

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМС»



В.Н. Яншин

16 апреля 2008 г.

Измерители тангенса угла потерь и удельного сопротивления диэлектрика DTL

Методика поверки

и.р 38341-08

Москва
2008 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| Раздел | стр. |
|-----------------------------------|-------------|
| Введение | 3 |
| 1. Операции поверки | 3 |
| 2. Средства поверки | 3 |
| 3. Требования безопасности | 4 |
| 4. Условия проведения поверки | 4 |
| 5. Подготовка к поверке | 4 |
| 6. Проведение поверки | 5 |
| 7. Оформление результатов поверки | 8 |

Введение

Настоящая методика устанавливает методы и средства первичных и периодических проверок измерителей тангенса угла потерь и удельного сопротивления диэлектрика DTL, выпускаемых по технической документации фирмы «BAUR Prüf- und Messtechnik GmbH», Австрия.

Измерители тангенса угла потерь и удельного сопротивления диэлектрика DTL предназначены для измерений тангенса угла потерь, коэффициента диэлектрической проницаемости и удельного электрического сопротивления изолирующих жидкостей.

Основная область применения: измерение тангенса угла потерь, коэффициента диэлектрической проницаемости и удельного электрического сопротивления трансформаторного масла.

Наряду с указанными далее средствами измерений и методикой поверки, могут применяться другие, равноценные средства и методики.

Межповерочный интервал – 2 года.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При поверке выполняются операции, указанные в таблице 1.

1.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций поверка прекращается и прибор бракуется.

Таблица 1. Операции поверки

| Наименование операции | пункт методики поверки | Проведение операции при | |
|--|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | | первичной поверке | периодической поверке |
| Внешний осмотр | 6.1 | + | + |
| Опробование | 6.2 | + | + |
| Определение погрешностей измерений Напряжений постоянного тока | 6.3 | + | + |
| Определение погрешностей измерений Напряжений переменного тока | 6.4 | + | + |
| Определение погрешностей измерений тангенса угла потерь | 6.5 | + | + |
| Определение погрешностей измерений относительной диэлектрической проницаемости | 6.6 | + | + |
| Определение погрешностей измерений удельного сопротивления | 6.7 | + | + |
| Определение погрешностей измерений температуры измерительного элемента | 6.8 | + | + |

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны применяться средства измерений, перечисленные в таблице 2.

Таблица 2. Средства поверки.

| Наименование воспроизводимой/измеряемой величины | Требуемый диапазон | Требуемый класс точности, погрешность | Рекомендуемый тип |
|--|--------------------|---|--------------------------------------|
| Напряжение постоянного тока переменного тока | 1 мВ – 1000 В | $\pm (0,0045+0,0005 \text{ предела.}) \%$ | Вольтметр универсальный DM3061 |
| | 1 мВ ... 700 В | $\pm (0,04+0,01 \text{ предела.}) \%$ | |
| Частота | 3 Гц...300 кГц | $\pm 10^{-7}$ | |

Таблица 2. Средства поверки. Продолжение.

| Наименование воспроизводимой/измеряемой величины | Требуемый диапазон | Требуемый класс точности, погрешность | Рекомендуемый тип |
|--|--|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Электрическая ёмкость | 150 пФ, $\text{tg}\delta \leq 10^{-5}$ | $\pm 5\%$ | К61-7 (10 кВ) |
| Электрическая ёмкость | 470; 1500; 3300 пФ | $\pm 5\%$ | К78-5 (2 кВ) |
| Электрическая ёмкость | 20 пФ...2,083 мкФ | $\pm 0,05\%$ | Измеритель RLC прецизионный LCR-819 |
| Тангенс угла потерь | 0,00001...1 | | |
| Сопротивление | 4,12 МОм (2шт.) 8,25 кОм | $\pm 0,1\%$ | C2-29B 2 Вт C2-29B 0,25 Вт |
| Сопротивление | 2; 20; 200 кОм 2; 20; 50 МОм | $\pm 0,1\%$ | C2-29B 0,25 Вт C2-29B 2 Вт |
| Сопротивление | 5; 20; 50; 200 МОм 2; 5 ГОм | $\pm 1\%$ | Магазин сопротивлений RCB-1 |
| Температура | -50...200 °С | $\pm 0,05\text{ }^\circ\text{C}$ | Термометр электронный «ЛТ-300» |

Примечания:

1. Вместо средств поверки, указанных в таблице 2 разрешается применять другие аналогичные средства измерений, обеспечивающие измерение соответствующих параметров с требуемой точностью.

2. Все средства измерений должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства (отметки в формулярах или паспортах) о поверке.

3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

К проведению поверки допускаются лица, изучившие инструкцию по эксплуатации генераторов и прошедшие проверку знаний правил техники безопасности и эксплуатации электроустановок напряжением до 3 кВ.

4. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

Поверка производится при нормальных условиях по ГОСТ 15150:

- температура $(20 \pm 5)\text{ }^\circ\text{C}$;
- влажность $(65 \pm 15)\%$;
- атмосферное давление (100 ± 4) кПа или (750 ± 30) мм. рт. ст.

5. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

5.1. Подготовительные работы

Перед поверкой должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

1. Проверены документы, подтверждающие электрическую безопасность.
2. Поверены и подготовлены к работе согласно руководствам по эксплуатации средства измерений, используемые при поверке.
3. Проведены технические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с действующими положениями ГОСТ 12.2.007.0-75.

5.2 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие проверяемого вольтметра следующим требованиям:

1. Комплектность должна соответствовать руководству по эксплуатации.
2. Все органы управления и коммутации должны действовать плавно и обеспечивать надежность фиксации во всех позициях. Указатель позиции должен совпадать с соответствующими надписями на лицевой панели.
3. Не должно быть механических повреждений корпуса, лицевой панели, органов управления. Все надписи на панелях должны быть четкими и ясными.
4. Все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений и должны быть чистыми.

При наличии дефектов проверяемый вольтметр бракуется и направляется в ремонт.

6. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

Все операции поверки, за исключением опробования проводятся при удалённой измерительной ячейке.

6.1. Проверяемые метрологические характеристики

Определению подлежат основные погрешности измерений. Основные погрешности измерений не должны превышать указанных в таблице 3 нормированных метрологических характеристик.

Таблица 3. Диапазоны и основные погрешности измерений.

| Измеряемые величины | Диапазоны измерений | Пределы допустимых основных погрешностей |
|--|-----------------------------|---|
| Испытательное напряжение переменного тока, В | 500...2000 (55 Гц) | $\pm 0,5$ % приведен. значение |
| Испытательное напряжение постоянного тока, В | $\pm (125...500)$ | $\pm 0,2$ % приведен. значение |
| Тангенс угла потерь | 50 Гц 60 Гц | 0,00001 до 4,910 0,00001 до 3,412 $\pm(1 \% + 0,00008)$ |
| Относительная диэлектрическая проницаемость | 1,0 ...30,0 | ± 1 % приведенное значение |
| Удельное сопротивление, МОм-м | 2,5 ... 20x10 ¹² | ± 3 % |
| Температура в измерительном элементе, °С | 1 ... 110 | $\pm 0,4$ °С |

Результаты измерений заносятся в таблицы.

6.2 Опробование

Опробование проводится в следующей последовательности:

1. Разместить на месте проведения поверки проверяемый DTL и средства поверки. Подключить проверяемый вольтметр к калибратору.
2. Включить DTL, выдержать во включенном состоянии время, указанное в руководстве по эксплуатации для установления нормального режима работы. Убедиться в нормальной работе дисплея.
3. По дисплею DTL выборочно проверить возможность установления различных значений переменного и постоянного напряжения обеих полярностей, функционирования режимов измерения ёмкости, тангенса потерь и удельного сопротивления измерительной ячейки.

При невыполнении функций или грубых ошибках измерений DTL бракуется и направляется в ремонт.

6.3. Определение погрешностей измерений напряжений постоянного тока

Удалить из DTL измерительную ячейку и подсоединить к выходу испытательного напряжения вольтметр. Установить DTL в режим измерения удельного сопротивления, а вольтметр – в режим измерения напряжения постоянного тока. Включить DTL в режим измерения удельного сопротивления.

Изменяя значение испытательного напряжения, сравнить показания внутренней системы измерения и внешнего вольтметра для значений 125, 250 и 500 В. Измерения проводятся для положительной и отрицательной полярности. Показания DTL не должны отличаться от показаний вольтметра более, чем на $\pm 0,2\%$ приведенного значения (± 1 В).

6.4. Определение погрешностей измерений напряжений переменного тока

Поскольку пределы измерений распространённых вольтметров переменного тока меньше необходимой величины, а погрешности стандартных делителей напряжения выше необходимого значения, при измерении используется включение вольтметра через делитель из прецизионных резисторов. Верхнее плечо делителя из двух последовательно включенных резисторов по 4,12 МОм подключается к выходу испытательного напряжения, а к нижнему плечу – резистору величиной 8,25 кОм - вход вольтметра.

Установить DTL в режим измерения тангенса угла потерь, а вольтметр – в режим измерения напряжения переменного тока. Включить DTL.

Сравнить показания внутренней системы измерения и внешнего вольтметра для значений испытательного напряжения 500, 750, 1000, 1500 и 2000 В. Показания DTL не должны отличаться от показаний вольтметра более, чем на $\pm 0,5\%$ приведенного значения (± 10 В).

Одновременно с измерением напряжений переменного тока необходимо по второй строчке дисплея проверять его частоту, которая должна лежать в пределах от 54,5 до 55,5 Гц.

6.5. Проверка основных погрешностей измерений тангенса угла потерь.

При проверке тангенса угла потерь используется составная мера, состоящая из вакуумного конденсатора с очень малыми диэлектрическими потерями, и включенного последовательно с ним резистора.

Точное значение ёмкости вакуумного конденсатора определяется измерителем RLC прецизионным LCR—819. Этим же измерителем с достаточной точностью может быть измерен и тангенс угла потерь цепи из последовательно включенных вакуумного конденсатора и резистора.

Подключить конденсатор составной меры к выходу испытательного напряжения, последовательно с ним резистор на измерительный вход DTL. Измерения проводятся для пяти значений тангенса угла потерь.

Порядок тангенса угла потерь для конденсатора ёмкостью 150 пФ при последовательном подключении резисторов представлен таблицей 4.

Таблица 4. Порядок тангенса угла потерь конденсатора при последовательном подключении резисторов

| Ёмкость, пФ | Сопротивление, Ом | $\text{tg}\delta$ |
|-------------|-------------------|-------------------|
| 150 | 2 кОм | 10^{-4} |
| 150 | 20 кОм | 10^{-3} |
| 150 | 200 кОм | 10-2 |
| 150 | 2 МОм | 10-1 |
| 150 | 20 МОм | 1 |

Сравнить показания DTL со значениями, полученными с помощью измерителя LCR-819. Значения должны различаться не более, чем $\pm(1\% + 0,00008)$.

6.6. Определение погрешностей измерений относительной диэлектрической проницаемости

Определение основано на замещении материалов с различной диэлектрической проницаемостью на измерение конденсаторов с различной ёмкостью. Пример результата таких измерений представлен в таблице 4.

Таблица 4. Показания DTL относительной диэлектрической проницаемости при подключении внешних конденсаторов различной ёмкости.

| Ёмкость, пФ | Относительная диэлектрическая проницаемость |
|-------------|---|
| 150 | 1 |
| 500 | 3,33 |
| 1500 | 10,00 |
| 3300 | 22,00 |

При проведении таких измерений должны быть точно измерены ёмкости используемых конденсаторов. В данном случае удобно использовать вакуумный конденсатор, для которого относительная диэлектрическая проницаемость близка к 1, и трёх высоковольтных пропиленовых конденсаторов. Ввиду предельно допустимого переменного напряжения на них 1400 В, измерения следует проводить на меньших напряжениях.

Сравнить показания, полученные DTL со значениями, полученными с помощью измерителя LCR-819. Значения должны различаться не более, чем $\pm (1 \% + 0,00008)$.

6.7. Определение погрешностей измерений удельного сопротивления

Принцип измерения основан на замещении образца испытываемой жидкости резистором. Между выходом испытательного напряжения и измерительным входом DTL подключается один из резисторов магазина высокоомных сопротивлений. DTL устанавливается в режим измерений удельного сопротивления и запускается измерение.

Величина показаний DTL при подключении резисторов представлена таблицей 5.

Таблица 5. Показания внутреннего омметра DTL при подключении имитирующего резистора.

| Сопротивление, МОм | Показания омметра, МОм |
|--------------------|------------------------|
| 5 000 | 39667 |
| 2 000 | 15822 |
| 500 | 39755 |
| 200 | 1581,5 |
| 50 | 206,25 |
| 20 | 158,24 |
| 5 | 39,66 |

Результаты измерений должны лежать в пределах $\pm 3 \%$ от значения правой колонки таблицы 5.

6.8. Определение погрешностей измерений температуры измерительного элемента

Измерения проводятся при установленной и заполненной соответствующей жидкостью измерительной ячейке. Для улучшения безопасности измерений, желательно проводить их при установке на DTL режима измерений удельного сопротивления при минимальном значении испытательного напряжения.

Через заливное отверстие ячейки опустить до погружения в жидкость измерительный преобразователь термометра. Включить режим установки температуры ячейки и, после выдержки в этом режиме времени, указанного в руководстве по эксплуатации, снять показания термометра.

Измерения проводятся при температуре окружающего воздуха (без нагрева) при 40, 60, 75 и 100 °С.

Показания на дисплее DTL должны отличаться от показаний термометра не более, чем на $\pm 0,4$ °С.

7. Оформление результатов поверки

При положительных результатах первичной поверки на корпус DTL наносится поверительная наклейка, в руководстве по эксплуатации производится запись о годности к применению и (или) выдается свидетельство о поверке.

При отрицательных результатах поверки DTL не допускается к дальнейшему применению, в паспорт вносится запись о непригодности его к эксплуатации, клеймо предыдущей поверки гасится, свидетельство о поверке аннулируется и выдается извещение о непригодности.