

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Стандартизация, метрология и управление качеством»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.С. Секацкий
подпись
« _____ » _____ 2019г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

27.03.01 – Стандартизация и метрология

Разработка документации для аттестации эталонов электрических средств
измерений

Руководитель	_____	доц., канд. тех. наук	А.П. Батрак
	подпись, дата		
Выпускник	_____		И.С. Лалетина
	подпись, дата		
Нормоконтролер	_____	доц., канд. тех. наук	Н.В. Мерзликина
	подпись, дата		

Красноярск 2019

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка документации для аттестации эталонов электрических средств измерений» содержит 65 страниц текстового документа, 8 приложений, 19 использованных источников, 2 графического материала, 3 таблицы.

ЕДИНСТВО ИЗМЕРЕНИЙ, ВОЛТМЕТР, ВОЛЬТАМПЕРМЕТР, ЭТАЛОН, МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПОВЕРКА.

Целью работы является разработка документации для аттестации эталонов электрических средств измерений на предприятии ОАО «КрЭВРЗ».

Были выбраны следующие электрические средства измерения: вольтамперметр постоянного тока 0-30 А и вольтметр переменного тока 0-600 В.

В ходе бакалаврской работы были выполнены поставленные задачи:

- рассмотрены нормативно-правовые основы обеспечения единства измерений, проведен теоретический обзор по физическим основам электрических измерений, методам и средствам обеспечения единства измерений;

- изучены государственные поверочные схемы на электротехнические средства измерения для аттестации эталона;

- изучена работа метрологической службы и лаборатории электрических измерений ОАО «КрЭВРЗ»;

- разработаны документы для аттестации электрических средств измерений, а именно для вольтамперметра М2015 и вольтметра Д5015, в частности, паспорт рабочего эталона, правила его содержания и применения, свидетельство об аттестации, также была разработана электронная заявка.

Данные документы разрабатывались на основе приказа №36 "Об утверждении рекомендаций по проведению первичной и периодической аттестации и подготовке к утверждению эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений".

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Общие сведения об электрических измерениях	7
1.1 Физические основы электрических измерений.....	7
1.2 Единицы электрических измерений	13
1.3 Методы измерений электрических величин.....	15
1.4 Основные характеристики электрических средств измерения	17
1.5 Обеспечение единства измерений.....	25
1.6 Требования к эталонам.....	29
2 Общие сведения о предприятии.....	30
3 Поверочные схемы электротехнических средств измерений	35
3.1 Государственная поверочная схема для средств измерений силы постоянного электрического тока.....	35
3.2 Государственная поверочная схема для средств измерений переменного электрического напряжения.....	36
4 Процедура аттестации эталонов электротехнических средств измерений.....	37
4.1 Разработка документации для аттестации эталона вольтамперметра М2015.....	40
4.1.1 Разработка паспорта эталона для аттестации вольтамперметра М2015.....	40
4.1.2 Разработка правил содержания и применения эталона для аттестации вольтамперметра М2015.....	41
4.1.3 Разработка свидетельства об аттестации эталона для вольтамперметра М2015.....	41
4.1.4 Разработка электронной заявки.....	42
4.2 Разработка документации для аттестации эталона вольтметра Д5015.....	43
4.2.1 Разработка паспорта эталона для вольтметра Д5015.....	43
4.2.2 Разработка правил содержания и применения эталона для вольтметра Д5015	44
4.2.3 Разработка свидетельства об аттестации эталона для вольтметра Д5015.....	45
4.2.4 Разработка электронной заявки.....	48
Заключение.....	48
Список использованных источников.....	49

Приложение А (обязательное) Паспорт рабочего эталона.....	51
Приложение Б (обязательное) Паспорт рабочего эталона	53
Приложение В (обязательное) Правила содержания и применения рабочего эталона	55
Приложение Г (обязательное) Правила содержания и применения рабочего эталона	58
Приложение Д (обязательное) Свидетельство об аттестации рабочего эталона.....	61
Приложение Е (обязательное) Свидетельство об аттестации рабочего эталона.....	62
Приложение Ж (обязательное) Данные для электронной заявки на аттестацию вольтамперметра типа М2015.....	63
Приложение И (обязательное) Данные для электронной заявки на аттестацию вольтметра типа Д5015.....	65

ВВЕДЕНИЕ

Разработка документации для аттестации эталонов электрических средств измерений является актуальным вопросом, так как для обеспечения единства измерений необходима тождественность единиц, в которых проградуированы все средства измерения одной и той же физической величины. Это достигается путем точного воспроизведения и хранения установленных единиц физических величин и передачи их размеров применяемым средствам измерения.

Воспроизведение, хранение и передача размеров единиц осуществляется с помощью эталонов, которые являются высшим звеном в метрологической цепи передачи размеров единиц измерений. Эталон - это средство измерения, обеспечивающее воспроизведение и хранение единицы физической величины с целью передачи размера единицы образцовым, а от них рабочим средствам измерения и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке.

Особое место в измерительной технике занимают электрические измерения. Современная энергетика и электроника опираются на измерение электрических величин. В настоящее время разработаны и выпускаются приборы, с помощью которых могут быть произведены измерения более 50 электрических величин. Электрические измерительные приборы служат для измерения различных электрических величин: силы тока, напряжения, сопротивления, мощности, энергии, а также многих неэлектрических величин, в том числе температуры, давления, влажности, скорости, уровня жидкости, толщины материала и др.

Целью бакалаврской работы является разработка нормативной документации для аттестации эталонов электрических средств измерений на предприятии АО «КрЭВРЗ».

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести теоретический обзор по физическим основам электрических измерений;
- изучить нормативно-правовые основы обеспечения единства измерений;
- ознакомиться с деятельностью предприятия и рассмотреть существующую на АО «КрЭВРЗ» метрологическую службу и электроизмерительную лабораторию;
- проанализировать существующий процесс аттестации для электротехнических средств измерений;

– разработать документацию для аттестации эталонов электротехнических средств измерений на примере амперметра постоянного тока М2015 в частности: паспорт эталона, правила его содержания и применения, свидетельство об аттестации;

– разработать документацию для аттестации эталонов электротехнических средств измерений на примере вольтметра переменного тока Д5015, в частности: паспорт эталона, правила его содержания и применения, свидетельство об аттестации.

1 Общие сведения об электрических измерениях

1.1 Физические основы электрических измерений

Физические величины – это характеристики материальных объектов и процессов, измеряемые прямо или косвенно. Прямые измерения осуществляются путем сравнения измеряемых величин с единицей измерения, например, измерение массы путем сравнения её на весах с единицами массы (разновесами). Косвенные измерения получают с помощью соединения прямых измерений посредством математических уравнений [4].

Законы, связывающие между собой эти величины, имеют вид математических уравнений. Электрические методы контроля основаны на создании в контролируемом объекте электрического поля. Электрическое поле создается непосредственным воздействием на него электрическим возмущением (например, полем электрического тока) или воздействием возмущений неэлектрической природы, например, тепловым или механическим.

Для измерения электрических величин используются электроизмерительные приборы. Наиболее популярные – это аналоговые электромеханические приборы, показания которых являются непрерывной функцией изменений измеряемой величины. Особенно простыми и надежными являются электромеханические показывающие приборы прямого действия, их точностные характеристики удовлетворяют требованиям технических измерений.

Электрическое измерение – это нахождение (экспериментальными методами) значения физической величины, выраженного в соответствующих единицах (например, 3 А, 4 В). Значения единиц электрических величин определяются международным соглашением в соответствии с законами физики и единицами механических величин. Поскольку «поддержание» единиц электрических величин, определяемых международными соглашениями, сопряжено с трудностями, их представляют «практическими» эталонами единиц электрических величин. Такие эталоны поддерживаются государственными метрологическими лабораториями разных стран.

Электрические измерения проводятся в соответствии с государственными эталонами единиц напряжения и силы постоянного тока, сопротивления постоянному току, индуктивности и емкости. Такие эталоны представляют

собой устройства, имеющие стабильные электрические характеристики, или установки, в которых на основе некоего физического явления воспроизводится электрическая величина, вычисляемая по известным значениям фундаментальных физических констант. Эталоны ватта и ватт-часа не поддерживаются, так как более целесообразно вычислять значения этих единиц по определяющим уравнениям, связывающим их с единицами других величин.

Для измерения электрических величин используется широкий спектр приборов:

- Аналого-цифровые преобразователи бывают интегрирующие, последовательного приближения и параллельные.

- Цифровые вольтметры и мультиметры измеряют квазистатическое значение величины и указывают его в цифровой форме. Вольтметры непосредственно измеряют только напряжение, обычно постоянного тока, а мультиметры могут измерять напряжение постоянного и переменного тока, силу тока, сопротивление постоянному току и иногда температуру.

- Измерители полных сопротивлений измеряют емкость конденсатора, сопротивление резистора, индуктивность катушки индуктивности или полное сопротивление (импеданс) соединения конденсатора или катушки индуктивности с резистором.

- Для измерения напряжения, силы тока и сопротивления на постоянном токе применяются аналоговые магнитоэлектрические приборы с постоянным магнитом и многовитковой подвижной частью. Такие приборы стрелочного типа характеризуются погрешностью от 0,5 до 5%. Они просты и недороги (пример – автомобильные приборы, показывающие ток и температуру), но не применяются там, где требуется сколько-нибудь значительная точность.

- Цифровые вольтметры и мультиметры измеряют квазистатическое значение величины и указывают его в цифровой форме. Вольтметры непосредственно измеряют только напряжение, обычно постоянного тока, а мультиметры могут измерять напряжение постоянного и переменного тока, силу тока, сопротивление постоянному току и иногда температуру.

- Гальванометры относятся к магнитоэлектрическим приборам - это высокочувствительные приборы для измерения крайне малых токов. В гальванометрах нет подшипников, их подвижная часть подвешена на тонкой ленточке или нити, используется более сильное магнитное поле, а стрелка заменена зеркальцем, приклеенным к нити подвеса. Зеркальце поворачивается вместе с подвижной частью, а угол его поворота оценивается по смещению отбрасываемого им светового зайчика на шкале, установленной на расстоянии около 1 м. Самые чувствительные гальванометры способны давать отклонение по шкале, равное 1 мм, при изменении тока всего лишь на 0,00001 мкА.

Высокотемпературная сверхпроводимость. Явление высокотемпературной сверхпроводимости было впервые обнаружено в 1911 году учёным Х. Камерлинг-Оннесом. Проводя опыты со ртутью, он заметил, что при температуре 4,15 её электрическое сопротивление обращается в нуль. Позднее такое явление было выявлено и после экспериментов с другими металлами и

сплавами. Температура, при которой происходит переход в сверхпроводящее состояние, называется критической температурой. Значение температуры, при которой происходит скачок значения сопротивления вещества, было названо критической температурой. Для сверхпроводящего состояния характерно то, что магнитное поле не проникает в толщу сверхпроводника (эффект Мейсснера) и сверхпроводник является качественным диамагнетиком.

В 1986–87 гг. был обнаружен ряд высокотемпературных сверхпроводников с критической температурой порядка 100 К. Такая температура достигается с помощью жидкого азота. Все открытые до сих пор высокотемпературные сверхпроводники принадлежат к группе металлооксидной керамики. Исследование уже открытых и поиск новых высокотемпературных сверхпроводников производится очень интенсивно.

В 1987 году экспериментальным путём был обнаружен ряд материалов-сверхпроводников с критической температурой около 100 К. Такая низкая температура достигалась благодаря использованию жидкого азота. Все высокотемпературные сверхпроводники, открытые на сегодняшний день, относятся к группе металлооксидной керамики. В настоящее время очень интенсивно идёт поиск новых высокотемпературных сверхпроводников, а также исследование уже открытых.

В 1962 г. Брайан Джозефсон предсказал на основе теории сверхпроводимости существование явления, получившего название эффекта Джозефсона. Этот эффект заключается в протекании сверхпроводящего тока через тонкий слой диэлектрика, разделяющий два сверхпроводника. Этот слой называется контактом Джозефсона и обычно представляет собой плёнку окиси металла толщиной порядка 1 нм. Электроны проводимости проходят через диэлектрический контакт, благодаря туннельному эффекту. Если ток через контакт Джозефсона превышает критическое значение, наблюдается нестационарный эффект.

В 1962 году на основе теории сверхпроводимости был предсказан эффект Джозефсона, заключающийся в протекании тока по очень тонкому слою материала-диэлектрика, расположенного между двумя сверхпроводниками. Этот слой позднее был назван слоем Джозефсона. Слой Джозефсона, как правило, представляет собой тонкий (около 1 нм) слой окиси металла. Благодаря туннельному эффекту, электроны проводимости могут проходить через диэлектрический контакт.

В эффекте Джозефсона непосредственно проявляется важнейшее свойство сверхпроводника – согласованное поведение его электронов. Эффект Джозефсона нашёл применение для создания уникальных по точности приборов для измерения малых токов (до 10⁻¹⁰ А), напряжений (до 10–15 В), магнитных полей (до 10–18 Тл) и др.

Эффект Джозефсона проявляет очень важное свойство материалов-сверхпроводников – согласованное поведение электронов. Эффект Джозефсона стал основой для создания приборов, с помощью которых могут

проводиться высокоточные измерения малой силы тока (до 10–10А), напряжения (до 10–15), а также магнитного поля (до 10–18 Тл).

Эффект Холла был обнаружен в 1879 г., и он заключается в том, что если металлическую пластинку, вдоль которой течёт постоянный электрический ток, поместить в перпендикулярное к ней магнитное поле, то между гранями, параллельными направлениям тока и поля, возникает разность потенциалов

В 1879 году был обнаружен эффект Холла. Он заключается в возникновении разности потенциалов между гранями пластины, вдоль которой течёт постоянный ток, при помещении её в перпендикулярное магнитное поле [13].

В настоящее время для повышения точности измерений широко используются методы квантовой метрологии, основанные на использовании стабильных физических явлений и фундаментальных взаимодействий, обусловленных корпускулярно-волновой природой вещества и электромагнитного излучения.

Сейчас, в целях повышения точности измерений, часто используются методы квантовой метрологий. В их основе лежит использование стабильных явлений и взаимодействий, которые обусловлены двойственной корпускулярно-волновой природой излучения и вещества.

Квантовые методы и соответствующие средства измерений отличаются высокими метрологическими характеристиками и уникальными свойствами, которые обусловлены стабильностью физических явлений, лежащих в их основе. Функции преобразования квантовых измерительных преобразователей и приборов базируются на фундаментальных законах микромира и квантово-механических соотношениях. Поэтому во многих случаях в качестве коэффициентов преобразования таких СИ выступают фундаментальные физические константы, обычно известные с высокой точностью, или коэффициенты, поддающиеся точному расчёту. Это кроме высокой точности преобразования обеспечивает повышение метрологической надёжности СИ, поскольку такие СИ не нуждаются в гравировке и периодической поверке [4].

Благодаря стабильности явлений, лежащих в основе квантовых методов, соответствующие им средства измерений имеют высокие метрологические характеристики. В таких приборах в качестве коэффициента преобразования часто используются константы, известные уже с очень высокой точностью, или коэффициенты, которые представляется возможным точно рассчитать. Помимо высокой точности, это даёт повышенную надёжность средств измерения за счёт того, что их не нужно периодически поверять и гравировать.

Использование физических явлений, происходящих на атомном или ядерном уровнях, позволяет создать высокочувствительные СИ с порогом чувствительности, равным кванту энергии одной или небольшого ансамбля атомных частиц. По этой же причине метрологические характеристики (МХ) квантовых приборов мало зависят от изменений внешних факторов. В качестве информативного параметра выходного сигнала квантовых СИ во многих

случаях выступает частота, являющаяся наиболее точно измеряемой величиной, которую можно достаточно легко передать на большие расстояния.

Высокочувствительные средства измерения также часто создаются, благодаря использованию в основе физических явлений, происходящих на атомном уровне. Эти приборы имеют порог чувствительности, равный от 1 кванта энергии. За счёт этого же метрологические характеристики таких приборов не столь сильно подвержены воздействию внешних факторов. Информативным параметром выходного сигнала является частота, которую можно измерить с высокой точностью, а также передать на большие расстояния [15].

В метрологии к настоящему времени квантовые методы нашли широкое применение для создания естественных эталонов единиц ряда ФВ. Это эталоны единиц длины, времени и частоты электрического напряжения, магнитной индукции, температуры, электрического сопротивления.

Сейчас квантовые методы используются при создании естественных эталонов единиц ряда физических величин (длина, температура, время, индукция, сопротивление, напряжение).

Совершенствование квантовых методов и их сочетание с современной элементной базой позволяют на их основе создавать не только высокоточные эталоны единиц ФВ, но также рабочие эталоны и РСИ с уникальными характеристиками, которые не могут быть получены на основе применения других методов (классических). Уже созданы усилители и АЦП с порогом чувствительности 10–14 В, тесламетры и градиентометры с порогом чувствительности соответственно 10–15 Тл · Гц^{1/2} и 10–13 Тл · м⁻¹ Гц^{-1/2} на основе эффекта Джозефсона [13].

Благодаря сочетанию современной элементной базы с усовершенствованными квантовыми методами, предоставляется возможность создания как высокоточных эталонов физических величин, так и рабочих эталонов, и средств измерения с уникальными характеристиками. Создание таких эталонов не предоставлялось возможным с применением других, классических методов.

Электромагнитная индукция. По закону электромагнитной индукции, электродвижущая сила, возникающая в контуре.

Согласно данному выражению, входной величиной средств измерения, принцип действия которых основан на индукционном способе, является скорость изменения магнитного потока, проходящего через измерительный преобразователь, который, как правило, представлен в виде многовитковой измерительной катушки, или сердечника из ферромагнитного материала, с одной или несколькими обмотками.

Этот способ используется с целью измерения постоянных и переменных магнитных полей, так как магнитный поток, проходящий через контур индукционного преобразователя, изменяется не только из-за величины самого потока, но и в следствии изменения параметров преобразователя во времени (угла между вектором магнитной индукции и перпендикуляром к плоскости

витков, площади контура, коэффициента размагничивания, магнитной проницаемости сердечника).

Достоинствами СИ, основанных на индукционном способе, является линейность функции преобразования в широком диапазоне измерений, высокая стабильность характеристик, малая температурная ошибка, применимость для измерения параметров как постоянных, так и переменных магнитных полей в широком диапазоне частот. Индукционный способ может также измерять напряжённость поля и индукцию.

Средства измерения, основанные на индукционном способе, обладают следующими достоинствами:

- линейность функции преобразования при широком диапазоне измерений
- малая температурная ошибка
- способность измерения параметров постоянных и переменных магнитных полей с большим диапазоном частот
- высокая стабильность измерительных характеристик при различных условиях измерения

Эффект Фарадея. Данный эффект заключается в том, что под воздействием магнитного поля плоскость поляризации линейно поляризованного света в оптически активных веществах приобретает вращение [13].

Угол поворота плоскости поляризации света определяется по формуле (1.1):

$$Q = CB * B * l, \quad (1.1)$$

где CB - постоянная Верде;

l – длина пути света в веществе;

B - магнитная индукция.

Если поместить преобразователь в магнитном поле измеряемого тока, то при измерении угла поворота плоскости поляризации света, можно будет определить индукцию этого магнитного поля или силу тока проводника.

Резонансные явления на квантовом уровне.

Магнитный резонанс.

Магнитный резонанс заключается в резонансном поглощении и излучении энергии высокой частоты атомными частицами в результате магнитных дипольных переходов между энергетическими подуровнями, создаваемыми постоянным магнитным полем. Магнитные подуровни могут создаваться как внешними магнитными полями, так и магнитными моментами микрочастиц. Например, взаимодействие магнитных моментов электронной оболочки и ядра атома вызывает расщепление энергетических уровней атома и соответствующих спектральных линий, называемое сверхтонкой структурой энергетического спектра атома. Переходы между уровнями сверхтонкой структуры используются, в частности, для создания квантовых стандартов частоты, лазеров и высокочувствительных тесламетров с оптической накачкой.

Явление магнитного резонанса заключается в поглощении и излучении высокочастотной энергии частицами атомов, вызванном дипольными магнитными переходами частиц, происходящими под воздействием постоянного магнитного поля. При этом, магнитный (они же Зеемановские) подуровни могут создаваться не только внешними магнитными полями, но и магнитными моментами частиц. Примером этого может быть расщепление энергетических уровней в атоме и соответствующих спектральных линий, вызываемое взаимодействием магнитных моментов ядра атома и электронной оболочки атома.

Термин «резонанс» означает, что при наблюдении данного явления производится настройка на собственную частоту квантовой системы, равную частоте процессии магнитных частиц в постоянном магнитном поле

Сам термин «резонанс» значит, что для наблюдения явления должна производиться настройка на частоту квантовой системы, которая равна частоте колебания магнитных частиц в постоянном магнитном поле [13].

В зависимости от вида резонирующих частиц существует несколько разновидностей магнитного резонанса: ядерный, электронный парамагнитный, ферромагнитный и др. Ядерный резонанс обусловлен ядерными диполями, другие – электронными диполями.

В зависимости от того, какой вид резонирующих частиц проявляет активность, можно выделить несколько видов явления магнитного резонанса: ядерный, ферромагнитный, парамагнитный и т.д. Явление ядерного резонанса обусловлено активностью ядерных диполей, в других видах резонанса действуют электронные диполи.

Наиболее точным методом измерений магнитной индукции постоянных и медленно изменяющихся магнитных полей является метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР), поскольку гиромагнитное отношение атомного ядра, γ определяющее функциональную связь между магнитной индукцией и частотой, является фундаментальной физической константой

Одним из самых точных методов измерения магнитной индукции, а также постоянных и слабо изменяющихся магнитных полей является метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР), так как величина, определяющая связь между частотой и индукцией (гиромагнитное отношение атомного ядра) является физической константой.

Метод свободной ядерной прецессии применяется для измерения магнитной индукции слабых магнитных полей (например, магнитного поля Земли). На основе этого метода создан и серийно выпускается ряд тесламетров для измерений параметров слабых магнитных полей (магнитного поля Земли, космического пространства и др.). Диапазон измерений таких микротесламетров обычно составляет 20–80 мкТл.

Метод свободной ядерной прецессии. Данный метод нашёл применение в измерении магнитной индукции слабых магнитных полей (к примеру, поле планеты Земля). В настоящее время создан и серийно выпускается ряд тесламетров, основанных на этом методе. Такие микротесламетры позволяют

измерять параметры слабых магнитных полей (планеты, космического пространства и т.д.), диапазон их измерений, как правило, составляет 20-80 мкТл.

1.2 Единицы электрических измерений

Электрическим током (I) называется направленное движение электрических зарядов (ионов — в электролитах, электронов проводимости в металлах) [3].

Необходимым условием для протекания электрического тока является замкнутость электрической цепи.

Электрический ток измеряется в амперах (А).

В таблице 1 приведены электрические величины и единицы. Производными единицами измерения тока являются:

- 1 килоампер (кА) = 1000 А;
- 1 миллиампер (мА) 0,001 А;
- 1 микроампер (мкА) = 0,000001 А.

Электрическим напряжением (U) называется разность потенциалов между двумя точками электрического поля.

Единицей разности электрических потенциалов является вольт (В).

- 1 В = (1 Вт): (1 А).

Производными единицами измерения напряжения являются:

- 1 киловольт (кВ) = 1000 В;
- 1 милливольт (мВ) = 0,001 В;
- 1 микровольт (мкВ) = 0,000001 В.

Сопротивлением участка электрической цепи называется величина, зависящая от материала проводника, его длины и поперечного сечения.

Электрическое сопротивление измеряется в омах (Ом).

1 Ом = (1 В): (1 А).

Производными единицами измерения сопротивления являются:

- 1 килоОм (кОм) = 1000 Ом;
- 1 мегаОм (МОм) = 1 000 000 Ом;
- 1 миллиОм (мОм) = 0,001 Ом;
- 1 микроОм (мкОм) = 0,000001 Ом.

Электрическое сопротивление тела человека в зависимости от ряда условий колеблется от 2000 до 10 000 Ом.

Удельным электрическим сопротивлением (ρ) называется сопротивление проволоки длиной 1 м и сечением 1 мм² при температуре 20 °С.

Величина, обратная удельному сопротивлению, называется удельной электрической проводимостью (γ).

Мощностью (P) называется величина, характеризующая скорость, с которой происходит преобразование энергии, или скорость, с которой совершается работа.

Мощностью генератора называется величина, характеризующая скорость, с которой механическая или другая энергия преобразуется в генераторе в электрическую.

Мощностью потребителя называется величина, характеризующая скорость, с которой происходит преобразование электрической энергии в отдельных участках цепи в другие полезные виды энергии [3].

Системной единицей мощности в СИ является ватт (Вт). Он равен мощности, при которой за 1 секунду выполняется работа в 1 джоуль:

– $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж}/1 \text{ сек}$.

Производными единицами измерения электрической мощности являются:

- 1 киловатт (кВт) = 1000 Вт;
- 1 мегаватт (МВт) = 1000 кВт = 1 000 000 Вт;
- 1 милливатт (мВт) = 0,001 Вт;
- 1 лошадиная сила (л. с.) = 736 Вт = 0,736 кВт.

Единицами измерения электрической энергии являются:

- 1 ватт-секунда (Вт сек) = 1 Дж = (1 Н) (1 м);
- 1 киловатт-час (кВт ч) = 3,6 10⁶ Вт сек.

Таблица 1 - Электрические величины и единицы

Наименование	Обозначение	Наименование
Напряжение	U, u	Вольт
Электродвижущая сила	E, e	Вольт
Ток	I, i	Ампер
Сопротивление активное	R, r	Ом
Сопротивление реактивное	X, x	Ом
Сопротивление полное	Z, z	Ом
Мощность активная	P	Ватт
Мощность реактивная	Q	Вольт-ампер
Мощность полная	S	реактивный
Энергия	W	Вольт-ампер
		Ватт-секунда или джоуль

1.3 Методы измерений электрических величин

Измерением называется нахождение значений физической величины опытным путём с помощью специальных технических средств [14].

Измерения должны выполняться в общепринятых единицах.

Средствами электрических измерений называются технические средства, использующиеся при электрических измерениях

Различают следующие виды средств электрических измерений:

- меры;
- электроизмерительные приборы;
- измерительные преобразователи;
- электроизмерительные установки;
- измерительные информационные системы.

Мерой называется средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера [6].

Электроизмерительным прибором называется средство электрических измерений, предназначенное для выработки сигналов измерительной информации в форме доступной непосредственного восприятия наблюдателя.

Измерительным преобразователем называется средство электрических измерений, предназначенное для выработки сигналов измерительной информации в форме удобной для передачи, дальнейшего преобразования, хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию [6].

Электроизмерительная установка состоит из ряда средств измерений и вспомогательных устройств. С её помощью можно производить более точные и сложные измерения, поверку и градуировку приборов и т.д.

Измерительные информационные системы представляют собой совокупность средств измерений и вспомогательных устройств. Предназначены для автоматического получения измерительной информации от ряда её источников, для её передачи и обработки.

Классификация измерений.

В зависимости от способа получения результата прямые и косвенные:

Прямыми называются измерения, результат которых получается непосредственно из опытных данных (измерение тока амперметром).

Косвенные называются измерения, при которых искомая величина непосредственно не измеряется, а находится в результате расчёта по известным формулам. Например: $P=U \cdot I$, где U и I измерены приборами [11].

В зависимости от совокупности приёмов использования принципов и средств измерений все методы делятся на методы непосредственной оценки и методы сравнения.

Метод непосредственной оценки – измеряемая величина определяется непосредственно по отсчётному устройству измерительного прибора прямого действия (измерение тока амперметром). Этот метод прост, но отличается низкой точностью.

Метод сравнения – измеряемая величина сравнивается с известной (например: измерение сопротивления путём сравнения его с мерой сопротивления – образцовой катушкой сопротивления). Метод сравнения подразделяют на нулевой, дифференциальный и замещения.

Нулевой – измеряемая и известная величина одновременно воздействуют на прибор сравнения, доводя его показания до нуля (например: измерение электрического сопротивления уравновешенным мостом).

Дифференциальный – прибор сравнения измеряет разность между измеряемой и известной величиной.

Метод замещения – измеряемая величина заменяется в измерительной установке известной величиной.

В зависимости от степени точности и области применения меры основных электрических величин подразделяются на эталоны, образцовые и рабочие меры:

- эталоны – средство измерения, обеспечивающее воспроизведение и хранение единицы физической величины для передачи её размера другим средствам измерений;
- образцовые меры – предназначены для поверки и градуировки рабочих мер измерительных приборов. Они могут непосредственно использоваться для точных измерений;
- рабочие меры – изготавливаются для широкого диапазона номинальных значений величин и используются для поверки измерительных приборов и для измерений на предприятиях [12].

1.4 Основные характеристики электрических средств измерения

Электроизмерительным прибором называется устройство, предназначенное для измерения электрической величины, например, напряжения, тока, сопротивления, мощности и т. д.

По принципу действия и конструктивным особенностям приборы бывают: магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, ферродинамические, индукционные, вибрационные и другие.

Электроизмерительные приборы классифицируются также по степени защищенности измерительного механизма от влияния внешних магнитных и электрических полей на точность его показаний, по способу создания противодействующего момента, по характеру шкалы, по конструкции отсчетного устройства, по положению нулевой отметки на шкале и другим признакам [4].

На шкале электроизмерительных приборов нанесены условные обозначения, определяющие систему прибора, его техническую характеристику.

Измерение электрической энергии, вырабатываемой генераторами или потребляемой потребителями, осуществляется счетчиками. Для измерения электрической энергии переменного тока в основном применяют счетчики с измерительным механизмом индукционной системы и электронные. Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины называют погрешностью измерения.

Точность измерения — качество измерения, отражающее близость его результатов к истинному значению измеряемой величины. Высокая точность измерений соответствует малой погрешности.

Погрешность измерительного прибора — разность между показаниями прибора и истинным значением измеряемой величины.

Результат измерения — значение величины, найденное путем ее измерения [4].

При однократном измерении показание прибора является результатом измерения, а при многократном — результат измерения находят путем статистической обработки результатов каждого наблюдения. По точности результатов измерения подразделяют на три вида: очные (прецизионные), результат которых должен иметь минимальную погрешность; контрольно-поверочные, погрешность которых не должна превышать некоторого заданного значения; технические, результат которых содержит погрешность, определяемую погрешностью измерительного прибора. Как правило, точные и контрольно-поверочные измерения требуют многократных наблюдений.

По способу выражения погрешности средств измерений разделяют на абсолютные, относительные и приведенные.

Абсолютная погрешность ΔA — разность между показанием прибора A и действительным значением измеряемой величины A . (1.2)

$$\Delta A = A - A_d, \quad (1.2)$$

где ΔA — абсолютная погрешность;

A — прибор;

A_d — действительное значение.

Относительная погрешность — отношение абсолютной погрешности ΔA к значению измеряемой величины A , выраженное в процентах (1.3):

$$\beta_A = \frac{\Delta A}{A} \times 100\%, \quad (1.3)$$

Где β_A — относительная погрешность;

ΔA — абсолютная погрешность;

A — измеряемая величина.

Приведенная погрешность (в процентах) — отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению (1.4):

$$\gamma = \pm \frac{\Delta A}{A_{\text{ном}}} \times 100\%, \quad (1.4)$$

где γ — приведенная погрешность;

ΔA — абсолютная погрешность;

$A_{\text{ном}}$ — нормирующее значение.

Для приборов с нулевой отметкой на краю или вне шкалы нормирующее значение равно конечному значению диапазона измерений. Для приборов с двухсторонней шкалой, т. е. с отметками шкалы, расположенными по обе стороны от нуля, оно равно арифметической сумме конечных значений диапазона измерений. Для приборов с логарифмической или гиперболической шкалой нормирующее значение равно длине всей шкалы [9].

Средства измерений электрических величин должны удовлетворять следующим основным требованиям (ПУЭ):

- 1) класс точности измерительных приборов должен быть не хуже 2,5;

2) классы точности измерительных шунтов, добавочных резисторов, трансформаторов и преобразователей должны быть не хуже приведенных в таблице 2;

3) пределы измерения приборов должны выбираться с учетом возможных наибольших длительных отклонений измеряемых величин от номинальных значений.

Таблица 2 - Классы точности средств измерений

Класс точности прибора	Класс точности шунта, добавочного резистора	Класс точности измерительного преобразователя	Класс точности измерительного трансформатора
1,0	0,5	0,5	0,5
1,5	0,5	0,5**	0,5**
2,5	0,5	1,0	1,0***

*Класс точности численно равен наибольшей допустимой приведенной основной погрешности, выраженной в процентах.
**Допускается 1,0.
***Допускается 3,0.

Учет активной электрической энергии должен обеспечивать определение количества энергии: выработанной генераторами ЭС; потребленной на с. н. и хозяйственные нужды (раздельно) ЭС и ПС; отпущенной потребителям по линиям, отходящим от шин ЭС непосредственно к потребителям; переданной в др. энергосистемы или полученной от них; отпущенной потребителям из электрической сети. Кроме того, учет активной электрической энергии должен обеспечивать возможность: определения поступления электрической энергии в электрические сети разных классов напряжений энергосистемы; составления балансов электрической энергии для хозрасчетных подразделений энергосистемы; контроля за соблюдением потребителями заданных им режимов потребления и баланса электрической энергии.

Учет реактивной электрической энергии должен обеспечивать возможность определения количества реактивной электрической энергии, полученной потребителем от электроснабжающей организации или переданной ей, только в том случае, если по этим данным производятся расчеты или контроль соблюдения заданного режима работы компенсирующих устройств.

Измерение тока должно производиться в цепях всех напряжений, где оно необходимо для систематического контроля технологического процесса или оборудования.

Измерение постоянного тока в цепях: генераторов постоянного тока и силовых преобразователей; АБ, зарядных, подзарядных и разрядных устройств; возбуждения СГ, СК, а также электродвигателей с регулируемым возбуждением.

Амперметры постоянного тока должны иметь двусторонние шкалы, если возможно изменение направления тока.

В цепях трехфазного тока следует, как правило, измерять ток одной фазы. Измерение тока каждой фазы должно производиться:

для ТГ 12 МВт и более; для ВЛ с пофазным управлением, линий с продольной компенсацией и линий, для которых предусматривается возможность длительной работы в неполнофазном режиме; в обоснованных случаях может быть предусмотрено измерение тока каждой фазы ВЛ 330 кВ и выше с трехфазным управлением; для дуговых электропечей [14].

Измерение напряжения должно производиться:

1) На секциях сборных шин постоянного и переменного тока, которые могут работать отдельно допускается установка одного прибора с переключением на несколько точек измерения. На ПС напряжение допускается измерять только на стороне НН, если установка ТН на стороне ВН не требуется для других целей.

2) В цепях генераторов постоянного и переменного тока, СК, а также в отдельных случаях в цепях агрегатов специального назначения.

При автоматизированном пуске генераторов или др. агрегатов установка на них приборов для непрерывного измерения напряжения не обязательна.

3) В цепях возбуждения СМ от 1 МВт и более.

4) В цепях силовых преобразователей, АБ, зарядных и подзарядных устройств.

5) В цепях дугогасящих катушек.

В трехфазных сетях производится измерение, как правило, одного междуфазного напряжения. В сетях выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью допускается измерение трех междуфазных напряжений для контроля исправности цепей напряжения одним прибором (с переключением).

Должна производиться регистрация значений одного междуфазного напряжения сборных шин 110 кВ и выше (либо отклонения напряжения от заданного значения) ЭС и подстанций, по напряжению на которых ведется режим энергосистемы.

Контроль изоляции. В сетях переменного тока выше 1 кВ с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтралью, в сетях переменного тока до 1 кВ с изолированной нейтралью и в сетях постоянного тока с изолированными полюсами или с изолированной средней точкой, как правило, должен выполняться автоматический контроль изоляции, действующий на сигнал при снижении сопротивления изоляции одной из фаз (или полюса) ниже заданного значения, с последующим контролем асимметрии напряжения при помощи показывающего прибора (с переключением). Допускается осуществлять контроль изоляции путем периодических измерений напряжений с целью визуального контроля асимметрии напряжения [14].

Измерение мощности:

1) Генераторов активной и реактивной мощности.

При установке на ТГ 100 МВт и более щитовых показывающих приборов их класс точности должен быть не ниже 1,0.

ЭС 200 МВт и более — суммарной активной мощности.

Рекомендуется измерять суммарную активную мощность ЭС менее 200 МВт при необходимости автоматической передачи этого параметра на вышестоящий уровень оперативного управления.

2) Конденсаторных батарей 25 Мвар и более и СК реактивной мощности.

3) Трансформаторов и линий, питающих с. н. б кВ и выше ЭС, активной мощности.

4) Повышающих двухобмоточных трансформаторов ЭС — активной и реактивной. В цепях повышающих трех обмоточных трансформаторов (или автотрансформаторов с использованием обмотки НН) измерение активной и реактивной мощности должно производиться со стороны СН и НН. для трансформатора, работающего в блоке с генератором, измерение мощности со стороны НИ следует производить в цепи генератора.

5) Понижающих трансформаторов 220 кВ и выше — активной и реактивной, 110—150 кВ — активной мощности.

В цепях понижающих двухобмоточных трансформаторов измерение мощности должно производиться со стороны НН, а в цепях понижающих трехобмоточных трансформаторов — со стороны СН и НН.

На ПС 110—220 кВ без выключателей на стороне ВП измерение мощности допускается не выполнять.

6) Линий 110 кВ и выше с двусторонним питанием, а также обходных выключателей - активной и реактивной мощности.

7) На других элементах ПС, где для периодического контроля режимов сети необходимы измерения перетоков активной и реактивной мощности, должна предусматриваться возможность присоединения контрольных переносных приборов.

должна производиться регистрация: активной мощности ТГ 60 МВт и более; суммарной мощности ЭС (200 МВт и более).

Измерение частоты:

- на каждой секции шин генераторного напряжения;

- на каждом ТГ блочной ЭС или АЭС;

- на каждой системе (секции) шин ВН ЭС.

- в узлах возможного деления энергосистемы на несинхронно работающие части.

Регистрация частоты или ее отклонения от заданного значения должна производиться: на ЭС 200 МВт и более; на ЭС б МВт и более, работающих изолированно.



Абсолютная погрешность регистрирующих частотомеров на ЭС, участвующих в регулировании мощности, должно быть не более 0,1 Гц.

Измерения при синхронизации. Для измерения при точной (ручной или полуавтоматической) синхронизации должны предусматриваться следующие приборы: два вольтметра (или двойной вольтметр); два частотомера (или двойной частотомер); синхроскоп.

Регистрация электрических величин в аварийных режимах для автоматической регистрации аварийных процессов в электрической части энергосистем должны предусматриваться автоматические осциллографы. Расстановка автоматических осциллографов на объектах, а также выбор регистрируемых ими электрических параметров производится по указаниям ПУЭ [4].





Для определения мест повреждений на ВЛ 110 кВ и выше длиной более 20 км должны предусматриваться фиксирующие приборы. Характеристика измерительных приборов представлена в таблице 3.

Таблица 3 - Характеристика измерительных приборов

Обозначение	Тип прибора	Вид тока	Преобразование	Как используется	Примечание
 	Магнитоэлектрический (М)	—	$\alpha = CI$	A, V	C — постоянная
	Логометр (М)	—	$\alpha = F\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$	R	I_1, I_2 — токи катушек

Окончание таблицы 3

Обозначение	Тип прибора	Вид тока	Преобразование	Как используется	Примечание
 	Электромагнитный (Э)	\sphericalangle	$\alpha = F(a)I^2$	A, V	I_1, I_2 — токи катушек
	Логометр (Э)	\sphericalangle	$f(a) = \frac{I_1}{I_2}$	φ	
 	Электродинамический (Д)	\sphericalangle	$\alpha = F(a)I_1I_2$	A, V, P	I_1, I_2 — токи катушек
	Логометр (Д)	\sphericalangle	$\alpha = F(a)I_1I_2 \cos\psi$ $f(\alpha) = \frac{I_2 \cos\psi}{I_1 \cos\psi}$	A, V, P	$\varphi = (\bar{I}_1, \bar{I}_2)$ $\psi_1 = (\bar{I}_1, 1)$ $\psi_2 = (\bar{I}_2, 1)$ I — ток неподвижной катушки
 	Ферродинамический (Д)	\sphericalangle	$\alpha = CI_1I_2 \cos\varphi$	A, V, P	$\varphi = (\bar{I}_1, \bar{I}_2)$
	Логометр (Д)	\sphericalangle	$F(\alpha) = \frac{I_2 \cos\psi}{I_1 \cos\psi}$	φ, f	$\psi_1 = (\bar{I}_1, 1)$ $\psi_2 = (\bar{I}_2, 1)$

					I — ток неподвижной катушки
	Индукционный (И)	\sphericalangle	$N = C * Ph$	Ph, Qh	N — обороты диска
	Логометр (И)	\sphericalangle	$N = C * Qh$	P, Q	
	Электростатический (С)	\sphericalangle	$\alpha = F(a)U^2$	V	
	Тепловой (Т)	\sphericalangle	$\alpha = CI^2$	A, V	-
	Выпрямительный (В)	\sphericalangle	$\alpha = CI$	A, V	

Современные промышленные предприятия и жилищно-коммунальные хозяйства характеризуются потреблением различных видов энергии: электроэнергии, тепла, газа, сжатого воздуха и др. для наблюдения за режимом потребления энергии необходимо измерять и регистрировать электрические и неэлектрические величины с целью дальнейшей обработки информации.

В электроснабжении измеряют ток (I), напряжение (U), активную и реактивную мощности (P, Q), электроэнергию (W), активное, реактивное и полное сопротивления (R, X, Z), частоту (f), коэффициент мощности ($\cos\phi$); в энергоснабжении — температуру (Θ), давление (p), расход энергоносителя (G), тепловую энергию (E), перемещение (X) и др.

Номенклатура приборов, используемых в энергоснабжении для измерения электрических и неэлектрических величин, весьма разнообразна как по методам измерений, так и по сложности преобразователей. Наряду с методом непосредственной оценки часто используют нулевой и дифференциальный методы, повышающие точность [15].

Ниже дана краткая характеристика измерительных приборов по принципу действия.

Магнитоэлектрические приборы имеют высокую чувствительность, малое потребление тока, плохую перегрузочную способность, высокую точность измерений. Амперметры и вольтметры имеют линейные шкалы, и используются часто как образцовые приборы, имеют малую чувствительность к внешним магнитным полям.

Электромагнитные приборы имеют невысокую чувствительность, значительное потребление тока, хорошую перегрузочную способность, невысокую точность измерений. Шкалы не линейны и линеаризуются в верхней части специальным выполнением механизма. Чаще используются как щитовые технические приборы, просты и надежны в эксплуатации; чувствительны к внешним магнитным полям.

Электродинамические и ферродинамические приборы обладают невысокой чувствительностью, большим потреблением тока, чувствительностью к перегрузкам, высокой точностью. У амперметров и

вольтметров - нелинейные шкалы. Важной положительной особенностью являются одинаковые показания на постоянном и переменном токах, что позволяет поверять их на постоянном токе. Чаще они используются как лабораторные приборы.

Приборы индукционной системы характеризуются невысокой чувствительностью, существенным потреблением тока, нечувствительностью к перегрузкам. Преимущественно они служат счетчиками энергии переменного тока. Такие приборы выпускаются одно-, двух- и трехэлементными для работы в цепях однофазных, трехфазных трехпроводных, трехфазных четырехпроводных. для расширения пределов используются трансформаторы тока и напряжения.

Электростатические приборы имеют невысокую чувствительность, но чувствительны к перегрузкам и служат для измерения напряжения на постоянном и переменном токах для расширения пределов используются емкостные и резистивные делители.

Термоэлектрические приборы характеризуются низкой чувствительностью, большим потреблением тока, низкой перегрузочной способностью, невысокой точностью и нелинейностью шкалы. Однако их показания не зависят от формы тока в широком диапазоне частот для расширения пределов амперметров используют высокочастотные трансформаторы тока.

Выпрямительные приборы характеризуются высокой чувствительностью, малым потреблением тока, небольшой перегрузочной способностью, линейностью шкалы. Показания приборов зависят от формы тока. Используются они в качестве амперметров и вольтметров [4].

Цифровые электронные измерительные приборы преобразуют аналоговый входной сигнал в дискретный, представляя его в цифровой форме с помощью цифрового отсчетного устройства (ЦОУ) и могут выводить информацию на внешнее устройство — дисплей, цифровая печать. преимуществами цифровых измерительных приборов (ЦИИ) являются:

- автоматический выбор диапазона измерения;
- автоматический процесс измерения;
- вывод информации в коде на внешние устройства;
- представление результата измерений с высокой точностью.

Регистрирующие приборы записывают «историю» изменения значения измеряемой величины. К таким приборам наиболее распространенных типов относятся ленточные самописцы, записывающие пером кривую изменения величины на диаграммной бумажной ленте, аналоговые электронные осциллографы, развертывающие кривую процесса на экране электронно-лучевой трубки, и цифровые осциллографы, запоминающие однократные или редко повторяющиеся сигналы. Основное различие между этими приборами – в скорости записи. Ленточные самописцы с их движущимися механическими частями наиболее подходят для регистрации сигналов, изменяющихся за секунды, минуты и еще медленнее. Электронные осциллографы же способны

регистрировать сигналы, изменяющиеся за время от миллионных долей секунды до нескольких секунд.

Измерительный мост – это обычно четырехплечая электрическая цепь, составленная из резисторов, конденсаторов и катушек индуктивности, предназначенная для определения отношения параметров этих компонентов. К одной паре противоположных полюсов цепи подключается источник питания, а к другой – нуль-детектор. Измерительные мосты применяются только в тех случаях, когда требуется наивысшая точность измерения. (Для измерений со средней точностью лучше пользоваться цифровыми приборами, поскольку они проще в обращении.) Наилучшие трансформаторные измерительные мосты переменного тока характеризуются погрешностью (измерения отношения) порядка 0,0000001%. Простейший мост для измерения сопротивления носит имя своего изобретателя Ч. Уит-стона.

Измерение напряжения и силы переменного тока. Почти все приборы для измерения напряжения и силы переменного тока показывают значение, которое предлагается рассматривать как эффективное значение входного сигнала. Однако в дешевых приборах зачастую на самом деле измеряется среднее абсолютное или максимальное значение сигнала, а шкала градуируется так, чтобы показание соответствовало эквивалентному эффективному значению в предположении, что входной сигнал имеет синусоидальную форму. Не следует упускать из виду, что точность таких приборов крайне низка, если сигнал несинусоиден. Приборы, способные измерять истинное эффективное значение сигналов переменного тока, могут быть основаны на одном из трех принципов: электронного умножения, дискретизации сигнала или теплового преобразования. Приборы, основанные на первых двух принципах, как правило, реагируют на напряжение, а тепловые электроизмерительные приборы – на ток. При использовании добавочных ишунтовых резисторов всеми приборами можно измерять как ток, так и напряжение.

Электронное умножение. Возведение в квадрат и усреднение по времени входного сигнала в некотором приближении осуществляются электронными схемами с усилителями и нелинейными элементами для выполнения таких математических операций, как нахождение логарифма и антилогарифма аналоговых сигналов. Приборы такого типа могут иметь погрешность порядка всего лишь 0,009%.

Дискретизация сигнала. Сигнал переменного тока преобразуется в цифровую форму с помощью быстродействующего АЦП. Дискретизированные значения сигнала возводятся в квадрат, суммируются и делятся на число дискретных значений в одном периоде сигнала. Погрешность таких приборов составляет 0,01–0,1%.

Тепловые электроизмерительные приборы. Наивысшую точность измерения эффективных значений напряжения и тока обеспечивают тепловые электроизмерительные приборы. В них используется тепловой преобразователь тока в виде небольшого откачанного стеклянного баллончика с нагревательной провололочкой (длиной 0,5–1 см), к средней части которой крохотной бусинкой

прикреплен горячий спай термопары. Бусинка обеспечивает тепловой контакт и одновременно электроизоляцию. При повышении температуры, прямо связанном с эффективным значением тока в нагревательной проволочке, на выходе термопары возникает термо ЭДС (напряжение постоянного тока). Такие преобразователи пригодны для измерения силы переменного тока с частотой от 20 Гц до 10 МГц.

1.5 Обеспечение единства измерений

Единство измерений — состояние измерений, при котором их результаты выражены в допущенных к применению в Российской Федерации единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы.

Единство измерений необходимо для того, чтобы можно было сопоставить результаты измерений, выполненных в разных местах и в разное время, с использованием разных методов и средств измерений.

Определение понятия «единство измерений» довольно ёмкое. Оно охватывает важнейшие задачи метрологии: унификацию единиц, разработку систем воспроизведения единиц и передачи их размеров рабочим средствам измерений с установленной точностью, проведение измерений с погрешностью, не превышающей установленные пределы и др. Единство измерений должно выдерживаться при любой точности измерений, необходимой владельцу процесса.

Правовые основы обеспечения единства измерений в Российской Федерации регламентированы Законом РФ «Об обеспечении единства измерений» от 26 июня 2008 года №102.

Главные принципы единства измерений

- определение физических величин с обязательным использованием государственных эталонов;
- использование утвержденных в законодательном порядке средств измерений, подвергнутых государственному контролю и с размерами единиц измерения, переданными непосредственно от государственных эталонов;
- использование только утвержденных в законодательном порядке единиц измерения физических величин;
- обеспечение обязательного систематического контроля над характеристиками эксплуатируемых средств измерений в определенные промежутки времени;
- обеспечение необходимой гарантированной точности измерений при применении калиброванных (поверенных) средств измерений и установленных методик выполнения измерений;
- использование полученных результатов измерений при обязательном условии оценки погрешности данных результатов с установленной вероятностью;

- обеспечение контроля над соответствием средств измерений метрологическим правилам и характеристикам;
- обеспечение государственного и ведомственного надзора за средствами измерений [2].

Закон РФ «Об обеспечении единства измерений» был принят в 1993 г. До принятия данного Закона нормы в области метрологии не были регламентированы законодательно. На момент принятия в Законе присутствовало много новшеств начиная от утвержденной терминологии и заканчивая лицензированием метрологической деятельности в стране. В законе были четко разграничены обязанности государственного метрологического контроля и государственного метрологического надзора, установлены новые правила калибровки, введено понятие добровольной сертификации средств измерений.

Прежде всего, цели закона состоят в следующем:

- осуществление защиты законных прав и интересов граждан Российской Федерации, правопорядка и экономики РФ от возможных негативных последствий, вызванных недостоверными и неточными результатами измерений;

- помощь в развитии науки, технике и экономике посредством регламентирования использования государственных эталонов единиц величин и применения результатов измерений, обладающих гарантированной точностью. Результаты измерений должны быть выражены в установленных в стране единицах измерения;

- способствование развитию и укреплению международных и межфирменных отношений и связей;

- регламентирование требований к изготовлению, выпуску, использованию, ремонту, продаже и импорту средств измерений, производимых юридическими и физическими лицами;

- интеграция системы измерений Российской Федерации в мировую практику.

Сферы приложения Закона: торговля; здравоохранение; защита окружающей среды; экономическая и внешнеэкономическая деятельность; некоторые сферы производства, связанные с калибровкой (поверкой) средств измерений метрологическими службами, принадлежащими юридическим лицам, проводимой с применением эталонов, соподчиненных государственным эталонам единиц величин.

В Законе законодательно утверждены основные понятия:

- единство измерений;
- средство измерений;
- эталон единицы величины;
- государственный эталон единицы величины;
- нормативные документы по обеспечению единства измерений;
- метрологическая служба;
- метрологический контроль;

- метрологический надзор;
- калибровка средств измерений;
- сертификат о калибровке.

Все определения, утвержденные в Законе, базируются на официальной терминологии Международной организации законодательной метрологии (МОЗМ).

В основных статьях закона регламентируется:

- структура организации государственных органов управления обеспечением единства измерений;
- нормативные документы, обеспечивающие единство измерений;
- установленные единицы измерения физических величин и государственные эталоны единиц величин;
- средства измерений;
- методы измерений.

Закон утверждает Государственную метрологическую службу и другие службы, занимающиеся обеспечением единства измерений, метрологические службы государственных органов управления и формы осуществления государственного метрологического контроля и надзора.

В законе содержатся статьи, регламентирующие калибровку (поверку) средств измерений и их сертификацию.

В законе определяются виды ответственности за нарушения Закона.

В законе утверждается состав и полномочия Государственной метрологической службы.

В соответствии с Законом создан институт лицензирования метрологической деятельности с целью защиты законных прав потребителей. Правом выдачи лицензии обладают только органы Государственной метрологической службы.

Установлены новые виды государственного метрологического надзора:

- за количеством отчуждаемых товаров;
- за количеством товаров в упаковке в процессе их расфасовки и продажи.

В соответствии с положениями Закона увеличивается область распространения государственного метрологического контроля. В нее добавились банковские операции, почтовые операции, налоговые операции, таможенные операции, обязательная сертификация продукции.

В соответствии с Законом вводится основанная на добровольном принципе Система сертификации средств измерений, осуществляющая проверку средств измерений на соответствие метрологическим правилам и требованиям российской системы калибровки средств измерений.

Требования к порядку проведения поверки средств измерений, знаку поверки и содержанию свидетельства регулируются приказом Минпром-торга России от 02.07.2015 N 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» - в рамках его обеспечения и происходит аттестация эталона [1].

В соответствии с законом об «Обеспечении единства измерений» №102-ФЗ частью 1 статьи 13 средства измерений, необходимые для использования в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, до ввода в эксплуатацию подлежат первичной проверке, а в процессе – периодической с целью подтверждения их соответствия установленным метрологическим требованиям. Поверка средств измерений осуществляется уполномоченными аккредитованными лицами и индивидуальные предприниматели.

Каждый используемый при поверке средств измерений эталон должен быть аттестован по Положению об эталонах единиц величин, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 г. N 734 «Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений».

Результаты поверки должны быть удостоверены специальным знаком и (или) свидетельством о поверке, и (или) записью в паспорте или формуляре, заверяемой подписью поверителя. Если средство измерения включает в свой состав более одного блока, то оформляется свидетельство о поверке СИ [18].

Аннулирование свидетельства возможно, если по результатам проверки СИ признано непригодным к эксплуатации. Все сведения об аттестации средств измерений государственного регулирования передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него, утвержденным приказом Минпромторга России от 20 августа 2014 г. N 1318 .

Аккредитованные на поверку средств измерений государственные центры метрологии за работу по поверке средств измерений взимают плату по регулируемым в соответствии с Правилами оплаты работ и (или) услуг по обеспечению единства измерений по регулируемым ценам, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2009 г. N 1057 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2009, N 52, ст. 6584). Те работы, которые не входят в перечень оплачиваются по заключенным договорам между причастными лицами.

Средства измерения даются на поверку незагрязненными, расконсервированными с техническими характеристиками, паспортом, свидетельством о последней поверке, нужными комплектующими установками.

Все результаты поверки действительны в течение межповерочного интервала. Срок действия устанавливается для средств измерений со свидетельством поверки до даты в свидетельстве, а для СИ со знаком поверки до конца квартала, предшествующего кварталу поверки, с учетом межповерочного интервала [19].

1.6 Требования к эталонам

Для определения процедур аттестации эталонов электрических средств измерений используется приказ от 22 января 2014 г. №36 «Об утверждении рекомендаций по проведению первичной и периодической аттестации и подготовке к утверждению эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений». Утверждение эталонов и изменение информации о них в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений выполняет Росстандарт на основании заявления владельца эталона [17].

Проведение первичной аттестации эталонов начинается с главного этапа - это разработка документации на эталон, которым занимается держатель эталона. Документация включает в себя:

- паспорт эталона;
- правила содержания и применение эталона, включающие раздел «Методика периодической аттестации эталона»;
- методики калибровки (при необходимости).

Первичная аттестация и подготовка к утверждению эталонов начинается с того, что держатель эталона оценивает соответствие эталона метрологическим требованиям и государственной поверочной схеме, а также техническим требованиям и государственной поверочной схеме.

Заявка на утверждение эталонов посылается в Управление метрологии (Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии). Также необходим электронный вариант для отправки и регистрации в электронном журнале заявок системы электронного документооборота (СЭДО), она состоит из информации об эталонах для внесения в Фонд. Документы для подтверждения результатов аттестации эталонов отправляются оператору по экспертизе документов. После чего, выдается Свидетельство о поверке с указанием разряда эталона по государственной поверочной схеме, оформляется свидетельство об аттестации эталона или приходит извещение о его непригодности [17].

Паспорт государственного эталона состоит из:

- полного наименования эталона;
- наименования величины, разряда по государственной поверочной схеме, значению (диапазону значений) величины.

Первая страница паспорта содержит полное наименование организации держателя эталоны, наименования величины, разряда по государственной поверочной схеме, значению (диапазону значений) величины, состав государственного эталона, метрологических характеристик государственного эталона, год выпуска и производитель государственного эталона, место и условия содержания государственного эталона, описание отдела, лаборатории, ответственной за государственный эталон [17].

Правила содержания и применения государственного эталона содержат состав государственного эталона, обязательные метрологические и технические требования к государственному эталону, а именно:

- метрологические требования

- технические требования
- указание межаттестационного интервала
- требования к помещениям и условиям содержания и применения государственного эталона
 - требования по установке, регулировке и подготовке государственного эталона к его эксплуатации
 - описание процедур контроля технического состояния государственного эталона и условий его содержания и применения
 - описание процедур технического обслуживания средств измерений, используемых для передачи значения величины, вспомогательных средств измерений и дополнительного оборудования
 - описание методики периодической аттестации государственного эталона

Свидетельство о поверке утверждает средство измерения проверенным в соответствии с конкретными документами и основаниями, с указанными влияющими факторами и характеристиками средства измерений или эталона. На нем обязательно поверительное клеймо от руководителя и поверителя.

Свидетельство об аттестации государственного эталона содержит подтверждение соответствия конкретному уровню разряда государственной или локальной поверочной схемы, технические и метрологические требования, а также требования к содержанию и применению, подписи руководителя организации и специалиста, ответственного за содержание и применение эталона [17].

2 Общие сведения о предприятии

ОАО Красноярский электровагоноремонтный завод (КрЭВРЗ) — промышленное предприятие России, расположенное в городе Красноярске.

Завод основан в 1898 году как Главные железнодорожные мастерские Сибирской дороги.

В 1930 году мастерские были преобразованы в паровозовагоноремонтный завод.

Во время Великой Отечественной войны на территорию завода был эвакуирован Полтавский и Изюмский паровозовагоноремонтные заводы.

Наряду с ремонтом подвижного состава завод выпускал корпуса снарядов, миномётов, оборудовал бронепоезда и спецпоезда.

В 1971 году завод прекратил ремонт паровозов, перейдя на ремонт электропоездов и получил название электровагоноремонтный завод.

В связи с реформированием МПС РФ с 1 октября 2003 года Красноярский ЭВРЗ вошёл в состав ОАО «Российские железные дороги» в качестве филиала.

1 июля 2007 года Красноярский ЭВРЗ стал самостоятельным юридическим лицом — ОАО «Красноярский электровагоноремонтный завод» [20].

Метрологическая служба ОАО «КрЭВРЗ» является самостоятельным структурным подразделением и состоит из сотрудников предприятия, принимающих участие в обеспечении единства и требуемой точности измерений. Структура метрологической службы представлена на рисунке

Одним из основных направлений деятельности МС ОАО «КрЭВРЗ» является проведение калибровки СИ и контроля СДК согласно области аккредитации приложенной к аттестату аккредитации, таким образом, чтобы выполнялись требования действующих нормативных документов, ГОСТ ИСО/МЭК 17025 и требований заказчиков, а также предписания органов по аккредитации.

Проведение калибровки СИ осуществляется в рамках Государственной системы обеспечения единства измерений в соответствии с требованиями. Правил по метрологии ПР 50.2.016.

Калибровка проводится в соответствии с нормативными документами на методы и средства поверки СИ, утвержденными в установленном порядке.

Контроль СДК производится в соответствии с нормативными документами на методы контроля СДК, утвержденными в установленном порядке.

Порядок проведения калибровки средств измерений устанавливает СТО 039.

Калибровка СИ проводится сотрудниками МС, имеющими профессиональную подготовку, подтвержденную соответствующими свидетельствами, и опыт калибровки СИ в заявленной области аккредитации.

Ответственность за ненадлежащее выполнение работ по калибровке СИ и несоблюдение требований соответствующих нормативных документов в области калибровки несет главный метролог и непосредственные исполнители калибровки СИ [19].

Система менеджмента качества МС охватывает все работы, выполняемые сотрудниками, как для собственных нужд, так и для заказчиков на основной территории.

Внедрение системы менеджмента качества направлено на постоянное повышение технического и организационного уровня проводимых работ, получение воспроизводимых и надежных результатов, повышение экономической эффективности работы ОАО «КрЭВРЗ» за счет рационального использования имеющихся технических, экономических и организационных ресурсов.

Метрологическая служба возглавляется главным метрологом — начальником отдела (главным метрологом) и находится в подчинении главному инженеру, что предотвращает и исключает конфликт интересов. Структура работы МС ОАО «КрЭВРЗ» представлена на рисунке 1.

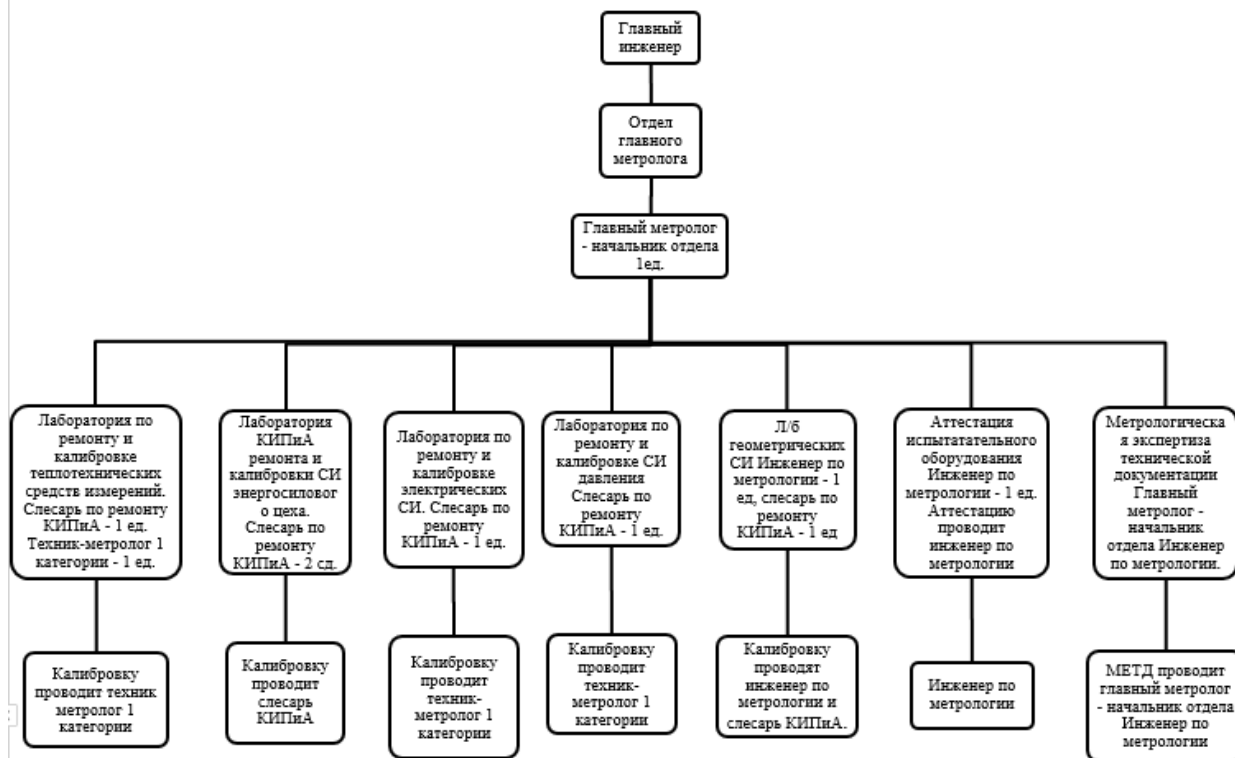


Рисунок 1 - Структура работы МС ОАО «КрЭВРЗ»

Главный метролог:

- осуществляет общее руководство МС;
- определяет политику и цели в области качества, обеспечивает их понимание и актуализацию;
- оценивает результативность функционирования системы качества;
- решает вопросы взаимодействия со сторонними организациями;
- несет ответственность за связь с органом по аккредитации, который разрабатывает проекты документов необходимые для аккредитации МС (в том числе при расширении области аккредитации) и инспекционного контроля;
- обеспечивает своевременное уведомление органа по аккредитации в случае наличия рекламаций, структурных и качественных изменений, связанных с деятельностью по проведению калибровочных работ, а также изменений юридического адреса, платежных реквизитов, контактной информации.

Метрологическая служба располагает руководящим и техническим персоналом, который вне зависимости от других обязанностей имеет полномочия и ресурсы, необходимые для выполнения работ, связанных с деятельностью по обеспечению единства измерений, а также для эффективного функционирования системы менеджмента качества.

Каждый сотрудник МС с целью уведомления о степени возлагаемой на него ответственности ознакомлен под роспись с должностной инструкцией, устанавливающей его функции, права, обязанности и ответственность, а также с приказами и служебными распоряжениями в рамках его компетенции.

В основу системы менеджмента качества заложен принцип индивидуальной ответственности каждого сотрудника МС ОАО «КрЭВРЗ» за качество выполнения своих должностных обязанностей.

Главный метролог при организации конкретных видов работ в целях создания рабочей обстановки и предупреждения негативных воздействий должен учитывать следующие факторы:

- безопасность при проведении калибровки;
- наличие соответствующих инструментов для работы и средств калибровки;
- взаимоотношения между сотрудниками МС и возможность психологической совместимости исполнителей;
- мотивацию;
- степень загруженности каждого сотрудника и др.

Права собственности и обеспечение конфиденциальности:

Комплект нормативных и технических документов на СИ, подлежащих калибровке, поступившей от заказчика, является собственностью заказчика и после выполнения работ остается в МС только по согласованию с заказчиком.

Результаты калибровки, в том числе оформленные протоколы являются собственностью МС ОАО «КрЭВРЗ» и передаются заказчику после оплаты проведенной работы.

МС не имеет права тиражировать протоколы калибровки и передавать их третьей стороне без разрешения заказчика. МС имеет право предоставлять результаты калибровки на обязательные требования контролирующим органам.

В МС приняты следующие меры, исключающие утечку информации и обеспечивающие конфиденциальность:

- исключение доступа посторонних лиц в помещения МС и к техническим документам;
- получение информации, не связанной с выполнением должностных обязанностей, только с разрешения главного метролога;
- наличие специальных шкафов для хранения документов;
- предупреждение каждого сотрудника о недопустимости разглашения конфиденциальной информации, ответственности за нарушение данного правила в соответствии с нормативными документами ОАО «КрЭВРЗ» «О коммерческой тайне».

Завод осуществляет:

- капитальный ремонт плацкартных, купейных, почтово-багажных и специальных вагонов различного назначения
- капитальный ремонт электропоездов всех серий;
- ремонт тяговых электродвигателей;
- ремонт вспомогательных машин электрического подвижного состава;
- производство колёсных пар;
- ремонт колёсных пар.

Кроме того, завод выпускает широкий ассортимент комплектующих и запасных частей для подвижного состава железных дорог.

Лаборатория электрических измерений АО "КрЭВРЗ" занимается калибровкой следующих приборов: счетчики электрической энергии постоянного тока класса точности - 2,5 и с диапазоном измерений до 750 А и 3000 В, счётчики электрической энергии постоянного тока с диапазоном измерений до 750 А и 3000 В, класс точности - 2, амперметры переменного тока с диапазоном измерений 0,1 – 20 А, 50 Гц и постоянного тока 0-30 А, 1-4 класса точности, вольтметры переменного тока с диапазоном 0 – 600 В, 50 Гц, 1-4 класс точности и вольтметры постоянного тока 0-750 В, класс точности 1,5., а также измерители электрического сопротивления, омметры с диапазоном измерений - 10^{-2} – 10^{12} Ом, и классом точности 1 - 15, мосты постоянного тока одинарные с диапазоном измерений - 10^{-2} – 10^5 Ом, и классом точности 0,5, 1, 5.

Также в лаборатории электроизмерений АО "КрЭВРЗ" калибруются:

- омметры, мегаомметры разных типов, классов точности - 0,5, 1, 1,5, с диапазоном измерений 0-5000 Ом, 0-10 мкОм, 0-10000 МоМ, 0-100 Мом, 0-200 Мом, 0-9,99 Гом, 0-50000 Мом

- килоамперметры разных типов, классов точности - 1,5, 2,5, с диапазоном измерений 0-1,5 кА, 0-1 кА, 0-2 кА, 0-2,5 кА, 0-3 кА, 0-4 кА.

- киловольтметры разных типов: ЭВ702, ЭВ0707, ЭВ37 и другие, классом точности - 1,5, 1, 0,25 и 2,5 с диапазоном измерений 0-1 кВ, 0-1,5 кВ, 0-3 кВ, 0-4 кВ, 0-6 кВ, 0-10 кВ, 0-12,5 кВ, 0-30 кВ, 0-70 кВ, 0-125 кВ.

- мосты постоянного тока типов М372 и Р333, класс точности 2,5 и 0,5 соответственно, с диапазоном измерений 0-50 Ом, 0,1 - 999900 Ом.

- трансформаторы тока с диапазоном измерений 1-2000 А, 0-100 А, 0-600 А, 5-50 А, класс точности 0,1, 0,2, 0,5.

- счетчики электрической энергии постоянного тока - класс точности - 0,5, 1, 2, 2,5.

Ремонт и подготовку к калибровке электрических СИ проводит слесарь КИПиА лаборатории средств измерений давления. Метрологическую экспертизу технической документации проводит главный метролог-начальник отдела и инженер по метрологии. Калибровку электрических СИ проводит техник-метролог отдела главного метролога.

3 Поверочные схемы электротехнических средств измерений

3.1 Государственная поверочная схема для средств измерений силы постоянного электрического тока

Поверочную схему для исследуемого в дипломной работе вольтамперметра определяет ГОСТ 8.022-91 «Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне $1 \cdot 10^{-16}$ -30 А»

Государственный первичный эталон состоит из комплекса следующих средств измерений: аппаратура, выполненная на основе использования

квантовых эффектов Джозефсона и квантования магнитного потока, включая меру напряжения, меру электрического сопротивления, сверхпроводящий компаратор тока и регулируемые источники тока; аппаратура, выполненная на основе использования методов электротехники, включая входной блок с набором мер постоянной емкости, интегратор, измерительный блок с частотомером, цифровым вольтметром и компаратором.

Государственный первичный эталон применяют для передачи размера единицы силы постоянного электрического тока (далее - сила тока) вторичным эталонам, образцовым поверочным установкам 1-го разряда для средств измерений малых постоянных токов, рабочим мерам и калибраторам постоянного тока методами прямых измерений и сличением при помощи компаратора (компаратора напряжений постоянного тока) [8].

В качестве эталона сравнения для вторичных эталонов применяют меру напряжения на основе использования эффекта Джозефсона совместно с мерой электрического сопротивления и нуль-индикатором. Эталон сравнения применяют для сличений государственного первичного эталона с другими эталонами.

В качестве рабочих эталонов единицы силы тока в диапазоне $1 \cdot 10^{-3}$ - 1А применяют совместно группы термостатированных мер электродвижущей силы и мер электрического сопротивления.

В качестве рабочих эталонов единицы силы тока в диапазоне $1 \cdot 10^{-15}$ - $1 \cdot 10^{-9}$ А применяют меры тока на основе генераторов линейно изменяющегося напряжения с набором дифференцирующих конденсаторов.

В качестве образцовых средств измерений 1-го разряда применяют меры и калибраторы постоянного тока в диапазоне $1 \cdot 10^{-5}$ - 2 А; амперметры в диапазоне $1 \cdot 10^{-5}$ - 2 А; поверочные установки (потенциометрические и с калибраторами тока) в диапазоне $1 \cdot 10^{-6}$ - 30 А, калибраторы постоянного тока в диапазоне $1 \cdot 10^{-5}$ - 10 А, поверочные установки для средств измерений малых постоянных токов в диапазоне $1 \cdot 10^{-15}$ - $1 \cdot 10^{-5}$ А.

Образцовые средства измерений 1-го разряда применяют для поверки образцовых 2-го разряда и рабочих средств измерений методами прямых измерений, непосредственным сличением и сличением при помощи компаратора (компаратора напряжения постоянного тока).

В качестве образцовых средств измерений 2-го разряда применяют амперметры в диапазоне $1 \cdot 10^{-5}$ - 30 А и меры постоянного тока (в том числе ионизационные источники тока) в диапазоне $1 \cdot 10^{-16}$ - $1 \cdot 10^{-5}$ А.

Образцовые средства измерений 2-го разряда применяют для поверки рабочих средств измерений методом прямых измерений, непосредственным сличением.

В качестве рабочих средств измерений применяют меры тока и калибраторы постоянного тока, амперметры, электротехнические усилители, калибраторы тока - ионизационные источники тока, вольтметры - электротехнические.

Диапазон рабочих средств измерений составляет $1 \cdot 10^{-16}$ - 30 А [7].

3.2 Государственная поверочная схема для средств измерений переменного электрического напряжения

Поверочную схему для исследуемого в дипломной работе вольтметра определяет ГОСТ Р 8.648-2015 «государственная поверочная схема для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от 1×10^{-2} до 2×10^9 Гц»

В состав государственного специального эталона входят:

- набор термоэлектрических преобразователей напряжения с добавочными резисторами в диапазоне частот от 10 до 1×10^5 Гц для диапазона напряжений от 0,1 до 1000 В; набор термоэлектрических преобразователей напряжения в диапазоне частот свыше 1×10^5 до 3×10^7 Гц для диапазона напряжений от 0,1 до 30 В;

- набор болометрических преобразователей напряжения в диапазоне частот от 3×10^7 до 2×10^9 Гц и диапазоне напряжений от 0,1 до 1 В, масштабный преобразователь для диапазона напряжений от 0,1 до 3 В;

- терморезисторный мост постоянного тока;

- мера постоянного напряжения 1 и 10 В;

- средства измерений (далее - СИ) постоянного напряжения;

- высокочастотный электронный вольтметр;

- высокостабильные программируемые источники постоянного и переменного напряжений.

В основу работы государственного специального эталона положен метод сравнения действующего значения переменного напряжения с известным значением постоянного напряжения.

В качестве вторичных эталонов используют рабочие эталоны (РЭ):

- в диапазоне частот от 1×10^{-2} до 10 Гц используют меры напряжения для диапазона напряжений от 0,1 до 1000 В.

- в диапазоне частот от 10 до 1×10^5 Гц используют меры напряжения, содержащие масштабные преобразователи для диапазона напряжений до 0,0001 В, набор термоэлектрических преобразователей с добавочными резисторами для диапазона напряжений от 0,1 до 1000 В, СИ напряжения постоянного тока, источники напряжения постоянного и переменного тока.

- в диапазоне частот от 1×10^5 до 3×10^7 Гц используют меры напряжения, содержащие набор термоэлектрических преобразователей для диапазона напряжений от 0,1 до 30 В, СИ напряжения постоянного тока, источники напряжения постоянного и переменного тока.

- в диапазоне частот от 3×10^7 до 2×10^9 Гц используют меры напряжения, содержащие набор терморезисторных преобразователей и масштабных преобразователей для диапазона напряжений от 0,1 до 10 В, вольтметр постоянного тока, высокостабильный источник переменного напряжения.

РЭ применяют для передачи размера единицы электрического напряжения ОСИ 1-го разряда. СКО метода передачи размера единицы S_{e0} составляет от 3×10^{-6} до 6×10^{-4} в диапазоне частот от 10 до 3×10^7 Гц и от 1×10^{-4} до 2×10^{-3} в диапазоне частот от 3×10^7 до 2×10^9 Гц.

В качестве ОСИ 1-го разряда используют измерительные преобразователи, калибраторы, вольтметры и широкополосные вольтметры в диапазоне частот от 1×10^{-2} до 2×10^9 Гц для диапазона напряжений от 0,001 до 1000 В.

ОСИ 1-го разряда применяют для поверки ОСИ 2-го разряда и РСИ непосредственным сличением, методом прямых измерений и сличением с помощью компаратора с использованием масштабных преобразователей.

В качестве ОСИ 2-го разряда применяют измерительные преобразователи, калибраторы, поверочные установки, широкополосные калибраторы, широкополосные вольтметры в диапазоне частот от 1×10^{-2} до 2×10^9 Гц и диапазоне напряжений от 0,00001 до 1000 В

ОСИ 2-го разряда применяют для поверки РСИ: измерительных преобразователей, селективных вольтметров, вольтметров, калибраторов, измерительных генераторов непосредственным сличением, методом прямых измерений и сличением с помощью компаратора.

В качестве РСИ применяют вольтметры, калибраторы, селективные вольтметры, измерительные преобразователи, измерительные генераторы при частотах f до 300 мгц [10].

4 Процедура аттестации эталонов электротехнических средств измерений.

При аттестации эталона электротехнического средства измерения держатель эталона – АО «КрЭВРЗ» в первую очередь проверяет эталон на соответствие государственной поверочной схеме для соответствующего вида средств измерений. Удостоверившись в соответствии, держатель эталона должен разработать документацию на эталон, а именно: паспорт эталона и правила его содержания и применения на основе приказа №36 "Об утверждении рекомендаций по проведению первичной и периодической аттестации и подготовке к утверждению эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений ". После подготовки документации для первичной аттестации эталона, его держатель отправляет прибор на поверку в организацию, аккредитованную на право поверки соответствующей группы средств измерений в установленном порядке. Метрологическая лаборатория АО «КрЭВРЗ» отправляет рассматриваемые приборы в Центр стандартизации и метрологии. Результатом выполнения этих процедур является выдача Свидетельства о поверке (Сертификата калибровки) эталона, с подтверждением его соответствия конкретному разряду государственной поверочной схемы и

указанием межповерочного интервала эталона, установленного по результатам испытаний и указанным в описании типа средства измерений. В случае калибровки эталона подтверждение его соответствия конкретному разряду государственной поверочной схемы и указание межкалибровочного интервала оформляется отдельным заключением, содержащим необходимые сведения. Держатель эталона оценивает соответствие эталона обязательным техническим требованиям и требованиям к содержанию и применению и, при положительных результатах оценки соответствия, наличии свидетельства о поверке оформляет свидетельство об аттестации эталона. В адрес ФГУП ВНИИМС направляется заполненный бланк электронной регистрации заявки и данные по эталону, заявка на утверждение эталона и полный пакет документов на эталон. При необходимости держатель эталона разрабатывает методику, которая должна содержать информацию:

- о процедурах, выполняемых при аттестации;
- о методах и средствах поверки или калибровки эталона;
- о правилах определения его метрологических характеристик и оценки их соответствия установленным метрологическим требованиям;
- о требованиях к условиям содержания и применения, приведенных в правилах содержания и применения эталона и его эксплуатационной документации. Блок-схема процесса аттестации эталона представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 - Блок-схема процесса аттестации эталона

4.1 Разработка документации для аттестации эталона вольтамперметра М2015

4.1.1 Разработка паспорта эталона для вольтамперметра М2015

Паспорт эталона должен содержать:

- состав эталона;
- метрологические характеристики эталона;
- год выпуска и производитель эталона;
- место и условия содержания эталона;

- отдел (лаборатория), ответственный за эталон.

В первую очередь, разрабатывался паспорт государственного эталона, он состоит из:

- полного наименования эталона и наименования величины, разряда по государственной поверочной схеме, значению (диапазону значений) величины «Паспорт рабочего эталона единицы электрического напряжения 2-го разряда диапазона измерений 0...3В, рабочего эталона единицы силы постоянного электрического тока 2 разряда диапазона измерений 0...30 А. Вольтамперметр М2015.»

Также на первой странице необходимо указать полное наименование организации держателя эталона Акционерное Общество «Красноярский электровагоноремонтный завод», год разработки – 2019. На следующей странице указан состав рабочего эталона:

Наименование – вольтамперметр М2015, его тип – М2015 и заводской номер 12415. После этого необходимо указать метрологические характеристики прибора: измеряемая величина – напряжение и сила тока, единицы измерения – В и А, диапазон – 0...3 В и 0...30 А, характеристики точности – наименование – КТ, значение – 0,2.

После государственного эталона, место и условия содержания государственного эталона, описание отдела, лаборатории, ответственной за государственный эталон. После указывается:

- межаттестационный интервал, который составляет 12 месяцев для данного прибора;

- год выпуска и производитель рабочего эталона – эталон изготовлен в 1978 г. СССР;

- место и условие содержания эталона - эталон содержат в ОАО «КрЭВРЗ» и применяют при периодической калибровке и для воспроизведения электрического сопротивления постоянному току в условиях их эксплуатации соответствующих правилам содержания и применения эталона (Пс №ВПФ.0081.2019);

- отдел (лаборатория), ответственный за эталон - лаборатория по ремонту и калибровке электрических средств измерений;

- подписи руководителя организации, специалиста, ответственного за содержание и применение эталона, эталон утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

Разработанный в ходе дипломной работы паспорт эталона вольтамперметра М2015 содержит:

- состав эталона;

- метрологические характеристики эталона;

- аттестационный интервал;

- ссылку на поверочную схему, используемую при аттестации эталона

- год выпуска и производитель эталона;

- место и условия содержания эталона;

- отдел (лаборатория), ответственный за эталон.

Разработанный паспорт эталона вольтамперметра М2015 представлен в приложении А.

4.1.2 Разработка правил содержания и применения эталона

Титульный лист правил содержания и применения содержит полное наименование организации – держателя эталона, наименование единиц (разрядов, уровней) единицы электрического напряжения 2-го разряда диапазона измерений 0...3 В , рабочего эталона единицы силы постоянного электрического тока 2 разряда диапазона измерений 0...30 А. Вольтамперметр М2015.

ГОСТ 8.027-2001 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы»

ГОСТ 8.767-2011 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений силы переменного электрического тока от 1·10 в степени -8 до 100А в диапазоне частот от 1·10 в степени -1 до 1·10 в степени 6 Гц», порядкового номера эталона (Пс№ВПФ.0081.2019), которые применимы к данному эталону, информация о государственной поверочной схеме. Правила содержания и применения государственного эталона содержат состав государственного эталона, обязательные метрологические и технические требования к государственному эталону, а именно:

- метрологические требования;
- технические требования;
- указание межаттестационного интервала;
- требования к помещениям и условиям содержания и применения государственного эталона;
- требования по установке, регулировке и подготовке государственного эталона к его эксплуатации;
- описание процедур контроля технического состояния государственного эталона и условий его содержания и применения;
- описание процедур технического обслуживания средств измерений, используемых для передачи значения величины, вспомогательных средств измерений и дополнительного оборудования;
- описание методики периодической аттестации государственного-эталона.

Разработанные правила содержания и применения вольтамперметра типа М2015 представлены в приложении В.

4.1.3 Разработка свидетельства об аттестации эталона

Свидетельство об аттестации государственного эталона содержит:

- полную информацию о держателе эталона: наименование организации, контактные данные, юридический адрес - Открытое акционерное общество

«Красноярский Электровагоноремонтный Завод» (ОАО «КрЭВРЗ»), Профсоюзов ул., 39, Красноярск, 660021 тел.: (391) 221-33-06, факс: (391) 265-22-98, e-mail: office@krevrz.ru, www.kr-evrz.ru, ОКПО 00465489, ОГРН 1072460002515, ИНН 2460083169 / КПП 246750001.

- подтверждение соответствия конкретному уровню разряда государственной или локальной поверочной схемы, технические и метрологические требования, а также требования к содержанию и применению, Рабочий эталон единицы электрического напряжения 2-го разряда диапазона измерений 0...3 В, рабочего эталона единицы силы постоянного электрического тока 2 разряда диапазона измерений 0...30 А. Вольтамперметр М2015 Аттестован на соответствие обязательным требованиям (метрологическим и техническим требованиям, требованиям к содержанию и применению рабочего эталона), утвержденным приказом Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии от __ № ВПФ.0081.2019

Метрологические требования: эталон соответствует государственной поверочной схеме ГОСТ 8.022-91 «ГСИ» Государственная поверочная схема для средств измерений Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне 1·10⁻¹⁶-30 А.

Технические требования: комплектность, технические характеристики эталона соответствуют паспортным данным и требованиям Правил содержания и применения эталона, и иной технической документации и обеспечивают безопасность эксплуатации эталона. Подписи руководителя организации и специалиста, ответственного за содержание и применение эталона.

Разработанное свидетельство об аттестации эталона вольтамперметра типа М2015 представлено в приложении д.

4.1.4 Разработка электронной заявки

Форма заявки на утверждение эталона должна содержать:

Направление начальнику управления метрологии Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии с просьбой утвердить эталоны, используемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, прошедшие первичную аттестацию в количестве ... шт., подпись руководителя организации.

Требования к регистрации в электронном журнале заполняются для каждого эталона. Необходимо заполнить следующую информацию:

- наименование эталона (в соответствии с паспортом);
- наименование и обозначение стандарта (документа) на государственную или локальную поверочную схему;
- статус или разряд (уровень) эталона по государственной или локальной поверочной схеме;

- форма собственности (государственный или принадлежащий указанной организации);
- предлагаемый межаттестационный интервал;
- порядковый номер эталона, присвоенный организацией – держателем эталона (внутренний номер);
- наименование организации – держателя эталона, имеющего более высокие показатели точности, осуществивший поверку (калибровку эталона);
- наименование и регистрационный номер эталона, от которого осуществлена передача единицы, его статус или разряд по государственной или локальной поверочной схеме;
- вид измерений в соответствии с рекомендациями по метрологии МИ 2222-92 «Виды измерений. Классификация»;
- регистрационный номер государственного первичного эталона, к которому осуществляют прослеживаемость эталона (см. www.gos-etalon.ru);
- номинальные значения или диапазоны значений величины, в которых эталон хранит или передает единицу. Характеристики точности эталона (Погрешность, неопределенность);
- состав эталона: перечень средств измерений (мер, измерительных приборов) и технических средств с указанием наименования, обозначения типа, номера регистрации в Федеральном информационном фонде, изготовителя, заводского номера, года выпуска. Сведения о поверке средств измерений, входящих в состав эталона: дата последней поверки, организация, выполнявшая поверку, эталон, с помощью которого выполнялась поверка;
- подписи руководителей организации и специалиста, ответственного за содержание и применение эталона.

Данные для электронной заявки на аттестацию вольтметра типа М2015 представлены в приложении ж.

4.2 Разработка документации для аттестации эталона вольтметра Д5015

4.2.1 Разработка паспорта эталона

В первую очередь, разрабатывался паспорт государственного эталона, он состоит из:

- полного наименования эталона и наименования величины, разряда по государственной поверочной схеме, значению (диапазону значений) величины. «Паспорт рабочего эталона единицы электрического напряжения 2-го разряда диапазона измерений 0...600 В, рабочего эталона единицы переменного электрического напряжения 2 разряда диапазона измерений 0...600 В. Вольтметр Д5015.

Также на первой странице необходимо указать полное наименование организации держателя эталона Акционерное Общество «Красноярский электровагоноремонтный завод», год разработки – 2019. На следующей странице

указан состав рабочего эталона: наименование – Вольтметр Д5015, его тип – Д5015 и заводской номер 11451.

После этого необходимо указать метрологические характеристики прибора: измеряемая величина – напряжение, единицы измерения – В, диапазон – 0...60 В, характеристики точности – наименование – КТ, значение – 0,2. После государственного эталона, место и условия содержания государственного эталона, описание отдела, лаборатории, ответственной за государственный эталон. После указывается:

- межаттестационный интервал, который составляет 12 месяцев для данного прибора;

- год выпуска и производитель рабочего эталона – эталон изготовлен в 1982 г. ПО «Точэлектроприбор», Украина, г.Киев;

- место и условие содержания эталона - эталон содержат в ОАО «КрЭВРЗ» и применяют при периодической калибровке и для воспроизведения электрического сопротивления постоянному току в условиях их эксплуатации соответствующих правилам содержания и применения эталона (Пс №ВПФ.0076.2019);

- отдел (лаборатория), ответственный за эталон - лаборатория по ремонту и калибровке электрических средств измерений;

- подписи руководителя организации, специалиста, ответственного за содержание и применение эталона, эталон утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

Разработанный паспорт эталона вольтметра типа Д5015 представлен в приложении Б.

4.2.2 Разработка правил содержания и применения эталона

Титульный лист правил содержания и применения содержит полное наименование организации – держателя эталона, наименование единиц (разрядов, уровней) Единицы переменного электрического напряжения 2 разряда в диапазоне измерений от 0 до 600 ВГОСТ Р 8.648-2015 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000В в диапазоне частот от 0,01 Гц до 2000 кГц» порядкового номера эталона (ПрС № 30-13- 0076), которые применимы к данному эталону, информация о государственной поверочной схеме. Правила содержания и применения государственного эталона содержат состав государственного эталона, обязательные метрологические и технические требования к государственному эталону, а именно:

- метрологические требования;
- диапазон значений, в котором эталон хранит и передает значение величины, составляет от 0 до 600 В;

- технические требования;
- в соответствии с ГОСТ 8.497-83 «Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методы и средства поверки»;

- межаттестационный интервал;
- межаттестационный интервал рабочего эталона единицы переменного электрического напряжения 2 разряда составляет 12 месяцев;
- требования к помещениям и условиям содержания и применения рабочего эталона;
- в помещении, где применяется эталон, должны соблюдаться следующие нормальные условия эксплуатации: температура окружающего воздуха $(20\pm 5)^\circ\text{C}$, относительная влажность (20-80%);
- требования по установке, регулировке и подготовке рабочего эталона к его эксплуатации;
- требования по установке, регулировке и подготовке эталона – согласно эксплуатационной документации;
- процедура контроля технического состояния рабочего эталона и условий его содержания и применения;
- контроль технического состояния эталона осуществлять согласно эксплуатационной документации;
- процедура технического обслуживания рабочего эталона, средств измерений, используемых для передачи значения величины, вспомогательных средств измерений и дополнительного оборудования;
- техническое обслуживание эталона, средств измерений, используемых для передачи значения величины, вспомогательных средств измерений и дополнительного оборудования проводить согласно эксплуатационной документации;
- методика периодической аттестации рабочего эталона.

Аттестация рабочего эталона включает в себя: поверку (калибровку) его как средства измерения, используемого для хранения и передачи значений величины; поверку (калибровку) вспомогательных средств измерений; проведение проверки (аттестации) и оценки соответствия вспомогательного оборудования (метрологического) требованиям, установленным для него в эксплуатационной документации; проверку работоспособности и правил содержания эталона:

- методы и средства поверки рабочего эталона единицы переменного напряжения 2 разряда в диапазоне от 0 до 600 В соответствуют ГОСТ 8.497-83 «Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методы и средства поверки»;
- поверка средств измерений, используемых для передачи значения величины и вспомогательных средств измерений, осуществляется юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, аккредитованными на компетентность выполнения работ по поверке средств измерений, в область аккредитации которых включены соответствующие группы средств измерений;
- аттестацию эталона, как средства измерения, осуществляет держатель эталона - АО «КрЭВРЗ»;
- по результатам аттестации оформляется свидетельство об аттестации по установленной форме.

Разработанные правила содержания и применения вольтметра типа Д5015

представлены в приложении Г.

4.2.3 Разработка свидетельства об аттестации эталона

Свидетельство об аттестации государственного эталона содержит:

- полную информацию о держателе эталона: наименование организации, контактные данные, юридический адрес - Открытое акционерное общество «Красноярский Электровагоноремонтный Завод» (ОАО «КрЭВРЗ»), Профсоюзов ул., 39, Красноярск, 660021 тел.: (391) 221-33-06, факс: (391) 265-22-98, e-mail: office@krevrz.ru, www.kr-evrz.ru, ОКПО 00465489, ОГРН 1072460002515, ИНН 2460083169 / КПП 246750001;

- подтверждение соответствия конкретному уровню разряда государственной или локальной поверочной схемы, технические и метрологические требования, а также требования к содержанию и применению, Рабочий эталон единицы переменного электрического напряжения 2 разряда аттестован на соответствие обязательным требованиям (метрологическим и техническим требованиям, требованиям к содержанию и применению рабочего эталона), утвержденным приказом Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии;

- метрологические требования: эталон соответствует рабочему эталону 2 разряда государственной поверочной схемы ГОСТ Р 8.648-2008 «ГСИ» Государственная поверочная схема для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 Вв диапазоне от 0.01 Гц до 2000 кГц»;

- технические требования: комплектность, технические характеристики эталона соответствуют паспортным данным и требованиям правил содержания и применения эталона, и иной технической документации и обеспечивают безопасность эксплуатации эталона;

- требования к содержанию и применению: условия эксплуатации соответствуют требованиям разделов 3, 4 правил ПрС № 30-13-0076 и методы и средства поверки рабочего эталона единицы переменного электрического напряжения 2 разряда соответствуют ГОСТ 8.497-83 «ГСИ. Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методы и средства поверки»;

- подписи руководителя организации и специалиста, ответственного за содержание и применение эталона.

Разработанное свидетельство об аттестации эталона вольтметра типа Д5015 представлено в приложении Е.

4.2.4 Разработка электронной заявки

Форма заявки на утверждение эталона должна содержать:

- направление начальнику управления метрологии Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии с просьбой утвердить эталоны,

используемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, прошедшие первичную аттестацию в количестве ... шт., подпись руководителя организации;

- наименование эталона (в соответствии с паспортом);
- рабочий эталон единицы переменного электрического напряжения 2 разряда в диапазоне измерений от 0 до 600 В;
- наименование и обозначение стандарта (документа) на государственную или локальную поверочную схему;
- ГОСТ Р 8.648-2008 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 Вв диапазоне частот от 0,01 Гц до 2000 кГц»;
- статус или разряд (уровень) эталона по государственной или локальной поверочной схеме;
- эталон единицы переменного электрического напряжения. 2 разряд
- форма собственности (государственный или принадлежащий указанной организации);
- акционерное общество «Красноярский электровагоноремонтный завод»;
- предлагаемый межаттестационный интервал 12 месяцев;
- порядковый номер эталона, присвоенный организацией – держателем эталона (внутренний номер) 3.6.ВПФ.00–76.2019;
- наименование организации – держателя эталона, имеющего более высокие показатели точности, осуществивший поверку (калибровку эталона) ФБУ «Красноярский ЦСМ»;
- наименование и регистрационный номер эталона, от которого осуществлена передача единицы, его статус или разряд по государственной или локальной поверочной схеме - Установка УППУ-1М №042;
- вид измерений в соответствии с рекомендациями по метрологии МИ 2222-92 «Виды измерений. Классификация»;
- измерения переменного электрического напряжения;
- регистрационный номер государственного первичного эталона, к которому осуществляют прослеживаемость эталона - ГЭТ13;
- номинальные значения или диапазоны значений величины, в которых эталон хранит или передает единицу. Характеристики точности эталона (Погрешность, неопределенность);
- состав эталона: перечень средств измерений (мер, измерительных приборов) и технических средств с указанием наименования, обозначения типа, номера регистрации в Федеральном информационном фонде, изготовителя, заводского номера, года выпуска;
- сведения о поверке средств измерений, входящих в состав эталона: дата последней поверки, организация, выполнявшая поверку, эталон, с помощью которого выполнялась поверка.

Данные для электронной заявки на аттестацию вольтметра типа Д5015 представлены в приложении И.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе бакалаврской работы было выполнено следующее:

- проведен литературный обзор, позволивший рассмотреть физические основы электрических измерений, эталоны единиц электрических величин.
- проведено ознакомление с основными электроизмерительными приборами.
- изучена работа предприятия и рассмотрена существующая на ОАО «КрЭВРЗ» метрологическая служба;
- изучены нормативно-правовые основы обеспечения единства измерений, аттестации эталонов; при ознакомлении с обеспечением единства измерений рассмотрен федеральный закон РФ «Об обеспечении единства измерений» от 26 июня 2008 года №102.
- проанализирован существующий процесс разработки документации для аттестации эталонов электрических средств измерений, в частности, для амперметра и вольтметра;
- разработана документация для аттестации эталона амперметра постоянного тока М2015 в частности: паспорт эталона, правила его содержания и применения, свидетельство об аттестации;
- разработана документацию для аттестации эталона вольтметра переменного тока Д5015, в частности: паспорт эталона, правила его содержания и применения, свидетельство об аттестации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Приказ Минпромторга РФ от 02.07.2015 N 1815 Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке.
- 2 Об обеспечении единства измерений [Электронный ресурс]: федер. закон от 26.06.2008 № 102 Консультант Плюс: справ. - прав. система. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.
- 3 Малиновский В.Н. Электрические измерения: учеб. для вузов / В.Н. Малиновский. - М.: Академия 2004. -150 с .
- 4 Авдеев Б.Я. Основы метрологии и электрические измерения: учебник / Б.Я. Авдеев. –М: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2005. — 520 с.
- 5 Об обеспечении единства измерений [Электронный ресурс]: федер. закон от 27.04.1993 № 4871-1 Консультант Плюс: справ. - прав. система. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.
- 6 В.В. Окрепилова Российская метрологическая энциклопедия / Окрепилова В.В - Санкт-Петербург. Лики России, 2015. – 1233с.
- 7 ГОСТ 8.022 - 1991. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне $1 \cdot 10_{(-16)}$ -30 А. – Введ. 01.07.1992. - Москва: Комитетом стандартизации и метрологии СССР, 1992 – 23с.
- 8 Тарбеев Ю. В. Государственные эталоны / Ю.В. Тарбеев, А.В.Балалаев. - М.: 2004. -78 с .
- 9 ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования. – Введ.28.09.15. – Москва: Стандартиформ, 2015. – 32с.
- 10 ГОСТ Р 8.648-2015 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственная поверочная схема для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10_{(-2)}$ до $2 \cdot 10_{(9)}$ Гц. – Москва: Стандартиформ, 2016. – 33с.
- 11 Сергеев А. Г Метрология: Учебное пособие для вузов / А.Г.Сергеев, В.В Крохин. – М.: Логос, 2000.-145 с.
- 12 Брянский Л. Н. Непричесанная метрология / Л.Н. Брянский. - М.: ПОТОК – ТЕСТ, 2002. – 112с.
- 13 Атамалян Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин: учебное пособие / Э.Г. Атамалян. - М.: 2001.-566 с.
- 14 Малиновский В.Н. Электрические измерения: учебник / В.Н. Малиновский. - М.: 2002.-233 с.
- 15 Авдеев Б.Я. Основы метрологии и электрические измерения: учебник / Б.Я. Авдеев. –М: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2005. — 520 с.
- 16 Ушаков И.Е. Законодательная метрология и технология разработки нормативной документации: учебное пособие / И.Е.Ушаков. – Санкт-Петербург: 2003.- 344с.

17 Об утверждений рекомендаций по проведению первичной и периодической аттестации и подготовке к утверждению эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений [Электронный ресурс]: федер. закон от 22.01.2014 № 36 Консультант Плюс: справ. - прав. система. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.

18 Постановление Правительства РФ от 23 сентября 2010 г. № 734. Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений. – Введ. 23.09.2010 – Москва, 2010. – 30 с.

19 ГОСТ Р 8.879 - 2014 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению. – Введ. 28.09.15. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 32с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Паспорт рабочего эталона

(изъято, представлен сокращенный вариант)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Паспорт рабочего эталона

(изъято, представлен сокращенный вариант)

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Правила содержания и применения рабочего эталона

(изъято, представлен сокращенный вариант)

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
Правила содержания и применения рабочего эталона

(изъято, представлен сокращенный вариант)

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
Свидетельство об аттестации рабочего эталона

(изъято, представлен сокращенный вариант)

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
Свидетельство об аттестации рабочего эталона

(изъято, представлен сокращенный вариант)

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
Данные для электронной заявки на аттестацию вольтамперметра типа
M2015


(изъято, представлен сокращенный вариант)

ПРИЛОЖЕНИЕ И
Данные для электронной заявки на аттестацию вольтметра типа
Д5015

(изъято, представлен сокращенный вариант)

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Стандартизация, метрология и управление качеством»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
В.С. Секацкий


подпись
« 28 » 06 2019г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

27.03.01 – Стандартизация и метрология

Разработка документации для аттестации эталонов электрических средств измерений

Руководитель


подпись, дата

доц., канд. тех. наук

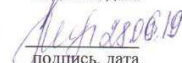
А.П. Батрак

Выпускник


подпись, дата

И.С. Лалетина

Нормоконтролер


подпись, дата

доц., канд. тех. наук

Н.В. Мерзликина

Красноярск 2019