

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

О.О. Мазуренко, В.В.Самсонов, О.А. Хлобистова

Національний університет харчових технологій

В.П. Угляренко

НТЦ НАЕК «Енергоатом»

У статті показано, що для забезпечення надійності електротехнічних перетворювачів шляхом запобігання відмов варто використовувати діагностичний комплекс, в програмному забезпеченні якого враховані дані попередніх досліджень конкретного електротехнічного перетворювача. Використання такого діагностичного комплексу дозволить суттєво зменшити збитки від перебоїв в електропостачанні.

Ключеві слова: *електромеханічний перетворювач, електропостачання, діагностичний комплекс, надійність, тестові випробування.*

На сьогоднішній день електроенергія є найбільш мобільним видом енергії, що легко перетворюється в інші форми (механічну, термічну енергію, енергію світла тощо). Зважаючи на це, сучасний споживач усе більше орієнтується на електропостачання. Потреби в енергії визначаються такими основними споживачами:

- промисловість і сільське господарство;
- комунальне господарство і сфера обслуговування;
- транспорт [1].

Електротехнічна промисловість випускає мільйони механізмів на основі електродвигуна, що дозволяють автоматизувати більшість галузей народного господарства. Завдяки цьому промисловість, сільське господарство і транспорт є головними споживачами електроенергії. Частка цих галузей складає близько 70 % від виробленої електроенергії у світі. Решта (приблизно 30 % від виробленої електроенергії) витрачається в комунальному господарстві та сфері обслуговування. І чим відповідальніша робота виробничого об'єкта, тим важливішою є роль комунального господарства для підтримки необхідних умов для виробництва й обслуговуючого персоналу. Отже, технічний прогрес практично всіх основних галузей промисловості залежить від роботи електротехнічного обладнання [2].

За законодавством, кожен споживач повинен безперервно отримувати необхідну йому електроенергію. Але через різницю між спожитою та виготовленою енергією час від часу виникають перебої в її постачанні споживачам. Таким чином, для запобігання техногенних аварій і катастроф, часткового або повного паралічу виробництва, а також життєзабезпечення населення необхідна безперервна й стабільна поставка електроенергії.

Через різноманіття джерел споживання рівень спожитої електроенергії коливається протягом доби, тижня, сезону залежно від кількості включених у мережу споживачів, кліматичних умов і багатьох інших факторів. Коливання бувають поступові і стрибкоподібні (раптові), тому рівень спожитої

електроенергії характеризують трьома показниками: базисний, проміжний і піковий. У випадку поступових коливань рівномірний розподіл електроенергії та «погашення» проміжних і пікових навантажень у мережі здійснюється за допомогою об'єднання всіх електростанцій в єдину енергосистему, що дозволяє раціонально їх використовувати, варіювати вихідну потужність, враховуючи навантаження в мережі. Базисне навантаження, що складає 60 % від максимального навантаження, протягом стандартного робочого дня досягається на рівні номінальної потужності за рахунок атомних електростанцій (АЕС), теплових (ТЕС, ТЕЦ) і гідроелектростанцій (ГЕС). Інші види електростанцій, такі як гідроакумулюючі (ГАЕС), газотурбінні установки (ГТУ), є допоміжними засобами для вирівнювання загального навантаження в мережі шляхом їх тимчасового підключення до загальної мережі енергосистеми для компенсації проміжних і пікових навантажень [1].

У той же час слід констатувати, що через зміни сумарної потужності споживачів стрибкоподібні коливання є невід'ємною частиною функціонування енергосистеми. Зміна діючого значення напруги і частоти в мережі згубно впливає на все електрообладнання, підключене до мережі, та на електростанції. Стрибкоподібна зміна значення напруги і частоти в мережі так чи інакше скорочує термін служби обладнання й особливо сильно позначається на чутливому електрообладнанні, тому для збільшення надійності електропостачання великі цукрові й горілчані заводи мають «особисті» ТЕЦ для виробництва електроенергії у випадках різкого припинення живлення з мережі. Вироблена на них енергія використовується як для потреб виробництва, так і для забезпечення електроенергією місцевого населення.

Однією з особливостей енергетичного виробництва є його безперервність і неможливість складування продукції — електроенергії. Саме від надійності роботи основного устаткування безпосередньо залежить ефективність виробництва електричної енергії.

Схематично енергосистему можна відобразити так (рис. 1).

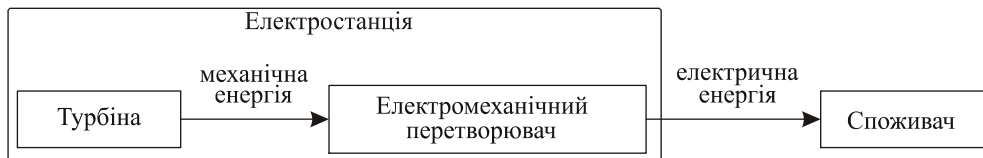


Рис. 1. Основні ланки енергосистеми

З усього використаного обладнання для отримання електроенергії ключовим є ЕП — електричний перетворювач. Це синхронний генератор, який є сполучною ланкою між електростанцією та споживчою мережею енергосистеми (рис. 1). Від рівня надійності електричного генератора залежить енергопостачання всіх підприємств і населення в цілому.

Як було зазначено вище, ЕП працює в умовах непередбачуваних змін сумарної потужності споживачів. Різке збільшення кількості споживачів, як правило, призводить до збільшення механічного навантаження на вали електромеханічного перетворювача електростанцій. Особливо згубно це позначається на валах ЕП в електростанцій, де основне обладнання працює більше за зазначений термін експлуатації.

Оскільки практично кожний ЕП працює в особливих умовах, відмінних від інших умов експлуатації, то і показники надійності для кожного ЕП

повинні визначатися індивідуально. Зважаючи на це, в [4] запропоновано використовувати для електроенергетичних об'єктів відповідну систему показників:

Індивідуальний передній наробіток між відмовами об'єкта $T^i(t)$ — відношення обмеженого інтервалу експлуатації об'єкта t до $n^i(t)$ кількості відмов об'єкта при визначених умовах експлуатації (функціонування):

$$T^i(t) = t/n^i(t).$$

Оскільки для енергетичних об'єктів характерні як раптові, так і поступові відмови, то доцільно за аналогією використати окремо показники для раптових і для поступових відмов.

Індивідуальний середній наробіток між раптовими відмовами об'єкта $T^i(t)$ — відношення обмеженого інтервалу експлуатації об'єкта t до $m^i(t)$ кількості раптових відмов об'єкту при визначених умовах експлуатації (функціонування):

$$T^i(t) = t/m^i(t).$$

Індивідуальний середній наробіток між поступовими відмовами об'єкта $T^i(t)$ — відношення обмеженого інтервалу експлуатації об'єкта t до $r^i(t)$ кількості відмов об'єкта при визначених умовах експлуатації (функціонування):

$$T^i(t) = t/r^i(t).$$

Але для того, щоб визначити ці показники, необхідно використати автоматизовані системи контролю. Такі системи встановлені на всіх українських АЕС.

За допомогою впроваджених автоматизованих систем контролю стежать тільки за тим, щоб основні параметри, які характеризують стан основних вузлів ЕП, не перевищували максимально допустимі значення, задані заводом-виробником. Випробування ЕП з метою аналізу стану самого ЕП та його основних вузлів проводиться 1 раз на 10 років і після аварійних зупинок за алгоритмом, вказаним у методичних вказівках [5]. Такий метод контролю не дозволяє отримати своєчасні висновки про стан об'єкта, тому що ці висновки втрачають актуальність буквально через годину після зняття показників з датчиків.

Слід звернути увагу на ще один недолік існуючої методики. Після випробувань на нагрівання ЕП з n -ої кількості стрижнів обмотки статора вибирається той, який сильніше нагрівся. Для цього статора будується графік нагрівання залежно від навантаження (квадрата струму статора — I^2). На підставі даного графіка робляться висновки про стан ЕП, перевіряється залишковий запас нагрівання при роботі об'єкта з номінальною потужністю. За подібною методикою проводиться аналіз нагріву осердя статора, нагрів обмотки ротора тощо. Але даний спосіб не дозволяє своєчасно запобігти виникненню відмови, що може призвести до поломки ЕП, в результаті чого збільшиться часовий період простою та витрати на його ремонт.

ЕП є складним технічним об'єктом, що вміщує більш ніж 300 тис. деталей. У процесі його експлуатації безперервно проходять фізико-хімічні, термічні і геометричні процеси, які так чи інакше впливають на саму роботу об'єкта і які можуть стати однією з причин появи нового дефекту, що спричинить поломку ЕП. Ще одним негативним чинником можна вважати недостатню компетентність обслуговуючого персоналу, який не завжди в змозі одразу

розпізнати передаварійну ситуацію. До того ж зовнішні умови експлуатації можуть змінити стан об'єкта в будь-який момент часу, через що нагрів стержня змінюється залежно від стану самого об'єкта. Ймовірність відмови збільшується зі збільшенням температури стержня.

Слід зауважити, що аналізується тільки один стержень у момент зняття показників. У процесі експлуатації ЕП нагрів змінюється у всіх стержнів, через що в наступний момент часу найгіршим стержнем може стати зовсім інший зі своїм індивідуальним графіком нагріву. У зв'язку з цим необхідно впровадити діагностичний комплекс, однією з функцій якого є визначення стану об'єкта в будь-який момент часу. Це дозволить своєчасно відреагувати на появу дефекту й проаналізувати його розвиток і вплив на функціональність самого об'єкта. Одержані дані дозволять оперативно розрахувати обмеження щодо навантаження.

Суттю всіх діагностичних комплексів є порівняння чисельних характеристик об'єкта в певний момент часу з еталонними. В даний час ні технічною документацією, ні тими або іншими джерелами не обумовлюються необхідні параметри, на підставі яких можна оцінити стан ЕП і робити висновки про його працездатність, тому потрібно розробляти принципово нові діагностичні комплекси. Слід розробити спеціальну методику тестових випробувань, в процесі яких будуватимуться функції змін параметрів ЕП саме для конкретного перетворювача. Аналіз таких функцій змін параметрів показав, що кожен, навіть однотипний, ЕП має індивідуальні характеристики, які впливають на показники діагностованих параметрів. Перед безпосереднім введенням об'єкта в експлуатацію або після ремонтних робіт необхідно проводити спеціальні тестові випробування для визначення функцій зміни різних параметрів (Fpri), що характеризують конкретний ЕП і будуть прийматися за еталони для діагностичного комплексу конкретного ЕП. Такі тестові випробування повинні проводитися підготовленими фахівцями за затвердженими програмами, адже якщо визначені функції змін міститимуть похибки, то рішення, які прийматимуться за результатами порівнянь з такими еталонами, також будуть помилковими, що спричинить запізнилу реакцію діагностичного комплексу на появу відмов або відтермінує визначення передаварійного стану.

При проведенні тестових випробувань одержують індивідуальні характеристики конкретного ЕП. На підставі отриманих результатів визначається його відповідність вимогам стандартів, якість збірки і налагодження, що дозволяє встановити максимально допустимі навантаження і максимально допустимі параметри при тривалій роботі об'єкта з номінальним навантаженням при номінальних значеннях потужності. Якщо отримані результати перевищують гранично допустимі параметри, зазначені технічною документацією, то потужність ЕП обмежують до з'ясування й усунення причин [3].

Використання ЕОМ (програмного комплексу) для отримання параметрів в онлайн режимі і їх періодичне порівняння з еталонною функцією зміни — Fpri, дозволить актуально і своєчасно реагувати на зміни в об'єкті для запобігання передаварійним ситуаціям. Це так само дозволить прогнозувати стан ЕП в будь-який момент часу з урахуванням додаткових факторів або обмежень з точки зору найгіршої ситуації. Наприклад, у випадку з нагрівом стержнів обмотки статора програмний комплекс буде будувати графік розвитку нагріву для кожного з них, і стан генератора визначатиметься відповідно до стану найгарячішого стержня. При такому аналізі нагріву хоча б одного зі стержнів програмний комплекс має можливість розрахувати

обмеження навантаження ($I_{\text{ном}}$) згідно з новими даними. Додатково контроль за діапазоном нагріву кожного стержня програмний комплекс у складі діагностичного комплексу дозволить перевірити достовірність показів і справність датчиків.

Завдяки динамічній базі даних, в якій діагностичний комплекс зберігає історію зміни параметрів, а результати аналізу дають змогу хронологічно визначити момент дефекту на ранніх стадіях і проаналізувати першопричини його виникнення, поповнюється база знань експертних систем. Це, у свою чергу, дозволяє істотно звужити список рекомендацій, який видається програмою з метою уточнення самого дефекту і методів його усунення.

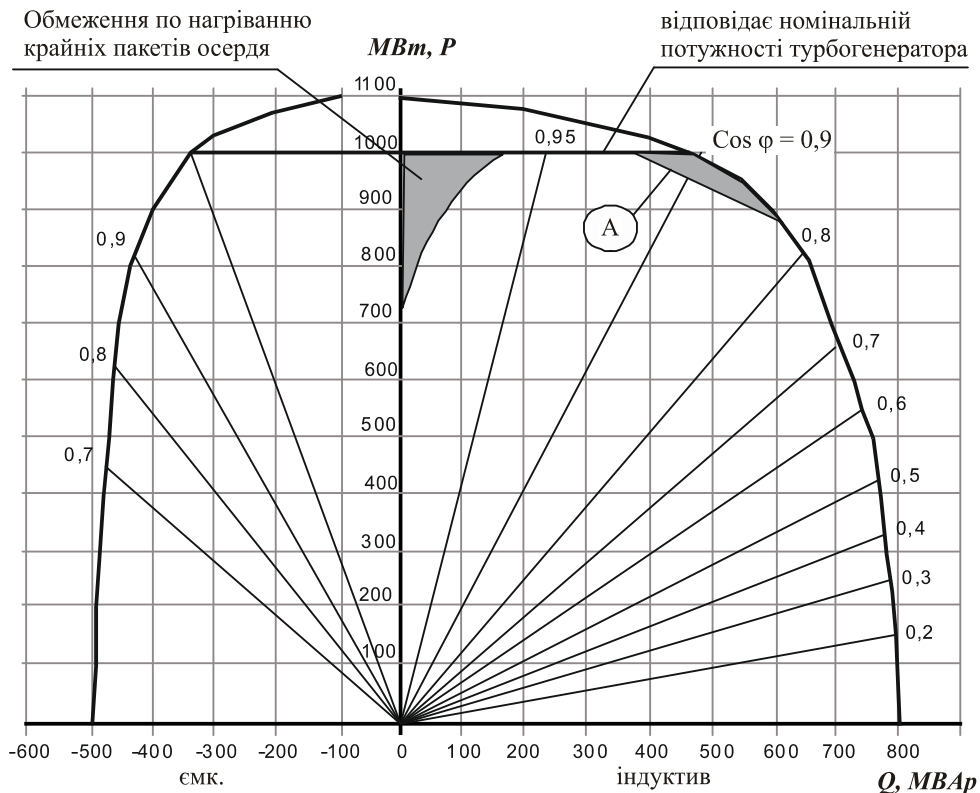


Рис. 2. Уточнена діаграма потужності ЕП

Програмне забезпечення діагностичного комплексу повинно включати комплекс задач, які діагностують основні вузли ЕП. Наприклад, для турбогенераторів це такі показники: вимірювання температури обмотки статора, вимірювання температури обмотки ротора й осердя, визначення міжвиткових замикань обмотки ротора тощо. Таким чином, *задачі діагностики ДК дозволяють більш повно контролювати й аналізувати стан об'єкта та здійснення всіх його функцій у режимі онлайн.*

Виконувані перед введенням об'єкта в експлуатацію спеціальні тестові випробування дають змогу провести перевірку на наявність дефекту або дефектних компонентів, визначити помилки при виробництві й монтажу ЕП. Такі випробування також дозволяють, у разі необхідності, розрахувати уточнену діаграму потужності конкретного ЕП (рис. 2), згідно з якою, незважаючи на стабільну і надійну роботу самого об'єкта, необхідно ввести певні обмеження

(зона «А»). При прогнозуванні розвитку дефекту і його впливу на працездатність ЕП така діаграма дозволить більш точно розрахувати обмеження потужності, при яких критичні параметри не перевищуватимуть максимально допустимих для запобігання або зменшення швидкості розвитку самого дефекту з метою зменшення ймовірності виходу з ладу всього ЕП до планового ремонту. Це, у свою чергу, дозволить суттєво знизити витрати на ремонтні роботи та зменшити збитки для самої електростанції.

Висновок

Використання діагностичного комплексу для прогнозування стану електротехнічного перетворювача дозволить прогнозувати можливі відмови в його роботі шляхом пошуку «слабшої ланки», що дасть змогу своєчасно вжити заходів щодо усунення або принаймні зменшення наслідків аварійних ситуацій шляхом переходу на полегшені режими експлуатації і, таким чином, запобігти перебоєм в електропостачанні.

Література

1. Гор-Лесси Я. Ядерное электричество, монография. — Ростов-на-Дону, ОАО «Ростиздат», 2002. — 112 с.
2. Скляр В.Ф., Гуляев В.А. Диагностическое обеспечение энергетического производства. — К.: Техника, 1985. — 184 с.
3. Копылов И.П. Электрические машины: Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. — М.: Высш. школа; Логос; 2000. — 607 с.
4. Пампура В.И. Основные показатели в теории управления индивидуальной надежностью энергооборудования. Препринт 750. Академия наук Украины Институт электродинамики. — Киев, 1993. — 56 с.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В.В.Самсонов, О.А. Хлобыстова, О.А. Мазуренко

Национальный университет пищевых технологий

В.П. Угляренко

НТЦ НАЭК «Энергоатом»

В статье показано, что для обеспечения надежности эксплуатации электротехнических преобразователей требуется использование диагностического комплекса для предупреждения возникновения и анализа развития отказов. Из-за сложности конструкции каждый отдельно взятый электрический преобразователь является индивидуальным, поэтому данный диагностический комплекс обязан использовать в своей основе корректный эталон, составленный индивидуально для каждой отдельно взятой машины на основе тестовых испытаний и исследований изменения состояний машины с момента ее внедрения в эксплуатацию. Индивидуальность эталона играет ключевую роль в определении истинного технического состояния машины, что позволит существенно повысить эксплуатационные надежность характеристики электрических преобразователей и существенно уменьшить ущерб от перебоев в электроснабжении населения и отраслей народного хозяйства.

Ключевые слова: *электромеханический преобразователь, электроснабжение, диагностический комплекс, надежность, тестовые испытания.*

HEAT AND ELECTRICITY

MAZURENKO O., SAMSONOV V., KHLOBYSTOVA O., UGLYARENKO V. INCREASING OPERATIONAL RELIABILITY OF ELECTRICAL CONVERTER

The paper shows that, to ensure reliable operation of electrical converters require the use of a diagnostic facility to prevent the emergence and development analysis failures. Because of the complexity of the design, every single electrical converter is an individual, so this diagnostic system must use basically correct standard, compiled individually for each individual machine on the basis of tests and studies of changes in states machine since its introduction into service. individuality standard plays a key role in determining the true technical state of the machine, which will significantly improve the performance reliability characteristics of electrical transformers and significantly reduce the damage caused by power outages and population sectors of the economy.

Keywords: electromechanical converter, power supply, diagnostic equipment, reliability, test phase.

