

Электротехника

УДК 629.33

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

А.М. Абакумов¹, Н.П. Бахарев², Д.Г. Рандин¹

¹ Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

² Поволжский государственный университет сервиса
445677, г. Тольятти, ул. Гагарина, 4

Рассмотрены вопросы диагностирования состояния обмоток электромеханических и электромагнитных преобразователей на основе исследования их динамических характеристик.

Ключевые слова: *диагностирование, обмотки электромеханических и электромагнитных преобразователей, динамические характеристики.*

Совершенствование методов оценки технического состояния электрооборудования является актуальной проблемой, решение которой позволяет повысить эксплуатационную надежность и эффективность управления режимами работы оборудования.

Для электромеханических и электромагнитных преобразователей важнейшим показателем является техническое состояние их обмоток.

При диагностике обмотка преобразователей рассматривается как электрическая цепь, содержащая активное сопротивление R и индуктивность L , и о состоянии обмотки судят по отклонению указанных параметров от номинальных значений [1]. Для оценки отклонений наряду с традиционными методами измерения параметров электрических цепей предложена методика [2], базирующаяся на исследовании переходного процесса, возникающего в диагностируемой цепи при подключении ее к источнику постоянного напряжения. Существенным недостатком известных методик является низкая чувствительность диагностируемых параметров к изменениям состояния электрической цепи, что снижает надежность выявления дефектов, связанных, например, с витковыми замыканиями в обмотке.

Рассмотрим методику диагностики, базирующуюся на анализе переходных и частотных характеристик электрической цепи [3, 4].

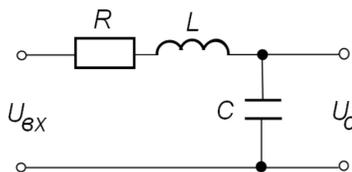
Для повышения чувствительности диагностируемого параметра к вариациям

Александр Михайлович Абакумов (д.т.н., проф.), зав. кафедрой, каф. электромеханики и автомобильного электрооборудования.

Николай Петрович Бахарев (д.п.н., к.т.н., проф.), профессор, каф. сервиса технических и технологических систем.

Дмитрий Геннадьевич Рандин, аспирант, каф. электромеханики и автомобильного электрооборудования.

значений индуктивности L и активного сопротивления R в диагностируемую электрическую цепь дополнительно включается емкость C (рис. 1).



Р и с. 1. Электрическая схема диагностируемой цепи

Динамические свойства цепи для выходной переменной – напряжения на конденсаторе U_c описываются передаточной функцией колебательного звена

$$W(p) = \frac{U_c(p)}{U_{вх}(p)} = \frac{1}{T^2 p^2 + 2\xi T p + 1}, \quad (1)$$

где постоянная времени T и коэффициент затухания ξ определяются соотношениями:

$$T = \sqrt{LC}; \quad 2\xi T = RC.$$

Переходная функция колебательного звена, представляющая собой решение характеристического уравнения (1), при $X_{вх} = 1(t)$ имеет вид:

$$U_c(t) = k \left[1 - \frac{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{\beta} e^{\alpha t} \sin\left(\beta t + \arctg \frac{\beta}{\alpha}\right) \right],$$

где $\alpha = -\xi/T$ и $\beta = \sqrt{1-\xi^2}/T$ – действительная и мнимая части корней характеристического уравнения (1).

Значение вводимой в цепь емкости выбирается из условия обеспечения резонансных свойств звена, при этом коэффициент затухания ξ принимается равным 0,1...0,2:

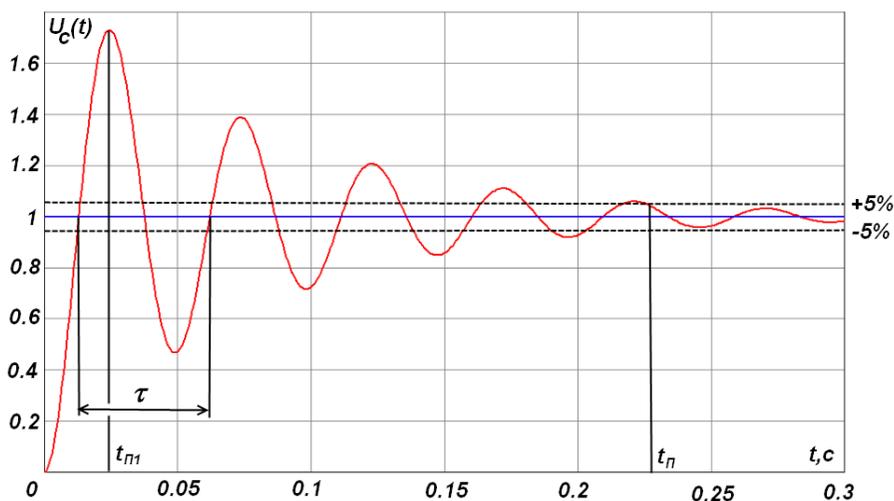
$$C = \frac{4\xi^2 L}{R}. \quad (2)$$

В качестве примера диагностируемой электрической цепи, содержащей активное сопротивление и индуктивность, взята фазовая обмотка статора автомобильного генератора 94.3701. Номинальные значения электрических параметров обмотки: число витков $w = 48$, $L = 0,001447$ Гн, $R = 0,0373$ Ом. Величина дополнительно вводимой в цепь емкости выбрана по выражению (2), при этом значение ξ принято равным 0,1. В качестве цепи с дефектом исследована та же обмотка при коротком замыкании пяти витков.

График переходного процесса в диагностируемой цепи с номинальными параметрами приведен на рис. 2.

Как показал предварительный анализ, за диагностируемые параметры целесообразно принимать: период колебаний τ , время переходного процесса t_{II} (время вхождения кривой переходного процесса в зону допустимых отклонений), время t_{III} , соответствующее первому максимуму кривой переходного процесса.

Результаты исследования диагностируемых параметров по переходным характеристикам представлены в таблице.



Р и с. 2. График переходного процесса

Численные значения параметров диагностирования

Параметр диагностирования	Значение диагностируемого параметра	
	В электрической цепи с номинальными параметрами	В цепи с дефектом
τ – период колебаний, рад/с	0,044	0,049
$t_{П}$ – время переходного процесса, с	0,23	0,2
$t_{П1}$ – время, соответствующее первому максимуму кривой переходного процесса	0,022	0,024

Как следует из приведенных данных, принятые параметры переходного процесса существенно зависят от состояния электрической цепи, что обеспечивает повышение надежности и достоверности параметров диагностирования.

Дополнительные возможности повышения надежности и достоверности параметров диагностирования дает исследование амплитудной и фазовой частотной характеристик рассматриваемой электрической цепи, описываемых выражениями:

$$A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{(1 - \omega^2 T^2)^2 + (2\epsilon T \omega)^2}};$$

$$\varphi(\omega) = -\arctg \frac{2\varepsilon\omega T}{1 - \omega^2 T^2}.$$

Амплитудные частотные $A(\omega)$ и фазовые частотные характеристики $\varphi(\omega)$ цепи с номинальными параметрами (индекс 1) и цепи с вышеуказанным дефектом (индекс 2) приведены на рис. 3.

При анализе частотных характеристик в качестве сравниваемых показателей для цепи с номинальными параметрами и диагностируемой цепи целесообразно использовать: максимальные значения $A_{\max 1}$ и $A_{\max 2}$ АЧХ; частоты ω_{c1} и ω_{c2} , соответствующие максимумам АЧХ; фазовые сдвиги $\varphi_1(\omega_{c1})$ и $\varphi_2(\omega_{c1})$ на частоте ω_{c1} ; значения АЧХ $A_{\max 1} = A_1(\omega_{c1})$ и $A_2(\omega_{c1})$ на частоте ω_{c1} .

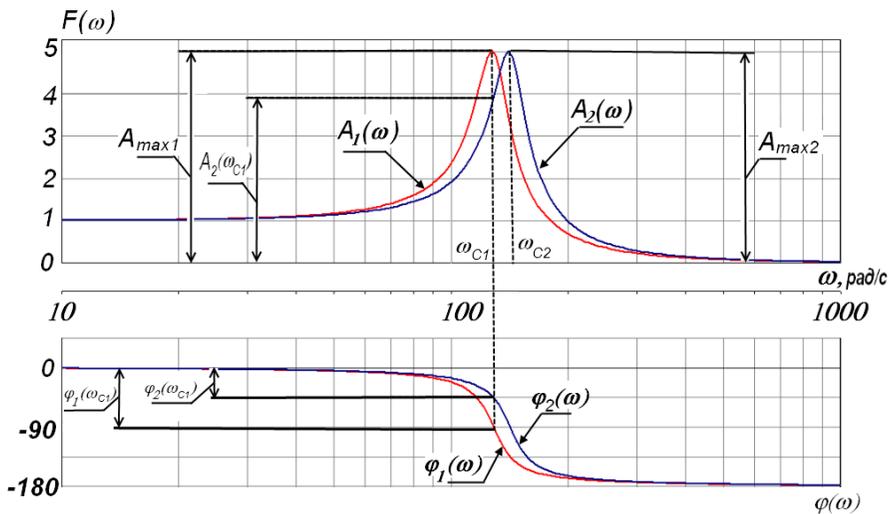


Рис. 3. Амплитудные и фазовые частотные характеристики диагностируемых электрических цепей

Численные значения параметров диагностирования для электрической цепи с номинальными значениями параметров и для диагностируемой электрической цепи с дефектом приведены в табл. 2.

Таблица 2

Численные значения параметров диагностирования

Параметр диагностирования	Значение диагностируемого параметра	
	В цепи с номинальными параметрами	В цепи с дефектом
A_{\max} – максимальное значение АЧХ	5,03	5,01
ω_c – частота, соответствующая максимуму АЧХ, рад/с	126,5	140
Фазовый сдвиг на частоте ω_{c1} , град.	-90	-36,2

Как следует из приведенных данных, значения указанных параметров диагностирования существенно изменяются при наличии дефекта в диагностируемой электрической цепи.

Таким образом, рассмотренный метод диагностирования, базирующийся на исследовании показателей переходных и частотных характеристик, позволяет обеспечить высокую надежность выявления дефектов обмоток электромеханических и электромагнитных преобразователей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Сергеев А.Г., Юмт В.Е.* Диагностирование электрооборудования автомобилей. – М.: Транспорт, 1987. – 159 с.
2. Патент RU 2314432 С2 Российская федерация МПК7 F02P17/00, G01M15/00. Способ диагностирования автомобильного электрооборудования / *Петин Ю.О., Пьянов М.А.*; опубл. 10.01.2008.
3. Заявка 2010124715 Российская федерация, МПК8 F02P 17/00, G01M 15/00. Способ диагностирования электрических цепей, содержащих активное сопротивление и индуктивность / *Абакумов А.М., Овсянников В.Н., Харымова Е.Ю., Петин О.В.*, дата приоритета 16.06.2010.
4. Заявка 2010148981 Российская федерация, МПК8 F02P 17/00, G01M 15/00. Способ диагностирования электрических цепей, содержащих активное сопротивление и индуктивность / *Абакумов А.М., Овсянников В.Н., Рандин Д.Г., Харымова Е.Ю., Петин О.В.*, дата приоритета 30.11.2010.

Статья поступила в редакцию 14 сентября 2011 г.

DIAGNOSTIC OF DEFECTS OF WINDINGS OF ELECTROMECHANICAL AND ELECTROMAGNETIC CONVERTERS

A.M. Abakumov¹, N.P. Baharev², D.G. Randin¹

¹ Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

² Volga Region State University of Service
4, Gagarin st., Togliatti, Samara region, 445677

Questions of diagnostic of a condition of windings of electromechanical and electromagnetic converters based on a research of their dynamic characteristics are considered.

Key words: *diagnostic, winding of electromechanical and electromagnetic converters, dynamic characteristics.*

*Alexander M. Abakumov (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.
Nikolay P. Baharev (Dr. Sci. (Pedag.), Ph.D. (Techn.)), Professor.
Dmitriy G. Randin, Postgraduate student.*