

ДИАГНОСТИКА ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ – ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВИЗОРОВ И АНАЛИЗАТОРОВ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

А.Бардаков alexander.bardakov@fluke.com

Неисправности электрооборудования часто приводят к избыточным потерям энергии за счет выделения тепла на дефектах или некорректно работающих узлах. Для диагностики таких потерь традиционно используют тепловизоры, которые позволяют выявить неисправности по их характерным тепловым изображениям. Дополнительный анализ тепловых потерь возможен с помощью анализаторов качества электроэнергии. Приборы для решения подобных задач предлагает компания Fluke. Об их применении для исследования различных проблем с качеством электроэнергии рассказывается в статье.

При работе электрических компонентов на них выделяется определенное количество тепла за счет протекающего тока. Тепловизоры используются для выявления аномального нагрева путем сравнения тепловых изображений, полученных для эталонных и тестируемых компонентов, которые находятся в одинаковых условиях.

Температура, отличная от эталонного варианта, может быть обусловлена повышенным сопротивлением либо протеканием большого тока. Каждой из указанных причин соответствует характерное тепловое изображение, которое может быть обнаружено с помощью тепловизора. Такие изображения бывают двух типов, соответствующих локальному и однородному нагреву (рис.1).

Локальный нагрев чаще всего связан с дефектами электрических компонентов. Подобные дефекты изучаются на протяжении длительного времени и подробно рассмотрены в пособиях и нормативных документах [1, 2, 3].

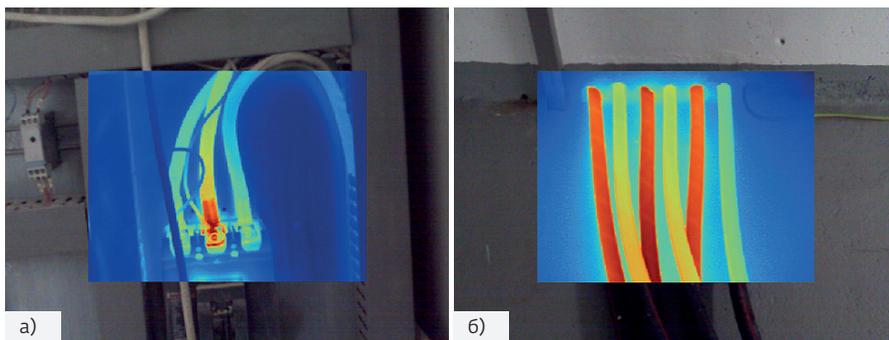


Рис.1. Виды тепловых изображений характерных аномалий: а) локальный нагрев; б) однородный нагрев

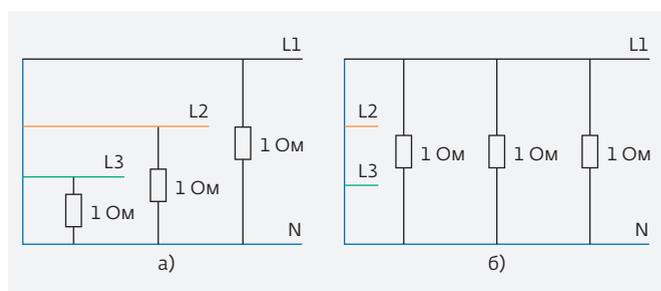


Рис.2. Пример симметричной (а) и несимметричной (б) системы

Однородный нагрев может быть связан с качеством электроэнергии. Он бывает обусловлен такими проблемами как несимметрия, наличие гармоник и реактивной мощности. Тепловизоры позволяют выявить данные проблемы, однако для точного определения причин нагрева требуется использовать анализаторы качества электроэнергии.

Рассмотрим подробнее вышеуказанные причины аномального тепловыделения.

Несимметрия в электрической системе. Несимметрия в трехфазных электрических системах может проявляться в виде разницы амплитуд напряжений

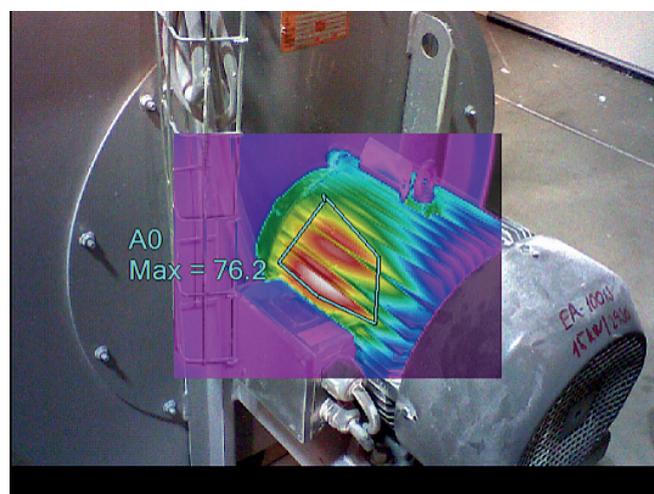


Рис.3. Пример теплового изображения двигателя при наличии несимметрии в электрической системе

или токов, соответствующих различным фазам, либо сдвига фаз между этими напряжениями или токами. Несимметрия способствует дополнительному выделению тепла в электромеханическом оборудовании.

Можно привести простой пример увеличения потерь за счет несимметрии. Рассмотрим две системы:

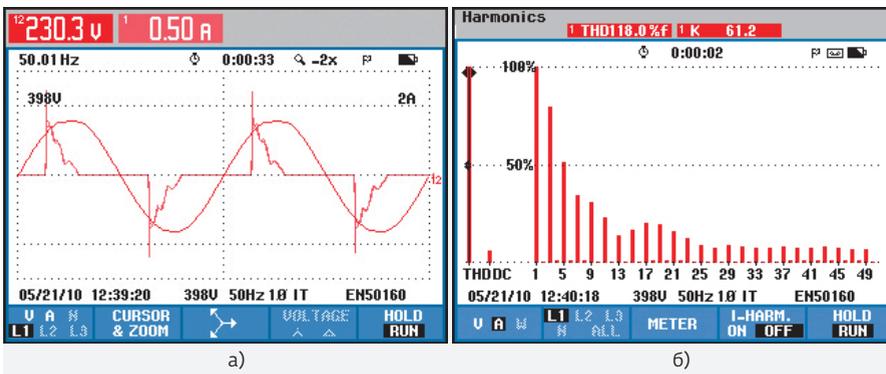


Рис.4. Пример осциллограммы (а) и спектра гармоник (б) тока, потребляемого энергосберегающей лампой

идеально симметричную, в которой одинаковые нагрузки подключены ко всем фазам, и несимметричную, в которой те же нагрузки подключены к одной фазе (рис.2). Для первой системы получаем симметричные значения напряжений и токов, для второй – несимметрию токов. Несложные расчеты показывают, что потери в несимметричной системе в шесть раз выше, чем в симметричной.

В электродвигателях несимметрия проявляется в виде повышенного нагрева обмоток (рис.3).

Гармоники. Источником гармоник в электрических системах являются прежде всего нелинейные нагрузки, например, частотно-регулируемые приводы и энергосберегающие лампы со встроенным преобразователем. Такие устройства обычно потребляют мощность в импульсном режиме (рис.4).

Появление гармоник тока приводит к росту потерь в электрических системах вследствие увеличения

нагрева. Токи гармоник, кратных трем, суммируются на нейтрали и приводят к ее нагреву. Токи с частотой, отличающейся от основной в n раз, приводят к нагреву в n^2 раз больше, чем ток основной частоты, за счет скин-эффекта.

Изображения с тепловизоров указывают на наличие аномального тепловыделения, которое необходимо исследовать с помощью анализаторов качества электроэнергии. Для анализа потерь тепла, связанных с качеством электроэнергии, используется теория объединенной

мощности, разработанная профессорами В.Леоном (V.Leon) и Дж.Монтананой (J.Montanana) из Технического университета Валенсии, Испания [4]. Данная теория дает возможность связать параметры качества электроэнергии с потерями энергии в электрических системах. На теории объединенной мощности основана функция калькулятора потерь энергии, реализованная в анализаторах качества электроэнергии серии Fluke 430 II.

Калькулятор дает информацию о ряде параметров (рис.5): полезной (Effective) и реактивной (Reactive) мощности; потерях мощности из-за нарушения баланса (Unbalance) и гармоник (Distortion); токе в нейтрали (Neutral); общей стоимости нерационально использованных киловатт-часов в год (Total) и др. На основе этой информации можно определять энергоэффективность электрической системы, а также обосновывать использование и оценивать окупаемость средств коррекции параметров качества электроэнергии.

Таким образом, совместное применение тепловизоров и анализаторов качества электроэнергии позволяет выполнять комплексный анализ проблем с качеством электроэнергии в различных системах.

Energy Loss Calculator				
	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

Рис.5. Интерфейс функции калькулятора потерь энергии

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бажанов С.А.** Инфракрасная диагностика электрооборудования распределительных устройств. – М.: НТФ "Энергопрогресс", 2000. 76 с.
2. **Гобрей Р., Чернов В., Удод Е.** Диагностирование электрооборудования 0,4–750 кВ средствами инфракрасной техники. – К.: КВИЦ, 2007. 374 с.
3. РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования.
4. **León-Martínez V., Montañana-Romeu J., Giner-García J., Cazorla-Navarro A., Roger-Folch J.** Power Quality Effects on the Measurement of Reactive Power in Three-Phase Power Systems in the Light of the IEEE Standard 1459-2000. – Proceedings of EPQU 2007, ISBN 978-84-690-9441-9, Barcelona, October, 2007.