



Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет енергетики, робототехніки та
комп'ютерних технологій
Кафедра електропостачання та
енергетичного менеджменту

ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи «Дослідження розподілення
ємнісних струмів в сільських розподільних мережах 6-35 кВ на
квазіфізичній моделі»
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної форми навчання
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

Харків
2023

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
**Факультет енергетики, робототехніки та
комп'ютерних технологій**
**Кафедра електропостачання та
енергетичного менеджменту**

ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи «Дослідження розподілення
ємнісних струмів в сільських розподільних мережах 6-35 кВ на
квазіфізичній моделі» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти денної форми навчання
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

Затверджено рішенням
науково-методичної ради
факультету енергетики,
робототехніки та комп'ютерних
технологій
Протокол № 3
від 22 лютого 2023 року

Харків
2023

УДК 621.31

С 31

Схвалено на засіданні кафедри
електропостачання та енергетичного
менеджменту Протокол №7 від 8.02.2023 р.

Рецензенти:

С. О. Тимчук, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ДБТУ;

Ю. М. Хандола, канд. техн. наук, зав. кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ.

С 31 Електричні мережі та системи: метод. вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження розподілення ємнісних струмів в сільських розподільних мережах 6-35 кВ на квазіфізичній моделі» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навч. зі спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Держ. біотехнол. ун-т; авт.-уклад.: О. А. Савченко, С. А. Попадченко – Харків: [б. в.], 2023. – 23 с.

Методичні вказівки розроблено відповідно до програми навчальної дисципліни. Видання включає теоретичну частину, алгоритм виконання лабораторної роботи, контрольні запитання та перелік рекомендованої літератури.

Видання призначена для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

УДК 621.31

Відповідальний за випуск: О. О. Мірошник, д-р техн. наук

© Савченко О. А., Попадченко С. А., 2023

© ДБТУ,

2023 2

Лабораторна робота
«Дослідження розподілення ємнісних струмів в сільських
розподільних мережах 6-35 кВ на квазіфізичній моделі»

МЕТА РОБОТИ: вивчити особливості роботи нейтралі розподільних електричних мереж 6-35 кВ, провести моделювання різних режимів нейтралі з використанням квазіфізичної моделі.

1 ПРОГРАМА РОБОТИ

1. Вивчення відомостей про особливості роботи нейтралі розподільних електричних мереж 6-35 кВ.
2. Моделювання режимів нейтралі з використанням квазіфізичної моделі.

2 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ З ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

1. Назву та мету роботи.
2. Вихідні дані для моделювання для вказаного варіанту за зразком табл. 4.1.
3. Зведені дані моделювання (табл. 4.2).
4. Векторні діаграми для кожного з режимів, виконані в масштабі на міліметровому папері (для побудови діаграм використати дані моделювання).
5. Висновки з оцінюванням відносних максимальних похибок моделювання.

3 ПОЯСНЕННЯ ДО РОБОТИ

Станом на сьогоднішній день в ОЕС України експлуатується понад 400 тис. км ліній електропередачі номінальною напругою 6-35 кВ, що становить приблизно 42% від загальної протяжності всіх електричних мереж. Однак, в ланцюгу «вироблення-передача-розподіл-споживання» питанням пов'язаним з розподільчими мережами цих класів напруг приділяється надзвичайно мало уваги. Ці мережі знаходяться в експлуатації більше 50 років і є морально та фізично застарілими. Так, понад 40% ліній електропередачі знаходяться в незадовільному технічному стані і потребують капітального ремонту, реконструкції або заміни, а електрообладнання підстанцій відпрацювало вже 2 строки служби, задекларовані нормативними документами.

Спосіб заземлення нейтралі мережі є досить важливою характеристикою. Він визначає:

- струм в місці пошкодження і перенапруги на непошкоджених фазах при однофазному замиканні;
- схему побудови релейного захисту від замикань на землю;
- рівень ізоляції електрообладнання;
- вибір апаратів для захисту від грозових і комутаційних перенапруг (обмежувачів перенапруг);
- безперервність електропостачання;
- допустимий опір контуру заземлення підстанції;
- безпеку персоналу і електроустаткування при однофазних замиканнях.

Останнім часом ведуться дискусії щодо доцільності різних режимів роботи нейтралей розподільних мереж напругою 6-35 кВ. Тому в даній роботі вивчаються аспекти різних режимів роботи нейтралей.

В даний час у світовій практиці застосовуються такі методи заземлення нейтралі мереж середньої напруги (термін

«середня напруга» використовується в зарубіжних країнах для мереж з діапазоном робочих напруг 1-69 кВ) [1-3]:

- ізольована (незаземлена);
 - глухозаземлена (безпосередньо приєднана до заземлювального контуру);
 - заземлена через дугогасний реактор;
 - заземлена через резистор (низькоомним або високоомний).
- Нижче в табл. 3.1 наведені способи заземлення нейтралі, які використовуються в різних країнах світу.

В Україні, відповідно до п.1.2.16 останньої редакції ПУЕ-2017, робота електричних мереж напругою від 3 кВ до 35 кВ може бути передбачена як з ізолюованою нейтраллю, так і з нейтраллю, заземленою через дугогасний реактор або резистор, а також заземленою одночасно через дугогасний реактор і резистор.

Розглянемо докладніше способи заземлення нейтралі і дамо їм загальну характеристику.

Для режиму з ізолюованою нейтраллю нейтральна точка джерела (генератора або трансформатора) не приєднується до контуру заземлення. В Україні розподільні мережі 6-10 кВ живляться як правило від обмоток трансформаторів, які з'єднуються в трикутник (рис. 3.1), тому нейтральна точка фізично відсутня.

ПУЕ обмежує застосування режиму з ізолюованою нейтраллю в залежності від струму однофазного замикання на землю мережі (ємнісного струму). Компенсація струму однофазного замикання на землю (використання дугогасильних реакторів) повинна передбачатися при ємнісних струмах:

- більше 30 А при напрузі 3-6 кВ;
- більше 20 А при напрузі 10 кВ;
- більше 15 А при напрузі 15-20 кВ;
- більше 10 А в мережах напругою 3-20 кВ, що мають залізобетонні і металеві опори на повітряних лініях електропередачі, і у всіх мережах напругою 35 кВ.

Таблиця 3.1 – Способи заземлення нейтралі мереж середньої напруги в різних країнах світу

Країна	Прийнята середня напруга	Спосіб заземлення нейтралі			
		Ізольована нейтраль	Через дугогасний реактор	Через резистор	Глухе заземлення
Австралія	11–12 кВ			+	+
Канада	4–25 кВ			+	+
США	4–25 кВ			+	+
Іспанія	10–30 кВ			+	+
Італія	10–20 кВ	+			
Португалія	10–30 кВ			+	
Франція	12–24 кВ			+	
Японія	6,6 кВ	+		+	
Німеччина	10–20 кВ		+		
Австрія	10–30 кВ		+		
Бельгія	6,3–17 кВ			+	
Великобританія	11 кВ			+	+
Швейцарія	10–20 кВ		+		
Фінляндія	20 кВ	+	+		

Недоліки режиму роботи з ізольованою нейтраллю вельми істотні, а така перевага як відсутність необхідності відключення першого замикання є досить спірною. Так, завжди є ймовірність виникнення другого замикання на іншому приєднанні через перенапругу і відключення відразу двох кабелів, електродвигунів або повітряних ліній. Такий розвиток подій в експлуатації виникає досить часто. Саме з цієї причини в багатьох країнах, таких як США, Канада, Англія, Австралія, Бельгія, Португалія, Франція та інші, відмова від режиму з ізольованою нейтраллю

відбулась ще в 40-50-х роках минулого століття. Як видно з табл. 3.1, в даний час з промислово розвинених країн режим з ізольованою нейтраллю застосовується тільки в Італії, Японії та Фінляндії. Причому в Італії зараз розглядається можливість переходу до роботи з заземленням через дугогасний реактор, а в Японії - із заземленням через резистор.

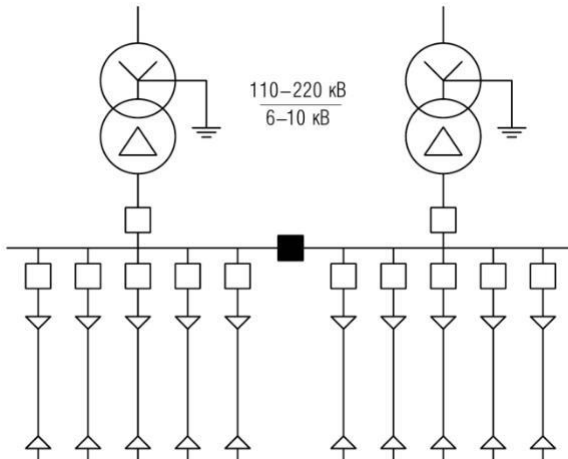


Рисунок 3.1 – Схема двотрансформаторної підстанції з ізольованою нейтраллю

В результаті аналізу можна зробити висновки, що перевагами режиму з ізольованою нейтраллю є:

- відсутність необхідності в негайному відключенні першого однофазного замикання на землю;
- малий струм в місці пошкодження (при малій ємності мережі на землю).

Недоліками цього режиму нейтралі є:

- можливість виникнення дугових перенапруг при переміжному характері дуги з малим струмом (одиниці-десятки ампер) в місці однофазного замикання на землю;

- можливість виникнення багатократних ушкоджень (вихід з ладу кількох електродвигунів, кабелів) через пробоїв ізоляції на інших приєднаннях, пов'язаних з дуговими перенапругами;
- можливість тривалого впливу на ізоляцію дугових перенапруг, що веде до накопичення в ній дефектів і зниження терміну служби;
- необхідність виконання ізоляції електрообладнання відносно землі на лінійну напругу;
- складність виявлення місця пошкодження;
- небезпека електротравм персоналу і сторонніх осіб при тривалому існуванні замикання на землю в мережі;
- складність забезпечення належного функціонування релейних захистів від однофазних замикань, так як реальний струм замикання на землю залежить від режиму роботи мережі (числа включених приєднань).

Нейтраль, заземлена через дугогасний реактор, також досить часто застосовується в Україні. Цей спосіб заземлення нейтралі, як правило, знаходить застосування в розгалужених кабельних мережах промислових підприємств і міст. При цьому спосіб нейтральну точку мережі отримують, використовуючи спеціальний трансформатор (рис. 3.2).

З точки зору історичної послідовності цей спосіб заземлення нейтралі є другим. Він був запропонований німецьким інженером Петерсеном в 20-х роках минулого століття (в європейських країнах дугогасильні реактори називають по імені винахідника «Petersen coil» - котушка Петерсена).

В Україні режим заземлення нейтралі через дугогасний реактор застосовується в основному в розгалужених кабельних мережах з великими ємнісними струмами. Кабельна ізоляція на відміну від повітряної як правило не є самовідновлюваною. Тобто, один раз виникнувши, пошкодження не усунеться, навіть незважаючи на практично повну компенсацію (відсутність) струму в місці пошкодження. Відповідно для кабельних мереж

самоликвідації однофазних замикань як позитивної властивості режиму заземлення нейтралі через дугогасний реактор не існує.

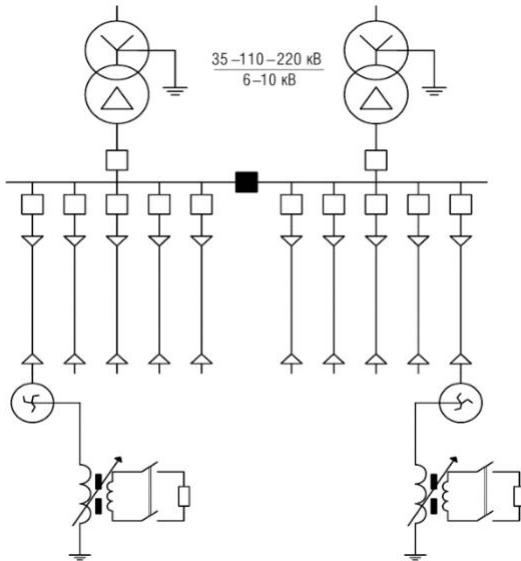


Рисунок 3.2 –
Знижувальна під-
станція із зазем-
леною через дуго-
гасний реактор ней-
траллю на стороні 6-
10 кВ

При дуговому характері однофазного замикання вплив перенапруг на ізоляцію мережі нижче, ніж при ізольованій нейтралі, але й тут існує можливість виникнення багатократних ушкоджень. В останні десятиліття довжина мереж 6-10 кВ виросла, а потужність компенсуючих пристроїв на підстанціях залишилася тією ж, відповідно значна частка мереж середньої напруги зараз працює з істотною недокомпенсацією. Це веде до зникнення всіх позитивних властивостей мереж з компенсованою нейтраллю.

Застосування режиму з нейтраллю, заземленою через дугогасний реактор, в таких країнах, як Фінляндія, Швеція, відрізняється від українського досвіду. У цих країнах він застосовується в мережах з повітряними лініями, де його застосування найбільш ефективне. Застосування режиму заземлення нейтралі через дугогасний реактор в таких країнах, як

Німеччина, Австрія, Швейцарія, носить в деякій мірі традиційний характер. Проте і в цих країнах цей режим заземлення нейтралі застосовується в основному в мережах з повітряними лініями. У мережах середньої напруги зарубіжних промислових підприємств використовується резистивне заземлення нейтралі.

Перевагами цього методу заземлення нейтралі є:

- відсутність необхідності в негайному відключенні першого однофазного замикання на землю;
- малий струм в місці пошкодження (при точній компенсації - налаштування дугогасного реактора в резонанс);
- можливість самоліквідації однофазного замикання, що виникло на повітряній лінії або ошиновці (при точній компенсації - налаштування дугогасного реактора в резонанс);
- виключення ферорезонансних процесів, пов'язаних з насиченням трансформаторів напруги та неповнофазним включенням силових трансформаторів.

Недоліками даного режиму заземлення нейтралі є:

- виникнення дугових перенапруг при значному розладі компенсації;
- можливість виникнення багатократних ушкоджень при тривалому існуванні дугового замикання в мережі;
- можливість переходу однофазного замикання в двофазне при значному розладі компенсації;
- можливість значних зсувів нейтралі при недокомпенсації і виникненні неповнофазних режимів;
- можливість значних зсувів нейтралі при резонансному налаштуванні в повітряних мережах;
- складність виявлення місця пошкодження;
- небезпека електротравм персоналу і сторонніх осіб при тривалому існуванні замикання на землю в мережі;
- складність забезпечення належного функціонування релейних захистів від однофазних замикань, так як струм пошкодженого приєднання дуже незначний.

Варто зауважити, що в мережі з компенсованою нейтраллю при резонансному налаштування реактора та вимиканні одного або декількох приєднань в режимі замикання фази на землю виникає перекомпенсація, що також приводить до негативних наслідків (зокрема, внаслідок протікання індуктивного струму в місці замикання виникає значна крокова напруга). У зв'язку з цим в таких мережах необхідно передбачати встановлення реакторів з автоматичним регулюванням ступеня компенсації. З нашої точки зору найефективнішими на сьогоднішній день є плунжерні реактори.

Можливість використання резистивного заземлення нейтралі в мережах середньої напруги в Україні введена згідно ПУЕ з 2017 року. У той же час, якщо оцінювати світову практику, то резистивне заземлення нейтралі - це найбільш широко застосований спосіб (див. табл. 3.1).

Резистор в вітчизняних мережах 6-10 кВ може вмикатися так само, як і реактор, в нейтраль спеціального заземлювального трансформатора. Можливі й інші варіанти вмикання резистора, коли нейтраль заземлювального трансформатора наглухо приєднується до контуру заземлення, а резистор вмикається у вторинну обмотку, зібрану в розімкнутий трикутник, або використовується однообмоточний трансформатор (фільтр нульової послідовності) зі з'єднанням обмотки ВН в зигзаг, рис. 3.3.

Можливі два варіанти реалізації резистивного заземлення нейтралі: високоомне або низькоомне.

При високоомному заземленні нейтралі резистор вибирається таким чином, щоб струм, створюваний ним в місці однофазного пошкодження, дорівнював або був більшим ємнісного струму мережі. Це гарантує відсутність дугових перенапруг при однофазних замиканнях. Як правило, сумарний струм в місці пошкодження при високоомному заземленні нейтралі не перевищує 10 А. Тобто високоомним заземленням нейтралі є таке заземлення, яке дозволяє не вимикати однофазне замикання

негайно. Відповідно високоомне заземлення нейтралі може застосовуватися тільки в мережах з малими власними ємнісними струмами до 5-7 А. В мережах з великими ємнісними струмами допустимим є застосування тільки низькоомного заземлення нейтралі.

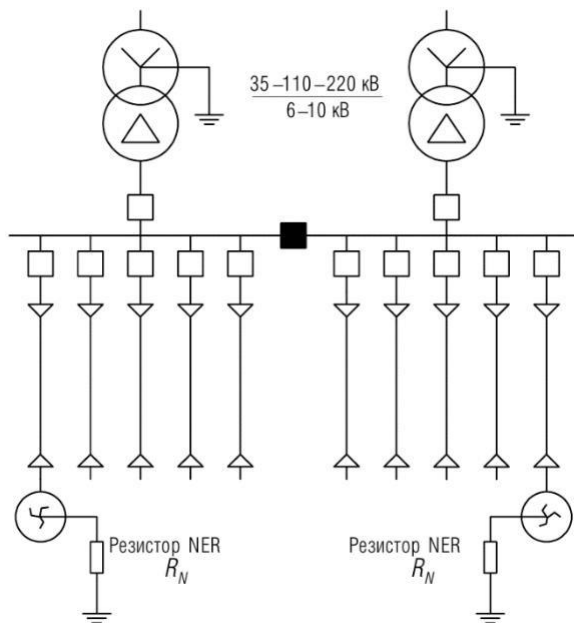


Рисунок 3.3 –
Знижувальна під-
станція із зазем-
леною через рези-
стор нейтралю на
стороні 6-10 кВ

При низькоомному заземленні нейтралі використовується резистор, що забезпечує протікання у випадку однофазного замикання струм в межах 10-2000 А. Величина струму вибирається виходячи з декількох конкретних умов: стійкість опор ПЛ, оболонки і екранів кабелів до протікання такого струму однофазного замикання; наявність в мережі високовольтих електродвигунів і генераторів; чутливість релейного захисту.

Відсутність дугових перенапруг при однофазних замиканнях і можливість організації селективного релейного захисту є незаперечними перевагами режиму резистивного заземлення

нейтралі. Саме ці переваги сприяли значному поширенню такого режиму заземлення нейтралі в різних країнах.

Перевагами резистивного заземлення нейтралі є:

- відсутність дугових перенапруг високої кратності і багатократних ушкоджень в мережі, ферорезонансних процесів;
- відсутність необхідності у відключенні першого однофазного замикання на землю (тільки для високоомного заземлення нейтралі);
- зменшення ймовірності ураження персоналу і сторонніх осіб при однофазному замиканні (тільки для низькоомного заземлення та швидкого селективного відключення пошкодження);
- практично повне виключення можливості переходу однофазного замикання в багатозаземлене (тільки для низькоомного заземлення);
- просте виконання чутливого і селективного релейного захисту від однофазних замикань на землю, заснованого на струмовому принципі.

Недоліками резистивного режиму заземлення нейтралі є:

- збільшення струму в місці пошкодження;
- необхідність у відключенні однофазних замикань (тільки для низькоомного заземлення);
- обмеження на розвиток мережі (тільки для високоомного заземлення).

Ще одним варіантом режиму нейтралі в мережах 6-35 кВ може бути її комбіноване заземлення за допомогою дугасильного реактора та паралельно приєднаного високоомного резистора, рис. 3.4. Проведений аналіз показав, що дане технічне рішення має ряд переваг в порівнянні з компенсованою нейтраллю:

- зниження рівня перенапруг при дугових однофазних замиканнях у випадку неточної компенсації ємнісного струму замикання на землю;
- виключення зверхнормативного зміщення нейтралі в нормальному режимі мережі;

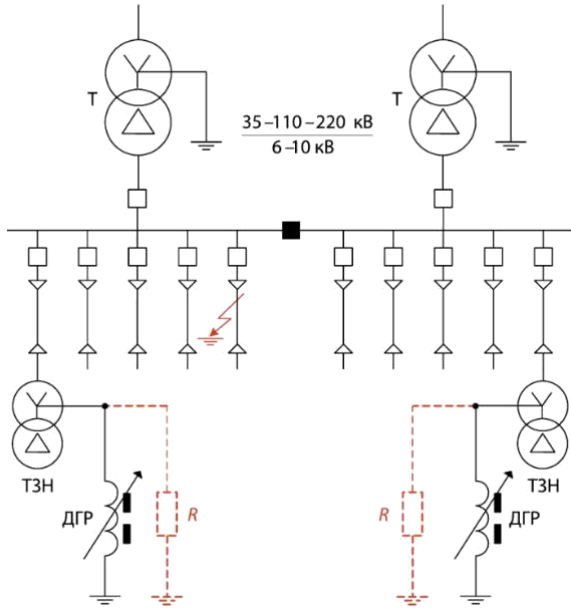


Рисунок 3.4 – Знижувальна підстанція з комбінованим заземленням нейтралі на стороні 6-10 кВ

- організація відносно простого, чутливого та селективного релейного захисту для визначення пошкодженого приєднання.

Перенапруги при дугових однофазних замиканнях на землю за такого режиму заземлення нейтралі розраховуються за виразом [2]

$$U_{\text{max}} = 1,2 \phi$$

де ϕ – фаза напруги мережі;
 U_{max} – максимальна амплітуда напруги на нейтралі, допустимо прийняти ;

d – коефіцієнт демпфування, який залежить від активної провідності реактора та мережі, для існуючих мереж та реакторів приймають $d \approx 0,05$;

ν – ступінь розладу компенсації ємнісного струму замикання на землю;

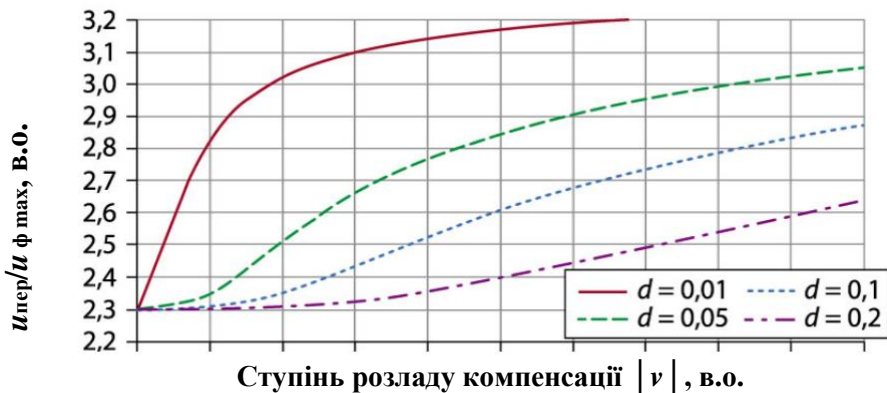
– коефіцієнт зниження амплітуди вільних коливань за половину періоду перехідного процесу накопичення надлишкових зарядів на ємностях непошкоджених фаз при

– коефіцієнт, що запалюванні дуги (приймається $= 0,05 - 0,10$);

визначає вплив міжфазних ємностей на початкові напруги на непошкоджених фазах при запалюванні дуги ($0,1 - 0,2$).

рахунок вмикання паралельно до реактора високоомного резистора коефіцієнт демпфування може бути збільшений до 20 разів. На рис. 3.5 наведено побудовані за виразом (3.1) залежності перенапруг при дугових замиканнях на землю від ступеня розладу компенсації ν за різних значень коефіцієнта демпфування.

Рисунок 3.5 – Залежність перенапруг при дугових замиканнях



на землю від ступеня розладу компенсації ν за різних значень коефіцієнта демпфування d

Як видно, комбіноване заземлення нейтралі дозволяє суттєво знизити рівень перенапруг у випадку неточної компенсації ємнісного струму.

4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

4.1 Дослідження квазіфізичної моделі розподільної електричної мережі

Вихідні дані для моделювання подані в табл. 4.1. Квазіфізична модель розподільної електричної мережі виконана у вигляді лабораторного стенда, загальний вигляд якого наведений на рис. 4.1. Принципова електрична схема моделі відповідає схемі, що наведена на рис. 4.2.



Рисунок 4.1 – Загальний вигляд лабораторного стенда квазіфізичної моделі розподільної електричної мережі

У якості аналогів високовольтних вимикачів, які використовуються в схемі оригіналу електричної мережі, використано автоматичні вимикачі (автомат живлення стенда QF

$I_n=10$ А, автомати відхідних ліній $Q1-Q3$ $I_n=5$ А). Живлення стенда здійснюється від трифазної мережі з ізольованою нейтраллю та номінальною напругою 220 В. У якості аналога силового трансформатора підстанції використано трифазний силовий трансформатор $T1$ 220/240 В ($S_n=2500$ ВА) зі схемою сполучення обмоток «трикутник – зірка з нулем». Приєднання дугогасильного реактора та резисторів (в залежності від режиму нейтралі) передбачене до нейтралі вторинної обмотки даного трансформатора, що відповідає прийнятим спрощенням. У зв'язку з цим, аналог заземлювального трансформатора $T2$ в схемі моделі фізично відсутній, так само як і аналоги споживчих ТП 10/0,4 кВ.

Для вимірювання напруг фаз відносно землі використано три електронних вольтметри $PV1, PV2, PV3$ з межею вимірювань 300 В. Вимірювання струмів в контрольних точках моделі мережі здійснюється за допомогою електронного амперметра PA з межею вимірювань 10 А.

Фазні та міжфазні ємності ліній змодельовано за допомогою металопластикових конденсаторів. У якості аналога дугогасильного реактора використано три дроселі, які з'єднані паралельно. Низькоомний та високоомний резистори виконані з ніхромової проволочки, яка намотана на негорючу основу.

Масштаби електричних величин моделі розраховуються за виразами:

- масштаб за опором

$$Z = X(1)_{\text{мод}} \cdot m \quad (4.1)$$

моделі, $X_{\text{мод}}$

- масштаб за напругою

$$m U = \frac{U_{\text{мод}}}{U_{\text{н}}} \quad (4.2)$$

- мод

де $U_{\text{н}}$ – напруга моделі мережі,
масштаб за струмом

$$m I = \frac{I}{I_{\text{мод}}} = \frac{I_{\text{н}}}{I_{\text{мод}}} \quad (4.3)$$

За допомогою лабораторного стенда необхідно змодельовувати такі режими розподільної електричної мережі:

- нормальний режим роботи мережі;
- режим замикання на землю вказаної фази на вказаній лінії для мережі з ізолюваною нейтраллю;
- режим замикання на землю вказаної фази на вказаній лінії для мережі з компенсованою нейтраллю;
- режим замикання на землю вказаної фази на вказаній лінії для мережі з високоомним заземленням нейтралі;
- режим замикання на землю вказаної фази на вказаній лінії для мережі з низькоомним заземленням нейтралі.

Для останнього режиму, завдяки підібраним опорам заземлювального резистора та номіналу автоматичного вимикача, повинно відбуватись автоматичне вимикання останнього, чим імітується вимикання пошкодженої лінії від максимального струмового захисту нульової послідовності. Результати експериментальних досліджень квазіфізичної моделі розподільної електричної мережі заносяться в табл. 4.2. Біля кожного значення в табл. 4.2 в дужках необхідно вказати результат струму $I_{\text{н}}$, отриманий $I_{\text{мод}}$ на основі перерахунку до оригіналу через масштаб $I_{\text{мод}}$.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для моделювання

Номер бригади	Номер варіанта	Клас напруги мережі U , кВ	Номер пошкодженої лінії	Пошкоджена фаза	Довжина лінії, км		
					№1	№2	№3
1	1	6	№1	A	2	1	4
	2	6	№2	A	4	2	8
	3	6	№3	A	6	3	12
	4	6	№1	B	8	4	16
2	5	6	№2	B	10	5	20
	6	6	№3	B	12	6	24
	7	6	№1	C	14	7	28
	8	6	№2	C	16	8	32
3	9	10	№1	A	18	9	36
	10	10	№2	A	20	10	40
	11	10	№3	A	22	11	44
	12	10	№1	B	24	12	48
4	13	10	№2	B	26	13	52
	14	10	№3	B	28	14	56
	15	10	№1	C	30	15	60
	16	10	№2	C	32	16	64
5	17	35	№1	A	34	17	68
	18	35	№2	A	36	18	72
	19	35	№3	A	38	19	76
	20	35	№1	B	40	20	80
6	21	35	№2	B	42	21	84
	22	35	№3	B	44	22	88
	23	35	№1	C	46	23	92
	24	35	№2	C	48	24	96
7	25	6	№1	A	18	9	36
	26	6	№2	A	20	10	40
	27	6	№3	A	22	11	44
	28	6	№1	B	24	12	48

Рисунок 4.2 – Схема розподільної мережі

Таблиця 4.2 – Результати дослідження квазіфізичної моделі мережі

Режим роботи мережі	Струми в лінії № А, , Що розглядається,									рансформатора,	Струм в нейтралі А ошкодження,	Струм в точці А
	зумовлені ємністю фаз відносно землі			зумовлені ємністю між фазами			сумарні					
	для фази											
	А	В	С	А	В	С	А	В	С			
Нормальний (ізолювана нейтраль)												
Замовлення фази	ізолювана											
	заземлена через реак-тор											
	високоомне зазем-											

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Романовський В. І. Аналіз замикань на землю в мережах 6 кВ для вибору оптимального способу заземлення нейтралі / В. І. Романовський, С. М. Лебедка // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – № 1. – С. 101-104.

2. Вайнштейн Р.А., Коломиец Н.В., Шестакова В.В. Режимы заземления нейтрали в электрических системах. Томск: Изд-во ТПУ, 2006.

3. Титенков С.С., Пугачев А.А. Режимы заземления нейтрали в сетях 6–35 кВ и организация релейной защиты от однофазных замыканий на землю // Энергоэксперт. – 2010. – №2. – С. 36–43.

4. Половой И. Ф. Внутренние перенапряжения на электрооборудовании высокого и сверхвысокого напряжения / И. Ф. Половой, Ю. А. Михайлов, Ф. Х. Халилов. – Л. : Энергоатомиздат, 1990. – 152 с.

5. Качесов В. Е. О результатах мониторинга перенапряжений при однофазных дуговых замыканиях на землю в распределительных кабельных сетях / В. Е. Качесов, В. Н. Ларионов, А. Г. Овсянников // Электрические станции. – 2002. – № 8. – С. 38–45.

6. Анализ эффективности существующих режимов нейтрали сетей 6–35 кВ в энергетике / Б. С. Стогний, В. В. Масляник, В. В. Назаров [та ін.] // Технічна електродинаміка. – 2002. – № 3. – С. 37–41.

Навчальне видання

ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи «Дослідження розподілення ємнісних
струмів в сільських розподільних мережах 6-35 кВ на квазіфізичній моделі»

Автори-укладачі:
САВЧЕНКО Олександр Анатолійович
ПОПАДЧЕНКО Світлана Анатоліївна

Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman Папір для цифрового друку. Друк
ризографічний. Ум. друк. арк. 0,6. Наклад 100 пр.
Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44

