

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Доповідь

до захисту магістерської кваліфікаційної роботи на тему:
«Моделі та алгоритми розрахунку компенсації реактивної
потужності в електричних мережах на основі їх декомпозиції»

Доповідач: ст. гр. ЕСЕ-16м
Агафонов М.В.

Науковий керівник: к.т.н., доц.
Демов О.Д.

Вінниця 2018

Актуальність теми. Зниження втрат електроенергії в електричних мережах на її передачу та споживання в умовах паливно-енергетичного дефіциту є актуальною технічною та науковою задачею як для економічно розвинутих країн, де вони становлять 4-6% , так і для електроенергетики України, де в мережах окремих енергопостачальних компаній цей показник сягає до 20% [2]. Для отримання високоефективних результатів із зниження втрат електроенергії в електричних мережах використовуються компенсуючі пристрої (КП) . Результати, які отримуються при експлуатації таких пристроїв, залежать від їх параметрів, які в свою чергу приймаються на етапі проектування електричної мережі. Тому наукові роботи, спрямовані на поліпшення методики компенсації реактивної потужності слід вважати актуальними.

Щоб не порушувати баланс потужностей енергосистеми, не завдавати фінансових збитків та контролювати якість електроенергії в допустимих межах, необхідно здійснювати компенсацію реактивної потужності, яка виконується компенсуючими установками.

Мета дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розглянення моделей та алгоритмів оптимального розрахунку компенсації реактивної потужності в електричних мережах на основі їх декомпозиції. Розроблення на основі розглянутих моделей та алгоритмів автоматизованих програм розрахунку оптимальної КРП в середовищі Excel..

Задачі дослідження.

- - проаналізувати використання компенсуючих установок в електричних мережах;
- - дослідити методи забезпечення заданої вхідної реактивної потужності при мінімумі втрат активної потужності;
- - розробити програми автоматичного розрахунку оптимальної компенсації реактивної потужності в середовищі Excel;
- - обґрунтувати економічну доцільність використання конденсаторних установок компенсації реактивної потужності;

Об'єктом дослідження. процес компенсації реактивної потужності в електричних мережах.

Предметом дослідження. алгоритми та моделі для розрахунку компенсації реактивної потужності в електричних мережах.

Коли мережі енергопостачальних компаній і споживачів знаходяться на балансі однієї організації, для споживачів необхідно підтримувати величину вхідної реактивної потужності. В деяких випадках ЕК задає вхідну реактивну потужність, виходячи з своїх технічних інтересів. В таких випадках підвищення ефективності КУ можна досягнути максимальним зниженням втрат при забезпеченні заданої величини вхідної реактивної потужності .

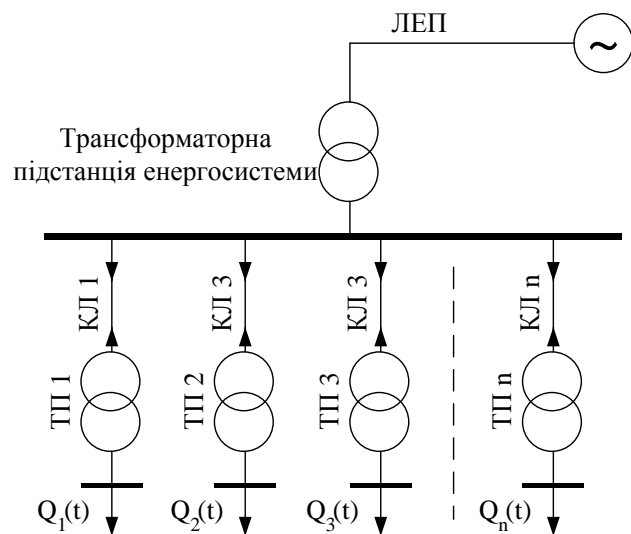


Схема розрахункової мережі

В таблиці 1 представлені аналітичні моделі керування КУ, реалізація яких забезпечує задану вхідну реактивну потужність при максимальному зниженню втрат. В сукупності ці моделі представляють новий підхід керування КУ в мережах споживача з врахуванням стану мереж ЕК.

№	Коротка характеристика методу	Аналітична модель керування	Переваги методу
1	Забезпечення ВРП по мінімуму втрат мереж окремого дерева	$Q_i^2 R_i \rightarrow \min$	Додаткове зниження втрат, порівнюючи з існуючими методами
2	Забезпечення ВРП по прогнозованому максимуму зниження втрат для радіальних мереж	$\frac{(2Q_i Q_{ci} - Q_{ci}^2) R_i}{U^2} \rightarrow \max$	Додаткове зниження втрат
3	Забезпечення ВРП по максимуму зниження втрат для радіальних мереж з живлячою лінією	$\frac{2Q_{ci} R \sum_{i=1}^m Q_i - Q_{ci}^2 R}{U^2} + \frac{(2Q_i Q_{ci} - Q_{ci}^2) R_i}{U^2} \rightarrow \max$	Додаткове зниження втрат
4	Забезпечення ВРП по максимуму зниження втрат для магістральних мереж	$\frac{(2Q_i Q_{ci} - Q_{ci}^2) R_{ii}}{U^2} + \frac{1}{U^2} \cdot 2Q_{ci} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n Q_j R_{ji} \rightarrow \max$	Додаткове зниження втрат

Розглянемо керування потужностями конденсаторних установок при якому можливо забезпечити вхідну реактивну потужність по мінімуму втрат мереж окремого дерева відповідно першої моделі згідно таблиці 1.

Аналітична модель керування має вигляд:

$$Q_i^2 R_i \rightarrow \min$$

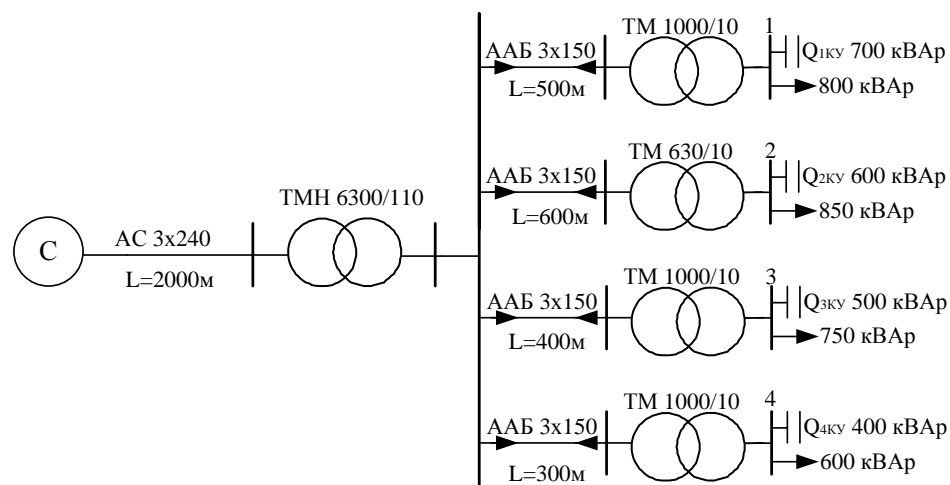


Схема розподільної мережі

Таким чином, для забезпечення заданої вхідної реактивної потужності по мінімуму втрат мереж окремого дерева необхідно ввімкнути наступні секції КУ:

4x100	квар	ввімкнути	в	1-му	вузлі;
6x100	квар	ввімкнути	в	2-му	вузлі;
3x100	квар	ввімкнути	в	3-му	вузлі;
2x100	квар	ввімкнути	в	4-му	вузлі.

Остаточні значення споживання реактивних потужностей:

$$Q_1 = 400 \text{ (кВАр);}$$

$$Q_2 = 250 \text{ (кВАр);}$$

$$Q_3 = 450 \text{ (кВАр);}$$

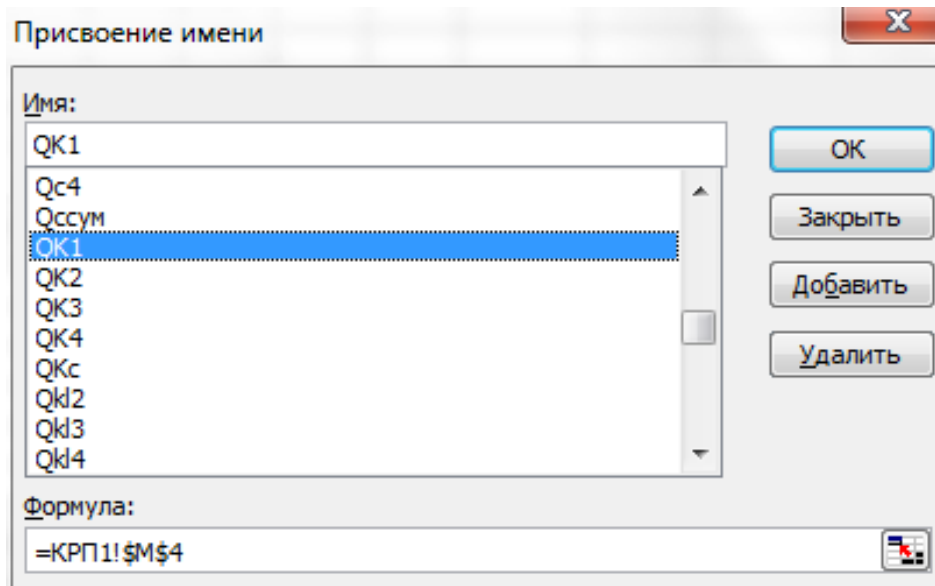
$$Q_4 = 400 \text{ (кВАр).}$$

Для того щоб зробити процес пошуку оптимальної потужності конденсаторних установок більш точним та гнучким розробимо на робочих листах Excel програми автоматичного розрахунку які будуть базуватися на чотирьох моделях керування представлених в таблиці 1. Назви комірок та відповідні їм формули представлені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Опорні формули листа Excel

Діапазон комірок	Формула електронної таблиці Excel	Математична модель
B3:B7	Довжини ліній, м	
D3:D7	Питомі активні опори ліній, Ом/км	
F3:F7	Опір лінії живлення, Ом	
G3:G7	Опір трансформаторної підстанції, Ом	
H3:H7	Еквівалентний опір навантаження, Ом	
J3:J7	Реактивне навантаження, квар	
L3:L7	Потужність КУ, квар	
M3:M7	Реактивні нав. з КУ, квар	
M4,C27	=СУММ(C12:C27)	Q_{K1}
M5,E27	=СУММ(E12:E27)	Q_{K2}
M6,G27	=СУММ(G12:G27)	Q_{K3}
M7,I27	=СУММ(I12:I27)	Q_{K4}
F3:F7	=(B3:B7)*(D3:D7)	$r_{\pi}=1 \cdot r_{num}$
H3:H7	=(F3:F7)+(G3:G7)	$r_e=r_{\pi} + r_T$
B11:B26	=((J5-C5)^2/10^2)*H5/1000	$\Delta P_i = \frac{Q_i^2}{U^2} \cdot R_i$
D11:D26	=((D5-E5)^2/10^2)*H6/1000	$\Delta P_i = \frac{Q_i^2}{U^2} \cdot R_i$
F11:F26	=((F5-G5)^2/10^2)*H7/1000	$\Delta P_i = \frac{Q_i^2}{U^2} \cdot R_i$
H11:H26	=((H5-I5)^2/10^2)*H8/1000	$\Delta P_i = \frac{Q_i^2}{U^2} \cdot R_i$
B11:B26	(((2*J5-C5-C5^2)^2/10^2)*H5/1000	$\delta(\Delta P)_{ji} = \frac{(2 \cdot Q_i \cdot Q_{ci} - Q_{ci}^2) \cdot R_i}{U^2}$
D11:D26	(((2*D5-E5-E5^2)^2/10^2)*H6/1000	$\delta(\Delta P)_{ji} = \frac{(2 \cdot Q_i \cdot Q_{ci} - Q_{ci}^2) \cdot R_i}{U^2}$
F11:F26	(((2*F5-G5-G5^2)^2/10^2)*H7/1000	$\delta(\Delta P)_{ji} = \frac{(2 \cdot Q_i \cdot Q_{ci} - Q_{ci}^2) \cdot R_i}{U^2}$
H11:H26	(((2*H5-I5-I5^2)^2/10^2)*H8/1000	$\delta(\Delta P)_{ji} = \frac{(2 \cdot Q_i \cdot Q_{ci} - Q_{ci}^2) \cdot R_i}{U^2}$

Для того щоб зробити процес заповнення комірок формулами простішим використаємо іменовані комірки. Всяка комірка в Microsoft Excel має свою адресу – номер стовпця, де вона знаходиться і номер рядка . Наприклад, комірка, що знаходиться на перетині рядка 8 і стовпця С має адресу С8. Адреси комірок також називають ще іменами комірок. Для того щоб присвоїти імя комірці використаємо діалогове вікно “Присвоєння імені”



Окрім вибору даних за допомогою безпосередніх посилань до комірок також використовують стандартні функції (ПРОСМОТР, ПОИСКПОЗ, ИНДЕКС, ВПР) електронного процесора Excel, які дозволяють автоматизувати вибір даних, а отже зникає потреба правки та звернення до кожного елементу таблиці окремо.

Результати розрахунків за математичною моделлю

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	ЛЖ	Довжини ліній, м		Питомі активні опори		Опір ЛЖ	Опір ТП	Повні актив. опір		Реактивні нав., кавр	Пот. КУ,	Реактивні нав. з КУ, кавр		
2		2000		0,122		0,244		0,244						
3	ЖЛ	500		0,208		0,104	1,060	1,164		800	400	400		
4	ТП1	600		0,208		0,125	1,900	2,025		850	600	250		
5	ТП2	400		0,208		0,083	1,060	1,143		750	300	450		
6	ТП3	300		0,208		0,062	1,060	1,122		600	200	400		
7	ТП4													
8	Разом									3000	1500	1500		
9														
10		вузол 1	КУ, взар	вузол 2	КУ, взар	вузол 3	КУ, взар	вузол 4	КУ, взар					
11	без КУ	7,45	0	14,77	0	6,43	0	4,03	0					
12	1	7,45	0	11,5	100	6,43	0	4,03	0					
13	2	7,45	0	8,64	100	6,43	0	4,03	0					
14	3	7,45	0	6,19	100	6,43	0	4,03	0					
15	4	5,7	100	6,19	0	6,43	0	4,03	0					
16	5	5,7	0	6,19	0	4,83	100	4,03	0					
17	6	5,7	0	4,14	100	4,83	0	4,03	0					
18	7	4,19	100	4,14	0	4,83	0	4,03	0					
19	8	4,19	0	4,14	0	3,46	100	4,03	0					
20	9	2,91	100	4,14	0	3,46	0	4,03	0					
21	10	2,91	0	2,5	100	3,46	0	4,03	0					
22	11	2,91	0	2,5	0	3,46	0	2,8	100					
23	12	2,91	0	2,5	0	2,3	100	2,8	0					
24	13	1,86	100	2,5	0	2,3	0	2,8	0					
25	14	1,86	0	2,5	0	2,3	0	1,79	100					
26	15	1,86	0	1,28	100	2,3	0	1,79	0					
27	Всього		400		600		300		200					

Використання електронного процесора Microsoft Excel для вирішення задач оптимальної КРП для електричних мереж в цілому дає змогу зробити розрахунок більш точним та уникнути помилок. Також розрахунок стає більш гнучким. Так як в створенні таблиці достатньо ввести параметри іншої електричної мережі а розрахунок оптимальної потужності КУ буде автоматичним відносно введених даних.

В магістерській кваліфікаційній роботі було досліджено моделі та алгоритми розрахунку компенсації реактивної потужності в електричних мережах на основі їх декомпозиції. Да досягнення поставленої мети були виконані такі задачі

1. Здійснено аналіз використання компенсуючих установок в електричних мережах з врахуванням їх взаємовливу. Також було розглянуто еквівалентування живильних мереж енергопостачальних компаній, в основі якого лежать затрати на передавання реактивної енергії по мережах ЕК до споживача.

2. Були розглянуті методи забезпечення заданої вхідної реактивної потужності при мінімумі втрат активної потужності. Встановлено, що послідовність вмикання секцій КУ в усіх вузлах з метою забезпечення заданої вхідної реактивної потужності 1500 квар для підприємства, визначена за допомогою різних моделей керування потужностями конденсаторних установок, є однаковою. Це зумовлено тим, що всі моделі мають спільну складову зниження втрат, яка найбільше впливає на управління секціями КУ. Отже, можна керувати реактивними потоками всієї схеми, використовуючи лише дані про її частину. Це дасть змогу знизити затрати на створення системи управління компенсуючими установками.

4. Проаналізувавши отримані результати, можна стверджувати, що оптимальне використання наявної потужності КУ споживача електроенергії може зменшити втрати активної потужності, підвищити рівень напруги в вузлах та покращити параметри мережі, що є досить ефективно.


Наукова новизна. Для вирішення задачі розрахунку оптимальної компенсації реактивної потужності в електричній мережі були розроблені на основі розглянутих алгоритмів та моделей автоматизовані програми в середовищі Excel, що дозволяє зробити розрахунок більш точним та використовувати отримані моделі для інших електричних мереж з різною конфігурацією.

Розраховано модель управління компенсуючими установками, яка, на відміну від існуючих, дає можливість керувати реактивними потоками всієї схеми, використовуючи інформацію про її частину.

Практична цінність. Розроблені в середовищі Excel програми розрахунку оптимальної компенсації реактивної потужності можуть використовуватись в процесі реальної експлуатації електричних мереж. Для їх використання достатньо лише наявності в проектній організації широкодоступного програмного забезпечення електронного процесора Excel.

Апробація роботи. Основні положення роботи та її результати доповідались і обговорювались на XLV науково-технічній конференції факультету електроенергетики та електромеханіки.

Публікації. Отримані результати опубліковані в збірнику праць XLV науково-технічній конференції факультету електроенергетики та електромеханіки.



Дякую
за увагу!