

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ КАБЕЛЬНОЇ ЛІНІЇ 110 КВ З ІЗОЛЯЦІЄЮ ЗІ ЗШИТОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ ПРИ НОРМАЛЬНИХ І АВАРІЙНИХ РЕЖИМАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто моделювання та дослідження роботи кабельної лінії 110 кВ з ізоляцією зі зшитого поліетилену в нормальних та аварійних режимах. Побудовано комп'ютерну модель, що дозволяє аналізувати електромагнітні та теплові процеси у жилах та струмопровідних екранах кабелю, зокрема при виникненні подвійного однофазного замикання на землю. Наведено результати порівняння ustalених режимів роботи та аварійних перехідних процесів, що дають можливість оцінити термічну стійкість кабельної лінії та особливості розподілу струмів у екранах.

Ключові слова: кабельна лінія, XLPE-ізоляція, перехідні процеси, аварійні режими, струми в екранах, електромагнітні процеси.

Abstract

The modeling and analysis of the operation of a 110 kV cable line with cross-linked polyethylene insulation under normal and emergency conditions are considered. A computer model was developed to investigate electromagnetic and thermal processes in the conductors and sheath screens of the cable, particularly during double single-phase-to-ground faults. The obtained results compare steady-state operation with emergency transient processes, allowing the assessment of thermal stability and current distribution behavior in the cable screens.

Keywords: cable line, XLPE insulation, transient processes, emergency modes, sheath currents, electromagnetic processes.

Вступ

Кабельні лінії напругою 110 кВ з ізоляцією зі зшитого поліетилену широко застосовуються в сучасних системах електропостачання завдяки високій надійності, термічній стійкості та механічній міцності. Для гарантованого забезпечення безперервного живлення промислових підприємств важливим є аналіз режимів роботи таких ліній, особливо враховуючи чутливість обладнання до аварійних перехідних процесів.

У нормальних режимах роботи XLPE-кабелі характеризуються стабільністю параметрів та незначними тепловими навантаженнями, однак у перехідних та аварійних режимах, зокрема при коротких замиканнях, виникають імпульсні перенапруги та зростання струмів у жилах і струмопровідних екранах. Традиційні методи аналітичних розрахунків не дозволяють точно описати ці процеси через їхню динамічність і складну взаємодію електромагнітних та теплових явищ.

Результати роботи

Для дослідження електромагнітних і теплових процесів у кабельній лінії 110 кВ з ізоляцією зі зшитого поліетилену створено комп'ютерну модель [1], структуру якої подано на рис. 1. Модель враховує параметри одножильного кабелю, особливості взаємодії фази з екраном, а також можливість формування перехідних процесів, що виникають під час коротких замикань. Використання даної моделі дало змогу отримати часові та амплітудні характеристики струмів і напруг у нормальних й аварійних режимах роботи лінії.

У нормальному режимі роботи (рис. 2) спостерігається стійкий струмовий режим із характерним незначним навантаженням на струмопровідні екрани кабелю. Струм у екрані має низьку амплітуду, що свідчить про відсутність небезпечних електромагнітних взаємодій між жилами та екраном.

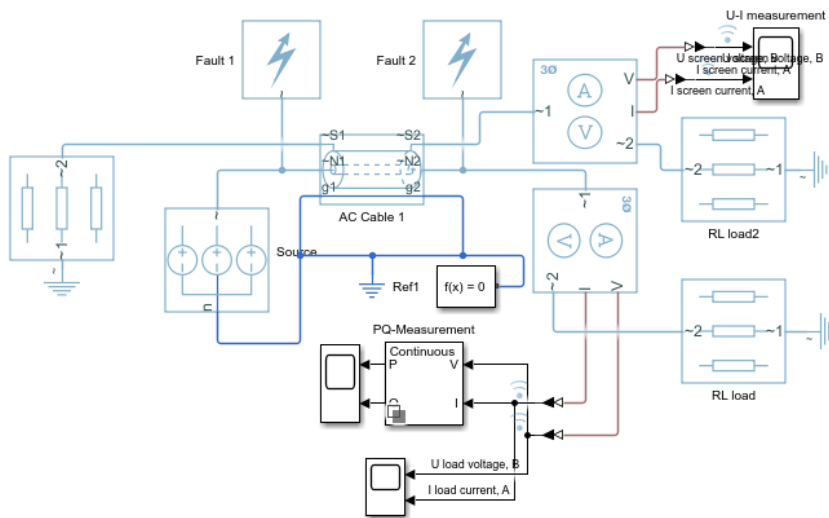


Рис. 1. Модель дослідження кабельної лінії з подвійним коротким замиканням на землю

Напруги та струми набувають усталених значень протягом короткого часу після включення, що вказує на швидке затухання перехідного процесу та відповідність нормам теплової стійкості для XLPE-кабелю.

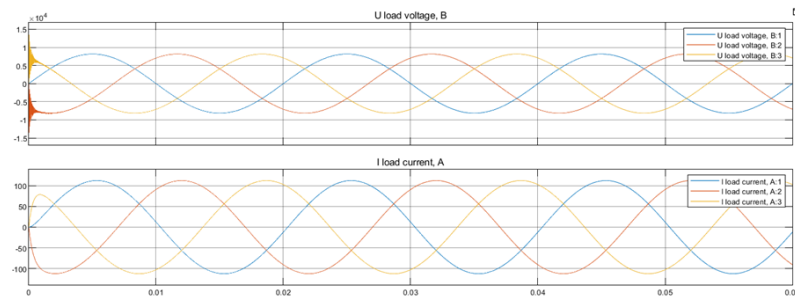


Рис. 2. Миттєві значення напруги та струмів навантаження

Результати моделювання розподілу активної та реактивної потужності вздовж кабельної лінії (рис. 3) показують, що у нормальному режимі втрати є рівномірними та не перевищують допустимих значень. Поведінка активної складової навантаження свідчить про стабільність режиму та відсутність перенавантаження кабельної лінії. Реактивна складова при цьому не створює значних перекосів у фазних напругах, що підтверджує правильність вибору перерізу кабелю та забезпечує стабільність мережі при тривалій роботі.

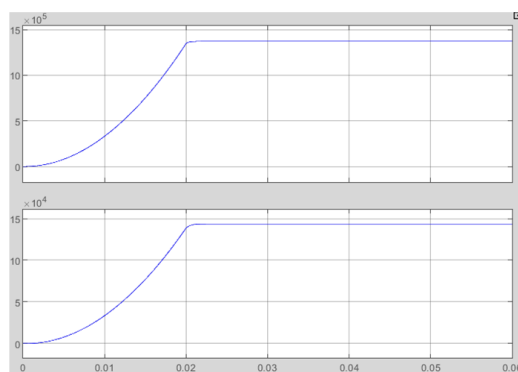


Рис. 3. Активна та реактивна потужності навантаження

Особливу увагу приділено моделюванню аварійного режиму подвійного однофазного замикання на землю. Отримані залежності (рис. 4) демонструють різке збільшення струмів у жилах та струмоп-

ровідних екранах кабелю в момент виникнення пошкодження. Імпульсний характер струму викликає суттєве теплове навантаження на елементи кабельної лінії, що може наблизитися до граничних значень термічної стійкості XLPE-ізоляції. Крім того, спостерігається короточасне зростання напруги на екрані, що є типовим для високовольтних кабельних систем у період формування перехідного процесу [2]. Після ліквідації аварії струми та напруги повертаються до ustalених значень, що підтверджує здатність кабельної лінії до відновлення нормального режиму.

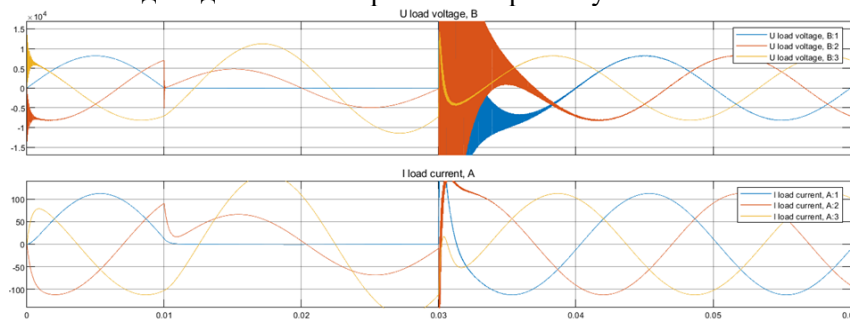


Рис. 4 – Напруга та струм на навантаженні при короткому замиканні

Отримані результати дозволили оцінити характер впливу аварійних режимів на термічну та електромагнітну стійкість кабельної лінії, а також сформулювали підґрунтя для подальшого вдосконалення параметрів релейного захисту та системи заземлення екранів, що підвищує надійність роботи СЕП.

Висновки

Моделювання роботи кабельної лінії 110 кВ з ізоляцією зі зшитого поліетилену дало змогу дослідити особливості її функціонування у нормальних та аварійних режимах. Встановлено, що в нормальному режимі кабельна лінія працює стабільно, перехідні процеси швидко затухають, а струми в екранах мають малу амплітуду, що відповідає вимогам до теплової стійкості XLPE-кабелю.

Під час подвійного однофазного замикання на землю спостерігається різке зростання струмів у жилах та екранах, що формує імпульсне теплове навантаження та може наблизитися до граничних значень термічної стійкості. Після ліквідації аварії система повертається до усталеного режиму, що підтверджує можливість надійної експлуатації кабельної лінії за умови коректної роботи релейного захисту та системи заземлення екранів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Спеціальні питання електропостачання» для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» [Електронний ресурс] / уклад.: М. Й. Бурбело, Д. Ю. Лебедь. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 35 с.
2. Бурбело М. Й. Електромагнітна сумісність і керування якістю електроенергії в системах електропостачання : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання. Вінниця : ВНТУ, 2024. 159 с.

Бурбело Михайло Йосипович – професор, завідувач кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: burbelom@ukr.net.

Конюшенко Богдан Олегович – студент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, e-mail: KoniushenkoBohdan@gmail.com.

Mykhailo Yosypovych Burbelo – professor, head of the department of electrical engineering systems of electricity consumption and energy management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: burbelom@ukr.net.

Koniushenko Bohdan – student of the Department of Electrical Engineering Systems of Power Consumption and Energy Management of the Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: KoniushenkoBohdan@gmail.com.