

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА ГАМАЗИНА СТАНИСЛАВА ИВАНОВИЧА

на диссертацию Грачевой Елены Ивановны «РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ И МЕТОДОВ
ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НИЗКОВОЛЬТНЫХ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ», на соискание
ученой степени доктора технических наук по специальности 05.09.03 -
электротехнические комплексы и системы

Актуальность выбранной темы исследования. Вопросы рационального использования топливно-энергетических ресурсов являются в настоящее время одними из наиболее актуальных задач энергетики как в России, так и за рубежом.

Повышение эффективности функционирования за счет снижения потерь электроэнергии в электрических сетях низкого напряжения - это важная составляющая общего комплекса энергосберегающих мероприятий. Для решения вопроса о технико-экономической целесообразности снижения потерь электроэнергии и повышения качества функционирования систем внутрицехового электроснабжения необходимо применять способы и методы расчета, обладающие приемлемой достоверностью результатов.

Данные в схемах и нагрузках сетей 0,4 кВ, как правило, либо отсутствуют, либо из-за их большого объема не могут быть достаточно быстро обработаны и введены в компьютер. Обработка схем сетей является практически одноразовой операцией с последующим периодическим внесением текущих изменений. Это позволяет предполагать, что в будущем информация о них будет введена в базы данных. Оснащение же всех линий 0,4 кВ счетчиками и обеспечение нормальной их работы вызывает большие трудности. В связи с этим в настоящее время получение ежемесячных данных об энергии, отпускаемой в каждую линию, практически неосуществимо.

На данном этапе развития энергетики предъявляют всё более жесткие требования к системе определения потерь электроэнергии, трудности в учете и контроле которых связаны с вероятностно определенной или неопределенной исходной информацией. Всё это требует постоянного совершенствования методических подходов к решению данной проблемы. В связи с этим актуальным является совершенствование методов расчета технических потерь электроэнергии, а

также методов планирования мероприятий по снижению потерь, методов расчета надёжности элементов сетей 0,4 кВ.

Решение задачи повышения эффективности расходуемой электроэнергии на промышленном предприятии производится с использованием данных о реальном потреблении и о величине потерь электроэнергии в отдельных производственных подразделениях и цехах. Эта информация является первоосновой любого анализа электропотребления и определяет характер мероприятий, проводимых с целью снижения уровня потерь электроэнергии в сетях промышленного предприятия.

Изложенное обусловило актуальность решения научной проблемы, имеющей важное значение для экономики страны, которое заключается в повышении точности методов расчета потерь электроэнергии в системах внутрицехового электроснабжения и осуществлении принципов энергосбережения.

Общая методология и методика исследования. В основу исследования положена методология комплексного подхода оценки эффективности функционирования низковольтных электрических сетей промышленных предприятий. Необходимость такого исследования объясняется тем, что в диссертации разработаны новые методы, повышающие качество электроснабжения потребителей и обеспечивающие рациональное проектирование, реконструкцию и эксплуатацию низковольтных электрических сетей промышленных предприятий.

В работе впервые представлено исследование основных параметров электрооборудования цеховых сетей, наиболее влияющих на уровень потерь электроэнергии с использованием методов регрессионного анализа и разработан системный подход определения эффективности функционирования низковольтных электрических аппаратов как элементов цехового электроснабжения.

В первой главе проведен анализ и предлагается классификация наиболее распространенных методов расчета потерь электроэнергии в системах электроснабжения промышленных предприятий. Случайный характер процесса электроснабжения потребителей не всегда позволяет получить детерминированные зависимости для его интегральных характеристик – таких как расход электроэнергии или потери электроэнергии в сети.

Основной трудностью на этом пути является отсутствие достоверной

и полной информации. Потери активной энергии в элементах цеховых сетей обычно вычисляют с целью использования их в технико-экономических расчетах, в частности, в расходной части электробаланса предприятий разного уровня.

В настоящее время разработано большое количество методов расчета потерь электроэнергии в сетях различных напряжений. Совершенствование этих методов идет в основном в двух направлениях: максимального уточнения их с учетом возможно большего числа факторов и облегчения практического использования методов путем введения упрощений и, следовательно, снижения точности расчета.

В диссертационной работе предложены области применения и рекомендации использования некоторых детерминированных и вероятностно-статистических методов расчета потерь электроэнергии.

Во второй главе в результате обследования схем цехового электроснабжения определены основные конструктивные и эксплуатационные особенности характеристик электрооборудования: фирма-производитель коммутационных аппаратов; количество аппаратов, установленных на линии – от 1 до 7; длина линий - от 1 до 300 м; сечение линий – от 25 до 250 мм²; коэффициент загрузки линий от 0,1 до 1,5.

Показано, что данные пределов изменения длин линий, коэффициента их загрузки, мощности приемников электроэнергии и количества аппаратов, установленных на линии, отражают наиболее полную статистическую информацию о параметрах цеховых сетей для анализа потерь электроэнергии в сетях низкого напряжения.

В результате исследований установлено, что отсутствие достоверной информации о параметрах элементов цеховых сетей низкого напряжения и неучет факторов, определяющих эти параметры, ведет к погрешностям при вычислении потерь электроэнергии.

Выявлено, что при расчетном способе определения потерь электроэнергии в линиях цеховых сетей необходимо иметь информацию о следующих величинах:

- точном значении длин и количества линий цеховых сетей;
- перегреве проводников, обусловленном токовой нагрузкой провода и температурой окружающей среды;
- сопротивлению контактных соединений коммутационных аппаратов и их числе, так как линии цеховых сетей при небольшой протяженности имеют большое количество последовательных узлов с коммутационной аппаратурой и,

при этом, сопротивление аппаратов оказывается соизмеримым с сопротивлением линии;

– данных о графиках нагрузки.

• Показано, что при определении и прогнозировании потерь электроэнергии целесообразно составлять специализированные модели, параметры которых следует определять в функции обобщенных параметров сети, используя регрессионный анализ.

Обосновано, что целесообразно формировать вероятностно-статистические модели для определения эквивалентного сопротивления радиальных и магистральных сетей в функции таких параметров, как длина, загрузка и сечение линий сети, число коммутационных аппаратов на линии и температура окружающей среды. Эти модели учитывают динамику изменения электрических сетей, а значит, пригодны для многократного использования.

Обосновано, что целесообразно формировать аналитические и графические зависимости, позволяющие определять эквивалентное сопротивление цеховых сетей любой конфигурации. Точность предлагаемой методики определения потерь электроэнергии подтверждена поэлементным расчетом для схем цеховых сетей различной конфигурации.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных и теоретических исследований низковольтных коммутационных аппаратов, применяемых в цеховых сетях промышленного электроснабжения.

По результатам экспериментальных исследований выявлено, что сопротивления различных групп элементов силовой цепи аппаратов подчиняются общим для каждой группы закономерностям изменения, так, например, сопротивление болтовых присоединений подключения аппарата кабелем составляет незначительную долю в общем сопротивлении аппарата; основное сопротивление аппарата составляют сопротивления следующих элементов:

- контактной группы;
- датчика теплового реле;
- катушки максимального реле.

Разработаны методы и аналитические выражения для определения сопротивлений коммутационных аппаратов в зависимости от их номинальных данных и построены номограммы.

Предложен усовершенствованный методик для оценки теоретических и экспериментальных значений сопротивлений контактных соединений низковольтных коммутационных аппаратов.

Установлено, что величина сопротивлений контактных систем аппаратов описывается нормальным законом.

В результате экспериментальных исследований предложен критерий оценки технического состояния низковольтных коммутационных аппаратов, в качестве которого выступает сопротивление контактных соединений, позволяющий учесть динамику изменения величины потерь мощности, и установлены коэффициенты кратности (превышения) величины сопротивления контактор по условию их допустимого перегрева относительно номинальных значений.

Разработан метод комплексной оценки эффективности функционирования низковольтных коммутационных аппаратов.

В четвертой главе приводятся теоретическое обоснование и практическая необходимость применения методов планирования эксперимента для построения математического описания функционирования систем цехового электроснабжения на базе достоверизации схемно-режимных параметров.

Определение потерь электроэнергии в цеховых сетях является задачей, решаемой в условиях неопределенности, поскольку имеется неопределенность в исходных данных, обусловленная неточными значениями длин и количества линий сети, температурными режимами, эксплуатационными характеристиками оборудования и т.п.

Наличие неопределенности в исходной информации ведет к тому, что фактические потери электроэнергии будут в большей или меньшей степени отличаться от их вычисленного значения. При этом возникает необходимость не только получить вероятностно-статистические модели зависимости потерь электроэнергии сети от ее обобщенных параметров, но и наиболее точно рассчитать интервалы изменения этих параметров.

В пятой главе обоснована целесообразность применения множественной регрессии для расчета и прогнозирования потерь электроэнергии в системах цехового электроснабжения в условиях неопределенности задания исходной информации.

В работе формализована задача и разработан математический аппарат применения методов нечеткого регрессионного анализа в случае неопределенности задания исходной информации, что ведет к увеличению

точности оценки потерь электроэнергии.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций. Обоснованность полученных результатов определяется корректностью поставленных задач, целесообразностью принятых допущений; адекватностью используемого математического аппарата и разработанных моделей исследуемым процессам; хорошей сходимостью данных теоретических вычислений с результатами экспериментальных исследований и испытаний лабораторных и промышленных образцов в объединениях ОАО «Москвич» (г. Москва) и Казанском ОАО «Органический Синтез» (г. Казань), сопоставлением проведенных исследований с опубликованными материалами других авторов.

Методика исследований определялась содержанием каждой решаемой задачи и базировалась на использовании методов планирования эксперимента, методов стандартного и нечеткого регрессионного анализа, методов математической обработки результатов эксперимента, теории электрических цепей, статистической теории погрешностей, теории надежности, теории вероятностей и математической статистики, теории случайных функций, теории электрических аппаратов, положений и основ электроснабжения. Теоретические исследования сопровождались разработкой математических моделей в виде программных продуктов в программной среде Matlab и их использованием при реализации программ энергосбережения.

Новизна полученных результатов. Впервые показана возможность реализации системного подхода учета параметров систем цехового электроснабжения при определении величины потерь электроэнергии; предложена классификация по потерям электроэнергии в контактах коммутационных аппаратов, применяемых в сетях низкого напряжения, в зависимости от конструктивных особенностей аппаратов; разработаны методы для определения аналитических зависимостей величины сопротивлений контактных соединений низковольтных коммутационных аппаратов от их номинальных параметров по результатам экспериментальных исследований. Соискателем разработаны модели и методы комплексной оценки параметров эффективности функционирования низковольтных аппаратов. Рассмотрены и выявлены основные параметры характеристики сети и разработан метод определения эквивалентного сопротивления цеховых сетей с учетом основных параметров системы цехового электроснабжения; формализована задача и разработаны

математические модели нечеткого регрессионного анализа для оценки и прогнозирования потерь электроэнергии.

Научная значимость работы. Заключается в развитии и совершенствовании методов оценки эффективности функционирования низковольтных электрических сетей промышленных предприятий. Показана возможность применения системного подхода оценки качества эксплуатации оборудования цеховых сетей. Получены методы, способствующие рациональному внедрению технологий энергосбережения.

Практическое значение результатов состоит в разработке информационной базы исходных данных схемных и режимных параметров систем цехового электроснабжения для анализа, оценки и прогнозирования потерь электроэнергии.

В работе получены аналитические и графические зависимости величины сопротивлений контактных соединений низковольтных коммутационных аппаратов от их номинальных параметров по результатам экспериментальных исследований и разработаны метод, алгоритм и программа расчета, применяемые для комплексной оценки эффективности функционирования аппаратов в процессе эксплуатации и повышения надежности электроснабжения потребителей.

Разработанные регрессионные модели для определения эквивалентного сопротивления и потерь мощности в цеховых сетях с учетом основных параметров оборудования, позволяют учитывать динамику развития сетей.

Внутреннее единство и структура работы. Работа состоит из пяти глав, которые в методической последовательности показывают решение задач, сформулированных в диссертации. Материалы диссертации достаточно полно представлены в 105 публикациях соискателя, 43 из которых напечатаны в журналах по перечню ВАК.

Содержание автореферата отражает все основные положения работы.

Замечания по работе. Критический анализ применения различных методов определения потерь электроэнергии в электрических сетях может вызывать следующие замечания:

1. Данный анализ выполнен без учета первичной принципиальной направленности различных методов, часть которых предназначалась для расчетов при проектировании, а другая – для расчетов при эксплуатации электрических сетей.

2. Имеются неточности изложения по применению метода времени наибольших потерь (мощности) в зависимости от расчетов при проектировании или в условиях эксплуатации.

3. К сожалению, в диссертации не проведен анализ погрешности величины среднеквадратичного тока, по которому оцениваются потери электроэнергии, а ведь возможная ошибка при этом может быть значительно выше погрешности определения эквивалентного сопротивления.

4. Неясно, какой практический диапазон цеховых электросети (до 1000 В) охватывается предложенным составом номограмм определения эквивалентных сопротивлений (с 333 – 341 диссертации).

5. В диссертации нет пояснения, могут ли быть применены полученные в работе результаты оценки эффективности работы оборудования только для промышленных сетей, или для распределительных сетей низкого напряжения сетевых компаний и электрических сетей сельскохозяйственного назначения.

6. Достаточно ли для рассматриваемой научно-квалификационной работы анализа экспериментальных данных аппаратов 5 – 6 фирм-изготовителей низковольтной аппаратуры?

7. В диссертации утверждается, что начальное значение сопротивления контактов r_0 и скорость изменения сопротивления контактов v с достаточной степенью достоверности можно считать некоррелированными (выражение (3.33)), а выражение (3.40) противоречит этому условию.

8. Какие практические рекомендации по замене низковольтных аппаратов (автоматических выключателей и магнитных пускателей) могут быть выданы для получения максимального эффекта энергосбережения (рис. 4.12)?

9. Почему потери мощности и эквивалентное сопротивление представлены в виде нечетких множеств с треугольными функциями принадлежности? Нельзя ли было принять описание этих функций нормальным законом распределения?

10. При оценке величины потерь электроэнергии имеется, как правило, неопределенность исходной информации, особенно для сетей низкого напряжения. В связи с этим возникает вопрос – какой разброс параметров допустим при составлении нечетких регрессионных зависимостей?

Указанные замечания не снижают высокой ценности всего исследования и не влияют на его главные теоретические и практические результаты. Сделан важный шаг в направлении развития теории и

совершенствования методов оценки эффективности функционирования оборудования цеховых сетей.

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы по пунктам:

1. Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем.

2. Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления.

3. Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях.

В целом работа выполнена на высоком теоретическом уровне и включает, в себя в необходимом для подтверждения достоверности её результатов объеме численные расчеты.

Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему. Выводы и рекомендации диссертации достаточно обоснованы.

Отзыв составил:

Доктор технических наук,
профессор кафедры
«Электроснабжение
промышленных предприятий»
НИУ «МЭИ»



Гамазин С.И.
26.9.14

Подпись проф. Гамазина С.И.
заверяю:

Начальник управления кадров
НИУ «МЭИ»

26.09.2014



Баранова Е.Ю.