

## ВПЛИВ РЕЖИМУ НЕЙТРАЛІ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН ІЗОЛЯЦІЇ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Запропоновано метод вибору режиму нейтралі в РМ та її вплив на технічний стан ізоляції. Вказані типи заземлень та їх застосування в мережі.*

**Ключові слова:** ізоляція, розподільча мережа, режим нейтралі.

### *Abstract*

*The method of choosing the neutral mode in the RM and its influence on the technical condition of the insulation is proposed. The types of grounding and their application in the network are specified.*

**Keywords:** isolation, distribution network, neutral mode.

### **Вступ**

Вибір режиму нейтралі в мережі 6-35 кВ є виключно важливим питанням при проектуванні і експлуатації. Очевидно, що режим заземлення нейтралі в мережі 6-35 кВ впливає на значне число технічних рішень, які реалізуються в конкретній мережі. [1]

Метою роботи є вибір оптимального режиму заземлення нейтралі мереж середньої напруги

### **Дослідження**

Режим заземлення нейтралі в мережі 6-35 кВ визначає[1]:

- Струм в місці пошкодження і перенапруги на непошкоджених фазах при однофазному замиканні;
- Схему побудови релейного захисту від замикань на землю;
- Рівень ізоляції електрообладнання;
- Вибір ОПН для захисту від перенапруг;
- Безперебійність електропостачання;
- Допустимий опір контуру заземлення підстанції;
- Безпеку персоналу і електроустаткування при однофазних замиканнях.

Таким чином у мережах середньої напруги застосовуються чотири режими заземлення нейтралі:

- Ізольована (незаземлена);
- Заземлена через дугогасильний реактор;
- Заземлена через резистор (низькоомний або високоомний);
- Глухозаземлена (в Україні не застосовується).

Крім зазначених чотирьох режимів заземлення нейтралі в світі застосовується також комбінація дугогасильного реактора і резистора.

Якщо подивитись на світову практику експлуатації мереж середньої напруги (табл. 1.1), то добре видно, що на відміну від України, де використовується режим ізольованої нейтралі режим заземлення через дугогасильний реактор, в інших країнах найчастіше застосовується заземлення нейтралі через резистор або дугогасильний реактор. Режим заземлення нейтралі через резистор порівняно новий і використовується в Україні в обмеженому числі мереж 6-35 кВ [3].

Таблиця 1.1 – Режим заземлення нейтралі в мережах середньої напруги 3-69 кВ в різних країнах

Країна	Спосіб заземлення нейтралі			
	Ізольована	Заземлена через реактор	Заземлена через резистор	Глухо-заземлена
Україна	+	+		
Росія	+	+		
США			+	+
Австралія			+	+
Іспанія		+	+	+
Португалія			+	
Франція		+	+	
Японія			+	
Німеччина		+	+	
Австрія		+	+	
Бельгія			+	
Великобританія			+	+
Швейцарія		+	+	
Фінляндія	+	+	+	
Італія		+	+	
Чехія		+	+	
Швеція		+	+	
Норвегія		+	+	

Заземлення нейтралі через дугогасильний реактор. По-перше, розглянемо питання пошкоджуваності трансформаторів напруги (ТН) типу НТМИ-6 (10), ЗНОЛ-6 (10), ЗНОМ-35[4]. В першу чергу треба відзначити, що пошкоджуваність даних ТН пов'язана з їх термічною нестійкістю при надструмах в первинних обмотках, які виникають при ферорезонансних процесах у мережах 6-35 кВ з малими ємнісними струмами. Впровадження компенсації ємнісного струму в цих мережах різко зменшує ймовірність виникнення ферорезонансних процесів в ТН. Це пояснюється тим, що дугогасильні реактори мають нижчі опори нульової послідовності, ніж трансформатори напруги з підключеною до землі нейтральною точкою, що приводить до більш швидкого стіканню заряду в землю при дугових замиканнях на землю. Резистори для захисту ТН старих типів від ферорезонансних процесів застосовуються приблизно протягом останніх 30 років.

Сьогодні вітчизняною промисловістю налагоджений випуск антирезонансних ТН відповідно до ГОСТ 1983-2001. Причиною виникнення ферорезонансу є співвідношення ємності мереж та індуктивності ТН і тому, що ферорезонанс виникає після відключення замикання на землю при включеній і відключеній батареї конденсаторів. Низька міцність ізоляції заземлюючих виводів трансформаторів ЗНОЛ-10 не дозволила встановити в їх ланцюг захисні резистори 3-5 кОм. Тому в мережі 10 кВ були встановлені дугогасильні пристрої типу ТАДТМ-30/10. Проведені дослідження показали відсутність будь-яких ферорезонансних процесів при найрізноманітніших режимах роботи мережі[1].

Заземлювальні дуги в мережах 6-35 кВ можна розділити на дві категорії:

- Відкрито палаючі дуги, до яких можна віднести дуги, що виникають в результаті перекриття лінійної ізоляції по поверхні;
- Закриті дуги, які виникають в кінцевих і з'єднувальних муфтах, всередині кабелів, а також при щільних дефектах вводи та ізоляторі.

Режим роботи з заземленням нейтралі через резистор знайшов застосування в мережах власних потреб (ВП) електростанцій і розподільчих мереж. Характерною рисою цих мереж є невеликий рівень ємнісних струмів замикання на землю (3-5 А).

При заземленні нейтралі через резистор в мережі ВП застосовується, як правило, низькоомний резистор, що створює активний струм однофазного замикання на землю близько 35-45 А, достатній для роботи захисту.

У РМ резистор для заземлення нейтралі вибирається виходячи з умов, що при дугових замиканнях на землю в перехідному процесі буде відсутня високочастотна складова, тобто буде тільки одна аперіодична складова.

Вимоги до заземлювальних пристроїв електроустановок напругою вище 1 кВ для мереж з заземленням нейтралі через резистор взагалі відсутні. [5]

Виникнення значних перенапруг при дугових замиканнях на землю може і повинно бути виключено шляхом автоматичного підстроювання дугогасильних реакторів в резонанс з ємністю мережі. Впровадження резонансної настройки знижує перенапругу непошкоджених фазах 2,2-2,4 Уф, що як раз знижує вірогідність появи багатомісних пошкоджень і, як наслідок, переходи, переходи однофазних замикань в двофазні. Резонансна настройка також зменшує струм в місці замикання і знижує небезпеку ураження струмом. Зараз існує безліч захистів для мереж з компенсацією ємнісного струму, заснованих не на визначенні абсолютного значення струму замикання, а на використанні інших його характеристик, типу УС32/2, ЗЗН, ЗЗП, УЗС-01, ІМФ-10Т, УЦЗ-05[1].

Складність виявлення місця пошкодження взагалі не можна віднести до проблеми режиму нейтралі. Це скоріше проблема методів і пристроїв для пошуку місць пошкодження.

Експериментальні дослідження роботи обмежувачів перенапруг при дугових замиканнях на землю показують, що в мережах з компенсацією ємнісного струму при резонансному налагодженні дугогасильних реакторів створюються як раз більш комфортні умови роботи.

На закінчення хотілося б розглянути ще один вид заземлення нейтралі – активно-індуктивний. Сенс його полягає в тому, що мережа працює з нейтралю, заземленою через дугогасильний реактор, і при дугових замиканнях на землю виявляються всі позитивні сторони.

## Висновки

Встановлено, що активно-індуктивне заземлення нейтралі найбільш легко впровадити в діючих електричних мережах, бо він не потребує значних витрат на реконструкцію підстанцій. А також, при металевому замиканні на землю паралельно дугогасильних реакторів підключається резистор на час, достатній для спрацювання захисту від замикання на землю.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кутін В.М. Визначення умов роботоздатності розподільчих мереж / В.М. Кутін, С.В. Матвієнко. – Вінниця: ВНТУ, 2015.-148 с.
2. Надежность систем электроснабжения / В.В. Зорин, В.В. Тисленко, Ф. Клеппель, Г. Адлер. – К: Вища шк., головное изд-во, 1984.-192 с.
3. McIlhagger D.S., Insulator surface conduction // Science and General Record.-1965. – V 112.№7.- P.27-38
4. Дымов А.М. и др. Трансформаторы напряжения. Москва. Энергоиздат.1975
5. Шабад М.А. Защита от однофазных замыканий на землю в сети 6-36 кВ. С-Пб. 1997.
6. Кутін В.М. Проблеми діагностування ізоляції повітряних ліній напругою 6-10 кВ / В. М. Кутін, М. П. Свиридов, С. В. Матвієнко // Вісник ВПІ. – 2003. - №6. С.238-240.

*Артем Іванович Ковальов* – аспірант групи 141-20а , факультет електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [kovallowartem@gmail.com](mailto:kovallowartem@gmail.com)

Науковий керівник: *Василь Михайлович Кутін* – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри ЕМСАПТ, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця.

*Artem I. Kovalov* - Department of Electrical Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics. Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [kovallowartem@gmail.com](mailto:kovallowartem@gmail.com)

Supervisor: *Vasyl M. Kutin* – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Electromechanical automation systems in industry and transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.