

Д-р З. СТЕВИЧ, д-р М. РАЙЧИЧ-ВУЯСИНОВИЧ,  
Д. В. АНТИЧ, З. ДАМНЯНОВИЧ

Сербия, г. Бор, Технический факультет  
E-mail: zstevic@tf.bor.ac.yu

Дата поступления в редакцию  
20.02 2006 г.

Оппонент к. т. н. В. В. РЮХТИН  
(ЦКБ "Ритм", г. Черновцы)

## СОВРЕМЕННАЯ ИНФРАКРАСНАЯ ТЕРМОГРАФИЯ В КОНТРОЛЕ И ДИАГНОСТИКЕ ОБОРУДОВАНИЯ

*Компьютерная инфракрасная термография может быть использована в целях контроля и диагностики промышленных установок, линий производственного оборудования, объектов электронной и компьютерной техники.*

Инфракрасная термография (термовизия) является опытным методом, который позволяет измерять эмиссию инфракрасных лучей, излучаемых каждым телом, температура которого выше абсолютного нуля [1, с. 172]. В отличие от прочих инфракрасных методов, термовизия дает возможность фотографировать тепловые лучи, исходящие от машин, оборудования или всей производственной линии за очень краткий период времени [2, с. 260]. Преимуществами инфракрасной термографии по сравнению с другими методами являются: большая скорость определения температуры, высокая подвижность сенсора, измерение бесконтактным способом, не влияющим на процесс, а также возможность показа на одном снимке распределения температуры по всей фотографируемой поверхности, которая может быть больших размеров [3, с. 184].

Термовизия применяется не только как метод измерения, но и как метод, с помощью которого выполняются функции хранения и анализа данных, их сравнения и *on-line*-мониторинга в области распределения электрической энергии и контроля электроэнергетических установок. Камеры термовизии дают возможность обнаружить неисправность соединений в местах подключения трансформаторов, выключателей и других ключевых элементов электроэнергетических установок.

### **Оборудование, используемое для инфракрасного термографического измерения**

В последнее время появилось большое количество производителей современной инфракрасной термографической техники [4, 5]. Данное исследование проводилось с использованием инфракрасной цифровой камеры Wohler IK 21, работа которой основывается на охлажденном термоэлектрическом линейном детекторе на базе германия [5].

Камера делает термический снимок инфракрасного излучения конкретного объекта или полностью всего участка. Специальная программа обеспечивает необходимые изменения, превращающие термоснимок в соответствующую термограмму, представляя близкие к точным значения температуры фотографируемого объекта или распределение температур на участке. Преимуществом камеры ИК 21 является широкий температурный диапазон, т. е. она дает возможность на одной картинке показать большие температурные различия. Питание камеры осуществляется стандартной батареей для видеокамер. В охлаждении сенсоров нет необходимости. Изображения появляются на LCD-экране с длиной диагонали 10,2 см. Распределение температур по фотографируемой поверхности изображается различными цветами.

Термограммы можно записать на запоминающем РС-устройстве, а затем проанализировать. ИК 21 — переносной аппарат для ручного использования, хотя при укомплектовании его соответствующим образом он может выступать в качестве стационарного сенсора с компьютерным управлением. Снабженная необходимым устройством и программным обеспечением, камера дает возможность снимать объекты непрерывно.

Камера и компьютер позволяют получать термограммы в упорядоченных временных интервалах. Можно, чтобы на термограмме фиксировались определенные отклонения, и компьютер получал бы предупредительный сигнал. Это могут быть отклонения от максимального и минимального значения, среднего значения, и (или) показания температуры в отдельной точке, группе точек, на линии или целой области термограммы.

Запоминающее устройство обеспечивает запоминание многочисленных термограмм, которые по желанию можно перенести на диск компьютера. На этом устройстве можно также записать параметры индивидуальной наладки камеры, причем предварительно записанную конфигурацию камеры можно очень быстро активировать. Каждый пользователь камеры может иметь свое собственное запоминающее устройство и, таким образом, самостоятельно производить необходимую настройку камеры.

**Соединение инфракрасной термографической камеры с ПК и формирование мониторинг-системы диагностики состояния оборудования**

После съемки на инфракрасную камеру снимки пересылают в персональный компьютер, имеющий соответствующую программу, которая в принципе должна обеспечить следующие функции [6, с. 176]:

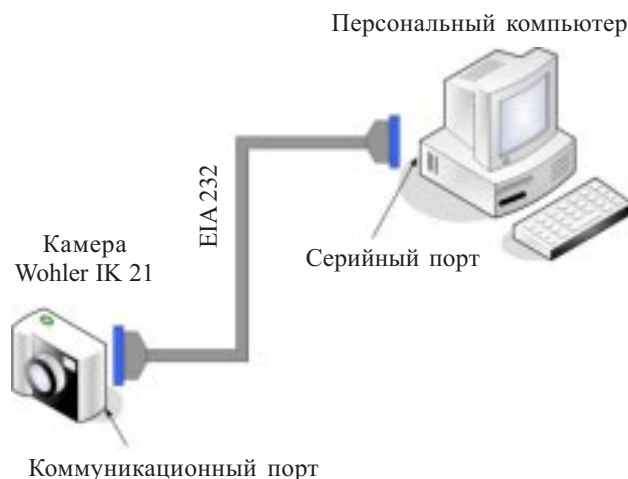
- управление режимом съемки термограмм;
- перенос термограмм из камеры в компьютер;
- обработка термограмм;
- размещение термограмм по папкам;
- полный анализ термограмм;
- определение температурных параметров (минимальное и максимальное значения) конкретных зон на термограмме;
- предупреждение потребителя о превышении установленных параметров;
- подготовка отчета по выбранной термограмме.

Инфракрасная термографическая камера Wohler IK 21 снабжена собственным процессором и работает в автономном режиме без ПК. Камера после ее включения активирует собственную оперативную систему, производит съемку и проводит несложный анализ получаемых термограмм. Она работает в одном из четырех режимов: фокусировка (Focus/Acquire), съемка (Snap), анализ термограмм (View), настройка (Setup). Параметры работы камеры могут быть заданы с помощью файла setup.ini, а в случае если этого файла нет, камера автоматически загружается стандартно заданными параметрами.

Учитывая небольшие размеры используемого экрана, производитель предусмотрел возможность подключения к внешнему монитору с помощью видеоконнектора.

Система контроля с компьютерным управлением формируется подключением камеры к персональному компьютеру. Для дистанционного управления камерой используется коммуникационный коннектор, размещенный внутри камеры. Составленную таким образом конфигурацию можно использовать в различных системах наблюдения, профилактического обслуживания и управления производственными процессами [7, с. 334].

На рис. 1 показана схема камеры термовизии Wohler IK 21 с компьютерным управлением. Программным обеспечением такой системы может быть программа собственного производства или последняя версия пакета IR SnapView Pro, которая обеспечивает дистанционное управление камерой, про-



Коммуникационный порт

Рис. 1. Схема камеры термовизии Wohler IK 21 с компьютерным управлением

граммирование камеры с целью определения отклонений показателей температуры и передачу в компьютер сигнала предупреждения. Такой пакет поддерживает инфракрасную термографическую систему для съемок электроэнергетических установок (трансформаторов).

На рис. 2 показан вид окна программы IR SnapView Pro. Рабочая область главного окна программы разделена на три части. Первая часть (Toolbox) показывает характеристики снятого объекта, в том числе излучение и температуру, а в режиме дистанционного управления — регулировку серийного порта, через который осуществляется коммуникация и задается интервал съемок. Среднее окно указывает ветвь папки на выбранном носителе (диске, CD/DVD или запоминающем устройстве), на которой размещены снятые термограммы. Третье окно показывает картинку (термограммы) из выбранной папки на соответствующем

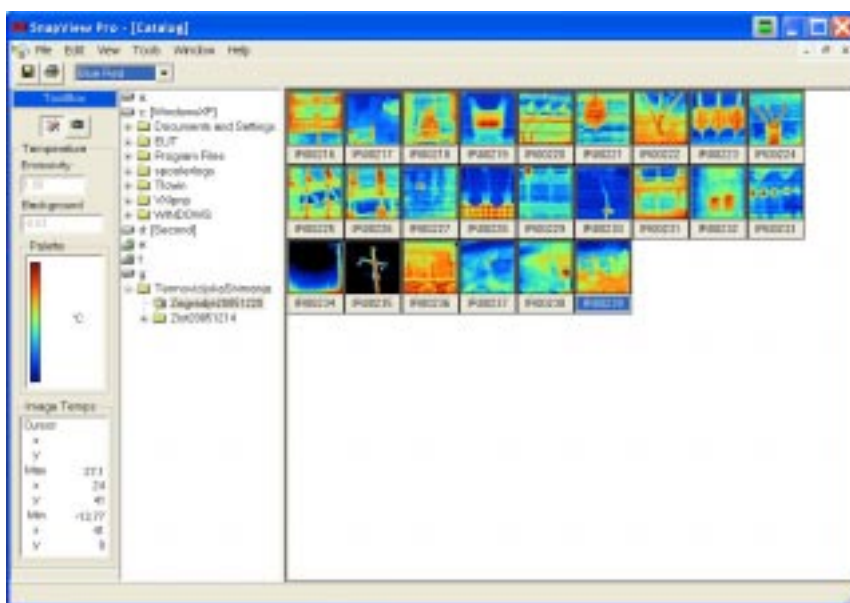


Рис. 2. Главное окно программы IR Snap View Pro

активном носителе на ветке папки. Картинки переносятся в видимую часть спектра, а их изображения получают при поддержке одного из фильтров.

### Диагностика состояния оборудования

С целью определения состояния оборудования в данный момент эксплуатации, профилактического обслуживания, текущего и аварийного ремонтов были проведены съемки различных объектов.

На **рис. 3** изображены фотография и термографический снимок головки кабеля TS 35/10 kV, на которой было обнаружено повышение температуры вследствие утечки тока.

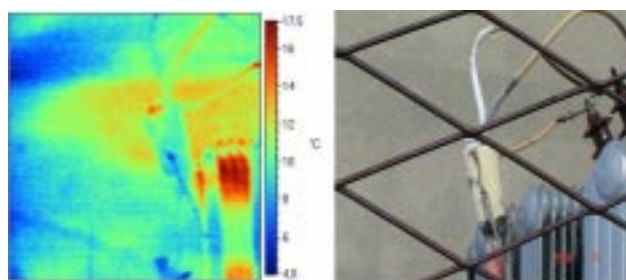


Рис. 3. Снимки головки кабеля TS 35/10 kV

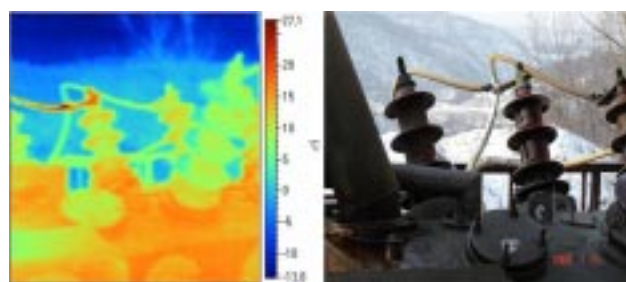


Рис. 4. Снимки контакта изолятора фазы трансформатора 35/10 кВ

На **рис. 4** показаны фотография и термографический снимок изолятора одной фазы трансформатора 35/10 кВ, поврежденного из-за нагрева контакта.

Инфракрасный термографический снимок фрагмента электролитического участка показан на **рис. 5**. На нем заметны места с повышенной температурой,

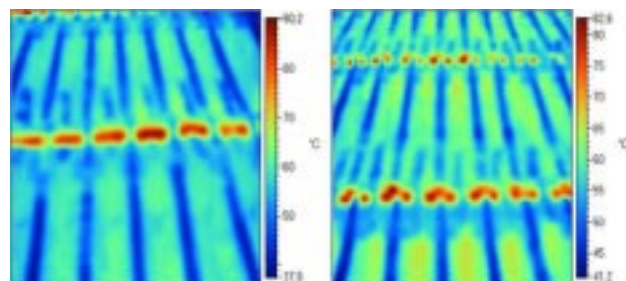


Рис. 5. Термографический снимок электролитического участка

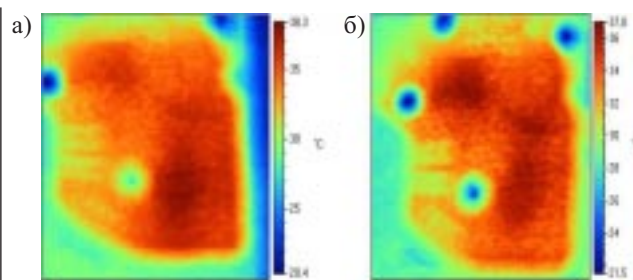


Рис. 6. Снимки исправного (а) и поврежденного (б) жестких дисков ПК

причиной чего послужило короткое замыкание между плитами.

На **рис. 6** можно сравнить инфракрасные снимки жесткого диска компьютера в нормальном состоянии и диска, работающего ненадежно.

### Заключение

Физически очень сложный процесс инфракрасной термографии можно применять в разных системах, используя относительно простое и не очень дорогое оборудование. Инфракрасная термографическая система с компьютерным управлением дает возможность вводить новые эффективные технологии контроля, диагностики, профилактического обслуживания различных объектов и управления различными технологическими процессами.

Выполненные инфракрасные термографические снимки являются частью разработанного систематического плана съемок городских энергетических объектов в различное время суток и в разные сезоны календарного года. Систематизация результатов съемок дает возможность сформировать соответствующую базу данных. Анализ результатов съемок, проведенных ранее, помог обнаружить многочисленные недостатки и потенциально опасные места на трансформаторных подстанциях 35/10 кВ и других объектах городского электроснабжения.

Инфракрасная термография может найти применение и в профилактическом обслуживании электронной и компьютерной техники.

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Mobley R. K. An introduction to predictive maintenance.— Butterworth–Heinemann: Elsevier Science, 2002.
2. Boyes W. Instrumentation reference book.— Butterworth–Heinemann: Elsevier Science, 2003.
3. Stević Z. Optoelektronika.— Bor: Tehnički fakultet, 2005.
4. FLIR <http://www.flirthermography.com>
5. Infrared Solutions Inc. <http://www.infraredsolutions.com>
6. Park J., Mackay S. Practical data acquisition for instrumentation and control systems.— Oxford: Newnes, 2003.
7. Park J., Mackay S., Right E. Practical data communications for instrumentation and control.— Newnes: Oxford, 2003.