

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

Н.И. Никифорова

« 03 » 05 2023 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине (модулю)

Б1.В.ДВ.02.01 «Технические средства контроля качества электрической энергии»

(наименование дисциплины (модуля))

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

Электроснабжение

(наименование профиля/программы/направленности/специализации)

бакалавр

квалификация

очная/очно-заочная

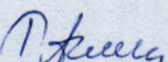
форма обучения

Нижекамск, 2023 г.



Составитель ФОС:

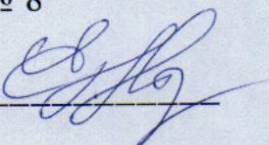
Ст.преподаватель  
(должность)

  
(подпись)

Ахметшин Р.И.  
(Ф.И.О)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры ЭТЭОП,  
протокол от 18.04 2023 г. № 8

Зав. кафедрой

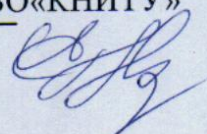
  
(подпись)

(Ф.И.О.)

Гаврилов Е.Н.

Эксперт:

Руководитель ООП Гаврилов Е.Н. ., зав. кафедрой ЭТЭОП НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»  
Ф.И.О., должность, организация, подпись



**Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием этапов формирования в процессе освоения дисциплины**

Компетенция:

ОПК-6 – способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности.

Индикаторы достижения компетенции:

- 1) ОПК-6.1 – знает методику проведения измерения электрических и неэлектрических величин;
- 2) ОПК-6.2 – умеет выполнять экспериментальные исследования по заданной методике, обрабатывать результаты экспериментов;
- 3) ОПК-6.3 – владеет навыками проведения экспериментальных исследований и анализа полученной информации.

**Для очного и очно-заочного отделения**

<b>Индикаторы достижения компетенции</b>	<b>Этапы формирования в процессе освоения дисциплины</b>				<b>Наименование оценочного средства</b>
	<b>Лекции</b>	<b>Практические Занятия, лабораторный практикум</b>	<b>Лабораторные занятия</b>	<b>Курсовой проект (работа)</b>	
ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	<b>Тема 1, Тема 2, Тема 3</b>	<b>Тема 2, Тема 3,</b>	<b>Тема 2</b>	<b>Не предусмотрены</b>	Лабораторные работы
ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	<b>Тема 1, Тема 2, Тема 3</b>	<b>Тема 2, Тема 3,</b>	<b>Тема 2</b>	<b>Не предусмотрены</b>	Лабораторные работы

ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	<i><b>Тема 1, Тема 2, Тема 3</b></i>	<i><b>Тема 2, Тема 3,</b></i>	<i><b>Тема 2</b></i>	<i><b>Не предусмотрены</b></i>	Лабораторные работы,
--	--------------------------------------	-------------------------------	----------------------	--------------------------------	----------------------

Для заочного отделения

<i>Оценочные средства</i>	<i>Кол-во</i>	<i>Min, баллов</i>	<i>Max, баллов</i>
Лабораторная работа	4	32	60
Зачёт	1	24	40
Итого:		60	100

Для очно-заочного отделения

<i>Оценочные средства</i>	<i>Кол-во</i>	<i>Min, баллов</i>	<i>Max, баллов</i>
Лабораторная работа	5	18	30
Зачёт	1	24	40
Итого:		60	100

### *Шкала оценивания*

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:	
			экзамен / зачет с оценкой	зачет
5	87 - 100	Отлично (зачтено)	Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если ответы на вопросы по темам дисциплины последовательны, логически изложены, допускаются незначительные недочеты в ответе студента, такие как отсутствие самостоятельного вывода, речевые ошибки и пр
4	74 - 86	Хорошо (зачтено)	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	
3	60 - 73	Удовлетворительно (зачтено)	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	
2	Ниже 60	Неудовлетворительно (не зачтено)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент не знает основных понятий темы дисциплины, не отвечает на дополнительные и наводящие вопросы преподавателя.

### Краткая характеристика оценочных средства

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование оценочного средства</i>	<i>Краткая характеристика оценочного средства</i>	<i>Представление оценочного сред- ства в фонде</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1.	Лабораторная работа	<p>Это вид учебной работы, целью которой является изучение (исследование, измерение) характеристик лабораторного объекта.</p> <p>Цель лабораторных занятий: освоение изучаемой учебной дисциплины; приобретение навыков практического применения знаний учебной дисциплины (дисциплин) с использованием технических средств и (или) оборудования</p>	Темы лабораторных работ, контрольные вопросы по теме лабораторной работы, вопросы к коллоквиуму



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Факультет информационных технологий  
Кафедра ЭТЭОП*

Учебным планом по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» для обучающихся очной и заочной формы предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине «Технические средства контроля качества электрической энергии» .

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения: лабораторного оборудования, образцов для исследований, методических пособий. Цель проведения лабораторных работ - практическое освоение теоретических положений лекционного материала, а также выработка студентами определенных умений и навыков самостоятельного экспериментирования.

### **Лабораторная работа № 1**

ЛР№ 1 «Изучение метода измерения качества электроэнергии» Цель работы: Цель работы: изучить современный, актуальный метод измерения качества электроэнергии

Нормативная база.

Описание прибора "Прорыв-Т-А" с токовыми клещами КТ-800Р (10-960)А приведен ниже.

Принцип действия приборов этой серии основан на аналого-цифровом преобразовании мгновенных значений входных сигналов напряжения и тока с последующим вычислением значений измеряемых параметров из полученного массива.

Приборы представляет собой моноблок, на передней панели которого расположены разъемы для подключения прибора к контролируемой электрической сети и три индикатора. На задней панели приборов расположены клемма заземления, разъем питания, разъем подключения прибора к внешней ЭВМ, разъем для подключения внешней активной антенны (GPS/ГЛОНАСС), может быть расположен разъем для подключения Ethernet (опционно).

Приборы имеют девять модификаций (моделей): «Прорыв-КЭ-А», «Прорыв-КЭ-А Е», «Прорыв-КЭ-А И», «Прорыв-КЭ-А ЕИ», «Прорыв-Т-А», «Прорыв-Т-А Е», «Прорыв-Т-А И», «Прорыв-Т-А ЕИ» и "Прорыв – Альфа". Модификации различаются между собой конструктивным исполнением, а также видами измеряемых величин.





«Прорыв-КЭ-А X»



«Прорыв-Т-А X»

Общий вид передней панели приборов для измерения показателей качества электрической энергии «Прорыв» (модификации «Прорыв-КЭ-А X» и «Прорыв-Т-А X»)



«Прорыв-Х-А »

Место  
пломбирования



«Прорыв-КЭ-А Е»

Общий вид задней панели приборов для измерения показателей качества электрической энергии «Прорыв» (модификации «Прорыв-Х-А» и «Прорыв-Х-А Е»)

Приборы в зависимости от модификации имеют следующее обозначение:

Тип приборов	Прорыв-Х-А	X
Обозначение модификации:		
«КЭ» измерение параметров напряжения		
«Т» измерение параметров напряжения, тока и мощности		
Класс «А» по ГОСТ 30804-2013		
Отсутствие символа – базовое исполнение		
«Е» – базовое исполнение + опция Ethernet		
«И» – базовое исполнение + опция измерения импульсов напряжения		
«ЕИ» – базовое исполнение + опция Ethernet + измерения импульсов напряжения		

Приборы измеряют ПКЭ, включая измерения длительности и глубины быстрых изменений напряжения, и электроэнергетические характеристики согласно таблице 2 и записывают результаты в память. Приборы модификаций «Прорыв-КЭ-А И», «Прорыв-КЭ-А ЕИ», «Прорыв-Т-А И» и «Прорыв-Т-А ЕИ» измеряют импульсное напряжение амплитудой от 0,7 кВ до 6,0 кВ и производят запись импульсного напряжения с частотой дискретизации 20 МГц с длительностью записи до 2,5 мс. Память приборов представляет собой энерго-независимое оперативное устройство.

Продолжительность записи информации не менее 30 суток.

Информация из энергонезависимой памяти считывается во внешнюю ЭВМ, где производится ее последующая обработка. При анализе данных используется программное обеспечение «ПРОРЫВ». Программное обеспечение позволяет производить загрузку с приборов измеренных значений показателей качества электрической энергии, стирание результатов ранее проведенных измерений, ввод информации о месте измерений, просмотр произвольно выбранного временного участка измерений, сохранение результатов с привязкой к времени измерений в файл, формирование и распечатку протоколов измерений.

Приборы предназначены как для автономной работы, так и для использования в составе автоматизированных информационно-измерительных систем, в том числе в модулях измерительных автоматизированной информационно-измерительной системы безопасности электрической энергии (АИИС БЭЭ).

Приборы могут производить подстройку текущего времени под время «Национальной шкалы координированного времени Российской Федерации UTC (SU)» в соответствии с требованиями [4], класс А.

Приборы при отключении питающей фазы сети переменного тока будут продолжать непрерывные измерения только при работе от источников бесперебойного питания ИБП-1. Источник бесперебойного питания ИБП-1 обеспечивает непрерывную работу приборов типа «Прорыв» в автономном режиме в течение не менее трёх часов.

Приборы обеспечивают непрерывное измерение и запоминание показателей качества электрической энергии в течение не менее месяца.

Приборы обеспечивают сохранение измеренных показателей качества электрической энергии при отключении питания в течение неограниченного времени. Испытания ЭЭ в целях контроля КЭЭ проводят в любых режимах работы электрической сети, кроме аварийного режима, а также кроме режимов, обусловленных:

- исключительными погодными условиями и стихийными бедствиями (ураган, наводнение, землетрясение и т.п.);
- непредвиденными ситуациями, вызванными действиями стороны, не являющейся сетевой организацией и потребителем электроэнергии (пожар, взрыв, военные действия и т.п.);
- условиями, регламентированными государственными органами управления, а также связанными с ликвидацией последствий, вызванных исключительными погодными условиями и непредвиденными обстоятельствами;
- в условиях введения в отношении потребителя режима ограничения потребления электрической энергии.

При проведении испытаний ЭЭ в ПК для измерения ПКЭЭ обеспечивают выполнение условий эксплуатации СИ.

Привлекаемые к проведению испытаний ЭЭ испытательные лаборатории/центры должны соответствовать требованиям ГОСТ ИСО/МЭК 17025.

Измерения ПКЭЭ проводят одновременно во всех выбранных ПК в распределительной сети, присоединенной к данному ЦП.

Требования к продолжительности измерений при проведении контроля

При проведении контроля КЭ в целях проверки соответствия ЭЭ нормам ПКЭЭ, установленным в ГОСТ 32144, в том числе при проведении арбитражных и сертификационных испытаний ЭЭ, а также испытаний при инспекционном контроле сертифицированной ЭЭ проводят непрерывные измерения значений ПКЭЭ по ГОСТ 30804.4.30, класс измерений А, в течение не менее одной недели (семи суток).

При проведении контроля КЭ в целях проверки выполнений требований к КЭ, установленных в договорах услуг по передаче и договорах купли/продажи ЭЭ, проводят непрерывные измерения по ГОСТ 30804.4.30, класс

измерений А, значений ПКЭ, установленных в договорах, в течение времени и в условиях, предусмотренных в указанных договорах, но не менее одной недели (семи суток).

Органы государственного контроля (надзора) устанавливают продолжительность непрерывных измерений значений ПКЭ не менее одной недели (семи суток).

Продолжительность непрерывных измерений ПКЭ при рассмотрении претензий к КЭ устанавливается соглашением между сетевой организацией и потребителем, но не менее одних суток.

Число маркированных данных, не учитываемых при оценке соответствия ПКЭ установленным нормам, не должно превышать 5% общего числа усредненных на 10-ти минутных интервалах значений ПКЭ в каждые сутки из общего периода времени непрерывных измерений.

Измеряемые напряжения

При определении ПКЭ в трехфазных четырехпроводных и пятипроводных и однофазных сетях измеряют фазные напряжения. В трехпроводных сетях с изолированной нейтралью измеряют междуфазные напряжения.

Контрольные вопросы.

1. Принцип работы прибора «Прорыв Т-А»
2. Перечислить условия проведения испытания
3. Каков срок проведения испытания
4. Требования к прибору при проведении испытаний

## Лабораторная работа №2

### Оценка погрешности прямых измерений

Цель работы: произвести замеры напряжения в однофазной сети, анализ экспериментальных данных и определение пределов вблизи среднего значения, в которых находится истинное значение измеряемой величины при заданной доверительной вероятности  $\alpha$ .

Нормативная база.

1. Термины и определения в данной лабораторной работы взяты из **РМГ 29-2013 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения»**

Термины и определения

1. **Погрешность (результата измерения):** Разность между измеренным значением величины и опорным значением величины.

2. **Случайная погрешность (измерения):** Составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях, проведенных в определенных условиях.

3. **Среднее квадратическое отклонение; стандартное отклонение:** Параметр функции распределения измеренных значений или показаний, характеризующий их рассеивание и равный положительному корню квадратному из дисперсии этого распределения.

4. **Систематическая погрешность (измерения):** Составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или же

закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины.

Ход работы.

1. Мультиметром DT произвести замеры напряжения в однофазной сети.

2. Занести результаты в таблицу.

Но- мер замера										0
По- казание СИ										

3. Вычислить среднеарифметическое значение

$$U_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i$$

4. Вычислить абсолютную погрешность i-того вычисления.

$$\Delta U_i = |U_{cp} - U_i|$$

5. Занести результаты в таблицу

№										0
Абсолютная погрешность ( $\Delta U_i$ )										

6. Рассчитать среднюю погрешность вычисления.

$$\Delta U_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta U_i$$

Истинное значение измеряемой величины  $x$  будет находиться в интервале от  $(U_{cp} - \Delta U_{cp})$  до  $(U_{cp} + \Delta U_{cp})$ .

7. Определить среднюю квадратичную ошибку (называемая также средним

квадратичным отклонением) среднего арифметического

$$S_U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta U_i^2)}{n \times (n-1)}}$$

Задается значение доверительной вероятности  $\alpha$ . Случайные ошибки вызываются случайными причинами, то точно указать интервал, в котором заключена измеряемая величина, принципиально невозможно. Этот интервал можно указать лишь с определенной вероятностью  $\alpha$ , называемой доверительной вероятностью. В практике учебной работы значение  $\alpha$  выбирается равным 0,90÷0,95, а в ответственных случаях – 0,99 и более.

7. По выбранной доверительной вероятности  $\alpha$  и числу проведенных измерений  $n$  с помощью таблицы определяется коэффициент Стьюдента  $t_\alpha(n)$

Коэффициенты Стьюдента

$n \backslash \alpha$	<b>0,9</b>	<b>0,95</b>	<b>0,98</b>	<b>0,99</b>
<b>2</b>	6,3	12,7	31,8	63,7
<b>3</b>	2,9	4,3	7,0	9,9
<b>4</b>	2,4	3,2	4,5	5,8
<b>5</b>	2,1	2,8	3,7	4,6
<b>6</b>	2,0	2,6	3,4	4,0



<b>7</b>	1,9	2,4	3,1	3,7
<b>8</b>	1,9	2,4	3,0	3,5
<b>9</b>	1,9	2,3	2,9	3,4
<b>10</b>	6,3	2,3	2,8	3,3

8. Вычислить доверительный интервал  $\Delta U$  :

$$\Delta U = t_{\alpha}(n) \times S_u$$

9. Записать результат в виде.

$$U = U_{cp} \pm \Delta U \quad \alpha = \dots$$

$$E = \frac{\Delta U}{U_{cp}},$$

где E- относительная ошибка измерений

10. Сделать вывод по работе.

Контрольные вопросы.

1. Дать определение «погрешности измерения»
2. Дать определение «случайной погрешности измерения»
3. Дать определение «стандартному отклонению»
4. Что означает доверительная вероятность?

### Лабораторная работа № 3

Оценивание неопределённости измерения сопротивления изоляции трансформатора и асинхронного двигателя

Цель работы: научиться оценивать неопределённости измерений по типу А, типу В и стандартную неопределённость. Сравнить неопределённости, полученные при измерениях сопротивлений изоляции АД и ТР мультиметром и МРІ и сделать вывод.

Нормативная база. 1. Методика оценки неопределённости основана на методике, описанной в **РМГ 115-2019 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Калибровка средств измерений. Алгоритмы обработки результатов измерений и оценивания неопределённости»**

2. Термины и определения в данной лабораторной работы из **РМГ 29-2013 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения»**

Основные термины и определения:

**1. Неопределенность (измерений):** Неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений величины, приписываемых измеряемой величине на основании измерительной информации.

**2. Стандартная неопределенность (измерений):** Неопределенность измерений, выраженная в виде стандартного отклонения.

**3. Оценивание (неопределенности измерений) по типу А:** Оценивание составляющей неопределенности измерений путем статистического анализа измеренных значений величины, получаемых при определенных условиях измерений.

**4.Оценивание (неопределенности измерений) по типу В:** Оценивание составляющей неопределенности измерений способами, от-

личными от оценивания неопределенности измерений по типу А.

- Приборы и инструменты: 1. Мультиметр DT  
2. Измеритель сопротивления МРІ  
3. Трансформатор  
4. Асинхронный двигатель.

Теоретическая часть. Термины – «погрешность» и «неопределенность» - это выражение в разных терминах, одного и того же понятия – «точность измерений».

В России исторически сложилось так, что при оценке достоверности произведенного измерения использовали погрешность.

За рубежом исходно существовало понятие «error of measurement» - «ошибка измерения». Одной из целей при разработке стандарта качества ISO 9000 было обеспечение безошибочного выполнения всех производственных функций. В рамках ISO 9000 было разработано «Руководство по вычислению неопределенности в измерении» - «Guide to the expression of uncertainty in measurement», в котором описано понятие неопределенности измерений и способы ее вычисления.

Сейчас все чаще требуется оценивать точность проведения измерений (например, такое требование предъявляется при аккредитации лабораторий) в терминах «неопределенности». В связи с вступлением России в ВТО, принято решение перевести правила проведения и оценки качества работ (в том числе и метрологических) в соответствие с международными стандартами ИСО. Все измерительные лаборатории стран-членов ВТО должны оценивать точность результатов измерений в терминах неопределенности. В России о необходимости расчета неопределенности измерений в соответствии с ГОСТ Р ИСО 10576-1-2006 говорится в письме Роспотребнадзора 01/6620-12-32 от 13.06.2012. «Неопределенность измерений стоило выдумать хотя бы для того, чтобы теперь разъяснять, чем погрешность отличается от неопределенности». Понятие «uncertainty» возникло из дословного перевода документа «Guide to the expression of uncertainty in measurement», ISO-1993

Документ РМГ 91-2009 «Совместное использование понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерения» детально разъясняет соответствие терминов «погрешность» и «неопределенность».

Термин «погрешность» привязан к истинному значению измеряемой величины. Однако, это исходное «истинное значение» неизвестно. И при проведении измерений указывают интервал, в котором это «истинное значение» находится с определенным уровнем вероятности –  $X = A \pm \Delta$ ,  $P = 0,95$  (где  $P$  – доверительная вероятность).

То есть, интервал от  $(A - \Delta)$  до  $(A + \Delta)$  с вероятностью  $P$  содержит в себе:

- 1) «истинное» значение измеряемой величины.
- 2) погрешность измерений величины

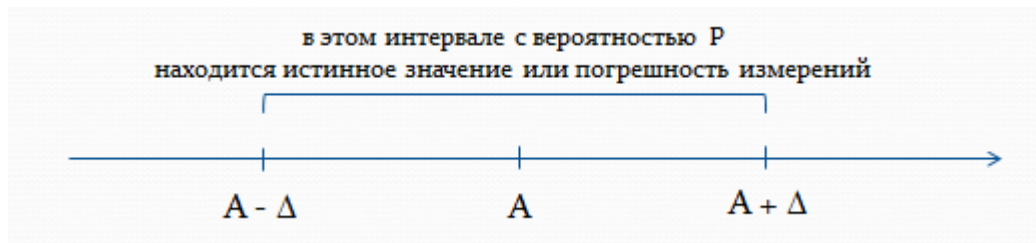


Рис.1. Диапазон возможных значений при погрешности

Термин «неопределенность» привязан к измеренному значению величины  $A$ , а не к ее абстрактному «истинному» значению. Также, как для «погрешности», результат измерения записывается в виде интервала  $X = A \pm \Delta$ ,  $P = 0,95$  ( $P$  – вероятность охвата).

То есть, интервал от  $(A - U)$  до  $(A + U)$  содержит бОльшую долю ( $P$ ) значений, которые могли бы быть приписаны к измеряемой величине.

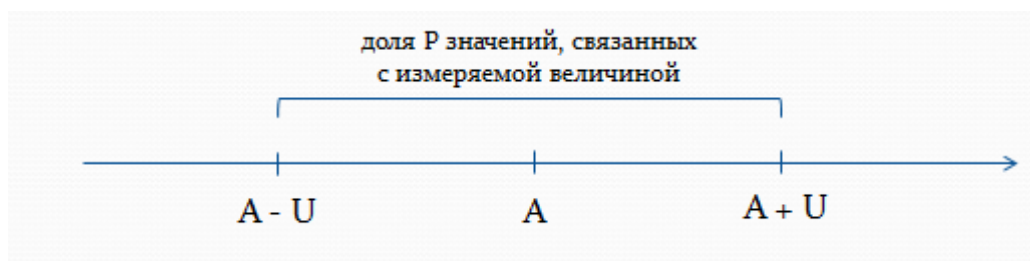


Рис.2. Диапазон возможных значений при неопределенности

При оценке точности измерений в терминах "неопределенности" считается, что измеренная величина принадлежит к указанному интервалу значений (например, диапазон оптимальных или допустимых уровней), если она с учетом указанной неопределенности («величина – неопределенность» и «величина + неопределенность») не выходит за пределы этого диапазона.

Ход работы. 1. Необходимо 5 раз произвести измерение сопротивления изоляции трансформатора обмотка-корпус мультиметров DT, а затем повторить операцию измерителем сопротивления MPI.

Результаты занести в таблицу.

	Показания мультиметра DT, МОм	Показания измерителя со- противления MPI.МОм
..	...	...
	$R_{iDT}$	$R_{iMPI}$

2. Произвести оценку неопределённости по типу A для каждого средства измерений.

- вычисляем среднее арифметическое значение сопротивлений

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

- для источников неопределённости случайного характера вычисляем неопределённость по типу A

$$u_A(R) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R)^2}{n(n-1)}}$$

- получить процентное выражение неопределённости по типу А

$$\frac{u_A(R)}{R} \times 100\%$$

3. Произвести оценку неопределённости по типу В для каждого средства измерений.

$$u_B(R) = \frac{\Delta R}{\sqrt{3}},$$

где  $\Delta R$  - произведение среднеарифметического значения сопротивления и класса точности средства измерения.

- получить процентное выражение неопределённости по типу В

$$\frac{u_B(R)}{R} \times 100\%$$

4. Вычислить суммарную стандартную неопределённость.

$$u_C(R) = \sqrt{u_A^2(R) + u_B^2(R)}$$

- получить суммарной стандартной неопределённости.

$$\frac{u_C(R)}{R} \times 100\%$$

5. Полученные результаты занести в таблицу.

Тип неопределённости	Среднее арифметическое значение сопротивления (R)	Тип А (u <sub>А</sub> )%	Тип В (u <sub>В</sub> )%	Суммарная стандартная неопределённость (u <sub>С</sub> )%
Мультиметр DT				
Измерителя сопротивления MPI				

6. Повторить пункты 1-5, замеры изоляции произвести на асинхронном двигателе.

7. Сделать вывод.

Контрольные вопросы.

1. Дать определение неопределённости измерений
2. Дать определение неопределённости типа А
3. Дать определение неопределённости типа В
4. Дать определение суммарной стандартной неопределённости
5. Какой документ в РФ даёт детальное определение терминам «погрешность» и «неопределённость»?
6. Из перевода какого документа появился термин «неопределённость»?
7. Объяснить разницу между погрешностью и неопределённостью.

**Лабораторная работа №4.**  
Поверка технического вольтметра.



Цель работы: изучить нормативно-правовую базу, методику поверки технического вольтметра, произвести поверку, сделать вывод о соответствии прибора указанному классу точности.

Нормативная база: 1. РМГ 29-2013 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения»

2. **Федеральный закон от 26.06.2008 N 102-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Об обеспечении единства измерений"**

3. **Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 2 июля 2015 г. N 1815 "Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке"**

4. **ГОСТ 8.497-83 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методика поверки**

Термины и определения:

1 . **Поверка средств измерений (далее также - поверка)** - совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям (ФЗ)

2. **Поверка (средств измерений):** Установление официально уполномоченным органом пригодности средства измерений к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованиям. (РМГ)

3. **Первичная поверка (средств измерений)** - Поверка, выполняемая при выпуске средства измерений из производства или после ремонта, а также при ввозе средства измерений из-за границы.

4. **Периодическая поверка (средств измерений)** - Поверка средств измерений, находящихся в эксплуатации или на хранении, выполняемая через установленные интервалы времени между поверками (межповерочные интервалы).

5. **Внеочередная поверка (средств измерений):** Поверка средства измерений, проводимая до наступления срока его очередной периодической поверки.

Приборы и инструменты: 1. Вольтметр поверяемый

2. Вольтметр образцовый.

3. Комплект проводов

Теоретическая часть: Статья 13 ФЗ № 102 "Об обеспечении единства измерений" (ред. от 13.07.2015) гласит:

«п.1. Средства измерений, предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат первичной поверке, а в процессе эксплуатации - периодической поверке. Применяющие средства измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели обязаны своевременно представлять эти средства измерений на поверку.

п.2. Поверку средств измерений осуществляют аккредитованные в соот-

ветствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки средств измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

п.4. Результаты поверки средств измерений удостоверяются знаком поверки, и (или) свидетельством о поверке, и (или) записью в паспорте (формуляре) средства измерений, заверяемой подписью поверителя и знаком поверки. Конструкция средства измерений должна обеспечивать возможность нанесения знака поверки в месте, доступном для просмотра. Если особенности конструкции или условия эксплуатации средства измерений не позволяют нанести знак поверки непосредственно на средство измерений, он наносится на свидетельство о поверке или в паспорт (формуляр).

п.5 Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке устанавливаются федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений.»

Таким нормативно-правовым актом является Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 2 июля 2015 г. N 1815 "Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке" и приложения к нему.

п.6. Сведения о результатах поверки средств измерений, предназначенных для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений проводящими поверку средств измерений юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

п.7. Средства измерений, не предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, могут подвергаться поверке в добровольном порядке.

Поверка средств измерений производится согласно методике поверки для данного прибора. Для массовых средств измерений (амперметры щитовые, манометры кислородные, штангенциркули) в паспорте или в руководстве по эксплуатации оставляют ссылку на методику измерений (название, дата принятия и т.д.). Для более сложных или мелкосерийных приборов (дефектоскоп, тепловизор) методика поверки прилагается вместе с основной документацией. Организация-поверитель вправе требовать методику поверки при поверке средства измерения, что указано в «Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 2 июля 2015 г. N 1815»

Ход работы:

В учебных целях поверка будет производиться согласно ГОСТ 8.497-83 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методика поверки.»

Порядок поверки

Внешний

осмотр:

При внешнем осмотре прибора должны быть установлены:

- отсутствие внешних повреждений и повреждений покрытия шкалы;
- четкость всех надписей по ГОСТ 8711 и ГОСТ 8476;
- укомплектованность прибора запасными частями, принадлежностями, необ-

ходимыми для проведения поверки.

Опробование:

При опробовании должны быть установлены надежное закрепление зажимов приборов, плавный ход и четкая фиксация переключателей.

Поверка на постоянном токе:

Вольтметры классов точности 0,1-0,5 поверяют методом прямых измерений при помощи калибратора или косвенных измерений при помощи потенциометрической установки. Вольтметры классов точности 1,0-5,0 поверяют методом непосредственного сличения при помощи образцовых вольтметров и установки для поверки и градуировки электроизмерительных приборов по схемам, приведенным в ТД на образцовые средства измерений.

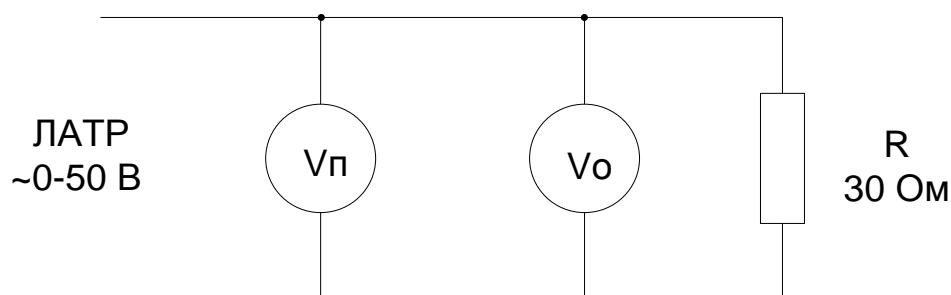


Рис.1. Схема установки.

Управляя ЛАТРом изменять величину напряжения в цепи от 0 до 50 с шагом 10 В, записывать показания вольтметров при ходе вверх, а затем при обратном ходе.

№	Ход вверх					Ход вниз					$\Delta V_{\max}$
	$V_{\text{п}}$ (В)	$V_{\text{о}}$ (В)	$\Delta V$ (В)	$\delta I$ (В)	$\gamma$ (%)	$V_{\text{п}}$ (В)	$V_{\text{о}}$ (В)	$\Delta V$ (В)	$\delta I$ (В)	$\gamma$ (%)	

После замеров находят погрешности:

- абсолютные  $\Delta V = V_{\text{п}} - V_{\text{о}}$
- относительные  $\gamma = (\Delta V / V_{\text{о}}) * 100\%$

Из абсолютных погрешностей выбирают максимальную по модулю и рассчитывают класс точности  $\gamma_{\text{д}} = (\Delta V_{\max} / V_{\text{ном}}) * 100\%$

Где  $V_{\text{ном}}$  – верхний предел измеряемой прибором величины.

Сделать вывод о результатах поверки средства измерения.

Контрольные вопросы.

1. Дать определение поверки средства измерения согласно ФЗ-102
2. Дать определение поверки средства измерения согласно РМГ-29-2013
3. В каких случаях производится первичная поверка?
4. Каким нормативно-правовым актом регулируется порядок поверки приборов?
5. Чем удостоверяются результаты поверки согласно ФЗ-102?
6. Как производится поверка средства измерения?

## Лабораторная работа № 5

Конструкция и принцип действия электрических счетчиков электронного типа.

*Цель работы:* Изучить принцип действия, устройство и характеристики электронных счетчиков электрической энергии.

### *Устройство и принцип работы электронных счетчиков*

Принцип действия электронных счетчиков основан на измерении мгновенных значений входных сигналов тока и напряжения шестиканальным аналого-цифровым преобразователем (АЦП), с последующим вычислением среднеквадратических значений токов и напряжений, активной, реактивной и полной мощности и энергии, углов сдвига фазы и частоты цифровым сигнальным процессором (ЦСП).

Конструктивно счетчик выполнен в пластмассовом корпусе. В корпусе размещены измерительные трансформаторы тока и выполненные на печатных платах: модуль питания, плата счетчика, один из интерфейсных модулей, модуль телеметрических выходов или импульсных входов. Панель с надписями установлена на крышке корпуса счетчика.

Принцип работы счетчика поясняется структурной схемой, приведенной на рисунке 3.

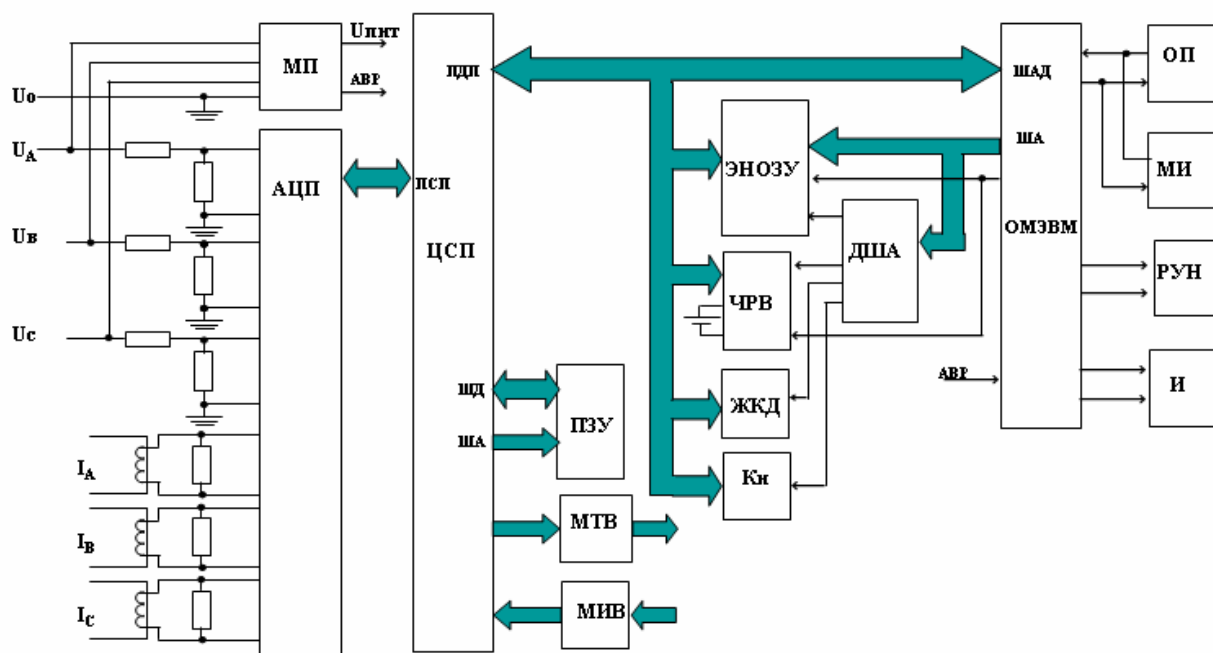


Рисунок 3 – Структурная схема электронного счетчика

Для изучения структурной схемы счетчика ЦЭ6850М и принципа его работы, введем следующие обозначения: АВР – авария питания; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ДША – дешифратор адреса; ЖКД – жидкокристаллический дисплей; И – индикатор; Кн – клавиатура; МИ – модуль интерфейса; МИВ – модуль импульсных входов; МП – модуль питания; МТВ – модуль телеметрических выходов; ОМЭВМ – однокристальная микро-ЭВМ; ОП – оптический порт; ПДП – порт прямого доступа к памяти; ПЗУ – постоянное запоминающее устройство; ПСП – последовательный синхронный порт; РУН – реле управления нагрузками; ЦСП – цифровой



сигнальный процессор; ЧРВ – часы реального времени. ША – шина адреса; ШД – шина данных; ШАД – шина адрес/данные; ЭНОЗУ – энергонезависимое ОЗУ.

### *Измерение и вычисление параметров сети и энергетических параметров*

Напряжения от каждой из фаз поступают на делители, где понижаются до значений уровня, пригодного для измерения. Токовые сигналы преобразуются с помощью трансформаторов тока и резисторов в сигналы напряжения.

Эти сигналы подаются на входы АЦП, где преобразуются в цифровой код.

Затем они поступают на последовательный синхронный порт (ПСП) цифрового сигнального процессора (ЦСП). ЦСП производит расчет среднеквадратических значений токов и напряжений, полной, активной, реактивной мощностей и энергий, а также углов сдвига фаз и частоты основной гармоники сигналов напряжения.

Для расчета среднеквадратичного значения напряжения по каждой цепи напряжения используется формула:

$$U_{\phi} = K_M K_A \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N U_i^2}}{N} \quad (9)$$

где  $K_M$  – масштабный коэффициент (вводится при изготовлении на заводе);  $K_A$  – калибровочный коэффициент по данной фазе (вводится при изготовлении на заводе);  $i$  – значение текущей выборки;  $N$  – число выборок;  $U_i$  – значение напряжения  $i$ -й выборки, В.

Для расчета величины среднеквадратичного значения силы тока для каждой цепи тока используется формула:

$$I_{\phi} = K_{M1} K_{A1} \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N I_i^2}}{N} \quad (10)$$

где  $K_{M1}$  – масштабный коэффициент (вводится при изготовлении на заводе);  $K_{A1}$  – калибровочный коэффициент по данной фазе (вводится при изготовлении на заводе);  $I_i$  – значение силы тока  $i$ -й выборки, А.

Активная мощность в каждой фазе вычисляется по формуле:

$$P_{\phi} = K_M K_A K_{M1} K_{A1} \frac{\sum_{i=1}^N U_i I_i}{N} \quad (11)$$

Суммарная активная мощность вычисляется по формуле:

$$P_{\Sigma} = P_{\Phi A} + P_{\Phi B} + P_{\Phi C}, \quad (12)$$

где  $P_{\Phi A}$ ,  $P_{\Phi B}$ ,  $P_{\Phi C}$  – активная мощность по каждой фазе.

Полная мощность в каждой фазе трехфазной сети вычисляется по формуле:

$$S_{\Phi} = I_{\Phi} \cdot U_{\Phi}, \quad (13)$$

где  $I_{\Phi}$  – среднеквадратическое значение силы тока в соответствующей фазе, определенное по формуле (10), А;  $U_{\Phi}$  – среднеквадратическое значение напряжения в соответствующей фазе, определенное по формуле (9).

Суммарная мощность вычисляется по формуле:

$$S_{\Sigma} = S_{\Phi A} + S_{\Phi B} + S_{\Phi C}, \quad (14)$$

где  $S_{\Phi A}$ ,  $S_{\Phi B}$ ,  $S_{\Phi C}$  – полная мощность по каждой фазе, В·А.

Реактивная мощность по каждой фазе вычисляется по формуле:

$$Q = S_{\Phi 2} - P_{\Phi 2}, \quad (15)$$

где  $S_{\Phi}$  – полная мощность по каждой фазе, определяемая по формуле (13), В·А;  $P_{\Phi}$  – активная мощность в каждой фазе, определяемая по формуле (11), Вт.

Суммарная реактивная мощность вычисляется по формуле:

$$Q_{\Sigma} = Q_{\Phi A} + Q_{\Phi B} + Q_{\Phi C}, \quad (16)$$

где  $Q_{\Phi A}$ ,  $Q_{\Phi B}$ ,  $Q_{\Phi C}$  – реактивная мощность в каждой фазе, определяемая по формуле (15), вар.

Удельная энергия потерь в цепях тока вычисляется по формуле:

$$A = I_{\Phi A}^2 + I_{\Phi B}^2 + I_{\Phi C}^2 \quad (17)$$

где  $I_{\Phi 2A}$ ,  $I_{\Phi 2B}$ ,  $I_{\Phi 2C}$  – сила тока вычисляется по формуле (10), А.

Коэффициент активной мощности вычисляется по формуле:

$$\cos \varphi = \frac{P_{\Sigma}}{S_{\Sigma}} \quad (18)$$

где  $P_{\Sigma}$  – активная мощность, Вт;

$S_{\Sigma}$  – полная мощность, ВА.

Коэффициент реактивной мощности вычисляется по формуле:

$$\sin \varphi = \frac{Q_{\Sigma}}{S_{\Sigma}} \quad (19)$$

где  $Q_{\Sigma}$  – реактивная мощность, вар.

Активная и реактивная энергия вычисляется по значениям активной и реактивной мощности, определенных за 1 с.

На основе расчетов активной и реактивной энергии цифровой сигнальный процессор (ЦСП) выдает сигналы об энергопотреблении на телеметрические выходы, которые могут быть подключены к системе АСКУЭ.

*Накопление и хранение результатов измерения*

Однокристалльная микро-ЭВМ (ОМЭВМ) по шине адрес/данные

(ШАД) считывает данные об энергопотреблении и параметрах сети через порт прямого доступа к памяти (ПДП) ЦСП. ОМЭВМ сразу же сохраняет энергетические параметры в энергонезависимом ОЗУ (ЭНОЗУ).

Отсчет времени и ведение календаря осуществляют часы реального времени (ЧРВ).

Адресация узлов счетчика осуществляется через дешифратор адреса (ДША) в соответствии с заданной программой ОМЭВМ.

#### *Интерфейсы пользователя*

В счетчике имеется оптический порт (ОП) и модуль интерфейса (МИ), для считывания информации и программирования параметров пользователя.

Информация о параметрах сети, энергопотреблении и параметрах пользователя выводится на ЖК-дисплей (ЖКД).

Просмотр осуществляется пользователем с помощью клавиатуры (Кл), включающей пломбируемую госповерителем кнопку «Доступ».

Два светодиодных индикатора (И) информируют о работоспособности счетчика при накоплении активной и реактивной энергии, а так же об обрыве или неправильном соединении подводящих проводов.

С помощью двух реле управления нагрузками (РУН) осуществляется включение или отключение нагрузок фидера.

#### *Питание счетчика*

Для питания счетчика используется модуль питания, который также формирует сигнал аварии питания (АВР), сигнализирующий о недопустимом снижении напряжения питания. По сигналу АВР, ОМЭВМ завершает работу и заносит все имеющиеся данные в ЭНОЗУ.

#### *Классификация электронных счетчиков*

По типу выходных каналов все электронные счетчики электрической энергии можно разделить на две группы: с цифровыми выходами по интерфейсу RS485 и с телеметрическими импульсными выходами. Все электронные счетчики имеют стандартный телеметрический выход, но не все имеют цифровые выходы по интерфейсу RS485. Следует различать между собой счетчики с телеметрическими и цифровыми выходами.

Счетчики с телеметрическим импульсным каналом передают информацию о значении измеренной счетчиком мощности в числоимпульсном коде (в виде последовательности импульсов). Количество импульсов, соответствующее 1 кВт.ч измеряемой энергии, является постоянной для каждого типа и модификации счетчика и называется передаточным числом. Его значение указано на лицевой панели счетчика и в паспорте.

В случае передачи измерительной информации в цифровой форме от счетчика электрической энергии с цифровым выходом, эта информация кодируется двоичным кодом. В передаваемом сообщении каждый бит информации представлен соответствующим сигналом. Приемник измерительной информации регистрирует наличие или отсутствие сигнала и тем самым – каждый передаваемый бит сообщения.

#### *Контрольные вопросы:*

1. Пользуясь структурной схемой, объяснить устройство электронного

счетчика.

2. Объяснить принцип действия электронного счетчика.
3. Каково назначение аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и цифрового сигнального процесса (ЦСП) в электронном счетчике?
4. Где в счетчике сохраняются результаты измерения?
5. Как осуществляется питание счетчика?
6. Как определяются коэффициенты активной и реактивной мощностей?

### Критерии оценки лабораторных работ

При подготовке к лабораторной работе по дисциплине «Технические средства контроля качества электрической энергии» в (\_5 семестре - очной формы обучения, в \_10\_ семестре –заочной формы обучения), студент должен выполнить следующие виды работ:

Виды работ	Минимальный балл	Максимальный балл
Самостоятельная проработка теоретического материала к лабораторной работе	3	5
Ознакомление с установкой, прибором, методикой выполнения лабораторной работы	3	5
Выполнение необходимого эксперимента	4	6
Обработка результатов исследования, построение графиков	4	7
Анализ результатов исследования и вывод по работе	4	7
<b>ИТОГО :</b>	<b>18</b>	<b>30</b>

Таким образом, каждая лабораторная работа оценивается минимум в 18 баллов, максимум в 30 баллов. После выполнения всех работ рассчитывается итоговый балл по данному оценочному средству, как среднее арифметическое по всем лабораторным работам.

Для заочного отделения.

Виды работ	Минимальный балл	Максимальный балл
Самостоятельная проработка теоретического материала к лабораторной работе	3	10
Ознакомление с установкой, прибором, методикой выполнения лабораторной работы	3	10

Выполнение необходимого эксперимента	4	12
Обработка результатов исследования, построение графиков	4	14
Анализ результатов исследования и вывод по работе	4	14
<b>ИТОГО :</b>	<b>36</b>	<b>60</b>

Таким образом, каждая лабораторная работа оценивается минимум в 36 баллов, максимум в 60 баллов. После выполнения всех работ рассчитывается итоговый балл по данному оценочному средству, как среднее арифметическое по всем лабораторным работам.