

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ФГУП "НИИЭМП" ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В. Недорезов, д.т.н., В. Петров, В. Плотников, М. Смирнов niiemp@rambler.ru

В середине 1960-х годов во ФГУП "НИИЭМП" было создано подразделение по разработке специализированного контрольно-измерительного оборудования для проверки параметров разрабатываемых электронных компонентов. Большой опыт в области создания контрольно-измерительных приборов и квалифицированные кадры позволили в 1990-е годы начать разработку и производство контрольно-диагностических приборов в интересах естественных монополий: РАО ЕС России, ОАО "РЖД", Росатома. Все выпускаемые приборы сертифицированы в РФ, отдельные – в Белоруссии, Украине и Казахстане. География продаж контрольно-измерительных приборов НИИЭМП охватывает практически все регионы России и отдельные регионы стран ближнего зарубежья. Остановимся подробно на созданных ФГУП "НИИЭМП" контрольно-измерительных приборах.

С 1994 года в соответствии с техническими заданиями крупных энергетических предприятий ОРГРЭС, ОАО "Самараэнерго", ОАО "Пензаэнерго", Саратовская ГЭС, Волжская ГЭС им. В.И.Ленина и других были созданы контрольно-диагностические приборы для предприятий энергетики:

- микроомметр БСЗ-010;
- омметр "Виток";
- измеритель параметров трансформаторов "Коэффициент";
- измеритель параметров трансформаторов "Коэффициент-3";
- омметры ОА 3201, 3201М;
- цифровой киловольтметр СКВ-100;
- измеритель параметров изоляции "Тангенс-2000".

Приборы успешно прошли сравнительные испытания с отечественными и зарубежными аналогами на подстанциях до 750 кВ в различных регионах страны. Неоднократно представлялись на Всероссийском конкурсе "100 лучших товаров России" и получали его дипломы, а измеритель "Тангенс-2000" стал победителем конкурса 2010 года в номинации

"Продукция производственно-технического назначения".

Что же представляют собой эти контрольно-измерительные приборы?

Микроомметры (рис.1), предназначены для измерения переходных сопротивлений контактов мощных выключателей, болтовых, паяных и других соединений цепей энергосистем подстанций до 750 кВ в условиях помех электрического поля с напряженностью до 30 кВ/м.



Рис.1. Микроомметры БСЗ-010



Рис.2. Омметр "Виток"

- Сегодня выпускаются микроомметры:
- БСЗ-010-3 – полевой вариант с комбинированным питанием (от электрической сети или аккумулятора) и расширенным диапазоном измерений по сравнению с предыдущим вариантом – микрометром БСЗ-010-1;
- БСЗ-010-2 – лабораторный вариант с высокими метрологическими характеристиками (табл.1).

Омметр "Виток" (рис.2) предназначен для измерения электрического сопротивления по постоянному току объектов со значительной индуктивностью (обмоток силовых трансформаторов, генераторов и электродвигателей, а также жил силовых кабелей на металлических каркасах и др.). Время измерения зависит от индуктивности контролируемых объектов. Прибор успешно эксплуатируется при контроле силовых трансформаторов мощностью до 25000 кВА.

Сейчас омметр "Виток" выпускается в двух модификациях – с сетевым и комбинированным (аккумулятор, сеть) питанием.

Технические характеристики омметра "Виток"

Диапазон измеряемых сопротивлений, Ом 10^{-6} – 10^5
 Максимальная погрешность, % $\pm 0,2$
 Диапазон рабочих температур, °С..... -5...40

Таблица 1. Технические характеристики микрометров

Параметр	БСЗ-010-3	БСЗ-010-2
Диапазон измеряемых сопротивлений, Ом	10^{-7} – 10^4	10^{-8} –1
Основная приведенная погрешность, макс., %	0,3	0,1
Измерительный ток, макс., А	3,0	
Длина входных кабелей, м	15,0	3,0
Диапазон рабочих температур, °С	-5...40	10...40
Габариты, мм	270×246×124	320×220×125
Масса, макс., кг	4,0	5,0

Потребляемая мощность, макс., ВА..... 90
 Габариты, макс., мм270×246×175
 Масса макс., кг 4,0
 Прибор успешно применяется для контроля силовых трансформаторов мощностью до 25000 кВА.

Измерители параметров трансформаторов "Коэффициент" и "Коэффициент-3" (рис.3 и 4). Предназначены для контроля параметров мощных трансформаторов для оснащения эксплуатационных служб энергосистем и предприятий, выпускающих энергетическое оборудование (табл.2). Микропроцессорный измеритель "Коэффициент" может использоваться в качестве вольтметра и амперметра переменного тока. Возможно его применение в качестве двух гальванически развязанных вольтметров или вольтметра и амперметра.

Микропроцессорный измеритель "Коэффициент-3" позволяет измерять коэффициент трансформации трансформаторов всех схем и групп соединений по ГОСТ 30830 одновременно по трем фазам (табл.3). Он может использоваться в качестве многоканального вольтметра переменного тока, при этом каналы $U_{ВНА}$, $U_{ВНВ}$ и $U_{ВНС}$ гальванически изолированы от каналов $U_{ННА}$, $U_{ННВ}$ и $U_{ННС}$.

Компактные микропроцессорные омметры ОА3201 и ОА3201М (рис.5) предназначены

Таблица 2. Технические характеристики измерителя "Коэффициент"

Измеряемая величина	Диапазон измерений	Допустимая основная погрешность измерений, %
Действующее (среднеквадратическое) значение переменного напряжения U, В	25–420	$\pm[0,5+0,5 \cdot (U_k/U-1)]$
Действующее (среднеквадратическое) значение переменного напряжения U _{нн} , В	42–420	$\pm[0,5+0,5 \cdot (U_{ннк}/U_{ннк}-1)]$
	2–42	$\pm[0,5+0,5 \cdot (U_{ннк}/U_{ннк}-1)]$
Коэффициент трансформации K _{тн}	1–100	$\pm[0,5+0,5 \cdot (K_t/K_{тн}-1)]$
Действующее (среднеквадратическое) значение переменного тока I, А	20–100	$\pm[2+0,2 \cdot (I'_k/I'-1)]$
	2,0–20	$\pm[0,5+0,5 \cdot (I_k/I-1)]$
	0,20–2,0	
	0,020–0,20	
Активная электрическая мощность P, Вт	840–8400	$\pm[1+0,2 \cdot (P_k/P-1)]$
	84–840	$\pm[0,5+0,05 \cdot (P_k/P-1)]$
	4,4–84	
Сопротивление короткого замыкания Z _{кз} , Ом	2100–21000	$\pm[0,5+0,05 \cdot (Z_{кз}/Z_{кзн}-1)]$
	210–2100	
	11–210	
	2–20	$\pm[0,2+0,02 \cdot (Z_{кз}/Z_{кзн}-1)]$



Рис.3. Измеритель параметров трансформаторов "Коэффициент"



Рис.4. Измеритель параметров трансформаторов "Коэффициент-3"

Таблица 3. Технические характеристики измерителя "Коэффициент-3"

Измеряемая величина	Диапазон измерений	Допустимая основная погрешность измерений, %
Действующее (среднеквадратическое) значение переменного напряжения U, В Каналы измерения: U _{ВНА} , U _{ВНВ} , U _{ВНС} , U _{ННА} , U _{ННВ} , U _{ННС}	50–500	$\pm[0,5+0,5 \cdot (U_{max}/U-1)]$
Действующее (среднеквадратическое) значение переменного напряжения U _{НН} , В Каналы измерения: U _{ННА} , U _{ННВ} , U _{ННС}	5–50	$\pm[0,5+0,5 \cdot (U_{max}/U-1)]$
	0,5–5	
	0,05–0,5	
Коэффициент трансформации K _м	1–10	$\pm[0,5+0,5 \cdot (K_m/K_{mmin}-1)]$
	10–100	
	100–1000	
	1000–5000	

для измерения в лабораторных условиях значений электрического сопротивления в диапазоне от 100 мкОм до 10 МОм (омметр ОА 3201) и от 10 мкОм до 22 МОм (омметр ОА 3201М) (табл.4). Кроме того, ОА3201 можно использовать для измерения температуры окружающей среды в диапазоне -50...100°C и для коррекции результатов измерения электрического сопротивления в зависимости от температуры окружающей среды.

Омметры позволяют контролировать отклонение измеряемого сопротивления от установленного номинального значения, вводить допустимые



Рис.5. Омметры ОА 3201 (а) и 3201М (б)

Таблица 4. Технические характеристики омметров ОА3201 и ОА3201М

Параметр	ОА 3201	ОА 3201М
Диапазон измеряемых сопротивлений, Ом	$10^{-5}-10^7$	$10^{-5}-22 \times 10^6$
Погрешность измерения сопротивления, %	$\pm(0,05-0,2)$	$\pm(0,01-0,5)$
Диапазон измеряемых температур, °С	-50...100	-
Погрешность измерения температуры, макс., °С	$\pm 0,5$	-
Потребляемая мощность, макс., ВА	4,5	20
Габариты, мм	225×165×140	350×1200×1125
Масса, макс., кг	1,5	2,5

значения положительного и отрицательного отклонений, осуществляют звуковую и световую сигнализации.

Цифровой киловольтметр СКВ-100 (рис.6) предназначен для измерения значений напряжения постоянного тока, действующих и амплитудных значений напряжения переменного тока, а также контроля их формы и спектральных характеристик. Киловольтметр выпускается в трех модификациях: переносной с сетевым питанием, переносной с аккумуляторным питанием и стационарный в щитовом исполнении.

Технические характеристики киловольтметра СКВ-100

- Диапазон измерения напряжения постоянного тока, кВ 0,1-100
- Диапазон измерения действующих значений напряжения переменного тока частотой 50 Гц, В 0,1-100
- Диапазон измерения амплитудных значений напряжения переменного тока частотой 50 Гц, кВ 0,1-140
- Входная емкость делителя, макс., пФ 100
- Активное входное сопротивление делителя, МОм 300



Рис.6. Цифровой киловольтметр "СКВ-100"

- Коэффициент деления делителя 1/10000
- Предел допустимой основной приведенной погрешности, % $\pm 0,5$
- Масса, включая тару и соединительные кабели, кг 15
- Габариты упаковочной тары, мм 800×1250×1250
- Напряжение питание, В
от промышленной сети частотой 50 Гц .. 220
от автономного источника 9

Измеритель "Тангенс-2000" (рис.7) – помехозащищенный, высокоточный, безопасный в эксплуатации прибор предназначен для контроля параметров изоляции высоковольтного оборудования. "Тангенс-2000" – функционально полное изделие,



Рис.7. Измеритель параметров изоляции "Тангенс-2000"

не требующее дооснащения образцовым конденсатором, устройством регулирования напряжения, переключателем фазы, фазорегулятором, трансформатором. Обмен информацией между блоками преобразователя и управления осуществляется по беспроводному каналу. В комплект поставки прибора входит блок поверки измерителя на напряжение до 10 кВ.

Технические характеристики измерителя "Тангенс-2000"

Диапазон измерения тангенса угла диэлектрических потерь	$1 \cdot 10^{-5} - 1,000$
Диапазон измерения емкости, пФ	$10 - 340 \cdot 10^3$
Пределы допустимой основной абсолютной погрешности измерения тангенса угла диэлектрических потерь	$\pm(2 \cdot 10^{-4} + 0,01 \cdot \text{xtg}\delta)$
Пределы допустимой основной абсолютной погрешности измерения емкости, пФ	$\pm(0,5 + 0,005C)$
Предел допустимой дополнительной погрешности по тангенсу угла диэлектрических потерь, вызванной изменением температуры среды на 10°C	$1 \cdot 10^{-4} + 0,005\text{tg}\delta$
Предел допустимой дополнительной погрешности, вызванной изменением температуры среды на 10°C , по емкости, пФ.....	$0,25 + 0,0025C$
Предел допустимой дополнительной погрешности по тангенсу угла диэлектрических потерь, вызванной токами влияния	$\pm(2 \cdot 10^{-4} + 0,01\text{tg}\delta)$
Предел допустимой дополнительной погрешности, вызванной токами влияния, по емкости, пФ.....	$\pm(0,5 + 0,005C)$
Испытательное напряжение, кВ.....	1-10
Напряжение питающей сети переменного тока частотой 50 Гц, В	220
Напряжение встроенного источника постоянного тока, В.....	9,6
Срок службы, лет	8
Условия эксплуатации:	
температура окружающего воздуха, $^\circ\text{C}$	-10...40
относительная влажность воздуха при 30°C , макс., %	90
диапазон давления, кПа (мм рт. ст.)	70-106,7 (537-800)
Суммарная масса измерителя, кг	50
Габариты блока управления, мм	520×310×260



Рис.8. Измеритель параметров заземляющих устройств "ЗОНД"

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ

По плану инициативных работ за счет собственных средств институт проводит разработки ряда контрольно-диагностических приборов для энергетических предприятий. К ним относятся.

Измеритель параметров заземляющих устройств "ЗОНД" (рис.8), который предназначен для измерения:

- сопротивления заземляющих устройств по трехпроводной или четырехпроводной схеме;
- сопротивления многократных заземляющих устройств без разрыва цепей заземления (с применением токоизмерительных клещей);
- переменного тока (тока утечки);
- переменного напряжения (селективный вольтметр);
- удельного сопротивления грунта.



Рис.9. Микроомметр "ТС-1"



Рис.10. Микроомметр БС3-200

Технические характеристики измерителя "Зонд"

- Диапазон измерительного тока, мА 0-500
- Диапазон измерения действующего значения напряжения помехи, В 0-420
- Погрешность измерения действующего значения напряжения помехи, макс., % ... 2
- Диапазон измерения действующего значения тока утечки, А 0-100
- Погрешность измерения действующего значения тока утечки, макс., А 2
- Диапазон измерения сопротивления заземляющих устройств, кОм 0-20
- Время измерения, макс., с 10
- Диапазон рабочих температур, °С -10...45
- Габариты, мм 406×330×174

Микроомметр ТС-1 (рис.9). Предназначен для измерения в условиях помех электрического поля с напряженностью до 20 кВ/м электрического сопротивления по постоянному току различных узлов распределительных щитов небольших подстанций, электрических аппаратов, в том числе контактов выключателей, болтовых, паяных и других соединений цепей энергосистем. Достоинства микроомметра - питание от встроенных аккумуляторных батарей стандартного размера АА, малые габариты, небольшая масса, низкая цена, простота управления, безопасность эксплуатации.

Технические характеристики ТС-1

- Диапазон измерения сопротивления, Ом..... 10⁷-10³
- Предел абсолютной погрешности, макс., % 0,5
- Диапазон измерения действующих значений напряжений переменного тока, В 0-400
- Измерительный ток, макс.,А 1,0
- Длина входных кабелей, м 3,0
- Диапазон рабочих температур, °С -5...40

Многофункциональный тестер "Энергетик" (рис.10). Предназначен для измерения электрических параметров в одно- и трехфазных сетях, может использоваться эксплуатационными службами предприятий ТЭК при ремонтных и наладочных работах.

Тестер питается от сети переменного тока через внешний адаптер или от четырех аккумуляторов типа NiMh.

Технические характеристики тестера "Энергетик"

- Диапазон измерения сопротивления, Ом..... 10³-10⁵
- Диапазон измерения действующего значения переменного напряжения, В 10³-450
- Диапазон измерения действующего значения переменного тока, А 10³-100
- Диапазон измерения активной, реактивной и полной мощности, Вт 10³-5·10⁴
- Диапазон рабочих температур, °С -5...45



Рис.11. Высоковольтный импульсный делитель напряжений

Габариты, мм 180×100×40
 Масса, макс., кг 1

Микроомметр БСЗ-200 (рис.10). Предназначен для измерения переходных сопротивлений контактов мощных выключателей, болтовых, паяных и других соединений цепей энергосистем подстанций до 750 кВ в условиях помех электрического поля с напряженностью до 30 кВ/м.

Технические характеристики БСЗ-200

Диапазон измерения сопротивления, Ом 10^{-7} -1
 Основная приведенная погрешность, макс., % 0,5-1
 Измерительный ток, макс., А 200
 Длина входных кабелей, м 15
 Диапазон рабочих температур, °С -5...40
 Потребляемая мощность, макс., Вт 1000

Отличительная особенность микроомметра БСЗ-200 от БСЗ-010-3 – выполнение измерений на токе до 200 А, что повышает достоверность результатов измерения. Приборы БСЗ-200 и ТС-1 успешно прошли испытания при мощных электромагнитных помехах в Северо-Восточных электрических сетях г. Балаково.

Высоковольтный импульсный делитель напряжений (ДН) (рис.11). Предназначен для преобразования высоких напряжений до уровня, безопасного для последующей обработки, хранения, передачи измерительного сигнала. Делитель может использоваться для контроля режимов работы тиристорных и транзисторных компенсаторов реактивной мощности до 200 МВАр в энергетических установках, для технического обслуживания, ремонта, наладки, испытания высоковольтных энергоустановок в лабораторных условиях, а также для

наблюдения и измерения сигналов при производстве и учете электроэнергии, контроля качества изоляции и т.п.

Технические характеристики делителя напряжений

Диапазон входных напряжений, кВ
 постоянного тока 1-40
 переменного тока 1-30
 импульсного (1,2/50 мкс) тока 1-100
 Номинальный коэффициент деления 2500
 Основная погрешность ДН, ±1
 Входная емкость, макс., пФ 50
 Входное активное сопротивление, макс., Мом 150
 Емкость нагрузки, макс., пФ 30
 Активное сопротивление нагрузки, мин., МОм 1
 Время нарастания переходной характеристики, мин., нс 17
 Диапазон рабочих частот, макс., МГц 20
 Масса, макс., кг., 5,0
 Габариты, мм $\varnothing 180 \times 360$