

ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЛІНІЇ 750 кВ «ХАЕС – ЖЕШУВ» З ВИКОРИСТАННЯМ КЕРОВАНИХ САМОКОМПЕНСУЮЧИХ ЛЕП

*Онуфрей В.О., магістрант, Хоменко О.В., к.т.н., доцент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем*

Вступ. Тенденція росту загального споживання електроенергії, змін принципів динамічного регулювання та необхідність пришвидшення розвитку економіки, призводять до пошуку шляхів підвищення експортної спроможності України на енергоринку електроенергії в ЄС. Створюються умови для зміцнення двосторонніх відносин ОЕС України та об'єднання ENTSO-E.

Одним із кроків до цього може стати проект Енергетичного мосту «Україна – Європейський Союз». Головною артерією його стане лінія 750 кВ «ХАЕС – Жешув», до якої висуваються вимоги по якісному підвищенню пропускної здатності. Рішенням даної концепції може стати технологія керованих самокомпенсуючих ЛЕП (КС ЛЕП), яка поєднує в собі як технічну, так і економічну доцільність.

Метою роботи є стислий огляд можливостей підвищення пропускної здатності ЛЕП, докладний опис технології та аналіз теоретично-проектних рішень використання КС ЛЕП нового покоління застосованих до проекту ЛЕП 750 кВ «ХАЕС-Жешув».

Основні матеріали та дослідження. В сучасних умовах найважливішими завданнями, які розв'язують енергетики є максимальне підвищення пропускної здатності ЛЕП при мінімальних капіталовкладеннях, збільшення керованості і стійкості енергосистем, створення паралельно працюючих керованих енергетичних об'єднань з необхідністю забезпечення енергетичної та екологічної безпеки і зменшення відчужуваних під енергетичні об'єкти земельних угідь, створення умов для подальшого розвитку електроенергетики на основі енергонезалежності та енергоефективності. Пріоритетним напрямом, котрий на сьогоднішній день розглядається як енергетична платформа для експорту, є принцип підвищення пропускної здатності ЛЕП.

Під пропускною здатністю лінії електропередачі розуміють найбільшу активну потужність, яку з урахуванням всіх технічних і технологічних обмежень можна передати по лінії. Пропускна здатність лінії електропередачі залежить від напруги, сили струму і реактивного опору лінії. Максимально передана потужність визначається за формулою:

$$P_{\max} = \frac{U_1 U_2}{Z_{xe} \sin(\alpha_0 l)} \sin(\delta), \quad (1)$$

де U_1, U_2 – модулі напруги на початку і в кінці лінії; Z_{xe} – хвильовий опір лінії; $\alpha_0 l$ – хвильова довжина лінії; δ – кут зсуву фаз напруг U_1, U_2 [1].

Основними способами підвищення пропускної здатності ЛЕП є підвищення напруги лінії, збільшення перерізу проводів, підвищення

навантаження лінії з урахуванням погодних умов, збільшення навантаження за рахунок підвищення допустимої температури проводів тощо.

Одним із нових ефективних методів підвищення пропускної здатності є застосування КС ЛЕП. Сутність їх полягає у тому, що в них зближені між собою трифазні ланцюги (шляхом попарного зближення фаз різних ланцюгів на мінімально допустимі по електричній міцності відстані), і між системами векторів напруг ланцюгів створений кутовий зсув (120 або 180°) з можливістю його регулювання до 0° (рис. 1). Такий підхід дозволяє збільшити пропускну здатність лінії в 1,3-1,6 рази, а також збільшити ефективність використання відчужуваних земель. Для опису процесів що відбуваються в них, проведення розрахунків режимів і вибору основних технічних рішень для них, застосовуються відомі основи теорії електропередач змінного струму, які базуються на загальних принципах регулювання та оцінки стану.

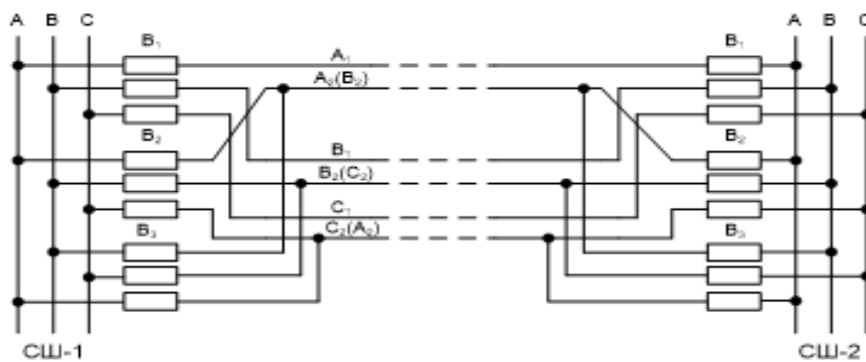


Рисунок 1 – Дискретне регулювання кутового зсуву векторів напруг між ланцюгами на прикладі системи дволанцюгової ЛЕП ($\theta = 0^\circ$ – включені вимикачі В1 і В2 (В3 вимкнені), $\theta = 120^\circ$ – включені В1 і В3 (В2 вимкнені))

Для більш широкого діапазону регулювання та забезпечення надійності роботи, в світовій практиці почали використовувати разом з КС ЛЕП і пристрої гнучких систем передачі електроенергії (FACTS). В основу даного принципу лягли переваги використання систем силової електроніки, а також значно краща керованість. Одним із варіантів застосування FACTS є використання гнучкої системи компенсації, котра базується на фазоповоротних пристроях і показана на рис. 2 [2]:

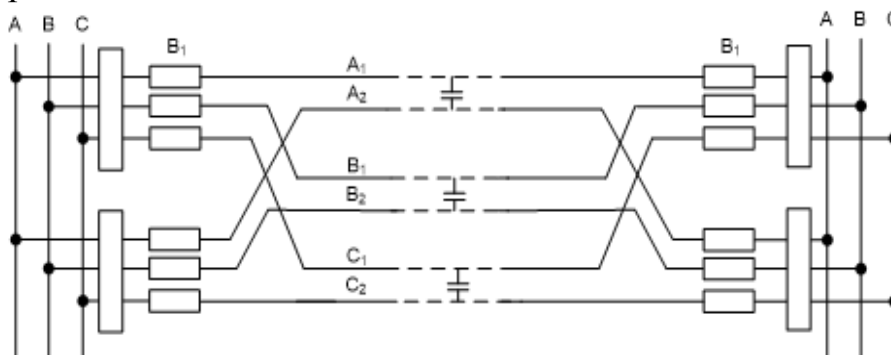


Рисунок 2 – Регулювання кутового зсуву векторів напруг між ланцюгами в широкому діапазоні з використанням систем FACTS на прикладі дволанцюгової ЛЕП

Така технологія забезпечує загальне збільшення режимної керованості в енергосистемі, дозволяє здійснювати поступовий перехід ліній 750 кВ на стандарти ENTSO-E. Фактично сьогодні є вже всі можливості для подолання проблеми «замкнутості» потужностей та виходу на енергетичний ринок Європи. Головною складовою цього рішення може стати Енергетичний міст «ХАЕС – Жешув», котрий з'єднає два енергетичних об'єднання та вирішить багато питань як української, так і східноєвропейської енергетики.

На сьогоднішній день ця лінія проходить ряд загальних перевірок стану комплектуючих і допоміжних систем. В цілому, це стандартна одноланцюгова лінія, яка має традиційне виконання як опор, так і способу розміщення фаз. Новий погляд на проект та втілення технології КС ЛЕП дозволить не тільки гранично мінімізувати розміри та розміщення самих комплектуючих, а й збільшити експортну пропускну здатність лінії, таким чином значно збільшити надходження від продажу електроенергії. Для прикладу [3], загальна конструкція опор зміниться з врахуванням пунктів компактності та дволанцюговості. Графічна порівняльна характеристика конструкцій представлена на рис. 3, для анкерно-кутових та проміжних опор:



Рисунок 3 – Анкерно-кутова трьохстойкова та проміжна опори типу УС750 та ПС750 (варіант традиційна/КС ЛЕП нового покоління)

Відстань між зближеними фазами кіл керованих самокомпенсуючих повітряних ліній вибирається з урахуванням максимально можливої напруги між ними, а також з урахуванням комутаційних та грозових перенапруг і може дорівнювати величині:

$$d_c = (0,2 - 0,4)D \quad (2)$$

де D – відстань між фазами звичайної ЛЕП.

Порівнюючи традиційні ПЛ з КС ЛЕП, необхідно відзначити, що при регулюванні фазового зсуву між системами векторів напруг кіл в КС ЛЕП відбувається перенесення потужності між її колами, в результаті чого кола завантажуються неоднаковими активними і реактивними потужностями. Перенесення потужності в КС ЛЕП пояснюється наявністю ємнісного і індуктивного зв'язку між колами лінії, завдяки яким взаємні струми і наведені ЕРС від одного кола змінюють величину фази струму і напруги сусіднього

кола, що рівносильно передаванню і прийому відповідної потужності. Вартість ЛЕП нового покоління може складати 70-85% від вартості двоколової традиційної ПЛ [4].

Так, для КС ЛЕП вартість визначається як:

$$K_{КСЛЕП} = 2 \cdot K_{ПЛ}^{трад} \cdot (0,7 - 0,8) \quad (3)$$

де $K_{ПЛ}^{трад}$ – вартість традиційної ПЛ змінного струму.

Деякі параметри традиційної та КС ЛЕП показані в таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри традиційної одноланцюгової ЛЕП та дволанцюгової КС ЛЕП

Параметр	Традиційна	КС ЛЕП
Хвильовий опір	290	210
Питомий акт. опір, Ом/км	0,02	0,011
Питомий інд. опір, Ом/км	0,304	0,22
Питома ємнісна провідність, мкСм/км	3,61	4,99
Відстань між фазами, м	22,2	6
Проводи	5хАС300/39	7хАС400/51
Нат. потужність на один ланцюг, МВт	2141	2956

Висновки. У статті стисло описана та проаналізована доцільність використання КС ЛЕП в проєкті лінії 750 кВ «ХАЕС – Жешув». Збільшення пропускної здатності електричної мережі за рахунок застосування ЛЕП нового покоління в поєднанні з пристроями FACTS виявляється одним з найбільш економічних засобів розвитку електричних мереж, оскільки дозволяє знизити витрати на передачу потужності і енергії за рахунок зменшення питомих витрат на будівництво ВЛ і більш ефективного використання механізмів регулювання.

Перелік посилань

1. Постолатий В.М. Управляемые электропередачи / Постолатий В.М., Быкова Е.В. // Труды института энергетики АН Молдовы. – Кишинев, 2007. – Вып № 8. – 234 с.
2. Методические подходы к выбору вариантов линий электропередачи нового поколения на примере ВЛ-220 кВ / В. М. Постолатий, Е. В. Быкова, В. М. Суслов, Ю. Г. Шакарян, Л. В. Тимашова, С. Н. Карева // Problemele energeticii regionale. - 2010.
3. Електронний каталог опор російської компанії «ОКБ ПЛАТИН»: <http://xn----7sb8ajafee4j.xn--plai/promezhutochnie-metallicheskie-opori-dlya-vl-750kv-tipa-pp750-ps750-pn750/>
4. Постолатий В. М. Возможности создания и технические характеристики одноцепных и много-цепных воздушных линий электропередачи переменного тока повышенной пропускной способности с изолированными проводами для распределительных электрических сетей. / В. М. Постолатий, Е. В. Быкова, В. М. Суслов // Материалы VI-го симпозиума "Электротехника 2010", ВЭИ – ТРАВЭК, г. Москва, 2010 г.