

## ТЕХНОЛОГІЇ FACTS

**Хмарський О.О., магістрант**

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем*

**Вступ:** У сучасному світі електроенергетика є однією з провідних галузей, так як вона є найбільш важливим фактором у всіх секторах економіки і виробництва. В даний час розвиток енергетики відбувається за рахунок впровадження нових технологій. Електроенергетика управляється державою, більша частина якого інтегрована в об'єднану енергетичну систему (ОЕС) України, яка охоплює більшу частину країни і має диспетчерський контроль. В даний час виникли об'єктивні передумови для розвитку електроенергетики України в XXI столітті на новій технологічній основі, яка характеризує перехід до нового технологічного способу розвитку світової економіки шляхом створення так званої інтелектуальної енергетичної системи з активно-адаптивною електричною мережею Smart Grid. У США, Євросоюзі, Канаді, Китаї концепція Smart Grid є по суті державною політикою технологічного розвитку електроенергетики майбутнього. Силові пристрої активних адаптивних мереж відіграють вирішальну роль в реалізації цієї технології на практиці. Їх можна розділити на наступні основні групи: пристрої для регулювання (компенсації) реактивної потужності і напруги, підключені до мережі паралельно; пристрої для регулювання параметрів мережі (опору мережі), включених послідовно в мережу; пристрої, що поєднують функції перших двох груп - пристрої поздовжньо-поперечного включення; пристрої обмеження струму короткого замикання; пристрої накопичення електричної енергії; вставки постійного струму; лінії постійного і змінного струму з використанням нових композитних матеріалів, високотемпературних надпровідників.

Перші три групи пристроїв відносяться до технології керованих систем живлення змінного струму-гнучких систем передачі змінного струму (FACTS) [1, 4]. Окремі типи пристроїв і технологій FACTS також використовуються в пристроях для обмеження струмів короткого замикання і ліній передачі постійного і змінного струму з використанням нових композиційних матеріалів і високотемпературних надпровідників.

**Мета роботи:** ознайомлення з пристроями гнучких систем передачі змінного струму (FACTS).

**Матеріали та результати досліджень.** FACTS можна вважати підсистемою Smart Grid «розумна мережа». Їх застосування дозволяє збільшити пропускну здатність ліній електропередачі завдяки високій швидкості силовій електроніки, впливати на процеси в енергосистемах в режимі online, тим самим перетворюючи лінії електропередавання з пасивних засобів передачі електроенергії в активні пристрої управління. Усього є кілька десятків пристроїв FACTS: статичні синхронні компенсатори, керовані реактори і конденсаторні батареї з тиристорним і механічним перемиканням і т.д. Найбільш поширеними сьогодні є пристрої компенсації реактивної потужності,

а також пристрої, які виконують декілька функцій. Зменшення потоків реактивної потужності в мережі дозволяє знизити втрати активної енергії і напруги, регулювати напругу в енергосистемі і знизити навантаження на лінії електропередачі та трансформатори. Пристрої компенсації реактивної потужності включають в себе наступне обладнання: конденсаторні батареї (БСК); шунтуючі реактори; фільтри вищих гармонік; статичні тиристорні компенсатори (СТК) і ін.

#### Керовані шунтуючі реактори (КШР)

Керований шунтуючий реактор - це електричний пристрій, призначений для компенсації реактивної потужності і стабілізації рівня напруги в високовольтних електричних мережах напругою 35-750 кВ. КШР- це статичний шунтуючий пристрій з плавно регульованою індуктивністю. Конструктивно може бути забезпечена будь-яка бажана швидкість зміни потужності реактора. КШР призначені для автоматичного управління потоками реактивної потужності і стабілізації рівнів напруги, що дозволяє:

1. усунути добові та сезонні коливання напруги в електричній мережі;
2. покращити якість електричної енергії;
3. оптимізувати і автоматизувати режими роботи електричної мережі;
4. зменшити втрати електроенергії при її транспортуванні і розподілі;
5. поліпшити стійкість енергосистеми;

Широкий функціонал КШР визначає доцільність їх застосування для різних класів номінальної напруги. У цьому випадку очікуваний ефект може проявитися як на рівні локальних споживчих мереж, так і на рівні національної енергосистеми в цілому при вирішенні пріоритетних завдань. В умовах формування ринкових відносин в електроенергетиці і збільшення інвестицій в розвиток електричних мереж, КШР пропонує ряд істотних переваг для всіх господарчих суб'єктів: на рівні магістральних і розподільних електричних мереж, він забезпечує значне зниження втрати електроенергії і відповідне збільшення прибутку системних операторів і розподільних компаній; на рівні споживачів електроенергії встановлюється КШР для зниження плати за споживану реактивну потужність (підтримка  $\cos(\varphi)$ ), для забезпечення необхідної якості напруги у кінцевих споживачів, а також в якості необхідних заходів для підключення нових потужностей мережі [4].

#### СТАТКОМ

Це перетворювач напруги на керованих силових тиристорах (або транзисторах), підключених через силовий трансформатор паралельно у вузлі, до якого підключена лінія. Принцип роботи СТАТКОМ ідентичний джерелам безперебійного живлення: синусоїдальна напруга частотою 50 Гц формується з напруги джерела постійного струму за рахунок широтно-імпульсної модуляції і використання гармонійних фільтрів. Основною властивістю СТАТКОМ є здатність генерувати струм будь-якої фази відносно напруги. Потужність, що передається лінією змінного струму, залежить від напруги по кінцях лінії, фазового кута між ними і повного реактивного опору цієї лінії. СТАТКОМ контролює потужність такої лінії, стабілізуючи рівні напруги на її кінцях, оскільки у вузлах складної мережі поточні рівні можуть змінюватися, а в

деяких режимах, особливо після аварії, вони можуть досягати критично низьких значень; змінюючи зсув фаз між напругою на кінцях лінії; змінюючи загальний реактивний опір лінії.

Застосування СТАТКОМ дозволяє загалом: відмовитися від установки додаткових конденсаторних батарей, які можуть знадобитися при установці, в тому числі для фільтрації гармонік; забезпечити задовільну якість електроенергії і знизження потужності підключеного конденсатора до шин змінного струму, зменшити стрибки рівня напруги при перехідних процесах; скоротити площу, необхідну для додаткових джерел реактивної потужності. Впровадження технологій СТАТКОМ дозволяє досягти наступних результатів: сприяння розвитку системних сервісів, можливість гнучкого контролю напруги з боку системного оператора; можливість середнього збільшення мінімальної напруги на 5,79% і усталеної напруги на 2,03% на підстанціях 220 кВ; зниження втрат в лініях електропередачі на 5% [3].

#### Фазоповоротний трансформатор (ФПТ)

Метою використання ФПТ є створення додаткового фазового зсуву між напругою первинних і вторинних шин. Це дозволяє контролювати потік активної і реактивної енергії. ФПТ можуть використовуватися для наступних цілей: обмеження перевантаження мереж з низькою напругою живлення; зниження втрати електроенергії і потужності в електричних мережах; підвищення динамічної стійкості електричної системи при великих збуреннях; забезпечення бажаного розподілу електроенергії і розширення можливого діапазону видачі потужності в нормальних режимах. Регульований зсув фази, що вводиться ФПТ, здійснюється за допомогою підвищення напруги між входом і виходом ФПТ за місцем встановлення. Чим більше потрібно ввести фазовий зсув, тим більшим буде приріст напруги. Така напруга називається напругою збудження, і є незалежною від рівня напруги на вході до ФПТ. Результуюча напруга є результатом векторної суми вхідної напруги та напруги збудження, і таким чином виникає фазовий поворот. Існує кілька способів подачі вольтододаткової напруги: поперечне управління, поздовжнє поперечне управління і симетричне управління. При поперечному («квадратурному») регулюванні ФПТ вводиться підвищена напруга, зміщена на  $90^\circ$  щодо вхідної напруги ФПТ. В цьому випадку вихідна напруга ФПТ збільшується за амплітудою і змінюється по фазі. Причому амплітуда буде тим більше, чим на більший кут зсуву буде проводитися регулювання. Регулювання може здійснюватися при малих кутах регулювання (не більше  $20^\circ$ ) [1, 2]. При поздовжньо-поперечному регулюванні ФПТ вводиться вольтододаткову напругу: поздовжню і поперечну. Поздовжня складова зміщена щодо вхідної напруги на  $180^\circ$ , а поперечна на  $90^\circ$ . Зміною амплітуди напруги можна керувати. При малих кутах регулювання (не більше  $20^\circ$ ) можна використовувати тільки поперечний компонент.[2]. При симетричному регулюванні ФПТ вводиться зміщення напруги підсилювача на  $90^\circ$  град. Відносно збудливої напруги ФПТ. В цьому випадку вихідна напруга ФПТ змінюється тільки по фазі і не змінюється по амплітуді. Регулювання може застосовуватися під будь-якими кутами регулювання [2].

## Вставки постійного струму

Вставки постійного струму (ВПТ) виконують функції міжсистемних зв'язків і регуляторних ланок в енергосистемах. Використання технології передачі постійного струму забезпечує несинхронний зв'язок між енергосистемами в тих випадках, коли їх реалізація на змінному струмі неможлива. Через ВПТ можна об'єднувати енергосистеми, які працюють з різною номінальної частотою, однієї номінальної частоти, але різних нефіксованих фазових зрушень, різних частот і фаз. У разі несинхронного підключення, є можливість вибрати робочу частоту генераторів і оптимальну кількість обертів на хвилину. У класичному випадку таке з'єднання вимагає систем синхронізації і порівняльних характеристик, а також великих масогабаритних характеристик і значної вартості. Використання ВПТ на основі двонапрямлених перетворювачів (інверторів) дозволяє передавати активну потужність в двох напрямках, а також регулювати реактивну потужність без використання додаткових джерел реактивної енергії.

**Висновок.** У даній роботі розглянуті сучасні пристрої FACTS. Застосування подібних пристроїв в Україні поширене не дуже широко. Застосування пристроїв на базі технології FACTS стане основою для створення мереж нового покоління - інтелектуальних мереж. Основою для побудови технічно і економічно ефективних транзитів потужності між великими енергорайонами. Це дозволить більш ефективно використовувати лінії електропередач, що в свою чергу на порядок полегшить інвестиційне навантаження на проекти зі збільшенням приєднаної потужності до електромереж загального користування; зменшуючи транзит реактивної потужності по лініях, знизить втрати в мережах електропостачання. Також нове обладнання здатне стабілізувати рівні напруги в мережах, завдяки чому не потрібно додаткових джерел реактивної потужності. Також, підвищення динамічної стійкості енергосистеми в цілому, створить платформу для розвитку розподіленої генерації як на основі традиційних генеруючих станцій, так і на базі альтернативної енергетики.

## Перелік посилань

1. Гринштейн, Б.Н. Регулирование фазы вектора напряжения сети вентильным фазоповоротным устройством / Б.Н.Гринштейн, Ю.Г. Толстов // Электричество.— 1992 — №2.—С. 55—60.
2. Стельмаков, В.Н. Фазоповоротные устройства с тиристорным управлением / В.Н.Стельмакови др. // Энергетик. — 2010. — №8. — С. 20-23.
3. Информационное — справочное издание «Новости ЭлектроТехники». Реактивная мощность в электрических сетях технологии управляемой компенсации [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh>
4. Информационное — справочное издание «Новости ЭлектроТехники». Соколов С. , Долгополов А. Управляемые реакторы [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.news.eltech.ru/arh/2012/75/04.php>