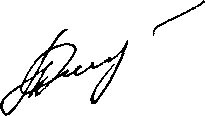
Гладких, Татьяна Дмитриевна. Вопросы повышения эксплуатационной надежности электрических сетей нефтяных месторождений Западной Сибири : диссертация ... кандидата технических наук : 05.09.03 / Гладких Татьяна Дмитриевна; [Место защиты: Ом. гос. техн. ун-т].- Омск, 2010.- 175 с.: ил. РГБ ОД, 61 11-5/952

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи





ГЛАДКИХ Татьяна Дмитриевна

**ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**специальность 05.09.03. «Электротехнические комплексы и системы»  
Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор В.В. Сушков

Омск 2010

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ 6

1. ХАРАКТЕРИСТИКА НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБСЛУЖИВАНИИ'

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ 12

1Л. Характеристика электросетевого оборудования на примере

ОАО «РН-Юганскнефтегаз» 12

[1Л Л. У дельное количество отказов в электроустановках 15](#bookmark3)

[1Л .2. Электротехнический комплекс добычи нефти 19](#bookmark4)

* 1. Общая характеристика проблемы диагностирования и

оптимизации технических обслуживаний нефтепромыслового оборудования в нефтяной промышленности 20

* 1. [Методы технической диагностики оборудования 24](#bookmark5)

1. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКИХ

ОБСЛУЖИВАНИЙ И РЕМОНТА НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ 35

1. [Оптимизация технических обслуживаний и ремонтов 35](#bookmark6)
2. Анализ влияния различных стратегий ремонта на

эксплуатационную надежность электрических сетей нефтяных месторождений Западной Сибири 38

1. Методика определения поправочных коэффициентов к

периодичности ремонта в зависимости от времени эксплуатации электрооборудования 49

56

56

57

59

62

69

74

76

77

77

78

78

79

80

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ АВАРИЙНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ДЕФИЦИТА МОЩНОСТИ В

ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

Постановка задачи

Определение объёма аварийных ограничений предприятий и

цехов нефтедобычи

Стратегии выбора отключаемого оборудования при вводе

аварийных ограничений в зависимости от времени года

Разработка методики распределения объемов аварийных ограничений электропотребления нефтепромысловых потребителей Западной Сибири при возникновении дефицита

мощности в энергосистеме

Разработка модели оценки риска останова системы

нефтедобычи с учетом технологического резервирования

Условия функционирования технологических структур

добычи нефти

Исходные данные

Допущения и ограничения

Критерии останова системы нефтедобычи

Анализ условий возникновения аварийного останова объектов

нефтедобычи

Варианты функционирования однофазной системы добычи

нефти

Варианты функционирования многофазной системы добычи

нефти

Построение графа состояний однофазной системы нефтедобычи

3 .7.1. Построение графа состояний однофазной системы для зимнего

времени года. 80

[3.7.2:: Выбор способа задания марковского процесса. . 80](#bookmark27)

1. Построение графа состояний однофазной системы для зимнего

времени года.;.......... .. . 83

1. Определение риска отказов функционирования системы:

. нефтедобычи для однофазной системы в летнее время. ......... 84

3.8. Результаты;анализа рискаотказа системы нефтедобычи!с

технологическим резервированием. 86

[3.8.1. Расчет риска останова1 для летнего времени 87](#bookmark34)

[3;8;2. Расчет риска останова для зимнего времени. .. 90](#bookmark35)

4. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПОГРУЖНЫХ

ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЬТХ НАСОСОВ НА ОСНОВЕ

НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ. 96

4. Г. Анализ надежности ПЭД и других элементов УЭЦ1-1 96

* 1. [Разработка принципа оценки состояния УЭЦН. 104](#bookmark36)

4:2.1. Критерии;оценки технического состояния УЭЦНпо токовому .

сигналу... ./ 105

* 1. Разработка модели технического состояния УЭЦН на основе ..

теории нечетких множеств; ;.. Г11

4:3; 1. Формализация знаний:...................... ............... Г13

4.3 .2.. Определение количественной оценки нечеткости экспертной

информации. 116

* + 1. [Нечеткая модель вибрационного состояния УЭЦН; 117](#bookmark41)
    2. Построение нечетких множеств лингвистических переменных

для параметров технического состояния УЭЦН для экспертной, системы Г21

4:4. . Разработка подхода к выбору напряжения трансформатора; питающего погружной электродвигатель на основе теории. нечетких- множеств; А.... 126

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ 136

Список использованных источников 138

ПРИЛОЖЕНИЯ 148

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Анализ аварийности в электрических сетях напряжением 110-0,4 кВ 149

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Программа по составлению графиков

временного отключения потребителей по очередям 169

[ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Возможные схемы технологических систем добычи нефти 171](#bookmark64)

**ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность темы.**

Важным направлением эффективного, функционирования нефтегазодо­бывающих предприятий (НГДП) является повышение эксплуатационной на­дежности нефтепромысловых электрических сетей и одного из важных эле­ментов электротехнического комплекса - установок погружных центробеж­ных насосов (УЭЦН). Электротехнический комплекс добычи нефти состоит из нефтепромысловых электрических сетей и потребителей электроэнергия нефтяных месторождений.

К вопросам повышения эксплуатационной надежности относятся, со­вершенствование системы^ технического обслуживания (ТО) и ремонта неф­тепромысловых электрических сетей, минимизация ущерба .при возникнове­нии дефицита мощности в электрических сетях- и. оценка технического со­стояния (ТС) погружного электрического двигателя (ПЭД) и других элемег - тов УЭЦН.

К числу основных положений системы ТО и ремонта относятся, страте­гии ремонта электрических сетей, под которыми понимается общее планиро­вание осмотров, диагностирования m ремонта. При этом исследование влия­ния различных стратегий ремонта\* и их комбинаций на надежность электри­ческой сети недостаточна.

і

Рацио'нальное распределение заданных объемов аварийных ограниче­ний электропотребления в нефтепромысловых электрических сетях позволит исключить неупорядоченное отключение потребителей и минимизировать ущерб при возникновении дефицита1 мощности в энергосистеме.

Повышение надежности электротехнического комплекса добычи нефти требует оценки технического состояния ПЭД и других элементов УЭЦН. Оценка ТС невозможна без определения технических параметров рабочих органов, косвенных параметров, характеризующих вибрационное состоят ; установки и геолого-технологических параметров нефтяной скважины. При этом привлечение экспертной информации делает невозможным применение традиционных математических методов, поэтому актуально использование специфического подхода для оценки ТС погружной установки, основанного на теории нечетких множеств.

Исследованию оптимизации технического обслуживания и теории ди­агностирования оборудования посвящены работы В.Д. Авилова, И.А. Бирге­ра, Н.Г. Бруевича, Ю.К. Беляева, Б.В. Васильева, Г.А. Голинкевича, Г.В. Дружинина, В.А. Каштанова, Л.П. Леонтьева, Ю.З. Ковалева, Перотте, Г.С. Рахутина, Г.И. Разгильдеева, А.Л. Райкина, А.С. Сердакова, С.В. Степанова, А.И. Селиванова, Н.А. Северцева, А.Д. Соловьева, И.А. Ушакова, А.М. Ши­рокова, Н.А. Шишонка, Я.Б. Шора, Р.Я. Федосенко, В.И. Щуцкого и др.

Исследованию оптимизации технического обслуживания, ремонта и диагностики электрических сетей и электрооборудования нефтяных и газо­вых месторождений посвящены работы Ю.З. Ковалева, Б.Г. Меньшова, М.С. Ершова, В.В. Сушкова, В.П. Фролова и др. представителей научных школ Санкт-Петербургского государственного горного института, Московского государственного горного университета, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения РАН, научно-педагогической школы электротехники, основанной заслужен­ным деятелем науки и техники РФ профессором Ю.З. Ковалевым.

Во всех работа возникает общая проблема совместного рассмотрения непромысловых электрических сетей и основных потребителей электроэнер­гии нефтяных месторождений с позиции повышения надежности и совер­шенствования ТО и ремонта, а также оценки ТС электрооборудования.

Цель работы. Сокращение длительности аварийных отключений в электрических сетях и минимизация простоев объектов добычи нефти на ос­нове оптимизации подходов к проведению ремонта, диагностирования и упорядочивания отключений в электрических сетях при возникновении де­фицита мощности.

Задачи исследования. Для реализации цели работы необходимо реше­ние следующих задач: '

1. Провести анализ влияния различных стратегий ТО и ремонта и их\* комбинации на эксплуатационную надежность электрической сети с учетом’ схемных решений, объема восстановления работоспособности и изменения характеристик надежности при переходе наїту или иную стратегию ремонта.
2. Предложить методику определения поправочных коэффициентов к периодичности капитальных и текущих ремонтов в зависимости от времени эксплуатации электросетевого оборудования.
3. Предложить методику распределения объемов аварийных ограниче­ний' электропотребления нефтепромысловых потребителей Западной Сибири при возникновении дефицита мощности в энергосистеме.
4. Разработать нечеткую модель технического» состояния УЭЦН и под­ход к выбору напряжения на выходе трансформатора, питающего погружные электронасосы добычи нефти на основе теории нечетких множеств.
5. Разработать нормативное положение о системе технических обслу- живаний и ремонта электроустановок.

Объект исследований. Объектом исследований является электротех­нический комплекс, состоящий из электрической сети и потребителя элек­трической энергии добычных объектов нефтяных месторождений Западной Сибири:

Методы исследований. В работе использованы аналитические и экс­периментальные методы: математического моделирования, основанные на теории вероятностей и- математической\* статистике; теории нечетких мно­жеств; теории надежности; теории восстановления; математического моде­лирования процессов проведения технических обслуживаний и ремонтов; экспериментальных исследований функционирования электрооборудования и системы электроснабжения на основе многолетних наблюдений за обору­дованием в процессе эксплуатации.

**Научная новизна результатов исследований.**

1. Предложено оценивать влияние той или иной стратегии ТО и ремон­та на эксплуатационную надежность электрических сетей нефтепромысло­вых потребителей с помощью показателя чувствительности, под которым понимается относительное изменение длительности аварийных отключений сети.
2. Предложена методика определения поправочных коэффициентов к периодичности капитальных и текущих ремонтов в зависимости от времени эксплуатации электросетевого оборудования, учитывающая объем восста­новления работоспособности, вид ремонта- при фиксированном количестве отказов по выбранным интервалам времени эксплуатации.
3. Разработаны методики распределения объемов аварийных ограниче­ний электропотребления нефтепромысловых потребителей, основанная на выборе стратегии, отключаемого оборудования по определенному критерию в зависимости от технологических ограничений, времени года, и оценки риска останова системы нефтедобычи с учетом технологического резервирования.
4. Предложена нечеткая модель технического» состояния УЭЦН, позво­ляющая по выбранным техническим и технологическим параметрам ига осно­ве системы нечеткого вывода принимать решение о вибрационном состоянии ПЭД и других элементов погружной .установки в процессе эксплуатации.

**Практическая значимость.**

1. Дана оценка влияния стратегии ремонта и их комбинации\*на надеж­ность электрической сети.
2. Определены поправочные коэффициенты к периодичности проведе­ния текущего и капитального ремонтов в зависимости от времени эксплуата­ции воздушных линий электропередачи (ВЛ) б и 35 кВ и подстанций напря­жением 35 и 6 кВ.
3. Разработана и реализована в виде программы на ПЭВМ методика распределения объемов, аварийных ограничений электропотребления нефте­промысловых потребителей при возникновении дефицита мощности в энер­госистеме.
4. Разработана «Технологическая инструкция по техническому обслу­живанию и ремонту оборудования, линий электропередачи; средств релейной защиты и автоматики № П2-05 С-030 Р-001 Т-001 ЮЛ-99 (версия 1.00), вне­дренная в ООО «РН-Юганскнефтегаз».

**Положения, выносимые на защиту.**

1. Результаты анализа влияния различных стратегий ТО и ремонта на надежность электрической сети.
2. Методика определения поправочных коэффициентов к периодично­сти проведения текущего и капитального ремонтов.
3. Методика распределения объемов ввода аварийных ограничений электропотребления нефтепромысловых потребителей при дефиците мощно­сти в энергосистеме.
4. Нечеткая модель технического состояния УЭЦН и подход к выбору напряжения на' выходе трансформатора, питающего погружные электронасо­сы добычи нефти на основе теориищечетких множеств.

**Апробация работы.**

Результаты работы докладывались на следующих конференциях:

На II Всероссийской научно-технической конференции с международ­ным участием «Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротех­нологии», г.Тольятти, 2007.

На VI Международной научно- технической конференции «Динамика систем, механизмов и машин» г.Омск, 2007.

На межвузовских научно-технических конференциях аспирантов, пре­подавателей и специалистов филиала ГОУ ВПО ТюмГНГУ в гор. Нижневар­товске в 2008-2010 гг.

На научных семинарах кафедры электрическая техника ОмГТУ, Омск, 2006-2009 годы.

На международной научно-технической конференции «Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии», г. Тольятти, 2009 г.

На международной научно-технической конференции студентов, маги­странтов, аспирантов «Энергоэффективность и энергобезобасность произ­водственных процессов», г. Тольятти, 2009.

Публикации. Основное содержание диссертации изложено в 10 науч­ных работах.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, списка литературы из 145 наименований и приложе­ний. Общий объем диссертации 147 страниц, в том числе: 22 таблицы, 40 ил­люстраций.

**ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ**

1. Проведен анализ влияния изменения стратегии ТО и ремонта и их

комбинации на надежность электрической сети, которая позволяет дать количественную оценку реакции сети при переходе на другую стратегию ремонта с учетом схемных решений, объема восстановления\* работоспособности и коэффициента изменения времени восстановления элемента. •

1. Предложена методика построения модели изменения параметра потока отказов по интервалам времени, с учетом различных видов ремонта и методика определения поправочных коэффициентов к периодичности ТО‘и ремонта в зависимости от принятых интервалов времени эксплуатации, что является одним из направлений оптимизации затрат на эксплуатацию сети, за счет уменыпенияпростоев объектов добычи нефти.
2. Разработана методика распределенияюбъемов аварийных ограничений электропотребления. В\* качестве критерия определения стратегии выбора отключаемого оборудования при вводе аварийных ограничений в зимнее время выбрана максимальная обводненность продукции, в летнее - минимальная добыча нефти. Разработана методика оценки риска останова системы нефтедобычи, которая основана на расчете надежности технологической системы с временным резервированием и включает в себя оценку вероятности понести значительные убытки, .связанные с остановом технологического процесса добычи\* нефти и попутного нефтяного газа.
3. Разработана модель ТС погружного электродвигателя и других элементов УЭЦН с применением нечеткой логики, на основе которой определяется дата ремонта установки и тем-самым практически исключаются PC-отказы. Предложенная методика может быть использована для разработки автоматизированной экспертной системы, включающей постоянный контроль и диагностику погружной установки.
4. Разработан подход к определению напряжения трансформатора, питающего погружной электродвигатель с применением нечеткой логики, которая позволяет улучшить энергетические показатели работы ПЭД и вибрационное состояние погружной установки. Процесс определения номера отпайки целесообразно автоматизировать ввиду изменения напряжения сети в течение суток и нагрузки трансформатора, с использованием контроллера, функционирующий на основе теории нечеткой логики, что значительно упрощает и убыстряет процесс решения.

Разработана Технологическая инструкция по техническому обслуживанию и ремонту оборудования, линий электропередачи, средств релейной защиты и автоматики № П2-05 С-030 Р-001 Т-001 ЮЛ-99 (версия 1.00), которая внедрена в ООО «РН-Юганскнефтегаз».