

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ФБУ "УРАЛТЕСТ"

Г.А. Шахалевич

"24" ноября 2014 г.

ОЛТЕСТ ООО "ОЛТЕСТ"

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО "ОЛТЕСТ"

В.А. Хомцов

"20" ноября 2014 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Мосты переменного тока высоковольтные автоматические CA7100

Руководство по эксплуатации

Часть 2. Методика поверки
ПДРМ.411210.001 РЭ1

2014 г.

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	2
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	2
3 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ	2
4 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ	6
5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	9
6 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА	10
7 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ	10
8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ	10
8.1 Внешний осмотр	10
8.2 Проверка электрической прочности изоляции.....	10
8.3 Определение электрического сопротивления изоляции	11
8.4 Идентификация программного обеспечения	11
8.5 Опробование.....	12
8.6 Проверка диапазонов измерений, основной относительной погрешности при измерении емкости и основной абсолютной погрешности при измерении тангенса угла потерь.....	14
8.7 Определение основной относительной погрешности при измерении напряжения переменного тока, приложенного к эталонному конденсатору	28
8.8 Определение диапазона измерений и основной абсолютной погрешности при измерении частоты рабочего напряжения.....	29
8.9 Определение основной относительной погрешности при измерении емкости с использованием встроенного эталонного конденсатора	30
8.10 Определение основной относительной погрешности при измерении емкости и абсолютной погрешности при измерении тангенса угла потерь с использованием встроенного эталонного конденсатора	32
8.11 Определение основной относительной погрешности установки рабочего напряжения при использовании источника переменного рабочего напряжения	33
8.12 Определение основной относительной погрешности установки постоянного рабочего напряжения при измерении сопротивления постоянному току	36
8.13 Проверка основной относительной погрешности при измерении сопротивления постоянному току.....	39
8.14 Определение дополнительной погрешности при измерении сопротивления постоянному току при воздействии на измерительный вход моста "C _x , R _x " синусоидального тока промышленной частоты	42
9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	43

Настоящий документ является второй частью руководства по эксплуатации мостов переменного тока высоковольтных автоматических СА7100 (далее – РЭ мостов) и содержит методику их поверки.

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Методика поверки распространяется на мосты переменного тока высоковольтные автоматические СА7100 (далее – мост, мосты) при выпуске из производства и после ремонта, а также в эксплуатации. Методика поверки разработана в соответствии с требованиями РМГ 51 и устанавливает операции и средства поверки, требования безопасности, условия и порядок проведения поверки мостов, а также порядок оформления результатов поверки.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В данном документе имеются ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ Р 51350-99 Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования

ГОСТ 12.3.019-80 ССБТ. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности

РМГ 51 – 2002 Документы на методики поверки средств измерений. Основные положения

3 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При поверке должны быть выполнены операции, приведенные в таблице 3.1.

Таблица 3.1

№ п/п	Наименование операции	Обязательность проведения операции поверки			№ пункта методики поверки
		Исполнение	При выпуске из производства и после ремонта	В эксплуатации	
1	Внешний осмотр	СА7100...	Да	Да	8.1
2	Проверка электрической прочности изоляции	СА7100...	Да	Нет	8.2
3	Определение электрического сопротивления изоляции	СА7100...	Да	Нет	8.3
4	Идентификация программного обеспечения	СА7100...	Да	Да	8.4
5	Опробование	СА7100...	Да	Да	8.5
6	Проверка диапазонов измерений, основной относительной погрешности при измерении емкости и основной абсолютной погрешности при измерении тангенса угла потерь	СА7100...	Да	Да	8.6
7	Определение относительной погрешности при измерении напряжения переменного тока, приложенного к эталонному конденсатору	СА7100...	Да	Да	8.7

№ п/п	Наименование операции	Обязательность проведения операции поверки			№ пункта методики поверки
		Исполнение	При выпуске из производства и после ремонта	В эксплуатации	
8	Определение диапазона измерений и основной абсолютной погрешности при измерении частоты рабочего напряжения	CA7100...	Да	Да	8.8
9	Определение основной относительной погрешности при измерении емкости с использованием встроенного эталонного конденсатора	CA7100-2, CA7100-3	Нет	Да	8.9
10	Определение основной относительной погрешности при измерении емкости и основной абсолютной погрешности при измерении тангенса угла потерь с использованием встроенного эталонного конденсатора	CA7100-2, CA7100-3	Да	Нет	8.10

№ п/п	Наименование операции	Обязательность проведения операции поверки			№ пункта методики поверки
		Исполнение	При выпуске из производства и после ремонта	В эксплуатации	
11	Определение основной относительной погрешности установки рабочего напряжения при использовании источника переменного рабочего напряжения	При наличии в комплекте ИПРН	Да	Нет	8.11
12	Определение основной относительной погрешности установки напряжения при измерении сопротивления постоянному току	СА7100-3	Да	Да	8.12
13	Проверка основной относительной погрешности при измерении сопротивления постоянному току	СА7100-3	Да	Да	8.13
14	Определение дополнительной погрешности при измерении сопротивления постоянному току при воздействии на измерительный вход моста «Сх, Rx» синусоидального тока промышленной частоты	СА7100-3	Да	Да	8.14

При отрицательных результатах любой из операций поверка моста прекращается, неисправный мост бракуется.

4 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть применены рабочие эталоны, средства измерительной техники (СИТ) и вспомогательное оборудование, перечисленные в таблицах 4.1 и 4.2.

Допускается применение других средств поверки с характеристиками не хуже, чем у вышеуказанных.

Все применяемые средства измерительной техники должны быть поверены или пройти Государственную метрологическую аттестацию.

Таблица 4.1

Наименование рабочих эталонов и средств измерительной техники	Технические характеристики СИТ, используемых при поверке	№ пункта методики поверки
Рабочий эталон – мера емкости P5050 ¹	Номинальное значение емкости – 100 пФ	8.10
Рабочий эталон – магазин сопротивлений P4002	Диапазон воспроизводимых сопротивлений – от 10^4 до 10^8 Ом, класс точности 0,05	8.13
Рабочий эталон – магазин сопротивлений P4043	Диапазон воспроизводимых сопротивлений – от 10^9 до 10^{10} Ом, класс точности 0,1	8.13
Меры электрической емкости P597	Номинальные значения емкости – от 100 пФ до 1 мкФ, погрешность аттестации емкости на частоте 1000 Гц, в %, не более: $\pm(0,02+0,1/C)$ для значений емкости C до 4000 пФ; $\pm 0,03$ для значений емкости C от 10 нФ до 1 мкФ	8.6, 8.4
Киловольтметр электростатический C502	Диапазон измерений – до 3000 В, класс точности – 0,5	8.12

¹ Метрологическая аттестация меры емкости по емкости и тангенсу угла потерь выполняется в установленном порядке на соответствующем оборудовании на частоте 50 Гц переменного тока: по емкости с точностью не ниже $\pm 0,01$ %, по тангенсу угла потерь – не ниже $\pm 3 \cdot 10^{-5}$.

Таблица 4.1

Наименование рабочих эталонов и средств измерительной техники	Технические характеристики СИТ, используемых при поверке	№ пункта методики поверки
Киловольтметр электро-статический С196	Диапазоны измерений – от 0 до 7500 В, от 0 до 15000 В; класс точности – 1,0 от конечного значения диапазона измерения	8.11
Катушка электрического сопротивления Р331	Номинальное значение сопротивления – 100 кОм, класс точности – 0,01	8.13
Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-109	Диапазон частот – от 20 Гц до 200 кГц; точность установки частоты – 1%	8.8
Вольтметр В7-35	Диапазон измерений постоянного напряжения – от 10^{-4} до 10^3 В; основная относительная погрешность измерения – $\pm 0,2\%$, диапазон измерений переменного напряжения – от 10^{-1} до 300 В; основная относительная погрешность измерения – $\pm 0,5\%$	8.5-8.7
Мост переменного тока Р5079	Диапазон измерения емкости – от 10^{-15} до 10^{-4} Ф, класс точности – 0,05	8.6
Магазин емкости Р5025	Максимальная емкость – 111,0001 мкФ; число декад – 6; класс точности: 0,1 – (для декад 0,0001-0011, 0,001-0,009, 0,01-0,09 и 0,1-0,9 мкФ), 0,5 – (для 1-10, 10-100 мкФ)	8.7
Мегаомметр Е6 - 16	Диапазон измерения – от 2 до 2×10^8 Ом, пределы допускаемой основной приведенной погрешности – $\pm 1,5\%$	8.3

Наименование рабочих эталонов и средств измерительной техники	Технические характеристики СИТ, используемых при поверке	№ пункта методики поверки
Измеритель нелинейных искажений автоматический С6-11	Конечные границы измерения коэффициента гармоник – (0,1; 0,3; 1; 3; 10; 30) % в диапазоне частот от 20 Гц до 19,9 кГц; пределы допускаемой основной абсолютной погрешности, в процентах, – $\pm(0,05 \cdot K + 0,05)$, где K – конечная граница диапазона измерений	7.1
Гигрометр психрометрический ВИТ-1	Диапазон измерения влажности воздуха – от 20 до 90 % при температуре от плюс 5 до 25 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности – ± 7 %; диапазон измерения температуры – от 0 до 25 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности – $\pm 0,2$ °С	7.1
Барометр-анероид метеорологический БАММ-1	Диапазон измеряемого давления – от 80 до 106 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности – $\pm 0,2$ кПа	7.1
Частотомер ЧЗ-63/1	Диапазон измерения периода – от 10 мкс до 100 с, пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении периода – $\pm 1 \cdot 10^{-6}$	7.1, 8.8
Омметр ЦЗ4	Пределы основной относительной погрешности измерения сопротивления, в %, для диапазона сопротивлений от 1 кОм до 10 МОм составляют $\pm 0,05$	8.6
Секундомер механический СОСпр-26-2-010	Класс точности 2; основная абсолютная погрешность измерения времени за 10 минут, в секундах, составляет 0,6	8.11

Таблица 4.2

Наименование вспомогательного оборудования	Технические характеристики	№ пункта методики поверки
Лабораторный автотрансформатор ЛАТР-2,5	Номинальное первичное напряжение – 220 В; диапазон регулирования напряжения – от 0 до 250 В; номинальная сила тока нагрузки – 10 А	8.4-8.6
Трансформатор питающий (ТП) ²	Номинальное первичное напряжение – 220 В, номинальное вторичное напряжение – не менее 100 В и не более 220 В при силе тока не менее 1 А	8.6
Установка пробойная УПУ-10	Мощность выходного трансформатора составляет 1 кВт; выходное напряжение – от 0,2 до 10 кВ; частота – 50 Гц; пределы допускаемой приведенной погрешности при установке напряжения – $\pm 4\%$	8.2
Конденсатор КНМ 3117 МК, 100 мкФ	Номинальное значение емкости – 100 ± 10 мкФ	8.6
Конденсатор СК-10,5-100-2У3	Номинальное значение емкости – 100 ± 10 нФ	8.13
Резисторы С2-29	Номинальные значения: – $3,01 \pm 0,03$ МОм, 0,125 Вт – 1 шт.; – $1,0 \pm 0,01$ МОм, 0,125 Вт – 1 шт.; – 301 ± 3 кОм, 0,125 Вт – 1 шт.; – 100 ± 1 кОм, 0,125 Вт – 1 шт.	8.6

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки моста должны соблюдаться требования ГОСТ 12.3.019.

5.2 Перед проведением поверки необходимо ознакомиться с настоящей методикой, эксплуатационной документацией на поверяемый мост и средства поверки.

5.3 Измерения могут выполнять лица, которые имеют группу по электробезопасности не ниже третьей.

² Если в комплект моста входит расширитель диапазона СА7150 ПДРМ.411521.001 (далее – расширитель СА7150), то необходимо применять ТП со следующими техническими характеристиками: номинальное первичное напряжение 220 В, номинальное вторичное напряжение не менее 100 В и не более 220 В при силе тока не менее 10 А.

6 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА

Измерения должны выполнять лица, аттестованные как государственные поверители.

7 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

7.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха – от 18 до 22 °С;
- относительная влажность воздуха – от 30 до 80 %;
- атмосферное давление – от 84 до 106 кПа;
- напряжение сети питания (далее – сети) – от 198 до 242 В;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения сети – не более 5 %;
- частота сети – от 49,6 до 50,4 Гц.

Все работы с мостом должны проводиться в соответствии с первой частью руководства по эксплуатации мостов (далее – РЭ), а работы со средствами измерительной техники, применяемыми при поверке, в соответствии с их эксплуатационной документацией.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие моста следующим требованиям:

- отсутствие механических повреждений, влияющих на работоспособность моста, отсутствие механических повреждений соединительных кабелей и разъемов;

- соответствие требованиям комплектности и маркировки паспорта.

Соответствие требованиям комплектности и маркировки, а также отсутствие внешних механических повреждений, проверять визуально.

Результат операции поверки считать положительным, если отсутствуют внешние механические повреждения моста, соединительных кабелей и разъемов, а комплектность и маркировка моста соответствуют требованиям паспорта.

8.2 Проверка электрической прочности изоляции

8.2.1 Проверку электрической прочности изоляции цепей питания 220 В 50 Гц моста относительно корпуса блока измерительного проводить с помощью пробойной установки УПУ-10, подавая напряжение переменного тока.

8.2.2 Проверку прочности электрической изоляции устройства зарядного и блока измерительного моста выполнять в следующем порядке:

- электрически соединить контакты сетевой вилки устройства зарядного и присоединить кабель с выходным разъемом (DB-15) устрой-

ства зарядного к разъему "ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО" блока измерительного моста. Блок измерительный должен быть выключен, т.е. индикатор "ВКЛ/ЗАР" на его передней панели не должен светиться;

- подключить выходные контакты пробойной установки УПУ-10 (в режиме переменного напряжения) к соединенным накоротко контактам сетевой вилки устройства зарядного и корпусу блока измерительного моста (для подключения к корпусу использовать корпусной зажим на блоке измерительном);

- повышать испытательное напряжение от 0 до 1500 В плавно или равномерно ступенями, не превышающими 10 % значения испытательного напряжения и выдержать не менее 1 мин;

- понизить испытательное напряжение до нуля и отключить пробойную установку.

Результат операции проверки считать положительным, если при проведении испытания не произошло пробоя или поверхностного перекрытия изоляции. Появление "короны" на подводящих проводах или специфического шума при испытании не является признаком неудовлетворительных результатов испытаний.

8.3 Определение электрического сопротивления изоляции

8.3.1 Определение электрического сопротивления изоляции между цепями питания 220 В 50 Гц моста и корпусом блока измерительного.

8.3.2 Определение электрического сопротивления изоляции устройства зарядного и блока измерительного выполнять в следующем порядке:

- электрически соединить контакты сетевой вилки устройства зарядного и присоединить кабель с выходным разъемом (DB-15) устройства зарядного к разъему "ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО" измерительного блока моста, при этом измерительный блок должен быть выключен, т.е. индикатор "ВКЛ/ЗАР" на его передней панели не должен светиться;

- выполнить с помощью мегаомметра Е6-16 на напряжении постоянного тока 500 В измерение сопротивления между соединенными контактами сетевой вилки и корпусом измерительного блока моста, при этом показания мегаомметра должны фиксироваться через 1 минуту после приложения напряжения.

Результат операции считать положительным, если измеренное значение сопротивления изоляции не менее 2 МОм.

8.4 Идентификация программного обеспечения

Подключить к измерительному блоку моста блок управления. Подать на мост питание. Нажать одновременно клавиши «SHIFT» и «,.!?» на панели блока управления. На дисплее БУ должна появиться надпись с номером версии встроенного ПО моста «Spk.hex».

Результат операции поверки считать положительным, если номер версии – v1.38 или выше.

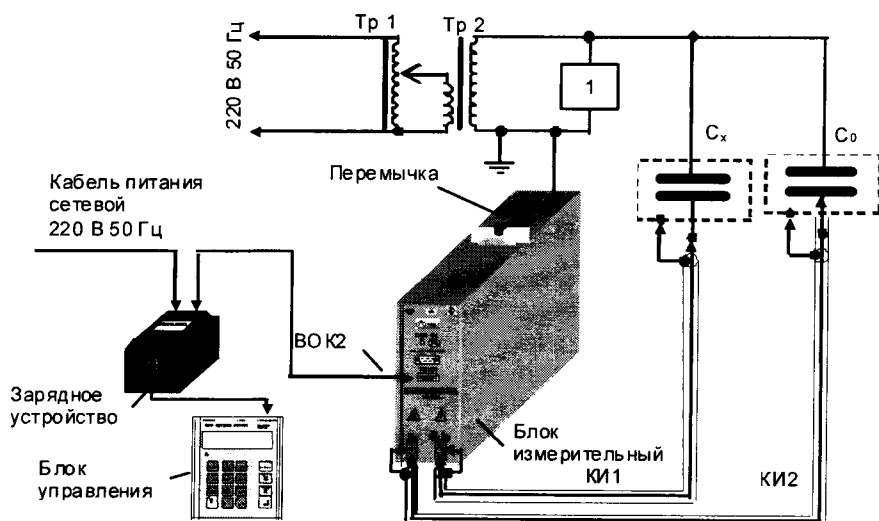
8.5 Опробование

При проведении операций поверки, не связанных с использованием встроенного эталонного конденсатора, высоковольтный вывод указанного конденсатора должен быть соединен с корпусом измерительного блока с помощью перемычки ПДРМ.685611.037.

Используемые при проведении проверок меры Р597 должны быть включены по трехзажимной схеме.

При смене мер емкости и после окончания измерений выводить напряжение ЛАТРа на нулевую отметку.

Собрать схему измерения, приведенную на рисунке 8.1. Подключить меру емкости Р597 значением 1 нФ в качестве внешнего эталонного конденсатора, и меру емкости Р597 значением 1 нФ в качестве объекта измерений, как показано для 1-го измерения таблицы 8.1.



- Tr1 — лабораторный автотрансформатор ЛАТР-2.5;
 Tr2 — трансформатор питающий;
 1 — вольтметр В7-35;
 Co — эталонный конденсатор;
 Cx — объект измерения

Рисунок 8.1³

³ На этом и последующих рисунках приведен мост СА7100-3. Подключение мостов СА7100-1 и СА7100-2 осуществляется аналогично.

8.5.1 Включить режим работы с внешним эталонным конденсатором, автоматический выбор поддиапазона измерения (далее – п/д), и ввести значение емкости меры, подключенной в качестве внешнего эталонного конденсатора C_0 , указанное в паспорте меры, и $\text{tg}\delta=0$.

8.5.2 Установить рабочее напряжение (100 ± 5) В, контролируя его вольтметром. Провести измерение емкости объекта измерений C_x .

8.5.3 Вычислить относительное отклонение результата измерения емкости $\delta_{\text{спр}}$, в процентах, по формуле

$$\delta_{\text{спр}} = \frac{C_{\text{хи}} - C_{\text{хп}}}{C_{\text{хп}}} \cdot 100, \quad (1)$$

где $C_{\text{хи}}$ – показания моста при измерении емкости, в пФ;

$C_{\text{хп}}$ – значение емкости меры, используемой в качестве объекта измерения, указанное в паспорте, в пФ.

8.5.4 Результаты измерения и вычислений занести в строку для 1-го измерения таблицы, выполненной по форме таблицы 8.1.

Таблица 8.1

№ измерения	C_0	C_x	Тип меры	Показания моста при измерении емкости $C_{\text{хи}}$	Паспортное значение емкости меры, используемой в качестве объекта измерения $C_{\text{хп}}$	Относит. отклонение результата измерения емкости $\delta_{\text{спр}}, \%$
1	1 нФ	1 нФ	P597			
2	100 пФ	1 нФ	"			
3	1 нФ	100 нФ	P5025			
4	1 нФ	1 мкФ	"			
5	100 пФ	1 мкФ	"			

8.5.5 Проверить выполнение условия

$$\delta_{\text{спр}} < \delta_{C_0} + \delta_{C_x} + 5 \cdot 10^{-2}, \quad (2)$$

где δ_{C_0} – погрешность емкости меры, используемой в качестве внешнего эталонного конденсатора C_0 , указанная в паспорте;

δ_{C_x} – погрешность емкости меры, используемой в качестве объекта измерения C_x , указанная в паспорте.

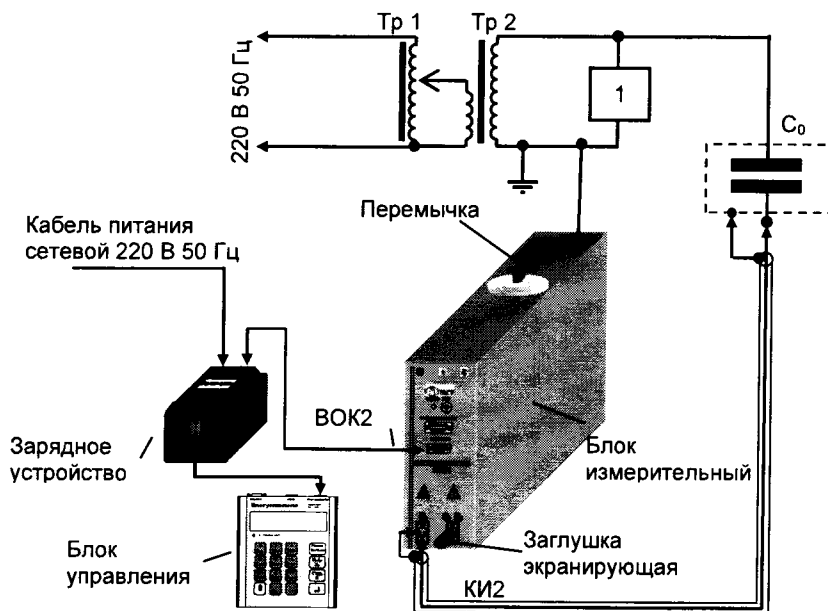
8.5.6 Повторить 8.5.1-8.5.5 при значениях C_0 и C_x , а также типах мер емкости, приведенных в таблице 8.1.

Результат операции поверки считать положительным, если для всех мер емкости, используемых в качестве объекта измерения, выполнены условия, изложенные в 8.5.6.

8.6 Проверка диапазонов измерений, основной относительной погрешности при измерении емкости и основной абсолютной погрешности при измерении тангенса угла потерь

8.6.1 Определение значения приведенной к концу п/д аддитивной составляющей погрешности при измерении емкости

8.6.1.1 Собрать схему измерений, приведенную на рисунке 8.2. В качестве внешнего эталонного конденсатора C_0 подключить меру емкости Р597 значением 1 нФ.



Тр1 – лабораторный автотрансформатор ЛАТР-2,5;
Тр2 – трансформатор питающий;
1 – вольтметр В7-35;
 C_0 – эталонный конденсатор

Рисунок 8.2

8.6.1.2 Разъем " C_x , R_x " заэкранировать, установив на него заглушку экранирующую ПДРМ.434479.001.

8.6.1.3 Ввести параметры меры, подключенной в качестве внешнего эталонного конденсатора C_0 : $C_0=1,00\text{e-}9$ (в фарадах), $\text{tg}\delta=0$. Включить режим накопления с числом накапливаемых измерений $N=5$.

8.6.1.4 С помощью ЛАТРа установить значение рабочего напряжения (100 ± 5) В, контролируя его с помощью вольтметра. Установить 1-й фиксированный п/д измерений и провести измерения. По окончании измерений снять рабочее напряжение.

8.6.1.5 Результаты измерений начальной емкости на 1-м п/д C_{HN} , в пФ, и среднеквадратического отклонения результатов измерений начальной емкости на 1-м п/д измерений $\text{СКО}_{\text{СНН}}$ занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.2.

8.6.1.6 Вычислить приведенные значения систематической ($\delta_{\text{add сист CN}}$) и случайной ($\delta_{\text{add сл CN}}$) составляющих аддитивной погрешности $\delta_{\text{add CN}}$, в процентах, при измерении емкости по формулам:

$$\delta_{\text{add сист CN}} = \frac{C_{\text{HN}}}{C_{\text{максN}}} \cdot 100, \quad (3)$$

$$\delta_{\text{add сл CN}} = \text{СКО}_{\text{СНН}} \cdot \frac{C_{\text{HN}}}{C_{\text{максN}}}, \quad (4)$$

где C_{HN} – показания моста при измерении начальной емкости на N-м п/д, пФ;

$C_{\text{максN}}$ – конечное значение емкости N-го п/д, пФ;

$\text{СКО}_{\text{СНН}}$ – показания моста при измерении среднеквадратического отклонения результатов измерений начальной емкости на N-м п/д измерений, в процентах.

Результаты расчетов занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.2, в соответствующие столбцы.

Таблица 8.2

№ п/д	C_{HN}	$\text{СКО}_{\text{СНН}}$	$\delta_{\text{add сист CN}}$	$\delta_{\text{add сл CN}}$
1				
2				
3				
4				
5				
6*				
7*				

* Измерения на 6-м и 7-м п/д выполняются при наличии в комплекте моста расширителя диапазона CA7150.

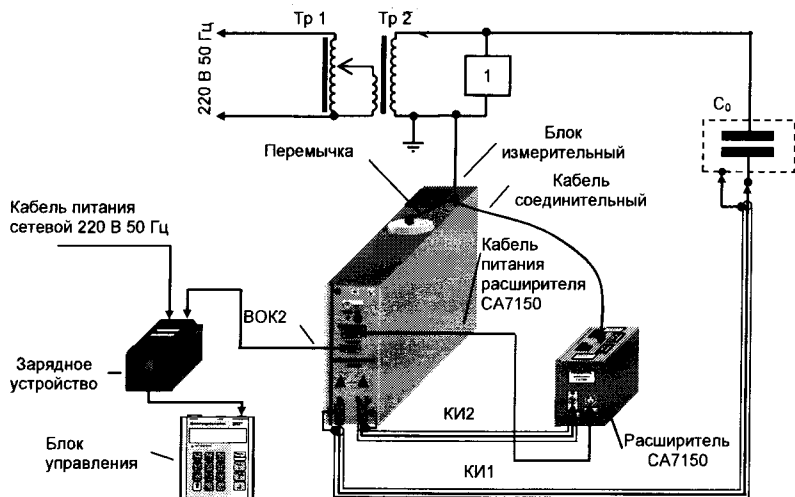
8.6.1.7 Выполнить 8.5.1.4-8.5.1.6 на 2-5 п/д и занести результаты измерений и вычислений в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.2.

8.6.1.8 Подключить расширитель диапазона CA7150 (далее – расширителя CA7150) к блоку измерительному, как показано на рисунке 8.3. В качестве внешнего эталонного конденсатора C_0 подключить меру емкости P597 значением 1 нФ.

8.6.1.9 Установить 5-й фиксированный п/д измерений.

8.6.1.10 Включить расширитель, выполнить 8.6.1.4-8.6.1.6 на 6-м и 7-м п/д и занести результаты измерений и вычислений в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.2.

8.6.1.11 Выключить мост.



Тр1 – лабораторный автотрансформатор ЛАТР-2,5;
 Тр2 – трансформатор питающий;
 1 – вольтметр В7-35;
 C_0 – эталонный конденсатор

Рисунок 8.3

8.6.2 Определение значений мультипликативной составляющей относительной погрешности при измерении емкости и аддитивной составляющей абсолютной погрешности при измерении тангенса угла потерь

8.6.2.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 8.1, подключив меры емкости Р597 с номинальными значениями емкости 1 нФ в качестве эталонного конденсатора C_0 и объекта измерений C_x .

8.6.2.2 Ввести параметры меры, подключенной в качестве внешнего эталонного конденсатора C_0 : $C_0 = 1,00 \times 10^{-9}$ (в фарадах), $\operatorname{tg} \delta = 0$. Включить режим накопления с числом накапливаемых измерений $N = 5$.

8.6.2.3 Установить 1-й фиксированный п/д измерений, установив рабочее напряжение $U_x = (100 \pm 5)$ В, провести измерения емкости и тангенса угла потерь.

8.6.2.4 Результаты измерения среднего значения емкости C_{x1} и тангенса угла потерь $\operatorname{tg} \delta_1$, а также значения среднеквадратического отклонения (СКО) тангенса угла потерь $\operatorname{tg} \delta_1$ занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.3.

Таблица 8.3

Наименование измеренных (вычисленных) величин	C_{x1}	$\text{tg}\delta_1$	C_{x2}	$\text{tg}\delta_2$	$\delta_{\text{мс}}$	$\Delta\text{tg}\delta_{\text{адд}}$
Результаты измерений (вычислений)						
СКО						

8.6.2.5 Поменять местами меры емкости, для чего кабель, который был включен в разъем моста " C_0 ", включить в разъем " C_x, R_x ", а кабель, который был включен в разъем моста " C_x, R_x ", включить в разъем " C_0 ". Провести новое измерение емкости и тангенса угла потерь.

8.6.2.6 Результаты измерения среднего значения емкости C_{x2} и тангенса угла потерь $\text{tg}\delta_2$, а также значения среднеквадратического отклонения (СКО) тангенса угла потерь $\text{tg}\delta_2$ занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.3.

8.6.2.7 Вычислить мультипликативную составляющую погрешности при измерении емкости, в процентах,

$$\delta_{\text{мс}} = \frac{C_{x1}/C_0 \cdot C_{x2}/C_0 - 1}{2} \cdot 100, \quad (5)$$

где C_0 – значение емкости, введенной в качестве образцовой, равное 1 нФ;

и аддитивную составляющую погрешности при измерении $\text{tg}\delta$

$$\Delta\text{tg}\delta_{\text{адд}} = \sqrt{(\text{tg}\delta_1 + \text{tg}\delta_2)^2/4 + \text{СКО}_{\text{tg}\delta_{12\text{max}}}^2}, \quad (6)$$

где $\text{СКО}_{\text{tg}\delta_{12\text{max}}}$ – максимальное значение среднеквадратического отклонения тангенса угла потерь из СКО двух измерений.

Результаты расчетов занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.3.

8.6.3 Определение значений составляющих погрешностей, обусловленных дифференциальной нелинейностью на границе п/д

8.6.3.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 8.1, подключив меры емкости Р597 с номинальными значениями емкости 1 нФ в качестве эталонного конденсатора C_0 и объекта измерений C_x , как показано для 1-го измерения таблицы 8.4.

8.6.3.2 Ввести параметры меры, подключенной в качестве внешнего эталонного конденсатора C_0 : $C_0=1,00\text{e-}9$ (в фарадах), $\text{tg}\delta=0$.

8.6.3.3 Установить 1-й п/д измерений, включить режим накопления с числом накапливаемых измерений $N=5$, установить рабочее напряжение $U_x=(100 \pm 5)$ В и провести измерения C_x и $\operatorname{tg} \delta_x$. Результаты измерений $C_{1(2)}$ и $\operatorname{tg} \delta_{1(2)}$ занести в строку для 1-го измерения таблицы, выполненной по форме таблицы 8.4.

8.6.3.4 Установить 2-й п/д. Провести повторное измерение емкости C_x и $\operatorname{tg} \delta_x$. Результаты измерений $C_{2(1)}$ и $\operatorname{tg} \delta_{2(1)}$ занести в строку для 2-го измерения таблицы, выполненной по форме таблицы 8.4.

8.6.3.5 Вычислить составляющие основной погрешности, обусловленные дифференциальной нелинейностью, в том числе:

– относительной при измерении емкости, в процентах,

$$\delta_{\text{ндп } C12} = \frac{C_{2(1)} - C_{1(2)}}{C_{1(2)}} \cdot 100, \quad (7)$$

где $C_{1(2)}$ – показания моста при измерении емкости на 1-м п/д (на границе с 2-м п/д);

$C_{2(1)}$ – показания моста при измерении емкости на 2-м п/д (на границе с 1-м п/д);

– абсолютной при измерении тангенса угла потерь на границе 1-го и 2-го п/д

$$\Delta_{\text{ндп } \operatorname{tg} \delta 12} = \operatorname{tg} \delta_{2(1)} - \operatorname{tg} \delta_{1(2)}, \quad (8)$$

где $\operatorname{tg} \delta_{1(2)}$ – показания моста при измерении тангенса угла потерь на 1-м п/д (на границе с 2-м п/д);

$\operatorname{tg} \delta_{2(1)}$ – показания моста при измерении тангенса угла потерь на 2-м п/д (на границе с 1-м п/д).

Таблица 8.4

№ измерения	№ п/д	Эталонный конденсатор C_0		Объект измерений C_x		Показания моста при измерении		Относительная погрешность при измерении емкости $\delta_{\text{ндп } C(N-1)N}, \%$	Абсолютная погрешность при измерении тангенса угла потерь $\Delta_{\text{ндп } \operatorname{tg} \delta (N-1)N}$
		Тип меры	Номин. значение	Тип меры	Номин. значение	емкости	тангенса угла потерь		
1	1	P597	1 нФ	P597	1 нФ				
2	2	"	"	"	"				
3	2	"	100 пФ	"	1 нФ				
4	3	"	"	"	"				

№ измерения	№ п/д	Эталонный конденсатор C ₀		Объект измерений C _x		Показания моста при измерении		Относительная погрешность при измерении емкости $\delta_{\text{ндп}} C(N-1)N, \%$	Абсолютная погрешность при измерении тангенса угла потерь $\Delta_{\text{ндп}} \text{tg} \delta (N-1)N$
		Тип меры	Номин. значение	Тип меры	Номин. значение	емкости	тангенса угла потерь		
5	3	"	1 нФ	P5025	100 нФ				
6	4	"	"	"	"				
7	4	"	"	"	1 мкФ				
8	5	"	"	"	"				
9	5*	"	100 пФ	"	1 мкФ				
10	6*	"	"	"	"				
11	6*	"	1 нФ	КМ 3117МК	100 мкФ				
12	7*	"	"	"	"				

* Только для мостов, в комплект которых входит расширитель CA7150.

8.6.3.6 Повторить 8.6.3.3-8.6.3.5 для 2-го и 3-го; 3-го и 4-го; 4-го и 5-го п/д (измерения 3-8 таблицы 8.4), устанавливая соответствующие номера п/д.

8.6.3.7 Вычислить составляющие основной погрешности, обусловленные дифференциальной нелинейностью, в том числе, $\delta_{\text{ндп}} C_{23}$ и $\Delta_{\text{ндп}} \text{tg} \delta_{23}$ на границе 2-го и 3-го п/д, $\delta_{\text{ндп}} C_{34}$ и $\Delta_{\text{ндп}} \text{tg} \delta_{34}$ на границе 3-го и 4-го п/д, $\delta_{\text{ндп}} C_{45}$ и $\Delta_{\text{ндп}} \text{tg} \delta_{45}$ на границе 4-го и 5-го п/д по следующим формулам:

$$\delta_{\text{ндп}} C_{23} = \frac{C_{3(2)} - C_{2(3)}}{C_{2(3)}} \cdot 100 + \delta_{\text{ндп}} C_{12}, \quad (9)$$

$$\Delta_{\text{ндп}} \text{tg} \delta_{23} = \text{tg} \delta_{3(2)} - \text{tg} \delta_{2(3)} + \Delta_{\text{ндп}} \text{tg} \delta_{12}, \quad (10)$$

$$\delta_{\text{ндп}} C_{34} = \frac{C_{4(3)} - C_{3(4)}}{C_{3(4)}} \cdot 100 + \delta_{\text{ндп}} C_{23}, \quad (11)$$

$$\Delta_{\text{ндп}} \text{tg} \delta_{34} = \text{tg} \delta_{4(3)} - \text{tg} \delta_{3(4)} + \Delta_{\text{ндп}} \text{tg} \delta_{23}, \quad (12)$$

$$\delta_{\text{ндп}} C_{45} = \frac{C_{5(4)} - C_{4(5)}}{C_{4(5)}} \cdot 100 + \delta_{\text{ндп}} C_{34}, \quad (13)$$

$$\Delta_{\text{ндп}} \text{tg} \delta_{45} = \text{tg} \delta_{5(4)} - \text{tg} \delta_{4(5)} + \Delta_{\text{ндп}} \text{tg} \delta_{34}. \quad (14)$$

8.6.3.8 Результаты вычислений занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.4.

8.6.3.9 Собрать схему (рисунок 8.1), в соответствии с данными для 9-го измерения.

8.6.3.10 Ввести параметры меры, подключенной в качестве внешнего эталонного конденсатора: $C_0=1,00\text{e-}10$ (в фарадах), $\text{tg}\delta=0$. Повторить 8.6.3.3 для измерения C_x и $\text{tg}\delta_x$, установив 5-й п/д. Результаты измерений занести в строку для 9-го измерения.

8.6.3.11 Собрать схему (рисунок 8.4), подключив к входу моста " C_x , R_x " расширитель СА7150. Подключить к входу расширителя «Вход измерительный Поддиапазон № 6» объект измерения C_x . В качестве C_0 и C_x подключить меры, в соответствии с данными для 10-го измерения.

8.6.3.12 Включить режим работы с расширителем.

8.6.3.13 Повторить 8.6.3.3 для измерения C_x и $\text{tg}\delta_x$, установив 6-й п/д. Результаты измерений занести в строку для 10-го измерения.

8.6.3.14 Собрать схему (рисунок 8.4), подключив к входу моста " C_x , R_x " расширитель СА7150. Подключить к входу расширителя «Вход измерительный Поддиапазон № 6» объект измерения C_x . В качестве C_0 и C_x подключить меры, в соответствии с данными для 11-го измерения.

8.6.3.15 Повторить 8.6.3.3 для измерения C_x и $\text{tg}\delta_x$, установив 6-й п/д. Результаты измерений занести в строку для 11-го измерения.

8.6.3.16 Собрать схему (рисунок 8.4), подключив к входу моста " C_x , R_x " расширитель СА7150. Подключить к входу расширителя «Вход измерительный Поддиапазон № 7» объект измерения C_x . В качестве C_0 и C_x подключить меры, в соответствии с данными для 12-го измерения. Результаты измерений занести в строку для 12-го измерения.

8.6.3.17 Повторить 8.6.3.3 для измерения C_x и $\text{tg}\delta_x$, установив 7-й п/д.

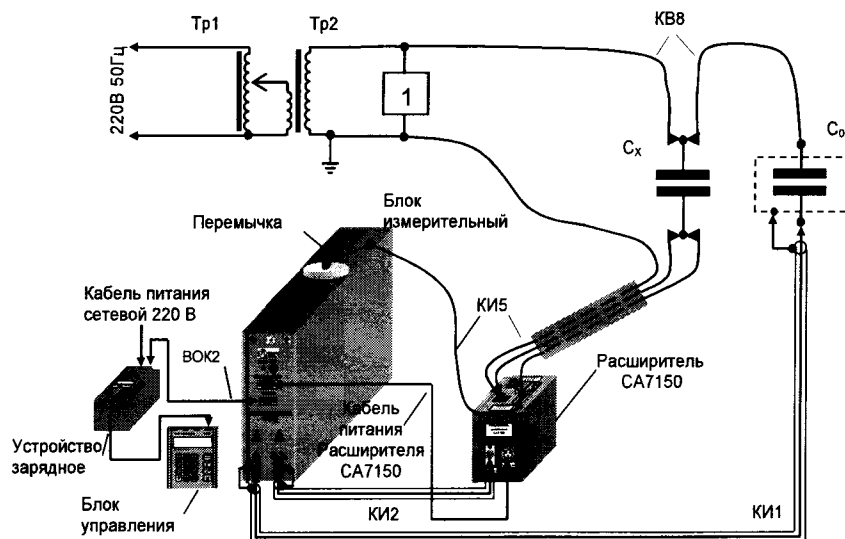
8.6.3.18 Вычислить составляющие основной погрешности, обусловленные дифференциальной нелинейностью, в том числе $\delta_{\text{ндп } C56}$ и $\Delta_{\text{ндп } \text{tg}\delta 56}$ на границе 5-го и 6-го п/д, $\delta_{\text{ндп } C 67}$ и $\Delta_{\text{ндп } \text{tg}\delta 67}$ на границе 6-го и 7-го п/д по следующим формулам:

$$\delta_{\text{ндп } C56} = \frac{C_{6(5)} - C_{5(6)}}{C_{5(6)}} \cdot 100 + \delta_{\text{ндп } C45}, \quad (15)$$

$$\Delta_{\text{ндп } \text{tg}\delta 56} = \text{tg}\delta_{6(5)} - \text{tg}\delta_{5(6)} + \Delta_{\text{ндп } \text{tg}\delta 45}, \quad (16)$$

$$\delta_{\text{ндп}C67} = \frac{C_{7(6)} - C_{6(7)}}{C_{6(7)}} \cdot 100 + \delta_{\text{ндп}C56}, \quad (17)$$

$$\Delta_{\text{ндп} \text{ tg } \delta 67} = \text{tg } \delta_{7(6)} - \text{tg } \delta_{6(7)} + \Delta_{\text{ндп} \text{ tg } \delta 56}. \quad (18)$$



Tr1 – лабораторный автотрансформатор ЛАТР-2,5;
 Tr2 – трансформатор питающий;
 1 – вольтметр В7-35;
 Co – мера емкости P597;
 Cx – магазин емкости P5025 или конденсатор KNM 3117MK

Рисунок 8.4

8.6.3.19 Результаты вычислений занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.4.

8.6.4 Определение значений составляющих погрешности, обусловленных интегральной нелинейностью внутри п/д

Перед испытанием проверить исправность многозначной коммутируемой меры емкости ПДРМ.411642.002 (далее – МКМЕ). Схема электрическая принципиальная МКМЕ приведена на рисунке 8.5. Для проверки подключить МКМЕ к мосту P5079 (зажим моста "U-U" подключить к разъему типа "крокодил" (красного цвета) кабеля "Up≤30В" МКМЕ, зажим моста I-I' – к контактам 1 и 2 разъема кабеля "К разъему Cx" МКМЕ, а корпусной зажим моста – к контакту 3 разъема кабеля "К разъему Cx" МКМЕ или к корпусу разъема кабеля "К разъему Cx" МКМЕ или к разъему типа "крокодил" (черного цвета) кабеля "Up≤30В").

Провести измерения емкости всех конденсаторов $C1-C4$, включая их поочередно посредством тумблеров. При этом отклонение значений емкостей от номиналов (1,25 нФ, 1,25 нФ, 2,5 нФ, 5 нФ) не должно превышать $\pm 5\%$. Значение начальной емкости МКМЕ, измеряемое при всех отключенных тумблерах, должно быть не более 0,01 нФ.

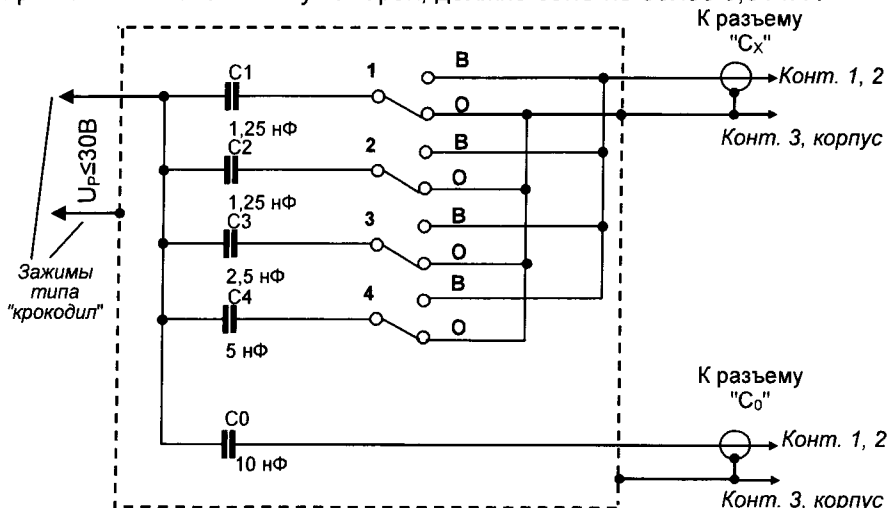


Рисунок 8.5

Аналогично измерить емкость конденсатора C_0 , подключив зажим I-I' моста P5079 к контактам 1 и 2 разъема кабеля "К разъему C_0 " МКМЕ. При этом отклонение значения емкости от номинального значения равного 10 нФ не должно превышать $\pm 5\%$.

8.6.4.1 Собрать схему измерения, приведенную на рисунке 8.1, подключив в качестве эталонного конденсатора C_0 и объекта измерений C_x меры емкости, входящие в МКМЕ. Для этого разъемы кабеля " $U_{p \leq 30V}$ " МКМЕ подключить к выводам вторичной обмотки трансформатора Tr2 (рисунок 8.1), разъем кабеля "К разъему C_0 " МКМЕ подключить к разъему " C_0 " моста, а разъем кабеля "К разъему C_x " МКМЕ подключить к разъему " C_x, R_x " моста.

8.6.4.2 Ввести параметры меры, подключенной в качестве внешнего эталонного конденсатора C_0 : $C_0 = 1,00 \times 10^{-8}$ (в фарадах), $\text{tg}\delta = 0$.

8.6.4.3 Установить автоматический выбор п/д измерений, включить режим накопления с числом накапливаемых измерений $N=5$, установив рабочее напряжение $U_x = (29 \pm 1) V$.

ВНИМАНИЕ! Подача на МКМЕ рабочего напряжения свыше 30 В не допускается. Это может привести к выходу МКМЕ из строя.

8.6.4.4 Установить переключатель "1" на передней панели МКМЕ в положение "В", а остальные переключатели в положение "О", что соответствует включению конденсатора МКМЕ C_1 .

8.6.4.5 Провести измерение емкости и тангенса угла потерь МКМЕ. Показания моста при измерении емкости C_{X1} и тангенса угла потерь $\operatorname{tg} \delta_{X1}$ занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.5.

Таблица 8.5

	Положение переключателей				C_X	$\operatorname{tg} \delta_X$
	1	2	3	4		
C_{X1}	В	О	О	О		
C_{X2}	О	В	О	О		
$C_{X\Sigma 2}$	В	В	О	О		
C_{X3}	О	О	В	О		
$C_{X\Sigma 3}$	В	В	В	О		
C_{X4}	О	О	О	В		
$C_{X\max}$	В	В	В	В		

Примечание: буква "В" означает, что мера включена, буква "О" – мера отключена.

8.6.4.6 Установить переключатель "2" в положение "В", а остальные – в положение "О", что соответствует включению конденсатора МКМЕ C_2 .

8.6.4.7 Провести измерения емкости и тангенса угла потерь МКМЕ. Показания моста при измерении емкости C_{X2} и соответствующее значение тангенса угла потерь $\operatorname{tg} \delta_{X2}$ занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.5.

8.6.4.8 На передней панели МКМЕ установить переключатели "1" и "2" в положение "В", а остальные – в положение "О", что соответствует двум включенным конденсаторам: C_1 , C_2 .

8.6.4.9 Провести измерение емкости и тангенса угла потерь МКМЕ. Показания моста при измерении емкости $C_{X\Sigma 2}$ и соответствующее значение тангенса угла потерь $\operatorname{tg} \delta_{X\Sigma 2}$ занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.5.

8.6.4.10 Установить переключатель "3" в положение "В", а остальные – в положение "О", что соответствует включению конденсатора МКМЕ C_3 .

8.6.4.11 Провести измерения емкости и тангенса угла потерь МКМЕ. Показания моста при измерении емкости C_{X3} и тангенса угла потерь $\operatorname{tg} \delta_{X3}$ занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.5.

8.6.4.12 Установить переключатели "1", "2" и "3" в положение "В", а остальные – в положение "О", что соответствует трем включенным конденсаторам: C_1, C_2, C_3 .

8.6.4.13 Провести измерения емкости и тангенса угла потерь МКМЕ. Показания моста при измерении емкости $C_{X\Sigma 3}$ и тангенса угла потерь $\operatorname{tg} \delta_{X\Sigma 3}$ занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.5.

8.6.4.14 Установить переключатель "4" в положение "В", а остальные – в положение "О", что соответствует включенному конденсатору C_4 .

8.6.4.15 Провести измерения емкости и тангенса угла потерь МКМЕ. Показания моста при измерении емкости C_{X4} и тангенса угла потерь $\operatorname{tg} \delta_{X4}$ занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.5.

8.6.4.16 Установить все переключатели в положение "В", что соответствует одновременному подключению всех конденсаторов.

8.6.4.17 Провести измерения емкости и тангенса угла потерь МКМЕ. Показания моста при измерении емкости $C_{X\text{макс}}$ и тангенса угла потерь $\operatorname{tg} \delta_{X\text{макс}}$ занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.5.

8.6.4.18 Рассчитать относительную погрешность при измерении емкости для середины поддиапазона, в процентах, по формуле

$$\delta_{\text{ни } C4} = \frac{C_{X4} + C_{X\Sigma 3} - C_{X\text{макс}}}{C_{X\text{макс}}} \cdot 100, \quad (19)$$

и абсолютную погрешность при измерении тангенса для середины поддиапазона по формуле

$$\Delta_{\text{ни } \operatorname{tg} \delta 4} = (\operatorname{tg} \delta_{X4} + \operatorname{tg} \delta_{X\Sigma 3})/2 - \operatorname{tg} \delta_{X\text{макс}}. \quad (20)$$

8.6.4.19 Рассчитать относительную погрешность при измерении емкости ($\delta_{\text{ни}2}$) для 1/4 поддиапазона, в процентах, по формуле

$$\delta_{\text{ни } C2} = \delta_{\text{ни } C4} + \frac{C_{X3} + C_{X\Sigma 2} - C_{X\Sigma 3}}{C_{X\text{макс}}} \cdot 200, \quad (21)$$

и абсолютную погрешность при измерении тангенса для 1/4 поддиапазона по формуле

$$\Delta_{\text{ни } \operatorname{tg} \delta C2} = (\operatorname{tg} \delta_{X\Sigma 2} + \operatorname{tg} \delta_{X3})/2 - (\operatorname{tg} \delta_{X\Sigma 3} - \Delta_{\text{ни } \operatorname{tg} \delta 4}). \quad (22)$$

8.6.4.20 Рассчитать относительную погрешность при измерении емкости ($\delta_{\text{ни}1}$) для 1/8 поддиапазона, в процентах, по формуле

$$\delta_{\text{ни } C1} = \delta_{\text{ни } C2} + \frac{C_{X1} + C_{X2} - C_{X\Sigma 2}}{C_{X\text{макс}}} \cdot 400, \quad (23)$$

и абсолютную погрешность при измерении тангенса для $1/8$ поддиапазона по формуле

$$\Delta_{\text{ни } \operatorname{tg}\delta C1} = (\operatorname{tg}\delta_{X1} + \operatorname{tg}\delta_{X2})/2 - (\operatorname{tg}\delta_{X\Sigma 2} - \Delta_{\text{ни } \operatorname{tg}\delta C2}). \quad (24)$$

В дальнейшем, при обработке результатов измерений максимальное по модулю значение из $\delta_{\text{ни } C1}$, $\delta_{\text{ни } C2}$, $\delta_{\text{ни } C4}$ следует использовать в качестве $\delta_{\text{ни } C}$ для вычисления коэффициентов c_1 и c_N , а максимальное по модулю значение $\Delta_{\text{ни } \operatorname{tg}\delta}$ — для вычисления a_1 и a_N в качестве $\Delta_{\text{ни } \operatorname{tg}\delta}$.

8.6.5 Определение значений мультипликативной составляющей основной абсолютной погрешности при измерении тангенса угла потерь и составляющей основной относительной погрешности при измерении емкости, вызванной изменением тангенса угла потерь

Предварительно с помощью омметра Щ34 провести измерения сопротивлений комплекта резисторов типа С2-29 с номинальными значениями 3,01 МОм; 1 МОм; 301 кОм; 100 кОм. Измеренные значения сопротивления занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.6, в соответствующие ячейки в столбце $R_{\text{изм}}$.

8.6.5.1 Собрать схему измерения (рисунок 8.1), подключив меру емкости P597 с номинальным значением емкости 1 нФ в качестве эталонного конденсатора C_0 , а меру емкости P597 с номинальным значением емкости 100 нФ в качестве объекта измерения C_X .

Ввести параметры меры, подключенной в качестве внешнего эталонного конденсатора C_0 : $C_0 = 1,00 \times 10^{-9}$ Ф, $\operatorname{tg}\delta = 0$. Включить режим накопления с числом накапливаемых измерений $N=5$.

8.6.5.2 Установить автоматический выбор п/д измерений и значение рабочего напряжения $U_X = (100 \pm 5)$ В. Провести измерение C и $\operatorname{tg}\delta$ мостом, а также частоты рабочего напряжения f_p с помощью частотомера ЧЗ-63/1, подключенного параллельно вольтметру В7-35.

8.6.5.3 Показания моста C_X и $\operatorname{tg}\delta_X$ и частотомера f_p занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.6, в строку, соответствующую неподключенному резистору R .

8.6.5.4 Подключить параллельно объекту измерений резистор R с номинальным значением сопротивления равным 3,01 МОм.

8.6.5.5 Провести измерение C и $\operatorname{tg}\delta$, а также частоты рабочего напряжения f_p . Показания моста C_X и $\operatorname{tg}\delta_X$ и частотомера f_p занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.6, в строку, соответствующую $R=3,01$ МОм.

Таблица 8.6

R , МОм	$R_{\text{изм}}$, МОм	C_X	$\operatorname{tg} \delta_X$	f_P	$\operatorname{tg} \delta_P$	$\delta_{\operatorname{tg} \delta C}$	$\Delta_{\text{м tg} \delta}$	b
Не подключен								
3,01								
1,0								
0,301								
0,1								

8.6.5.6 Рассчитать значение мультипликативной составляющей абсолютной погрешности при измерении тангенса угла потерь по формуле

$$\Delta_{\text{м tg} \delta} = \operatorname{tg} \delta_X - \operatorname{tg} \delta_P - \operatorname{tg} \delta_0, \quad (25)$$

где $\operatorname{tg} \delta_P = \frac{1}{2\pi f_P C_{X0} R_{\text{изм}}}$ – расчетное значение приращения тангенса

угла потерь, обусловленное подключением R ,

$\operatorname{tg} \delta_0$, C_{X0} – показания моста при измерении угла потерь и емкости объекта измерения без подключенного R ,

$\operatorname{tg} \delta_X$ – показания моста при измерении тангенса угла потерь объекта измерения при $R=3,01$ МОм,

f_P – показания частотомера при измерении частоты рабочего напряжения при $R=3,01$ МОм,

и составляющей погрешности при измерении емкости, в процентах, обусловленной тангенсом угла потерь объекта измерения, по формуле

$$\delta_{\operatorname{tg} \delta C} = \left(\frac{C_X - C_{X0}}{C_{X0}} \right) \cdot 100, \quad (26)$$

где C_X – значение емкости объекта измерений при $R=3,01$ МОм.

8.6.5.7 Рассчитать значение коэффициента

$$b = \left| \frac{\Delta_{\text{м tg} \delta}}{\operatorname{tg} \delta_P} \right|. \quad (27)$$

Результаты расчетов занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.6, в строку, соответствующую $R = 3,01$ МОм.

8.6.5.8 Повторить 8.5.5.4-8.5.5.7 для резисторов R с номинальными значениями сопротивлений 1 МОм, 301 кОм и 100 кОм, соответственно.

8.6.6 Обработка результатов измерений

8.6.6.1 Вычислить значения коэффициентов a_1 , c_1 и d_1 для 1-го п/д (формулы 28-30) и a_N , c_N и d_N для 2-7 п/д (формулы 31-33), N – номер п/д:

$$a_1 = \sqrt{\Delta_{\text{add tg}\delta}^2 + \Delta_{\text{ни tg}\delta}^2}, \quad (28)$$

$$c_1 = \sqrt{\delta_{\text{MC}}^2 + \delta_{\text{HIC}}^2}, \quad (29)$$

$$d_1 = \delta_{\text{add C1}} = \sqrt{\delta_{\text{add сист C1}}^2 + \delta_{\text{add сл C1}}^2}, \quad (30)$$

$$a_N = \sqrt{\Delta_{\text{add tg}\delta}^2 + \Delta_{\text{ни tg}\delta}^2 + \Delta_{\text{ндп tg}\delta (N-1)N}^2}, \quad (31)$$

$$c_N = \sqrt{\delta_{\text{MC}}^2 + \delta_{\text{HIC}}^2 + \delta_{\text{ндп C(N-1)N}}^2}, \quad (32)$$

$$d_N = \delta_{\text{add CN}} = \sqrt{\delta_{\text{add сист CN}}^2 + \delta_{\text{add сл CN}}^2}, \quad (33)$$

Для вычисления c_1 и c_N использовать: максимальные (по модулю) значения δ_{HIC} , рассчитанные в 8.6.4.18-8.6.4.20; $\delta_{\text{ндп C(N-1)N}}$ – из таблицы 8.4; δ_{MC} – из таблицы 8.3.

Для вычисления a_1 и a_N использовать: $\Delta_{\text{add tg}\delta}$ – из таблицы 8.3; максимальное (по модулю) значение $\Delta_{\text{ни tg}\delta}$, рассчитанное в 8.6.4.18-8.6.4.20, и значения $\Delta_{\text{ндп tg}\delta (N-1)N}$, приведенные в таблице 8.4.

Данные для расчета d_N взять из таблицы 8.2.

Результаты расчета a_1 , c_1 , d_1 занести в таблицу по форме, приведенной в таблице 8.7, в строку для первого п/д.

Таблица 8.7

Номер п/д	a_N	a_{max}	b_N	b_{max}	c_N	c_{max}	d_N	d_{max}
1		$1 \cdot 10^{-4}$		$1 \cdot 10^{-2}$		$1 \cdot 10^{-2}$		$1 \cdot 10^{-3}$
2		$1 \cdot 10^{-4}$		$1 \cdot 10^{-2}$		$1 \cdot 10^{-2}$		$1 \cdot 10^{-3}$
3		$1 \cdot 10^{-4}$		$1 \cdot 10^{-2}$		$1 \cdot 10^{-2}$		$1 \cdot 10^{-3}$
4		$2 \cdot 10^{-4}$		$1 \cdot 10^{-2}$		$2 \cdot 10^{-2}$		$1 \cdot 10^{-3}$
5		$2 \cdot 10^{-4}$		$1 \cdot 10^{-2}$		$2 \cdot 10^{-2}$		$1 \cdot 10^{-3}$
6*		$2 \cdot 10^{-4}$		$1 \cdot 10^{-2}$		$2 \cdot 10^{-2}$		$1 \cdot 10^{-3}$
7*		$2 \cdot 10^{-4}$		$1 \cdot 10^{-2}$		$2 \cdot 10^{-2}$		$1 \cdot 10^{-3}$

*Только для мостов, в комплект которых входит расширитель СА7150.

Результаты расчета a_N , c_N , d_N занести в таблицу по форме, приведенной в таблице 8.7 в соответствующие строки для 2-5(7) п/д.

Выбрать максимальное значение b из таблицы по форме, приведенной в таблице 8.6, и занести его в ячейки для всех п/д столбца b_N таблицы по форме, приведенной в таблице 8.7.

Результаты операции поверки по определению основных погрешностей при измерении емкости и тангенса угла потерь считать положительными, если:

- значения коэффициентов a , b , c , d , в таблице по форме, приведенной в таблице 8.7, не превышают соответствующих значений a_{\max} , b_{\max} , c_{\max} , d_{\max} этой таблицы;
- значения $\delta_{\operatorname{tg} \delta} \%$, в процентах, в таблице по форме, приведенной в таблице 8.6, не превышают соответствующих значений в столбце $\operatorname{tg} \delta_x$ этой же таблицы.

8.7 Определение основной относительной погрешности при измерении напряжения переменного тока, приложенного к эталонному конденсатору

8.7.1 Собрать схему измерений, приведенную на рисунке 8.2. В качестве эталонного конденсатора C_0 подключить магазин емкости Р5025, установив номинальное значение емкости 320 нФ. Объект измерений C_x не подключать.

8.7.2 Включить мост и установить режим измерения C , $\operatorname{tg} \delta$. Включить режим измерения рабочего напряжения. Установить рабочее напряжение, равное (10 ± 2) В, контролируя его значение, указанное в таблице 8.8 для 1-го измерения, с помощью вольтметра В7-35. Результаты измерений занести в таблицу, выполненную по форме таблицы 8.8.

8.7.3 Рассчитать относительную погрешность при измерении рабочего напряжения, в процентах,

$$\delta_{\text{ИРН}} = \frac{U_{\text{раб м}} - U_{\text{раб в}}}{U_{\text{раб в}}} \cdot 100, \quad (34)$$

где $U_{\text{раб в}}$ – показания вольтметра при измерении рабочего напряжения, В;

$U_{\text{раб м}}$ – показания моста при измерении рабочего напряжения, В.

8.7.4 Результат расчета занести в строку для 1-го измерения таблицы, выполненной по форме таблицы 8.8.

8.7.5 Повторить 8.7.2-8.7.4 для остальных измерений таблицы 8.8.

Таблица 8.8

№ измерения	$U_{\text{раб}},$ В	Показания вольтметра при измерении рабочего напряжения $U_{\text{раб в}},$ В	Показания моста при измерении рабочего напряжения $U_{\text{раб м}},$ В	Основная относительная погрешность при измерении рабочего напряжения $\delta_{\text{ирн}},$ %
1	10±2			
2	20±2			
3	30±3			
4	40±3			
5	50±3			
6	60±3			
7	70±3			
8	80±3			
9	90±3			
10	100±3			

Результат операции поверки считается положительным, если основная относительная погрешность при измерении рабочего напряжения не превышает $\pm 1,5\%$.

8.8 Определение диапазона измерений и основной абсолютной погрешности при измерении частоты рабочего напряжения

8.8.1 Собрать схему измерений, приведенную на рисунке 8.6, в которой в качестве генератора рабочего напряжения использовать генератор сигналов низкочастотный ГЗ-109. К выходу генератора подключить эталонный конденсатор Р597 с номинальным значением емкости 10 нФ. Для контроля частоты рабочего напряжения, параллельно выходу генератора ГЗ-109, подключить частотомер ЧЗ-63/1.

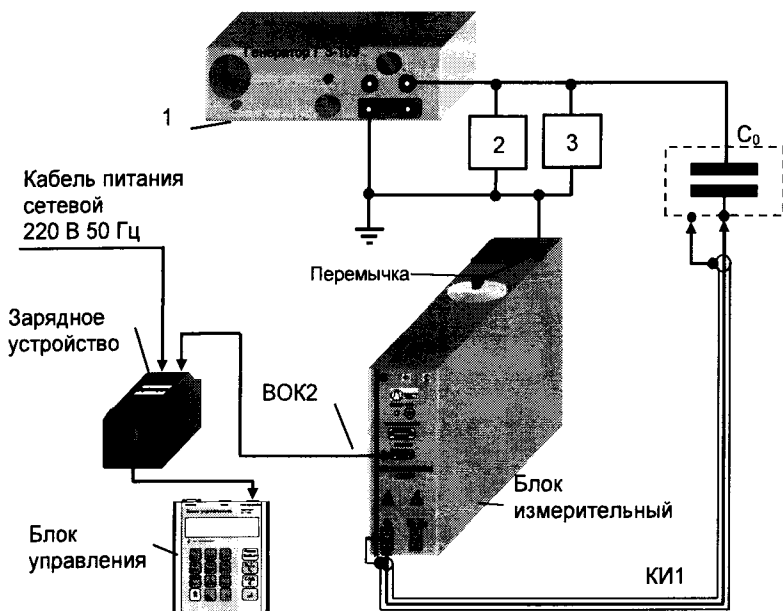
8.8.2 Установить на выходе генератора рабочее напряжение равное (10 ± 2) В частотой $(50 \pm 0,1)$ Гц.

8.8.3 Включить режим работы с внешним эталонным конденсатором, ввести параметры меры, подключенной в качестве внешнего эталонного конденсатора C_0 : $C_0 = 1,00 \text{e-}8$ (в фарадах), $\text{tg}\delta = 0$.

8.8.4 Измерить частоту рабочего напряжения с помощью моста и с помощью частотомера. Зафиксировать результаты измерений частоты рабочего напряжения мостом $f_{\text{рм}}$, Гц, и частотомером $f_{\text{рч}}$, Гц.

8.8.5 Рассчитать основную абсолютную погрешность измерения частоты Δf , Гц, по формуле

$$\Delta f = f_{PM} - f_{PC} \quad (35)$$



- 1 — генератор ГЗ-109;
 2 — вольтметр В7-35;
 3 — частотомер ЧЗ-63/1;
 C_0 — эталонный конденсатор

Рисунок 8.6

8.8.6 Повторить 8.8.2-8.8.4 для значений частоты 51 Гц и 49 Гц.

Результат операции поверки считать положительным, если основная абсолютная погрешность измерения частоты не превышает $\pm 0,1$ Гц.

8.9 Определение основной относительной погрешности при измерении емкости с использованием встроенного эталонного конденсатора⁴

8.9.1 Собрать схему измерения, приведенную на рисунке 8.7, подключив меру емкости Р597 с номинальным значением емкости 100 пФ к входу моста "С_х, R_х". Отсоединить переключку ПДРМ. 685611.037, электрически соединяющую корпусной зажим и вы-

⁴ Данная операция поверки выполняется только для мостов CA7100-2 и CA7100-3.

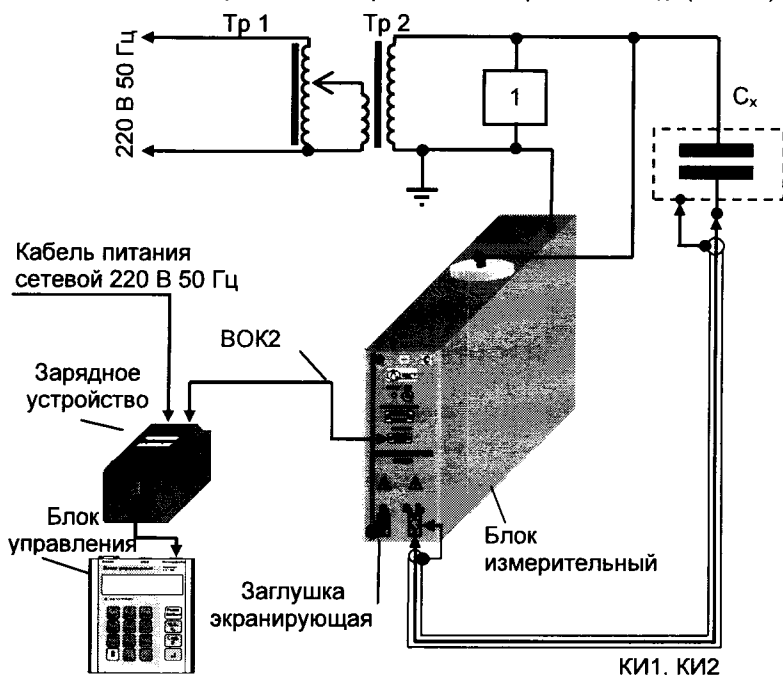
соковольтный вывод встроенного эталонного конденсатора моста.

8.9.2 Включить режим работы с внешним эталонным конденсатором.

8.9.3 Ввести паспортное значение емкости меры емкости P597 с номинальным значением емкости 100 пФ и значение тангенса угла потерь $\text{tg}\delta=0$ в качестве параметров внешнего эталонного конденсатора C_0 .

8.9.4 Включить режим "Проверка C_0 ".

8.9.5 Включить режим накопления результатов и установить число накапливаемых измерений $N=5$, рабочее напряжение $U_x=(100\pm5)$ В.



Tr1 – лабораторный автотрансформатор ЛАТР-2,5;
 Tr2 – трансформатор питающий;
 1 – вольтметр В7-35;
 C_x – мера емкости

Рисунок 8.7

8.9.6 Провести измерения емкости и тангенса угла потерь и зафиксировать показания моста при измерении емкости C_{xm} и тангенса угла потерь $\text{tg}\delta_{xm}$.

8.9.7 Рассчитать основную относительную погрешность измерения емкости при использовании встроенного эталонного конденсатора, в процентах, по формуле

$$\delta_{\text{СВК}} = \frac{C_{\text{ХМ}} - C_{\text{ХП}}}{C_{\text{ХП}}} \cdot 100, \quad (36)$$

где $C_{\text{ХМ}}$ — показания моста при измерении емкости, пФ;
 $C_{\text{ХП}}$ — значение емкости встроенного эталонного конденсатора, в пФ, приведенное в РЭ мостов.

Результат операции поверки считать положительным, если полученное значение $\delta_{\text{СВК}}$ не превышает $\pm(0,05 + |\operatorname{tg}\delta_{\text{ХМ}}|)$.

8.10 Определение основной относительной погрешности при измерении емкости и абсолютной погрешности при измерении тангенса угла потерь с использованием встроенного эталонного конденсатора⁵

8.10.1 Собрать схему измерения, приведенную на рисунке 8.7, подключив меру емкости Р5050 с номинальным значением емкости 100 пФ к входу моста "С_х, R_х". Отсоединить перемычку, электрически соединяющую корпусной зажим и высоковольтный вывод встроенного эталонного конденсатора моста.

8.10.2 Включить режим работы с внешним эталонным конденсатором.

8.10.3 Ввести паспортные значения емкости и тангенса угла потерь меры емкости Р5050 с номинальным значением емкости 100 пФ в качестве параметров внешнего эталонного конденсатора C_0 .

8.10.4 Включить режим "Поверка C_0 ".

8.10.5 Включить режим накопления результатов. Установить число накапливаемых измерений $N=5$, рабочее напряжение $U_{\text{х}}=(100 \pm 5)$ В.

8.10.6 Провести измерения емкости и тангенса угла потерь и зафиксировать показания моста при измерении емкости $C_{\text{ХМ}}$ и тангенса угла потерь $\operatorname{tg}\delta_{\text{ХМ}}$.

8.10.7 Вычислить составляющие основной погрешности при измерении емкости встроенного эталонного конденсатора $\delta_{\text{СВК}}$, в процентах, в том числе:

- относительной при измерении емкости, в процентах,

$$\delta_{\text{СВК}} = \frac{C_{\text{ХМ}} - C_{\text{ХП}}}{C_{\text{ХП}}} \cdot 100, \quad (37)$$

где $C_{\text{ХМ}}$ — показания моста при измерении емкости, пФ,
 $C_{\text{ХП}}$ — значение емкости встроенного эталонного конденсатора, приведенное в РЭ мостов, пФ;

- абсолютной при измерении тангенса угла потерь

$$\Delta_{\operatorname{tg}\delta_{\text{ВК}}} = \operatorname{tg}\delta_{\text{ХМ}}, \quad (38)$$

где $\operatorname{tg}\delta_{\text{ХМ}}$ — показания моста при измерении тангенса угла потерь.

⁵ Данная операция поверки выполняется только для мостов СА7100-2 и СА7100-3.

Результат операции поверки считать положительным, если полученное значение $\delta_{\text{СВК}}$ не превышает $\pm(0,05 + |\text{tg}\delta_{\text{ХМ}}|)$, а полученное значение $\Delta_{\text{tg}\delta_{\text{ВК}}}$ не превышает $\pm(1,5 \cdot 10^{-4} + 1 \cdot 10^{-2} \cdot |\text{tg}\delta_{\text{ХМ}}| + 500 \cdot \text{С}_{\text{ХМ}})$.

8.11 Определение основной относительной погрешности установки рабочего напряжения при использовании источника переменного рабочего напряжения⁶

8.11.1 Собрать схему измерений, приведенную на рисунке 8.8.

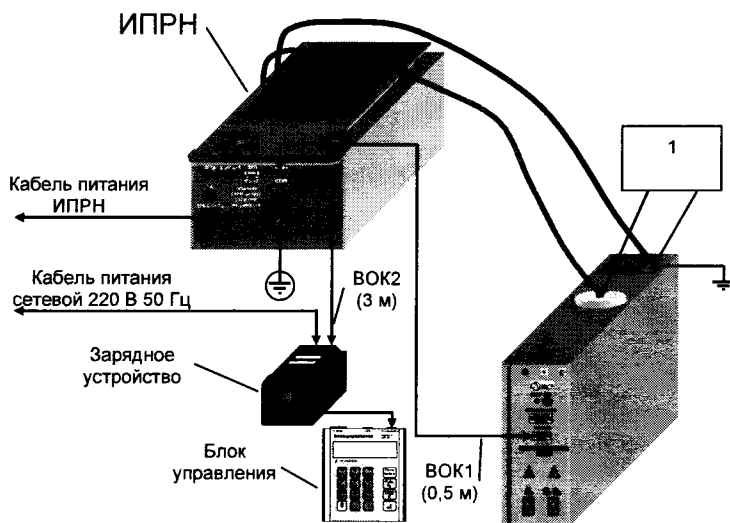


Рисунок 8.8

8.11.2 Включить режим работы с встроенным эталонным конденсатором.

8.11.3 Включить режим "Поверка U_p ". Установить на выходе ИПРН значение рабочего напряжения $U_{\text{и}} = 1000 \text{ В}$, в соответствии с 1-м измерением таблицы, выполненной по форме таблицы 8.9, выбрав значение напряжения из списка, предлагаемого в меню блока управления.

8.11.4 Провести измерение рабочего напряжения ИПРН. Показания кивовольтметра при измерении $U_{\text{и}}$ в занести в строку для 1-го измерения таблицы, выполненной по форме таблицы 8.9.

8.11.5 Рассчитать основную относительную погрешность установки рабочего напряжения, в процентах, по формуле

⁶ Операция поверки выполняется только при наличии в комплекте моста ИПРН.

$$\delta_{\text{ИИ}} = \frac{U_{\text{ИВ}} - U_{\text{И}}}{U_{\text{И}}} \cdot 100, \quad (39)$$

где $U_{\text{ИВ}}$ – показания киловольтметра при измерении рабочего напряжения ИПРН;

$U_{\text{И}}$ – значение рабочего напряжения, устанавливаемого на выходе ИПРН, В.

8.11.6 Повторить операции 8.11.3-8.11.4 для остальных измерений таблицы, выполненной по форме таблицы 8.9.

Таблица 8.9

№ измерения	Рабочее напряжение, установленное на ИПРН $U_{\text{И}}$, В	Показания киловольтметра при измерении рабочего напряжения ИПРН $U_{\text{ИВ}}$, В	Основная относительная погрешность установки рабочего напряжения ИПРН $\delta_{\text{ИИ}}$, %
1	1000		
2	3000		
3	5000		
4	10000		

8.11.7 Собрать схему измерений, приведенную на рисунке 8.9.

8.11.8 Включить режим "Поверка Up". Установить на выходе ИПРН

C.tgδ
R

значение рабочего напряжения $U_{\text{И}}=7000$ В. Нажать кнопку C.tgδ
R и одновременно запустить секундомер. При выводе на экран сообщения "Установлено Up=7000 В" остановить секундомер и зафиксировать значение времени установки рабочего напряжения и показания киловольтметра. Показания киловольтметра при измерении $U_{\text{ИВ}}$ и показания секундомера занести в строку для 1-го измерения таблицы, выполненной по форме таблицы 8.10.

8.11.9 Запустить секундомер, через 5 минут остановить секундомер и зафиксировать показания киловольтметра при измерении рабочего напряжения $U_{\text{ИВ}}$. Измеренное значение $U_{\text{ИВ}}$ занести в строку для 2-го измерения таблицы, выполненной по форме таблицы 8.10.

8.11.10 Снять рабочее напряжение на выходе ИПРН.

Внимание! В течение последующих 5 минут повторная установка рабочего напряжения ИПРН категорически запрещается!

8.11.11 Установить на выходе ИПРН значение рабочего напряже-

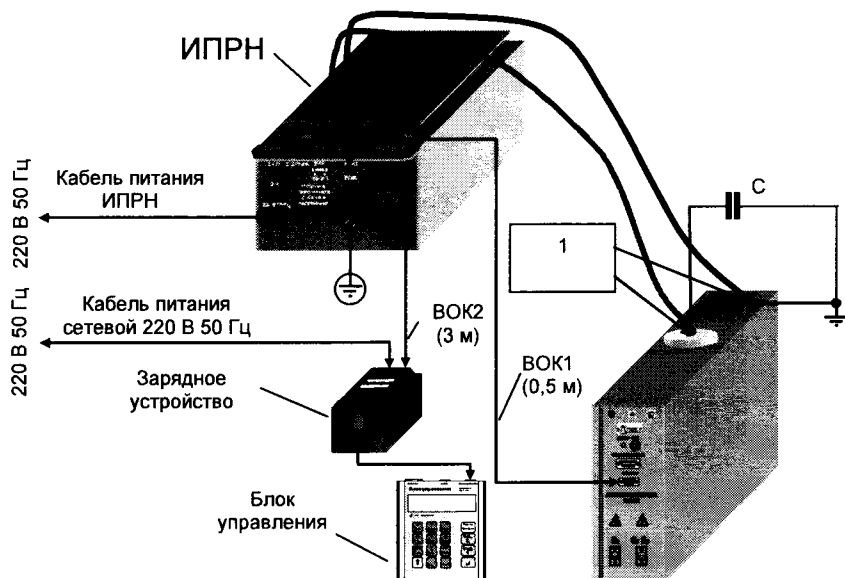
C.tgδ
R

ния $U_{\text{И}}=10000$ В. Нажать кнопку C.tgδ
R и одновременно запустить секундомер. При выводе на экран блока управления сообщения "Установлено Up=10000 В" остановить секундомер и зафиксировать значе-

ние времени установки рабочего напряжения и показания киловольтметра. Показания киловольтметра при измерении $U_{иВ}$ и показания секундомера занести в строку для 3-го измерения таблицы, выполненной по форме таблицы 8.10.

Таблица 8.10

№ измерения	Рабочее напряжение, установленное на ИПРН $U_{иВ}$, В	Показания киловольтметра при измерении рабочего напряжения ИПРН $U_{иВ}$, В	Основная относительная погрешность установки рабочего напряжения ИПРН $\delta_{иВ}$, %	Время установки рабочего напряжения на выходе ИПРН, с
1	7000			
2	7000			
3	10000			
4	10000			



1 – киловольтметр С196;
С – конденсатор, 100 нФ (СК-10,5-100-2У3)

Рисунок 8.9

8.11.12 Запустить секундомер, через 2 минуты остановить секундомер и зафиксировать показания киловольтметра при измерении переменного рабочего напряжения $U_{\text{ИВ}}$. Показания киловольтметра при измерении $U_{\text{ИВ}}$ занести в строку для 4-го измерения таблицы, выполненной по форме таблицы 8.10.

Внимание! В течение последующих 5 минут повторная установка рабочего напряжения ИПРН категорически запрещается!

8.11.13 Рассчитать основную относительную погрешность установки рабочего напряжения, в процентах, по формуле

$$\delta_{\text{УИ}} = \frac{U_{\text{ИВ}} - U_{\text{И}}}{U_{\text{И}}} \cdot 100, \quad (40)$$

где $U_{\text{ИВ}}$ – показания киловольтметра при измерении рабочего напряжения ИПРН;

$U_{\text{И}}$ – значение рабочего напряжения, устанавливаемого на выходе ИПРН, В.

Результат операции поверки считать положительным, если значения рассчитанных погрешностей $\delta_{\text{УИ}}$ не превышают $\pm 5\%$, а время установки рабочего напряжения не превышает 30 с.

8.12 Определение основной относительной погрешности установки постоянного рабочего напряжения при измерении сопротивления постоянному току⁷

8.12.1 Включить мост и установить режим измерения R. Для этого, в соответствии с указаниями РЭ моста, нажать на блоке управления



одновременно кнопки и , при этом на экране блока управления появится надпись "R вкл".

8.12.2 Включить режим поверки установки постоянного рабочего напряжения U , выбрав в меню строку "Поверка U". Подключить к мосту (рисунок 8.10) киловольтметр С502, в соответствии с данными для 1-го измерения таблицы 8.11.

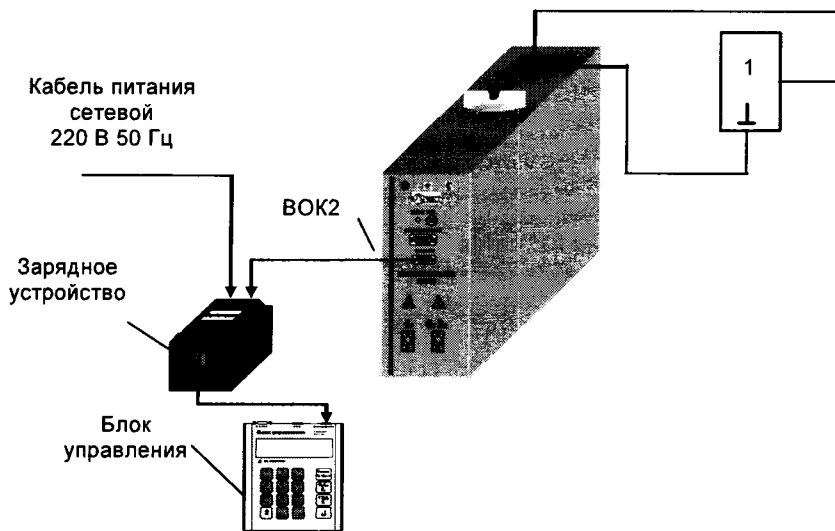
8.12.3 Установить постоянного рабочего напряжения $U_R=2500$ В, в соответствии с данными для 1-го измерения таблицы 8.11, выбрав в

меню строку с напряжением 2500 В и нажав кнопку



8.12.4 Результат измерения вольтметром постоянного рабочего напряжения U_B , в вольтах, занести в строку для 1-го измерения таблицы, выполненной по форме таблицы 8.11.

⁷ Операция поверки выполняется только для моста CA7100-3.



1 – киловольтметр С502 или вольтметр В7-35

Рисунок 8.10

8.12.5 Рассчитать основную относительную погрешность установки напряжения при измерении сопротивления, в процентах, по формуле

$$\delta_{UR} = \frac{U_B - U_R}{U_R} \cdot 100, \quad (41)$$

где U_B – показания вольтметра при измерении постоянного рабочего напряжения;

U_R – устанавливаемое значение постоянного рабочего напряжения, установленное на выходе моста.

8.12.6 Повторить операции 8.12.3-8.12.5 для 2-го измерения, в соответствии с данными таблицы 8.11.

8.12.7 Подключить к мосту (рисунок 8.10) вольтметр В7-35, в соответствии с данными для 3-го и 4-го измерений таблицы 8.11.

ВНИМАНИЕ! Так как вольтметр В7-35 измеряет напряжение, не превышающее 1000 В, установку напряжения U следует выполнять в строгом соответствии с данными для 3-го и 4-го измерений таблицы 8.11.

8.12.8 Повторить операции 8.12.3-8.12.5 для 3-го и 4-го измерений, в соответствии с данными таблицы 8.11.

8.12.9 Подключить к мосту (рисунок 8.11) резистор, 1,5 МОм, ПДРМ.411642.003 и киловольтметр С502, в соответствии с данными для 1-го измерения таблицы 8.12.

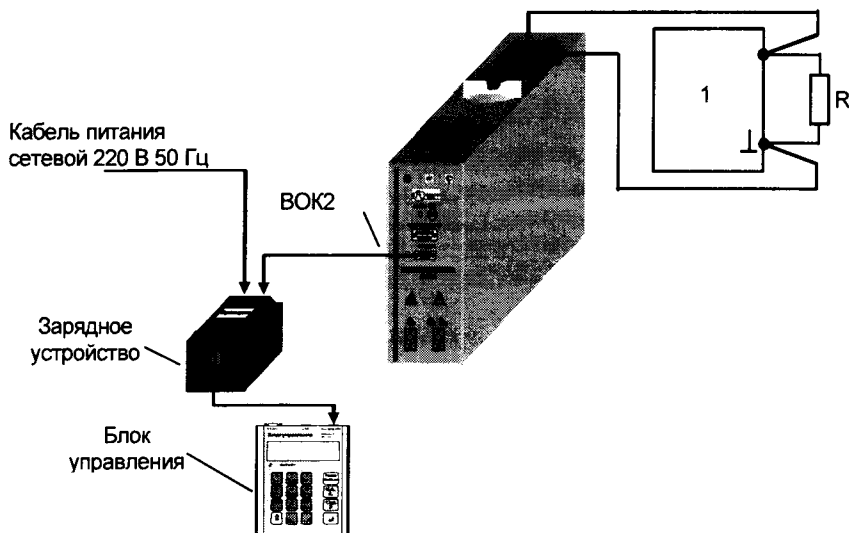
8.12.10 Выполнить операции 8.12.3-8.12.5 для 1-го и 2-го измерений таблицы 8.12.

Таблица 8.11

№ измерения	Тип измерительного прибора	Действительное значение постоянного рабочего напряжения, установленное на выходе моста U_R , В	Показания вольтметра при измерении постоянного рабочего напряжения U_B , В	Основная относительная погрешность установки постоянного рабочего напряжения при измерении сопротивления δ_{UR} , %
1	C502	2500		
2	C502	1000		
3	B7-35	500		
4	B7-35	250		

8.12.11 Подключить к мосту (рисунок 8.10) вольтметр В7-35, в соответствии с данными для 3-го и 4-го измерений таблицы 8.12.

ВНИМАНИЕ! Так как вольтметр В7-35 измеряет напряжения, не превышающие 1000 В, установку напряжения U следует выполнять в строгом соответствии с данными для 3-го и 4-го измерений таблицы 8.12.



1 – киловольтметр C502 или вольтметр В7-35;
R – резистор, 1,5 МОм, ПДРМ.411642.003

Рисунок 8.11

8.12.12 Выполнить операции 8.12.3-8.12.5 для 3-го и 4-го измерений, в соответствии с данными таблицы 8.12.

Таблица 8.12

№ измерения	Тип измерительного прибора	Действительное значение постоянного рабочего напряжения, установленное на выходе моста U_R , В	Показания вольтметра при измерении постоянного рабочего напряжения U_B , В	Основная относительная погрешность установки постоянного рабочего напряжения при измерении сопротивления δ_{UR} , %
1	C502	2500		
2	C502	1000		
3	B7-35	500		
4	B7-35	250		

Результаты операции поверки по определению основной погрешности при установке напряжения считать положительными, если значения рассчитанных погрешностей δ_{UR} в таблицах 8.11 и 8.12 не превышают $\pm 2,5\%$.

8.13 Проверка основной относительной погрешности при измерении сопротивления постоянному току⁸

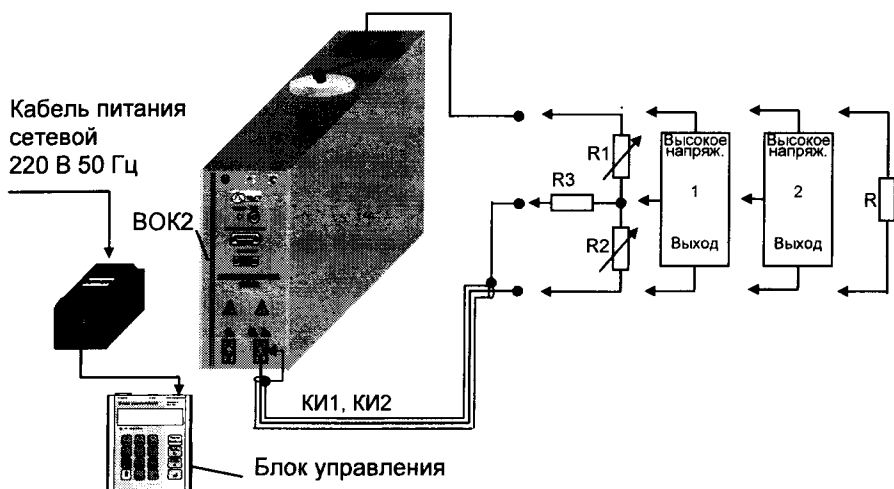
Перед испытанием с помощью омметра цифрового Ц34 измерить значение сопротивления резистора, 150 кОм, ПДРМ.411642.004. Показания омметра занести в строку для 1-го измерения таблицы, выполненной по форме таблицы 8.13.

8.13.1 Собрать схему измерений, приведенную на рисунке 8.12. В качестве объекта измерения подключить резистор, 150 кОм, ПДРМ.411642.004 в соответствии с данными для 1-го измерения таблицы 8.13.

8.13.2 Включить режим измерения R. Выключить режим "Поверка U".

8.13.3 Установить 1-й п/д измерений и напряжение $U = 250$ В, в соответствии с данными для 1-го измерения таблицы 8.13. Измерить значение сопротивления $R_{изм}$.

⁸ Операция поверки выполняется только для моста CA7100-3.



- 1 – магазин сопротивлений P4043;
 2 – магазин сопротивлений P4002;
 R – резистор, 150 кОм, ПДРМ.411642.004;
 R1 – магазин сопротивлений P4043, 1 ГОм;
 R2 – магазин сопротивлений P4002, 100 МОм;
 R3 – мера сопротивления P331, 100 кОм

Рисунок 8.12

8.13.4 Рассчитать основную относительную погрешность измерения сопротивления δ_R , в процентах, по формуле

$$\delta_R = \frac{R_{\text{изм}} - R}{R} \cdot 100, \quad (42)$$

где $R_{\text{изм}}$ – показания моста при измерении сопротивления, Ом;

R – значение сопротивления из таблицы 8.13.

8.13.5 Занести результаты измерений и расчетов в строку для 1-го измерения таблицы, выполненной по форме таблицы 8.13.

8.13.6 Выполнить операции 8.13.3-8.13.4 для остальных измерений таблицы 8.13.

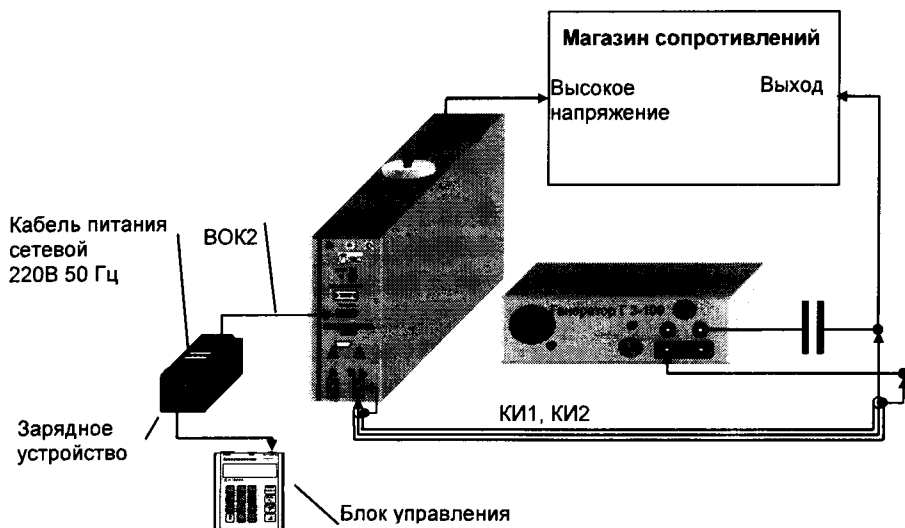
Таблица 8.13

№ измерения	Вид объекта измерения	Напряжение на объекте измерения, В	№ п/д измерений	Значение сопротивления, R, Ом	Показания моста при измерении сопротивления R _{изм} , Ом	Действительное значение основной относительной погрешности при измерении сопротивления δ _R , %
1	Резистор, 150 кОм гДРМ.411642.004	250	1	Показания ом- метра Щ34:		
2	P4002	250	1	$1,00 \cdot 10^6$		
3	P4002	250	2	$1,00 \cdot 10^6$		
4	P4002	250	2	$1,00 \cdot 10^7$		
5	P4002	250	3	$1,00 \cdot 10^7$		
6	P4002	250	3	$1,00 \cdot 10^8$		
7	P4002	250	2	$2,00 \cdot 10^6$		
8	P4002	250	2	$3,00 \cdot 10^6$		
9	P4002	250	2	$7,00 \cdot 10^6$		
10	P4002	250	2	$1,00 \cdot 10^7$		
11	P4002	250	2	$5,00 \cdot 10^7$		
12	P4002	250	2	$1,00 \cdot 10^8$		
13	P4043	250	4	$1,00 \cdot 10^{10}$		
14	P4043	2500	4	$1,00 \cdot 10^9$		
15	P4043	2500	4	$1,00 \cdot 10^{10}$		
16	Т- образная схема	2500	Автомати- ческий	$1,001 \cdot 10^{12}$		

Результаты операции поверки считать положительными, если действительное значение основной относительной погрешности при измерении сопротивления δ_R для 1-15 измерений не превышает ± 2,5 % и для 16-го измерения – ±5 %.

8.14 Определение дополнительной погрешности при измерении сопротивления постоянному току при воздействии на измерительный вход моста "С_x, R_x" синусоидального тока промышленной частоты⁹

8.14.1 Собрать схему измерений, приведенную на рисунке 8.13. В качестве объекта измерения к мосту подключить магазин сопротивлений P4002. Подключение меры емкости P597, 100 нФ, к выходам генератора сигналов низкочастотного ГЗ-109 и магазина сопротивлений P4002 выполнить с помощью экранированного провода.



- 1 – магазин сопротивлений 4002;
 2 – генератор ГЗ-109;
 С – мера емкости P597

Рисунок 8.13

8.14.1 Установить режим измерения R. Установить напряжение $U=250$ В.

8.14.2 Установить 4-й п/д измерений и значение сопротивления магазина равно $1 \cdot 10^8$ Ом.

8.14.3 Провести измерение сопротивления.

8.14.4 Включить генератор и установить на его выходе напряжение $(16 \pm 0,5)$ В, частотой $(50 \pm 0,1)$ Гц.

8.14.5 Провести измерение сопротивления.

⁹ Операция поверки выполняется только для моста CA7100-3.

8.14.6 Рассчитать дополнительную погрешность при измерении сопротивления, вызванную воздействием на измерительный вход моста "С_х, R_х" синусоидального тока промышленной частоты, в процентах, по формуле

$$\delta_{R1} = \frac{R_{изм2} - R_{изм1}}{R_{изм1}} \cdot 100, \quad (43)$$

где $R_{изм1}$ — показания моста при измерении сопротивления без воздействия помех, Ом;

$R_{изм2}$ — показания моста при измерении сопротивления при воздействии на измерительный вход моста (вход С_х, R_х) синусоидального тока промышленной частоты.

Результаты операции поверки считать положительными, если значение дополнительной погрешности, вызванной воздействием на измерительный вход моста "С_х, R_х" синусоидального тока промышленной частоты, δ_{R1} не превышает $\pm 2\%$.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 При положительном результате поверки производится запись в паспорт моста и ставится оттиск поверительного клейма с указанием срока следующей поверки.

9.2 В случае отрицательного результата поверки выдается справка о непригодности моста, а также производится соответствующая запись в паспорт моста.

