

Холдинговая компания
ЭЛЕКТРОЗАВОД



Holding company
ELECTROZAVOD

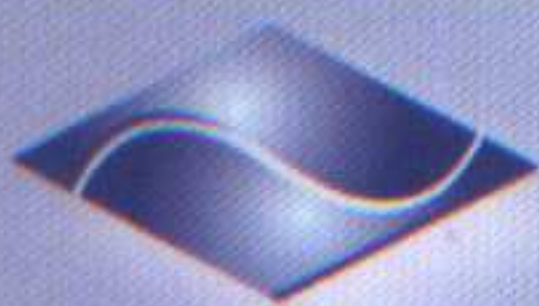
**диагностика
трансформаторов
и реакторов**

**transformer
and reactor
equipment diagnosis**

ЦЕНТР СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
SERVICE CENTER

**программы
оборудование
методики**

**programs
equipment
practices**



ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД» ЦЕНТР СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Холдинговая компания «ЭЛЕКТРОЗАВОД» сегодня является одним из крупнейших производителей трансформаторного и реакторного оборудования в России. Три электротехнических завода (в Москве, Уфе и Запорожье) выпускают более 3500 типов и типоразмеров трансформаторов (как сухих, так и с жидким диэлектриком) с диапазоном напряжений от нескольких десятков вольт до 1150 кВ и мощностей – от нескольких десятков вольт-ампер до 630 МВА. Институт трансформаторостроения (ВИТ) является научно-исследовательской и конструкторско-технологической базой для всех производств. Уфимский завод «Электроаппарат» выпускает КТП, КРУ и коммутационное оборудование.

Сервисная стратегия ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД» заключается в обеспечении авторского сопровождения оборудования на протяжении всего срока его службы.

В настоящее время Центр Сервисного Обслуживания (ЦСО) выполняет следующие виды работ: техническое руководство монтажом и ремонтом трансформаторов и реакторов (шефмонтаж), погрузочно-разгрузочные работы тяжеловесного оборудования такелажным способом при перевозке трансформаторов железнодорожным и автомобильным транспортом, монтаж и ремонт трансформаторов в полевых условиях, диагностику оборудования (на основе проведения полных комплексных или сокращенных обследований), консультации и обучение эксплуатационного персонала.

Центр оснащен современным технологическим оборудованием и инструментом, необходимой диагностической аппаратурой, использует уникальные методики, разработанные специалистами ЦСО совместно с ведущими научно-исследовательскими центрами России.

Действующая на ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД» система менеджмента качества распространяется на Центр Сервисного Обслуживания. На все виды работ выдается заводская гарантия.

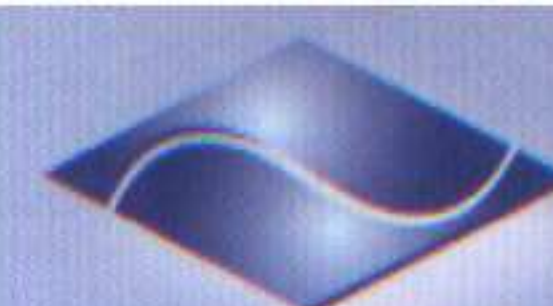
ДИАГНОСТИКА ТРАНСФОРМАТОРОВ И РЕАКТОРОВ

Диагностика нацелена на решение таких важных задач, как определение технического состояния трансформаторов и реакторов, предупреждение аварий, повышение эффективности ремонтов и снижение числа необоснованных разборок оборудования, а также оценка остаточного ресурса трансформаторов и реакторов, в первую очередь тех, которые отработали свой нормативный срок.

Как подразделение предприятия-изготовителя, **ЦСО ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД»** имеет на рынке диагностических услуг **существенное преимущество перед другими предприятиями**, занимающимися аналогичной деятельностью. Эти преимущества обусловлены тем, что специалисты Центра располагают:

- ✓ Широкими знаниями существующих конструкций трансформаторов и реакторов (как собственного изготовления, так и изготовленных другими производителями);
- ✓ Глубоким пониманием электромагнитных, тепловых, механических и других процессов, происходящих в оборудовании;
- ✓ Уникальными архивами данных о характеристиках оборудования, отказах отдельных узлов и деталей, причинах и обстоятельствах аварий и другими сведениями (ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД» является одним из самых крупных производителей трансформаторно-реакторного оборудования с многолетним опытом разработок, проектирования и конструирования);
- ✓ Современной диагностической аппаратурой и передовым методическим обеспечением, в том числе и уникальными методиками, разработанными специалистами Центра совместно с ведущими научно-исследовательскими центрами России (РАН, РАЭН, МЭИ, ВЭИ, СПГПУ) и других стран.
- ✓ Уникальным опытом работы на энергетических объектах России, республик СНГ, стран Европы, Азии, Африки и Латинской Америки.

Сплав знаний, опыта, информационно-технических возможностей позволяют специалистам ЦСО эффективно решать все возникающие диагностические задачи.



OJS «ELEKTROZAVOD» SERVICE CENTER

OJS «ELEKTROZAVOD» today is one of the biggest producers of transformers and reactors in Russia today. Three plants of the holding located in Moscow, Ufa and Zaporozhye produce over 3,500 models and type versions of transformers (both dry and liquid-filled) with voltage ranging from several dozen V to 1,150 kV and power rating from some VA to 630 MVA. OJS «ELEKTROZAVOD» also incorporates Transformers Research Institute (VIT) being scientific, research, and engineering center for all production facilities owned by the holding.

Service Policy of OJS «ELEKTROZAVOD» is to provide original manufacturer's services and maintenance for any item of sold equipment during its life cycle.

Nowadays, Service Center (SC) provides a wide scope of services, including: supervision for transformers and reactors assembly and repair, loading and handling of heavy equipment with special rigging arrangements for railroad and vehicle transportation, field assembly and repair of transformers, diagnostics for different equipment (based on full-scale field testing and/or express-testing), as well as consulting and personnel training for its customers.

Service facilities of the company are equipped with modern diagnostic equipment, service equipment and tools. On this base, the company keeps introducing advanced servicing methods designed by its engineers jointly with leading research centers in Russia.

Quality Management System is a standard for the holding in the whole and for SC in particular. Therefore, all types of work conducted by the company are secured by manufacturer's warranty.

TRANSFORMERS AND REACTORS DIAGNOSTICS

Diagnostics is aimed at the following important tasks solving as: transformers and reactors technical state estimation, failures inhibition, raising of repair efficiency and equipment unreasonable disassemblies quantity reduction as well as remaining life-time for transformers and reactors assessment, first of all the ones with their normative life time expired.

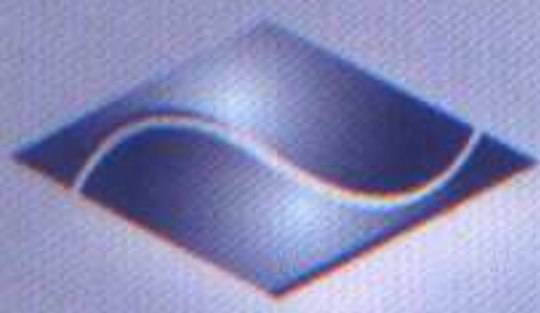
As a manufacturer's subdivision **the SC of OJS «ELEKTROZAVOD»** possesses **a significant advantage** on the diagnostics market if compared with another companies involved in similar fields of activity. This advantage is provided by the fact that the SC specialists possess the following:

- ✓ Vast knowledge of existing constructions of transformers and reactors (both self-made and made by other producers);
- ✓ Fundamental understanding of electromagnetic, thermal, mechanic and other flowing in the equipment processes;
- ✓ Unique data library for equipment characteristics, separate units and parts operating failures, emergencies reasons and circumstances and other information (OJS «ELEKTROZAVOD» is the oldest and one of the biggest manufacturer of transformer-reactor equipment on the CIS territory);
- ✓ State-of-the-art diagnostic equipment and advanced methodological support, including unique techniques the SC specialists have developed together with leading scientific-research centres of Russia (Russian Academy of Sciences, Russian Academy for economic sciences, Moscow Power Engineering Institute, All-Russian Electronic Technical Institute, St. Petersburg State Polytechnical University) and other countries.
- ✓ Long-term experience of work at power facilities of Russia, CIS Republics, Europe, Asia, Africa and Latin America.

Having a complex of knowledge, experience and informative-technical capabilities our specialists can efficiently resolve any diagnostic issues.



GENERAL INFORMATION



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ОБСЛЕДОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Программа диагностических обследований оборудования составлена на основе многолетних наблюдений за работой большого числа трансформаторов и реакторов, сотрудничества со специалистами организаций, эксплуатирующих данное оборудование, анализа опыта специализированных организаций, занимающихся его монтажом, ремонтом и обследованиями. ЦСО обладает одним из наиболее современных комплектов измерительной техники, который предназначен для работы в полевых условиях, и передовыми методиками анализа диагностической информации. Сочетание опыта ведущих специалистов и возможностей современных диагностических технологий позволяют своевременно обнаружить скрытые дефекты в оборудовании, выявить причины их возникновения и определить необходимость и объем ремонта. Результаты диагностики позволяют предупредить аварии оборудования, прогнозировать его остаточный ресурс, выдать рекомендации по дальнейшей эксплуатации трансформаторов и реакторов.

1. Предварительные работы

1.1. Анализ данных технических архивов, эксплуатационной документации, результатов испытаний и измерений

ЦСО располагает архивом данных о характеристиках всех выпущенных на заводе трансформаторов и реакторов, знаниями их конструктивных особенностей и тонкостей технологического процесса изготовления. Эта информация, как и сведения обо всех авариях оборудования в процессе эксплуатации, хранящиеся в банке данных, позволяют специалистам центра оперативно провести сравнительный анализ различных объектов, оценить опасность возникновения аварийной ситуации, выявить слабые места оборудования, наметить объем и разработать программу диагностического обследования.

Необходимым условием четкой организации работы и залогом эффективного обследования является сотрудничество специалистов ЦСО и служб эксплуатации на местах, так как только последние могут предоставить данные об условиях работы оборудования, проведенных ремонтных и профилактических мероприятиях.



Шприцы для отбора проб масла фирмы «Элхром» с герметичным затвором

Elchrom sampler equipped with a hermetic seal to take oil samples

2. Обследование оборудования во включенном состоянии

2.1. Хроматографический и физико-химический анализ масла

Анализ проб масла из оборудования позволяет дать предварительное заключение о состоянии трансформатора и выработать рекомендации по дальнейшей эксплуатации.

Анализ проб масла из оборудования отвечает на вопросы:

- ✓ насколько увлажнена изоляция трансформатора;
- ✓ как изменились изоляционные характеристики масла;
- ✓ развиваются ли в оборудовании дефекты электрического, термического, механического характера и другие.

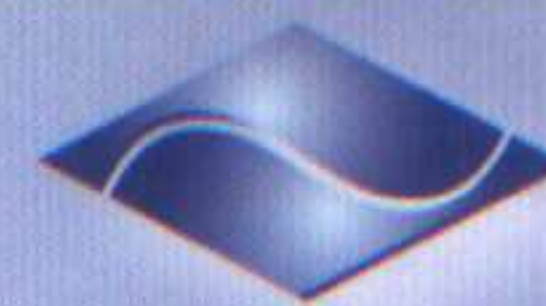
Обработка полученных результатов осуществляется опытными специалистами. При этом часть рутинной аналитической работы (в частности, по обработке данных хроматографии) осуществляется специализированной программой (активной базой данных), основанной на ряде известных методик, например, методах Роджерса, Дорненбурга, ключевого газа, обобщенном и т.п.

2.2. Тепловизионное обследование оборудования

Выделение тепла в электрооборудовании, связанное с потерями энергии, позволяет использовать инфракрасное излучение в целях диагностики. Для проведения тепловизионного обследования используются термографы IRTIS-200 (Россия) и TH-7800 (Япония).

Термографическому сканированию подвергаются поверхность бака трансформатора, вводы, контактные соединения, элементы системы охлаждения и др.

По полученным термограммам можно идентифицировать ряд дефектов, таких как: наличие застойных зон масла; неправильная или неэффективная работа системы охлаждения; локальные нагревы элементов конструкции; ухудшение состояния контактных соединений; ухудшение изоляции высоковольтных вводов и трансформаторов тока; возникновение короткозамкнутых контуров и некоторые другие.



WORKING PROGRAM OF EQUIPMENT INSPECTION

The program of equipment diagnostic inspection is composed on basis of long-years surveillance over many transformers and reactors, cooperation with this equipment operating companies, on analysis of specialized organizations dealing with its mounting, repair and inspections. Service Centre possesses one of the most up-to-date sets of measuring techniques, which is designed for work in the field environment; also, it possesses best practices of diagnostic information analysis. Conjunction of the leading specialists' experience and state-of-the-arts diagnostic technologies possibilities allows detecting concealed defects in the equipment on time and revealing the reasons they have originate from as well as considering necessity and scope of repair. The diagnostics results allow anticipating of the equipment breakdown, forecasting its remaining life and give recommendations on transformers and reactors further operating.

1. Preliminary work

1.1. Analysis of technical history data, operational documentation, test and measurement results

The Service Center of OJSC «ELEKTROZAVOD» has archived data concerning specifications of all power transformers and reactors produced, data on their structure features and details of production process. This information as well as data on all equipment operation failures recorded in the database, provides a good opportunity for the company specialists to perform a prompt comparative analysis of various facilities, assess risks of potential hazards and emergencies, detect equipment weaknesses, outline the scope and develop the diagnostic study program.

The requirement for accurate work arrangement and recipe for effective inspection consists in cooperation of the Service Center Specialists and on-site operation departments since only the latter can provide details of equipment operation conditions, repairs and prevention measures implemented.

2. Inspection of running equipment

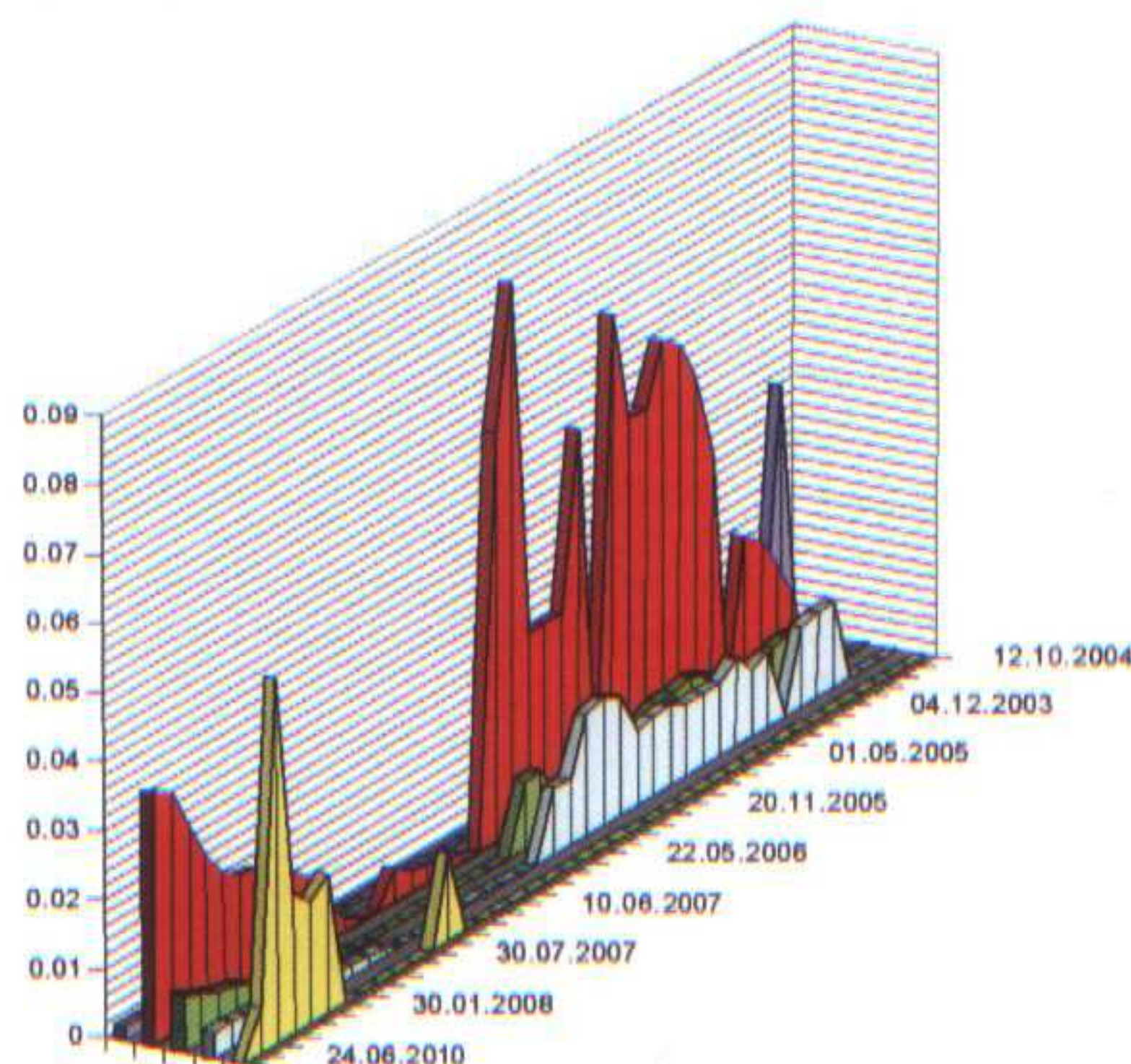
2.1. Chromatographic and physical & chemical oil analysis

Oil sample analysis allows preliminary conclusion on power transformer condition and developing of recommendations on further operation.

Equipment oil sample analysis gives answers to the following issues:

- ✓ what the degree of transformer insulation moistening is;
- ✓ what variations in oil insulating characteristics are;
- ✓ whether there are potential failures of electrical, thermal or mechanical nature, etc.

The obtained results are processed by experienced specialists. And part of routine analytic work (in particular chromatography data processing) is performed with the use of a specialized software (active database), based on series of outstanding methods such as Dornenburg ratio methods, Rogers ratio method, key gas method, generalized method etc.



Использование современных методик и оборудования для хроматографических и химических исследований гарантируют уверенность в результатах обследований

State-of-the-art techniques together with equipment for chromatographic and chemical studies assure confidence in study results

2.2. IR examination

Heat generation by any equipment due to energy losses allows application of IR radiation for diagnostics. In order to perform IR examination, IRTIS-200 (Russia) and TH-7800 (Japan) thermographs are used.

Infrared scanning includes examination of transformer tank surface, bushings, connections, cooling system elements, etc.

Obtained IR images allow identifying several defects, such as oil dead spaces, improper or ineffective functioning of cooling system, local overheating of structural elements, deterioration of contact connections, insulation degradation of high-voltage bushings and current transformers, appearance of short circuits and some other faults.

ТЕПЛОВИЗИОННАЯ КАМЕРА ТН-7800 (ЯПОНИЯ)

ИК-камера ТН-7800 является полностью радиометрической камерой, использующей усовершенствованный неохлаждаемый UFPA-микроболометр и обладает эргономичной конструкцией, обеспечивающей оператору комфортные условия работы с использованием единственной кнопки, дисплеем высокого разрешения 320x240 элементов и частотой обновления изображения 60 Гц.

Камера позволяет производить пассивные измерения ИК-излучения, испускаемого поверхностью исследуемого объекта и затем преобразуемого в двухмерное изображение, которое характеризует распределение температуры по этой поверхности и которое затем может быть просмотрено на ЖК-дисплее, установленном на откидывающейся задней крышке. Для более точного определения места положения измеряемой точки на поверхности объекта, имеется лазерный целеуказатель.

Встроенное диагностическое программное обеспечение дает наглядную систему меню с большим числом опций, в которой можно выбрать до 4-х точек измерения температуры на изображении.



Высокая чувствительность ИК-камеры позволяет эффективно определять дефекты маслонаполненного оборудования

High sensitivity of IR-cameras allows efficient detection of oil-filled equipment defects.



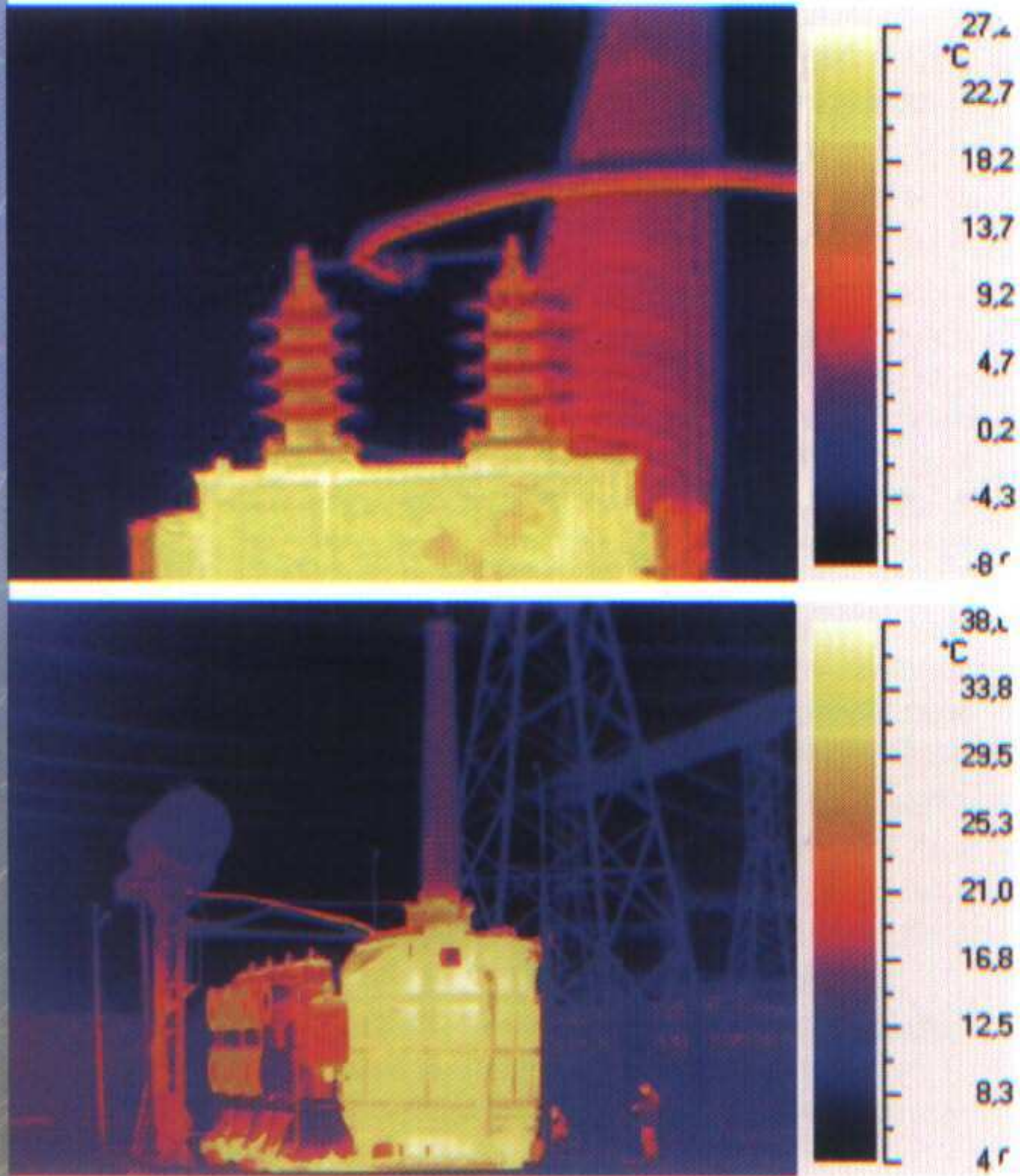
ПОРТАТИВНЫЙ КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТЕРМОГРАФ «IRTIS-200» (РОССИЯ)

ИК-камера «IRTIS-200» представляет собой прецизионный оптико-механический сканер с высокочувствительным ИК-приемником. Ряд примененных в конструкции ноу-хау позволяет достичь высокой повторяемости геометрии последовательных кадров и равномерной чувствительности по всему полю кадра.

Базовая модель камеры представляет из себя ИК-приемник, охлаждаемый жидким азотом. Это определяет ее высокую чувствительность в широком диапазоне температур и позволяет стабилизировать параметры ИК приемника независимо от температуры окружающей среды, обеспечивая высокую точность измерения абсолютных температур.

Питание камеры происходит от сети переменного тока или от аккумуляторов.

The camera is powered by an alternative current source or batteries.



TH7800 THERMAL VISION CAMERA (JAPAN)

TH7800 IR-camera is fully radiometric, is based on advanced non-cooled UFPA-microbolometer, and has ergonomic construction, which includes convenient single-button control, 320x240 high-resolution display and image updating rate equal to 60 Hz.

This device allows passive measurement of IR-radiation generated by examined object surface and subsequently transformed to 2D images, which represents surface temperature distribution and can be visualized on LCD display at fold-out rear cover. For finer location of measurement point, laser spot marking is used.

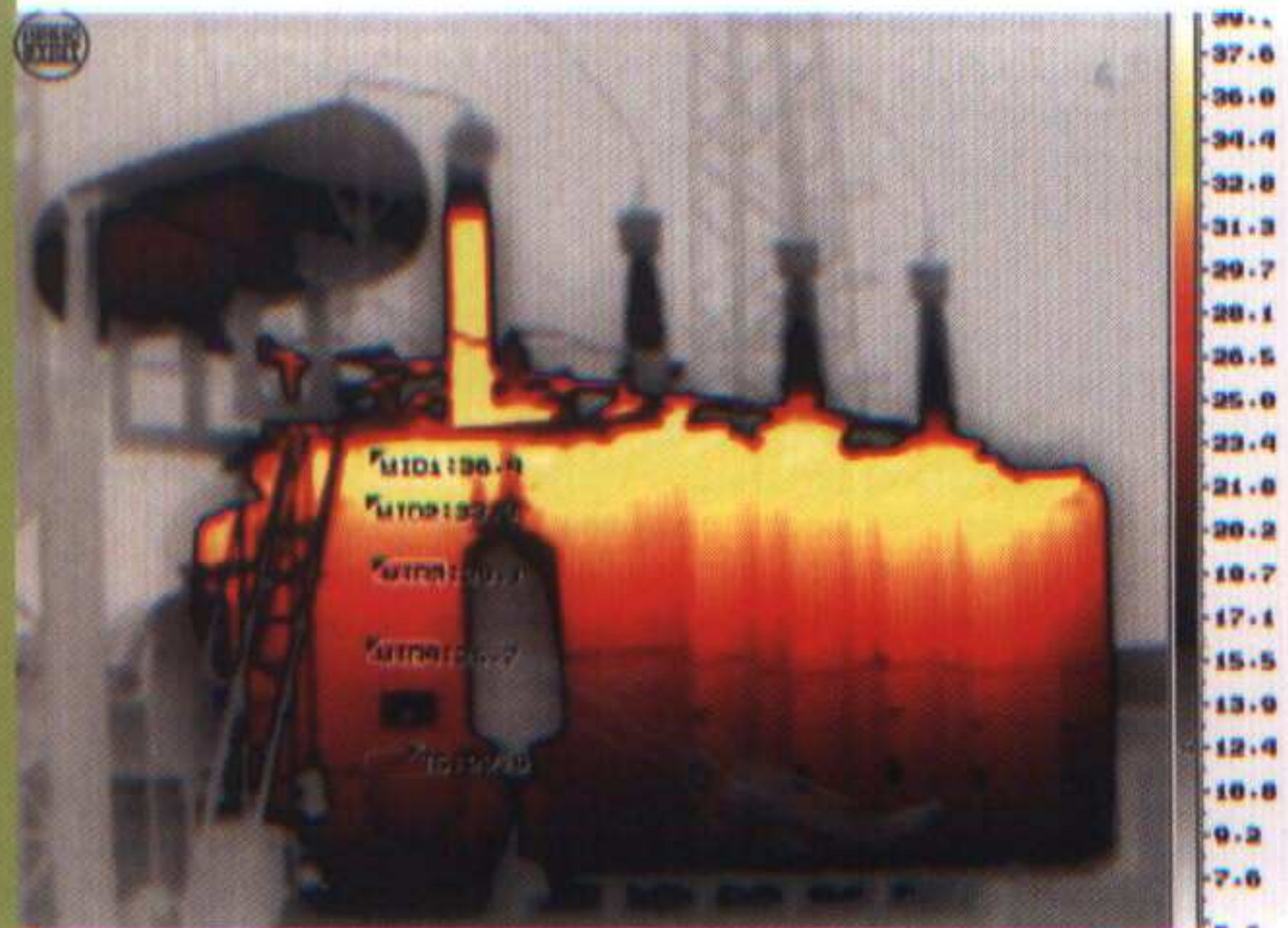
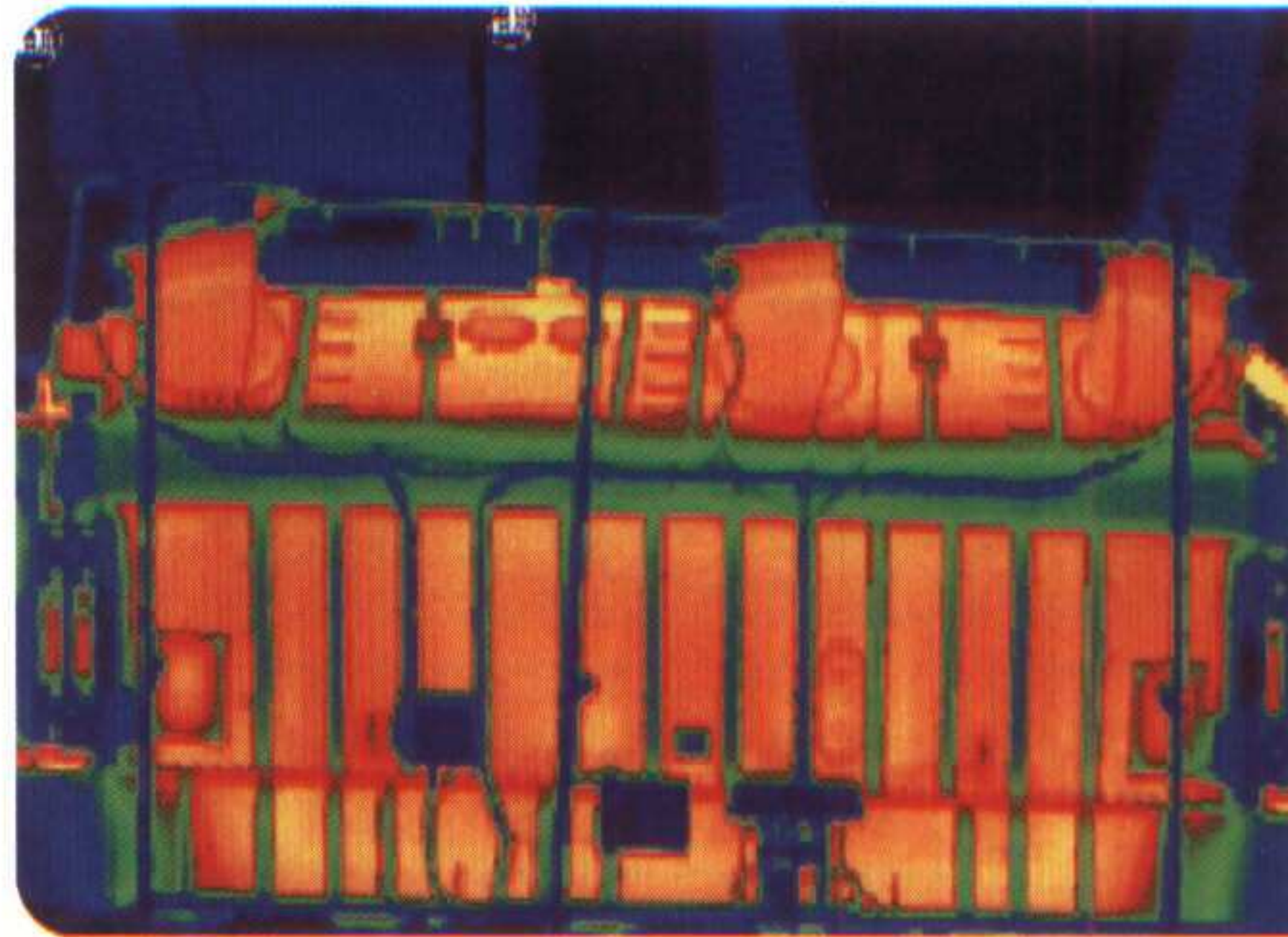
Integrated diagnostic software provides intuitive menu system with multiple options including up to four temperature measuring points located in the image and/or within its rectangular areas.

Camera is powered by AC mains or batteries.

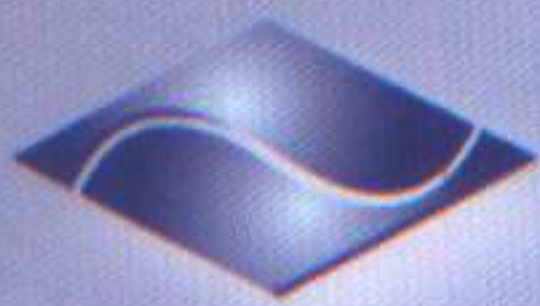
IRTIS-200 PORTABLE COMPUTER THERMOGRAPH (RUSSIA)

IRTIS-200 IR-camera is a high-precision optical-mechanical scanner with highly sensitive IR-receiver. A number of «know-hows» applied in its construction allows high repetitiveness of sequential frames geometry and flat sensitivity throughout the image.

The baseline camera is a nitrogen-cooled IR-receiver. Its construction determines its high sensitivity within a wide range of temperatures values and allows stabilizing IR-receiver performance parameters independently on ambient temperature, providing high accuracy of absolute temperature measurement.



EQUIPMENT INSPECTION

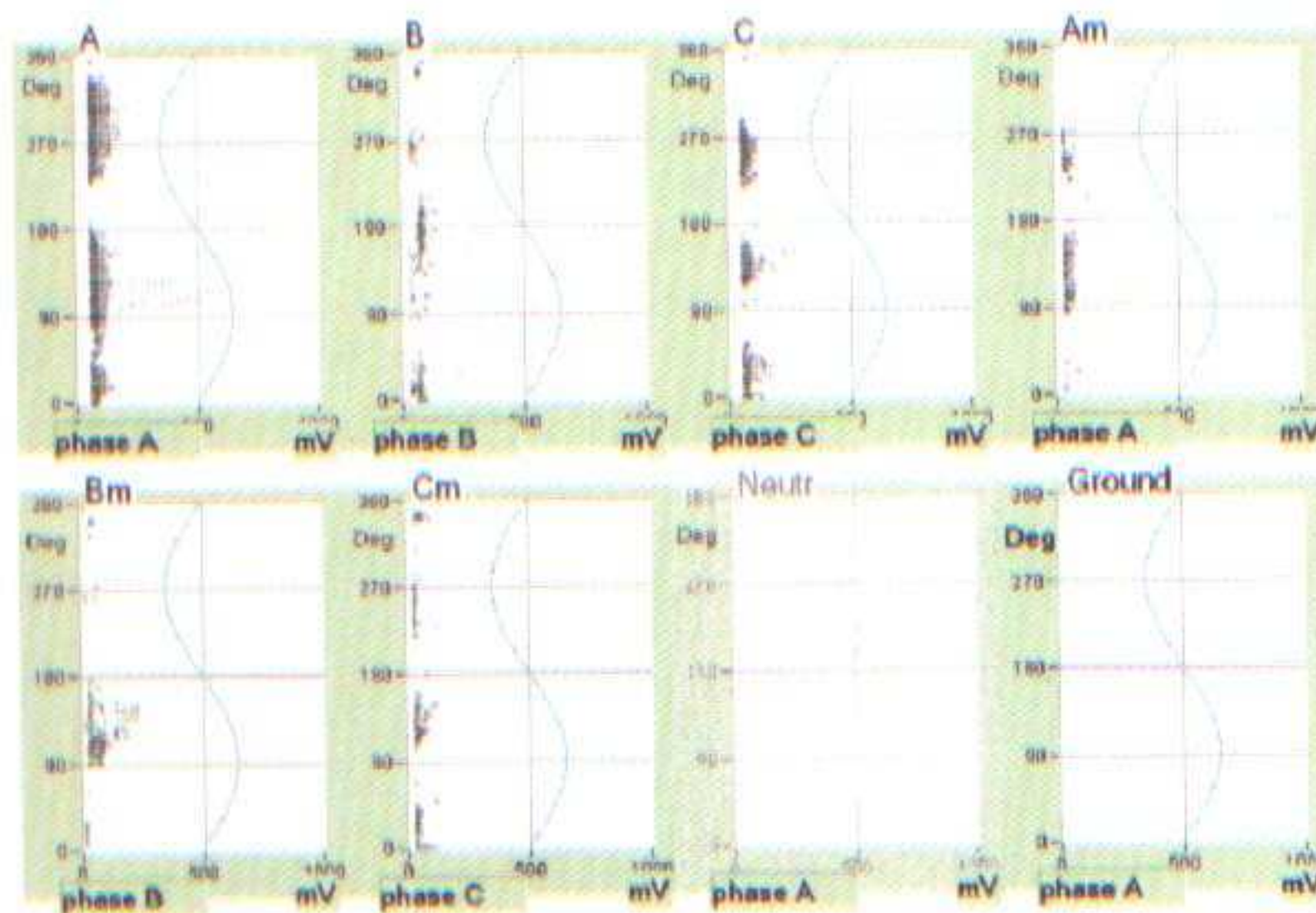


2.3. Акустическое определение уровня частичных разрядов в оборудовании

Интенсивность частичных разрядов характеризуется рядом важных характеристик, отражающих состояние изоляции оборудования высокого напряжения.

Измерение параметров частичных разрядов акустическими методами позволяет:

- ✓ оценивать общее состояние изоляции трансформатора;
- ✓ своевременно локализовывать местные дефекты в изоляции и, таким образом, предупреждать аварийные ситуации, связанные с большим экономическим ущербом;
- ✓ прогнозировать ресурс и нагрузочную способность трансформаторов.



Представление результатов измерения частичных разрядов

Representation of partial discharge measurements results

2.4. Определение вибрационных характеристик оборудования

ЦСО ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД» обладает большим опытом решения проблем вибрации реакторов и трансформаторов.

Спектральный анализ вибраций оборудования в различных режимах позволяет выделить составляющие, обусловленные колебаниями отдельных элементов конструкции (магнитной системы, обмоток, радиаторов системы охлаждения и др.), что дает возможность оценить состояние прессовки этих элементов. Снижение вибрации отдельных узлов и изделия в целом устраняет дополнительные, как общие, так и сосредоточенные механические потери, которые могут создавать в конструкции локальные очаги перегревов с разложением масла и ростом газосодержания.

При проведении виброакустических обследований ЦСО решает задачи:

- ✓ проверки соответствия вибро- и шумовых параметров оборудования требованиям стандартов;
- ✓ оценки уровней механических воздействий, возникающих при вибрации оборудования, на изоляцию, металлоконструкции, арматуру;
- ✓ выработки и обоснования конструктивных мер по снижению вибрации и шума оборудования.

Решение этих задач достигается путем использования высококлассной аппаратуры, оснащенной современным программным обеспечением, и применением для анализа полученных данных современных методик, обеспечивающих:

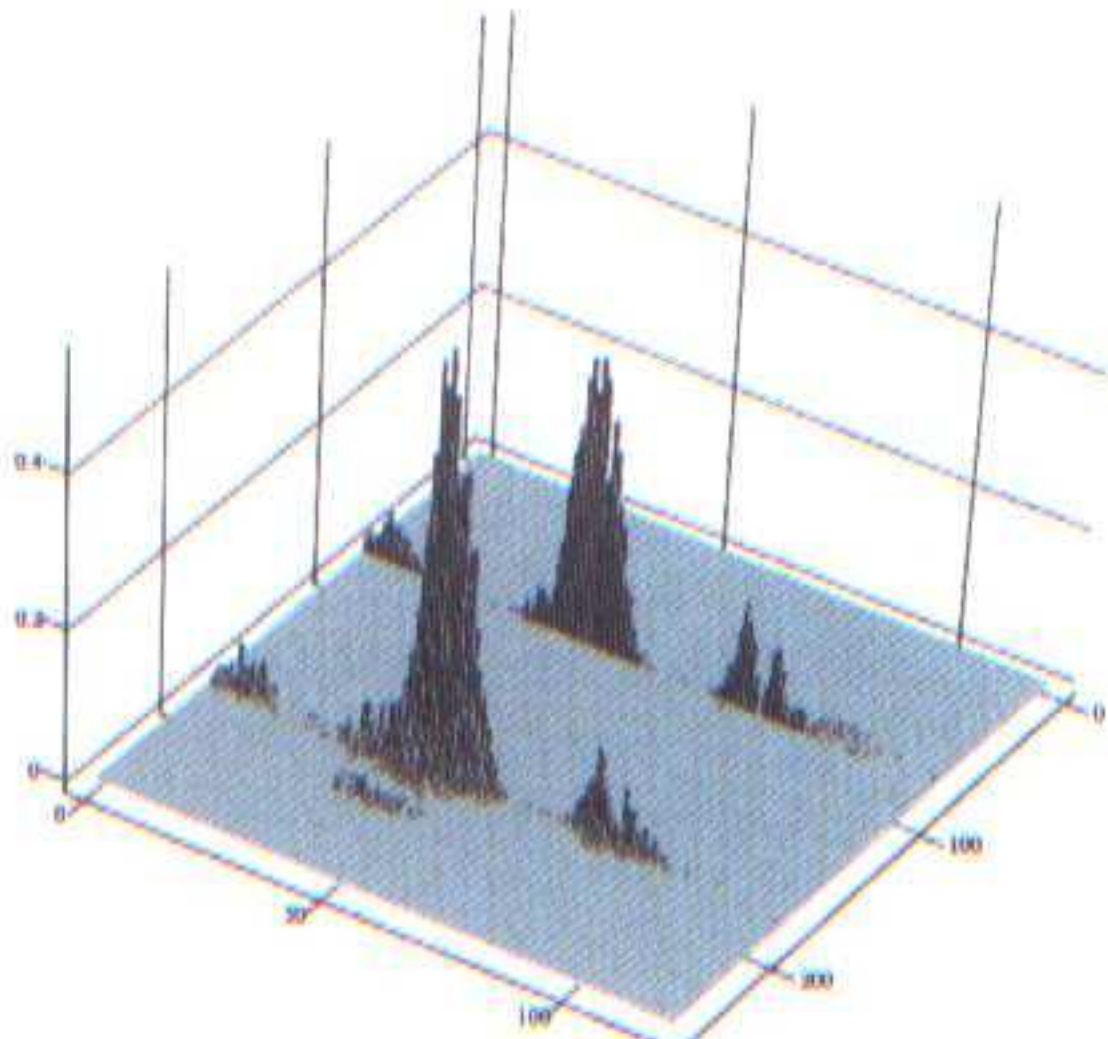
- ✓ локализацию отдельных источников вибрации и шума оборудования;
- ✓ выявление собственных (резонансных) частот отдельных функциональных элементов: магнитной системы, обмотки, бака, системы охлаждения, маслонасосов и других;
- ✓ оценку запрессовки обмоток и магнитной системы.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ UPDA, CUTLER-HAMMER (США)

UPDA (Universal Partial Discharge Analyzer) представляет собой комплекс, включающий персональный компьютер, два высокоскоростных цифровых осциллографа (Yokogawa DL 540L), блоки усилителей и фильтров, комплект сенсоров и соединительных кабелей. Характеристики комплекса UPDA позволяют устранить помехи при проведении испытаний в полевых условиях и получить достоверную диагностическую информацию об уровне и интенсивности частичных разрядов в изоляции трансформаторного оборудования.

Функции системы

- Первичный съём сигналов с высоковольтного оборудования посредством сенсоров и преобразование их в блоке фильтрации и усиления;
- Преобразование сигналов в цифровую форму в цифровых осциллографах и передачу данных в компьютер для обработки;
- Выделение импульсов частичных разрядов (ЧР) из записи;
- Подавление различных видов помех и наводок (шум, перекрестный шум, синхронный шум, по помеховым каналам);
- Получение распределения амплитуд частичных разрядов по фазе и амплитуде;
- Вторичная обработка распределений ЧР для определения интегральных характеристик дефектов и графического представления данных;
- Упорядоченное хранение и архивация данных;
- Создание отчетов в автоматическом режиме и вручную;
- Автоматизированные средства для осциллографического наблюдения и регистрации ЧР;
- Съём данных при произвольной и переменной частоте питания на обследуемом объекте;
- Выполнение измерений без переключения диапазонов.



Представление результатов измерения частичных разрядов
Representation of partial discharge measurements results

2.3. Acoustic determination of partial discharge factor

Intensity of partial discharges is characterized by a number of relevant parameters, which reflect condition of high-voltage equipment insulation.

Measurement of partial discharges using acoustic techniques allows:

- ✓ to evaluate general condition of transformer insulation;
- ✓ to localize timely local insulation faults, thus preventing general accidents resulting in extensive economic damage;
- ✓ to forecast transformers' life span and load capability.

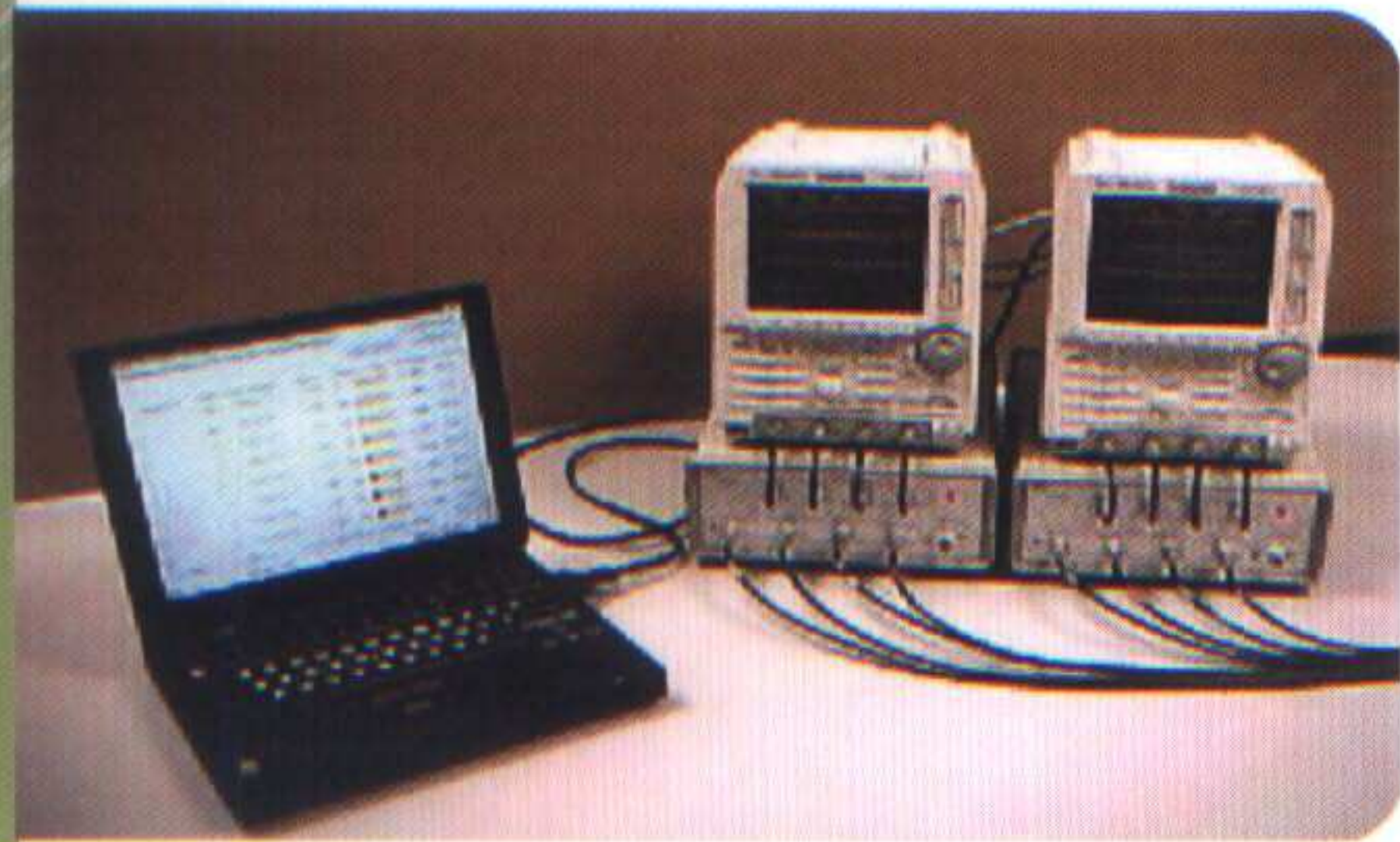
2.4. Equipment Vibration Characteristics Determination

SC possesses extensive experience in solving problems related to reactor and transformer vibration.

Spectral analysis of equipment vibrations in different modes singles out specific components due to oscillations of separate structural elements (such as a core, windings, cooling system radiators etc.), which makes it possible to evaluate quality of these elements pressing. Vibrations reducing of separate units as well as of the entire unit eliminates additional both general and localized, mechanical losses, which may generate local overheating spots in the structure, resulting in oil decomposition and gas content increase.

When carrying out vibroacoustic inspections, SC of OJS «ELEKTROZAVOD» solves the following tasks:

- ✓ Assessing compliance of equipment vibration and noise characteristics with standard requirements;
- ✓ Evaluating levels of mechanical impacts on insulation, steel structures and valves due to equipment vibration;
- ✓ Developing and verifying structural solutions for equipment vibration level and noise level reducing;
- ✓ These tasks are solved by using high-end hardware complete with up-to-date software and by applying modern techniques to analyze received data, which ensures the following:
 - ✓ Localization of separate equipment vibration and noise sources;
 - ✓ Detection of natural (resonant) frequencies of separate functional elements, such as: core, winding, tank, cooling system, oil pumps etc;
 - ✓ Evaluation of winding and core pressing rate.



Комплекс UPDA дает достоверную информацию для прогнозирования ресурса трансформаторов

UPDA complex provides reliable data required to forecast transformer life span

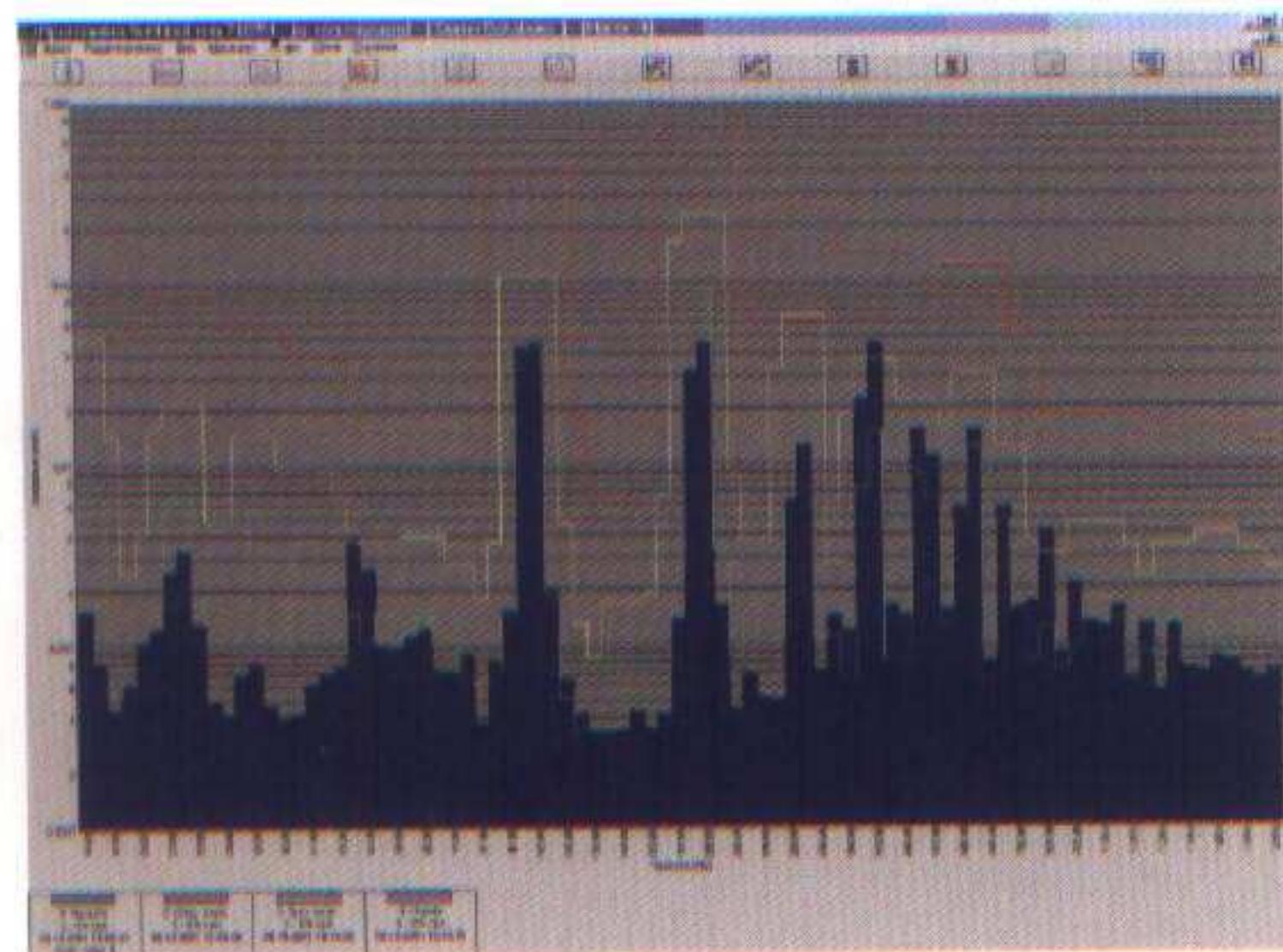
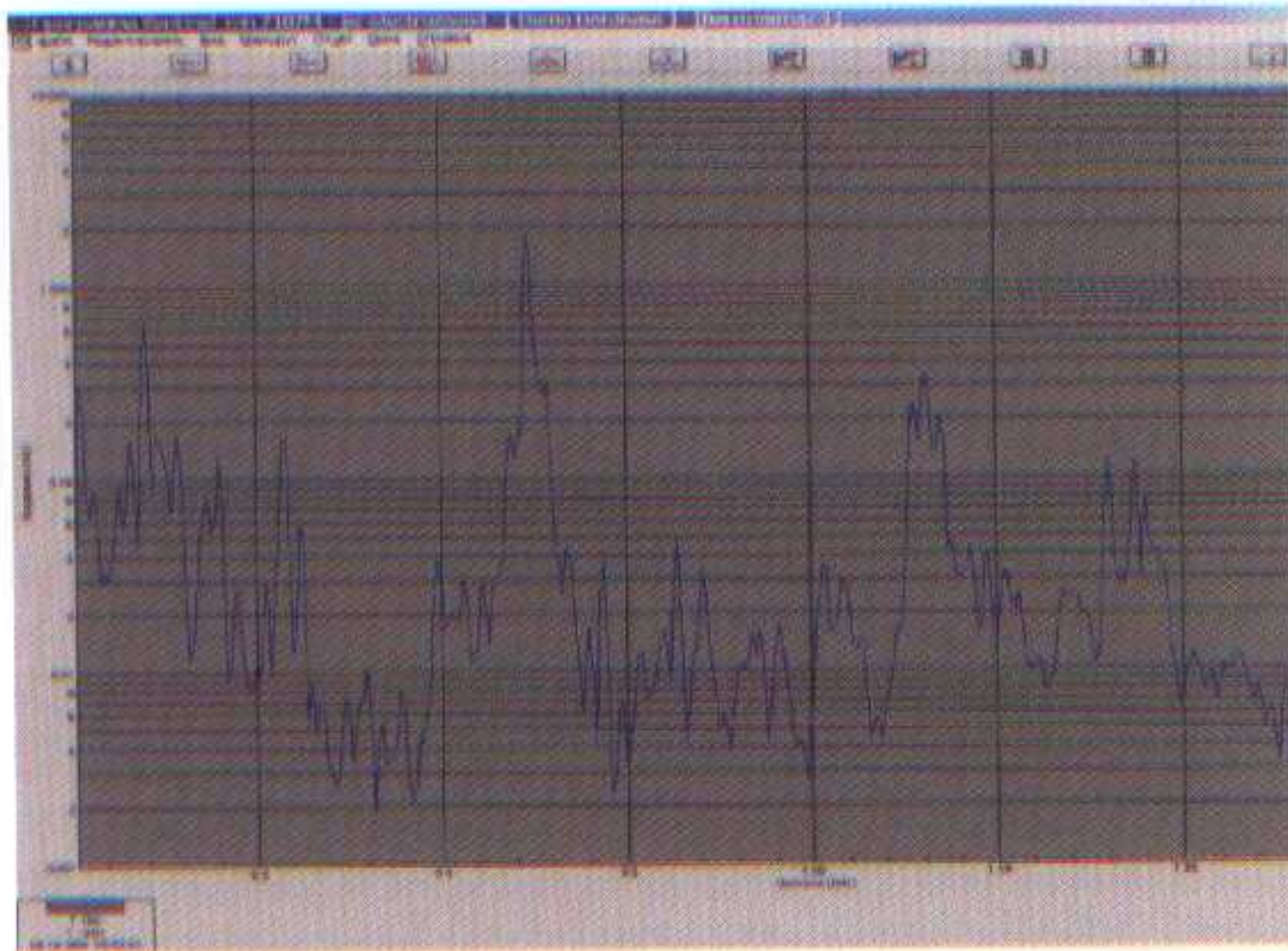
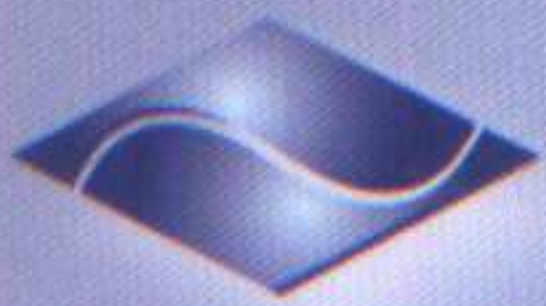
UNIVERSAL PARTIAL DISCHARGE ANALYZER UPDA, CUTLER-HAMMER (USA)

UPDA (Universal Partial Discharge Analyzer) is a complex, which comprises PC, two high-speed digital oscilloscopes (Yokogawa DL 540L), amplifying and filtering units, kit of sensors and connecting cables. UPDA specifications allow efficient checking out during field trials in order to obtain reliable diagnostic information about levels and intensity of partial discharges in transformer insulation.

System functions

- Primary pickup of signals from high-voltage equipment through sensors and their conversion in filtering and amplifying unit;
- Digitalization of signals in digital oscilloscopes and their transmission to PC for processing;
- Singling-out of partial discharge (PD) pulses from registered data;
- Suppression of different interferences and leakages (noise, crosstalks, synchronous interferences, via interference channels);
- Distribution of partial discharge frequencies by phase and amplitude;
- Secondary processing of PD distributions in order to determine integral characteristics of defects and graphic representation of data;
- Ordered storage and archiving of data;
- Generation of reports (automated and manual);
- Automatic means of PD osciloscopic monitoring and recording;
- Data pickup at random and variable frequency of power supply at the object under survey;
- Measurements without band switching.

EQUIPMENT INSPECTION



Результаты измерений колебаний элементов конструкций оборудования выводятся на экран в виде спектров вибраций

Results of the equipment structural elements oscillation measurements are displayed as vibration spectrums.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОБМОТОК ATWRM-25, ELTEL INDUSTRIES (ИНДИЯ)

Автоматический измеритель сопротивления обмоток трансформаторов ATWRM-25 разработан для очень быстрого и точного измерения сопротивления высокоиндуктивных обмоток трансформаторов. Прибор работает на микропроцессорной базе и полностью автоматизирован. Он предоставляет пользователю множество дополнительных характеристик, которые используются при проведении испытаний на нагрев при длительной работе. Другой важной особенностью прибора является измерение сопротивления даже в условиях изменяющегося испытательного тока. Позволяет построить на дисплее график зависимости сопротивления от времени.

МИКРООММЕТР БОЛЬШОГО ТОКА HIGH CURRENT RESISTANCE METER TYPE 2292, «TETTEX INSTRUMENTS» (ШВЕЙЦАРИЯ)

Прибор разработан для измерения сопротивления обмоток постоянному току силовых трансформаторов и реакторов в полевых условиях. Измерение сопротивления обмоток постоянному току проводится на токе до 50 А, что позволяет «продавить» окисные пленки на контактах и минимизировать контактные сопротивления.

2.5. Диагностика маслонасосов и системы охлаждения

ЦСО обладает оригинальной методикой диагностики маслонасосов традиционных конструкций, основанной на спектральном анализе составляющих вибрации, характеризующих состояние подшипников, крыльчаток электродвигателей и других элементов систем охлаждения. Методика прошла проверку в отечественных и зарубежных энергосистемах.

2.6. Определение шумовых характеристик оборудования

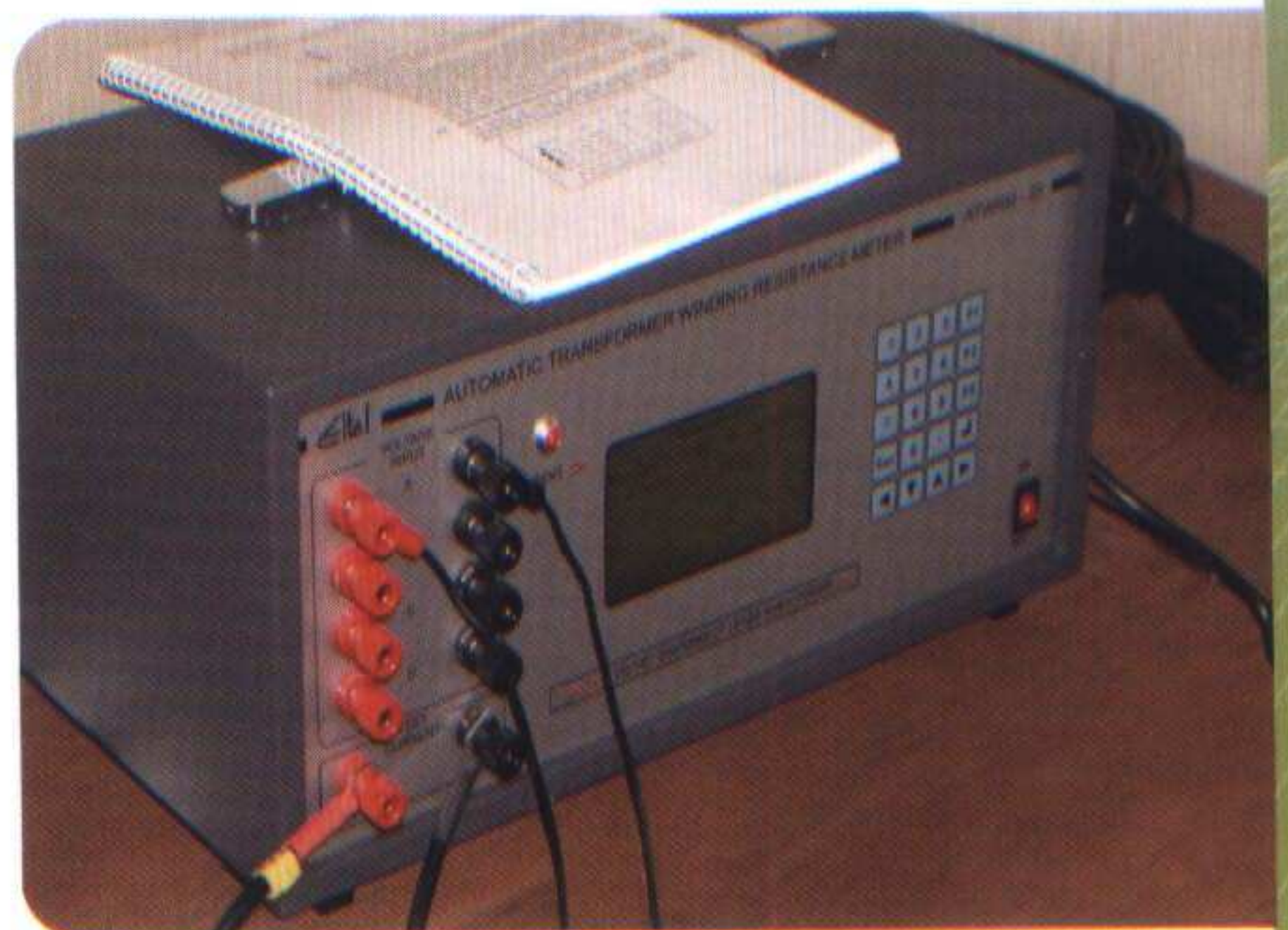
Анализ спектра шума трансформаторов позволяет выделить составляющие, обусловленные процессами, происходящими в магнитопроводе, системе охлаждения и других функциональных элементах трансформаторов и реакторов, что дает возможность локализации источников повышенной виброактивности и их устранения.

КОМПЛЕКТ ДЛЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ (ВИБРОДИАГНОСТИКИ) DATA COLLECTOR TYPE 2526, BRUEL&KIER (ДАНИЯ)

Прибор выполняет измерение вибрационных и акустических характеристик (интегральных и спектральных).

Программа обработки вибрационных характеристик позволяет оценить спектральную составляющую сигнала в диапазоне частот до 44,7 кГц.

Для передачи результатов измерений в компьютер применяется интерфейс RS-232.



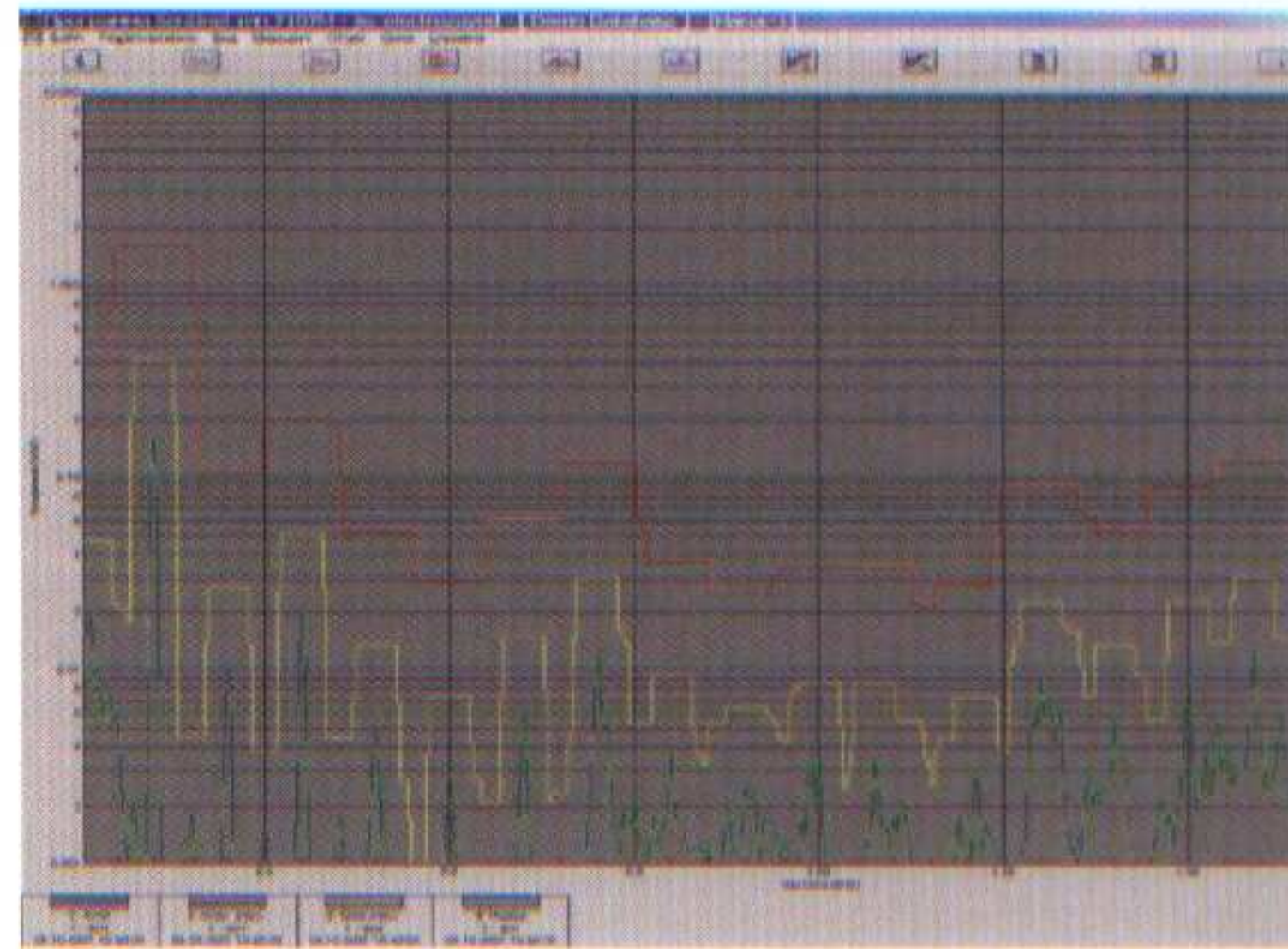


2.5. Oil Pumps and Cooling System Diagnostics

CS possesses unique know-how for diagnostics of oil pumps traditional construction, which is based on spectral analysis of vibration constituents, characterizing condition of bearings, motor impellers and other elements of cooling systems. This technique has been verified for domestic as well as for foreign power systems.

2.6. Equipment Noise Characteristics Determination

Transformer noise spectrum analysis distinguishes constituents due to the processes flowing in the core, cooling system and other functional elements of transformers and reactors, which makes it possible to allocate and remove increased vibration activity sources.

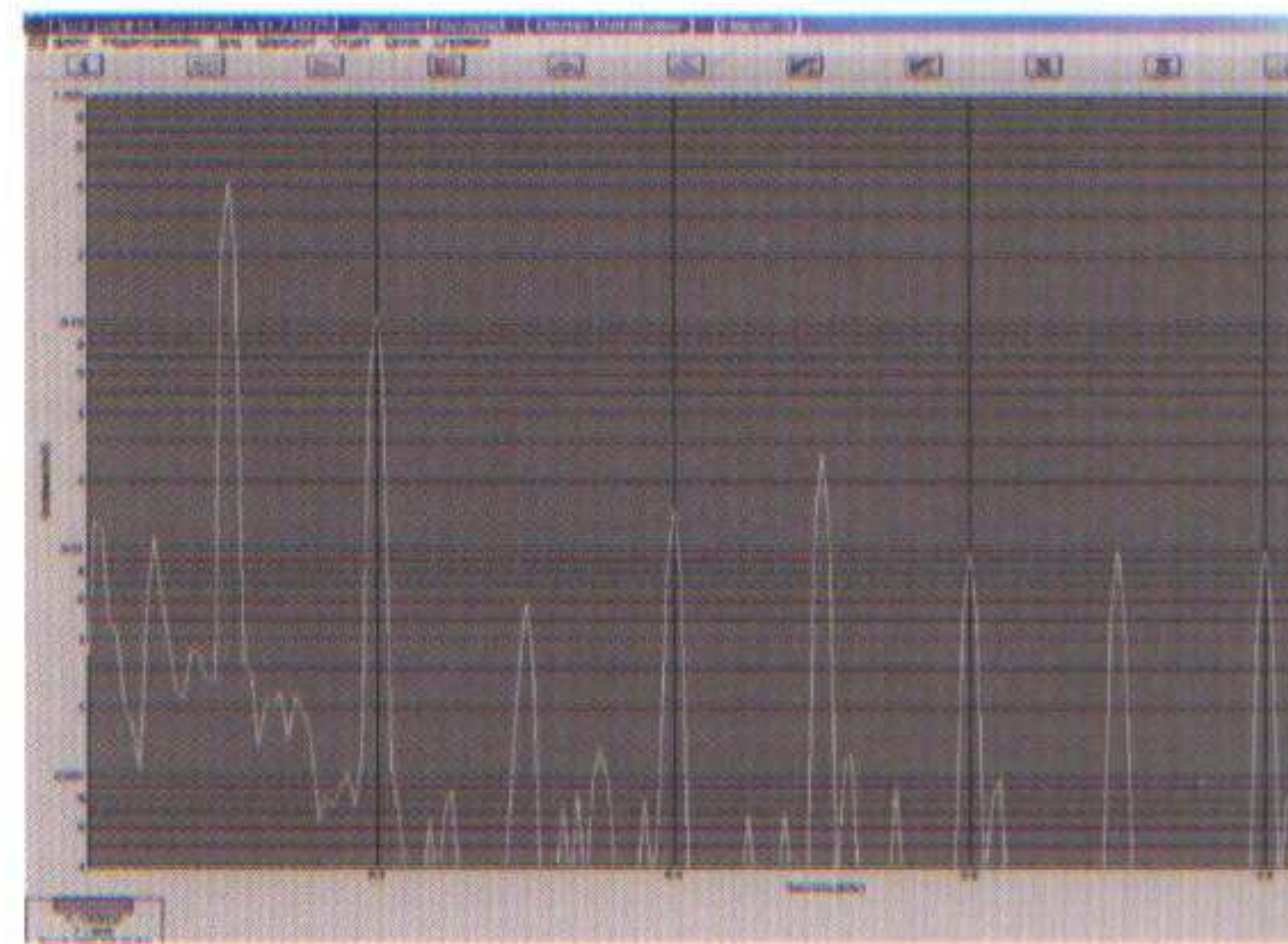


VIBROACOUSTIC TESTING (VIBRODIAGNOSTICS) SET DATA COLLECTOR TYPE 2526, BRUEL&KIER (DENMARK)

This instrument measures vibration and acoustic characteristics (integral and spectral).

Vibration characteristics processing software evaluates the spectral constituent of a signal in the frequency band up to 44.7 kHz.

RS-232 interface is used to transmit measurement results to a personal computer.



TRANSFORMER WINDING RESISTANCE AUTOMATIC METER ATWRM-25, ELTEL INDUSTRIES (INDIA)

ATWRM-25, a transformer winding resistance automatic meter, is designed for the fast and accurate resistance measurement of high inductive transformer windings. The device is microprocessor-based and fully automated. It provides the user with numerous extra facilities that can be used at the heat run long-term test. Another important feature of the device is the resistance measurement performed at the variable test current. It allows the user to display a diagram of the resistance dependence on the time.

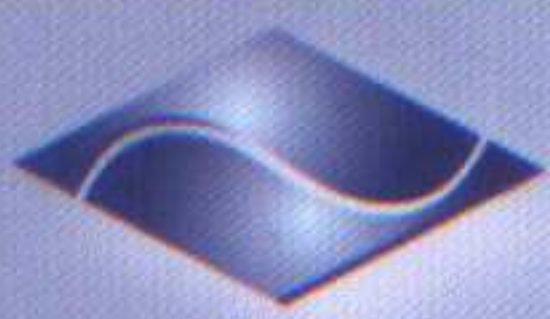
Результаты измерений колебаний элементов конструкций оборудования выводятся на экран в виде спектров вибраций

Results of the equipment structural elements oscillation measurements are displayed as vibration spectrums.



HIGH CURRENT MICROOHMMETER HIGH CURRENT RESISTANCE METER TYPE 2292, «TETTEX INSTRUMENTS» (SWITZERLAND)

The device is designed to measure winding DC resistance of power transformers and reactors in the field. The measurement of winding DC resistance is performed at the current of 50A, which makes it possible to penetrate through the oxide coating on the pins and minimize the contact resistance.



3. Испытания и измерения в отключенном состоянии оборудования

3.1. Измерение сопротивлений обмоток постоянному току

Для измерения сопротивлений обмоток постоянному току силовых трансформаторов и крупных шунтирующих реакторов используются микроомметр большого тока High Current Resistance Meter Type 2292 и автоматический измеритель ATWRM-25. Приборы разработаны специально для работы в полевых условиях.

Корректность измерений обеспечивается высокими уровнями испытательных токов, гарантирующих минимальное контактное сопротивление.

3.2. Измерение электромагнитных характеристик при низком напряжении

Электромагнитные характеристики (параметры холостого хода, короткого замыкания, индуктивности и т.п.) измеряются с помощью мобильной испытательной установки M4000, являющейся весьма эффективным современным измерительно-вычислительным комплексом.

Эффективность использования M4000, определяемая точностью измерений, уровнем и удобством программного обеспечения – значительно выше, чем у других известных систем аналогичного назначения. Этот фактор имеет решающее значение в условиях жёсткого временного регламента, характерного для практики диагностических обследований, вследствие ограниченности времени отключений, предоставляемого диспетчерскими службами энергосистем.

Опыт эксплуатации прибора энергосистемами США, Канады, некоторых европейских стран позволяет говорить о высокой надежности прибора.

Результаты измерений электромагнитных характеристик используются для оценки состояния как в качестве самостоятельных показателей состояния оборудования, так и как основа для определения других диагностических параметров (например, параметров эквивалентных многополюсников).

3.3. Измерение параметров изоляции

3.3.1. Измерение сопротивления изоляции

Для измерения сопротивления изоляции R15 и R60 используется прибор MEGGER BM25, позволяющий вести непрерывные измерения контролируемой величины практически в любом временном диапазоне, что необходимо для правильной оценки состояния изоляции, связанного, в частности, с явлением абсорбции.

3.3.2. Измерение $tg\delta$ и C_x

Для измерений используется установка M4000. Возможности данной установки позволяют выполнять необходимые тесты в условиях действующих подстанций с высокой точностью и устойчивостью к внешним помехам.

Измерения изоляционных характеристик высоковольтных вводов также осуществляется с помощью установки M4000.



Все полученные данные в результате измерения отображаются в протоколе, сформированном программным обеспечением (ПО) M4000. Встроенный принтер позволяет сразу распечатать данные полученных измерений.

All the measurement data are displayed in the protocol generated by the M4000 software. The measurement data can be immediately printed out with the built-in printer.

МОБИЛЬНАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА M4000, «DOBLE» (США)

Мобильная испытательная установка переменного тока M4000 позволяет измерять в полевых условиях:

- Диэлектрические характеристики на переменном токе - тангенс угла мощности диэлектрических потерь ($tg\delta$) и электрическую емкость изоляции (C_x);
- Параметры холостого хода: ток намагничивания, потери;
- Параметры короткого замыкания: активные и реактивные составляющие;
- Коэффициенты трансформации.

МЕГАОММЕТР BM25 / MEGGER BM25, AVO INTERNATIONAL (АНГЛИЯ)

Мегаомметр BM25 компактный, автоматизированный высоковольтный прибор, питаемый от собственной батареи, который используется для измерения сопротивления изоляции, индекса поляризации и определения напряжения разряда диэлектрика. В конструкции прибора в полном объеме использованы преимущества микропроцессорной технологии и возможности жидкокристаллического монитора, сочетающего в себе цифровую и аналоговую шкалу измерений.



3. Testing and measurements of powered-down equipment

3.1. DC Winding Resistance Measurement

A High Current Resistance Meter Type 2292 and ATWRM-25 automatic meter are used to measure DC winding resistance of power transformers and large shunt reactors. These are designed specially for field measurements.

The accuracy of measurements is provided due to high test currents ensuring minimum contact resistance.

3.2. Electromagnetic Characteristics Measuring under Low Voltage

Electromagnetic characteristics (parameters of open-circuit, short circuit, inductance etc.) are measured using an M4000 mobile test unit which is a very effective modern measuring and calculating system.

Due to the accuracy of measurements and the quality and ease-of-use of its software, the efficiency of operating an M4000 is significantly higher than that of other similar purpose systems. This factor is crucial when time is strictly regulated, which is characteristic for diagnostic testing due to the limited shutdown time provided by electric power system dispatch services.

The device operating experience at the power systems in the United States, Canada and several European countries proves that the device is extremely reliable.

The results of electromagnetic characteristics measuring are used for condition estimation both as individual parameters of equipment condition and as a basis for other diagnostic parameters determination (for example, the parameters of equivalent multi-ports).

3.3. Insulation Parameters Measuring

3.3.1. Insulation Resistance Measuring

A MEGGER BM25 device is used to measure R15 and R60 insulation resistance, which allows for continuous measurements to be made of the controlled value in virtually any time scale, this factor is essential to properly estimate insulation condition, which is in particular connected with the phenomenon of absorption.

3.3.2. tgδ and C_x Measuring

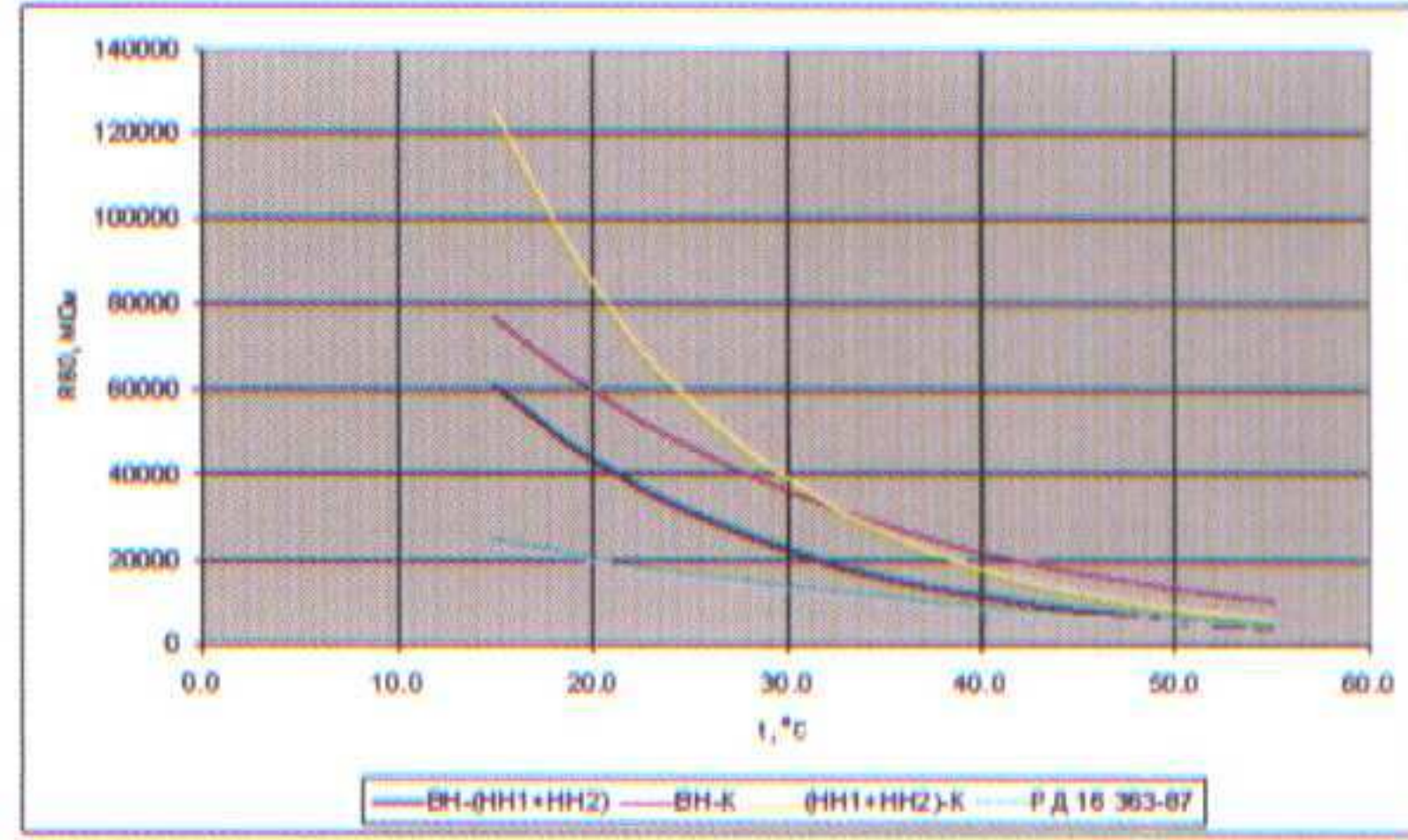
An M4000 unit is used to measure tgδ and C_x. The properties of the device enable the user to perform the necessary tests in existing substations with high accuracy and resistance to external noise.

The insulation characteristics of high-voltage bushings are also measured using the M4000 unit.

MOBILE TEST SET M4000, «DOBLE» (USA)

M4000, a mobile AC test set, allows the user to measure:

- AC dielectric properties: tangent of the dielectric loss power angle (tgδ) and insulation electric capacitance (C_x);
- Open-circuit parameters: magnetizing current and loss;
- Short-circuit parameters: active and reactive components; and
- Transformation ratios in the field.



Температурные зависимости сопротивлений изоляции по промежуткам

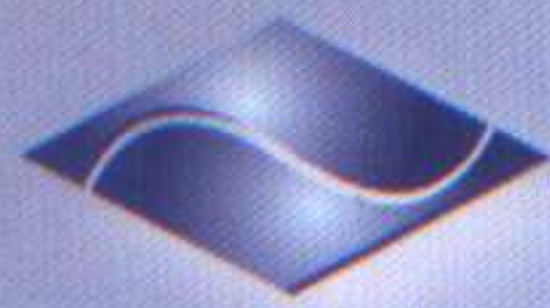
Insulation resistances temperature dependence by intervals.

MEGAOHMMETER BM25 / MEGGER BM25, AVO INTERNATIONAL (ENGLAND)

Megaohmmeter BM25 is a compact automated high-voltage self-battery powered device, which is used to measure insulation resistance, polarization index and a dielectric discharge voltage determination. Microprocessor technology advantages and LCD comprising digital and analogue measuring scale are used in the device's construction to the full extent.



EQUIPMENT INSPECTION



4. Испытания проб масла

4.1. Хроматографический анализ газосодержания в масле

Анализ растворенных газов осуществляется с помощью хроматографа ХРОМАТЕК – 2000.

4.2. Физико-химические анализы масла

Анализы масла выполняются специалистами Центральной заводской лаборатории ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД», располагающими необходимыми приборами и методиками.

4.3. Определение влагосодержания и наличия механических примесей

Для определения наличия посторонних включений используется прибор МКС-510N, осуществляющий анализ на основе метода Карла Фишера.

Для измерения влагосодержания в изоляции в полевых условиях используется анализатор IDAX-206.

5. Анализ результатов обследования, составление отчета о техническом состоянии оборудования, выработка рекомендации

Для повышения эффективности работ эксплуатации используются известные и оригинальные методики обработки результатов измерений и наблюдений:

- ✓ оценки достоверности результатов измерений;
- ✓ идентификации дефектов (методами теории распознавания образов, теории чувствительности и другие);
- ✓ идентификации трансформаторов;
- ✓ подбора эпюр виброхарактеристик и другие.

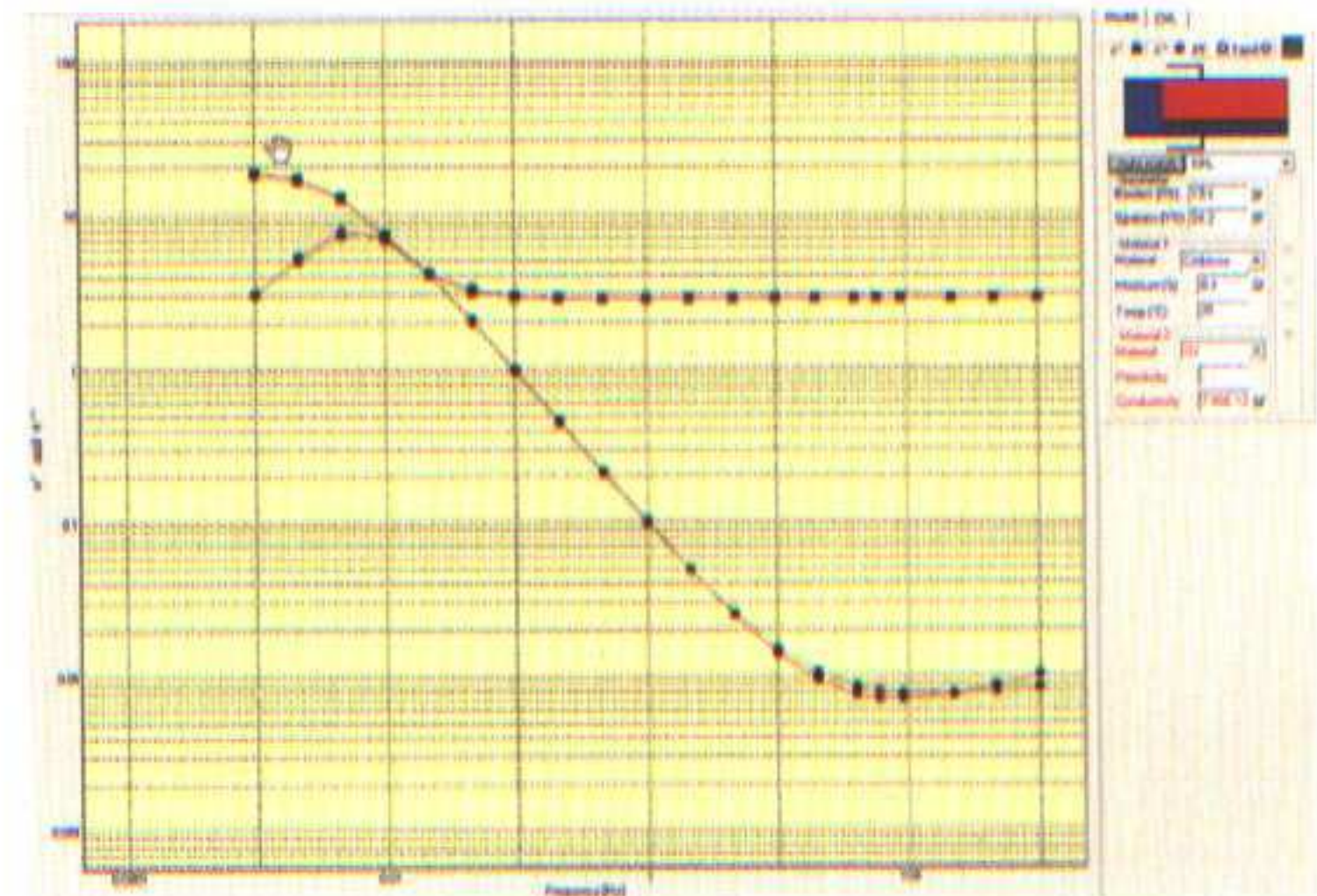
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ

ЦСО располагает методами оценки практически любых электромагнитных параметров (параметров холостого хода, коротких замыканий, активных и индуктивных сопротивлений, индуктивностей, коэффициентов трансформации и других) на работающих трансформаторах по рабочим токам и напряжениям обмоток. Также имеются наработки для «быстрой» (в режиме работы защит) диагностики некоторых электромагнитных параметров.

ЦСО ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД» имеет методические разработки и опытные образцы аппаратуры для диагностики измерительных трансформаторов под нагрузкой.

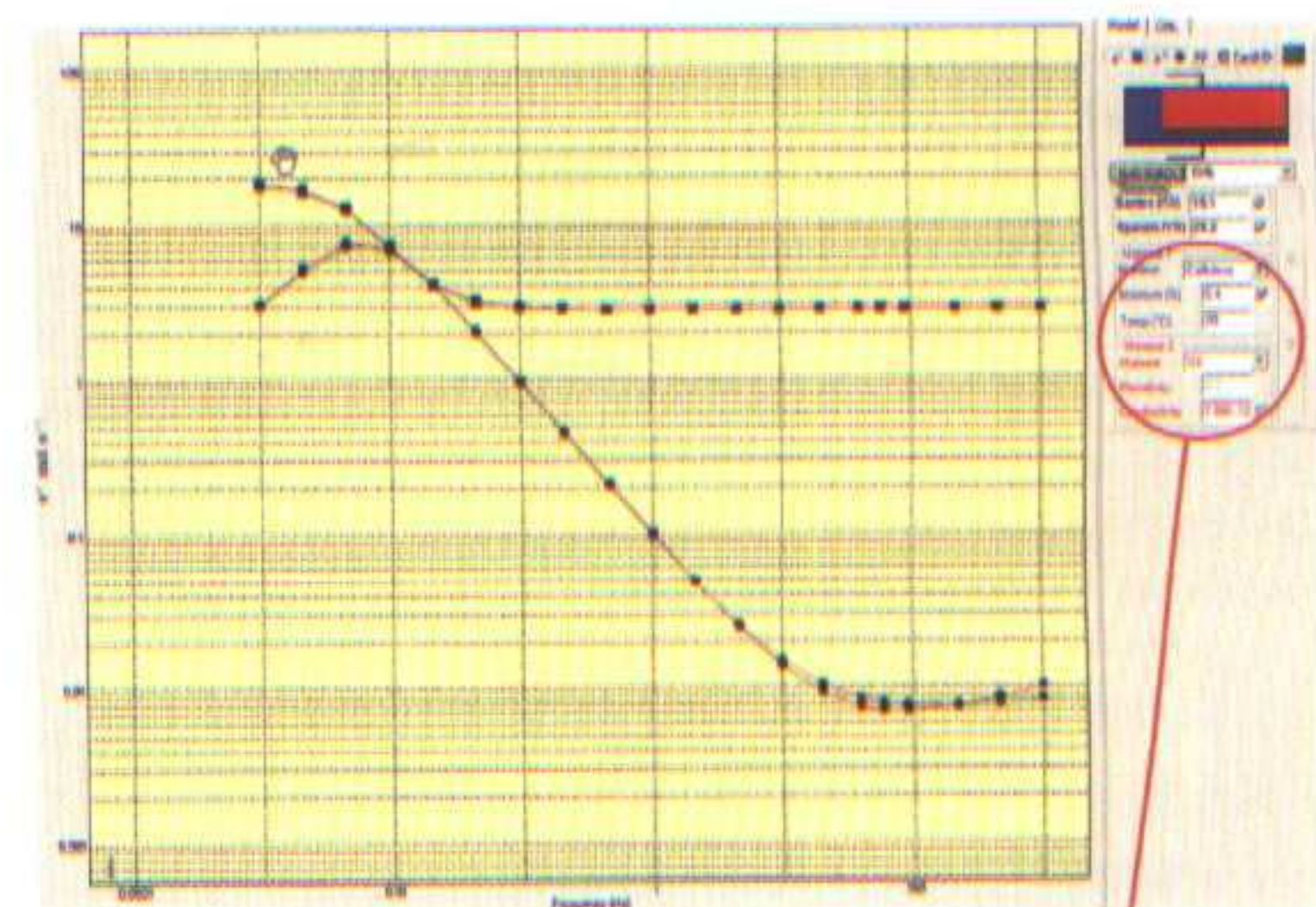
Специалистами ЦСО ведутся исследования в направлении формализации и автоматизации подготовки диагностических экспертиз на базе использования методов теории распознавания, теории чувствительности и других.

Совершенствуются методы идентификации трансформаторов, позволяющие получить приближенную оценку некоторых их геометрических размеров, числа витков обмотки, использованных материалов без разборки оборудования.



АНАЛИЗАТОР СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ IDAX-206 (ШВЕЦИЯ)

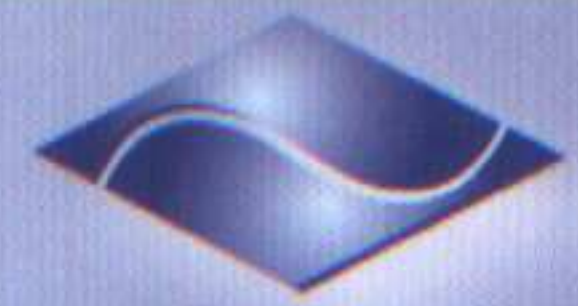
IDAX-206 используется для определения содержания влаги в изоляции трансформаторов, на основе метода диэлектрической спектроскопии. Анализатор обеспечивает возможность достоверной оценки содержания влаги за одно испытание. Этот прибор в полевых условиях определяет состояние изоляции трансформатора по изменению $\text{tg} \delta$ по частоте, что обеспечивает возможность четкого определения проблем, связанных с влажностью, загрязнением бумажно-масляной изоляции обмоток или вводов.



Material 1	Material	Cellulose	
	Moisture (%)	0.4	<input checked="" type="checkbox"/>
	Temp (°C)	20	
Material 2	Material	Oil	
	Permittivity	2.2	
	Conductivity	7.08E-12	<input checked="" type="checkbox"/>

Результат измерения влагосодержания изоляции при 20°C

Insulation water content measurement value at 20°C



4. Oil sample testing

4.1. Chromatographic analysis of gas content in oil

Analysis of dissolved gases is performed by the chromatograph CHROMATECH-2000.

4.2. Oil physical and chemical analyses

Oil analyses are performed by specialists of the Central Plant Laboratory of OJS «ELEKTROZAVOD», who have all necessary equipment and techniques.

4.3. Determination of water content and presence of mechanical impurities

To determine presence of foreign impurities, we use MKC-510N device, which performs analysis according to Karl Fischer method.

For in-field evaluation of water content in the insulation, analyzer DAX-206 is used.

5. Inspection results analyzing, reporting on equipment performance and recommendations making

To improve efficiency of operation, both well-known and innovative methods of measurement and observation data processing are used, in particular:

- ✓ estimation of measurement data reliability;
- ✓ identification of defects (by image identification theory, sensitivity theory etc.);
- ✓ transformer identification;
- ✓ similarity of distribution diagrams for vibration characteristics etc.

ADVANCED DEVELOPMENTS OF TRANSFORMER STATUS EVALUATION METHODS

The Service Center employs various methods providing for evaluation of almost every electromagnetic parameter (open-circuit and close-circuit parameters, active and inductive resistance values, induction values, transformer ratios etc.) of a running transformer relating to operating currents and coil voltages. Besides, own know-how techniques are developed for «rapid» diagnostics of certain electromagnetic parameters (with transformer protections being active).

The Service Center has developed its own guidelines and pilot models of equipment for diagnostics of instrument transformers on load.

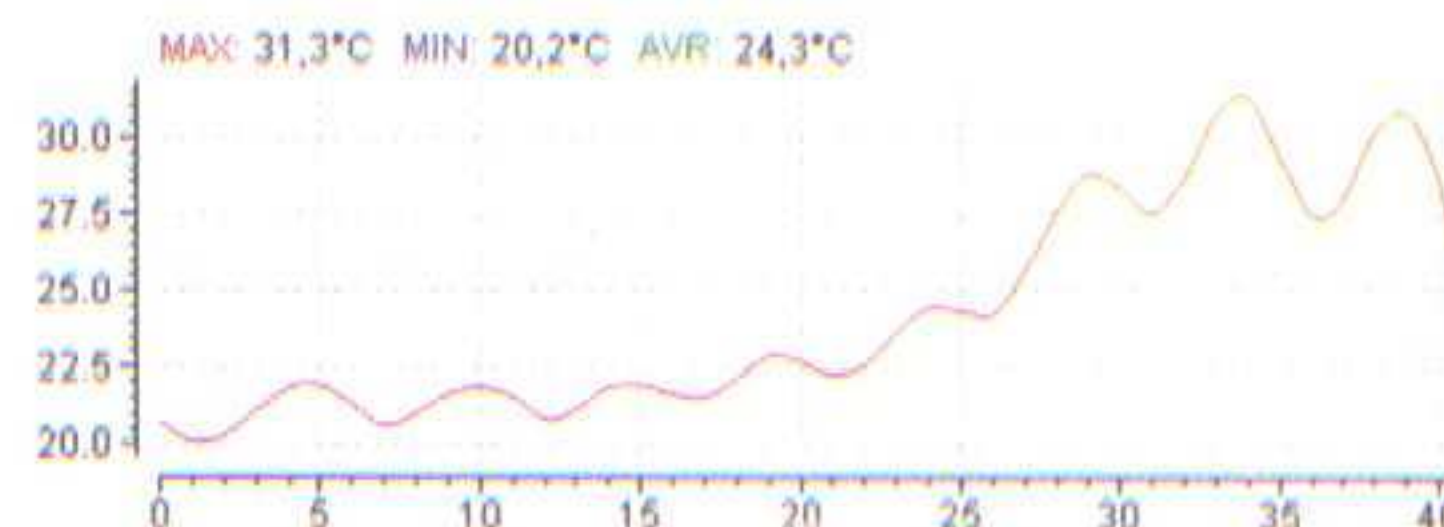
Professional staff of the Service Center of OJS «ELEKTROZAVOD» carry out research to formalize and automate the process of a diagnostic expert examination based on methods of identification theory, sensitivity theory etc.

Certain improvements have been made in transformer identification techniques that make it possible to estimate roughly some of transformer's geometrical parameters, number of winding turns and used materials without dismantling of equipment.



INSULATION CONDITION ANALYZER IDAX-206 (SWEDEN)

IDAX-206 is used to determine water content in transformer insulation based on dielectric spectroscopy technique. The analyzer provides for reliable evaluation of water content in one test run. This device provides for an in-field evaluation of transformer insulation condition based on tgδ changes depending on frequency, thus making it possible to identify clearly the problems related to humidity or pollution of paper-oil winding insulation or bushings.

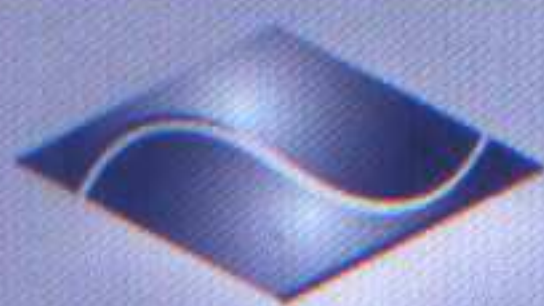


Низкий уровень масла во вводе (≈ 1/3 высоты верхней фарфоровой покрывки)

Low level of oil in the bushing (≈ 1/3 of height of the porcelain upper cover)



EQUIPMENT INSPECTION



ДИАГНОСТИКА ТРАНСФОРМАТОРНО-РЕАКТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Диагностика оборудования осуществляется путем анализа всей имеющейся совокупности диагностической информации, выполняемой высококвалифицированными специалистами-экспертами, использующими компьютерные экспертные системы, специально разработанные диагностические модели и алгоритмы решения типовых задач диагностики.

Достижение цели повышения достоверности оценки технического состояния трансформаторов и реакторов предполагает использование эффективных диагностических методов и современного диагностического оборудования. В основу методической части диагностики, осуществляемой специалистами Центра сервисного обслуживания, положены, наряду с общепринятыми методиками (в том числе международными), также собственные разработки специалистов «Электрозавода» и их совместные работы с учеными РАН, МЭИ, ВЭИ и других научно-технических центров. В свою очередь, применение высококлассной измерительной аппаратуры, помимо обеспечения высокой точности в определении диагностических параметров, стимулирует появление новых методов обработки качественной диагностической информации.



Использование прибора фирмы Bruel&Kier позволяет локализовать источник шума и вибрации в работающем оборудовании

Application of a device manufactured by Bruel&Kier company enables to localize a noise and vibration source in the operating equipment

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И РЕАКТОРОВ

1. Состояние изоляции:

- ✓ диэлектрические характеристики всех зон и промежутков изоляции при двух или трех температурах:
 - * тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$,
 - * электрическая емкость C_x ,
 - * сопротивление изоляции R ,
 - * коэффициент абсорбции и индекс поляризации;
- ✓ данные измерений интенсивности частичных разрядов (ЧР) широкополосным и узкополосным методом, локализация источника ЧР акустическим методом.

2. Состояние магнитной системы:

- ✓ ток намагничивания и потери холостого хода,
- ✓ данные измерений температурных полей трансформатора при помощи тепловизора,
- ✓ данные измерений вибрационных и акустических характеристик (интегральных и спектральных),
- ✓ данные измерений напряженности магнитного поля в зоне разъема бака трансформатора.

3. Динамическая устойчивость обмоток:

- ✓ сопротивления короткого замыкания, индуктивности обмоток и другие;
- ✓ электрические емкости системы обмоток;
- ✓ вибрационные характеристики.

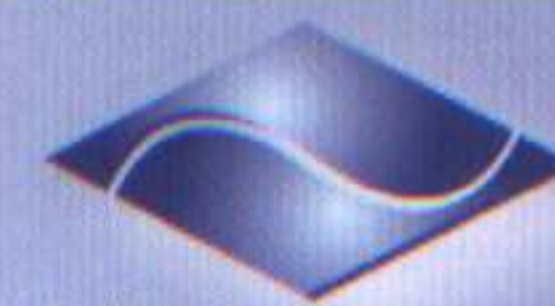
4. Состояние контактных соединений и целостность параллельных проводников обмоток:

- ✓ сопротивления обмоток постоянному току (40 мкОм и выше при малых и больших токах – до 50 А),
- ✓ температурные поля при помощи тепловизора и пирометра.



Разряды по изоляции электростатического экрана определенные при диагностике универсальным комплексом UPDA

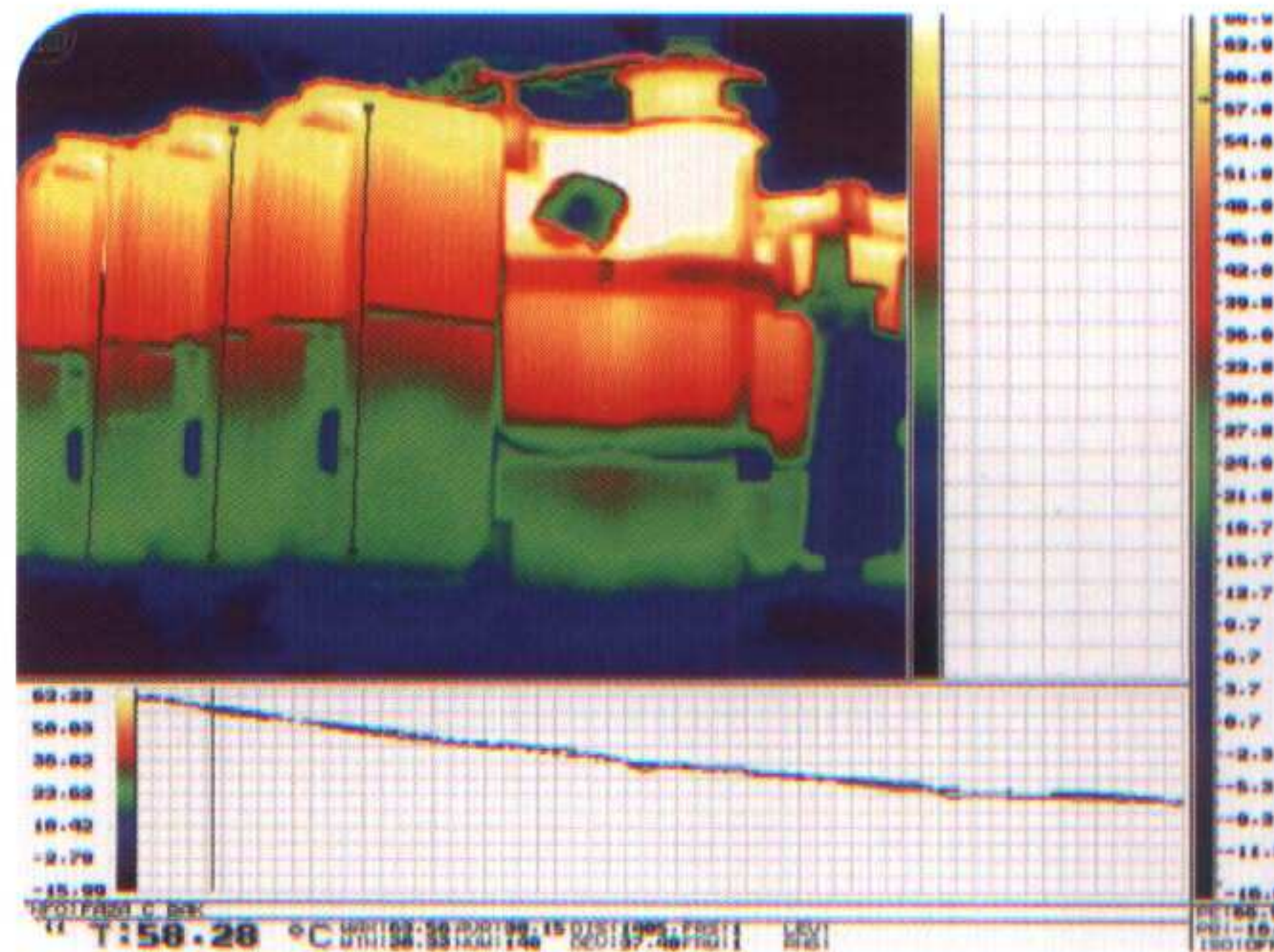
Discharges on electrostatic screen insulation determined while diagnosing performed by the universal UPDA system



TRANSFORMER & REACTOR EQUIPMENT DIAGNOSIS

The equipment is diagnosed by analyzing the whole scope of diagnostic information available that is performed by highly skilled searching authorities. They use computer-integrated expert systems, specially developed diagnostic models and algorithms for solution of typical diagnostic tasks.

Accomplishment of the object aimed at improvement of estimate reliability of transformer and reactor technical state assumes application of efficient diagnostic techniques and advanced diagnostic units. The basis of the methodic diagnostics part exercised by specialists of the Service Center is formed by both standard practices (including international ones) and self-design projects that are put into practice by «ELEKTROZAVOD» Specialists and their joint researches conducted in collaboration with scientists from the Russian Academy of Sciences, Moscow Power Engineering Institute, All-Russian Electronic Technical Institute and other research and development centers. In its turn, application of high-quality measuring facilities promotes occurrence of new quality diagnostic information processing methods apart from assurance of high precision by diagnostic information determination.



Тепловизионное обследование системы охлаждения
Cooling system thermal-vision inspection

CHARACTERISTICS FOR PERFORMANCE EVALUATION OF POWER TRANSFORMERS AND REACTORS

1. Insulation state:

- ✓ dielectric features of all sections and insulation gaps at two or three temperatures:
 - * dielectric loss factor $\text{tg}\delta$,
 - * electric capacity C_x ,
 - * insulation resistance R ,
 - * absorption factor and polarization index;
- ✓ measurement data for partial discharge intensity value by a wideband and narrow-band method, partial discharge source localization by an acoustic method.

2. Magnetic system state:

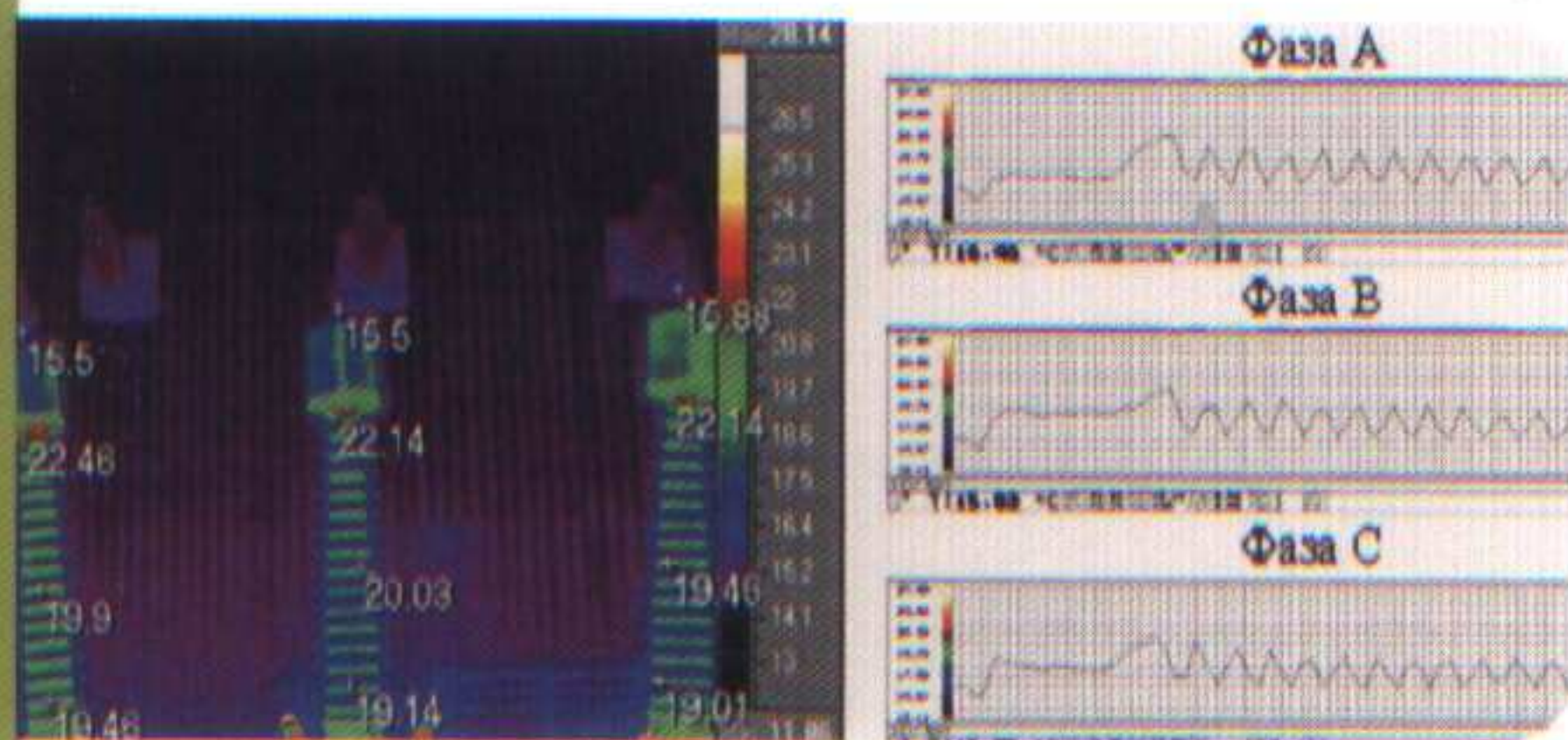
- ✓ magnetization current and standby losses,
- ✓ measurement data for transformer temperature fields by means of an infrared imager;
- ✓ measurement data for vibration and acoustic characteristics (integral and spectral);
- ✓ measurement data for the magnetic field strength within the transformer tank connector.

3. Transient stability of windings:

- ✓ short-circuit impedance, winding inductance etc.;
- ✓ electric capacity of the winding system;
- ✓ vibration characteristics.

4. State of contact joints and continuity of windings' parallel conductors:

- ✓ DC winding resistance (40 $\mu\Omega$ and above at low and high currents rated up to 50 A);
- ✓ temperature fields by means of an infrared imager and a pyrometer.



Распределение температуры по вводам трехфазного трансформатора 220 кВ, определенное на термографе «IRTIS-200»

Temperature distribution through bushings of 3-phase 220 kV transformer, defined by the thermograph «IRTIS-200»



5. Наличие замыканий в обмотках:

- ✓ коэффициенты трансформации уточненными методами;
- ✓ потери холостого хода при низком напряжении.

6. Состояние системы охлаждения:

- ✓ температуры масла на входе и выходе охладителей;
- ✓ фазные токи маслонасосов и вентиляторов;
- ✓ вибрационные и акустические характеристики маслонасосов и вентиляторов;
- ✓ температурные поля при помощи тепловизора.

7. Идентификация различных дефектов путем определения характеристик проб масла:

- ✓ общего и покомпонентного газосодержания, скорости его изменения и другие;
- ✓ концентраций фурановых соединений;
- ✓ физико-химических параметров (пробивного напряжения, кислотного числа и прочих).

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВВОДОВ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

1. Диэлектрические характеристики изоляции:

- ✓ $\text{tg}\delta$, C_x , R , коэффициент абсорбции и индекс поляризации при напряжении 5-10 кВ;
- ✓ $\text{tg}\delta$, C_x при рабочем напряжении.

2. Специальные измерения по определению состояния внутренней поверхности фарфоровой крышки (загрязнения, бурый налет).

3. Измерение температурных полей вводов при помощи тепловизора и пирометра.

4. Хроматографический анализ проб масла.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

1. Диэлектрические характеристики изоляции:

- ✓ $\text{tg}\delta$, C_x , R , коэффициент абсорбции и индекс поляризации при напряжении до 10 кВ;
- ✓ $\text{tg}\delta$, C_x при рабочем напряжении.

2. Угловые и амплитудные погрешности измерительных трансформаторов.

3. Измерение температурных полей трансформаторов при помощи тепловизора и пирометра.

4. Хроматографический анализ проб масла.

Определение короткозамкнутых контуров в токопроводе трансформатора тепловизором

Detection of short-circuited loops in transformer current-conducting wire by an infrared imager

5. Short-circuit in windings:

- ✓ transformation ratios are précised by methods;
- ✓ no-load losses under low voltage.

6. Cooling system condition:

- ✓ oil temperatures on coolers' inflow and outflow;
- ✓ oil-pumps and fans phase currents;
- ✓ oil-pumps and fans vibration and acoustic characteristics;
- ✓ temperature fields by means of infrared imager.

7. Various defects detection by oil samples features definition:

- ✓ general and componentwise gas-content, speed of its change etc.;
- ✓ furan compounds concentration;
- ✓ physical-chemical parameters (breakdown voltage, acidity number etc.).

HIGH-VOLTAGE BUSHINGS CONDITION EVALUATION CHARACTERISTICS

1. Insulation dielectric characteristics:

- ✓ $\text{tg}\delta$, C_x , R , absorption power and polarization index at voltage of 5-10 kV;
- ✓ $\text{tg}\delta$, C_x at operating voltage.

2. Special measurements to determine the porcelain cover inner surface condition (soiling, brown film).

3. Bushings temperature field measuring with an IR imager and a pyrometer.

4. Oil samples chromatographical analysis.

CURRENT AND VOLTAGE TRANSFORMERS CONDITION EVALUATION CHARACTERISTICS

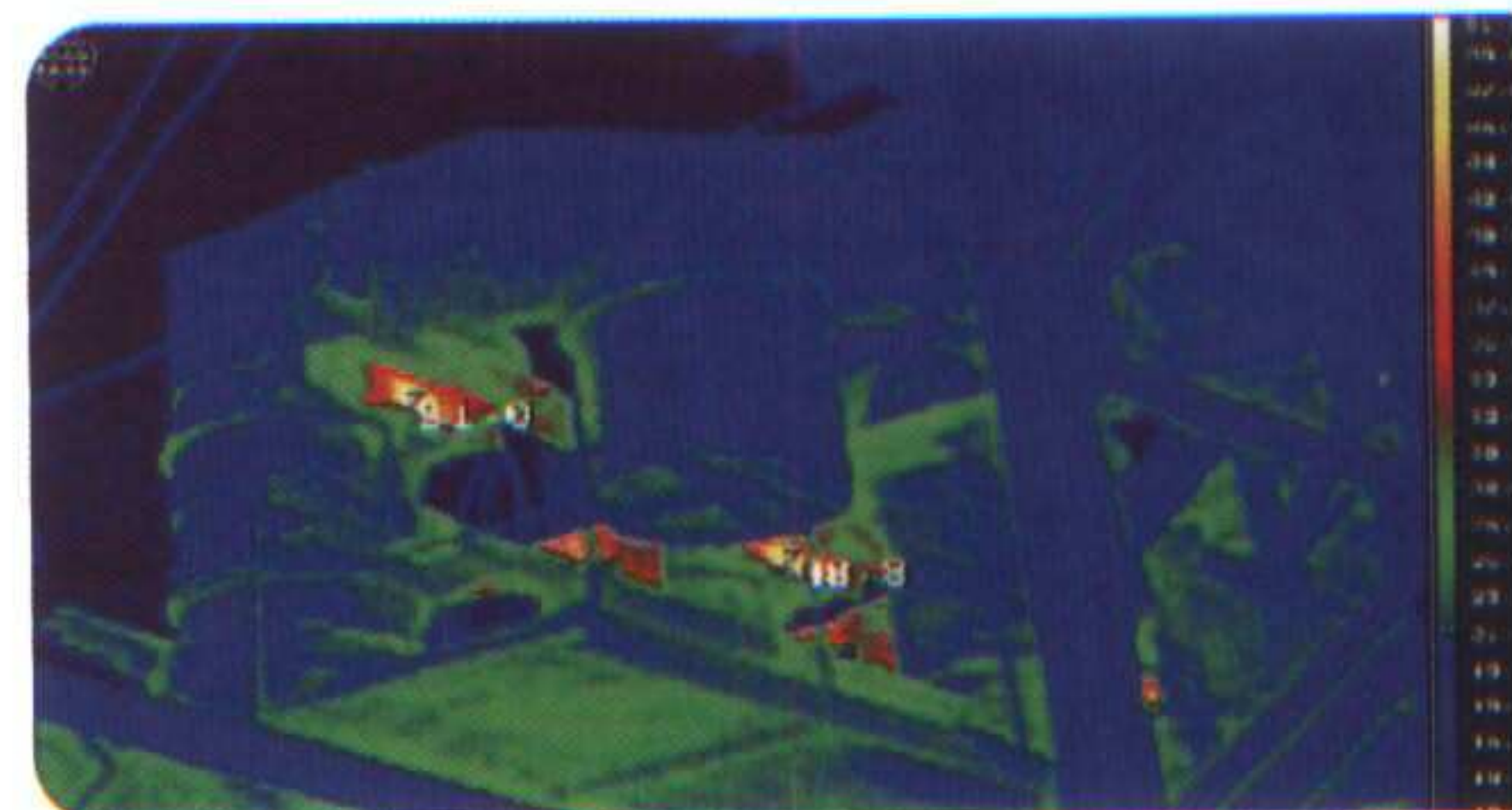
1. Insulation dielectric characteristics:

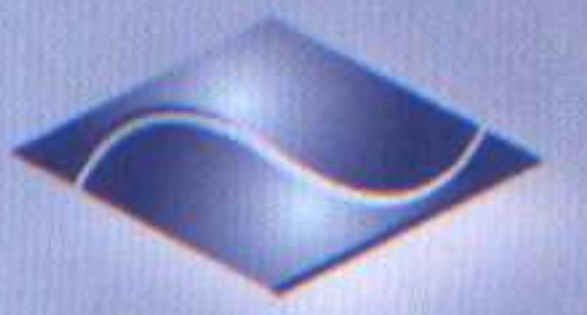
- ✓ $\text{tg}\delta$, C_x , R , absorption power and polarization index at voltage up to 10 kV;
- ✓ tg , C_x at operating voltage.

2. Instrument transformers angular and amplitude errors.

3. Transformers temperature field measuring with an IR imager and a pyrometer.

4. Oil samples chromatographical analysis.





СЕРВИСНЫЙ ЦЕНТР ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД» НАШИ ПРЕИМУЩЕСТВА



Широкие знания существующих конструкций трансформаторов и реакторов как собственного изготовления, так и изготовленных другими производителями



Глубокое понимание электромагнитных, тепловых, механических и других процессов, происходящих в оборудовании



Современная диагностическая аппаратура и передовое методическое обеспечение, в том числе уникальные методики



Уникальные архивы данных о характеристиках оборудования, отказах отдельных узлов и деталей, причинах и обстоятельствах аварий



Многолетний опыт работы на энергетических объектах России, республик СНГ, стран Европы, Азии, Африки и Латинской Америки

