

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С ИНДИВИДУАЛЬНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПРИВОДНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ И АКТИВНОЙ КОРРЕКЦИЕЙ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Б.Ю. Васильев (Санкт-Петербургский горный университет)

Рассмотрены многодвигательные электроприводы (ЭП) с преобразователями частоты различных структур: с общим преобразователем, с индивидуальными преобразователями, с многоинверторным преобразователем. Проанализированы их недостатки и преимущества. Показано, что для обеспечения наиболее высоких энергетических характеристик многодвигательного ЭП целесообразно использовать многоинверторные преобразователи с активным выпрямителем. Наиболее рациональным является использование унифицированных алгоритмов управления активным выпрямителем и электродвигателями с единой технологической системой управления производственными процессами. Приведен пример построения многодвигательного ЭП насосной установки технологической подачи воды для теплоэлектроцентрали (ТЭЦ).

Ключевые слова: многодвигательный электропривод, асинхронный двигатель, многоинверторный преобразователь частоты, активный выпрямитель.

Введение

Современный электропривод (ЭП) технологических объектов и промышленных предприятий (горной, нефтегазовой, энергетической, машиностроительной), как правило, представляет собой многодвигательную электромеханическую систему, которая может быть частично или полностью регулируемой. В табл. 1 приведены примеры многодвигательных ЭП различных технологических объектов, машин и комплексов. Характерными особенностями таких ЭП являются: большая энерговооруженность, обеспечение главных технологических операций, высокая степень автоматизации, высокие требования к надежности,

высокий потенциал в энергосбережении, высокие требования к массогабаритным характеристикам.

Основой многодвигательных ЭП различного назначения являются бесконтактные электродвигатели, как правило, асинхронные (АД), силовые полупроводниковые преобразователи частоты (ПЧ). Широкое распространение АД получили благодаря простой конструкции, высокой надежности, низкой стоимости и возможности обеспечить регулирование частоты вращения в переходных и установившихся режимах с помощью простых технических средств.

При разработке многодвигательных ЭП перед коллективом разработчиков стоит ряд задач, главными из которых являются: выбор структуры преобразователя частоты многодвигательного ЭП, архитектуры и алгоритмов системы управления. Именно от решения этих двух задач зависит возможность реализации высокоточного индивидуального управления двигателями, обеспечения высокого уровня энергосбережения и совместимости, надежности и безопасности и др.

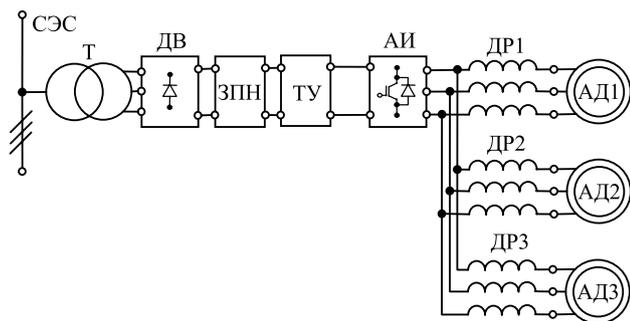
Рассмотрим различные способы построения структуры ПЧ многодвигательного ЭП, их недостатки и преимущества.

Силовая часть многодвигательного электропривода

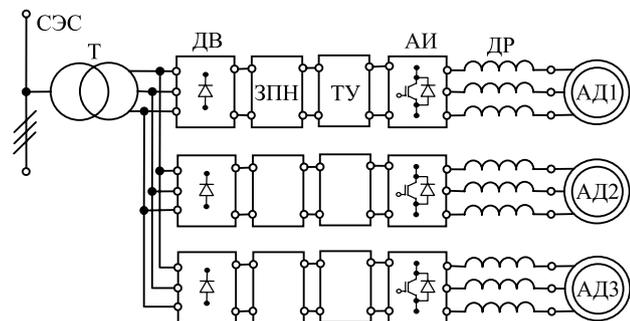
Электропривод с общим преобразователем частоты. Для управления группой АД, как правило, используют общий ПЧ. Большинство компаний-производителей приводной техники строят ПЧ по двухзвенной схеме. В состав такого ПЧ входят: диодный выпрямитель и автономный инвертор. Структурная схема ЭП с общим ПЧ представлена на рис. 1(а). Электропривод с общим ПЧ обладает следующими недостатками: невозможно осуществлять индивидуальное управление двигателями, низ-

Таблица 1. Многодвигательные ЭП технологических объектов, машин и комплексов

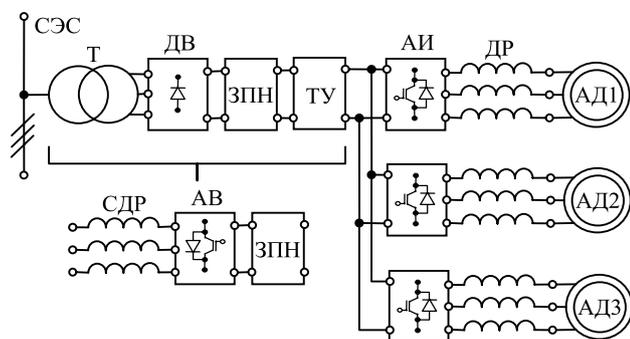
Отрасль	Технологический объект, машина или комплекс	Механизм
Горная	ЭП главных механизмов карьерных экскаваторов	Механизмы напора, подъема, хода и поворота
	ЭП системы электродвижения карьерных самосвалов	Мотор-колеса
	ЭП главных механизмов проходческих комбайнов	Механизмы напора, подъема, хода и поворота
	ЭП конвейерных линий большой производительности	Барабаны конвейерных лент
Нефтегазовая	ЭП главных механизмов буровых установок	Лебедка, стол ротора, буровые насосы
	ЭП комплексов кранов-регуляторов	Шаровые, пластинчатые и другие виды затворов
	ЭП транспортирующих установок	Насосы, нагнетатели, компрессора и др.
Машиностроение	ЭП манипуляторов и роботов	Механизмы поворота, подъема
	ЭП кранов и подъемников	Механизмы передвижения и подъемов
	ЭП сборочных линий	Барабаны конвейерных лент
Энергетика	ЭП технологичной подачи теплоносителя	Насосы, нагнетатели, компрессора и др.
	ЭП регулирующей арматуры	Шаровые, пластинчатые и другие виды затворов



а) Схема многодвигательного ЭП с общим ПЧ



б) Схема многодвигательного ЭП с индивидуальными ПЧ



в) Схема многодвигательного ЭП с многоинверторным ПЧ

Рис. 1. Структурные схемы многодвигательных электроприводов, где СЭС – сеть электроснабжения; Т – трансформатор; ДВ – диодный выпрямитель; ЗПН – звено постоянного напряжения; ТУ – тормозное устройство; АИ – автономный инвертор; ДР – дроссель, АВ – активный выпрямитель, СДР – сетевые дроссели, АД – асинхронный двигатель

кий коэффициент мощности, высокое негативное влияние на качество электроэнергии сети, неэффективное использование тормозной мощности (утилизация в виде тепла на тормозное устройство). Выбор такой структуры многодвигательного ЭП обусловлен ее низкой стоимостью.

Указанные недостатки ЭП с общим ПЧ резко ограничивают возможность и целесообразность его использования. Так, его использование возможно только в технологических установках, испытательные механизмы которого работают одновременно в иден-

тичных режимах. Нельзя рекомендовать внедрение ЭП такой структуры в качестве энергосберегающего мероприятия, что обусловлено низким коэффициентом мощности, негативным влиянием на качество электроэнергии и неэффективным использованием тормозной энергии.

Электропривод с индивидуальными преобразователями частоты. При необходимости автоматизации группы электродвигателей, обеспечивающих управление основными производственными процессами, могут использоваться индивидуальные ПЧ (рис. 1 б). Главное преимущество электропривода с индивидуальными ПЧ заключается в возможности независимого раздельного управления приводными двигателями. При этом такой ЭП характеризуется низкими уровнем электромагнитной совместимости и коэффициентом мощности. Главные недостатки такого структурного решения заключаются в больших габаритах и высокой стоимости. Также значительно усложняется процесс модернизации такого ЭП, реализация энергосберегающих мероприятий и других мер повышения его эффективности.

Формирование группового ЭП, в котором используются индивидуальные ПЧ, как правило, происходит при последовательной модернизации устаревших электроприводов с внедрением преобразователей. Во многих случаях это происходит без учета их электромагнитной совместимости, влияния ПЧ на качество электроэнергии в сетях предприятия и других факторов их эффективного использования.

Электропривод с многоинверторным преобразователем частоты. При комплексном решении задач управления и энергоэффективности ЭП может использоваться многоинверторный ПЧ (рис. 1 в). С помощью последнего обеспечивается индивидуальное независимое управление электродвигателями и исполнительными механизмами.

Как правило, на входе такого ПЧ вместо диодного устанавливается активный выпрямитель, при использовании которого обеспечивается высокий уровень электромагнитной совместимости ЭП с сетью и другими нагрузками. Также к преимуществам данного решения относятся: коэффициент мощности на уровне единицы, рекуперация тормозной энергии, автономизация при перебоях электроснабжения или значительного снижения амплитуды напряжения в сети, то есть обеспечивается энергетическая развязка сети и приводных двигателей.

Массогабаритные характеристики многоинверторного ПЧ остаются на высоком уровне. Необходимо отметить, что использование активного выпрямителя позволяет заменить входной трансформатор на сетевые дроссели, если уровни напряжения сети и двигателей соответствуют друг другу. Одновременно с этим повышение массогабаритных характеристик достигается исключением тормозного устройства. При этом тормозная энергия приводных электродвигателей рекуперируется в сеть.

Таблица 2. Анализ ПЧ многодвигательных ЭП различной структуры

Параметр	Структура электропривода		
	ЭП с общим ПЧ	ЭП с индивидуальными ПЧ	ЭП с многоинверторным ПЧ
Управление электродвигателем	Общее	Инд.ное	Инд.ное
Электромагнитная совместимость	Низкая	Низкая	Высокая
Коэффициент мощности	Низкий	Низкий	Высокий
Эффективность управления тормозной мощностью	Низкая	Низкая	Высокая
Энергоэффективность	Низкая	Средняя	Высокая
Массогабаритные характеристики	Высокие	Низкие	Высокие
Стоимость	Низкая	Высокая	Средняя

Заметим, что мощность активного выпрямителя ПЧ должна соответствовать мощности всех подключенных электродвигателей. Активный выпрямитель должен обеспечить энергопотребление двигателей не только в установившихся, но и в переходных режимах с целью формирования заданных технологических операций и процессов, выполняемых машиной или комплексом.

Стоимость активного выпрямителя значительно выше, чем стоимость диодного. Однако высокая стоимость активного выпрямителя на этапе внедрения компенсируется заменой диодных выпрямителей каждого инвертора на один общий (активный выпрямитель) исключением трансформатора и тормозного устройства. В период эксплуатации основной экономический эффект достигается за счет обеспечения единичного коэффициента мощности и высокого качества электроэнергии в сети. Важнейшим фактором экономической эффективности является обеспечение бесперебойности технологических процессов, которые обеспечивает ЭП за счет энергетической развязки сети и двигателей.

Анализ структур многодвигательных электроприводов. Результаты анализа многодвигательных электроприводов с различными типами ПЧ приведены в табл. 2.

Многодвигательный ЭП с многоинверторным ПЧ обеспечивает повышенные энергосберегающие характеристики технологическому комплексу с его использованием. Это достигается за счет возможности индивидуального управления приводными электродвигателями и технологическими процессами, которые они обеспечивают, и возможности активной коррекции коэффициента мощности группы электродвигателей за счет наличия общего активного выпрямителя.

Во многом эксплуатационно-технические характеристики технологического комплекса с ЭП с многоинверторным ПЧ определяется алгоритмическим обеспечением как на уровне модуляционной системы управления, так и на уровне системы управления активным выпрямителем, электродвигателями и технологическими процессами.

Система управления электроприводом с многоинверторным ПЧ

Общая структура системы управления.

Для обеспечения повышенной надежности ЭП с многоинверторным преобразователем систему автоматического управления (САУ) активным выпрямителем и асинхронными двигателями необходимо унифицировать. Это позволяет упростить разработку многоинверторного ПЧ, его наладку и обслуживание.

На рис. 2(а) приведена унифицированная система управления электропривода, в состав которой входят САУ активного выпрямителя, предназначенная для регулирования энергетических координат ЭП, и САУ асинхронных двигателей, предназначенная для регулирования электромеханических координат ЭП. Для формирования законов управления энергетическими и электромеханическими координатами используются системы широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

Унификация систем управления. С целью обеспечения высокоточного и быстродействующего регулирования координатами электропривода в основе САУ целесообразно использовать векторные алгоритмы управления. Структура векторного алгоритма управления активным выпрямителем представлена на рис. 2(б), векторного алгоритма управления асинхронным двигателем — на рис. 2(в).

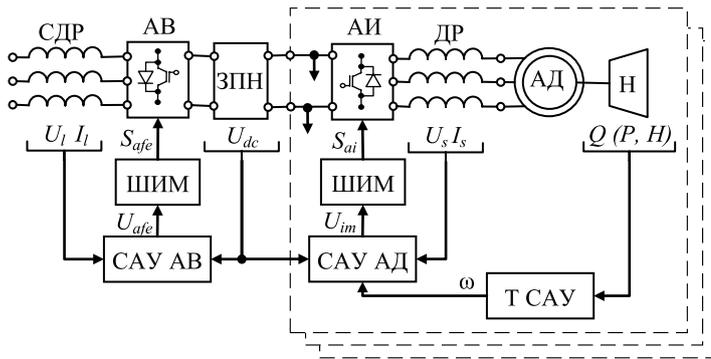
Унифицированные САУ имеют двухканальные структуры. Система управления активным выпрямителем имеет два канала управления: первый (двухконтурный) состоит из контуров регулирования активного тока сети и напряжения; второй (одноконтурный) состоит из контура регулирования реактивного тока сети. Система управления асинхронным двигателем также имеет два канала управления: первый (двухконтурный) состоит из контуров регулирования моментобразующего тока двигателя и скорости; второй (одноконтурный) состоит из контура регулирования потокообразующего тока двигателя.

За счет полной унификации систем управления достигается:

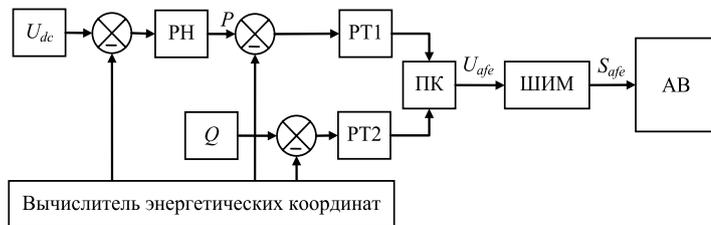
- упрощение инжиниринга системы управления;
- упрощение наладки системы управления;
- повышение надежности системы управления.

Технологическая система управления электропривода с многоинверторным ПЧ. При использовании в ЭП многоинверторного преобразователя (электродвигатели которого обеспечивают единый технологический процесс) и необходимости обеспечить гибкое энергосберегающее управление целесообразно осуществить переход от индивидуальных систем управления электродвигателями к общей — технологической (ТСАУ) (рис. 2).

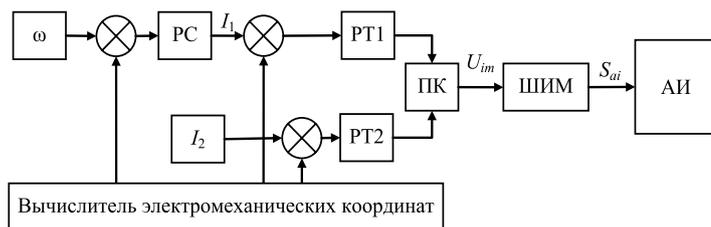
Главным образом, задача технологической САУ заключается в распределении управляющих воздействий между приводными асинхронными двигателями с целью минимизации энергопотребления за счет



а) Структурная схема унифицированной системы управления ЭП



б) система автоматического управления активным выпрямителем (АВ)



в) система автоматического управления асинхронным двигателем (АД)

Рис. 2. Структурная схема САУ электропривода, где РН, РТ, РС — регуляторы напряжения, тока, скорости соответственно; ПК — преобразователь координат

выбора оптимального числа работающих двигателей и оптимизации их режима работы в зависимости от уставки на регулируемый параметр технологической установки.

Необходимо отметить, при использовании многоинверторных ПЧ наибольшие сложности возникают при разработке алгоритмического обеспечения технологической САУ.

Разработка и исследование энергосберегающего многодвигательного электропривода с индивидуальным управлением двигателями и активной коррекцией коэффициента мощности

Многодвигательный ЭП технологической подачи воды для ТЭЦ. Одним из примеров эксплуатации многодвигательных ЭП является технологическая установка подачи воды ТЭЦ. На многих ТЭЦ данные установки являются нерегулируемыми. В этом случае приводные двигатели насосов подключаются напрямую к сети и регулирование их скорости не осуществляется. В другом случае используется общий ПЧ для реализации последовательного частотного пуска

двигателей, одновременного управления всеми двигателями и насосами или подрегулирования выходного расхода одним двигателем технологической установки подачи воды.

Функциональная схема многодвигательного ЭП технологической подачи воды для ТЭЦ приведена на рис. 3, в состав которой входит многоинверторный ПЧ с активным выпрямителем и индивидуальным управлением приводными асинхронными двигателями насосов. В технологической установке подачи воды используется три насоса К-100-65-250 и три асинхронных двигателя. Основные технические характеристики насосов и электродвигателей приведены в табл. 3.

Система управления электродвигателями. Управление каждым электродвигателем осуществляется индивидуально. Система управления каждого двигателя обеспечивает векторное управление асинхронным двигателем, а напряжение на обмотках статора формируется по алгоритму широтно-импульсной модуляции.

Технологическая система управления. Входным управляющим воздействием технологической САУ электропривода является задание на расход воды Q^* , который необходимо поддерживать на входе потребителя для обеспечения необходимых характеристик технологических процессов. Технологическая САУ (в соответствии с заданием на расход) должна сформировать задание на расход каждого насоса (Q_1^* — заданный расход первого насоса; Q_2^* — заданный расход второго насоса; Q_3^* — заданный расход третьего насоса). Расход воды на входе потребителя изменяется в пределах $0...390 \text{ м}^3/\text{ч}$. Частота вращения каждого двигателя изменяется $0...2900 \text{ об/мин}$.

Задание на частоту вращения двигателей формируется по следующему алгоритму.

- 1) Если заданный расход ТЭЦ $0 < Q^* \leq 130$, то задание:
 - на расход Н1: $Q_1^* = Q^*$; частоту вращения АД1: $0 < \omega_1^* < 1,3 \omega_{\text{ном}}$;
 - на расход Н2: $Q_2^* = 0$; частоту вращения АД2: $\omega_2^* = 0$;
 - на расход Н3: $Q_3^* = 0$; частоту вращения АД3: $\omega_3^* = 0$.
- 2) Если заданный расход ТЭЦ $130 < Q^* \leq 230$, то задание:
 - на расход Н1: $Q_1^* = Q_{\text{ном}}$; частоту вращения АД1: $\omega_1^* = \omega_{\text{ном}}$;
 - на расход Н2: $Q_2^* = Q^* - Q_{\text{ном}}$; частоту вращения АД2: $0 < \omega_2^* < 1,3 \omega_{\text{ном}}$;
 - на расход Н3: $Q_3^* = 0$; частоту вращения АД3: $\omega_3^* = 0$.
- 3) Если заданный расход ТЭЦ $230 < Q^* \leq 330$, то задание:
 - на расход Н1: $Q_1^* = Q_{\text{ном}}$; частоту вращения АД1: $\omega_1^* = \omega_{\text{ном}}$;
 - на расход Н2: $Q_2^* = Q_{\text{ном}}$; частоту вращения АД2: $\omega_2^* = \omega_{\text{ном}}$;
 - на расход Н3: $Q_3^* = Q^* - 2Q_{\text{ном}}$; частоту вращения АД3: $0 < \omega_3^* < 1,3 \omega_{\text{ном}}$.

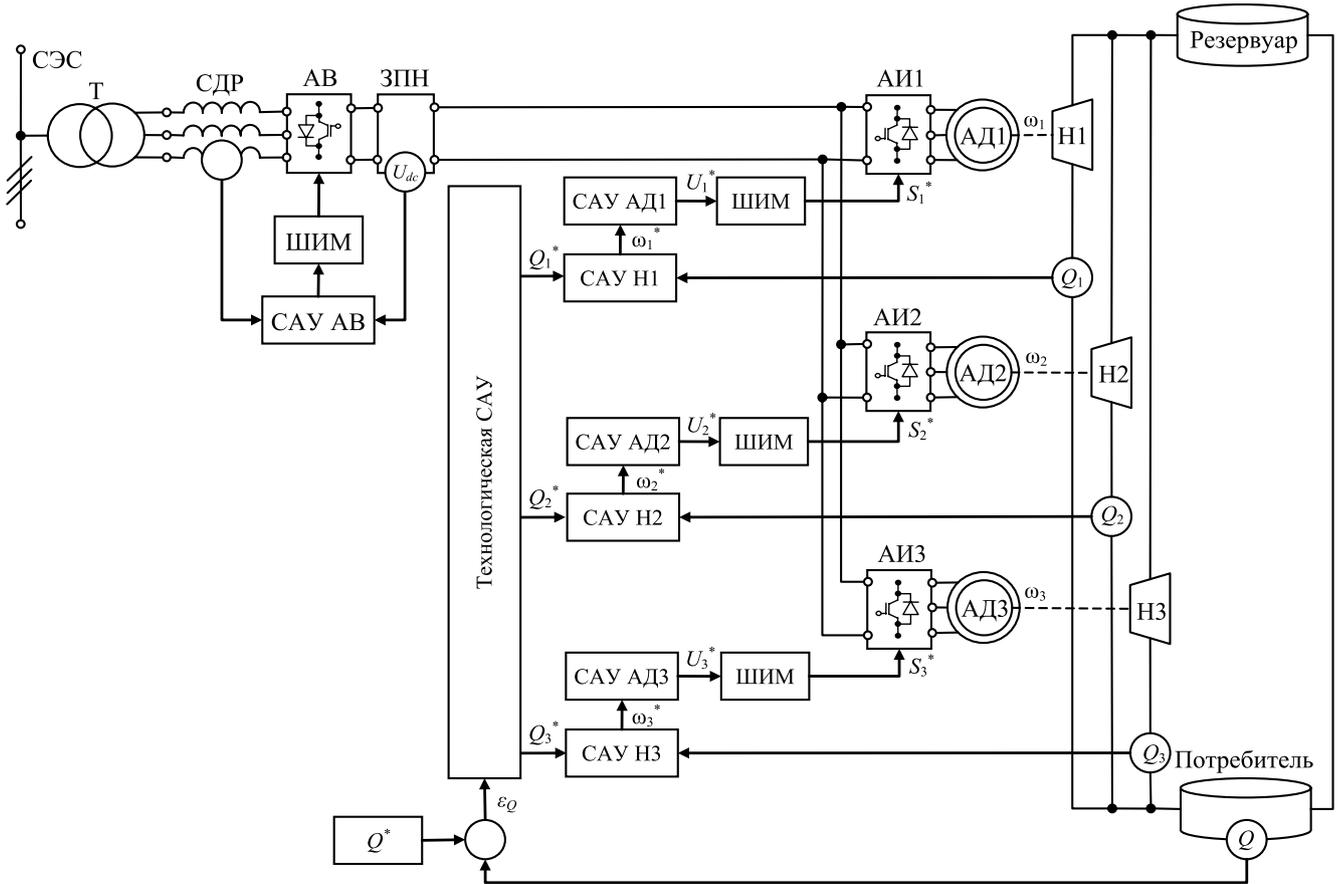


Рис. 3. Функциональная схема многодвигательного ЭП технологической подачи воды для ТЭЦ, где Н – насос; САУ Н – система автоматического управления насосов; Q_1^*, Q_2^*, Q_3^*, Q^* – заданное значение расхода; Q_1, Q_2, Q_3, Q – действующее значение расхода; $\omega_1^*, \omega_2^*, \omega_3^*$ – заданное значение частоты вращения; $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ – действующее значение частоты вращения; ε_Q – рассогласование по расходу; S_1^*, S_2^*, S_3^* – коммутационная функция; U_1^*, U_2^*, U_3^* – заданное значение напряжения

4) Если заданный расход ТЭЦ $330 < Q^* \leq 390$, то задание:

- на расход Н1: $Q_1^* = Q^*/3$; частоту вращения АД1: $\omega_{ном} < \omega_3^* < 1,3 \omega_{ном}$;
- на расход Н2: $Q_2^* = Q^*/3$; частоту вращения АД2: $\omega_{ном} < \omega_3^* < 1,3 \omega_{ном}$;
- на расход Н3: $Q_3^* = Q^*/3$; частоту вращения АД3: $\omega_{ном} < \omega_3^* < 1,3 \omega_{ном}$.

При таком управлении двигателями электропривода:

- обеспечивается индивидуальная работа двигателей с поддержанием необходимого потребителю расхода воды;
- обеспечивается выбор необходимого числа работающих двигателей в соответствии с уставкой по расходу;
- исключается работа электродвигателей с недогрузкой;
- приводные двигатели работают в номинальном режиме при увеличении задания на расход воды выше, чем может обеспечить каждый из них.

Результаты исследования. Исследование эффективности предложенных технических решений в силовой части преобразователя и системы управления технологической установки подачи воды для ТЭЦ

Таблица 3. Технические характеристики насосов и двигателей технологической установки подачи воды ТЭЦ

Наименование параметра		Значение параметра
Насос К-100-65-250		
1.	Номинальный расход, м ³ /ч	100
2.	Номинальный напор, м	80
3.	Регулирование расхода, %	30...130
4.	Номинальная мощность, кВт	32,5
5.	Номинальный КПД, %	67
Асинхронный двигатель		
1.	Номинальная мощность, кВт	45
2.	Номинальная скорость, об/мин	2900
3.	Номинальный ток, А	84,9
4.	Номинальный КПД, %	92
5.	Номинальный коэффициент мощности	0,89

производилось путем имитационного моделирования данной системы в *MatLab*. Осциллограммы фазного напряжения и тока, потребляемого электроприводом, приведены на рис. 4(а). Осциллограммы активной и реактивной мощности, потребляемой электроприводом в процессе разгона двигателей и в установившихся режимах, показаны на рис. 4(б).

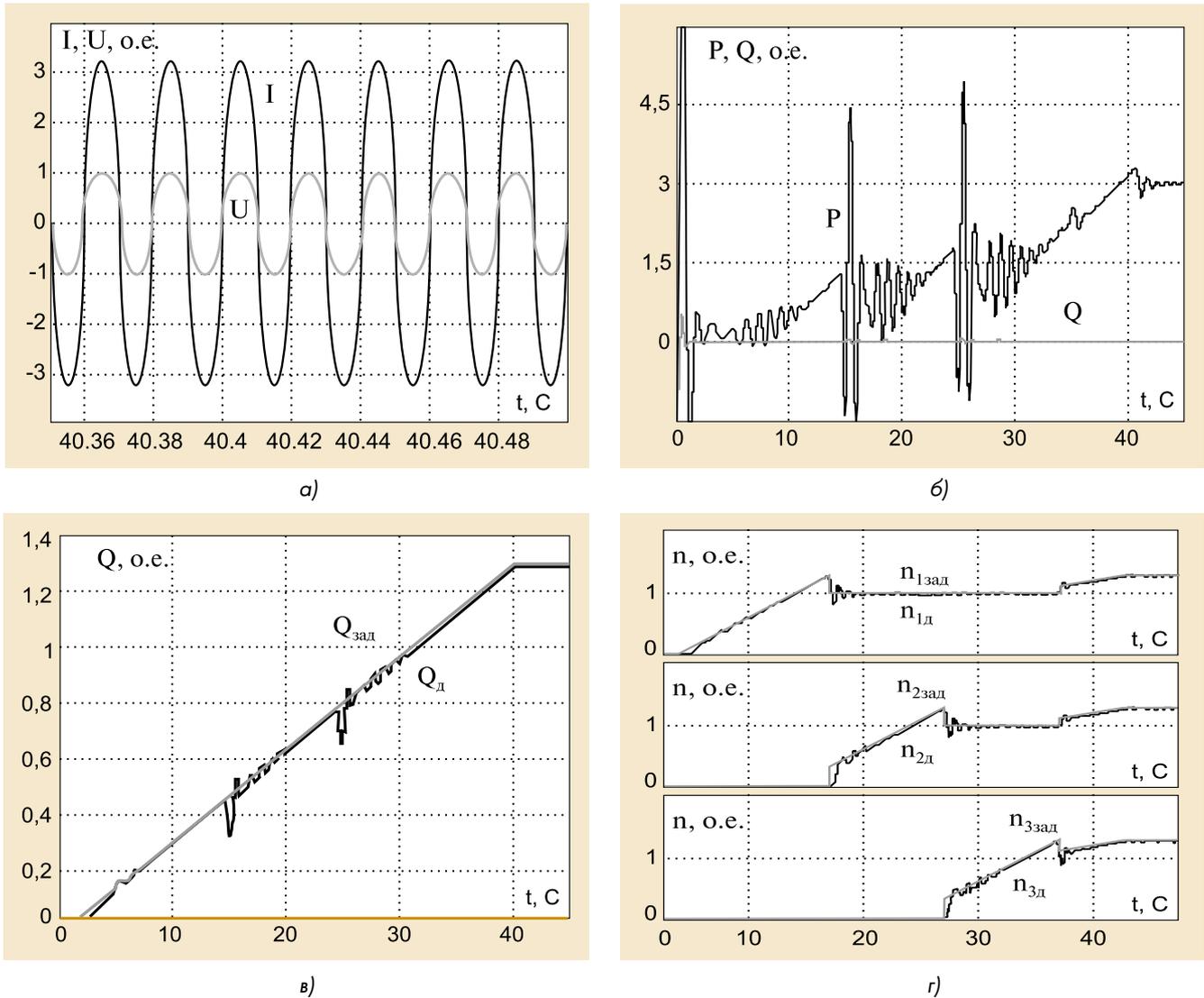


Рис. 4. Характеристики многодвигательного ЭП технологической подачи воды для ТЭЦ

Как видно из представленных осциллограмм, использование активного выпрямителя обеспечивает работу многодвигательного ЭП без негативного влияния на форму напряжения сети электроснабжения и потребление электроприводом синусоидальных токов. Также видно, что использование активного выпрямителя в электроприводе обеспечивает потребление практически чисто активной мощности. Эти два фактора позволяют электроприводу работать с коэффициентом мощности около единицы. Благодаря последнему снижается энергопотребление технологической установки подачи воды ТЭЦ. Также происходит разгрузка электроэнергетического оборудования сети электроснабжения ТЭЦ от реактивной мощности. Обеспечение синусоидального напряжения и тока сети обеспечивает работу элементов сети в номинальных режимах.

На рис. 4(в) приведены осциллограммы заданного и действующего расхода воды на входе потребителя; на рис. 4(г) — заданные и действующие частоты вращения приводных асинхронных двигателей.

Из осциллограмм видно, что регулирование расхода осуществляется с высокой точностью, статическая ошибка практически равна нулю. Переходные процессы расхода протекают монотонно, без перерегулирования. Регулирование частоты вращения двигателей также осуществляется с высокой точностью как в динамических, так и в установившихся режимах.

За счет использования технологической САУ происходит выбор необходимого числа двигателей и насосов. При этом исключается работа двигателей в недогруженных и перегруженных режимах, что также оказывает значительное влияние на энергопотребление технологической установки.

Заключение

Разработка и исследование различных типов структур и систем управления промышленными многодвигательными электроприводами с преобразователями в настоящее время является актуальным.

Результаты проведенных исследований показали, что для электроснабжения и управления многодвигательного ЭП

тельным электроприводом целесообразно использовать многоинверторный ПЧ.

Преимущества многоинверторных преобразователей с индивидуальным управлением приводными двигателями и активной коррекцией коэффициента:

- качество электроэнергии в сети электроснабжения, к которой подключен электропривод с многоинверторным ПЧ, полностью удовлетворяет требованиям ГОСТ 32144-2013;

- коэффициент мощности электропривода поддерживается на уровне единицы;

- обеспечивается квазисинусоидальная форма тока и напряжения сети электроснабжения;

- энергопотребление снижается до 30% по сравнению с энергопотреблением электропривода с общим преобразователем;

- снижается время работы приводных электродвигателей и продлевается их срок службы до 45% от установленного срока службы заводом изготовителем;

- повышается надежность электроэнергетического оборудования систем электроснабжения предприятия, систем сетевой защиты и автоматики;

- повышается бесперебойность энергоснабжения других потребителей электроэнергии, подключенных к сети с многоинверторным преобразователем;

- обеспечивается энергетическая развязка сети и электропривода и его автономизация от негативных электроэнергетических процессов в сети;

- обеспечивается полное независимое управление приводными двигателями, исполнительными механизмами и технологическими процессами;

- осуществляется выбор оптимального количества работающих двигателей электропривода;

Часто маленькие возможности - начало великих предприятий.

Демосфен

- реализуется высокоточное и широкодиапазонное регулирование технологическими процессами;

- исключается работа электродвигателей с недогрузкой и перегрузкой.

Необходимо отметить, что при использовании многоинверторных преобразователей возникает связанный ресурсосберегающий эффект, оценка которого должна производиться предметно с учетом всех факторов, влияющих на эффективность работы технологических комплексов с многодвигательными электроприводами.

Список литературы

1. Чунашвили Б. М., Кобалия М. И., Цертели К. О., Петросян А. М. Повышение энергетических показателей асинхронных многодвигательных электроприводов // Электромеханические и энергосберегающие системы. 2012, 3 (19). С. 225-226.
2. Тергемес К. Т., Каримсаков Т. К. Энергосберегающий многодвигательный асинхронный электропривод с активным выпрямителем и индивидуальными инверторами напряжения // Электротехнические системы и комплексы. 2012. 20. С. 164-167.
3. Лимонов Л. Г., Крайцов А. А., Потапов С. В. Управление многодвигательным частотно-регулируемым // Теория автоматизированных электромеханических систем. 2014. 15 (91). С. 92-95.
4. Поликашов С. А., Васильев Б. Ю. Преобразователь частоты многодвигательного электропривода с активной коррекцией коэффициента мощности и энергосберегающей системой управления // Вестник Череповецкого государственного университета. 2015. 4 (65). С. 37-41.

*Васильев Богдан Юрьевич — канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики и электромеханики Санкт-Петербургского горного университета.
Контактный телефон (952) 384-97-25.
E-mail: vasilev.bu@spmi.ru*

Schneider Electric планирует создать в Татарстане центр НИОКР для адаптации и разработки инновационных решений для промышленности

В 2017 г. в высокотехнологичном г. Иннополисе в Республике Татарстан откроется центр НИОКР компании Schneider Electric, мирового эксперта в управлении энергией и автоматизации. Соглашение о намерениях между АО «Шнейдер Электрик» и Особой экономической зоной «Иннополис» было подписано в марте в присутствии Президента Республики Татарстан Рустама Минниханова и заместителя главного исполнительного директора Schneider Electric Эммануэля Бабо.

Новый центр НИОКР будет работать преимущественно по направлению адаптации и разработки информационно-управляющих систем и специализированного программного обеспечения для нужд нефтегазового комплекса и других отраслей промышленности. Разработки центра позволят клиентам компании повысить операционную эффективность и безопасность производств с помощью локальных решений, учитывающих особенности российских условий эксплуатации. Ведущие нефтяные компании Татарстана уже выразили интерес к совместной работе. Многие из них уже осуществляют взаимодействие с компанией Schneider Electric долгие годы.

Во всем мире и в России с большой скоростью развиваются технологии промышленного Internet, ужесточаются требования к кибербезопасности промышленности, в том числе в области АСУТП и систем противоаварийной защиты. В связи с актуальностью этого направления было принято решение о разработках в области кибербезопасности промышленных объектов на базе нового центра НИОКР Schneider Electric в Татарстане. Компания уже ведет переговоры о совместной работе с «Лабораторией Касперского», которая открыла в Иннополисе центр компетенций в 2016 г.

Еще одно перспективное направление работы исследовательского центра в области решений для нефтегазовой промышленности — разработка специализированных линеек контрольно-измерительных приборов, в частности, устройств и систем для измерения извлекаемых углеводородов, в том числе высоковязкой и трудноизвлекаемой нефти.

На встрече делегации Schneider Electric с Президентом Татарстана Рустамом Миннихановым также было подписано соглашение с университетом Иннополис о научном и образовательном сотрудничестве.

[Http:// www.schneider-electric.com/ru](http://www.schneider-electric.com/ru)