

**МОНІТОРИНГ СПОТВОРЮЮЧИХ СИСТЕМ ПРИ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**

Порівнянність різних методів підвищення якості електроенергії, особливо з позицій їх впливу на різні показники, на сьогодні в літературі розглянуто недостатньо, хоча кожен з методів розглянуто досить докладно. Незадовільною з погляду ефективності електроспоживання є існуюча система показників якості електроенергії. Забезпечення вимог щодо якості електроенергії при специфічних навантаженнях (нелінійні, несиметричні), особливо для енергоємних підприємств з високим ступенем енергоозброєності й автоматизації, підвищує ефективність виробництва. При вирішенні даної проблеми слід виходити із зіставлення очікуваного ефекту від намічених заходів щодо поліпшення якості електроенергії та неминучих при цьому додаткових витрат.

$$C_1 < C_0(W_1 - W_2),$$

де  $C_1$  – вартість заходів, спрямованих на зниження непродуктивних витрат;  $C_0$  – вартість одного кВт·год електроенергії;  $W_1, W_2$  – величини витрат електроенергії до і після їх компенсації відповідно. Зниження якості електроенергії є джерелом електромагнітного і технологічного збитку (погіршується якість продукції, знижується продуктивність, розладнуються технологічні процеси).

Практично на всі показники якості електроенергії впливає величина споживаної реактивної потужності. Тому питання якості електроенергії безпосередньо пов'язані з проблемою її компенсації. Однак нормалізація параметрів якості електроенергії в кожному конкретному випадку повинна вирішуватися по-різному, з урахуванням конкретної енергетичної ситуації.

Один з основних напрямів зниження витрат електроенергії – компенсація реактивної потужності з одночасним поліпшенням її якості в мережах промислових підприємств. При виборі засобів компенсації, залежно від навантажень, розрізняють дві групи промислових мереж: загального призначення та зі специфічними навантаженнями. Рішення задачі компенсації для обох груп різне. Так, для мереж першої групи застосовують безпосереднє включення батарей конденсаторів (БК). Енергетична ситуація для мереж другої групи визначається нелінійними, несиметричними і різкозмінним навантаженнями. Наприклад, коефіцієнт потужності для вентильних перетворювачів прокатних станів коливається в межах  $\lambda = 0,3 - 0,8$ . Коефіцієнт несинусоїдальності напруги на шинах 6 / 10 кВ може досягати більше 20%. Принципи компенсації реактивної потужності істотно відрізняються від компенсації реактивної потужності в мережах зі "спокійним" навантаженням і полягають в наступному [1]:

- зважаючи на низький коефіцієнт потужності споживачів і різкозмінний характер навантаження, необхідно здійснювати компенсацію як постійної, так і змінної складової реактивної потужності;
- через швидке змінювання споживаної потужності необхідно застосовувати швидкодіючі компенсаючі пристрої, які здатні змінювати регулюючу реактивну потужність зі швидкістю, що відповідає швидкості набросу і скидання споживаної реактивної потужності;
- необхідно пофазне управління компенсуючими пристроями через нерівномірне споживання реактивної потужності по фазах;
- наявність в мережі вищих гармонік струму і напруги накладає певні обмеження на застосування БК.

Для компенсації при несиметрії напруги понад 2% рекомендується застосовувати симетруючі або фільтросиметруючі пристрої. Для різкозмінного навантаження, коли встановлено недоцільність схемних рішень, здатних знизити до необхідного рівня вплив поштовхового навантаження, застосовують пристрої динамічної та статичної компенсації реактивної потужності, а також синхронні компенсатори. Істотною перевагою статичних компенсуючих пристроїв є можливість пофазного управління, що необхідно в мережах зі швидкозмінюваним несиметричним навантаженням, оскільки при несиметрії напруг слід застосовувати пофазне управління компенсуючими пристроями. У таблиці наведено порівняння швидкодіючих синхронних компенсаторів і статичних компенсуючих пристроїв прямої і непрямой компенсації.

Несиметрію напруг, обумовлену несиметричними електроприймачами, можна обмежити за допомогою раціональних схемних рішень і спеціальних симетруючих пристроїв (СП). Доцільно приєднувати однофазні електроприймачі, що викликають несиметрію, до вузлів мережі, де потужність короткого замикання задовольняє співвідношенню  $Sk \geq 50S_{одн}$  ( $S_{одн}$  – номінальна потужність однофазного навантаження). У цьому випадку коефіцієнт зворотної послідовності не перевищує допустимого значення (ГОСТ 13109-97). Якщо необхідний рівень несиметрії напруг за допомогою схемних рішень забезпечити

неможливо, то застосовують СП, які за принципом дії поділяються на чотири групи [2]: перетворювальні, комутаційні, фільтрові і компенсаційні.

Перетворювальний спосіб пов'язаний з перетворенням видів енергії. Пристроями, що реалізують цей спосіб, можуть бути електромашинні перетворювачі числа фаз, передача і перетворення енергії в яких здійснюється за схемою: трифазний електродвигун – однофазний генератор – однофазне навантаження. Однак реалізація такого рішення вимагає значної встановленої потужності, високої вартості обладнання, а також призводить до додаткових втрат електроенергії. Комутаційний спосіб передбачає циклічну комутацію однофазного навантаження до фаз мережі живлення. При такому способі рівномірного розподілу однофазного навантаження по фазах у кожен момент часу режим живлячої мережі несиметричний. Однак інтегральні характеристики системи, усереднені за період електричного струму, свідчать про симетричність режиму. Основні недоліки такого способу – наявність гармонік у кривій вихідної напруги і несинусоїдальність кривої мережевого струму, тобто труднощі, пов'язані з несиметрією, змінюються труднощами, зумовленими вищими гармоніками.

**Порівняння параметрів компенсуючих пристроїв**

Параметри порівняння	Показники порівняння		
	Спеціальні синхронні компенсатори	Статичні компенсуючі пристрої	
		прямої компенсації	непрямої компенсації
Швидкість регулювання, с	Більш 0,06	Менш 0,02	Менш 0,01
Регулювання	Плавне	Ступінчасте	Плавне
Несиметричне навантаження	Пофазне управління практично неможливе	Пофазне управління практично без додаткових витрат	
Втрати від номінальної потужності, %	2,5–4,0	0,5–1,0	1,0–2,0
Спотворення живлячої напруги	Ні	Ні	Реактор – джерело вищих гармонік

Фільтровий спосіб, оснований на відмінності параметрів симетруючих пристроїв (СП) фільтрового типу по відношенню до складових різних фазових послідовностей. Компенсаційний метод рівномірного розподілу несиметричного навантаження по фазах здійснюється за допомогою СП. Сутність його полягає в тому, що складова струму зворотної послідовності несиметричного навантаження компенсується рівною за величиною і знаходиться в протифазі до складової струму, обумовленої СП. Симетрування системи напруги можна здійснити введенням додаткових ЕРС, що утворюють систему зворотної послідовності. У результаті підсумовування ЕРС основного і додаткового джерел їх симетричні складові зворотної послідовності взаємно компенсуються.

Оцінюючи значення показників якості електроенергії, необхідно відзначити, що вони повинні знаходитися в допустимих межах з інтегральною ймовірністю 0,95 за встановлений період часу. Основними критеріями ефективності енергопроцесів є коефіцієнти потужності, спотворення і несиметрії, що враховують три основних види неякості електроенергії. Проте така система оцінок не завжди достатньо ефективна, показники не є незалежними один від одного, а зміна одного виду неякості електроенергії, що породжує відповідну неактивну потужність, може викликати зміну більш ніж одного показника. Наприклад, підключення конденсаторної батареї до нелінійного навантаження призводить до зміни всіх показників унаслідок зміни спектру гармонік. Мультиплікативність показників ускладнює введення вагових коефіцієнтів, що враховують різницю збитку від різного виду неякості енергії. Можливо також отримання однакових числових характеристик якості для випадків фактично різної якості електроенергії. Визначальним, з економічної точки зору, показником ефективності електроспоживання може служити величина втрат енергії в системі при передачі її споживачу. При цьому найбільш ефективний спосіб оцінки електроспоживання, особливо при специфічних навантаженнях, може бути реалізований на підставі аналізу співвідношення втрат в електропостачальній мережі, обумовлених циркуляцією неактивних потоків електроенергії (реактивної, викривлення, несиметрії), який викладено в роботі [3]. Даний метод усуває недоліки показників якості, наведені вище, і дозволяє створити систему підтримки прийняття рішень, яка ґрунтується на аналізі коефіцієнтів відносних втрат. Структурна схема системи наведена на рисунку.

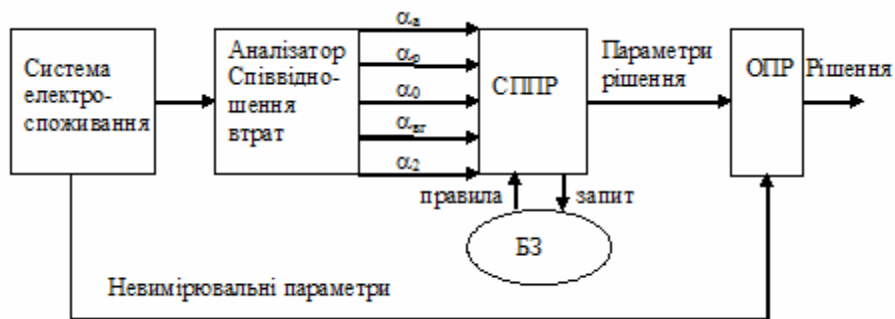


Рис. 1. Структурна схема роботи СППР

## Висновки

1. Існуючі методи оцінки не є достатньо ефективними, тому що не дозволяють визначити складові втрат, обумовлені активними і неактивними енергетичними потоками.

2. Система коефіцієнтів відносних втрат, а також побудована на її основі СППР дозволяють визначити характер електроспоживання, ефективність заходів, що проводяться щодо зниження втрат, абсолютні значення непродуктивних втрат при передачі і перетворенні електроенергії.

## Список літератури

1. Иванов, В.С. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий [Текст] / В.С. Иванов, В.И. Соколов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 336 с.
2. Шидловский, А.К. Симметрирующие устройства с трансформаторными фазосдвигающими элементами [Текст] / А.К. Шидловский, Г.А. Москаленко. – К.: Наук. думка, 1981. – 202 с.
3. Поляков, Н.Г. Об одном методе оценки эффективности электропотребления при несимметричных нелинейных нагрузках [Текст] / Н.Г. Поляков, В.В. Кийко // Технічна електродинаміка: Тематичний випуск. – 2002.–Ч. 7. – С. 86–89.

*Рекомендовано до друку: проф. Корсунем В.І.*