

О.О. РУБАНЕНКО, В.П. ЯНОВИЧ

Західночеський університет, м. Плезнь, Чехія

І.О. ГУНЬКО

Вінницький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ПОШКОДЖЕННЯ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ

В статті проаналізовано інформацію щодо стану обладнання теплових електричних станцій в Україні. Досліджено пошкоджуваність основних елементів синхронних генераторів. Виявлено потенційно «слабкі» місця генератора, які потребують онлайн діагностування. Запропоновано для ранньої ідентифікації пошкоджень елементів синхронних генераторів використовувати методи онлайн діагностування, але з аналізу ефективності їх роботи зрозуміло, що вони теж потребують вдосконалення. Тому в статті розроблено дерево аналізу пошкоджень синхронного генератора з врахуванням досвіду експлуатуючого персоналу та нормативних документів.

Ключові слова: синхронні генератори, системи онлайн діагностування, дерево пошкоджень.

O.O. RUBANENKO, V.P. YANOVYCH

University of West Bohemia, Plzen, Czech Republic

I.O. HUNKO

Vinnitsia National Technical University

RESEARCHING OF REASONS FAULT ON SYNCHRONOUS GENERATORS

The article analyses information on the state of equipment of heat power plants in Ukraine. Researched probability of fault of main elements of synchronous generators. Defined elements of synchronous generators, which need take more attention and parameters, which will be monitored all time. Proposed for early identification of elements faults of synchronous generators using methods of online diagnostic. Analysed of faults detection at different levels of diagnosis: major overhaul, limited inspection, safety check, online. Take to account of results this analysed decide try to create fault tree analyses synchronous generators. In 2018 in Ukraine, it was showed that the technical state of the energy industry infrastructure is approaching critical due to the high degree of equipment wear and tear, lack of technology, lack of sufficient investment, namely "at most power plants the equipment design resource is already exhausted and is being used beyond the operational lifetime. For example, out of 75 generating units of heat power plants companies, 68 units (16962 MW or 78.7%) are operated over the park lifetime, 2 units (600 MW or 2.8%) are operated over the operating lifetime and 5 units (4 000 MW or 18.6%) is operated over the projected lifetime. Take to account of results this analysis we decide try to create tree of analysis fault of synchronous generators, using data from normative documents and experience operative personal.

Keywords: synchronous generators, online diagnostics systems, damage tree.

Вступ. Синхронні генератори переважно використовуються на гідроелектростанціях (ГЕС) та теплових електричних станціях (ТЕС), і є одним із найвідповідальніших елементів електроенергетичної системи. Але, в звіті про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, у 2018 році зазначено що технічний стан інфраструктури енергетичної галузі наближається до критичного через високий ступінь зношеності обладнання, застарілість технологій, відсутність достатнього рівня інвестицій, а саме «на більшості електричних станцій проектний ресурс обладнання вже вичерпано і воно експлуатується понад парковий термін експлуатації. Так, наприклад, із 75 енергоблоків генеруючих компаній теплових електростанцій 68 енергоблоків (16962 МВт, або 78,7%) експлуатується понад парковий термін експлуатації, 2 енергоблоки (600 МВт, або 2,8%) експлуатується понад граничний термін експлуатації і 5

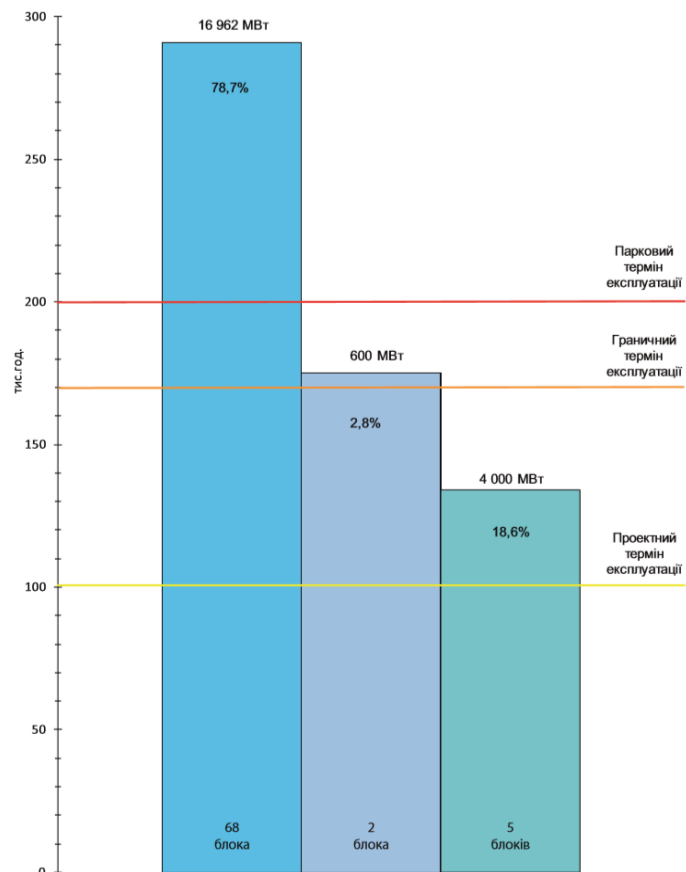


Рис. 1. Технічний стан енергоблоків енергогенеруючих компаній теплових електростанцій по ресурсу роботи станом на 01.01.2019

енергоблоків (4 000 МВт, або 18,6%) експлуатується понад проектний термін експлуатації». На рис. 1 наведено діаграму технічного стану енергоблоків за ресурсом роботи станом на 01.01.2019, а відповідно і потужних синхронних генераторів ТЕС [1, 2].

Тому актуальними є дослідження причин пошкодження синхронних генераторів та аналіз основних типів відмов. Габор Чаба у своєму звіті під назвою «Діагностика генератора від режимів відмови до ризику примусового відключення» показав причини вимушеного виводу генератора з експлуатації. Будова синхронного генератора та аналіз пошкоджуваності основних елементів (у відсотках), який наведений у звіті представлений на рис. 2 [3]. Автор вважає, що розробка нових і вдосконалення існуючих методів онлайн діагностування дасть можливість зменшити пошкоджуваність вартісного обладнання. Термін служби синхронних генераторів залежить на 10% від своєчасного ремонту та на 90% від коректної роботи системи онлайн діагностування [3].

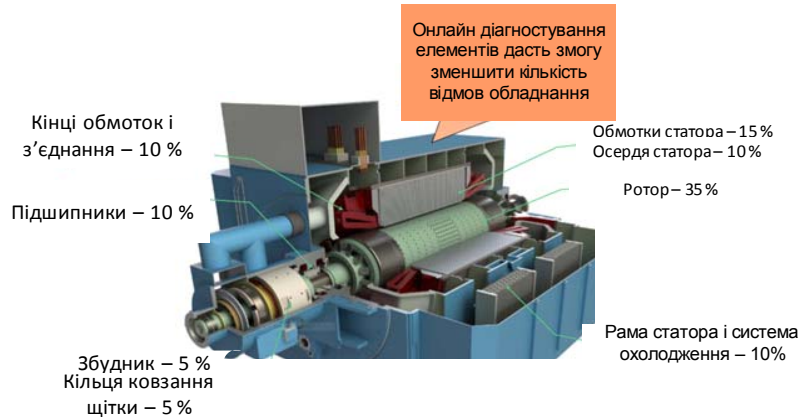


Рис. 2. Будова синхронного генератора та аналіз пошкоджуваності його елементів

За результатами аналізу статистики пошкоджень виявлено елементи генератора, на які потрібно звертати більшу увагу при онлайн діагностуванні (як показано на рис. 3).

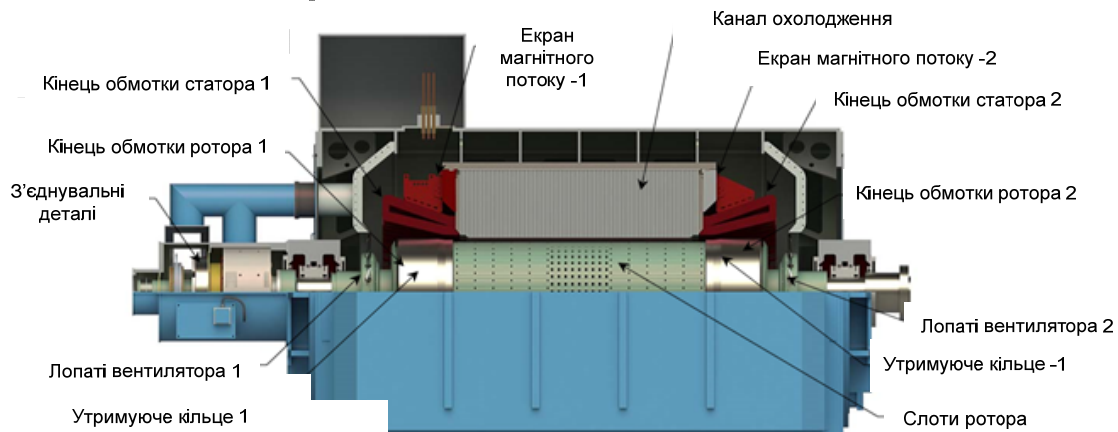


Рис. 3. Потенційно «слабкі» місця генератора, які потребують онлайн діагностування

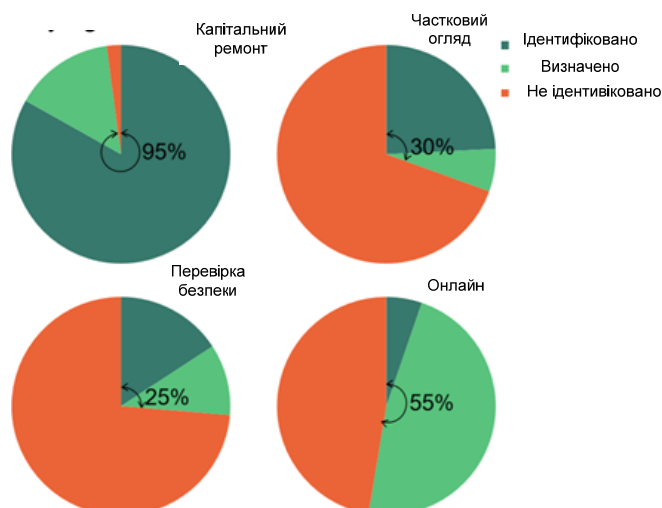


Рис. 4. Аналіз виявлення пошкоджень на різних рівнях діагностування

Тому потрібно чітко розуміти вплив відхилення значень контрольованих параметрів на роботу генератора. Використовуються три оцінки результату діагностування: «Визначено» – визначили пошкодження, але не визначили в якому режимі відбулась відмова; «Ідентифіковано» – ідентифікували відмову та режим, в якому це сталося (ця інформація може використовуватись для оцінки ризику повторення відмови); «Не ідентифіковано» – не визначили пошкодження і не визначили, в якому режимі відбулась відмова (рис. 4).

Для аналізу такого впливу в світовій практиці використовується метод складання дерева пошкоджень. Дерево пошкоджень допомагає візуалізувати зв'язки між подіями та відмовами елементів. Це допомагає швидко зрозуміти результати аналізу та визначити слабкі місця в системах онлайн діагностування. Враховуючи досвід експлуатуючого персоналу, нормативні документи та статистику, наведену в іноземних джерелах, було створено дерево аналізу пошкоджень (рис. 5) для синхронних генераторів, що експлуатуються на теплових електричних станціях [4–9].

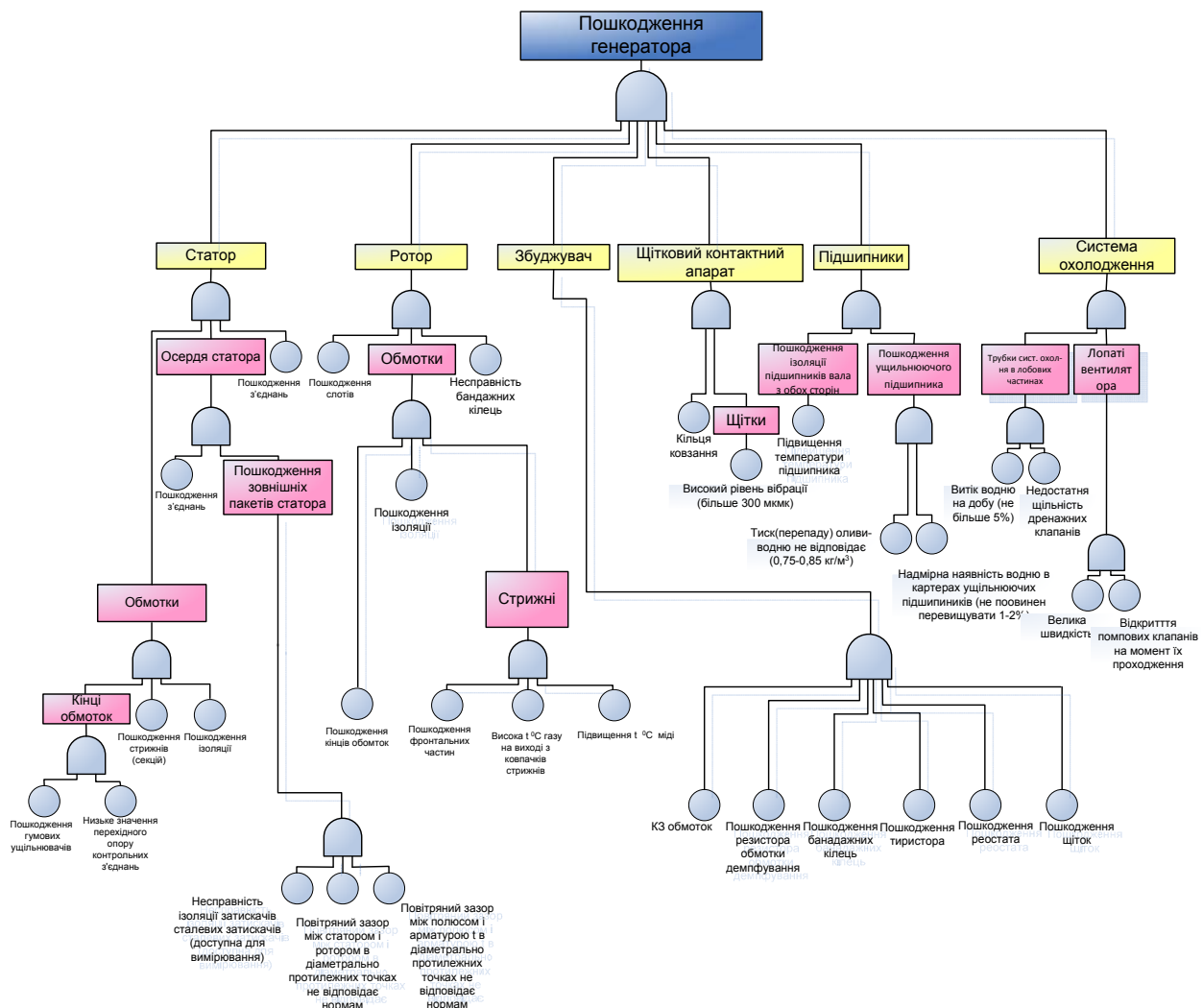


Рис. 5. Дерево аналізу пошкоджень синхронного генератора

Висновки

Низькі темпи оновлення вартісного енергетичного обладнання, зокрема і синхронних генераторів на теплових електричних станціях, вимагають пошуку нових шляхів продовження терміну їх експлуатації. Одним із дієвих підходів є впровадження онлайн систем діагностування, що дозволить попереджати серйозні пошкодження. Виявлення дефектів на ранніх стадіях сприяє правильному плануванню ремонтних робіт і значно скорочує час виводу з експлуатації генератора. Для виявлення впливу подій (наприклад міжвиткових коротких замикань в обмотках ротора чи статора, понаднормованого рівня вібрацій, витoku оливи в системі охолодження та ін.) на пошкодження окремого елемента генератора в статті розроблено дерево аналізу пошкоджень.

Наступним кроком планується розробка алгоритму роботи системи прогнозування виникнення пошкоджень в залежності від зміни контрольованих параметрів. Основною проблемою є визначення найбільш інформативних параметрів та розробка системи ідентифікації пошкоджень.

Література

1. Звіт про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, у 2018 році : постанова НКРЕКП № 440 від 29.03.2019. – К. : НКРЕКП, 2018. – 304 с.
2. Burykin O. B. Optimization of the functioning of the renewable energy sources in the local electrical systems / O. B. Burykin, Yu. V. Malogulko, Yu. V. Tomashevskiy [etc.] // Journal Przegląd Elektrotechniczny. – 2017. – № 3. – P. 97–103. – DOI: 10.15199/48.2017.03.23.
3. Gabor Csaba, “Generator diagnostics from failure modes to risk for forced outage.” 2018 [Online]. Available: <https://irispower.com/wp-content/uploads/2018/06/Generator-diagnostics-From-failure-modes-to-risk-forced-outage.pdf>. [Accessed: 4-Jul-2019].
4. Polishchuk V. I., Baratova K.V. Effective mathematical model of synchronous machine with turn-to-turn short-circuit of rotor winding for adaptive methods of identification in [Proceedings] 2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8743052> [Accessed: 24-Jul-2019].
5. Melecio J. I. FEA model study of spectral signature patterns of PM demagnetisation faults in synchronous PM machines / J. I. Melecio, S. Djurović, N. Schofield // The Journal of Engineering. – 2018. – № 17. – P. 4127–4132.
6. Wang L. Diagnosis of inter-turn short circuit of synchronous generator rotor winding based on Volterra kernel identification / L. Wang, Li and J. Li // Energies. – 2018. – № 11. – P. 2524.
7. Fault Tree Analysis [Online]. Available: <https://www.weibull.com/basics/fault-tree/index.htm> [Accessed: 24-Jul-2019].
8. International standart. Fault tree analis. IEC 61025 Edition 2.0 2006-12
9. СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 Норми випробування електрообладнання. Видання офіційне. – 2007. – 271 с.

References

1. Zvit pro rezultaty diialnosti Natsionalnoi komisii, shcho zdiisniuie derzhavne rehuliuвання u sferakh enerhetyky ta komunalnykh posluh, u 2018 rotsi : postanova NKREKP № 440 vid 29.03.2019. – K. : NKREKP, 2018. – 304 s.
2. Burykin O. B. Optimization of the functioning of the renewable energy sources in the local electrical systems / O. B. Burykin, Yu. V. Malogulko, Yu. V. Tomashevskiy [etc.] // Journal Przegląd Elektrotechniczny. – 2017. – № 3. – P. 97–103. – DOI: 10.15199/48.2017.03.23.
3. Gabor Csaba, “Generator diagnostics from failure modes to risk for forced outage.” 2018 [Online]. Available: <https://irispower.com/wp-content/uploads/2018/06/Generator-diagnostics-From-failure-modes-to-risk-forced-outage.pdf>. [Accessed: 4-Jul-2019].
4. Polishchuk V. I., Baratova K.V. Effective mathematical model of synchronous machine with turn-to-turn short-circuit of rotor winding for adaptive methods of identification in [Proceedings] 2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8743052> [Accessed: 24-Jul-2019].
5. Melecio J. I. FEA model study of spectral signature patterns of PM demagnetisation faults in synchronous PM machines / J. I. Melecio, S. Djurović, N. Schofield // The Journal of Engineering. – 2018. – № 17. – P. 4127–4132.
6. Wang L. Diagnosis of inter-turn short circuit of synchronous generator rotor winding based on Volterra kernel identification / L. Wang, Li and J. Li // Energies. – 2018. – № 11. – P. 2524.
7. Fault Tree Analysis [Online]. Available: <https://www.weibull.com/basics/fault-tree/index.htm> [Accessed: 24-Jul-2019].
8. International standart. Fault tree analis. IEC 61025 Edition 2.0 2006-12
9. SOU-N EE 20.302:2007 Normy vyprobuвання elektroobladnannya. Vydannia ofitsiine. – 2007. – 271 s.

Рецензія/Peer review : 10.06.2019 р.

Надрукована/Printed : 23.07.2019 р.
Рецензент: д.т.н., проф. В.А. Матвійчук