

ВИБІР МІСЦЬ РОЗМІЩЕННЯ КОМПЕНСУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ З УРАХУВАННЯМ НЕЛІНІЙНОСТІ ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Досліджено вплив перетоків реактивної потужності, проаналізовано існуючі методи розрахунку втрат електричної енергії, а також методи оплати за переток реактивної потужності. Створено модель на основі існуючої мережі, в якій проведено розрахунок місць встановлення компенсуючих пристроїв за методикою оплати з використанням кусочно-лінійної апроксимації, порівняно існуючі методи оплати.

Ключові слова: система електропостачання, компенсація реактивної потужності, методика оплати за реактивну потужність, кусочно-лінійна апроксимація.

Abstract

The influence of reactive power flows is studied, the existing methods of calculation of electric energy losses, as well as methods of payment for reactive power flows are analyzed. A model based on the existing network was created, in which the places of installation of compensating devices were calculated according to the payment method using piecewise linear approximation, the existing payment methods were compared.

Keyword: power supply system, reactive power compensation, reactive power payment method, piecewise linear approximation.

Вступ

Більшістю споживачів є двигуни, які споживають як корисну активну енергію так і паразитну реактивну. Реактивна енергія виникає внаслідок створення електромагнітного поля. Дана енергія створює додаткові втрати в лініях електропостачання та знижує рівні напруги. З цього випливає важливе завдання як найефективніше компенсувати дану потужність, так як в світових масштабах це є великою проблемою для людства, тому, що паливні ресурси не є нескінченними і рівень екологічної забрудненості досить великий. Компенсація дозволить знизити світове використання на суттєвий відсоток. КРП один з багатьох дієвих заходів, який збільшує ефективність використання паливних ресурсів і підвищує енергоефективність енергогосподарства України [1-5]. Реактивна потужність, це частина повної потужності, що витрачається на електромагнітні процеси і має ємнісну та індуктивну складову, яка призводить до збільшення втрат і підвищення допустимих норм відхилення напруги. Основними споживачами реактивної електроенергії є асинхронні двигуни, електричні печі, перетворювачі напруги, трансформатори на всіх рівнях та лінії електропередачі.

Впровадження компенсувальних установок у розподільні електричні мережі, дозволяє значно зменшити втрати активної потужності і знизити плату за реактивну енергію. Для досягнення даної мети потрібно визначити значення потужностей конденсаторних установок і місць їх встановлення. Отже, для підвищення ефективності роботи компенсувальних установок потрібно розробити і реалізувати системи які дозволять здешевити, спростити і удосконалити методи компенсації реактивної потужності для їх раціонального впровадження та використання у розподільних електричних мережах.

На сьогоднішній день споживання активної електроенергії зростає з кожним днем, з ним і зростає споживання реактивної електроенергії, при чому плата за передавання реактивної енергії враховується в підприємствах з великим споживанням, тому енергопостачальні компанії України не зацікавлені у зменшенні реактивної потужності для мереж з великим споживанням, так як це призведе до зменшення їх заробітку.

Робота зосереджена на розробці ефективного методу компенсації реактивної потужності, з більш точними розрахунками місць встановлення, які збільшать ефективність і здешевлять заходи з компенсації.

Результати дослідження

Для розрахунку потужності та місць встановлення конденсаторних установок використано мережу 10 кВ яка знаходиться в Вінницькій області, село Сорока.

Розрахунок здійснено і порівняно три методи оплати за передавання реактивної потужності. Згідно діючої методики оплати, ціна за передачу реактивної потужності розраховується згідно формули:

$$П1 = 2 \cdot \left[P \cdot tg \cdot d \left[1 + C_{баз} (tg - tg_{zp})^2 \right] \right] \cdot T \cdot c_0,$$

де $T = 720$ год – час використання реактивної енергії;

d – коефіцієнт розподілення втрат який розраховується за формулою:

$$d = \frac{Z \cdot Q}{U^2},$$

Оплата за передачу реактивної потужності згідно методики Б.С. Рогальського та О. М. Нанаки розраховується за формулою:

$$П2 = P \cdot tg \cdot d \left[1 + C_{баз} (tg - tg_{zp})^2 \right] \cdot T \cdot c_0,$$

Третій метод оплати, запропонований Л. М. Мельничук, з використанням кусочно-лінійної апроксимації розраховується згідно розрахункового режиму при $tg = 0.25$ за формулою [6]:

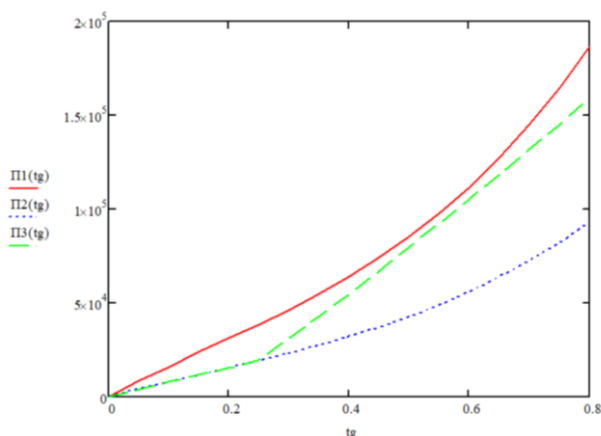
$$П3 = \left[P \cdot tg \cdot d + (P \cdot tg - Q) \left[2d + P \cdot Q (tg - tg_{zp})^2 \cdot U^{-2} \right] \right] \cdot T \cdot c_0,$$

Дослідження виконано за допомогою програмного комплексу МATHCAD, проведено розрахунок втрат потужності при передачі реактивної для мережі 10 кВ.

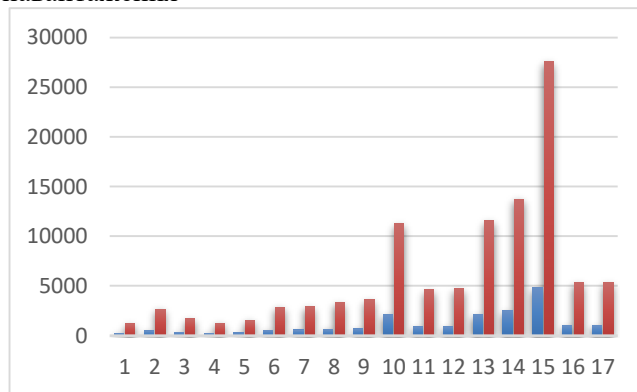
Характеристики лінії

ПОВІТРЯНА ЛІНІЯ 10 кВ	
КОД	490335302921114949001056291214391
ДИСПЕЧЕРСЬКЕ НАЙМЕНУВАННЯ ЛІНІЇ	ПЛ-10 Л-2 ПС-110/10 Сорока
ТИП ЛІНІЇ	Повітряна лінія
РІВЕНЬ НАПРУГИ, кВ	10
ПРОТЯЖНІСТЬ ЛІНІЇ, км	31.564

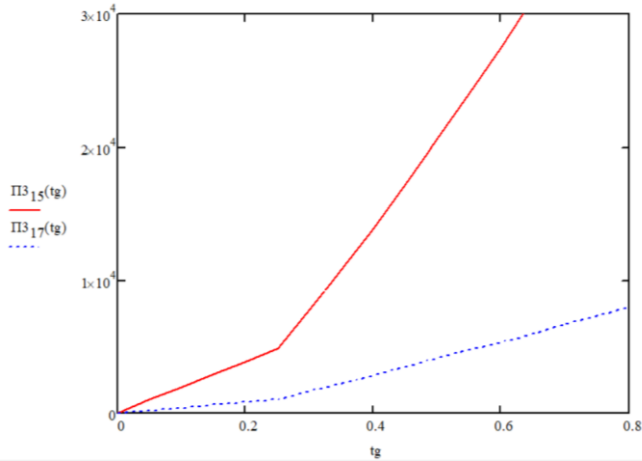
Графік оплати згідно трьох методик



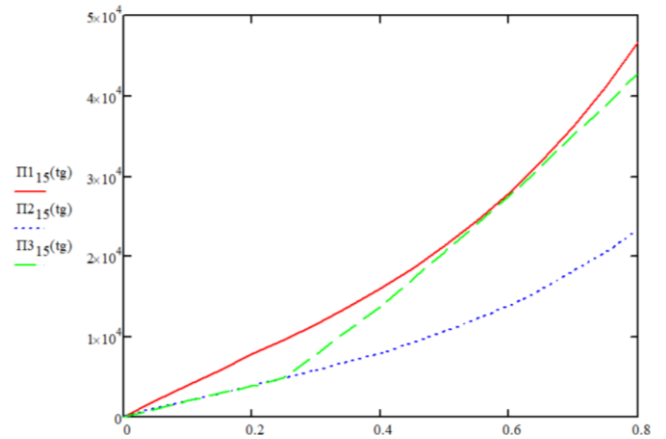
Графік залежності оплати при перевищенні кута навантаження



Графік залежності оплати 15-го, 17-го вузла, згідно третьої методики



Оплата за реактивну потужність 15-им вузлом



Оплата 15 вузла при перевищенні $tg=0,4$ складає:

$$П1_{\epsilon_{15}} = 2 \left[P \cdot tg \cdot d \left[1 + C_{\delta a3} (tg - tg_{zp})^2 \right] \right] \cdot T \cdot c_0 = 15972,44;$$

$$П2_{\epsilon_{15}} = \left[P \cdot tg \cdot d \left[1 + C_{\delta a3} (tg - tg_{zp})^2 \right] \right] \cdot T \cdot c_0 = 7986,22;$$

$$П3_{\epsilon_{15}} = \left[P \cdot tg \cdot d + (P \cdot tg - Q) \left[2d + P \cdot Q (tg - tg_{zp})^2 \cdot U^{-2} \right] \right] \cdot T \cdot c_0 = 13930,335.$$

Оплата 15 вузла при компенсації до значення $tg=0,108$ складає:

$$П1_{KPII15} = 2 \left[P \cdot tg \cdot d \left[1 + C_{\delta a3} (tg - tg_{zp})^2 \right] \right] \cdot T \cdot c_0 = 4296,06;$$

$$П2_{KPII15} = \left[P \cdot tg \cdot d \left[1 + C_{\delta a3} (tg - tg_{zp})^2 \right] \right] \cdot T \cdot c_0 = 2148,03;$$

$$П3_{KPII15} = \left[P \cdot tg \cdot d + (P \cdot tg - Q) \left[2d + P \cdot Q (tg - tg_{zp})^2 \cdot U^{-2} \right] \right] \cdot T \cdot c_0 = 2148,03.$$

При компенсації значення зменшення оплати за розрахунковий період $T=720$ год буде рівним.:

$$П1_3 = П1_{\epsilon_{15}} - П1_{KPII15} = 15972,44 - 4296,06 = 11676,38;$$

$$П2_3 = П2_{\epsilon_{15}} - П2_{KPII15} = 7986,22 - 2148,3 = 5838,14;$$

$$П3_3 = П3_{\epsilon_{15}} - П3_{KPII15} = 13930,335 - 2148,03 = 11782,305.$$

Тоді період за який дана установка окупиться складає:

$$T1 = \frac{Ц_{КУ}}{П1_3} = \frac{38374}{11676,38} \approx 3,28(\text{міс.}); \quad T2 = \frac{Ц_{КУ}}{П2_3} = \frac{38374}{5838,14} \approx 7,4(\text{міс.}); \quad T3 = \frac{Ц_{КУ}}{П3_3} = \frac{38374}{11782,305} \approx 3,26(\text{міс.}).$$

Висновки

Розрахунок здійснено і порівняно методи оплати за реактивну потужність (діючої методики оплати, Оплата за передачу реактивної потужності згідно методики Б. С. Рогальського та О. М. Нанаки та методики оплати, запропонованої Л. М. Мельничук, з використанням кусочно-лінійної апроксимації розраховується згідно розрахункового режиму) дослідження виконано в середовищі MATCAD, здійснено розрахунок оплати за трьома методиками при номінальному значенні кута коефіцієнта потужності та при його перевищенні наведено відповідні графіки, досліджено найефективніше місце встановлення пристроїв компенсації реактивної потужності згідно перерахованих вище методів оплати РП. Розраховано потужність компенсуючих пристроїв для 15-го вузла згідно попереднього розрахунку. На основі даних розрахунків виконано аналіз терміну окупності запропонованої конденсаторної установки за трьома методиками, визначено методику яку найдоцільніше використовувати для стимулювання споживачів компенсувати реактивну потужність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковалев И. Н. Выбор компенсирующих устройств при проектировании электрических сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 200 с.
2. Рогальський Б. С. Компенсація реактивної потужності. Методи розрахунку, способи та технічні засоби управління. Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006. – 236 с.
3. Оптимізація процесу впровадження компенсуючих установок у розподільних електричних мережах енергопостачальних компаній: монографія / О. Д. Демов. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 97 с.
4. Мельничук Л. М. Визначення та розподілення втрат електричної енергії між споживачами з урахуванням їх графіків навантажень / Л. М. Мельничук // Енергетика та електрифікація. — 2006. — № 5. — С. 19—21.
5. Бурбело М. Й. Стимулювання зменшення втрат в електричних мережах: Монографія / М. Й. Бурбело, Л. М. Мельничук. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 110 с.
6. Визначення плати за передавання реактивної електроенергії з використанням квадратичного розподілення втрат активної потужності між споживачами / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук, С. А. Мусійчук // Промислова електроенергетика та електротехніка (Промелектро). – 2011. – № 1. – С. 38–41.

Лещенко Олександр Русланович – студент групи 2ЕЕ-16б, факультет електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: sasha.leshchenko@gmail.com;

Мельничук Людмила Михайлівна – к.е.н., доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів (КЕМСК), Вінницький національний технічний університет, e-mail: l.m.melnychuk@ukr.net

Бурбело Михайло Йосипович — професор, завідувач кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: burbelom@ukr.net;

Leshchenko Oleksandr Ruslanovich - student group 2EE-16b, Faculty of Electrical Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, e-mail: sasha.leshchenko@gmail.com;

Melnychuk Liudmyla Mikhailivna — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of computerized electromechanical systems and complexes (KEMSK), Vinnytsia National Technical University, e-mail: l.m.melnychuk@ukr.net;

Burbelo Mikhail Yosypovich — Professor, Head of the Department of Electrical Engineering Systems for Power Consumption and Energy Management, Vinnitsa National Technical University, e-mail: burbelom@ukr.net.