



УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе и внешним
связям КГТУ им. И. Раззакова
д.т.н. профессор
Торобеков Б.Т.
2021 г.

ВЫПИСКА

из протокола № 3 расширенного заседания
кафедры «Электроснабжение» энергетического факультета Кыргызского
государственного технического университета
имени Исхака Раззакова
от 24 сентября 2021 г.

по обсуждению диссертационной работы Абдиевой Зарины Эдилбековны
на тему «Исследование, расчет потерь напряжения и электроэнергии в сетях 380-220 В
при несимметричных режимах»

Председатель заседания: заведующий кафедрой «Электроснабжение»
энергетического факультета Кыргызского государственного технического университета
им. И. Раззакова, кандидат технических наук Сариев Бактыбек Имангазиевич.

Секретарь заседания: старший преподаватель кафедры «Электроснабжение»
энергетического факультета Кыргызского государственного технического университета
им. И. Раззакова Джумаева Айчурок Ишенбековна.

Присутствовали: заведующий кафедрой «Электроснабжение» (ЭС)
энергетического факультета (ЭФ) Кыргызского государственного технического
университета им. И. Раззакова (КГТУ им. И. Раззакова), кандидат технических наук
Сариев Бактыбек Имангазиевич; декан энергетического факультета КГТУ
им. И. Раззакова, доктор технических наук, профессор Галбаев Жалалидин Токтобаевич;
профессор кафедры «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» (ЭиАСХ)
Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина (КНАУ им. К.И.
Скрябина), доктор технических наук, профессор Кадыров Ишенбек Шакирович;
профессор кафедры «Электроэнергетика» филиала им. академика Х.А. Рахматулина при
КГТУ им. И. Раззакова в городе Токмок, кандидат технических наук, профессор
Суеркулов Манас Асанбекович; доцент кафедры «ЭС» ЭФ КГТУ, кандидат технических
наук, доцент Айткеев Бектурсун Бейшенович; доцент кафедры «ЭС» ЭФ КГТУ, кандидат
технических наук, доцент Куржумбаева Роза Бейшенбековна; доцент кафедры «ЭС» ЭФ
КГТУ, кандидат технических наук, доцент Рырсалиев Абдыкерим Сатиханович;
директор филиала КГТУ им. И. Раззакова в городе Кара-Балта, кандидат технических
наук Касмамбетов Хусейн Талантбекович; проректор по административно-
хозяйственной работе КГТУ им. И. Раззакова, кандидат технических наук, доцент Асиев
Абай Турусбекович; доцент кафедры «Электроэнергетика» ЭФ КГТУ им. И. Раззакова,
кандидат технических наук Таабалдиева Нурзат Дуйшоновна; старший преподаватель
кафедры «ЭС» ЭФ КГТУ Бокоева Жылдыз Асаналиевна; старший преподаватель
кафедры «ЭС» ЭФ КГТУ Сулайманова Нуржан Омурбековна; старший преподаватель
кафедры «ЭС» ЭФ КГТУ Асанов Азамат Курманкулович; старший преподаватель
кафедры «ЭС» ЭФ КГТУ Абдиева Зарина Эдилбековна; старший преподаватель кафедры
«ЭС» ЭФ КГТУ Джусупбекова Назира Кубанычбековна; старший преподаватель
кафедры «ЭС» ЭФ КГТУ Кожоналиева Айнура Кыдырбековна; старший преподаватель
кафедры «ЭС» ЭФ КГТУ Джумаева Айчурек Ишенбековна; преподаватель кафедры
«ЭС» ЭФ КГТУ Абдрахманова Гульзат Дженишовна; заведующий лабораториями
кафедры «ЭС» ЭФ КГТУ Койчуманов Сагынбек Манапович.

Повестка дня:

1. Обсуждение диссертационной работы старшего преподавателя кафедры «Электроснабжение» Абдиевой Зарины Эдилбековны на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве» на тему «Исследование, расчет потерь напряжения и электроэнергии в сетях 380-220 В при несимметричных режимах». Научный руководитель кандидат технических наук, профессор Суеркулов Манас Асанбекович.
2. Рекомендация к защите в диссертационном совете по специальности 05.20.02 «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве».

Председатель заседания заведующий кафедрой «Электроснабжение» ЭФ КГТУ им. И. Раззакова, кандидат технических наук Сариев Бактыбек Имангазиевич ознакомил присутствующих с повесткой дня, затем слово было представлено Абдиевой Зарине Эдилбековне для доклада.

Слушали: доклад Абдиевой Зарины Эдилбековны об основных результатах диссертационной работы «Исследование, расчет потерь напряжения и электроэнергии в сетях 380-220 В при несимметричных режимах» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве». Текст доклада прилагается.

По докладу были заданы следующие вопросы:

Галбаев Жалалидин Токтобаевич – декан энергетического факультета КГТУ им. И. Раззакова, доктор технических наук, профессор

Вопрос: По данной работе где проводились экспериментальные исследования?

Ответ: Проведены исследования в реальных сетях на отходящих фидерах двух подстанций 10/0,4 кВ, расположенных в сельской местности, питающих коммунально-бытовые потребители (Аламединский РЭС, Воронцовский участок ОАО «Северэлектро»). А также исследования проведены на экспериментальной установке, разработанной на кафедре «Электроснабжение», стационарно установленной в аудитории 5/202 КГТУ им. И. Раззакова. Замеры, выполнялись при существующем положении в сети в течение недели. При измерениях использовались лабораторные токоизмерители и вольтметры, а также счетчики.

Айткеев Бектурсун Бейшенович – доцент кафедры «ЭС» ЭФ КГТУ им. И. Раззакова, кандидат технических наук, доцент

Вопрос: Какие результаты дало данное исследование?

Ответ: На основании проведенного экспериментального исследования влияния несимметрии на потери электроэнергии в электрических сетях 0,4 кВ, расчета и анализа получены следующие результаты:

1. В сетях 0,4 кВ с коммунально-бытовыми потребителями коэффициент неравномерности фаз изменяется от 0 до 0,47, что увеличивает потери электроэнергии до 2,1 раза, а в предельном случае до 6 раз.
2. Определены экспериментально по сезонам года коэффициент несимметрии и типовой суточный график для характерных потребителей.
3. Одной из мер по снижению потерь электроэнергии и повышению ее качества в электрических сетях 0,4 кВ рекомендовано увеличение сечения нулевого провода до величины, равной или даже большей, чем сечение фазного провода.
4. Исследования свидетельствуют о влиянии несимметрии на рост потерь электроэнергии в электрических сетях.

Куржумбаева Роза Бейшенбековна – доцент кафедры «ЭС» ЭФ КГТУ им. И. Раззакова, кандидат технических наук, доцент

Вопрос: Кратко изложите актуальность Ваших научных исследований

Ответ: До настоящего времени не были разработаны общие методы расчёта сетей с несимметричными рассредоточенными нагрузками, которые широко распространены в сельских электрических сетях. Повышение качества напряжения за счёт снижения уровня несимметрии напряжений рассматривалось в отрыве от проблемы снижения потерь мощности и энергии в сети, и, наоборот, вопросы снижения потерь не затрагивали проблему несимметрии напряжений. В моих исследованиях я связала все эти зависимости и провела комплексный анализ и расчет потерь напряжения и электроэнергии в электрических сетях при несимметричных режимах.

Джусупбекова Назира Кубанычбековна – старший преподаватель кафедры «ЭС» ЭФ КГТУ им. И. Раззакова

Вопрос: Какие показатели были приняты в качестве контролируемых?

Ответ: В качестве контролируемых показателей были приняты: пофазное почасовое измерение токов, напряжений в начале и в конце линий; пофазное и суммарное потребление активной энергии потребителями, подключенными к исследуемой отходящей от трансформаторной подстанции (ТП) воздушной линии, а также суммарный отпуск активной энергии с шин подстанции 10/0,4 кВ; коэффициент увеличения потерь мощности вследствие неравномерности нагрузки фаз.

Асанов Азамат Курманкулович – старший преподаватель кафедры «ЭС» ЭФ КГТУ им. И. Раззакова

Вопрос: Как связана несимметрия напряжения с потерями электроэнергии

Ответ: При ухудшении качества напряжения, повышается нагрев элементов сети, увеличиваются потери мощности. Кроме того, происходит снижение эксплуатационной надёжности и сокращение срока службы электродвигателей; возникает ряд отрицательных электромагнитных явлений в сетях, увеличиваются дополнительные потери электрической энергии, обусловленные несимметрией токов (при несимметричных режимах работы распределительных сетей эти потери составляют 49,2 %, что составляет 32 % общих потерь в электрических сетях). Например, около 4 % всей потребляемой электрической энергии дополнительно теряется в асинхронных электродвигателях при их работе в сетях с постоянно несимметричной системой напряжений, возникающей вследствие несимметрии токов. Так увеличение напряжения на 10 % ведет; к возрастанию светового потока и освещенности рабочей поверхности до 40 %, уменьшается срок службы ламп накаливания втрое; к увеличению потребления реактивной мощности сети, что снижает коэффициент мощности. Уменьшение напряжения сети на 10 % приводит к уменьшению светового потока ламп накаливания до 40 %; уменьшению момента вращения электродвигателя на 20 %].

Рырсалиев Абдыкерим Сатиханович – доцент кафедры «ЭС» ЭФ КГТУ им. И. Раззакова, кандидат технических наук, доцент

Вопрос: Какие показатели характеризуют несимметрию напряжения

Ответ: Показателями КЭ, относящимися к несимметрии напряжений в трехфазных системах, являются коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности и коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности. Для указанных показателей КЭ стандартом установлены нормы.

Бокоева Жылдыз Асаналиевна – старший преподаватель кафедры «ЭС» ЭФ КГТУ им. И. Раззакова

Вопрос: Рассматривали влияние сечения нулевого провода на величину потерь электроэнергии?

Ответ: Да рассматривали. Так как потери энергии в ВЛ 0,4 кВ пропорциональны отношению сопротивления нулевого провода к сопротивлению фазного провода, то увеличение или уменьшение его значения равносильно увеличению или уменьшению потерь энергии в линии.

Таабалдиева Нурзат Дуйшоновна – доцент кафедры «ЭЭ» ЭФ КГТУ им. И. Раззакова, кандидат технических наук

Вопрос: Используется ли экспериментальная установка в учебном процессе?

Ответ: Да, имеется акт внедрения в учебный процесс. Экспериментальная установка используется по дисциплине «Управление качеством электроэнергии» магистрантов обучающихся по программе «Электроснабжение (по отраслям)» направления 640200 «Электроэнергетика и электротехника». Разработаны методические указания по данной дисциплине.

Сариев Бактыбек Имангазиевич – заведующий кафедрой «ЭС» ЭФ КГТУ им. И. Раззакова, кандидат технических наук

Вопрос: Как проводились экспериментальные исследования в действующих электрических сетях проводился?

Ответ: Экспериментальное исследование показателей КЭ проводилось на отходящих линиях трансформаторных подстанций (ТП) ОАО «Северэлектро» в разный исследуемый период, т.е. осенью, зимой, весной и летом.

Кадыров Ишенбек Шакирович – профессор кафедры «ЭиАСХ» КНАУ им. К.И. Скрябина, доктор технических наук, профессор

Вопрос: Какая практическая значимость ваших разработок?

Ответ: На результаты исследований получены акты внедрения, свидетельствующие о возможности использования их энергетическими компаниями Кыргызстана для повышения эффективности развития электрических сетей. Полученные экспериментальные и теоретические данные могут использоваться в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистрантов, обучающихся по энергетическим направлениям.

Сулайманова Нуржан Омурбековна – старший преподаватель кафедры «ЭС» ЭФ КГТУ им. И. Раззакова

Вопрос: Какие нормативные документы использовали при оценке соответствия электроэнергии нормам КЭ?

Ответ: При оценке соответствия электрической энергии нормам качества электроэнергии, относящимся к несимметрии напряжений в трехфазных системах установлены в ГОСТ Р 54149-2010 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», а также ГОСТ Р 51317.4.30 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии»

Выступили рецензенты:

Таабалдиева Нурзат Дуйшоновна – доцент кафедры «ЭЭ» ЭФ КГТУ им. И. Раззакова, кандидат технических наук

Несмотря на значительное число работ, посвященных несимметричным режимам работы электрической сети 0,38 кВ, вопросы повышения качества электрической энергии и снижения потерь, обусловленных несимметрией нагрузки, рассмотрены не в полной мере. Вопросы качества рассматриваются отдельно от вопросов, связанных с потерями электрической энергии, что не совсем корректно, так как они тесно связаны между собой. В распределительных электрических сетях нашей республики исследования по качеству и потерям электроэнергии в условиях несимметричного электропотребления не проводились. Предлагаемая диссертационная работа посвящена рассмотрению вопросов обеспечения требуемого качества электрической энергии и сопутствующего снижения дополнительных потерь электроэнергии, обусловленных несимметрией электрической нагрузки в сельских сетях 0,38 кВ.

Исходя из вышеизложенного, диссертационная работа Абдиевой Зарины Эдилбековны, является актуальной. Необходимо дополнить экономическую часть диссертационной работы.

В целом, представленная работа является завершенной научно-исследовательской работой, по структуре и объему отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК КР. С учетом научной зрелости автора рекомендовать работу к защите по специальности 05.20.02 – «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве» на соискание ученой степени кандидата технических наук в диссертационном совете.

Галбаев Жалалидин Токтобаевич – декан ЭФ КГТУ им. И. Раззакова, доктор технических наук, профессор

В электрических сетях 0,38 кВ с несимметричной и нелинейной нагрузкой возникают потери мощности и электрической энергии от токов прямой последовательности (основные потери), а также потери от токов обратной и нулевой последовательностей (потери от токов несимметрии), потери от несинусоидальных токов и потери от реактивных токов. Потери от несимметричных, несинусоидальных и реактивных токов относятся к дополнительным потерям, снижением которых в сельских сетях необходимо заниматься прежде всего. В диссертационной работе Абдиевой З.Э. были рассмотрены вышеперечисленные актуальные вопросы.

В целом, представленная работа является завершенной научно-исследовательской работой, по структуре и объему отвечает требованиям «Положение о порядке присуждения ученых степеней» ВАК КР. С учетом научной зрелости автора рекомендовать работу к защите по специальности 05.20.02 – «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве» на соискание ученой степени кандидата технических наук в диссертационном совете.

С оценкой диссертации выступили: кандидат технических наук, доцент Куржумбаева Роза Бейшенбековна, кандидат технических наук, доцент Рырсалиев Абдыкерим Сатиханович и кандидат технических наук, доцент Айткеев Бектурсун Бейшенович, которые дали положительную оценку и высказали свои замечания по диссертационной работе.

В дискуссии приняли участие: профессор ЭиАСХ КНАУ им. К.И. Скрябина доктор технических наук, профессор Кадыров Ишенбек Шакирович; декан ЭФ КГТУ им. И. Раззакова доктор технических наук, профессор Галбаев Жалалидин Токтобаевич; доцент кафедры «Электроэнергетика» КГТУ им. И. Раззакова, кандидат технических наук

наук Таабалдиева Нурзат Дуйшоновна; директор филиала КГТУ им. И. Раззакова в городе Кара-Балта, кандидат технических наук Касмамбетов Хусейн Талантбекович.

По итогам обсуждения диссертации «Исследование, расчет потерь напряжения и электроэнергии в сетях 380-220 В при несимметричных режимах» принято следующее **заключение**.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

расширенного заседания кафедры «Электроснабжение» Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова по кандидатской диссертации Абдиевой Зарины Эдилбековны на тему: «Исследование, расчет потерь напряжения и электроэнергии в сетях 380-220 В при несимметричных режимах» (тема диссертации утверждена на заседании Ученого Совета КТУ им. И. Раззакова, протокол №7 от 07 марта 2012 года).

Диссертационная работа «Исследование, расчет потерь напряжения и электроэнергии в сетях 380-220 В при несимметричных режимах» выполнена на кафедре «Электроснабжение» Кыргызского Государственного технического университета им. И. Раззакова. В период подготовки диссертационной работы соискатель Абдиева Зарина Эдилбековна работала в должности преподавателя, а затем старшего преподавателя кафедры «Электроснабжение».

В 2004 году она окончила Кыргызский технический университет им. И. Раззакова с присвоением академической степени магистра техники и технологии по направлению «Электроэнергетика».

Научный руководитель кандидат технических наук, профессор Суеркулов Манас Асанбекович.

Актуальность работы. К настоящему времени весь топливно-энергетический комплекс страны (электроэнергетика, угольная промышленность, добыча и распределение газа, производство нефтепродуктов и возобновляемые источники энергии) находятся в сложном положении. Распределительная электрокомпания сообщила о том, что по всей республике наблюдается повышение потребления электроэнергии, в связи с чем призвала граждан экономно расходовать электричество.

На сегодняшний день энергосбережение является главным направлением энергетической политики Кыргызстана в новых экономических условиях. Минимизация экономических затрат при электроснабжении – большая комплексная задача. С ней тесно связаны задачи повышения качества электроэнергии и надежности электроснабжения. При этом важное место занимают мероприятия по снижению потерь электроэнергии и её рациональному использованию.

Потери электроэнергии в энергосистеме Кыргызстана за I квартал 2020 года составили 839 млн. 470,340 тыс. кВт.ч. В том числе потери электроэнергии по ОАО «НЭСК» составили 274 млн. 503,173 тыс. кВт.ч или 5,58% от поступления в сети НЭС Кыргызстана и 17,06% от поступления в сети энергосистемы Кыргызстана. По РЭКом потери составили 564 млн. 967,167 тыс. кВт.ч или 11,48% от поступления в сети.

Правительство Кыргызстана своим Постановлением рекомендовало энергокомпаниям сократить уровень потерь до 12 процентов. Энергетики рапортуют о достигнутых целях. Однако никто не может ответить, как эти самые потери высчитывают. Выяснилось, что методика измерения и расчета потерь электроэнергии отсутствует.

Совершенствование методов расчёта потерь - длительный эволюционный процесс, который развивается параллельно с ростом знаний о структуре потерь, с увеличением объёмов исходной информации, которую реально можно использовать для расчётов, с расширением возможностей информационных технологий и программного обеспечения. Это совершенствование, безусловно, необходимо для повышения объективности определения приоритетов расхода финансовых и материальных ресурсов на снижение потерь.

Международные исследования показали, что относительные потери электроэнергии при ее передаче и распределении в сетях большинства стран можно считать удовлетворительными, если они не превышают 4-5 процентов. Потери на уровне

10 процентов можно считать максимально допустимыми с точки зрения физики передачи энергии по сетям.

Известно, что в распределительных сельских электрических сетях напряжением 0,4кВ весьма актуальна проблема снижения коммерческих и технических потерь электроэнергии, обусловленных в основном хищением, утечкой и несимметрией токов, напряжений в фазах, а также проблема, связанная со слабым контактным соединением, износом и обрывом проводов линий электропередач.

Одним из факторов, влияющим на величину потерь, является наличие трансформаторов, которые выдают на выходе несимметричные фазные напряжения. Кроме того, неравномерно распределенная по фазам нагрузка вызывает несимметрию. Вследствие чего появляется большой ток в нулевом проводе фидера. Этот ток приводит к паразитным потерям, достигающим до одной трети потерь в фидере 0,4 кВ.

Исследования эксплуатационных режимов сельскохозяйственных электрических сетей 0,38 кВ смешанными нагрузками, как крестьянские и фермерские хозяйства, животноводческие комплексы, кошары и предприятия по производству сельхозпродукции; тепличные и теплично-парниковые хозяйства; птицефабрики, инкубаторные птицеводческие станции, племптицефабрики (хозяйства), рыбоперерабатывающие заводы (хозяйства), рыбхозы, рыбоводно-мелиоративные станции, племрыбобитомники, племрыбпункты, пчелобитомники и пчелопасеки, лесхозы, проведенные вузами и научно-исследовательскими институтами показали, что в сети возникает значительная несимметрия токов, то есть режимы работы сельских сетей 0,38кВ являются объективно несимметричными.

Несимметрия токов в сети вызывает несимметрию напряжений на зажимах трёхфазных электроприёмников, коэффициент нулевой последовательности напряжений во многих случаях превышает в 2...2,5 раза допустимое значение. Электрооборудование, используемое в электрических сетях и электроустановках, рассчитано для работы в симметричном режиме, поэтому несимметрия токов и напряжений в сети приводит к снижению эффективности его работы. При величине коэффициентов несимметрии токов обратной и нулевой последовательности в сети, равной 25...30%, потери мощности и электрической энергии в линиях 0,38 кВ и трансформаторах потребителей увеличиваются на 30...50% по сравнению с симметричным режимом работы.

Несимметрия напряжений и токов трехфазной системы является одним из важных показателей КЭЭ, характеризующих режим электропотребления. Работа СЭС промышленных предприятий в условиях несимметрии токов и напряжений вызывает экономический ущерб, составной частью которого является увеличение потерь активной мощности и потребление активной и реактивной мощностей. Методы расчета дополнительных потерь активной мощности и электроэнергии, обусловленных несимметрией представляют особый интерес, так как дополнительные потери активной мощности должны входить в общий баланс независимо от причин их возникновения. Применение в электроустановках напряжением до 1кВ однофазных и нелинейных нагрузок обострило в последние годы проблему высших гармоник нагрузочных токов в распределительных сетях.

Основной причиной возникновения длительных несимметричных режимов электрических систем является несимметрия распределения потребителей электрической энергии по фазам сети. К таким потребителям в первую очередь следует отнести электротехнологические установки, преобладающее большинство которых, вследствие несимметричного исполнения и особенностей самого технологического процесса, обуславливает несимметрию режима питающей электрической сети, что отрицательно влияет на работу потребителей и ведет к ухудшению показателей качества электрической энергии. Подключение таких потребителей к электрической сети вызывает в последней несимметрию токов и напряжений, которая отрицательно

сказывается на работе всех звеньев системы: генераторов, линий электропередачи и трансформаторов, приемников электроэнергии.

При работе многофазной системы в несимметричном режиме снижается пропускная способность элементов сети, происходит дополнительный нагрев электрических машин, увеличиваются потери активной мощности и энергии в системах электроснабжения. Несимметрия токов вызывает несимметрию напряжений, что в свою очередь приводит к отклонениям фазных и линейных напряжений сети.

Перечисленные выше факторы снижают технико-экономические показатели процессов передачи, преобразования и потребления электроэнергии, а иногда приводят к авариям в системах электроснабжения.

Таким образом все вышеизложенное позволяет сделать вывод об актуальности исследований потерь при несимметрии токов и напряжений. Поэтому важным и актуальным направлением исследований является развитие методов, совершенствование и разработка математических моделей для расчетов и анализа показателей качества электрической энергии.

Объект исследования. Сельские электрические сети 380 В.

Предмет исследования. Потери электроэнергии при несимметричных режимах в сетях 380 В.

Целью исследования является развитие расчета потерь электроэнергии в сельских электрических сетях напряжением 380 В, вызванных наличием нагрузок с несимметричным характером.

Основные задачи исследования:

1. Исследование несимметричных режимов сельских электрических сетей напряжением 380 В;
2. Анализ методов расчета потерь ЭЭ и определение зависимости от уровня несимметрии при несимметричном режиме.
3. Разработка способа измерения потерь электроэнергии в сельских электрических сетях 0,38 кВ, при различных режимах потребления электроэнергии.
4. Нахождения численного значения для определения рассеивания энергии при номинально заданной температуре, с учетом повышения сопротивления токопроводящих жил.
5. Разработка экспериментальной установки, для исследования влияния показателей качества электроэнергии на элементы электрической сети.

Научную новизну диссертационной работы составляют: способ измерения потерь электроэнергии в сельских электрических сетях с помощью разработанной экспериментальной установки, основным элементом которой являются термостаты. В термостатах расположены физические модели элементов трехфазной электрической сети. Основным устройством установки является Arduino, с помощью которого проводится экспериментальное исследование по влиянию несимметрии на потери электроэнергии; выявления коэффициента разности рассеивания энергии при повышении сопротивления токопроводящих жил при номинально заданной температуры.

Практическая значимость состоит в том, что результаты исследований могут быть использованы энергетическими компаниями Кыргызстана для энергосбережения и улучшения качественного состава ЭЭ, отпускаемой коммунально-бытовым и производственным потребителям; полученные экспериментальные и теоретические данные могут использоваться в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров КГТУ им. И. Раззакова.

Результаты исследования подтверждены:

- Свидетельство № 504 «Управление переключениями нагрузок с исследованием режимов несимметрии в электрических сетях» от 17 мая 2018 года (заявка № 20180020.6, положительное решение от 11 мая 2018 г.);

– Свидетельство № 3351 «Способ измерения потерь электроэнергии в электрических сетях» от 06 июня 2018 г.

На защиту выносятся:

- 1) результаты анализа методов расчета несимметричных режимов работы электрических сетей 0,38 кВ;
- 2) компьютерная программа расчёта показателей несимметрии токов и напряжений;
- 3) результаты анализа экспериментальных исследований несимметричных режимов в действующих электрических сетях 0,38 кВ на основе разработанной экспериментальной установки

Методы исследования. Для достижения задач, определенных в диссертационной работе, применялись основные положения теории электрических цепей и метода симметричных составляющих, численного программирования и натурального эксперимента.

Степень достоверности, апробация работы и публикации. Достоверность произведенных исследований подтверждается корректностью использованных методов расчётов симметричных составляющих токов и напряжений. Основные положения и результаты исследований докладывались и обсуждались на ежегодных научно-практических конференциях КГТУ международной научно-практической конференции ежегодной конференции бакалавров, магистров и

Основные научные результаты, полученные в диссертации, опубликованы 7 печатных работ, вошедших в РИНЦ, из них 1 статья в личном авторстве, 3 статьи в зарубежном журнале, получены 1 патент и 2 авторских свидетельства в государственной патентной службе КР (в соавторстве).

Результаты исследований использованы в ОАО «Северэлектро» и в учебном процессе Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова.

Личный вклад автора. Результаты экспериментальных исследований, представленные в диссертации, получены автором лично. Вклад автора в работы, выполненные в соавторстве, заключается в обсуждениях и постановке задач на этапах научной работы, в получении, анализе и оформлении полученных результатов.

Оценка диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, трех глав, основных выводов и рекомендаций, списка используемой литературы

Материалы изложены научным языком, главы построены логически грамотно, последовательно. Выводы и рекомендации краткие, конкретные, формулировки аргументированные и обоснованные. В целом диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям ВАК КР, и полностью соответствует специальности 05.20.02 – «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве» (технические науки).

Рекомендации к защите диссертации.

Принимая во внимание актуальность проведенных исследований, теоретическую и практическую значимость результатов, считать, что диссертационная работа Абдиевой З.Э. на тему «Исследование, расчет потерь напряжения и электроэнергии в сетях 380-220 В при несимметричных режимах» отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с «Положением о порядке присуждения ученых степеней» ВАК КР.

С учетом научной зрелости автора рекомендовать работу к защите по специальности 05.20.02 – «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве» на соискание ученой степени кандидата технических наук в диссертационном совете.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Электроснабжение» Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова с участием кафедры «Электромеханика» Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова, кафедры «Электроэнергетика» Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова, кафедры «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина.

ПОСТАНОВИЛИ:

1. Диссертационная работа Абдиевой З.Э. на «Исследование, расчет потерь напряжения и электроэнергии в сетях 380-220 В при несимметричных режимах», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является завершенным научным исследованием, имеющих важное научное-практическое значение. Она удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.20.02 – «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве» и соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК КР».

2. Диссертационную работу Абдиевой З.Э. рекомендовать к публичной защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 – «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве».

Результаты голосования: Постановление принято единогласно.

Председатель заседания,
Заведующий кафедрой «Электроснабжение»
ЭФ КГТУ им. И. Раззакова
кандидат технических наук

Секретарь заседания
старший преподаватель
кафедры «Электроснабжение»
ЭФ КГТУ им. И. Раззакова

27 сентября 2021 года



Б.И. Сариев

А.И. Джумаева



Здравствуйтесь, уважаемые коллеги и участники расширенного заседания кафедры!

Разрешите представить вам диссертацию на тему:

«Исследование, расчет потерь напряжения и электроэнергии в сетях 380-220 В при несимметричных режимах». Руководитель к.т.н., профессор Суеркулов М.А.

За последние годы произошло значительное увеличение установленной мощности электрооборудования сельскохозяйственных предприятий, а также в быту сельских жителей. По численности и составу электроустановок, требованиям к надёжности их электроснабжения и качеству электроэнергии они приблизились к промышленным потребителям. Основной отличительной чертой современного сельского электроснабжения является то, что сельскохозяйственные потребители сосредоточили на своем балансе значительное количество линий электропередачи, трансформаторных подстанций, электродвигателей и других производственных и бытовых электроустановок. В 2020 году по сравнению с предыдущим годом увеличилось потребление электроэнергии в сфере сельского хозяйства в Кыргызской Республике - на 3,1%.

В последние 20 лет наблюдается тенденция роста мощности нелинейных, несимметричных и резкопеременных нагрузок на предприятиях, в сельскохозяйственных объектах. При этом растет число и мощность однофазных электроприборов. Все это привело к увеличению уровня электромагнитных помех в электрических сетях потребителей и энергосистем, которые, различаясь по своей природе, характеру изменения и интенсивности, оказывают неблагоприятное воздействие на силовые электроустановки, системы автоматики и телемеханики, связи и релейной защиты. Преобразователи напряжений и частоты, двигатели постоянного тока, системы бесперебойного электропитания (ИБП), специальные трансформаторы, электрофильтры, газоразрядные лампы генерируют гармоники, которые вызывают помехи в сети, конденсаторных установках, увеличивают искажения напряжения, а также при определенных условиях приводят к несимметричным и несинусоидальным режимам.

Целью представленной работы является развитие методов расчета потерь электроэнергии в сельских электрических сетях напряжением 380 В, вызванных наличием нагрузок с несимметричным характером

Основные задачи исследования:

1. Исследование несимметричных режимов сельских электрических сетей напряжением 380 В;

2. Анализ методов расчета потерь ЭЭ и определение зависимости от уровня несимметрии при несимметричном режиме.

3. Разработка способа измерения потерь электроэнергии в сельских электрических сетях 0,38 кВ, при различных режимах потребления электроэнергии.

4. Нахождения численного значения для определения рассеивания энергии при номинально заданной температуре, с учетом повышения сопротивления токопроводящих жил.

5. Разработка экспериментальной установки, для исследования влияния показателей качества электроэнергии на элементы электрической сети.

Научную новизну диссертационной работы составляют:

1. Исследования влияние несимметрии токов на рост потерь электрической энергии;

2. Разработана программа для ЭВМ «Управление переключениями нагрузок с исследованием режимов несимметрии в электрических сетях»;

3. Разработан способ измерения потерь электроэнергии в сельских электрических сетях, дающий возможность измерить потери электроэнергии в электрических сетях с меньшей погрешностью по сравнению с существующими способами

4. Разработана и внедрена в учебный процесс КГТУ им. И.Раззакова «Экспериментальная установка для исследования влияния показателей качества электроэнергии на элементы электрической сети»

Практическая значимость состоит в том, что результаты исследований могут быть использованы энергетическими компаниями Кыргызстана для повышения эффективности дальнейшего развития электроэнергетики. Полученные экспериментальные и теоретические данные могут использоваться в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистрантов, обучающихся по энергетическим направлениям.

На защиту выносятся:

1) результаты исследования и анализа методов расчета несимметричных режимов работы электрических сетей 0,38 кВ;

2) компьютерная программа расчёта показателей несимметрии токов и напряжений;

3) результаты анализа экспериментальных исследований несимметричных режимов в действующих электрических сетях 0,38 кВ на основе разработанной Экспериментальной установки для исследования влияния показателей качества электроэнергии на потери.

Результаты исследований использованы в ОАО «Северэлектро» и учебном процессе Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова.

Личный вклад автора. Результаты экспериментальных исследований, представленные в диссертации, получены автором лично. Вклад автора в работы, выполненные в соавторстве, заключается в обсуждениях и постановке задач на этапах научной работы, в получении, анализе и оформлении полученных результатов.

Уважаемые участники расширенного заседания!

Анализ информации научных публикаций показал, что не смотря на работу многих специалистов в этой области таких как И.А. Будзко, В.Э. Воротницкий, О.Г. Гриб, Н.Д. Григорьев, И.В. Жежеленко, Ю.С. Железко, Ф.Д. Косоухов, В.Г. Кузнецов, М.С. Левин, Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов, С.М. Розанов, В.А. Скороходов, Н.Н. Сырых, А.К. Шидловский, С.А. Кулагин, Н.А. Мельников, И. Ф. Бородин и др. что существующие методы расчёта показателей несимметрии и потерь электроэнергии в этих сетях не позволяют установить закономерности их изменения от параметров нагрузки и сети, провести анализ потерь при различных режимах работы электроприёмников и разработать наиболее эффективные способы и средства снижения несимметрии и обусловленных ею потерь, так как в этих методах несимметрия токов в сетях учитывается приближёнными способами. Кроме того, большинство научных работ не рассматривают проблему качества электрической энергии в целом. Так, например, повышение качества напряжения за счёт снижения уровня несимметрии напряжений рассматривалось в отрыве от проблемы снижения потерь мощности и энергии в сети, и, наоборот, вопросы снижения потерь не затрагивали проблему несимметрии напряжений. Вместе с этим, до настоящего времени не разработаны общие методы расчёта сетей с несимметричными рассредоточенными нагрузками, которые широко распространены в сельских электрических сетях. Отсутствие комплексности в подходе к решению проблемы несимметрии приводило в отдельных случаях к недостаточно верным выводам и рекомендациям по способам и средствам для снижения потерь электроэнергии в сетях 0,38 кВ, обусловленных несимметрией токов.

Таким образом все вышеизложенное позволяет сделать вывод об актуальности исследований потерь при несимметрии токов и напряжений. Поэтому важным и актуальным направлением исследований является развитие методов, совершенствование и разработка математических моделей для расчетов и анализа показателей качества электрической энергии.

Несимметрично загруженные фазы в электрических сетях приводят к росту потерь электроэнергии, следствием чего является снижение ее качества. Нами проведены исследования в реальных сетях на отходящих фидерах двух подстанций 10/0,4 кВ, расположенных в сельской местности, питающих потребителей (Аламединский РЭС, Воронцовский участок ОАО «Северэлектро»). Результаты исследований представлены на слайдах. А также исследования проведены на разработанной Экспериментальной установке в лабораторных условиях с помощью разработанных термостатов. Устройством сопряжения между компьютером и термостатами является электронный конструктор «Arduino». Замеры, выполнялись при существующем положении в сети в течение недели. При измерениях использовались лабораторные токоизмерители и вольтметры, а также счетчики.

Несимметричная нагрузка вызывает дополнительные потери мощности, которые можно связать с коэффициентом несимметрии, определяемом по выражению (3), который теоретически может изменяться от 0 до 1. Заметим, что K_H изменяется (Рис. 3.3) с изменением нагрузки. Поэтому необходимо связать его с токовым суточным графиком и определить типовой коэффициент неравномерности.

Показателями КЭ, относящимися к несимметрии напряжений в трехфазных системах, являются коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности и коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности .

Для указанных показателей КЭ установлены следующие нормы:

- значения коэффициентов несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} и несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} в точке передачи электрической энергии, усредненные в интервале времени 10 мин, не должны превышать 2% в течение 95% времени интервала в одну неделю;

- значения коэффициентов несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} и несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} в точке передачи электрической энергии, усредненные в интервале времени 10 мин, не должны превышать 4% в течение 100% времени интервала в одну неделю.

При оценке соответствия электрической энергии нормам КЭ, относящимся к несимметрии напряжений, установленным в настоящем стандарте, должны быть проведены измерения по ГОСТ 30804.4.30, подраздел 5.7, класс А.

Результаты замеров токов и напряжений ТП 316 и ТП 1079 представлены на слайде.

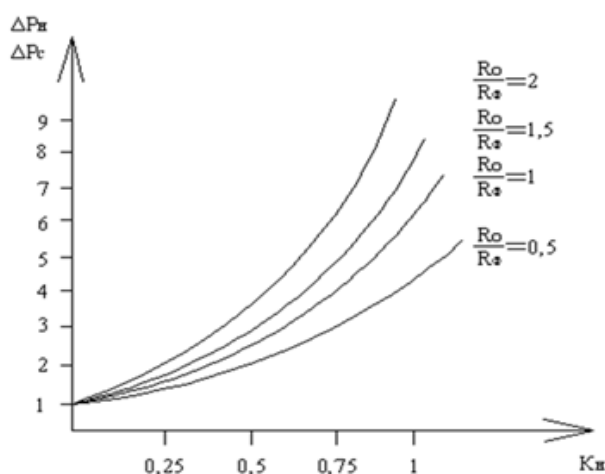
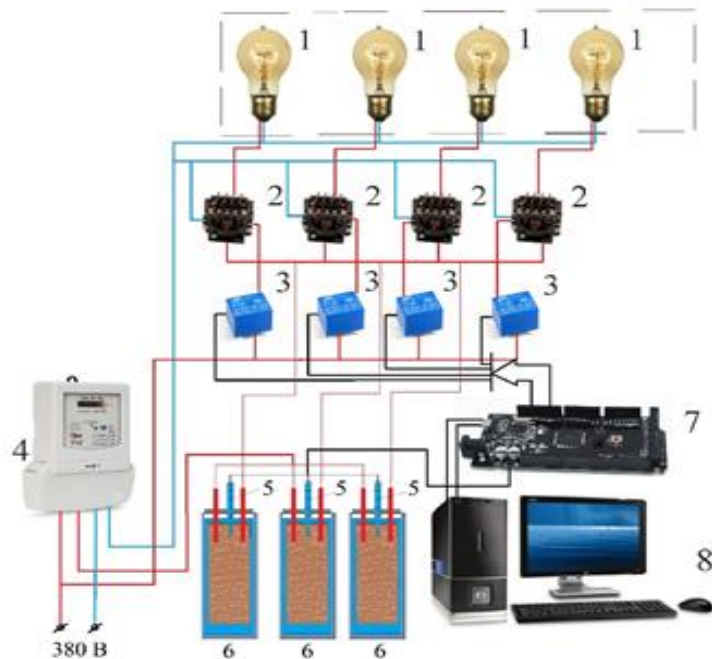


Рис. 3.3. Изменение коэффициента несимметрии во времени, рассчитанного по выражению (3.1)

Исследование влияния несимметрии на потери электрической энергии проводилось также на экспериментальной установке (Рис. 3.6) в лабораторных условиях, созданной в лаборатории с использованием «Arduino». Arduino позволяет компьютеру моделировать электрическую нагрузку. Устройства с помощью Arduino получают информацию датчиков и управляют исполнительными устройствами. Платформа, с программным кодом, построена на простой плате с современной средой для написания программного обеспечения. Это современное устройство использовано в разработанной экспериментальной установке стационарно установленной на кафедре «Электроснабжение» Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова, для исследования физических процессов в электрических сетях. Исследования проводились на экспериментальной установке при различных режимах: симметричный режим; несимметричный режим, при нагрузке на две фазы; несимметричный режим, при нагрузке на одну фазу (крайний режим несимметрии). Их результаты представлены на слайдах.

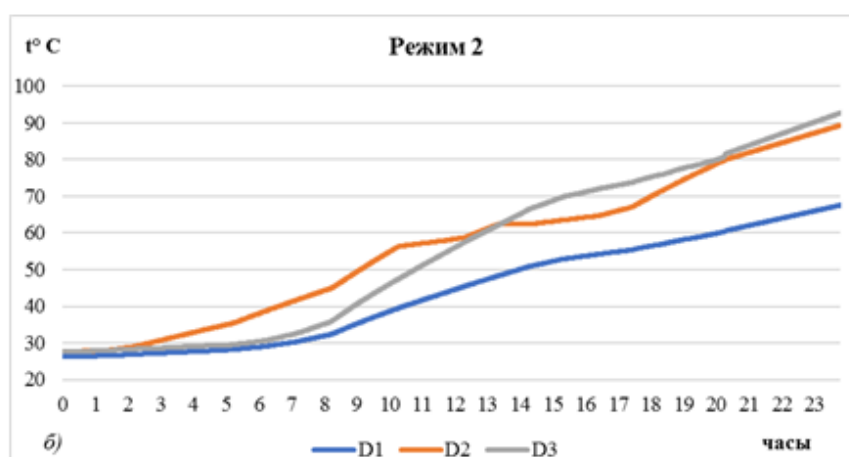
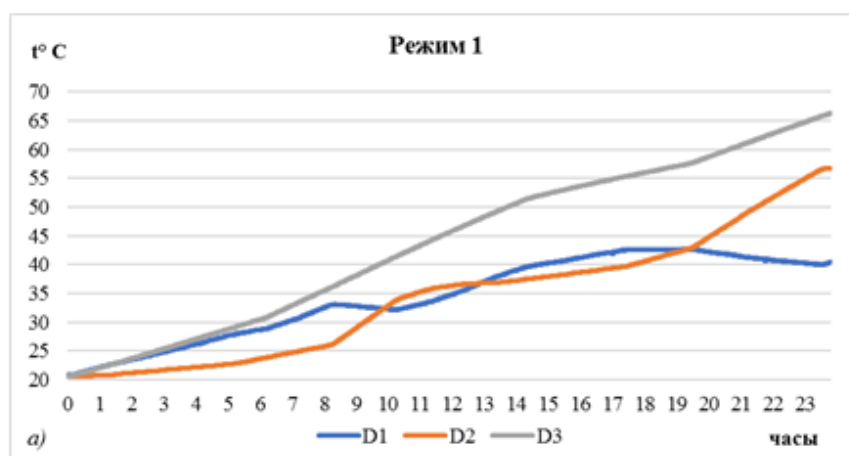


Цвета проводов	Функциональное назначение
Красный ■	силовой
Синий ■	нулевой
Черный ■	управляющий

Рис. 3.6. Экспериментальная установка для исследования влияния показателей качества электроэнергии на элементы электрической сети:

1- электроприемник; 2- магнитные пускатели; 3- реле; 4- счетчик трехфазный электронный; 5- электронный датчик температуры; 6- термостат (физическая модель исследования); 7- Arduino Mega 2560; 8- персональный компьютер.

Результаты исследования несимметрии на разработанной экспериментальной установке приведены на слайдах



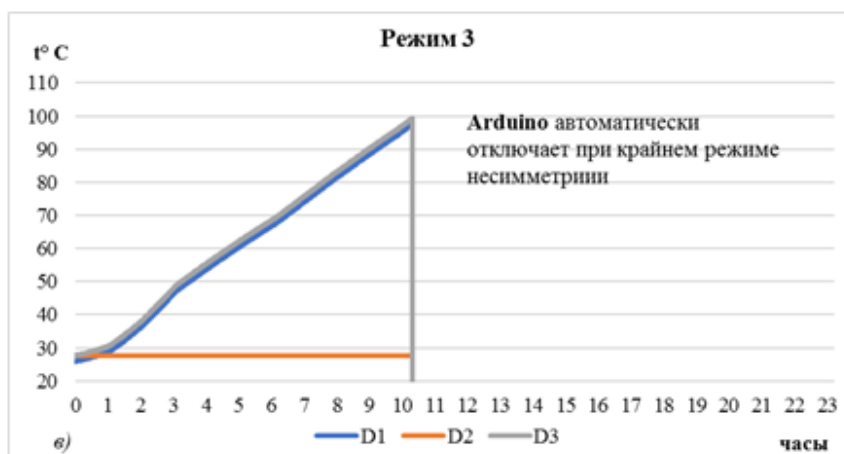


Рис. 3.8. Зависимость температуры нагрева элемента в течении суток:

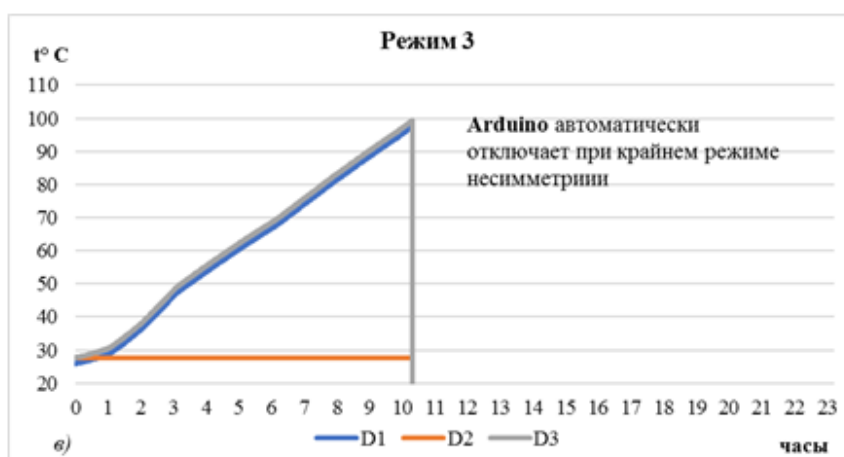


Рис. 3.9. Зависимость температуры нагрева элемента в течении суток:

- а) симметричный режим; б) несимметричный режим, при нагрузке на две фазы; в) несимметричный режим, при нагрузке на одну фазу (крайний режим несимметрии).

В электрических сетях постоянно изменяется сила тока и напряжения, что затрудняет математически получить точные результаты о рассеивании энергии в элементах электрических сетей по закону Джоуля-Ленца. Для упрощения получения данных рассеивания энергии в элементах электрических сетей применяем физическую модель исследования в виде термостатов. Физическая модель разработана для трехфазной сети в виде трех термостатов на каждую фазу. Термостат состоит из корпуса, выполненного из нержавеющей стали, с двойными стенками, между которыми выкачан воздух (создан вакуум) для уменьшения теплопроводности и конвекции между колбой термостатов и внешней средой. Следующими элементами термостата являются физическая модель элемента электрической сети (токопроводящая

жила) и наполнитель. Для уменьшения теплового излучения внутренние поверхности стеклянной колбы покрыты слоем из отражающего, зеркального материала. Наружный корпус термостатов со стеклянной колбой изготовлены из металла (рис. 2), в котором находится электронный термодатчик, с заданным коэффициентом рассеивания тепловой энергии в окружающую среду в зависимости от разности температуры внутри термостатов от окружающей среды. Термостаты наполняются трансформаторным маслом, с известной теплоемкостью и весом. Температура трансформаторного масла передается электронному термодатчику, с выходом на Arduino.

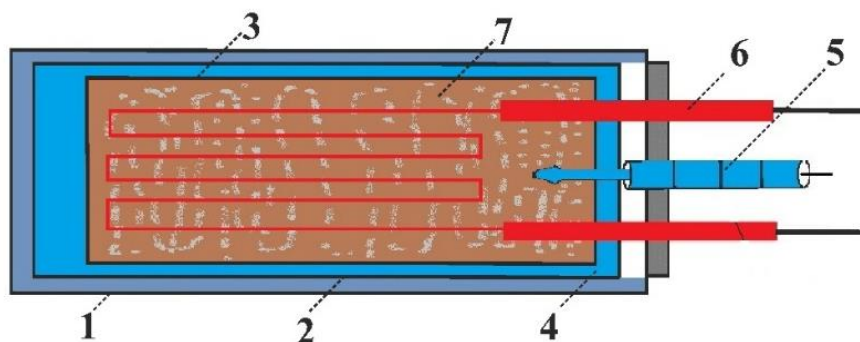


Рис. 2.10. Термостат: 1 – корпус; 2 – внешний стеклянный сосуд; 3 – внутренний стеклянный сосуд; 4 – вакуум; 5 – электронный термодатчик; 6 – токоведущий элемент; 7 – трансформаторное масло.

На основании проведенного экспериментального исследования влияния несимметрии на потери электроэнергии в электрических сетях 0,4 кВ, расчета и анализа результатов необходимо сделать следующие выводы:

1. В сетях 0,4 кВ с коммунально-бытовыми потребителями коэффициент неравномерности фаз изменяется от 0 до 0,47, что увеличивает потери электроэнергии до 2,1 раза, а в предельном случае, когда $K_{нес} = 1$, до 6 раз.
2. Необходимо определить экспериментально по сезонам года коэффициент несимметрии и типовой суточный график для характерных потребителей.
3. Одной из мер по снижению потерь электроэнергии и повышению ее качества в электрических сетях 0,4 кВ признать увеличение сечения нулевого провода до величины, равной или даже большей, чем сечение фазного провода.
4. Исследования свидетельствуют о влиянии несимметрии на рост потерь электроэнергии в электрических сетях.