



**Качество электроэнергии и
приборы для его контроля**

Контакты

Александр Бардаков
alexander.bardakov@fluke.com

Содержание семинара

- Что такое качество электроэнергии?
- Виды нарушений качества электроэнергии
- Стандарты качества электроэнергии
- Приборы для измерения и анализа качества электроэнергии

Что такое качество электроэнергии?

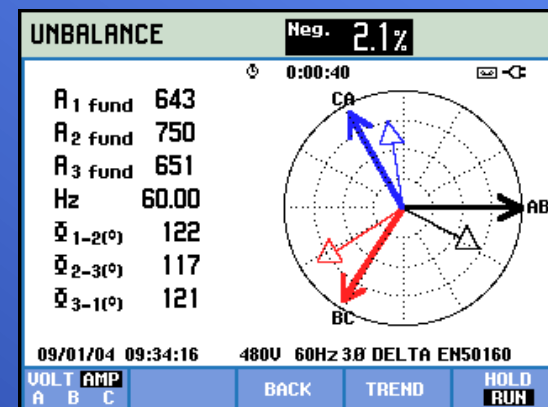
Качество электроэнергии - это показатель того, насколько хорошо система поддерживает стабильную работу подключенных к ней нагрузок.

Нарушение или сбой питания могут быть связаны с изменением его напряжения, силы тока или частоты.

- *Нарушения питания* характеризуются с учетом их силы и продолжительности.
- Это могут быть как кратковременные помехи, так и аварийные отключения.
- Если нарушение питания превышает установленные рабочие пределы, работа оборудования может быть нарушена, а оно само - повреждено.

Виды нарушений качества электроэнергии

- Отклонение напряжения (медленные изменения напряжения)
- Отклонение частоты напряжения
- Провалы напряжения и временное перенапряжение
- Фликер
- Прерывания напряжения
- Переходные процессы напряжения
- Несимметрия напряжения
- Гармоники напряжения

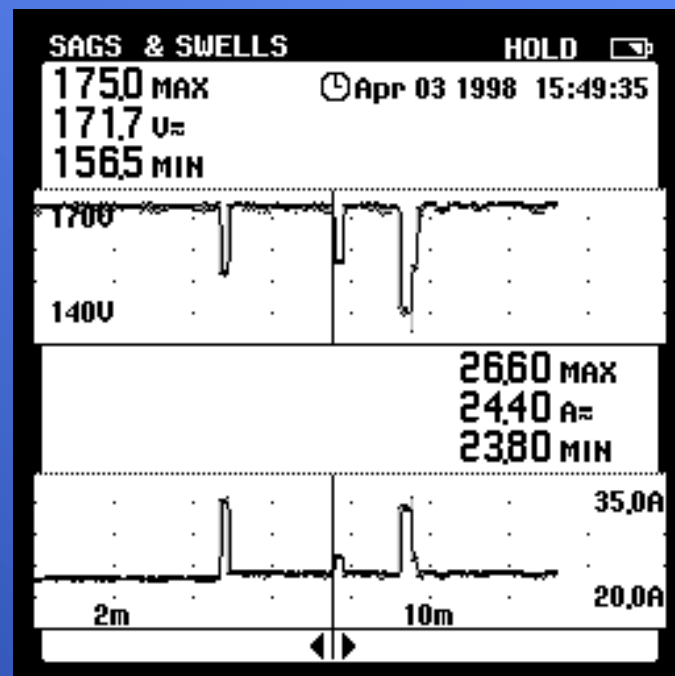


Перенапряжение

- Временное повышение напряжения на величину 10-80% от номинального значения напряжения длительностью от 0,5 периода до 1 минуты

Провал напряжения

- Временное снижение напряжения на величину 10-90% от номинального значения напряжения длительностью от 0,5 периода до 1 минуты



Фликер

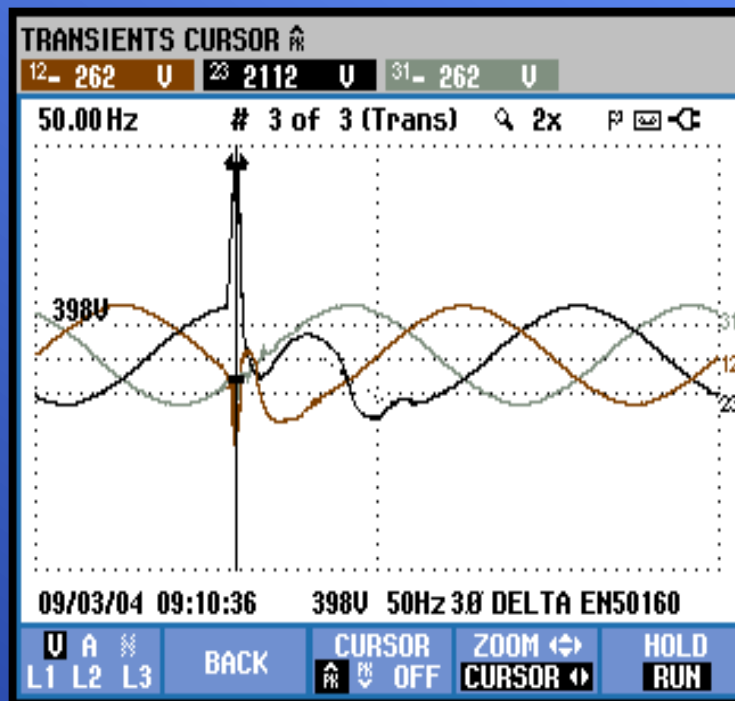
- Кратковременные быстрые колебания среднеквадратичного значения напряжения в пределах от 90% до 110% от номинального значения, длительностью менее 1 минуты. Обычно вызывают изменение яркости осветительных приборов

Прерывание напряжения

- В трехфазных системах: снижение величины напряжения ниже 5% от номинального значения на всех трех фазах. Если снижение напряжения наблюдается не на всех фазах, то событие характеризуется как провал напряжения.
- Прерывания напряжения длительностью до 3 минут считаются кратковременными
- Прерывания напряжения длительностью более 3 минут считаются длительными

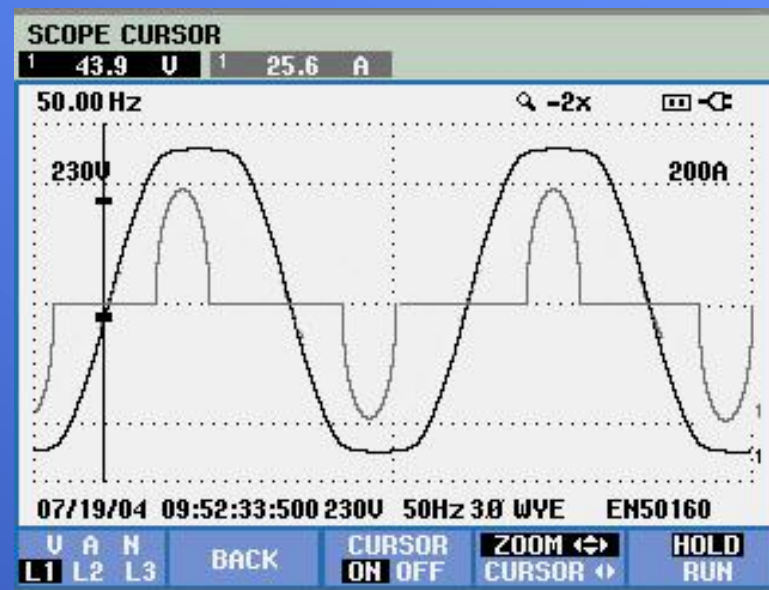
Импульсные напряжения (переходные процессы)

- Кратковременные значительные скачки напряжения длительностью от 1 мкс до нескольких миллисекунд, длительность таких импульсов обычно меньше полупериода.

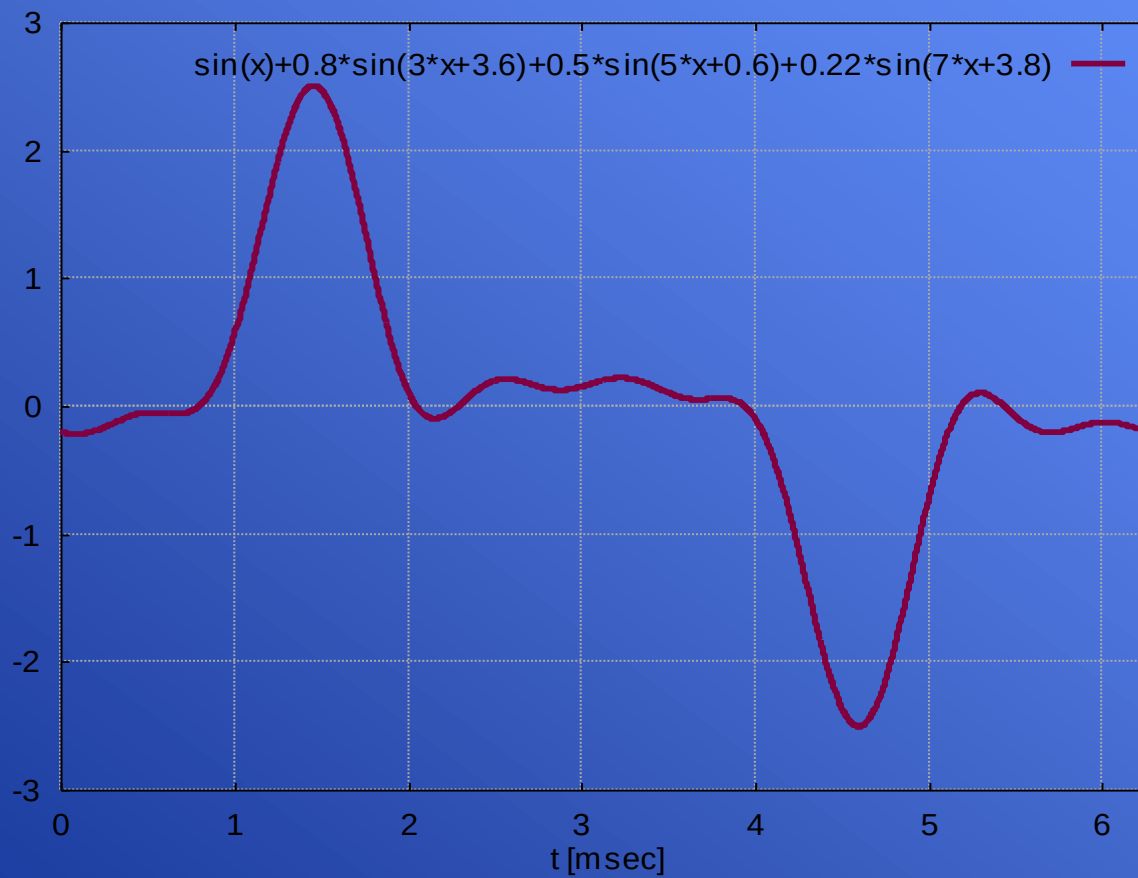


Что такое гармоники?

- Энергия на частотах отличных от основной частоты.
- Могут привести к перегреву нейтрального провода и к преждевременному выходу из строя трансформаторов.
- Возникают в результате использования электронных источников питания, нелинейных нагрузок (галогенных ламп), приводов электродвигателей и т.п.
- Проблемы можно устранить с помощью фильтров или понижающих трансформаторов.

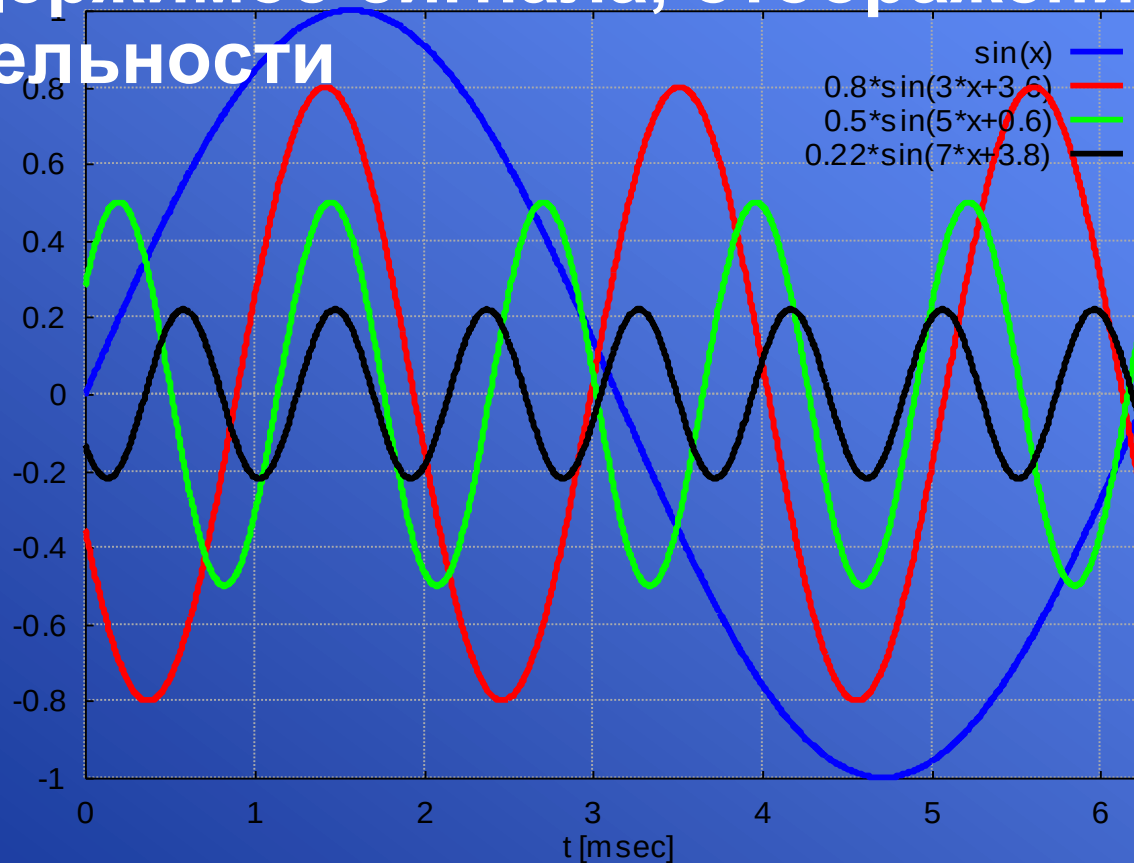


Гармоники



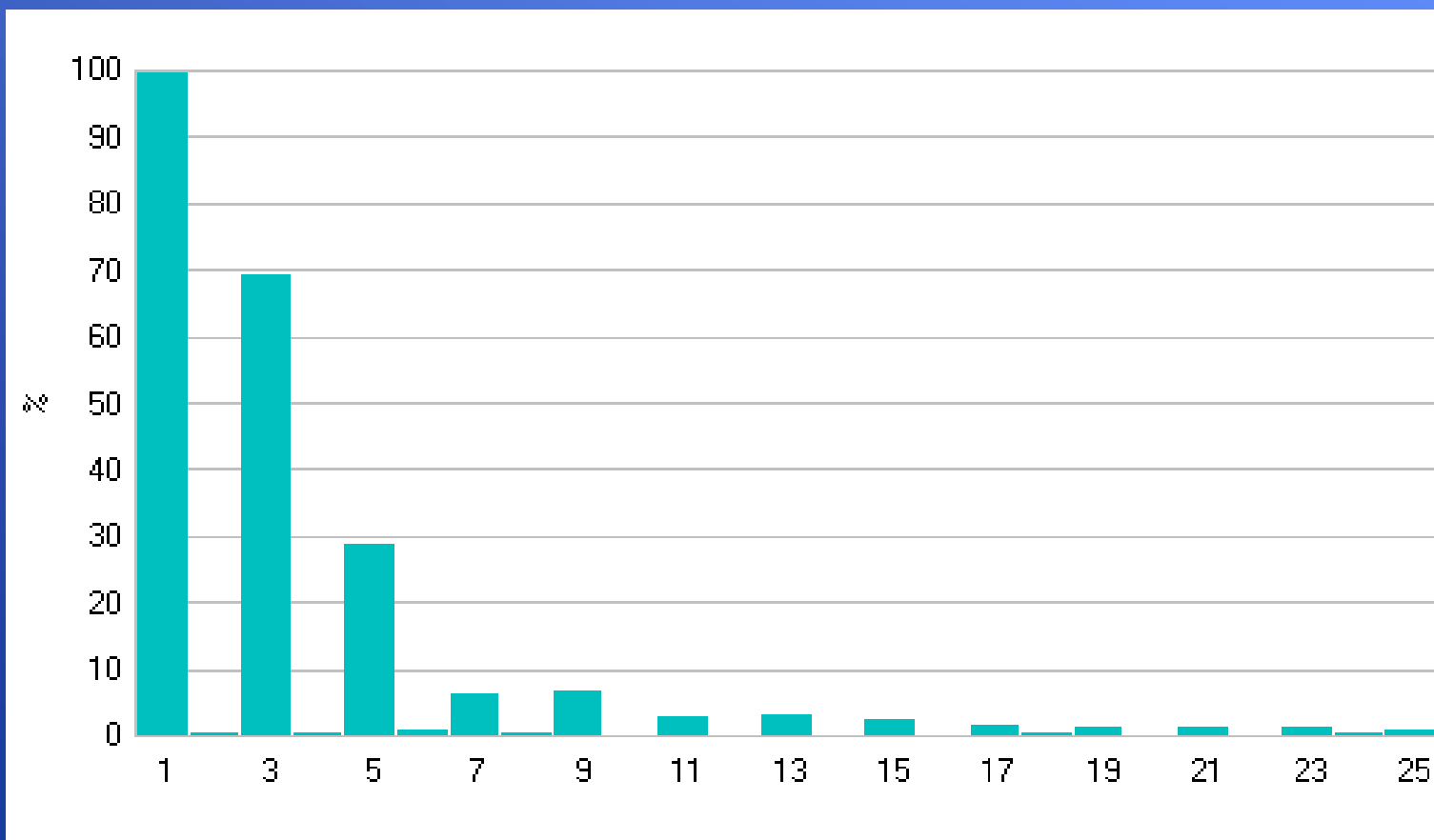
Гармоники

- Содержимое сигнала, отображение по отдельности



Гармоники

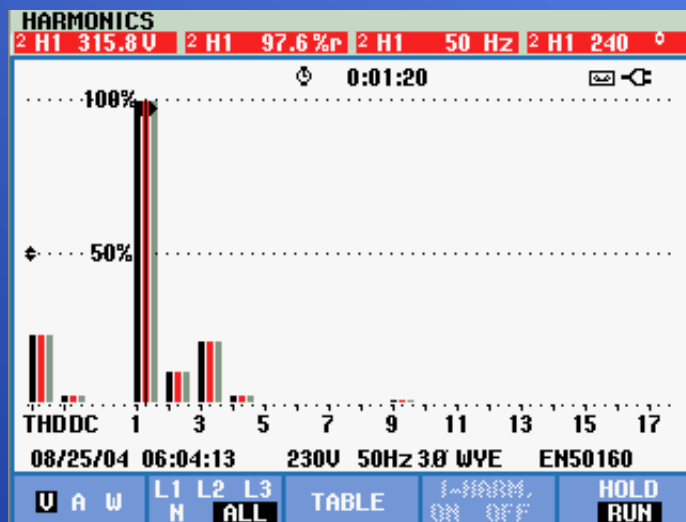
- Анализ сигнала с помощью БПФ



Гармоники и анализ спектра

Измерение гармоник с помощью Fluke 430

Спектр показывает величину присутствия каждой частоты гармоник в сигнале



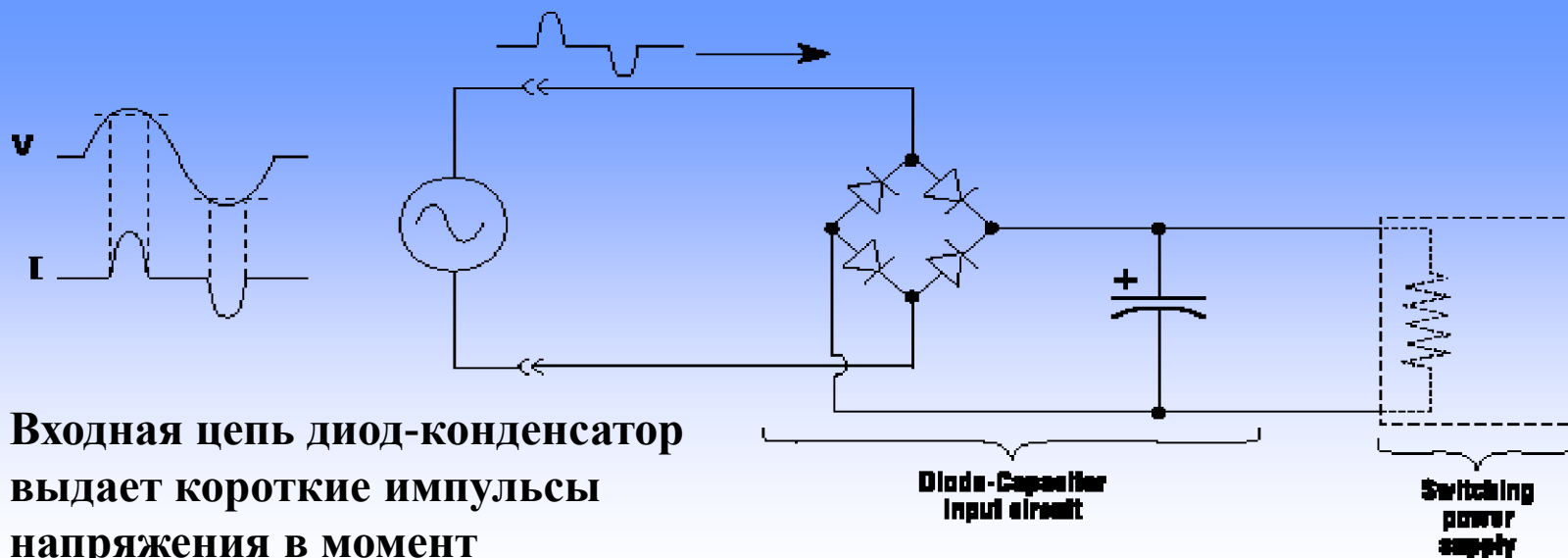
HARMONICS TABLE				
	0:00:20			
Volt	L1	L2	L3	N
THD%r	22.0	22.0	22.0	22.0
H3%r	19.5	19.5	19.5	19.5
H5%r	0.0	0.0	0.0	0.0
H7%r	0.0	0.0	0.0	0.0
H9%r	1.0	1.0	1.0	1.0
H11%r	0.0	0.0	0.0	0.0
H13%r	0.0	0.0	0.0	0.0
H15%r	0.0	0.0	0.0	0.0
08/25/04 06:06:59 230V 50Hz 3Ø WYE EN50160				
		BACK	TREND	HOLD RUN

- Fluke 430 может показать спектр для
 - напряжения
 - тока
 - мощности
- Отображение в виде столбчатой диаграммы или таблицы
- До 50^й гармоники
- Измерение гармоник в виде %R (суммарного напряжения гармоник) или %F (напряжения основной частоты)

Гармоники

Что вызывает искажения?

- Искажение формы кривой напряжения вызвано нелинейными нагрузками, которые присутствуют практически во всех электронных нагрузках:
 - Источники питания постоянного тока (компьютеры, офисная техника)
 - Реостаты для регулирования света или балластные электронные нагрузки
 - Приводы с регулируемой скоростью



**Входная цепь диод-конденсатор
выдает короткие импульсы
напряжения в момент
максимального напряжения в сети.**

Поведение гармоник, направление

- Каждая гармоника имеет свое направление

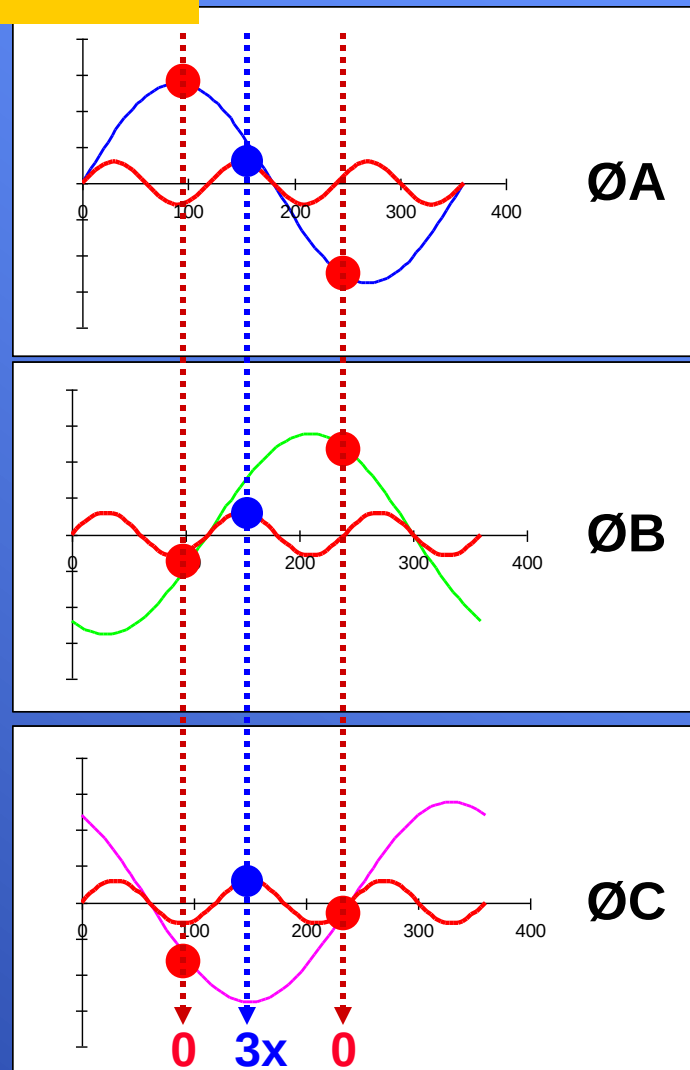
Гармоника	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я
Частота	50 Гц	100 Гц	150 Гц	200 Гц	250 Гц	300 Гц	350 Гц
Последовательность	+	-	0	+	-	0	+

Наличие четных гармоник указывает на присутствие в системе постоянного тока!

Что такое гармоники

3-я гармоника

- В 3-фазной/4-проводной системе гармоники кратные трем (нулевая последовательность) будут добавляться к току через нейтраль.
- 3-и гармоники на всех проводниках являются синфазными. Нет векторной компенсации, как в случае с токами на основной частоте (которые имеют сдвиг фаз 120°).
- Гармоники, имеющие нулевую последовательность, либо те, которые собираются на нейтрали, это гармоники, кратные трем



Причины проблем с качеством электропитания

- **Раньше: нагрузки были “линейными”**
 - индукционные двигатели, нагреватели, лампы
 - значения напряжение и силы тока были согласованы, проблем было немного
- **Теперь: большинство нагрузок являются “нелинейными”**
 - компьютеры, блоки управления двигателями, галогенное освещение и т.д.
 - токи имеют пульсирующие формы, в результате возникают гармонические колебания
- **Возросло число источников нарушений**
- **Оборудование стало более чувствительным**
- **Требуется снижение затрат в условиях нерегулируемого энергетического рынка**

Качество электроэнергии

- Влияние низкого качества электроэнергии становится очевидным не сразу
- Низкое качество электроэнергии может быть по многим причинам
- Последствия могут быть тяжелыми (потери производительности)
- Проблемы с качеством электроэнергии являются основной причиной:
 - Неисправностей
 - Остановок
 - Чрезмерных счетов за электроэнергию
 - Сокращение срока службы оборудования



Признаки нарушений качества электроэнергии

Симптомы

- Перебои подачи электропитания
- Срабатывание автоматической защиты
- Большие счета за электроэнергию
- Мигающие лампы
- Шум и нагрев электрооборудования
- Преждевременный отказ электроприборов
- Низкая производительность и внезапные отключения оборудования
- Потеря данных в электронных приборах

Причины

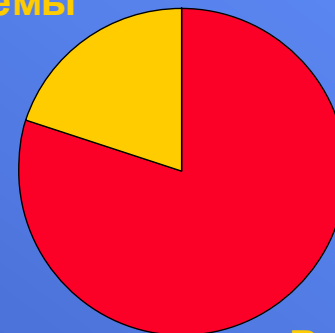
- Понижения или повышения напряжения
- Переходные процессы
- Шумовые помехи
- Нелинейные искажения
- Провалы / броски напряжения или тока
- Несимметрия напряжений



Причины проблем

- Внутренние причины: около 80% проблем с качеством электроэнергии имеют источник *внутри предприятия.*
- Внешние причины: примерно 20% проблем с качеством электроэнергии *связаны с линиями электропередачи и энергетическими системами.*

Энерго-
системы



Внутрен-
ние

Стандарты качества электроэнергии

Россия и СНГ

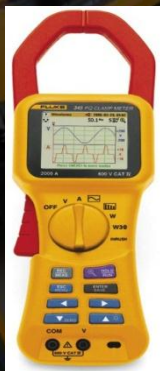
- ГОСТ 13109-97. Нормы качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения
- ГОСТ Р 51317.4.30-2008 (IEC 61000-4-30:2008). Методы измерений показателей качества электроэнергии
- ГОСТ Р 53333-2008. Контроль качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения
- ГОСТ Р 54149-2010 (EN 50160: 2010). Нормы качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения
(начнет действие с 1 января 2013г.)

Международные стандарты качества электроэнергии

- **EN50160** -- европейский норматив, регулирующий качество электроэнергии в пользовательских электросетях. Устанавливает границы/ значения для характеристик напряжения.
- **IEC 61000-4-30** -- европейский стандарт, определяющий стандартные методы измерения параметров качества электроэнергии.
 - Приборы **класса А** осуществляют измерения с высокой точностью и в соответствии с алгоритмами, определенными стандартами
 - **IEC 61000-4-7** определяет измерения **гармоник**
 - **IEC 61000-4-15** определяет измерения **мерцания**
- **IEEE 1159-1995** -- стандарт IEEE, определяющий параметры качества электроэнергии и их измерения

Приборы Fluke для контроля качества электроэнергии

Диагностирующие устройства



Fluke 345



43B



434II/435II



VR1710



1743/1744

Регистраторы



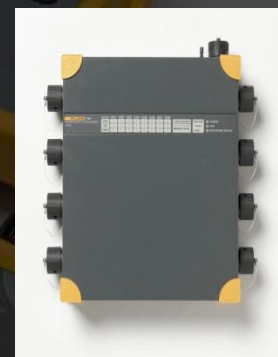
1735



RPM Power Recorder → 1750



1745



1760

Клеши для измерения качества электроэнергии Fluke 345

FLUKE®



- Измерение напряжения, тока и мощности на электронных импульсных нагрузках, таких как приводы, ИБП и электроника освещения
- Пуско-наладочные работы и поиск неисправностей в электрическом оборудовании и распределительных сетях
- Выявление всех самых распространенных причин проблем с качеством электроэнергии, влияющих на производственные процессы и системы обработки информации

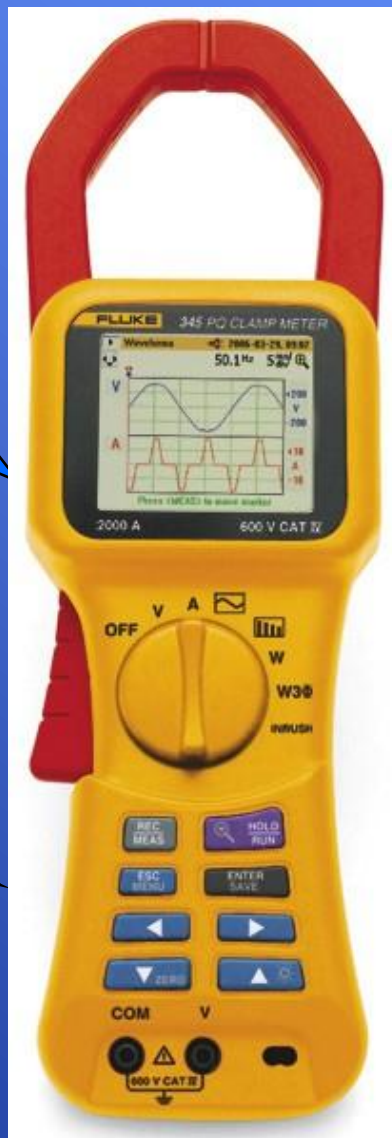
Клещи – анализатор качества электроэнергии Fluke 345

FLUKE®

Большой яркий цветной экран с разрешением 320 x 240 пикселей для просмотра цифровых и графических данных

Питание от аккумулятора с возможностью подключения источника питания для долгосрочной регистрации измеренных данных

Высокая устойчивость к ЭМИ для безопасных, надежных измерений на электронных нагрузках



Измеряет напряжение, ток, мощность, энергию, гармоники и события с напряжениями

Датчик Холла для измерения постоянного и переменного токов силой до 2000А

Колесико выбора режима для быстрого и удобного выбора режима измерения

Регистрация всех переменных с усреднением за период от 1 секунды до 15 минут

Fluke 345 обладает возможностью измерять и показывать:

Напряжение – до 825V rms (600V относительно земли)

Ток – до 2000A (пиковый переменный или постоянный)

Осциллограмма – напряжение и ток

Гармоники – до 40-ой с %DF и %THD

Мощность и энергия – однофазный и симметричный трехфазный

Пусковой ток – отслеживание помех при работе выключателей

Регистрация данных – все измерения регистрируются во внутреннюю память прибора

Клещи - анализатор качества электропитания Fluke 345



Варианты применения:

- Измерение напряжения, тока и мощности на коммутируемых электронных нагрузках, таких как двигатели, ИБП и электронное освещение.
- Общий запуск в эксплуатацию и поиск неисправностей в электрическом оборудовании и сетях распределения.
- Поиск причин наиболее общих проблем с качеством питания, влияющими на производственные процессы и системы обработки данных.



Fluke 435 II – прибор класса А для поиска проблем с качеством электроэнергии



Уникальные возможности для лучшей в своем классе серии Fluke 430 II

Возможности Fluke 435 II

- Полное соответствие классу А – с точностью напряжения 0,1%, проверяемой согласно строгому международному стандарту IEC 61000-4-30 класс А (необходим аксессуар GPS430 для синхронизации времени).
- Функция регистрации данных - настраивается для любых условий тестирования с сохранением в памяти до 400 параметров с произвольно определяемым интервалом.
- Программа Fluke PowerLog – удобный просмотр зарегистрированных данных и создание отчетов.
- Гибкие щупы для замера тока в комплекте поставки – эти новые щупы с рейтингом 3000A 600V CAT IV получают питание от устройства (не требуют аккумуляторов).
- Сигнализация для сети электропитания - измерение помех от пульсирующих управляющих сигналов определенной частоты.
- Прочный, скругленный по краям чехол для переноски защищает Fluke 435 во время пересылки и транспортировки.
- Большой объем памяти за счет использования карт памяти SD. В комплекте поставляется карта памяти объемом 8 ГБ.

Три модели

- **434 II** – прибор для мониторинга и диагностики проблем с качеством электроэнергии класса S для сетей 50/60Гц
- **435 II** – прибор для диагностика проблем с качеством электроэнергии класса A. С функцией регистратора. Для сетей 50/60Гц
- **437 II** – прибор для диагностики проблем с качеством электроэнергии в авиационных и судовых сетях с частотой 400 Гц (так же работает с сетями 50/60 Гц)

Внедрение научных разработок

FLUKE®

- **Результат сотрудничества с университетом Валенсии**
 - Унифицированное измерение мощности Unified Power (патент), калькулятор потерь энергии
- **Вклад Fluke**
 - Power wave (кривая мощности)
 - КПД инвертеров



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

Ciudad Politécnica de la Innovación



Калькулятор потерь энергии

Energy Loss Calculator						
0:33:08						
			Total	Lost	Cost	
Доступная полезная мощность в кВт	Effective kW	35.32	1.29	\$	0.26 /hr	
Реактивная (неиспользуемая) мощность	Reactive var	461	2.22	\$	0.44 /hr	
Неиспользуемая мощность, из-за дисбаланса	Unbalance VA	1355	1.1	\$	0.24 /hr	
Неиспользуемые вольт-амперы искажений	Distortion VA	498	0.68	\$	0.13 /hr	
Ток через нейтраль	Neutral A	13.3	0.6	\$	0.17 /hr	
Стоимость потерянных киловатт-часов за год	Total				k\$	10.86 /y
10/14/11 17:56:15		120V 60Hz 3Ø WYE		EN50160		
LENGTH AUTO		DIAMETER AUTO		METER	RATE 0.20 /kWh	HOLD RUN

Модель	FLUKE-434-II	FLUKE-435-II	FLUKE-437-II
Особенности			
Напряжение, ток, частота Hz	•	•	•
Провалы и выбросы	•	•	•
Гармоники	•	•	•
Мощность и энергия	•	•	•
Калькулятор потерь энергии	•	•	•
Дисбаланс	•	•	•
Монитор	•	•	•
Пусковой бросок тока	•	•	•
Регистрация осциллограммы событий	•	•	•
КПД инвертера	•	•	•
Фликер		•	•
Переходные процессы		•	•
Сигнальные напряжения сети		•	•
Power Wave		•	•
Соответствие IEC61000-4-30	класс S	класс A	класс A
400 Гц			•
C1740 мягкий кейс	•	•	
C437-II жесткий кейс на роликах			•
Карта памяти SD (макс. 32ГБ)	8ГБ	8ГБ	8ГБ

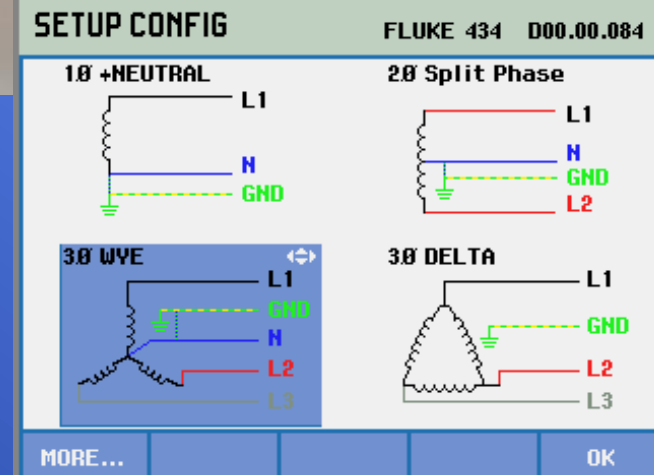
Уникальные проверенные функции поиска неисправностей: измерение тока нейтрали с помощью 4 каналов ввода

FLUKE®

- Измерения по всем
трем фазам и
нейтрالي

- Не делает
вычислений для
нейтрالي.
- Все больше проблем
качества питания
происходят на
нейтрالي.

- Инструментальная
поддержка всех
распространенных
схем кабельной
разводки.



*Всегда выполняйте
измерения для нейтрали!*

430 II комплект поставки

- В комплекте со всеми моделями поставляются следующие принадлежности: набор измерительных щупов TL430, 4 x i430 гибкие тонкие датчики тока, аккумулятор BP290, адаптер питания с набором адаптеров для различных типы розеток BC430, кабель USB A-B mini и компакт-диск с ПО PowerLog.



Положение относительно конкурентов

FLUKE®

- Уникальная серия Fluke 430!
 - Возможности поиска неисправностей
 - Число каналов
 - Рейтинг безопасности
 - Удобство использования
 - Новые возможности регистрации
 - Новое программное обеспечение для управления данными
 - Новое гибкое подключение
 - Эффективность измерений класса А
- Предлагается по доступной цене.



Вне конкуренции по экономической эффективности!

Регистраторы качества электроэнергии серии 1740



1743/1744



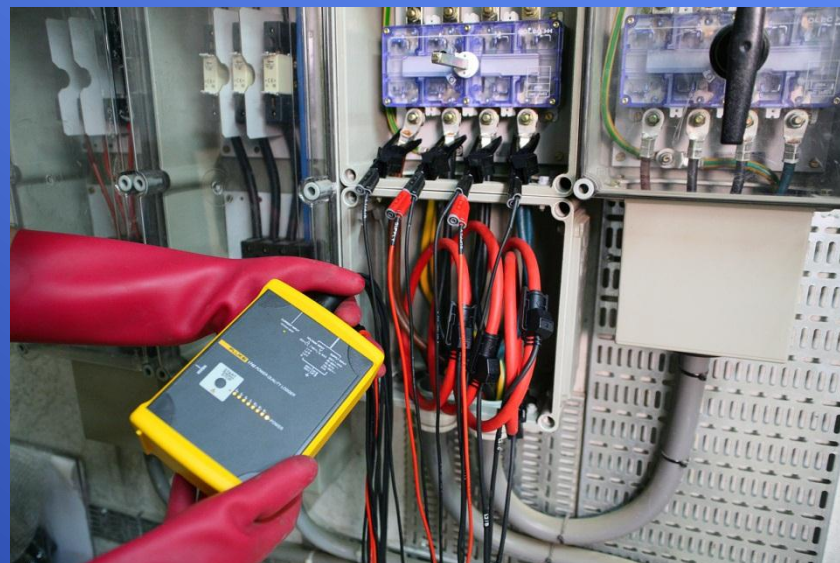
1745

Регистраторы серии 1740

- Отслеживание всех параметров мощности и качества электроэнергии – регистрация более 500 различных параметров для каждого периода усреднения
- Быстрая настройка благодаря автоматическому распознаванию датчиков тока
- Малые размеры позволяют устанавливать в электрораспределительном шкафу
- Позволяет определить основную причину проблем – в комплекте поставляется ПО PQ Log, позволяющее быстро проводить анализ собранных данных и готовить статистические отчеты
- Контроль качества электроэнергии в соответствии с требованиями стандарта EN 50160
- Измерение напряжения в соответствии с требованиями класса А по стандарту IEC 61000-4-30 (0,1 %)
- Степень защиты корпуса IP65

Долговременная запись

- Контроль основных параметров электроэнергии в течение длительного времени:
- Функция Р – регистрация параметров мощности – до 30000 интервалов усреднения
- Функция А – регистрация параметров качества электроэнергии – все параметры функции Р плюс гармоники – до 12000 интервалов усреднения



FLUKE®



**Мы приводим
ваш мир в движение.®**