

# ДІАГНОСТУВАННЯ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ЗА ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЧАСТКОВИХ РОЗРЯДІВ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*В даній роботі розглянуті основи побудови ізоляції електричних машин високої напруги, висвітлені теоретичні основи сучасних методів діагностування ізоляції статорних обмоток, визначена ефективність діагностування і викладені пропозиції покращення засобів для діагностування, які значно підвищують надійність ізоляції електричних машин високої напруги.*

**Ключові слова:** крупні електричні машини; діагностування ізоляції; методи і засоби; конструкція ізоляції; надійність ізоляції

## *Abstract*

*In this paper the bases of the insulation of electrical machines high voltage highlighted theoretical foundations of modern methods of diagnostic of stator windings, determined efficiency of diagnosis and set out proposals to improve facilities for diagnosis, which significantly increase the reliability of electrical machines insulation of high voltage.*

**Keywords:** Large electric cars; diagnosis of exclusion; methods and tools; construction insulation; insulation reliability

## Вступ

Пошкодження ізоляції обмотки статора генератора призводить до важких аварій і тривалих простоїв генераторів в ремонті. При цьому своєчасне діагностування стану ізоляції дозволяє нормалізувати ізоляцію в плановому порядку. Найважчим є виявлення небезпечного пониження опору ізоляції обмотки відносно корпусу генератора. Обмотки статорів потужних генераторів мають ізольовану нейтраль, тому істотне пониження опору ізоляції в будь-якому місці однієї з фаз викликає проходження невеликого ємнісного струму. Сучасні засоби для контролю за станом ізоляції обмотки статора використовують переносні портативні мегаомметри. Для проведення вимірювання опору ізоляції і коефіцієнта абсорбції необхідно вивести генератор з роботи, а в деяких випадках і розібрати його.

## Характеристики часткових розрядів в ізоляції електричних машин

У процесі роботи ізоляція машин перебуває в тяжких умовах експлуатації: впливу перенапруг, високої робочої температури, вібрації, циклів нагрівання й охолодження, механічних зусиль, впливів продуктів розкладання повітря (озону). Крім того, істотне значення мають технологічні труднощі при виготовленні й укладанні ізоляції, що приводять до механічних ушкоджень, а також недосконалість методів контролю й випробувань.

При конструюванні ізоляції машин велика увага приділяється ослабленню впливу корони, часткових розрядів, що виникають у пазовій частині ізоляції, і ковзних розрядів, що виникають у місці виходу обмотки з паза. Для запобігання небезпечного впливу цих розрядів використовуються наступні заходи: 1) застосування ізоляції з підвищеною стійкістю до впливу часткових розрядів (слюдо місткі типи ізоляції); 2) регулювання електричного поля.

У пазових частинах ізоляція покривається напівпровідними покриттями (асбестозалістими стрічками), що послаблюють електричне поле в газових включеннях і повітряних проміжках між ізоляцією й стінками пазів, що зменшує часткові розряди в цих включеннях.

Поняття часткового розряду (ч.р.) в ізоляції охоплює місцевий розряд на поверхні або в середині ізоляції у вигляді корони, ковзний розряд або пробій окремих елементів ізоляції, шунтуючої частини ізоляції між електродами, що знаходяться під різними потенціалами.

Ч. р. в ізоляції виникають у місцях зі зниженою електричною міцністю (наприклад, у прошарках просочуючої рідини або в газових включеннях у товщі діелектрика). Надалі елемент діелектрика зі зниженою електричною міцністю, що бере участь у ч. р., буде називатися «включенням».

При виникненні ч.р. досить великої інтенсивності спостерігається збільшення діелектричних втрат за рахунок потужності, що виділяється при ч.р. Це збільшення діелектричних втрат може бути зареєстроване по збільшенню  $\text{tg}\delta$  в ізоляції випробуваного об'єкта. При наявності ч. р. втрати в діелектрику випробуваного об'єкта ємністю  $C_x$  складаються з втрат на ч. р.  $P_{ч.р}$  і інших видів діелектричних втрат  $P_d$ . Якщо  $\text{tg}\delta_d$ , що відповідає втра-там  $P_d$ , не залежить від напруги, де  $P_d$  пропорційна квадрату напруги.

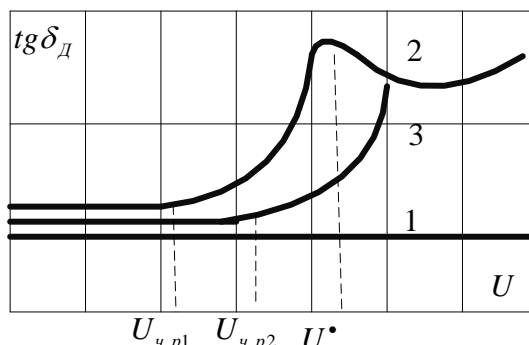


Рисунок 1- Характерні залежності  $\text{tg}\delta$  від напруги; 1 – ч.р відсутні; 2 – присутні локальні газові включення, щоне збільшуються з ростом напруги, ч.р виникають при напрузі  $U_{ч.р1}$ ; 3 – ч.р виникають при напрузі  $U_{ч.р2}$

В процесі експлуатації ізоляція електричних машин змінює свої характеристики під впливом цілого ряду чинників: вібрації, високої температури, робочої напруги, перенапруг, ударних динамічних навантажень, зво-ложення. Вплив кожного з цих чинників є досить істотним. У зв'язку з цим вибір товщини ізоляції і робочої напруженості ґрунтується головним чином на експлуатаційному досвіді. При цьому встановлений зв'язок між товщиною ізоляції  $d$  і номінальною напругою машини.

Останніми роками були вироблені експериментальні і теоретичні дослідження, які дозволили зменшити товщину ізоляції і збільшити допустимі напруженості електричного поля (рис. 2.1). Розглянемо можливість виникнення ч. р. в газових включеннях ізоляції машин. Оскільки:

$$d = d_v + d_d,$$

де  $d_v$  — товщина повітряного включення і  $d_d$  — товщина твердої ізоляції, то відповідно до (1-3) амплітудне значення напруженості в повітряному включенні.

### Висновки

Установлено, що в слабких місцях ізоляції імовірно розшарування і тріщини, в яких виникають самостійні електричні розряди – корона, ковзні розряди по поверхні, часткові розряди.

Виявлені найнебезпечніші місця в ізоляції статорних обмоток електричних машин – місця виходу обмотки із пазової частини в лобову.

Проаналізовані особливості розвитку часткових розрядів і особливості вимірювання характеристик частко-вих розрядів, що дозволяє своєчасну діагностику ізоляції.

Запропонований сучасний вимірювач характеристик часткових розрядів ІЧР-201.

Проаналізована ефективність приладу для автоматичного вимірювання опру і коефіцієнта абсорбції ізоляції обмотки статора генератора на працюючому і зупиненому генераторі.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кутін В.М., В.І. Брейдбурд "Диагностирование электрооборудования электрических сетей" - К.: УМК-ВО, 1991 р., 104 с.
2. Лежнюк П. Д. Проектування електричної частини електричних станцій. Навчальний посібник. / П. Д. Лежнюк, В. М. Лагутін, В. В. Тептя. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 194 с.
3. Рожкова Л. Д. Электрооборудование станций и подстанций / Л. Д. Рожкова, В. С. Козулин. – М.: Энергоа-томиздат, 1987. – 648 с.

**Чехман Андрій Михайлович**— студент групи ЕС-16м, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: 380500770356@yandex.ua

Науковий керівник: **Собчук Наталія Валеріївна** — кандидат технічних наук, доцент кафедри електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Chekhman Andrew M.** — Department of Electricity and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: 380500770356@yandex.ua

Supervisor: **Sobchuk Natalia V.** — Ph. D., assistant professor of electrical plants and systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia