



Негосударственное некоммерческое  
образовательное учреждение  
дополнительного профессионального образования  
«Учебно-методический центр ЛИНВИТ»

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ННОУ «УМЦ ЛИНВИТ»

М.В. Никифорова



Дополнительная профессиональная программа  
повышения квалификации  
«Средства измерений показателей качества  
электрической энергии»

г. Москва  
2016

## Пояснительная записка

Электрическая энергия является одним из наиболее востребованных видов продукции. Как и любой вид продукции она обладает совокупностью свойств, характеризующих ее способность удовлетворять определенные требования, предъявляемые потребителями этой продукции. Количественно качество электрической энергии оценивается значениями установленных показателей качества, измеряемых в точках поставки электроэнергии потребителям. Ухудшение качества электроэнергии принято связывать с отклонениями параметров электрической напряженности от номинальных значений.

Показатели и нормы качества установлены в межгосударственном стандарте ГОСТ 32144-2013, где также указываются методы оценки показателей при проверке соответствия их установленным нормам. Процессы измерений показателей качества электроэнергии требуют применения сложных современных средств измерений со статистической обработкой результатов измерений с обеспечением приемлемой (допустимой) неопределенности измерений. Применение указанных средств измерений требует соблюдения ряда условий в зависимости от поставленной задачи с учетом обеспечения единства измерений в соответствии с требованиями Федерального Закона Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений».

Программой курса предусмотрено рассмотрение основных положений этого закона, а также основ метрологии и метрологического обеспечения измерений.

Особое внимание уделяется рассмотрению современных методов измерения показателей качества электроэнергии, принципам построения и функционирования средств измерения, особенностям применения их в реальных условиях эксплуатации, а также требований к средствам измерения. Рассматриваются вопросы практического применения средств измерения при организации проведения контроля и мониторинга качества электрической энергии, а также оценки неопределенности измерений при различных условиях.

Приводятся типы выпускаемых приборов-измерителей показателей качества электроэнергии и их сравнительные характеристики, рекомендации по целесообразному выбору необходимых приборов.

Рассматривается система метрологического обеспечения контроля и мониторинга качества электрической энергии на современном этапе, основанная на применении согласованных нормативных требований и средств измерений.

Курс по теме «Средства показателей качества электрической энергии» дополнен анализом новых зарубежных СИ ПКЭ, появившихся на Российском рынке.

### **Цели курса:**

Получение знаний и навыков по работе и управлению средствами измерений и измерительно-вычислительными комплексами показателей качества электрической энергии

### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения профессиональной программы:**

Процесс обучения по курсу дополнительной профессиональной программы повышения квалификации «Средства измерений показателей качества электрической энергии» направлен на формирование следующих профессиональных компетенций:

Содержание компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<p>1. Понимание направлений развития метрологического обеспечения в области качества электрической энергии и путей решения основных задач на современном этапе с учетом международной практики.</p> <p>2. Владение методами измерения качества электроэнергии и принципами построения и функционирования современных средств измерения показателей качества электроэнергии.</p> <p>3. Владение особенностями применения средств измерения показателей качества электроэнергии в условиях влияния окружающей среды и необходимости обеспечения синхронизации измерений в разных точках электрических сетей.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <p>3.1 основные положения Федерального закона об обеспечении единства измерений в части сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений, поверки и калибровки средств измерений</p> <p>3.2 характеристики измерений классов А и S и методов усреднения результатов измерений на основных интервалах</p> <p>3.3 методы измерений нормированных показателей качества электроэнергии и случайных событий</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>У.1 настраивать измерительный прибор при подготовке к измерениям показателей качества электроэнергии и проводить измерения</p> <p>У.2 правильно выбирать средства измерений для проведения контроля и мониторинга качества электроэнергии</p> <p>У.2 определять количество маркированных данных, полученных при проведении измерений</p> <p>У.3 правильно оформлять протокол с результатами измерений</p> <p><b>Владеть</b></p> <p>В.1 методами оценки неопределенности измерений классов А и S в нормальных условиях</p> <p>В.2 методами оценки неопределенности измерений в рабочих условиях и с учетом применения преобразовательных устройств</p>

#### Форма аттестации:

Аттестация проводится лектором в форме тестирования, согласно Положению об индивидуальном учете результатов освоения обучающимися образовательных программ.

Знания, умения, навыки слушателя при проведении тестирования оцениваются по двубальной системе («зачтено», «не зачтено»). Основой для определения оценки служит уровень усвоения студентами материала, предусмотренного рабочей программой.

Оценка «зачтено» выставляется слушателю, который усвоил предусмотренный программный материал; набрал более 10 баллов на тестировании.

Оценка «не зачтено» выставляется слушателю, который набрал менее 10 баллов на тестировании; не может ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем.

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дополнительной профессиональной программы.**

**Вопросы для тестирования:**

1. Что понимается под качеством электрической энергии в стандартах по нормам КЭ?
2. Сколько нормированных ПКЭ установлено в ГОСТ 32144-2013?
3. Какие значения длительности соответствуют отклонениям напряжения, провалам, временным перенапряжениям и кратковременным прерываниям?
4. Какие ПКЭ, установленные в ГОСТ 32144-2013, из перечисленных ниже нормированы?
5. Какой класс электромагнитной обстановки установлен для точек общего присоединения и внутрипроизводственного присоединения ТС к сетям электропитания в ГОСТ 30804.2.4?
6. К каким точкам электрической сети отнесены норм по КЭ в ГОСТ 32144-2013?
7. Чему равен основной измерительный интервал времени, реализуемый в СИ КЭ согласно ГОСТ 30804.4.30-2013?
8. Какие требования к СИ КЭ установлены в ГОСТ 32144-2013 к интервалу усреднения результатов измерения при оценке коэффициентов гармоник?
9. Какими ПКЭ характеризуется несимметрия трехфазной системы напряжений?
10. При каких условиях на основании результатов измерений данного нормированного ПКЭ делается вывод о его соответствии требованиям ГОСТ 32144-2013?
11. При каких условиях на основании результатов измерений данного нормированного ПКЭ делается вывод о его соответствии требованиям ГОСТ 32144-2013?
12. Какое требование к нагрузке вторичной цепи измерительного ТН предъявляется при измерениях ПКЭ?
13. В чем основное отличие области применения ГОСТ Р 54149-2010 от области применения ГОСТ 13109-97?
14. Что понимается под согласованным напряжением в ГОСТ Р 54149-2010?
15. Какой интервал измерения отклонения частоты должен быть реализован в СИ КЭ согласно ГОСТ 32144-2013?
16. В чем особенность измерения ПКЭ при медленных изменениях напряжения согласно ГОСТ 30804.4.30-2013?
17. В чем существенное отличие метода измерений гармоник напряжения СИ КЭ в новых при-борах (по требованиям ГОСТ 30804.4.30-2013) от принятого в ранее выпускаемых ?
18. Что понимается под гармонической подгруппой напряжения в ГОСТ 30804.4.30-2013?
19. Укажите значения пороговых напряжений при возникновении провала, прерывания напряжения и перенапряжения
20. Какие основные интервалы усреднения при статистической обработке результатов измерения в СИ КЭ предусмотрены ГОСТ 30804.4.30-2013?
21. Каким требованиям должны отвечать СИ КЭ при проведении мониторинга КЭ?
22. Какое число маркированных усредненных на 10-ти минутных интервалах значений ПКЭ, допускается не учитывать при оценке соответствия ПКЭ установленным нормам?

## Организационно – педагогические условия

Реализация программы производится в полном объеме, качество подготовки обучающихся соответствует установленным требованиям, применяемые формы, средства, методы обучения и воспитания соответствуют возрастным, психофизическим особенностям, склонностям, способностям, интересам и потребностям обучающихся.

Основными формами обучения являются теоретические и практические занятия. Теоретическое обучение проводится в учебном кабинете, с использованием современных информационных технологий.

Учебный кабинет имеет достаточную техническую оснащенность, пропускную способность и соответствуют установленным для него требованиям безопасности.

Обучение проводят преподаватели, имеющие соответствующую квалификацию, применяющие рациональные приемы поиска, отбора и использования информации, ориентируются в литературе по профилю образовательной программы.

Наполняемость учебной группы не превышает 10 человек.

Продолжительность учебного часа теоретических и практических занятий составляет 1 академический час (45 минут).

### Учебный план:

Категория слушателей	- специалисты сетевых организаций и организаций потребителей, метрологических служб, руководители и специалисты испытательных лабораторий
Срок обучения	- 2 нед./ 72 ак. часов
Форма обучения	- очно-заочная
Режим занятий	- 4-8 ак. часов в день

№ п/п	Наименование разделов и дисциплин	Всего часов	в том числе:		
			Лекции	Практ. занятия	Самост. работа с норм. документацией
1.	Основы метрологии. Метрологическое обеспечение измерений	8	4	0	4
2.	Требования к качеству электрической энергии	11	3	0	8
3.	Принципы измерения показателей качества электрической энергии (ПКЭ) в средствах измерения и алгоритмы усреднения результатов	9	3	0	6
4.	Методы измерений нормированных ПКЭ и случайных событий.	10	3	0	7
5.	Средства измерения качества электрической энергии	12	3	2	7
6.	Практические занятия по изучению средств измерений ПКЭ, метрологических характеристик выпускаемых приборов	8	0	8	0
7.	Решение практических задач с помощью средств измерений ПКЭ	10	0	10	0
8.	Итоговая аттестация	4	4	0	0
	Итого:	72	20	20	32

## Календарный учебный график

Сроки обучения по программе	День освоения программы	Темы программы, в соответствии с учебным планом
11 дней	1 день	Основы метрологии. Метрологическое обеспечение измерений
	2 день	Требования к качеству электрической энергии
	3 день	Требования к качеству электрической энергии
	4 день	Принципы измерения показателей качества электрической энергии (ПКЭ) в средствах измерения и алгоритмы усреднения результатов
	5 день	Методы измерений нормированных ПКЭ и случайных событий.
	6 день	Методы измерений нормированных ПКЭ и случайных событий.
	7 день	Средства измерения качества электрической энергии
	8 день	Практические занятия по изучению средств измерений ПКЭ, метрологических характеристик выпускаемых приборов
	9 день	Решение практических задач с помощью средств измерений ПКЭ.
	10 день	Решение практических задач с помощью средств измерений ПКЭ
	11 день	Итоговый контроль

### Рабочая программа:

#### **Раздел 1. Основы метрологии. Метрологическое обеспечение измерений.**

Основные положения Федерального закона от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений». Измерение и его основные операции. Погрешность и неопределенность измерений. Учет погрешностей средств измерений и измерительных трансформаторов напряжения и тока при измерениях в электрических сетях. Классы точности средств измерений, в том числе для контроля ПКЭ. Метрологические характеристики средств измерений и их нормирование.

#### **Раздел 2. Требования к качеству электрической энергии**

Особенности и свойства электрической энергии. Показатели и нормы качества электрической энергии, установленные в ГОСТ 32144-2013. Отклонения напряжения, колебания, несинусоидальность, несимметрия трехфазной системы напряжений, отклонения частоты как характеристики электрической энергии. Оценка соответствия ПКЭ требованиям стандарта. Электрические величины и ПКЭ в системе приборного

контроля

### **Раздел 3. Принципы измерения показателей качества электрической энергии в средствах измерения и алгоритмы усреднения результатов**

Классы характеристик процесса измерений. Основной интервал измерения ПКЭ и усреднение результатов измерений по времени. Алгоритмы усреднения результатов измерений классов А и S на различных интервалах времени. Неопределенность текущего времени. Маркирование результатов измерения.

### **Раздел 4. Методы измерений нормированных ПКЭ и случайных событий. Средства измерения качества электрической энергии**

Методы измерения положительного и отрицательного отклонений напряжения, отклонения частоты, дозы фликера, коэффициентов несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательностям. Особенности метода измерений напряжений гармонических составляющих с применением группирования гармоник. Особенности измерения характеристик случайных событий: провалов и прерываний напряжения, временных перенапряжений.

Общий обзор существующих средств измерений качества электрической энергии, их технические и метрологические характеристики. Государственный реестр средств измерений и утверждения типа.

Изучение технических характеристик. Диапазоны измерений и пределы допускаемых погрешностей измерителей. Подключение внешних устройств и работа. Меры безопасности при работе с прибором в электрических сетях и требования к обслуживающему персоналу.

### **Раздел 5. Практические занятия**

Введение уставок нормативных параметров электрической сети и проведение корректировок (время, дата, расчетные сутки, коэффициенты трансформации ТН и ТТ, номер схемы подключения и питания, пароля).

Выбор схемы подключения согласно применяемому типу прибора. Подключение прибора (по выбору) к контролируемой электрической сети.

Проведение измерений. Визуальный контроль текущих значений параметров качества электрической энергии (действующее значения напряжения и тока, активная мощность, энергия, коэффициенты мощности и т.д.).

Вывод данных на печать. Запрос данных по измерениям через компьютер. Работа с программой.

### **Раздел 6. Решение практических задач с помощью средств измерений ПКЭ**

Технологический, периодический и непрерывный мониторинг качества электрической энергии. Организация системы мониторинга качества электрической энергии в электрических сетях. Использование средств измерений для решения следующих задач:

- регистрация графиков нагрузки отдельных линий, электроустановок и предприятий в целом;
- выбор закона регулирования напряжения на центрах питания и отпаяк ПБВ трансформаторов 6-10/0,4 кВ;
- проверка правильности работы автоматического регулирования напряжения на трансформаторах с РПН;
- настройка компенсирующих устройств для поддержания требуемого коэффициента мощности ( $\cos\varphi$ ).
- поверка измерительных преобразователей напряжения и тока на месте их эксплуатации;

- поверка однофазных и трехфазных счетчиков электрической энергии класса точности 0,5 и менее точных на месте их эксплуатации;
  - контроль метрологических характеристик счетчиков и правильности их подключения без разрыва токовых цепей.
- Работа в системе АСКУЭ и других централизованных комплексах контроля.

### Список литературы:

1. Висящев А.Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах: Учеб пособие для вузов. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006.
2. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для студентов высших учебных заведений / Кудрин Б.И. – 2-е изд. М.: Интермет-Инжиниринг, 2006.
3. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии. М.: «НЦ ЭНАС», 2009.
4. Шидловский А.К., Кузнецов В.Г. Повышение качества энергии в электрических сетях. Киев: Наукова думка, 1985.
5. Куско А., Томпсон М. Сети электроснабжения. Методы и средства обеспечения качества энергии. М.: Додэка-XXI, 2008.
6. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии. Учебное пособие/А.А.Герасименко, В.Т. Федин. Ростов-н/Д; Красноярск: Издательские проекты, 2006.