

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
по метрологии ФБУ «УРАЛТЕСТ»
руководитель службы по обеспечению
единства измерений

Ю. М. Суханов

«28» февраля 2017 г.



КОМПАРАТОР CA507
Руководство по эксплуатации. Часть 2.
Методика поверки.
ПДРМ.411439.00 1РЭ1

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	4
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	4
3 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.....	4
4 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ.....	8
5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....	11
6 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА.....	11
7 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ ..	11
8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ.....	11
8.1 Внешний осмотр.....	11
8.2 Проверка электрической прочности изоляции цепей компаратора.....	12
8.3 Определение электрического сопротивления изоляции.....	13
8.4 Опробование.....	14
8.5 Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении относительной разности вторичных напряжений двух ТН с равными номинальными вторичными напряжениями.....	15
8.6 Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении разности фаз вторичных напряжений двух ТН с равными номинальными вторичными напряжениями.....	19
8.7 Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении относительной разности вторичных токов двух ТТ с равными номинальными вторичными токами.....	21
8.8 Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении разности фаз вторичных токов двух ТТ с равными номинальными токами.....	27
8.9 Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении относительной разности и разности фаз вторичных токов двух ТТ при отношении их вторичных токов, как 5:1.....	29
8.10 Проверка функционирования компаратора в режиме измерения относительной разности вторичных токов двух ТТ при отношении их вторичных токов, как 5:1.....	34
8.11 Определение основной абсолютной погрешности при измерении активной и реактивной проводимостей нагрузки во вторичной цепи ТН при их калибровке и поверке.....	35

8.12 Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении активного и реактивного сопротивлений во вторичной цепи ТТ при их калибровке и поверке	39
9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	43

Настоящий документ является второй частью руководства по эксплуатации (далее – РЭ) компаратора CA507 (далее – компаратор) и содержит методику его поверки.

Форма протокола поверки компаратора приведена в файле "Форма протокола поверки.doc", размещенном на диске с программным обеспечением (далее – протокол поверки).

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Методика поверки распространяется на компараторы CA507 и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками 3 года.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Во второй части РЭ компаратора имеются ссылки на следующие нормативные документы:

Приказ № 1815 от 02.07.2015 г. Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке

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

ГОСТ 12.2.091-2002 Средства измерений электронные. Технические требования в части безопасности. Методы испытаний

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

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭЭ)

3 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

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

Таблица 3.1

№ п/п	№ пункта методики поверки	Наименование операции	Проведение операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
1	8.1	Внешний осмотр	Да	Да
2	8.2	Проверка электрической прочности изоляции цепей компаратора	Да	Нет
3	8.3	Определение электрического сопротивления изоляции	Да	Нет
4	8.4	Опробование	Да	Да
5	8.5	Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении относительной разности вторичных напряжений двух трансформаторов напряжения (далее – ТН) с равными номинальными вторичными напряжениями	Да	Да
6	8.6	Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении разности фаз вторичных напряжений двух ТН с равными номинальными вторичными напряжениями	Да	Да

№ п/п	№ пункта методики поверки	Наименование операции	Проведение операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
7	8.7	Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении относительной разности вторичных токов двух трансформаторов токов (далее – ТТ) с равными номинальными вторичными токами	Да	Да
8	8.8	Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении разности фаз вторичных токов двух ТТ с равными номинальными вторичными токами	Да	Да
9	8.9	Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении относительной разности вторичных токов и разности фаз вторичных токов двух ТТ при отношении их вторичных токов, как 5:1	Да	Нет

№ п/п	№ пункта методики поверки	Наименование операции	Проведение операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
10	8.10	Проверка функционирования компаратора в режиме измерения относительной разности вторичных токов двух ТТ при отношении их вторичных токов, как 5:1	Да	Да
11	8.11	Определение основной абсолютной погрешности при измерении активной и реактивной проводимостей нагрузки во вторичной цепи ТН при их калибровке и поверке	Да	Да
12	8.12	Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении активного и реактивного сопротивлений нагрузки во вторичной цепи ТТ при их калибровке и поверке	Да	Да

При отрицательных результатах любой из операций, поверка компаратора прекращается, неисправный компаратор 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.

Таблица 4.1

Наименование средств измерительной техники	Технические характеристики СИТ, используемых при поверке	№ пункта методики поверки
Вольтметр ВЗ-60	Диапазон измерений от 0 до 300 В, класс точности 0,05	8.5-8.12
Меры сопротивления Р321	Номинальные значения сопротивления –1 Ом, 10 Ом, класс точности 0,1	8.9,8.12
Мост переменного тока высоковольтный СА7100РД ¹ (далее – мост СА7100РД)	Основная относительная погрешность при измерении емкости при работе с внешним эталонным конденсатором $\pm 0,02$ %. Основная абсолютная погрешность при измерении тангенса при работе с внешним эталонным конденсатором $\pm 0,02$ %	8.11, 8.122
Магазин сопротивлений Р4834, 2шт.	Диапазон воспроизводимых значений сопротивления от 0,01 до 1000000 Ом, класс точности от 0,02	8.5-8.9, 8.11, 8.12
Меры емкости Р597	Номинальные значения емкости – 5 нФ, 1нФ, класс точности 0,05	8.11
Частотомер ЧЗ-36/1	Диапазон частот – от 0,1 Гц до 200 МГц. Относительная погрешность при измерении периода $\pm 5 \cdot 10^{-7}$	8.5-8.12

¹Мост переменного тока высоковольтный СА7100РД применяется при выпуске из производства и после ремонта компараторов для измерения емкости конденсаторов свыше 1мкФ на частоте 50 Гц. При проведении периодической поверки компараторов в аналогичных операциях поверки используется мост переменного тока ЦЕ5002.

Наименование средств измерительной техники	Технические характеристики СИТ, используемых при поверке	№ пункта методики поверки
Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-123	Диапазон частот – от 20 Гц до 200 кГц. Диапазон регулирования выходного напряжения от 0 до 200 В. Нестабильность частоты $10 \cdot 10^{-4}$	8.5-8.10, 8.12
Амперметр Д553	Класс точности 0,2	8.10
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)	8.6, 8.9
Нуль-индикатор Ф5046/1	Чувствительность к входному напряжению – не менее 5 мм·шк/мкВ. Избирательность по 3-й гармонике – не менее 60 дБ. Чувствительность к напряжению между входной цепью и корпусом – не более 80 дБ	8.7,8.9
Установка пробойная УПУ-10	Испытательное напряжение – от 0,2 до 10 кВ, погрешность установки напряжения $\pm 4 \%$	8.2
Мегаомметр Е6-16	Диапазон измерений Ом/МОм – 2/200, основная погрешность от длины шкалы – 1,5 %	8.3

Таблица 4.2

Наименование вспомогательного оборудования	Технические характеристики вспомогательного оборудования, используемого при поверке	№ пункта методики поверки
Трансформатор питающий И57	Максимальное вторичное напряжение – 36 В, $R_{\text{макс}} = 144 \text{ В} \cdot \text{А}$; класс точности – 0,2.	8.9

Наименование вспомогательного оборудования	Технические характеристики вспомогательного оборудования, используемого при поверке	№ пункта методики поверки
Мера отношения токов МОТ -2	Первичный ток от 1 до 5 А. Отношения вторичного тока к первичному 1:10 и 1:5.	8.7, 8.9, 8.10
Мера отношения токов МОТ -4 ПДРМ.411639.003	Номинальные значения сил входных токов – 1 и 5 А. Отношение числа витков входных обмоток – 5:1.	8.9
Конденсаторы KNM 3117 МК ²	Номинальная емкость – 50, 100, 200 мкФ, тангенс угла диэлектрических потерь – не более 0,001.	8.9, 8.11
Мера емкости МЕ-1 ПДРМ.411644.003	Номинальная емкость – 16 мкФ, тангенс угла диэлектрических потерь – не более 0,001.	8.8, 8.12
ЛАТР – 1	Лабораторный автотрансформатор, диапазон регулирования напряжения – от 0 до 250 В. Номинальный ток нагрузки – 8 А	8.11
Трансформатор напряжения	Первичное напряжение – 220 В, вторичное напряжение – 220 В, $P_{\max} = 1000 \text{ В} \cdot \text{А}$	8.11, 8.12

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

Все применяемые средства измерительной техники должны быть поверены в соответствии с Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815.

²Вместо конденсаторов KNM 3117 МК могут быть использованы т.н. "пусковые конденсаторы", у которых тангенс диэлектрических потерь – не более 0,001, рабочее напряжение – не менее 400 В. Тангенс диэлектрических потерь конденсатора на частоте 50 Гц определять с помощью моста переменного тока высоковольтного СА7100РД. Конденсаторы KNM 3117 МК используются в операциях поверки компаратора при выпуске и после ремонта. При поверке компаратора в эксплуатации применяется мера емкости МЕ-1ПДРМ.411644.003.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки компаратора должны соблюдаться требования ГОСТ 12.3.019 и ПОТЭЭ.

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

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

6 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА

Измерения должны выполнять лица, аттестованные как государственные поверители и имеющие группу допуска по электробезопасности не ниже III.

7 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

7.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

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

7.2 Все работы с компаратором должны проводиться в соответствии с "Руководством по эксплуатации. Часть 1", ПДРМ.411439.001 РЭ (далее – РЭ), а работы со средствами измерительной техники, применяемыми при поверке, в соответствии с их эксплуатационной документацией.

7.3 Перед поверкой подготовить протокол поверки. Файл "Форма протокола поверки СА507.doc" размещен на диске с программным обеспечением.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие компаратора следующим требованиям:

- отсутствие механических повреждений, влияющих на работоспособность компаратора, отсутствие механических повреждений соединительных кабелей и разъемов;
- соответствие требованиям комплектности и маркировки, приведенным в паспорте ПДРМ.411439.001 ПС.

Проведение поверки

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

Результат операции поверки считать положительным, если отсутствуют внешние механические повреждения компаратора, а комплектность и маркировка компаратора соответствует требованиям паспорта.

8.2 Проверка электрической прочности изоляции цепей компаратора

8.2.1 Проверку электрической прочности изоляции цепей питания 220 В 50 Гц компаратора относительно его корпуса измерительных цепей проводить в нормальных условиях применения с помощью пробойной установки УПУ-10, подавая напряжение переменного тока частотой 50 Гц в соответствии с ГОСТ 12.2.091-2002.

8.2.2 Проверка электрической прочности изоляции цепей питания 220 В 50 Гц компаратора относительно его корпуса на выдержку испытательного напряжения 1500 В переменного тока частотой 50 Гц

8.2.2.1 Перед проверкой:

- подсоединить к компаратору кабель питания;
- установить переключатель "СЕТЬ" в положение "I";
- электрически соединить питающие цепи компаратора (штыри вилки кабеля питания)³;
- подсоединить к закороченным штырям и к выводу защитного заземления вилки кабеля питания выход универсальной пробойной установки УПУ-10, которая в момент подключения должна быть выключена.

8.2.2.2 Подачу напряжения осуществлять плавно в течение 3 минут до максимального значения, равного испытательному напряжению, и выдержать 1 минуту, после чего плавно уменьшить до нуля и отключить пробойную установку.

8.2.3 Проверка электрической прочности изоляции входных цепей измерения напряжения в цепях, питаемых от сети, на выдержку испытательного напряжения 2000 В переменного тока частотой 50 Гц.

8.2.3.1 Перед проверкой:

- снять перемычку ПДРМ.685611.012 между зажимами "х, ТНэ" и "⊥";
- подключить кабель измерительный КИ(У) ПДРМ.685611.008, к зажимам "х, ТНэ", "а, ТНэ" и "⊥" согласно маркировке;
- электрически соединить на кабеле измерительном КИ(У) ПДРМ.685611.008 сигнальные выводы;

³ Здесь и далее в качестве проводников использовать медные провода сечением не менее 0,2 мм².

– подключить к закороченным выводам и выводу заземления кабеля измерительного КИ(U) ПДРМ.685611.008 универсальную пробойную установку УПУ-10, которая в момент подключения должна быть выключена.

8.2.3.2 Выполнить 8.2.2.2 настоящей методики поверки (далее – МП).

8.2.4 Проверка электрической прочности изоляции входных цепей измерения силы тока в цепях, питаемых от сети, на выдержку испытательного напряжения 1500 В переменного тока частотой 50 Гц

8.2.4.1 Перед проверкой:

– закоротить зажимы "а, Ix" и "U1, Ix";
– подключить к закороченным зажимам и "⊥" универсальную пробойную установку УПУ-10, которая в момент подключения должна быть выключена.

– выполнить 8.2.2.2 настоящей МП.

Результат операции поверки считать положительным, если при проведении операций проверок не произошло пробоя или поверхностного перекрытия изоляции. Появление "коронного разряда" или специфического шума при проведении операций проверок не является признаком неудовлетворительных результатов этих проверок.

8.3 Определение электрического сопротивления изоляции

8.3.1 Определение электрического сопротивления изоляции компаратора выполнять в соответствии с ГОСТ 12.2.091-2002 с помощью мегаомметра при напряжении 500 В постоянного тока.

8.3.1 Определение сопротивления изоляции между корпусом и изолированными по постоянному току цепями питания компаратора проводить в следующей последовательности:

– подсоединить к компаратору кабель питания;
– закоротить между собой питающие цепи компаратора (штыри вилки кабеля питания);

– установить переключатель "СЕТЬ" в положение "I";

– измерить с помощью мегаомметра при напряжении 500 В постоянного тока сопротивление между питающими цепями компаратора и защитным контактом заземления вилки кабеля питания компаратора;

– показания мегаомметра отсчитывать через 1 мин после подачи измерительного напряжения.

8.3.2 Определение сопротивления изоляции между корпусом компаратора и изолированными по постоянному току его входами измерения тока в цепях, питаемых от сети проводить в следующей последовательности:

– соединить между собой зажимы "U1, Ix" и "а, Ix" на задней панели компаратора;

Проведение поверки

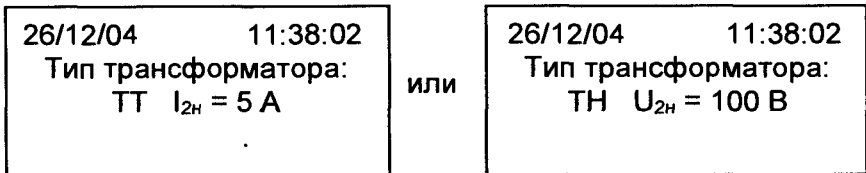
– измерить с помощью мегаомметра при напряжении 500В постоянного тока сопротивление между соединенными зажимами "U1, Ix", "a, Ix" и "⊥" компаратора;

– показания мегаомметра отсчитывать через 1 минуту после подачи измерительного напряжения.

Результат операции поверки считать положительным, если измеренные значения сопротивления изоляции составляют не менее 2 МОм.

8.4 Опробование

8.4.1 Установить переключатель "СЕТЬ", размещенный на передней панели компаратора, в положение "I". На экране жидкокристаллического индикатора (далее – экране) компаратора появится тот вариант основного окна, при котором компаратор был выключен в предыдущем сеансе работы, например, как показано на рисунке 8.1.



Первая строка – текущие дата и время;

Вторая и третья – тип трансформатора и номинальный вторичный ток (напряжение) эталонного и поверяемого трансформаторов

Рисунок 8.1

8.4.2 Нажать кнопку "I₂,U₂" на мембранной клавиатуре, расположенной на передней панели компаратора. На экране должно появиться окно "Установка тока ТТ" (рисунок 8.2,а) или окно "Установка напряжения ТН" (рисунок 8.2,б).

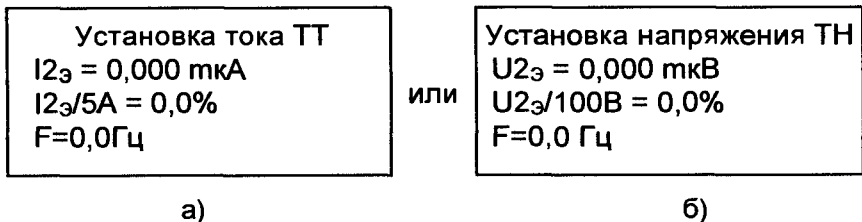


Рисунок 8.2

8.4.3 Для возврата в основное окно (рисунок 8.1) программы, нажать клавишу "↵".

8.4.4 Для входа в меню еще раз нажать клавишу "↵".

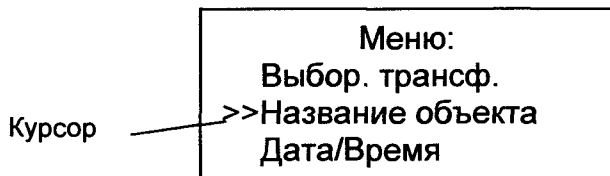


Рисунок 8.3

8.4.5 В меню (рисунок 8.3) с помощью клавиш "2↑" и "8↓" выбрать строку "Название объекта" и нажать клавишу "↵".

8.4.6 Для проверки правильности ввода цифр и символов с помощью мембранной клавиатуры поочередно нажать клавиши от "0" до "9". При этом нажатие клавиши с цифрой должно соответствовать появлению на экране этой же цифры.

8.4.7 Для возврата в основное окно (рисунок 8.1) программы нажать клавишу "R,X,P,Q".

Результат операции поверки считать положительным, если после выполнения действий, указанных в 8.4.1-8.4.7, на экране появляется сообщения, описанные в 8.4.1-8.4.7.

8.4.8. Идентификация программного обеспечения проводится путём сравнения идентификационных данных ПО, считанных в окне запуска ПО с идентификационными данными, приведёнными в таблице 8.1.

Таблица 8.1– Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные	Значение
Встроенное	
Идентификационное наименование ПО	CA507_LPC.hex
Номер версии ПО	V1.93
Внешнее	
Идентификационное наименование ПО	setup_CA640_PC_v3.11.exe
Номер версии ПО	не ниже V3.11

8.5 Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении относительной разности вторичных напряжений двух ТН с равными номинальными вторичными напряжениями

8.5.1 Собрать схему измерения (рисунок 8.4). Точку "х, ТНх" соединить кабелем с общей точкой магазинов R1 и R2.

8.5.2 Включить компаратор. Находясь в основном окне, нажать клавишу "↵", выбрать в меню строку "Поверка" и нажать "↵". В открывшемся меню выбрать строку "Синхр. от сети вкл". Нажатием клавиши "↵", выключить синхронизацию от сети.

8.5.3 В меню выбрать строку "Трансф. напряжения" и в открывшемся окне выбрать "U_{2H} = 100 В".

Проведение поверки

8.5.4 Установить число накапливаемых результатов измерений равным 5.

8.5.5 Установить 1-ый поддиапазон (далее – п/д) усиления измеряемого сигнала. Для этого, находясь в основном рабочем окне, нажать клавишу "↵". С помощью клавиш со стрелками "↓", "↑" выбрать строку "Поверка". Нажать клавишу "↵". В появившемся меню выбрать строку "Поддиапазон усил.", нажать клавишу "↵". На экране появится надпись "Поддиапазон усил." и строка ">A< 1 2 3 4". В окне "Поддиапазон усил." с помощью клавиш с горизонтальными стрелками переместить курсор на "1". Нажать клавишу "↵".

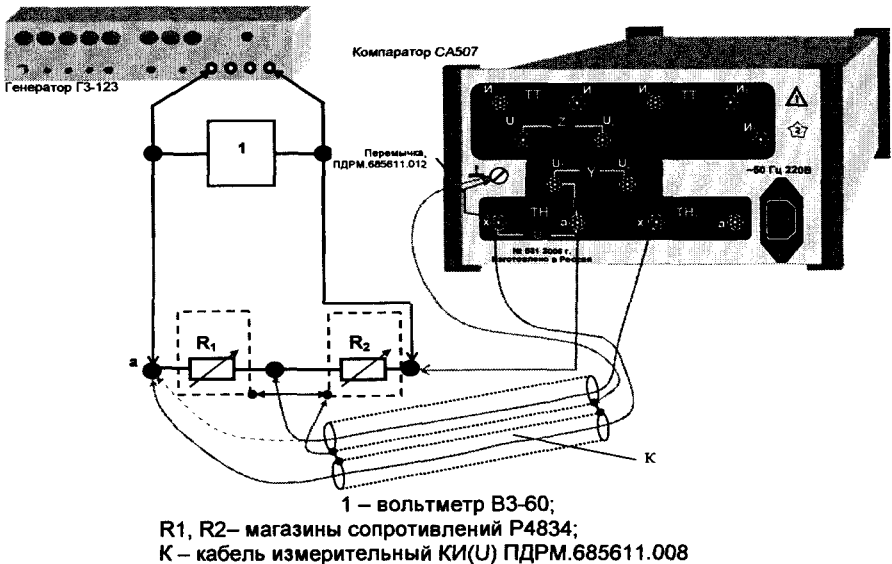


Рисунок 8.4

8.5.6 На магазине сопротивлений R1 установить значение сопротивления равное 1000 Ом, а на магазине сопротивлений R2 – 10000 Ом, в соответствии с данными таблицы 8.2 для 1 п/д.

8.5.7 Установить на выходе генератора ГЗ-123 напряжение $U_{ген}=(45\pm 0,1)$ В, частоту $(50\pm 0,1)$ Гц. Напряжение контролировать по показаниям вольтметра В3-60, а частоту по показаниям частотомера ЧЗ-36/1, подключенного к "выходу 1" генератора, причем аттенюатор этого выхода должен быть установлен в положение 20 дБ.

Примечание. В дальнейшем, при измерении частоты кабель частотомера подключать к клемме "выход 1" генератора ГЗ-123, устанавливая аттенюатор этого выхода в положение 20 дБ. На рисунках частотомер не показан.

Проведение поверки

8.5.8 Измерить относительную разность вторичных напряжений двух ТН f_{DU} , для чего нажать клавишу "f, δ ".

8.5.9 Показания компаратора при измерении относительной разности вторичных напряжений двух ТН f_{DU} занести в строку для 1-ого измерения таблицы 8.1, в ячейку, соответствующую 1 п/д.

8.5.10 Установить 2-й п/д усиления, переместив курсор на "2" в соответствии с 8.5.5. Измерить компаратором f_{DU} . Показания компаратора при измерении относительной разности вторичных напряжений двух ТН f_{DU} занести в строку для 1-ого измерения таблицы 8.2, в ячейку, соответствующую 2 п/д.

Таблица 8.2

№ измерения	№ п/д	R1, Ом	R2, Ом	Показания компаратора при измерении относительной разности вторичных напряжений двух ТН f_{DU} , %	Действительное значение относительной погрешности, обусловленной нелинейностью тракта усиления γ_u , %
1	1	1000	10000		
	2	1000	10000		
2	2	100	10000		
	3	100	10000		
3	3	10	10000		
	4	10	10000		

8.5.11 Рассчитать действительное значение относительной погрешности, обусловленной нелинейностью тракта усиления, в процентах, по формуле

$$\gamma_{DU} = \frac{f_{DU2} - f_{DU1}}{f_{DU1}} \cdot 100, \quad (1)$$

f_{DU2} – показания компаратора при измерении f_{DU} на 2-м п/д усиления для 1-го измерения, в процентах;

f_{DU1} – показания компаратора при измерении f_{DU} на 1-м п/д усиления для 1-го измерения, в процентах .

Результаты расчета занести в строку для 1-го измерения таблицы А.1 протокола поверки.

8.5.12 Повторить 8.5.5–8.5.11 для 2-го и 3-го измерений, устанавливая значения сопротивлений магазинов R1 и R2 в соответствии с таблицей 8.2.

8.5.13 Установить значение сопротивления магазина R1=1000 Ом, а значение сопротивления магазина R2=10000 Ом, в соответствии с данными таблицы 8.3 для 1-ого измерения.

Проведение поверки

8.5.14 Установить автоматический выбор п/д. Установить на выходе генератора напряжение $U_{ГЕН}=(20\pm 0,1)$ В, частоту $F=(50\pm 0,1)$ Гц.

8.5.15 Измерить относительную разность вторичных напряжений двух ТН. Показания компаратора при измерении f_{DU} и разности фаз вторичных напряжений двух ТН δ_{DU} занести в таблицу 8.3.

Таблица 8.3

№ измерения	$U_{ГЕН}$, В	$R1$, Ом	$R2$, Ом	$f_{DUрасч}$, %	f_{DU} , %	δ_{DU} , °	$\Delta_{f_{DU}}$, %	$\Delta_{\delta_{DU}}$, °	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\Delta_{f_{DU}доп}$, %	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\Delta_{\delta_{DU}доп}$, °
1	20	1000	10000	-9,0869					$\pm 0,0455$	$\pm 0,47$
2	6	1000	10000	-9,0869					$\pm 0,0464$	$\pm 0,52$
3*	20	0	10000	0					$\pm 1 \cdot 10^{-4}$	$\pm 0,05$
4*	6	0	10000	0					$\pm 1 \cdot 10^{-3}$	$\pm 0,1$

* – точку "х, ТНх" соединить кабелем с точкой "а" (см. рисунок 8.4, пунктирная линия).

8.5.16 Рассчитать абсолютную погрешность компаратора при измерении относительной разности вторичных напряжений двух ТН, в процентах, по формуле

$$\Delta_{f_{DU}} = |f_{DU} - f_{DUрасч}| + |\gamma_{DUMAX} - \gamma_{DUMIN}| \cdot \frac{|f_{DUрасч}|}{100}, \quad (2)$$

где f_{DU} – показания компаратора при измерении относительной разности вторичных напряжений двух ТН, в процентах;

γ_{DUMAX} и γ_{DUMIN} – максимальное и минимальное значения γ_{DU} , рассчитанные по формуле (1), в процентах, из таблицы 8.2.

8.5.17 Принять абсолютную погрешность компаратора при измерении разности фаз вторичных напряжений двух ТН $\Delta_{\delta_{DU}}$ равной показаниям компаратора при измерении разности фаз вторичных напряжений двух ТН δ_{DU}

$$\Delta_{\delta_{DU}} = \delta_{DU} \quad (3)$$

8.5.18 Результаты расчетов занести в строку для 1-го измерения таблицы 8.3.

8.5.19 Повторить 8.5.15-8.5.18 для остальных измерений, приведенных в таблице 8.2. При этом для 2-го и 4-го измерений устанавливать $U_{ГЕН}=(6\pm 0,1)$ В.

Результат операции поверки считать положительным, если полученные значения абсолютной погрешности $\Delta_{f_{DU}}$ и разности фаз

$\Delta_{\delta DU}$ не превышают пределов допускаемой погрешности этих величин, приведенных в таблице 8.3.

8.6 Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении разности фаз вторичных напряжений двух ТН с равными номинальными вторичными напряжениями

8.6.1 Установить на магазине емкости P5025 номинальное значение емкости 80 нФ. Для этого с помощью моста переменного тока ЦЕ5002 измерить емкость, воспроизводимую магазином. Вращая регулятор точной установки емкости, и, руководствуясь показаниями моста, установить вышеуказанное значение емкости с относительной погрешностью 0,03 %.

8.6.2 Собрать схему измерения, как показано на рисунке 8.5, подключив в качестве конденсатора С магазин емкости P5025 с установленным в 8.6.1 значением емкости.

8.6.3 Установить на выходе генератора частоту $F = (50 \pm 0,02)$ Гц. Частоту контролировать по показаниям частотомера, включенного согласно 8.5.7.

8.6.4 Включить компаратор. Войти в меню "Поверка" и выключить режим синхронизации от сети.

8.6.5 Выбрать в меню трансформатор напряжения со вторичным номинальным напряжением " $U_{2H} = 100$ В".

8.6.6 Ввести число накапливаемых результатов измерений, равное пяти.

8.6.7 На магазине сопротивлений установить значение сопротивления $R = 3400$ Ом, как приведено для 1-го измерения в таблице 8.4.

8.6.8 Установить напряжение на выходе генератора $U_{ГЕН} = (20 \pm 1)$ В, контролировать его значение с помощью вольтметра.

8.6.9 Измерить относительную разность вторичных напряжений двух ТН. Показания компаратора при измерении разности фаз вторичных напряжений двух ТН δ_{DU} и относительной разности вторичных напряжений двух ТН f_{DU} занести в строку для 1-го измерения таблицы 8.4.

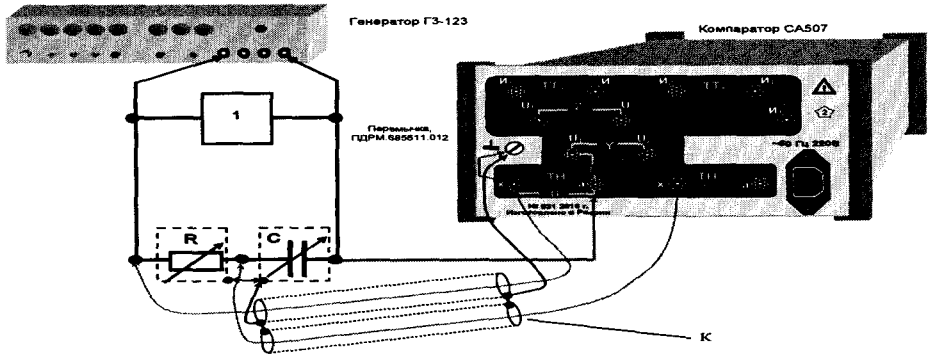
8.6.10 Рассчитать абсолютную погрешность компаратора при измерении разности фаз вторичных напряжений двух ТН, в минутах, по формуле

$$\Delta_{\delta DU} = \delta_{DU} - \delta_{DU_{расч}} \quad (4)$$

где δ_{DU} – показания компаратора при измерении разности фаз вторичных напряжений двух ТН, в минутах;

$\delta_{DU_{расч}}$ – расчетное значение разности фаз вторичных напряжений двух ТН, в минутах.

Проведение поверки



1 – вольтметр ВЗ-60;
 R – магазин сопротивлений Р4834;
 С – магазин емкости Р5025;
 К – кабель измерительный КИ(У) ПДРМ.685611.008

Рисунок 8.5

Таблица 8.4

№ измерения	$U_{ГЕН}, В$	$C, нФ$	$R, Ом$	$\delta U_{расч},$	$f_{DUрасч},$ %	$\delta U_{и},$	$f_{DU},$ %	$\Delta \delta U_{и},$ %	$\Delta f_{DU},$ %	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\Delta \delta U_{и доп},$	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\Delta f_{DU доп},$ %
1	20	80	3400	-292,56	-0,362					$\pm 1,53$	$\pm 0,0312$
2	20	80	1200	-103,59	-0,0454					$\pm 0,57$	$\pm 0,011$
3	20	80	600	-51,82	-0,0114					$\pm 0,31$	$\pm 0,005$
4	20	80	400	-34,552	-0,0051					$\pm 0,22$	$\pm 0,004$
5	20	80	40	-3,456	-0,00005					$\pm 0,07$	$\pm 0,0004$
6	20	80	12	-1,037	0					$\pm 0,06$	$\pm 0,0002$
7	20	10	10	-0,108	0					$\pm 0,05$	$\pm 0,00011$
8	6	80	3400	-292,56	-0,362					$\pm 1,58$	$\pm 0,032$
9	6	80	1200	-103,59	-0,0454					$\pm 0,62$	$\pm 0,012$
10	6	80	600	-51,82	-0,0114					$\pm 0,36$	$\pm 0,006$
11	6	80	400	-34,552	-0,0051					$\pm 0,273$	$\pm 0,0045$
12	6	80	40	-3,456	-0,00005					$\pm 0,12$	$\pm 0,0013$
13	6	80	12	-1,037	0					$\pm 0,105$	$\pm 0,0011$
14	6	10	10	-0,108	0					$\pm 0,1$	$\pm 0,001$

Примечание. Значения емкости С для измерений 7 и 14 таблицы 8.3 равные 10 нФ устанавливаются с относительной погрешностью 0,03 %, руководствуясь указаниям 8.6.1.

Проведение поверки

8.6.11 Рассчитать абсолютную погрешность компаратора при измерении относительной разности вторичных напряжений двух ТН, в процентах, по формуле

$$\Delta_{f_{DU}} = |f_{DU} - f_{DU_{расч}}| + |\gamma_{DUMAX} - \gamma_{DUMIN}| \cdot \frac{|f_{DU_{расч}}|}{100}, \quad (5)$$

где f_{DU} – показания компаратора при измерении относительной разности вторичных напряжений двух ТН, в процентах;

$f_{DU_{расч}}$ – расчетное значение относительной разности вторичных напряжений двух ТН, в процентах.

8.6.12 Показания компаратора и результаты расчетов занести в таблицу 8.4.

8.6.13 Повторить 8.6.7-8.6.11 для остальных измерений, подключая меры емкости и устанавливая значения сопротивления магазина и напряжение на выходе генератора в соответствии с данными, приведенными в таблице 8.4.

Результат операции поверки считать положительным, если полученные значения погрешностей $\Delta_{\delta_{DU}}$ и $\Delta_{f_{DU}}$ не превышают значений пределов этих величин $\Delta_{\delta_{DU_{доп}}}$ и $\Delta_{f_{DU_{доп}}}$, приведенных в таблице 8.4.

8.7 Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении относительной разности вторичных токов двух ТТ с равными номинальными вторичными токами

8.7.1 Собрать схему измерения, показанную на рисунке 8.6. Установить на МОТ-2 переключатель "П1" в положение "И1", переключатель "П2" в положение "1".

8.7.2 Установить сопротивление магазина сопротивлений R1 равным 100 Ом, а сопротивление магазина R2 равным 900 Ом.

8.7.3 Установить напряжение на выходе генератора $(3 \pm 0,1)$ В частотой (50 ± 1) Гц. При установке напряжение контролировать по показаниям вольтметра, частоту по показаниям частотомера (частотомер включить согласно 8.5.7).

8.7.4 Установить минимальный уровень сигнала по показаниям нуль-индикатора на пределе чувствительности "MAX", регулируя значение сопротивления магазина R2.

Проведение поверки

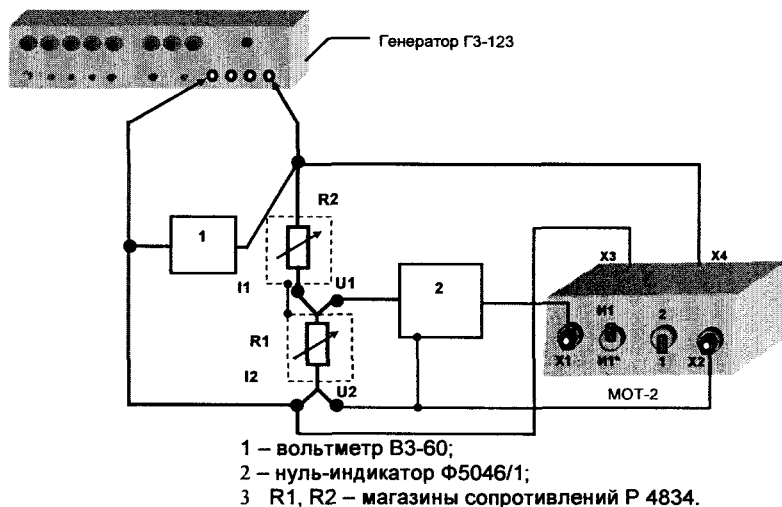


Рисунок 8.6

8.7.5 Рассчитать значение коэффициента масштабного преобразования токов по формуле

$$K_{\text{Трасч}} = \frac{R1 + R2_{\text{уст}}}{R1}, \quad (6)$$

где $R2_{\text{уст}}$ – значение сопротивления магазина $R2$ при минимальном уровне сигнала на выходе нуль-индикатора, в омах;
 $R1$ – значение сопротивления магазина $R1$, в омах.

8.7.6 Рассчитать относительную погрешность коэффициента масштабного преобразования токов, в процентах, по формуле

$$\delta_{\text{КТ}} = \frac{K_{\text{Трасч}} - 10}{10} \cdot 100 \quad (7)$$

8.7.7 Установить на МОТ-2 переключатель "П1" в положение "И1*", переключатель "П2" в положение "1".

8.7.8 Установить сопротивление магазина сопротивлений $R1$ равным 400 Ом, а сопротивление магазина $R2$ равным 1600 Ом.

8.7.9 Установить напряжение на выходе генератора ($3 \pm 0,1$) В, частотой (50 ± 1) Гц. При установке напряжение контролировать по показаниям вольтметра, частоту по показаниям частотомера.

8.7.10 Установить минимальный уровень сигнала по показаниям нуль-индикатора на пределе чувствительности "MAX", регулируя значение сопротивления магазина $R2$.

8.7.11 Рассчитать значение коэффициента масштабного преобразования токов, в процентах, по формуле (6).

8.7.12 Рассчитать относительную погрешность коэффициента масштабного преобразования токов, в процентах, по формуле

$$\delta_{\text{КТ}} = \frac{K_{\text{Трасч}} - 5}{5} \cdot 100 \quad (8)$$

8.7.13 Установить на МОТ-2 переключатель "П1" в положение "И1*", переключатель "П2" в положение "2".

8.7.14 Установить сопротивление магазина сопротивлений $R1$ равным 400 Ом, а сопротивление магазина $R2$ равным 1391,0 Ом.

8.7.15 Установить напряжение на выходе генератора ($3 \pm 0,1$) В, частотой (50 ± 1) Гц. При установке напряжение контролировать по показаниям вольтметра, частоту по показаниям частотомера.

8.7.16 Установить минимальный уровень сигнала по показаниям нуль-индикатора на пределе чувствительности "MAX", регулируя значение сопротивления магазина $R2$.

8.7.17 Рассчитать значение коэффициента масштабного преобразования токов, в процентах, по формуле (6).

8.7.18 Рассчитать относительную погрешность коэффициента масштабного преобразования токов, в процентах, по формуле

$$\delta_{\text{КТ}} = \frac{K_{\text{Трасч}} - 4,4776}{4,4776} \cdot 100 \quad (9)$$

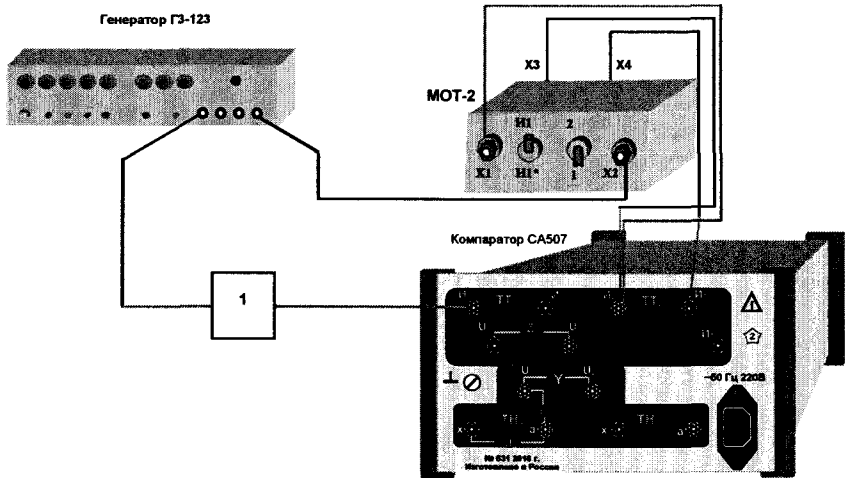
Мера отношения токов МОТ-2 пригодна для использования в операциях поверки, если значения относительных погрешностей коэффициента масштабного преобразования токов $\delta_{\text{КТ}}$, рассчитанные по формулам 7, 8, 9, не превышают 0,1%.

8.7.19 Собрать схему измерения, приведенную на рисунке 8.7.

8.7.20 Включить компаратор. Выключить режим синхронизации от сети. Выбрать трансформатор тока с номинальной силой тока 1 А " $I_{2H}=1$ А".

8.7.21 Установить на МОТ-2 переключатель "П1" в положение "И1", переключатель "П2" в положение "1".

Проведение поверки



1 – амперметр Д553
Рисунок 8.7

8.7.22 Включить режим измерения силы вторичного тока эталонного ТТ.

8.7.23 Включить генератор. Установить значение силы тока генератора $I=(1\pm 0,1)$ А, контролируя его по показаниям амперметра. Установить частоту $F=(50\pm 0,1)$ Гц, которую контролировать по показаниям частотомера.

8.7.24 Измерить относительную разность вторичных токов f_{DI} и разность фаз двух ТТ δ_{DI} . Результаты измерения занести в таблицу 8.5 в строку первого измерения.

Таблица 8.5

№ измерения	Значение силы тока I_{23} , А	$f_{D\text{расч}}$, %	$\delta_{DI\text{расч}}$, °	Показания СА507		Погрешности при измерении		Пределы допускаемой абсолютной погрешности Δf_{DI} доп, %	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\Delta \delta_{DI}$ доп, °
				f_{DI} , %	δ_{DI} , °	Δf_{DI} , %	$\Delta \delta_{DI}$, °		
1	1	10	0					$\pm 0,05$	$\pm 0,5$
2	0,01	0,0	0					$\pm 0,15$	
3	0,05	0,0	0					$\pm 0,03$	
4	1	0,0	0					$\pm 0,0002$	

8.7.25 Рассчитать абсолютную погрешность компаратора при измерении относительной разности вторичных токов двух ТТ, в процентах, по формуле

Проведение поверки

$$\Delta_{f_{DI}} = |f_{DI} - 10| + |\gamma_{DUMAX} - \gamma_{DUMIN}| \cdot 0,1, \quad (10)$$

где f_{DI} – показания компаратора при измерении относительной разности вторичных токов двух ТТ, в процентах;

γ_{DUMAX} , γ_{DUMIN} – максимальное и минимальное значения γ_{DI} , соответственно, из данных таблицы 8.2, в процентах.

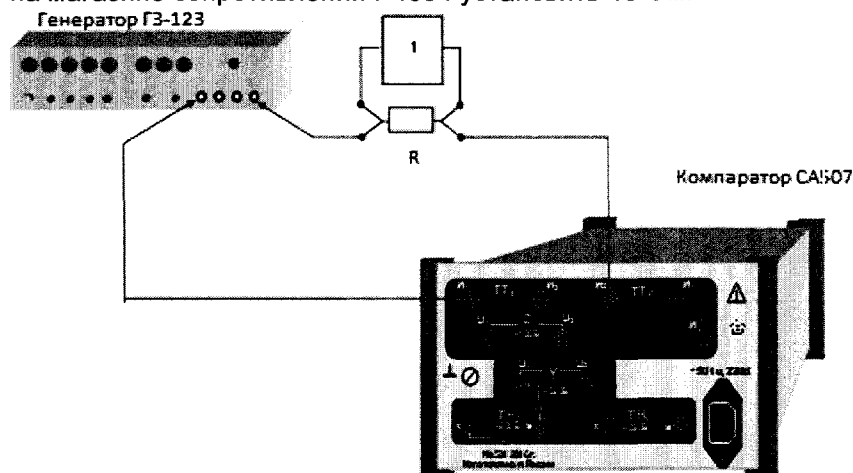
8.7.26 Абсолютная погрешность компаратора при измерении разности фаз вторичных токов двух ТТ, в минутах, составляет

$$\Delta_{\delta_{DI}} = \delta_{DI}, \quad (11)$$

где δ_{DI} – показания компаратора при измерении разности фаз вторичных токов двух ТТ, в минутах.

Результаты расчетов занести в таблицу 8.5 в строку первого измерения.

8.7.27 Собрать схему измерений, приведенную на рисунке 8.8, на магазине сопротивлений Р4834 установить 10 Ом.



1 – вольтметр В3-60; R – магазин сопротивлений Р4834

Рисунок 8.8

8.7.28 Включить компаратор. Выбрать трансформатор тока с " $I_{2н}=1$ А".

8.7.29 Войдя в меню "Поверка", выключить синхронизацию от сети.

8.7.30 Установить значение силы тока генератора равным (10 ± 1) мА, что соответствует показанию вольтметра $U = (0,1 \pm 0,01)$ В.

8.7.31 Провести измерение относительной разности вторичных токов двух ТТ f_{DI} . Результат измерений зафиксировать, как $f_{DIнач1}$ и занести в строку второго измерения таблицы 8.5 в графу f_{DI} .

Проведение поверки

8.7.32 Установить значение силы тока генератора равным (50 ± 5) мА, что соответствует показанию вольтметра $U = (0,5 \pm 0,05)$ В.

8.7.33 Провести измерение относительной разности вторичных токов двух ТТ f_{DI} . Результат измерений зафиксировать, как $f_{DI_{нач2}}$ и занести в строку третьего измерения таблицы 8.5 в графу f_{DI} .

8.7.34 Собрать схему измерений, приведенную на рисунке 8.9.

8.7.35 Установить значение силы тока $I = (1 \pm 0,2)$ А, контролируя его по показаниям амперметра.

8.7.36 Провести измерение относительной разности вторичных токов двух ТТ f_{DI} . Результат измерений зафиксировать, как $f_{DI_{нач3}}$ и занести в строку четвертого измерения таблицы 8.5 в графу f_{DI} .

8.7.37 Абсолютная погрешность измерения относительной разности вторичных токов для измерений, выполненных в п.п. 8.7.31, 8.7.33 и 8.7.36, равна показанию компаратора при измерении относительной разности вторичных токов

$$\Delta f_{DI_{нач}} = f_{DI_{нач}} \quad (12)$$

Результаты расчетов занести в таблицу 8.5.

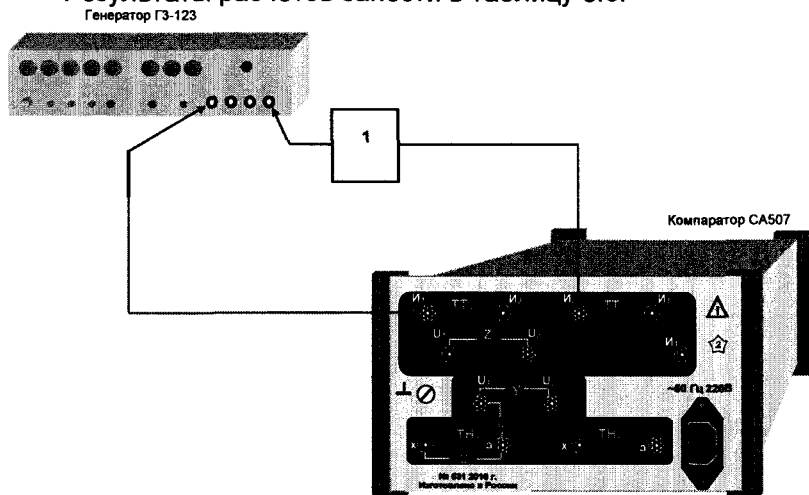


Рисунок 8.9

Результат операции поверки считать положительным, если полученные по формулам 10,11 значения погрешностей Δf_{DI} и $\Delta \delta_{DI}$ не превышают пределы погрешностей $\pm 0,05\%$ и $\pm 0,5$ минут, соответственно; значение $\Delta f_{DI_{нач1}}$ не превышает $\pm 0,015\%$, значение $\Delta f_{DI_{нач2}}$ не превышает $\pm 0,003\%$, а значение $\Delta f_{DI_{нач3}}$ не превышает $\pm 0,0002\%$.

Проведение поверки

8.8 Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении разности фаз вторичных токов двух ТТ с равными номинальными токами

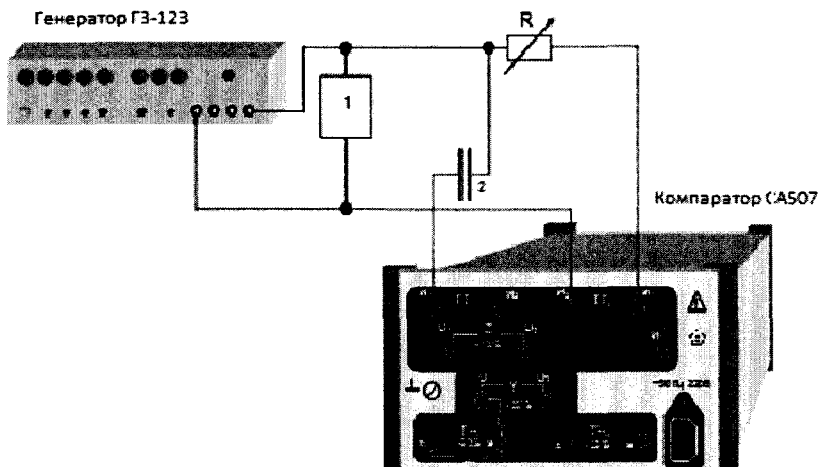
8.8.1 В операции поверки использовать меру емкости МЕ-1 ПДРМ.411644.003. Перед проведением операции поверки измерить емкость МЕ-1 мостом ЦЕ5002.

8.8.2 Собрать схему измерения, как показано на рисунке 8.10.

8.8.3 Включить компаратор. Выбрать в меню трансформатор тока с номинальным вторичным током " $I_{2н} = 1 \text{ А}$ ".

8.8.4 Войдя в меню "Поверка", выключить синхронизацию от сети.

8.8.5 Ввести число накапливаемых измерений, равное 5.



1 – вольтметр В3-60;
2 – мера емкости МЕ-1 ПДРМ.411644.003;
R – магазин сопротивлений Р4834

Рисунок 8.10

8.8.6 Установить на выходе генератора напряжение $U_B = (50 \pm 5) \text{ В}$. Значение напряжения контролировать вольтметром, частоту – частотомером, подключенным в соответствии с 8.5.7.

8.8.7 Рассчитать требуемое значение сопротивления магазина, в омах, по формуле:

$$R = \frac{1}{2\pi FC \cdot |\text{tg} \delta_{\text{Дпрасч}}|} \quad (13)$$

где C – показания моста ЦЕ5002 при измерении емкости меры емкости МЕ -1, в фарадах;

F – показание частотомера при измерении частоты, в герцах;

$\text{tg} \delta_{\text{Дпрасч}}$ – значение тангенса разности фаз вторичных токов, взятое из таблицы 8.6 (например, для первого измерения $\delta_{\text{Дпрасч}} = -1$ минута, $\text{tg} \delta_{\text{Дпрасч}} = -0,000291$).

Проведение поверки

8.8.8 Установить на магазине сопротивлений значение сопротивления R , равное значению, рассчитанному в 8.8.7.

8.8.9 Провести измерение относительной разности сил вторичных токов двух ТТ f_{DI} и разности фаз вторичных токов двух ТТ δ_{DI} .

8.8.10 Рассчитать абсолютную погрешность компаратора при измерении относительной разности сил вторичных токов двух ТТ, в процентах, по формуле

$$\Delta f_{DI} = |f_{DI} - f_{DIрасч}| + (\gamma_{DUMAX} - \gamma_{DUMIN}) \cdot f_{DIрасч} \cdot 0,01 \quad (14)$$

где f_{DI} – показания компаратора при измерении относительной разности сил вторичных токов двух ТТ, в процентах;

$f_{DIрасч}$ – расчетное значение относительной разности сил вторичных токов двух ТТ, приведенное в таблице 8.6, в процентах;

γ_{DUMAX} , γ_{DUMIN} – максимальное и минимальные значения γ_{DU} , соответственно, из данных таблицы 8.2, в процентах.

8.8.11 Рассчитать абсолютную погрешность компаратора при измерении разности фаз вторичных токов двух ТТ, в минутах, по формуле

$$\Delta \delta_{DI} = \delta_{DI} - \delta_{DIрасч} \quad (15)$$

где δ_{DI} – показания компаратора при измерении разности фаз вторичных токов двух ТТ, в минутах;

$\delta_{DIрасч}$ – расчетное значение относительной разности фаз вторичных токов двух ТТ, приведенное в таблице 8.4, в минутах.

8.8.12 Показания компаратора и результаты расчетов занести в таблицу 8.6.

Таблица 8.6

№ измерения	Uв, В	Относительная разность вторичных токов f_{DI}				Разность фаз вторичных токов δ_{DI}				
		Расчетное значение $f_{DIрасч}$, %	Измеренное значение f_{DI} , %	Абсолютная погрешность		Расчетное значение $\delta_{DIрасч}$, МИН	$\text{tg} \delta_{DIрасч}$	Измеренное значение δ_{DI} , МИН	Абсолютная погрешность	
				Δf_{DI} , %	$\Delta f_{DIдоп}$, %				$\Delta \delta_{DI}$, МИН	$\Delta \delta_{DIдоп}$, МИН
1	50	0,0000			$\pm 0,002$	-1,0	0,000291			$\pm 0,035$
2	50	0,0007			$\pm 0,003$	-10,0	0,00291			$\pm 0,08$
3	50	0,0121			$\pm 0,007$	-50,0	0,01455			$\pm 0,28$
4	50	0,1756			$\pm 0,023$	-200	0,0582			$\pm 1,03$
5	50	0,3912			$\pm 0,034$	-300	0,0875			$\pm 1,53$
6	2	0,0000			$\pm 0,005$	-1,0	0,000291			$\pm 0,51$
7	2	0,0121			$\pm 0,01$	-50,0	0,01454			$\pm 0,75$

Проведение поверки

8	2	0,3912		$\pm 0,037$	-300	0,0875			$\pm 2,0$
---	---	--------	--	-------------	------	--------	--	--	-----------

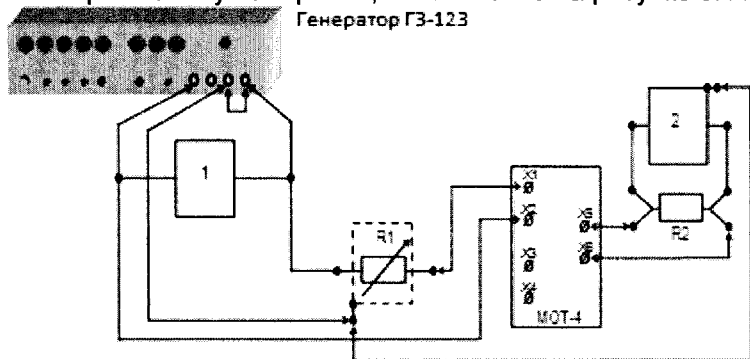
8.8.13 Повторить операции по 8.8.7-8.8.11 для всех значений $\delta_{D_{расч}}$, приведенных в таблице 8.6, устанавливая напряжение в соответствии с данными этой таблицы и номинальное сопротивление магазина P4834 – в соответствии с результатами расчета, выполненного по формуле (13) для соответствующего измерения. Погрешность установки напряжения не должна превышать $\pm 10\%$.

Результат операции поверки считать положительным, если полученные значения погрешностей $\Delta_{гд}$ и $\Delta_{бд}$ не превышают пределы допускаемых погрешностей, приведенных в таблице 8.6.

8.9 Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении относительной разности и разности фаз вторичных токов двух ТТ при отношении их вторичных токов, как 5:1

8.9.1 Определение основной относительной погрешности коэффициента масштабного преобразования тока меры отношений токов МОТ-4.

8.9.2 Собрать схему измерения, как показано на рисунке 8.11.



- 1 – вольтметр В3-60;
2 – нуль-индикатор Ф5046/1;
R1 – магазин сопротивлений P4834;
R2 – мера сопротивлений P321, номинальное значение сопротивления 10 Ом

Рисунок 8.11

8.9.3 На передней панели МОТ-4 переключатель "W2" установить в положение "W2.1".

8.9.4 Установить сопротивление магазина R1 равным 1 МОм.

8.9.5 Включить генератор, установить частоту напряжения на выходе генератора 50 Гц. Погрешность установки частоты должна быть $\pm 0,1$ Гц. Частоту контролировать по показаниям частотомера.

8.9.6 Установить напряжение на выходе генератора равным 1,3 В. Погрешность установки напряжения должна быть не более $\pm 1\%$.

Проведение поверки

8.9.7 Установить диапазон чувствительности нуль-индикатора "МАХ".

8.9.8 Показания отклонения стрелки нуль-индикатора, в делениях шкалы, занести в таблицу по форме, представленной в таблице 8.7, в первую строку.

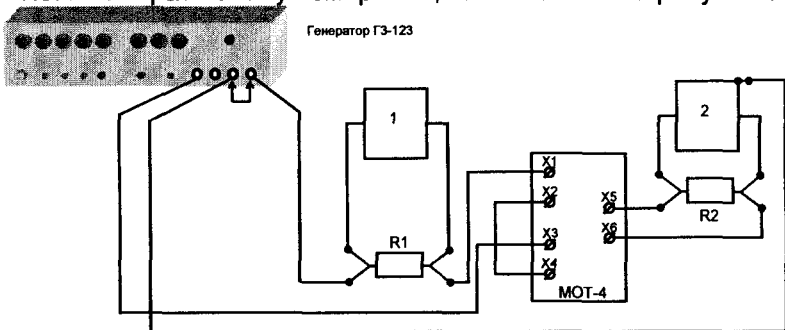
Таблица 8.7

№п/п	Показания нуль-индикатора, деления шкалы
1	
2	

8.9.9 Установить напряжение на выходе генератора равным 3,3 В. Погрешность установки напряжения не должна превышать $\pm 1\%$.

8.9.10 Показания отклонения стрелки нуль-индикатора, в делениях шкалы, занести в таблицу по форме, представленной в таблице 8.7, в строку №2.

8.9.11 Собрать схему измерения, как показано на рисунке 8.12.



1 – вольтметр;

2 – нуль-индикатор;

R1 – мера сопротивлений P321, номинальное значение сопротивления 1 Ом;

R2 – мера сопротивлений P321, номинальное значение сопротивления 10 Ом

Рисунок 8.12

8.9.12 На передней панели MOT-4 переключатель "W2" установить в положение "W2.1".

8.9.13 Установить частоту напряжения на выходе генератора 50 Гц. Погрешность установки частоты должна быть $\pm 0,1$ Гц. Частоту контролировать по показаниям частотомера.

8.9.14 Регулируя напряжение на выходе генератора, установить напряжение, измеряемое вольтметром на мере сопротивлений R1 равным 1 В. Погрешность установки напряжения $\pm 1\%$.

8.9.15 Установить диапазон чувствительности нуль-индикатора "МАХ".

Проведение поверки

8.9.16 Показания отклонения стрелки нуль-индикатора, в делениях шкалы, занести в таблицу по форме, представленной в таблице 8.8, в первую строку.

Таблица 8.8

№ п/п	Показания нуль-индикатора, деления шкалы
1	
2	
3	
4	
5	

8.9.17 Пункты 8.9.122-8.9.166 повторить для положений "W2.2", "W2.3", "W2.4", "W2.5" переключателя "W2", результаты измерений, в делениях шкалы нуль-индикатора, занести в строки 2-5, соответственно, таблицы по форме, представленной в таблице 8.8.

Мера отношения токов MOT-4 пригодна для использования при поверке, если полученные значения отклонения стрелки нуль-индикатора, приведенные в таблице 8.8, не превышают значений, приведенных в первой строке таблицы 8.7.

8.9.18 Собрать схему, представленную на рисунке 8.13.

8.9.19 На передней панели MOT-4 переключатель "W2" установить в положение "W2". Установить на MOT-2 переключатель "П1" в положение "И1", переключатель "П2" в положение "1".

8.9.20 Провода, соединяющее "X3" MOT-2 с "И2" ТТэ и "X4" MOT-2 с "И2" ТТх, не подключать.

8.9.21 На магазине сопротивление R1 установить значение сопротивления 1 МОм.

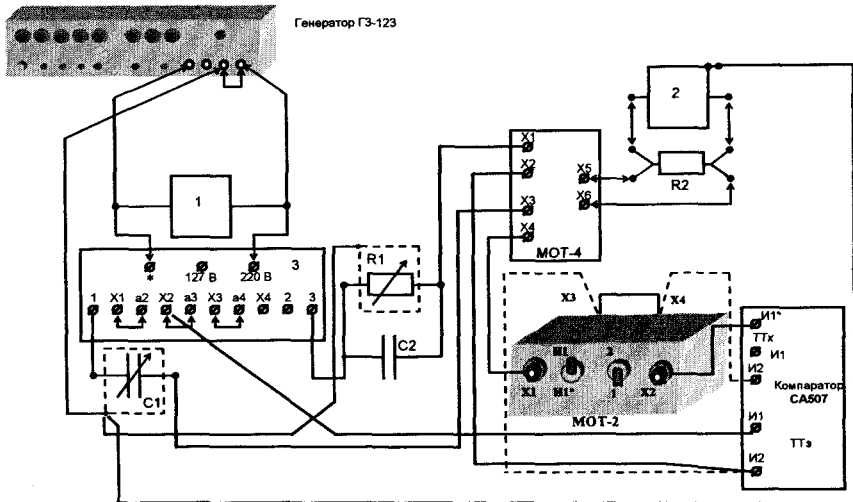
8.9.22 На магазине емкости C1 установить значение емкости 50 мкФ.

8.9.23 Включить компаратор CA507 и установить режим калибровки (поверки) ТТ с отношением их вторичных токов 5 к 1.

8.9.24 Установить частоту напряжения на выходе генератора 50 Гц. Погрешность установки частоты должна быть $\pm 0,1$ Гц. Частоту контролировать по показаниям частотомера.

8.9.25 На выходе генератора установить значение напряжения 205 В, напряжение контролировать по показаниям вольтметра. Погрешность установки напряжения должна быть $\pm 5\%$.

Проведение поверки



- 1 – вольтметр ВЗ-60;
 2 – нуль индикатор Ф5046/1;
 3 – трансформатор питающий И57;
 R1 – магазин сопротивлений Р4834;
 R2 – мера сопротивлений Р321, номинальное значение сопротивления 10 Ом;
 C1 – магазин емкости Р5025;
 C2 – конденсатор КНМ 3117 МК с номинальным значением емкости 50 мкФ

Рисунок 8.13

8.9.26 Поочередно меняя значения емкости магазина C1 и сопротивления магазина R1, добиться минимального отклонения стрелки нуль-индикатора на диапазоне чувствительности "MAX". Показания нуль-индикатора, в делениях шкалы, не должны превышать значения, приведенного во второй строке таблицы 8.6.

8.9.27 Выключить режим синхронизации от сети и провести измерения относительной разности вторичных токов двух ТТ при помощи компаратора. Результаты измерений относительной разности вторичных токов и разности фаз вторичных токов двух ТТ для первого измерения занести в таблицу по форме, представленной в таблице 8.9.

8.9.28 Для первого измерения таблицы 8.9 абсолютную погрешность компаратора при измерении относительной разности вторичных токов двух ТТ $\Delta_{\text{отн}}$ принять равной измеренному значению относительной разности вторичных токов $\beta_{\text{отн}}$, а абсолютную погрешность компаратора при измерении разности фаз вторичных токов двух ТТ принять равной измеренному значению разности фаз вторичных токов двух ТТ.

Проведение поверки

Таблица 8.9

№ п/п	Относительная разность вторичных токов f_{DI}			Разность фаз вторичных токов δ_{DI}		
	f_{DI} , %	Δf_{DI} , %	$\Delta f_{DI\text{доп}}$, %	δ_{DI} , МИН	$\Delta \delta_{DI}$, МИН	$\Delta \delta_{DI\text{доп}}$, МИН
1			$\pm 2 \cdot 10^{-3}$			$\pm 0,1$
2			$\pm 1,2 \cdot 10^{-2}$			$\pm 0,19$

8.9.29 Регулятор напряжения на выходе генератора установить на нулевую отметку.

8.9.30 Подключить провода, изображенные пунктиром, соединяющие "X3" МОТ-2 с "И2" ТТэ и "X4" МОТ-2 с "И2" ТТх. Убрать провод, соединяющий клеммы "X3" и "X4" МОТ-2.

8.9.31 На выходе генератора установить значение напряжения 205 В, напряжение контролировать по показаниям вольтметра. Погрешность установки напряжения ± 5 %.

8.9.32 Поочередно меняя значения емкости магазина С1 и сопротивления магазина R1, добиться минимального отклонения стрелки нуль-индикатора на диапазоне чувствительности "МАХ". Показания нуль-индикатора, в делениях шкалы, должны быть не более значений, приведенных во второй строке таблицы 8.6.

8.9.33 Провести измерения относительной разности вторичных токов двух ТТ при помощи компаратора. Результаты измерений относительной разности и разности фаз вторичных токов двух ТТ занести в таблицу для второго измерения по форме, представленной в таблице 8.9.

8.9.34 Рассчитать абсолютную погрешность компаратора при измерении относительной разности вторичных токов двух ТТ Δf_{DI} , в процентах, по формуле

$$\Delta f_{DI} = |2 + 0,8 \cdot f_{DI}| + |\gamma_{DUMAX} - \gamma_{DUMIN}| \cdot 0,02, \quad (16)$$

где f_{DI} – показания компаратора при измерении относительной разности вторичных токов двух ТТ, в процентах;

γ_{DUMAX} , γ_{DUMIN} – максимальное и минимальное значения γ_{DI} , соответственно, из данных таблицы 8.2, в процентах.

Результат расчета занести в таблицу по форме, представленной в таблице 8.9, в соответствующую ячейку для второго измерения.

8.9.35 Рассчитать абсолютную погрешность компаратора при измерении разности фаз вторичных токов двух ТТ $\Delta \delta_{DI}$, в минутах, по формуле

$$\Delta \delta_{DI} = \delta_{DI}, \quad (17)$$

Проведение поверки

где δ_{D1} – показания компаратора, при измерении разности фаз вторичных токов двух ТТ, в минутах.

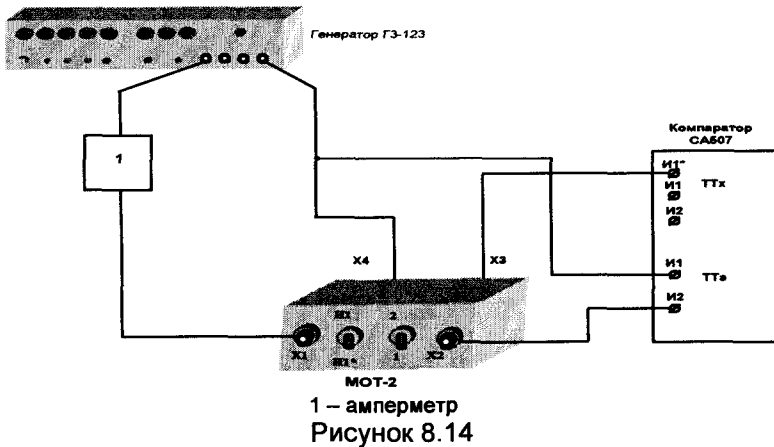
Результат расчета занести в таблицу по форме, представленной в таблице 8.9, в строку для второго измерения в соответствующую ячейку.

Результат операции поверки считать положительным, если:

- выполняется условие, описанное в 8.9.26;
- абсолютные погрешности компаратора при измерении относительной разности вторичных токов и разности фаз вторичных токов двух ТТ не превышают пределов допускаемых погрешностей, приведенных в таблице 8.9.

8.10 Проверка функционирования компаратора в режиме измерения относительной разности вторичных токов двух ТТ при отношении их вторичных токов, как 5:1

8.10.1 Собрать схему, представленную на рисунке 8.14.



8.10.2 Включить компаратор. Выключить режим синхронизации от сети. Установить режим калибровки (поверки) ТТ с отношением их вторичных токов 5 к 1.

8.10.3 Включить режим измерения силы вторичного тока эталонного ТТ. Установить на МОТ-2 переключатель "П1" в положение "И1*", переключатель "П2" в положение "1".

8.10.4 Включить генератор. Установить значение силы тока генератора $I = (1 \pm 0,1)$ А, контролируя его по показаниям амперметра. Установить частоту $F = (50 \pm 0,1)$ Гц, которую контролировать по показаниям частотомера.

8.10.5 Измерить относительную разность вторичных токов δ_{D1} и разность фаз вторичных токов $\delta_{\phi 1}$ двух ТТ.

8.10.6 Рассчитать абсолютную погрешность компаратора при измерении относительной разности вторичных токов двух ТТ, в процентах, по формуле

$$\Delta_{\text{рД1}} = f_{\text{Д1}}, \quad (18)$$

где $f_{\text{Д1}}$ – показания компаратора при измерении относительной разности вторичных токов двух ТТ, в процентах.

8.10.7 Абсолютная погрешность компаратора при измерении разности фаз вторичных токов двух ТТ, в минутах, составляет

$$\Delta_{\delta\text{Д1}} = \delta_{\text{Д1}}, \quad (19)$$

где $\delta_{\text{Д1}}$ – показания компаратора при измерении разности фаз вторичных токов двух ТТ, в минутах.

8.10.8 Установить переключатель "П2" на передней панели МОТ-2 в положение "2".

8.10.9 Повторить измерения по 8.10.4 и 8.10.5.

8.10.10 Рассчитать абсолютную погрешность компаратора при измерении относительной разности вторичных токов двух ТТ, в процентах, по формуле

$$\Delta_{\text{рД1}} = f_{\text{Д1}} - 15,02, \quad (20)$$

где $f_{\text{Д1}}$ – показания компаратора при измерении относительной разности вторичных токов двух ТТ, в процентах.

8.10.11 Абсолютную погрешность компаратора при измерении разности фаз вторичных токов двух ТТ рассчитать по (19).

8.10.12 Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 8.8.

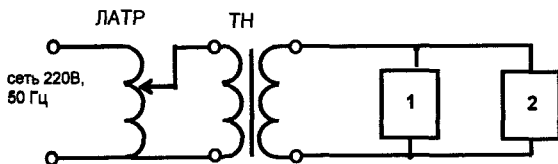
Результат операции поверки считать положительным, если полученные значения погрешностей $\Delta_{\text{рД1}}$ и $\Delta_{\delta\text{Д1}}$ не превышают значений $\pm 0,15\%$ и $\pm 1,5$ минуты, соответственно.

8.11 Определение основной абсолютной погрешности при измерении активной и реактивной проводимостей нагрузки во вторичной цепи ТН при их калибровке и поверке (с использованием моста СА7100РД)

8.11.1 Собрать схему измерения для измерения частоты сети, как показано на рисунке 8.15. Перед сборкой схемы установить рукоятку регулировочного устройства ЛАТРа в положение, соответствующее минимальному напряжению. Подключить схему к сети 220 В 50 Гц. Установить напряжение на выходе трансформатора $U_{\text{тр}} = (5 \pm 0,5)$ В, контролируя его значение по показаниям вольтметра. Измерить частоту сети F , результат измерения зафиксировать.

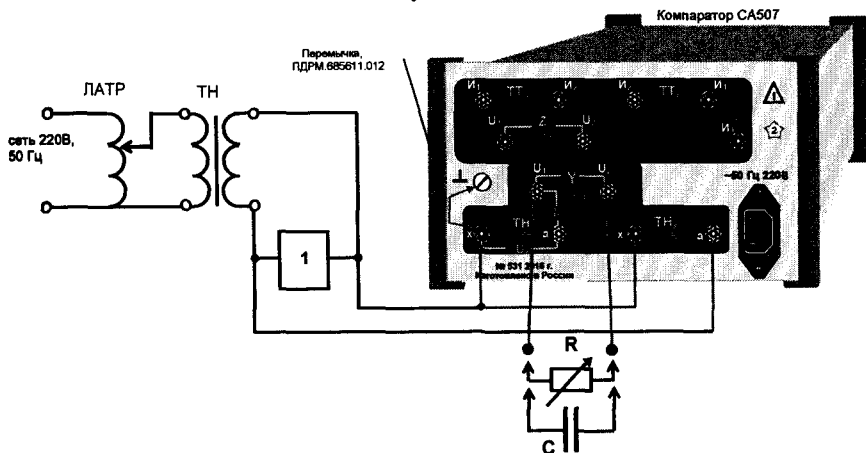
8.11.2 Собрать схему измерения, как показано на рисунке 8.16. Нагрузку к клеммам U_1 , U_2 не подключать.

Проведение поверки



1 – вольтметр ВЗ-60;
2 – частотомер ЧЗ-36/1;
ТН – трансформатор напряжения

Рисунок 8.15



1 – вольтметр ВЗ-60;
R – магазин сопротивлений Р4834;
С – конденсатор КНМ 3117 МК с номинальным значением емкости 50 мкФ или 100 мкФ;
ТН – трансформатор напряжения

Рисунок 8.16

8.11.3 Включить компаратор. Выбрать в меню строку "Поверка" и убедиться в том, что синхронизация от сети включена, выбрав в открывшемся меню строку "Синхр. от сети вкл".

8.11.4. Выбрать в меню строку "Выбор трансф.", а затем в открывшемся меню – строку "Трансф. напряжения". Из появившегося меню выбрать " $U_{2Н}=100 В$ ".

8.11.5 Установить напряжение на выходе трансформатора $U_{тр}=(240\pm 5) В$. При установке напряжение контролировать по показаниям вольтметра.

8.11.6 Измерить значения активной и реактивной проводимости нагрузки. С помощью клавиш перемещения найти в списке результатов измерений результаты измерения активной проводимости G и реактивной проводимости B и занести их в строку для пер-

вого измерения таблицы по форме, представленной в таблице 8.8 (При проведении измерений 1-4 ко входам $U_1 Y$ и $U_2 Y$ ни магазин сопротивлений ни конденсатор не подключать).

8.11.7 Повторить 8.11.3-8.11.6 для измерений 2-4 таблицы 8.9, устанавливая значения $U_{тр}$ в соответствии с данными таблицы 8.9.

8.11.8 Подключить магазин сопротивлений в качестве резистора R . На магазине сопротивлений установить сопротивление $R=4$ кОм.

8.11.9 Установить напряжение на выходе трансформатора $U_{тр}=(50\pm 5)$ В. При установке напряжение контролировать по показаниям вольтметра.

8.11.10 Измерить значения активной и реактивной проводимостей нагрузки. С помощью клавиш перемещения найти в списке результатов измерений результаты измерения активной проводимости G и реактивной проводимости B и занести их в строку для 5-го измерения таблицы по форме, представленной в таблице 8.9.

8.11.11 Измерить емкость конденсатора KNM 3117 МК номинальной емкостью 50 мкФ с помощью моста переменного тока высоковольтного СА7100РД ($C_{изм}$). В качестве внешнего эталонного конденсатора при измерениях использовать меры электрической емкости Р597 1 нФ и 5 нФ. При измерении использовать расширитель диапазонов, входящий в состав моста. Подключить конденсатор KNM 3117 МК номинальной емкостью 50 мкФ к клеммам " $U_1, U_2(Y)$ " компаратора.

8.11.12 Установить на выходе трансформатора напряжение $U_{тр}=(240\pm 5)$ В, контролируя его значение по показаниям вольтметра.

8.11.13 Измерить значения активной и реактивной проводимостей нагрузок. С помощью клавиш перемещения найти в списке результатов измерений результаты измерения активной проводимости G и реактивной проводимости B и занести их в строку для 6-го измерения таблицы по форме, представленной в таблице 8.9.

8.11.14 Измерить емкость конденсатора KNM 3117 МК с номинальным значением емкости 100 мкФ ($C_{изм}$) в соответствии с 8.11.11. Подключить конденсатор KNM 3117 МК номинальной емкостью 100 мкФ к клеммам " $U_1, U_2(Y)$ " компаратора.

8.11.15 Установить на выходе трансформатора напряжение $U_{тр}=(160\pm 3)$ В, контролируя его значение по показаниям вольтметра.

8.11.16 Измерить значения активной и реактивной проводимостей нагрузок. С помощью клавиш перемещения найти в списке результатов результаты измерения активной проводимости G и реак-

Проведение поверки

тивной проводимости B и занести их в строку для 7-го измерения таблицы по форме, представленной в таблице 8.10.

Таблица 8.10

№ измерения	Напряжение $U_{гр}$, В	Магазин Р4834, $R_{ном}$, КОм	Ном. знач. активной проводим. $G_{ном}=1/R_{ном}$, мСм	Показания моста при измерении емкости меры МЕ-1 $C_{изм}$, мкФ	Активная проводимость G		Реактивная проводимость B			
					Показание компаратора при измерении G , См	Абсолютная погрешность		Показание компаратора при измерении B , См	Абсолютная погрешность	
						Действ. значение ΔG , См	Предел допуск погрешн. $\Delta G_{доп}$, См		Действ. значение ΔB , См	Пределы допуск погрешн. $\Delta B_{доп}$, См
1	240	Магазин отключен	0	0		$\pm 10^{-7}$		$\pm 10^{-7}$		
2	50	Магазин отключен	0	0		$\pm 10^{-7}$		$\pm 10^{-7}$		
3	30	Магазин отключен	0	0		$\pm 2 \cdot 10^{-7}$		$\pm 2 \cdot 10^{-7}$		
4	6	Магазин отключен	0	0		$\pm 10^{-6}$		$\pm 10^{-6}$		
5	50	4	0,25	0		$\pm 1,35 \cdot 10^6$		$\pm 1,35 \cdot 10^6$		
6	240	Магазин отключен	0	(50 мкФ) Результат измерения		$\pm 7,85 \cdot 10^6$		$\pm 7,85 \cdot 10^6$		
7	160	Магазин отключен	0	(100 мкФ) Результат измерения		$\pm 1,57 \cdot 10^4$		$\pm 1,57 \cdot 10^4$		

8.11.17 Для 5-ого измерения рассчитать значение абсолютной погрешности компаратора при измерении активной проводимости нагрузки, в сименсах, по формуле

$$\Delta_G = |G - G_{ном}| + |\gamma_{DUMAX} - \gamma_{DUMIN}| \cdot G_{ном} \cdot 0,01, \quad (21)$$

где G – показания компаратора при измерении активной проводимости, в сименсах;

$G_{ном}$ – номинальное значение проводимости, пересчитанной из сопротивления, установленного на магазине сопротивлений Р4834, в сименсах.

8.11.18 Для измерений 6 и 7 рассчитать значение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении реактивной проводимости нагрузки, в сименсах, по формуле

$$\Delta_B = |B - C_{изм} \cdot 2\pi \cdot F| + |\gamma_{DUMAX} - \gamma_{DUMIN}| \cdot C_{изм} \cdot 2\pi \cdot F \cdot 0,01, \quad (22)$$

где B – показания компаратора при измерении реактивной проводимости, в сименсах;

F – показания частотомера при измерении частоты сети, в герцах;

$C_{изм}$ – показания моста СА7100РД при измерении емкости, в фарадах, (для измерений с 3-го по 7-е $C_{изм} = 0$).

8.11.19 Для измерений 1-4, 6, 7 рассчитать значение абсолютной погрешности компаратора при измерении активной проводимости в сименсах, по формуле

$$\Delta_G = G, \quad (23)$$

где G – показания компаратора при измерении активной проводимости, в сименсах;

8.11.20 Для измерений 1-5 рассчитать значение абсолютной погрешности компаратора при измерении реактивной проводимости в сименсах, по формуле

$$\Delta_B = B, \quad (24)$$

Результаты расчетов занести в таблицу по форме, представленной в таблице 8.10.

Результат операции поверки считать положительным, если значения полученных абсолютных погрешностей при измерении активной и реактивной проводимостей нагрузки не превышают пределов допускаемых погрешностей $\Delta_{Гдоп}$ и $\Delta_{Бдоп}$, приведенных в таблице 8.10.

8.12 Определение основной абсолютной погрешности компаратора при измерении активного и реактивного сопротивлений во вторичной цепи ТТ при их калибровке и поверке при использовании моста СА7100РД

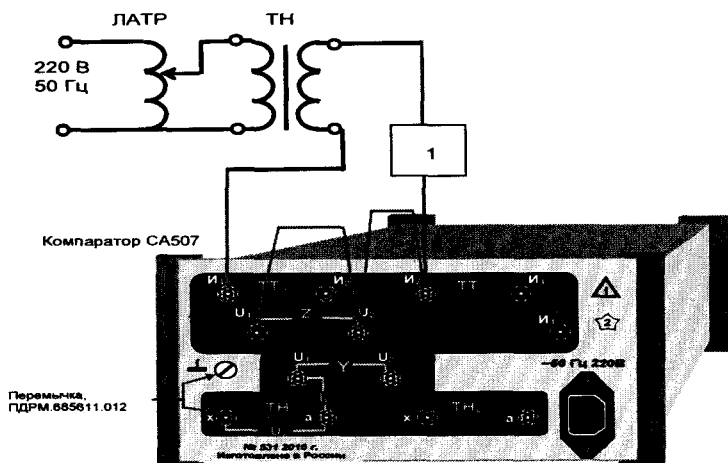
8.12.1 Измерить частоту сети F , выполнив действия согласно 8.11.1.

8.12.2 Собрать схему, показанную на рисунке 8.17. Закоротить зажимы "U₁, Z", "U₂, Z" и "I₂, ТТх".

8.12.3 Включить компаратор. Выбрать в меню строку "Поверка" и убедиться в том, что синхронизация от сети включена, выбрав в открывшемся меню строку "Синхр. от сети вкл".

8.12.4 В меню "Выбор трансф." выбрать строку "Трансф. тока", из появившегося меню выбрать "I_{2н} = 1 А".

Проведение поверки



ТН – трансформатор напряжения;
1 – амперметр Д553

Рисунок 8.17

8.12.5 Установить число накапливаемых измерений равным 5.

8.12.6 Включить режим измерения силы вторичного тока эталонного ТТ.

8.12.7 Установить значение силы тока $I_{23} = (7 \pm 0,1)$ А, контролируя его значение по показаниям компаратора.

8.12.8 Измерить значения активного сопротивления R и реактивного сопротивления X нагрузки.

8.12.9 С помощью клавиш перемещения найти в списке результатов результаты измерения R , X и занести их в строку для 1-го измерения таблицы по форме, представленной в таблице 8.11.

8.12.10 Повторить 8.12.7-8.12.9, установив силу тока $I_{23} = (0,01 \pm 0,001)$ А. Результаты измерений занести во вторую строку таблицы 8.11.

8.12.11 Подключить в качестве нагрузки меру сопротивления Р321, с номинальным значением сопротивления 10 Ом в соответствии с рисунком 8.18 и данными таблицы 8.11. Провести измерения сопротивления нагрузки, результаты измерений занести в третью строку таблицы 8.11.

Таблица 8.11

№ измерения	I_{23}, A	Подключаемые нагрузки	Активное сопротивление				Реактивное сопротивление			
			Расчетное значение $R_{ном}, Ом$	Показание $R, Ом$	Абсолютная погрешность		Расчетное значение $X_{ном}, Ом$	Показание $X, Ом$	Абсолютная погрешность	
					Действительное значение $\Delta R, Ом$	Пределы допускаемой погрешности $\Delta R_{доп}, Ом$			Действительное значение $\Delta X, Ом$	Пределы допускаемой погрешности $\Delta X_{доп}, Ом$
1	7	Отсутствует	0			$\pm 0,0003$	0			$\pm 0,0003$
2	0,01	Отсутствует	0			$\pm 0,0003$	0			$\pm 0,0003$
3	0,01	Мера сопротивления P321, 10 Ом	10			$\pm 0,05$	0			$\pm 0,05$
4	0,6	Конденсатор KNM 3117 МК, 200 мкФ	0			$\pm 0,0796$				$\pm 0,0796$
5	6	Конденсатор KNM 3117 МК, 200 мкФ	0			$\pm 0,0796$				$\pm 0,0796$

8.12.12 Измерить емкость конденсатора KNM 3117 МК с значением номинальной емкости 200 мкФ с помощью моста CA7100РД ($S_{изм}$). Подключить в качестве нагрузки конденсатор KNM 3117 МК номинальной емкостью 200 мкФ. Установить значение силы тока $I_{23} = (0,6 \pm 0,06) A$, контролируя его значение по показаниям амперметра.

8.12.1 Провести измерения сопротивления нагрузки, результаты измерений занести в четвертую строку таблицы 8.9.

Повторить 8.12.1, установив значение силы тока $I_{23} = (6 \pm 0,06)$.

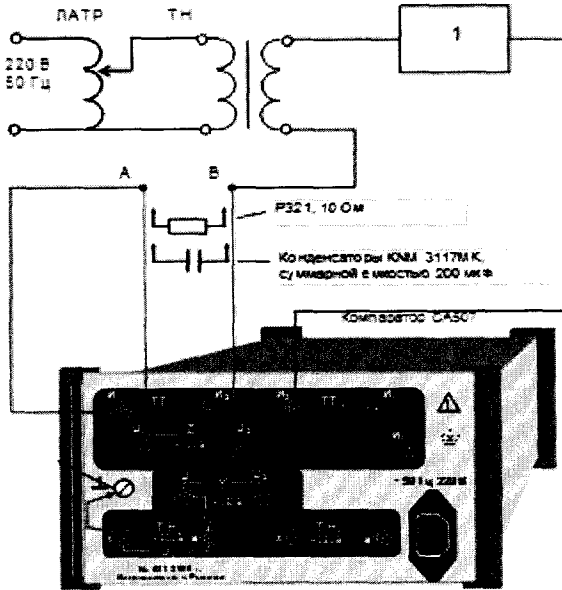
8.12.2 Для каждого измерения рассчитать значение абсолютной погрешности компаратора при измерении активного сопротивления, в омах, по формуле

$$\Delta_R = |R - R_{ном}| + |\gamma_{DUMAX} - \gamma_{DUMIN}| \cdot R_{ном} \cdot 0,01, \quad (25)$$

где R – числовое значение результата измерения активного сопротивления нагрузки, в омах;

$R_{ном}$ – номинальное значение сопротивления эталонной меры сопротивления, в омах.

Проведение поверки



1 – амперметр Д553;
ТН – трансформатор напряжения
Рисунок 8.18

8.12.3 Для измерений 1 – 3 рассчитать значение абсолютной погрешности компаратора при измерении реактивного сопротивления, в омах, по формуле

$$\Delta_X = X, \quad (26)$$

где X – числовое значение результата измерения реактивного сопротивления, в омах.

8.12.4 Для измерений 4 - 5 определить расчетное значение реактивного сопротивления в Омах

$$X_{\text{ном}} = \frac{1}{C_{\text{изм}} \cdot 2\pi \cdot F}, \quad (27)$$

где $C_{\text{изм}}$ – числовое значение емкости конденсатора KNM 3117 МК, измеренное мостом СА7100РД, в фарадах;

F – измеренная частота сети, в герцах.

После этого рассчитать значение абсолютной погрешности компаратора при измерении реактивного сопротивления, в омах, по формуле

$$\Delta_X = |X - X_{\text{ном}}| + |\gamma_{\text{ДУМАХ}} - \gamma_{\text{ДУМИН}}| \cdot X_{\text{ном}} \cdot 0,01, \quad (32)$$

где X – числовое значение результата измерения реактивного сопротивления, в омах;

8.12.5 Показания компаратора и результаты расчетов занести в таблицу по форме, представленной в таблице 8.9.

Результат операции поверки считать положительным, если значения полученных абсолютных погрешностей не превышают значения $\Delta_{R\text{доп}}$ и $\Delta_{X\text{доп}}$, приведенные в таблице 8.9.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 При положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверке в соответствии с Приказом от 2 июля 2015 г. № 1815 МИНПРОМТОРГ «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

9.2 В случае отрицательных результатов поверки оформляют извещение о непригодности в соответствии с Приказом от 2 июля 2015 г. № 1815 МИНПРОМТОРГ «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» с указанием причин непригодности.