

НЕРІВНОМІРНІСТЬ ЗМІН АМПЛІТУД ГАРМОНІК МАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ В СИНХРОННОМУ ГЕНЕРАТОРІ ПРИ КОРОТКОМУ ЗАМИКАННІ ОБМОТКИ ЗБУДЖЕННЯ

Гераскін О.А., к.т.н., асистент
НТУУ «КПІ», кафедра електромеханіки

Вступ. В системах генерації електричної енергії широко застосовуються різні типи синхронних генераторів (СГ). На сьогоднішній день значна кількість потужних СГ, що знаходяться в експлуатації, у тому числі явнополюсні СГ, вичерпала гарантійні терміни роботи, які встановлені заводами – виготовлювачами. Одним з характерних ушкоджень явнополюсних СГ є короткі замикання витків обмотки збудження, ушкодження яких навіть при невеликій їх кількості може суттєво впливати на роботу СГ і призводити до ряду негативних явищ. Так, через зменшення потоку збудження ушкодженого полюсу ротора розподіл магнітного поля в повітряному проміжку СГ стає несиметричним, ЕРС, що індуються в окремих паралельних гілках обмотки статора, мають різну величину, що призводить до появи урівнюючих струмів, збільшення електричних втрат і зменшення ККД СГ. Слід також зазначити, що існує велика ймовірність подальшого руйнування обмотки збудження на вже ушкодженому полюсі. Для запобігання цим негативним процесам актуальним є застосування методів діагностування короткозамкнених витків. Процес діагностики короткого замикання обмотки збудження синхронного генератора здійснюється на базі аналізу змін в сигналі, отриманому з встановлених на поверхні розточки статора датчиків магнітної індукції.

Ефективні результати досліджень можна отримати при застосуванні польових математичних моделей, які реалізуються чисельними методами. Використання цих моделей дозволяє виявити та обґрунтувати достовірні діагностичні ознаки різних ушкоджень СГ, зокрема, його обмотки збудження. Дослідженню ушкоджень обмоток збудження синхронних генераторів присвячені роботи [1, 2].

Мета роботи. Метою роботи є дослідження методами математичного моделювання нерівномірності змін амплітуд гармонік магнітної індукції в синхронному генераторі при короткому замиканні обмотки збудження СГ.

Матеріали і результати дослідження. Для дослідження нерівномірності змін амплітуд гармонік магнітної індукції в синхронному генераторі при короткому замиканні обмотки збудження був вибраний явнополюсний СГ потужністю 500 кВт, що має наступні параметри: номінальна напруга статора – 6 кВ, номінальна напруга ротора – 65 В, номінальний струм статора – 57 А, номінальний струм ротора – 320 А, кількість полюсів – 12, кількість витків обмотки збудження – 384, номінальна частота обертання 500 об/хв, кількість пазів статора – 90. На рис. 1 показано активну зону досліджуваного СГ.

Для знаходження кількісних ознак, що з'являються при появі ушкоджень в СГ необхідно досліджувати відхилення у спектрі магнітної індукції ушкодженого СГ в порівнянні з базовим СГ. Зокрема, аналізуються такі гармоніки магнітної індукції:

1. амплітуда обертової складової магнітної індукції $B_{об}$, що має частоту $f_{a_{об}}$, яка визначається за формулою: $f_{a_{об}}=f_1/p$. Для досліджуваного СГ $f_{a_{об}}=50 \text{ Гц}/6=8,33 \text{ Гц}$;

2. амплітуда складової магнітної індукції частоти мережі живлення B_{50} , що має частоту 50 Гц;

3. амплітуда зубцевої гармоніки магнітної індукції B_z , що має частоту f_z , яка визначається за формулою: $f_z = f_{a_{об}} \cdot z_1$. Для досліджуваного СГ: $f_z = 8,33 \text{ Гц} \cdot 90=749,7 \text{ Гц}$.

В будь-якій точці полюсової математичної моделі аксіальні складові магнітної індукції розраховуються за формулами: $\dot{B}_x = \partial \dot{A}_z / \partial y$, $\dot{B}_y = \partial \dot{A}_z / \partial x$,

Для дослідження впливу ушкоджень обмотки збудження на магнітну індукцію СГ було проведено ряд чисельних досліджень при зміні кількості ушкоджених витків обмотки збудження полюса від 10% до 100%. На рис. 2. показано розподіл магнітної індукції по довжині розточки статора і його спектр при короткому замиканні обмотки збудження полюса. При появі ушкоджених витків обмотки збудження в спектрах магнітної індукції з'являється оборотна гармоніка частотою $f_{a_{об}}$, що є основною діагностичною ознакою.

За результатами чисельного моделювання отримано графіки (рисунки 3 – 4), що відображають нерівномірності змін амплітуд гармонік магнітної індукції в синхронному генераторі при короткому замиканні обмотки збудження.

З рисунків 3, 4 видно, що при збільшенні кількості короткозамкнених витків обмотки збудження в межах одного полюса магнітна індукція змінюється нерівномірно. Зокрема, при збільшенні кількості ушкоджених витків обмотки збудження, що розташовані ближче до валу спостерігаються більші значення амплітуд зубцевих гармонік магнітної індукції, ніж при

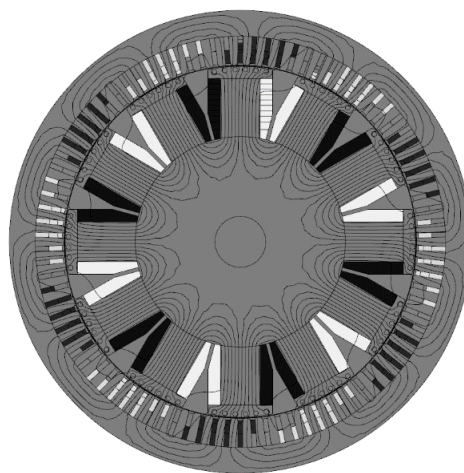


Рисунок 1 – Активна зона досліджуваного СГ

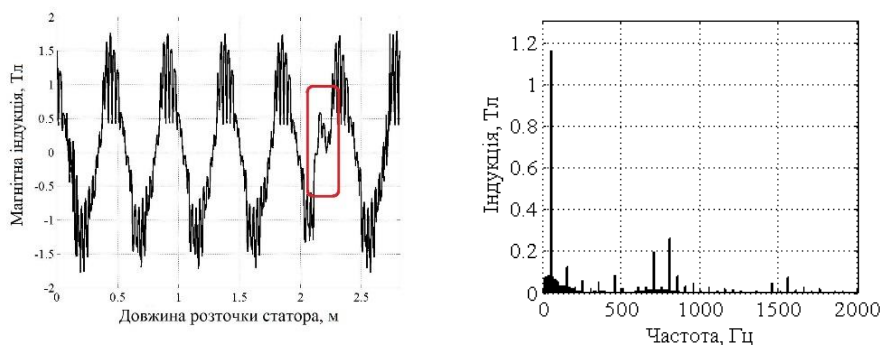


Рисунок 2 – Розподіл магнітної індукції по довжині розточки статора і його спектр при короткому замиканні обмотки збудження полюса

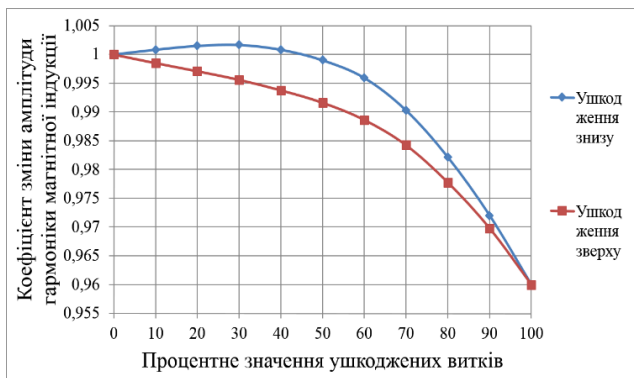


Рисунок 3 – Залежність складової, викликаного зубчатості від кількості ушкоджених витків

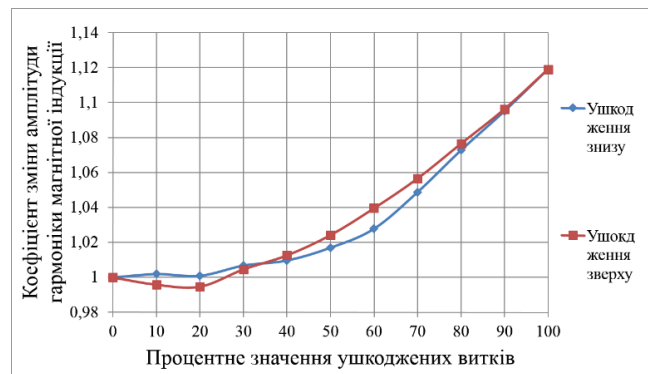


Рисунок 4 – Залежність складової 50 Гц від кількості ушкоджених витків

збільшенні кількості витків обмотки збудження, що розташовані ближче до статора.

Слід зазначити, що амплітуда складової магнітної індукції частоти мережі живлення найбільш чутлива до напрямку розвитку ушкодження, тобто при 40-60% ушкоджених витків обмотки збудження спостерігається найбільша різниця в значеннях. Величина цієї різниці складає невеликі значення (до 1%), однак може впливати на точність даних, що містяться в інформаційній базі знань. Теоретична і практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що отримані результати можуть бути використані для внесення корективів в інформаційну базу знань, яка входить до складу діагностичних комплексів.

При збільшенні кількості короткозамкнених витків обмотки збудження в межах одного полюса амплітуда складової магнітної індукції частоти мережі живлення зменшується на 4%, а амплітуда зубцевої гармоніки збільшується на 12%.

Висновки. Методами математичного моделювання досліджено нерівномірності змін амплітуд гармонік магнітної індукції в синхронному генераторі при короткому замиканні обмотки збудження СГ. Встановлено, що при появі ушкоджених витків обмотки збудження в спектрах магнітної індукції з'являється оборотна гармоніка, що є основною діагностичною ознакою.

При збільшенні кількості короткозамкнених витків обмотки збудження в межах одного полюса магнітна індукція змінюється нерівномірно. Амплітуда складової магнітної індукції частоти мережі живлення найбільш чутлива до напрямку розвитку ушкодження.

Теоретична і практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що отримані результати можуть бути використані для внесення корективів в інформаційну базу знань, яка входить до складу діагностичних комплексів.

Перелік посилань

1. Полищук, А. А., Хамухин, А. А. Выявление витковых замыканий обмотки ротора синхронного генератора на основе вейвлет-анализа магнитных потоков рассеяния // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Вип. 323(5). – С. 85-93.
2. Розум Т.И., Полищук В.И. Метод выявления витковых замыканий в обмотке возбуждения синхронного генератора // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8-5. – С. 1061-1065.