

Утверждаю:

Директор по системам
автоматики энергетических
машин АО «Силовые машины»

Должность

Гоголев Г.А.

ФИО

09

число

июль

месяц

2022

год

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Прокудина Александра Владимировича на тему: «Тиристорное устройство гашения магнитного поля синхронного генератора», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12 «Силовая электроника»

В диссертационной работе А.В. Прокудина разработано и исследовано устройство силовой электроники, использующее новый принцип формирования вольтамперной характеристики за счет переключения линейных резисторов.

В энергетике Российской Федерации строится и находится в эксплуатации большое количество электрических станций, имеющих в своем составе синхронные генераторы. В связи с этим, вопросы эффективного гашения поля синхронных генераторов, с точки зрения предотвращения развития аварий, сохраняют свою актуальность в настоящее время. Тема диссертации, является актуальной. Материалы диссертационной работы представляют интерес для разработчиков и изготовителей систем возбуждения синхронных генераторов.

Теоретической ценностью работы является получение и обоснование вольтамперной характеристики устройства гашения поля синхронного генератора, которая может быть применена не только к разработанному тиристорному устройству но и для оптимизации характеристик других устройств аналогичного назначения.

Практический интерес вызывает метод бездуговой коммутации цепей возбуждения, применение которого даст положительный результат как в новых, так и при реконструкции действующих систем возбуждения синхронных генераторов.


Замечания к автореферату и диссертационной работе:

1. Предлагаемое в работе устройство оригинально и будет выполнять поставленные задачи, но вызывает сомнение с точки зрения надёжности из-за большого количества разного вида комплектующих, требующих специального подбора и настройки.

2. В тексте автореферата не указано для синхронных генераторов какого диапазона мощностей применимо данное устройство. Указывается только, что пробный расчет параметров устройства проводился для турбогенератора 12 МВт Т-12-2.

Несмотря на высказанные замечания работа выполнена на достойном уровне, соответствует требованиям ВАК, и Прокудин А.В. заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12 «Силовая электроника» (технические науки).

Заместитель директора по НИОКР
дирекции по системам автоматики
энергетических машин
АО «Силовые машины», к.т.н.


Бурмистров А.А.
09.06.22

Burmistrov_aa@power-m.ru;

тел. +7(812) тел. 8(812) 363-34-10 доб. 4-40-27

195009, Санкт-Петербург, ул. Ватутина, д.3, лит. А.

Подпись Бурмистрова А.А. удостоверяю

Специалист



Али Машурдзаев А.Б.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Прокудина Александра Владимировича на тему: «Тиристорное устройство гашения магнитного поля синхронного генератора», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12 «Силовая электроника»

Обеспечение быстрого гашения магнитного поля синхронных генераторов электрических станций необходимо для снижения последствий близкого короткого замыкания в цепях статора и развития аварийного процесса на другие элементы энергосистемы в аварийных переходных режимах. Существующие способы и устройства гашения поля генераторов обладают рядом недостатков. Применение же средств силовой электроники в цепях обмотки возбуждения генераторов позволяет оптимизировать процесс гашения поля с целью сокращения его длительности.

Управление электромагнитными процессами в электроэнергетическом оборудовании с помощью средств силовой электроники является важным направлением современной науки. Поэтому диссертационная работа Прокудина А.В. является актуальной.

Научная новизна работы:

1. Автором впервые предложен и исследован принцип формирования заданной нелинейной вольтамперной характеристики путем переключения линейных резисторов средствами силовой электроники, направленный на снижение времени гашения поля синхронной машины в аварийных режимах.

2. Оригинальным решением является применение алгоритма управления гасящими цепями, основанное на системе двоичного исчисления, которое ранее применялось только в слаботочной электронике.

3. Представляет интерес компактная запись кусочно-линейной функции (выражение 2, стр. 11), описывающей вольтамперную характеристику тиристорного устройства гашения магнитного поля генератора. Обычно, такая запись содержит N -шт. строк для N -шт. линейных участков функции, и при большом числе интервалов является весьма громоздкой.

Практическая ценность:

1. Предложенную диссертационную работу можно рассматривать как успешную попытку управления электромагнитными процессами в цепях обмотки возбуждения синхронной машины, реализованной средствами силовой электроники.

2. В работе четко сформулированы критерии оптимального процесса гашения магнитного поля и получены требования к устройствам гашения поля, направленные на достижение обозначенных критериев.

Работа отличается полнотой и объемом исследований, но к содержанию автореферата есть замечания:

1. Автор не приводит причин отказа от использования в гасящих цепях в качестве ключей полностью управляемых полупроводниковых приборов – транзисторов и запираемых тиристоров. Возможно, это есть в тексте диссертации.

2. В схеме устройства (рисунок 2, стр. 10) присутствуют конденсаторы $C_1...C_N$. В тексте автореферата нет упоминания элементов с такими обозначениями.

Указанные недостатки незначительны, не снижают научной и практической ценности диссертационной работы, и, вероятно, связаны с ограниченным объемом автореферата.

Представленная диссертационная работа является законченным исследованием по силовой электронике, соответствует паспорту специальности и требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор Прокудин А.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12. – Силовая электроника.

Профессор, д.т.н., профессор
Отделения электроэнергетики и
электротехники Инженерной школы
энергетики ФГАОУ ВО «Томский
политехнический университет».

Научная специальность, по которой
защищена докторская диссертация –
05.09.03.

trbalex@tpu.ru +7 (3822) 60-61-08.

634050, г. Томск, ул. Усова, д.7, оф. 133

6.06.2022



Гарганеев А.Г.

Подпись Гарганеева А.Г. заверяю:

Ученый секретарь НИ ТПУ



Е.А. Кулинич

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Прокудина Александра Владимировича на тему: «Тиристорное устройство гашения магнитного поля синхронного генератора», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12 – Силовая электроника

Диссертационная работа Прокудина А.В. посвящена актуальной проблеме разработки устройства гашения магнитного поля синхронного генератора с применением средств силовой электроники с целью повышения надежности и эксплуатационных характеристик объектов генерирования электроэнергии. В автореферате на основе статистических данных по авариям обоснована важность решения вопросов быстрого гашения поля синхронных генераторов. Отмечается, что существующие устройства и способы гашения поля в недостаточной степени обеспечивают быстрое гашение поля генератора, обладают рядом недостатков.

Теоретическое значение диссертационной работы заключается в разработке метода формирования управляемой нелинейной вольтамперной характеристики выделенного элемента. Метод является универсальным и может найти применение не только в системах возбуждения для гашения магнитного поля. Важными с теоретической точки зрения являются результаты исследований и анализ влияния широкого спектра факторов на работу тиристорного устройства гашения поля, на основе которых сформулированы методики выбора параметров элементов устройства.

Теоретически важным является также получение критериев для характеристики оптимального процесса гашения поля.

Практическая ценность работы заключается в разработке и анализе тиристорного устройства гашения поля, обеспечивающего оптимальный режим контура обмотки возбуждения, соответствующий полученным критериям. Существенно, что предложенное устройство не требует использования дефицитных и дорогостоящих элементов, что соответствует современным условиям.

Важным достоинством разработанного устройства является бездуговая коммутация цепей обмотки возбуждения генератора, которая ранее не применялась в системах возбуждения.

В своих исследованиях автор широко использует аппараты линейной алгебры, математического анализа, теории вероятностей и ТОЭ. Автором задействованы методы физического моделирования, позволившие подтвердить теоретические результаты работы. При этом автор разработал собственные методы проведения эксперимента, что характеризует его как квалифицированного исследователя-экспериментатора.

Текст реферата написан грамотным техническим языком, результаты диссертации широко и полно представлены в его публикациях.

По автореферату имеются следующие замечания.

1. Согласно описанию работы устройства (стр. 9) отключение ключа короткозамыкателя происходит после полного отключения выключателя цепей возбуждения Q1. Таким образом, алгоритм управления устройством не

фиксирует факт погасания дуги в выключателе, и горение дуги может быть продолжительным, что может привести к разрушению выключателя.

2. В описании главы 3 нет поясняющих рисунков и полученных выражений, что усложняет понимание результатов выполненной работы.

3. Применение в устройстве однооперационных тиристоров требует более подробного обоснования.

Указанные замечания носят частый характер и не влияют на положительную оценку результатов диссертации.

Диссертация Прокудина Александра Владимировича соответствует специальности 05.09.12 – Силовая электроника, имеет внутреннее единство, представляет законченное научное исследование и имеет практическую значимость для промышленности и науки.

Диссертация соответствует пп. 9-11, 13-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор Прокудин Александр Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Профессор кафедры «Системотехника и управление в технических системах» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»,
доктор технических наук, профессор

7.06.2022 

Митяшин Никита Петрович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»,

ул. Политехническая, 77, г. Саратов, 410054,

Сотовый телефон: 8 (996) 202 54 58.

Рабочий телефон: (8452) 99-88-42.

Адрес эл. почты: mityashinnp@mail.ru

Специальности, по которым защищена докторская диссертация: 05.09.12 – Силовая электроника и 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Подпись д.т.н., проф. Митяшина Никиты Петровича

«заверяю»

Ученый секретарь Ученого совета
Саратовского государственного технического
университета имени Гагарина Ю.А.

доктор культурологии, доцент





Н.В. Тищенко

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Прокудина Александра Владимировича
на тему: «Тиристорное устройство гашения магнитного поля синхронного
генератора», представленной на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 05.09.12 «Силовая электроника»

Актуальность работы

Наиболее тяжелой аварией в электрической части электростанции является повреждение генератора. При возникновении короткого замыкания в обмотках статора или на их выводах нет технологической возможности отключения места повреждения от источника тока. Единственным способом ограничить развитие аварии является быстрое прекращение выработки электроэнергии самим генератором путем быстрого снижения его ЭДС за счет гашения его магнитного поля. Также скоростное гашение поля генератора необходимо в случае аварийной остановки турбоагрегата по каким-либо другим причинам.

Распространенные автоматы гашения поля, разработанные более шестидесяти лет назад, обеспечивают достаточно быстрое гашение поля генератора, но при этом являются дорогими электромеханическими устройствами, применение которых с генераторами до 32-63 МВт экономически не оправдано. Устройства гашения поля с нелинейными и линейными резисторами обладают меньшей стоимостью и наиболее распространены как в России так и за рубежом. Эти устройства характеризуются более длительным процессом гашения поля, особенно при применении линейного резистора. Кроме этого, они обязательно содержат дорогой громоздкий выключатель постоянного тока. Всем описанным устройствам присущи недостатки, заключающиеся в зажигании дуги в коммутационном аппарате, недостаточно нелинейной и неуправляемой вольтамперной характеристике, при которой достигается минимальное время гашения поля. Основываясь на данных по авариям в электроэнергетике Российской Федерации, типах и объеме генерирующего оборудования, особенностях существующих устройств гашения поля можно сделать вывод об актуальности разработки дешевого, эффективного и надежного устройства гашения поля, рассчитанного на применение, в первую очередь, с синхронными генераторами мощностью до 63 МВт.

Достоинства и практическая ценность представленной работы

Достоинства и практическая ценность представленной работы заключаются в следующем:

1. Автором сформулирована и обоснована вольтамперная характеристика устройства гашения поля, при которой обеспечивается минимум длительности процесса гашения поля генератора. Полученные научные результаты позволяют создавать эффективные устройства гашения поля синхронных генераторов.

2. Разработана математическая модель устройства с нелинейной вольтамперной характеристикой, формируемой за счет переключения линейных резисторов средствами силовой электроники, примененная для создания и исследования тиристорного устройства гашения магнитного поля синхронного генератора. С использованием разработанной модели исследованы электромагнитные процессы. Результаты теоретического исследования позволяют реализовать устройства гашения поля с управляемой вольтамперной характеристикой.

3. Предложенное тиристорное устройство гашения магнитного поля обеспечивает быстрое гашение поля генератора. Кардинально уменьшить время гашения поля генератора можно только переключением обмотки возбуждения на

источник обратного напряжения (обратный тиристорный преобразователь), что реализовать в тех же системах самовозбуждения весьма проблематично. За счет того, что работа устройства не сопровождается длительным горением дуги в контактной системе, снижаются стоимость, габариты и требования к коммутационной способности выключателя систем возбуждения.

Представленный автореферат диссертации Прокудина А.В. написан грамотным техническим языком, структурирован и построен логически верно, характеризуется четкостью изложения материала. Но к автореферату есть замечания.

Замечания к автореферату:

1. Замечание к оформлению: на стр. 16 подпись к рисунку 5 перешла на следующую страницу.

2. При описании конструкции и работы устройства не упоминается диод VD1 (стр. 10, рис. 2). Также в тексте не упоминаются конденсаторы с обозначениями C1...CN, присутствующие на рисунке 2.

3. Автор указывает что полученная в результате эксперимента вольтамперная характеристика «выдерживается на заданном уровне» хотя по рисунку 5 (стр. 16) заметно несовпадение расчетной и экспериментальной характеристик. Анализ погрешностей, который мог обосновать утверждение о совпадении результатов, в тексте автореферата не приводится.

Выявленные недостатки возможно обусловлены ограниченным объемом автореферата и не влияют на уровень научной и практической ценности представленной работы. Рассмотренная диссертация является полноценной и завершенной квалификационной работой, соответствует требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор Прокудин А.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12. – Силовая электроника.

к.т.н., д.э.н., генеральный директор
ПАО «Россети Московский регион»

Кандидат технических наук – 6 декабря 1989 г.,
Протокол №29, диплом КН № 013845

Доктор экономических наук – 22 ноября 2002 г.,
Решение Высшей аттестационной комиссии № 46д

+7 (495) 980-12-80.
117312, г. Москва, ул. Вавилова, 7Б


7.06.2022



Синютин П.А.

Подпись Синютина П.А. заверяю:

Главный эксперт
Департамента по работе с персоналом,
управления кадров


Григорьева Н.Л.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Прокудина Александра Владимировича на тему: «Тиристорное устройство гашения магнитного поля синхронного генератора», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12 «Силовая электроника»

При возникновении повреждения в цепи статора генератора единственным способом уменьшить последствия от протекания сверхтоков короткого замыкания можно только путем прекращения выработки электроэнергии самим генератором. Это достигается за счет гашения магнитного поля синхронной машины с помощью специализированного устройства, включаемого в цепь обмотки возбуждения. Известные устройства обладают рядом недостатков. Представленная диссертационная работа направлена на снижение ущерба от аварий на объектах электроэнергетики путем снижения времени гашения магнитного поля синхронных генераторов. Также ставится цель повышения надежности эксплуатации систем возбуждения генераторов.

Поставленные цели достигаются за счет разработки специализированного тиристорного устройства гашения магнитного поля. Так как в России эксплуатируется большое количество синхронных генераторов и на них неизбежно возникают аварийные ситуации, то диссертационная работа Прокудина А.В. является актуальной.

Идеей работы является формирование требуемой нелинейной вольтамперной характеристики устройства за счет изменения числа параллельно включенных линейных резисторов с помощью средств силовой электроники. Форма ВАХ определяется полученными критериями оптимального процесса гашения магнитного поля синхронного генератора. В автореферате отмечено, что необходимая ВАХ имеет сложную форму, которая изменяется во времени, за счет чего обеспечивается отключение возбудителя от обмотки возбуждения без зажигания дуги и максимальная скорость выведения накопленной в обмотке энергии.

Наиболее важными теоретическими результатами работы являются:

1. Необходимая вольтамперная характеристика устройства гашения поля синхронного генератора, при выполнении которой обеспечивается минимальное время гашения поля и блокирование зажигания дугового разряда в выключателе возбуждения.

2. Модель тиристорного устройства гашения поля синхронного генератора, представляющая собой аналитическое выражение вольтамперной характеристики, связывающее между собой основные параметры устройства, составленное в соответствии с разработанными критериями.

3. Описание электромагнитных процессов в тиристорном устройстве гашения поля и контуре обмотки возбуждения синхронного генератора в различных его режимах.

Практическая значимость работы заключается в получении рекомендаций и разработки методик по выбору параметров элементов тиристорного устройства гашения поля синхронного генератора, применение которого позволяет уменьшить длительность аварийных процессов в 3-4 раза по сравнению с распространенным способом рассеивания энергии на линейный резистор.

Замечания к автореферату:

1. В автореферате указано что «достоверность полученных результатов подтверждается ... совпадением в пределах погрешности основных результатов, полученных на основе аналитических выражений, с результатами эксперимента ...» (стр. 5). При этом в тексте не приводится оценка погрешностей измерений.

2. В описании содержания главы 2 указано что исследуется схема устройства, которая, согласно рисунку 2 (стр. 10), содержит конденсаторы $C_1...C_N$. Но нигде, в том числе в выражении (2), они не упоминаются и не раскрывается действие этих конденсаторов.

Отмеченные недостатки не влияют на научную и практическую ценность представленной работы, которая является полноценной и завершённой, соответствует требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор Прокудин А.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12. – Силовая электроника.

Профессор, д.т.н., профессор кафедр энергетики и информатики, вычислительной техники и прикладной математики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Забайкальский государственный университет», г. Чита. Научная специальность, по которой защищена докторская диссертация – 05.26.01

+7 (3022) 41-70-85.

672039, г.Чита,

ул.Александро-Заводская, д.30

e-mail: ivan.suvorov.1947@mail.ru/

06.06.2022



Суворов И.Ф.

Подпись Суворова Ивана Флегонтовича
Секретарь Совета
Забайкальского государственного университета

О.В.Евтушок

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Прокудина Александра Владимировича на тему: «Тиристорное устройство гашения магнитного поля синхронного генератора», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12 «Силовая электроника»

Одной из важнейших функций систем возбуждения является обеспечение гашения поля синхронной машины в нормальных эксплуатационных и при всех аварийных режимах в цепи обмотки статора синхронной машины при работе ее на сеть с исходным током возбуждения, не превышающим номинальный, а также в режиме форсировки возбуждения на холостом ходу синхронной машины. Оборудование гашения поля играет жизненно важную роль в защите синхронной машины и системы возбуждения. Поэтому работа Прокудина А.В., посвященная разработке и исследованию тиристорного устройства гашения магнитного поля, несомненно актуальна.

Среди полученных автором теоретических результатов следует выделить аналитическую модель тиристорного устройства гашения магнитного поля, связывающую между собой основные параметры устройства для произвольных числа гасящих ступеней и параметров генератора. Так же достоинством работы является то, что автор исследует электромагнитные процессы в контуре обмотки возбуждения с учетом работы тиристорного устройства гашения поля для всех возможных режимов синхронного генератора.

Практическая ценность работы Прокудина А.В. заключается в следующем:

- разработано и исследовано тиристорное устройство гашения поля синхронного генератора, применение которого позволяет уменьшить длительность процесса гашения поля и снизить ущерб от аварии;

- предложена оригинальная методика проведения опыта для определения некоторых постоянных времени синхронного генератора расчетно-экспериментальным методом с использованием штатной системы возбуждения что может быть использовано при оценке состояния синхронных машин, находящихся в эксплуатации длительное время.

Представленные в работе теоретические результаты проверены экспериментально на созданной автором физической модели исследуемого устройства. Показано соответствие полученных расчетных и экспериментальных характеристик. Основные положения и результаты диссертации докладывались на ряде конференций, опубликованы в рецензируемых журналах. Схема тиристорного устройства гашения магнитного поля синхронного генератора защищена патентом РФ.

Кроме отмеченных достоинств по материалам, представленным в автореферате имеются следующие замечания:

1. Автор отмечает (стр. 9) существование большого количества (17 шт.) патентов на подобные устройства, но не описывает преимущества

разработанного устройства по сравнению с существующими образцами. Возможно, это есть в тексте диссертации.

2. Для получения расчетных выражений при наличии демпфирующих контуров в магнитной системе синхронного генератора автор использует среднестатистические соотношения параметров генераторов. Это применимо только серийным турбогенераторам и недопустимо для гидрогенераторов и машин штучного производства.

Указанные замечания не являются принципиальными с точки зрения решения задач, поставленных и решенных в ходе диссертационной работы, не снижают общей ценности работы и положительной оценки автореферата. Представленная диссертационная работа является завершённым исследованием по силовой электронике, соответствует требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор Прокудин А.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12. – Силовая электроника.

Профессор, д.т.н., профессор Высшей школы электроэнергетических систем, Институт энергетики «ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

Научная специальность, по которой защищена докторская диссертация – 05.14.02.

- aayurganov@mail.ru, +7 (812) 552-50-72

195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29



Юрганов А.А.

