

Секція: **Автоматизація та приладобудування**
УДК 621.317

Бенцал М. – ст. гр. РН-31

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ІЗОЛЯЦІЇ ЕМАЛЬОВАНИХ ПРОВІДІВ У СВІТЛІ ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ

Науковий керівник: старший викладач Наконечний Ю.І

Bentsal M.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

METHODS FOR INSPECTING THE INSULATION OF ENAMELED WIRES IN ACCORDANCE WITH EUROPEAN STANDARDS

Supervisor: Senior Lecturer Nakonetchnj Y.

Ключові слова: емальований провід, ізоляція, дефекти.

Keywords: enameled wire, insulation, defects.

У роботі проаналізовано методи контролю дефектів ізоляції емальованих провідів відповідно до сучасних європейських стандартів. Розглянуто контактні та безконтактні методи контролю, їх фізичні основи та обмеження. Особливу увагу приділено високовольтним випробуванням та автоматизованим системам діагностики, що використовуються в промисловості ЄС.

Емальовані обмотувальні проводи є ключовими елементами електротехнічного обладнання, зокрема трансформаторів, електродвигунів та котушок індуктивності. Якість ізоляційного покриття визначає електричну міцність, довговічність та надійність роботи виробів.

Відповідно до європейських стандартів серії IEC 60851, контроль ізоляції є обов'язковим етапом виробництва, спрямованим на виявлення локальних дефектів, що можуть призвести до пробою. У зв'язку з цим актуальним є аналіз існуючих методів контролю та їх вдосконалення.

1. Контактні методи контролю ізоляції

Контактні методи базуються на створенні електричного кола між провідником та зовнішнім струмопровідним середовищем. У разі наявності дефекту ізоляції виникає струм витoku, який реєструється вимірною системою.

Згідно з вимогами стандарту IEC 60851-5, параметрами контролю є:

- прикладена напруга;
- тривалість контакту;
- швидкість переміщення проводу;
- порогове значення струму витoku.

Ефективність методу визначається здатністю середовища проникати у мікропошкодження ізоляції. Водночас такі методи мають ряд обмежень:

- залежність від зовнішніх умов (вологість, температура);
- складність калібрування;
- обмежена точність для провідів малого діаметру.

У сучасній європейській практиці використання небезпечних матеріалів (зокрема ртуті) повністю виключено відповідно до екологічних директив ЄС (RoHS).

2. Високовольтні та іскрові методи (Spark test)

Одним із основних методів контролю, регламентованих стандартами ІЕС 60851-3 та EN 50395, є високовольтне випробування (spark testing).

Суть методу полягає у прикладанні імпульсної або змінної високої напруги до поверхні проводу. У місці дефекту виникає електричний пробій, що супроводжується іскровим розрядом, який фіксується датчиками.

Переваги методу:

- висока чутливість до мікродефектів;
- можливість роботи на високих швидкостях виробництва;
- автоматизація процесу.

Недоліки:

- ризик пошкодження ізоляції при надмірній напрузі;
- необхідність точного налаштування параметрів.

3. Електронні та безконтактні системи контролю

Сучасні системи контролю в Європі базуються на цифровій обробці сигналів та використанні безконтактних сенсорів. До них належать:

- ємнісні методи контролю товщини та однорідності ізоляції;
- індуктивні методи;
- оптичні системи виявлення поверхневих дефектів.

Згідно з дослідженнями європейських авторів (Stone, Bartnikas), інтеграція сенсорних систем із цифровими алгоритмами дозволяє:

- підвищити точність виявлення дефектів;
- зменшити вплив шумів;
- забезпечити контроль у реальному часі.

Окремим напрямом є застосування методів машинного навчання для аналізу сигналів дефектів, що відповідає сучасним тенденціям Industry 4.0.

Висновок

1. Європейські стандарти визначають чіткі вимоги до методів контролю ізоляції емальованих проводів.

2. Контактні методи поступово витісняються через обмеження точності та екологічні ризики.

3. Найбільш ефективними є високовольтні (spark test) та електронні методи контролю.

4. Перспективним напрямом є впровадження безконтактних сенсорних систем та цифрової обробки сигналів.

Список використаних джерел

1. ІЕС 60851-3: *Winding wires – Test methods – Mechanical properties*.
2. ІЕС 60851-5: *Winding wires – Test methods – Electrical properties*.
3. EN 50395: *Electrical test methods for low voltage energy cables*.
4. Stone G.C. *Electrical Insulation for Rotating Machines*. Wiley (Europe), 2014.
5. Bartnikas R. *Engineering Dielectrics*. Springer Europe, 2013.
6. Dissado L.A., Fothergill J.C. *Electrical Degradation and Breakdown in Polymers*. IET (UK),

1992.