

АНАЛІЗ НАПРУГИ ПРИ ОДНОФАЗНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Лиховид Ю. Г.¹, Мельничук В. А.², Тугай І. Ю.²¹ДП "НЕК "Укренерго"²Інститут електродинаміки НАН України

Досліджено рівень перенапруг у лініях електропередачі при їх однофазному режимі роботи. Виконано перевірку практичної можливості застосування такого режиму за допомогою моделювання. Визначено послідовність роботи лінійних вимикачів для запобігання виникнення аномальних перенапруг. Зроблено висновки про доцільність застосування однофазних режимів роботи ліній.

Постановка проблеми. Загальні тенденції розвитку енергосистем в світі показують, що роль ліній електропередач надвисокої напруги (ЛЕП НВН) стає все більш важливою.

В енергосистемі України ЛЕП НВН є основними системоутворюючими лініями, забезпечують видачу електричної енергії від потужних блоків атомних електростанцій та необхідний обмін між окремими частинами енергосистеми, а також є основною передумовою забезпечення інтеграції енергосистеми України в Європейську енергосистему [1].

При проектуванні та експлуатації ЛЕП НВН розв'язується велика кількість складних питань [2, 3], серед яких можна відмітити однофазні режими роботи ліній, що виникають під час аварійних ситуацій. Дослідження та використання такого режиму роботи електропередачі дозволяє підвищити надійність електропостачання споживачів, оскільки навіть унаслідок аварійних або планових вимкнень двох фаз лінії, споживач буде отримувати електроенергію, хоча і в обмеженому обсязі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У низці підручників та публікацій описані однофазні режими роботи електричних мереж. Проте наразі на практиці вони не застосовуються через певні причини. Одним з аспектів невикористання однофазних режимів є відсутність методології щодо застосування та ведення режиму при однофазній роботі.

Мега статті. Досліджено фактори впливу роботи вимикачів на рівень перенапруг у лініях електропередачі надвисокої напруги при їхньому однофазному режимі роботи.

За допомогою моделювання здійснено перевірку практичної можливості застосування таких режимів. Оскільки переважна більшість ремонтних робіт (аварійних чи планових) на лініях такого класу припадає на пофазне виконання, практична можливість застосування неповнофазних режимів ліній надвисокої напруги є важливим здобутком для надійної роботи об'єднаної електроенергетичної системи (ОЕС) України, особливо за умов планування паралельної роботи з електромережею ENTSO-E.

Основні матеріали дослідження. Окремим випадком неповнофазного режиму роботи ЛЕП НВН є випадок відключення двох фаз. Таке може відбутися при плановому виведенні в ремонт двох фаз, а також при плановому чи аварійному відключенні фази на лінії, що працює у неповнофазному режимі. У такому

випадку варіанти спрацювання вимикачів значно збільшуються.

Аналіз однофазного робочого процесу з фізичної точки зору значно спрощується у порівнянні з двофазним процесом, оскільки у нейтралі приймального кінця протікає виключно струм однієї фази, який через землю повертається до кінця лінії, від якої отримується живлення (рис. 1).

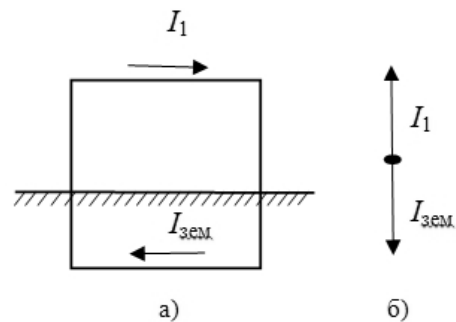


Рисунок 1 – Схема (а) та векторна діаграма (б) струмів однофазного режиму роботи ЛЕП НВН

Було здійснено моделювання переходу основних ЛЕП НВН ОЕС України з повнофазного режиму в однофазний шляхом порівняння повнофазного (вихідного) режиму з неповнофазним (однофазним) режимом. У роботі залишалася фаза А, відповідно фази В та С відключаються.

Фазні вимикачі розташовані один від одного на значній відстані, тому одночасне планове їхнє відключення є неможливим з технічної точки зору. Під час проведення дослідів були проведені наступні можливі варіанти відключення фази:

- одночасне відключення вимикачів у час $t_1=t_2=0,1$ с;

- фазні вимикачі з боку живлення ЛЕП вимикаються у час $t_1=0,3$ с, а вимикачі з боку приймача живлення вимикаються у час $t_2=0,1$ с;

- фазні вимикачі з боку живлення ЛЕП вимикаються у час $t_1=0,1$ с, а вимикачі з боку приймача живлення вимикаються у час $t_2=0,3$ с.

Узагальнені графіки залежностей підвищення напруги на фазі, що відключається, від часу спрацювання вимикачів наведено на рис. 2.

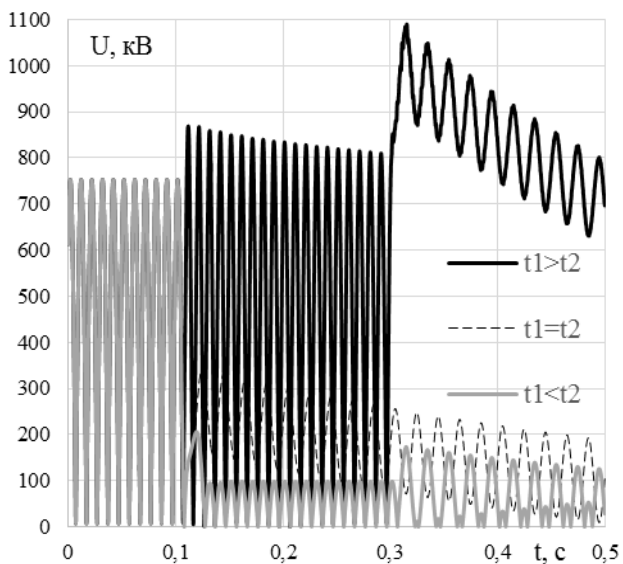


Рисунок 2 – Залежність рівня напруги на відключеній фазі від часу спрацювання вимикачів

Проаналізувавши отримані результати, експериментальним шляхом доведено, що на робочій фазі напруга змінюється незначно, в основному, у межах допустимих відхилень для даного класу напруг $\pm 5\%$ від номінальної напруги.

Максимальні аномальні коливання амплітудних значень напруги спостерігаються саме на відключених фазах та значно залежать від часу відключення фаз.

З побудованих графіків чітко простежується закономірність, що напруга на відключеній фазі у момент вимикання вимикачів за рахунок взаємодії зростає та має спадаючий характер. Найбільші значення амплітуд спостерігаються у випадку, коли першим спрацьовує вимикач з боку споживача. Це пояснюється переходом навантаженої лінії у режим холостого ходу. Найменший рівень амплітуд напруги спостерігається при відключенні фаз спочатку з боку живлення, а потім з протилежного кінця. При одночасному відключенні фази спостерігається спадаюча напруга на фазі, що приблизно дорівнює половині номінальної напруги.

Тож можна зробити висновки, що напруга на фазі яка лишається у роботі, знаходиться у допустимих межах. Напруга на фазах, що відключаються, має аномальні зростання виключно у випадку, коли фази відключаються спочатку з боку споживача, а потім з боку живлення.

Висновки. Особливістю роботи ЛЕП НВН у неповнофазному режимі є зміна каналу струму відключеної фази – перехід струму з відключеної фази у грозозахисні троси та у землю на значну глибину.

На поточний час в ОЕС України не застосовується використання неповнофазних режимів роботи ЛЕП НВН протягом тривалого часу (на час ремонтних робіт однієї чи декількох фаз лінії), лише на період роботи ОАПВ. Проте застосування зазначеного режиму роботи сприятиме значному підвищенню надійності роботи енергосистеми в цілому та зменшенню

кількості мережних обмежень, які виникають при повністю відключеній ЛЕП НВН.

Експериментальним шляхом доведено, що на робочій фазі напруга змінюється в основному у межах допустимих відхилень для даного класу напруг.

Список використаних джерел

1. Кузнецов В. Г. Підвищення надійності та ефективності магістральних електричних мереж / В. Г. Кузнецов, Ю. І. Тугай // Праці Інституту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАНУ, 2009. – Вип 23. – С. 110-117.

2. Лиховид Ю. Г. Використання неповнореакторних режимів ліній електропередач / Ю. Г. Лиховид, В. А. Мельничук, І. Ю. Тугай // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2017. – Вип. 186. – С. 12-13.

3. Tugay Y. The Resonance Overvoltages in EHV Network / Yuriy Tugay // Proceedings of IEEE 10th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation (EPQU 2009), Poland, Lodz, September 15-17, 2009. – P. 14–18.

Анотація

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ОДНОФАЗНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Лиховид Ю. Г., Мельничук В. А., Тугай И. Ю.

Исследован уровень перенапряжений в линиях электропередачи при их однофазном режиме работы. Проведена проверка практической возможности применения такого режима с помощью моделирования. Определена последовательность работы линейных выключателей для предотвращения возникновения аномальных перенапряжений. Сделаны выводы о целесообразности применения однофазных режимов работы линий.

Abstract

VOLTAGE ANALYSIS FOR SINGLE-PHASE OPERATION MODE OF POWER TRANSMISSION LINES

Y. Lykhovyd, V. Melnychuk, I. Tugai

The level of overvoltage in power transmission lines under their single-phase operation mode is investigated. By modeling the practical applicability test of this mode has been carried out. To prevent the occurrence of abnormal overvoltage the operation sequence of linear switches was determined. The conclusions about the expediency of using single-phase operation mode were drawn.