

АНАЛІЗ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ЗМІНІ ПОЧАТКОВОЇ ФАЗИ ВКЛЮЧЕННЯ ВИСОКОВОЛЬТНОЇ КАБЕЛЬНОЇ ЛІНІЇ

Галушко В.В., магістрантка, Олійник В.Є., студентка, Лободзинський В.Ю.,
к.т.н., доцент, Бурик М.П., к.т.н., доцент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра теоретичної електротехніки

Вступ. Одним із сучасних методів підвищення надійності та безпеки кабельних ліній електропередач високої та надвисокої напруги є застосування в них кабелів зі зшитого поліетиленової (СПЕ) ізоляцією, що відрізняється підвищеними експлуатаційними характеристиками, особливо в місцевостях із щільною забудовою та розгалуженими комунікаціями.

При використанні кабельних ліній надвисокої напруги потрібно враховувати високочастотні перехідні процеси, що виникають внаслідок комутаційних перемикачів.

Кероване перемикачання, або синхронна комутація, дозволяє знизити навантаження на лінію електропередачі та вимикач при комутаціях та мінімізувати перешкоди в системі. Найменша кількість пошкоджень у системі (наприклад, повторних пробоїв ізоляції) збільшує експлуатаційну готовність енергосистеми. Комутація (увімкнення або відключення, залежно від завдання, що виконується) здійснюється фазо-селективно при визначених кутах перемикачання [1–4].

Мета роботи. Вибрати оптимальні умови керованої комутації шляхом дослідження форми кривих перехідного процесу при зміні початкової фази включення високовольтної трифазної кабельної лінії однофазного виконання до джерела трифазної напруги.

Матеріали і результати досліджень. У роботі розроблено імітаційну модель високовольтної кабельної лінії електропередачі. Ця модель складається з еквівалентної схеми та реалізована в Matlab/Simulink. Така реалізація дозволяє, моделювати та аналізувати електромагнітні перехідні процеси в нормальних та аварійних режимах роботи кабельної лінії. Залежно від бажаного результату та точності рішень для моделювання може бути обраний як раціональний метод розв'язання рівнянь у часткових похідних, так і метод зміни часу моделювання (з фіксованим або змінним кроком). Під час моделювання можна стежити за процесами, що відбуваються в електричному колі.

Електрична схема еквівалентної ділянки кабельної лінії довжиною L_m , реалізована у вигляді еквівалентної багатополусної мережі (рис. 1) з урахуванням взаємних індуктивних зв'язків, що існують між індуктивностями, жил і екранів кабелю. З точки зору аналізу лінія є шестипровідною системою (три жили і три екрани) з додатковим сьомим проводом – землею. Досліджувана високовольтна лінія електропередач має напругу 330 кВ, довжина лінії 3000 м. Параметри схеми заміщення лінії розраховуються з урахуванням геометричних параметрів однофазного кабелю.

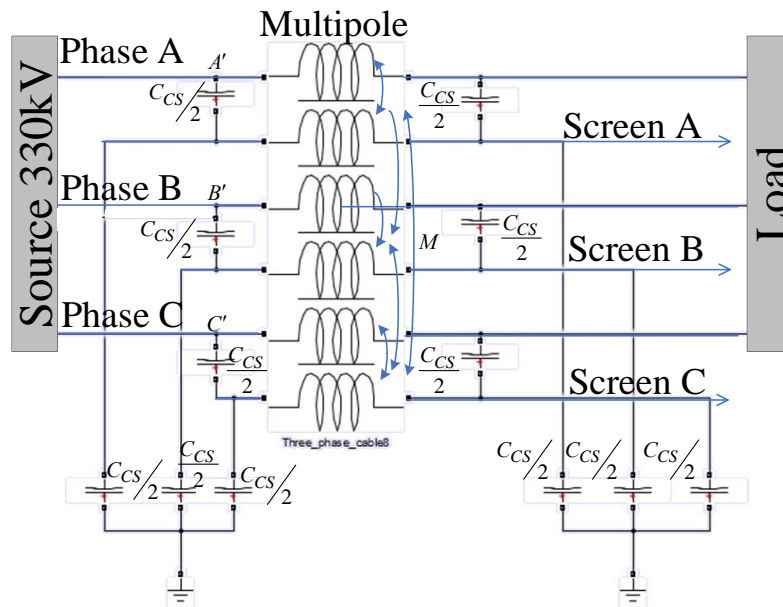


Рисунок 1 – Електрична схема кабельної лінії

Розглянемо осцилограми перехідних процесів струмів та напруги в екранах трифазної кабельної лінії однофазного виконання при включенні кабельної лінії до джерела трифазної напруги за зміни початкового кута.

Комутація кожної фази відбувалася у різні моменти часу, так щоб кожна фаза мала початковий кут включення рівний нулю. При куті включення $\varphi=0$ амплітуда фази має номінальне значення, що видно на осцилограмах рис. 2.

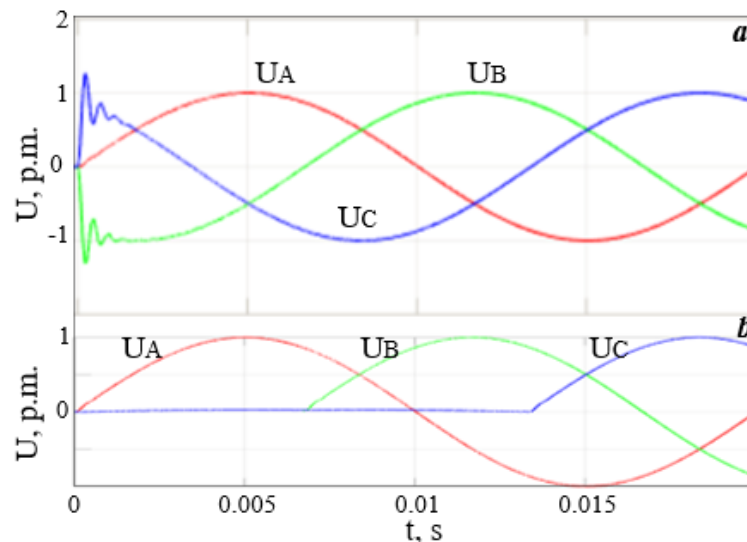


Рисунок 2 – Осцилограми напруги і струмів у трифазній кабельній лінії в момент підключення до джерела живлення: зі зсувом фаз (а); при куті включення $\varphi=0^{\circ}$ (б).

Аналізуючи осцилограми рис. 2, можна зробити висновок, що якщо кожну фазу трифазної кабельної лінії підключити до джерела частотою $f=50$ Гц із затримкою за часом що дорівнює $1/150$ с, то кут включення всіх фаз дорівнюватиме нулю, що призведе до обмеження комутаційних перенапруг.

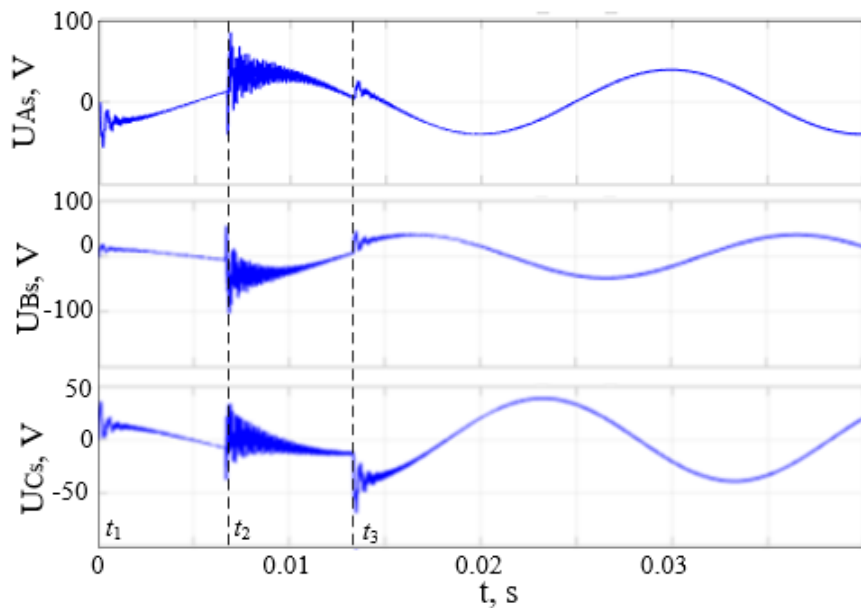


Рисунок 3 – Напруга в екранах трифазної КЛ при зміні початкового кута кожної фази

Зміна початкового кута кожної фази при комутації не впливає на підвищення напруги на екрані кабелю (рис. 3), але при цьому з'являються струми індуквані в екранах, криві перехідного процесу яких підлягають дослідженню, щоб розуміти процеси, що відбуваються в екранах кабелю.

Висновки. Значимість отриманих результатів полягає у можливості запропонованої методики вибирати оптимальні умови керованої комутації, що дозволяє використовувати її при проектуванні комутаційних вузлів, при використанні керованих комутацій для усунення небажаних перехідних електричних процесів при запланованих комутаціях.

Перелік посилань

1. Lobodzinskiy V., Buryk N., Spinul L., Chibelis V., Illina O. Reducing Overvoltages under Connection on a High-Voltage Cable Line Due to Optimal Controlled Switching. *Problems of the regional energetics*, №3 (59), 2023. p. 25-32. doi.org/10.52254/1857-0070.2023.3-59.03
2. Ostroverkhov M., Silvestrov A., Chibelis V., Lobodzynski V., Spinul L. Application of the Consistency Principle of Identification and Control Subsystems in Adaptive Systems. *Electronics and Control Systems*, 2023, 1(75), p. 53-60. doi.org/10.18372/1990-5548.75.17556
3. Lobodzinskiy V. Transient Analysis in Three-Phase Cable Lines with the Transposition Phase Cables Conductive Screens during Short Circuit Fault. In *2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering, UKRCON 2021-Proceedings. 2021*, pp. 413-416. doi.org/0.1109/UKRCON53503.2021.9575468
4. Лободзинський В. Ю., Бурик М. П., Петрученко О. В., Ілліна О. О. Вплив системи Smart Grid на національну енергетичну мережу. *Енергетика: економіка, технології, екологія: науковий журнал*, 2022, № 1, с. 57-64. doi.org/10.20535/1813-5420.1.2022.259182