

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТРОГАНИЕМ И ПУСКОМ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Гладырь А.И., Гомилко В.И.

Кременчугский государственный политехнический университет

Трогание, как процесс, предшествующий запуску, негативно влияет на работоспособность технологического оборудования и способно существенно повысить аварийность всех звеньев электромеханической системы. Сложившаяся на Украине экономическая ситуация не позволяет большинству предприятий своевременно обновлять устаревшее технологическое оборудование. Поэтому целесообразным является поиск и разработка способов увеличения ресурса действующего оборудования. Исследования характеристик и режимов работы асинхронного двигателя при питании от тиристорного регулятора напряжения (ТРН) в режиме непосредственного преобразователя частоты позволили обосновать принципы построения и разработать устройство управления процессом трогания низковольтных нерегулируемых электроприводов [1-3].

Разработанное авторами устройство позволяет продлить срок службы механизмов, характеризующихся повышенным моментом сопротивления при трогании. Устройство может эффективно использоваться на пульпонасосах, насосах для транспортировки нефтепродуктов, дробилках, шаровых и стержневых мельницах, барабанных окомкователях, скребковых конвейерах и т.п., то есть там, где по условиям технологии или в связи с сезонным влиянием природных факторов может значительно затрудняться запуск электродвигателя.

Принцип действия устройства основан на использовании квазичастотного управления (КЧУ) асинхронным двигателем, при котором возможно формирование требуемой механической характеристики электропривода путем задания двух параметров: частоты основной гармоники питающего напряжения f' и угла открывания тиристоров α . В этом режиме АД питается специально сформированным напряжением

требуемой частоты u' , полученным путем знакопеременного модулирования сетевого напряжения. При этом ток статора представляет собой пакеты полуолн сетевой частоты. Число полуолн N в пакете определяет превалирующую гармоническую составляющую и, тем самым, частоту модуляции f' , от которой зависит синхронная скорость вращения двигателя (рис.1).

На рис.1, а показан один из способов модуляции, при котором в течение одного низкочастотного полупериода (одного пакета полуолн N) угол управления тиристорами остается неизменным: $\alpha = const$.

Ввиду сложного гармонического состава токов, протекающих в обмотках статора, двигательный момент содержит знакопеременную составляющую, что на низких частотах модуляции приводит к неравномерности вращения вала двигателя. Следует отметить, что на практике при данном способе квазичастотного управления имеет место автоматическое изменение угла открывания тиристоров и соответствующее уменьшение амплитуды импульсов тока вблизи точки изменения полярности напряжения u' (рис. 1, б). Этот положительный, с точки зрения уменьшения пульсаций электромагнитного момента, эффект можно усилить. Для этого необходимо обеспечить плавное или ступенчатое изменение угла α в пределах полупериода напряжения u' . Амплитудно-временной способ управления, представленный на рис. 1, в позволяет значительно уменьшить знакопеременную составляющую момента и улучшить энергетические показатели КЧУ.

Реализация данного способа связана с определенным усложнением алгоритмов управления. Поэтому при разработке схемы устройства было отдано предпочтение программируемой (гибкой) логике.

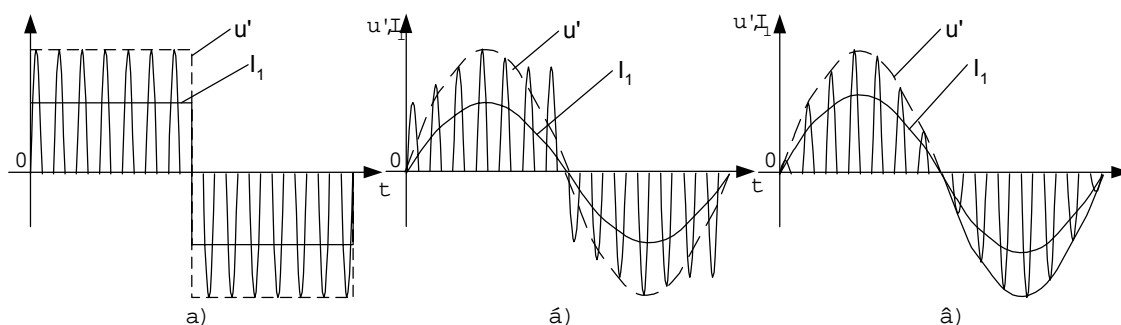


Рисунок 1 Способы модуляции при квазичастотном управлении

Микропроцессорный контроллер обеспечивает гибкость и многофункциональность системы управления без какого-либо усложнения аппаратной части. Помимо задания режимов квазичастотного управления силовыми тиристорами, микроконтроллер формирует сигналы защиты и аварийного отключения, приема и передачи внешних управляющих, задающих и информационных сигналов.

Функциональная схема тиристорного пускового устройства представлена на рис. 2. Асинхронный двигатель АД подключен к сети через трехфазный неперверсивный тиристорный коммутатор ТК, представляющий собой два встречно-параллельно включенных тиристора в каждой из трех фаз. Управляющие импульсы на силовые тиристоры поступают от микропроцессорного контроллера МК. Формирователь импульсов ФИ обеспечивает требуемый уровень управляющих сигналов, а также гальваническую развязку силовых цепей и цепей управления. Блок датчиков БД, служит для контроля, регулирования и измерения величины фазных токов и напряжений, в том числе для защиты от токов перегрузки и короткого замыкания. Кроме того, по действующим значениям тока I_1 и напряжения U_1 в фазе статора при известных значениях активных и реактивных сопротивлений статора, ротора и контура намагничивания определяются текущие значения частоты вращения ротора [4].

Устройство ввода/вывода УВВ имеет набор дискретных входов/выходов и предназначено для приема и передачи внешних управляющих сигналов. Пульт управления содержит клавиатуру для

управления режимами работы, задания и программирования параметров, а также элементы индикации и сигнализации для отображения значений параметров и диагностирования. Многоканальный источник питания ИП преобразует сетевое переменное напряжение в систему напряжений постоянного тока требуемых уровней для питания всех перечисленных устройств, входящих в СУ.

Известно [5], что вид механических характеристик в режиме КЧУ не зависит от схемы соединения обмоток двигателя. Однако алгоритмы квазичастотного управления зависят от схемы силового канала. На рисунке 3 показаны различные схемы подключения статорных обмоток АД к тиристорному преобразователю напряжения, позволяющие реализовать режим квазичастотного управления. Различие представленных схем с позиции способов управления заключается в том, что в схемах на рис. 3, в-д для обеспечения протекания тока в одной из фаз достаточно перевести в рабочее состояние лишь один тиристор (соответствующий данной фазе). Если же обмотки статора включены треугольником либо в звезду без нулевого провода, как показано на рис.3, а и б, то в этом случае ток в обмотках будет протекать лишь в случае открытия двух тиристоров разноименных фаз.

Основной недостаток схем второй группы заключается в необходимости наличия в клеммной коробке асинхронного двигателя всех шести концов обмоток статора, что на практике не всегда выполнимо. Во-первых, не все типы АД позволяют выполнить это условие, во-вторых, при перемотке двигателя в условиях электроремонтного

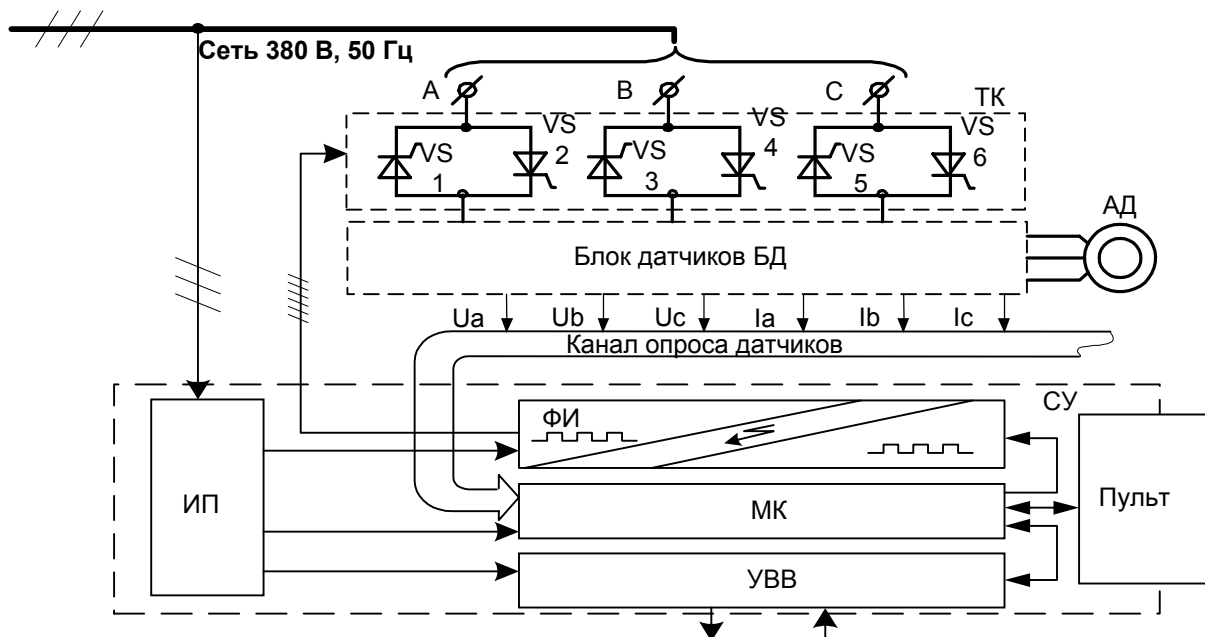


Рисунок 2 Функциональная схема устройства

предприятия нулевую точку звезды в клеммную коробку обычно не выводят. Поэтому наибольшее распространение получили схемы, в которых ТРН подключается между статорными обмотками и питающей сетью, а сами статорные обмотки соединяются в треугольник или звезду без нулевого провода.

Разработанная система управления троганием и пуском отличается от известных пусковых устройств тем, что предусматривает два этапа работы, являющихся фазами единого процесса. Квазичастотный режим работы устройства, соответствующий этапу трогания, предусматривает целенаправленное формирование повышенного электромагнитного момента АД, закон изменения и продолжительность которого зависят от свойств конкретного технологического механизма. Цель этапа – улучшение предстартовых условий (уменьшение сил и моментов сопротивления при трогании), подготовка и переход к следующему этапу – этапу управляемого пуска.

Разработанный алгоритм квазичастотного управления рассчитан как на типовые, так и на нестандартные схемы включения АД. Блок-схема алгоритма и временные диаграммы, иллюстрирующие очередность следования управляющих импульсов на тиристоры при питании обмоток напряжением с частотой основной гармоники $f' = 10$ Гц, представлены на рис. 4. Для простоты восприятия временных диаграмм угол открывания тиристоров принят $\alpha = 0$. Алгоритм функционирования построен на синхронизации к линейным напряжениям питающей сети U_{AB}, U_{BC}, U_{AC} , и определении моментов перехода синусоиды напряжения через нуль.

Момент перехода с отрицательной на положительную полуволну на диаграмме обозначен $U_{+/+}$, в противном случае - $U_{+/-}$.

Определение моментов времени, когда $U_{-/+} = 0$ и $U_{+/-} = 0$, позволяет подсчитывать в каждой фазе необходимое количество полуволн одной полярности, затем переключать импульсы управления на встречный тиристор. Одновременно обеспечивается взаимный сдвиг фаз модулированного низкочастотного питающего напряжения на угол 120^0 .

Импульсы $U_{vs1} - U_{vs6}$ поступают на управляющие цепи силовых тиристоров таким образом, чтобы обеспечить протекание тока в фазах вне зависимости от схемы включения обмоток. Это достигается путем одновременной подачи импульсов управления на тиристоры разноименных фаз. На временной диаграмме все «спаренные» импульсы отличаются типом штриховки: U_{vs1} и U_{vs4} , U_{vs4} и U_{vs5} , U_{vs5} и U_{vs2} , U_{vs2} и U_{vs3} , U_{vs3} и U_{vs6} , U_{vs6} и U_{vs1} .

Таким образом, принцип работы микропроцессорной системы управления при КЧУ заключается в непрерывном «наблюдении» за сетевым напряжением, формировании трехфазной системы выпрямленных токов переменной полярности, изменении угла открывания α и количества полуволн N в соответствии с заданным алгоритмом управления.

Принципиальная схема микроконтроллерного модуля представлена на рисунке 5. Основным элементом системы управления является высокопроизводительный микроконтроллер PIC18F442 старшего семейства PIC-контроллеров фирмы Microchip.

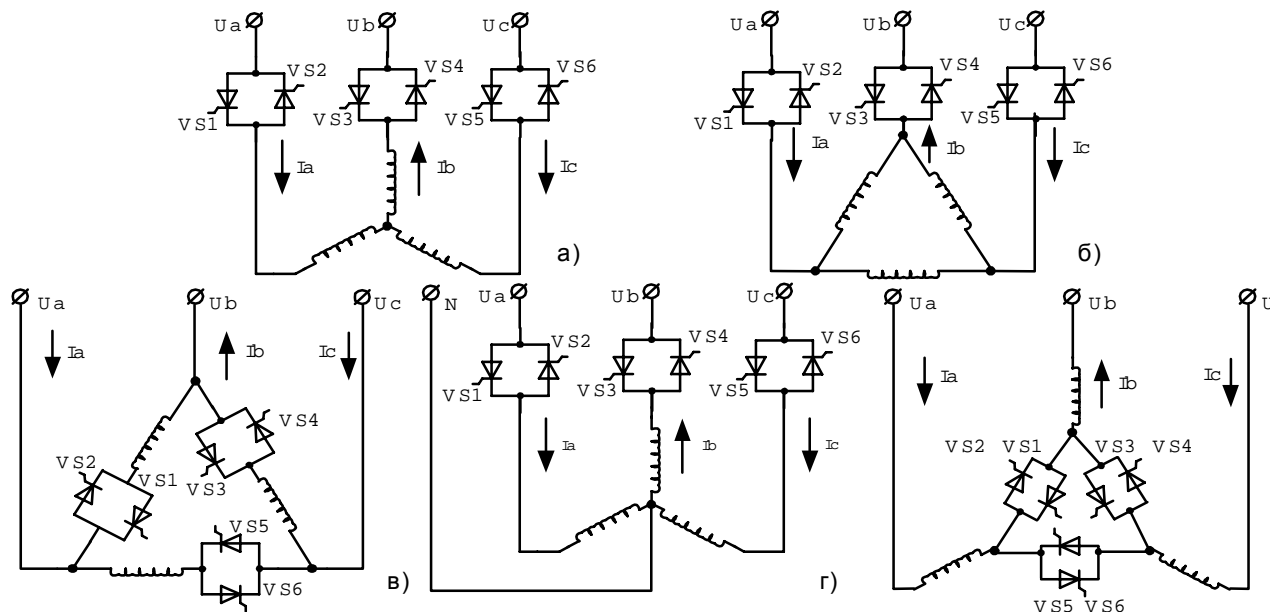


Рисунок 3 Схемы подключения статорных обмоток АД к ТРН

Для синхронизації системи управління з мережею застосовані оптодіоди DA1-DA3. Резистори R1-R12 обмежують струм через світлодіоди оптопар до безпечної межі. Управління режимами роботи здійснюється з клавіатури (кнопки SB1-SB7). Текучий режим роботи, а також параметри силової ланки преобразувача відображаються на кристалічному індикаторі HG1.

Відкриття тиристорів здійснюється за допомогою транзисторних ключів VT1-VT6. В їх базові ланки включені логічні елементи "ІЛИ", виконані на діодах VD1-VD12, що забезпечує надходження сигналу управління з

одного порту контролера одночасно на два тиристора різноим'яних фаз (рис. 4).

Даний мікроконтролер містить вбудовані аналого-цифрові перетворювачі, що дозволяє реалізувати замкнуту систему управління, а також організувати швидкодіючу захисту в аварійних режимах. Можливо також дистанційне управління від персонального комп'ютера по послідовному інтерфейсу RS232. Для цього існує вбудований перетворювач TTL-рівня мікроконтролера в рівень послідовного COM-порту ПК. Мікропроцесорна система дозволяє, не

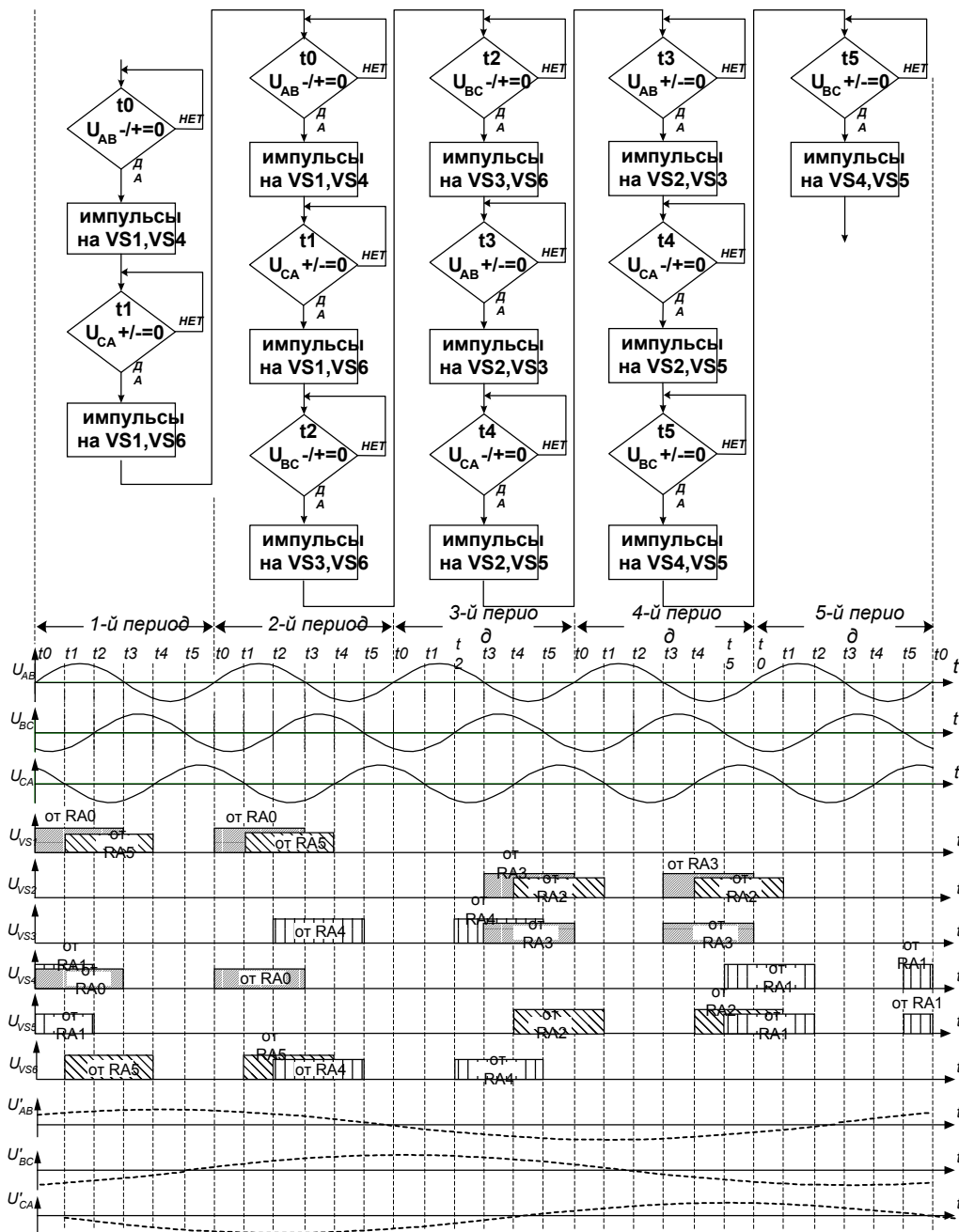


Рисунок 4 Алгоритм і часові діаграми формування частоти $f' = 10$ Гц

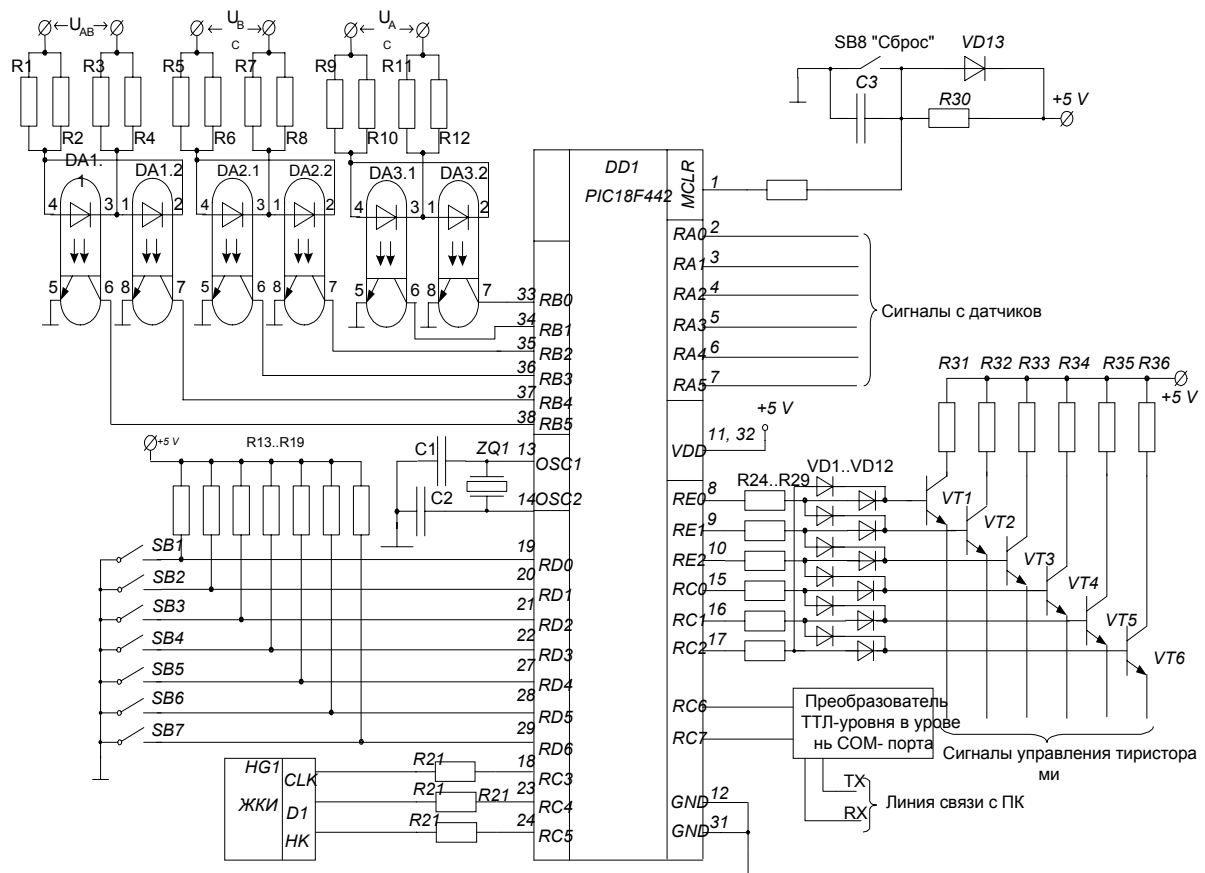


Рисунок 5 Схема электрическая принципиальная микропроцессорного блока

усложняя принципиальной схемы устройства, использовать улучшенные алгоритмы управления, обеспечивающие уменьшение пульсации момента при квазичастотном управлении.

Возможности представленной системы позволяют: - на этапе трогания развивать значительные пусковые моменты, превышающие соответствующие значения моментов при прямом пуске; работать в режиме периодических колебательных либо однонаправленных движений ротора в соответствии с особенностями процесса трогания конкретного технологического механизма на скоростях не превышающих $\omega \approx 0.1\omega_n$; -на этапе пуска комбинировать совместно с квазичастотным фазовое управление, использовать каждый из способов в свойственной ему области частот вращения, обеспечивать автоматический переход от одного способа управления к другому.

Перечисленные особенности разработанной системы управления троганием и пуском позволяют расширить возможности пусковых тиристорных модулей и повысить их конкурентоспособность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гладырь А.И. Алгоритмы квазичастотного управления тиристорным регулятором напряжения питания асинхронного двигателя. // Проблемы

создания новых машин и технологий. Научные труды КГПИ: Выпуск 2/1999 (7). – Кременчуг: КГПИ, 1999.-с. 57- 59.

2. Гладырь А.И., Панченко М.В., Огарь А.С., Шимбарев В.А. Система квазичастотного управления асинхронным двигателем. // Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КГПИ: Выпуск 2/1999 (7). – Кременчуг: КГПИ, 1999.-с. 30 – 32.

3. Гладырь А.И., Гомилко В.И. Экспериментальные пусковые характеристики асинхронного двигателя при питании от тиристорного регулятора напряжения в режиме преобразователя частоты. // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. Наукові праці КДПУ: Выпуск 1/2002 (12). –Кременчуг: КГПУ, 2002.-с. 38 - 42.

4. Луговой А.В., Родькин Д.И., Черный А.П., Сисюк Г.Ю., Гладырь А.И. Концепция построения систем управления параметрами турбомеханизмов с регулируемым приводом. // Проблемы создания новых машин и технологий. Сб. научных трудов КГПИ: Выпуск 1/1999 (6). – Кременчуг: КГПИ, 1999. с.181-185.

5. Петров Л.П. и др. Тиристорные преобразователи напряжения для асинхронного электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 200с.