

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Соколовского Михаила Александровича

"Повышение эффективности энергопотребления комплексом технологического оборудования горноперерабатывающего предприятия",
представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности
05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

Актуальность темы диссертации

Диссертация Соколовского М.А. посвящена проблеме повышения энергетических показателей работы сложных технологических систем предприятий. В частности, в работе рассмотрен вопрос повышения коэффициента мощности и качества электроэнергии по току при использовании асинхронного электропривода в технологическом процессе горноперерабатывающего предприятия.

Применение асинхронных двигателей в производственном процессе предприятия является наиболее часто применяющихся случаев. Это обусловлено, прежде всего, наиболее простотой конструкции по сравнению с другими типами двигателей, и как следствие, невысокой ценой асинхронных приводов, удобством подключения и малыми затратами на эксплуатацию.

Однако, использование асинхронного привода связано с невысокими энергетическими показателями, что определяется сложностью управления режимом электрической машины, появлением дополнительных потерь в элементах системы, Возникающие дополнительные потери в промежуточных элементах системы «источник – асинхронный электропривод», в свою очередь, приводят к уменьшению напряжения, подводимого к двигателю, возможному перегреву и уменьшению вращающего момента двигателя.

Также применение частотного регулирования напряжения из-за наличия в составе управляющей системы безынерционных нелинейных элементов приводит к значительному искажению формы кривой потребляемого тока. Следствием этого может быть появление дополнительных потерь в сердечниках трансформаторов, реакторов, а также возникновение сбоев и нарушения работы устройств синхронизации в системах управления, защиты или сигнализации.

Результатом вышеперечисленных факторов может стать нарушение непрерывности сложного технологического процесса, снижение эксплуатационной надежности электротехнического комплекса и увеличение себестоимости производимой предприятием продукции.

Принимая это во внимание, тему диссертации Соколовского М.А., посвященную повышению энергетической эффективности асинхронных элект-

приводов можно считать актуальной и соответствующей научной специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

Новизна исследований и полученных результатов

Научная новизна диссертации определена следующим:

1. Разработана система энергопотребления комплексом частотно-регулируемых электроприводов промышленного предприятия с формированием синусоидального тока сети и сниженным энергопотреблением.

2. Предложен подход для двухстороннего обмена энергией, между комплексом частотно-регулируемых электроприводов технологического оборудования и сетью, за счет переключения диодного выпрямителя с активным фильтром тока сети на транзисторный выпрямитель.

3. Предложен принцип построения системы управления транзисторным коммутатором для выпрямительно-инверторного преобразователя, обеспечивающий синусоидальный ток сети и снижение энергопотребления комплексом технологического оборудования.

4. Разработана имитационная модель выпрямительно-инверторного преобразователя, позволившая установить пределы прямого и обратного переключения диодного выпрямителя с активным фильтром тока сети и транзисторного выпрямителя, для наиболее эффективного режима энергопотребления комплексом технологического оборудования

5. Применительно к горноперерабатывающему предприятию с усовершенствованным комплексом технологического оборудования, предложены и реализованы алгоритмы смещения графика нагрузки непрерывного производственного процесса для снижения стоимости электрической энергии, с учетом требований системного оператора ЕЭС.

Во введении диссертации обоснована актуальность рассматриваемого вопроса, связанная с необходимостью поиска новых решений, способных повысить энергоэффективность частотно-регулируемых асинхронных электроприводов, определены цель и задачи исследования.

В первой главе приведен обзор существующих способов повышения энергетической эффективности частотно-регулируемого асинхронного электропривода. Изложены основные теоретические принципы функционирования асинхронного электропривода с частотным регулированием и с двухсторонним обменом энергией.

Также в данной главе изложен принцип активной фильтрации тока и другие методы снижения искажений формы тока в системах электроснабжения, а также приведены имеющиеся способы снижения энергопотребления в зависимости от режима работы технологической установки. Общим выводом к главе является выбор основных перспективных направлений исследования в частности, применение активных фильтров тока и напряжения для уменьше-

ния высших гармоник тока, необходимость разработки алгоритма рационального управления технологическими операциями для снижения потребляемой мощности в часы пиковых нагрузок.

Во второй главе проведено исследование систем и комплексов электроприводов технологических электроустановок на примере горноперерабатывающего предприятия ООО «Амурский гидromеталлур-гический комбинат» и системы ценообразования стоимости электроэнергии для конкретного случая. На основе выполненного анализа сформулированы мероприятия по повышению эффективности комплекса технологического оборудования.

В третьей главе произведена и описана разработка усовершенствованного комплекса технологического оборудования, включающая выпрямительно-инверторный преобразователь, который присоединен через датчик мощности между трехфазной сетью переменного напряжения и звеном постоянного напряжения. В зависимости от режима работы нагрузки ВИП может работать в трех режимах: выпрямительном, инверторном и режиме накопления электроэнергии. Одним из преимуществ разработанного устройства является то, что в нем применяется один комплект силовых элементов, с общей системой управления.

Представлена имитационная модель выпрямительно-инверторного преобразователя. В качестве среды разработки выбрана система моделирования Simulink программного комплекса Matlab. В главу включены результаты моделирования предложенной системы при различных режимах работы, произведен их анализ с точки зрения эффективности энергопотребления и динамики качества электроэнергии. Подробно рассмотрена работа предложенных алгоритмов снижения энергопотребления комплекса технологического оборудования на заданном интервале времени, без остановки или снижения производительности технологических операций.

Четвертая глава посвящена экспериментальному исследованию предложенных решений в условиях промышленной эксплуатации.

Представлен интерфейс системы управления энергопотреблением технологических процессов, описан принцип его работы. Также описан разработанный программно-аппаратный комплекс, позволяющий проводить научные исследования комплексов технологических электроустановок, а также производственных систем электроснабжения и распределения электроэнергии. Рассчитано, что величина снижения нагрузки в условиях эксплуатации с новым алгоритмом составила 88,9 % от суммарной нагрузки технологических процессов.

В приложении к диссертации приведен листинг для программной реализации предложенных технических решений, описание имитационной модели, акт внедрения и иная информация справочного характера.

Таким образом, цель, поставленная в работе, и задачи исследования, автором были достигнуты.

К наиболее существенным и принципиально новым научным результатам, полученным в работе, следует отнести следующее:

1. Предложен новый выпрямительно-инверторный преобразователь в составе комплекса технологического оборудования с двухсторонним обменом электрической энергией между звеном постоянного и сетью переменного напряжения, с формированием синусоидального тока сети и сниженным энергопотреблением. При этом, в зависимости от режима работы, в питающей сети поддерживается величина суммарного коэффициента гармонических искажений тока на уровне от 2,3 до 2,8 %, а коэффициента мощности в пределах от 0,995 до 0,999.

2. Разработана система управления транзисторным коммутатором для выпрямительно-инверторного преобразователя, выполняющая переключение диодного выпрямителя с активным фильтром тока сети на транзисторный выпрямитель.

3. Разработана имитационная модель выпрямительно-инверторного преобразователя, позволившая установить пределы прямого и обратного переключения диодного выпрямителя с активным фильтром тока сети и транзисторного выпрямителя, для наиболее эффективного режима энергопотребления комплексом технологического оборудования

4. Предложены алгоритмы управления графиком нагрузки комплекса технологического оборудования для смещения энергопотребления технологических электроустановок в заданные интервалы времени, без снижения производительности непрерывных технологических операций.

5. Разработан программно-аппаратный комплекс для дистанционного исследования параметров энергопотребления регулируемых систем электропривода и систем электроснабжения технологических процессов.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и заключений

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением научных методов исследования, основанных на теории дифференциальных уравнений, современных методах математического моделирования, сравнением теоретических исследований других авторов с результатами своих исследований.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций

Диссертация имеет четкую структуру, текст выдержан в строгом соответствии с принятыми нормами научной стилистики; в работе корректно употребляются научные термины, рисунки выполнены с соблюдением стан-

дартов. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 12 научных работах, включая 5 статей в ведущих рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК, одной статье в издании, входящем в международную систему цитирования Scopus. Автором также получены 2 патента на изобретения, четыре 4 на полезную модель и 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Анализ публикаций автора позволяет утверждать, что содержание диссертации отражено в них с требуемой Положением ВАК полнотой. Основные результаты работы опубликованы в изданиях, соответствующих рекомендуемому ВАК перечню изданий для опубликования результатов кандидатских диссертаций.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

По диссертации имеются следующие замечания

1. В процессе исследования не рассмотрена работа выпрямительно-инверторного преобразователя в несимметричных режимах энергосистемы, хотя такие режимы в эксплуатации ЭС возможны.

2. По тексту не приведена информация об аппаратных компонентах разработанной системы (рис. 3.2.), в частности, конденсатора коммутатора С1, ключа К2 и т.д. Это могло бы дать дополнительные сведения о габаритах и характеристиках устройства и была бы полезной для практической реализации преобразователя.

3. На стр. 108 указано, что экспериментальное исследование показало «приемлемую точность имитационного моделирования...», однако, что понимается под этим понятием, не разъяснено.

4. Из текста диссертации неясно, учтена ли в имитационной модели нелинейность индуктивности силового трансформатора, так как ее влияние на форму тока достаточно велико в режимах малых токов нагрузки.

5. Из рис. 3.5. и текста работы неясно, чем определяется заданное значение (U_{set}), выше которого преобразователь переводится в инверторный режим. Является ли это одним значением или диапазоном, который бы предотвращал смену режима работы преобразователя при многократном переходе напряжения через пороговое значение?

6. Было бы полезно проанализировать, как будет работать предложенный преобразователь в слабой сети с большим эквивалентным сопротивлением энергосистемы. В этом случае осциллограмма напряжения будет отличаться от представленной на рис. 3.39.

7. По тексту диссертации имеются ошибки в графических обозначениях (в частности, на блок-схеме рис. 3.1 вместо автономного инвертора (АИН) изображен выпрямитель), ошибки пунктуационного характера (стр. 4, 10, 13 и т.д.).

Заключение

Перечисленные замечания не снижают общего положительного впечатления от работы и не влияют на научную значимость и полученные результаты исследования. В целом, диссертация Соколовского М.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение поставленной научной задачи, имеющей значение для транспортной отрасли и энергетики. Диссертация соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатской диссертации в области технических наук, а Соколовский Михаил Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Официальный оппонент, заведующий
кафедрой "Электротехника,
электроника и электромеханика"
ФГБОУ ВО "Дальневосточный
государственный университет путей
сообщения", канд. техн. наук,
доцент

Скорик Виталий Геннадьевич

Подпись Скорика В.Г. заверяю:

За

ФИО представившего отзыв: Скорик Виталий Геннадьевич.

Почтовый адрес организации: 680021, г.Хабаровск, ул. Серышева, д.47, ДВГУПС, ауд. 241.

Адрес электронной почты: skorik@festu.khv.ru.

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Дальневосточный государственный университет путей сообщения", кафедра "Электротехника, электроника и электромеханика".

Телефон: (4212)407-382.

Дата составления отзыва: 21.01.2022