

МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ РЕМОНТНО-ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ ГЕНЕРУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ

Куплінов В.А., студент, Халіков В.А., д.т.н.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Згідно з [1], станом на 2019 рік переважна більшість генеруючого обладнання та магістральних мереж 220-750 кВ має значний ступінь зносу. А саме:

1. 83% енергоблоків ТЕС і ТЕЦ відпрацювали призначений термін;
2. 70% енергоблоків АЕС потребують подовження строку експлуатації;
3. 90% ліній та 55% основного устаткування підстанцій відпрацювало номінальний технічний ресурс.

Для забезпечення безперебійної роботи ЕОС України треба вміти вчасно проводити технічну діагностику обладнання. Технічна діагностика призначена для зменшення аварійних простоїв і витрат на ремонти обладнання на основі раннього виявлення дефектів і своєчасного їх усунення.

Мета роботи. Завданням даної роботи є визначення методів діагностики генеруючого обладнання та їх особливостей.

Матеріали та результати досліджень. Технічна діагностика генеруючого обладнання охоплює два основні напрями - оперативну та ремонтну діагностику.

До основних завдань оперативної діагностики входить [2]:

- 1) раннє виявлення дефектів на працюючому або виведеному з роботи для обстеження обладнанні;
- 2) прогнозування розвитку дефектів, оцінка їх небезпеки, оцінка загального стану обладнання;
- 3) підготовка рекомендацій щодо подальшої експлуатації обладнання (негайне виведення в ремонт, зсув термінів планових ремонтів, зниження навантаження тощо).

Ремонтна діагностика використовується на виведеному з роботи в ремонт обладнанні. До її основних завдань входить [2]:

- 1) локалізація дефектів обладнання;
- 2) визначення обсягу ремонтно-відновлювальних робіт аж до рекомендації про доцільність заміни обладнання або його окремих конструктивних вузлів.

На сьогодні ремонтна діагностика є практично єдиним засобом виявлення дефектів. Ремонтна діагностика генеруючого обладнання охоплює низку традиційних методів: візуальний контроль, використання наявних інструментальних засобів контролю матеріалів, наприклад, за зміною структури і властивостей металу, наявністю тріщин, корозійного та ерозійного зносу. Для генераторів, це, наприклад, визначення втрат і температур під час кільцевого намагнічування статора.

Далі розглянемо оперативну діагностику, яка потребує нині найбільших зусиль. Виявлення дефектів методами оперативної діагностики виконується за

допомогою діагностичних ознак. Діагностичні ознаки можуть бути використані результати вимірювання за допомогою штатних або спеціальних засобів контролю та органолептичні дані (шум, запах, іскріння тощо) у поєднанні з архівною інформацією. Серед широко використовуваних діагностичних ознак на працюючому обладнанні можна відзначити результати вимірювання вібрацій обертових і нерухомих вузлів (насамперед для турбо- і гідроагрегатів), результати вимірювання температур (для всіх видів обладнання), результати вимірювання електричних величин (для електротехнічного обладнання).

Розробка окремих діагностичних методів досить специфічна, оскільки пов'язана з аналізом фізичних і хімічних процесів в устаткуванні, питаннями вимірювань, метрології, тощо. Тут слід зупинитися на загальній схемі розв'язання першої основної задачі оперативної діагностики - ранньому виявленні дефектів або безпосередній постановці діагнозу. Формальна постановка задачі наступна: відомі (за результатами вимірювань або іншими процедурами) значення всіх наявних діагностичних ознак. Потрібно визначити, якому дефекту обладнання цей набір ознак відповідає, або, суворіше, які при цьому ймовірності появи різних дефектів.

Насамперед, необхідний кількісний опис для кожної діагностичної ознаки. Найпростішими і досить поширеними є ознаки бінарного типу, що приймають тільки два значення: 1 (ознака є) і 0 (ознаки немає). Так описуються всі ознаки, засновані на принципі "за перевищенням уставки", наприклад підвищена температура або вібрація. Основний недолік такого підходу в тому, що діагноз визначено тільки за заданих поєднань ознак. Будь-яке відхилення від заданих поєднань викликає невизначеність діагнозу. У діагностичних системах із великим числом ознак кількість таких невизначених поєднань дуже велика.

Більш ефективним є інший спосіб описів, який у теорії експертних систем використовується для Баєсового підходу до діагнозу. У такому випадку діагноз встановлюється за допомогою теореми Баєса і має вигляд (1):

$$p\left(\frac{D_i}{KO_k}\right) = \frac{p_i \cdot \prod_{j=1}^m C_{ij}(P_j)}{\sum_{\gamma=0}^n p_\gamma \cdot \prod_{j=1}^m C_{\gamma j}(P_j)} \quad (1)$$

де p_i – ймовірність появи дефекту D_i ,

$p(D_i/KO_k)$ – ймовірність появи дефекту D_i за умови появи певного комплексу ознак KO_k .

$C_{ij}(P_j)$ – величини, що залежать від фактичного значення ознаки P_j та для бінарних ознак становлять (2):

$$\begin{cases} C_{ij}(P_j) = C_{ij} \text{ якщо } P_j = 1 \\ C_{ij}(P_j) = 1 - C_{ij} \text{ якщо } P_j \neq 1 \end{cases} \quad (2)$$

Постановкою діагнозу закінчується розв'язання першої основної задачі оперативної діагностики. Для розв'язання другої та третьої основних задач – прогноз розвитку дефектів, оцінка стану, підготовка та обґрунтування рекомендацій по експлуатації окрім величин $p(D_i/KO_k)$ потрібна ще одна величина q_i – ймовірність того, що дефект D_i з'явився, а жодна з ознак P_j не виникла (3):

$$q_i = \prod_{j=1}^m (1 - C_{ij}) \quad (3)$$

Основою оптимізації ремонтно-технічного обслуговування є розв'язання другої основної задачі діагностики – прогнозування розвитку дефектів і кількісна інтегральна оцінка стану генеруючого обладнання.

Як показник інтегральної оцінки стану генеруючого обладнання приймають сумарне математичне сподівання тривалості вимушених простоїв через відмови, спричинені можливими дефектами з урахуванням результатів діагностики та прогнозу на встановлений відрізок часу. При цьому враховуються і ремонтні витрати, пропорційні тривалості простою.

Показник інтегральної оцінки стану (ПІОС) розраховується за наступною формулою (4):

$$Q = \sum_{i=1}^N \Delta t_i \quad (4)$$

де Δt_i – очікуваний час вимушеного простою через дефект D_i ,

N – загальна кількість дефектів генеруючого обладнання.

Під час розрахунків величин Δt_i і показника Q використовують наступні передумови:

1. Вважають, що діагностування здійснюють у моменти часу t_1, \dots, t_k , щоразу можлива поява тільки одного дефекту, причому один і той самий дефект не з'являється в різні моменти часу.

2. Діагноз встановлюється за появою діагностичних ознак у ймовірнісному вигляді за допомогою Баєсового підходу. Матриця коефіцієнтів зв'язку ознак і дефектів $C_{ij}(P_j)$ вважається заданою.

3. Імовірність відмови за певний період часу може бути розрахована як за випадкової появи дефекту D у будь-який момент часу (випадок недіагностованих дефектів або дефектів, пропущених системою діагностики), так і за появи дефекту в деякий відомий (завдяки діагностиці) момент часу t_k .

Середньомовірнісна тривалість вимушеного простою розраховується як добуток середнього часу відновлення T_i на ймовірність відмови.

4. Враховується шляхом введення фіктивних дефектів можливість помилкового спрацьовування діагностичної системи.

5. Під час розрахунку показника Q використовується принцип суперпозиції, тобто величини Δt_i рахуються окремо і незалежно, а потім підсумовуються. Таким чином, взаємний вплив дефектів один на одного поки безпосередньо не враховується. Коли різні дефекти відносяться до різних елементів генеруючого обладнання, наприклад до котла і генератора, цей облік взагалі не потрібен.

Висновок. Із розглянутих постановки та розв'язання основних задач діагностики та методів, що найчастіше використовуються для виявлення дефектів генеруючого обладнання та інших агрегатів електричної мережі, впливає раціональність поєднання інтегральної оцінки стану генеруючого обладнання з Баєсовським підходом до оперативної діагностики.

Перелік посилань

1. Удосконалення методів прогнозування ризиків порушення роботи електричних агрегатів/ С. В. Доморошин – Запоріжжя, 2021. – 233 с.

2. Надежность систем энергетики и их оборудования: Справочник в 4-х т. / под ред. М. Н. Розанова – Т.2. Надежность электроэнергетических систем – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 568 с.