

ИТОГИ РАБОТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ «ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНЫМИ АГРЕГАТАМИ И КОМПЛЕКСАМИ»

Коренькова Т.В., к.т.н., доц.

Кременчугский государственный политехнический университет

имени Михаила Остроградского

39600, г. Кременчуг, Полтавская обл., ул. Первомайская, 20

E-mail: saue@polytech.poltava.ua

Обґрунтована актуальність наукової проблеми. Наведені структура та характеристика напрямів наукових досліджень. Доведено, що комплексним показником енергоефективності та надійності є керуваність електрогідролічних комплексів.

Ключові слова: насосний комплекс, регульований електропривод, енергоресурсозберігаючі системи, керуваність.

The actuality of a scientific problem is proved. The structure and the characteristic of directions scientific researches are resulted. It is proved, that a complex indicator of energy efficiency and reliability is controllability electrohydraulic complexes.

Key words: pumping complex, adjustable electric drive, energy- and resources-saving systems, controllability.

Введение. Насосные агрегаты и технологические комплексы на базе их представляют собой единую сложную систему взаимодействующего электромеханического и гидравлического оборудования, характеризующуюся определенными свойствами и характеристиками технологического механизма, гидротранспортной сети, запорно-регулирующей арматуры (обратных клапанов, затворов и т.п.), потребителя.

Насосные комплексы (НК) коммунального хозяйства и промышленного сектора отличаются высокой энергоемкостью, низким техническим состоянием оборудования, неэффективными схемами регулирования параметров, высокой аварийностью [1]. Использование регулируемого электропривода насосных станций приводит не только к существенной экономии электроэнергии, но и к снижению затрат на восстановление вышедшего из строя оборудования. Таким образом, рассматриваемая проблема переходит в ранг задач энергоресурсосбережения, предполагающих суммарный эффект не только от энергетических, но и других видов материальных ресурсов.

Цель работы – характеристика научного направления, анализ результатов и перспективы развития.

Материал и результаты исследования.

Актуальность научного направления. До сих пор при анализе процессов в гидротранспортных комплексах (ГТК) явления, происходящие в отдельных его элементах и системах, рассматривались изолировано друг от друга: в системе электроснабжения электропривода насосных установок, непосредственно в самой системе электропривода, в главном технологическом механизме – насосе, в гидравлической сети. Однако, свойства каждой из подсистем гидротранспортной установки существ-

венным образом влияют на состояние всего технологического комплекса. Эффективность работы ГТК зависит от характеристик потребителя, параметров гидродинамической сети, установленной запорно-регулирующей арматуры, схемы включения и числа одновременно работающих насосов, используемого метода регулирования выходных параметров и т.д. При этом необходимо учитывать, что параметры и характеристики перечисленных элементов НК представляют собой сложные нелинейные зависимости. Именно по этой причине исследование процессов в гидротранспортной системе может быть выполнено только с использованием подходов, учитывающих свойства систем электропривода, насоса и гидравлической сети, что позволяет надлежащим образом реализовать управляющие, возмущающие и защитные функции.

Надежность оборудования НК – важнейший показатель, который определяет техническое совершенство технологического объекта.

Современные насосные станции представляют собой системы с большой изношенностью оборудования, высокой аварийностью, отсутствием, в большинстве случаев, средств управления электроприводами насосов и запорно-регулирующей арматуры как в эксплуатационных, так и в аварийных режимах, что приводит к повышенным динамическим нагрузкам в гидротранспортной системе, гидроударам, вибрациям, порывам трубопровода и т.п.

С учетом выше сказанного, перспективным и важным вопросом является разработка рациональных систем электроприводов насосов, энергоресурсосберегающих технологий управления и гидрозащиты насосных комплексов, что позволит повысить надежность, энергоэффективность и экономичность насосных станций.

Доказано, что комплексным показателем энергетической эффективности и технологической надежности является управляемость электрогидравлического комплекса [2, 3]. Управляемость системы – это свойство, заключающееся в способности воспроизводить управляющие, возмущающие и защитные воздействия с заданными техническими характеристиками. До сих пор отсутствуют подходы, обеспечивающие математическую и техническую формализацию управляемости сложной системы. Исследования показали, что управляемость системы непосредственно связана с процессами энергоуправления и энергопреобразования в электромеханической системе (ЭМС) [3, 4]. Снижение управляемости системы происходит в результате проявления специфических свойств электромеханического оборудования, срабатывания элементов с нелинейными характеристиками и характеризуется определенными условиями перетока энергии во всех звеньях технологической цепи. Повышение управляемости объекта направлено на обеспечение экономичных режимов энергопотребления и требуемой технологической надежности. Методы оценки энергетических режимов позволяют идентифицировать нелинейность объекта, определить показатели управляемости электромеханической системы.

При исследовании управляемости электротехнического комплекса необходимо знать энергетические параметры в идеальной системе и в системе с теми же параметрами при наличии нелинейностей, отражающих специфику работы элемента. Задающие воздействия (тестовый сигнал) в идеальной и

нелинейной системах должны быть одинаковы по амплитуде постоянной составляющей, а также по амплитуде и частоте переменной составляющей. Сравнивая процессы потребления энергии в обоих случаях, производится оценка управляемости системы [4, 5].

Для анализа энергетических режимов целесообразно использование аппарата мгновенной мощности, позволяющего более точно и информативно исследовать энергопроцессы во всех звеньях технологической цепи [6, 7].

Структура направления, состав научного коллектива, характеристика решаемых задач.

Научное направление «Энергоресурсосберегающие системы и технологии управления насосными агрегатами и комплексами» сформировано на кафедре систем автоматического управления и электропривода (САУЭ) Кременчугского государственного политехнического университета (КГПУ) в 2002 году по инициативе зав. кафедрой, д.т.н., проф. Родькина Д.И. [8, 9].

В состав рабочего коллектива, занимающегося общей проблемой, входят: Коренькова Т.В., к.т.н., доцент кафедры САУЭ, Перекрест А.Л., ст. преподаватель, Сердюк А.А., ассистент, Михайличенко Д.А., ст. преподаватель, Кравец А.М., ассистент, Алексеева Ю.А., аспирант, Ковальчук В.Г., аспирант. Преподаватель или аспирант, в свою очередь, создает свою рабочую группу из магистрантов и студентов 3-го – 5-го курсов, занимающихся определенными научными задачами в рамках дипломного и курсового проектирования.

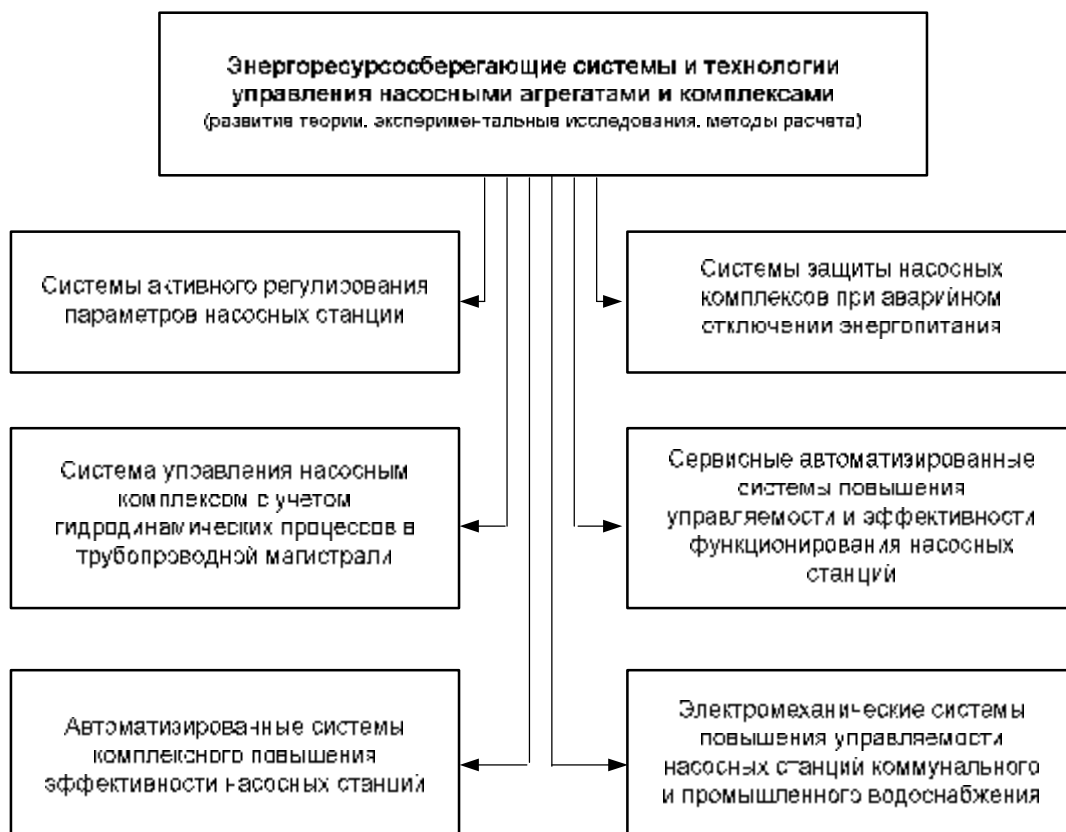


Рисунок 1 – Структура научного направления

Работа научной группы построена таким образом, что за каждым из перечисленных сотрудников закреплена научная тематика в рамках подготовки диссертационных работ (рис. 1). Остановимся подробнее на этом моменте.

Системы активного регулирования параметров насосных станций. Насосные установки

(НУ) – групповые потребители, включающие несколько параллельно работающих агрегатов на общую трубопроводную сеть. Для обеспечения требуемого режима водопотребления необходимо менять выходные технологические параметры НУ. Традиционные методы регулирования на базе дросселирования и ступенчатого регулирования характеризуются нерациональными потерями мощности на регулирующем органе и преждевременным износом электромеханического оборудования. Все чаще используемое регулирование изменением частоты вращения рабочего колеса насоса также обладает рядом недостатков. Доказано, что диапазон регулирования частоты вращения насоса в групповой НУ составляет всего 7-10% вниз от номинального значения и с увеличением числа работающих турбомашин заметно сужается. Поэтому, использование энергетически выгодного частотно-регулируемого электропривода в таких НУ нецелесообразно в связи с большой стоимостью преобразователя частоты, а также недоиспользования его по своим регулировочным возможностям. В связи с этим оправдан поиск альтернативных способов регулирования параметров НС, позволяющих повысить эффективность и экономичность работы гидротранспортного комплекса. Суть предлагаемого активного регулирования заключается в использовании гидротурбинного агрегата со средствами регулирования его мощности, установленного в обводном трубопроводе параллельно регулировочной задвижке (при использовании дросселирования) или параллельно насосу (в случае байпасирования), что позволяет осуществить регулирование подачи НУ в требуемых пределах с одновременной рекуперацией энергии обратно в энергосеть [10]. Возможность использования свойства обратимости центробежных гидромашин и электрических машин позволяет расширить диапазоны регулирования параметров насосных комплексов, повысить управляемость системы в технологических режимах [11].

Система управления насосным комплексом с учетом гидродинамических процессов в трубопроводной магистрали. Работа

гидротранспортных комплексов сопровождается различного рода переходными процессами, которые характеризуются значительными изменениями технологических параметров: давления, расхода, мощности, скорости движения жидкости и т.д. Источниками переходных процессов являются: изменение режима работы насосного агрегата, водопотребителей, отключение и включение отдельных трубопроводов или их участков, срабатывание запорно-регулирующей арматуры,

становится меньше давления насыщенных паров, в гидротранспортной системе возникают кавитационные процессы, которые сопровождаются образованием в движущейся жидкости полостей, заполненных паром или газом, - кавитационных капверн. Явление кавитации может наблюдаться в сифонных трубопроводах, при работе гидравлических турбин, центробежных насосов, на участках местных сопротивлений, где скорости потока резко возрастают. Схлопывание пузырька сопровождается высоким давлением и температурой. Возникающие ударные волны могут привести к значительным перепадам давления, к росту потребляемой на транспортирование мощности. Кавитация неблагоприятно отражается на работе технологического оборудования, приводит к разрывам сплошности потока, вибрациям, шумам и эрозийному разрушению материала. Анализ показал, что отсутствуют общие подходы и математическая формализация влияния кавитационных процессов на технологические и энергетические параметры НК. Существующие средства снижения кавитации являются дорогостоящими и сложными, и направлены либо на уменьшение разрушающего действия кавитации, либо приводят к увеличению числа кавитации. В связи с этим является перспективным разработка и исследование систем управления кавитационными процессами в ГТК с использованием средств регулируемого электропривода, позволяющих формировать такие скорости потока, при которых кавитация минимальна [12, 13].

Системы защиты насосных комплексов при аварийном отключении энергопитания. При эксплуатации насосных установок шахтного водоотлива, систем городского водоснабжения и водоотведения довольно часто имеют место режимы аварийного отключения электропривода насоса от энергосети без предварительного закрытия напорной задвижки или дискового затвора, что сопровождается весьма негативными последствиями - гидравлическими ударами большой мощности, приводящими к простоям насосного оборудования, снижению КПД, разбалансировке НА, разрушению запорно-регулирующей и предохранительной арматуры, трубопроводных сетей, повышенной вибрации гидродинамического оборудования и т.п. Доказано, что на особенности протекания гидроудара влияют: структура технологической схемы насосной станции, количество параллельно включенных насосов с регулируемым или нерегулируемым электроприводом, наличие запорно-регулирующей арматуры, динамические характеристики элементов гидросистемы, геометрия трубопроводной сети и т.п. Анализ показал, что на насосных станциях отсутствуют эффективные средства защиты и управления электромеханическим и гидравлическим оборудованием в аварийных режимах работы. Поэтому является целесообразным поиск путей совершенствования защит насосных станций при аварийном отключении энергопитания и повышения надежности ГТК в целом. Одним из вариантов решения является возможность использования

изменение температуры рабочей и окружающей среды. В тех случаях, когда давление в каких-либо местах потока снижается настолько, что нерегулируемого электропривода переменного тока с установленной конденсаторной батареей в статорной цепи, которая обычно используется для компенсации реактивной мощности асинхронных двигателей [14]. Создаваемый тормозной момент электродвигателя, обеспечивающий интенсивное снижение скорости, гасит энергию движущейся в обратном направлении массы жидкости. Замедление привода сопровождается последующим изменением направления вращения. В реверсивном режиме двигатель работает как генератор на устройство аккумулирования энергии, которая может быть направлена на питание вспомогательных потребителей гидротехнического комплекса (например, для управления приводом задвижек, управляемых гидроклапанов и т. д.).

Сервисные автоматизированные системы повышения управляемости и эффективности функционирования насосных станций. Трубопроводная арматура является важнейшим элементом технологического оборудования НК и выполняет защитную, предохранительную и регулировочную функции. Закон управления арматурой влияет на характер протекания переходных процессов в гидросистеме как в обычных (регулируемых, пусковых), так и аварийных режимах. Часто закрытие (открытие) задвижек, затворов и т.д. производится вручную, без соблюдения требуемого темпа и продолжительности управления, что приводит к возникновению гидравлических ударов в коммуникационной сети. Резкое срабатывание гидроклапанов, в случае внезапного прекращения энергоснабжения НК, сопровождается повышенными динамическими нагрузками на стенки проточного тракта насосного агрегата, трубопроводной системы и арматуры. Для их снижения необходимо задавать такой темп управления запорной арматурой, при котором время ее закрытия будет минимальным, а давление в гидросистеме не превышает предельно допустимого значения. Для реализации такой задачи необходима разработка и исследование систем автоматического управления динамическими нагрузками в ГТК со средствами регулируемого электропривода трубопроводной арматуры и устройствами резервного энергопитания в аварийных режимах, например, на базе активных гасителей энергии (гидротурбинных агрегатов малой мощности) или серийно выпускаемых промышленностью источников бесперебойного питания [15].

Автоматизированные системы комплексного повышения эффективности насосных станций. Технический прогресс в силовой электронике, микропроцессорных устройствах затронул вопрос разработки и внедрения автоматизированных систем управления насосными агрегатами и их комплексами. Использование регулируемого электропривода в НУ для непосредственного изменения давления или производительности проводится уже достаточно широко. Менее интенсивно внедряются микропроцессорные

базе известных технических средств воздействия на регулируемый (нерегулируемый) электропривод насосов, задвижек, гидроклапанов, использовании источников резервного питания при аварийном отключении электроэнергии, реализации функций прогноза состояния оборудования, водо- и энергопотребления насосных станций. Принципиально регулируемый электропривод без систем микропроцессорного управления фактически неработоспособен. Поэтому, только комплексный подход к построению современных систем управления ГТК позволит достичь ощутимый эффект в длительном временном интервале.

Электромеханические системы повышения управляемости насосных станций коммунального и промышленного водоснабжения. Гидротранспортные системы работают в условиях воздействия различного рода факторов: управляющих, возмущающих и задающих воздействий, изменяющихся в процессе работы, и возникающих как в нормальных (эксплуатационных), так и в нештатных (аварийных) ситуациях.

С другой стороны, любая ЭМС, включающая преобразователь энергии, электрический двигатель, технологический механизм, характеризуется рядом электрических, энергетических и механических параметров: напряжения, тока, мощности, частоты вращения и момента; производительности и давления технологического механизма, и др. Применительно к гидротранспортной установке к управляющим элементам относятся запорная арматура, преобразователи частоты; к управляемым – насосная установка, гидродинамическая сеть, связанные понятием управляемости и находящиеся во взаимодействии друг с другом. Повышение управляемости в этом случае важно в следующих направлениях: при контроле и управлении давлением и производительностью в гидросистеме, при оптимизации энергетических режимов работы турбомеханизмов, при управлении процессами, протекающими в ходе развития последствий аварийного отключения насосов, резкого закрытия клапанов и др. В последнем случае снижение послеаварийных последствий может быть достигнуто за счет использования имеющихся или создаваемых управляющих технических средств как самого электропривода, так и элементов коммуникационной сети, что непосредственно связано с управлением энергопроцессами и формированием соответствующих воздействий на объекты гидротранспортной системы.

Итоги работы и перспективы развития. В период с 2002 г. по 2008 г. научным коллективом получены следующие теоретические и практические результаты:

– созданы научные основы оценивания управляемости технологических комплексов с турбомеханизмами. Доказано, что управляемость системы – это важный показатель качества функционирования объекта, учитывающий

системы управления и защиты НК с соответствующими принципами и технологиями на

и надежное реагирование электромеханической системы на управляющие, возмущающие и задающие воздействия, которые изменяются в процессе работы и возникают как в нормальных, так и в аварийных режимах. Исследование управляемости системы непосредственно связано с анализом процессов потребления (генерации) и преобразования энергии во всех звеньях электромеханического комплекса при задающем воздействии полигармонического характера. Для оценки управляемости объекта предложены количественные показатели на базе энергетических коэффициентов управляемости, которые отражают влияние нелинейных свойств элементов, проявляющихся в тех или иных режимах, на качество функционирования всей электромеханической системы;

– обоснована эффективность использования системы активного регулирования параметров насосных станций на базе гидротурбинного агрегата с комбинированным регулированием его мощности, обеспечивающая, в отличие от регулирования дросселированием и частотой вращения, изменение производительности насосной установки в требуемых пределах с одновременной рекуперацией энергии в электрическую сеть; получен математический аппарат для описания характеристик гидротурбинного агрегата при переменных открытиях направляющего аппарата и частоты вращения [11, 16];

– отмечено, что система электропривода при аварийных отключениях должна иметь свойства преобразования гидравлической энергии в электрическую с целью управления величиной и продолжительностью энергетического воздействия. Эти возможности зависят от характеристик насосных агрегатов и трубопроводной сети, на которую они работают. Электропривод при этом должен приобретать свойства активного влияния на энергопроцессы в аварийных ситуациях;

– доказано, что перспективным направлением повышения управляемости гидротранспортной системы является использование обратимых режимов работы гидравлических и электрических машин, которые расширяют регулировочные возможности гидротранспортного комплекса [17]; анализ характеристик турбомеханизмов в насосных и турбинных режимах работы особенно важен в системах группового электропривода насосных агрегатов, работающих на трубопроводную сеть с противодействием при изменении направления движения жидкости или частоты вращения одного из последовательно или параллельно включенных насосов; полученные характеристики работы центробежных насосов на сеть с противодействием подтверждают возможность эффективного использования гидравлической энергии при изменении направления движения потока жидкости, вызванного снижением частоты вращения насосного агрегата, что может быть реализовано в системах активного регулирования и защиты

свойства и требования как систем электропривода, так и технологических механизмов, что позволяет обеспечить экономичное

агрегатов. Режим обратного хода жидкости и, соответственно, получаемые при этом режимы работы гидромашины, имеют место также при аварийном отключении электроэнергетики насосной установки от энергосети;

– разработаны устройства гидродинамической защиты с использованием регулируемого электропривода насосов и одновременного управления запорно-регулирующим дросселем, емкостных накопителей в силовой цепи насосного агрегата, устройств, работающих с использованием избыточной энергии гидравлического потока и др., которые в настоящее время являются основными устройствами гашения гидроэнергии при авариях [18];

– предложены технические решения и алгоритмы снижения динамических нагрузок в насосном комплексе при исчезновении энергопитания путем формирования такого темпа управления запорной арматурой, при котором время ее закрытия будет минимальным, а давление в гидросистеме не превышает предельно допустимого значения;

– получены энергоресурсосберегающие алгоритмы управления режимами работы технологических установок с турбомеханизмами при разных вариантах регулирования параметров, где известен характер изменения кривой потребителя, число работающих насосов, параметры коммуникационной сети, которые позволяют осуществить режим прогноза минимального по энергопотреблению регулирования производительности насосной станции [19];

– разработана математическая модель гидротранспортной системы, где коммуникационная сеть представлена многозвенной структурой из RLC-участков и учитывает наиболее сложные физические процессы движения жидкости в трубопроводе, обусловленные явлением кавитации [20];

– созданы лабораторные комплексы турбомеханизмов (рис. 2) и их виртуальные модели, позволяющие реализовать целый ряд научно-практических исследований: определение экономической и энергетической целесообразности регулирования производительности насосных, вентиляторных и компрессорных установок с использованием различных методов (дросселированием потока, частотой вращения рабочего колеса, групповым соединением агрегатов, направляющим аппаратом, активным воздействием на коммуникации, комбинированным сочетанием различных вариантов); определение диапазонов регулирования частоты вращения турбомеханизма при одиночной работе и параллельно соединенных агрегатах для обоснования целесообразности той или иной системы регулируемого ЭП; определение регулировочных и энергетических характеристик различных систем регулируемого ЭП (ПЧ-АД, ТРН-АД); исследование динамических режимов работы турбомеханизмов на трубопроводную сеть с

насосных станций на базе гидротурбинных

турбин с электрическим генератором на одном валу и переменными параметрами трубопроводной сети как в разомкнутых, так и замкнутых системах



а)



б)



в)

Рисунок 2 – Компьютеризированные комплексы для исследования режимов турбомеханизмов: а) – гидротранспортная установка; б) – компрессорная станция; в) – вентиляционная установка

Выводы. Особенностью научного направления «Энергоресурсосберегающие системы и технологии управления насосными агрегатами и комплексами» является комплексный подход к решению задач повышения эффективности, надежности и качества функционирования электромеханического и насосного оборудования гидротранспортных систем. Основной характеристикой сложного динамического объекта является его управляемость. Управляемость системы электропривода, технологического механизма, управляемость преобразователя, устройств защиты – это составляющие единого целостного показателя – управляемости всего технологического комплекса. Управляемость системы позволяет воспроизводить реакции на управляющие, возмущающие и задающие воздействия, изменяющиеся в процессе работы и возникающие в эксплуатационных и аварийных режимах. Поэтому оценка управляемости электромеханических систем технологических комплексов и разработка систем повышения этого показателя относится к одним из

переменными параметрами; исследование альтернативных способов регулирования производительности на базе активных регулировочных устройств – гидравлических или пневматических

автоматического регулирования; исследование систем управления электроприводом турбомашин в аварийных режимах и др. [21, 22].

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева Ю.А., Коренькова Т.В. Обоснование необходимости повышения управляемости насосных комплексов // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук, 2006. – Вип. 3 (38). – Ч. 1. – С. 87–90.
2. Коренькова Т.В. Управляемость как категория технического совершенства и технологического соответствия электромеханических систем гидротранспортных комплексов // Технічна електродинаміка: Проблеми сучасної електротехніки. – Київ: ІЕДНАУ, 2006. – Ч. 7. – С. 49–52.
3. Коренькова Т.В. Исследование управляемости электромеханической системы технологического комплекса // Науково-технічний збірник КТУ: Розробка рудних родовищ. – Кривий Ріг: КТУ, 2008. – Вип. 92. – С. 176–181.
4. Коренькова Т.В. Формализация понятия управляемости в электромеханических комплексах

приоритетных направлений реализации энергоресурсосберегающих программ во всех отраслях промышленности и коммунального хозяйства страны.

5. Коренькова Т.В., Рожко В.Г. Показатели оценки управляемости электромеханического комплекса // Проблемы автоматизованого електроприводу. Теорія і практика: Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – Вип. 30. – С. 328–331.

6. Родькин Д.И. Составляющие мгновенной мощности при полигармонических напряжении и токе // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук, 2003. – Вип. 2 (19) – Ч. 1. – С. 111–115.

7. Родькин Д.И. Комментарий к теории энергопроцессов с полигармоническими сигналами // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. – Кіровоград: КНТУ, 2004. – Вип. 15. – С. 10–18.

8. Родькин Д.И. Актуальные вопросы теории и практики энергосберегающих электромеханических систем // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук, 2008. – Вип. 3 (50). – Ч. 1. – С. 8–17.

9. Родькин Д.И. Теория электропривода – проблемы и перспективы // Проблемы автоматизованого електроприводу. Теорія і практика: Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – Вип. 30. – С. 539–599.

10. Коренькова Т.В., Перекрест А.Л. О коррекции энергетики группового электропривода насосов активными регулировочными устройствами // Проблемы автоматизованого електроприводу. Теорія і практика: Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: ХДПУ, 2002. – Вип. 12. – Т.2. – С. 514–516.

11. Коренькова Т.В., Перекрест А.Л., Кравец А.М. Обоснование целесообразности использования альтернативных способов регулирования параметров насосных станций // Зб. наук. пр. Луганского відділення Міжнар. Акад. інформатизації. – Кременчук: КДПУ, 2005. – Вип. 1(10). – С. 136–144.

12. Сердюк А.А., Коренькова Т.В. Особенности динамических процессов в гидротранспортных системах с учетом кавитационных явлений // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук, 2006. – Вип. 4 (39). – Ч. 1. – С. 35–41.

13. Сердюк А.А., Коренькова Т.В. Обоснование путей повышения управляемости кавитационными процессами в гидротранспорте комплексе // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук, 2008. – Вип. 4 (51). – Ч. 1. – С. 163–168.

14. Михайличенко Д.А., Коренькова Т.В., Черная В.О. Расширение функциональных возможностей электроприводов насосных установок при аварийном отключении энергопитания // Вісник

// Технічна електродинаміка: Проблеми сучасної електротехніки. – Київ: ІЕДНАУ, 2008. – Ч. 1. – С. 75–80.

15. Кравец А.М., Коренькова Т.В. О задаче управления динамическими нагрузками в гидротранспортных комплексах при аварийных режимах // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук, 2006. – Вип. 3 (38). – Ч.1. – С. 23–27.

16. Коренькова Т.В., Перекрест А.Л., Михайличенко Д.А. Кравец А.М. Характеристики гидротурбины в системе активного регулирования производительности насосных станций // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук, 2004. – Вип. 2 (25). – С. 21–27.

17. Коренькова Т.В. К задаче расширения регулировочных возможностей насосных комплексов // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук, 2006. – Вип. 4 (39). – Ч. 1. – С. 12–17.

18. Коренькова Т.В., Алексеева Ю.А., Михайличенко Д.А. Система защиты насосной установки от гидроудара с емкостным накопителем в силовом контуре // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук, 2005. – Вип. 6 (35). – С. 68–72.

19. Коренькова Т.В., Кравец А.М. Повышение управляемости электромеханических систем гидротранспортных комплексов // Гірнична електромеханіка та автоматика: Зб. наук. пр. НГУ. – Дніпропетровськ: НГУ, 2005. – Вип. 75. – С. 115–121.

20. Сердюк А.А., Коренькова Т.В. Особенности моделей водопроводных насосных комплексов // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук, 2007. – Вип. 3 (44). – Ч. 1. – С. 143–147.

21. Коренькова Т.В., Михайличенко Д.А., Костюк Ю.С. Компьютеризированный лабораторный комплекс для исследования режимов работы насосной установки с регулируемым электроприводом // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук, 2003. – Вип. 1 (18). – С. 55–58.

22. Кравец А.М., Коренькова Т.В., Продан В.С. Виртуальный лабораторный комплекс гидротранспортной установки с активным регулированием параметров // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук, 2006. – Вип. 4 (39). – Ч. 1. – С. 155–160.

Стаття надійшла 08.04.2009 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Родькіним Д.І.

Кременчуцького державного політехнічного
університету. – Кременчук, 2007. – Вип. 3 (44). –
Ч.2. –
С. 30–34.