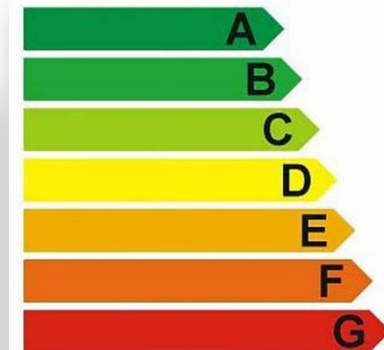


Определение потерь электроэнергии

с применением
тепловизоров

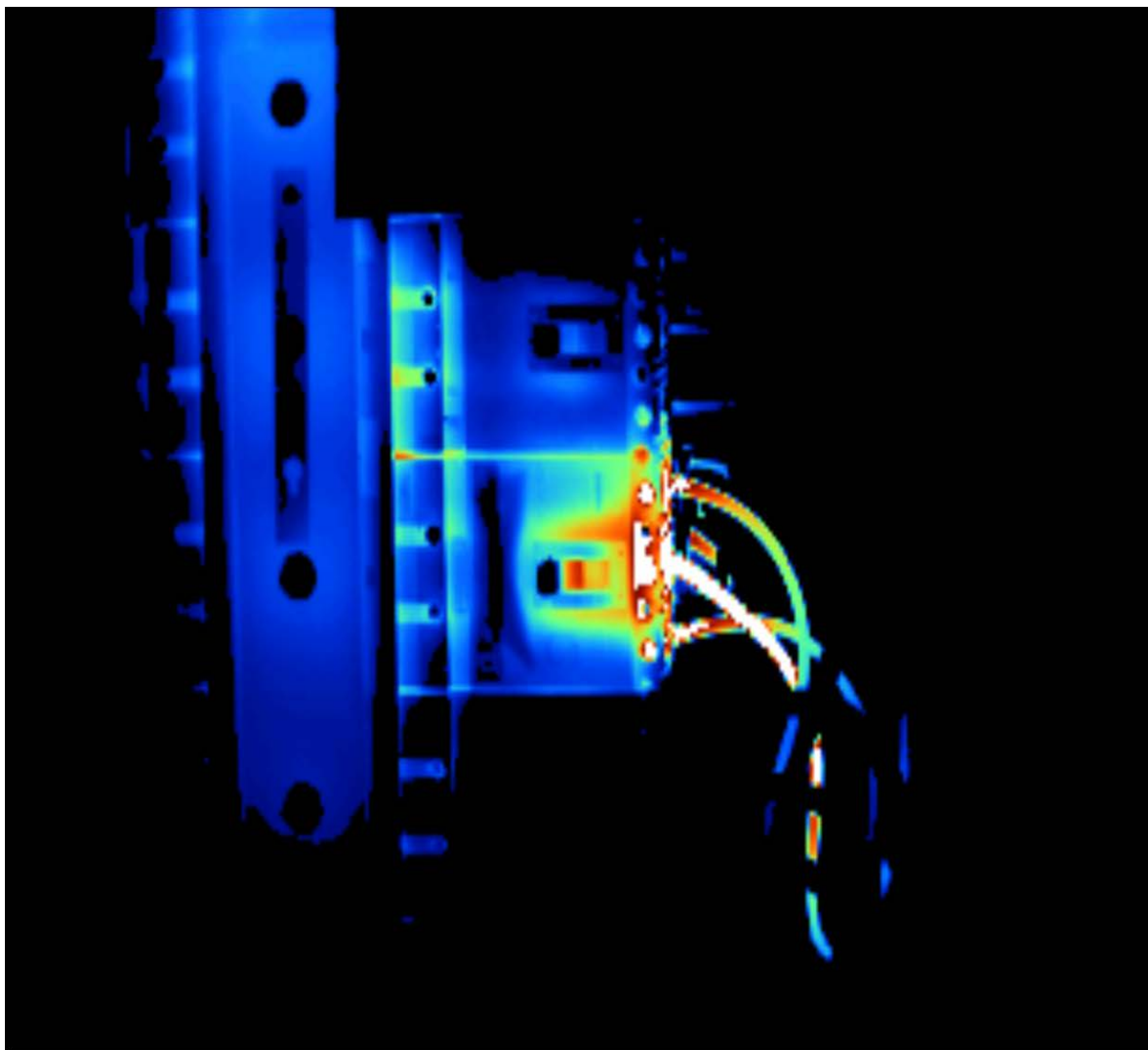


Что такое тепловидение?

Это дистанционное измерение температуры и присвоение цветовой гаммы в зависимости от измеренных значений.

Метод очень эффективен для выполнения проверок:

- ☐ электрооборудования;
- ☐ электрических цепей;
- ☐ механического оборудования;
- ☐ нагревающего/охлаждающего оборудования;
- ☐ ограждающих конструкций здания;
- ☐ радиоэлектронного оборудования;
- ☐ и многого другого.



Спектр электромагнитного излучения

Введение в термографию

Спектр электромагнитного излучения



Излучение и температура

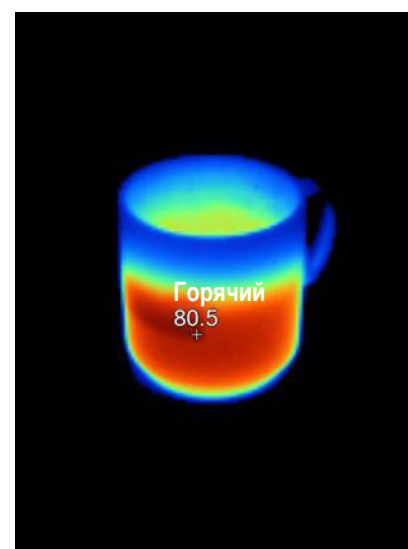
- Изображение в видимом диапазоне является отраженным, тепловое изображение является **излучаемым!**
- Излучение усиливается при повышении температуры



После 30 секунд
в микроволновой
печи



Новое изображение
новая информация



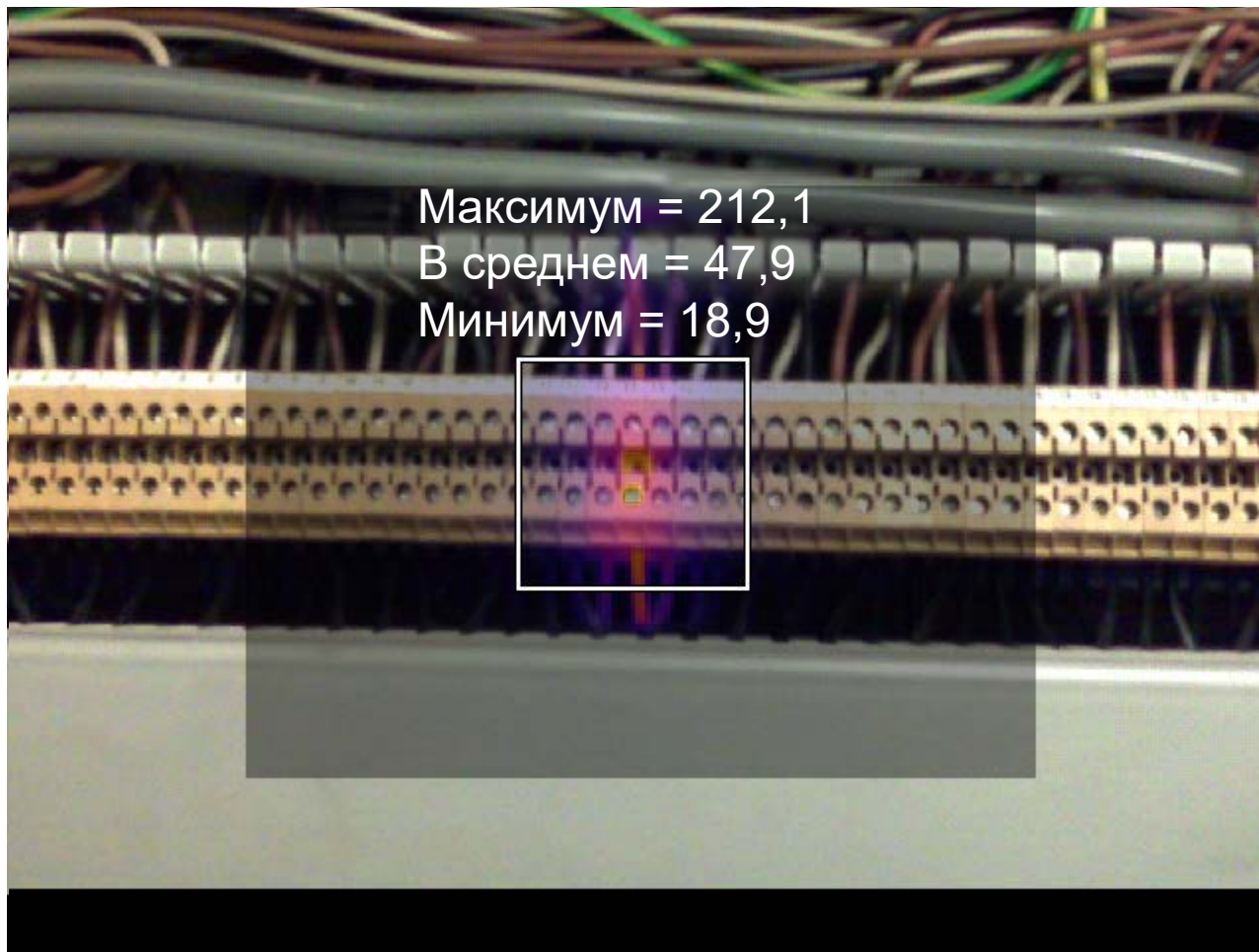
Преимущества использования ИК-технологии

- Характеристики измерений:
 - бесконтактные (дистанционные), с безопасного расстояния;
 - проводятся без нарушения производственного процесса;
 - высокая чувствительность к характеристикам неисправностей;
 - обнаружение дефектов до возникновения существенных неисправностей;
 - быстрое сканирование больших площадей;
 - точное определение места.





Монтаж нового оборудования



Безукоризненный монтаж?

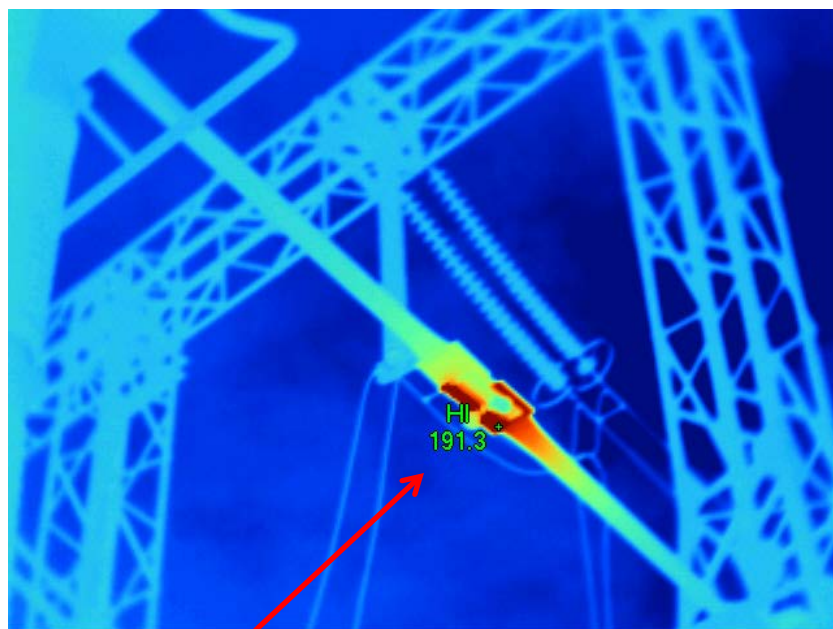
Горячее соединение!

КРАЙНЕ горячее соединение!

Четко виден неисправный кабель!



После ремонта



До ремонта



После ремонта.
Значительно лучший результат, но
все еще наблюдается перегрев

Температурные аномалии в электродвигателях



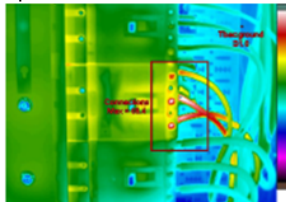
- Нормальная рабочая температура должна быть указана на паспортной табличке каждого электродвигателя. Повышенные температуры могут быть следствием следующих проблем:
 - недостаточный воздушный поток;
 - несбалансированное напряжение или перегрузка;
 - угроза отказа подшипника;
 - пробой изоляции;
 - нарушение соосности валов.

Программное обеспечение для анализа и составления отчетов

FLUKE®

ТЕРМОГРАФИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ

Щит ОВК



HVAC system.is2

3/31/2006 12:06:57 PM

При повышении нагрузки или остановке вентиляции кабелей. Если оба события произойдут одновременно, температура изоляции кабелей.

Существует очевидная опасность короткого замыкания в. Рекомендуется очистить и ослабить соединение. По возм. техническим обслуживанием рекомендуется проверить изоляцию еженедельный контроль.

Информация об изображении

Время получения изображения

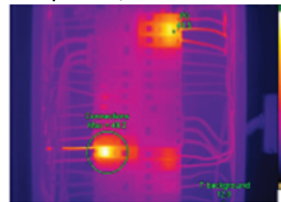
Основные аннотации к изображению

Определение

Ti обучение на продвинутом уровне

ТЕРМОГРАФИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ

Кабели и клеммы в щите электроосвещения



cabinet.is2

1/4/2006 10:22:10 AM

В результате низкой нагрузки фактическая температура изоляции кабелей.

Поскольку в зимний период нагрузка несомненно соединения и контролировать состояние изоляции технического обслуживания. В течение 30 дней

Информация об изображении

Время получения изображения

Основные аннотации к изображению

Определение

Условия окружающей среды

Рабочие условия:

Аналитические функции

Классификация

Приоритет

Интервал

рекомендуемое действие

Ti обучение на продвинутом уровне

ТЕРМОГРАФИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ

Содержание

cabinet.is2

Fuses.is2

HVAC system.is2

Ti обучение на продвинутом уровне

FLUKE®

Fluke

www.fluke.se

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ

Отчет о выполнении термографического обследования



Подготовлено для

Fluke Sverige AB

Far?????n 33

S-16451 Kista

Что является причиной перегрева?

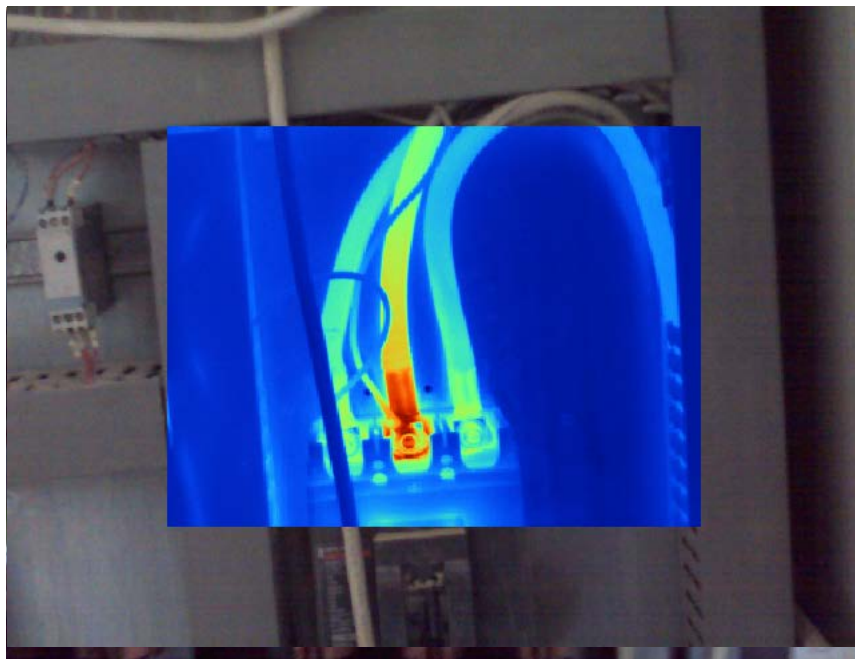
- Причины перегрева компонента:
 - Несбалансированность нагрузки, гармоники, $I(L2) > I(L1, L3)$.
 - Возросшее сопротивление $R(L2) > R(L1, L3)$ в результате окисления, коррозии, ослабления соединения.
- $T \sim P = R \times I^2$

(P — электрическая мощность в ваттах, R — сопротивление контакта в омах, I — ток в амперах, $L1-L3$ — фазы переменного напряжения)

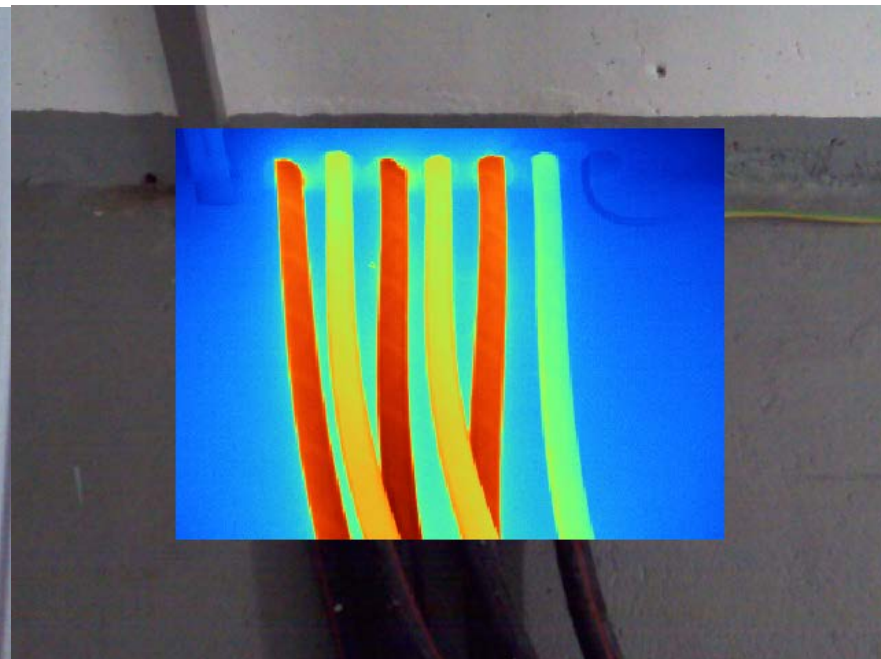
В ходе обследования важно документировать не только места повышенного нагрева, но и фактические рабочие параметры и параметры окружающей среды.



Тепловые характеристики

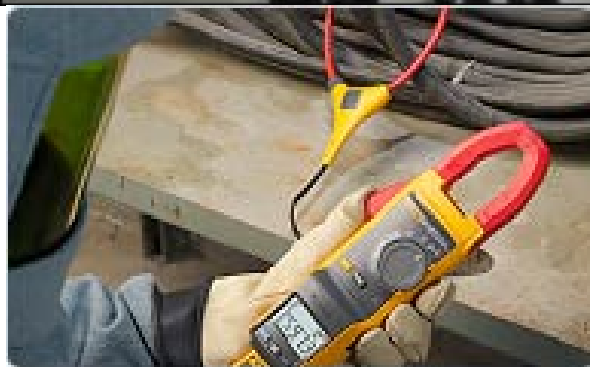
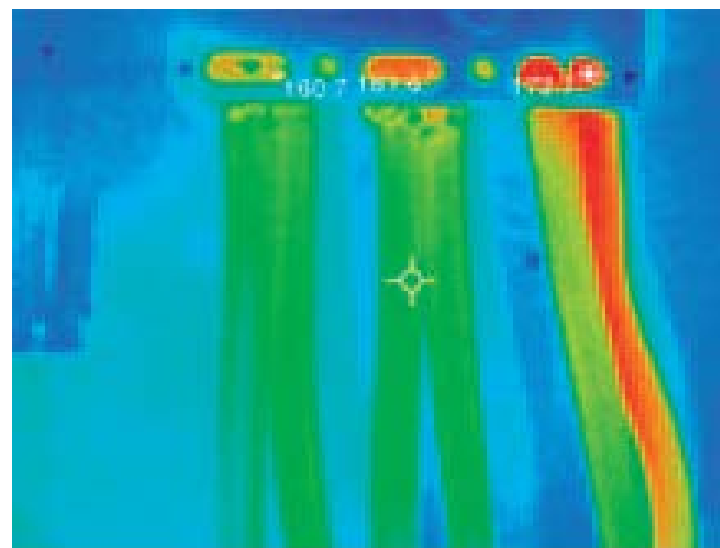


Тип характеристики 1:
локальное повышение
сопротивления



Тип характеристики 2:
дисбаланс, перегрузка,
гармоники

Необходимы дополнительные измерения!

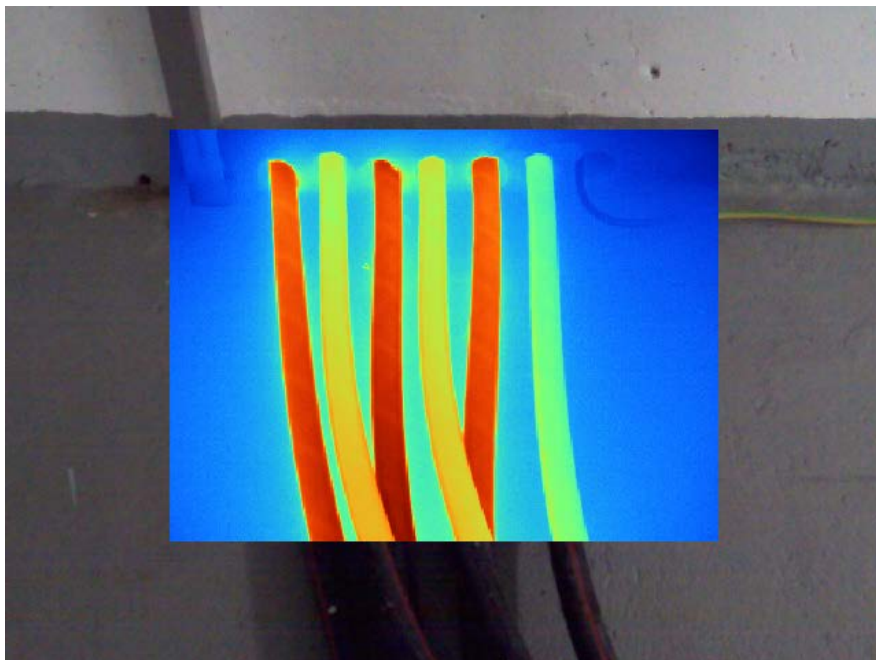


Токоизмерительные клещи

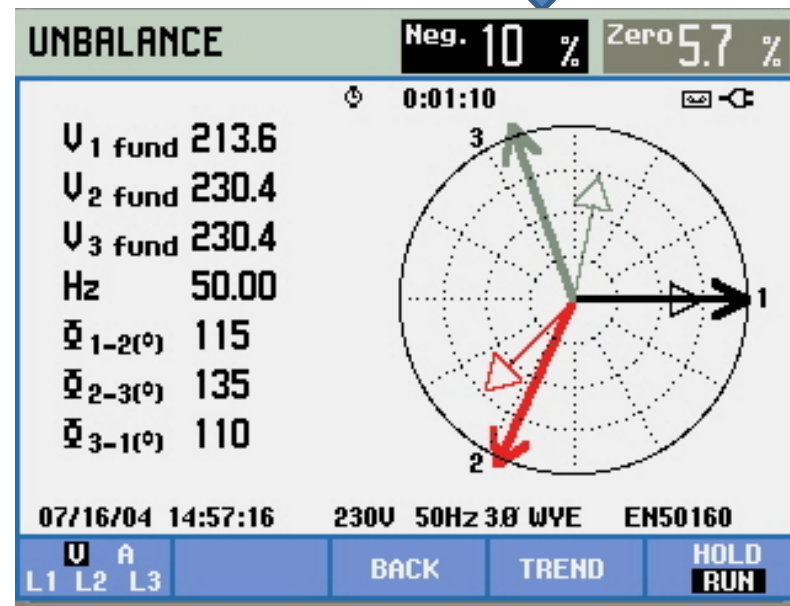
Качество электроэнергии



Пример 1А: дисбаланс

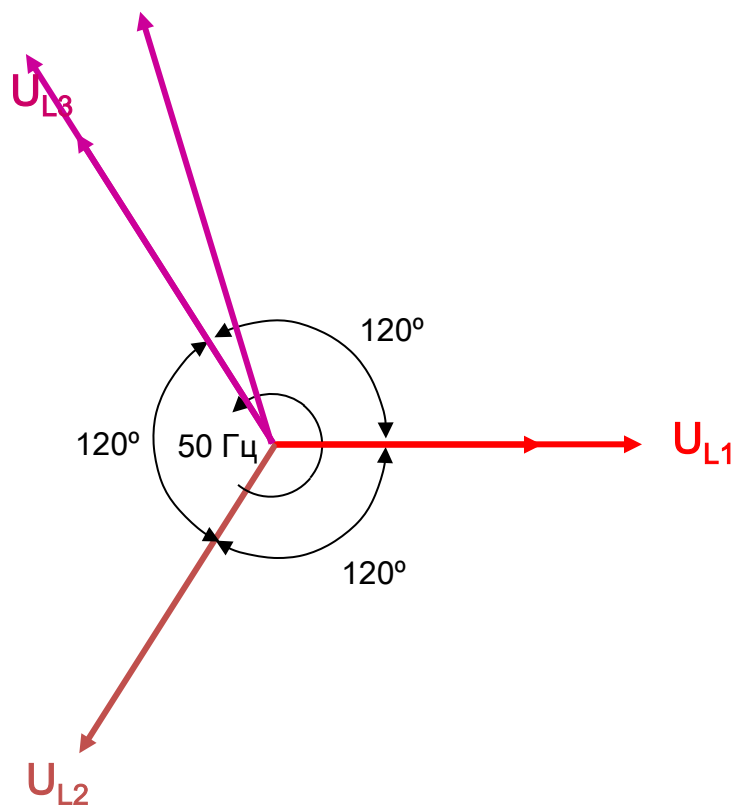
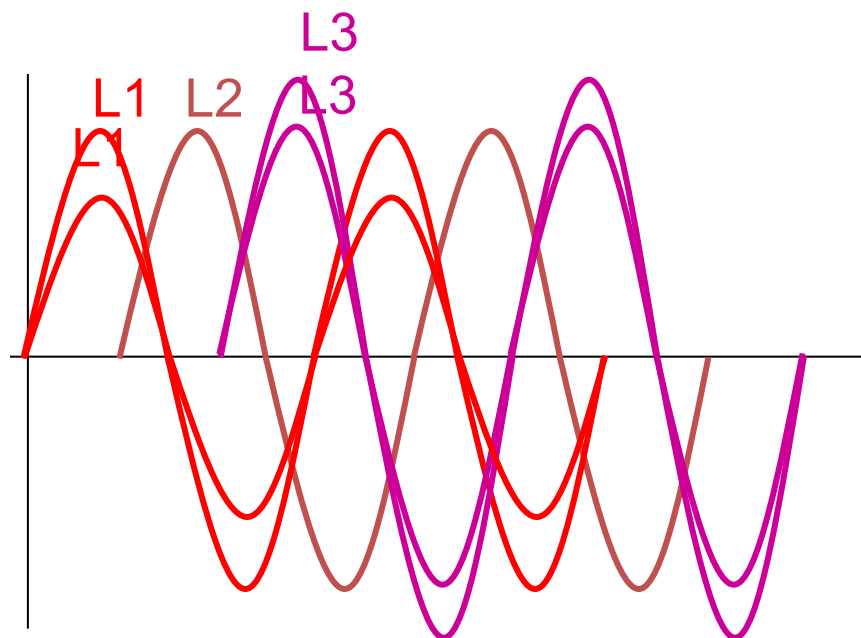


Тип характеристики 2:
дисбаланс



Дисбаланс

Дисбаланс. Обратные и нулевые составляющие

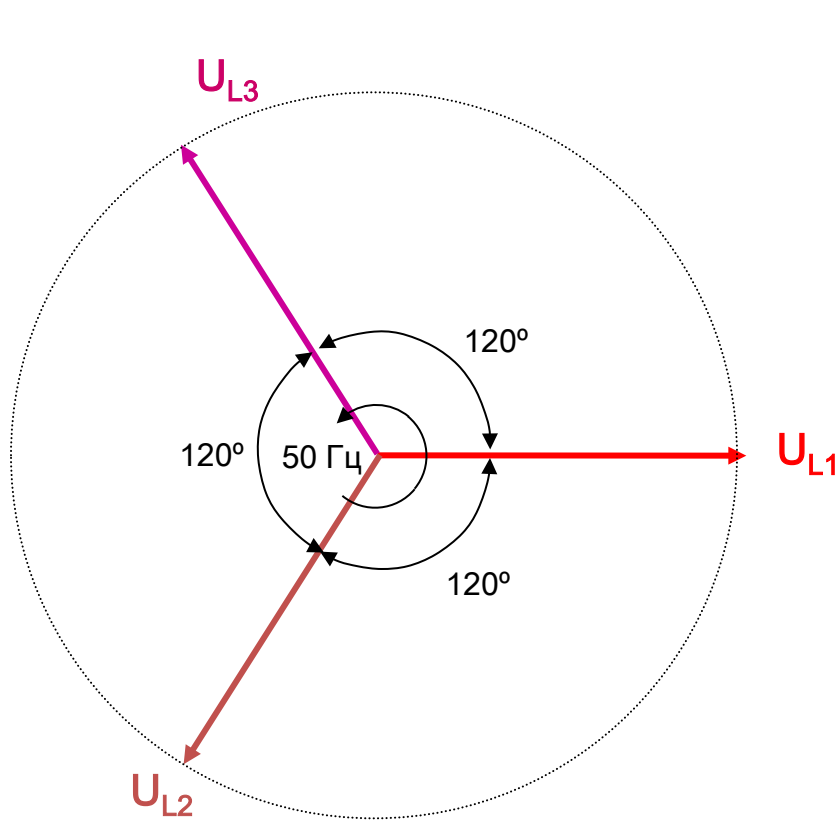


Напряжения
дисбаланса

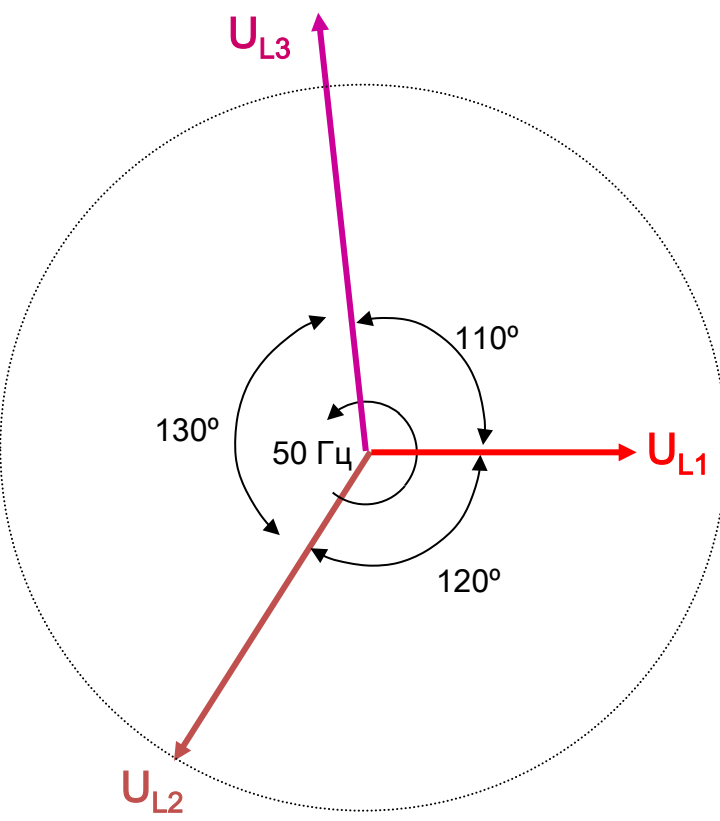
- Различная амплитуда
- Различный сдвиг фаз 120°

Дисбаланс

Дисбаланс. Обратные и нулевые составляющие



Сбалансированная система

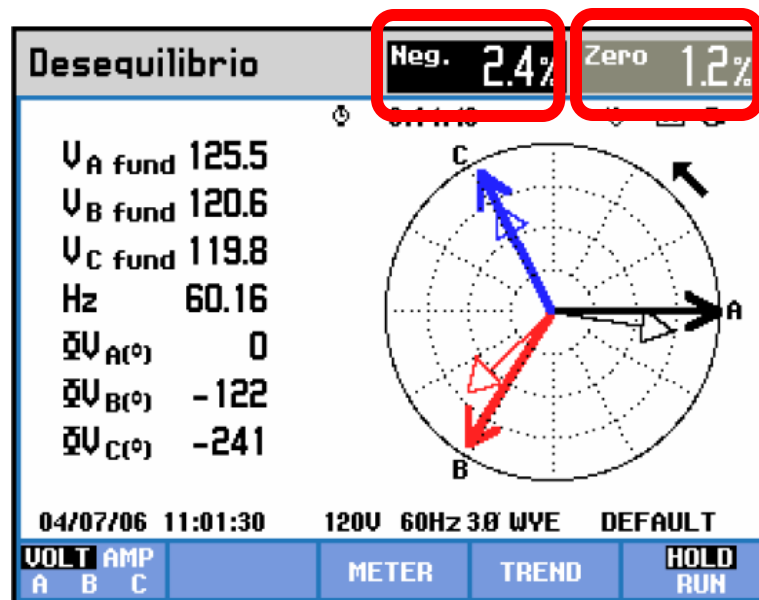


Несбалансированная система

Дисбаланс

Дисбаланс. Обратные и нулевые составляющие

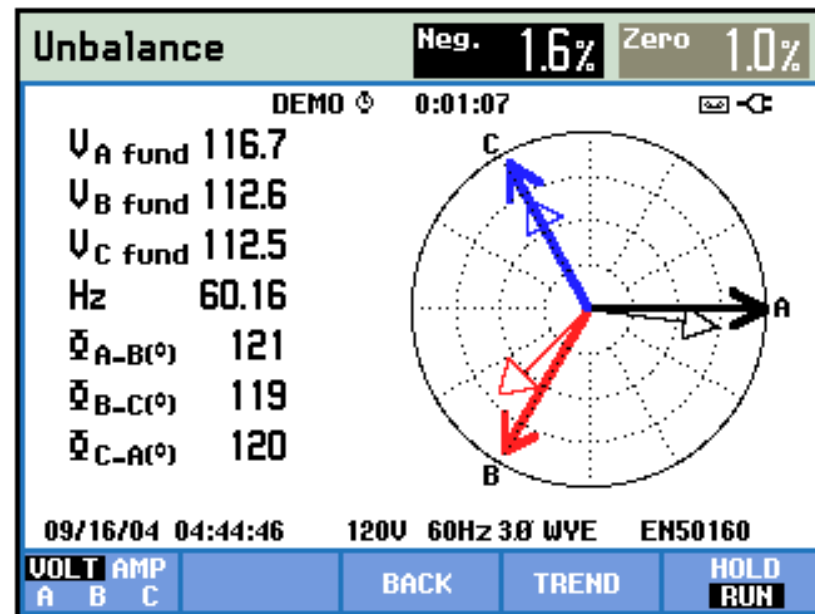
Desequilibrio				
	Vneg.	Vzero	Rneg.	Rzero
Unbal.(%)	2.4	1.2	9.0	6.5
	H	B	C	N
Vfund	125.5	120.6	119.8	0.9
Hz	60.16			
	A	B	C	N
$\varphi V(^{\circ})$	0.0	-122.4	-241.1	-56.5
$\varphi R(^{\circ})$	-8.1	-136.8	-241.4	-47.1
Rfund	1085	1038	1069	0.8
04/07/06 11:01:30 120V 60Hz 3Ø WYE DEFAULT				
TREND HOLD RUN				



Дисбаланс

Экран векторов

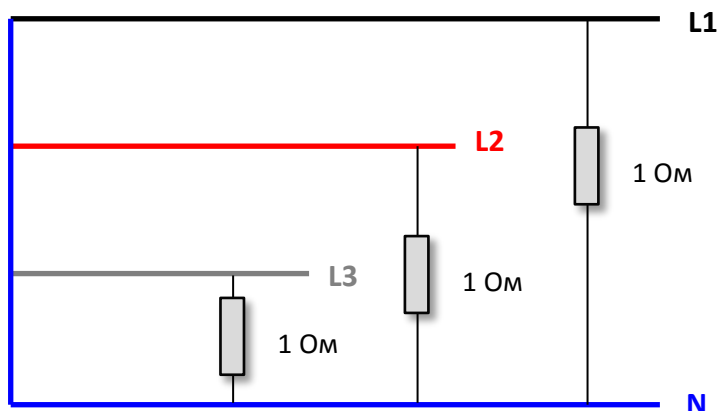
- Векторы демонстрируют среднеквадратичные значения и сдвиг по фазе всех трех фаз как напряжения, так и тока.
- Процент коэффициента дисбаланса рассчитывается с применением метода симметричных составляющих.



Потребление электроэнергии

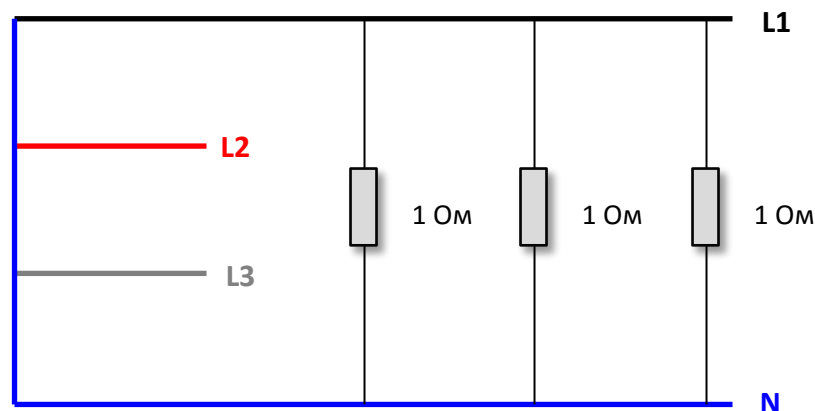
Неэффективность системы энергораспределения

Простой пример потерь в системе в результате несбалансированной нагрузки



A) Напряжение и ток идеально сбалансированы

Ток одной фазы = $230 \text{ В} / 1 \text{ Ом} = 230 \text{ А}$
Потери на одну фазу = $P_{L1} = P_{L2} = P_{L3} = I^2 \times R = 230^2 \times R = 52.900 \times R$
Ток нейтрали = 0 (линейные сбалансированные нагрузки)
Закон Кирхгофа $\rightarrow P_N = 0$
Полные потери в кабелях =
 $P_{T \text{ Unb}} = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3} + P_N =$
 $= P_{T \text{ Bal}} = 3 \times (I^2 \times R) = 3 \times (230^2 \times R) = 158.700 \times R$



A) Несбалансированный ток

Ток L1: $230 \text{ В} / (1/3 \text{ Ом}) = 690 \text{ А}$
Токи L2 и L3 = 0 А
Ток нейтрали N = 690 А
 $P_{L1} = P = I_{L1}^2 \times R = 690^2 \times R = 476.100 \times R$
 $P_{L2} = P = I_{L2}^2 \times R = 0$
 $P_{L3} = P = I_{L3}^2 \times R = 0$
 $P_N = P = I_N^2 \times R = 690^2 \times R = 476.100 \times R$
 $P_{T \text{ Unb}} = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3} + P_N = 2 \times 476.100 \times R = 952.200 \times R$

$$\rightarrow P_{T \text{ Unb}} / P_{T \text{ Bal}} = 952.200 \times R / 158.700 \times R = 6$$

Электромеханические системы



Более 60 % электричества, потребляемого в промышленности, предназначено для работы **электродвигателей**, приводящих все типы механизмов.

Эффективность электродвигателей и механизмов может ухудшиться в результате различных проблем:

- электропитание (дисбаланс напряжения, гармоники и т. д.);
- механические неполадки (соосность валов, избыточное трение, недостаточное охлаждение);
- проблемы с изоляцией.

Подобные неполадки приводят к **повышенной вибрации и перегреву**.

Пример 1Б: неравномерные температуры корпуса двигателя

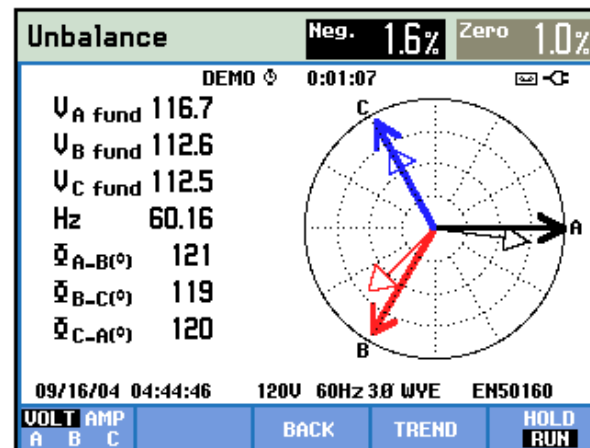
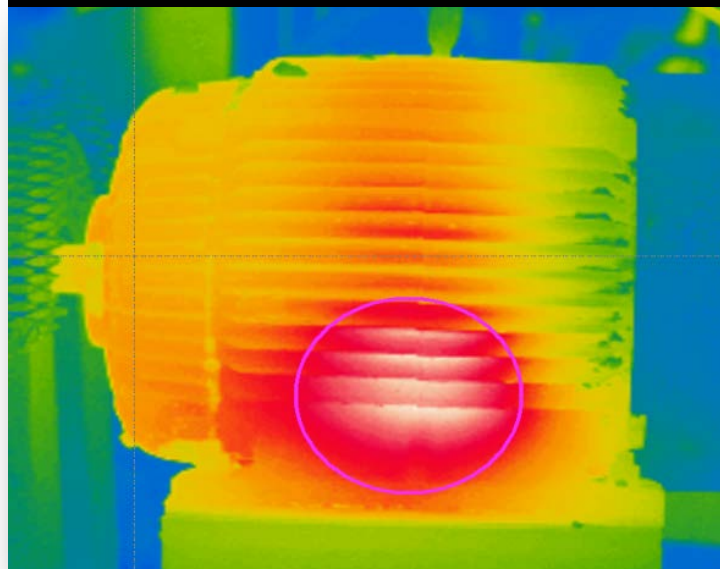
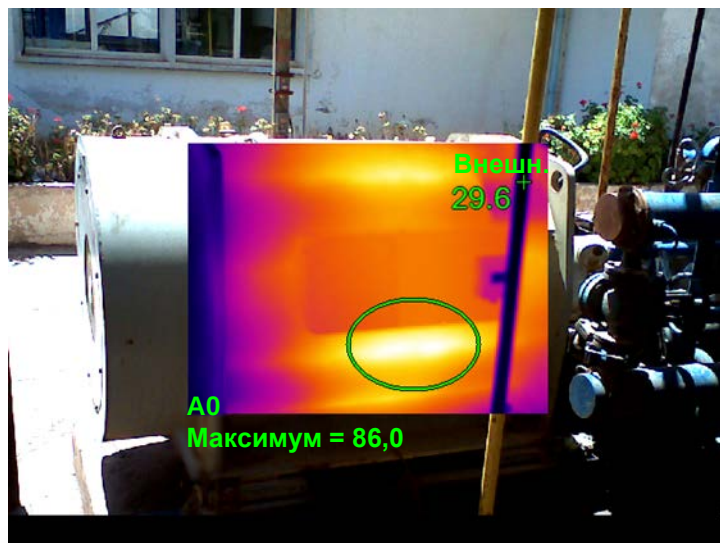
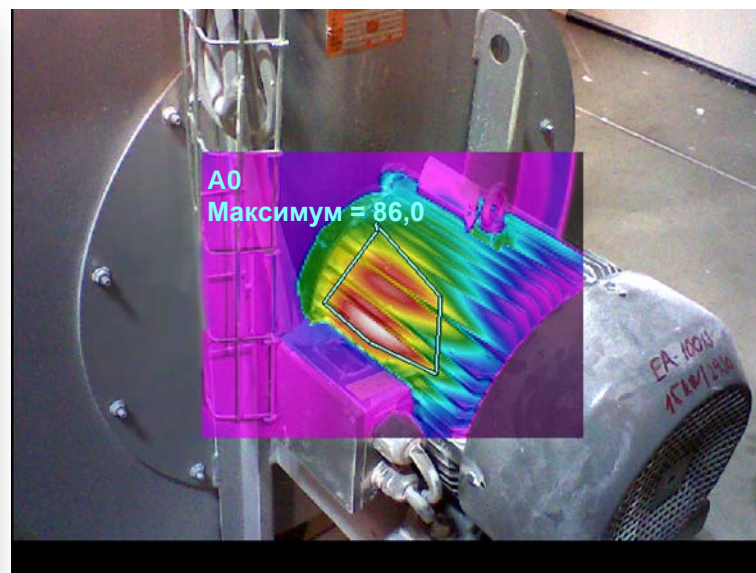
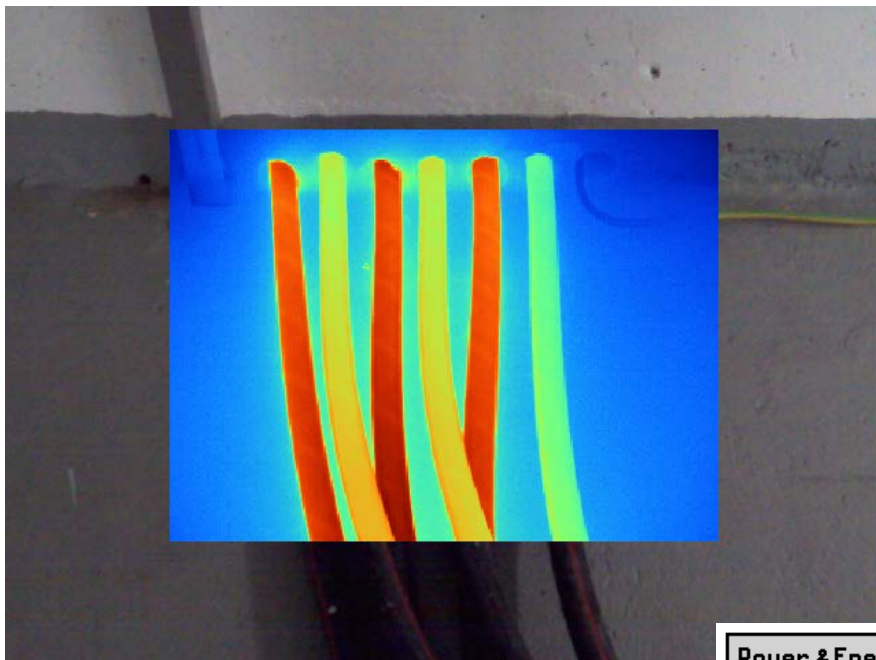


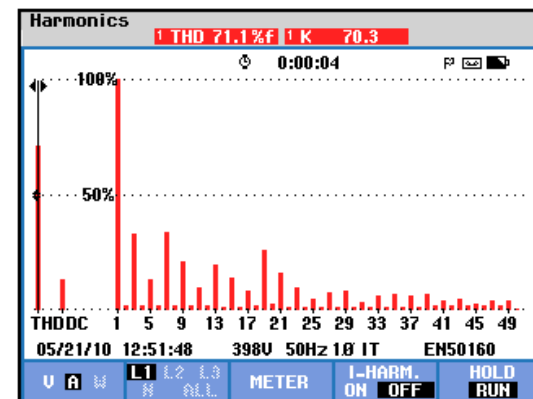
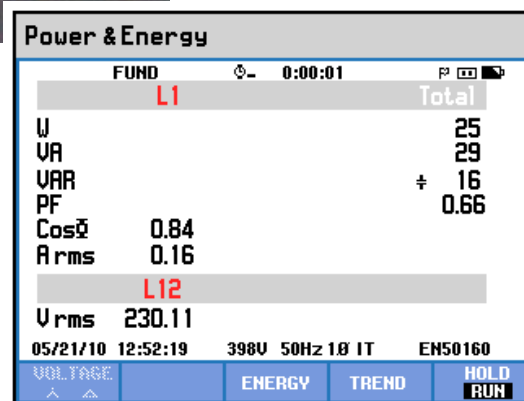
График из анализатора качества электроэнергии Fluke



Пример 2: гармоники



Тип характеристики 2:
Гармоники



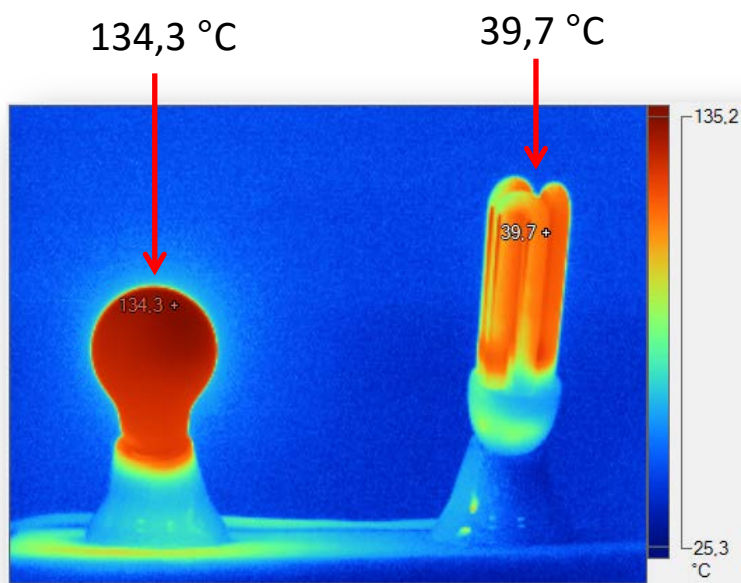


Освещение



Распределение и тщательная регулировка освещения способствуют значительному сокращению сопутствующих расходов.

Развитие технологий освещения приносит очевидные преимущества.



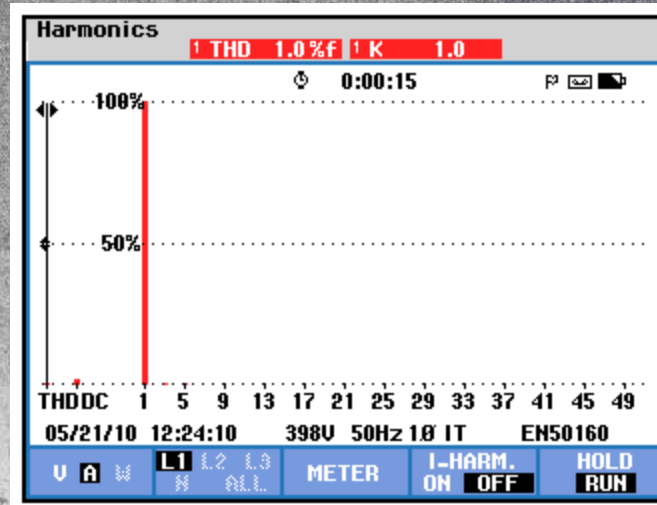
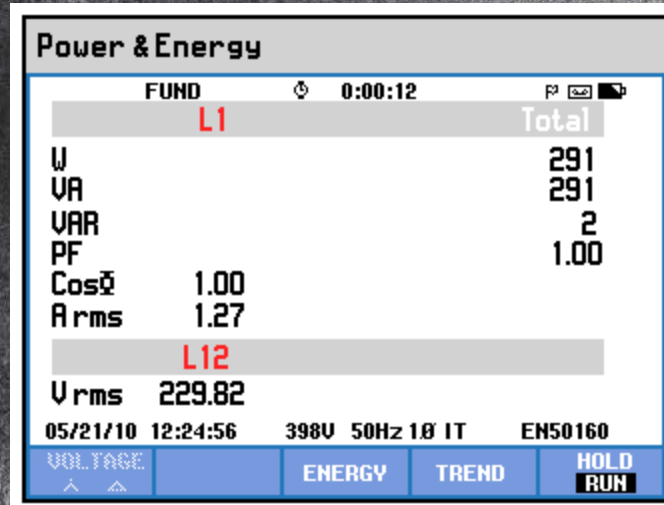
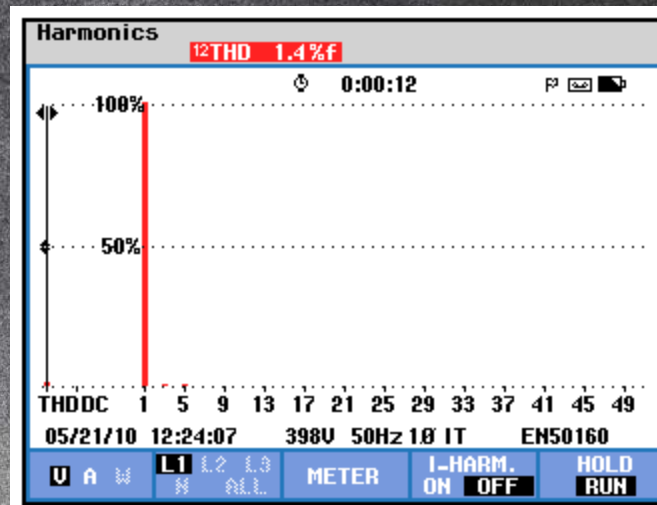
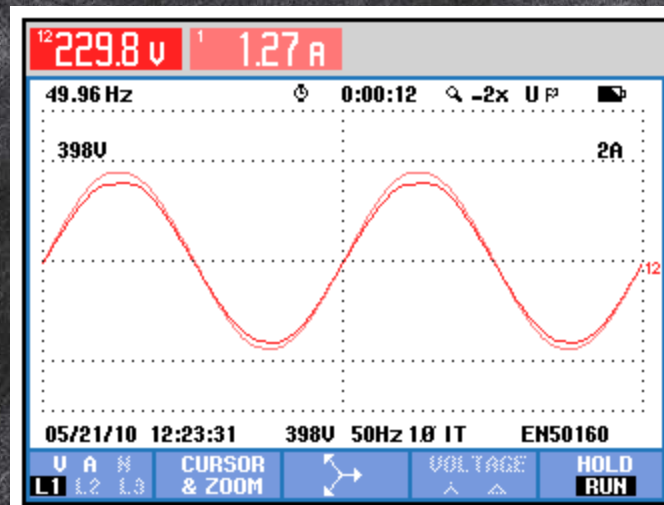
Термография демонстрирует, насколько лампы накаливания менее эффективны, чем энергосберегающие лампы.

Пример: различные лампы



Airam, 60 Вт, матовая, 240 В

5 штук в одной линии



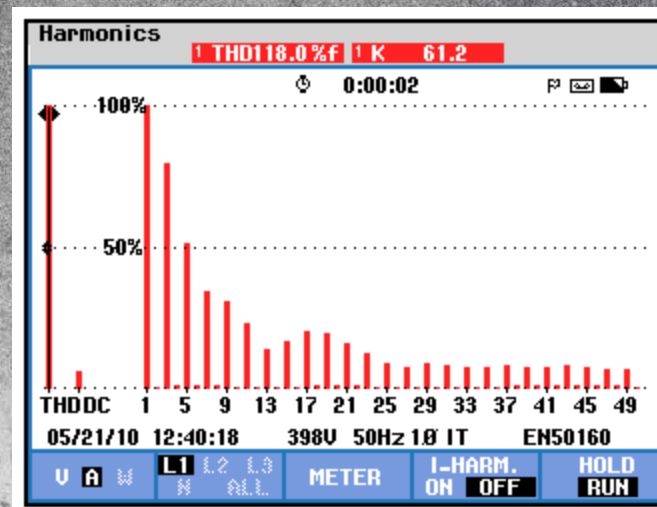
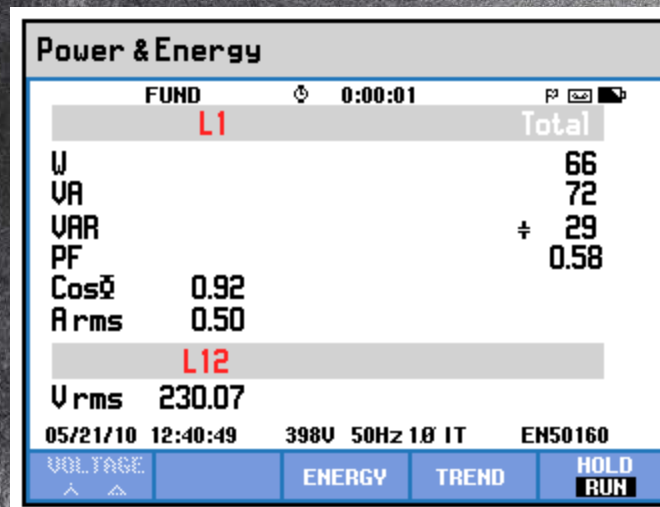
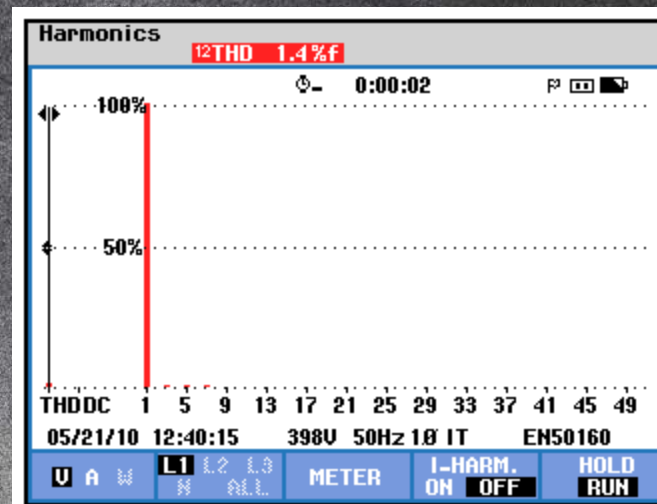
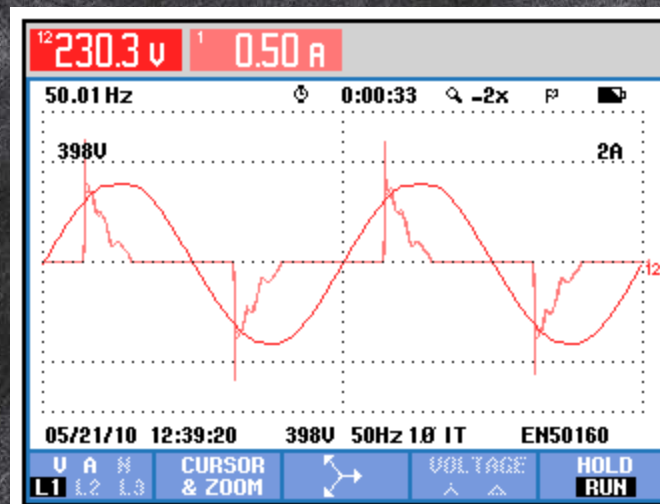
Пример: различные лампы

Соответствует одной обычной
лампе мощностью 70 Вт



14 Вт, Energy+

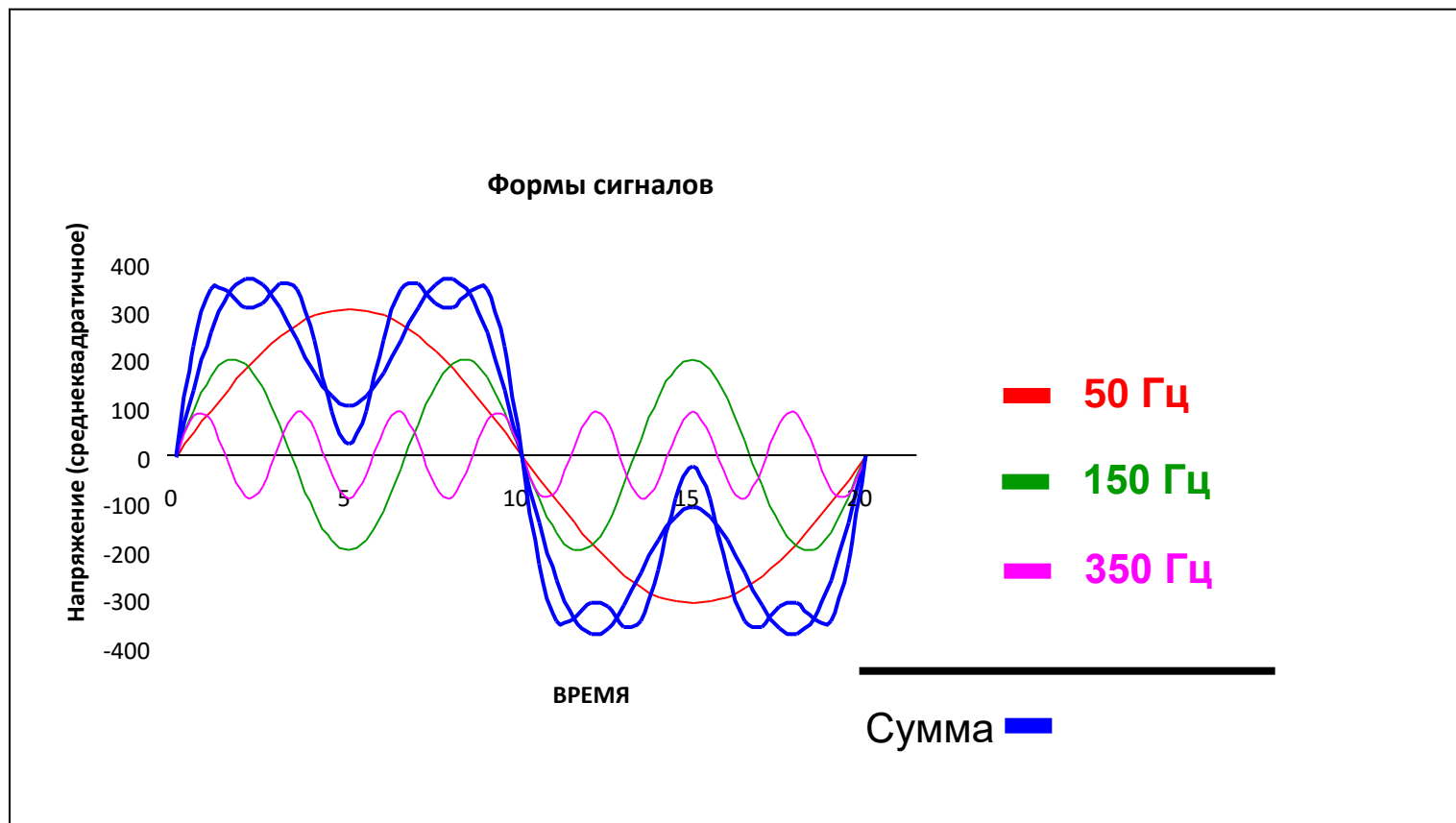
5 штук в одной линии,
 $A_{pk} = 2,5 A$





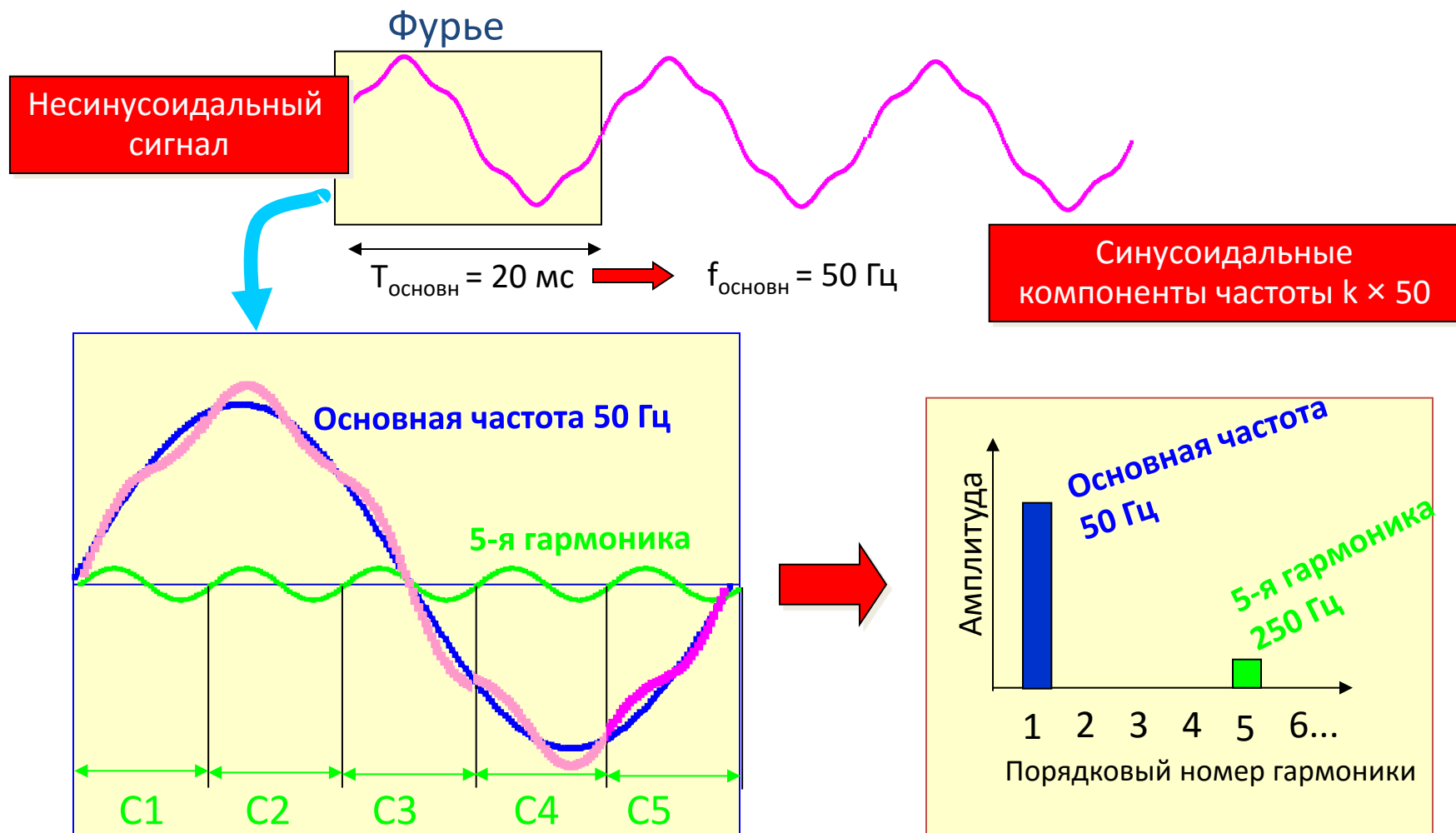
Гармоники

Анализ с помощью преобразований Фурье



Гармоники

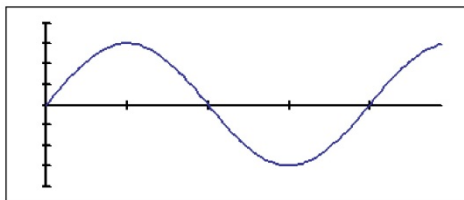
Анализ с помощью преобразований Фурье



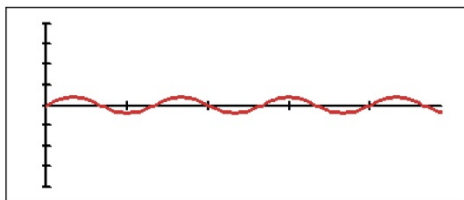
Гармоники

В результате сочетания гармонических частот с основной частотой возникают искажения волны напряжения или тока.

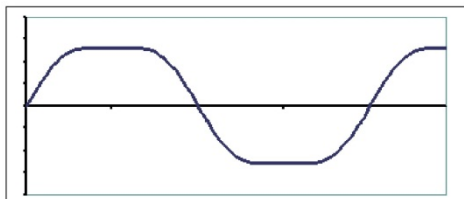
Коэффициент нелинейных искажений (КНИ) является количественным параметром, с помощью которого можно оценить влияние всех гармоник



+



=



1) Синусоидальная волна основной частоты с током 212 А (среднеквадр.)

2) Синусоидальная волна третьей гармоники с током 28 А (среднеквадр.)

Результатом сочетания (1) и (2) является волна искаженной формы

212 А (среднеквадр.)

28 А (среднеквадр.)

Основная

3-я гармоника

Гармонический анализ показывает различные гармонические составляющие конкретной формы волны



Гармоники

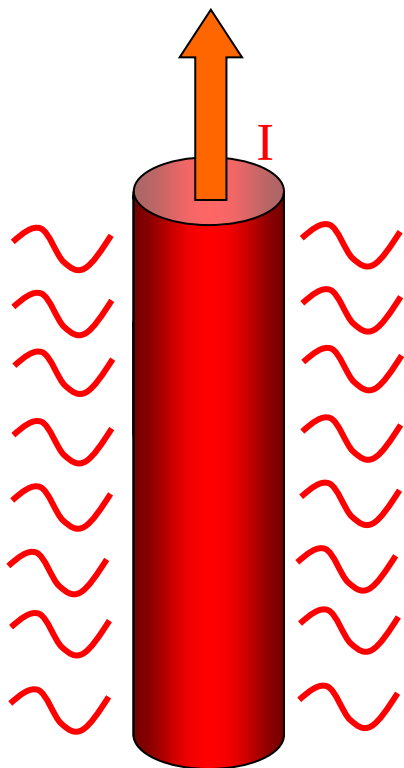
Рассмотрение последовательности

Порядковый номер гармоники	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Частота (Гц)	50	100	150	200	250	300	350	400	450
Последовательность	+	–	0	+	–	0	+	–	0

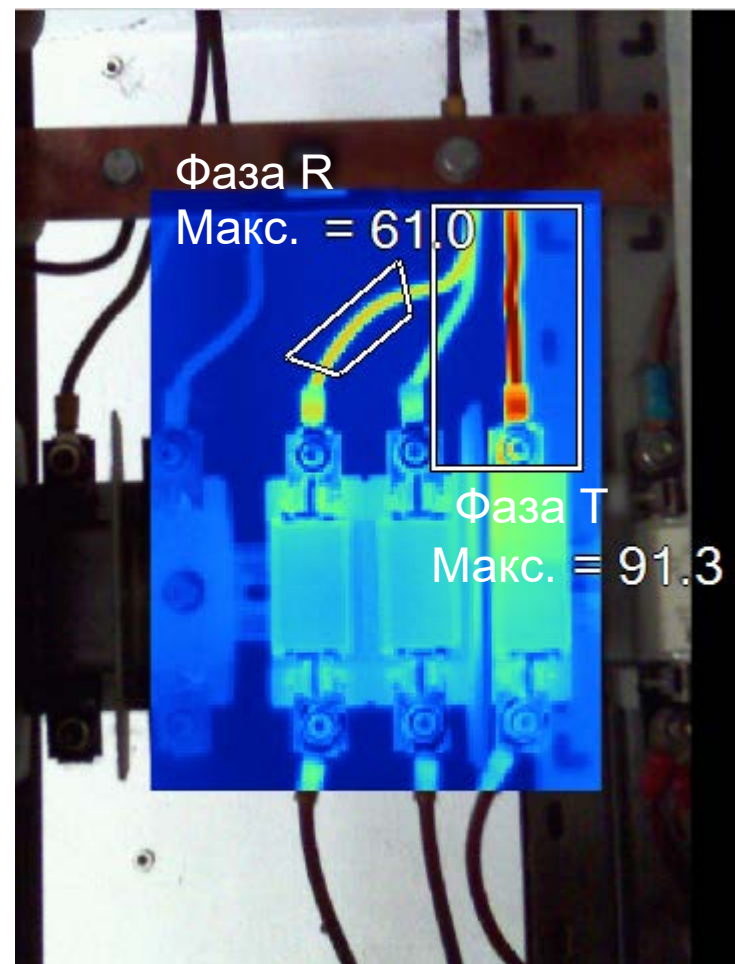
Последовательность	Чередование	Последствия (в результате поверхностного эффекта, вихревых токов, и т. д.)
Прямая	Вперед	Нагрев проводов, автоматических выключателей и т. д.
Обратная	Назад	Нагрев, аналогичный указанному выше, а также неполадки электродвигателя
Нулевая	Нет	Нагрев, а также ток в нейтрали в трехфазной системе типа звезда

Гармоники: поверхностный эффект

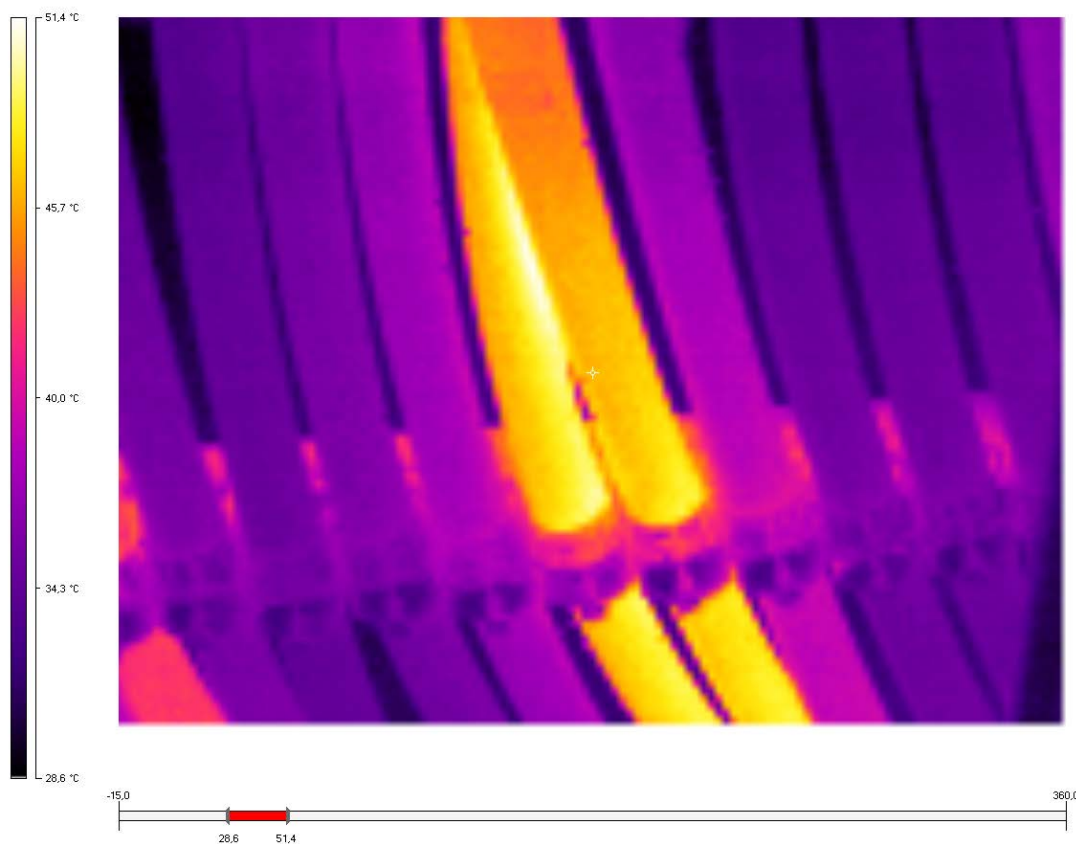
Поверхностный эффект



- Переменный ток вытесняется к внешней части проводника. В результате снижается площадь эффективного сечения проводника, а сопротивление и температура повышаются.
- 1 А гармонического тока n -го порядка создает нагрев в n^2 раз больший, чем ток такой же силы с фундаментальной частотой.



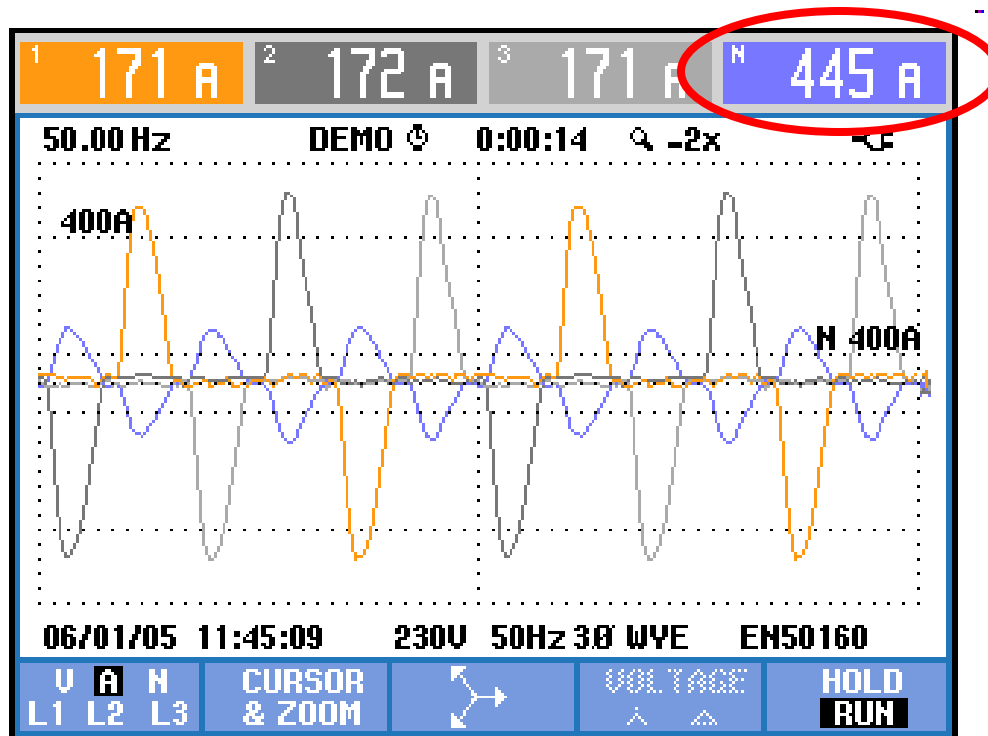
Пример 2А: совмещенный нулевой рабочий и защитный проводник перегревается



- Запрещается использовать провода с недостаточно большой площадью поперечного сечения
- Опасность возникновения пожара
- Измерить температуру проводников инфракрасной камерой

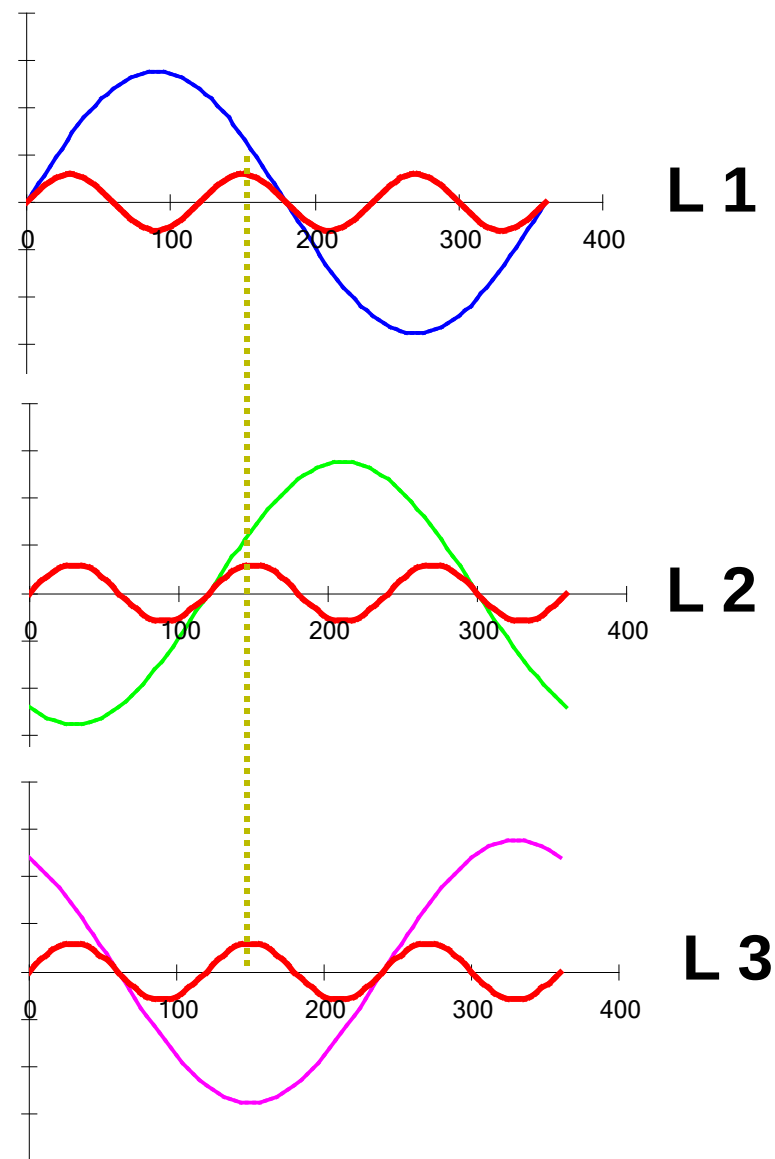
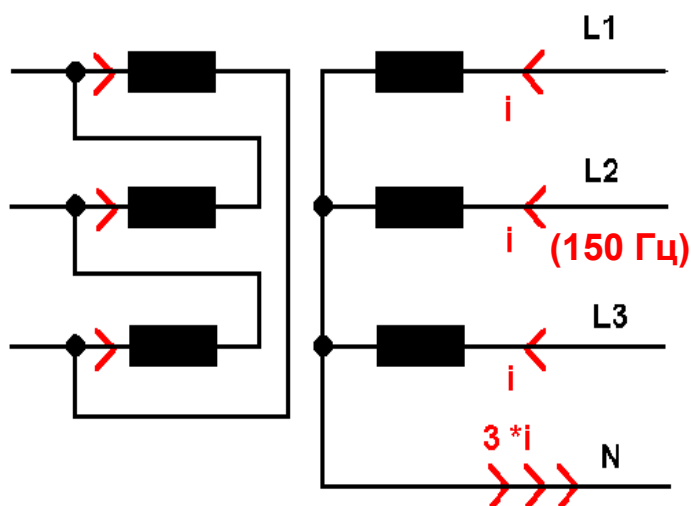
Гармоника в нейтральном проводе

- Токи третьей гармоники в нейтральном проводе могут быть довольно значительными
- Пример: вычислительный центр

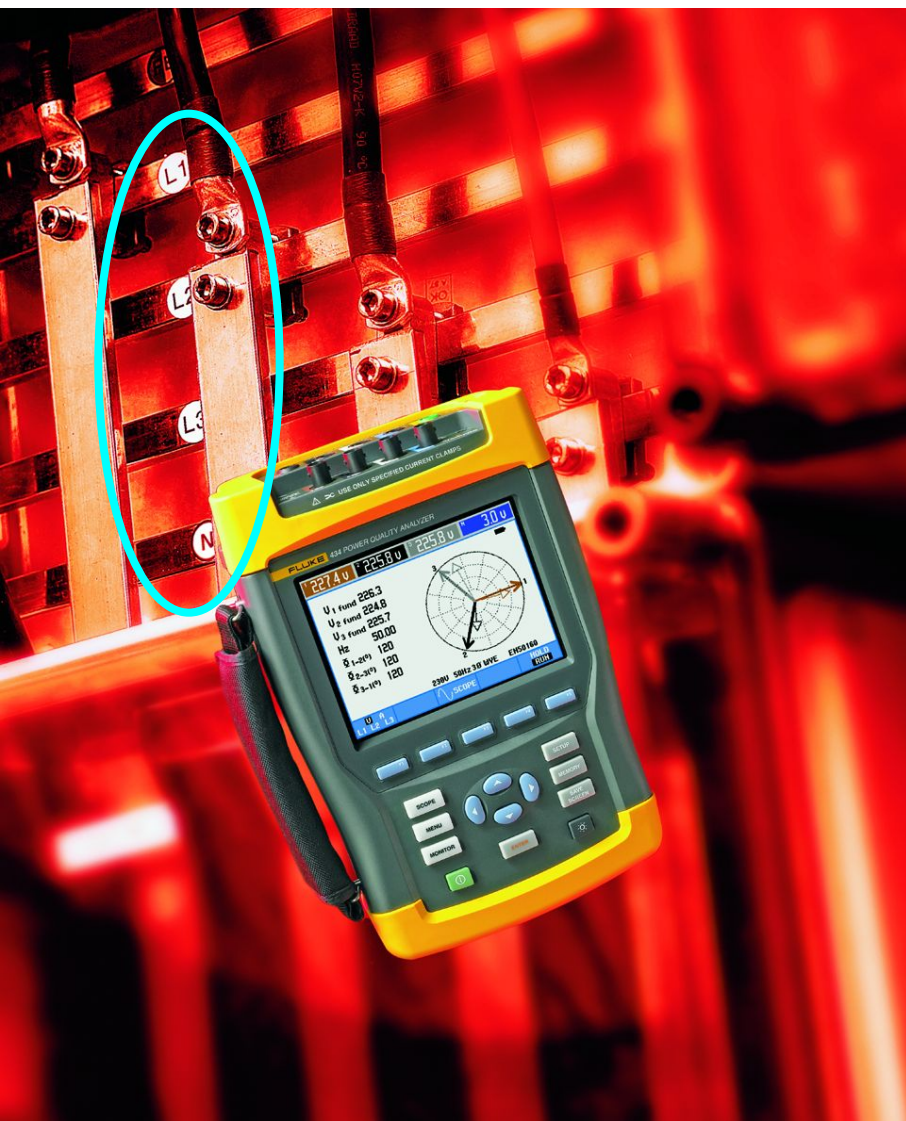


Измерения качественных показателей электросети: присутствие 3-й гармоники

- ▶ В трехфазной системе с нейтральным проводом составляющие 3-й гармоники суммируются в нейтральном проводе
- ▶ Составляющие 3-й гармоники в каждой фазе синфазны



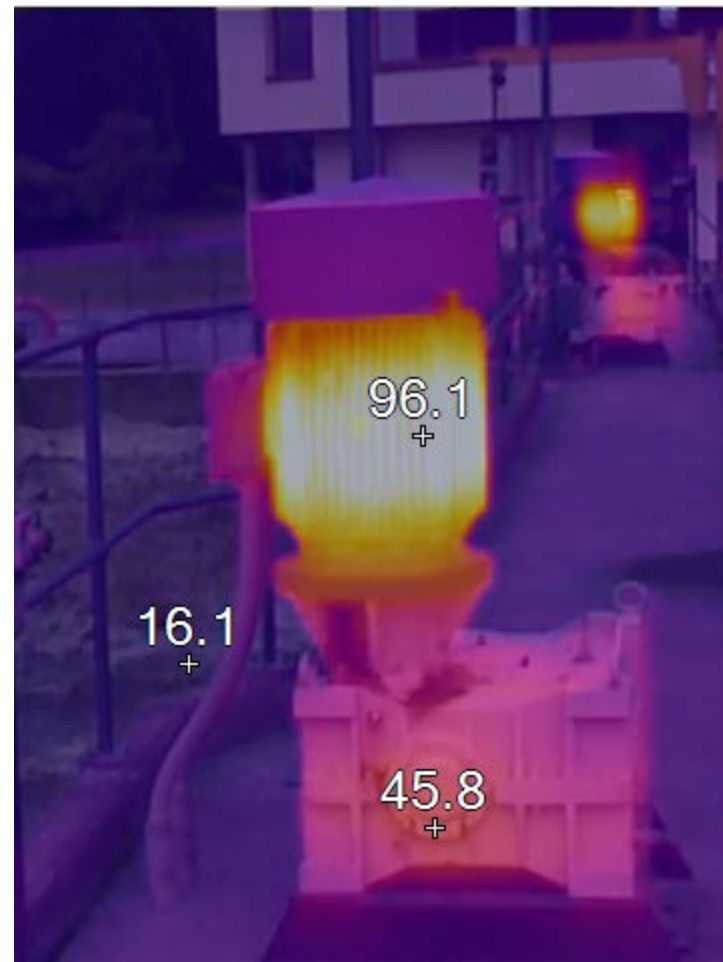
3-я гармоника в нейтральном проводе



- Проводник нейтрали и совмещенный нулевой рабочий и защитный проводник необходимо измерять вместе
- Требуется четыре набора токовых клещей



Пример 2Б: нагрев корпуса двигателя



Качество электроэнергии?
Неудовлетворительное
состояние изоляции?
Другие причины?

Совмещенные изображения в видимом и ИК-диапазоне

Термография и вибрация

Простые методы измерения вибрации подшипников хорошо сочетаются с термографическими обследованиями.

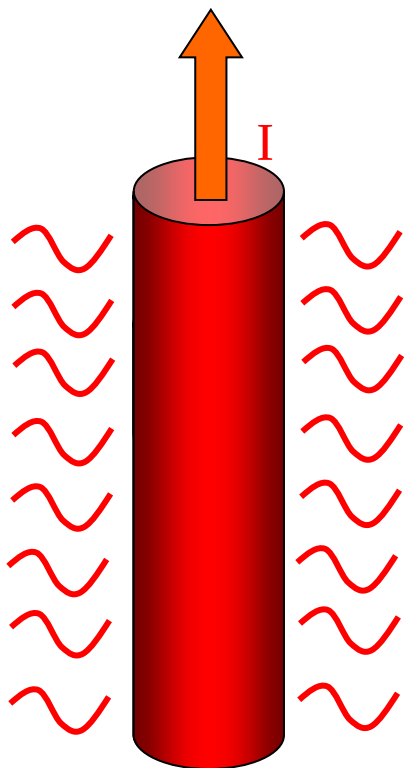
- Использование инструментов для измерения вибрации для быстрого принятия решения о годности или негодности путем проверки значения относительно предварительно заданного уровня сигнализации, а также сравнение со стандартами ISO (ISO 10816) и фиксация трендов полученных результатов на протяжении времени.

Интенсивность вибрации согласно ISO 10816-1

	Механизм		Класс I, малые механизмы	Класс II, средние механизмы	Класс II, крупный жесткий фундамент	Класс III, крупный нежесткий фундамент
	дюймы/с	мм/с				
Виброускорение V (среднеквадр.)	0.01	0.28				
	0.02	0.45				
	0.03	0.71		ХОРОШО		
	0.04	1.12				
	0.07	1.80				
	0.11	2.80		УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО		
	0.18	4.50				
	0.28	7.10		НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО		
	0.44	11.20				
	0.70	18.00				
	1.10	28.00		НЕПРИЕМЛЕМО		
	1.77	45.90				



Гармоники и перегрев



Поверхностный эффект

Порядковый номер гармоники	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Частота (Гц)	50	100	150	200	250	300	350	400	450
Последовательность	+	—	0	+	—	0	+	—	0

Последовательность	Чередование	Последствия (в результате поверхностного эффекта, вихревых токов, и т. д.)
Прямая	Вперед	Нагрев проводов, автоматических выключателей и т. д.
Обратная	Назад	Нагрев, аналогичный указанному выше, а также неполадки электродвигателя, торможение
Нулевая	Нет	Нагрев, а также ток в нейтрали в трехфазной системе типа звезда.

Температура изоляции на протяжении жизненного цикла

- Максимальная температура превышена на:
 - +10 °C
 - +20 °C
 - +30 °C
- Срок службы изоляции сокращен на:
 - 50 %
 - 75 %
 - 88 %



Основы обследования электродвигателя:

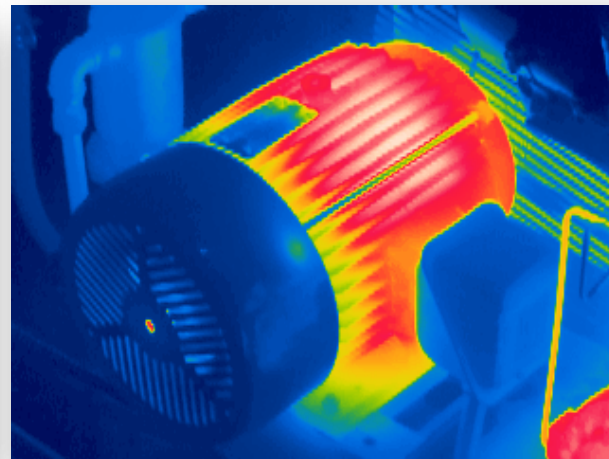
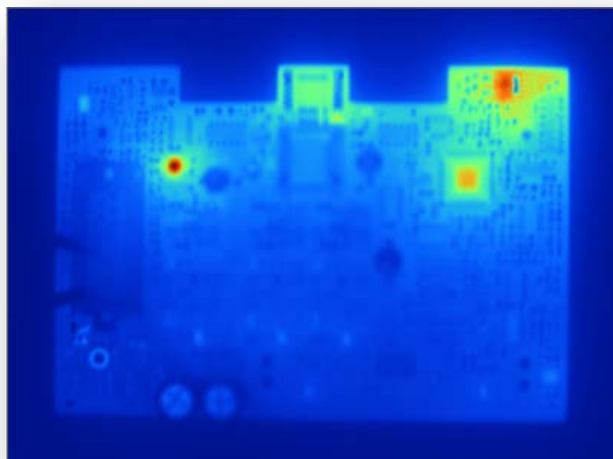
- В условиях разрушающейся изоляции повышается общая температура двигателя.
- Перегрев приводит к неполадкам и способствует сокращению срока службы изоляции.
- Убытки в результате простоя производственной линии могут оказаться крайне существенными.

Каким образом измерить потери энергии?

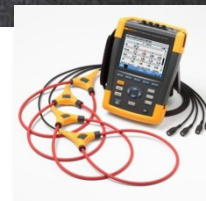
Необходимо помнить, что неэффективность механизмов как правило приводит к повышенному выделению тепла.

Путем простого сравнения с помощью ИК-камер можно определить, какие механизмы менее эффективны.

После регистрации наиболее высоких значений измерений мы можем воспользоваться измерениями качества электроэнергии для понимания причин потерь энергии и планирования дальнейших действий для повышения энергоэффективности.



Предоставленная информация



Полезная доступная
мощность, кВт

Реактивная
(неиспользуемая)
мощность

Мощность,
неиспользуемая в
результате дисбаланса

Неиспользуемое
искажение, В·А

Ток нейтрали

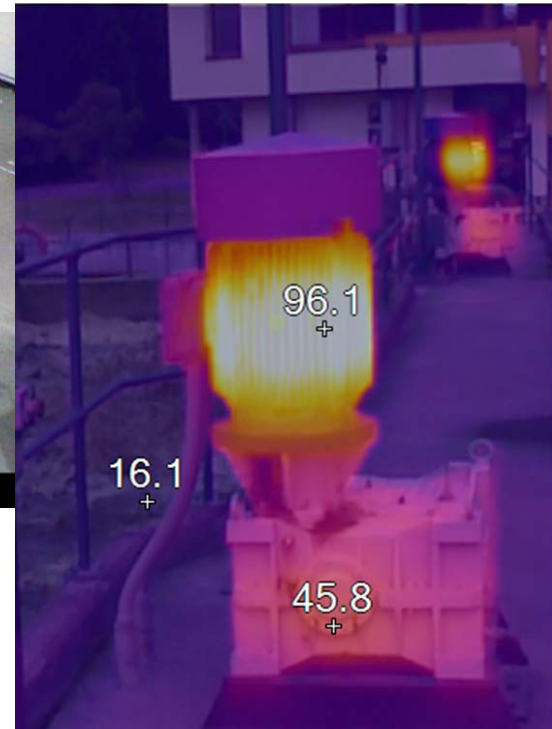
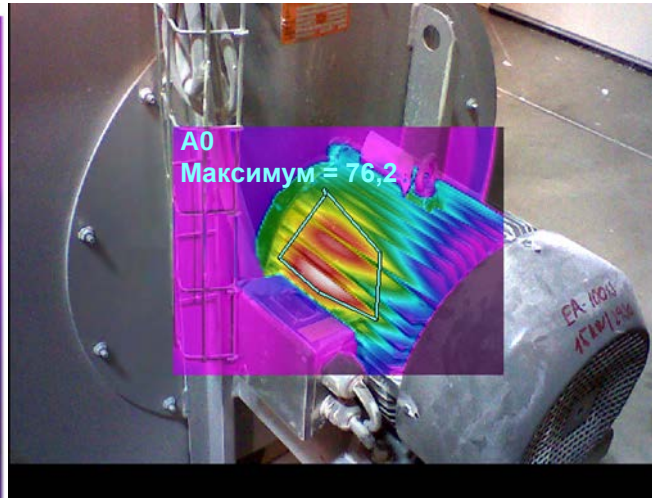
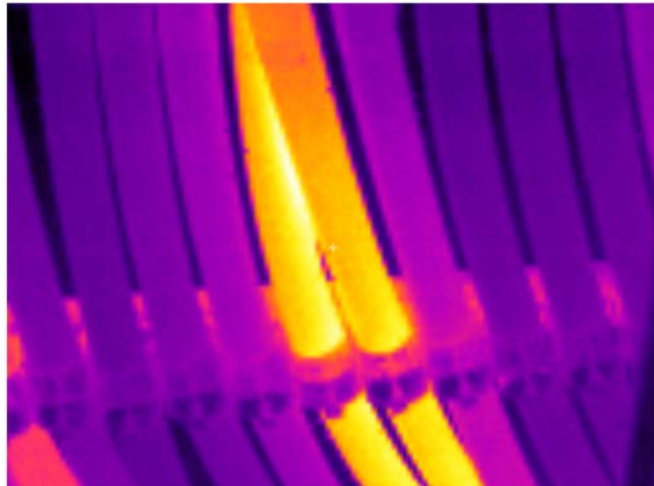
Общая стоимость потерянных
киловатт-часов в год

Energy Loss Calculator

		\$ 0:00:27		Sp [] []	
		Total	Loss	Cost	
Effective	kW	61.1	kW 1.59	\$ 158.71	/hr
Reactive	kvar	42.1	W 752	\$ 75.21	/hr
Unbalance	kVA	12.3	W 59.4	\$ 5.94	/hr
Distortion	kVA	16.4	W 338	\$ 33.81	/hr
Neutral	A	8.2	W 4.5	\$ 0.45	/hr
Total			M	\$ 2.40	/y
11/29/11 12:30:33		120V 50Hz 3Ø WYE		EN50160	
LENGTH	DIAMETER	METER	RATE	HOLD	
100 m	25 mm ²		0.10 /kWh	RUN	

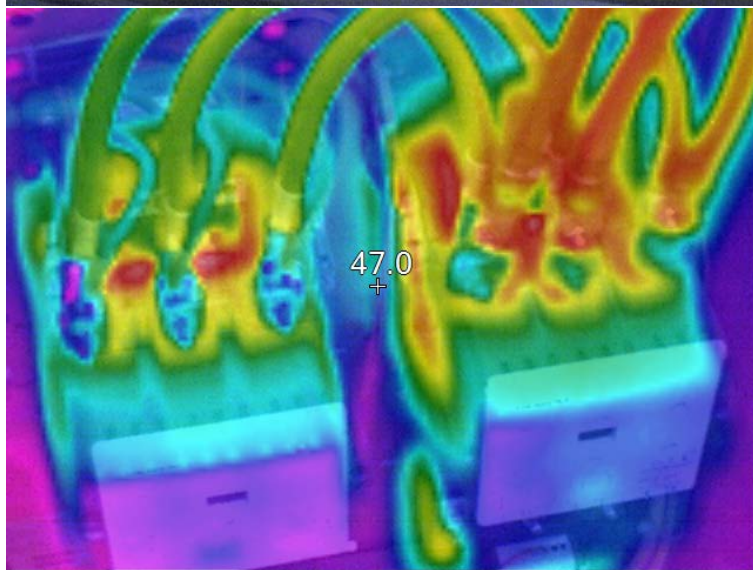
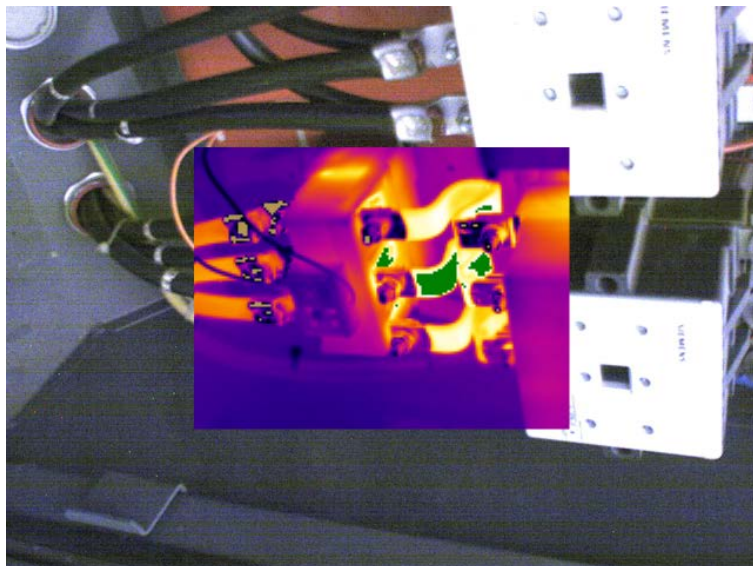


Заключения



- **Заключение 1:** при выполнении ИК-обследований промышленного оборудования определенные характеристики изображений являются четким признаком наличия потерь энергии

Дополнительное оборудование



Токоизмерительные
клещи Fluke 381



Клещи для измерения
качества электроэнергии
Fluke 345



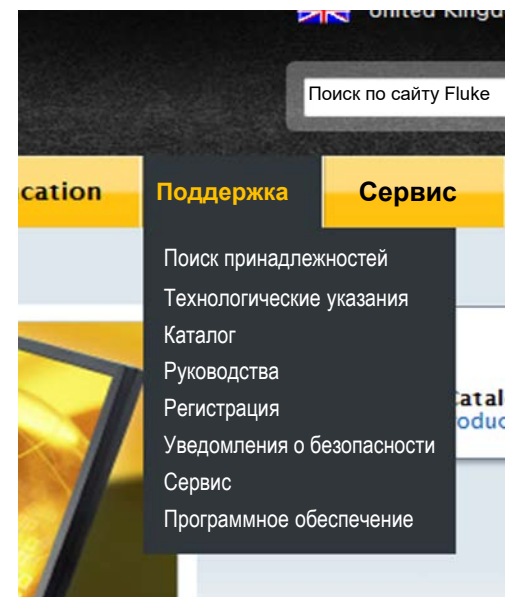
Анализатор
энергии и качества
электроэнергии
Fluke



**Заключение 2: требуется
дополнительное оборудование для
поиска корневой причины неполадки
и количественного определения потерь
энергии!**

Следующий этап

- **Бесплатно** загрузить программное обеспечение **SmartView** компании Fluke, предназначенное для анализа и составления отчетов, с нашего веб-сайта *«Поддержка / Программное обеспечение»*
- **Связаться с нами** напрямую или обратиться к местному дистрибьютору Fluke с запросом о демонстрации тепловизионных камер
«О компании / Контакты»





Благодарим за внимание!

