

АНАЛІЗ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ У ФАЗНИХ КООРДИНАТАХ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ БАГАТОПОЛЮСНИКІВ

Лободзинський В.Ю., асистент

НТУУ «КПІ», кафедра теоретичної електротехніки

Пустовий Т.П., Комісарова І.П., студенти

НТУУ «КПІ», кафедра біомедичної інженерії

Вступ. Існуючі підходи до вирішення проблеми моделювання у фазних координатах базуються на теорії багатополісників або на спрощеному уявленні трифазних кабельних ліній у вигляді груп однофазних кабелів. Основна складність моделювання полягає у розв'язці магнітозв'язаних ланцюгів, і якщо взяти за основу підхід синтезу схем заміщення однофазних кабелів, то можна отримати досить гнучкий алгоритм формування моделей різних кабельних ліній електропередачі за допомогою повнозв'язаних схем заміщення, що містять RLC – елементи.

Кабельні лінії електропередачі являють собою статичні багато провідні елементи, струмопровідні частини які мають електромагнітні зв'язки. Якщо винести з'єднання цих струмоведучих частин за межі даної системи, то лінії відрізняються один від одного тільки характером взаєміндуктивних зв'язків. Для кабельних ліній, крім того, брати до уваги ємнісний зв'язок між кабелями, що для більшості важливих випадків можна зробити звичайним чином, врахувавши власні і взаємні ємності проводів у П-подібній схемі заміщення після урахування взаєміндуктивних зв'язків. Ці припущення призводять до того, що струм, який входить на початку кабелю, дорівнює струму, що витікає з його кінця.

Мета роботи – використання теорії багатополісників для моделювання кабельних ліній електропередачі у фазних координатах та використання програмного пакету Simulink для виконання аналізу рівня напруг та струмів у жилах та екранах кабелів при різних комутаційних режимах.

Матеріали та результати досліджень. Розрахунок проведений для трифазної кабельної лінії 330 кВ однофазного виконання з жилою перетином 800 мм². Екрани кабелів заземлені з обох кінців, та для обмеження напруги на екранах кабелів виконується транспозиція екранів кабелю [1]. Кабелі розташовуються по схемі трикутник з відстанню між центрами жил, рівними зовнішньому діаметру кабелю.

Застосуємо метод фазних координат для моделювання кабельних ліній електропередачі, яка є природним представленням трифазної системи. Складнощі використання цього методу, пов'язані з наявністю взаєміндуктивних впливів між струмоведучими частинами різних фаз кабелів.

У роботі використано метод розподілення лінії на короткі ділянки такої довжини, яка дозволить нам використати схему заміщення з зосередженими параметрами, вся ж кабельна лінія, при цьому, буде заміщена ланцюговою схемою [2].

Розрахункова схема, яка розглядається як одно ланцюгова лінія реалізована за допомогою прикладного пакета SimPowerSystem система Matlab, показана на рис.1.

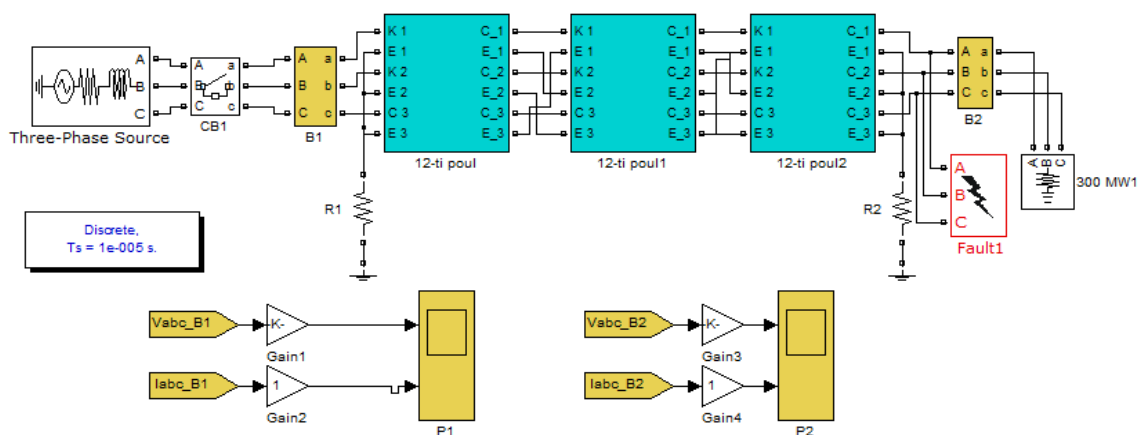


Рисунок 1 – Модель кабельної лінії електропередачі

Для розрахунку електромагнітних параметрів кабелів в кабельній лінії електропередачі, використовувались результати роботи [3, 4, 5].

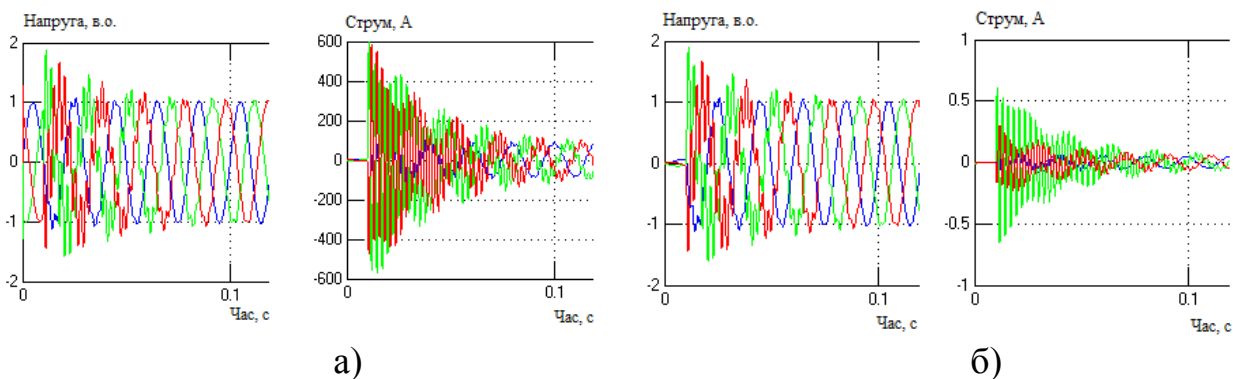


Рисунок 2 – Напруга та струм на вході (а) та виході (б) лінії в режимі неробочого ходу

Комп'ютерні осцилограми напруги та струму на вході лінії в режимі неробочого ходу показані на рис.2а Як видно із цих осцилограм, за декілька періодів відбувається перехідний процес, за час якого заряджаються всі ємнісні та індуктивні елементи. Як видно із осцилограми струму на вході, велика величина струму на початку перехідного процесу являє собою ємнісний струм, який тече по жилі кожного кабелю, потім по його екрану та замикається на землю.

Комп'ютерні осцилограми на виході лінії при холостому ході показані на рис.2б. Видно, що напруга на вході приблизно дорівнює напрузі на виході. Величина струму на виході лінії близький до нуля, це підтверджує той факт, що весь струм, який надійшов на вхід лінії, замикається на землю по ємнісним колам лінії.

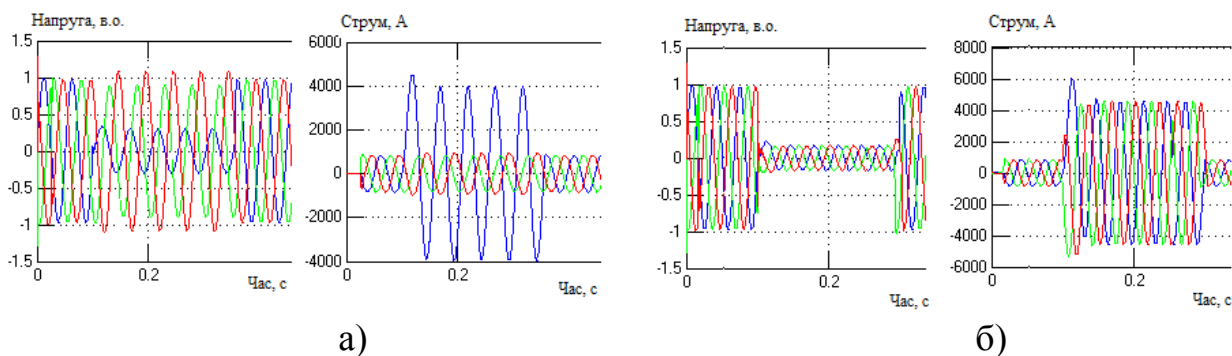


Рисунок 3 – Напряга та струм у режимі однофазного (а) та трифазного (б) короткого замикання

При моделюванні кабельної лінії а режимі однофазного короткого замикання (рис.3а), значення струму фази А досягає в 4 рази перевищує номінальний струм, а в початковий момент часу в 5 разів. Напряга у пошкодженій фазі зменшується на 50-70% від номінальної.

В режим трифазного короткого замикання рис.3б характеризується більш високими значеннями струмів в жилах кабелю, ніж при однофазному КЗ, які в 4.5 рази перевищують номінальний струм, а перший проміжок часу, при стрибку струму – у 6 разів. Величина напруги в лінії в момент КЗ має значну високочастотну складову та за незначний проміжок часу напруга знижується майже до нуля. Виникнення такої високочастотної напруги призводить до прискореного руйнування ізоляції, а також можливо пошкодження обладнання, яке знаходиться на вході кабельної лінії.

Висновок. На основі єдиного методологічного підходу отримана модель трифазної кабельної лінії і систем одножильних екранованих кабелів, розташовуваних в землі і на надземних конструкціях систем в фазних координатах.

Отримані моделі забезпечують ефективно вирішення задачі моделювання будь-яких практично здійснених режимів в високовольтних кабельних лініях електропередачі в фазних координатах.

Перелік посилань

1. Дмитриев М.В., Кияткина М.Р Транспозиция экранов кабелей 6-500 кВ // Новости ЭлектроТехники. 2012. № 2(74).
2. Каганов З.Г. Электрические цепи с распределенными параметрами и цепные схемы. М., Энергоатомиздат, 1990, 248 с.
3. Щерба А.А., Лободзинский В.Ю. Математическое моделирование электромагнитных процессов в трехфазной кабельной линии электропередачи при разных транспозициях экранов однофазных кабелей // Технічна електродинаміка. Тем. вип. "Силова електроніка та енергоефективність". – 2011. – Ч. 2. – С. 271–276.
4. Tleis N. Power systems modelling and fault analysis. – Elsevier, 2008. – 367 p
5. Wedepohl L.M. Wilcox D. J. Transient analysis of underground power-transmission system – system model and wave propagation characteristics // Proceedings of IEE. – 1973. – Vol. 120. – No. 2. – Pp. 253–260.