

## МОДЕЛЮВАННЯ НЕСИМЕТРИЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ КОМПЕНСАТОРІВ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ У СЕРЕДОВИЩІ SIMULINK ПАКЕТУ MATLAB

*Представив д.т.н., професор Гетьман Г.К.*

До складу тягових підстанцій змінного та постійного струму звичайно входять регульовані компенсатори реактивної потужності (КРП).

Особливою рисою традиційних систем компенсації реактивної потужності є те, що величина реактивної потужності визначається по струму і напрузі тільки однієї фази. Такий підхід є прийнятним для електричних систем з симетричними навантаженням та мережею. Разом з тим звичайно системи фазових напруг, навантажень, ємності компенсуючих конденсаторів не є симетричними.

Метою даного дослідження було з'ясування поведінки регульованого компенсатора реактивної потужності у разі виникнення несиметричних режимів. Модель компенсатора реактивної потужності було створено у середовищі Simulink пакету Matlab.

Під час моделювання компенсатора реактивної потужності розглядалися електричні кола з компенсуючими ємностями та без них.

На першому етапі було розроблено модель трифазної системи, що складалась з джерела трифазної напруги та симетричного RL-навантаження (рис.1). Використовувалися наступні параметри електричного кола:  $U_{л} = 300 \text{ В}$ ,  $f = 50 \text{ Гц}$ ,  $R = 1 \text{ Ом}$ ,  $L = 1 \text{ мГн}$ ,  $R_{\text{внут.джер.}} = 0,31 \text{ Ом}$ .

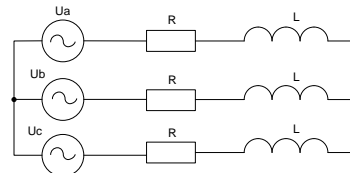


Рис.1. Трифазний ланцюг із симетричним RL-навантаженням

Модель цієї схеми представлена на рис.2,

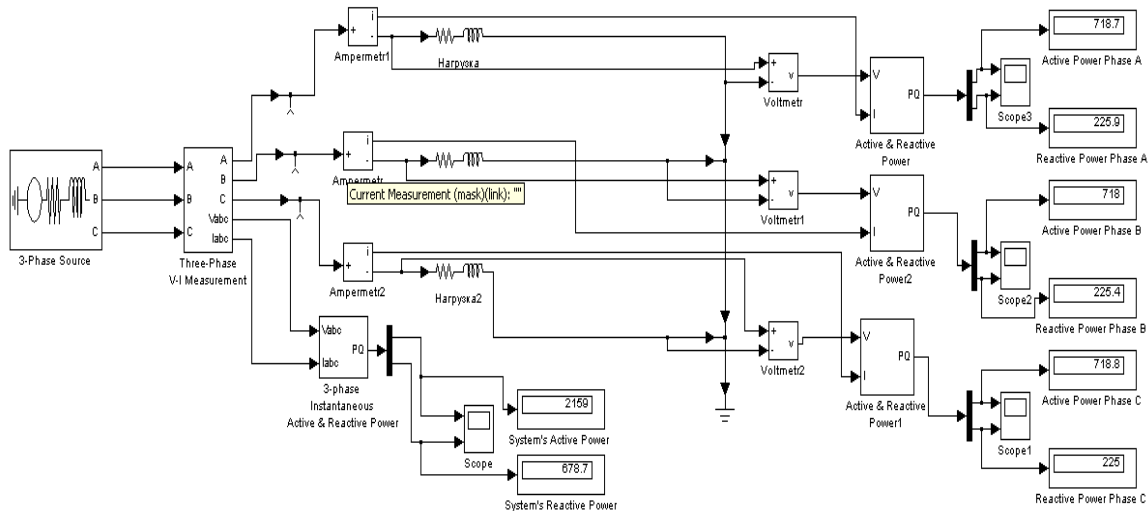


Рис. 2. Модель трифазного ланцюга із симетричним RL-навантаженням

де:

- 3-Phase Source - джерело 3 фазної напруги;
- 3-Phase VI Measurement - 3 фазний вимірювач струму та напруги;
- 3-Phase Active & Reactive Power - 3 фазний вимірювач активної та реактивної потужності.

До блоку вимірювання підключені датчики струмів і напруг усіх фаз, а з виходу блоку знімалися значення активної та реактивної потужності. Чисельні значення потужностей відображалися на блоках Display, а часові характеристики активної і реактивної потужностей відображалися блоком

Score. В цій моделі передбачена можливість контролю за споживаною активною та реактивною енергією по кожній фазі. Така система контролю була створена з метою ручної перевірки працеспроможності моделі.

Після симуляції були отримані наступні результати - споживана реактивна потужність складала 0.678 кВАр, а активна потужність 2.159 кВт. Ручна перевірка підтвердила правильність симуляції.

На другому етапі створювалась модель регульованого компенсатора реактивної потужності. Була забезпечена можливість комутації ємностей. Регулювання полягало в тому, що компенсуючі ємності підключалися чи відключалися вручну до системи в залежності від розбалансу потужності. На рис.3 зображена модель блоку, який забезпечував регулювання споживаної реактивної потужності за рахунок комутації ємностей.

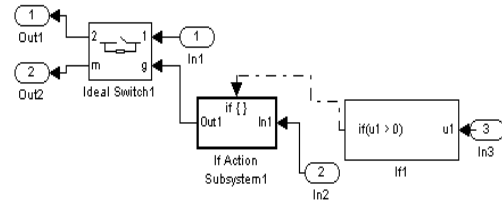


Рис.3. Внутрішня схема блоку комутації ємностей

У даній підсистемі, блок *If Action Subsystem*, використовується як драйвер, який отримує сигнал із зовнішнього керуючого блоку. Блок *If*, виконує функцію пристрою, що задає умову, у разі виконання якого, блок *If Action Subsystem* відкриває ключ *Ideal Switch*. На рис. 4, зображена модель системи, в якій включення і виключення компенсуючих ємностей, здійснюється за логікою, що описана вище. Компенсуючі ємності входять до складу блоку КРМ.

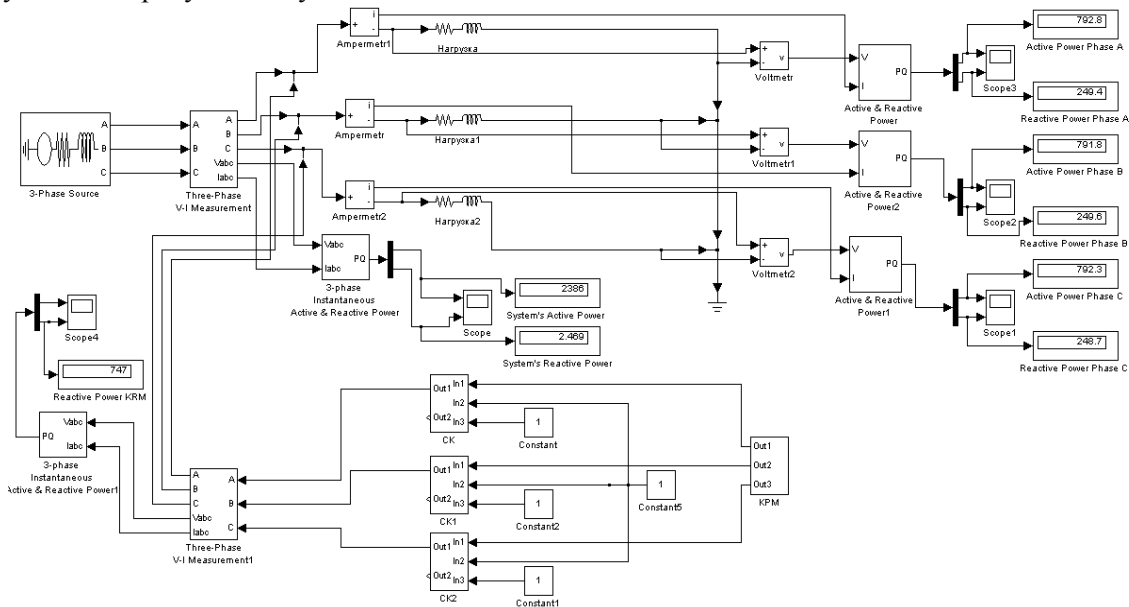


Рис. 4. Модель системи з регульованими компенсуючими ємностями

По завершенню другого етапу моделювання було отримано модель базової схеми з регульованим компенсатором реактивної потужності. Створена модель далі використовувалась для дослідження асиметричних режимів роботи.

На третьому етапі, було розглянуто три варіанти несиметричних режимів роботи системи. Проводилась незалежна симуляція системи:

- з розбалансом фазових напруг;
- режим роботи системи зі зміною величини та характеру навантаження;
- обрив однієї з фаз живлення;

- розбаланс величин компенсуючих ємностей.

Модель що створена на попередньому етапі була модифікована з урахуванням розбалансу фазових напруг. Так, фазова напруга  $U_A=270$  В,  $U_B=300$  В,  $U_C=300$  В. В результаті симуляції були отримані наступні результати: реактивна потужність почала генеруватися в мережу. Результати симуляції показали, що використання інформації про струм та напругу лише по одній фазі не є ефективним.

Наступним етапом була розробка моделі для дослідження впливу зміни величини навантаження та характеру навантаження,

зокрема заміна активно-індуктивного навантаження однієї з фаз, чисто активним.

Моделювалися наступні ситуації:

- по одній з фаз замінено активно-індуктивне навантаження чисто активним;
- по одній з фаз збільшено індуктивність в два рази;
- перша і друга ситуація одночасно.

В результаті симуляції отримано наступні дані - в першому варіанті реактивна енергія почала генеруватися в мережу, оскільки покази блоку *Display* рівні -289.9 VAR.

В другому випадку, збільшивши індуктивність у навантаженні вдвічі, споживана реактивна потужність стала рівною 266 VAR. Отже збільшення номіналу котушки, призвело до того, що компенсатор не виконує свою функцію в повному обсязі.

У третьому випадку, реактивна потужність рівна -104 VAR, що також свідчить, що КРП не є ефективним в даному випадку, оскільки реактивна потужність генерується в мережу.

Моделювався аварійний режим в електромережі – обрив фази.

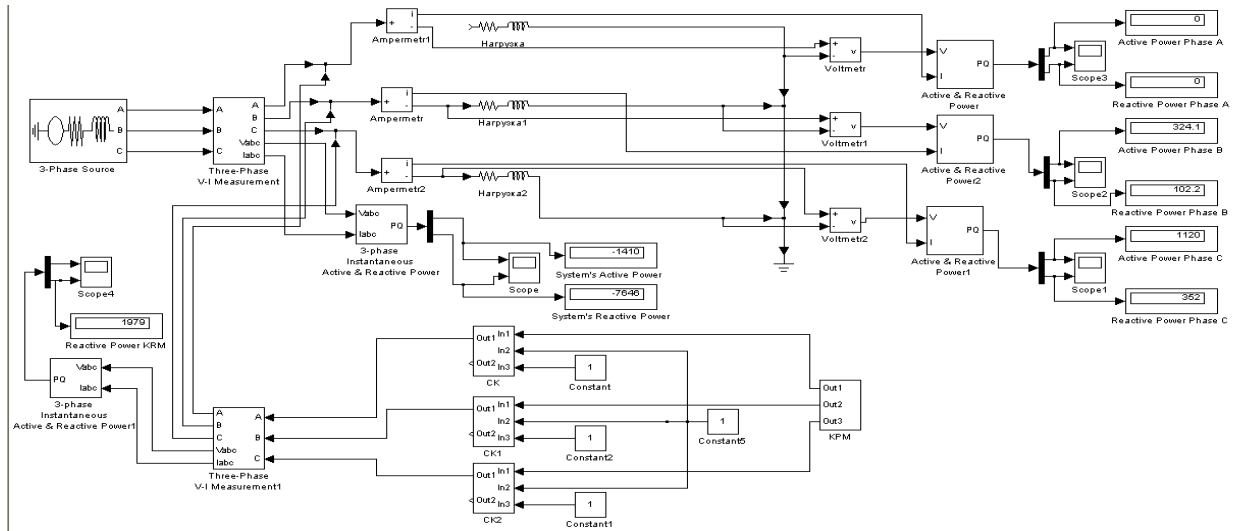


Рис. 5. Модель системи з обривом фази А

Як видно з рис. 5, реактивна потужність системи генерується в мережу. Дана модель яскраво ілюструє, що доволі широко поширена неполадка в електромережі, сприяє генерації реактивної енергії в мережу в доволі великому обсязі.

В результаті моделювання різних конфігурацій розробленої на початку моделі системи, були отримані наступні результати:

- по-перше, була створена модель системи з симетричним *RL*-навантаженням, та під'єднаним до цієї системи КРП.
- по-друге, була створена модель пристрою регулювання включенням та виключенням КРП до електричного кола.

• по-третє, був досліджений вплив дестабілізуючих факторів на роботу компенсаційної системи. В результаті, були визначені режими роботи компенсатора у випадках зміни величини напруги в мережі, зміни величини та характеру навантаження.

Проведений аналіз несиметричних режимів роботи компенсатора реактивної потужності показав можливість виникнення суттєвих похибок. Ця особливість потребує розробки системи керування компенсатором в якій би враховувалися значення напруг та струмів по кожній з фаз та реальний стан компенсуючих ємностей.