

УДК 621.3.078.4

К.Я.Бортник

Луцький національний технічний університет

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ ПО КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

**Бортник К.Я. Інноваційні технології в енергозбереженні по компенсації реактивної потужності.** Стаття присвячена питанням, пов'язаним з компенсацією реактивної потужності в електричних розподільних мережах. Проведено аналіз різних способів компенсації, розглянуті оптимальні схеми приєднання пристроїв компенсації. Система компенсації реактивної потужності розглянута як комплексна задача, для рішення якої необхідно врахувати різні параметри, пов'язані з експлуатаційними режимами роботи, наявністю джерел гармонійних перекручувань, терміном служби і ступенем надійності устаткування, а також цілий ряд інших факторів та їхній взаємний вплив.

Для вирішення даної задачі пропонується багаторівнева системи обробки інформації з поділом функцій, виконуваних кожним рівнем, яка враховує змінну безліч параметрів.

**Ключові слова:** реактивна потужність, конденсаторні батареї, резонансна частота.

**Бортник Е.Я. Иновационные технологии в энергосохранении по компенсации реактивной мощности.** Статья посвящена вопросам, связанным с компенсацией реактивной мощности в электрических распределительных сетях. Проведен анализ разных способов компенсации, рассмотрены оптимальные схемы присоединения устройств компенсации. Система компенсации реактивной мощности рассмотрена как комплексная задача, для решения которой необходимо учесть разные параметры, связанные с эксплуатационными режимами работы, наличия источников гармоничных искажений, сроком службы и степенью надежности оборудования, а также целый ряд других факторов и их взаимное влияние.

Для решения данной задачи предлагается многоуровневая системы обработки информации с разделением функций, исполняемых каждым уровнем, которая учитывает изменение большого количества параметров

**Ключевые слова:** реактивная мощность, конденсаторные батареи, резонансная частота.

**Bortnyk K. Innovative technologies in energy efficiency for reactive power compensation.** The Article is dedicated to questions, connected with compensation of the reactive power in electric network. The Organized analysis of the miscellaneous media coverage, are considered optimum schemes of the joining device to compensations. The System to compensations to reactive power is considered as complex problem, for decision which necessary to take into account the different parameters, connected with working state of working, presence of the sources of the harmonious distortion, lifetime and degree to reliability of the equipment, as well as variety of the other factor and their mutual influence.

Layered system information handling is offered for decision problems with division function, performed each level, which takes into account change big amount parameter.

**Key words:** reactive power, capacitor banks, the resonant frequency.

**Актуальність даної проблеми** полягає в тому, що енергозабезпечення різних галузей промисловості потребує скорочення розходу споживання електроенергії. Система компенсації реактивної потужності розглядається як комплексна задача, для рішення якої необхідно враховувати різні параметри, які пов'язані з експлуатаційними режимами, роботи різних джерел. Пошук найбільш ефективних засобів економії електроенергії є важливим чинником по удосконаленню технологічного процесу.

**Проблема** полягає в тому, що при збільшенні вживаної енергії, збільшується і реактивна складова, яка йде на нагрів електрообладнання і не являється корисною, а разом з цим росте і ціна на витрачену енергію.

Збільшення витрат на реактивну енергію несе разом з тим і негативні наслідки, такі як:

- збільшення вживаної потужності;
- збільшення падіння напруги в кабельних мережах;
- збільшення витрат на нагрів струмопровідних мереж;
- скорочення строку праці електрообладнання та інше.

Одним із ефективних способів, який ми будемо розглядати в даній статті, є компенсація реактивної потужності з застосування конденсаторних батарей з регульованою або нерегульованою місткістю.

В нерегульованих конденсаторних установках немає можливості точно оцінювати витрати на споживану електроенергію. Це є негативний фактор по вживанню нерегульованих конденсаторних установок.

**Для вирішення** даної проблеми, одним із ефективних способів, який ми будемо розглядати в даній статті, є компенсація реактивної потужності з регульованими конденсаторними установками.

Принцип роботи регульованих конденсаторних батарей полягає в зміні коефіцієнта потужності споживачів відповідно до заданого шляху ступінчастого регулювання місткості батареї конденсаторів.

Регулятор компенсації реактивної потужності є параметричним мікропроцесорним контролером, оснащеним необхідними пристроями введення/виведення інформації і команд, який здійснює регулювання коефіцієнта потужності відповідно до заданої установки.

Однак, відповідні методи мають недоліки:

-небезпека виникнення резонансних коливань в контурі "конденсатор - трансформатор" внаслідок наявності гармонійних складових;

-зниження точності налаштування компенсації, пов'язане з погрішностями вимірювальних трансформаторів;

-складність комутаційної апаратури при підключенні конденсаторних батарей на високій стороні;

-недоліки, пов'язані з урахуванням характеру навантаження, експлуатаційних режимів роботи, конфігурації схеми та інших параметрів при розрахунку місткості конденсаторних батарей.

Як показує досвід експлуатації конденсаторних батарей, який проводився представниками "Волиньобленерго", повна компенсація реактивного навантаження недоцільна, оскільки підвищення потужності компенсуючого пристрою призводить до зниження його ефективності.

На підставі розрахункових формул був побудований графік зміни величини зниження втрат активної потужності в залежності від  $Q_{бк}$  (рис. 1).

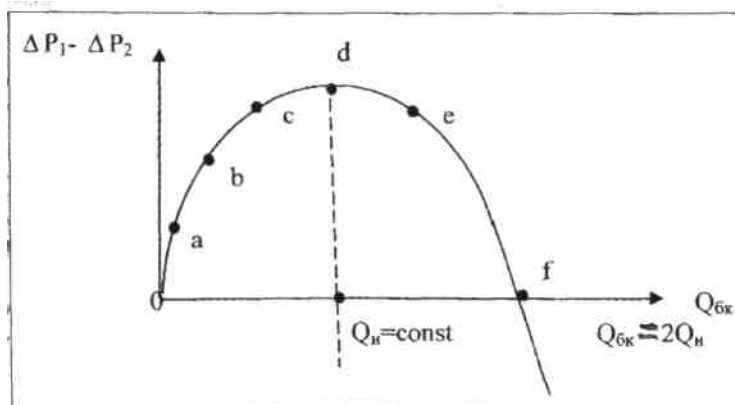


Рис 1. Графік зміни величини зниження втрат активної потужності в залежності від потужності конденсаторної батареї  $Q_{бк}$

З графіка видно, що найбільша ефективність можлива на ділянці 0 - b. У точці d настає момент перекомпенсації з подальшим зростанням потужності конденсаторної батареї і зниження ефективності. Ефект компенсації значно збільшується при аварійному живленні лінії, на якій встановлені конденсатори, до того ж, наявність конденсаторів дозволяє підтримувати напругу на номінальному рівні, що сприятливо позначається на експлуатації електрообладнання.

Проаналізуємо вплив величини втрат в системі електропостачання, при використанні компенсуючих пристроїв.

Втрати в системі електропостачання обумовлені наступними параметрами:

- для активної потужності

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} * R, \quad (1)$$

де P - активна потужність, що передається по лінії;

Q - реактивна потужність;

U - напруга лінії;

R - активний опір лінії;

- для реактивної потужності

$$\Delta Q = \frac{P^2 + O^2}{U^2} * X, \quad (2)$$

U - реактивний опір лінії.

При використанні компенсації реактивної потужності за допомогою компенсуючих пристроїв, наприклад, конденсаторних батарей, формули (1) і (2) перетворюються в наступний вигляд:

$$\Delta P = \frac{P^2 + (Q - Q_{\text{бк}})^2}{U^2} * R, \quad (3)$$

$$\Delta Q = \frac{P^2 + (Q - Q_{\text{бк}})^2}{U^2} * X, \quad (4)$$

де  $Q_{\text{бк}}$  - потужність встановлених конденсаторних батарей.

Як показують формули (3) і (4) ефективність компенсації реактивної потужності залежить від величини, яка в свою чергу визначається точністю настройки регулятора.

Розрахунок потужності регульованої конденсаторної установки вимагає обліку ряду чинників, а також їх взаємного впливу.

Важливим чинником є схема підключення розподільних пристроїв.

Як правило, конденсаторні батареї підключаються по одній до кожної секції РП, використовуючи для вхідного сигналу по струму трансформатори струму на введенні в секцію.

Підключення конденсаторних батарей на низькій стороні трансформатора напруги має наступні переваги:

- виключається залишковий заряд на конденсаторах, що у свою чергу підвищує рівень безпеки технічного персоналу при проведенні регламентних робіт;
- немає необхідності використовувати розрядні опори;
- відсутня комутаційна апаратура, що підвищує надійність експлуатації електротехнічного устаткування.

Наступним чинником, що впливає на ефективність роботи компенсуючих пристроїв, є конфігурація схеми підключення конденсаторних батарей. Найбільш ефективними є установки з несиметричною конфігурацією, оскільки можуть забезпечити як точне регулювання, так і мінімальну частоту комутації східців при меншій вартості, в порівнянні з симетричними.

Компенсація реактивної потужності призводить до збільшення коефіцієнта потужності (КП)  $\cos\varphi$ , і при величинах КП системи, що перевищують 0,97, і наявності джерел гармонійних складових, може виникнути явище резонансу, що призводить до збільшення струму компенсації, перегрівання і виходу з ладу устаткування.

Якщо резонансна частота контура "конденсатори - трансформатор" близька до гармоніки викликаній одним з навантажень, струм цієї гармоніки може циркулювати в контурі, викликаючи високу напругу в лінії. Струм компенсації в цьому випадку може перевищити номінальне значення більш ніж в 2 або 3 рази від його номінальної величини. Резонанс може виникнути на будь-якій частоті, хоча у більшості випадків джерела синусоїдального струму існують на 5-ій, 7-ій, 11-ій і 13 гармоніках [2].

Як правило, запобігти цьому дозволяє регулятор, що вимірює гармоніки і відключає частину потужності конденсаторної батареї. Проте, в цьому випадку досягнення необхідного КП вже неможливе - а значить, ефективність установки істотно знижується.

Реальним захистом можуть бути тільки спеціальні реактори, що встановлюються в кожному ступені і забезпечують зміщення резонансної частоти контура "конденсатор-трансформатор" нижче домінуючої гармоніки або фільтрацію гармонік.

Фільтрація гармонік певної частоти (чи декількох частот відразу), виключає проникнення цих гармонік в живлячу мережу. Як правило, застосовуються пасивні фільтри 5, 7, 11, 13 гармонік і гармонік вище 15-й [2].

Недоліками пасивних фільтрів гармонік є дорожнеча, пригнічення невеликої кількості гармонік вимагають, трудомісткість робіт, пов'язаних з аналізом розподільної електричної мережі.

Для усунення вказаних недоліків пропонується використовувати активні фільтри.

Крім того, до переваг активних фільтрів відносяться зниження витрат на технічне обслуговування і управління системою фільтрів гармонік, простий монтаж і налаштування, динамічну компенсацію широкого спектру гармонік.

Таким чином, вдосконалення системи компенсації зводиться до забезпечення комплексного інженерного підходу, що враховує усі особливості системи електропостачання.

Враховуючи велику кількість параметрів, що описують систему компенсації реактивної потужності, побудова схеми регулювання компенсуючих пристроїв передбачає обробку значної кількості сигналів і даних. Введення цих сигналів повинне забезпечуватися в режимі реального часу і шляхом введення даних як результатів розрахункових і інших операцій (наприклад, з використанням реляційних або ієрархічних баз даних).

Складність і трудомісткість поставленого завдання не дозволяє використовувати традиційні схеми збору і обробки інформації. Одним з рішень цієї задачі може бути розробка багаторівневої системи обробки інформації з розподілом функцій, що виконуються кожним рівнем. Крім того, ця система не повинна використовувати строго обмежену кількість сигналів (даних), а необхідно передбачити можливість гнучкого управління і обліку змінної безлічч параметрів, що описують зовнішні дії, взаємний їх вплив один на одного. При цьому основним критерієм ефективності роботи цієї системи є економічна доцільність, тому ця система має бути досить універсальна і призначена для вирішення широкого спектру завдань управління.

#### **Висновки.**

1. Ефективність компенсації реактивної потужності залежить від величини місткості конденсаторної батареї, яка у свою чергу визначається точністю налаштування регулятора.
2. Налаштування регульованої конденсаторної установки визначається наступними чинниками: реальна споживана потужність і характер навантаження, визначуваними техніко-економічними і статистичними показниками роботи мережі; схема підключення розподільних пристроїв; конфігурація схеми підключення конденсаторних батарей; розрахунок і використання фільтрів гармонік електромережі; погрішності вимірювальних трансформаторів струму і напруги.
3. Вдосконалення системи компенсації зводиться до забезпечення комплексного інженерного підходу, що враховує усі особливості системи електропостачання
4. Одним з рішень цієї задачі може бути розробка багаторівневої системи обробки інформації з розподілом функцій, що виконуються кожним рівнем. Крім того, ця система не повинна використовувати строго обмежену кількість сигналів (даних), а необхідно передбачити можливість гнучкого управління і обліку змінної безлічч параметрів, що описують зовнішні дії і взаємний їх вплив один на одного.

Для вирішення даної задачі пропонується багаторівнева системи обробки інформації з поділом функцій, виконуваних кожним рівнем, яка враховує змінну безліч параметрів.

1. А. М. Василянський, Р. Р. Мамошин, Г. Би. Якимов. Совершенствование системы тягового электроснабжения железных дорог, электрифицированных на переменном токе 27,5 кВ, 50Гц.// Железные дороги мира, 08-2002. - С. 73-75.
2. Ю. С. Железко. О нормативных документах в области качества электроэнергии и условий потребления реактивной мощности./ Электрика, 2003. № 1.- С. 9-16.
3. Галыгина О. С., Заугольников В. Ф. О некоторых аспектах учета и потерь электроэнергии в предприятиях электросетей./ Энергетик, 2004, №5.- С. 18-22.