

## СТАТОРНА ІЗОЛЯЦІЯ В ТУРБОГЕНЕРАТОРАХ

Дубина О.Р., студент, Гераскін О.А., к.т.н., доц., Святненко В.А., ст. викладач, Цивінський С.С., к.т.н., доц.

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки*

**Вступ.** Турбогенератори електростанцій мають велику різноманітність, що залежить від їх місця застосування та вимог до них.

Турбогенератори частіше за все застосовуються в енергетиці на ТЕЦ, ТЕС та АЕС, але існують ще спеціальні агрегати, які знаходять своє застосування, наприклад, в суднобудуванні, для локомотивів тощо. Вони спроектовані різних потужностей, напруг, ступенів захисту, та, відповідно, повинні бути забезпечені якісною ізоляцією обмоток, від чого залежить строк їх експлуатації, енергоефективність, можливість заповнення пазу обмотками в більшій мірі тощо [1].

**Мета роботи.** Метою роботи є ознайомлення з видами ізоляції та історією їх розвитку, технологією виробництва, що застосовується у турбогенераторах.

**Матеріали і результати досліджень.** Досліджено, що у сучасних турбогенераторах не спостерігаються технології минулого століття і ці пристрої є більш енергоефективними, якщо розглядати однакові габарити різних поколінь. Звісно, це досягається, в першу чергу, за рахунок винайдення нових сплавів металів для обмоток, що мають більшу електропровідність, сплавів для корпусу, валу, магнітопроводу, що мають кращі показники, але меншу масу і більшу міцність. Але як щодо ізоляції, яка головним чином визначає строк експлуатації, надійність, безпечність всієї системи та є не менш важливою?

В минулому, ізоляція на основі мікаленти, була основним видом ізоляції статорної обмотки турбогенераторів, але з ростом одиночних потужностей турбогенераторів та збільшенням питомих струмових навантажень в обмотках в 1,5-2 рази, дається взнаки її міцність в нагрітому стані. Тому для сучасних потужних турбогенераторів використовують термореактивну ізоляцію типу слюдотерм [2, 3].

Мікалентна ізоляція (рисунок 1), ще її називають термопластична ізоляція, добре пручається вібраційному старінню, якщо амплітуда та число вібрацій не дуже великі. Механічна напруга ізоляції, наприклад прогин стрижню, знижує електричну міцність ізоляції, але якщо прогин не визиває зміщень в шарах ізоляції, після усунення зусиль, що викликаю прогин, то електрична міцність ізоляції відновлюється. Старіння мікалентної ізоляції відбувається швидше та інтенсивніше за рахунок високих температур та часу впливу цих температур. При температурах вище 170°C в ізоляції відбуваються такі процеси, які при нижчих температурах не спостерігаються навіть при дуже довготривалих впливах таких температур. Отже, форсування теплового штучного старіння при температурах вище 170°C для скорочення часу старіння не може бути допущене при експлуатації турбогенераторів з таким типом ізоляції. В експлуатації граничне значення температури, що викликає

незворотне старіння, є значно менше 170°C.

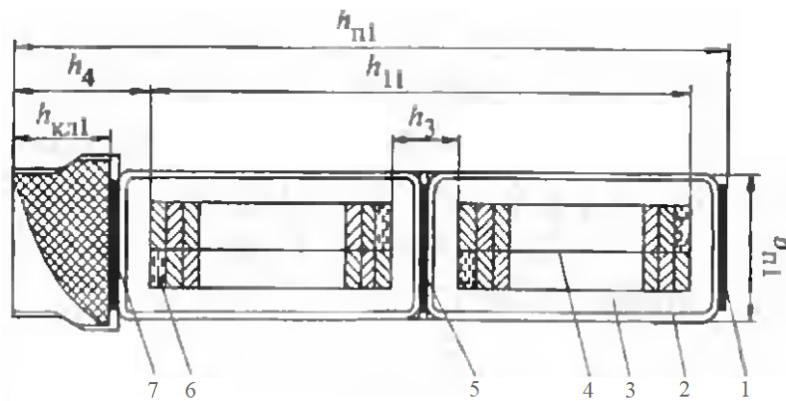


Рисунок 1 – Конструкція термопластичної ізоляції [2]

До недоліків безперервної мікалентної ізоляції статорних обмоток слід віднести велику трудомісткість процесу накладання мікалентної ізоляції, велику товщину шару ізоляції, у порівнянні з термореактивною.

До переваг термопластичної ізоляції можна віднести добру еластичність.

Перейдемо до статорної ізоляції типу слюдотерм. В термореактивній ізоляції основним ізолюючим матеріалом служить скломікалента, яка виготовлена з пластинок слюди та підкладки з склотканини (рисунок 2).

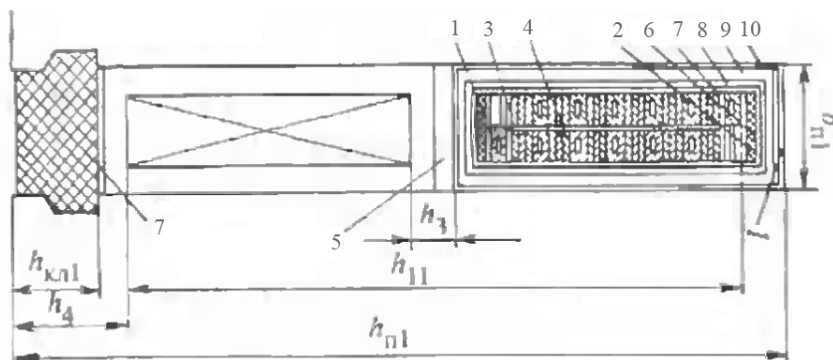


Рисунок 2 – Конструкція термореактивної ізоляції [2]

Зв'язуючим елементом у термореактивній ізоляції слугує штучна термореактивна смола (частіше за все епоксидна), яка твердіє при температурі 150-160°C та не розм'якшується при повторних нагріваннях. Термореактивна ізоляція має кращі електротехнічні характеристики.

Механічна міцність та теплопровідність сучасної ізоляції значно вище, що дозволяє виконувати щільнішу обтяжку стрижнів стрічкою. Для виключення шкідливих впливів іонізації між стрижнем та пазом зверху стрижні вкривають напівпровідною азбестовою стрічкою.

Взагалі існує декілька видів термореактивної ізоляції, такі як: Моноліт-1, Моноліт-2, Моноліт-3, Моноліт-4, ВЕС-2, Слюдотерм, Моноретм.

Всі ці види відрізняються між собою:

1) складовими ізоляції, такими як:

а) діелектричний бар'єр; б) зв'язуючим елементом (епоксидний компаунд, епоксиполіефірний компаунд, епоксидитольний компаунд, епоксидно-волокнистий компаунд); в) склотканина (десь просто склотканина, а десь сітка з склотканини);

2) основними операціями по виробництву ізоляції;

3) електротехнічними та механічними властивостями;

4) областю застосування (стрижні, катушки).

До недоліків термореактивної ізоляції відносять:

1) ізоляція на термореактивних сполуках за своєю природою є жорсткою і не піддається пластичній деформації в процесі укладання обмотки в паз. При зміні форми відбувається утворення тріщин. Тому дуже важливо надати стрижню ще до ізолювання абсолютно правильну геометричну форму і зберегти її аж до повного закінчення всіх технологічних операцій;

2) процес виготовлення ізоляції «Моноліт» супроводжується виділенням токсичних газів і вимагає герметично закритого обладнання та витяжної вентиляції.

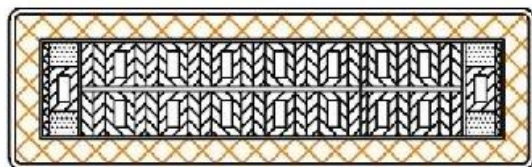
До переваг термореактивної ізоляції відносять:

1) зменшена товщина ізоляції, в порівнянні з мікалентною (рисунок 3);

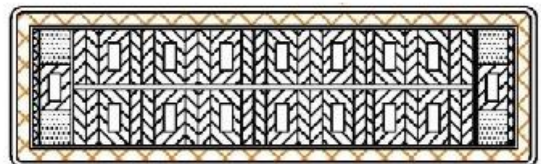
2) більш стійка до високих температур;

3) має більшу міцність (але в той же час доволі крихка).

Заміна мікалентної ізоляції на термореактивну дозволило приблизно на 30% зменшити її товщину при одночасному зменшенні перепаду температури в ній без погіршення надійності ізоляційної конструкції.



а



б

Рисунок 3 – Порівняння термопластичної (а) та термореактивної (б) ізоляції

**Висновки.** Проведено порівняльний аналіз статорної ізоляції турбогенераторів різних епох в машинобудуванні. Показано, що термореактивна ізоляція на епоксидних компаундах володіє низкою переваг перед мікалентною термопластичною ізоляцією, а саме має більшу електричну та механічну міцності, вищу робочу температуру, менші діелектричні втрати.

#### Перелік посилань

1. Створення нових та модернізація діючих турбогенераторів для теплових електричних станцій / Ю.В.Зозулін та інші. - Харків: ПФ «Колегіум», 2011, - 228 с.
2. Проектирование турбогенераторов: учеб. пособие для вузов / В.И.Извеков, Н.А.Серихин, А.И.Абрамов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2005. - 440 с.
3. Проектирование турбогенераторов / Г.М.Хуторецкий, М.И.Токов, Е.В.Толвинская. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. - 256 с.