

УДК 621.313

**КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ГЕНЕРУЮЧОГО
ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ**

Г.М.Федоренко, докт.техн.наук, **О.Г.Кенцицький**, канд.техн.наук,
Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна.

Розглянуто основні принципи комплексного аналізу аварійних ситуацій генеруючого обладнання електростанцій. Наведено приклади аналізу аварій потужних турбогенераторів енергоблоків АЕС. Запропоновано заходи по удосконаленню систем контролю й моніторингу обладнання та експлуатаційної нормативно-технічної документації. Бібл. 2.

Ключові слова: турбогенератор, пошкодження, аварія, аналіз.

Аналіз інцидентів на електростанціях України, пов'язаних з незапланованими відключеннями енергоблоків від мережі і зниженням навантаження, свідчить, що їх значна частина (від 30 до 70 %) викликана недостатньою надійністю електротехнічного обладнання. Зокрема, найбільша частка в причинах недовиробітку електроенергії через електротехнічне обладнання припадає на турбогенератори (до 70–80 %). Тобто, найбільш ненадійним елементом у технологічному ланцюжку «котел (реактор)–турбіна–турбогенератор–трансформатор» на сьогодні є турбогенератор. Доба незапланованого простою турбогенератора АЕС потужністю 1000 МВт – це економічні втрати у 840000 US\$ тільки від недовиробітку електроенергії.

Метою комплексного аналізу аварійних ситуацій генеруючого обладнання електростанцій є, в першу чергу, визначення безпосередніх причин виникнення й розвитку пошкоджень, виявлення недоліків і вад систем контролю та моніторингу технічного стану обладнання й нормативно-технічної експлуатаційної документації і, насамкінець, розроблення дієвих, науково обґрунтованих заходів по виключенню можливості повторення аналогічних аварій. Комплексний підхід передбачає наявність розвинутої системи реєстрації, обробки та збереження поточної експлуатаційної інформації з елементами контролю й моніторингу технічного стану обладнання, адекватних математичних моделей та бази знань, що відображають реальний перебіг фізичних процесів в елементах і вузлах устаткування (рисунок).

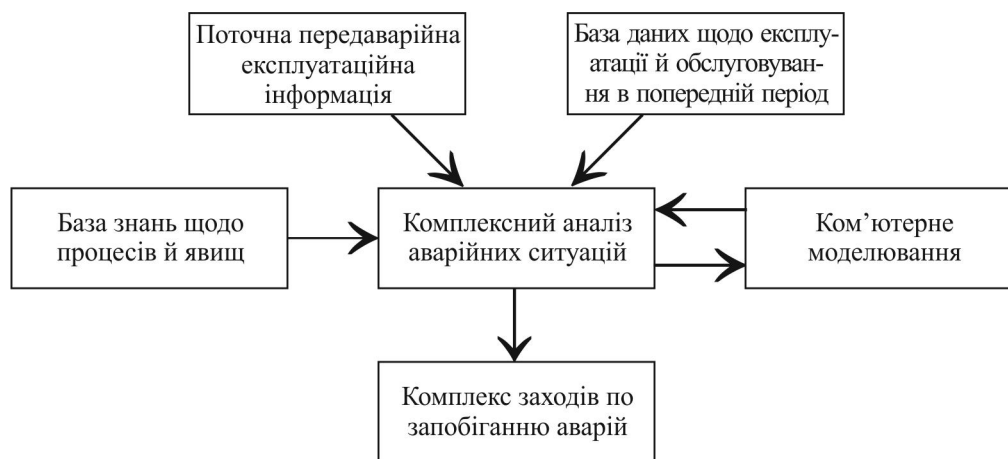


Рис. 1

Аналіз передаварійної інформації з урахуванням даних попереднього експлуатаційного стану обладнання (у тому числі по проведених роботах з ремонту й обслуговування) та з залученням наявної бази знань щодо процесів і явищ у його активних елементах дозволяє за допомогою математичного моделювання дослідити процес розвитку аварії та обґрунтувати висновки щодо причин її виникнення, а також заходи по запобіганню аналогічних випадків у майбутньому.

Запропонований комплексний аналіз аварійних ситуацій генеруючого обладнання було реалізовано авторами при розслідуванні аварійних зупинок енергоблоків АЕС, пов'язаних із пошкодженнями турбогенераторів, – енергоблоку № 1 Калінінської АЕС (1988 р.), енергоблоку № 3 Южно-Української АЕС (2006 р.) та енергоблоку «Кайга-3» (Індія, 2007 р.).

Для всіх трьох випадків загальною була кінцева подія – пробій головної ізоляції обмотки статора. Такі пошкодження вимагають значних витрат на ремонт, і їхнє усунення триває кілька місяців. Недовиробіток електроенергії тільки від простою енергоблоку № 3 Южно-Української АЕС становив понад 2477 млн. кВт-годин (83,2 млн. US\$). У третьому випадку проведений аналіз розвитку аварії дозволив українській стороні уникнути судових переслідувань на 37 млн. US\$ [1].

Як результат аналізу можна відзначити наступне.

1. Одним із основних супутніх факторів (якщо не вирішальним), що сприяє розвитку аварії, є «людський фактор». В усіх трьох випадках важких (з точки зору збереження працездатності турбогенератора) ушкоджень можна було б уникнути, якщо оперативним персоналом було б правильно інтерпретовано поточну інформацію, що надходила від штатних систем контролю. Все, що необхідно було зробити, – це своєчасно відключити машину від мережі. Одним із дієвих заходів зниження впливу «людського фактору» є максимальна автоматизація не тільки збору, а й аналізу оперативної інформації та моніторингу стану обладнання.

2. Для надійного моніторингу технічного стану потужних електричних машин із рідинним охолодженням обмотки статора контролю температури стрижнів за допомогою термометрів опору, встановлених у пазах, недостатньо. Система термоконтролю має бути обов'язково доповнена контролем температури холодоагенту на виході із кожного стрижня обмотки статора.

3. Суттєвим недоліком сучасних систем штатного термоконтролю потужного генеруючого обладнання є відсутність ефективних алгоритмів і програмних засобів автоматичної перевірки працездатності системи в цілому і окремих термометрів опору зокрема.

4. Вологість водню в корпусі генератора є ефективною діагностичною ознакою герметичності системи охолодження машини і має постійно контролюватися. Турбогенератори із рідинним охолодженням активних зон мають бути оснащені автоматизованими системи постійного контролю вологості внутрішнього холодоагенту (водню або повітря). При цьому контролюватися має відносна вологість, а не точка роси.

Експлуатаційна документація потужних машин із рідинним охолодженням має бути доповнена нормами щодо граничних значень відносної вологості холодоагенту у корпусі з зазначенням конкретних дій персоналу у разі відхилення від цих норм.

Висновки. Запропоновані принципи комплексного аналізу аварійних ситуацій потужного генеруючого устаткування електростанцій на практиці довели свою дієвість й ефективність. Подальший розвиток технології аналізу має базуватися на випереджаючому розширенні можливостей автоматизованих систем управління технологічним процесом (АСУ ТП) енергоблоків електростанцій щодо реєстрації, обробки та збереження інформації із розширенням кількості параметрів, що контролюються.

1. Кенсичкий О.Г., Ключников А.А., Федоренко Г.М. Безопасность, надежность и эффективность эксплуатации электротехнического и электроэнергетического оборудования блоков АЭС. – Чернобыль (Киев. обл.): Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2009. – 240 с.

2. Ермолин Н.П., Жерихин И.П. Надежность электрических машин. – Л.: Энергия, 1976. – 248 с.

УДК 621.313

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ГЕНЕРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ
Г.М.Федоренко, докт.техн.наук, **О.Г.Кенсичкий**, канд.техн.наук,
Институт электродинамики НАН Украины, пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина.

Рассмотрены основные принципы анализа аварийных ситуаций генерирующего оборудования электростанций. Приведены примеры анализа аварий мощных турбогенераторов энергоблоков АЭС. Предложены меры по усовершенствованию систем контроля и мониторинга оборудования и эксплуатационной нормативно-технической документации. Библи. 2.

Ключевые слова: турбогенератор, повреждение, авария, анализ.

COMPLEX ANALYSIS OF EMERGENCY SITUATIONS OF GENERATING EQUIPMENT OF POWER-STATIONS

G.M. Fedorenko, O.G. Kensytskyi,
Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine,
pr. Peremogy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine.

Basic principles of analysis of emergency situations of generating equipment of power-stations are considered. Examples of analysis of accidents of powerful turbine generators of power units of NPP are made. Measures are offered on the improvement of the checking and monitoring systems of equipment and operating normatively-technical documentation. References 2.

Key words: turbine generator, damage, accident, analysis.

1. Kentsitskii O.G., Kliuchnikov A.A., Fedorenko G.M. Safety, reliability and efficiency of exploitation of electrical engineering and electroenergy equipment of blocks NPP. – Chernobyl (Kievskaiia obl.). – Institut problem bezopasnosti AES NAN Ukrainy, 2009. – 240 p. (Rus)

2. Ermolin N.P., Zherikhin I.P. Reliability of electric machines. – Leningrad: Enerhiia, 1976. – 248 p. (Rus)

Надійшла 13.01.2012

Received 13.01.2012