

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РЕЗИСТИВНО ЗАЗЕМЛЕНОЇ НЕЙТРАЛІ В МЕРЕЖІ НАПРУГОЮ 20 кВ

Шаталов Є.О., магістрант, Кирик В.В. д.т.н., професор

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. При переведенні розподільних мереж 10(6) кВ на напругу 20 кВ виникає питання необхідності зміни режиму роботи нейтралі (перехід від ізольованої до заземленої через ДГР або резистивно заземленої). В той же час, дослідження щодо встановлення резистивного заземлення у нашій країні не проводилися. За кордоном резистивний спосіб заземлення нейтралі набув широкого поширення.

В мережах з резонансним заземленням нейтралі та з ізольованою нейтраллю, дія релейного захисту виконується на сигнал. В той же час, при забезпеченні необхідної селективності, дія релейного захисту виконується на відключення. Достатня селективність може забезпечуватися виконанням низькоомного заземлення нейтралі, що дозволяє спростити виконання релейного захисту. Тому дослідження режиму роботи мережі з заземленою через низькоомний резистор нейтраллю є на сьогодні досить актуальним.

Мета роботи. Аналіз та виявлення характерних залежностей між параметрами мережі напругою 20 кВ при резистивному заземленні нейтралі.

Матеріали та результати дослідження. Для визначення основних залежностей та параметрів режиму роботи нейтралі мережі 20 кВ при резистивному заземленні розроблено узагальнену модель за допомогою програмного пакету MATLAB SimPowerSystem (рис. 1).

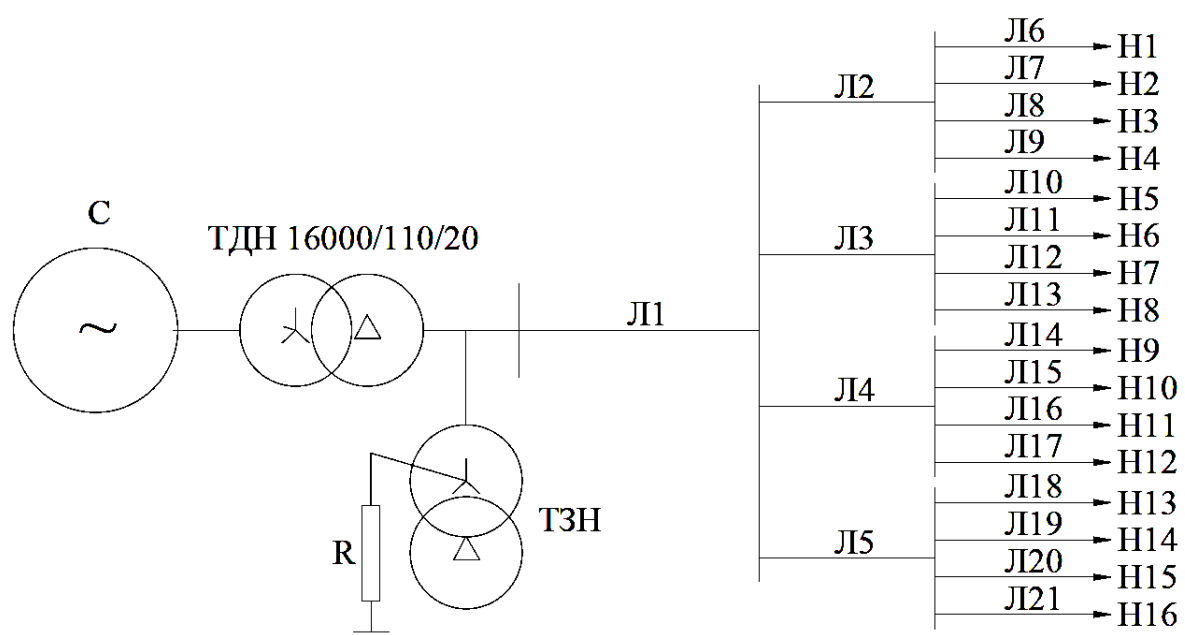


Рисунок 1 – Схема досліджуваної мережі:

ТЗН – трансформатор заземлення нейтралі (ТМН 1000/20/6,3); Л1-Л21 – кабельні лінії електропередавання; Н1-Н16 – навантаження приведені до 20 кВ;

R – резистор, яким заземлено нейтраль мережі; С – система

Модель побудовано для узагальнених випадків, що дає змогу виявити усі можливі залежності. Лінії електропередавання виконано кабелями типу СПЕ 1x240 (тільки лінія Л1) та СПЕ 1x120, характеристики яких наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Параметри кабелів СПЕ

Тип кабелю	Погонний активний опір, Ом/км	Погонний реактивний опір, Ом/км	Погонний струм заряду на фазу, А/км
СПЕ 1x240	0,125	0,183	0,89
СПЕ 1x120	0,253	0,198	1,14

Виконано серії дослідів, для визначення основних залежностей при:

- однакових довжинах ліній електропередавання та навантаженнях пунктів № 1-16 (дослід 1);
- однаковому навантаженні пунктів № 1-16 та різній довжині ліній електропередавання (дослід 2);
- різній довжині ліній електропередавання та навантаженнях пунктів (дослід 3);
- встановленні резистора в нейтраль основного трансформатора, не використовуючи додатковий ТЗН (дослід 4 та 5).

Дослід 1.

При однаковому навантаженні пунктів № 1-16 ($P = 0,403$ МВт; $Q = 0,171$ МВАр) та однакових довжинах ліній ($L_1 = 1,2$ км; $L_{2-21} = 0,69$ км) моделюємо КЗ в кінці лінії електропередавання №6 та №1. Результати наведено у табл. 2.

Метою дослідів є виявлення зміни величини струму на резисторі в залежності від ємності мережі, що розряджається при ОЗЗ.

Таблиця 2.1 – Результати дослідів 1

КЗ в кінці лінії №1		
Опір резистора, Ом	Струм на резисторі, А	Напруга на резисторі, кВ
10	622,9	10,79
25	353,4	15,3
50	196,7	17,04
75	135,3	17,57
100	102,9	17,82
150	69,5	18,06
200	52,5	18,17
250	17,47	42,1

Таблиця 2.2 – Результати досліду 1

КЗ в кінці №6		
Опір резистора, Ом	Струм на резисторі, А	Напруга на резисторі, кВ
10	552	9,56
25	327,2	14,17
50	186,2	16,12
75	129	16,75
100	98,5	17,05
150	66,7	17,34
200	50,4	17,47
250	40,5	17,55

Надалі, незалежно від зміни конфігурації мережі, при точці КЗ на Л1 величина струму на резисторі залишатиметься незмінною, оскільки загальна ємність мережі також не змінюватиметься.

Дослід 2.

При однаковому навантаженні пунктів № 1-16 ($P = 0,403$ МВт; $Q = 0,171$ МВАр) та різній довжині ділянок (таблиця 3) моделюємо КЗ в кінці лінії електропередавання №6 та №18. Результати наведено у таблиці 4.

Точка, що розміщена на лінії № 18 є найвіддаленішою від місця заземлення резистором нейтралі мережі, а точка на лінії №6 – найближчою. Відстань до точок КЗ впливає на зміну ємнісних струмів кожного з приєднань.

Метою досліду є виявлення залежності струму на резисторі від відстані до місця КЗ. При цьому частина ємнісних струмів непошкоджених фаз розряджається через опір резистора, а частина бере участь у формуванні струму КЗ. Струм пошкодженої фази повертається до мережі як через ємності непошкоджених фаз, так і через резистор. Тобто, основна частина ємнісного струму та струму пошкодженої фази має замикатися через резистор, що встановлено в нейтралі мережі.

Таблиця 3 – Довжини ділянок в досліді 2

№	Довжина, км	№	Довжина, км	№	Довжина, км
1	1,2	8	0,651	15	0,29
2	1,882	9	0,651	16	0,29
3	1,882	10	0,434	17	0,29
4	1,882	11	0,434	18	0,193
5	1,882	12	0,434	19	0,193
6	0,651	13	0,434	20	0,193
7	0,651	14	0,29	21	0,193

Таблиця 4 – Результати досліду 2

КЗ на лінії №6		
Опір резистора, Ом	Струм на резисторі, А	Напруга на резисторі, кВ
10	520,6	9,02
25	313,6	13,58
50	180,1	15,6
75	125,2	16,26
100	95,7	16,58
150	65	16,89
200	49,2	17,03
250	39,5	17,12
КЗ на лінії №18		
Опір резистора, Ом	Струм на резисторі, А	Напруга на резисторі, кВ
10	533,3	9,236
25	319,4	18,83
50	182,8	15,83
75	126,9	16,48
100	97	16,79
150	65,8	17,09
200	49,8	17,24
250	40	17,32

Дослід 3.

При різному навантаженні пунктів (таблиця 5) та різній довжині ділянок (таблиця 3) моделюємо КЗ на лінії електропередавання №6 та №18. Результати наведено у таблиці 6.

Таким чином, найбільшому навантаженню відповідає й найбільша віддаленість від місця резистивного заземлення мережі, тобто найбільша ємність кабельних ліній електропередавання.

Метою досліду є виявлення залежності струму на заземлюючому резисторі від величини навантаження пунктів мережі.

Таблиця 5 – Навантаження пунктів в досліді 2

№	P, МВт	Q, МВАр	№	P, МВт	Q, МВАр
1	0,669	0,285	9	0,297	0,127
2	0,669	0,285	10	0,297	0,127
3	0,669	0,285	11	0,297	0,127
4	0,669	0,285	12	0,297	0,127
5	0,446	0,19	13	0,198	0,084
6	0,446	0,19	14	0,198	0,084
7	0,446	0,19	15	0,198	0,084
8	0,446	0,19	16	0,198	0,084

Таблиця 6 – Результати досліду 3

КЗ на лінії №6		
Опір резистора, Ом	Струм на резисторі, А	Напруга на резисторі, кВ
10	522,5	9,05
25	315,2	13,650
50	181,1	15,68
75	125,9	16,35
100	96,3	16,67
150	65,4	16,98
200	49,4	17,13
250	36,8	17,21
КЗ на лінії №18		
Опір резистора, Ом	Струм на резисторі, А	Напруга на резисторі, кВ
10	531,7	9,209
25	318,1	13,78
50	181,8	15,74
75	126,3	16,410
100	96,5	16,72
150	65,5	17,02
200	49,5	17,16
250	39,8	17,24

Дослід 4.

Виконаємо моделювання спрощеної схеми мережі, яку наведено на рис. 2.

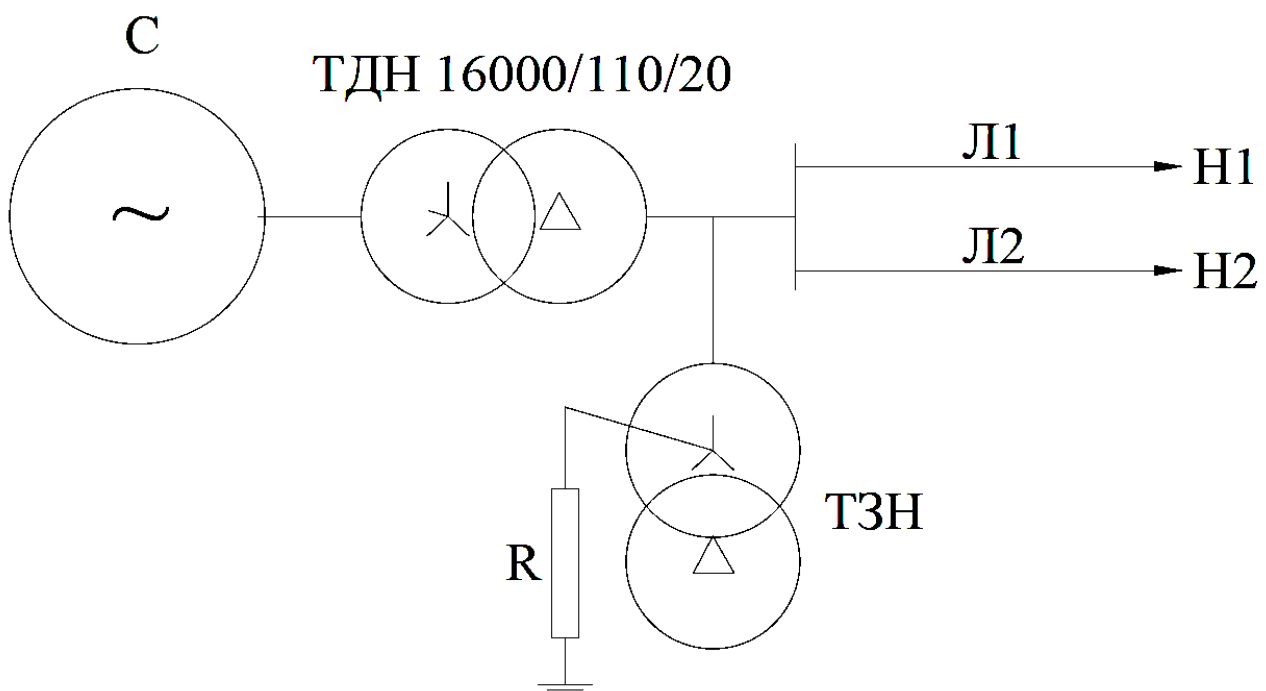


Рисунок 2 – Спрощена модель мережі

Як видно з попередніх дослідів, струм на резисторі в більшій мірі залежить від довжини лінії електропередавання до місця пошкодження, ніж від величини навантаження.

Встановимо однакові навантаження в пунктах ($P = 3,22$ МВт; $Q = 1,372$ МВАр) та різні довжини ліній (обидві виконано кабелями СПЕ 1x240, $L_1 = 3$ км; $L_2 = 12$ км).

Основною метою дослідів є отримання величини струму на заземлюючому резисторі при спрощеній моделі мережі.

Таблиця 7 – Результати дослідів 4

КЗ на лінії №1		
Опір резистора, Ом	Струм на резисторі, А	Напруга на резисторі, кВ
10	574,3	9,947
200	50,99	17,66

Дослід 5.

Аналогічний до дослідів 4, але змінюємо схему заземлення. Вмикаємо резистор до обмотки НН трансформатора ТДН 16000/110/20. Вигляд моделі наведено на рис. 3.

Згідно з теорією – струми на заземлюючому резисторі та у місці пошкодження мають зрости порівняно з дослідом 4.

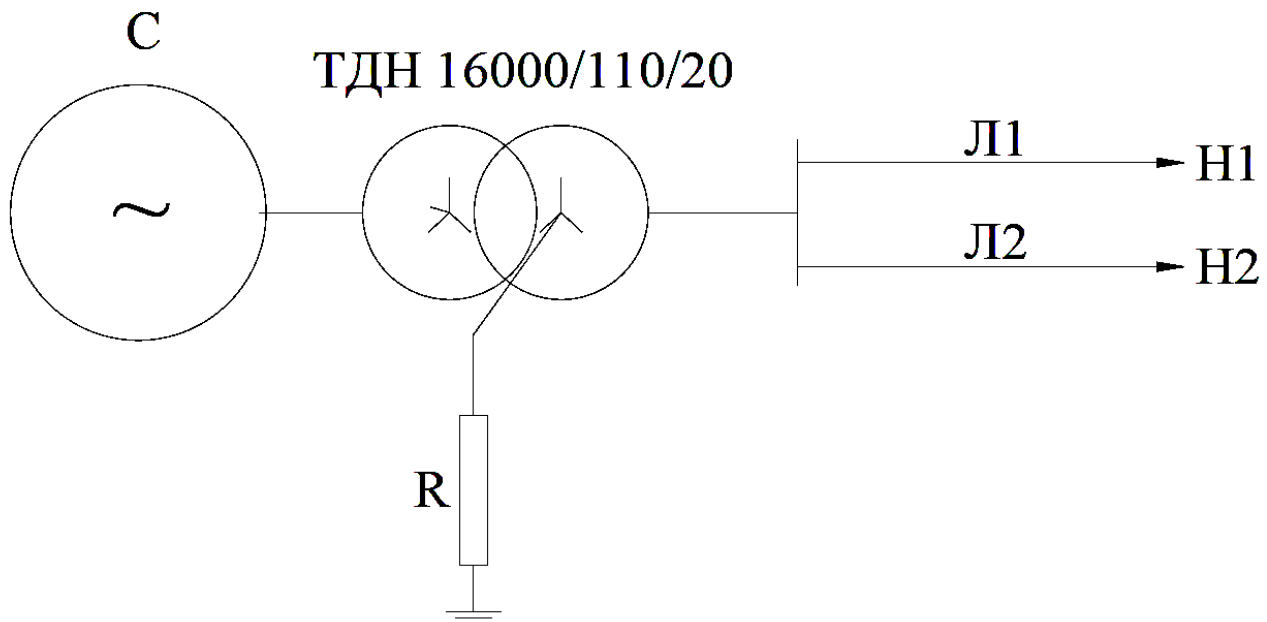


Рисунок 3 – Модель мережі для дослідів 5

Таблиця 8 – Результати досліду 5

КЗ на лінії №1		
Опір резистора, Ом	Струм на резисторі, А	Напруга на резисторі, кВ
10	728,6	12,62
200	51,34	17,78

Висновки. Збільшення опору заземлюючого резистора змінює режим роботи нейтралі мережі від випадку наближеного до глухозаземленої нейтралі до ізольованої.

Значення струму на заземлюючому резисторі в незначній мірі залежить від величини навантаження у випадку, коли реактивна складова навантаження носить індуктивний характер. Відстань до точки КЗ впливає на струми, що проходять через заземлюючий резистор, що пояснюється зміною між співвідношенням ємнісного струму пошкодженого приєднання та робочих фаз.

При КЗ ємнісний струм пошкодженої фази в більшій мірі замикається на заземлюючий резистор, ніж через ємності непошкоджених фаз. Це характерно відрізняє режим резистивного заземлення нейтралі від ізольованої, при якому струм пошкодженої фази замикається через ємності непошкоджених фаз. В той же час, ємнісні струми робочих фаз вносять певний вклад в значення струму КЗ в місці пошкодження.

При резистивному заземленні мережі не через окремий трансформатор заземлення нейтралі, а через трансформатор живлення (ТДН-16000/110/20), зростають струми КЗ як в точці КЗ, так і через заземлюючий резистор. Це пов'язано із зміною схеми з'єднання обмоток цього трансформатора, оскільки змінюється його внутрішній опір для струмів нульової послідовності, через що збільшується вплив мережі живлення на розподільну мережу.

Перелік посилань

1. Шабад М.А. Обзор режимов заземления нейтрали и защиты от замыканий на землю в сетях 6 -35 кВ России. – М.: Энергетик, 1998. №12, С.11-13.
2. Шуин В.А. Защиты от замыканий на землю в электрических сетях 6-35 кВ./ Шуин В.А., Гусенков А.В.: М.: НТФ НТФ “Энергопрогрес”, 2001 – 100с.
3. Шуин В.А. Влияние разряда емкости поврежденной фазы на переходной процесс при замыкании на землю в кабельных сетях 3 – 10 кВ. – М.: Электричество, 1983. №12.