

## МЕТОД ОЦІНКИ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ ВІДКЛЮЧЕНИХ ПРИЄДНАНЬ МЕРЕЖІ 6-10 кВ З ІЗОЛЬОВАНОЮ НЕЙТРАЛЛЮ

М.В.Гребченко<sup>1\*</sup>, докт.техн.наук, О.В.Кожухар<sup>2\*\*</sup>, О.В.Демченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> – Національний університет біоресурсів і природокористування,  
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041, Україна,  
e-mail: [grebchenko@nubip.edu.ua](mailto:grebchenko@nubip.edu.ua)

<sup>2</sup> – ДТЕК, Донецькобленерго,  
вул. Островського, 8, Краматорськ, 84302, Україна.

*Представлено основні положення методу, що дозволяє автоматично оцінювати стан електрообладнання відключених приєднань та його ізоляції. Метод засновано на визначенні несиметрії параметрів електрообладнання, для чого використовується заряд ємностей приєднання від джерела постійної напруги і аналізуються параметри перехідного процесу розряду, який виникає після відключення постійної напруги. Наведено результати досліджень в умовах діючої підстанції. Бібл. 3, рис. 3.*

**Ключові слова:** ізоляція, перехідний процес, експериментальні дослідження.

Визначення стану ізоляції електричного обладнання без його відключення, тобто у робочому режимі, все більше набуває поширення. Це надає можливість організації своєчасного відновлення характеристик ізоляції і таким чином попереджається виникнення пошкоджень. Але у разі відключення обладнання його стан не контролюється: відсутність напруги не дає можливості працювати релейному захисту та іншим видам автоматики. Досвід показує, що у цей час може виникати погіршення стану ізоляції внаслідок її зволоження або з інших причин, а також іноді значно змінюється стан електрообладнання через його механічне пошкодження. Вмикання в такому стані електрообладнання, як правило, призводить до швидкого розвитку пошкодження й автоматичного вимкнення релейним захистом. У разі своєчасного визначення порушення нормального стану електрообладнання виникає можливість відновити його нормальний стан.

У більшості випадків перед ввімкненням електричного обладнання, яке знаходилося деякий час у відімкненому стані, виконується перевірка опору ізоляції. Ця процедура потребує значного часу і навіть електричного роз'єднання елементів приєднань у разі наявності у цих елементів різних рівнів припустимих напруг при випробуваннях (наприклад, кабель і двигун, кабель і трансформатор та ін.).

Відомі методи оцінки стану ізоляції відімкнених приєднань кабель-двигун, які засновані на контролі напруги між фазами при розряді власних ємностей приєднання [2, 3]. Суттєва різниця приєднань двигунів і трансформаторів напругою 6-10 кВ полягає у тому, що відрізняються співвідношення електричних параметрів, у першу чергу ємностей та індуктивностей, а також те, що силові трансформатори значно частіше ніж двигуни підключаються не кабелем, а повітряною лінією. Особливу увагу необхідно приділяти контролю кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену.

Задача даної роботи – створення методу автоматичної перевірки стану електричного приєднання кабель-трансформатор перед його ввімкненням під напругу та врахування параметрів вимірювальних трансформаторів напруги у цьому методі.

Загальна ідея, що покладена в основу методу, – при нормальному стані електрообладнання усі його параметри симетричні, у пошкодженого – є несиметрія. Завдання оцінки стану – визначити цю несиметрію. Для цього можна подавати трифазну напругу на приєднання, але у цьому випадку незручно визначати параметри ізоляції. Тому використовується заряд ємностей відімкненого обладнання від джерела постійної напруги і аналізується перехідний процес розряду ємностей. Будь-яке електричне обладнання має електричну ємність, значення якої можна використовувати для характеристики якості ізоляції, а з другого боку її можна використовувати для електричного заряду. У більшості випадків можна вважати, що зміна активного опору ізоляції виникає у разі локальних пошкоджень ізоляції, а значення ємності змінюється у разі виникнення розподілених дефектів ізоляції (наприклад, через старіння або теплове «дихання» кабелю). У відімкненому стані фази приєднання заземлені, тому накопичення заряду ємностей не виникає.

У разі створення еквівалентної схеми заміщення приєднання для багатьох типів електричних приєднань ця схема зводиться до послідовного RLC-контуру. Для напруги на ємності  $u_c$  диференціальне рівняння другого порядку [1]

$$\frac{d^2 u_c}{dt^2} + \frac{R}{L} \cdot \frac{du_c}{dt} + \frac{1}{u_c} u_c = 0. \quad (1)$$

Розв'язання диференційного рівняння за допомогою його характеристичного рівняння дає корені

$$p_{1,2} = -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}} \quad (2)$$

На етапі попереднього аналізу наведене диференційне рівняння (1) дозволяє провести визначення не тільки параметрів процесів заряду і розряду ємностей, але й визначити характер процесу розряду: аперіодичний чи періодичний. У разі негативного значення під коренем у (2) – розряд періодичний. Розрахунки показують, що приєднання мають такі параметри, за яких розряд відбувається аперіодично. Оскільки вимірювальні трансформатори напруги також мають індуктивність і достатньо великий активний опір (декілька кОм), було запропоновано використовувати їх у колі розряду. Проведені дослідження у промислових умовах підтвердили таку доцільність.

Джерело постійного струму повинно мати низький внутрішній опір для забезпечення короткого часу заряду ємностей. З іншої сторони джерело повинно бути захищено від виходу з ладу при його ввімкненні на коротке замикання і забезпечувати гальванічний розв'язок.

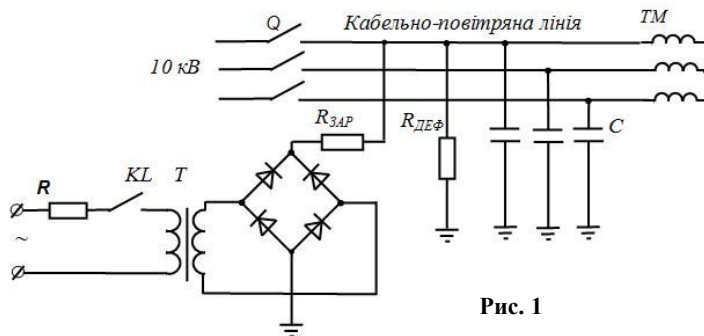


Рис. 1

Попередні дослідження проведено на приєднанні трансформатора типу ТМ 400, який підключений до шин 10 кВ за допомогою змішаної кабельно-повітряної лінії (загальна ємність фази 0,274 мкФ). Схема досліджень показана на рис. 1. Приєднання трансформатора відключено вимикачем Q. Короткочасне підключення постійної напруги до фази А приєднання забезпечується контактами KL.

На рис. 2 представлено осцилограми заряду та розряду ємностей приєднання при відсутності пошкоджень. На рис. 3 – осцилограму процесу розряду ємностей у разі

виникнення дефекту (підключення  $R_{ДЕФ}$ ) ізоляції кабелю. Порівняння характеру процесу розряду ємностей дає можливість однозначно визначити, що за наявності дефекту (рис. 3) розряд має періодичний характер і короткочасно виникає міжфазна напруга. Саме ця напруга є діагностичною ознакою виникнення дефекту ізоляції.

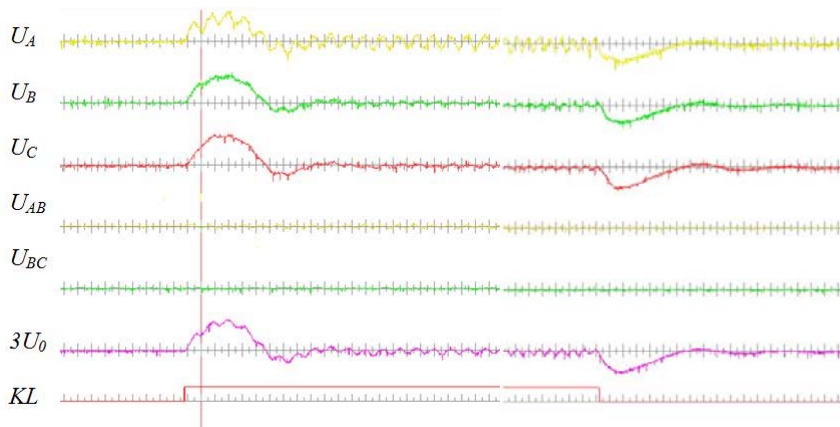


Рис. 2

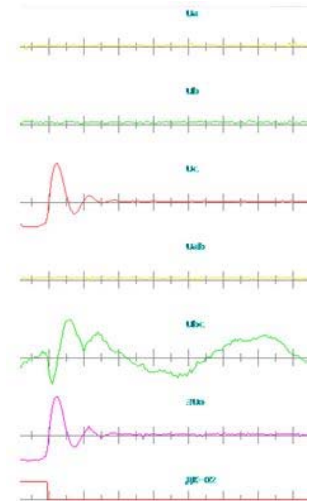


Рис. 3

На відміну від тестування мегомметром, у разі використання запропонованого методу проводиться автоматичний аналіз параметрів перехідних процесів заряду та розряду ємностей приєднання, що дає можливість визначити місце виникнення локального дефекту ізоляції та оцінювати ступінь його небезпеки.

З метою визначення параметрів спрацювання, у тому числі і для врахування наявної несиметрії, перед введенням у роботу запропонованої системи проводиться її налагодження шляхом декількох ввімкнень приєднання із записом параметрів режиму.

**Висновки.** 1. Аналіз промислових випробувань показує, що метод контролю міжфазної напруги при розряді ємностей приєднання дозволяє оцінювати стан кабелю. Для організації автоматичного оцінювання стану електрообладнання найбільш доцільним є періодичний розряд ємностей приєднання. Для забезпечення цього може використовуватися вимірювальний трансформатор напруги.

2. Подальші дослідження повинні уточнити вимоги до джерела постійної напруги, яке забезпечує заряд ємностей.

1. Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В., Страхов С.В. Основы теории цепей. – Москва: Энергоатомиздат. – 1989. – 528 с.

2. Grebchenko N.V., Kozhukhar A.V. Locating Local Insulation Defects in Disconnected Electric Motors / International Conference on Electrical Drives and Power Electronics (EDPE 2015). – Tatranska Lomnica, Slovakia. – 21-23 September, 2015. – Pp. 301-305.

3. Nussbaumer P., Santin C., Wolbank Th.M. Analysis of Current Reaction on Inverter-Switching to Detect Changes in Electrical Machine's High-Frequency Behavior / IEEE -IECON 2012, Montreal, Canada. – 2012. – Pp. 1669-1674.

УДК 621.313

## МЕТОД ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ОТКЛЮЧЕННЫХ ПРИСОЕДИНЕНИЙ СЕТИ 6-10 КВ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Н.В.Гребченко<sup>1</sup>, докт.техн.наук, А.В.Кожухарь<sup>2</sup>, О.В.Демченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>- Национальный университет биоресурсов и природопользования,  
ул. Героев Оборона, 15, Киев, 03041, Украина.

e-mail: [grebchenko@nubip.edu.ua](mailto:grebchenko@nubip.edu.ua)

<sup>2</sup>- ДТЕК, Донецкоблэнерго,  
ул. Островского, 8, Краматорск, 84302, Украина.

*Приведены основные положения метода, который позволяет автоматически оценивать состояние электрооборудования отключенных присоединений и его изоляции. Метод основан на выявлении несимметрии параметров электрооборудования, для чего используется заряд емкостей присоединения от источника постоянного напряжения и анализируются параметры переходного процесса разряда, который возникает после отключения постоянного напряжения. Приведены результаты исследований в условиях действующей подстанции. Библ. 3, рис. 3.*

**Ключевые слова:** изоляция, переходный процесс, экспериментальные исследования.

## THE METHOD OF ASSESSING THE STATE OF ISOLATION DISCONNECTED CONNECTIONS 6-10 KV NETWORKS WITH ISOLATED NEUTRAL

N.V.Grebchenko<sup>1</sup>, A.V.Kozhukhar<sup>2</sup>, O.V.Demchenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>- National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,  
Heroyiv Oborony st., 15, Kyiv, 03041, Ukraine,

e-mail: [grebchenko@nubip.edu.ua](mailto:grebchenko@nubip.edu.ua)

<sup>2</sup>- DTEK, Donetskoblenergo,  
str. Ostrovskogo, 8, Kramatorsk, 84302, Ukraine.

*The main provisions of the method that allows you to automatically assess the condition of electrical equipment disconnected connections and insulation. The method is based on the detection of asymmetry parameters of electrical equipment for which the charge is used tanks connection with DC voltage and the second examines the parameters of the transition process of the discharge, which occurs after switching off the DC voltage. The results of studies under the existing substation. References 3, figures 3.*

**Key words:** insulation, transient process, experimental research.

1. Zeveke G.V., Ionkin P.A., Netushil A.V., Strakhov S.V. Fundamental Circuit Theory. – Moskva: Energoatomizdat, 1989. – 528 p.

2. Grebchenko N.V., Kozhukhar A.V. Locating Local Insulation Defects in Disconnected Electric Motors // International Conference on Electrical Drives and Power Electronics (EDPE 2015). – Tatranska Lomnica, Slovakia. – 21-23 September, 2015. – Pp. 301-305.

3. Nussbaumer P., Santin C., Wolbank Th.M. Analysis of Current Reaction on Inverter-Switching to Detect Changes in Electrical Machine's High-Frequency Behavior / IEEE -IECON 2012, Montreal, Canada. – 2012. – Pp. 1669-1674.

Надійшла 03.02.2016  
Остаточний варіант 07.04.2016