***Федеральное агентство по рыболовству***

***Федеральное государственное бюджетное образовательное***

***учреждение высшего образования***

***«Астраханский государственный технический университет»***

**Система менеджмента качества в области образования, воспитания, науки и инноваций сертифицирована DQS**

**по международному стандарту ISO 9001:2015**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ Указания ПО КУРСУ**

«**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ»**

**для аспирантов Направление подготовки**

**13.06.01 - Электро- и теплотехника**

**Направленность подготовки**

**Электротехнические комплексы и системы**

**АСТРАХАНЬ**

**Содержание**

1. Моделирование режимов и процессов нефтегазовых электротехнических комплексов с вентильным приводом.

2. Повышение надежности и экономичности электроснабжения компрессорных станций газотранспортных систем.

3. Повышение надежности и качества электроснабжения электротехнических комплексов при грозовых воздействиях и резко переменных нагрузках.

4. Режимы работы систем электроснабжения объектов нефтегазовых месторождений.

5. Повышение энергоэффективности асинхронного электропривода методом многокритериальной оптимизации параметров и режимов работы.

6. Системы и алгоритмы энергосберегающего управления частотно-регулируемыми электроприводами штанговых скважинных насосных установок .

7. Улучшение эксплуатационных характеристик электроустановок систем электроснабжения нефтяной промышленности при перенапряжениях.

8. Оценка влияния кратковременных нарушений электроснабжения на работу потребителей нефтедобывающих предприятий и разработка устройства АВР для надежного их электропитания.

9. Активные системы коррекции формы кривых тока и напряжения в сетях нефтепромыслов.

10. Оценка влияния кратковременных нарушений электроснабжения на работу потребителей нефтедобывающих предприятий и разработка устройства АВР для надежного их электропитания.

**1. Моделирование режимов и процессов нефтегазовых электротехнических комплексов с вентильным приводом.**

**Цель работы**:

 Интегрировать вентильный привод в единую схему расчета переходных режимов и процессов в сложных электротехнических системах нефтегазовой промышленности.

**В работе требуется решить следующие задачи:**

1. Провести анализ современного состояния вентильного электропривода и обосновать выбор вентильного электропривода с ротором на постоянных магнитах в качестве объекта исследования.

2. Провести анализ электромеханических свойств вентильного электропривода и установить возможность построения наиболее простой модели вентильного электропривода.

3. Разработать модель вентильного электропривода с возможностью ее интеграции в схемы и алгоритмы расчета режимов и процессов промышленных ЭТС.

4. Разработать алгоритм расчета электромеханических переходных процессов в вентильном электроприводе, входящем в состав ЭТС.

5. Выполнить численное моделирование электромеханических переходных процессов в вентильном электроприводе, входящем в состав ЭТС.

6. Провести анализ соответствия результатов моделирования электромеханических переходных процессов в вентильном электроприводе и физического протекания рассматриваемых переходных режимов.

7. Провести анализ возможности применения вентильного электропривода в установках с резко переменной нагрузкой.

**Методы исследования, используемые в работе:**

Объектами исследования являются вентильные электроприводы средней и большой мощности с возбуждением от постоянных магнитов в составе промышленных ЭТС непрерывных производств нефтегазовой отрасли. В работе использовались положения и методы теории электрических цепей, расчета режимов систем электроснабжения, элементы теории устойчивости ЭТС, теории электрических машин и электропривода, математическое и компьютерное моделирование электроприводов и ЭТС.

**Актуальность работы:**

Задача оптимального управления электродвигателями не только с технологической точки зрения, но и с точки зрения энергосбережения весьма актуальна в настоящее время, поскольку электродвигатели - основные потребители электроэнергии. На сегодняшний день большинство развитых стран широко внедряют высокотехнологичную электротехническую продукцию, которая не только решает вопросы снижения энергопотребления, но и позволяет создавать электротехнические комплексы с низким уровнем потерь и целым рядом новых качеств. Достижения в области силовой полупроводниковой и микропроцессорной техники способствовали созданию перспективных электроприводов нового поколения на базе вентильных электродвигателей, интерес к которым активно проявляется в промышленно развитых странах мира. Общая теория вентильного привода к настоящему времени характеризуется достаточной полнотой, однако разработка математических моделей этих объектов, ориентированных для расчета режимов и процессов электротехнических комплексов и систем с данными приводами, остается весьма актуальной задачей .

**Расширенный список рекомендуемой литературы:**

1. Егоров A.B., Постнов С.П., Улюмджиев A.C. Анализ электромеханических свойств вентильного электропривода. // Территория Нефтегаз, 2011, №5.

2. Ершов М.С., Егоров A.B., Трифонов A.A. Устойчивость промышленных электротехнических систем. М.: Недра, 2010.

3. Камалетдинов P.C. Применение приводов УЭЦН на основе вентильных электродвигателей. // Бурение и нефть, 2007, №1.

4. Азанов И., Шамигулов А. Вентильный привод для УЭЦН позволит сократить затраты электроэнергии. // Новатор, 2007, №18.

5. Павленко В., Гинзбург М. Новый высокоэффективный привод для погружных центробежных и винтовых насосов. // Технологии ТЭК, 2004, №6.

6. Ахмадеев P.P. Выбор оптимального режима эксплуатации комплексных приводов с вентильным двигателем для обеспечения максимальной экономии электроэнергии. // Инженерная практика, 2010, №3.

7. Игнатьев М. Энергосбережение и энергоэффективность. // Нефтегазовая вертикаль, 2010, №12.

8. Гинзбург М.Я., Павленко В.И. Факторы, обеспечивающие снижение энергопотребления УЭЦН при замене в них ПЭД на ВЭД. // Инженерная практика, 2010, №8.

9. Сагаловский A.B. Новое поколение вентильных электродвигателей компании «Борец» новый шаг в энергосбережении. // Инженерная практика, 2010, №8.

10. Павленко В., Климов В., Климов И. Сравнительный анализ электромагнитных процессов в структурах электроприводов нефтедобывающей промышленности. // Силовая Электроника, 2010, №3.

11. Санталов А., Перельман О., Рабинович А., Пошвин Е., Кошелев С., Хоцянов И. Погружные вентильные электродвигатели. История констуктивные особенности, возможности. // Нефтегазовая вертикаль, 2011, №12.

12. Лунев Н.В. Успешный опыт эксплуатации вентильных электродвигателей и винтовых насосов компании «Борец». // Инженерная практика, 2010, №8.

13. Горбунов Д. Вентильный двигатель. От опытной разработки — к серийному производству. // Арсенал нефтедобычи, 2008, №3.

14. Сонных М., Ганнель Л. Основные технические особенности вентильных двигателей. // Электроцех, 2011, №3.

15. П.Панкратов В.В. Вентильный электропривод: от стиральной машины и металлорежущего станка до электровоза. // Электронные компоненты, 2007, №2.

16. Аракелян А.К., Афанасьев A.A. Вентильные электрические машины в системах регулируемых электроприводов.: в 2 т. М.: Высшая школа, 2006. -Т.1.

17. Овчинников И.Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе (малая и средняя мощность). СПб.: Корона-Век, 2006.

18. Вольдек А.И. Электрические машины. Москва, Энергоатомиздат, 1978.

19. Иванов-Смоленский A.B. Электрические машины.: в 2 т. М.: МЭИ, 2004.-Т.2.

20. Москаленко В.В. Электрический привод. М.: Издательский центр «Академия», 2004.

21. Косулин В.Д., Михайлов Г.Б., Омельяненко В.В., Путников В.В. Вентильные электродвигатели малой мощности для промышленных роботов. Л.: Эиергоатомиздат, 1988.

**2.Повышение надежности и экономичности электроснабжения компрессорных станций газотранспортных систем.**

**Цель работы**:

Повысить надежность и экономичность системы электроснабжения компрессорных станций газотранспортных систем путем научно обоснованного изменения её структуры при сохранении функциональной достаточности, обеспечивающей непрерывность технологического процесса и минимизации затрат.

**В работе требуется решить следующие задачи:**

1. Выполнить статистическую оценку показателей надежности, включая наработки на отказ отдельных элементов и коэффициенты готовности структурных узлов системы электроснабжения КС;

2. Разработать метод моделирования и расчета систем электроснабжения КС с учетом показателей надежности и значимости компонентов схемы функциональной целостности (СФЦ);

3. Обосновать рациональную структуру системы электроснабжения КС, в которой минимизирована структурная избыточность;

4. Определить направления усовершенствования (оптимизации) электроэнергетических структур по критерию надежности при ограничении влияния элементов с положительными вкладами;

5. Оценить технико-экономическую эффективность системы электроснабжения КС при отказах внешнего электроснабжения и автономном электропитании от ЭСН.

**Методы исследования, используемые в работе:**

 В работе использовать методы теории электрических цепей, теории систем электроснабжения электротехнических комплексов, теории электрических машин, теории вероятности, логико-вероятностное моделирование, комплексной оценки надежности и рисков системы ЭС.

**Актуальность работы:**

В настоящее время для обеспечения природным газом объектов Российской федерации и его поставку за рубеж в нашей стране широко применяются газотранспортные системы (ГТС). Данные ГТС характеризуются совокупностью взаимосвязанных газопроводов и сопутствующим им сооружений, предназначенных для обеспечения газом потребителей. ГТС является связующим звеном между удалёнными месторождениями газа и его потребителями. ГТС является основой Единой системы газоснабжения России. Данные комплексы состоят, как правило, из стальных труб большого диаметра (до 1420мм), компрессорных станций (КС) и сопутствующих им систем (защиты от коррозии, телеуправление и др. системы КИПиА). Значительная протяжённость территории, задействованной для функционирования ГТС, и различные параметры природного газа (избыточное давление (расход), температура, влажность (точка росы), калорийность и др.) требуют для функционирования всех подразделений надёжной работы объектов добычи, транспортировки и распределения природного газа, в том числе компрессорных станций. В данной работе рассматриваются вопросы обеспечения надёжности и экономичности электротехнического комплекса (ЭТК) систем электроснабжения (ЭС) КС на примере компрессорной станции «Торжокская» дочернего газотранспортного предприятия ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург» ОАО «Газпром». Данный объект занимает важное место в осуществлении задачи по транспорту газа по системам магистральных газопроводов для газоснабжения потребителей Северо-Западного региона Российской Федерации и экспорта газа в западные страны. В Энергетической стратегии России на период до 2020 года перед газовой отраслью поставлены следующие цели: стабильное, бесперебойное и эффективное удовлетворение внутреннего и внешнего спроса на газ, развитие Единой системы газоснабжения России, ее расширение. Дальнейшее развитие системы магистральных трубопроводов приведет и к росту ее энерговооружённости и энергоемкости. О важности развития современных транспортных мощностей и о кардинальном повышении эффективности потребления энергии неоднократно заявлено в выступлениях руководства страны.

Мировая практика и требования газодобывающих предприятий устанавливают параметры надёжности объектов системы ЭС КС для устойчивого функционирования всех объектов ГТС, которые необходимо достичь. ЭТК системы ЭС КС, как правило, включает в себя внешние сети Энергосистем, системы приёма, преобразования и распределения эл/энергии, резервные и аварийные источники для обеспечения требуемой категорией надёжности и многочисленных потребителей электрической энергии (ЭП) различной мощности . Учитывая главную функцию КС по компримирования природного газа, основным и главным потребителем электроэнергии станций являются газоперекачивающие агрегаты (ГПА) и им сопутствующие системы .

Для обеспечения прогнозируемой работы ГПА в заданных параметрах и исключения отказов в работе и аварийных остановов (АО) необходимо решить вопросы обеспечения, сохранения и повышения надёжности функционирования ЭТК системы ЭС с требуемыми экономическими параметрами. Надежность данной системы является одним из важнейших ее свойств, т.к. в случае низкой надежности теряют практическое значение все остальные показатели качества (производственные, экономические и др.). Достоверные показатели надёжности невозможно получить в настоящее время (с использованием системы корпоративной статистической отчётности и существующих баз данных) так же как и полных, достоверных, актуализированных сведений о техническом состоянии, потребности в ТО и Р всего парка энергетического оборудования и энергетических сооружений объектов; недостаточность или отсутствие данных о динамике (в ходе эксплуатации) основных параметров технического состояния каждого изделия (единицы оборудования, сооружения энергохозяйства каждого типа и марки), определяющих прогнозирование его остаточного ресурса (срока службы). Нужно отметить так же наличие вариантов распределения электроэнергии из-за значительного количества источников электропитания и резервирования шин распределения. Однако это не исключает возникновение отказов и аварий у ЭП из-за перерывов в подаче эл/энергии и, как следствие, возникновение технических ущербов и финансовых потерь.

**Расширенный список рекомендуемой литературы:**

1. Абрамович Б.Н., Петров С.П., Бабурин C.B. Повышение надежности электроснабжения компрессорных станций с газотурбинным приводом // Горное оборудование и электромеханика, 2007. №8. С. 14-17.

2. Абрамович Б.Н., Полищук В.В. Надёжность систем электроснабжения. СПб.: СПбГГИ (ТУ), 1997. 37 с.

3. Абузова Ф.Ф., Алиев P.A., Новосёлов В.Ф. Техника и технология транспорта и хранения нефти и газа. М.: Недра, 1992. 320 е.: ил.

4. Ананенков А.Г., Ставкин Г.П., Котельникова Е.И. Техническое регулирование при эксплуатации объектов газовой промышленности // Газовая промышленность. 2003. - №11. - с. 32-39.

5. Барг И.Г., Гайдар JI.E. Техническое состояние и надежность работы воздушных распределительных сетей 0,38-40 кВ.//журнал "Энергетик". № 8,1999.

6. Баринов A.B. Малая энергетика. Проблемы и перспективы II Сборник статей Электронный ресурс. / Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. Межвузовская научно-техническая конференция, 2003.

7. Бахвалов Н.С. Численные методы. М., Наука, 1975.

8. Беленко A.B., Петров С.П. Дальнее резервирование отказов защит в сетях 0,4 кВ на предприятиях транспорта газа / Записки Горного института. Т.178., 2008 . С. 120-122.

9. Белоусенко И.В., Голубев C.B., Дильман М.Д. Исследование и технико-экономическая оценка надёжности электростанции собственных нужд // Газовая промышленность. 2002. - №11. - с. 62-64.

10. Белоусенко И.В., Голубев C.B., Дильман М.Д., Попырин JI.C. Обоснование надежности автономных газотурбинных электростанций // Теплоэнергетика. М., 2004.

11. Белоусенко И.В., Голубев C.B., Дильман М.Д. Управление надёжностью электроснабжения объектов ЕСГ // Газовая промышленность. 2004. - №7. - с. 64-66.

12. Белоусенко И.В., Шварц Г.Р., Великий С.Н., Ершов М.С., Яризов А.Д. Новые технологии и современное оборудование в электроэнергетике газовой промышленности. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. 300 с: ил.

13. Беляев A.B., Шмурьев В.Я., Эдлин М.А. Проблемы параллельной работы ЭСН КС с энергосистемой // Газовая промышленность.2004.^№7.--С.-70-72. . .

14. Беркович М.А. Автоматика Энергосистем. М., 1991.

15. Будзуляк Б.В. Основные направления повышения надежности и безопасности газотранспортных систем ОАО «Газпром» // Газовая промышленность. 2005. - № 8. - С. 12-14.

16. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969.

17. Виштибеев A.B., Кадомская К.П., Хныков В.А. Повышение надежности электрических сетей установкой трансформаторов напряжения типа НАМИ. // Электрические станции. 2002, № 3. -С. 47-51.

18. Вязовцев А.П. Оценка эффективности регулирования режимов электроснабжения электроприводных компрессорных станций // Газовая промышленность. 2005. - №5. - с. 68-70.

19. Голинкевич Т.А. Прикладная теория надёжности. М.: Высш. шк., 1985.- 168 е., ил.

20. ГОСТ 27.502-83. Надежность в технике. Система сбора и обработки информации. Планирование наблюдений / Государственный комитет СССР по управлению качествомпродукции и стандартам. М., 1984.

21. ГОСТ 20439-87 Электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания.

**3. Повышение надежности и качества электроснабжения электротехнических комплексов при грозовых воздействиях и резко переменных нагрузках.**

**Цель работы**:

 Разработать рекомендации по повышению надежности электроснабжения и качества электроэнергии в промышленном районе с электрометаллургическим комплексом.

**В работе требуется решить следующие задачи:**

 1. Разработать рекомендации по повышению грозоупорности питающих воздушных линий электропередач (ВЛЭП) предприятий промышленного района за счёт использования на них оптимальных значений углов тросовой защиты;

 2. Модернизировать методику расчёта удельной грозоупорности ЛЭП;

 3. Разработать методику определения оптимального угла тросовой защиты для достижения минимального числа грозовых отключений ЛЭП; усовершенствовать общую методику выбора компенсаторов реактивной мощности с одновременным снижением доли фликера до допустимого по ГОСТ значения и выбором места установки.

**Методы исследования, используемые в работе:**

 Математический метод.

**Актуальность работы:**

Развитие промышленности Российской Федерации идет опережающими темпами по сравнению с объемами производства и выплавки стали. В связи с этим в настоящий момент во многих регионах страны происходит наращивание темпов производства выплавки и обработки стали на существующих металлургических предприятиях и строительство новых. Одним из таких регионов является Республика Татарстан, где активно развивается промышленное производство, в том числе металлургическое.

Особенностью электроснабжения современного металлургического комплекса с дуговыми печами заключается в том, что предприятие имеет резкопеременный характер нагрузки, при котором за несколько минут подключается нагрузка, создающая режим, близкий к режиму короткого замыкания, а затем через некоторое время так же быстро отключается. Такие резкие колебания нагрузки, которая к тому же имеет большую индуктивную составляющую, негативно сказываются на качестве электроэнергии не только у потребителей, подключённых к шинам подстанции металлургического комбината, но и захватывают целый промышленный район, включающий центральную системообразующую подстанцию и связанные с ней распределительные подстанции более низких классов напряжения. Изменения нагрузки металлургического комплекса вызывает такие глубокие провалы напряжения и мерцания освещённости, которые не удовлетворяют требованиям ГОСТ по качеству электроэнергии, делая подключение невозможным без ряда специальных устройств, сглаживающих колебания питающего напряжения.

**Расширенный список рекомендуемой литературы:**

1. ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010 «Менеджмент риска. Защита от молнии. Общие принципы», Приказ Росстандарта от 30.11.2011 №795-ст -Москва.: Стандартинформ, 2011.

2. К.П. Кадомская, A.A. Рейхердт. Анализ токовых нагрузок ограничителей перенапряжений, устанавливаемых на опорах воздушных линий. Электричество, №1, 2000.

3. Правила устройства электроустановок 7-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 2003.

4. Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений / Под научной редакцией Н.Н.Тиходеева С-П.: ПЭИПК Минтопэнерго РФ, 1999.

5. Application of metal oxide surge arresters to overhead lines, Task Force 33.11.03. Electra №186, October 1999, P. 83-114.6. 3.C. Семенова «Кто охотится за молнией?» М. : Знание, 1994. -143 С.

6. Э.М.Базелян, В.И.Поливанов, В.В.Шатров, А.В.Цапенко Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122-87 -М.: ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность», 2006 .

7. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций СО 153-34.21.122-2003 М.: ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность», 2006 .

8. Э.М. Базелян, Ю.П. Райзер Физика молнии и молниезащиты. М.: ФИЗМАТ ЛИТ. 2001.-320 С.

9. Приказ Минпромэнерго РФ от 22 Февраля 2007 N 49 «О порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии».

10. Приказ Минэнерго РФ от 28 декабря 2000 г. N 167 «О признании утратившими силу Инструкции о порядке расчетов за электрическую и тепловую энергию и дополнений к ней».

11. ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». М.: ИПК Издательство стандартов, 1998.

12. Нормы технологического проектирования электроснабжения промышленных предприятий (НТП ЭПП-94) г. Москва, 1994г.

13. Ларионов В.П. Основы молниезащиты. М: Знак, 1999 г.

14. Базуткин В.В., Ларионов В.П., Пинталь Ю.С. Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электрических системах. Под ред. В.П. Ларионова / 3-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1986.

15. Техника высоких напряжений / И.М. Богатенков, Г.М. Иматов, В.Е. Кизеветтер и др. Под ред. Г.С. Кучинского СПб.: Изд. ПЭИПК, 1998 г.

16. Перенапряжения в электрических системах и защита от них / Базуткин В.В., Кадомская К.П., Костенко М.В., Михайлов Ю.А. -СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербург, отделение, 1995 г.

17. Руководящие указания по защите от грозовых и внутренних перенапряжений электрических систем 6 1150 кВ ЕЭС. -СПб.:НИИПТ, 1993.

18. Рябкова Е.Я. Заземления в установках высокого напряжения. М.: Энергия, 1978.

19. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения. Под ред. И.А. Баумштейна и С.А. Бажанова / 3-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1989.

20. Будгедорф В.В., Якобе А.И. Заземляющие устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1987.

21. РАО «ЕЭС России» «Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений», СПб: ПЭИПК, 1999.

22. К.П.Кадомская, Ю.А.Лавров, А.А.Рейхердт. Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них. Новосибирск: НГТУ, 2004.

23. К.П.Чернов. Молниезащита. Казань: КГЭУ, 2006.

24. Материалы международной НТК «Перенапряжения и надежность эксплуатации электрооборудования». С-Пб:ПЭИПК, 2004.

**4. Режимы работы систем электроснабжения объектов нефтегазовых месторождений.**

**Цель работы**:

 Повысить энергетическую эффективность установок механизированной добычи нефти с погружными насосами и систем электроснабжения нефтепромыслов за счет совершенствования управления режимами напряжения электрических сетей.

**В работе требуется решить следующие задачи:**

1. Провести анализ режимов электропотребления наиболее распространенных установок механизированной добычи нефти - установок с электроцентробежными погружными насосами (УЭЦН) и типовых систем электроснабжения нефтяных промыслов в целом.

2. Модифицировать математическую модель электропривода УЭЦН для расчета режимов энергопотребления и технологических параметров. При решении этой задачи учесть механическую характеристику погружного насоса при работе на напорную характеристику скважины, исследовать влияние напряжения на вводах погружного электродвигателя (ПЭД) на технологические и энергетические параметры УЭЦН.

3. Разработать методику оптимизации законов регулирования напряжения в промысловых электрических сетях, обеспечивающую минимизацию потерь электроэнергии при эффективных технологических режимах производственного оборудования, и апробировать ее на типовых схемах электроснабжения нефтепромыслов.

**Методы исследования, используемые в работе:**

 Являются электротехнические комплексы и системы нефтегазовых промыслов. Данные электротехнические комплексы системы обладают рядом особенностей, весьма существенных для рассматриваемой проблематики.

**Актуальность работы:**

Объекты нефтегазовых промыслов являются крупными потребителями энергии, на долю которых приходится до 50% общего объема потребления электроэнергии в отрасли. Особенностью систем электроснабжения нефтегазовых промыслов является рассредоточенность приемников электроэнергии на достаточно больших площадях. Вместе с большой энергоемкостью потребителей, это определяет особенности схемных решений электроснабжения, наличие многоуровневой трансформации энергии, значительный уровень потерь электроэнергии в системе электроснабжения.

**Расширенный список рекомендуемой литературы:**

1. Ивановский B.H., Дарищев В.И., Сабиров A.A., Каштанов B.C., Пекин С.С. Скважинные насосные установки для добычи нефти. М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ», 2002. - 824 с.

2. Меньшов Б.Г., Ершов М.С., Яризов А.Д. Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности. М.: Недра, 2000. - 487 с.

3. Бак С.И., Читипаховян С.П. Электрификация блочно-комплектных установок нефтяной промышленности. -М.: Недра, 1989. 183 с.

4. Дунюшкин И.И. Сбор и подготовка скважинной продукции нефтяных месторождений. М.: Нефть и газ, 2006. - 320 с.

5. Справочник по проектированию электрических сетей/под ред. Д.Л. Файбисо-вича. 2-е изд., перераб. И доп. - М.: ЭНАС, 2007. - 352 с.

6. ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: ИПК Издательство Стандартов. -32 с.

7. Управление качеством электроэнергии/ И.И. Карташов, В.Н. Тульский, Р.Г. Шаманов и др.; под ред. Ю.В. Шарова. М.: М.: Издательский дом МЭИ, 2006. -320 с.

8. Качество энергии в электрических сетях/ Куско А., Томпсон. М.: Додэка-XXI, 2008.-336 с.

9. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов/ Ю.С. Железко. М.: ЭНАС.-456 с.

10. Маркушевич Н.С. Регулирование напряжения и экономия электроэнергии. -М.: Энергоатомиздат, 1984. 320 с.

11. Церазов A.JL, Якименко Н.И. Исследование влияния напряжения на работу асинхронных двигателей. -М.: Энергоатомиздат, 1986. 150 с.

12. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей/Под ред. Л.Г. Мамиконянца, 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1984.-240 с.

13. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения предприятий. 5-е изд. - М.: Энергоатомиздат, 2004. - 146 с.

14. Оптимизация режимов работы электрооборудования погружных электроцентробежных насосов нефтедобычи/ Б.Н. Абрамович, К.А. Ананьев, О.В. Иванов, Ю.Г. Антонов// Промышленная энергетика. 1983, №6, с.22-25.

15. Энергетические показатели режимов работы электрооборудования УЭЦН и способы их улучшения/ В.Я. Чаронов, Б.Н. Абрамович, К.А. Ананьев и др.// Нефтяное хозяйство. 1995, №3, с.43-46.

16. Онищенко Г.Б., Юньков М.Г. Электропривод турбомеханизмов. М.: Энергоатомиздат, 1982. - 240 с.

17. Онищенко Г.Б., Рожанковский Ю.В. Определение механических характеристик центробежных насосов с регулируемым приводом// Электротехникап, 1990, №2, с. 16-19.

18. Меньшов Б.Г., Рахимов В.И. Комплексный анализ режимов электропотребления// Совершенствование нормирования и регулирования энергопотребления в промышленности. Материалы семинара. -М.: МДНТП, 1987, с. 58-59.

19. Норенков И.П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем. М.: Наука, 1996. -304 с.

20. Шуров В.И. Технология и техника добычей нефти. М.: Недра, 1983. -510с.

21. Филиппов В.Н. Надежность установок погружных центробежных насосов для добычи нефти. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1983. - 50 с.

22. Ивановский Н.Ф. Определение моментов сопротивления и динамического нагружения при запуске погружных центробежных насосов// Нефтяное хозяйство, 1965, №11, с. 50-53.

23. Меньшов Б.Г., Егоров A.B., Цветков H.A. Диалоговая система феноменологического моделирования в решении задач повышения надежности и эффективности электроснабжения// Надежность и экономичность электроснабжения нефтехимических заводов, 1986, с. 42-47.

24. Меньшов Б.Г., Доброжанов В.И., Ершов М.С. Теоретические основы управления электропотреблением промышленных предприятий. М.: Издательство «Нефть и газ», 1995. -264 с.

25. Лыкин A.B. Электрические системы и сети. М.: Логос, 2008. - 254 с.

26. Ершов М.С., Егоров A.B., Трифонов A.A. Некоторые итоги исследования устойчивости промышленных электротехнических систем. Тр. РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009, №3 (256)

27. Ершов М.С., Егоров A.B., Яценко Д.Е. О влиянии параметров энергосистемы на устойчивость узлов электрической нагрузки промышленных предприятий. Промышленная энергетика, 1997, №5.

28. Ершов М.С., Егоров A.B., Одинец A.C. Энергетические показатели устойчивости асинхронных многомашинных промышленных комплексов. Промышленная энергетика, 1999, №2.

29. Ершов М.С., Егоров A.B., Трифонов A.A. Устойчивость промышленных электротехнических систем. М.: Недра, 2010. - 320 с.

30. Ершов М.С., Егоров A.B., Валов Н.В., Мукани Э.Б. О некоторых закономерностях областей устойчивости асинхронных электротехнических систем// Промышленная энергетика, 2010, №7, с. 22-26.

**5. Повышение энергоэффективности асинхронного электропривода методом многокритериальной оптимизации параметров и режимов работы.**

**Цель работы**:

Повысить эффективность работы асинхронного электропривода как составной части технологического оборудования путем определения оптимальной совокупности параметров и режимов работы привода и разработка на её основе алгоритма управления, обеспечивающего улучшение энергетических и динамических показателей.

**В работе требуется решить следующие задачи:**

1. Разработать проблемно-ориентированную модель оптимизационного расчета асинхронного электропривода, позволяющую исследовать и оценивать энергетические и динамические процессы привода;

2. Выполнить поиск оптимальной совокупности параметров асинхронного электропривода "адаптивным методом исследования пространства параметров" (АМИПП) по энергетическим и динамическим критериям;

3. Установить для асинхронного электродвигателя взаимную связь между суммарными потерями и электромагнитным моментом;

4. Определить значения аппроксимирующего полинома управляющего воздействия для частотно-регулируемого электропривода.

**Методы исследования, используемые в работе:**

В работе рекомендуется использовать методы дифференциального и интегрального исчисления, методы теории электрических цепей, методы автоматического управления, математическая теория равномерно распределенных ЛПТ - последовательностей, языки программирования, методы моделирования на ЭВМ с применением современных интегрированных пакетов.

Обоснованность и достоверность результатов работы подтверждаются корректным использованием математического аппарата, согласованностью теоретических выводов и данных экспериментальных исследований, использованием современных численных методов, а также экспериментальной проверкой расчетных результатов.

**Актуальность работы:**

Электропривод, осуществляющий электромеханическое преобразование энергии, широко используется во всех областях деятельности для обеспечения нужд производства и жилищно-коммунального хозяйства, потребляет более 60 % всей вырабатываемой электроэнергии.

Повышение энергетической эффективности может быть достигнуто при использовании регулируемых электроприводовдля управления технологическими процессами, что в сочетании с возможностями автоматизации может обеспечить оптимальное использование электроэнергии и других ресурсов. экономический потенциал энергосбережения вэлектроприводепрактически исчерпан, т.к. отдельные компонентыэлектроприводадостаточно совершенны. Вместе с тем остается громадный потенциал, основанный на совершенствовании проектирования систем в целом и оптимизации их параметров".

Среди регулируемых электроприводов доминирующее положение занимают частотно-регулируемыеасинхронныеэлектроприводы, их массовое применение позволяет решать не только технологические задачи, но и проблемы энерго - и ресурсосбережения.

Значения конструктивных, режимных параметров и законов управления устанавливают эксплуатационные, энергетические и динамические характеристикиасинхронногоэлектропривода, которые в свою очередь определяют эффективность функционирования технологического оборудования.

При разработке автоматизированного электропривода необходимо учитывать такие требования как уменьшение времени переходного процесса, точность и диапазон регулирования, энергетические свойства, которые обычно характеризуются необходимой мощностью, коэффициентами полезного действия привода, преобразования электрической и механической энергии двигателя, coscp и удельным расходом энергии на единицу полезного продукта.

Таким образом, электрический привод, являясь энергосиловой установкой, должен обладать высокими динамическими и энергетическими свойствами, определяемыми критериями, которые имеют часто противоречивый характер.

Так как критерии имеют противоречивый характер и их экстремальные значения не могут быть реализованы одновременно, то принимаемое решение должно обеспечивать наилучшее сочетание всех показателей.

Улучшение энергетических показателей можно осуществить также за счет разработки новых алгоритмов управления, учитывающих оптимальные конструктивные и режимные параметры электрического привода, полученные в результате оптимизации по нескольким критериям.

Несмотря на значительное количество работ, посвященных методикам оптимального проектирования электрических машин и электроприводов, научная проблема создания электропривода, оптимального по конструкции и режимам работы, остается до конца не решенной.

Поэтому повышение энергоэффективности асинхронного электропривода методом многокритериальной оптимизации параметров и режимов работы актуально и представляет интерес в настоящее время.

Объектом исследования является регулируемый привод переменного тока, в состав которого входитасинхронныйэлектродвигатель с короткозамкнутым ротором.

**Расширенный список рекомендуемой литературы:**

1. Абрамов Б. И. Энергосбережение средствами электропривода вкоммунальном хозяйстве города / Б. И. Абрамов, Г. М. Иванов, Б. С. Лезнов // Электротехника. 2001. - №1. - С 59-63.

2. Алферов В.Г., Терехов В.М., Цаценкин В.К. Многокритериальная оптимизация следящих электроприводов опорно-поворотных устройств в кн. Автоматизированный электропривод /под общ. ред. Н.Ф.Ильинского, М.Г. Юнькова. М.: Энергоатомиздат, 1990. - С. 112-118.

3. Антонова Г.М. Сеточные методы равномерного зондирования для исследования и оптимизации динамических стохастических систем / Г.М. Антонова. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2007. - 224 с.

4. Аоки М. Введение в методы оптимизации. Перев. с англ. / М. Аоки. -М.: Наука, 1977.-344 с.

5. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс: пер. с англ. / Б. Бан-ди. -М.: Радио и связь, 1988. 128 с.

6. Башарин А.В. Примеры расчета автоматизированного электропривода на ЭВМ : учеб. пособие для вузов./ А. В. Башарин, Ю. В. Постников. -3-е изд. Л.: Энергоатомиздат, 1990. - 512 е.: ил.

7. Башарин А.В. Управление электроприводами / А. В. Башарин, В. А. Новиков, Г. Г. Соколовский. Л.: Энергоиздат, 1982. - 391 е.: ил.

8. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: учебник для вузов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. - 576 е.: ил.

9. Ю.Боченков Б.М. Оптимизация электропривода переменного тока по векторному критерию качества / Б.М. Боченков, Ю.П. Филюшов / Электротехника. 2007. № 8, С.13-17.

10. П.Браславский И.Я. Математические модели для определения энергопотребления различными типами асинхронных электроприводов и примеры их использования / И. Я. Браславский, Ю. В. Плотников // Электротехника. -2005.-№9.-С. 14-18.

11. Браславский И.Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И.Я. Браславский, З.Ш. Иш-матов, В.Н. Поляков; под ред. И.Я. Браславского. М.: Издательский центр «Академия», 2004. -256 е.: ил.

12. Браславский И.Я. Некоторые результаты энергетического обследования электроприводов промышленных предприятий / И.Я. Браславский, В .В. Куцин, Е.Г. Казаков // Электротехника. 2004. - № 9. - С. 43-45.

13. Браславский И.Я. Энерго- и ресурсосберегающие технологии на основе регулируемых асинхронных электроприводов / И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, Ю.В. Плотников // Электротехника. 2004. - № 9. - С. 33-39.

14. Брахман Т.Б. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике / Т.Б. Брахман. М.: Радио и связь, 1984, - 288 с.

15. Бродовский В. Н. Приводы с частотно-токовым управлением Под ред. В. Н. Бродовского. / В.Н. Бродовский, Е.С.Иванов М.: Энергия, 1974.168 с.

16. Булгаков А. А. Частотное управление асинхронными двигателями / А. А. Булгаков. М.: Наука, 1966. - 295 е.: ил.

17. Важнов А. И. Электрические машины: учебник / А. И. Важнов. Д.: Энергия, 1968.-768 с.

18. Вайсберг JI.A. Проектирование и расчет вибрационных грохотов / JI.A. Вайсберг -М.: Недра, 1986. 143 с.

19. Войнова Т. В. Математическая модель для исследования трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором как объекта регулирования и для прямого процессорного управления / Т. В. Войнова // Электротехника. 1998. - № 6. - С. 51-61.

20. ГОСТ Р 50369-92. Электроприводы. Термины и определения. — Введ. 1992-21-10. М.: Госстандарт России: Издательство стандартов, 1993. - 16 с.

21. Дмитриев Б. Ф. К вопросу о построении универсальной математической модели обобщенной электрической машины в программной среде Mat-Lab-Simulink / Б.Ф. Дмитриев, А.И. Черевко, Д.А. Гаврилов // Электротехника. 2005. - № 7. - С. 3-8.

22. Дьяконов В. П. MATLAB 6.0/6.1/6.5/6.5+SPl+Simulink 4/5. Обработка сигналов и изображений / В. П. Дьяконов. М.: СОЛОН-Пресс, 2005. -592 с.

23. Дьяконов В. П. Математические пакеты расширения MATLAB: справочник. / В. П. Дьяконов, В. Круглов. СПб.: Питер, 2001. - 480 с.

24. Епифанов А. П. Электромеханические преобразователи энергии: учеб. пособие / А. П. Епифанов СПб: Издательство «Лань», 2004. - 208 с.

25. Закон «Об энергосбережении» от 3 апреля 1996 г. № 28-ФЗ.

26. Зима Е.А. Метод энергооптимального управления асинхронными электроприводами //Сб. науч. тр. /Новосиб. гос. техн. ун-т. Новосибирск: НГТУ, 2002. - № 3 (29). - С 3-10.

27. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины: учебник для вузов. в 2-х т. Том 1 / А.В. Иванов-Смоленский 3-е изд., - М.: Издательский дом МЭИ, 2006. - 652 с.

28. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины: учебник для вузов. в 2-х т., Том 2 / А.В. Иванов-Смоленский 3-е изд., - М.: Издательский дом МЭИ, 2006. - 532 с.

29. Иванов-Смоленский А.В. Электромагнитные поля и процессы в электрических машинах и их физическое моделирование / А.В. Иванов-Смоленский М.: Энергия, 1969. - 304 с.

30. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода: учеб. пособие для вузов, -2-е изд., перераб. и доп. /Н.Ф. Ильинский М.: Издательство МЭИ, 2003. -224 е.: ил.

31. Ильинский Н.Ф. Электропривод: энерго- и ресурсосбережение : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н. Ф. Ильинский, В.В. Москаленко. М.: Издательский центр «Академия», 2008. — 208 с.

**6.Системы и алгоритмы энергосберегающего управления частотно-регулируемыми электроприводами штанговых скважинных насосных установок.**

**Цель работы**:

Разработать методы, систем и алгоритмов энерго- и ресурсосберегающего управления системой «частотно-регулируемый электропривод — станок-качалка — штанговая скважинная насосная установка», обеспечивающих повышение энергетической эффективности и ресурса работы оборудования.

**В работе требуется решить следующие задачи:**

1. Провести сравнительный анализ современных типов электроприводов ШСНУ и систем их управления.

2. Разработать математическую модель системы «частотно-регулируемый электропривод - станок-качалка - штанговая скважинная насосная установка», описывающую кинематические, динамические и электромеханические процессы, происходящие в элементах системы.

3. Определить законы движения точки подвеса колонны штанг, обеспечивающие снижение максимальных значений усилий в элементах ШСНУ.

4. Разработать и исследовать систему управления частотно-регулируемым электроприводом ШСНУ, обеспечивающую требуемый закон движения ТПКШ с целью снижения максимальных значений усилий в элементах установки, а также поддержание динамического уровня нефти в скважине, на заданном уровне с целью согласования производительности насоса с дебитом скважины.

5. Разработать датчик параметров движения ТПКШ и датчик угла наклона балансира станка-качалки для организации обратной связи в системе управления по положению ТПКШ.

6. Разработать метод определения динамического уровня нефти в скважине по ваттметрограмме для организации обратной связи в системе управления по технологическому параметру.

**Методы исследования, используемые в работе:**

При решении поставленных в работе задач использовались методы математического моделирования электрических машин, кинематики и динамики механизмов, а также систем с распределенными параметрами; методы электромеханических и электрогидравлических аналогий; аналитические и численные методы прикладной математики. В работе широко использовались методы имитационного компьютерного моделирования электротехнических и механических систем, а также экспериментальные исследования в лабораторных и промысловых условиях.

**Актуальность работы:**

Современное состояние нефтедобывающей промышленности Российской Федерации характеризуется тем, что большинство нефтяных месторождений находятся в завершающей стадии разработки, отличительной особенностью которой являются низкие темпы добычи нефти и ее высокая себестоимость. Снижение темпов добычи нефти обуславливает увеличение числа скважин, эксплуатируемых штанговыми скважинными насосными установками, доля которых на отдельных нефтепромыслах достигает 80%, а в среднем составляет около 50% от общего числа нефтедобывающих скважин. В структуре затрат на добычу нефти с использованием ШСНУ амортизационные отчисления составляют 30%, а расходы на электроэнергию - от 20 до 25%. Поэтому одним из важнейших факторов развития нефтедобывающей промышленности в условиях современной рыночной экономики является повышение энергетической эффективности и ресурса работы оборудования ШСНУ, что в настоящее время является крайне актуальной проблемой.

Перспективным направлением решения указанной выше проблемы является совершенствование электротехнической части системы «электропривод — станок-качалка — штанговая скважинная насосная установка», а также разработка новых методов и систем управления электроприводами ШСНУ, обеспечивающих снижение энергопотребления установки и повышение срока службы оборудования. Этому вопросу посвящены труды многих ведущих ученых, таких как Ершов М.С., Зюзев A.M., Кулизаде К.Н., Парфенов А.Н., Плющ Б.М., Фархадзаде Э.М.,Чаронов В.Я., Шаньгин Е.С., Яризов А.Д. и других.

В настоящее время большинство ШСНУ оснащаются нерегулируемыми электроприводами на основе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. Кроме того, применяются электроприводы по системе «тиристорный преобразователь напряжения - односкоростной АД» и по системе «тиристорный преобразователь напряжения - двухскоростной АД». Однако указанные типы электроприводов обладают низкими энергетическими показателями и не обеспечивают требуемого диапазона регулирования производительности насоса в непрерывном режиме работы установки, что существенно ограничивает возможности оптимизации технологического процесса. Кроме того, электроприводы на основе тиристорных преобразователей напряжения ограничены в возможностях обеспечения энерго- и ресурсосбережения ШСНУ.

В этих условиях становится целесообразным применение частотно-регулируемых электроприводов ШСНУ, которые обладают возможностью плавно регулировать среднюю и мгновенную скорости вращения вала кривошипа станка-качалки в широком диапазоне скоростей и, таким образом, обладают наилучшими возможностями по обеспечению энерго- и ресурсосбережения установки. Однако, несмотря на все преимущества, частотно-регулируемые электроприводы до настоящего времени не получили широкого применения в качестве приводов ШСНУ, что объясняется, главным образом, отсутствием комплексных исследований кинематических, динамических и энергетических процессов, происходящих в системе «частотно-регулируемый электропривод — станок-качалка - штанговая скважинная насосная установка» с целью разработки новых методов, систем и алгоритмов энерго- и ресурсосберегающего управления ЧРЭП ШСНУ.

**Расширенный список рекомендуемой литературы:**

1. Агагусейнов Н.Т. Система автоматического контроля работы штанговых глубиннонасосных установок: автореф. дис. . канд. техн. наук / Н.Т. Агагусейнов. Баку, 1986. - 16 с.

2. Адонин А.Н. Добыча нефти штанговыми насосами / А.Н. Адонин. М.: Недра, 1979. - 213 с.

3. Адонин А.Н. Процессы глубиннонасосной нефтедобычи / А.Н. Адонин. М.: Недра, 1964. -264 с.

4. Аливердизаде К.С. Балансирные индивидуальные приводы глубиннонасосной установки (станки-качалки) / К.С. Аливердизаде. Баку, Гостопиздат, 1951. — 216 с.

5. Аливердизаде К.С. Приводы штангового глубинного насоса / К.С. Аливердизаде. М.: Недра, 1973.- 192 с.

6. Аливердизаде К.С. Решение некоторых вопросов динамики штанговой глубиннонасосной установки с применением ЭВМ / К.С. Аливердизаде, A.M. Кенгерли // Нефтяное хозяйство. — 1968.-№6.-С. 49-52.

7. Алиев Т.М. Автоматический контроль и диагностика скважинных штанговых насосных установок / Т.М. Алиев, А.А. Тер-Хачатуров. М.: Недра, 1988. - 231 с.

8. Алиев Э.С. Тиристорный электропривод с асинхронным короткозамкнутым двигателем для станков-качалок глубиннонасосных установок: автореф. дис. . канд. техн. наук / Э.С. Алиев. -Баку, 1979.-24 с.

9. Астанин В.О. Мехатронный привод штангового насоса для автоматизированной добычи нефти / В.О. Астанин, А.П. Усачев, В.В. Хомяков // Нефтяное хозяйство. 2004. - №4.

10. Атакишиев Т.С. Электроэнергетика нефтяных и газовых промыслов / Т.С. Атакишиев и др.. -М.: Недра, 1988.-221 с.

11. Афанасьев Н.В. Совершенствование привода штанговых насосных установок для добычи высоковязкой нефти: автореф. дис. канд. техн. наук / Н.В. Афанасьев. Уфа, 2002. - 22 с.

12. Башарин А.В. Управление электроприводами / А.В. Башарин, В.А. Новиков, Г.Г. Соколовский. JL: Энергоиздат, 1982. - 392 с.

13. Блантер С.Г. Электрооборудование нефтяной и газовой промышленности / С.Г. Блантер, И.И. Суд. М.: Недра, 1980. - 478 с.

14. Браславский И.Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод / И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков. М.: Издательский центр «Академия», 2004. - 256 с.16

**7. Улучшение эксплуатационных характеристик электроустановок систем электроснабжения нефтяной промышленности при перенапряжениях.**

**Цель работы**:

Повысить надежность и обеспечить ЭМС с учетом физики взаимосвязанных энергетических процессов в целом в ЭТК при различных видах электромагнитных ЭФВ.

**В работе требуется решить следующие задачи:**

 1. Построить математическую модель разнонаправленной электромагнитной передачи через обмотки СТ электромагнитных помех в виде квазистационарных и импульсных грозовых перенапряжений их и ограничения их уровней до величин, безопасных для изношенного электрооборудования;

 2. Разработать уточненные методы оценки технического состояния изоляции нейтралей СТ и ЭД систем электроснабжения при воздействиях на них квазистационарных, импульсных и феррорезонансных ЭФВ, а также средств и мероприятий для их глубокого ограничения;

 3. Математическое моделирование перенапряжений при феррорезонансных переходов электромагнитной энергии в ЭУ 6 - 35 кВ, определить их уровни и разработать средства и рекомендации для их глубокого ограничения;

 4. Обеспечить ЭМС СТ при градиентных переходах электроэнергии и ограничить перенапряжение при этом с помощью защитных мероприятий и аппаратов, в том числе нелинейными ограничителями перенапряжений (ОПН):

**Методы исследования, используемые в работе:**

При проведении работы должны быть использованы методы математического анализа и моделирования, теории вероятностей и статистической обработки информации. Теоретические исследования сопровождались разработкой математических моделей и методик.

**Актуальность работы:**

Актуальность проблемы и темы определяется необходимостью предотвращения; опасных ситуаций в обмотках и нейтралях СТ и ЭД при ферромагнитных и параметрических резонансных процессах, приводящих к недопустимым; импульсным и квазистаг ционарным перенапряжениям. Количественные оценки кратностей возникающих: перенапряжений, полученные в результате с помощью математического и натурного моделирования; являются; базой для разработки мероприятий и средств защиты электрооборудования СЭЭС, в частности предприятий нефтяной промышленности.

**Расширенный список рекомендуемой литературы:**

1. ГОСТ 13109-97. Международный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. "Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения" Минск, 1997.

2. ГОСТ Р 51317.4.5-99 (МЭК 61000-4-5-95) "Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии. Требования и методы испытаний." Взамен ГОСТ 30376-95/ГОСТ Р50627-93.

3. Правила устройств электроустановок. / Минэнерго СССР.-6-е изд., пере-раб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1986.

4. Руководящие указания по защите от грозовых и внутренних перенапряжений электрических сетей 6-1150 кВ единой энергосистемы СССР,1 том 2. Грозозащита линий.и подстанций 6-1150 кВ. СПб, НИИПТ, 1991.

5. Руководящие указания по защите электрических станций и подстанций 3— 500 кВ от прямых ударов, молний и грозовых волн, набегающих с линий электропередачи. М;; ОРГРЭС, 1975.

6. Альбокринов В.С., Гольдштейн В.Г., Халилов Ф.Х. Перенапряжения и защита от них в электроустановках нефтяной промышленности. Изд. Самарского университета, Самара, 1997

7. Костенко М.В., Михайлов Ю.А., Халилов Ф.Х. Электроэнергетика. Электромагнитная'совместимость. Часть 1: Учебное пособие/ Санкт-Петербург.: Изд-во СПбГТУ, 1997. - 103 с.

8. Засыпкин И.С., Халилов Ф.Х. Проблемы защиты от внутренних перенапряжений электрооборудования и линий предприятий нефти и газа. Изв. вузов «Электромеханика». 2011. №3. С. 85 — 87

9. Гринберг Г.А. Избранные вопросы математической теории электрических и магнитных явлений. Изд-во АН СССР. М.: 1948. - 728 с.

10. Костенко М.В., Ефимов Б.В., и др. Анализ надежности грозозащиты под140станций. Л., "Наука" 1981 128 с.

11. Борисов Б.П., Вагин Г.Я. Электроснабжение электротехнологических установок. Киев. Науковадумка. 1992 — 236 с.

12. Ford D.V. The British Electricity Boards national fault and interruption reporting scheme — objectives and operating experience. ШЕЕ Trans. Power Appar. Syst., 1972, №5.

13. Лихачев Ф.А. Повышение надежности распределительных сетей 6-10 кВ. Электрические станции, 1981, № 11.

14. Гиндулин Ф.А., Гольдштейн В.Г., Дульзон A.A., Халилов Ф.Х. Перенапряжения в сетях 6—35 кВ. Энергоатомиздат, 1989.

15. Grünewald Н-. Kann die Gewitterschutz von Vittel Spannungshetzen noch verbessert werden? Elektizitätswirtschaft. 1965, vol 3, № 64.

16. Hurstell1 V.L., West M/G/ Shielding 13,8 kV. Distribution Circuits. Power Appar. Syst. 1959, № 45.

17. Йорданов H. Исследования на повредите и изключванията по електропро-водите и трансформаторните постове 20 кВ в района на электроснабдително предприятие в.гр. Пловдив. Годшин энергопроект Г—59, 1969, т.2, № 1>3>.

18. Всерос. науч. практ. конф. "Будущее современной энергетики". — Н. Новгород: НГТУ, 2009. С. 105 - 106.

19. Шидловский А.К., Борисов Б.Г1., Вагин Г.Я; и др; Электромагнитная» совместимость электроприемников промышленных предприятий. Киев; Науко-вадумка. 1992-236с.

20. Markku Kokkonen. "Development of Lightning Protection for CoveredOon-ductor", ICCC, 2000.31. «Положение о технической политике ОАО «ФСК ЕЭС» в распределительном; электросетевом комплексе», ФСК, 2006 (см. «Новости электротехники», №6 ,2006);

21. Засыпкин И;С., Дронов А.П:, Косорлуков И.А. Перенапряжения при коммутациях индуктивных . элементов. Изв. вузов «Электромеханика». Спец. вып. 2009. С. 524-53. ' ' . '

22. Техника высоких напряжений / Под редакцией' Г.С.Кучинского. Санкт-Петербург Энергоатомиздат, 2003.

23. Половой И.Ф., Михайлов Ю:А., Халилов Ф.Х. Внутренние перенапряжения на электрооборудовании-высокого и сверхвысокого напряжения. Энергоатомиздат, JIO, 1986.

24. Костенко М.В., Богатенков И.М., Михайлов Ю. А.,Халилов Ф.Х. Коммутационные перенапряжения в энергосистемах. Учебноепособие. Изд. ЛГТУ, Ленинград, 1991.

25. Interruption of small inductive currents: Chapter 3V Part A. Electra, N 75, 1981, p 16-17.

26. Rano>H., Haramada T„ Kurosawa Y. Switching surge phenomena in> induction. motor windings and their, endurance. Hitachi Review, vol 24, № 5, 1975; p. 225232\*.

27. Colombo S/, Costa G., Piccarreta L. Results of an investigation on the overvoltages due to a vacuum circuit breaker when switching anН.У/ motor. IEEE Trans. On Power Delivery, Vol. 3, Jan. 1988, p. 205-213.

28. Telander S.H., Wilhelm M.R., Stump K.B. Surge limiters for vacuum.circuit breaker switchgear. IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 2, № 1, January 1987.

**8. Оценка влияния кратковременных нарушений электроснабжения на работу потребителей нефтедобывающих предприятий и разработка устройства АВР для надежного их электропитания.**

**Цель работы**:

Разработать программы оценки режимов работы комплексной нагрузки систем электроснабжения нефтедобычи, нефтепереработки и насосных станций при потере питания и при КЗ в различных точках питающей сети и создать адаптивное устройство АВР, обеспечивающего восстановление электроснабжения комплексной нагрузки с сохранением её динамической устойчивости.

**В работе требуется решить следующие задачи:**

1. Разработать программный комплекс расчета переходных процессов в СЭС с определением мощностей, напряжений и токов применительно к АВР для выбора параметров надежной работы пускового устройства АВР в условиях потери питания и при КЗ в различных точках системы электроснабжения, изменения нагрузки на секциях ПС.

2. Усовершенствовать алгоритм функционирования адаптивного устройства АВР, позволяющего повысить надежность работы АВР для систем электроснабжения нефтедобычи с несколькими ПС 35/6(10) кВ.

3. Разработать проект шкафов низковольтного комплектного устройств адаптивного АВР для подстанций 6 и 35 кВ нефтедобычи с вакуумными и элегазовыми выключателями.

4. Провести лабораторные и промышленные экспериментальные исследования адаптивного устройства АВР напряжением 6 и 35 кВ для объектов нефтедобычи с кустовыми насосными станциями (КНС) при различных режимах работы электродвигательной и кустовой нагрузки подстанции.

5. Определить параметры настройки пускового устройства АВР для его надёжной работы в условиях КНЭ для сложных схем нефтедобычи с несколькими ПС 35/6(10) кВ.

**Методы исследования, используемые в работе:**

Метод математического моделирования, который дает возможность с высокой точностью исследовать широкий круг задач, решение которых экспериментальным путем невозможно или чревато экономическими, экологическими и материальными затратами.

**Актуальность работы:**

Повышение эффективности работы нефтедобывающих предприятий зависит от надежной работы электроцентробежных насосов, станков-качалок, насосов повышения пластового давления кустовых месторождений. Высокую степень надежности работы электрооборудования добычи нефти обеспечивают схемы питания указанных выше агрегатов одновременно от двух и более независимых источников, поскольку аварийное отключение одного из них не приводит к нарушению питания потребителей. Способом повышения надежности электроснабжения ответственных потребителей, получающих электропитание от двух независимых источников, является средств автоматического включения резерва (АВР).

Обычные устройства АВР при кратковременных нарушениях электроснабжения (КНЭ) в энергосистеме, приводят к экономическим ущербам с нарушением непрерывности технологических процессов, могут являться причинами возникновения гидравлических ударов, повреждения трубопроводов и оборудования насосных станций при переключении на резервный источник за время более 0,090 - 0,140 с [40, 53]. Главными недостатками существующих устройств АВР являются: работа только при трехфазных коротких замыканий (КЗ); отказы в срабатывании для сложных систем электроснабжения нефтедобычи с несколькими подстанциями (ПС) 35/6 кВ; большое общее время работы АВР.

Схема АВР должна приходить в действие в случае исчезновения напряжения на шинах потребителей по любой причине, в том числе при аварийном, ошибочном или самопроизвольном отключении выключателей рабочего источника питания, а также при исчезновении напряжения на шинах, от которых осуществляется питание рабочего источника. Включение резервного источника питания иногда допускается также при КЗ на шинах потребителя. Однако очень часто схема АВР блокируется, например, при работе дуговой защиты в комплектных распределительных устройствах .

При отключении от максимальной защиты трансформаторов, питающих шины низшего напряжения (НН), работе АВР предпочтительна работа АПВ. Поэтому на стороне НН (СН) понижающих трансформаторов подстанций принимается комбинация АПВ-АВР. Схема АВР не должна приходить в действие до отключения выключателя рабочего источника для того, чтобы избежать включения резервного источника на КЗ в не отключившемся рабочем источнике .

Применение АВР двустороннего действия в традиционном исполнении на секционном масляном выключателе 6, 10, 35 кВ ЗРУ позволяет получить минимальное время работы средств автоматики 0,4 - 0,5 с, а перерыв в электроснабжении после его кратковременного нарушения для потребителей составляет более 1 с.

В настоящее время ввиду широкого внедрения микропроцессорных устройств (МП) релейной защиты и автоматики (РЗА) в практику эксплуатации энергосистем, требуется решение следующих вопросов:

- определение технического уровня систем РЗА, удовлетворяющих требованиям Единой национальной электрической сети (ЕНЭС);

- выбор параметров срабатывания и конфигурирования МП устройств;

- обеспечения для интеллектуальных электронных устройств (на Западе — IED) технического совершенства и надежности функционирования МП РЗА;

- возможности интеграции МП РЗА в другие системы.

Техническое совершенство МП РЗА характеризуется селективностью, чувствительностью и быстродействием. Надежность функционирования РЗА определяют как способность срабатывания (при повреждениях в защищаемой зоне) и несрабатывания (при внешних повреждениях и отсутствии повреждений). Поэтому возрастающие требования к РЗА должны обеспечить условия бесперебойности электроснабжения при любых КНЭ потребителей.

Современные устройства IED, по данным зарубежных производителей, имеют показатели надежности срабатывания (коэффициенты готовности срабатывания при повреждениях защищаемого объекта) — в диапазоне 0,94 - 0,98, а показатели надежности несрабатывания (коэффициенты надежности несрабатывания при внешних замыканиях) — в диапазоне . С учетом этих показателей для защиты объекта, где существует проблема устойчивости и требуется высокое быстродействие, выдвигаются требование повышенной надежности срабатывания и рекомендуется использование двух защит, работающих параллельно, на исполнительные (отключающие) схемы.

Важным требованием к МП РЗА является способность использования в качестве нижнего уровня автоматизированных систем управления технологическими процессами подстанций (АСУ ТП ПС), в системах диагностики. Ряд авторов отмечает, что микроэлектронные устройства в России менее надежны, чем электромеханические, а МП РЗА — чем микроэлектронные, несмотря на то, что в устройства IED встроены функции самоконтроля и самодиагностики.

Совершенствование устройства АВР с повышением надежности его работы и обеспечением быстродействия до уровня, необходимого для сохранения динамической устойчивости комплексной нагрузки, позволит сохранить непрерывность технологического процесса нефтедобычи, снизить вероятность возникновения техногенных аварий (разливов нефти, гидравлических ударов и т.п.), повысить экономичность работы нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего комплексов .

Существующие устройства АВР на подстанциях 35/6 кВ нефтедобычи, нефтепереработки с разным составом нагрузок подстанций (имеющие времена срабатывания 5-20 с) являются причиной отключения технологических агрегатов при кратковременных нарушениях электроснабжения (КНЭ) в питающих линиях 110 и 35 кВ и при потере питания. Поэтому для надежного электроснабжения таких потребителей необходимо решать следующие задачи :

- разработать алгоритм и схему пускового микропроцессорного устройства быстродействующего АВР (БАВР), надежно работающего для сложных распределительных систем нефтедобычи, получающих электропитание от ГПП 110/35/6 кВ и имеющих пять-шесть ПС 35/6(10) кВ;

- снизить временя реакции на аварийный режим с 7-22 до 6-15 мс;

- определить критическую длительность для разных видов и места КЗ с учетом возможных режимов работы электродвигателей с целью обеспечения динамической устойчивости электрооборудования каждой ПС 35/6 кВ, запитанной от ГПП-110/35/6 кВ; оценить влияния характера мощности работающей синхронной, асинхронной и прочей нагрузки на параметры настройки пускового устройства (ПУ) БАВР.

Для узлов нагрузки нефтедобывающих предприятий и нефтеперерабатывающих заводов с мощной электродвигательной нагрузкой (типа СТД-3200 и СТД-1250, СДН, ВАО мощностью 800 и 630 кВт) характерна их низкая эксплуатационная надежность и устойчивость .

Большой вклад в решение вопросов разработки устройств АВР и повышения надежности их работы в системах электроснабжения с комплексной нагрузкой внесли ученые и видные специалисты: В.А. Андреев, А.Б. Барзам, А.А. Гали-цын, С.И. Гамазин, И.А. Глебов, Б.А.Коробейников, JI.C.Линдорф, В.И. Нагай, И.Л. Небрат, Н.И. Овчаренко, И.М. Постников, В.Ф. Сивокобыленко, М.И. Сло-дарж, И.А. Сыромятников, М.А. Шабад и др.

Для определения условий надежной работы АВР в режимах выбега комплексной нагрузки систем электроснабжения (СЭС) нефтедобычи существующие методы расчета переходных процессов не получили должного развития. Существующие алгоритмы расчета переходных процессов в СЭС и выбора параметров МП РЗА не позволяют определить временные зависимости изменений требуемых параметров мощностей, токов, напряжений при расчете выбега на КЗ, часто эквивалентируют  электродвигательную нагрузку СЭС.

Как показывает статистика аварийных режимов работы нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий по причине нарушений в работе системы внешнего электроснабжения происходит 40-70% аварийных отключений. Аварийные процессы, происходящие в энергосистемах при коротких замыканиях, работе релейной защиты и автоматики, существенным влияют на устойчивость работы узлов нагрузки и СД. Проектирование, эксплуатация схем электроснабжения нефтедобывающих, нефтеперерабатывающих предприятий, требуют решения задач обеспечения неотключения и успешного самозапуска электродвигательной нагрузки при КНЭ, достоверного определения уровней напряжения на шинах секций 6(10) и 0,4 кВ, правильной настройки параметров релейной защиты и автоматики.

Схемы электроснабжения нефтедобывающих, нефтеперерабатывающих предприятий характеризуются разветвленной структурой промышленной электрической сети, удаленностью ПС 35/6 кВ от ГПП-110/35/10(6), большой долей и мощностью электродвигательной нагрузки (особенно для дожимных (ДНС) и кустовых (КНС) насосных станций). Для вспомогательных механизмов (насосы подачи масла, уплотнения, вентиляторы) используются асинхронные двигатели (АД) с короткозамкнутым ротором мощностью от 5,5 до 160 кВт. Достижение высокой надежности работы электродвигательной нагрузки необходимо обеспечить для режимов выбега, самозапуска, автоматического повторного включения (АПВ) высоковольтных выюпочателей, работы АВР на секционных выключателях, при снижениях и провалах напряжения в электрической системе.

**Расширенный список рекомендуемой литературы:**

1. Абрамович Б.Н., Круглый А.А. Возбуждение, регулирование и устойчивость синхронных двигателей. — Л.: Энергоатомиздат, 1983. 128 с.

2. Алексеев B.C., Варганов ГЛ., Панфилов Б.И., Розенблюм Р.Э. Реле защиты. М.: "Энергия", 1976. - 464 с.

3. Андерсон П., Фуад А. Управление энергосистемами и устойчивость. -М.: Энергия, 1980. 568 с.

4. Андреев В.А. Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах электроснабжения. Изд. второе. М.: Высшая школа, 1985. - 391 с.

5. Андреев В.А., Овчаренко Н.И. Цифровые направленные реле сопротивления прямой последовательности без мертвой зоны. Электротехника, 2001, № 5 С. 32-34.

6. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. М.: Высшая школа, 2007. - 639 с.

7. А.с. 505083 СССР, МКИ Н 02 J3/00. Устройство для энергоснабжения потребителей / Галицын А.А.; Горьк. отд. Энергосетьпроект. № 1466266; За-явл. 07.09.70; Опубл. в БИ, 1976, № 8.

8. А.с. 693508 СССР, МКИ Н 02 J 9/06. Устройство для автоматического ввода резерва питания потребителей / Разгильдеев Г.И., Носов К.Б., Брагинский В.И. и др.; Кемеровский технолог, ин-т пищевой пром-ти. №2526208; Заявл. 16.09.77; Опубл. в БИ, 1979, № 39.

9. А.с. 705602 СССР, МКИ Н 02 J 9/06. Устройство для автоматического управления секционными выключателями при самозапуске синхронных двигателей /Чебан В.М., Удалов С.Н.; Новосибирский политехи, ин-т. №2570701; Заявл. 13.01.78; Опубл. в БИ, 1979, № 47.

10. А. с. 8777110. Устройство для автоматического включения резервного питания потребителей для подстанций с двигательной нагрузкой. В.Ф. Си-вокобыленко, А.В. Гребченко. Опубл. в Б.И., 1981, № 40.

11. А. с. 1046844. Устройство для автоматического включения резервного питания потребителей /Стальная М.И., Банкин С.А., Богатырев JIJI., Шевля-ков Э.Ф. Опубл. в Б.И. 1983, № 37.

12. А. с. 1330701. Пусковой орган противоаварийной автоматики /Б.А. Коробейников, И.М Райкин, А.И. Ищенко, Е.А. Беседин, A.M. Смаглиев. -№3935925/24-07. Заявл. 30.07.85. Опубл. 15.08.87. Бюл. № 30.

13. А.с. 1304126. Пусковое устройство автоматического включения резервного питания потребителей /С.И. Гамазин, Д.И. Степанов, С.И. Вершинина, П.В. Гугучкин // Открытия. Изобретения. 1987. № 14.

14. А.с. 1728927. Способ автоматического включения резерва. /С.И. Вершинина, С.И. Гамазин, С.А. Цырук и др. //Открытия. Изобретения. 1992. № 15.

15. Баков Ю.В. Проектирование электрической части электростанций с применением ЭВМ. М.: Энергоатомиздат, 1991. — 272 с.

16. Банкин С.А., Богатырев JI.JL, Стальная М.И., Шевляков Э.Ф. Быстродействующее АВР для подстанций с синхронной нагрузкой. Электрические станции. 1982. № 1. С. 57-60.

17. Барзам А.Б. Системная автоматика. М.: Энергоатомиздат, 1989. — 446 с.

18. Барзам А.Б. Допустимое время отключения коротких замыканий в системах электроснабжения предприятий с непрерывной технологией. //Промышленная энергетика, 1977, №4. С.31-33.

19. Басс Э.И., Дорогунцев В.Г. Релейная защита электроэнергетических систем. М.: Издательство МЭИ, 2006. - 296 с.

20. Беляев А.В. Противоаварийное управление в узлах нагрузки с син- , хронными электродвигателями большой мощности: Учебное пособие. ПЭ-Ипк. Санкт-Петербург, 2001. — 80 с.

21. Блантер С.Г., Суд И.И. Электрооборудование нефтяной и газовой промышленности. М.: Недра, 1980. — 478 с.

22. Белоусенко И.В., Югай В. Ф. О влиянии точности основных исходных данных на расчет параметров устойчивости узла электрической нагрузки //Промышленная энергетика. — 2003. — № 2. — С. 25-29.

23. Белоусенко И.В., Ершов М.С., Ковалев А.П., Якимишина В.В., Шевченко О.А. О расчетах надежности систем электроснабжения газовых комплексов //Электричество. 2004. - № 3. — С. 25-29.

24. Беркович М.А., Гладышев В.А., Семенов В.А. Автоматика энергосистем. М.: Энергатомиздат, 1991. — 240 с.

25. Богорад A.M., Назаров Ю.Г. Автоматическое повторное включение в энергосистемах. — М.: Энергия, 1969. — 336 с.

26. Бороденко В.А., Поляков В.Е. О выборе принципа действия пусковых органов АВР //Промышленная энергетика. -1981.-№5.-С. 34-37.

27. Быстродействующее АВР для подстанций с синхронной нагрузкой. /Банкин С.А., Богатырев М.И., Стальная М.И., Шевляков Э.Ф. //Электрические станции. 1982. -№ 1. - С. 57-60.

28. Ванин В.К., Павлов Г.М. Релейная защита на элементах вычислительной техники. Л.: Энергоатомиздат, 1977. — 334 с.

29. Важнов А.И. Переходные процессы в машинах переменного тока. JL: Энергия, 1983.-468 с.

30. Веников В.А., Строев В.А. Электрические системы и электрические сети. — М.: Высшая школа, 1998. 512 с.

31. Волкова Н.Н., Гусев Ю.П., Козинова М.А. и др. Методы расчета токов короткого замыкания. /Под ред. И.П. Крючкова. М.: Изд-во МЭИ, 2000. — 59 с.

32. Галицын А.А. Способ ускорения АВР ответственной нагрузки // Промышленная энергетика. 1971. - №1. - С. 48-51.

33. Галицин А.А., Задернюк А.Ф. Опережающее АВР на подстанциях магистральных нефтепроводов // Промышленная энергетика. 1986. № 8. - С. 33-36.

34. Гамазин С.И., Пупин В.М. Методы расчета на ЭВМ условий пуска мощных синхронных двигателей //Промышленная энергетика. 1983. №10. - С. 38- 42.

35. Гамазин С.И., Пупин В.М., Хомутов А.П., Долмацин М.И. Переходные процессы в системах промышленного электроснабжения с электромеханической нагрузкой // Промышленная энергетика. 1988. - №5. - С. 32-37.

36. Гамазин С.И., Ставцев В.А. Цырук С.А. Переходные процессы в системах промышленного электроснабжения, обусловленные электродвигательной нагрузкой. М.: Издательство МЭИ, 1997. - 424 с.

37. Гамазин С.И., Тиджиев М.О., Васильев Е.И. Целесообразные режимы работы вводов на различных уровнях системы электроснабжения //Промышленная энергетика. 2004. № 3. - С. 17-24.

38. Гамазин С.И., Пупин В.М., Марков Ю.В. Обеспечения надежности электроснабжения и качества электроэнергии // Промышленная энергетика. — 2006. -№ 11.-С. 52-57.

39. Гамазин С.И., Медведев А. В., Гумиров Д.Т., Пупин В.М. Устройства быстродействующего АВР и решение проблем непрерывности технологических процессов //Электроинфо, 2008, № 9. — С. 54-63.

40. Георгиади В.Х., Канина Л.П. Комплексная оценка состояния систем теплоснабжения при кратковременных перерывах электроснабжения двигателей сетевых насосных агрегатов //Промышленная энергетика. — 1997. -№10. С. 27-33.

41. Глазков А. Н. Электрооборудование насосных, компрессорных станций и нефтебаз. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Недра, 1980. - 245 с.

42. Глебов И.А., Логинов С.И. Системы возбуждения и регулирования синхронных двигателей. Л.: Энергия, 1972. - 113 с.

43. Головацкий В.Г., Пономарев И.В. Современные средства релейной защиты и автоматики электросетей. — Киев: Энергомашвин, 2004. — 640 с.

44. Голоднов Ю.М. Самозапуск электродвигателей. М.: Энергоатомиз-дат, 1985.- 136 с.

45. ГОСТ 27514-87. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. -М.: Изд-во стандартов, 1988. -40 с.

46. Гребченко Н.В., Нури А. О применении быстродействующего АВР двигательной нагрузки //Электричество. 1997. - № 7. - С. 27-33.

**9. Активные системы коррекции формы кривых тока и напряжения в сетях нефтепромыслов.**

**Цель работы**:

Снизить потери добычи нефти путем повышения качества электрической энергии в промысловых распределительных электрических сетях с помощью активных систем коррекции формы кривых тока и напряжения.

С целью повышения качества электрической энергии в сетях нефтепромыслов следует компенсировать высшие гармоники активными системами коррекции формы кривых тока и напряжения на основе параллельных активных фильтров для снижения величины коэффициента искажения синусоидальности формы кривой напряжения сети до нормативного значения.

**В работе требуется решить следующие задачи:**

 1. Выявить основные типы НН, их параметры, режимы работы и генерируемые BFC; проанализировать недостатки традиционных технических средств, и решить по компенсации ВГС в сетях нефтепромыслов;

 2. Разработать структуру, системы управления и алгоритма выявления и компенсации ВГС ПАФ в сетях нефтепромыслов с НН;

 3. Создать математические модели ПАФ с системой управления на основе разработанного алгоритма и оценки эффективности компенсации ВГС и реактивной мощности с выявлением зависимостей показателей качества электрической энергии (ГЖЭ) от параметров сети- нефтепромысла, режимов работы ПАФ и НН;

 4. Провести экспериментальные исследования режимов работы ПАФ, система управления которого функционирует в соответствии с разработанным алгоритмом компенсации ВГС в сетях нефтепромыслов;

 5. Разработать методики выбора структуры, режима работы, основных параметров и места подключения ПАФ в сетях нефтепромыслов на основании результатов математического моделирования и экспериментальных исследований.

**Методы исследования, используемые в работе:**

Для решения поставленных задач использованы методы теории электрических цепей, силовой электроники, фазовых преобразований, математического моделирования электромагнитных процессов с использованием пакета MatLab. Экспериментальные исследования включали промышленные испытания серийных и опытных образцов ПАФ в различных режимах в электрических сетях действующих нефтепромыслов.

**Актуальность работы:**

Интенсивное распространение нелинейной нагрузки (НН) в связи с применением преобразователей частоты (ПЧ) в системах частотно-регулируемого электропривода приводит к значительному искажению формы кривых тока и напряжения в сетях нефтепромыслов. Несоответствие уровня искажения формы кривых тока и напряжения нормам ГОСТ и международных стандартов в области качества электрической энергии (КЭ) приводит к снижению срока службы основного электрооборудования, возникновению аварийных ситуаций из-за ложного срабатывания систем релейной защиты и электросетевой автоматики, увеличению потерь активной мощности, снижению коэффициента мощности сети и увеличению потерь добычи нефти.

Традиционные технические средства и решения, направленные на повышение КЭ, не способны - эффективно компенсировать высшие гармонические составляющие (ВГС) в, сетях нефтепромыслов с интенсивным распространением НН. Наиболее современным и перспективным техническим решением по компенсации ВГС в условиях нефтепромыслов, являются активные системы коррекции формы кривых тока и напряжения на базе параллельных активных фильтров (ПАФ). В этой связи задача снижения потерь добычи нефти путем повышения уровня КЭ и приведения его в соответствие с нормами ГОСТ и международных стандартов, а также снижение потерь активной мощности, обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) и увеличение срока службы электрооборудования в сетях нефтепромыслов представляется актуальной.

**Расширенный список рекомендуемой литературы:**

1. Абрамович Б.Н., Кабанов С.О., Сергеев A.M., Полищук В.В. Перенапряжения и электромагнитная совместимость оборудования электрических сетей 6~К35 кВ. // Новости электротехники, №5, 2002.

2. Абрамович Б.Н., Гульков Ю.В., Волошкин М.М. Электромагнитная совместимость оборудования на предприятиях по транспортировке и переработке нефти и газа при наличии источников высших гармоник. // Энергетика в нефтегазодобыче, №1-2, 2005, с. 23-26.

3. Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А, Гульков Ю.В\*. Система коррекции кривых тока и напряжения в электротехнических комплексах нефтедобывающих предприятий / Энергетика в нефтегазодобыче // Москва, 2005 г. № 1-2-2005. С. 16-18.

4. Абрамович Б.Н., Полищук В.В., Сычев Ю.А. Система контроля и повышения качества электрической энергии в- сетях предприятий минерально-сырьевого комплекса / Горное оборудование и электромеханика //Издательство «Новые технологии», М., 2009 №9. С. 42-47.

5. Абрамович Б.Н., Полищук В.В., Сычев Ю.А. Способ компенсации высших гармоник и коррекции коэффициента мощности сети. Патент РФ № 2354025 // МПК H02J3/18 (2006.01), дата публикации 27.04.2009.

6. Ю.Агунов М.В., Агунов А.В., Вербова Н.М. Новый подход к измерению электрической мощности. // Промышленная энергетика, №2, 2004, с. 30-33.

7. Агунов А.В. Статический компенсатор неактивных составляющих мощности с полной компенсацией гармонических составляющих тока нагрузки. // Электротехника, №2, 2003, с.47-50.

8. Агунов А.В. Улучшение электромагнитной совместимости в автономных электроэнергетических системах ограниченной мощности методом активной фильтрации напряжения. // Электротехника, №6, 2003, 52-56.

9. Аррилага Дж., Бредли Д. Гармоники в электрических системах. Ml: Энергоатомиздат, 1990. 320 с.

10. Вагин Г. Я. Построение систем электроснабжения промышленных предприятий с учетом электромагнитной совместимости электроприемников. Промышленная энергетика, №2, 2005.

11. Вагин Г. Я., Севостьянов А. А. О необходимости приведения норм ГОСТ 13109-97 к требованиям международных стандартов // Промышленная энергетика, №9, 2004.

12. Важнов А.И. Переходные процессы в машинах переменного, тока. Л.: Энергия, 1980. 256 с.

13. П.Вершинин В.И., Загривный Э.А., Козярук А.Е. Электромагнитная и электромеханическая совместимость в электротехнических системах с полупроводниковыми преобразователями // СПб: изд-во СПГГИ(ТУ), 2000. -68 с.

14. Волков А.В. Анализ электромагнитных процессов и совершенствование регулирования активного фильтра//Электротехника, №12, 2002.

15. Гамазин С. И., Пупин В. М., Марков Ю. В. Обеспечение надежности электроснабжения и качества электроэнергии. Промышленная энергетика №11. 2006.

16. Геворкян В. М., Трошин П. В. Сравнение методов оценки фактического вклада субъектов электрических сетей в ухудшение качества электрической энергии. Промышленная энергетика №7. 2008.

17. ГОСТ 13109-97 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения! общего назначения. ИПК Издательство стандартов 1998. З2'с.

18. ГОСТ 30372-95 Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения. ИПК Издательство стандартов 1998. 11 с.

19. Грин А.В. Особенности работы фильтрокомпенсирующего устройства как источника реактивной мощности. Санкт-Петербург: Полезные ископаемые России <№их освоение, 1997.

20. Демирчян К.С. Реактивная мощность на случай несинусоидальных функций. Ортомощность // Известия РАН. Энергетика. 1992. №1, с. 15-38.

21. Добрусин JI. А. Автоматизация расчета фильтрокомпенсирующих устройств для1 электрических сетей, питающих преобразователи // Промышленная' энергетика №5. 2004.

22. Дьяков А.Ф., Максимов Б.К., Борисов Р.К., Кужекин И.П., Жуков А.В. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике. /Под редакцией А.Ф. Дьякова. -М.: Энергоиздат, 2003.У

23. Ефимов А.А., Шрейнер Р.Т. Активные преобразователи в регулируемых электроприводах переменного тока. / Под общей ред. д-ра техн. наук, проф. Р.Т. Шрейнера. Новоуральск: Изд-во НГТИ, 2001. - 250 с.

24. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промышленных предприятий. 2-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1984. 160 с.

25. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. М.: Энергоатомиздат, 1986.-167 с.

26. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электрической энергии. М.: Энергоатомиздат, 1985.

27. Иванов А. В., Фоменко В. В. Электромагнитная совместимость электротехнических комплексов подстанционного оборудования при внедрении мощных частотно-регулируемых электроприводов нового поколения. Промышленная энергетика №7. 2007.

**10. Оценка влияния кратковременныхнарушений электроснабжения на работу потребителей нефтедобывающих предприятий и разработка устройства АВР для надежного их электропитания.**

**Цель работы**:

 Разработать программы оценки режимов работы комплексной нагрузки систем электроснабжения нефтедобычи, нефте-переработки и насосных станций при потере питания и при КЗ в различных точках питающей сети и создание адаптивного устройства АВР, обеспечивающего восстановление электроснабжения комплексной нагрузки с сохранением её динамической устойчивости.

**В работе требуется решить следующие задачи:**

1. Разработать программ­ный ком­плек­с расчета переходных процессов систем электроснабжения (СЭС) предприятий нефтедобычи с определением мощностей, напряжений и токов для выбора параметров надежной работы пускового устройства АВР в условиях потери питания и при КЗ в различных точках питающей и распределительной сети, изменения нагрузки на секциях ПС.
2. Усовершенствовать ал­го­рит­м функционирования адаптивного устройства АВР, позволяющего повысить надежность работы АВР для систем электроснабжения нефтедобычи с несколькими ПС 35/6(10) кВ.
3. Разработать проекты шкафов низковольтного комплектного устройств адаптивного АВР для подстанций напряжением 6 и 35 кВ нефтедобычи с вакуумными и/или элегазовыми выключателями.
4. Оп­ре­де­лить па­ра­мет­ры на­строй­ки пускового устройства АВР для его надёжной ра­бо­ты в условиях КНЭ для сложных схем нефтедобычи с несколькими ПС 35/6(10) кВ.

**Методы исследования, используемые в работе:**

Методы математической статистики, методы математического и физического моделирования, численные методы расчета систем нелинейных уравнений, адаптированные к использованию ЭВМ.

**Актуальность работы:**

Повышение эффективности работы нефтедобывающих предприятий зависит от надежной работы электроцентробежных насосов, станков-качалок, насосов повышения пластового давления кустовых месторождений. Высокую степень надежности работы электрооборудования нефтедобычи обеспечивают схемы питания указанных выше агрегатов одновременно от двух и более источников (линий, трансформаторов), поскольку аварийное отключение одного из них не приводит к нарушению питания потребителей. Способом повышения надежности электроснабжения ответственных потребителей, получающих электропитание от двух независимых источников, является использование средств автоматического включения резерва (АВР).

Совершенствование устройства АВР с повышением надежности его работы, и обеспечением быстродействия до уровня, необходимого для сохранения динамической устойчивости комплексной электродвигательной нагрузки, позволит сохранитьнепрерывность технологического процесса нефтедобычи, снизить вероятность возникновения опасных режимов (гидравлических ударов, разливов нефти и т.п.), повысить экономичность работы нефтедобывающего комплекса.

Главным недостатками существующих устройств АВР являются: работа только при трехфазных коротких замыканиях (КЗ); отказы в срабатывании для сложных систем электроснабжения нефтедобычи с несколькими подстанциями (ПС) 35/6 кВ; большое общее время работы АВР. Из-за этого и в силу ряда других причин на многих ПС 35/6 кВ АВР выведено из работы.

Существующие устройства АВР на подстанциях 35/6 кВ нефтедобычи, нефтепереработки с разным составом нагрузок подстанций (имеющие времена срабатывания 5-20 с) являются причиной отключения технологических агрегатов при кратковременных нарушениях электроснабжения (КНЭ) в питающих линиях 110 и 35 кВ и при потере питания. Поэтому для надежного электроснабжения таких потребителей необходимо решать следующие задачи:

**Расширенный список рекомендуемой литературы:**

1. Гамазин С.И., Битиев А.В., Гумиров Д.Т., Жуков В.А., Цырук С.А., Пупин В.М. Микропроцессорный быстродействующий АВР как средство повышения надежности электроснабжения ответственных потребителей // Изв. вузов «Проблемы энергетики», 2006, №11-12. С. 7-12.
2. Киреева Э.А, Пупин В.М., Гумиров Д.Т. Современные устройства быстродействующего АВР // Главный энергетик, 2005, № 11. - С. 23-25.
3. Гумиров Д.Т. Исследование влияния параметров КНЭ на непрерыв-ность технологических процессов //Материалы Всероссийской научно-техниче-ской конференции «Электроэнергия: от получения и распределения до эффек-тивного использования». – Томск, 17-19 мая 2006 г. Изд-во ТПУ. – С. 92-95.
4. Жуков В.А., Гумиров Д.Т., Пупин В.М. Микропроцессорный быстро-действующий АВР как средство обеспечения надежного электроснабжения ответственных потребителей //«Обеспечение надежности работы энергетиче-ского оборудования». - Дзержинск, ОАО «НИПОМ», 18-21 июня 2007. - С. 97-104.
5. Гумиров Д.Т., Гамазин С.И., Пупин В.М. Микропроцессорное устройство быстродействующего автоматического включения резерва //Электроинфо, 2008, № 4. – С. 64-67.
6. Гамазин С.И., Медведев А. В., Гумиров Д.Т., Пупин В.М. Устройства быстродействующего АВР и решение проблем непрерывности технологи-ческих процессов //Электроинфо, 2008, № 9. – С. 54-63.
7. Гумиров Д.Т., Гамазин С.И., Пупин В.М. Микропроцессорное устройствобыстродействующего автоматического включения резерва //Электрооборудование, 2008, № 12. – С. 10-13.
8. Гамазин С.И., Гумиров Д.Т., Жуков В.А., Пупин В.М., Козлов В.Н., Павлов О.А. Современные устройства быстродействующего АВР //Энергетик, 2009, № 2. – С. 21-26.
9. Гумиров Д.Т., Жуков В., Пупин В. Повышение надежности работы электроцентробежных насосов и станков-качалок при авариях в питающих сетях предприятий нефтедобычи // Главный энергетик, 2009, № 9. - С. 56-66.