

УДК 621.397.442

ОБЗОР МЕТОДОВ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

А.В. Дегтярёв, К.М. Байгушева

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова, г. Павлодар

Мақалада электрлік машиналардың компьютерлік диагностикадағы қолданылатын спектрлік талдау әдістері, Вейвлет-талдауының салыстырмалы сипаттамалары қарастырылады.

The methods of spectral analysis used in computer diagnostics of electric machines, comparative descriptions of one method of Wevelet-analysis are considered.

Анализ аварийных и аномальных режимов работы электрических машин указывает на то, что для уменьшения времени восстановления поврежденного элемента и повышения их надежности требуется автоматический контроль, регистрация и спектральный анализ процессов на основе современных методов и высокопроизводительной компьютерной техники [1].

По мере развития в электроэнергетике непрерывно появляются новые устройства регистрации и средства обработки информации. В настоящее время используются цифровые измерительно-информационные системы. На первый план выдвигается задача оперативного получения информации о протекании процессов в электрических машинах, обработки и анализа сигналов в целях своевременного диагностирования повреждений и ненормальной работы.

Для решения задачи получения информации о протекании процессов с требуемой точностью и оперативностью, в настоящее время получили развитие методы диагностики, основанные на мониторинге параметров отдельных элементов с последующим выполнением спектрального анализа полученных сигналов.

Физический принцип, положенный в основу работы диагностического комплекса, заключается в том, что любые возмущения в работе

электрической или механической части электрической машины приводят к изменениям магнитного потока в зазоре электрической машины и, следовательно, к слабой модуляции потребляемого тока [2].

Таким образом, наличие, например, в спектре тока характерных частот свидетельствует о наличии повреждений электрической или механической части электродвигателя и связанного с ним приводного механизма, что может повлечь за собой остановку сложных технологических процессов, поэтому необходимо наиболее точный метод спектрального анализа.

На сегодняшний день наиболее известны такие методы спектрального анализа, как [3]:

Разложение в ряд Фурье. Анализ периодических сигналов сложной формы энергосистем нередко осуществляют путем разложения его на гармонические составляющие в ряд Фурье.

Анализ сигналов, представленных дискретно. После аналого-цифрового преобразования непрерывный сигнал представляется совокупностью его мгновенных значений - выборок.

Быстрое преобразование Фурье. Идея быстрого преобразования заключается в рекуррентном применении основополагающих выражений дискретного преобразования Фурье к анализируемому сигналу. Существуют различные алгоритмы БПФ, отличающиеся друг от друга способами разделения выборок на подгруппы и требованиями, предъявляемыми к числу одновременно обрабатываемых выборок.

Гармонический анализ с помощью интеграла Фурье. Представление временной функции рядом Фурье справедливо только в тех случаях, когда функция наблюдается в бесконечных пределах.

Разложение сигнала на прямоугольные функции. Гармонический анализ широко применяется в электротехнике как основное средство анализа линейных систем. Однако разложение сложных функций на гармонические составляющие не является единично возможным, существует способ разложения сигналов на прямоугольные функции, в частности функции Уолша. Кроме функций Уолша известны прямоугольные функции, например Радемахера, Адамари и Пэли.

Преобразования Фурье, Уолша и им подобные обеспечивают хорошие результаты при анализе стационарных сигналов, но при рассмотрении непериодических сигналов или, например, нестационарных процессов с применением преобразования Фурье возникают проблемы. Действительно, обобщенная спектральная характеристика процесса в целом не позволяет определять моменты возникновения локальных изменений в сигнале, например появления или исчезновения отдельных гармонических составляющих, анализ Фурье не позволяет выявить локальные частотно-

временные возмущения сигнала, т.е. одновременно представлять сигнал и во времени и по частоте и тем самым адекватно представлять сигнал его частичным спектром.

Желание видеть весь процесс в целом и одновременно иметь детальные представления о локальных особенностях сигнала привело к новому методу спектрального анализа – волновому (Вейвлет-анализ).

Вейвлет-преобразования не так хорошо и широко известно, поскольку применяются сравнительно недавно и математический аппарат находится на стадии разработки. В буквальном переводе с английского языка слово “wavelet” означает-“маленькая волна”, такое название объясняется формой функций, используемых в вейвлет-анализе. Термин вейвлет-анализ по смыслу аналогичен термину Фурье-анализ. В обоих случаях речь идет о представлении исследуемого процесса в виде линейной комбинации различных функций, именуемых базисом соответствующего преобразования. Для вейвлет-анализа характерно понятие масштаб (scale), графическое представление в виде диаграммы специального вида именуется скейлограмма или скалограмма (scalogram). Под масштабом следует понимать колебательные процессы различной периодичности. Будем говорить, что низкочастотные колебания имеют более крупный масштаб, а высокочастотные - более мелкий. Вейвлет-анализ называют “микроскопом”, поскольку он позволяет исследовать каждый масштаб с необходимой и достаточной для него разрешающей способностью.

Вейвлет-преобразование в большой степени позволяет преодолеть перечисленные недостатки преобразования Фурье, поскольку базисные функции Вейвлет-преобразования обладают свойством *временной локализации*, т.е. обладают конечной энергией (нормой):

$$E_f = \int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt < \infty$$

Как и для преобразования Фурье, для построения базиса Вейвлет-преобразования используется одна функция, именуемая *материнским вейвлетом* (mother wavelet).

Таким образом, можно сделать вывод, что в отличие от традиционного применяемого для анализа сигналов преобразования Фурье, Вейвлет - преобразование обеспечивает двумерную развёртку исследуемого одновременного сигнала, при этом частота и координата рассматриваются как независимые переменные. В результате, появляется возможность анализировать свойства сигнала одновременно в физическом (время координата) и в частотном пространствах, что увеличит чувствительность и коэффициент полезного действия при компьютерном диагностировании электрических машин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шмурьев М.Н. Цифровая регистрация и анализ аварийных процессов в электроэнергетических системах / М.Н. Шмурьев – М.: НТФ «Энерго-прогресс», 2004. – 96 с.:ил. (Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик», Вып.2).

2. W. T. Thomson : «A Review of On-Line Condition Monitoring Techniques for Three-Phase Squirrel-Cage Induction Motors -Past Present and Future» Keynote address at IEEE Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drives, Gijon, Spain, Sept. 1999 - pp7 3-18.

3. Харкевич А.А. Спектры и анализ / А.А. Харкевич – 4-е изд. -М.: Гос. изд-во физико-мат. лит-ры, 1962. – 251с.