

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора
Верещагина Владимира Петровича
на диссертацию Зотова Ильи Вадимовича "Комплекс
технических решений для системы радиального магнитного
подвеса ротора турбогенератора ГТ ТЭЦ горизонтального исполнения",
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.09.03 "Электротехнические комплексы и системы"

Актуальность темы диссертации подтверждена на основе анализа опубликованных работ и изучения тенденций развития перспективных систем магнитного подвеса (СМП) роторов крупных машин горизонтального исполнения. Для этого типа СМП открываются возможности улучшения удельных массовых показателей и качества системы управления за счет применения радиального магнитного подвеса одностороннего действия (РМП ОД). Это относительно новое научное направление в теории и практике СМП, несомненно, заслуживает внимания, т.к. позволяет улучшить технические показатели и конкурентоспособность разработок систем данного типа.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, можно считать достаточной, т.к. они базируются на адекватном описании происходящих физических процессов, корректном математическом представлении и решениях с использованием известных исходных соотношений и стандартных компьютерных программ.

Структура и объем диссертации соответствуют требованиям, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В первой главе представлен достаточно полный обзор существующих разработок в области крупных машин с СМП. Рассмотрены все основные типы СМП и возможные пути их совершенствования. В результате сформулирована задача исследований и намечены пути ее решения. Корректность допущений, принятых в работе, подтверждена существующей практикой разработки и проектирования подобных СМП.

Вторая глава посвящена теоретическому обоснованию возможности снижения удельной массы и повышения быстродействия СМП в турбогенераторе горизонтального исполнения. В результате существующего соотношения между отно-

сительно низким уровнем возмущающих усилий, действующих на ротор, и большой постоянной нагрузкой от силы веса правомерно отказаться от традиционного кольцевого радиального магнитного подшипника (КРМП) и применить РМП ОД.

Третья глава касается разработки математических моделей с учетом специфики применения РМП ОД. Приводятся результаты компьютерного моделирования процессов управления усилием РМП ОД, которые позволяют автору адекватно оценить динамические свойства этого сложного исполнительного органа (ИО СМП). Определены переходные и частотные характеристики форсированного ИО для различных вариантов обратной связи (по току и магнитному потоку), которые подтвердили возможность идентификации такого ИО простым апериодическим звеном, что упрощает анализ пространственной динамики СМП с использованием стандартной программы Simulink. Это позволило диссертанту профессионально применить существующие математические средства для анализа различных режимов работы СМП.

В четвертой главе на основе разработанной математической модели СМП диссертантом проведено исследование динамических процессов СМП, позволившее оценить устойчивость и качество управления СМП турбогенератора.

Пятая глава по экспериментальному исследованию образца турбогенератора ГТ ТЭЦ подтвердила достаточно высокую для практических целей точность моделирования. Расхождение расчетных и экспериментальных данных не превышает 10%. Устойчивость и качество управления СМП, судя по частотным характеристикам и переходным функциям замкнутой СМП, соответствуют обычным требованиям, которые ограничивают увеличение амплитуды колебаний на критических частотах не более 6 дБ.

Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Представлено обоснование технического решения о целесообразности применения РМП ОД в СМП крупных машин горизонтального исполнения.
2. Разработаны математические модели элементов и СМП в целом, отражающие специфику управления РМП ОД.
3. Получены данные по исследованию динамических свойств, позволяющие выбрать структуру и параметры аппаратуры управления СМП и РМП ОД.
4. Проведено экспериментальное исследование СМП турбогенератора, подтверждающее полученные расчетные результаты и выводы.

Научная новизна заключается в следующем:

1. В целом, комплекс технических решений по СМП с РМП ОД, рассмотренный в диссертации, является новым научным достижением в области разработки и исследования крупных машин с СМП.

2. Разработаны и исследованы новые математические модели, использованные для выбора структуры и параметров аппаратуры управления СМП турбогенератора.

3. Результаты экспериментального исследования образца турбогенератора с СМП и РМП ОД представляет научный и практический интерес для этого нового класса машин.

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается применением апробированных методов, используемых в электромеханике и теории автоматического управления, корректностью допущений при решении задач. Совпадение результатов математического моделирования с данными экспериментального исследования свидетельствует о высокой точности расчетов.

В публикациях автора достаточно полно отражены основные научные результаты данной диссертационной работы.

Практическая ценность результатов данной работы подтверждена применением их в конкретных разработках образцов турбогенератора для ГТ ТЭЦ и крупного электродвигателя с СМП. Кроме того, в отечественной практике это первый опыт разработки крупных машин с СМП может быть полезен и принят как исходный.

Замечания по диссертационной работе Зотова И.В. можно представить в следующем виде:

1. Для интегральной оценки динамических свойств машин с СМП кроме ЧХ обычно оцениваются характеристики изменения уровня колебаний ротора по мере разгона машины до номинальной скорости, но в данной работе такой характеристики нет.

2. В тексте диссертации (раздел 31, стр.82) нет обоснования необходимости одновременного применения форсированного управления по току и магнитному потоку.

