ОТЗЫВ

официального оппонента – доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Электротехника и электромеханика» Кавалерова Бориса Владимировича на диссертационную работу Тащилина Валерия Александровича на тему «Анализ и выбор параметров стабилизации устройств регулирования возбуждения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

1. Актуальность темы

Текущий этап развития методов автоматического управления характеризуется активной работой над адаптивными системами управления технологическими процессами и производствами в промышленности. Адаптивные алгоритмы управления строятся различными способами, одним из них является актуализация модели объекта управления в процессе эксплуатации, для чего используются методы идентификации. Применение адаптивных алгоритмов позволяет повышать качество управления, делает объекты управления более устойчивыми к внешним воздействиям, улучшает технико-экономические показатели.

С другой стороны, сохранение устойчивой параллельной работы генераторов в рамках Единой электроэнергетической системы является основной задачей автоматического и оперативного управления. Для её решения было предложено значительное количество систем автоматического управления. Система автоматического регулирования возбуждения (АРВ) синхронных генераторов является одной из основных систем управления, решающей задачу устойчивой параллельной работы. Наряду с поддержанием требуемых уровней напряжения и обеспечением статической устойчивости на данную систему возлагаются задачи демпфирования электромеханических колебаний, возникающих в результате различных возмущений.

Существующие методы определения параметров стабилизации в устройствах АРВ обладают рядом известных недостатков, которые затрудняют реализацию адаптивного управления в ответ на изменения схемно-режимных ситуаций.

Объектом исследования диссертационной работы являются системы управления, позволяющие настраивать параметры устройств регулирования возбуждения к различным режимам работы энергосистемы в процессе эксплуатации. В работе показано, что задача является актуальной в свете применяемых на сегодняшний день методик и современных достижений в области теории автоматического управления. На данной основе Тащилиным В.А. выполнена постановка цели и задач исследования.

2. Новизна исследований и полученных результатов

Новизна диссертационной работы в первую очередь заключается в предложенном алгоритме определения параметров стабилизации устройств регулирования возбуждения, основанном на построении идентифицированной динамической модели. В результате, полученные настройки обеспечивают демпфирование колебаний в рассматриваемой области режимов. Также предложена методика оценки соответствия выставленных настроек текущей режимной ситуации путем внесения изменений в классический метод D-разбиения. Предложенные алгоритмы были рассмотрены на примере различных систем управления. В качестве исходных данных требуются данные активного эксперимента и априорная информация об анализируемой системе регулирования.

В диссертационной работе получены следующие имеющие научную значимость результаты:

– Описан метод построения динамической модели энергосистемы, на основе которой можно проводить анализ системы регулирования возбуждения;

– Предложен метод оценки соответствия настроек устройств регулирования возбуждения текущей режимной ситуации на основе метода D-разбиения и идентифицированной динамической модели;

– Предложены алгоритмы определения настроек устройств регулирования возбуждения, обеспечивающих демпфирование колебаний в текущей схемно-режимной ситуации.

3. Теоретическая и практическая значимость и реализация результатов

Можно согласиться с тем, что представленная работа имеет практическую направленность, заключающуюся в том, что её результаты могут в перспективе использоваться для улучшения демпфирования электромеханических колебаний, что сможет привести к улучшению режима работы генерирующего оборудования, снижению его износа и увеличению срока службы. Наряду с этим автором прогнозируется увеличение запасов по статической устойчивости, что приводит к повышению пропускной способности сети.

Теоретическая значимость работы заключается в описании процедуры построения эквивалентной динамической модели энергосистемы, ориентированной на анализ систем автоматического регулирования возбуждения.

4. Обоснованность и достоверность научных выводов, положений и рекомендаций

Выполнение требований достоверности и обоснованности выводов и рекомендаций обеспечивается корректным применением результатов теории автоматического управления, корректным проведением экспериментов по численному моделированию электроэнергетических систем, сравнением с результатами, полученными другими авторами.

5. Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

Диссертационная работа Тащилина В. А. в полном объеме отвечает критериям, которые установлены «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842. В диссертации соблюдены следующие принципы соответствия:

5.1. Указанная диссертантом *цель работы* – разработка методов выбора и анализа настроек устройств автоматического регулирования возбуждения с точки зрения демпфирования электромеханических колебаний с помощью построения эквивалентных моделей энергосистемы на основе измерений

– реализована в рамках представленной диссертационной работы.

5.2. *Автореферат* диссертации Тащилина В. А. соответствует *диссертационной работе* по всем квалификационным признакам: цели, задачам исследования, основным положениям, определению актуальности, научной значимости, новизны, практической ценности и др.

5.3. *Основные выводы и результаты* диссертационной работы *соответствуют поставленным задачам* исследований и сформулированы автором структурно, логично и содержательно.

5.4. Научные *публикации* Тащилина В. А., изданные в период с 2013 по 2017 гг., *соответствуют диссертационной работе* и с достаточной полнотой отражают ее суть, основные результаты и выводы.

5.5. *Тема и содержание* диссертации Тащилина В. А. *соответствует паспорту* специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы» (далее курсивом по тексту паспорта):

– **по направлению исследования**, связанному с повышением эффективности режимов работы участников энергообмена в распределительной сети, и реализующему получение существенных научно-технических результатов по «*...развитию и совершенствованию*

теоретической и технической базы электроэнергетики с целью обеспечения экономичного и надежного производства электроэнергии, ее транспортировки и снабжения потребителей электроэнергией в необходимом количестве и требуемого качества...» в соответствии с формулой специальности;

– **по областям исследования** в соответствии с пунктами паспорта специальности:

7. Разработка методов расчета установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости электроэнергетических систем.

8. Разработка методов статической и динамической оптимизации для решения задач в электроэнергетике.

9. Разработка методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике.

– **по объектам исследования** – системы регулирования возбуждения синхронных генераторов в составе энергосистем, представленные математическими моделями, описывающие электромеханические переходные процессы

– в части «*…электрических станций, электроэнергетических систем, электрических сетей и систем электроснабжения…*».

Диссертационная работа Тащилина В. А. написана доступным, грамотным языком, корректным в научном и техническом отношениях. Материалы и результаты исследований изложены в объеме, достаточном для понимания их сути, четко, доступно и достаточно репрезентативно.

6. Анализ содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 120 наименований и приложения, совокупный объем 139 страниц, включая 52 рисунка и 6 таблицу.

Во введении представлена краткая аннотация работы, изложена ее актуальность, определены цели и задачи, освещена степень разработанности проблемы, новые идеи и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен обзор систем автоматического регулирования возбуждения, применяемых как в отечественной электроэнергетике, так и в зарубежной. Представлены системы автоматического регулирования, на примере которых будут исследоваться предлагаемые в работе методы. Приведено описание традиционных походов к определению рассматриваемых в работе параметров стабилизации для каждого выбранного для анализа вида систем автоматического регулирования, обозначены их недостатки.

Во второй главе приведен обзор теории идентификации, выделены основные задачи, решаемые в рамках данной теории. Приведено описание метода идентификации, который используется при проведении численных экспериментов. Описывается, как этот метод идентификации может использоваться с точки зрения получения исходных данных для построения эквивалентной модели энергосистемы, необходимой в дальнейшем анализе.

Третья глава посвящена описанию алгоритма оценки качества действительных настроек устройств регулирования возбуждения в текущей режимной ситуации. Предлагаемый алгоритм основан на построении классических областей D-разбиения в отношении идентифицированной модели энергосистемы. Показано, что можно добиться достаточного сходства между получаемыми областями D-разбиения и действительными областями.

В четвертой главе приводится описание алгоритмов определения параметров устройств регулирования возбуждения с точки зрения улучшения качества демпфирования электромеханических колебаний. Для различных систем регулирования возбуждения предлагается свои методы определения параметров. На примере отдельных численных экспериментов показано, что получаемые таким образом настройки повышают качество демпфирования колебаний.

В заключении приведены выводы и обобщены основные результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы.

7. Вопросы и замечания по содержанию диссертации

7.1. В диссертации целесообразно представить перечень схемно-режимных ситуаций, на которые ориентируется исследование.

7.2. Алгоритмы, в частности предложенный автором алгоритм идентификации, представлены в общем виде, при этом не указываются переменные состояния, не показаны матрицы для конкретных, рассматриваемых в диссертации вариантов систем управления; аналогично обстоит дело с алгоритмом получения разомкнутой модели.

7.3. Неясно, с чем связано использование в диссертации алгоритма идентификации MOESP, в чем заключается его решающее значение для достижения цели исследования?

7.4. Следовало пояснить сущность линеаризованных моделей, по которым производилась проверка результатов идентификации.

7.5. Почему именно схема Кундура использовалась для апробации предложенных алгоритмов, достаточна ли эта схема для такой апробации?

7.6. В диссертации подробно описывается алгоритм построения областей устойчивости, но не представлен алгоритм работы с построенными областями устойчивости.

7.7. Непонятно, что понимается под «исходными» настройками регуляторов при проверке разработанной методики настройки?

7.8. Не представлена общая схема предлагаемой методики анализа и настройки параметров систем управления, из-за чего сложно увидеть целостную картину взаимодействия предложенных в диссертации методов и алгоритмов. Некоторое объяснение этому дается при описании перспективной автоматизированной системы настройки параметров, но и там не представлена алгоритмическая структурная схема.

7.9. В диссертации нет описания программных средств, в том числе разработанных автором, применяемых для реализации предложенных алгоритмов, не представлено описание используемых комплексов программ и их характеристик, не получены свидетельства на регистрацию программ для ЭВМ.

7.10 Полезно было бы перечислить основные задачи, которые потребуется решить для построения перспективной автоматизированной системы настройки параметров.

8. Общее заключение

Представленная диссертационная работа Тащилина В. А. является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, обладающей признаками актуальности, новизны и практической значимости. В ней предложены методы оценки качества и настройки параметров стабилизации устройств регулирования возбуждения к текущей схемно-режимной ситуации, что в перспективе позволяет рассчитывать на появление автоматизированной системы определения этих параметров.

Задачи, решаемые в работе, объединены общей научной идеей создания системы автоматизированного определения настроек параметров устройств регулирования возбуждения. Конечной целью является создание централизованной системы выбора данных параметров, что приведет к улучшению демпфирования электромеханических колебаний и повышению статической и динамической устойчивости энергосистемы. Полученные в работе результаты являются первым шагом на пути построения такой системы.

Основные научные выводы сделаны на основе анализа функционирования электротехнических комплексов и систем, в связи с чем содержание представляемой работы полностью соответствует паспорту

специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Содержание диссертации полностью соответствует поставленным задачам и подробно отражает последовательность их решения. Диссертация написана логичным, понятным языком, выводы и рекомендации изложены аргументировано.

Основные научные результаты диссертации подробно изложены в публикациях; диссертантом опубликованы 6 статей в зарубежных изданиях, входящих в систему цитирования Scopus и Web of Science и включенных в перечень изданий, рекомендованных ВАК, 16 статей в других изданиях и трудах конференций.

Диссертационная работа Тащилина Валерия Александровича полностью отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой «Электротехника и электромеханика»,
ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», доктор технических наук (специальность 05.13.06), доцент

Кавалеров Борис Владимирович

Дата: «30» августа 2018 г.

Адрес: 614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29.

Тел.: +7 (342) 2-198-661

Адрес электронной почты: kbv@pstu.ru

Подпись Кавалерова Б.В.
ЗАВЕРЯЮ:
Ученый секретарь ПНИПУ
В.И. Макаревич
«30» 08 2018 г.