

Петров В.К.

Измеритель параметров изоляции «Тангенс 2000»

Три года (с июля 2001 года) для контроля параметров высоковольтной изоляции на ряде предприятий энергетики применяется измеритель параметров изоляции «Тангенс 2000», разработанный ФГУП «НИИЭМП» г. Пенза. Разработка проводилась по ТЗ, согласованному с департаментом стратегии развития РАО «ЕЭС России» (Смекалов В.В.) и ОРГРЭС (Сви П.М.), в соответствии с которым должен был быть разработан прибор, обеспечивающий службам энергопредприятий выполнение контроля высоковольтной изоляции на более высоком уровне, нежели мост «Р – 5026», которым они (службы) были оснащены.

В течение 1999 – 2001г.г. был проведен ряд испытаний измерителя на ОРУ различных энергопредприятий: ПС 110 – 220 кВ ОАО «Пензаэнерго»; ПС 500 кВ – Волжской ГЭС (г. Жигулевск), Балаковской АЭС, Саратовской ГЭС, СВМПЭС – ПС «Вешкайма», «Пенза 2»; 750 кВ – ПС «Белый Раст». В этот же период с целью подтверждения достижения заданных метрологических характеристик был проведен ряд испытаний в ИК ХК «Электрозавод». Испытания на помехоустойчивость проводились в СПК «Белый Раст» под руководством специалистов БП «Электросетьсервис» (Батяев Ю.В.). В декабре 1999г. комиссией во главе с главным специалистом РАО «ЕЭС России» Смекаловым В.В. в НИИЭМП были проведены лабораторные испытания опытного образца измерителя с целью определения устойчивости измерителя к воздействию токов влияния. При испытаниях выявилась недостаточная компенсация 100% влияния при испытательном напряжении 10 кВ. Комиссия указала о необходимости устранения указанной недокомпенсации. В течение первого квартала 2000 г. были проведены необходимые доработки.

На основании указанных испытаний измеритель был предъявлен на сертификационные испытания в системе Госстандарта РФ. По результатам цикла испытаний был выдан сертификат соответствия типу RU. С.34.001.А №14931, измеритель включен в Госреестр за номером №24891 – 03. Испытания на соответствие типу были проведены во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева г. С-Петербург. Испытания по

ФГУП «НИИЭМП» является одним из головных предприятий электронной промышленности, разработчиком и изготовителем изделий электронной техники, спецтехнологического и контрольно-измерительного оборудования. ФГУП «НИИЭМП» обладает мощной метрологической базой, оснащенной уникальным эталонным оборудованием и высокоточными средствами измерения, в том числе единственными в Поволжье рабочими эталонами Ома и Вольта (ВЭТ14-21-85, ВЭТ18-8-87). В настоящее время ФГУП «НИИЭМП» кроме измерителя «Тангенс 2000» выпускается несколько моделей микрометра БСЗ (Госреестр приборов №17843-98, сертификат RU.С.34.033.А №5637 от 20,10,1998г.), предназначенный для контроля технического состояния контактных систем высоковольтных воздушных выключателей, контактных соединений энергооборудования как в стационарных, так и полевых условиях.

подтверждению точностных характеристик при измерении $\text{tg}\delta$ и C проводились на напряжениях до 10 кВ с использованием аппаратуры НИИВВА. В ходе указанных испытаний были проведены испытания блока поверки «Тангенс 2000», входящего в комплект поставки измерителя и обеспечивающего комплектную поверку измерителя на напряжении до 10 кВ непосредственно в службах, эксплуатирующих прибор. Поверка блоков поверки, поставляемых потребителю, проводится также во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева.

В настоящей статье мы хотели ознакомить специалистов с техническими возможностями измерителя Тангенс Т2000, а также исходя из чего и с какой целью были приняты те или иные технические решения при его разработке.

Конструктивно измеритель состоит из блока управления, блока преобразователя и высоковольтного повышающего трансформатора. При поставке измеритель комплектуется повышающим трансформатором типа ОЛ1/10. Общий вид измерителя представлен на рисунке 1.

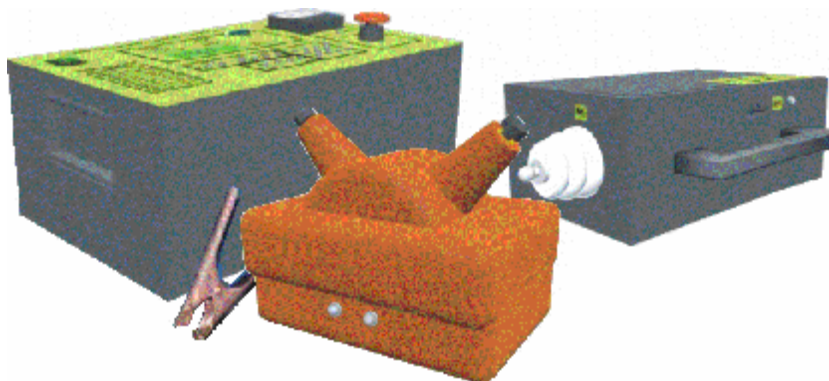


Рисунок 1.

Структурная схема, поясняющая принцип работы измерителя (при измерении по «прямой» схеме) приведена на рисунке 2.

Генератор, входящий в блок управления, питающийся от сети 220В, 50 Гц, вырабатывает синусоидальное напряжение с программно-управляемыми частотой (поочередно 44 и 56 Гц) и амплитудой, которое через повышающий трансформатор (ПТ) подается на объект контроля и на вход блока преобразователя ("ВП"). Сигнал с объекта контроля поступает на второй вход преобразователя (C_x). Блок преобразователя выполняет прямое измерение фазового сдвига между током, протекающим через объект, и напряжением на объекте, а также действующих значений тока через объект и напряжения на объекте. После первичной обработки информация передается в блок управления для расчета и отображения результатов измерений; результат расчетов, приведенный к частоте 50 Гц, выводится на дисплей блока управления.

В связи с тем, что блок преобразователя имеет автономное питание и обмен информацией между блоком преобразователя и блоком управления осуществляется по радиоканалу, исключена потенциальная возможность контакта оператора с высоким напряжением.

Блоком управления реализуются сервисные возможности: сохранение информации о результатах измерений во внутренней памяти с фиксацией введенной оператором дополнительной информации об объекте измерения (тип и серийный номер), об операторе (личный номер), а также об условиях проведения измерения (реальное время и температура объекта).

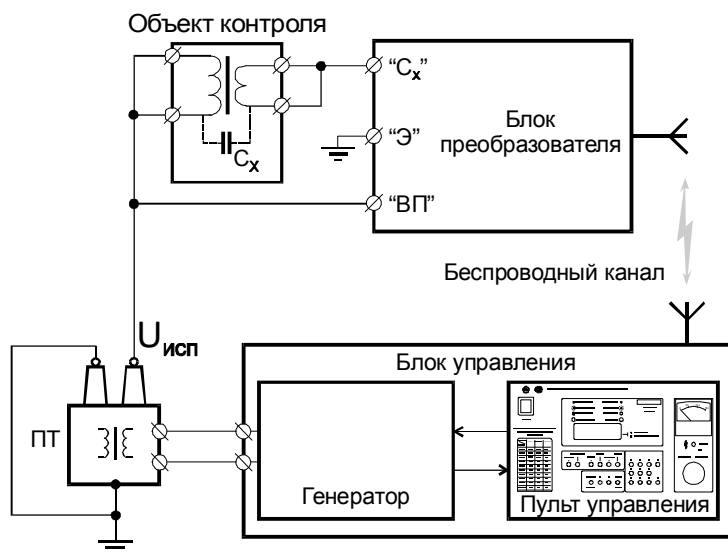


Рисунок 2.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Автоматическая отстройка от помех за счет генерации испытательного напряжения частотой, отличной от промышленной, и высокая точность измерений, позволяющие обнаруживать минимальные изменения параметров изоляции при периодическом контроле высоковольтного оборудования в условиях ОРУ.
- Полностью автоматический процесс измерения с программно-управляемой плавной подачей испытательного напряжения на объект и снятием напряжения по завершении измерения. Общее время измерения не превышает 2,5 мин.
- Функционально полное изделие, не требующее дооснащения образцовым конденсатором, устройством регулирования напряжения, переключателем фазы, фазорегулятором (для работы измерителя необходима лишь розетка 220 В).
- Безопасность работы благодаря отсутствию гальванической связи блока управления с высоковольтными цепями измерителя.
- Контроль параметров изоляции незаземленных и заземленных объектов по «прямой» и «перевернутой» схемам измерения.
- Возможность задания значения $U_{исп}$ в диапазоне от 1000 до 10000 В с погрешностью не

более 2,0 %.

- Получение результата измерений без дополнительных вычислений.
- Хранение информации об условиях и результатах шестисот измерений во внутренней энергонезависимой памяти. Сохраняемая информация: емкость, тангенс угла диэлектрических потерь, тип и зав. номер объекта контроля, личный номер оператора, схема измерения и зона контроля, дата и время выполнения измерения, температура объекта.
- Возможность: просмотра результатов измерений в памяти измерителя, вывода результатов на принтер, передачи результатов в ПЭВМ для документирования и архивирования с помощью входящего в комплект поставки картриджа – электронной памяти;
- В комплект поставки входит блок поверки, обеспечивающий комплектную поверку измерителя на напряжении до 10 кВ непосредственно в службе, эксплуатирующей измеритель;
- Конструкция блоков измерителя обеспечивает возможность его надежную эксплуатацию в составе передвижных лабораторий на шасси грузовых автомобилей без использования каких либо амортизаторов. Конструктивная законченность блоков обеспечивает мобильность измерителя, т.е. при необходимости возможно поблочное транспортирование измерителя и сборка измерительной схемы непосредственно вблизи контролируемого объекта.

Диапазон измерения $\operatorname{tg} \delta$	$1 \times 10^{-5} \dots 1,000$ (0,001 ... 100%)
Погрешность измерения $\operatorname{tg} \delta$	$\pm(2 \times 10^{-4} + 0,01 \times \operatorname{tg} \delta_x)$
Диапазон измерения емкости	10 ... 340×10^3 пФ
Погрешность измерения емкости	$\pm(0,5 \text{ пФ} + 0,005 \times C_x)$
Диапазон испытательного напряжения	1000 ... 10000 В
Погрешность измерения напряжения	$\pm(1 \text{ В} + 0,02 \times U_{\text{исп}})$
Габаритные размеры, масса: - блок преобразователя - блок управления	440x270x160 мм, 7 кг 520x310x260 мм, 17 кг
Диапазон рабочих температур	от минус 10 до 40°C
Время непрерывной работы блока преобразователя от встроенного аккумулятора емкостью 1300 mAh	не менее 8 часов (не менее 150 измерений)

Выбор принципов построения прибора проводился исходя из следующих посылок:

- исключение (или минимизация) влияний внешних помех на результат измерений должно выполняться автоматически без участия оператора;

— прибор должен быть функционально законченным и функционально полным изделием, обеспечивающим автоматическое (без участия оператора) измерение параметров изоляции; функции оператора должны быть сведены к качественному подключению прибора к контролируемому объекту;

— управление прибором не должно требовать от оператора каких либо специальных знаний или запоминания достаточно большого объема информации, иначе говоря, интерфейс прибора должен быть «дружественным»;

— конструкция прибора должна обеспечивать максимально возможную электро-безопасность оператора;

— поверка прибора должна быть обеспечена технически в любом регионе РФ.

Анализ возможных путей снижения влияния внешних помех на результат измерений позволил нам сделать вывод, что наиболее оптимальным является частотный метод, т.е. выполнение измерения при подаче на объект контроля испытательного напряжения, имеющего частоту, отличную от частоты токов влияния – 50 Гц. Отстройка от токов влияния путем выполнения двух измерений при напряжениях, отличающихся друг от друга на 180 ° (переворот фазы) может считаться достаточно достоверной только при условии стабильности токов влияния при этих измерениях. Отстройка от высокочастотных помех должна выполняться с помощью необходимых фильтров.

Измеритель «Тангенс 2000» в настоящее время на российском рынке является единственным прибором, который разработан и изготавливается в России. Кроме того, он является единственным прибором, в котором измерение параметров изоляции выполняется без участия оператора полностью автоматически, включая процесс подачи и съема испытательного напряжения и отстройку от различного рода помех (влияний). Помехозащищенность в измерителе «Тангенс 2000» принципиально более высокого уровня, нежели в других приборах, предлагаемых на рынке. Кроме того, от оператора при подготовке к измерению не требуется следить за положением механических галетных переключателей, установленных на приборе, и за правильностью ввода параметров образцового конденсатора, как это необходимо в «Векторе». В нашем приборе отсутствуют электромеханические реле, участвующие непрерывно в процессе измерения и имеющие достаточно большой, но ограниченный ресурс, как в СА7100. Фактор субъективности, т.е. вольного или невольного влияния оператора на результат измерения, в нашем приборе сведен к нулю.