

МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ТА ОЦІНКИ ВІБРАЦІЙ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИНАХ

Л.В. Шилкова, А.В. Єгоров

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

Вібрація в електричних машинах є одним з основних чинників, що впливають на їхню надійність і довговічність. Дослідження та моніторинг вібрацій дозволяють виявляти потенційні несправності на ранніх етапах і знижувати ризик серйозних пошкоджень, що може призвести до відмови машини або зниження її ефективності роботи.

Метою даної роботи є аналіз методів для розрахунку та оцінки вібрацій в електричних машинах.

Основними причинами вібрації в електричних машинах є [1]:

1. Механічні фактори. Це можуть бути дисбаланс ротора, зміщення осі, нерівномірний повітряний проміжок між ротором і статором. Такі вібрації зазвичай пов'язані з роботою механічних частин, таких як вальниці та інші обертові компоненти.

2. Електромагнітні фактори. Вібрації можуть бути спричинені нестабільністю магнітного поля або асиметрією струму. Існує два основних джерела електромагнітної вібрації: радіальні і тангенціальні електромагнітні сили. Тангенціальні електромагнітні сили можуть створювати значні пульсації обертового моменту в електричному двигуні. Ексцентриситет ротора, що виникає через нерівномірне розміщення ротора в статорі, може спричинити пульсуючі вібрації та збільшувати навантаження на машину.

Оцінка рівня вібрації проводиться при дослідженні конструкції, як у новостворених прототипів машин, так і тих, що випускаються серійно, у разі можливих відхилень від технології їх виготовлення або після ремонту. Найчастіше для оцінки вібрації електричних машин застосовується принцип суперпозиції. Сутність методу полягає у накладанні коливань від окремих джерел без їхнього впливу один на одного. Для цього необхідно виявити переважаючі джерела вібрації та провести експериментальну оцінку їх рівнів. Такий поділ джерел вібрації необхідний для вироблення ефективних заходів щодо зниження віброакустичних характеристик машин до необхідних рівнів. Для поділу джерел найчастіше використовуються методи спектрального аналізу та послідовного виключення (ослаблення) окремих джерел.

Вібраційні спектри надають цінну інформацію для діагностики несправностей та оптимізації експлуатаційних характеристик машини. Застосування сучасних технологій обробки сигналів дозволяє виявляти навіть слабкі ознаки несправностей на ранніх етапах, що дає змогу уникнути серйозних відмов.

До основних розрахункових методів оцінки вібрацій застосовують [2]:

- Метод скінчених елементів (МСЕ). Це один з найбільш точних методів моделювання взаємодії магнітного поля з механічними компонентами машини. Використання МСЕ дозволяє враховувати складність конструкції та властивості матеріалів деталей електричної машини, а також точно прогнозувати рівні вібрацій для різних умов експлуатації.

- Тензор Максвелла. Даний метод використовується для оцінки електромагнітних сил, що діють в машині. Він допомагає розрахувати сили, що виникають в магнітному полі, та оцінити їхній вплив на вібрації машини.

- Аналіз силового хвильового поля. Метод застосовується для оцінки коливальних процесів у магнітному полі машини. Він дозволяє визначити амплітуду і частоту коливань та їхній вплив на структуру машини.

Моніторинг вібрації в електричних машинах дозволяє своєчасно виявляти такі проблеми, як знос вальниць, механічний дисбаланс, пошкодження обмоток і проблеми з живленням. Такі результати отримуються на основі аналітичних даних про внутрішні електричні проблеми двигуна, такі як: стан обмоток статора і ротора, нерівномірність повітряного проміжку, а також з інформації про зовнішні електричні проблеми: дисбаланс струму/напруги у фазах, спотворення напруги в лініях електропередачі тощо.

Вібраційний аналіз є одним з найбільш ефективних методів діагностики стану електричних машин. Поєднання різних підходів до розрахунку та оцінки вібрацій, таких як МСЕ, тензор Максвелла та інші методи, дозволяє досягти високої точності в прогнозуванні стану електричної машини та виявленні в ній потенційних несправностей. Це забезпечує надійність експлуатації та підвищує ефективність електричних машин у різних галузях промисловості.

Список літератури

- [1] Нагорний О.А., Шилкова Л.В. Визначення технічного стану електричних машин за його вібраційними характеристиками // XVI Міжн. наук.-практ. конф. магістрантів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців»: матеріали конференції / за ред. проф. Є.І. Сокола. – Харків: НТУ «ХПІ», 2022, С. 140.
- [2] M. Tsyarkin, Induction motor condition monitoring: Vibration analysis technique – diagnosis of electromagnetic anomalies. 2017 IEEE AUTOTESTCON, Schaumburg, IL, USA, 2017, pp. 1-7. doi: 10.1109/AUTEST.2017.8080483.