

требителя энергетических ресурсов и энергетический паспорт промышленного потребителя. Рассмотрен ряд типовых ситуаций и предложены рекомендации по повышению энергоэффективности промышленного предприятия.

Отдельное внимание уделено вопросам ценообразования на услуги энергоаудиторского обследования при этом рассматриваются не только общие подходы, но и конкретные практические вопросы формирования стоимости услуг энергетического обследования.

Следует подчеркнуть, что само по себе энергетическое обследование не дает автоматического повышения энергоэффективности. Более того, без подготовленных и реализованных на предприятии экономически обоснованных проектов программы энергетической эффективности, проведение энергетического обследования перестает служить главной цели, становится очередным финансовым бременем для предприятия. Поэтому авторами рассматривается методология оценки эффективности и принципы финансового обеспечения энергосберегающих проектов, а также практика управления финансированием программ энергосбережения на предприятиях, в том числе и реализация проектов энергосбережения путем заключения энергосервисного контракта. Приведена типовая форма энергосервисного контракта, которая может быть использована энергосервисными компаниями на начальных этапах своей деятельности.

Книга предназначена для руководителей промышленных предприятий, энергоаудиторов, специалистов по энергетическому менеджменту и финансовому управлению, а также научных работников, аспирантов, студентов.

Авторы выражают благодарность Генеральному директору ООО «ЭнергоЦентр», к.н.(э), Валю Вячеславу Васильевичу, а также экспертному коллективу ООО «ЭнергоЦентр» за помощь в подготовке и издании книги.

**РАСЧЕТ ТОКОВ
КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ
(учебное пособие)**

Лихачев В.В., Довгалюк Е.Н.

Карагандинский государственный технический университет, Караганда, e-mail: likch@mail.ru

В учебном пособии представлены общие методические указания для определения расчетного тока короткого замыкания (КЗ) с целью выбора или проверки электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания, при этом необходимо предварительно выбрать расчетные условия, отвечающие требованиям «Правил устройства электроустановок», в частности: расчетную схему электроустановки, исходную схему замещения, исходную ком-

плексную схему замещения для расчета несимметричных коротких замыканий и др.

В пособии рассматриваются расчетные условия коротких замыканий, изучение которых обеспечивает возможность бесперебойной работы систем электроснабжения.

При проверке электрических аппаратов и жестких проводников вместе с относящимися к ним поддерживающими и опорными конструкциями на электродинамическую стойкость расчетным видом КЗ является трехфазное КЗ.

Для проверки электрооборудования по режиму короткого замыкания сопоставляются вероятностные параметры режима КЗ с детерминированными параметрами электрооборудования. Для возможности такого сопоставления вероятностные параметры режима КЗ преобразуются в условно детерминированные параметры режима расчетных условий КЗ.

Расчетные условия КЗ, т.е. наиболее тяжелые, но достаточно вероятные условия КЗ, формируются на основе опыта эксплуатации электроустановок, анализа отказов электрооборудования и последствий КЗ, использования соотношений параметров режима КЗ, вытекающих из теории переходных процессов в электроустановках.

Приведены параметры различных элементов исходных расчетных схем, которые в общем случае необходимы для расчетов токов короткого замыкания, и методика определения отдельных параметров.

Рассмотрены особенности расчета токов коротких замыканий в электроустановках переменного тока напряжения до и свыше 1 кВ. Указаны принимаемые допущения при расчете токов короткого замыкания. Приведены расчеты таких параметров, как начальное действующее значение периодической составляющей тока короткого замыкания, апериодическая составляющая тока короткого замыкания, ударный ток короткого замыкания, периодическая составляющая тока короткого замыкания для произвольного момента времени.

Показано, что для расчета токов при несимметричных КЗ целесообразно использовать метод симметричных составляющих. При этом, кроме схемы замещения прямой последовательности, для расчета двухфазного КЗ необходимо составить схему замещения обратной последовательности, а для расчета однофазного и двухфазного КЗ на землю – также схему замещения нулевой последовательности.

В тех случаях, когда требуется определить токи и напряжения не только в месте несимметричного КЗ, но и в других ветвях и точках расчетной схемы, целесообразно использовать комплексные схемы замещения. Исходные комплексные схемы замещения для расчета двухфазного КЗ и двухфазного КЗ на землю получаются путем соединения соответственно начал

и концов исходных схем замещения различных последовательностей.

При определении сопротивления нулевой последовательности воздушных линий электропередачи необходимо учитывать влияние взаимоиндукции от других линий (цепей), проложенных по той же трассе.

Произведен учет синхронных и асинхронных двигателей, комплексной нагрузки, а также влияния электропередачи или вставки постоянного тока на ток короткого замыкания в объединенных системах переменного тока.

Для определения токов КЗ в произвольной ветви расчетной схемы в ряде случаев целесообразно использовать принцип наложения, в соответствии с которым ток в этой ветви можно получить путем суммирования (наложения) токов разных режимов, каждый из которых определяется действием одной или нескольких ЭДС, когда все остальные ЭДС принимаются равными нулю, а все элементы схемы остаются включенными.

При расчете начального действующего значения периодической составляющей тока трехфазного КЗ в электроустановках напряжением свыше 1 кВ в исходную расчетную схему должны быть введены все синхронные генераторы и компенсаторы, а также синхронные и асинхронные электродвигатели мощностью 100 кВт и более, если между электродвигателями и точкой КЗ отсутствуют токоограничивающие реакторы или силовые трансформаторы.

Методика приближенных расчетов аperiodической составляющей тока КЗ в произвольный момент времени зависит от конфигурации исходной расчетной схемы и положения расчетной точки КЗ.

Расчет периодической составляющей тока КЗ в произвольный момент времени в сложной разветвленной схеме с учетом переходных процессов в синхронных машинах, для которых КЗ является близким, следует производить путем решения соответствующей системы дифференциальных уравнений переходных процессов, используя с этой целью ЭВМ, и выделения из найденного тока его периодической составляющей.

Степень влияния синхронных и асинхронных электродвигателей на ток КЗ зависит от характера исходной расчетной схемы, положения расчетной точки КЗ, удаленности последней от электродвигателей и многих других факторов. Изложены условия, при которых расчет начального действующего значения периодической составляющей тока КЗ должен быть выполнен с учетом синхронных и асинхронных электродвигателей. Эти условия следует выполнять и при определении периодической составляющей тока КЗ в произвольный момент времени.

Расчет токов несимметричных КЗ следует выполнять с использованием мето-

да симметричных составляющих. При этом предварительно следует составить схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей.

В пособии уделено необходимое внимание учету комплексной нагрузки при расчетах токов короткого замыкания. В состав комплексной нагрузки могут входить асинхронные и синхронные электродвигатели, преобразователи, электротермические установки, конденсаторные батареи, лампы накаливания и газоразрядные источники света.

Приведены рекомендации по учету электрической дуги в месте КЗ введением в расчетную схему активного сопротивления дуги, которое определяется на базе вероятностных характеристик влияния устойчивой дуги на ток КЗ.

Учебное пособие рассчитано на студентов электроэнергетических специальностей, изучающих электромагнитные переходные процессы в электроэнергетике.

ПРИМЕРЫ И ЗАДАЧИ ПО ТЕПЛОМАССОБМЕНУ (учебное пособие)

Логинов В.С., Крайнов А.В., Юхнов В.Е.,
Феоктистов Д.В., Шабунина О.С.

*Национальный исследовательский Томский
политехнический университет, Томск,
e-mail: loginovvs@tpu.ru*

Рекомендовано Сибирским учебно-методическим центром высшего профессионального образования для межвузовского использования в качестве учебного пособия для студентов дневной и заочной форм обучения специальностей 140101 «Тепловые электрические станции», 140104 «Промышленная теплоэнергетика» и 140105 «Энергетика теплотехнологий» и для бакалавров и магистров направлений подготовки 140100.62,68 «Теплоэнергетика». Санкт-Петербург*Москва*Краснодар, 2011.

В пособии представлены практические примеры и задания по теплообмену различным установкам: теплообменных аппаратов, выпарных и ректификационных установок. Главное внимание уделяется проверке полученных результатов расчета. Рассматриваются вопросы тепло- и массообмена в различных системах: обмуровка топочной камеры, тепловыделяющие элементы, процессы диффузии. В последних рассматриваются процессы при малых диффузионных числах Фурье ($FoD < 0,1$). Книга содержит контрольные задания, вопросы и специальные тесты для оценки базовых знаний по основам теплотехники, в том числе с использованием профессионального иностранного языка.

Пособие предназначено для студентов энергетических направлений подготовки технических вузов, а также инженеров, интересующихся вопросами теплосбережения.