

СОГЛАСОВАНО

Директор
ООО «НПП Марс-Энерго»

 И.А. Гиниятулин



05 2015 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
ФГУП «ВНИИМС»

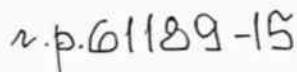
 В.Н. Яншин



05 2015 г.

Установка эталонная ВЭТ 175-1

Методика поверки



Москва

2015 г.

Содержание

1 Вводная часть.....	3
2 Операции поверки	3
3 Средства поверки	3
4 Требования к квалификации поверителей.....	4
5 Требования безопасности	4
6 Условия поверки.....	4
7 Подготовка к поверке.....	4
8 Проведение поверки.....	5
9 Оформление результатов поверки	9

1 ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок установки эталонной ВЭТ 175-1, далее по тексту – ВЭТ.

1.2 ВЭТ подлежит поверке с периодичностью, устанавливаемой потребителем с учётом режимов и интенсивности эксплуатации, но не реже одного раза в два года.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции поверки	Номер пункта методики поверки	Необходимость выполнения	
		при первичной поверке	при периодической поверке
Внешний осмотр	8.1	Да	Да
Опробование	8.2	Да	Да
Проверка идентификации программного обеспечения	8.3	Да	Да
Проверка электрического сопротивления изоляции	8.4	Да	Да
Проверка электрической прочности изоляции	8.5	Да	Да
Проверка бюджета неопределенностей для ВЭТ	8.6	Да	Да

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 Перечень средств измерений, используемых при поверке, приведен в таблице 2.

Таблица 2

Наименование, обозначение	Тип	Требуемые характеристики
1. Государственный первичный специальный эталон единиц коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига электрического напряжения переменного тока промышленной частоты	ГЭТ 175-2009	-
2. Калибратор универсальный	9100	Г.Р. № 25985-09
3. Трансформатор напряжения измерительный лабораторный	НЛЛ -15	Г.Р. № 46942-11
4. Трансформатор напряжения измерительный эталонный	NVRD 40	Г.Р. № 56003-13
5. Трансформатор напряжения измерительный эталонный	4820spez	Г.Р. № 25586-03
6. Установка поверочная универсальная	УППУ-МЭ 3.1	Г.Р. № 57346-14
7. Установка для проверки параметров электрической безопасности	GPI-745	Г.Р. № 46633-11

Наименование, обозначение	Тип	Требуемые характеристики
8. Гигрометр психрометрический	ВИТ-2	Диапазон измерений относительной влажности от 40 до 90 %; абсолютная погрешность $\pm 2 \%$.
		Диапазон измерений температуры от 15 до 40 °C; абсолютная погрешность $\pm 1 \%$.
9. Барометр-анероид метеорологический	БАММ-1	Диапазон от 80 до 106 кПа; абсолютная погрешность $\pm 200 \text{ Па}$.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки допускают лица, аттестованные в качестве поверителей средств измерений электрических величин.

4.2 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь действующее удостоверение на право работы в электроустановках с напряжением выше 1000 В с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, установленные ГОСТ 12.3.019-80, «Правилами техники безопасности, при эксплуатации электроустановок потребителей», «Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок». Соблюдаются также требования безопасности, изложенные в эксплуатационных документах на устройство и применяемые средства измерений.

5.2 Средства поверки, которые подлежат заземлению, должны быть надежно заземлены. Подсоединение зажимов защитного заземления к контуру заземления должно производиться ранее других соединений, а отсоединение – после всех отсоединений.

5.3 Должны также быть обеспечены требования безопасности, указанные в эксплуатационных документах на средства поверки.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия применения:

- температура окружающего воздуха от $23 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 80 до 106,7 кПа.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- провести технические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с действующими положениями ГОСТ 12.2.007.0-75;
- выдержать ВЭТ в условиях окружающей среды, указанных в п.6.1, не менее 2 ч, если она находился в климатических условиях, отличающихся от указанных в п.6.1;

- подготовить к работе средства измерений, используемые при поверке, в соответствии с руководствами по их эксплуатации (все средства измерений должны быть исправны и поверены).

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр.

8.1.1 При проведении внешнего осмотра устройств проверяют:

- соответствие комплектности перечню, указанному в паспорте;
- соответствие серийного номера указанному в паспорте;
- маркировку и наличие необходимых надписей на наружных панелях;
- разборные контактные соединения должны иметь маркировку, а резьба винтов и гаек должна быть исправна;
- на корпусе ВЭТ не должно быть трещин, царапин, забоин, сколов;
- отдельные части ВЭТ должны быть прочно закреплены.

Результат внешнего осмотра считают положительным, если комплектность и серийный номер соответствуют указанным в паспорте, маркировка и надписи на наружных панелях соответствуют эксплуатационной документации, а также отсутствуют механические повреждения, способные повлиять на работоспособность ВЭТ.

8.2 Опробование.

8.2.1 Опробование проводят в следующей последовательности:

- 1) подготовить ВЭТ в соответствии с руководством по эксплуатации;
- 2) включить ВЭТ;
- 3) при включении ВЭТ должен загореться световой индикатор;
- 4) проверить работу светового индикатора.

Результат считать положительным, если происходит срабатывание световой индикатора.

8.2.2 Проверка значений электрической емкости и тангенса угла диэлектрических потерь мер емкости входящих в состав ВЭТ.

8.2.2.1 Проверка электрической емкости и тангенса угла конденсатора измерительного СА6010-2,1-1000.

Проверку проводят следующим образом:

- 1) Собирают схему представленную на рисунке 1.
- 2) Запускают файл программного обеспечения моста эталонного высоковольтного МВЭ-01 (далее по тексту – ПО МВЭ-1), входящий в состав государственного первичного специального эталона единиц коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига электрического напряжения переменного тока промышленной частоты ГЭТ 175-2009 (далее по тексту - ГЭТ 175-2009).
- 3) Включить мост эталонный высоковольтный МВЭ-01 (далее по тексту – МВЭ-01) нажав кнопку «Питание».
- 4) Нажать кнопку «Этап 1» в поле ПО МВЭ-01.
- 5) В поле ПО МВЭ-01 нажав кнопку «Параметры C_{no} и C_{bo} » ввести значения емкостей и тангенса угла диэлектрических потерь, используемых мер емкостей в фарадах. Закрыть поле «Параметры C_{no} и C_{bo} » нажав кнопку «ок» в поле ПО МВЭ-01.
- 6) Включить режим измерения напряжения, нажав кнопку «Измерение (F7)» в поле ПО МВЭ-01.



Рисунок 1

7) При помощи источника высокого напряжения переменного тока ТЕОК 200/10 (далее по тексту – ТЕОК) установить значение напряжения переменного тока 1 кВ.

8) После установки напряжения равного 1 кВ выключить режим измерения напряжения, нажатием кнопки «Измерение (F7)» в поле ПО МВЭ-01.

9) Нажать кнопку «Измерение F8» в поле ПО МВЭ-01.

10) Результаты измерения емкости и тангенса угла диэлектрических потерь в полях ПО МВЭ-01.

11) Полученные значения сравнить и рассчитать допускаемое отклонение от номинального значения электрической емкости и тангенса угла диэлектрических потерь.

12) По окончанию проведения проверки отключить питание и разобрать схему.

Результаты считаются положительными, если полученные значения не превышают значений установленных в приложении А.

8.2.2.2 Проверка электрической емкости и тангенса угла диэлектрических потерь конденсатора измерительного высоковольтного КИВ-110.

Проверка проводится следующим образом:

1) Повторить операции с 1) -6) пункта 8.2.2.1

2) При помощи ТЕОК установить значение напряжения переменного тока $110/\sqrt{3}$ кВ.

3) После установки напряжения равного $110/\sqrt{3}$ кВ выключить режим измерения напряжения, нажатием кнопки «Измерение (F7)» в поле ПО МВЭ-01.

4) Нажать кнопку «Измерение F8» в поле ПО МВЭ-01.

5) Результаты измерения емкости и тангенса угла диэлектрических потерь в полях ПО МВЭ-01.

6) Полученные значения сравнить и рассчитать допускаемое отклонение от номинального значения электрической емкости и тангенса угла диэлектрических потерь.

7) Результаты считаются положительными, если полученные значения не превышают значений установленных в приложении А.

8) По окончанию проведения проверки отключить питание и разобрать схему.

8.2.2.3 Проверка электрической емкости и тангенса угла диэлектрических потерь конденсатора измерительного высоковольтного КИВ-330.

Проверка проводится следующим образом:

1) Повторить операции с 1) -6) пункта 8.2.2.1

2) При помощи ТЕОК установить значение напряжения переменного тока $330/\sqrt{3}$ кВ.

3) После установки напряжения равного $330/\sqrt{3}$ кВ выключить режим измерения напряжения, нажатием кнопки «Измерение (F7)» в поле ПО МВЭ-01.

4) Нажать кнопку «Измерение F8» в поле ПО МВЭ-01.

5) Результаты измерения емкости и тангенса угла диэлектрических потерь в полях ПО МВЭ-01.

6) Полученные значения сравнить и рассчитать допускаемое отклонение от номинального значения электрической емкости и погрешность тангенса угла диэлектрических потерь.

7) По окончанию проведения проверки отключить питание и разобрать схему.

Результаты считаются положительными, если полученные значения не превышают значений установленных в приложении А.

8.3 Проверку идентификации программного обеспечения (далее по тексту – ПО) проводят в следующей последовательности:

1) Запускают программу MB301.

2) В меню программы указывается номер версии ПО.

3) Проверяют соответствие номера версии ПО с указанным в паспорте и описании типа на ВЭТ.

Результат считается положительным, если полученные идентификационные данные программного обеспечения средства измерений - номер версии не ниже 2.05.

8.4 Проверка электрического сопротивления изоляции.

Проверку проводят в следующей последовательности:

1) убедиться в отсутствии напряжения в проверяемой цепи с помощью мультиметра APPA-109N;

2) соединить выходные контакты эталонного моста из состава ВЭТ с клеммой «  » и заземлением;

3) подключить установку для проверки электрической безопасности GPI 745A к клемме заземления и к соединенным вместе клеммам сетевого питания;

4) установить предел измерения на установке для проверки электрической безопасности GPI 745A (для оборудования и цепей высокого напряжения – 2500 В; для оборудования и цепей низкого напряжения – 1000 В);

5) произвести измерение.

6) Отсчёт результата измерений проводят через 5 с после подачи испытательного напряжения.

Результаты проверки сопротивления изоляции считают положительными, если измеренное значение сопротивления изоляции не менее 20 МОм.

8.5 Проверка электрической прочности изоляции

8.5.1 Проверку электрической прочности изоляции проводят напряжением переменного тока частотой 50 Гц с помощью установки для проверки параметров электрической безопасности GPI-745 следующим образом:

1) убедиться в отсутствии напряжения в проверяемой цепи с помощью мультиметра APPA-109N;

2) соединить выходные контакты моста из состава ВЭТ с клеммой «  » и заземлением;

3) подключить установку для проверки электрической безопасности GPI 745A к клемме заземления и к соединенным вместе клеммам сетевого питания;

4) испытательное напряжение с среднеквадратическим значением 100 В прикладывают между цепями, приведёнными в выше. Затем плавно или ступенями увеличивают испытательное напряжение в течение 10 с до значения 1500 В. После достижения указанного значения испытательное напряжение выдерживают в течение 1 мин, после чего плавно уменьшают до нуля.

Результаты проверки электрической прочности изоляции считают положительными, если не произошло искрений, пробивных разрядов или пробоя.

8.6 Проверка бюджета неопределенностей для ВЭТ.

8.6.1 Проверка ВЭТ с целью оценки его неопределенностей по типу А для измерения коэффициента масштабного преобразования.

Проверка проводится в два этапа при помощи ГЭТ 175-2009 и калибратора универсального 9100 (далее по тексту – калибратор) следующим образом:

- 1) Собрать схему для «Этапа № 1» измерения согласно рисунку 2 для ГЭТ 175-2009.
- 2) Настроить ГЭТ 175-2009 в соответствии с руководством по эксплуатации.

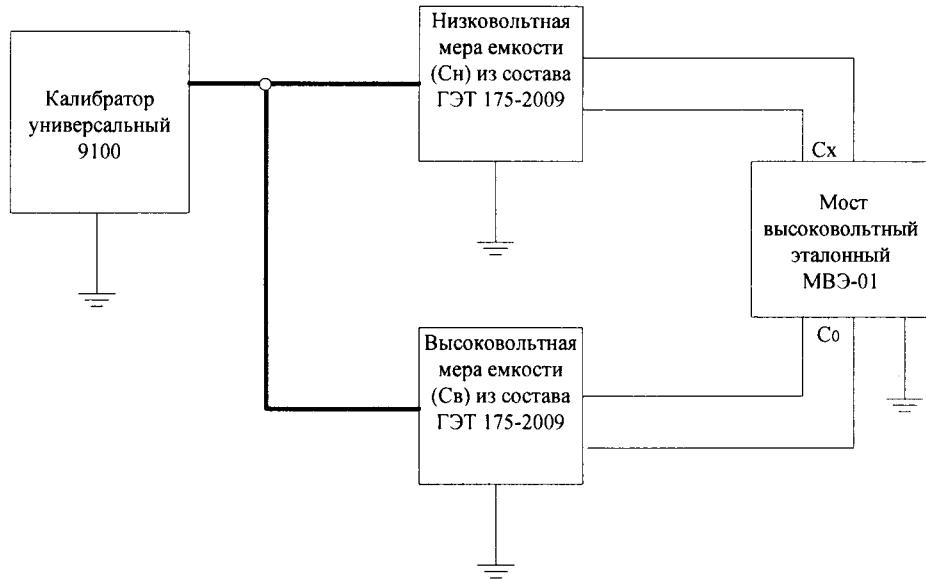


Рисунок 2

- 3) Запустить ПО МВЭ-01.
- 4) Включить МВЭ-01 нажав кнопку «Питание».
- 5) Нажать кнопку «Этап 1» в ПО МВЭ-01.
- 6) В поле ПО МВЭ-01 нажав кнопку «Параметры $C_{но}$ и $C_{бо}$ » ввести значения емкостей используемых конденсаторов в фарадах. Закрыть поле «Параметры $C_{но}$ и $C_{бо}$ » нажав кнопку «ок» в поле ПО МВЭ-01.
- 7) Включить режим измерения напряжения, нажав кнопку «Измерение (F7)» в поле ПО МВЭ-01.
- 8) При помощи калибратора универсального 9100 (далее по тексту – калибратор) установить значение напряжения переменного тока 1 кВ.
- 9) После установки напряжения равного 1 кВ выключить режим измерения напряжения, нажатием кнопки «Измерение (F7)» в поле ПО МВЭ-01.
- 10) Нажать кнопку «Измерение F8» в поле ПО МВЭ-01.
- 11) Результат измерения – модуль отношения токов и разность фаз токов - отображаются в поле ПО МВЭ-01. Этот результат используется программой на втором этапе измерения.
- 12) По окончании «Этапа № 1», необходимо отключить калибратор и разобрать схему.
- 13) Собрать схему для «Этапа № 2» согласно рисунку 3. В качестве меры коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока использовать трансформатор напряжения измерительный лабораторный НЛЛ-15-4 (далее по тексту – НЛЛ-15-4).

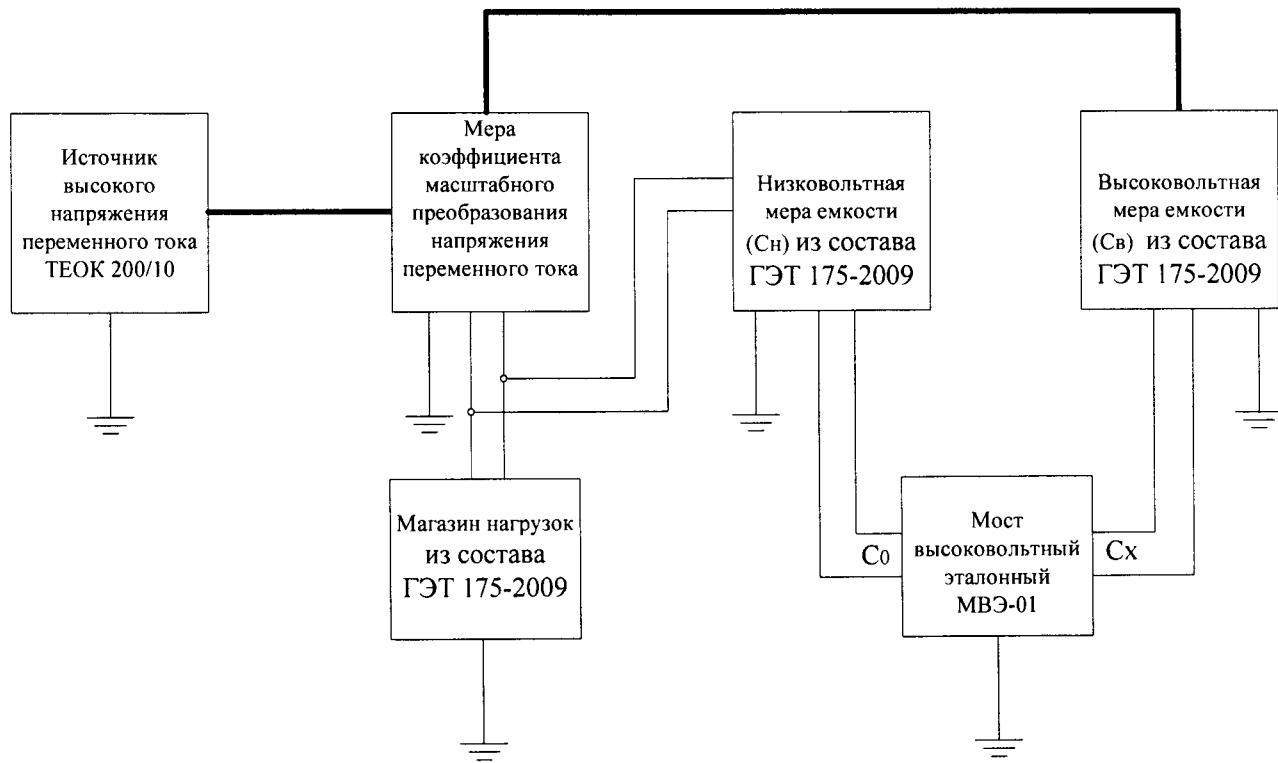


Рисунок 3

14) Для НЛЛ-15-4 выбрать отпайку со значением коэффициента масштабного преобразования равным 10 (1000 В/100 В) и классом точности вторичной обмотки не хуже 0,05.

15) Нажать кнопку «Этап 2». Ввести номинальные значения напряжений для НЛЛ-15-4 в поля ввода характеристик первичной обмотки ($U_{1\text{ном}}$) и вторичной обмотки ($U_{2\text{ном}}$) ПО МВЭ-01.

16) В поле ПО МВЭ-01 «Нагрузка» ввести значение, соответствующее вторичной номинальной нагрузке для меры коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока.

17) Включить режим измерения напряжения нажав кнопку «Измерение (F7)».

18) С помощью источника высокого напряжения переменного тока ТЕОК 200/10 (далее по тексту – ТЕОК) установить значение напряжения переменного тока равное 1 кВ.

19) Проконтролировать наличие напряжения переменного тока в поле ПО МВЭ-01 и затем выключить режим измерения напряжения, нажатием кнопки «Измерение (F7)».

20) Нажав кнопку «Измерение (F8)», произвести измерение коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока и угла фазового сдвига не менее 10 раз и записать полученные значения в таблицу 3.

Таблица 3.

Значение напряжения переменного тока, В	Заданное значение коэффициента масштабного преобразования, K_u	Полученное значение коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока с помощью ГЭТ 175-2009, $K_{u(\text{эт})}$	Полученное значение угла фазового сдвига с помощью ГЭТ 175-2009, $\phi_{u(\text{эт})}$

21) По окончании «Этапа № 2» отключить подачу высокого напряжения, отключить ТЕОК и разобрать схему.

22) Собрать схему для первого этапа измерения согласно рисунку 4 для ВЭТ. Из состава ВЭТ используется в качестве низковольтной меры емкости – конденсатор измерительный СА6010-2,1-1000, в качестве высоковольтной меры емкости – встроенный эталонный конденсатор в мост переменного тока высоковольтный автоматический СА7100-2.

- 23) Настроить ВЭТ в соответствии с руководством по эксплуатации.
- 24) Запустить файл программного обеспечения для моста переменного тока высоковольтного автоматического СА7100-2 (далее по тексту – СА7100-2).
- 25) Включить СА7100-2 нажав кнопку «Питание».
- 26) Нажать кнопку «Этап 1» в программном обеспечении СА7100-2 (далее по тексту – ПО СА7100-2)
- 27) В поле ПО СА7100-2 нажав кнопку «Параметры C_{ho} и C_{bo} » ввести значения емкостей используемых конденсаторов в фарадах. Закрыть поле «Параметры C_{ho} и C_{bo} » нажав кнопку «ок» в поле ПО СА7100-2.
- 28) Включить режим измерения напряжения, нажав кнопку «Измерение (F7)» в поле ПО СА7100-2.
- 29) При помощи калибратора установить значение напряжения переменного тока 1 кВ.
- 30) Проконтролировать наличие напряжения переменного тока в поле ПО СА7100-2 и затем выключить режим измерения напряжения, нажатием кнопки «Измерение (F7)».
- 31) Нажать кнопку «Измерение F8» в поле ПО СА7100-2.
- 32) Результат измерения – модуль отношения токов и разность фаз токов - отображаются в поле ПО СА7100-2. Этот результат используется программой на втором этапе измерения.
- 33) По окончании «Этапа № 1», необходимо отключить калибратор и разобрать схему.

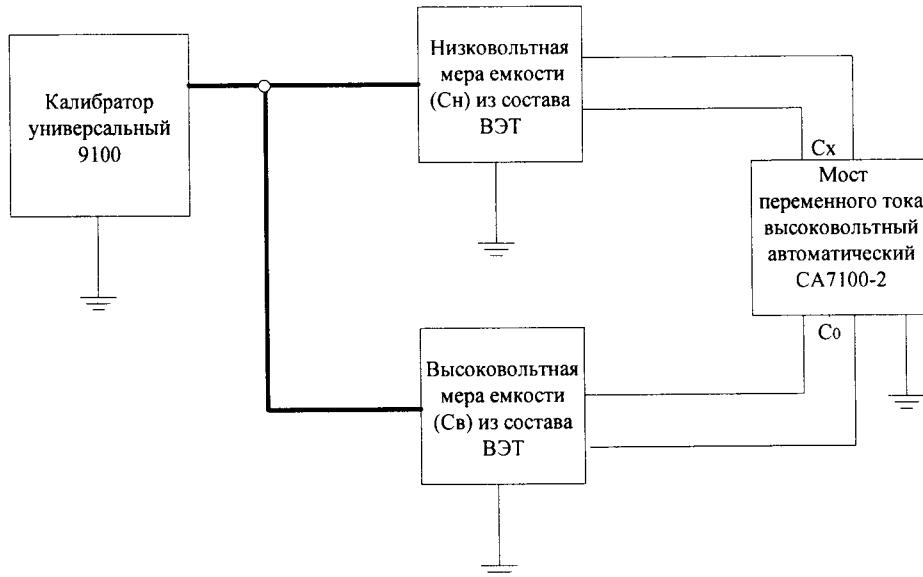


Рисунок 4

- 34) Собрать схему для «Этапа № 2» измерения согласно рисунку 5. В качестве меры коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока использовать НЛЛ-15-4. Из состава ВЭТ используется в качестве низковольтной меры емкости – встроенный эталонный конденсатор в мост переменного тока высоковольтный автоматический СА7100-2, в качестве высоковольтной меры емкости – конденсатор измерительный высоковольтный КИВ-110.

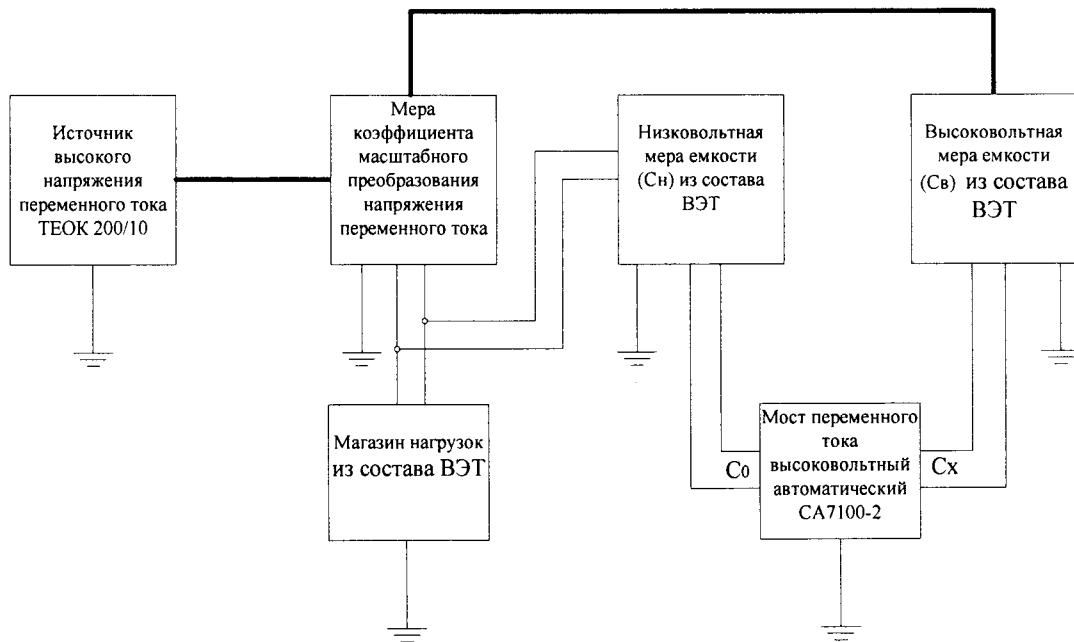


Рисунок 5

35) Для НЛЛ-15-4 выбрать отпайку со значением коэффициента масштабного преобразования равным 10 (1000 В/100 В) и классом точности вторичной обмотки не хуже 0,05.

36) Нажать кнопку «Этап 2». Ввести номинальные значения напряжений для НЛЛ-15-4 в поля ввода характеристик первичной обмотки ($U_{1\text{ном}}$) и вторичной обмотки ($U_{2\text{ном}}$) ПО СА7100-2.

37) В поле ПО СА7100-2 «Нагрузка» ввести значение, соответствующее вторичной номинальной нагрузке для меры коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока.

38) Включить режим измерения напряжения нажав кнопку «Измерение (F7)».

39) С помощью ТЕОК установить значение напряжения переменного тока равное 1 кВ.

40) Проконтролировать наличие напряжения переменного тока в поле ПО СА7100-2 и затем выключить режим измерения напряжения, нажатием кнопки «Измерение (F7)»

41) Нажав кнопку «Измерение (F8)», произвести измерение коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока и угла фазового сдвига не менее 10 раз и записать полученные значения в таблицу 4.

Таблица 4.

Значение напряжения переменного тока, В	Заданное значение коэффициента масштабного преобразования, K_u	Полученное значение коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока с помощью ВЭТ, $K_{u(\text{изм})}$	Полученное значение угла фазового сдвига с помощью ВЭТ, $\Phi_{u(\text{изм})}$	Неопределенность измерения коэффициента масштабного преобразования по типу А

42) По окончании «Этапа № 2» отключить подачу высокого напряжения, отключить ТЕОК и разобрать схему.

43) Повторить пункты 1) - 12).

44) Собрать схему для «Этапа № 2» измерения согласно рисунку 3. В качестве меры коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока использовать НЛЛ-15-4.

- 45) Для НЛЛ-15-4 выбрать отпайку со значением коэффициента масштабного преобразования равным 100 (10000 В/100 В) и классом точности вторичной обмотки не хуже 0,05.
- 46) Повторить пункты 15) - 17).
- 47) С помощью ТЕОК установить значение напряжения переменного тока равное 10 кВ.
- 48) Повторить пункты 19) - 21).
- 49) Повторить пункты 22) - 33).
- 50) Собрать схему для «Этапа № 2» измерения согласно рисунку 5. В качестве меры коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока использовать НЛЛ-15-4. Из состава ВЭТ используется в качестве низковольтной меры емкости – встроенный эталонный конденсатор в мост переменного тока высоковольтный автоматический СА7100-2, в качестве высоковольтной меры емкости – конденсатор измерительный высоковольтный КИВ-110.
- 51) Для НЛЛ-15-4 выбрать отпайку со значением коэффициента масштабного преобразования равным 100 (10000 В/100 В) и классом точности вторичной обмотки не хуже 0,05.
- 52) Повторить пункты 36) - 38).
- 53) С помощью ТЕОК установить значение напряжения переменного тока равное 10 кВ.
- 54) Повторить пункты 40) - 42).
- 55) Повторить пункты 1) - 12).
- 56) Собрать схему согласно рисунку 3 для «Этапа № 2», используя в качестве меры коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока трансформатор напряжения измерительный эталонный NVRD 40 (далее по тексту – NVRD 40).
- 57) Для NVRD 40 выбрать отпайку со значением коэффициента масштабного преобразования равным 350 (35000 В/100 В).
- 58) Повторить пункты 15) - 17).
- 59) С помощью источника высокого напряжения переменного тока ТЕОК 200/10 установить значение высокого напряжения равное $(35 \pm 0,1)$ кВ.
- 60) Повторить пункты 19) - 21).
- 61) Собрать схему для «Этапа № 2» измерения согласно рисунку 5. В качестве меры коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока использовать трансформатор напряжения измерительный лабораторный NVRD 40. Из состава ВЭТ используется в качестве низковольтной меры емкости – встроенный эталонный конденсатор в мост переменного тока высоковольтный автоматический СА7100-2, в качестве высоковольтной меры емкости – конденсатор измерительный высоковольтный КИВ-110.
- 62) Для NVRD 40 выбрать отпайку со значением коэффициента масштабного преобразования равным 350 (35000 В/100 В).
- 63) Повторить пункты 36) - 38).
- 64) С помощью источника высокого напряжения переменного тока ТЕОК 200/10 установить значение высокого напряжения равное $(35 \pm 0,1)$ кВ.
- 65) Повторить пункты 40) - 42).
- 66) Повторить пункты 1) - 12).
- 67) Собрать схему согласно рисунку 3 для «Этапа № 2», используя в качестве меры коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока использовать трансформатор напряжения измерительный эталонный 4820spez (далее по тексту – 4820spez).
- 68) Для 4820spez выбрать отпайку со значением коэффициента масштабного преобразования равным 1100 ($110\ 000/\sqrt{3}$ В/100/ $\sqrt{3}$ В).
- 69) Повторить пункты 15) - 17).
- 70) С помощью ТЕОК установить значение напряжения переменного тока равное $(110/\sqrt{3} \pm 0,1)$ кВ.
- 71) Повторить пункты 19) - 21).

72) Повторить пункты 22) – 33).

73) Собрать схему для «Этапа № 2» согласно рисунку 5. В качестве меры коэффициента масштабного преобразования напряжения переменного тока использовать 4820спез. Из состава ВЭТ используется в качестве низковольтной меры емкости – встроенный эталонный конденсатор в мост переменного тока высоковольтный автоматический СА7100-2, в качестве высоковольтной меры емкости – конденсатор измерительный высоковольтный КИВ-330.

74) Для 4820спез выбрать отпайку со значением коэффициента масштабного преобразования равным $1100 (110\ 000/\sqrt{3} \text{ В}/100/\sqrt{3} \text{ В})$.

75) Повторить пункты 36) - 38).

76) С помощью источника высокого напряжения переменного тока ТЕОК 200/10 установить значение высокого напряжения равное $(110/\sqrt{3}\pm0,1) \text{ кВ}$.

77) Повторить пункты 40) - 42).

78) Повторить пункты 1) - 12).

79) Повторить пункты 67) - 71). Для 4820спез выбрать значение отпайки со значением коэффициента масштабного преобразования равным $2200 (220\ 000/\sqrt{3} \text{ В}/100/\sqrt{3} \text{ В})$, установив значение напряжения переменного тока равное с источника ТЕОК $(220/\sqrt{3}\pm0,1) \text{ кВ}$.

80) Повторить 73) - 77). Для 4820спез выбрать значение отпайки со значением коэффициента масштабного преобразования равным $2200 (220\ 000/\sqrt{3} \text{ В}/100/\sqrt{3} \text{ В})$, установив значение напряжения переменного тока равное с источника ТЕОК $(220/\sqrt{3}\pm0,1) \text{ кВ}$.

81) Повторить пункты 1) - 12).

82) Повторить пункты 67) - 71). Для 4820спез выбрать значение отпайки со значением коэффициента масштабного преобразования равным $3300 (330\ 000/\sqrt{3} \text{ В}/100/\sqrt{3} \text{ В})$, установив значение напряжения переменного тока равное с источника ТЕОК $(330/\sqrt{3}\pm0,1) \text{ кВ}$.

83) Повторить 73) - 77). Для 4820спез выбрать значение отпайки со значением коэффициента масштабного преобразования равным $3300 (330\ 000/\sqrt{3} \text{ В}/100/\sqrt{3} \text{ В})$, установив значение напряжения переменного тока равное с источника ТЕОК $(330/\sqrt{3}\pm0,1) \text{ кВ}$.

84) Произвести расчет бюджета неопределенностей измерения коэффициента масштабного преобразования ВЭТ в соответствии с приложением Б.

Результаты считаются положительными, если полученный бюджет неопределенностей не превышает значений приведенных в приложении А.

8.6.2 Проверка ВЭТ с целью оценки его неопределенностей по типу А измерения угла фазового сдвига.

Проверку проводят при помощи установки поверочной универсальной УППУ-3.1 МЭ (далее по тексту – установка) следующим образом:

1) Собрать схему «Этапа № 1» для ГЭТ 175-2009 согласно рисунку 5.

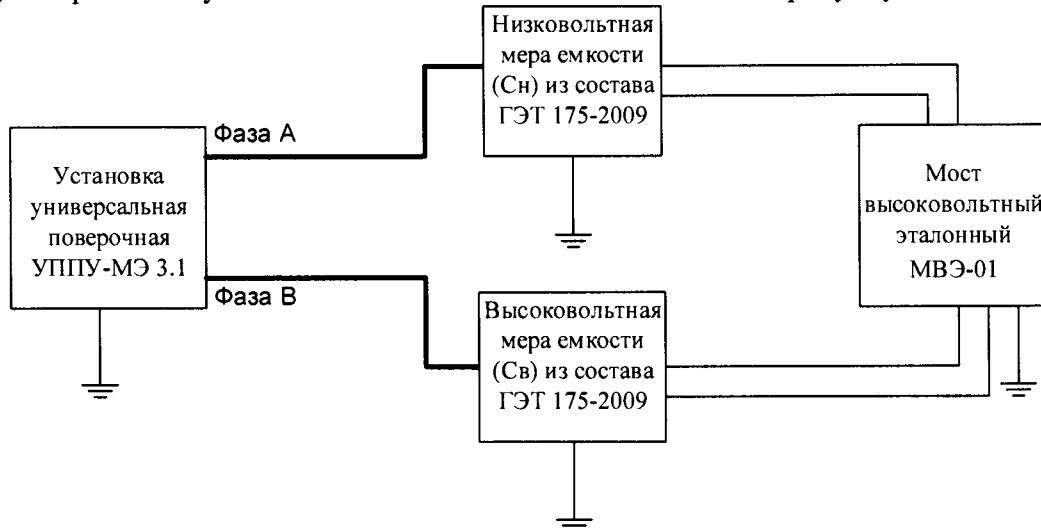


Рисунок 6

- 2) Запустить файл ПО МВЭ-01.
- 3) Включить МВЭ-01 нажав кнопку «Питание».
- 4) Нажать кнопку «Этап 1» в ПО МВЭ-01.
- 5) В поле ПО МВЭ-01 нажав кнопку «Параметры Сно и Сво» ввести значения емкостей используемых конденсаторов в фарадах. Закрыть поле «Параметры Сно и Сво» нажав кнопку «ок» в поле ПО МВЭ-01.
- 6) Включить режим измерения напряжения, нажав кнопку «Измерение (F7)» МВЭ-01 в поле ПО.
- 7) Включить установку и установить значение фазного напряжения переменного тока 500 В для фаз «А» и «В» и значение фазового угла равное $\phi=0$.
- 8) После установки напряжения равного 500 В выключить режим измерения напряжения, нажатием кнопки «Измерение (F7)» в поле ПО МВЭ-01.
- 9) Нажать кнопку «Измерение F8» в поле ПО МВЭ-01.
- 10) Результат измерения – модуль отношения токов и разность фаз токов - отображаются в поле ПО МВЭ-01. Этот результат используется программой на втором этапе измерения.
- 11) По окончании «Этапа № 1», необходимо отключить установку.
- 12) Для «Этапа № 2» повторить пункты 2) - 6).
- 13) Установить напряжение переменного тока 500 В на фазе «А» и «В».
- 14) С помощью установки поочередно задать 5 значений угла фазового сдвига между фазами «А» и «В»: 10 (0,17), 860 (14,33), 1720 (28,67), 2580 (43,0), 3437 (57,28) ... (…°).
- 15) Выключить режим измерения напряжения, нажатием кнопки «Измерение (F7)» в поле ПО МВЭ-01.
- 16) Нажать кнопку «Измерение (F8)» в поле ПО МВЭ-01.
- 17) Произвести не менее 10 измерений для каждого из 5 заданных значений и записать полученные значения в таблицу 5.

Таблица 5.

№	Заданное значение коэффициента угла фазового сдвига $\phi_{u \text{ (зад)}}$, мин (градусы)	Полученное эталонное значение угла фазового сдвига $\phi_{u \text{ (изм)}}$, мин	Неопределенность угла фазового сдвига по типу А

- 18) По окончании «Этапа № 2», необходимо отключить установку и разобрать схему.
- 19) Собрать схему «Этапа № 1» для ВЭТ согласно рисунку 6.

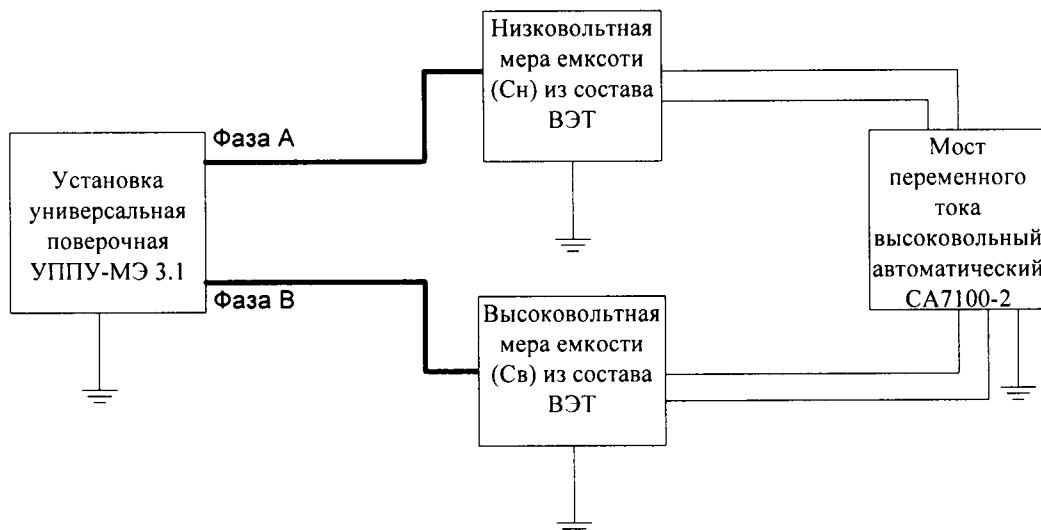


Рисунок 7

- 20) Запустить файл ПО СА7100-2.
- 21) Включить СА7100-2 нажав кнопку «Питание».
- 22) Нажать кнопку «Этап 1» в ПО СА7100-2.
- 23) В поле ПО СА7100-2 нажав кнопку «Параметры C_{h0} и C_{b0} » ввести значения емкостей используемых конденсаторов в фарадах. Закрыть поле «Параметры C_{h0} и C_{b0} » нажав кнопку «ок» в поле ПО СА7100-2.
- 24) Включить режим измерения напряжения, нажав кнопку «Измерение (F7)» в поле ПО СА7100-2.
- 25) Включить установку и установить значение фазного напряжения переменного тока 500 В фаз «А» и «В» со значением фазового угла равное $\varphi=0$.
- 26) После установки напряжения равного 500 В выключить режим измерения напряжения, нажатием кнопки «Измерение (F7)» в поле ПО СА7100-2
- 27) Нажать кнопку «Измерение (F8)» в поле ПО СА7100-2.
- 28) Результат измерения – модуль отношения токов и разность фаз токов - отображаются в поле ПО МВЭ-01. Этот результат используется программой на втором этапе измерения.
- 29) По окончании «Этапа № 1», необходимо отключить установку.
- 30) Для «Этапа № 2» повторить пункты 19) - 24).
- 31) Установить напряжение переменного тока 500 В для фаз «А» и «В».
- 32) С помощью установки поочередно задать 5 значений угла фазового сдвига между фазами «А» и «В»: 10 (0,17), 860 (14,33), 1720 (28,67), 2580 (43,0), 3437 (57,28) ... $^{\circ}$.
- 33) Выключить режим измерения напряжения, нажатием кнопки «Измерение (F7)» в поле ПО МВЭ-01.
- 34) Нажать кнопку «Измерение F8» в поле ПО МВЭ-01.
- 35) Произвести не менее 10 измерений для каждого из 5 заданных значений.
- 36) По окончании «Этапа № 2», необходимо отключить установку и разобрать схему.
- 37) Произвести расчет бюджета неопределенностей измерения угла фазового сдвига ВЭТ в соответствии с приложением Б.

Результаты считаются положительными, если полученный бюджет неопределенностей не превышает значений приведенных в приложении А.

8.6.3 Проверка ВЭТ с целью оценки его неопределенностей по типу В, обусловленной изменением температуры окружающего воздуха.

Проверку проводят в следующей последовательности:

1) При помощи системы климат-контроля установить в помещении температуру окружающего воздуха равную 18 °С. Контролировать температуру в помещении при помощи гигрометра психрометрического ВИТ-2.

2) Повторить пункты 8.6.1 и 8.6.2

3) При помощи системы климат-контроля установить в помещении температуру окружающего воздуха равную 28 °С. Контролировать температуру в помещении при помощи гигрометра психрометрического ВИТ-2.

4) Повторить пункты 8.6.1 и 8.6.2

Результаты считаются положительными, если полученный бюджет неопределенностей не превышает значений приведенных в приложении А.

8.6.4 Проверка ВЭТ с целью оценки его неопределенностей по типу В, обусловленной изменением частоты переменного тока.

Проверку проводят в следующей последовательности:

1) Повторить пункты 8.6.1: 1) – 42) и 8.6.2 при частоте сигнала равной 45 Гц.

2) Повторить пункты 8.6.1: 1) – 42) и 8.6.2 при частоте сигнала равной 55 Гц.

Результаты считаются положительными, если полученный бюджет неопределенностей не превышает значений приведенных в приложении А.

8.6.5 Проверка ВЭТ с целью оценки его неопределенностей по типу В, обусловленной нелинейность по напряжению.

Проверку проводят в следующей последовательности:

- 3) Повторить пункты 8.6.1 и 8.6.2.
- 4) Повторить пункты 8.6.1 и 8.6.2.

Результаты считаются положительными, если полученный бюджет неопределенностей не превышает значений приведенных в приложении А.

8.6.6 Проверка относительных погрешностей измерения электрической емкости и тангенса угла диэлектрических потерь проводится в соответствии с документом ПРРМ 411210/001 РЭ 1 «Мосты переменного тока высоковольтные автоматические СА7100. Руководство по эксплуатации Часть 2.Методика поверки».

Результаты проверки считаются положительными если, полученные значения погрешностей не превышают значений установленных в приложении А.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 При положительном результате поверки в паспорт на ВЭТ наносится поверительное клеймо или выдается «Свидетельство о поверке».

9.2 При отрицательном результате поверки ВЭТ не допускается к дальнейшему применению, поверительное клеймо гасится, «Свидетельство о поверке» аннулируется, выписывается «Извещение о непригодности» или делается соответствующая запись в паспорт на ВЭТ.

Приложение А
Метрологические и технические характеристики

Таблица 1 - Метрологические характеристики при измерении коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига

Наименование характеристики	Значение
Диапазон значений напряжений переменного тока промышленной частоты, кВ ($U_{\text{ном}}$)	от 1 до $330/\sqrt{3}$
Номинальная частота напряжения переменного тока, Гц	50
Диапазон измерения коэффициента масштабного преобразования (K_u)	от 10 до 3300
Неопределенность коэффициента масштабного преобразования по типу А, не более $u_a(K_u)$	$4,8 \cdot 10^{-6} + 2,4 \cdot 10^{-9} \cdot K_{u(\text{изм})}$
Неопределенность коэффициента масштабного преобразования по типу В, не более $u_b(K_u)$	$6,6 \cdot 10^{-5}$
Диапазон измерения угла фазового сдвига, рад (φ_u)	от 0 до 0,1
Неопределенность угла фазового сдвига по типу А, не более $u_a(\varphi_u)$	$6,0 \cdot 10^{-6} + 0,015 \cdot 10^{-9} \cdot \varphi_{u(\text{изм})}$
Неопределенность угла фазового сдвига по типу В, не более $u_b(\varphi_u)$	$7,5 \cdot 10^{-5}$

Таблица 2 – Метрологические характеристики при измерении емкости и тангенса угла диэлектрических потерь

Наименование характеристики	Значение
Номинальное значение напряжения переменного тока на промышленной частоте 50 Гц конденсатора измерительного СА6010-2,1-1000, кВ	1,0
Номинальное значение электрической емкости (тангенса угла диэлектрических потерь) конденсатора измерительного СА6010-2,1-1000 (C_0), пФ	$2,1 (1,0 \cdot 10^{-4})$
Допускаемое отклонение электрической емкости от номинального значения для конденсатора измерительного СА6010-2,1-1000, пФ, не более	$\pm 0,25$
Номинальное значение напряжения переменного тока на промышленной частоте 50 Гц встроенного эталонного конденсатора моста переменного тока высоковольтного автоматического СА7100-2, кВ	10
Номинальное значение электрической емкости (тангенса угла диэлектрических потерь) встроенного эталонного конденсатора моста переменного тока высоковольтного автоматического СА7100-2 (C_0), пФ	$27,467 (1,0 \cdot 10^{-5})$
Допускаемое отклонение электрической емкости от номинального значения для встроенного эталонного конденсатора моста переменного тока высоковольтного автоматического СА7100-2, пФ	$\pm 0,1$
Номинальное значение электрической емкости (тангенса угла диэлектрических потерь) конденсатора измерительного высоковольтного КИВ-110 (C_0), пФ	$49,995 (1,0 \cdot 10^{-5})$
Номинальное значение напряжения переменного тока на промышленной частоте 50 Гц конденсатора измерительного высоковольтного КИВ-110, кВ	$110/\sqrt{3}$

Наименование характеристики	Значение
Допускаемое отклонение электрической емкости от номинального значения для конденсатора измерительного высоковольтного КИВ-110, пФ, не более	$\pm 2,5$
Номинальное значение напряжения переменного тока на промышленной частоте 50 Гц конденсатора измерительного высоковольтного КИВ-330, кВ	$330/\sqrt{3}$
Номинальное значение электрической емкости (тангенса угла диэлектрических потерь) конденсатора измерительного высоковольтного КИВ-330 (C_0), пФ	$44,203 (1,0 \cdot 10^{-5})$
Допускаемое отклонение электрической емкости от номинального значения для конденсатора измерительного высоковольтного КИВ-330, пФ, не более	$\pm 2,5$
Диапазон измерения электрической емкости	от 0 до $10000 \times C_0$, где C_0 , в (Φ), с разбивкой на поддиапазоны: 1 – от 0 до C_0 ; 2 – от C_0 до $10 C_0$; 3 – от $10 C_0$ до $100 C_0$; 4 – от $100 C_0$ до $1000 C_0$; 5 – от $1000 C_0$ до $10000 C_0$.
Диапазон измерения тангенса угла диэлектрических потерь	от 0 до 1
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения емкости при использовании внешнего конденсатора, % - для поддиапазонов 1-3	$\pm \left[1 \cdot 10^{-2} + 10^{-3} \cdot \left(\frac{C_{X_{\max}}}{C_x} - 1 \right) + \operatorname{tg} \delta_x \right]$
- для поддиапазонов 4 и 5	$\pm \left[2 \cdot 10^{-2} + 10^{-3} \cdot \left(\frac{C_{X_{\max}}}{C_x} - 1 \right) + \operatorname{tg} \delta_x \right]$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении тангенса угла диэлектрических потерь при использовании внешнего эталонного конденсатора - для поддиапазонов 1-3	$\pm (1 \cdot 10^{-4} + 10^{-2} \cdot \operatorname{tg} \delta_x + 500 \cdot C_x)$
- для поддиапазонов 4-5	$\pm (2 \cdot 10^{-4} + 10^{-2} \cdot \operatorname{tg} \delta_x + 500 \cdot C_x)$
Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении электрической емкости при использовании встроенного эталонного конденсатора моста переменного тока высоковольтного автоматического СА7100-2, %	$\pm (0,04 + \operatorname{tg} \delta_x)$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении тангенса угла диэлектрических потерь при использовании встроенного эталонного конденсатора моста переменного тока высоковольтного автоматического СА7100-2 - для поддиапазонов 1-3	$\pm (1,5 \cdot 10^{-4} + 10^{-2} \cdot \operatorname{tg} \delta_x + 500 \cdot C_x)$

Наименование характеристики	Значение
- для поддиапазонов 4-5	$\pm (2,5 \cdot 10^{-4} + 10^{-2} \cdot \operatorname{tg}\delta_x + 500 \cdot C_x)$
Примечание:	
$C_{x\max}$ – верхний предел поддиапазона измерений, пФ;	
C_x – измеренное значение емкости, пФ;	
Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования. – измеренное значение тангенса угла диэлектрических потерь.	

Таблица 3 – Общие технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Габаритные размеры, мм, не более:	
– источник напряжения переменного тока ТЕОК 200/10 (высота×диаметр)	1550×600
– мост переменного тока высоковольтный автоматический СА7100-2 (длина×ширина×высота)	415 × 300 × 170
– конденсатор измерительный высоковольтный КИВ-110 (высота × диаметр)	650 × 280
– конденсатор измерительный высоковольтный КИВ-330 (высота × диаметр)	1400 × 550
– конденсатор измерительный СА6010-2,1-100 (высота × диаметр)	125×45
Масса, кг, не более:	
– источник напряжения переменного тока ТЕОК 200/10	450
– мост переменного тока высоковольтный автоматический СА7100-2	14
– конденсатор измерительный высоковольтный КИВ-110	25
– конденсатор измерительный высоковольтный КИВ-330	75
– конденсатор измерительный СА6010-2,1-100	0,25
Средняя наработка на отказ, ч	4 500
Средний срок службы не менее, лет	5

Таблица 4 – Климатические условия применения

Наименование характеристики	Значение
Температура окружающего воздуха, °С	23 ± 5
Относительная влажность, %	от 30 до 80
Атмосферное давление, кПа	от 80 до 106,7

Приложение Б

Расчет неопределенности измерений

1. Построение уравнение измерений.
2. Нахождение результата измерения.

$$\bar{U}_{\text{ex}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_{\text{ex}i}$$

3. Анализ источников погрешности результата измерений.

- 3.1 СКО, характеризующее случайную составляющую погрешности при измерениях, вычисляют по формуле:

$$S(\bar{U}_{\text{ex}}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (U_{\text{ex}i} - \bar{U}_{\text{ex}})^2}{n(n-1)}}$$

- 3.2 Определяют границы неисключенных систематических погрешностей.

4. Вычисление характеристик погрешности результата измерений

- 4.1 СКО суммарной неисключенной погрешности результата измерений (при равномерном распределении) определяют по формуле:

$$S_{\Theta} = \sqrt{\frac{\Theta_{U(1)}^2}{3} + \frac{\Theta_{U(2)}^2}{3} + \frac{\Theta_{U(n)}^2}{3}}$$

- 4.2 Доверительные границы суммарной неисключенной систематической составляющей погрешности результата измерений при доверительной вероятности $P = 0,95$ оценивается по формуле:

$$\Theta_{(0.95)} = 1.1 \sqrt{\Theta_{U(1)}^2 + \Theta_{U(2)}^2 + \Theta_{U(n)}^2}$$

- 4.3 СКО суммарной погрешности результата измерений вычисляют по формуле:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S^2 + S_{\Theta}^2}$$

- 4.4 Доверительные границы погрешности результата измерений при $P = 0,95$ вычисляют по формуле:

$$\Delta_{0.95} = \frac{t_{0.95} \cdot S + \Theta_{0.95}}{S + S_{\Theta}} \cdot S_{\Sigma}$$

5. Вычисление неопределенности измерений

- 5.1 Стандартную неопределенность измерений по типу A , обусловленную источниками неопределенности, имеющими случайный характер, определяют по формуле:

$$u_A(U_{\text{ex}}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (U_{\text{ex}i} - \bar{U}_{\text{ex}})^2}{n(n-1)}}$$

- 5.2 Определение стандартной неопределенности по типу B , обусловленные источниками неопределенности, имеющими систематический характер, вычисляют по формуле:

$$u_B(U) = \frac{b_i}{\sqrt{3}},$$

5.3 Суммарную стандартную неопределенность измерений вычисляют по формуле:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

5.4 Расширенную неопределенность, при доверительной вероятности $P = 0,95$ и коэффициенте охвата $k = 2$, определяют следующим образом:

$$U_{0.95} = k \cdot u_C$$