

УДК 621.313

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ОБМОТОК ТРЕХФАЗНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЧАСТОТНЫМИ МЕТОДАМИ

А. В. ИСАЕВ, Ю. В. СУХОДОЛОВ

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Развитие электроники и электротехники приводит к дополнительному применению синхронных и асинхронных двигателей. И это развитие все более актуализирует проблему их работоспособности, а следовательно, своевременной и качественной диагностики их состояния. С учетом того, что до 90 % отказов таких приборов связано с проблемами в их обмотках, основной задачей является разработка методики по качественной диагностике именно этих составных элементов. В настоящее время разработано большое количество методик, позволяющих определить состояние обмоток электрических машин, в том числе и трехфазных синхронных и асинхронных двигателей. Но все эти методики имеют один важный недостаток – они фиксируют уже существующую проблему и малопригодны для определения начала дефектообразования. Поэтому основной целью работы является разработка метода исследования состояния обмоток двигателя с возможностью фиксирования появления дефектообразования на самых ранних стадиях их развития.

Так как любую электрическую машину можно представить в виде эквивалентной схемы, представляющей набор активных и реактивных элементов, образующих резонансный контур, чувствительный к определенному набору частот (эффект резонанса в обмотках), то изменение какого-либо параметра этих элементов приводит к изменению параметров его резонанса. Оценим частотный метод, основанный на резонансном явлении в обмотках. Для этого воспользуемся типовой схемой для получения частотных характеристик двигателей и получим набор зависимостей, характеризующих изменения резонанса в их обмотках. Так, на рис. 1, а представлена амплитудочастотная характеристика выбранных для исследования двигателей при различных уровнях дефекта в обмотках, а на рис. 1, б – фазочастотная характеристика при тех же данных.

Характеристики показывают, что, получив математические зависимости влияния уровня амплитуды и разности фаз в области резонанса можно с достаточно высокой точностью определить сопротивление в наиболее дефектном месте контролируемой обмотки диагностируемого двигателя.

Оценим возможности контроля параметров предлагаемыми методами. Так, если представить абсолютную погрешность как приращение амплитуды, образующейся в результате некоррелированных изменений параметров, то выражение для метода определения состояния обмоток по изменению амплитуды в общем виде можно представить как

$$|\Delta A| = \frac{d|A|}{dU} \Delta U + \frac{d|A|}{d\omega} \Delta\omega + \frac{d|A|}{d\varphi} \Delta\varphi + \frac{d|A|}{dL} \Delta L + \frac{d|A|}{dR} \Delta R + \sum_{n=1}^l \frac{d|A|}{dU_n} \Delta U_n + \sum_{n=1}^l \frac{d|A|}{d\varphi_n} \Delta\varphi_n. \quad (1)$$

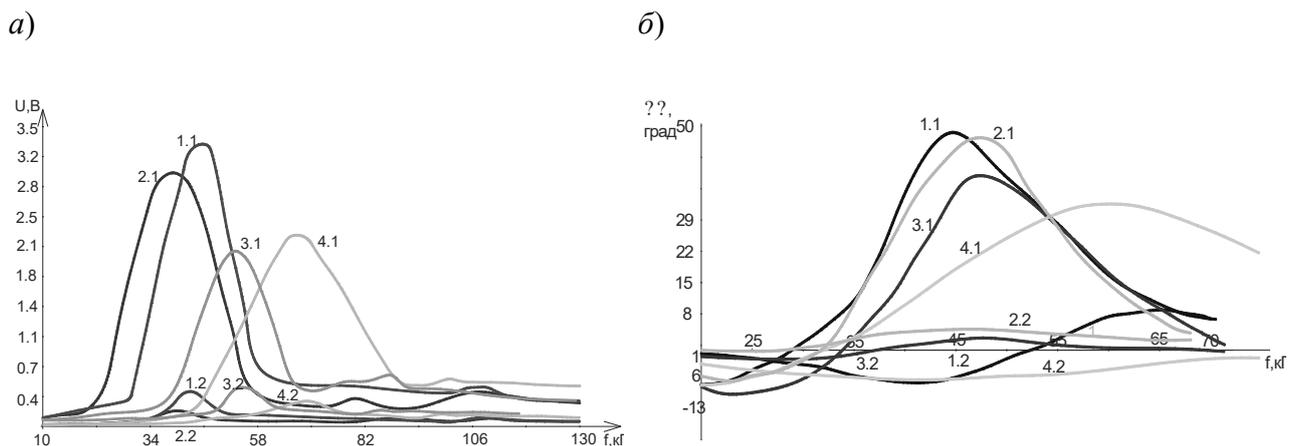


Рис. 1. Амплитудочастотные и фазочастотные характеристики обмоток выбранных асинхронных двигателей: 1.1 – исправного двигателя АИР63В4У3; 1.2 – двигателя АИР63В4У3 с межвитковым замыканием в обмотках; 2.1 – исправного двигателя КР71.1/4; 2.2 – двигателя КР71.1/4 с межвитковым замыканием в обмотках; 3.1 – исправного двигателя АО42-6; 3.2 – АЧХ двигателя АО42-6 с межвитковым замыканием в обмотках; 4.1 – исправного двигателя АО2-32-4; 4.2 – двигателя АО2-32-4 с межвитковым замыканием в обмотках

Однако предел допустимых погрешностей индуктивности и активного сопротивления при изготовлении двигателей может составлять до 5 %, что приводит к изменению амплитуды контролируемого сигнала до 10 %. Погрешность самой измерительной системы измерения можно оценить в 1 %. При этом использование мощных источников сигналов не позволяет достигать высокой стабильности по амплитуде и частоте, суммарная погрешность которых может достигать 10 %. Исходя из этого, максимальный вклад в величину погрешности контроля состояния обмоток по изменению амплитуды в области резонанса оказывает нестабильность амплитуды испытательного диагностического сигнала, что существенно уменьшает возможности контроля данного параметра.

Исключение погрешностей, связанных с нестабильностью амплитуды, согласно (1), можно осуществить, анализируя состояние обмоток двигателей по фазовым соотношениям сигналов. Абсолютная погрешность в этом случае имеет вид:

$$|\Delta\varphi| = \frac{d|\Delta\varphi|}{d\omega} \Delta\omega + \frac{d|\Delta\varphi|}{d\varphi} \Delta\varphi + \frac{d|\Delta\varphi|}{dL} \Delta L + \frac{d|\Delta\varphi|}{dR} \Delta R + \sum_{n=1}^m \frac{d|\Delta\varphi|}{d\varphi_n} \Delta\varphi_n. \quad (2)$$

Выражение (2) показывает, что суммарная абсолютная погрешность в этом случае не связана с точностью установки и нестабильностью амплитуды диагностического сигнала ΔA_v , а также изменения напряжения на преобразователях, входящих в измерительную систему, имеет малое влияние на результаты.