

TMS 580

Система измерения потерь в трансформаторах



Измерение потерь в трансформаторах – это необходимый процесс контроля качества. Так как обычно пользователь трансформатора накладывает штрафные санкции за потери, возникающие в режимах нагрузки и холостого хода, наивысшая точность измерения потерь имеет важнейшее экономическое значение. Система TMS 580 разработана специально для высокоточных измерений потерь мощности в трансформаторах.

Система TMS 580 соединяет хорошо себя зарекомендовавшую и надежную измерительную аппаратуру с современным и мощным программным обеспечением. Систему можно интегрировать в оборудование компьютеризованной испытательной станции. Управляющий компьютер можно связать с заводской локальной сетью и тогда можно иметь внешний доступ к данным измерений для их последующей и дальнейшей обработки.

Программное обеспечение TMS 580 поддерживает два режима работы. Один режим предназначен для обычных однофазных и трехфазных трансформаторов с количеством обмоток до шести. В этом режиме трансформатор можно полностью описать со всеми его данными: номинальная мощность и напряжение, частота, переключатель, группа соединения, фазовый сдвиг, магнитная индукция, материал провода, магнитопровод и стандартная температура.

Для автотрансформаторов или специальных трансформаторов, которые нельзя описать стандартными атрибутами, у TMS 580 имеется гибкий режим работы со свободным заданием параметров. Здесь трансформаторные потери измеряются в соответствии с конфигурацией настроек в соответствии со специфическими данными испытуемого объекта.

Система TMS 580 исключительно удобна в работе. Процесс измерений поддерживается программным обеспечением. Время экономится за счет того, что высоковольтные измерительные трансформаторы не требуют ручного выбора предела измерения. Тем самым исключается риск использования неверного диапазона тока или напряжения.

Система TMS 580 способна успешно работать в жестких условиях трансформаторной испытательной станции. Благодаря специальной компоновке системы, существующие электромагнитные помехи не влияют на работу ее цепей управления и измерения.

ФУНКЦИИ

- Измерение нагрузочных потерь для получения информации об омических и добавочных потерях
- Измерение потерь холостого хода для определения параметров возбуждения трансформатора
- Испытание на нагрев для определения превышения температуры масла и обмоток
- Испытание индуктированным напряжением для проверки электрической прочности изоляции
- Измерение сопротивления нулевой последовательности
- Функция ваттметра для быстрых измерений без пересчета или приведения
- Самопроверка для калибровки всех диапазонов измерения каналов тока и напряжения

ПРЕИМУЩЕСТВА

Высокая точность измерений до $\pm 0,35$ % показания при типовой частоте 50 Гц и коэффициенте мощности 0,05. Стабильность погрешности гарантируется на срок 12 месяцев.

Короткое время цикла измерений благодаря устранению необходимости пересоединения измерительных трансформаторов, дистанционному выбору диапазонов измерения и компьютерной обработке результатов измерения.

Гарантированное качество документации с безошибочным протоколом испытаний, который генерируется автоматически в конце измерения.

Нашими квалифицированными и опытными инженерами гарантируется **отличное техническое обслуживание**. Они обеспечивают отличное рабочее состояние в течение всего срока службы системы.

Большое удобство при эксплуатации сокращает процесс обучения и минимизирует ошибки в работе. Интуитивно понятное рабочее программное обеспечение позволяет очень быстро освоиться с системой.

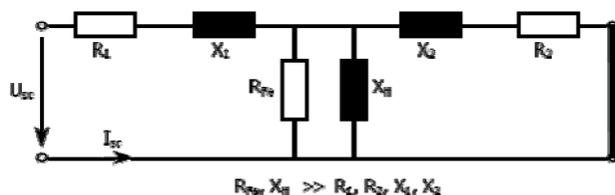
ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- Изготовители трансформаторов
- Организации, обслуживающие энергетические сети
- Организации, обслуживающие распределительные сети
- Научно - исследовательские институты

ИЗМЕРЕНИЕ ПОТЕРЬ

Полные потери в трансформаторе являются суммой потерь холостого хода и нагрузочных потерь. Как правило, значение фактических потерь должно гарантироваться изготовителем и проверяться для заказчика во время приема – сдаточных испытаний. Это записано в стандарте IEC 60076-8 раздел «Руководство по измерению потерь в силовых трансформаторах».

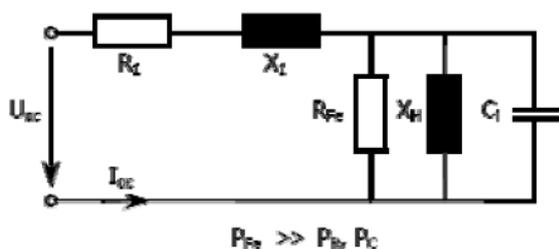
Нагрузочные потери



Точное знание нагрузочных потерь важно не только для капитализации потерь, но также для надежной работы мощных силовых трансформаторов. Нагрузочные потери равны полным потерям в трансформаторе, когда в одну обмотку трансформатора подается номинальный ток при номинальной частоте, а другая обмотка замыкается накоротко. Они складываются из омических потерь в обмотках и внутренних соединениях, а также из добавочных потерь, вызываемых в обмотках и механических частях полем рассеяния.

Нагрузочные потери и соответственно импеданс короткого замыкания также необходимо знать, если трансформатор будет работать параллельно с другими трансформаторами. Трансформаторы, работающие параллельно, должны иметь одинаковые импедансы короткого замыкания, в противном случае между параллельными трансформаторами возникнут уравнивающие токи, которые увеличат полные нагрузочные потери и могут привести к повреждениям.

Потери холостого хода



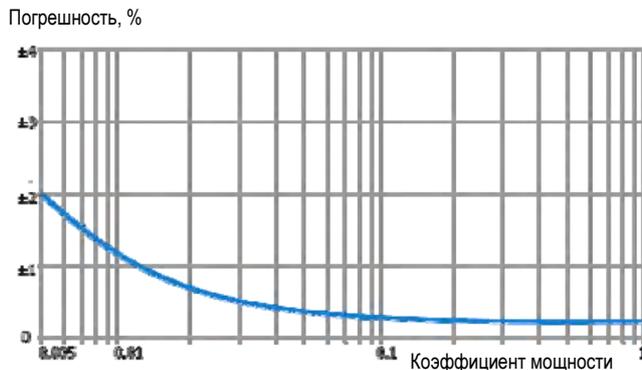
Потери холостого хода в трансформаторе состоят из потерь в магнитопроводе, в обмотке и в изоляции. Как правило, диэлектрическими и Джоулевыми потерями можно пренебречь, так они на несколько порядков меньше чем потери в стали. Измерения потерь холостого хода позволяют выявить дефекты в магнитопроводе, такие как, например короткие замыкания в магнитопроводе или насыщение.

Ток в опыте холостого хода неизбежно искажается вследствие нелинейности кривой намагничивания. Напряжение на испытуемом объекте обычно искажено вследствие ограниченности мощности испытательных генераторов. В то время как искажения тока холостого хода присутствуют и в процессе эксплуатации трансформатора, результаты измерения потерь при искажении напряжения следует приводить к его синусоидальной форме.

ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ

Коэффициент мощности ($\cos \phi$) у мощных трансформаторов мал. Поэтому угловые погрешности измерительных трансформаторов даже порядка минут могут приводить к существенным ошибкам в измерении потерь. Измерительные трансформаторы системы TMS 580 специально рассчитаны на обеспечение очень малой угловой погрешности, что позволяет не вносить дополнительных поправок в результат измерения потерь.

Максимальная погрешность измерения потерь зависит от коэффициента мощности. Кривая, приведенная ниже, показывает максимальную погрешность всей системы в зависимости от коэффициента мощности на разных диапазонах измерения.



Погрешность измерения системы

Чтобы искажения тока и напряжения измерялись правильно, система TMS 580 точно реагирует на возникающие гармоники промышленной частоты.

В системе измерения потерь имеется калибратор, служащий для проверки точности каналов напряжения, тока и ваттметра (анализатора мощности). Тестовые сигналы инжектируются непосредственно в каналы тока и напряжения, без каких – либо пересоединений.

С помощью процедуры "Self test" (Самопроверка) все диапазоны измерения автоматически тестируются при разных коэффициентах мощности. Фактические значения сравниваются с базовыми, которые регистрируются и сохраняются при калибровке системы. Полное автоматическое тестирование всех измерительных диапазонов и фаз, включая генерирование протокола, выполняется примерно за 20 минут. Это тестирование можно также производить вручную.

Вместе с системой TMS 580 выпускается сертификат полной калибровки, в котором подтверждается точность системы перед ее отправкой заказчику. Калибровка выполняется согласно документу NIST 1204 (National Institute of Standards and Technology, USA – Государственный институт стандартов и технологии, США). В сертификате содержатся все результаты всех выполненных измерений.

В полную калибровку системы входит поверочная калибровка трансформаторов тока и напряжения при помощи прецизионных приборов, имеющих оформленные сертификаты. Наш квалифицированный персонал технической поддержки может легко делать это на месте эксплуатации системы.

КОМПОНОВКА СИСТЕМЫ

Система TMS 580 измерения трансформаторных потерь предназначена для установки внутри помещения. Как показано ниже, система TMS 580 состоит из четырех основных частей:

Делитель напряжения, предназначенный для измерения фазного напряжения с высокой точностью. Высоковольтная емкость образована баком высокого давления с соответствующим концентрическим электродом внутри. Электроды изолированы газом SF6. Конденсатор практически не создает короны и имеет чрезвычайно стабильную емкость. Имеется защитный электрод, который служит для того, чтобы окружающие предметы не влияли на емкость. Низковольтная часть, определяющая коэффициент деления, располагается в канале напряжения TMS 580 в шкафу управления.

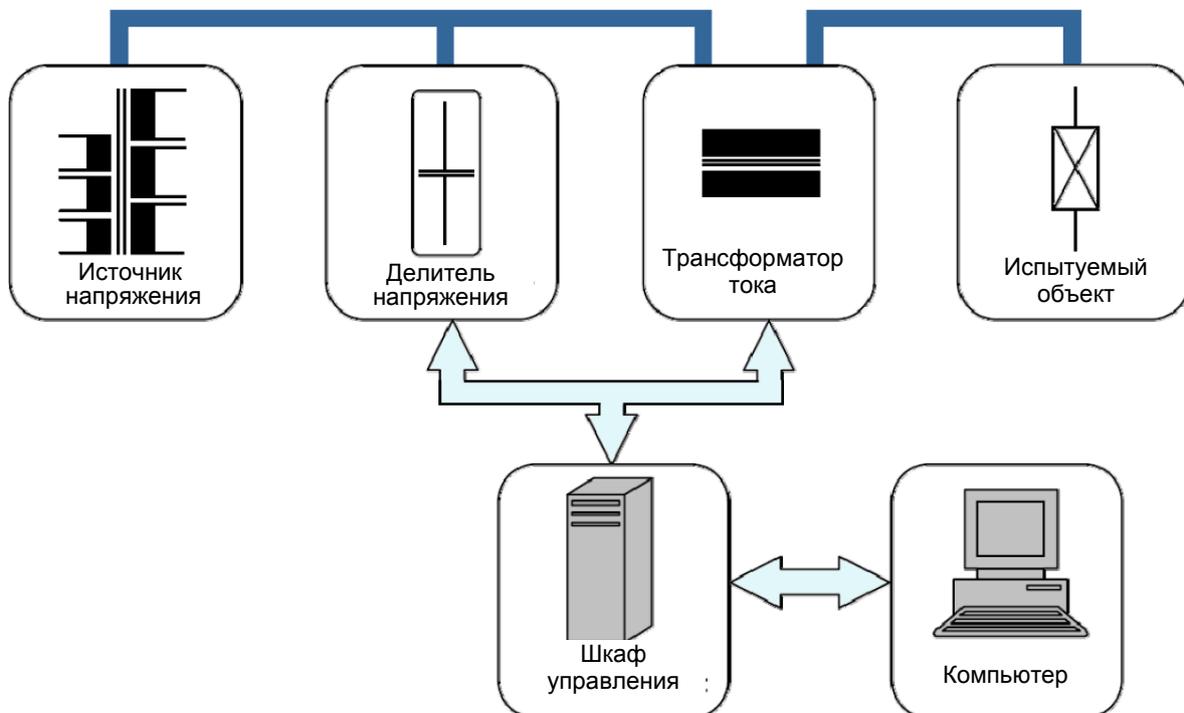
Трансформатор тока состоит из двух обмоток в изоляции из SF6 под высоким давлением. Изолятор из пластика, усиленного волокном, расположенный между алюминиевой верхней частью и основанием, образует изоляционный промежуток длиной более полуметра. Точность во всем диапазоне измерения достигается при помощи электронной схемы компенсации с трансформатором нулевого магнитного потока, находящимся в токовом канале TMS 580 в шкафу управления.

Погрешность измерения не зависит от нагрузки. При отключении системы, или если трансформатор тока отсоединяется или перегружается, вторичная цепь автоматически закорачивается.

В **шкафу управления** находятся каналы тока и напряжения, ваттметр и калибратор TMS 583. В канале напряжения находится низковольтный конденсатор делителя ВН. В токовом канале находится вторичный трансформатор тока и схема компенсации магнитного потока. Обоими каналами тока и напряжения можно управлять вручную или через компьютер TMS. Цифровой ваттметр одновременно измеряет напряжения и токи. По этим значениям ваттметр вычисляет активную мощность, полную мощность и коэффициент мощности. Калибратор дает возможность легко проверять точность измерения по каналам напряжения и тока.

Встроенный промышленный **компьютер** управляет и контролирует работу всей системы. Он работает под управлением программного обеспечения с интуитивно понятным пользовательским интерфейсом на базе Windows и оснащен тонкопленочным цветным монитором, жестким диском, гибким диском, записывающим компакт диском и лазерным принтером.

Все части TMS 580 тщательно испытываются до и после окончательной сборки для обеспечения точной и надежной работы. Компания Haefely Test AG аттестована полностью на соответствие ISO 9001 с 1992 года и DIN EN ISO 9001:2000 (Выпуск декабрь 2000) с июня 2002 года.



ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Мощное программное обеспечение TMS 580 на базе Windows – это результат нашего тесного сотрудничества с пользователями систем испытаний трансформаторов во всем мире. Оно совершенствовалось в течение многих лет, с введением большого количества обратных связей и исходных данных от заказчиков.

Это программное обеспечение специально создано для быстрого, простого, легкого и безопасного диалога с пользователем. Статусная информация и результаты испытаний визуализируются графическими символами, цветом отображаемых величин, всплывающими окнами и подробными графиками. Кнопки большого размера и поля стандартного ввода обеспечивают безошибочное и простое управление системой.

Имеется функция оперативной помощи для информационной поддержки при помощи нажатия кнопки мыши.

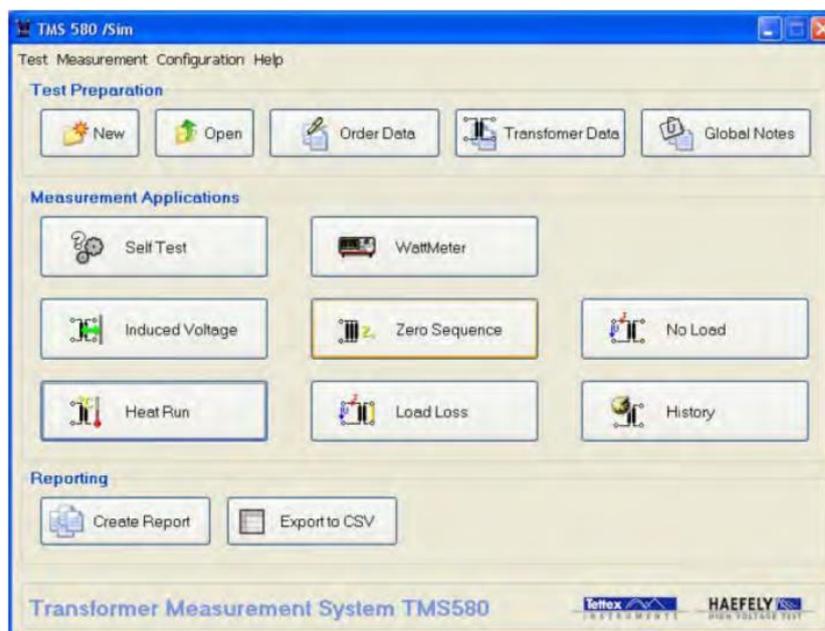
Программное обеспечение TMS может также работать в режиме имитации без включения испытательного оборудования, например, для обучения персонала.

Главное окно программы TMS 580 делится на три части:

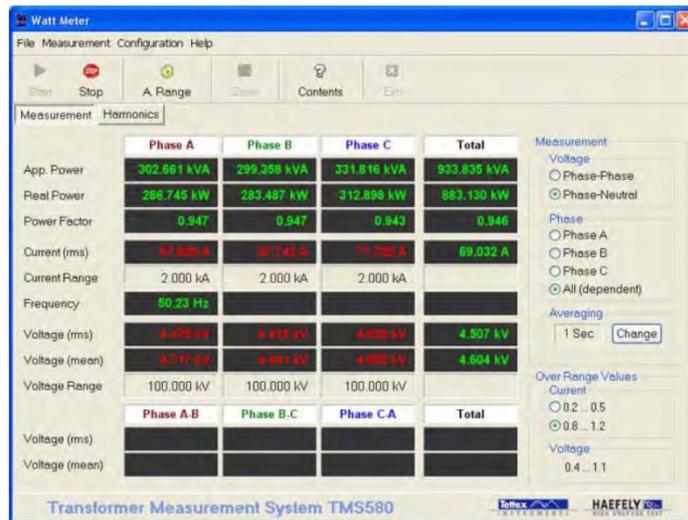
Подготовка испытания: В этой зоне можно вводить все данные, касающиеся обработки файлов, настроек и ордера заказа. Дополнительно в поле непрерывного текста можно вводить общие замечания, такие как сведения из общей документации или программы.

Программы испытаний: В этом разделе имеется доступ к разным видам трансформаторных испытаний: (опыт короткого замыкания, опыт холостого хода, испытание на нагрев, измерение сопротивления нулевой последовательности, испытание индуктированным напряжением, ваттметр, самотестирование).

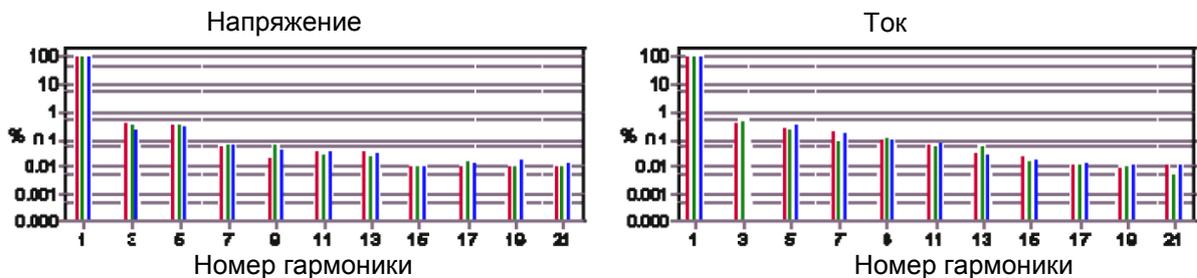
Протоколирование: Эта часть окна предназначена для создания, просмотра и распечатки протокола испытаний. Протокол сохраняется в формате XML/HTML и его можно экспортировать в формате с разделителем запятой (CSV) для дальнейшей обработки данных (например, в Microsoft Excel).



В окне измерений программы TMS 580 отображаются все данные сразу, и работа в нем осуществляется с помощью мыши. Правильно измеренные значения величин отображаются зеленым цветом, а цифры в красном цвете - это данные, полученные при неверном использовании диапазонов измерений или с перегрузкой приборов. Это обеспечивает простой контроль за статусом и выбором диапазонов измерения.



Кроме отображения непосредственно измеренных величин программа TMS 580 вычисляет и отображает гармонический состав тока и напряжения. Это особенно полезно при измерении потерь холостого хода для проверки степени искажения напряжения и тока.



При испытаниях на нагрев результаты измерения напряжения, тока и мощности отображаются графически. Предварительную оценку результатов можно делать без какого-либо трудоемкого редактирования данных или анализа.



В программе TMS есть функция истории измерений, с помощью которой можно увидеть все сохраненные результаты измерений. Можно пометить отдельные результаты измерений для того, чтобы использовать их в протоколе испытаний в формате пользователя, составленного на базе сохраненных наборов данных.

В программе TMS 580 можно импортировать результаты измерений из измерителей сопротивления типов 2291, 2292 и 2285.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Измерение напряжения

Модель	Диапазон	Точность*
TMS 580-100-...	100 В, 200 В, 500 В	0,12 %
	1 кВ, 2 кВ, 5 кВ, 10 кВ, 20 кВ, 50 кВ, 100 кВ	0,10 %
TMS 580-200-...	100 В, 200 В, 500 В	0,12 %
	1 кВ, 2 кВ, 5 кВ, 10 кВ, 20 кВ, 50 кВ, 100 кВ, 200 кВ	0,10 %

* при использовании 40 – 110 % диапазона измерения, включая погрешность калибровки

Измерение тока

Модель	Диапазон	Точность*
TMS 580-...-2000	1 А, 2 А	0,15 %
	5 А, 10 А, 20 А, 50 А, 100 А, 200 А, 500 А, 1000 А, 2000 А	0,11 %
TMS 580-...-4000	2 А, 4 А, 10 А, 20 А, 40 А, 100 А, 200 А, 400 А, 1000 А, 2000 А, 4000 А	0,11 %

* при использовании 40 – 120 % диапазона измерения, включая погрешность калибровки

Измерение мощности

Коэффициент мощности	Диапазон	Точность*
cos φ = 1,000	≥ 1 кВ, ≥ 20 А	0,20 %
	≥ 1 кВ, ≥ 20 А	0,17 %
cos φ = 0,100	≥ 1 кВ, ≥ 20 А	0,25 %
	≥ 1 кВ, ≥ 20 А	0,19 %
cos φ = 0,050	≥ 1 кВ, ≥ 20 А	0,35 %
	≥ 1 кВ, ≥ 20 А	0,26 %
cos φ = 0,020	≥ 1 кВ, ≥ 20 А / 40 А **	0,70 %
cos φ = 0,010	≥ 1 кВ, ≥ 20 А / 40 А **	1,05 %
cos φ = 0,008	≥ 1 кВ, ≥ 20 А / 40 А **	1,25 %

* включает неточность калибровки / ** для системы на 4000 А

Изоляционные расстояния

Модель	до стен	между фазами
TMS 580 -...-100 - ...	0,5 м	1,0 м
TMS 580 -...- 200 - ...	1,0 м	2,0 м

Условия окружающей среды

Рабочая температура	15 ... 30° С (пульт управления и стойка), 10 ... 40° С (компоненты ВН)
Температура при хранении	-25 ... 55° С
Относительная влажность	30 ... 80 % без конденсата

Электропитание

Напряжение	115 В / 230 В + 6 %, - 10 %
Частота	50 Гц / 60 Гц
Мощность	600 ВА (пульт управления), 1200 ВА (шкаф управления)

Вес и размеры

Вес	2583 кг (с упаковкой), 1750 кг (чистый вес)
Объем при отгрузке	6 упаковок, 12 м ³

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ЗАКАЗА

Наименование	Описание	№ для заказа
TMS 580-100-2000	Система измерения трансформаторных потерь 100 кВ / 2000 А	0265271
TMS 580-100-4000	Система измерения трансформаторных потерь 100 кВ / 4000 А	0265281
TMS 580-200-2000	Система измерения трансформаторных потерь 200 кВ / 2000 А	0265291
TMS 580-200-4000	Система измерения трансформаторных потерь 200 кВ / 4000 А	0265301

Комплект поставки:

- 3 Делителя напряжения NK 100 или NK 200
- 3 Трансформатора тока СТ 2000 или СТ 4000
- 1 Шкаф управления с каналами напряжения и тока, ваттметром и калибратором
- 1 Мини стойка 12 HU с пультом оператора и встроенным промышленным компьютером PCI 811
- 1 Лазерный принтер
- 1 17-дюймовый цветной тонкопленочный монитор
- 1 Клавиатура ASCII и мышь
- 1 Комплект соединительных кабелей, длина 60 м (высоковольтные / многоамперные соединительные кабели в комплект поставки не входят)
- 1 Руководство по эксплуатации
- 1 Протокол калибровки

Сопутствующие изделия



Трансформаторная измерительная система **2285** выполняет автоматически измерения коэффициента трансформации и сопротивления обмоток. При испытаниях на нагрев измеряются холодное сопротивление, температуры, выполняется наблюдение за ростом температуры, снимается кривая охлаждения и выполняется экстраполяция.



Мобильный анализатор изоляции **MIDAS 2880** выполняет автоматические измерения емкости, коэффициента потерь ($\tan \delta$) и коэффициента мощности ($\cos \varphi$) высоковольтной изоляции. Имеется встроенный мощный источник напряжения 15 кВ.



Измерители сопротивления при большом токе **2291** и **2292** разработаны специально для высокоточных измерений малых сопротивлений при большой индуктивности, например как у трансформаторных обмоток и т.д.



Прибор **TTR 2795** измеряет коэффициент трансформации, ток возбуждения и фазовый сдвиг между напряжениями первичной и вторичной обмоток.



Анализатор частотных характеристик **FRA 5310**, сканирующий по диапазону частот, записывает частотную характеристику трансформаторных обмоток «отпечатки пальцев».



Измеритель восстанавливающегося напряжения **RVM 5462** записывает восстанавливающееся напряжение и анализирует состояние изоляции, отображая ее спектр поляризации.