

ЗМЕНШЕННЯ КОЛИВАНЬ НАПРУГИ В ВУЗЛІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ЗАСОБАМИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Марченко А.А., к.т.н., доцент, Коломієць М.В., студентка
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. Відхилення та коливання напруги в мережі виникають внаслідок зміни завантаженості споживачів, які відбуваються випадковим чином. Збільшення номінальної напруги призводить до скорочення терміну дії обладнання, зменшення напруги знижує продуктивність і економічність енергоспоживачів, пропускну здатність ліній електропередачі.

Для стабілізації напруги в мережі використовують різні види компенсаторів [1, 2]. В даній статті більш детально розглянемо статичний компенсатор реактивної потужності (SVC) (з англ. SVC- Static Var Compensator), та його вплив на зміну напруги.

Мета роботи. Імітаційне моделювання системи SVC в середовищі Matlab Simulink та дослідження впливу параметрів ПІ-регулятора системи управління.

Матеріали і результати досліджень. Статичний компенсатор реактивної потужності зображено на рис. 1. Він приєднується поперечно і виступає в ролі генератора, або ж, споживача, реактивної потужності, складається з реактора, керованого тиристором, та з конденсатора [1].

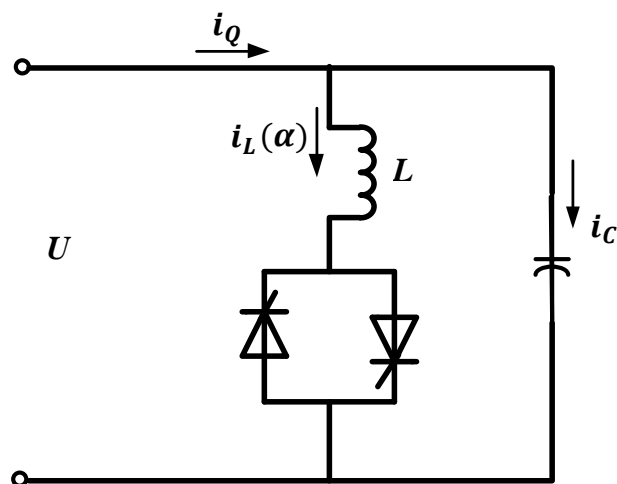


Рисунок 1 – Структурна схема SVC

За допомогою динамічної зміни реактивної потужності регулюється напруга на шинах. Еквівалентну провідність пристрою **B** можна описати наступним виразом:

$$B(\alpha) = B_L(\alpha) - B_C = \frac{2\pi - 2\alpha - \sin 2\alpha}{\pi\omega L} - B_C$$

Де, α — кут спрацьовування тиристора;

L — індуктивність;

ω — кутова частота;

B_L — провідність реактора

B_C — ємнісна провідність,

У даному виразі безперервна функція кута спрацьовування тиристора (α) — це еквівалентна провідність. Якщо керувати кутом спрацьовування, то загальна еквівалентна провідність буде постійно змінюватися. На рис. 2 зображена схема контролера SVC з ПІ- регулятором [1].

Статичний компенсатор реактивної потужності може забезпечувати компенсацію реактивної потужності за допомогою індукційного генератора. Він контролює напругу на шині, і, також, змінює еквівалентну провідність, при цьому контролюючи кут спрацьовування тиристора [1].

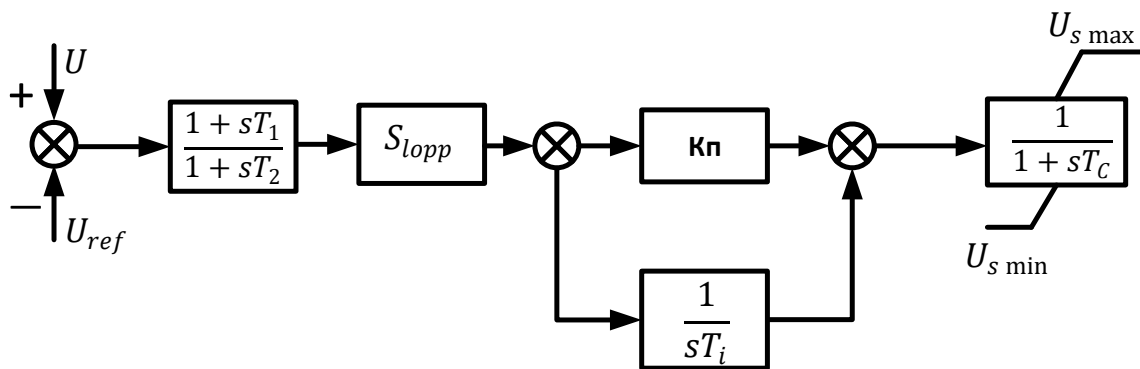


Рисунок 2 – Схема контролера SVC

Проаналізуємо, як SVC з регульовальним діапазоном впливає на зміну напруги в мережі при збуреннях.

На рис. 3 зображена схема фрагменту електричної мережі з SVC. Дана схема складається з трьох джерел (Г1, Г2, Г3) напругою 110кВ та потужністю 3000 МВА, 90МВА, 40 МВА відповідно. Джерела з'єднані двома лініями електропередач марки АС-95. Лінія, яка відходить від Г1, має протяжність 40км, інша має довжину 50 км. До системи підключено три навантаження.

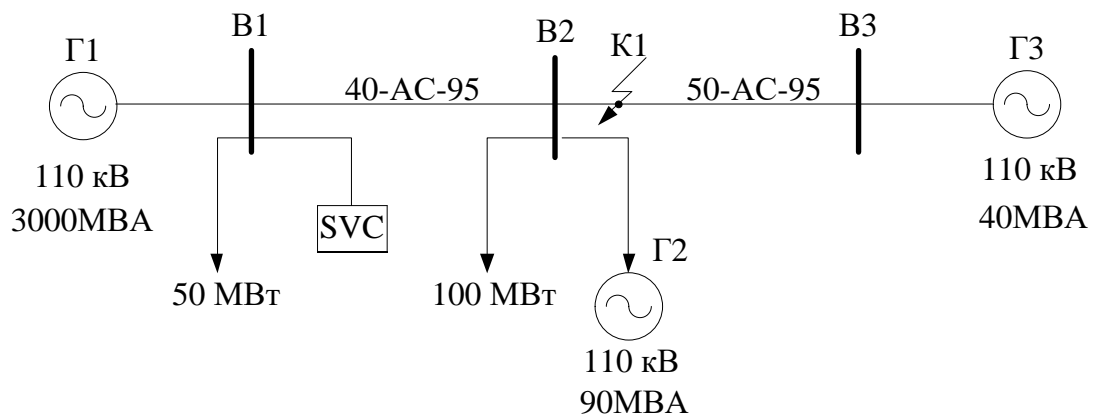


Рисунок 3 – Фрагмент електричної мережі з SVC

З використанням середовища Matlab Simulink виконаємо моделювання фрагменту електричної мережі за наступним сценарієм.

В мережі виникає ступінчата зміна напруги (в. о.) в моменти часу 0.1с (з 1 на 0.9), 0.8с (з 0.9 на 1.09), 1с (з 1,08 на 1). Коротке замикання на шині відбулося з 1,6-1,7с.

За результатами моделювання отримано наступні графіки зміни напруги мережі на шині В1 (U, в. о.) та реактивної потужності (Q, в. о.) в часі (t, с) (рис. 4-7)

На рис. 4 зображено коливання напруги в мережі без синхронного компенсатора.

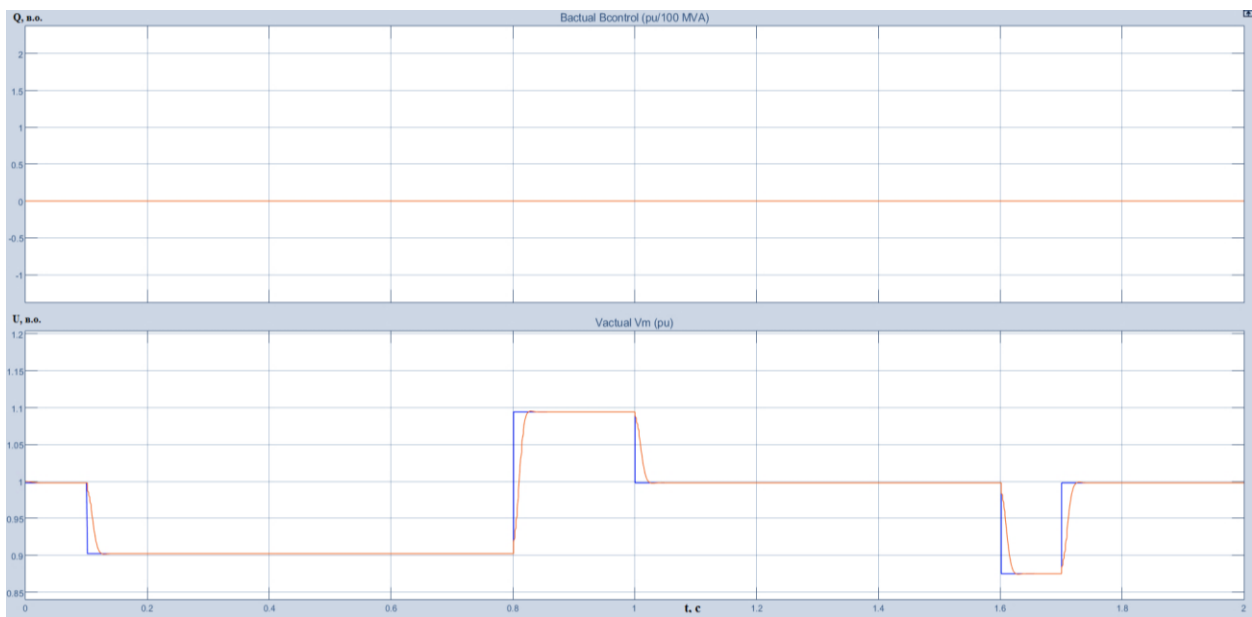


Рисунок 4 – Зміна напруги в мережі без SVC

Застосування SVC демонструє зміну напруги та Q, що генерується (або споживається) системою SVC. Зниження напруги в системі викликає генерацію реактивної потужності на 200Мвар (SVC ємнісна). Підвищення напруги - поглинання реактивної потужності 100Мвар (SVC індуктивна). (рис. 5-7)

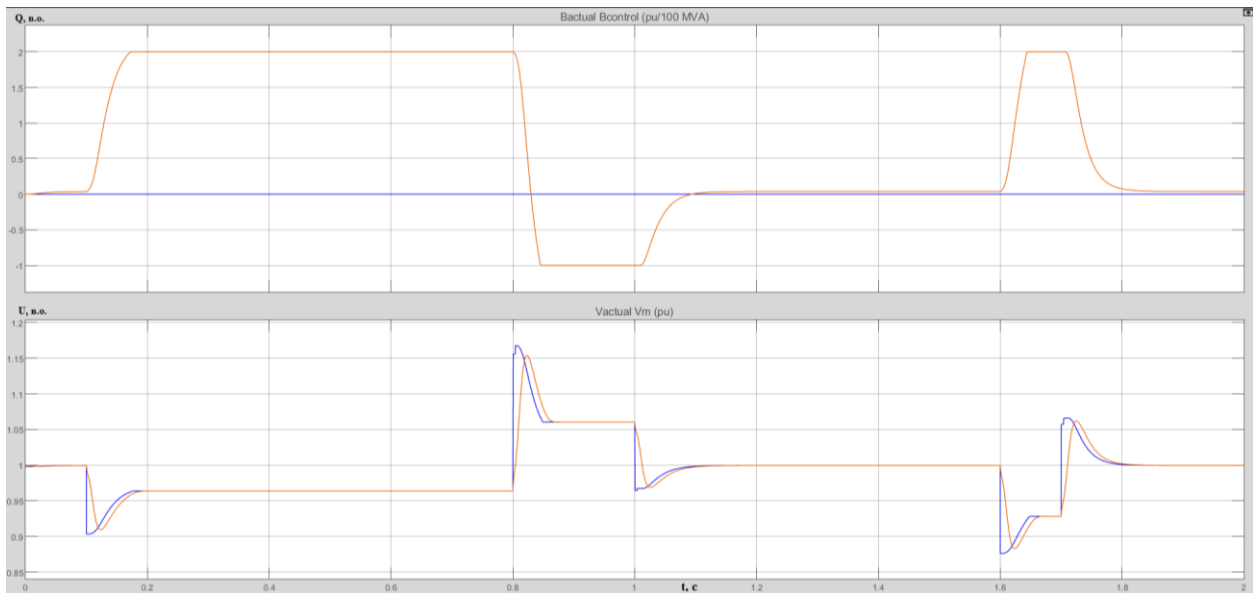


Рисунок 5 – Зміна напруги в мережі з SVC при $K_p = 0$ $K_i = 300$

На рис. 5 спостерігаємо, що Q на ділянках часу 0.1- 0.84с та 1.6-1.8с споживається SVC та генерується на проміжку 0.84-1.1 с відповідно.

Змінюємо інтегральний коефіцієнт підсилення ПІ- регулятора SVC ($K_i = 1/T_i$) та аналізуємо перехідний характер зміни напруги та Q (рис. 6, 7).

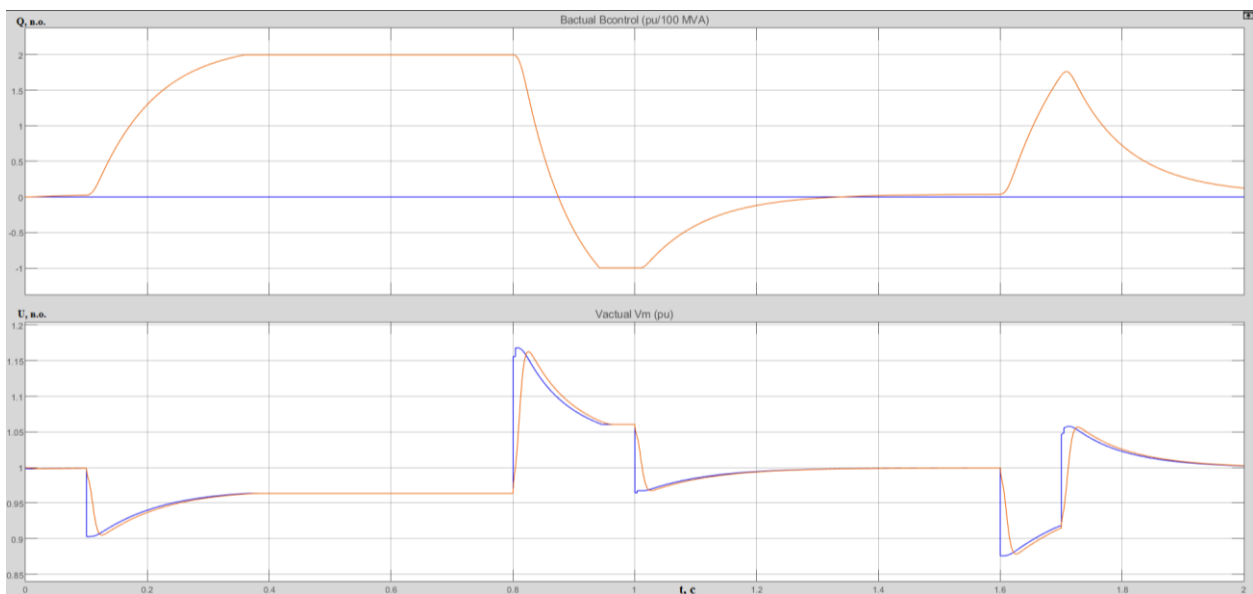


Рисунок 6 – Зміна напруги в мережі з SVC при $K_p = 0$ $K_i = 100$

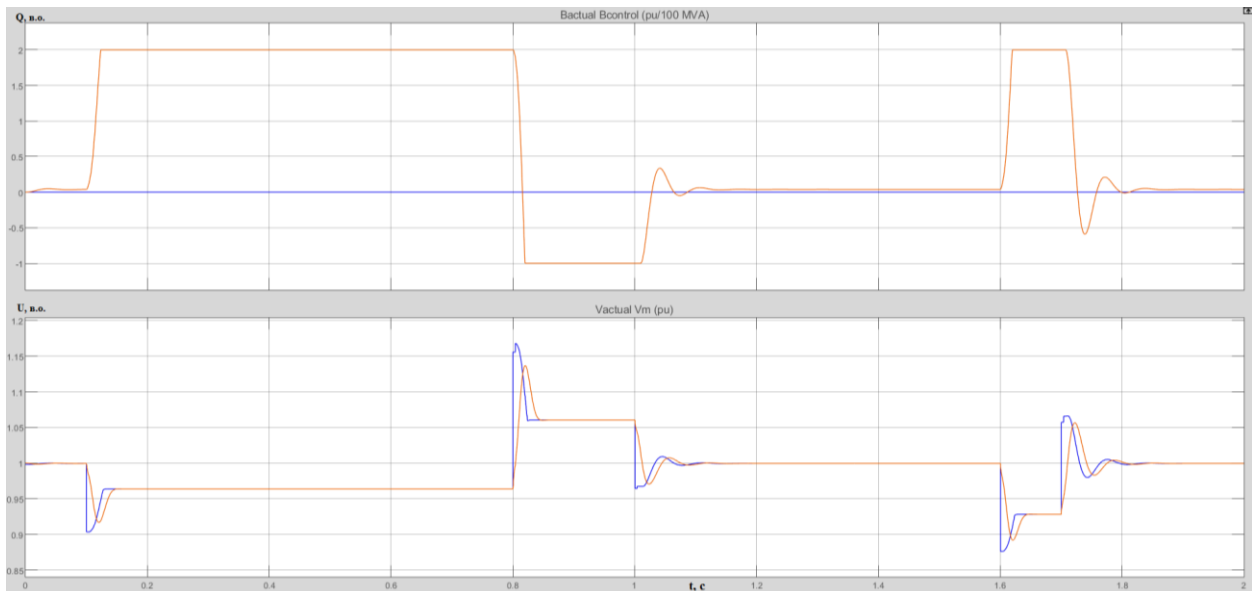


Рисунок 7 – Зміна напруги в мережі з SVC при $K_{\Pi} = 0$ $K_i = 1000$

Аналіз перехідних процесів зміни напруги та Q З показав, що при $K_i = 100$, напруга довго виходить на усталений рівень. А при $K_i = 1000$ виникає перерегулювання і виникає небажаний коливальний перехідний процес. Тому оптимальним параметром регулятора з проведених досліджень є коефіцієнт підсилення ПІ- регулятора SVC $K_i = 300$. Коливання напруги вузла мережі в межах 10% компенсуються даним SVC.

Висновки. Статичний компенсатор реактивної потужності є ефективним засобом для уникнення небажаних коливань напруги, особливо в мережах, де досить важлива швидкість вирівнювання напруги. В той же час SVC потребують більших капіталовкладень в порівнянні з механічно комутованими конденсаторами, тому їх використання обмежено.

Перелік посилань

1. Zhou Hua¹, WEI Hongfen², QIU Xiaoyan², XU Jian², WEI Xiwen², Wang Song. "Improvement of Transient Voltage Stability of the Wind Farm using SVC and TCSC" [Electrical resource] // 1.Dazhou Electric Power Bureau, Sichuan Electric Power Company; 2.School of Electrical Engineering and Information Sichuan University Chengdu, China
2. Saeed Amini, Md. Tavakoli Bina, Amin Hajizadeh. Reactive Power "Compensation in Wind Power Plant Using SVC and STATCOM" [Electrical resours] // International Journal of Emerging Science and Engineering (IJESE)
3. Середовище MATLAB - MathWorks - MATLAB & Simulink [Electrical resource] // https://www.mathworks.com/help/phymod/sps/ug/svc-phasor-model.html?s_tid=srchtitle