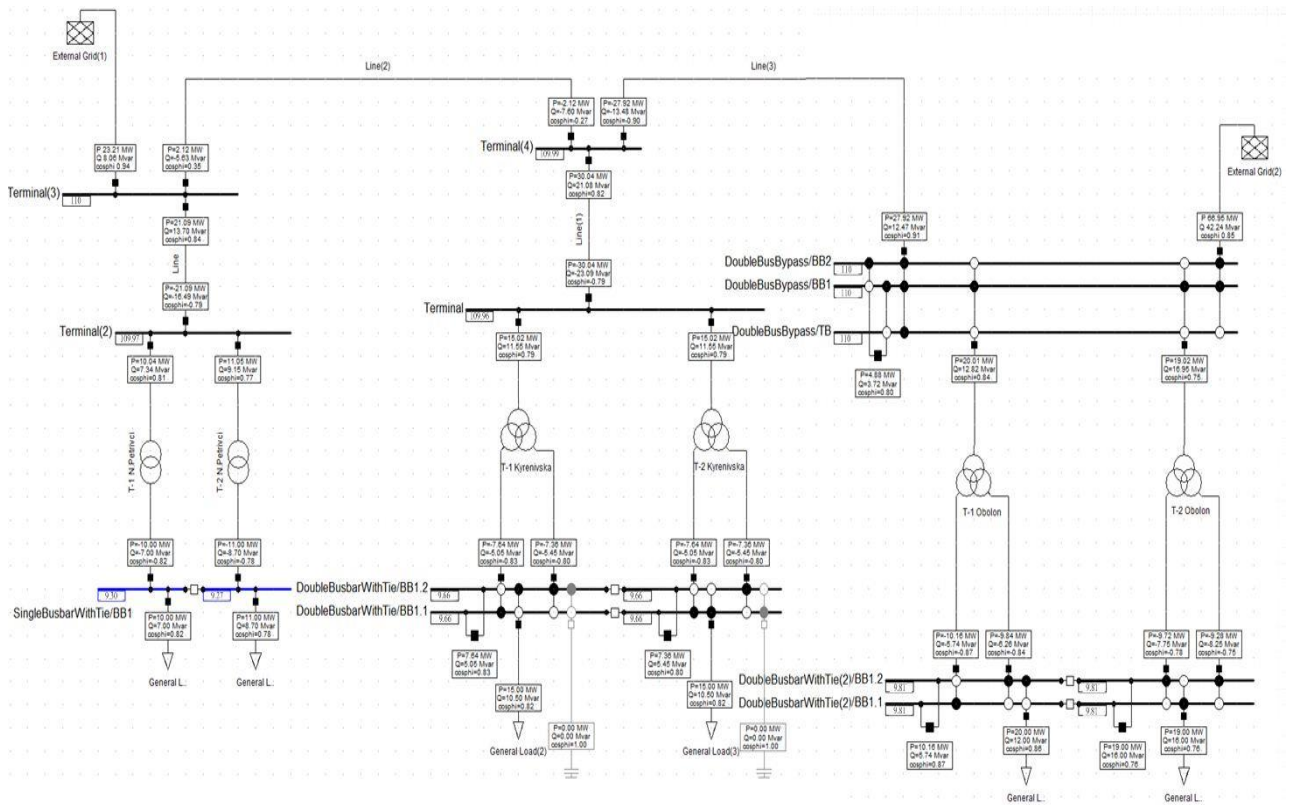


Рисунок 2 – Фрагмент електричної мережі у середовищі PowerFactory без використання КП

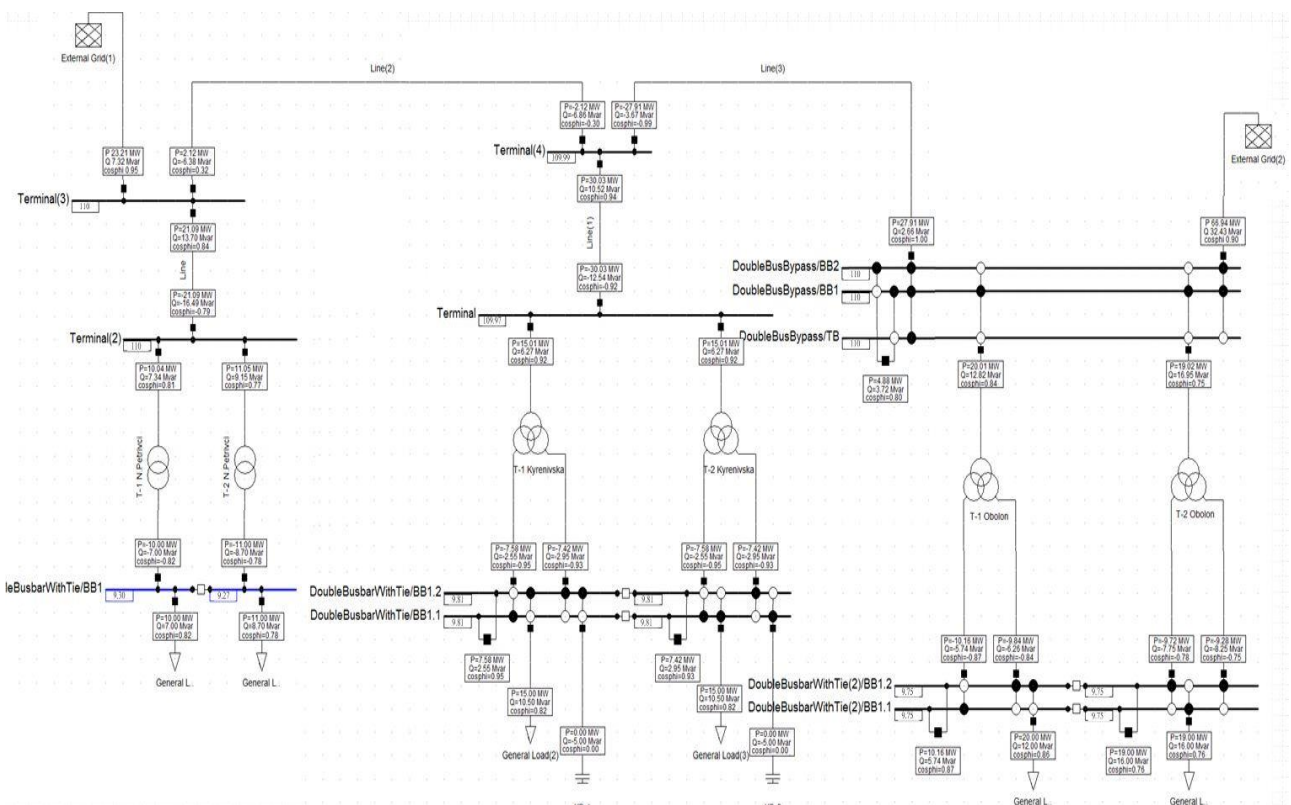


Рисунок 3 – Фрагмент електричної мережі у середовищі PowerFactory з використанням КП

Таблиця 1 – Напряга на шинах підстанції

Назва	УН, кВ	УР без КП, кВ	УР з КП,кВ
ВВ1.1	10	9.66	9,81

Таблиця 2 – Втрати активної потужності на підстанції

Назва	Втрати активної потужності, МВт
Без КП	0.042
З КП	0.031

Таблиця 3 – Завантаженість трансформаторів на підстанції

Назва	Завантаженість трансформаторів без КП, %	Завантаженість трансформаторів з КП, %
T-1, T-2	36.466	31.317

В перспективі, схема може бути ускладнена, доповнена, розширена, тощо. Наприклад, замість елементів «External Grid» можна додати нові елементи електричної мережі, такі як нові підстанції та генератори, двигуни тощо. Замість КП, що використовувалися в даній роботі, можна встановити елементи FACTS, до яких відносяться статичні тиристорні компенсатори, статкоми, керовані шунтуючі реактори, фазоповоротні пристрої, тощо. Із розширенням функціоналу пристроїв компенсації розширюється і області дослідження схеми. З'являється можливість дослідження динамічних режимів зміни навантаження, дослідження роботи АЧР, спектральний аналіз сигналів та ін.

**Висновки:** розроблений фрагмент електричної мережі дозволяє наглядно побачити переваги у застосуванні КП:

1. Напряга на шинах підстанції в точці приєднання КП має значення, що є більш близьким до номінального в порівнянні зі значенням напруги без використання КП на тих же шинах підстанції;

2. Завантаженість трансформаторів знижується на 5%, а це означає підвищення надійності роботи та деяке зменшення зношення обладнання;

3. Втрати активної потужності при використанні зменшилися на 26% що позитивно впливають на економічний фактор виробництва електроенергії.

4. Втрати по реактивної потужності ЛЕП зменшилися з 21.08 МВАр до 10.53 МВАр, що дозволяє збільшити їх пропускну здатність.

5. Значення коефіцієнту потужності  $\cos(\varphi)$  зросло від значення 0.83 до значення 0.95 при використанні КП.

#### Перелік посилань

1. Сайт продукції ЗАО "СВ АЛЬТЕРА"[Електронний ресурс]: компенсація реактивної потужності. Схемні рішення. 2007 р. — Режим доступу до журн.:<http://www.svaltera.ua/solutions/typical/energy/6718.php>

2. Дорошенко О.І. Компенсація реактивних перетоків в електричних мережах., / І.О. Дорошенко, Т.А. Хімчук // Електромашинбуд та електрообладн, 2003. - № 61. - С. 39-44. PowerFactory, «Руководство пользователя», DIgSILENT GmbH Gomaringen, Germany, — 2011.