

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Лимарова Дениса Сергеевича** по теме «Электромагнитная совместимость в цеховых системах электроснабжения при наличии электроприёмников с нелинейными вольт-амперными характеристиками», на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

Актуальность темы диссертации

Проблема обеспечения электромагнитной совместимости электроприёмников с нелинейными вольт-амперными характеристиками в системах электроснабжения промышленных предприятий является одной из самых актуальной задач. Электроприёмники с нелинейными вольт-амперными характеристиками являются источниками высших гармоник тока и напряжения, и недооценка уровня электромагнитной совместимости (ЭМС) приводит к ущербу от дополнительных потерь электроэнергии, снижению срока службы электрооборудования, ухудшению качества продукции. В связи с этим высокие требования предъявляются к обоснованности и точности методов оценивания электромагнитной совместимости как на стадии проектирования, так и в процессе эксплуатации. Несинусоидальность токов и напряжений являются наиболее распространёнными кондуктивными помехами, которые в действующих системах электроснабжения представляют собой случайные процессы, зависящие от режимов работы, уровня загрузки отдельных фаз электрической сети, количества электроприёмников с нелинейными вольт-амперными характеристиками, подключённых к узлу нагрузки, а также целого ряда других факторов.

Очевидно, что в условиях широкого распространения электроприёмников с нелинейными вольт-амперными характеристиками

существует необходимость в проведении научных исследований, направленных на развитие и совершенствование методик обеспечения электромагнитной совместимости. Учитывая, что краны с частотно регулируемые электроприводами широко распространены в промышленности и суммарная мощность электроприёмников, подключенных к узлу нагрузки, может превышать несколько десятков киловатт, можно считать, что тема диссертации Лимарова Д.С., является актуальной.

Объектом исследования в диссертации является цеховая система электроснабжения с электроприёмниками с нелинейными вольт-амперными характеристиками. Работа соответствует 12 пункту паспорта специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Основная идея диссертации заключается в разработке и научном обосновании установки активного параллельного фильтра в цеховой системе электроснабжения с группой электроприёмников с нелинейными вольт-амперными характеристиками, работающими в динамических режимах. Для повышения эффективности активного фильтра предложено использовать фаззи-регулятор в системе управления. Применение системы нечёткого вывода для фаззи-регулятора позволяет отслеживать изменение параметров питающей сети в зависимости от режимов работы, отказаться от детерминированных математических моделей объекта управления и сократить количество датчиков в системе управления активным фильтром.

Необходимо отметить, что благодаря своей простоте и высокой точности, использование элементов теории нечёткой логики является одним из наиболее перспективных научных направлений

Наиболее значимыми результатами диссертации следует признать:

1 Определение уровней высших гармонических составляющих токов и напряжений, генерируемых в цеховую систему электроснабжения, в зависимости от динамических режимов работы электроприёмников с нелинейными вольт-амперными характеристиками на примере системы электроснабжения мостовых кранов.

2 Обоснованность возможности применения нечётких множеств для формирования алгоритма управления активным параллельным фильтром при динамических режимах работы электроприёмников с нелинейными вольт-амперными характеристиками.

3 Разработанную базу правил нечёткого вывода и параметры терм на основе экспертных оценок и статстического анализа для формирования системы управления активным параллельным фильтром.

4 Разработанный алгоритм, для проектирования фаззи-регуляторов, применяемых в системах управления активным параллельным фильтром гармоник на базе нечёткой логики.

Достоверность полученных результатов подтверждается протоколами измерений, которые проводились на сертифицированном оборудовании и в соответствии с разработанной программой экспериментов, проводимых на мостовом однобалочном кране совместно с инженерно-техническим персоналом энергетической службы предприятия. Также стоит отметить, что все теоретические результаты получены на основании корректного применения теории вероятностей и математической статистики, методов построения и расчёта схем замещения, теоретической электротехники и теории нечёткого вывода. Достоверность результатов подтверждается комплексным подходом к обеспечению электромагнитной совместимости в соответствии требований ГОСТ 32144-2013 в цеховых системах электроснабжения, к которым подключены электроприёмники с нелинейными вольт-амперными характеристиками, на примере электроприёмников мостового крана. Обеспечение необходимого уровня качества электроэнергии в этом случае достигается за счёт применения активного параллельного фильтра с системой управления на базе нечёткого вывода.

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы. Работа содержит 19 таблиц, 75 рисунков и список

литературы из 91 наименования. Общий объём основного текста работы составляет 143 страницы машинописного текста.

Содержание диссертационной работы

Во введении на основании обзора научной литературы в диссертации сформулированы цели и задачи, обоснована актуальность проблемы электромагнитной совместимости в цеховой системе электроснабжения, к которой подключены электроприёмники с нелинейными вольт-амперными характеристиками. Следует отметить, что заявленные цели соответствуют теме диссертации.

В первой главе проводится описание проблемы обеспечения электромагнитной совместимости для различных электроприёмников с нелинейными вольт-амперными характеристиками в системах электроснабжения промышленных предприятий. Производится анализ существующих методов и средств компенсации высших гармонических составляющих токов и напряжений, на основании работ отечественных и зарубежных специалистов.

Во второй главе экспериментальным и аналитическим путём определены показатели качества электроэнергии и энергетические величины, характеризующие ЭМС и режимы работы цеховой системы электроснабжения. Также разработана имитационная модель цеховой системы электроснабжения, к которой подключены электроприёмники с нелинейными вольт-амперными характеристиками (электроприёмники мостового крана) в пакете Matlab Simulink, для подтверждения достоверности полученных результатов реальных экспериментов и выявления максимально возможных токов искажения.

В третьей главе проводится сравнение существующих систем управления активным фильтром гармоник, а также принимается принципиальная схема силовой части активного фильтра, обосновывается выбор и разрабатывается структура системы управления активным параллельным фильтром на базе нечёткого вывода. С учётом работы электроприёмников с нелинейными

вольт-амперными характеристиками. Их параметрическая неопределенность и непредсказуемость режимов работы в аварийных ситуациях существенно затрудняют задачу синтеза согласованного управления. Для учёта подобных особенностей в условиях, когда информация о системе, в основном, имеет качественный характер, хорошо подходят методы нечёткой логики. Цели, поставленные автором в этой главе, реализованы в достаточной мере и приводится функциональная схема системы управления активным параллельным фильтром на базе нечёткого вывода.

В четвёртой главе рассчитываются основные параметры активного параллельного фильтра, такие как ток искажения, мощность фильтра, мощность искажения, ёмкость конденсатора. На основании расчётов принят стандартный тип фильтра MaxSine фирмы Nokian Capacitors. Оценка эффективности работы активного параллельного фильтра проведена с помощью имитационного моделирования. Формирование фаззи-регулятора проведено в виде аналитических алгоритмов, реализуемых в программируемом контроллере. Проведённые эксперименты выполнены корректно и подтверждают эффективность работы активного параллельного фильтра.

В заключении сформулированы основные результаты работы, которые хорошо согласуются с целями и задачами диссертации.

Основные результаты работы получены лично автором, выводы подтверждаются экспериментами в действующей цеховой системе электроснабжения мостовых кранов, имитационным моделированием и аналитическими расчётами.

По теме диссертации автором опубликовано 15 печатных работ, в том числе четыре – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Основные положения диссертации обсуждались на международных и всероссийских научных конференциях.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Замечания по диссертации:

1 Расчет функций принадлежности автор строит на основании статистических данных, полученных и результатов экспериментов, однако при моделировании графики функций принадлежности сглаживаются. При этом ничего не сказано о том, влияет ли возникающая при этом погрешность на качество компенсации высших гармоник и правильность расчёта тока компенсации, генерируемого АФГ.

2 Для входных величин фазы – регулятора автор выбирает значение тока в одной из фаз каждого из электроприемников с нелинейной вольт – амперной характеристикой. Однако при этом не рассматривается возможное наличие несимметрии тока и напряжения и её влияние на получение тока компенсации АФГ.

3 При оценке электромагнитной совместимости электроприёмников с нелинейной вольт-амперной характеристикой не учтено влияние сторонних потребителей, подключенных к той же секции шин.

4 Несмотря на то, что основной идеей работы является применение активного параллельного фильтра как средства компенсации высших гармонических составляющих токов и напряжений, мало внимания уделено другим техническим решениям, позволяющим компенсировать эти явления.

5 Замечены неточности в рисунках. Например, рисунок 2.1 по тексту диссертации. Изображение трансформаторов должно соответствовать его типу, высоковольтные выключатели располагаются ближе к шинам. Рисунок 2.19 по схеме замещения не совсем понятен. Составлен он для одной фазы или для трёхфазных потребителей.

6 Текст диссертационной работы не везде соответствует требованиям «ГОСТ Р 7.0.11-2011 Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

В целом содержание диссертации Лимарова Д.С., основные результаты работы, положения и выводы возражений не вызывают.

Заключение по работе

В целом, результаты научных исследований, полученные Лимаровым Денисом Сергеевичем, свидетельствуют, о том, что автором была выполнена актуальная работа, направленная на решение одной из важных практических задач в электроэнергетике – обеспечение электромагнитной совместимости в системах электроснабжения с нелинейными вольт-амперными характеристиками. Отмеченные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертации. Работа Лимарова Дениса Сергеевича соответствует специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы», имеет внутреннее единство, представляет законченное научное исследование и имеет практическую значимость для промышленности и науки. Диссертация «Электромагнитная совместимость в цеховых системах электроснабжения при наличии электроприёмников с нелинейными вольт-амперными характеристиками» соответствует требованиям п.п.(9–11) «Положения о порядке присуждения учёных степеней» постановления Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013, а её автор, **Лимаров Денис Сергеевич**, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент:

Заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры «Электроэнергетические системы и электротехника» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», д-р техн. наук, профессор

12 ноября 2015 г.



Горелов Валерий Павлович

630099, г. Новосибирск, ул. Шетинкина, 33,
кафедра «Электроэнергетические системы и электротехника»
Телефон: 8(383)222-62-35
E-mail: nsawt_ese@mail.ru

Подпись Гаврилова Е.Ю. заверяю
документовед Гаврилова Е.Ю.