

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, Полякова Николая Александровича на диссертацию Королёва Николая Александровича на тему: «Оценка технического состояния электротехнических комплексов с асинхронным электроприводом по частотным составляющим спектра тока», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Актуальность

В современных электротехнических комплексах промышленных предприятий высока доля систем электропривода на основе асинхронных двигателей. Это обусловлено как экономическими показателями себестоимости таких приводов, так и показателями их энергетической эффективности и надежности. Во многом, экономическая целесообразность современных усовершенствований электропривода, которые сегодня, во время перехода в эпоху Индустрии 4.0, реализуются путем модернизации, усложнения информационной подсистемы привода, определяется сроком службы и надежностью привода. Иначе говоря, только обеспечение продолжительной бесперебойной эксплуатации современной системы электропривода может гарантировать экономическую целесообразность модернизации систем электропривода, даже с учетом повышения энергетической эффективности и эксплуатационных характеристик за счет внедрения новых цифровых систем управления. И именно поэтому разработка методов анализа и идентификации и внедрения в современный электропривод информационных подсистем, отвечающих за диагностику состояния и идентификацию типа потенциальной неисправности, являются актуальными научными задачами с высокой прикладной значимостью.

Научная новизна

В диссертационной работе поставлены и решены теоретические и практические задачи, в которые входили:

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-68 от 13.04.2012
АУ УС

- анализ влияния вида и уровня дефектов на энергетические и механические характеристики автоматизированного электропривода с различными алгоритмами управления.

- разработка оценочных критериев технического состояния с выделением пороговых значений, учитывающих работоспособность и энергоэффективность автоматизированного электропривода на основе асинхронного двигателя.

- разработка структуры, алгоритмов и методики оценки технического состояния автоматизированного электропривода на основе асинхронного двигателя.

Из материалов диссертации и публикаций автора следует, что решённые в диссертационной работе задачи связаны с актуальными проблемами развития электротехнических комплексов на основе асинхронного электропривода с цифровыми системами управления, применяемые в различных отраслях промышленности, а результаты, полученные в ходе их решения, обладают научной новизной.

Теоретическое и прикладное значение результатов диссертационной работы

Полученные в диссертации результаты и новые технические решения имеют межотраслевое значение и могут быть использованы для модернизации электротехнических комплексов и систем различного назначения в целях улучшения их надёжности и повышения ремонтпригодности. В работе показано, что применение предложенных решений для совершенствования действующих электротехнических комплексов дает возможность детализированной диагностики системы электропривода и определения широкого типа потенциальных дефектов и неисправностей, которые могут возникнуть как в результате брака при производстве, так и в ходе износа оборудования при эксплуатации.

Результаты диссертационных исследований также могут быть использованы в учебном процессе при осуществлении образовательной

деятельности, в частности, для реализации специальных дисциплин учебного плана.

Достоверность и обоснованность научных положений и результатов работы

Исследования основывались на результатах анализа данных, полученных в ходе численного и имитационного моделирования автоматизированного электропривода с интеграцией системы оценки технического состояния в систему управления электроприводом при наличии дефектов асинхронного двигателя.

Теоретические исследования осуществлялись с применением методов фазовых преобразований, теории преобразовательной техники, теории обобщенной электрической машины; теории электропривода, методов решения дифференциальных уравнений, математического моделирования и анализа электромагнитных процессов в электротехнических комплексах и системах.

Достоверность основных теоретических положений, методов расчета и анализа подтверждена с помощью имитационного моделирования в среде *Simulink* программы *Matlab*, а результатами экспериментальных испытаний.

Оценка содержания диссертации

При написании диссертационной работы Королевым Н.А. использован широкий перечень литературных источников, включающий и нормативную документацию. Текст рукописи и автореферат содержат достаточное количество графиков, рисунков и таблиц.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 16 печатных работах, в том числе в 3 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (далее – Перечень ВАК), в 8 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science; получено 6 патентов.

Замечания по диссертационной работе

1. В работе мало внимания уделяется статистической оценке результатов диагностики. Например, можно ли утверждать, что предлагаемая автором методика определения технического состояния по результатам диагностики в виде диаграмм, представленных на рисунке 4.34, позволяет всегда, без исключений, однозначно определить дефект, или есть некоторая доля вероятности ошибочной идентификации? Существуют ли специальные условия проведения экспериментов, которые позволяют однозначно отличить дефекты одного вида от дефектов другого вида, и нужно ли проводить отдельно испытания для каждого из дефектов? Приведенные в работе данные не имеют каких-либо отсылок на информацию об общем количестве отказного оборудования с данным дефектом для данного привода или класса приводов согласно предлагаемой классификации, а также о частоте отказов в зависимости от срока службы (данные рисунка 1.5 не совсем соответствуют предлагаемой в п.2.3 С. 66 классификации по мощности и не содержат информации о частоте и количестве отказов в каждом из классов оборудования).

2. Есть некоторая неоднозначность в прочтении Таблицы 1.1. В частности, коэффициент мощности может зависеть как от амплитуд высших гармоник спектра тока, так и от амплитуд высших гармоник спектра напряжения, как следствие - и коэффициентов гармоник тока и мощности. В связи с этим неясно, почему у дефектов, контролируемых по параметрам спектра тока (например, короткое замыкание или дефект обмотки ротора), отсутствует связь с коэффициентом мощности, равно как и у, например, у дефектов, контролируемых по параметрам несинусоидальности питающего напряжения).

3. В работе утверждается, что обоснованы и описаны критерии энергоэффективности автоматизированного электропривода при возникновении дефектов АД по суммарному коэффициенту искажения синусоидальности тока, а также работоспособности автоматизированного электропривода при возникновении дефектов АД по суммарному коэффициенту пульсаций электромагнитного момента. Однако, коэффициент искажений тока сам по себе и является одним из критериев качества энергопотребления. В работе практически не рассматриваются иные показатели энергоэффективности

(коэффициент мощности, КПД – упоминаются в паспортных данных двигателя (Таблица 2.1 – Паспортные данные двигателей АИР132М4, С.41) и на с.72 есть упоминание, что «характер изменения параметров схемы замещения и косвенно влияют на коэффициент мощности АД»), кроме того, несколько упоминаний в обзорной части диссертации на сс. 13-15, однако в дальнейшем в анализе не рассматриваются), таким образом из работы не следует установление взаимосвязи между этими коэффициентами и какими-либо иными показателями энергоэффективности. В таком случае обоснование касается скорее определения вида неисправности по суммарному коэффициенту искажения и/или характеру спектрального состава синусоидальности тока.

4. Данные таблицы 2.10 неявно коррелируют с результатами на рисунке 2.26. на С.70, и рисунке 2.26. на С.71. Согласно таблице 2.10 потери – p_{dij} -потери мощности при дефектах в статоре – могут достигать величины 101 кВт, а p_{d4j} - потери мощности при дефектах в роторе – могут достигать величины 76 кВт, тогда как мощность двигателя АИР132М, как утверждается в Таблице 2.1, составляет 11 кВт. При этом, если эти данные должны соответствовать рисункам 2.26 на С.70 и на С.71, то полная мощность, потребляемая двигателем из сети (в 1 фазе?) не превышала 6кВА.

5. Исходя из текста работы можно заключить, что к параметрам, по которым проводится оценка работоспособности привода, относится коэффициент пульсаций момента. Об этом в частности, свидетельствуют рисунок 3.15 где поверхность области оптимальной работоспособности построена в координатах K_{ME} , K_I , где K_{ME} - суммарный коэффициент пульсаций момента, как это следует, например, из Рисунка 2.29. Было бы желательно уточнить способ применения этого критерия вне лабораторного испытательного стенда, ведь для получения обратной связи по параметру K_{ME} требуется измерение момента на валу машины.

6. В работе утверждается наличие у исследуемой системы защиты по напряжению в звене постоянного тока на уровне 60-120% от номинального напряжения. При имитационном моделировании п.4.4. рисунки 4.15-4.22 демонстрируют в момент возникновения неисправности увеличение напряжения с 500В до 800-850В (на рисунке 4.22 – до 1750В). Несмотря на то, что при

проведении имитационного моделирования явным образом уставки срабатывания защит не приводятся, из рисунков 4.15-4.22 можно предположить, что номинальным напряжением следует считать уровень $\sim 510-550$, и по формулам 3.9 и 3.10 определить, что уровни срабатывания защиты по верхнему порогу находятся в диапазоне 600-650В. Значит, напряжение на рисунках 4.15-4.22 явным образом выходит за границы указанного диапазона. Далее, на странице 118 утверждается, что «Нарушение оптимумов энергоэффективности и работоспособности АЭП с ССУ или ВСУ до уставок срабатывания защит определяет вид и уровень дефекта», однако складывается впечатление, что это утверждение применимо лишь отчасти, при условии, что в качестве данных использовались только данные полученные до достижения 600-650В в звене постоянного тока). При наличии дефекта, вызывающего такие перегрузки звена постоянного тока, на практике возможность получения характеристик пульсаций, используемых для дальнейшей диагностики, выглядит маловероятной в силу срабатывания защит.

7. К работе есть несколько замечаний по оформлению:

1) в работе содержатся некоторые опечатки, которые незначительным образом затрудняют чтение работы. В частности:

С. 53: коэффициент модуляции характерной гармонической обрыва стержней ротора (коэффициент модуляции характерной гармонической *составляющей(?)* обрыва стержней ротора)

С.61: если совокупно увеличиваю люфт (если совокупно увеличивают люфт).

2) есть неточности в нумерации рисунков (например, С.70 «Рисунок 2.26 – Изменения потребляемой мощности АД при степени дефекта: а – активная мощность, Вт; б – реактивная мощность, ВАр; в – полная мощность, ВА» и С.71 «Рисунок 2.26 – Потребляемая мощность АД: а – в исправном состоянии; б – с дефектами статора; в – с дефектами ротора; г – при эксцентриситете; д – с дефектами подшипника»

Указанные замечания и недостатки носят частный характер, не являются принципиальными с точки зрения основных задач, поставленных и решенных в

диссертации, не искажают смысловое значение сделанных выводов и незначительно сказываются на общей ценности полученных результатов.

Заключение по диссертационной работе

Диссертация Королёва Николая Александровича выполнена на высоком научно-техническом уровне является законченной диссертационной работой, в которой изложены новые технические решения по идентификации неисправностей и оценке работоспособности систем на основе асинхронного привода с замкнутыми системами управления.

Диссертация «Оценка технического состояния электротехнических комплексов с асинхронным электроприводом по частотным составляющим спектра тока», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – Королёв Николай Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент, кандидат технических наук,
доцент факультета систем управления и робототехники,
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет ИТМО»

Подпись Полякова
удостоверяю
Менеджер ОПС
Шипилов В.А.



Поляков Николай Александрович
Тел.: +7 (921)-929-23-60
e-mail: polyakov_n_a@itmo.ru

11 апреля 2022

Официальный адрес организации – 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д.49, лит. А.
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет ИТМО»