

ВИХРОСТРУМОВИЙ МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ АБСОЛЮТНОГО ОСЬОВОГО ЗМІЩЕННЯ РОТОРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано удосконалений вихрострумний метод та засіб вимірювання миттєвого осьового віброзміщення ротора гідроагрегатів капсульного типу, що дає змогу вилучити з результату вимірювання похибку, обумовлену власними вібраційними коливаннями сенсора.

Ключові слова: осьове віброзміщення, гідроагрегат, вихрострумний перетворювач, віброприскорення, віброшвидкість.

Abstract

The improved eddy-current method and means of measuring the instantaneous axial displacement of the rotor of the capsule-type hydro units are proposed, which makes it possible to eliminate the error from the measurement result due to its own vibrational oscillations of the sensor.

Key words: axial vibrations, hydroelectric unit, eddy current converter, vibration acceleration, vibration velocity.

На сьогоднішній день потреба динамічного контролю технічного стану гідроагрегатів обумовлюється як зростанням їх одиничної потужності та кількості, так і збільшенням кількості обладнання, термін експлуатації якого перевищує номінальний термін служби. В більшості промислово розвинених країн на початок 21-го століття частка такого обладнання перевищувала 50 % [1]. При цьому, враховуючи зростання експлуатаційних витрат, економічний ефект від застосування ефективних систем контролю технічного стану гідроагрегатів є настільки вагомим, що обумовлює доцільність застосування навіть доволі складних та дорогавартісних систем динамічного контролю.

Динамічний аналіз механічних параметрів гідроагрегатів, у тому числі і гідроагрегатів капсульного типу, в режимі технологічного процесу є неодмінною складовою сучасних перспективних систем контролю, що дозволяють підвищити надійність та зменшити експлуатаційні витрати. При цьому одним з найбільш інформативних та поширених видів такого контролю є віброконтроль [2], реалізація якого, у свою чергу, потребує наявності вимірювальних перетворювачів ряду вібраційних параметрів, здатних з високою точністю відтворювати вимірювальну інформацію у режимі реального часу роботи гідроагрегата. Одним із таких параметрів, що широко використовується у якості вхідного сигналу є вібраційна характеристика осьового зміщення ротора електричної машини, метрологічні характеристики засобу вимірювання якого безпосередньо впливають на ефективність роботи системи в цілому.

Основним недоліком вихрострумних та ємнісних первинних вимірювальних перетворювачів осьового віброзміщення ротора є наявність у результатах вимірювання методичної похибки, що обумовлюється власною вібрацією первинного вимірювального перетворювача. При цьому вихрострумні вимірювальні перетворювачі є нечутливими до зовнішніх статичних електричних та магнітних полів, що можуть виникати під час роботи синхронного генератора достатньо великої потужності [8]. Враховуючи це, можна дійти висновку, що поставлена задача може бути розв'язаною шляхом розробки системи компенсації похибки власного віброзміщення вихрострумного перетворювача, що дасть змогу компенсувати методичну похибку вимірювання при збереженні переваг зазначеного методу вимірювання.

Як показано у роботі [9] напруженість магнітного поля, що наводиться котушкою збудження вихрострумного перетворювача, для точки простору, яка знаходиться на її осі, може бути визначеною наступним чином:

$$H = \frac{H_0}{R^2} e^{j\alpha t}, \quad (1)$$

де H_0 – амплітудне значення напруженості магнітного поля на відстані 1 м від магнітного центра збуджуючої котушки; R – відстань від магнітного центра збуджуючої котушки до точки простору, у якій визначається напруженість магнітного поля; ω – циклічна частота магнітного поля.

Враховуючи те, що відносна магнітна проникність повітря, яке заповнює проміжок між сенсором та лобовим виступом ротора, є постійним та дорівнює одиниці, магнітна індукція на поверхні лобового виступу ротора уздовж осі збуджуючої котушки може бути визначеною наступним чином:

$$B = \mu_a H, \quad (2)$$

де μ_0 – магнітна проникність матеріалу ротора.

При цьому, відповідно до закону електромагнітної індукції, значення електрорушійної сили на поверхні лобового виступу ротора може бути знайдено наступним чином:

$$E = -W \frac{d}{dt} \left(\frac{\mu_a H_0}{SR^2} e^{j\omega t} \right) = -j \frac{\omega W \mu_a H_0}{SR^2} e^{j\omega t}, \quad (3)$$

де W – кількість витків котушки збудження; S – ефективна площа лобового виступу ротора, що перетинається магнітним потоком котушки збудження.

Алгоритм реалізації удосконаленого вихрострумowego методу вимірювання осьового зміщення ротора гідроагрегату можна представити у вигляді наступної блок-схеми, наведеної на рис. 1 .

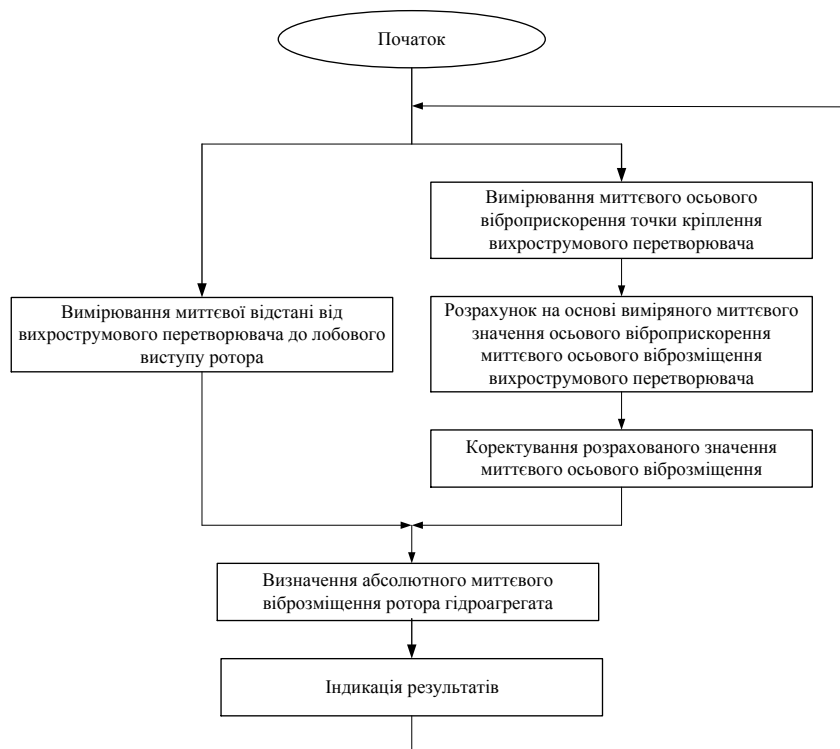


Рис. 1 – Блок-схема реалізації удосконаленого вихрострумowego методу вимірювання осьового зміщення ротора гідроагрегату капсульного типу

Конструктивна реалізація засобу вимірювання осьового зміщення ротора гідроагрегату, що реалізує запропонований метод, може мати вигляд, наведений на рис. 2

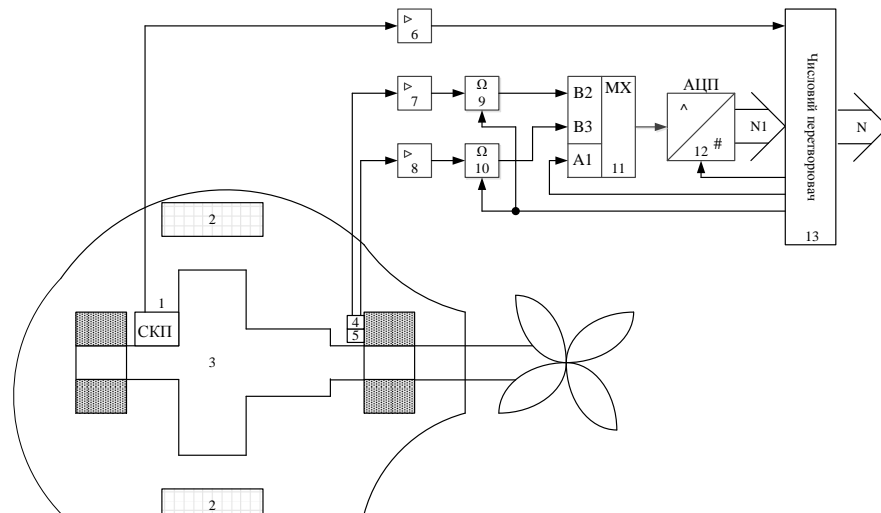


Рис. 2 – Структурна схема засобу, що реалізує удосконалений вихрострумний метод вимірювання осьового зміщення ротора гідроагрегату капсульного типу

У наведеному на рис. 2 засобі вимірювання реалізуються операція одночасного вимірювання відносної відстані між вихрострумним перетворювачем 5 та ротором гідроагрегату 3, а також операція вимірювання миттєвого віброприскорення за допомогою акселерометра 4. Отримані з виходів вимірювальних перетворювачів сигнали підсилюються у масштабуючих перетворювачах 7 та 8 до рівня, придатного для роботи вимірювальних каналів та запам'ятовуються у блоках аналогової пам'яті 9 та 10. Запам'ятовані сигнали послідовно перетворюються у числові значення, що зчитуються числовим перетворювачем 13. Одночасно з цим відбувається формування сигналу повороту ротора гідроагрегату на певний визначений кут, що формується сенсором кутового положення 1. Після формування даний сигнал підсилюється у масштабуючому перетворювачі 6 та надходить у якості управляючого сигналу безпосередньо у числовий перетворювача 13, що забезпечує можливість визначення числового значення «п» для здійснення коректування нульового значення віброзміщення та віброшвидкості.

ВИСНОВКИ

1. Запропоновано удосконалений вихрострумний методу вимірювання осьового зміщення ротора гідроагрегату капсульного типу, який за рахунок введення каналу компенсації методичної похибки, обумовленої власними віброколиваннями вихрострумного сенсора, дозволяє підвищити точність вимірювання осьового віброзміщення обертової електричної машини та є придатним для використання сумісно з гідроагрегатами капсульного типу.

2. Розроблено структурну схему нового засобу вимірювання осьового зміщення ротора обертової електричної машини, яка, реалізуючи запропонований метод вимірювання, характеризується підвищеною точністю за рахунок вилучення похибки власного віброзміщення вихрострумного сенсора та може використовуватися сумісно з гідроагрегатами капсульного типу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Левицький А. С. Створення ємнісного вимірювального перетворювача зазора між ротором та статором у потужних гідроагрегатах / А. С. Левицький, А. І. Новіков, Є. Ю. Неволубов // Електронний ресурс – Режим доступу: <http://dSPACE.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/63878/07-Levitsky.pdf?sequence=1>
2. Кухарчук В. В. Моніторинг, діагностування, та прогнозування вібраційного стану гідроагрегатів : монографія / В. В. Кухарчук, С. Ш. Кацив, В. Г. Мадьяров та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 168 с.
3. Кухарчук В. В. Метод аналітичного розрахунку віброшвидкості у режимі розгону гідроагрегату / В. В. Кухарчук, В. Ф. Граняк, Ю. Г. Ведмицький // Вісник Інженерної академії України. – 2015. – № 2. – С. 66 – 70.
4. New non-system physical quantities for vibration monitoring of transient processes at hydropower facilities, integral vibratory accelerations / [Y. G. Vedmitskiy, V. V Kukharchuk, V. F. Hraniak and other] // Przegląd elektrotechniczny – 2017. – № 3. – Р. 69 – 72.
5. Апаратно-програмне забезпечення моніторингу об'єктів генерування, транспортування та споживання теплової енергії: монографія / В. П. Бабак, В. С. Берегун, З. А. Бурова та ін; За редакцією чл. – кор. НАН України В. П. Бабак – Київ: Ін-тут технічної теплофізики НАН України, 2016 – 298 с.

6. Ширман А. Р. Практическая вибродіагностика и мониторинг состояния механического оборудования / А. Р. Ширман, А. Б. Соловьев. – М. : Машиностроение, 1996. – 276 с.
7. Оптические измерения: учебное пособие / А. Н. Андреев, Е. В. Гаврилов, Г. Г. Ишанин и др. – Москва: Университетская книга; Логос, 2012. – 416 с.
8. Троицкий В. А. Вихретоковый контроль. Учебное пособие / В. А. Троицкий – Киев: «Феникс». – 2011. – 148 с.
9. Полулех А. В. Математическая модель вихретокового преобразователя для контроля изделий прирывистой структуры / А. В. Полулех, Г. М. Гайнуллина // Весник саммарского государственного аэрокосмического университета. – 2010. – №1. – С. 230-233

АВТОРИ

Граняк Валерій Федорович – к.т.н., Україна, м. Вінниця, Вінницький національний технічний університет, кафедра теоретичної електротехніки та електричних вимірювань, доцент кафедри.

Ведміцький Юрій Григорович – к.т.н., доцент, Україна, м. Вінниця, Вінницький національний технічний університет, кафедра теоретичної електротехніки та електричних вимірювань, доцент кафедри.