

О Т З Ы В

**официального оппонента
на диссертационную работу
Паймурзова Евгения Геннадьевича
«Разработка бездатчикового управления
преобразователем частоты с зависимым инвертором
тока при пуске мощных синхронных машин»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
2.4.2. Электротехнические комплексы и системы**

Для рассмотрения официальному оппоненту представлены следующие материалы:

- 1) диссертационная работа на 218 страницах машинописного текста формата А4, состоящая из введения, четырех глав, заключения, списка используемой литературы и четырех приложений;
- 2) автореферат на 20 страницах формата А5.

Актуальность темы

Электроприводы турбомеханизмов (насосов, вентиляторов, компрессоров) в большинстве случаев выполняются на базе мощных и сверхмощных синхронных электрических машин. Широко используются такие электроприводы в металлургической, горно- и нефтегазодобывающей отраслях промышленности, аэродинамических установках, распределенной генерации электрической энергии. При этом одной из наиболее актуальных задач является обеспечение трогания ротора неподвижной синхронной машины в заданном направлении вращения с заданным ускорением при отсутствии колебаний вала машины с приводимым в движение механизмом. Поэтому актуальность темы диссертационной работы Паймурзова Е.Г., которая посвящена разработке бездатчикового управления преобразователем частоты при пуске мощных синхронных машин, не вызывает сомнений.

Оценка структуры содержания работы

Наименование и содержание глав диссертационной работы объединено внутренним единством достижения поставленной цели и решением широкого

круга теоретических и практических задач, направленных на разработку и реализацию бездатчикового управления преобразователем частоты при пуске мощных синхронных машин.

Во В в е д е н и и обоснованы актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, показаны научная новизна и практическая значимость, приведены сведения по внедрению результатов и апробации работы.

В п е р в о й г л а в е проведен анализ состояния и перспектив развития работ по созданию и исследованию способов и устройств пуска мощных синхронных машин, а также способов определения углового положения ротора синхронной машины в области нулевой и низких частот вращения, на основании которого автором намечены пути исследования.

На основании анализа математического описания переходных электромагнитных и электромеханических процессов в синхронной машине, проведенного во в т о р о й г л а в е, разработана компьютерная модель системы «преобразователь частоты с зависимым инвертором тока – синхронная машина», с помощью которой проведено компьютерное моделирование и исследование основных особенностей частотного пуска синхронной машины от тиристорного преобразователя частоты на основе зависимого инвертора тока.

В т р е т ь е й г л а в е предложены способ и алгоритм бездатчикового управления для импульсного режима работы системы «преобразователь частоты с зависимым инвертором тока – синхронная машина» для частотного пуска синхронной машины при её трогании из неподвижного состояния и дальнейшем разгоне в области нулевых и низких частот вращения. Предложено интересное решение по фильтрации фазных напряжений статора синхронной машины с переключаемой постоянной времени фильтра с целью снижения влияния трансформаторной электродвижущей силы статора. Компьютерная модель системы «преобразователь частоты с зависимым инвертором тока – синхронная машина» дополнена предложенным способом бездатчикового управления, с её помощью проведены исследования импульсного режима работы системы «преобразователь частоты с зависимым инвертором тока – синхронная машина» в области нулевых и низких частот вращения синхронной машины. На основании результатов компьютерного моделирования установлена эффективность предложенной

фильтрации напряжений статора, а также работоспособность и эффективность предложенного способа и алгоритма бездатчикового управления.

В четвертой главе приводится описание испытательных стендов, а также сведения о практической реализации бездатчикового управления системы «преобразователь частоты с зависимым инвертором тока – синхронная машина». Показана возможность практического применения предложенного способа и алгоритма бездатчикового управления для частотного пуска и регулирования частоты вращения возбужденной синхронной машины с бесщеточной системой возбуждения в области нулевых, сверхнизких и низких частот вращения.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Методы исследования

Для решения поставленных задач в диссертационной работе применяются методы теоретических основ электротехники, теории электрических машин, автоматического управления, математического и компьютерного моделирования и экспериментального исследования.

Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов диссертационной работы подтверждается корректным использованием математического аппарата современной теории автоматического управления, методов математического моделирования, непротиворечивостью результатов и выводов с ранее полученными данными исследований, а также совпадением результатов компьютерного моделирования с результатами экспериментального исследования.

Научная новизна представленной диссертационной работы заключается в следующем:

- 1) установлена и исследована закономерность, связывающая временной параметр работы зависимого инвертора тока, угловое положение ротора и напряжение статора синхронной машины при обесточенной фазе зависимого инвертора тока, отличающаяся от известных тем, что угол поворота ротора определяется как отношение длительности проводящего состояния пары тиристорных плеч зависимого инвертора тока от момента последней принудительной коммутации его тиристоров к периоду, определяемому из

напряжения статора синхронной машины при обесточенной фазе зависимого инвертора тока;

2) разработаны способ и алгоритм бездатчикового управления для импульсного режима работы системы «преобразователь частоты с зависимым инвертором тока – синхронная машина» в области нулевой и низких частот вращения при частотном пуске и регулировании частоты вращения синхронной машины с учетом неопределённости изменения ее углового ускорения, отличающиеся от известных тем, что организовывается параллельная работа скалярного управления и управления по напряжению статора синхронной машины, последнее дополнительно обрабатывается и выделяется напряжение статора синхронной машины обесточенной фазы зависимого инвертора тока, из которого определяются величины фазы напряжения и угла поворота ротора, которые сравниваются с заданными уставками и по их сравнению или по сигналу скалярного управления выполняется принудительная коммутация тиристоров зависимого инвертора тока двухзвенного тиристорного преобразователя частоты, в момент осуществления которой выполняется воздействие на скалярное управление и управление по напряжению статора, далее цикл работы повторяется;

3) разработан алгоритм фильтрации напряжения статора синхронной машины, обеспечивающий уменьшение трансформаторной электродвижущей силы, отличающийся от известных тем, что значения элементов памяти и коэффициентов фильтрации зависят от режимов работы и состояния элементов выпрямителя и инвертора двухзвенного тиристорного преобразователя частоты.

Практическая ценность диссертационного исследования:

1) разработанные способ и алгоритм бездатчикового управления для импульсного режима работы системы «преобразователь частоты с зависимым инвертором тока – синхронная машина» в области нулевой и низких частот вращения, предложенная фильтрация напряжений статора синхронной машины с изменяющимися сопрягающими частотами в зависимости от режимов работы выпрямителя и инвертора преобразователя частоты реализованы автором в программном обеспечении системы управления серийно выпускаемых тиристорных преобразователей частоты производства ООО НПП «ЭКРА», а предложенный расчёт параметров имитатора датчика положения ротора используется при настройке указанных преобразователей частоты;

2) разработанная компьютерная модель системы «преобразователь частоты с зависимым инвертором тока – синхронная машина» и программное обеспечение по обработке и анализу результатов работы системы управления системы «преобразователь частоты с зависимым инвертором тока – синхронная машина» используются на ООО НПП «ЭКРА» с целью проведения исследований, тестирования, сравнения с результатами компьютерного моделирования и образцовых исследований, контроля и поиска неисправностей в работе преобразователей частоты;

3) предложенный способ бездатчикового управления может использоваться в полупроводниковых преобразователях частоты иной топологии при обеспечении цикла работы, при котором ток проводят только две фазы статора синхронной машины, а третья фаза – обесточена; для преобразователей частоты, способных работать с единичным коэффициентом мощности по выходу, можно обеспечить работу системы «преобразователь частоты – синхронная машина» во всём диапазоне изменения рабочей частоты вращения синхронной машины.

Реализация результатов работы

Полученные результаты работы реализованы и используются в серийно выпускаемых тиристорных преобразователях частоты производства ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары.

Апробация работы

Работа прошла хорошую апробацию. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на международных и Всероссийских конференциях и опубликованы в 13 печатных работах, в том числе: четыре статьи в изданиях, рекомендуемых ВАК, пяти патентах РФ.

Автореферат отражает основное содержание диссертационной работы, написан литературным языком с использованием терминологии, принятой в данной отрасли науки и техники, стиль изложения – доказательный.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1) из текста третьей главы диссертационной работы не ясно, учитывается ли в разработанном способе и алгоритме бездатчикового управления для импульсного режима работы системы «преобразователь частоты с зависимым инвертором тока – синхронная машина» запаздывание, вносимое фильтрами фазных напряжений статора;

2) на стр. 117 проводится сравнительный анализ результатов компьютерного моделирования процессов в системе тиристорный преобразователь частоты – синхронная машина с управлением по датчику положения ротора с результатами компьютерного моделирования бездатчикового управления системы тиристорный преобразователь частоты – синхронная машина, однако количественная оценка совпадения результатов моделирования проводится только по времени разгона синхронной машины;

3) на стр. 117 автор пишет: «Таким образом, можно отметить, что предложенные способ и алгоритм бездатчикового управления для импульсного режима работы системы тиристорный преобразователь частоты – синхронная машина имеют высокую точность определения углового положения ротора. Это позволяет сформировать оптимальные электромагнитные и электромеханические процессы для минимизации времени работы системы тиристорный преобразователь частоты – синхронная машина в импульсном режиме и снижения тепловой нагрузки на тиристоры зависимого инвертора тока», однако при этом не приводится количественная оценка точности определения углового положения ротора и снижения тепловой нагрузки на тиристоры зависимого инвертора тока, а задача оптимизации электромагнитных и электромеханических процессов в диссертационной работе не сформулирована и не решается;

4) из текста четвертой главы диссертации не ясно, чем обусловлено применение в испытательных стендах аппаратных фильтров напряжения и тока с разными постоянными времени, не ясно также, как это влияет на результаты экспериментального исследования и их совпадение с результатами компьютерного моделирования;

5) в выводах по третьей, четвертой главам и в Заключение автор не приводит количественных оценок совпадения результатов компьютерного моделирования и экспериментального исследования, ограничиваясь общими формулировками.

Оценивая уровень работы в целом, считаю, что диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование на соискание ученой степени кандидата технических наук, в ней содержится решение задачи разработки и исследования способа и алгоритма бездатчикового управления преобразователем частоты с зависимым инвертором тока при пуске мощных синхронных машин,

которая имеет существенное значение для теории и практики электроприводов на базе мощных и сверхмощных синхронных электрических машин.

Представленная диссертационная работа «Разработка бездатчикового управления преобразователем частоты с зависимым инвертором тока при пуске мощных синхронных машин», соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор – Паймурзов Евгений Геннадьевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент

заведующий кафедрой
электропривода и электротехники
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Казанский национальный
исследовательский технологический университет»,
доктор технических наук, доцент,
Макаров Валерий Геннадьевич

Докторская диссертация защищена по специальности
05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
кафедра электропривода и электротехники
420015 г. Казань, ул. К. Маркса, 68
тел. (843) 231-41-27
e-mail: electroprivod@list.ru

Подпись Макарова В.Т.
Удостоверено

Макаров
по кафедре
электропривода

Храмова
14.03.2014