

На правах рукописи



БОЙКОВА Оксана Алексеевна

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПО ВНЕШНЕМУ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ПОЛЮ**

Специальность:

05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Уфа – 2011

Работа выполнена на кафедре электромеханики ФГБОУ ВПО
«Уфимский государственный авиационный технический университет»

- Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Хайруллин Ирек Ханифович
кафедра электромеханики Уфимского
государственного авиационного технического
университета
- Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Костюкова Татьяна Петровна
кафедра экономической информатики
Уфимского государственного авиационного
технического университета
кандидат технических наук, доцент
Шуляк Александр Анатольевич
директор, главный конструктор
НКТБ «Вихрь»
- Ведущая организация: ОАО «Уфимское агрегатное
производственное объединение»

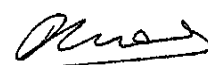
Защита состоится « 20 » декабря 2011 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 212.288.02 Уфимского государственного авиационного технического университета по адресу: 450000, г. Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12, в актовом зале 1-го корпуса УГАТУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского государственного авиационного технического университета

Автореферат разослан « 14 » ноября 2011.

Ученый секретарь диссертационного совета

д-р техн. наук, доцент



А.В.Месропян

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Современный этап развития электротехнических комплексов характеризуется сложностью и разнообразием составляющих их элементов, в частности двигателей, генераторов, трансформаторов, электроприводов и т.д., а также повышенными требованиями к их эффективности и надежности. Отказы этих элементов наносят ощутимый материальный ущерб. Поэтому весьма актуальными являются мероприятия по обеспечению их бесперебойной работы, обнаружению и оценке степени развития дефектов, особенно на ранней стадии их развития, предотвращению аварийных отказов и прогнозированию технического состояния на длительный период.

Одним из путей решения этой проблемы является функциональная диагностика, позволяющая использовать систему обслуживания и ремонта по фактическому состоянию. В настоящее время разработке теории, методов и средств функциональной диагностики уделяется достаточно много внимания. Большой вклад в развитие диагностики внесли такие ученые, как Йондем М.Е., Никиян Н.Г., Клецель М.Я., Баширов М.Г., Гашимов М.А., Глущенко П.В., *Bandler D., Griffin N., William T. Tomson, Thollon F.* и др.

Наиболее популярные методы функциональной диагностики электромеханических элементов электротехнических комплексов (ЭМЭЭК) основаны на внешнем осмотре, регистрации тепловых, электрических параметров и вибрации. Однако их применение не всегда возможно в современных технологических процессах. В таких случаях наиболее целесообразно применение систем диагностики, основанных на анализе внешних электромагнитных полей (ВМП). При этом определение диагностических параметров производится по результатам измерений бесконтактными методами и без вывода объекта из рабочего режима. Анализ картины ВМП позволяет достоверно и объективно оценить техническое состояние ЭМЭЭК. Проведенный анализ литературы позволил сделать выводы о том, что характеристики ВМП, как диагностического параметра состояния ЭМЭЭК, недостаточно изучены и мало используются при оценке их технического состояния.

Таким образом, исследование и расширение возможностей функциональной диагностики электромеханических элементов электротехнических комплексов является актуальной научной задачей.

Основание для выполнения работы. Работа выполнена в рамках:

- проекта «Исследование процессов энергопреобразования в электромеханических колебательных системах с распределенной вторичной средой» аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009 – 2011 годы)» Министерства образования и науки РФ;

- научно-исследовательской работы по теме «Исследование электромагнитных полей и процессов в перспективных нанотехнологиях и электротехнических системах авиационно-космической техники», заданной Федеральным агентством по образованию (2009-2011).

Цель работы и задачи исследования

Целью диссертационной работы является исследование и расширение возможностей функциональной диагностики ЭМЭЭК за счет выявления связи параметров их ВМП с неисправностями технологического и эксплуатационного характера.

Для достижения поставленной цели в работе были решены следующие **основные задачи:**

1. Анализ современных методов и средств функциональной диагностики ЭМЭЭК.

2. Разработка математической модели ВМП ЭМЭЭК, позволяющей учесть отклонения от номинального режима работы, неисправности, обусловленные влиянием технологических и эксплуатационных факторов на их техническое состояние, а также учесть влияние геометрических и физических параметров оболочек ЭМЭЭК на их ВМП.

3. Оценка влияния технологических и эксплуатационных факторов, а также геометрических и физических параметров оболочек ЭМЭЭК на уровень их ВМП и выявить связь этих факторов с изменениями в ВМП ЭМЭЭК.

4. Разработка моделирующего диагностического комплекса и проведение экспериментальных исследований для проверки адекватности

полученной математической модели и проверки возможности практического диагностирования ЭМЭЭК по ВМП.

Методы исследований. Теоретические исследования проведены с помощью положений теории электромагнитного поля с использованием принципа суперпозиции. Для исследования влияния технологических и эксплуатационных факторов, а также геометрических и физических параметров оболочек электромеханических элементов электротехнических комплексов на уровень их внешнего электромагнитного поля использовались методы численного моделирования. Для выполнения и документирования инженерных и научных расчетов в программном комплексе *MathCad 15*.

На защиту выносятся: 1. Математическая модель ВМП ЭМЭЭК, позволяющая учесть отклонения от номинального режима работы, неисправности, обусловленные влиянием технологических и эксплуатационных факторов на их техническое состояние, а также учесть влияние геометрических и физических параметров оболочек ЭМЭЭК на их ВМП.

2. Результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния технологических и эксплуатационных факторов, а также геометрических и физических параметров оболочек ЭМЭЭК на уровень их ВМП с помощью разработанной математической модели.

3. Моделирующий диагностический комплекс для экспериментальных исследований и практического диагностирования ЭМЭЭК по ВМП.

Научная новизна: 1. Разработана и обоснована математическая модель ВМП ЭМЭЭК, позволяющая учесть влияние технологических и эксплуатационных факторов на их техническое состояние при заданных режиме работы, геометрических и физических параметрах ЭМЭЭК.

2. Разработанный моделирующий диагностический комплекс, позволяет определять зоны максимального проявления внутренних дефектов ЭМЭЭК во внешнем электромагнитном поле. Разработанное программное обеспечение позволяет автоматизировать процесс расчета и формирования диагностических критериев ЭМЭЭК.

3. Выявлена четкая связь параметрических отклонений ЭМЭЭК, обусловленных технологическими и эксплуатационными факторами, с изменениями в спектре ВМП ЭМЭЭК.

Новизна основных положений подтверждена патентом РФ на полезную модель № 68700, а также свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ №2010615107, №2010612800, №2010615111.

Реализация и практическая значимость результатов работы подтверждаются их использованием в промышленности и учебном процессе:

1. Результаты исследований, а также программное обеспечение для автоматизированного расчета ВМП ЭМЭЭК внедрены и используются на ОАО «Уфимское агрегатное производственное объединение» при технологическом контроле взрывозащищенных асинхронных двигателей.

2. Результаты теоретических и экспериментальных исследований ВМП ЭМЭЭК, программное обеспечение для автоматизированного расчета ВМП, а также моделирующий диагностический комплекс внедрены и используются в учебном процессе на кафедре электромеханики УГАТУ.

Достоверность и обоснованность научных положений, результатов и выводов работы подтверждается корректностью поставленных задач; обоснованностью принятых допущений и адекватностью математических моделей и методов, используемых при исследовании; строгостью выполненных математических преобразований и результатами экспериментальных исследований ЭМЭЭК.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных, Всероссийских, республиканских научно-технических конференциях, в том числе:

- XXXIV Международная молодежная научная конференция «Гагаринские чтения». – г. Москва, МАТИ, 2008 г.

- II Всероссийская научно-техническая конференция «Электротехнологии, электропривод и электрооборудование предприятий». – г. Уфа, УГНТУ, 2009 г.

- IV Всероссийская зимняя школа–семинар аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы в науке и технике». – г. Уфа, УГАТУ, 2009 г.

- Международная научная конференция «Инновационные технологии в управлении, образовании, промышленности «АСТИНТЕХ-2010». – г. Астрахань, АГУ, 2010 г.

- Всероссийская конференция «Научно-исследовательские проблемы в области энергетики и энергосбережения». – г. Уфа, УГАТУ, 2010 г.

- XVI международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». – г. Москва, МЭИ, 2010 г.

- Всероссийская молодежная научная конференция «Мавлютовские чтения». – г. Уфа, УГАТУ, 2008 – 2010 гг.

- V Всероссийская зимняя школа-семинар аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы науки и техники». – г. Уфа, УГАТУ, 2010 г.

Публикации по теме диссертации. Список публикаций автора по теме диссертации включает 19 научных трудов, в том числе 2 публикации в изданиях перечня ВАК, 1 патент РФ на полезную модель, 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Три публикации выполнены без соавторов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Содержит 145 страниц машинописного текста и 95 наименований библиографических источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, приведены основные положения и результаты, выносимые на защиту, отмечена их новизна и практическая значимость. Приведены сведения о внедрении результатов, апробации работы и публикациях.

В первой главе проведен анализ современных методов и средств функциональной диагностики электромеханических элементов электротехнических комплексов. Установлено, что уровень ВМП является показателем технического состояния ЭМЭЖ. Метод функционального диагностирования, основанный на измерении и анализе внешних электромагнитных полей ЭМЭЖ несет достоверную информацию об их состоянии как основной диагностический признак, а также как дополнительный при диагностировании ЭМЭЖ

диагностическими системами для получения более точной информации об их фактическом состоянии. Приведены основные требования, предъявляемые к системам функциональной диагностики. Дан анализ методов расчета ВМП ЭМЭЭК. На основании проведенного обзора определены цели и задачи работы.

Во второй главе разработана математическая модель ВМП ЭМЭЭК, позволяющая учесть отклонения от номинального режима работы, неисправности, обусловленные влиянием технологических и эксплуатационных факторов на их техническое состояние, а также учесть влияние геометрических и физических параметров оболочек ЭМЭЭК на их ВМП. На основе разработанной математической модели получено распределение электромагнитного поля на поверхностях магнитопровода статора ЭМЭЭК и оболочки, имеющей конечную магнитную проницаемость, также исследовано влияние параметров оболочки ЭМЭЭК на уровень его ВМП.

Расчетная схема исследуемого ЭМЭЭК представляет собой расположенные друг над другом цилиндрические слои с различными физическими свойствами (рис.1).

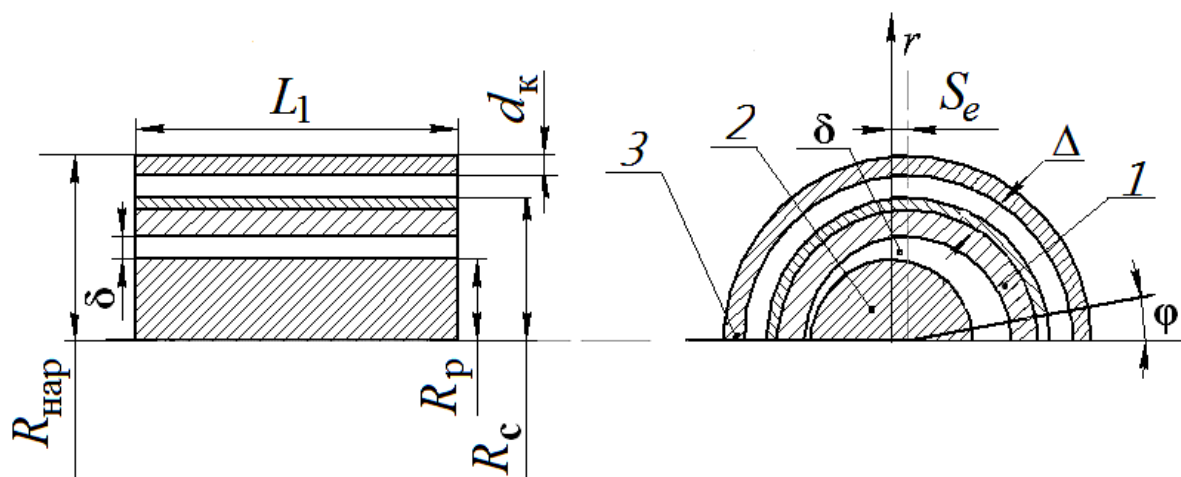


Рисунок 1 – Расчетная схема ЭМЭЭК:

- 1 – статор; 2 – ротор; 3 – оболочка ЭМЭЭК; δ – воздушный зазор между статором и ротором; Δ – немагнитный промежуток между оболочкой и магнитопроводом статора ЭМЭЭК; S_e – смещение оси ротора относительно оси статора (статический эксцентриситет); R_c – радиус магнитопровода статора; $R_{нар}$ – наружный радиус ЭМЭЭК; d_k – толщина оболочки ЭМЭЭК; L_1 – активная длина ЭМЭЭК; φ – координата в системе, неподвижной относительно статора

Электромагнитные явления в ЭМЭЭК описываются системой уравнений Максвелла для медленно движущихся сред. Для упрощения расчетных выражений используются следующие допущения:

- активная длина ЭМЭЭК принята бесконечно большой;
- на сердечниках статора и ротора отсутствуют пазы;
- оболочка и внешняя поверхность магнитопровода статора имеют гладкую наружную цилиндрическую круговую поверхность;
- магнитная проницаемость немагнитного зазора под оболочкой и внешней среды равна магнитной проницаемости вакуума μ_0 .

С учетом этих допущений получены выражения результирующих напряженностей магнитных полей для соответствующих областей:

В области I, $R_{\text{нар}} \leq z \leq \infty$:

$$\frac{\partial^2}{\partial z^2} \dot{H}_{zI} - \alpha^2 \dot{H}_{zI} = 0; \quad (1)$$

В области II, $R_{\text{нар}} - d_k \leq z \leq R_{\text{нар}}$:

$$\frac{\partial^2}{\partial z^2} \dot{H}_{zII} - \lambda^2 \dot{H}_{zII} = 0; \quad (2)$$

В области III, $R_c \leq z \leq R_{\text{нар}} - d_k$:

$$\frac{\partial^2}{\partial z^2} \dot{H}_{zIII} - \alpha^2 \dot{H}_{zIII} = 0, \quad (3)$$

где \dot{H}_{zI} , \dot{H}_{zII} , \dot{H}_{zIII} – амплитуды результирующих напряженностей электромагнитных полей соответственно на поверхности оболочки ЭМЭЭК, в оболочке и под ней; $\alpha = \frac{\pi}{\tau}$; $\tau = \frac{z}{2\rho}$ – полюсное деление; $\lambda^2 = (1 + i\varepsilon)\alpha^2$; $\varepsilon = \frac{\gamma\omega\mu_0}{\alpha^2}$ – магнитное число Рейнольдса, характеризующее интенсивность электромагнитных процессов; γ – удельная проводимость среды; $\omega = 2\pi f$ – угловая частота сети; f – частота сети.

Далее определялись выражения для нормальных и тангенциальных составляющих напряженностей результирующего поля с постоянными

интегрирования для соответствующих областей. Из условий $\operatorname{div}\bar{H} = 0$, а также равенства нормальных и тангенциальных составляющих поля на границах раздела сред (областей *I*, *II* и *III*) определены постоянные интегрирования и результирующие напряженности магнитных полей в определенных выше областях. Таким образом, ВМП ЭМЭЭК определяется выражением:

$$\dot{H}_{\text{вмп}} = \dot{H}_I = \frac{\dot{H}_{\text{псм}}(\varphi) \cdot (\operatorname{sh}(\alpha \cdot z) - \operatorname{ch}(\alpha \cdot z))}{\left(\operatorname{ch}(\alpha \cdot R_{\text{нар}}) - \operatorname{sh}(\alpha \cdot R_{\text{нар}}) \right) \cdot \left[\left(\frac{A}{V} + B \right) \operatorname{sh}(\lambda \cdot R_{\text{нар}}) + \left(\frac{B}{V} + A \right) \operatorname{ch}(\lambda \cdot R_{\text{нар}}) \right]}, \quad (4)$$

где $\dot{H}_{\text{псм}}$ – напряженность электромагнитного поля на внешней поверхности магнитопровода статора ЭМЭЭК, учитывающая его техническое состояние;

$V = \frac{\alpha \mu_{\text{к}}}{\lambda}$; $\mu_{\text{к}}$ – магнитная проницаемость материала оболочки ЭМЭЭК;

$$A = V \cdot \operatorname{sh}(\lambda \cdot (R_{\text{нар}} - d_{\text{к}})) \operatorname{ch}(\alpha \cdot (R_{\text{нар}} - d_{\text{к}})) - \operatorname{sh}(\alpha \cdot (R_{\text{нар}} - d_{\text{к}})) \operatorname{ch}(\lambda \cdot (R_{\text{нар}} - d_{\text{к}}));$$

$$B = \operatorname{sh}(\lambda \cdot (R_{\text{нар}} - d_{\text{к}})) \operatorname{sh}(\alpha \cdot (R_{\text{нар}} - d_{\text{к}})) - V \cdot \operatorname{ch}(\alpha \cdot (R_{\text{нар}} - d_{\text{к}})) \operatorname{ch}(\lambda \cdot (R_{\text{нар}} - d_{\text{к}})).$$

Для оценки влияния оболочки ЭМЭЭК на уровень его ВМП вводится коэффициент экранирования электромагнитного поля, который определяется отношением напряженности электромагнитного поля в заданной точке внешнего относительно оболочки пространства при ее наличии к напряженности электромагнитного поля в той же точке при ее отсутствии:

$$k_3 = \frac{(\operatorname{sh}(\alpha \cdot z) + \operatorname{ch}(\alpha \cdot z))}{\left[\left(\frac{A}{V} + B \right) \operatorname{sh}(\lambda \cdot R_{\text{нар}}) + \left(\frac{B}{V} + A \right) \operatorname{ch}(\lambda \cdot R_{\text{нар}}) \right]}. \quad (5)$$

В третьей главе теоретически исследовано влияние технологических и эксплуатационных факторов, а также геометрических и физических параметров оболочек ЭМЭЭК на уровень их ВМП с помощью разработанной математической модели. Произведена оценка возможности применения формулы (5), определяющей коэффициент экранирования, для учета влияния оболочки ЭМЭЭК на уровень его ВМП.

В четвертой главе проведена проверка теоретических положений по результатам анализа ВМП ЭМЭЭК и возможности использования параметров их ВМП в качестве диагностических признаков неисправностей, обусловленных технологическими и эксплуатационными факторами. Разработан диагностический комплекс для экспериментальных исследований и проведены экспериментальные исследования для оценки влияния технологических и эксплуатационных факторов, а также геометрических и физических параметров оболочек ЭМЭЭК на уровень их ВМП и выявления связи этих факторов с изменениями в спектре ВМП ЭМЭЭК. Общий вид экспериментальной установки приведен на рисунке 2.

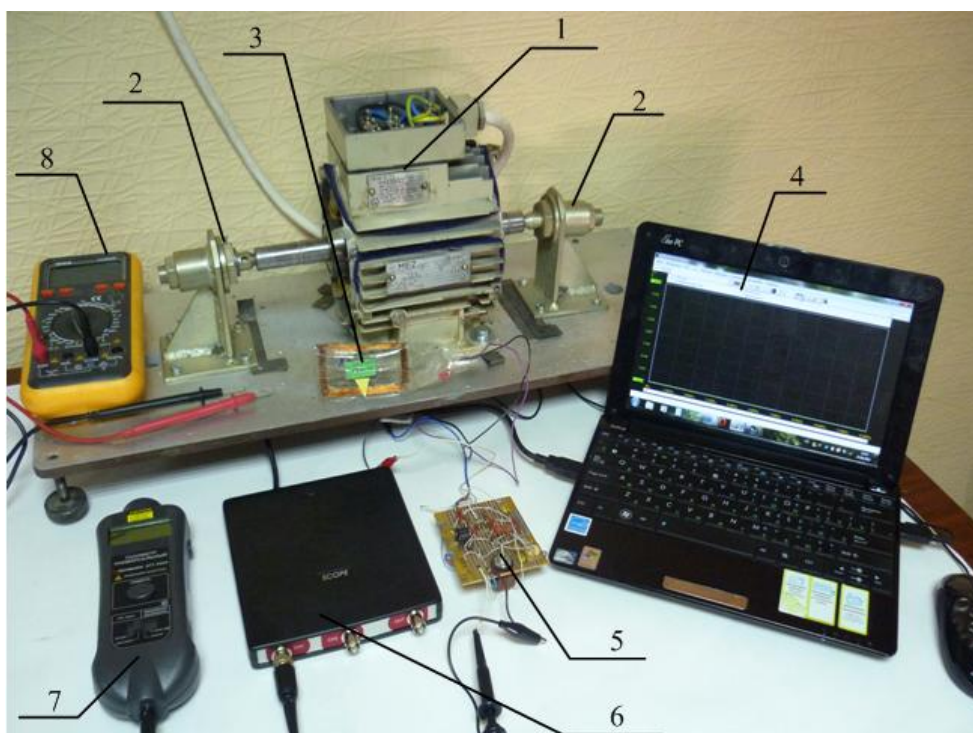


Рисунок 2 – Общий вид экспериментальной установки:

- 1 – исследуемый объект (ЭМЭЭК); 2 – устройство изменения эксцентриситета ротора;
 3 – датчик внешнего электромагнитного поля; 4 – ПК; 5 – блок преобразования сигнала; 6 – спектроанализатор *Handyscope HS3-25*;
 7 – цифровой фототахометр АКТАКОМ АТТ – 6006; 8 – мультиметр

Исследования ЭМЭЭК проводились в типовых режимах (холостого хода, нагрузки и короткого замыкания). Сигналы с датчика ВМП усиливались и фильтровались в блоке преобразования сигнала и передавались на

спектроанализатор *Handyscope HS3* и компьютер. Анализ распределения ВМП проводился по данным, полученным при расположении датчика ВМП на расстоянии 0,1 мм от внешней поверхности ЭМЭЭК. Эксцентриситет моделировался в пределах от нуля до максимально допустимого значения эксцентриситета для исследуемого ЭМЭЭК. Гармонический состав ВМП ЭМЭЭК, полученный в результате эксперимента при наличии и отсутствии эксцентриситета, приведен в относительных единицах на рисунке 3.

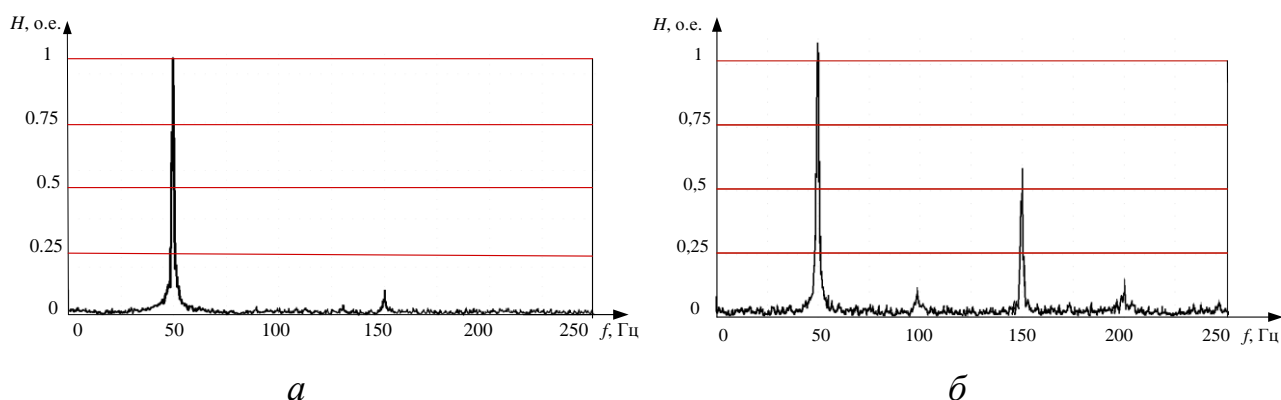


Рисунок 3 – Гармонический состав ВМП ЭМЭЭК, полученный в результате эксперимента: *a* – при отсутствии эксцентриситета; *б* – при наличии эксцентриситета

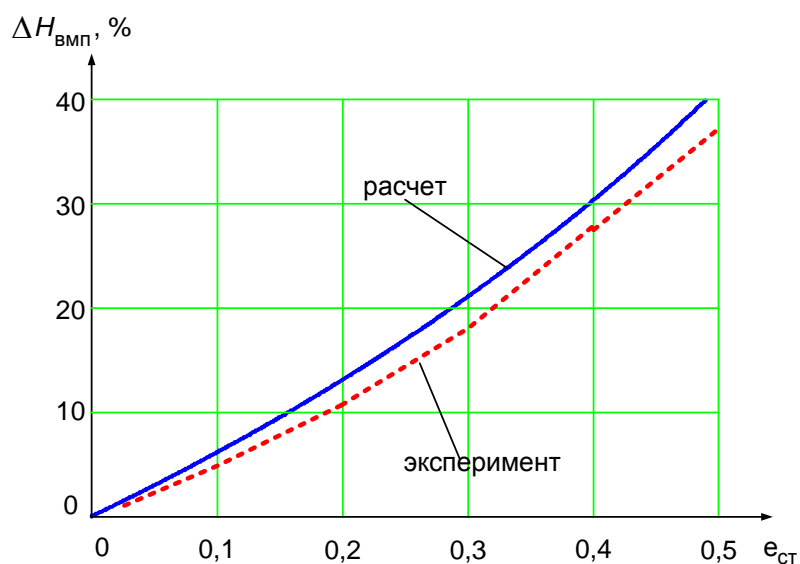


Рисунок 4 – Экспериментальная и расчетная зависимости изменения напряженности $\Delta H_{\text{ВМП}}$ ЭМЭЭК при изменении значения величины относительного статического эксцентриситета $e_{\text{ст}}$

На рисунке 4 представлены экспериментальная и расчетная зависимости изменения напряженности $\Delta H_{\text{ВМП}}$ ЭМЭЭК при изменении значения величины относительного эксцентриситета $e_{\text{ст}}$.

Экспериментальные исследования подтвердили справедливость принятых допущений и достоверность основных теоретических положений и выводов, полученных в работе. Расхождение расчетных и экспериментальных данных находится в пределах типовой погрешности эксперимента в исследуемой области.

В **заключении** сформулированы основные научные результаты и выводы диссертационной работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Диссертационная работа является результатом теоретических и экспериментальных исследований автора в области функциональной диагностики ЭМЭЭК. Работа выполнялась в рамках тем аналитической ведомственной целевой программы Министерства образования и науки РФ и научно-исследовательской работы кафедры электромеханики УГАТУ.

1. Проведен анализ современных методов и средств функциональной диагностики ЭМЭЭК.

Выявлено, что в определенных условиях применение известных методов диагностирования ЭМЭЭК затруднительно или невозможно.

Выявлено, что характеристики ВМП, как диагностического параметра состояния ЭМЭЭК, мало используются при оценке их технического состояния. В основном характеристики ВМП исследуются с целью обеспечения электромагнитной совместимости ЭМЭЭК с другими электротехническими объектами и оценки воздействия их ВМП на персонал.

Выявлено, что в известных работах, посвященных функциональной диагностике ЭМЭЭК по ВМП, не учитываются отклонения от номинального режима работы, неисправности, обусловленные влиянием технологических и эксплуатационных факторов на их техническое состояние, не оценивается влияние оболочек ЭМЭЭК на уровень их ВМП.

2. Разработана математическая модель ВМП ЭМЭЭК, позволяющая учесть влияние технологических и эксплуатационных факторов, а также влияние геометрических и физических параметров оболочек ЭМЭЭК на их ВМП.

Выявлено, что эксцентричное расположение магнитопроводов ЭМЭЭК приводит к искажению синусоидальности формы кривой напряженности электромагнитного поля, а также увеличению ее амплитуды, причем большему значению эксцентриситета соответствует большее значение амплитуды ВМП ЭМЭЭК.

Выявлено, что оболочка ЭМЭЭК ослабляет уровень ВМП до 90 % и более в зависимости от ее электромагнитных свойств и геометрических параметров.

3. Исследования влияния технологических и эксплуатационных факторов, а также геометрических и физических параметров оболочек ЭМЭЭК на уровень их ВМП с помощью разработанной математической модели показали, что:

- в качестве диагностического признака технического состояния ЭМЭЭК может быть использована огибающая функции их ВМП – $H_{\text{ВМП}}(\varphi)$;

- при наличии статического эксцентриситета – $e_{\text{ст}} \neq 0$ огибающая кривой ВМП ЭМЭЭК – $H_{\text{ВМП}}(\varphi)$ имеет периодичность 2π , которая не зависит от p – числа пар полюсов ЭМЭЭК, а её амплитуда растет от 5 % до 30 % с увеличением числа пар полюсов ЭМЭЭК от $p=1$ до $p=4$ и значения величины эксцентриситета от $e_{\text{ст}} = 0,1$ до $e_{\text{ст}} = 0,5$;

- наличие статического эксцентриситета в исследуемом классе ЭМЭЭК приводит к увеличению амплитуды их основной гармоники напряженности ВМП, в зависимости от величины статического эксцентриситета, до 60 %, а в зависимости от числа пар полюсов исследуемого ЭМЭЭК – до 20%;

- на уровень ВМП ЭМЭЭК оказывают влияние электромагнитные свойства материалов их оболочек, а также их геометрические параметры, причем первые ослабляют поле вдвое сильнее, чем вторые.

4. Разработан моделирующий диагностический комплекс и проведены экспериментальные исследования для проверки адекватности полученной

математической модели и проверки возможности практического диагностирования ЭМЭЭК по ВМП.

В результате экспериментальных исследований установлено, что:

- спектральные характеристики ВМП ЭМЭЭК содержат в себе информацию об их техническом состоянии, т.е. имеется четкая связь параметрических отклонений ЭМЭЭК, обусловленных технологическими и эксплуатационными факторами с изменениями в спектре их ВМП;

- влияние эксцентриситета и локальных дефектов магнитопроводов роторов ЭМЭЭК проявляется в изменении форм и амплитуд основной гармоники и появлении в спектре ВМП третьей гармоники значительной амплитуды;

- третья гармоника в спектре ВМП ЭМЭЭК с эксцентрично расположенным ротором или локальным дефектом магнитопровода ротора является наиболее информативной, так как изменение степени развития этих неисправностей оказывает на ее уровень значительно большее влияние, чем на уровень основной гармоники ВМП;

- с увеличением числа пар полюсов влияние статического эксцентриситета на значения величин основной и третьей гармоник в спектре ВМП проявляется больше до 20 %. Большее увеличение амплитуд этих гармоник соответствует большему числу пар полюсов p ;

- влияние эксцентриситета ротора ЭМЭЭК в зависимости от режима работы и степени развития дефекта проявляется в увеличении до 50 % уровня основной гармоники в спектре ВМП ЭМЭЭК, и появлению третьей гармоники значительной амплитуды, составляющей до 60 % от уровня основной гармоники;

- влияние локального дефекта магнитопровода ротора ЭМЭЭК в зависимости от режима работы и степени развития дефекта проявляется в уменьшении до 10 % уровня основной гармоники в спектре ВМП ЭМЭЭК, и появлению третьей гармоники значительной амплитуды, составляющей до 65 % от уровня основной гармоники;

- независимо от режима работы ЭМЭЭК, локальный дефект его магнитопровода ротора характеризуется наличием двух пиков, симметричных относительно нечетных гармоник;

- наличие оболочки оказывает значительное влияние на уровень напряженности ВМП ЭМЭЭК, причем в режиме холостого хода ее влияние сильнее, чем в режиме короткого замыкания, на 14%.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

В рецензируемых журналах из списка ВАК:

1. **Бойкова, О.А.** Обзор современных методов и средств оперативной диагностики электромеханических преобразователей энергии / Ф.Р. Исмагилов, И.Х. Хайруллин, Д.Ю. Пашали, О.А. Бойкова // Вестник УГАТУ: науч. журн. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та, 2010. – Т. 14, № 4(39). – С. 73–79.

2. **Бойкова, О.А.** Разработка и повышение эффективности диагностических систем электромеханических преобразователей энергии / Ф.Р. Исмагилов, И.Х. Хайруллин, Д.Ю. Пашали, О.А. Бойкова // Вестник УГАТУ: науч. журн. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та, 2010. – Т. 15, № 1(41). – С. 134–137.

В других изданиях:

3. **Бойкова, О.А.** Влияние физических и геометрических факторов поверхностного слоя магнитопроводов на внешнее магнитное поле / И.Х. Хайруллин, Д.Ю. Пашали, Ю.В. Афанасьев, О.А. Бойкова // Электротехнические комплексы и системы: Межвузовский научный сборник. – Уфа: Изд-во УГАТУ – 2007. – С.221–225.

4. **Бойкова, О.А.** Распределение внешнего магнитного поля индукционных электрических машин в области под электромагнитным экраном // Мавлютовские чтения: Всероссийская молодежная научная конференция. – Уфа: УГАТУ, 2008. – Т. 2. – С. 21–22.

5. **Бойкова, О.А.** Накладной электромагнитный преобразователь для контроля оболочек электрических машин / И.Х. Хайруллин, Д.Ю. Пашали, Ю.В. Афанасьев, О.А. Бойкова // Электронные устройства и системы: Межвузовский научный сборник. – Уфа: УГАТУ – 2008. – С. 137–140.

6. **Бойкова, О.А.** Неразрушающий контроль магнитопроводов электрических машин / Д.Ю. Пашали, О.А. Бойкова // XXXIV Гагаринские чтения: Тезисы докладов Международной молодежной научной конференции. – М.: МАТИ, 2008. – Т. 2.– С. 39–41.

7. **Бойкова, О.А.** Повышение достоверности диагностической информации при оценке технического состояния экранированных электрических машин / Д.Ю. Пашали, О.А. Бойкова // Электротехнологии, электропривод и электрооборудование предприятий: Сборник научных трудов II Всероссийской научно-технической конференции. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2009. – Т. 2.– С. 68–71.

8. **Бойкова, О.А.** К вопросу разработки средств контроля электромеханических преобразователей энергии / И.Х. Хайруллин, Д.Ю. Пашали, О.А. Бойкова // Актуальные проблемы в науке и технике: Сборник трудов IV всероссийской зимней школы семинара аспирантов и молодых ученых. – Уфа: Изд-во «Диалог», 2009. – Т. 2. – С. 36–40.

9. **Бойкова, О.А.** Методы и средства функциональной диагностики электромеханических преобразователей энергии / И.Х. Хайруллин, Д.Ю. Пашали, О.А. Бойкова // Электронные устройства и системы: Межвузовский научный сборник. – Уфа, УГАТУ – 2010. – С. 290–294.

10. **Бойкова, О.А.** Аппаратно-программные комплексы диагностики электромеханических преобразователей энергии / Д.Ю. Пашали, О.А. Бойкова и др. // Инновационные технологии в управлении, образовании, промышленности АСИНТЕХ-2010: Материалы Международной научной конференции: в 3 т. – Астрахань: Изд-во «Астраханский университет», 2010. – Т. 2. – С. 15–17.

11. **Бойкова, О.А.** Система контроля приводов запорной арматуры нефтяной и газовой промышленности / Д.Ю. Пашали, О.А. Бойкова и др. // Повышение надежности и энергоэффективности электротехнических систем и комплексов: Межвузовский сборник научных трудов. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2010. – С. 25–30.

12. **Бойкова, О.А.** Расширение функциональных возможностей контроля электрических машин / О.А. Бойкова, В.Е. Вавилов // Мавлютовские чтения: Всероссийская молодежная научная конференция. – Уфа: УГАТУ, 2010. – Т. 2. – С. 30–31.

13. **Бойкова, О.А.** Повышение эффективности диагностирования роторного оборудования энергетических систем / Д.Ю. Пашали, О.А. Бойкова, В.Е. Вавилов // Научно-исследовательские проблемы в области энергетики и энергосбережения: Материалы всероссийской конференции. – Уфа: УГАТУ, 2010 – С. 16–18.

14. **Бойкова, О.А.** Анализ методов функциональной диагностики электромеханических преобразователей энергии // Актуальные проблемы науки и техники: Материалы V Всероссийской зимней школы-семинара аспирантов и молодых ученых. Уфа: УГАТУ, 2010 – Т. 2. – С. 88–91.

15. **Бойкова, О.А.** Зависимость внешнего магнитного поля от параметров поверхностного слоя магнитопроводов // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Материалы XVI международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. Москва, МЭИ, 2010 г. – Т. 2. – С.10–11.

Авторские свидетельства и патенты

16. Накладной электромагнитный преобразователь / И.Х. Хайруллин, Ф.Р. Исмагилов, Ю.В. Афанасьев, Д.Ю. Пашали, О.А. Бойкова // Патент РФ на полезную модель № 68700. Оpubл. 27.11.2007. БИ – № 33.

17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010612800. Рег. 23.04.2010 / Расчет внешнего магнитного поля электродинамического демпфера // И.Х. Хайруллин, Д.Ю. Пашали, О.А. Бойкова, В.Е. Вавилов

18. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010615107. Рег. 9.08.2010. / Программа расчета внешнего магнитного поля асинхронных двигателей // И.Х. Хайруллин, Д.Ю. Пашали, О.А. Бойкова и др.

19. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010615111. Рег. 9.09.2010 / Программа формирования диагностических критериев электромеханического демпфирующего преобразователя с распределенной вторичной средой с учетом технологических и эксплуатационных факторов // И.Х. Хайруллин, Ф.Р. Исмагилов, Ю.В. Афанасьев, Д.Ю. Пашали, О.А. Бойкова и др.

Диссертант



О.А. Бойкова

БОЙКОВА Оксана Алексеевна

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПО ВНЕШНЕМУ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ПОЛЮ

Специальность:

05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 9.11.2011. Формат 60×80 1/16
Бумага офисная. Печать плоская. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 1,0. Уч.– изд. л. 1,0
Тираж 100 экз. Заказ № 358.

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный
технический университет»
Центр оперативной полиграфии
450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12