

Методи та засоби діагностування турбогенераторів ТВВ-1000

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Предметом досліджень є методи та засоби діагностування турбогенераторів

Ключові слова: турбогенератор, ротор, статор, обмотка статора, обмотка ротора.

Abstract

The subject of research is methods and means of diagnosing turbogenerators.

Keywords: turbogenerator, rotor, stator, stator winding, rotor winding.

Вступ

Враховуючи умови введення в експлуатацію турбогенераторів (ТГ) ТВВ – 1000 на АЕС України та завершення 25-річного гарантійного терміну експлуатації, одним із найважливіших стало питання підтримки високого рівня надійності [1] роботи в умовах зниженого залишкового ресурсу. Під час експлуатації зазначеного ТГ виявлено ряд дефектів та набутих пошкоджень. Наприклад, посилюється вібрація на передньому торці обмотки статора турбогенератора, що викликає утворення тріщин у свинцевих прутках і елементах охолодження обмотки статора. Спостерігалися короткі замикання в витках обмотки статора і ротора. Тому вдосконаленню існуючих систем контролю діагностичних параметрів ТГ, періодичного та постійного контролю технічного стану ТГ приділяється велика увага.

Огляд існуючих методів та засобів діагностування ТГ

Наприклад, перевірка технічного стану стрижнів обмоток статора під час діагностування здійснюється до їх укладання. При ступінчастому під йомі напруги від стороннього джерела, з низьким рівнем власних часткових розрядів (ЧР), вимірюються характеристики часткових розрядів в ізоляції стрижня (визначається розподіл інтенсивності часткових розрядів $n(q)$, частотний спектр, уявний заряд і т. п.). Якщо дефекти породжують часткові розряди, що перевищують рівень 500 пКл, то проводять їхню геометричну локацію за часом запізнення сигналів із датчиків ЧР, розташованих на кінцях стрижня [2]. За результатами діагностування визначається обсяг робіт з відновлення ізоляції стрижня.

Обстеження стрижнів проводять за схемою, показаною на рисунку 1.

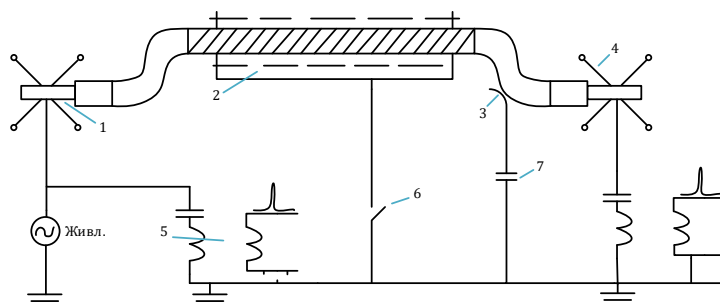


Рисунок 1 – Схема проведення високовольтних випробувань окремих стрижнів обмотки ТГ

На рисунку 1 показана схема проведення високовольтних випробувань обмотки ТГ з подаванням напруги від стороннього джерела. Низькоомний шар (2) ізоляції стрижня (1) вкритий алюмінієвою фольгою, що електрично пов'язана із заземленням і джерелом напруги. Подібна конструкція забезпечує формування умов «короткої» лінії в частині стрижня (пазовій), вкритій фольгою, по якій електромагнітні імпульси від місця виникнення розрядів рухаються до торців стрижня і через узгоджувальні пристрої (5) реєструються високочастотним осцилографом (200-500МГц), а також аналізатором імпульсів. За часовою затримкою між приходами імпульсів до торців стрижня визначається місце дефекту. Для зниження перешкод корони кінці стрижня закриті антикоронувальними електродами (4).

Для визначення дефектів у кінцевих зонах ізолюючого покриття стрижня схема (рис. 1) дещо модифікується, високий потенціал від стороннього джерела подають на електрод 3 при заземленому стрижні, при цьому фіксують струми витоку в ізоляції пристроєм 7, як який можна застосовувати прилад КВІС-40.

Діагностика стрижнів після укладання в пази і розпаювання.

Після встановлення стрижнів (катушок) у пази та їх монтажу проводиться повторне вимірювання характеристик електророзрядної активності. Метою і результатом яких є виявлення дефектів і пошкоджень під час проведення монтажних робіт. Про це може свідчити незмінність характеристик часткових розрядів в обмотки та рівень коронної активності. Критерієм успішності проведеного ремонту також є відсутність нових дефектів або їх допустимий рівень.

Під час проведення випробувань статора в зборі є можливість виявляти електричні розряди, недоступних для прямого оптичного візування, що, очевидно, пов'язано з процесом викиду іонізованого газу з області розряду в зону спостереження, де відбувається рекомбінація збуджених молекул з випромінюванням ультрафіолету рисунок 2 (а, б).



а) 16 паз



б) 32 паз

Рисунок 2 – Ультрафіолетова фотографія фрагментів поверхні лобової частини на пресуючому діелектричному кільці за 31 кВ у збільшеному вигляді (ділянка № 32 і 16 паза) розрядні ділянки виходу стрижнів із паза оптично недоступні (кількість -1423-932 розрядів за хв.).

Метод вібраційного діагностування ТГ

Метод вібраційного діагностування базується на аналізі зміни рівня вібрації за наявності пошкодження елементів конструкції ТГ. Переваги методу такі. Перша перевага полягає у достатній чутливості: оскільки значення сили віброзбудження (яка викликана наявністю пошкодження) пропорційне квадрату індукції у повітряному проміжку. Тому стає можливим виявити пошкодження на ранній стадії розвитку. Друга перевага віброметоду викликана, можливістю визначення параметрів вібрації (яка виникає у вузлах далеко від датчика). Оскільки викликані пошкодженням, механічні коливання безперешкодно розповсюджуються через елементи конструкції генератора, то це дозволяє за допомогою встановлених датчиків фіксувати вібрації на зовнішній поверхні осердя.

Ємнісний метод діагностування ТГ

В основу ємнісного методу покладені вимірювання неелектричних величин за допомогою ємнісних вимірювачів, які можуть працювати в умовах інтенсивних електромагнітних полів. Цей метод є одним з перспективних засобів вимірювання діагностичних параметрів механічних дефектів у потужних ТГ.

Створення сучасної системи контролю діагностичних параметрів [3] та системи діагностування ТГ полягає в переході від детермінованої бази знань про можливі дефекти, до бази знань, яка використовує методи нечіткої логіки. Також, в разі виникнення позаштатних режимів експлуатації, така система контролю дозволяє обробити поточну інформацію більш коректно.

Для впровадження методів нечіткої логіки необхідно перейти від детермінованої бази значень діагностичних параметрів до простору (великої кількості) нечітких двійкових діагностичних ознак. Заради цього необхідно провести логічну декомпозицію системи, у результаті якої отримують множини ситуацій, які перетинаються. Декомпозиція дозволяє дослідити причино-наслідкові зв'язки, які враховують перетин підмножин з ваговими коефіцієнтами та достовірності можливих поточних, передаварійних та аварійних ситуацій, які описуються простором значень діагностичних параметрів у випадку тієї чи іншої декомпозиції.

Відомо, що система діагностування ТГ на основі методу нечіткої логіки дозволяє зменшити зону пошуку на початковому етапі, надає можливість обґрунтованого вибору його початку діагностування та забезпечує зв'язок, у процесі пошуку причини погіршення технічного стану ТГ. Аналіз методів діагностування ТГ свідчить, що використання технічних рішень на основі сучасного діагностичного обладнання дозволяє отримати якісну інформацію щодо технічного стану ТГ. До найбільш ефективних методів діагностики можна віднести такі: контроль генератора за допомогою введеної у повітряний проміжок телекерованої вимірювальної апаратури (щільність заклинення стержнів ОС, якість пресування окремих пакетів сталі осердя, стан міжлистової ізоляції осердя), огляд важкодоступної поверхні вузлів за допомогою ендоскопів, які мають високу роздільну здатність і можливість проникнення у вузькі проміжки вздовж усієї довжини активної сталі статора та ротора;

ультразвуковий контроль щільності крайніх пакетів сталі статора; мікроспектральний аналіз механічних домішок, які містяться в охолоджувальному водні;

використання електронно-оптичних дефектоскопів під час проведення високовольтних випробувань ізоляції ОС для спостереження за ступенем коронування; визначення місцевого перегріву з продуктів піролізу ізоляції в охолодному газі.

Електромагнітна діагностика

Оскільки поява дефекту в електричній машині супроводжується, як правило, значним підвищенням амплітуди електромагнітних параметрів у повітряному проміжку, то результати аналізу цих параметрів є основою якісного діагностування. Незважаючи на віддалення діагностичного обладнання від місця пошкодження, зростання амплітудних значень електромагнітних параметрів, яке має місце (безпосередньо в зоні дефекту) достатнє для визначення поточного технічного стану ТГ засобами діагностування (оскільки електромагнітні хвилі розповсюджуються у конструктивному об'ємі машини).

Перевагою такої діагностики є можливість її проведення без розбирання та зупинення ТГ, під час експлуатації. Однак, в процесі діагностування необхідно враховувати те, що максимальну деформацію магнітного поля, а, отже, і максимальну чутливість обладнання до змін діагностичних параметрів можна забезпечити лише у разі неперервної їх реєстрації.

Висновки

Сучасні системи діагностування потужних турбогенераторів АЕС дозволяють вирішувати актуальні задачі підвищення якості їх експлуатації.

Враховання результатів використання сучасних діагностичних систем та обладнання дозволяє підвищити надійність турбогенераторів, експлуатаційний ресурс, зменшити час ремонту та витрати на відновлення технічного стану.

Комплексне та оптимальне використання різних методів та засобів діагностування турбогенераторів спрямоване на продовження терміну їх безаварійної експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основні вимоги до сучасних систем діагностики потужних турбогенераторів / Д. Хвалін // Nuclear Power and the Environment. – 2022. – № 1. – С. 28 – 38.
2. Розвиток наукових засад та розробка засобів підвищення показників безвідмовності потужних турбо і гідрогенераторів / О. Кенсицький // Праці ІЕД НАН України. – 2019. – Вип. 53. – С. 39 – 47.
3. Analysis of development directions of on-line diagnostics of synchronous generator / O. Rubanenko, S. Gundebommu, I. Hunko, Z. Peroutka // Przegląd Elektrotechniczny. – 2021. – Vol. 97, № 4. – P. 20-26.

Буток Костянтин Андрійович – студент, факультет електроенергетики та електромеханіки, група 2ЕЕ-20б, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Butok Konstantin A. – student, Faculty of Electric Power Engineering and Electromechanics, group 2EE-20b, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Рубаненко Олександр Євгенійович – професор кафедри електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Rubanenko Oleksandr Y. – professor of the department of electrical plants and systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia