

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук

Логинова Сергея Юрьевича

на диссертационную работу 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

В современной электротехнике существует большое многообразие конструкций электрических машин для самых разных областей применения. Весьма востребованными являются и турбогенераторы большой мощности. Рост мощностей и скоростей вращения выдвигают проблему повышения долговечности подшипниковых узлов, как первоочередную. Традиционные подшипники качения и скольжения достигли высокого уровня и в ближайшее время останутся основными элементами опорных узлов. Однако, наряду с ними активно развиваются опоры, основанные на принципе активного магнитного подвеса ротора, в которых стабилизация положения вала осуществляется за счет сил магнитного тяжения. Диссертационная работа посвящена задаче оптимизации параметров системы магнитного подвеса как по массогабаритным показателям, так и по быстродействию. Актуальность данной тематики не вызывает сомнения и подтверждена множеством научных разработок проводимых как в России, так и за рубежом.

Общая характеристика работы

Рецензируемая работа состоит из введения, пяти глав, заключения (165 страниц основного текста) и шести приложений. Список печатных работ соискателя включает девять работ, опубликованных в рецензируемых научных журналах определенных ВАК. Соискатель является соавтором четырех патентов на полезную модель.

В первой главе проведен обзор достижений мировых лидеров по производству активных магнитных подшипников (АМП), описаны конструктивные варианты исполнения АМП, приведено сравнение показателей АМП различных фирм. Также ставится задача оптимизации магнитного подвеса с точки зрения массогабаритных показателей, быстродействия, и энергетических показателей. Рассмотрено влияние некоторых конструктивных показателей на удельную массу, удельное энергопотребление и быстродействие системы. Однако не отмечено то, что при увеличении массы нет необходимости пропорционального увеличения быстродействия в силу снижения требований по нему вследствие возрастания инерционности (стр. 20). В качестве средства повышения качественных показателей предложено использовать радиальный магнитный подшипник одностороннего действия.

Во второй главе обозначен объект исследования – турбогенератор' ТФЭ-10-2В/6000 с массой ротора 4,3 тонны. Получены количественные отношения показывающие уменьшение удельных массовых показателей при введении радиального магнитного подшипника одностороннего действия. Также показано, что значительно, увеличивается быстродействие при сохранении общей мощности и габаритов системы управления магнитным подвесом, но не учтено влияние тягового усилия, которое создавалось нижним электромагнитом. Сделан справедливый вывод о том, что применение радиального подшипника одностороннего действия целесообразно для крупных машин горизонтального исполнения.

В третьей главе разработаны новые математические модели системы управления магнитными подшипниками одностороннего действия. На основе общепринятых подходов составлена математическая модель и проведено компьютерное моделирование линеаризованной системы электромагнита в среде Simulink. Должное внимание уделено наблюдателю состояния объекта управления, как ключевому элементу перспективных систем управления магнитных подвесов (причем данный наблюдатель без учета полей рассеяния реализован аппаратно). Подробно рассмотрены переходные функции моделей при управлении по току и по магнитному потоку. Продемонстрировано преимущество управления по магнитному потоку. Получены амплитудно-фазочастотные характеристики по току и тяговому усилию и сделан вывод о их идентичности характеристикам апериодического звена, что позволяет упростить динамический анализ ротора и синтез системы управления.

В четвертой главе канал управления рассматривается как последовательное соединение ПИД-регулятора, исполнительного органа, ротора и датчика положения. Для каждого из звеньев приведены математические модели в среде Simulink и их подробное описание. Для частотного анализа и определения переходной функции использовалась линеаризованная модель замкнутой системы магнитного подвеса. На основании анализа переходных функций замкнутой системы сделан вывод об устойчивой работе системы.

Пятая глава посвящена экспериментальным исследованиям. Вначале проведен ряд опытов для отдельных узлов в разомкнутой системе, подтверждающих адекватность модели реальному устройству (расхождения не превышают 10%). После этого исследовались передаточные функции и частотные характеристики реального исполнительного органа в замкнутой системе. Сравнению подвергались: частотная характеристика тока при управлению по магнитному потоку, частотная характеристика ПИД-регулятора, корректирующих звеньев и режекторного фильтра, частотная характеристика совместно регулятора и исполнительного органа, частотная характеристика замкнутой системы магнитного подвеса. В результате автором сделан справедливый вывод об адекватности полученных математических моделей. Показаны хорошие результаты даже при сравнении с линеаризованной моделью.

По мнению оппонента **наиболее ценными и значимыми результатами**, полученными Зотовым И.В. являются:

-разработанные и исследованные новые математические модели процессов управления радиального магнитного подшипника одностороннего действия.

-проведенные экспериментальные исследования, подтверждающие адекватность моделей.

Особо следует подчеркнуть новизну и перспективность развития данного направления в области активных магнитных опор.

Достоверность и правильность основных положений и выводов диссертации подтверждается корректным использованием математического аппарата для описания электромеханических процессов в активном магнитном подвесе, а также результатами экспериментальных исследований.

Значение для науки и практики

Научно обоснована и подтверждена целесообразность применения радиальных магнитных подшипников однонаправленного действия для турбогенераторов большой мощности.

Обоснована возможность значительного уменьшения массы радиального магнитного подшипника и увеличения быстродействия при сохранении мощности системы управления

Основные замечания по работе

1. В работе нет упоминания о перспективных разработках в данной области: цифровое управление, использование постоянных магнитов для компенсации силы тяжести и использование компьютерного моделирования для расчетов динамики роторов и электромагнитных процессов, которые обозначаются в большинстве зарубежных публикаций.

2. Вывод об увеличении быстродействия системы в 2 раза не учитывает влияния которое производил нижний электромагнит в классическом радиальном магнитном подшипнике.

3. В диссертации нет сравнения переходных характеристик классического радиального магнитного подшипника и радиального магнитного подшипника одностороннего действия, которое бы подтвердило увеличение быстродействия в 2 раза.

4. Возможно ли было задать начальные условия при построении переходной функции в нелинейной математической модели для более адекватного сравнения с экспериментальной?
(Рис 5.2.5)

5. Редакционная погрешность (табл. 1.2.1 – дублирование данных).

Заключение

Сделанные замечания не влияют положительную оценку диссертационной работы И.В.Зотова. Диссертационная работа выполнена на актуальную тему, в ней изложены обоснованные технические решения по радиальному магнитному подшипнику

одностороннего действия, позволяющие уменьшить массогабаритные показатели и повысить быстродействие устройства. Автореферат диссертации и публикации в достаточной мере и с необходимой полнотой отражают основное содержание работы. Проведенные экспериментальные исследования и полученные патенты на полезные модели свидетельствуют о высоком научно-техническом уровне автора.

Диссертация Зотова И.В. «Комплекс технических решений для системы радиального магнитного подвеса ротора турбогенератора ГТ ТЭЦ горизонтального исполнения» представляет собой законченную научную работу, обладает большой теоретической и практической значимостью и соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым ВАК России к кандидатским диссертациям. Автор диссертационной работы достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Доцент кафедры «Электропривода и систем автоматизации»

ФГБОУ ВПО «Псковский государственный университет»

к. т. н (05.09.01 - Электромеханика и электрические аппараты)

lsy1@mail.ru

Логинов Сергей Юрьевич

180000, г.Псков, пл. Ленина 2

ФГБОУ ВПО «Псковский государственный университет»

8-8112-75-29-46,

20.04.2015

Подпись Логинова С.Ю. заверяю

Проректор по научной работе

ФГБОУ ВПО «Псковский государственный университет»



Истомин А.В.