

ВІБРОАКУСТИЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ.

Савченко П.І., Уваров О.В.

Харківський державний технічний університет сільського господарства
Вовчанський технікум ХДТУСГ

Запропоновано обґрунтування застосування віброакустичного методу діагностування електродвигунів.

Вібрація електричної машини - це, фактично відгук на сили, викликані її частинами, що рухаються. Ми вимірюємо вібрацію в різних крапках машини і знаходимо значення сил. Вимірюючи частоту вібрації, ми припускаємо, що і зухвалі її сили мають ті ж частоти, а її амплітуда пропорційна величині цих сил. Тобто ми припускаємо, що машина є лінійною системою. У більшості випадків таке припущення розумне. Однак у міру того, як машина зношується, збільшуються її зазори, з'являються тріщини і розхитаність і т.д., її відгук буде усе більше відхилятися від лінійного закону, і в результаті характер вимірюваної вібрації може стати зовсім відмінним від характеру збудливих сил [1].

Наприклад, незбалансований ротор впливає на підшипник із синусоїдальною силою на частоті $1X$, і інших частот у цьому порушенні немає. Якщо механічна структура машини нелінійна, то збудлива синусоїдальна сила буде перекошена, і в результуючому спектрі вібрації крім частоти $1X$ з'являться її гармоніки. Кількість гармонік у спектрі і їхній амплітуді є мірою не лінійності машини. Наприклад, у міру зносу підшипника ковзання в спектрі його вібрації зростає кількість гармонік і збільшуються їхня амплітуда. Гнучкі з'єднання з не співвісністю є нелінійними. Саме тому їхні вібраційні характеристики містять сильну другу гармоніку обертової частоти (тобто $2X$). Знос муфти з не співвісністю часто супроводжується сильною третьою гармонікою обертової частоти ($3X$) [3]. Коли сили з різними частотами взаємодіють усередині машини нелінійним образом, виникає модуляція, і в спектрі вібрації з'являються нові частоти. Ці нові частоти, чи бічні смуги, присутні в спектрах дефектних зубчастих передач, підшипників качення і т.д. Якщо зубчасте колесо має ексцентриситет або якусь неправильну форму, те обертова частота буде модулювати частоту зачеплення зубів, приводячи до бічних смуг у спектрі вібрації. Модуляція - це завжди нелінійний процес, при якому з'являються нові частоти, що відсутні в збудливій силі [1]. Щоб обійти обмеження аналізу в тимчасовій області, звичайно на практиці застосовують частотний, або спектральний, аналіз вібраційного сигналу. Якщо тимчасова реалізація є графік у тимчасовій області, то спектр - це графік у частотній області. Спектральний аналіз еквівалентний перетворенню сигналу з тимчасової області в частотну (рис.1).

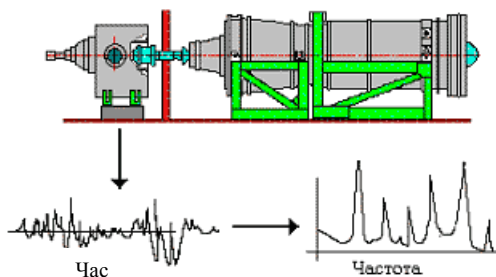


Рис.1 Принцип частотного аналізу вібрації

На приведеному малюнку, частотні складові сигналу відділені друг від друга і явно виражені в спектрі, а їхні рівні легко ідентифікувати. Цю інформацію було б дуже непросто виділити з тимчасової реалізації.

Перш ніж приступити до процедури виконання спектрального аналізу необхідно чітко диференціювати типи сигналів, з якими має бути працювати. З теоретичної і практичної точок зору можна розділити сигнали на кілька груп (рис.2).

Різним типам сигналів відповідають різні типи спектрів, і щоб уникнути помилок при виконанні частотного аналізу, важливо знати характеристики цих спектрів [2].

У першу чергу всі сигнали поділяються на **стаціонарні** і **нестационарні**. **Стаціонарний сигнал** має постійні за часом статистичні параметри. Якщо подивитися кілька митей на стаціонарний сигнал і потім через якийсь час знову повернутися до нього, то він буде виглядати, власне кажучи, тим же самим, тобто його загальний рівень, розподіл амплітуди і стандартне відхилення будуть майже незмінними. Роторні машини роблять, як правило, стаціонарні вібраційні сигнали.



Рис 2 Типи сигналів

Стаціонарні сигнали підрозділяються далі на і випадкові. **Випадкові (нестационарні) сигнали** непередбачені по своєму частотному складі і рівням амплітуди, однак їхні статистичні характеристики все-таки майже постійні. Детерміновані сигнали **являють собою спеціальний клас стаціонарних сигналів**. Вони зберігають відносно постійний частотний і амплітудний склад протягом тривалого періоду часу.

Детерміновані сигнали генеруються роторними машинами, музичними інструментами й електронними генераторами. Вони підрозділяються у свою чергу на **періодичні** і **квазіперіодичні**. Тимчасова реалізація періодичного сигналу безупинно повторюється через рівні відрізки часу. Частота повторення квазіперіодичної тимчасової форми варіюється в часі, однак на око сигнал здається періодичним. Іноді роторні машини роблять квазіперіодичні сигнали, особливо це відноситься до устаткування з пасовою передачею. Детерміновані **сигнали** - це, очевидно, найбільш важливий тип для аналізу вібрацій машин. Періодичні сигнали завжди мають спектр із дискретними частотними компонентами, названими гармоніками або гармонійними послідовностями. Сам термін гармоніка прийшов з музики, де гармоніки - це цілі кратні фундаментальної (опорної) частоти.

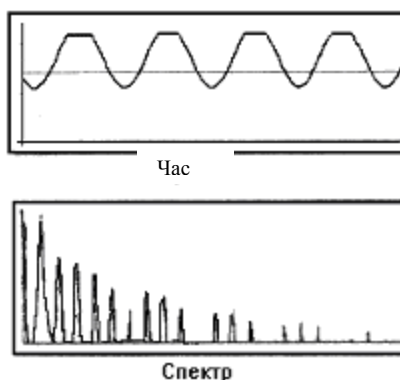


Рис.3 Машина з дисбалансом ротора

Нестационарні сигнали підрозділяють на безупинні і перехідні. Приклади нестационарного безупинного сигналу - вібрація, вироблена відбійним молотком або артилерійська канонада. Перехідним, по визначенню, називають сигнал, що починається і закінчується на нульовому рівні і триваючий кінцевий час. Він може бути дуже коротким чи досить довгим. Приклади перехідного сигнали - удар молотка, шум літака, що пролітає, чи вібрація машини на розгоні і виїзді.

У машині з дисбалансом ротора виникає синусоїдальна збудлива сила з частотою $1X$, тобто один раз за один оберт. Якби відгук такої машини був абсолютно лінійним, то результуюча вібрація була б також синусоїдальною і подібна приведеній вище тимчасової реалізації. У багатьох погано збалансованих машинах тимчасова

реалізація коливань дійсно нагадує синусоїду, а в спектрі вібрації має великий пік на частоті $1X$, тобто на обертовій частоті (рис.3).

Електродвигуни часто генерують вібраційні й акустичні сигнали, що нагадують биття, у яких частота хибного биття дорівнює подвоєній частоті прослизання. У дійсності, це є амплітудна модуляція вібраційного сигналу подвоєною частотою прослизання. Таке явище в



Рис. 4 Різниця биття від АМ

електродвигунах іноді також називають биттям, імовірно, з тієї причини, що при ньому механізм звучить як розстроєний музичний інструмент, "б'є". Биття й амплітудна модуляція (АМ) мають схожі тимчасові реалізації. Це дійсно так, але з невеликим виправленням - у випадку биттів має місце зрушення фази в крапці повного взаємознищення сигналів (рис.4). Повне взаємознищення дуже рідко зустрічається в реальних вібраційних сигналах роторного устаткування [3].

Сьогодні за допомогою методів частотного аналізу діагностуються в основному несправності механічного походження. Як показують попередні дослідження, специфічні зміни в спектр вібрації електродвигунів вносять і несправності електричного характеру (виткові замикання, асиметрія трифазної системи, зниження чи підвищення напруги живлення). Перспективним напрямком в області частотного аналізу можна вважати розробку програмно-апаратних діагностичних комплексів, що використовують стандартні прикладні програмні засоби для персональних ЕОМ.

Список використаних джерел:

1. Савченко П.И., Уваров А.В. Аналіз базових методів и средств діагностирования електрооборудования сільськогосподарського призначення Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. Харків 2002. с. 203-216.
2. Генків М.Д., Соколова А.Г. Віброакустичне діагностика машин і механізмів. - М.: Машинобудування, 1987.-283с.
3. Соколинський Л.И., Якубович В.А. Вібраційне діагностування відцентрових компресорів.-М.: ЦІННІТ Енефтехім, 1987.-63с.
4. Goldman P., Muszynska A. Application of full spectrum to rotating machinery diagnostics // ORBIT, 1999, v.20, №1.- pp.17-21.

Аннотация

ВІБРОАКУСТИЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Савченко П.І., Уваров О.В.

*Предложено обоснование применение **вибраакустического** метода диагностирования электрических двигателей.*

Abstract

VIBROACOUSTIC DIAGNOSTICS OF ELECTRIC ENGINES

P.Savchenko, A.Uvarov

There were proposed the application of the method of vibroacoustic diagnostics of electric engines.