

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАНСНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Лободзинський В.Ю., асистент

НТУУ «КПІ», кафедра теоретичної електротехніки

Кравченко Ю.С., студент

НТУУ «КПІ», кафедра теоретичної електротехніки

Вступ. Найважливішим завданням електропостачання споживачів, віддалених від генеруючих станцій та електричних систем, є створення економічних, високоефективних, надійних ліній електропередач.

Замість традиційних способів передачі електричної енергії на постійному та змінному струмі пропонується резонансний метод передачі електроенергії через однодротову кабельну лінію на підвищеній частоті. Ще у кінці 19 століття видатний винахідник Н.Тесла запропонував передавати електроенергію по одному дроту в резонансному режимі, проте в його час ще не було електронних перетворюючих пристроїв, таких як: діоди, тиристори, транзистори, тому цей спосіб передачі електроенергії не знайшов застосування аж до сьогодні [1].

Експериментально показано, що однодротова система на підвищеній частоті з високочастотним резонансним трансформатором Тесли на початку лінії може передавати енергію на будь-якій частоті, навіть на нульовій, тобто на випрямленому струмі [2]. Однодротові резонансні системи в перспективі можуть замінити існуючі повітряні ЛЕП.

Мета роботи. Проведення аналізу ефективності використання резонансної системи електропередачі.

Матеріал і результати досліджень. Резонансна система електропередачі включає: джерело електричної енергії, перетворювач частоти ПЧ1, резонансний контур (С1, трансформатор Тесли Т1), однодротова ЛЕП (як правило, у вигляді одножильного високовольтного кабелю), приймаючий резонансний контур (С2,Т2), перетворювач частоти ПЧ2, до якого підключається навантаження (рис.1).

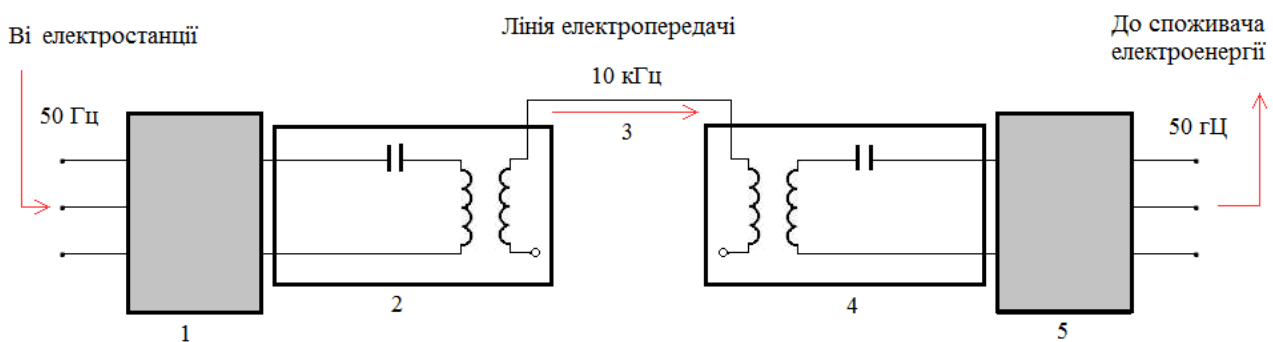


Рисунок 1 – Схема резонансної однодротової ЛЕП

Джерелом електроенергії може слугувати звичайна трьохфазна система. Резонансний контур складають конденсатор С1 і трансформатор Тесли (ТТ) Т1. До цього резонансного контуру подається напруга розрахованої підвищеної частоти. В трансформаторі Т1 виникає резонанс напруг при використанні розрахованих відношень індуктивностей «первинної» та «вторинної» обмоток і ємностей, включаючи також міжвиткову ємність ТТ Т1 [3].

Довжина однодротової лінії є необмеженою, але вона повинна бути кратною цілому числу півхвиль або чверті хвилі струму.

З іншого кінці до одно провідникової лінії підключається ТТ Т2, який також працює в резонансному режимі. До його «низьковольтної» обмотки підключають ПЧЗ, на виході якого отримують потрібну трьохфазну напругу.

Для пояснення процесів, які відбуваються в лінії розглянемо випадок, коли лінія розімкнута на кінці, тобто коли опір навантаження нескінченно великий. Але спочатку згадаємо, що режим бігучої хвилі в лінії отримується, якщо вона завантажена на активний опір, який дорівнює хвильовому. При інших значеннях опору навантаження в лінії отримуємо складніший процес. У випадку розімкненої лінії енергія бігучої хвилі не може бути поглинута в кінці лінії, оскільки відсутнє навантаження, але хвиля не може і продовжувати віддалятися від джерела. Коли бігуча хвиля дістається кінця лінії, то там починають накопичуватися заряди і утворюється додаткова різниця потенціалів, яка діє схоже напрузі генератора і збуджує в лінії нову бігучу хвилю, яка рухається від кінця лінії до її початку, тобто відбиту хвилю. В результаті складання двох хвиль, які розповсюджуються в лінії, виникають стоячі хвилі (рис.2).

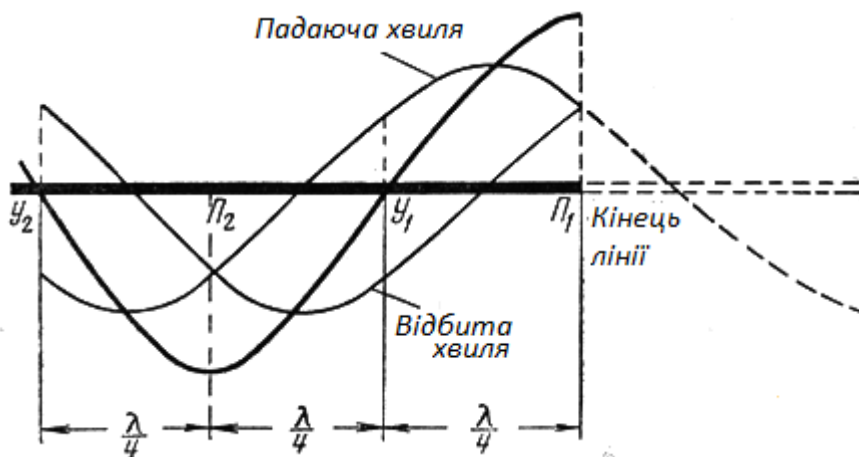


Рисунок 2 – Виникнення стоячих хвиль в лінії

Розподіл напруги вздовж лінії при стоячій хвилі не змінюється з часом, в різні моменти часу змінюється тільки величина напруги в кожній точці лінії. В кожній точці лінії напруга коливається за синусоїдальним законом, причому амплітуда цього коливання для різних точок різна. Для пучностей амплітуда найбільша, для інших точок вона менша, а для вузлів вона дорівнює нулю.

Джоулеві втрати стають незначними за рахунок відсутності замкнутих активних струмів провідності в лінії. Припускають, що «електричний струм»

повністю виходить за межі провідники і не взаємодіє з кристалічною решіткою металу дроту.

Усе вище сказане відноситься і до струму. Але відбита хвиля струму рухається з протилежною фазою. Це можна пояснити тим, що електрони, які дійшли до кінця лінії, не можуть рухатися ні далі, ні в протилежну сторону. З цього слідує, що струм змінює знак. В результаті на кінці лінії сумарний струм дорівнює нулю, тобто утворюється вузол струму.

Отже, в стоячій хвилі вузли струму отримуються там, де пучності напруги, а пучності струму знаходяться в вузлах напруги. Говорячи інакше, стояча хвиля струму зсунена на чверть періоду відносно стоячої хвилі напруги.

Можемо зробити висновок, що резонансні системи передачі електроенергії на підвищеній частоті 1-100 кГц не використовують активний струм провідності. В однодротовій лінії немає замкнутого контуру, немає бігучих хвиль струму та напруги, а є стоячі (стаціонарні) хвилі реактивного ємнісного струму та напруги зі зсувом фаз 90° . Джоулеві втрати стають незначними за рахунок відсутності замкнутих активних струмів провідності в лінії. Припускають, що «електричний струм» повністю виходить за межі провідники і не взаємодіє з кристалічною решіткою металу дроту.

Висновок. Переваги резонансної електричної системи. По-перше, вона безпечніша. При обриві або замиканні на землю дроту змінюється частота власного резонансу лінії. Це призведе до спрацювання автоматичного захисту і подача електроенергії одразу ж припиняється. По-друге, зниження затрат кольорових металів в дротах в 5-10 разів. Оскільки, енергія передається не струмом в дроті, а електромагнітними хвилями, які розповсюджуються вздовж його поверхні, то товщина дроту може бути зменшена. По-третє, втрати електроенергії в однодротовій лінії малі і електроенергію можна передавати на великі відстані.

Перелік посилань

1. Рекламно-информационный журнал «Электротехнический рынок». №4 (64). 2015.
2. Д.С Стребков, А.І. Некрасов «Резонансные методы передачи и использования электрической энергии» - М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. 350 с.
3. Д.С. Стребков, О.А. Рошин, Л.Ю. Юферев. Исследование резонансной системы передачи электрической энергии. Информационный ресурс (<http://www.aselibrary.ru/>).