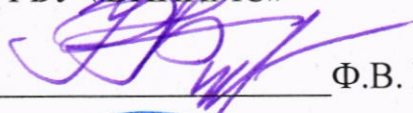


СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
ФГБУ «ВНИИМС»



Ф.В. Булыгин



«

М.п.

2023 г.

ГСИ. Вольтамперфазометры ВФМ-4
Методика поверки

МП ПТМР.411269.042.000.00

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодических поверок вольтамперфазометров ВФМ-4 (далее по тексту – ВФМ-4), выпускаемых ООО «Челэнергоприбор», г. Челябинск.

ВФМ-4 состоит из электронного блока (ЭБ) и датчиков тока (ДТ), отличающихся диапазонами измерений и показаний силы переменного или постоянного тока.

ВФМ-4 комплектуются различными типами датчиков тока, в зависимости от модификации. Выбор датчиков тока, их количество и диапазоны измерений постоянного и (или) переменного тока определяет Заказчик, при формировании технического задания на изготовление ВФМ-4. Модификация ВФМ-4 указывается в паспорте. На периодическую поверку ВФМ-4 должен поставляться в комплекте с паспортом.

При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость вольтамперфазометров ВФМ-4 к государственным первичным эталонам единиц величин:

по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии №3457 от 30.12.2019 г. «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы» ГЭТ № 13-01;

по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии №2091 от 01.10.2018 г. «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А» ГЭТ № 4-91;

по приказу Росстандарта №1942 от 03.09.2021 г. «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц» ГЭТ № 89-2008;

по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии №668 от 17.03.2022 г. «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений силы переменного электрического тока от $1 \cdot 10^{-8}$ до 100 А в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^6$ Гц» ГЭТ № 88-2014;

по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии №1436 от 23.07.2021 г. «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц» ГЭТ №153-2019;

по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии №2360 от 26.09.2022 г. «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты» ГЭТ № 1-2022.

по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 3345 от 30.12.2022 г. «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений угла фазового сдвига между двумя электрическими напряжениями в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-2}$ до $10 \cdot 10$ Гц» ГЭТ 61-2022.

Определение погрешностей измерений силы постоянного и переменного тока, фазового угла сдвига между напряжением и током, активной, реактивной и полной мощности осуществляется по пунктам настоящей методики поверки методом сличения и расчетным методом (в зависимости от используемых в составе ВФМ-4 датчиков тока).

Допускается проведение первичной поверки отдельных измерительных каналов (с учетом используемых датчиков тока) и проведение периодической поверки для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений в соответствии с заявлением владельца средства измерений, с обязательным указанием в сведениях о поверке информации об объеме проведенной поверки.

1 Перечень операций поверки средства измерений

1.1 При проведении поверки ВФМ-4 выполняют следующие операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 - перечень операций поверки вольтамперфазометров

| Наименование операции | Номер пункта методики поверки | Проведение операции при | |
|---|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | | первичной поверке | периодической поверке |
| 1. Внешний осмотр | 4.1 | Да | Да |
| 2. Опробование | 4.2 | Да | Да |
| 3. Проверка электрической прочности и сопротивления изоляции электронного блока (ЭБ) | 7.1 | Да | Нет |
| 4. Проверка электрической прочности изоляции датчиков тока (ДТ) | 7.2 | Да | Нет |
| 5. Проверка программного обеспечения средства измерений | 8 | Да | Да |
| 6. Определение метрологических характеристик средства измерения и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | 9 | Да | Да |
| 7. Оформление результатов поверки | 10 | Да | Да |

Допускается проведение поверки ВФМ-4 с применением средств измерений и вспомогательных средств поверки, не указанных в таблице 2, но обеспечивающих определение и контроль метрологических характеристик поверяемых изделий с требуемой точностью.

Допускается возможность проведения периодической поверки ВФМ-4 для меньшего числа величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений на основании письменного заявления владельца СИ, оформленного в произвольной форме.

Все средства поверки должны иметь сведения о поверке и внесены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

2 Требования к условиям поверки

2.1 При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия применения:

- температура окружающего воздуха от +15 до +25 °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

2.2 Подготовку к проведению поверки ВФМ-4, представленного на поверку, производят в соответствии с требованиями, изложенными в руководстве по эксплуатации.

2.3 На поверку ВФМ-4 поставляются с комплектом датчиков тока в соответствии с данными паспорта.

2.4 Перед проведением поверки необходимо убедиться в том, что встроенные элементы питания полностью заряжены. В случае необходимости зарядить их.

2.5 Проверить чистоту концевых частей датчиков тока, при необходимости произвести их очистку.

2.6 Выдержать ВФМ-4 в нормальных условиях окружающей среды не менее 4 часов, если он находился в климатических условиях, отличающихся от рабочих условий применения.

2.7 Подготовить к работе эталоны, средства поверки и средства измерений, используемые при поверке, в соответствии с руководствами по их эксплуатации.

2.8 Внешние подключения следует проводить согласно схемам поверки при отключенных источниках тока и напряжения.

3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки ВФМ-4 допускаются лица, аттестованные в установленном порядке в качестве поверителей, имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже III и изучившие настоящую методику поверки и эксплуатационные документы: ПТМР.411269.042.000.00 РЭ «Вольтамперфазометры ВФМ-4. Руководство по эксплуатации» и ПТМР.411269.042.000.00 ПС «Вольтамперфазометры ВФМ-4. Паспорт»

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 Перечень средств поверки и средств измерений, используемых при поверке, приведен в таблице 2.

4.2 Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

4.3 Все средства поверки должны быть исправны.

4.4 Работа с эталонными средствами измерений должна производиться в соответствии с их эксплуатационной документацией.

Таблица 2 - метрологические и технические требования к средствам поверки вольтамперфазометров

| Операции и пункты поверки | Средство поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки | Рекомендуемые типы средств поверки |
|---|--|---|--|
| 7.1 Проверка электрической прочности и сопротивления изоляции ЭБ и ДТ | Установка для проверки параметров электрической безопасности | Выходное напряжение от 0 до 5 кВ, погрешность установки напряжения – не более 10 %; измеряемое сопротивление (1-1999) МОм, погрешность – не более $\pm 5\%$ | Установка для проверки параметров электрической безопасности GPI-826, (Пер.№27141-04) |
| 4.2 Опробование | Источник для воспроизведения переменного тока и напряжения | Воспроизведение напряжения переменного тока от 0 до 960 В Воспроизведение силы переменного тока от 0 до 120 А | Источник переменного тока и напряжения трехфазный программируемый «Энергоформа 3.3 120М» |
| | Источник тока | Воспроизведение силы переменного тока от 100 до 1000 А | Генератор сигналов произвольной формы DG4062 (Пер.№ 56012-13) |
| | | Вспомогательное оборудование | Усилитель мощности MONO |

| | | | |
|---|---|--|--|
| | | Вспомогательное оборудование | Трансформатор тока тороидальный ТТ-1000 (коэфф-т трансформации 104) |
| 9.1 (9.8) Определение основной относительной погрешности измерения действующего значения напряжения переменного тока | Эталон 2 разряда по ГПС утвержденной Приказом Росстандарта №1942 от 03.09.2021г. Источник переменного тока и напряжения. | Диапазон измерения напряжения переменного тока от 0 до 960 В Погрешность $\pm 0,02\%$ Воспроизведение напряжения переменного тока от 0 до 960 В | Прибор электроизмерительный эталонный multifunctional «Энергомонитор-3.1KM» (Per.№ 52854-13) Источник переменного тока и напряжения трехфазный программируемый «Энергоформа 3.3 120M» |
| 9.2 Определение абсолютной погрешности частоты напряжения переменного тока | Средство измерения по ГПС утвержденной Приказом Росстандарта №2360 от 26.09.2022 г. Источник переменного напряжения | Диапазон измерения частоты переменного тока в диапазоне частот от 45 до 65 Гц; Абсолютная погрешность измерения $\pm 0,003$ Гц Воспроизведение напряжения переменного тока от 0 до 960 В в диапазоне частот от 45 до 65 Гц | Прибор электроизмерительный эталонный multifunctional «Энергомонитор-3.1KM» (Per.№ 52854-13) Источник переменного тока и напряжения трехфазный программируемый «Энергоформа 3.3 120M» |

| | | | |
|---|---|---|---|
| <p>9.4 (9.8) Определение основной относительной погрешности действующего значения силы переменного тока</p> | <p>Эталоны 2 разряда по ГПС утвержденной Приказом Росстандарта № 668 от 17.03.2022</p> <p>Средство измерения по ГПС утвержденной Приказом Росстандарта №1491 от 21.07.2023 г.</p> <p>Источник переменного тока</p> <p>Источник переменного тока</p> | <p>Диапазон измерения силы переменного тока от 0 до 120А отн. погрешность $\pm 0,02\%$</p> <p>Преобразование переменного тока частотой 50 Гц (сила первичного тока от 100 до 2000 А, сила вторичного тока 5 А) кл.т. 0,2</p> <p>Воспроизведение силы переменного тока от 0 до 120 А</p> <p>Воспроизведение силы переменного тока от 100 до 1000 А</p> <p>Вспомогательное оборудование</p> <p>Вспомогательное оборудование</p> | <p>Прибор электроизмерительный эталонный multifunctional «Энергомонитор-3.1KM» (Reg.№ 52854-13)</p> <p>Трансформатор тока класса 0,2 УТТ-6М2 (Reg.№ 520-62)</p> <p>Источник переменного тока и напряжения трехфазный программируемый «Энергоформа 3.3 120M»</p> <p>Генератор сигналов произвольной формы DG4062 (Reg.№ 56012-13)</p> <p>Усилитель мощности MONO S1000W</p> <p>Трансформатор тока тороидальный ТТ-1000 (коэфф-т трансформации 104)</p> |
| <p>9.3. Определение абсолютной погрешности угла фазового сдвига между напряжениями</p> | <p>Средство измерений угла фазового сдвига между напряжениями по ГПС утвержденной Приказом Росстандарта № 3345 от 30.12.2022 г.</p> <p>Источник переменного напряжения</p> | <p>Диапазон измерения фазового угла сдвига от 0 до 360° Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения фазового угла $\pm 0,01^\circ$</p> <p>Воспроизведение напряжения переменного тока от 0 до 960 В</p> | <p>Прибор электроизмерительный эталонный multifunctional «Энергомонитор-3.1KM» (Reg.№ 52854-13)</p> <p>Источник переменного тока и напряжения трехфазный программируемый «Энергоформа 3.3 120M»</p> |

| | | | |
|--|--|--|---|
| 9.5 (9.8) Определение абсолютной погрешности угла фазового сдвига между напряжением и током | Средство измерения угла фазового сдвига между напряжением и током по ГПС утвержденной Приказом Росстандарта №1436 от 23.07.2021 г. Источник переменного тока и напряжения | Диапазон измерения фазового угла сдвига от 0 до 360 ° Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения фазового угла $\pm 0,01^\circ$, в диапазоне частот от 45 до 65 Гц Воспроизведение напряжения переменного тока от 0 до 200 В Воспроизведение силы переменного тока от 0 до 100 А | Прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный «Энергомонитор-3.1КМ» (Рег.№ 52854-13); Источник переменного тока и напряжения трехфазный программируемый «Энергоформа 3.3 120М» |
| 9.7 Определе-ние основной относительной погрешности напряжения постоянного тока | Средство измерений по ГПС утвержденной Приказом Росстандарта №3457 от 30.12.2019 г. Источник постоянного напряжения | Диапазон измерения постоянного напряжения от 0 до 960 В отн.погрешность $\pm 0,02\%$ Воспроизведение напряжения постоянного тока от 0 до 2000 В | Прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный «Энергомонитор-3.1КМ» (Рег.№ 52854-13) Источник постоянного напряжения «Тетрон-2кВ-300мА» |
| 9.6 Определе-ние основной относительной погрешности силы постоянного тока | Эталон 4 разряда по ГПС утвержденной Приказом Росстандарта №146 от 15.02.2016 Средство измерений по ГПС утвержденной Приказом Росстандарта №3457 от 30.12.2019 г. | Номинальное электрическое сопротивление 0,0001 Ом, кл.т. 0,05 Диапазон измерения постоянного напряжения от 0 до 1000 В отн.погрешность: $\pm 0,005\%$ | Катушки сопротивления электрические P323 класса 0,05 (Рег.№ 1683-62) Вольтметр универсальный В7-78/1 № TW00003237 (Рег.№31773-06) |

| | | | |
|---|--|--|--|
| | Источник постоянного тока | Воспроизведение постоянного тока от 0 до 100 А | Лабораторный блок питания Maisheng MP30100D |
| Определение условий проведения поверки | Средство измерений атмосферного давления | от 80 до 106 кПа ПГ $\pm 0,2$ кПа | Барометр-анероид метеорологический БАММ-1 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 5738-76) |
| | Средство измерений температуры окружающего воздуха | от 16 до 40 °С ПГ $\pm 1,0$ °С | Гигрометр психрометрический ВИТ-2 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 9364-08) |
| | Средство измерений относительной влажности воздуха | от 10 до 100% ПГ $\pm 3,0\%$ | Гигрометр психрометрический ВИТ-2 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 9364-08) |
| Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице. | | | |

5. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

К проведению поверки допускаются лица, прошедшие проверку знаний правил техники безопасности и эксплуатации электроустановок напряжением до 1000 В и имеющие квалификационную группу по технике безопасности не ниже III.

Перед поверкой должны быть выполнены следующие мероприятия:

- проверены документы, подтверждающие электрическую безопасность;
- проведены технические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0-75.

Все средства измерений, участвующие в поверке, должны быть надежно заземлены.

6. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие поверяемого ВФМ-4 следующим требованиям:

- комплектность должна соответствовать данным, приведенным в паспорте. Проверить наличие кабелей и датчиков тока из комплекта поставки, необходимых для проведения поверки;
- корпус ВФМ-4 не должен иметь видимых механических повреждений, вмятин, разрывов и перекосов элементов;
- внутри ВФМ-4 не должно быть посторонних предметов или незакрепленных деталей;
- должны отсутствовать обрывы и нарушения изоляции проводов;

– маркировка и функциональные надписи должны читаться и восприниматься однозначно;

– заводской номер ВФМ-4, указанный на лицевой панели, должен соответствовать номеру, указанному в паспорте.

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.

При несоответствии микрометра по вышеперечисленным позициям, проверку прекращают и устройство бракуют.

7. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1. Опробование

Опробование поверяемого ВФМ-4 состоит в проверке его работоспособности.

Вольтамперфазометр подключить к источнику испытательного сигнала (например, источник переменного тока и напряжения трехфазный программируемый «Энергоформа 3.3 120М») по схеме, приведенной на рисунке 1. Если в комплекте с ВФМ-4 количество датчиков тока меньше четырех, то проверка осуществляется поочередно для каждого из незадействованных входов «А», «В», «С», «D». Включить ВФМ-4. Выбрать в меню вольтамперфазометра режим «Основной». Установить значение фазного напряжения переменного тока 200 В . Установить значение силы переменного тока равное $\frac{I_{\text{макс}}}{2}$, А в зависимости от модификации выбранных датчиков тока,

где $I_{\text{макс}}$ – это максимальное значение диапазона тока датчика тока.

На дисплее ВФМ-4 должны отображаться измеренные действующие значения напряжения, силы тока, частоты и угла сдвига фаз относительно опорного канала U_A .

Результаты проверки считаются положительными, если выполняются все вышеуказанные требования.

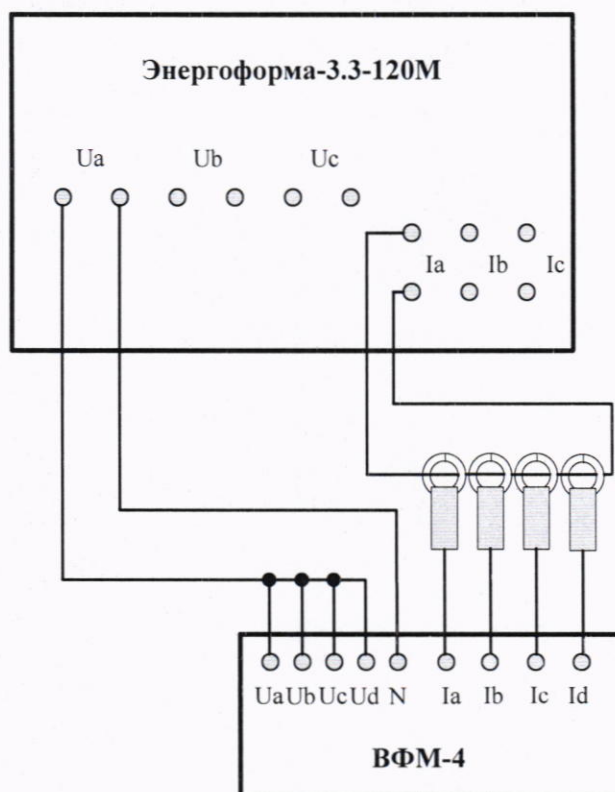


Рисунок 1 – Подключение ВФМ-4 при проверке работоспособности

7.2. Проверка электрической прочности и сопротивления изоляции электронного блока

7.2.1. Проверку электрической прочности электронного блока ВФМ-4 в соответствии с ГОСТ IEC 61010-1-2014 проводят при помощи установки для проверки параметров электрической безопасности GPI-826 (далее по тексту – установка GPI-826) в следующих цепях:

- между корпусом и разъемом подключения сетевого адаптера;
- между корпусом и входами измерения напряжения;
- между корпусом и входами измерения тока.

Перед началом проверки следует подготовить установку GPI-826 к работе согласно эксплуатационной документации. Выключить ВФМ-4. Корпус ВФМ-4 перед испытанием покрывают сплошной, плотно прилегающей к поверхности металлической фольгой таким образом, чтобы расстояние ее от зажимов испытываемой цепи было не менее 20 мм. Входы в каждой группе проверяемых цепей ВФМ-4 закорачивают между собой.

Подключают зажимы установки к контактам цепей и металлической фольге. Включают установку. Испытательное напряжение частотой 50 Гц повышают плавно от нуля до указанного в таблице 3 в течение 5 секунд. Изоляцию выдерживают под напряжением в течение 60 секунд. Затем напряжение снижают до нуля, после чего установку отключают.

Таблица 3

| Электрическая цепь ВФМ-4 | Испытательное напряжение, кВ |
|---|------------------------------|
| Входы измерения напряжения – корпус | 3,3 |
| Входы измерения силы тока – корпус | 3,3 |
| Разъем подключения сетевого адаптера - корпус | 1,5 |

Вольтамперфазометр считают выдержавшим проверку, если не произошло пробоя или перекрытия изоляции и ВФМ-4 после испытания функционирует нормально.

7.2.2. Проверка сопротивления изоляции электронного блока

Сопротивление изоляции электрических цепей ВФМ-4 между корпусом и изолированными по постоянному току электрическими цепями (разъемом подключения сетевого адаптера и объединенными входами напряжения и тока) проверяют при напряжении постоянного тока 1000 В. Отсчет значения сопротивления изоляции следует проводить через 60 секунд после приложения напряжения.

Вольтамперфазометр считают выдержавшим проверку, если сопротивление изоляции составило не менее 30 МОм между корпусом и объединенными входами напряжения и тока ВФМ-4 и не менее 20 МОм между корпусом и разъемом подключения сетевого адаптера.

7.3. Проверка электрической прочности изоляции датчиков тока

Проверку электрической прочности датчиков тока ВФМ-4 проводят при помощи установки GPI-826 в соответствии с ГОСТ IEC 61010-2-032-2014.

Корпус датчиков тока ДТ (ВФМ-ДТ-10А-П, ВФМ-ДТ-100А-П, ВФМ-ДТ-40А, ВФМ-ДТ-100А, ВФМ-ДТ-500А, ВФМ-ДПТ-100А) обернуть металлической фольгой. Подключить зажимы установки к концевым частям зажима датчиков тока (магнитопроводу) и металлической фольге. Для ДТ ВФМ-ПР-1000А обернуть металлической фольгой обод и преобразователь сигналов. Подключить зажим установки к обернутому металлической фольгой ободу, второй зажим установки подключить к обернутому металлической фольгой преобразователю сигналов. Включить установку. Испытательное напряжение частотой 50 Гц повышают плавно от нуля до 3,3 кВ в течение 5 секунд. Изоляцию выдерживают под напряжением в течение 60 секунд. Затем напряжение снижают до нуля, после чего установку отключают.

8. Проверка программного обеспечения средства измерений

Проверка программного обеспечения (ПО) осуществляется после включения вольтамперфазометра ВФМ-4.

Включить питание, кратковременно нажав кнопку «Питание», расположенную на лицевой панели. В случае отсутствия сигнала убедиться в наличии встроенных источников питания и/или проверить уровень заряда встроенных элементов питания. В случае необходимости зарядить их.

Сразу после включения питания ВФМ-4 запускается программа самотестирования, которая определяет текущие версии ПО. Версии ПО выводятся на экране, расположенном на лицевой панели. Для просмотра версии ПО необходимо выбрать пункт меню «Настройки» – «Об устройстве».

Результаты проверки считать положительными, если версия ПО «VFM-4» не ниже 1.0.0.

9. Определение метрологических характеристик средства измерений и измерения и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1. Определение относительной и приведенной погрешности измерения действующего значения фазного напряжения переменного тока

Определение основной погрешности измерения действующего значения напряжения переменного тока проводится методом прямых измерений.

Собрать схему подключения ВФМ-4, приведенную на рисунке 2, с помощью приборов, указанных в таблице 2 по п.4.

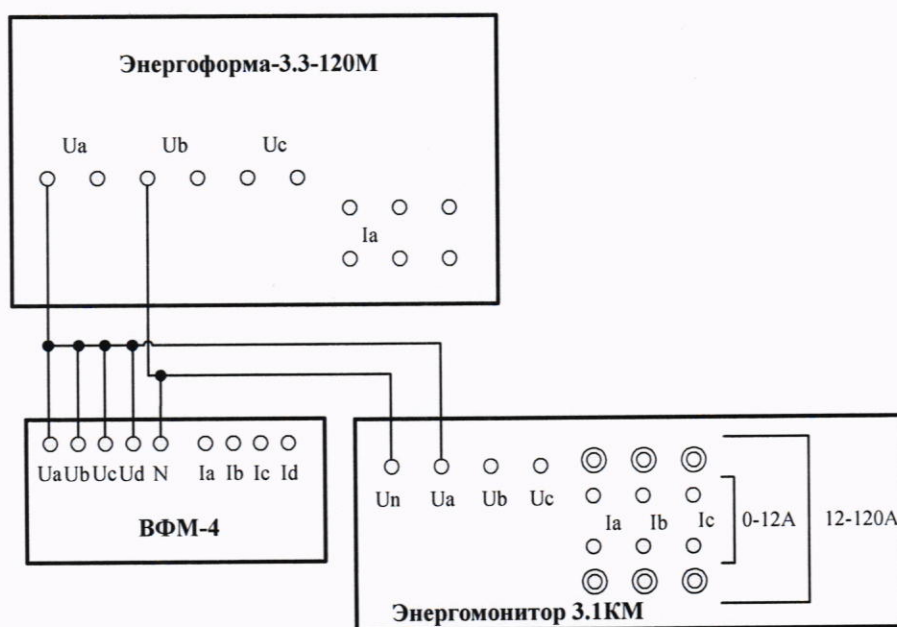


Рисунок 2 – Схема измерений для определения основной погрешности измерения переменного напряжения

Подключить ВФМ-4 и прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный «Энергомонитор-3.1КМ» (далее – прибор «Энергомонитор-3.1КМ») к источнику переменного тока и напряжения «Энергоформа-3.3-120М» (далее – источник «Энергоформа-3.3-120М»). Включить ВФМ-4. Выбрать в меню вольтамперфазометра режим «Основной». Включить источник. Установить частоту выходного напряжения 50 Гц , сдвиг фаз между напряжениями U_A и U_B равным 180° . После установления рабочего режима согласно РЭ, произвести измерение переменного напряжения в следующих точках диапазона: 1 В; 10 В; 30 В; 100 В; 200 В; 500 В; 700 В.

На каждой из фаз источника «Энергоформа-3.3-120М» устанавливается напряжение, равное половине значения из указанного ряда.

После измерений вычислить относительные погрешности по формуле 1:

$$\delta_j = \frac{|U_j - U_{\text{эт}}|}{U_{\text{эт}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где U_j – измеренное значение напряжения переменного тока, В;
 $U_{\text{эт}}$ – действительное значение напряжения переменного тока, В.

Приведенные погрешности вычислить по формуле 2:

$$\gamma_j = \frac{|U_j - U_{\text{эт}}|}{U_{\text{д}}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $U_{\text{д}}$ – конечное значение диапазона измерения напряжения переменного тока, В.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если вычисленные погрешности измерения напряжения в каждой точке не превышают:
 $\pm 0,1\%$ относительной погрешности для поддиапазона свыше 30 до 700 В;
 $\pm 0,01\%$ приведенной погрешности для поддиапазона от 0 до 30 В.

9.2. Определение абсолютной погрешности частоты напряжения переменного тока

Определение абсолютной погрешности измерения частоты напряжения переменного тока проводится по схеме, изображенной на рисунке 2.

Включить ВФМ-4. Выбрать в меню вольтамперфазометра режим «Основной». Включить источник. Установить выходное напряжение источника переменного тока и напряжения «Энергоформа 3.3 120М» 100 – 200 В. Установить частоту выходного сигнала 45 Гц. Произвести измерение частоты вольтамперфазометром ВФМ-4 и прибором «Энергомонитор-3.1 КМ». Повторить измерения на частотах 50 Гц, 55 Гц, 60 Гц, 65 Гц.

Вычислить отклонения показаний прибора от значения эталона $f_{\text{эт}}$ (абсолютные погрешности) по формуле 3:

$$\Delta_j = |f_j - f_{\text{эт}}|, \quad (3)$$

где f_j – измеренное значение частоты напряжения переменного тока, Гц;
 $f_{\text{эт}}$ – действительное значение частоты напряжения переменного тока, Гц.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если получившиеся погрешности не превышают $\pm 0,01$ Гц.

9.3. Определение абсолютной погрешности измерений угла фазового сдвига между напряжениями

Для проверки погрешности измерений угла фазового сдвига собрать схему, изображенную на рисунке 3.

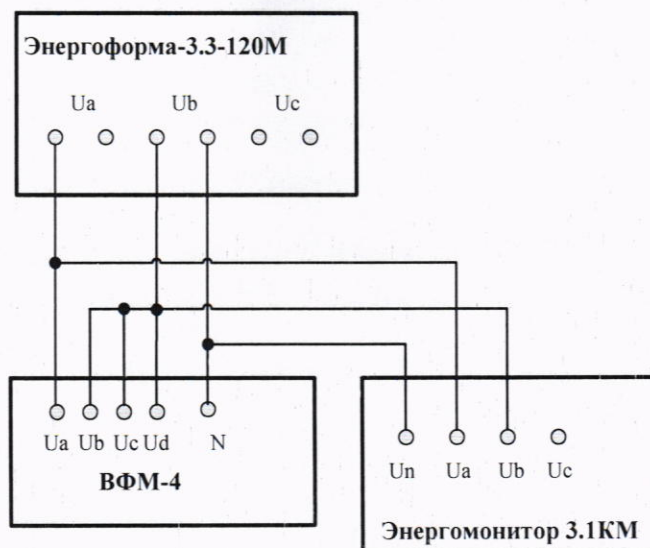


Рисунок 3 – Схема измерений для определения абсолютной погрешности измерения угла сдвига фаз между напряжениями

Потенциальные клеммы напряжения ВФМ-4 *B*, *C*, *D* объединить между собой и подключить к клемме напряжения *B* источника «Энергоформа-3.3-120М» и *B* прибора «Энергомонитор-3.1 КМ». Потенциальную клемму *A* ВФМ-4 соединить с клеммой *A* «Энергоформы-3.3-120М» и клеммой *A* прибора «Энергомонитор-3.1 КМ». Потенциальную клемму *N* ВФМ-4 соединить с клеммой *N* «Энергоформы-3.3-120М» и клеммой *N* прибора «Энергомонитор-3.1 КМ».

Установить значение выходного напряжения 200 В, частотой 50 Гц, сдвиг фаз между напряжениями U_A и U_B установить в соответствии с поверяемой точкой. Включить ВФМ-4. Выбрать в меню вольтамперфазометра режим «Основной». В соответствии с РЭ выбрать необходимые пределы измерения тока и напряжения для прибора «Энергомонитор-3.1 КМ». После установления рабочего режима согласно РЭ, произвести измерения в точках:

0°, 90°, 120°, -90°.

Вычислить отклонения показаний прибора от значения эталона $\varphi_{ЭТ}$ (абсолютные погрешности) по формуле 4:

$$\Delta_j = |\varphi_j - \varphi_{ЭТ}|, \quad (4)$$

где φ_j – измеренное значение угла сдвига фаз между напряжениями, °;
 $\varphi_{ЭТ}$ – действительное значение угла сдвига фаз между напряжениями, °.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если абсолютная погрешность не превышает $\pm 0,2^\circ$.

9.4. Определение основной относительной и приведенной погрешности измерений действующего значения силы переменного тока

Определение погрешностей измерений действующего значения силы переменного тока по настоящему пункту методики поверки осуществляется для датчиков тока, входящих в состав конкретного ВФМ-4, представленного на поверку.

При значениях силы переменного тока менее 120 А в качестве источника тока используется «Энергоформа-3.3-120М».

9.4.1. Определение основной относительной и приведенной погрешности измерений действующего значения силы переменного тока при использовании датчиков тока ВФМ-ДТ-10А-П; ВФМ-ДТ-100А-П; ВФМ-ДТ-40А; ВФМ-ДТ-100А

Используя проводники с низким сопротивлением, прибор «Энергомонитор-3.1 КМ» подключить последовательно к источнику переменного тока и напряжения «Энергоформа-3.3-120М» в соответствии со схемой, представленной на рисунке 4.

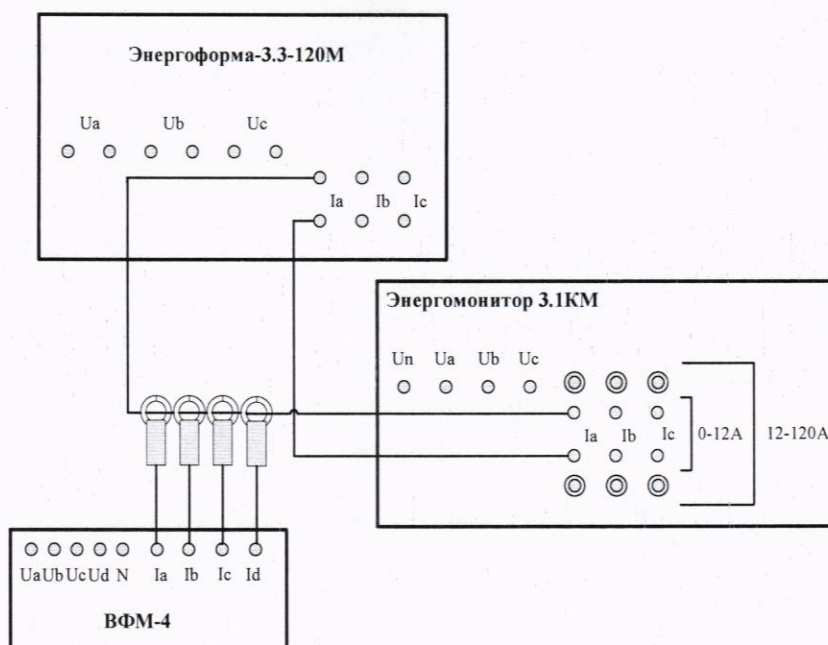


Рисунок 4 – Схема измерений для определения основной погрешности измерения тока

Обхватить датчиками тока ВФМ-4 токопровод таким образом, чтобы знак «*», расположенный на корпусе ДТ, указывал направление к источнику тока, контактные поверхности магнитопровода были надежно сомкнуты, а токопровод находился, по возможности, посередине окна магнитопровода ДТ.

Установить частоту выходного напряжения источника переменного тока равным 50 Гц. Включить ВФМ-4. Выбрать в меню вольтамперфазометра режим «Основной». После установления рабочего режима согласно РЭ, произвести измерения в точках, согласно таблице 4. При измерении в диапазоне от 12 А до 120 А задействовать на приборе «Энергомонитор-3.1 КМ» и источнике «Энергоформа-3.3-120М» усиленные входы и выбрать необходимые пределы измерения.

Таблица 4

| Тип датчиков тока | Поверяемые точки, А |
|-------------------|-------------------------|
| ВФМ-ДТ-10А-П | 0,01; 0,1; 1; 5; 7; 10 |
| ВФМ-ДТ-100А-П | 0,1; 1; 10; 50; 70; 100 |
| ВФМ-ДТ-40А | 0,1; 0,5; 1; 4; 20; 40 |
| ВФМ-ДТ-100А | 0,1; 1; 10; 50; 70; 100 |

После измерений вычислить относительные погрешности по формуле 5:

$$\delta_j = \frac{|I_j - I_{\text{ЭТ}}|}{I_{\text{ЭТ}}} \cdot 100\% \quad (5)$$

где I_j – измеренное значение силы переменного тока, А;
 $I_{\text{ЭТ}}$ – действительное значение силы переменного тока, А.

Приведенные погрешности вычислить по формуле 6:

$$\gamma_j = \frac{|I_j - I_{\text{ЭТ}}|}{I_{\text{Д}}} \cdot 100\% \quad (6)$$

где $I_{\text{Д}}$ – конечное значение диапазона измерений силы переменного тока, А.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если вычисленные погрешности измерения тока в каждой точке не превышают указанные в таблице 5.

Таблица 5

| Тип датчиков тока | Поддиапазон измерений ДТ | Допустимая погрешность, % |
|-------------------|---------------------------|--|
| ВФМ-ДТ-10А-П | от 1 до 10 А | $\pm 0,2$ – относительная (δ) |
| | от 0 до 1 А включительно | $\pm 0,02$ – приведенная (γ) |
| ВФМ-ДТ-100А-П | от 10 до 100 А | $\pm 0,2$ – относительная (δ) |
| | от 0 до 10 А включительно | $\pm 0,02$ – приведенная (γ) |
| ВФМ-ДТ-40А | от 1 до 40 А | $\pm 1,0$ – относительная (δ) |
| | от 0 до 1 А включительно | $\pm 0,1$ – приведенная (γ) |
| ВФМ-ДТ-100А | от 1 до 100 А | $\pm 1,0$ – относительная (δ) |
| | от 0 до 1 А включительно | $\pm 0,1$ – приведенная (γ) |

9.4.2. Определение основной относительной и приведенной погрешности измерений действующего значения силы переменного тока при использовании датчиков тока ВФМ-ДТ-500А, ВФМ-ПР-1000А

Используя проводники с низким сопротивлением, через измерительный трансформатор тока (ТТ2) подключить последовательно прибор «Энергомонитор-3.1 КМ» к источнику переменного тока в соответствии со схемой, представленной на рисунке 5.

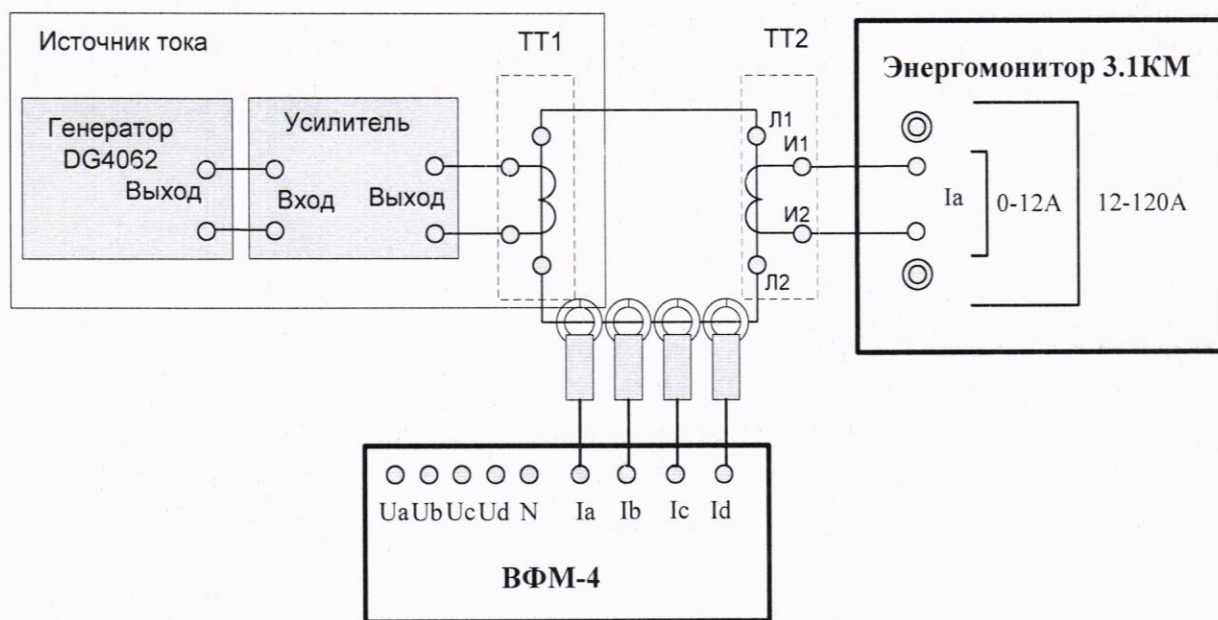


Рисунок 5 – Схема измерений для определения основной погрешности измерения тока в диапазоне выше 120 А

Источник переменного тока свыше 120 А представляет собой генератор сигналов специальной формы DG4062 (далее по тексту – генератор DG4062), подключенный через усилитель мощности к тороидальному трансформатору (ТТ1).

Обхватить датчиками тока токопровод таким образом, чтобы знак «*», расположенный на корпусе ДТ, указывал направление к источнику тока, контактные поверхности магнитопровода были надежно сомкнуты, а токопровод находился, по возможности, посередине окна магнитопровода ДТ.

Через измерительный трансформатор тока (ТТ2) с коэффициентом трансформации (КТ) подключить прибор «Энергомонитор-3.1 КМ».

Установить частоту выходного напряжения генератора DG4062 равной 50 Гц. Включить ВФМ-4. Выбрать в меню вольтамперфазометра режим «Основной». После установления рабочего режима согласно РЭ, произвести измерения в точках, согласно таблице 6. Показания

«Энергомонитор-3.1 КМ» при этом следует умножать на коэффициент трансформации (КТ) измерительного трансформатора.

При измерении тока в диапазоне до 120 А использовать схему, изображенную на рисунке 4, задействовав на приборе «Энергомонитор-3.1 КМ» и источнике «Энергоформа-3.3-120М», выбрав необходимые пределы измерения.

Таблица 6

| Тип датчиков тока | Поверяемые точки, А |
|-------------------|----------------------------|
| ВФМ-ДТ-500А | 1; 5; 50; 100; 250; 500 |
| ВФМ-ПП-1000А | 5; 10; 100; 500; 700; 1000 |

После измерений вычислить погрешности по формулам 5 и 6.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если вычисленные погрешности измерения тока в каждой точке не превышают указанные в таблице 7.

Таблица 7

| Тип датчиков тока | Поддиапазон измерений ДТ | Допустимая погрешность, % |
|-------------------|----------------------------|--|
| ВФМ-ДТ-500А | от 50 до 500 А | $\pm 1,0$ – относительная (δ) |
| | от 0 до 50 А включительно | $\pm 0,1$ – приведенная (γ) |
| ВФМ-ПП-1000А | от 100 до 1000 А | $\pm 3,0$ – относительная (δ) |
| | от 0 до 100 А включительно | $\pm 0,3$ – приведенная (γ) |

9.5. Определение абсолютной погрешности измерений угла фазового сдвига между напряжением и током

Определение погрешностей измерений угла фазового сдвига между напряжением и током по настоящему пункту методики поверки осуществляется для датчиков тока, входящих в состав конкретного ВФМ-4, представленного на поверку.

9.5.1. Определение абсолютной погрешности измерений угла фазового сдвига между током и напряжением при использовании датчиков тока ВФМ-ДТ-10А-П; ВФМ-ДТ-100А-П; ВФМ-ДТ-40А; ВФМ-ДТ-100А

Определение абсолютной погрешности измерений угла фазового сдвига между током и напряжением осуществляется по схеме, представленной на рисунке 6.

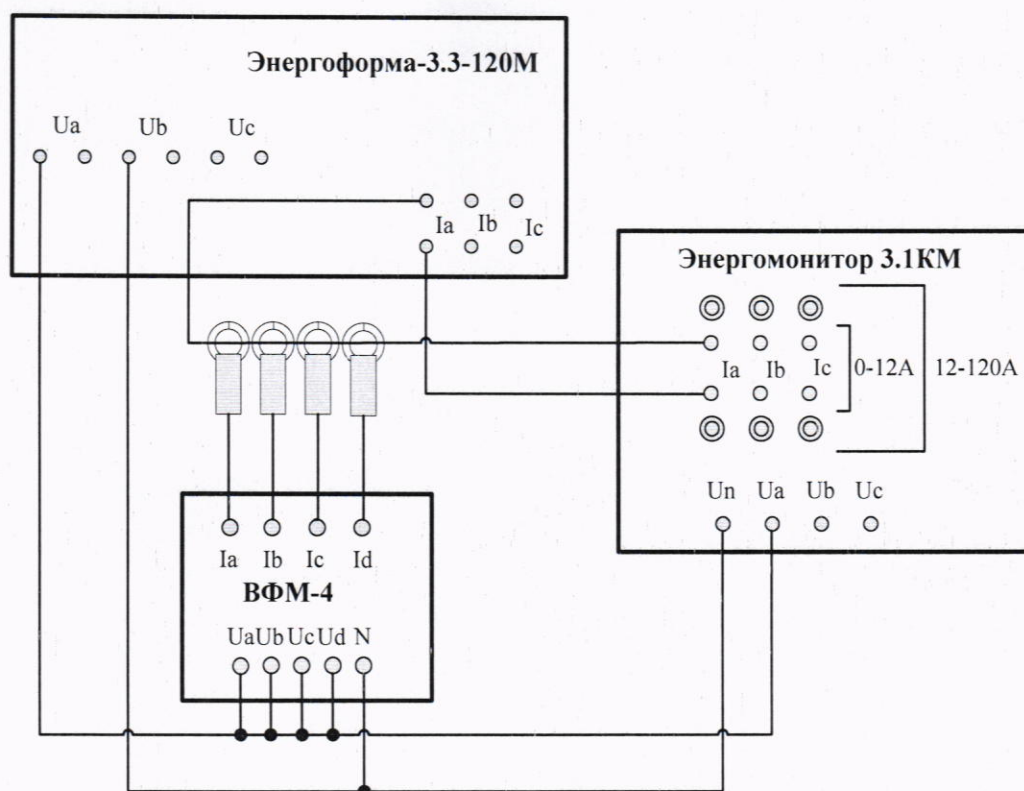


Рисунок 6 – Схема измерений для определения основной погрешности измерения фазового сдвига между током и напряжением, активной и реактивной мощности переменного тока при использовании датчиков тока ВФМ-ДТ-10А-П; ВФМ-ДТ-100А-П; ВФМ-ДТ-40А; ВФМ-ДТ-100А

Для проверки погрешности измерения угла фазового сдвига между током и напряжением подключить прибор «Энергомонитор-3.1 КМ» к источнику «Энергоформа-3.3-120М», собрав последовательно токовые цепи и параллельно цепи напряжения. Потенциальные клеммы напряжения ВФМ-4 *A*, *B*, *C*, *D* объединить между собой и подключить к клемме напряжения *A* источника «Энергоформа-3.3-120М», потенциальную клемму *N* ВФМ-4 соединить с клеммой *B* «Энергоформы-3.3-120М». Обхватить датчиками тока токопровод таким образом, чтобы знак «*», расположенный на корпусе ДТ, указывал направление к источнику тока, контактные поверхности магнитопровода были надежно сомкнуты, а токопровод находился, по возможности, посередине окна магнитопровода ДТ.

Установить значение выходных напряжений U_A и U_B по **100 В**, частоту выходного напряжения 50 Гц, выходной ток равным $0,7 \cdot I_{max}$, сдвиг фаз между напряжениями U_A и U_B 180°. Сдвиг фаз между током и напряжением U_A и I_A установить соответственно поверяемой точке.

Включить ВФМ-4. Выбрать в меню вольтамперфазометра режим «Основной». В соответствии с РЭ выбрать необходимые пределы измерения тока и напряжения для прибора «Энергомонитор-3.1 КМ». После установления рабочего режима согласно РЭ, произвести измерения в точках: 0°, 90°, 120°, -90°.

Вычислить отклонения показаний прибора от значения эталона $\varphi_{ЭТ}$ (абсолютные погрешности) по формуле 7:

$$\Delta_j = |\varphi_j - \varphi_{ЭТ}|, \quad (7)$$

где φ_j – измеренное значение угла фазового сдвига между током и напряжением, °;
 $\varphi_{ЭТ}$ – действительное значение угла фазового сдвига между током и напряжением, °.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если получившиеся погрешности не превышают значения, указанные в таблице 8.

Таблица 8

| Тип датчиков тока | Допустимая погрешность, ° |
|-------------------|---------------------------|
| ВФМ-ДТ-10А-П | $\pm 0,5$ |
| ВФМ-ДТ-100А-П | $\pm 0,5$ |
| ВФМ-ДТ-40А | $\pm 1,0$ |
| ВФМ-ДТ-100А | $\pm 1,0$ |

9.5.2. Определение абсолютной погрешности измерений угла фазового сдвига между током и напряжением при использовании датчиков тока ВФМ-ДТ-500А, ВФМ-ПР-1000А

Определение абсолютной погрешности измерений угла фазового сдвига между током и напряжением осуществляется по схеме, представленной на рисунке 6.

Для проверки погрешности измерения угла фазового сдвига между током и напряжением подключить прибор «Энергомонитор-3.1 КМ» к источнику «Энергоформа-3.3-120М», собрав последовательно токовые цепи и параллельно цепи напряжения. Потенциальные клеммы напряжения ВФМ-4 *A, B, C, D* объединить между собой и подключить к клемме напряжения *A* источника «Энергоформа-3.3-120М», потенциальную клемму *N* ВФМ-4 соединить с клеммой *B* «Энергоформы-3.3-120М». Обхватить датчиками тока токопровод таким образом, чтобы знак «*», расположенный на корпусе ДТ, указывал направление к источнику тока, контактные поверхности магнитопровода были надежно сомкнуты, а токопровод находился, по возможности, посередине окна магнитопровода ДТ.

Установить значение выходных напряжений U_A и U_B по 100 В, частоту выходного напряжения 50 Гц, выходной ток равным 100 А, сдвиг фаз между напряжениями U_A и U_B 180 °. Сдвиг фаз между током и напряжением U_A и I_A установить соответственно поверяемой точке.

Включить ВФМ-4. Выбрать в меню вольтамперфазометра режим «Основной». В соответствии с РЭ выбрать необходимые пределы измерения тока и напряжения для прибора «Энергомонитор-3.1 КМ».

После установления рабочего режима согласно РЭ, произвести измерения в следующих точках диапазона: 0 °, 90 °, 120 °, –90 °.

Вычислить отклонения показаний прибора от значения эталона $\varphi_{ЭТ}$ (абсолютные погрешности) по формуле (7).

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если получившиеся погрешности не превышают значения, указанные в таблице 9.

Таблица 9

| Тип датчиков тока | Допустимая погрешность, ° |
|-------------------|---------------------------|
| ВФМ-ДТ-500А | $\pm 1,0$ |
| ВФМ-ПР-1000А | $\pm 1,0$ |

9.6. Определение основной относительной и приведенной погрешности измерения напряжения постоянного тока

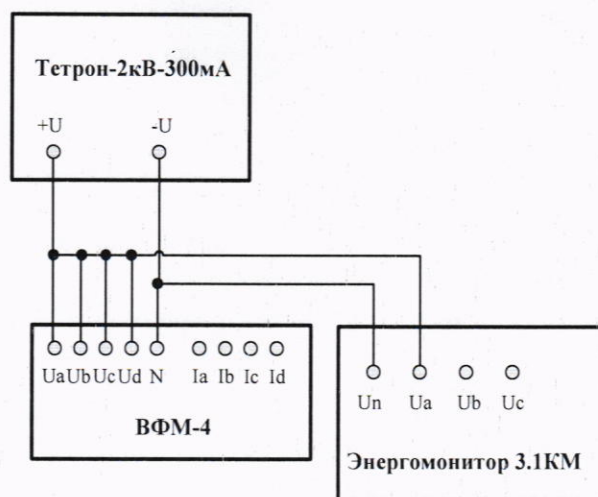


Рисунок 7 – Схема измерений для определения основной относительной и приведенной погрешности измерения напряжения постоянного тока

Определение основной погрешности измерения напряжения постоянного тока осуществляется по схеме, представленной на рисунке 7.

Объединить между собой потенциальные клеммы *A, B, C, D* ВФМ-4 и подключить ВФМ-4 и прибор «Энергомонитор-3.1КМ» к источнику постоянного напряжения «Тетрон-2кВ-300мА» (далее – источник «Тетрон-2кВ-300мА»). Включить ВФМ-4. Выбрать в меню вольтамперфазометра режим «Основной» и перевести в режим измерения «DC». Включить источник. Установить значение выходного напряжения, соответствующее поверяемой точке. После установления рабочего режима согласно РЭ, произвести измерение переменного напряжения в следующих точках диапазона: 1 В; 10 В; 30 В; 100 В; 200 В; 500 В; 700 В.

После измерений вычислить относительные погрешности по формуле 10:

$$\delta_j = \frac{|U_j - U_{ЭТ}|}{U_{ЭТ}} \cdot 100\%, \quad (10)$$

где U_j – измеренное значение напряжения постоянного тока, В;

$U_{ЭТ}$ – действительное значение напряжения постоянного тока, В.

Приведенные погрешности вычислить по формуле 11:

$$\gamma_j = \frac{|U_j - U_{ЭТ}|}{U_d} \cdot 100\%, \quad (11)$$

где U_d – конечное значение диапазона измерения напряжения постоянного тока, В.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если вычисленные погрешности измерения напряжения в каждой точке не превышают:

$\pm 0,1$ % относительной погрешности для поддиапазона свыше 30 до 700 В;

$\pm 0,01$ % приведенной погрешности для поддиапазона от 0 до 30 В.

9.7. Определение основной относительной и приведенной погрешностей измерения силы постоянного тока

Определение погрешностей измерений силы постоянного тока по настоящему пункту методики поверки осуществляется для датчиков тока ВФМ-ДПТ-100А, входящих в состав конкретного ВФМ-4, представленного на поверку.

Определение основной погрешности измерения силы постоянного тока осуществляется по схеме, представленной на рисунке 8.

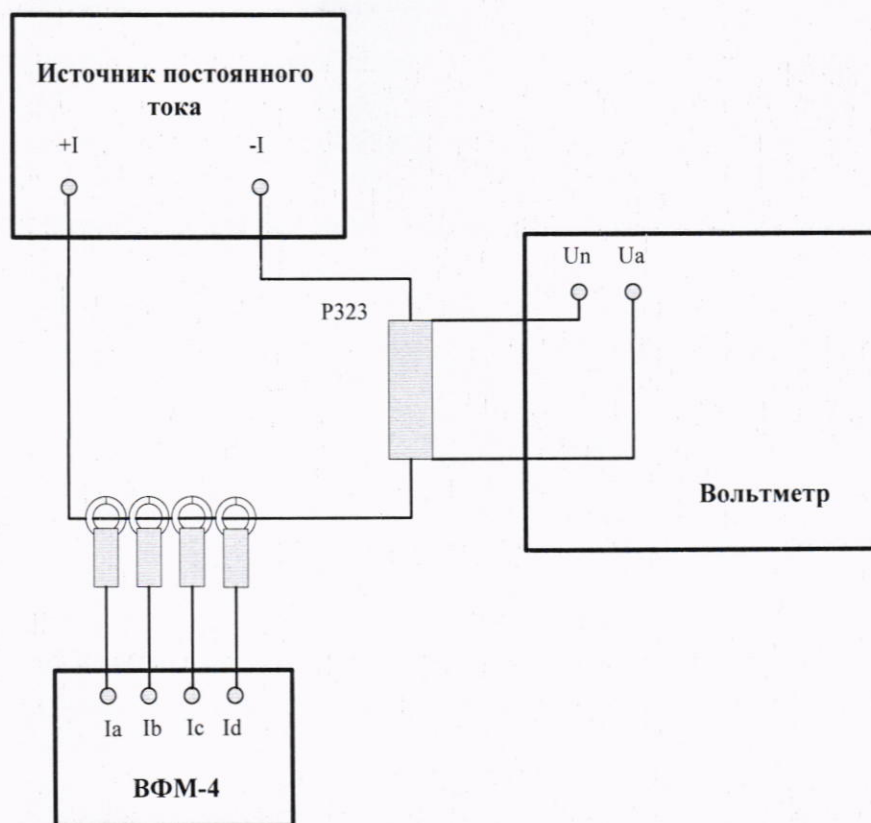


Рисунок 8 – Схема измерений для определения основной относительной погрешности измерения силы постоянного тока

К выходу источника постоянного тока, используя проводники с низким сопротивлением подключить однозначную меру электрического сопротивления P323 100 мкОм. Обхватить датчиками тока токопровод таким образом, чтобы знак «*», расположенный на корпусе ДТ, указывал направление к источнику тока, контактные поверхности магнитопровода были надежно сомкнуты, а токопровод находился, по возможности, посередине окна магнитопровода ДТ. К потенциальным клеммам меры сопротивления подключить прибор «Энергомонитор-3.1 КМ». Включить ВФМ-4. Перейти в режим «Основной» и перевести в режим измерения «DC». После установления рабочего режима согласно РЭ, произвести измерения в следующих точках: 5 А; 7 А; 10 А; 30 А; 50 А; 100 А.

Показания «Энергомонитора-3.1 КМ» при этом следует делить на $R_{ном}$ меры электрического сопротивления по формуле 12:

$$I_{эт} = \frac{U_{эт}}{R_{ном}} \quad (12)$$

где $U_{эт}$ – действительное значение напряжения постоянного тока, измеренное «Энергомонитором-3.1 КМ», В.

После измерений вычислить относительные погрешности по формуле 13:

$$\delta_j = \frac{|I_j - I_{эт}|}{I_{эт}} \cdot 100\% \quad (13)$$

где I_j – измеренное значение силы постоянного тока, А;
 $I_{эт}$ – действительное значение силы постоянного тока, А.

Приведенные погрешности вычислить по формуле 14:

$$\gamma_j = \frac{|I_j - I_{эт}|}{I_d} \cdot 100\%, \quad (14)$$

где I_d – конечное значение диапазона измерения силы постоянного тока, А.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если вычисленные погрешности измерения силы постоянного тока в каждой точке не превышают:
 $\pm 2,0$ % относительной погрешности для поддиапазона свыше 10 до 100 А;
 $\pm 0,2$ % приведенной погрешности для поддиапазона от 0 до 10 А.

9.8. Определение основных приведенных погрешностей измерений активной, реактивной и полной мощностей и абсолютной погрешности измерения коэффициента мощности

Считать, что основные приведенные погрешности измерений активной, реактивной и полной мощностей и абсолютные погрешности измерения коэффициента мощности соответствуют нормам, если выполняются требования п. 9.1 в отношении точности измерений напряжений, п. 9.4 в отношении точности измерений токов и п. 9.5 в отношении точности измерений угла фазового сдвига между током и напряжением, поскольку пределы допускаемых основных погрешностей измерений активной, реактивной, полной мощностей и коэффициента мощности нормированы исходя из пределов допускаемых основных погрешностей при измерении напряжения, тока и угла фазового сдвига между током и напряжением.

10. Оформление результатов поверки

10.1 Результаты поверки прибора передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством.

10.2 По заявлению владельца прибора или лица, представившего его на поверку, положительные результаты поверки (когда прибор подтверждает соответствие метрологическим требованиям) оформляют свидетельством о поверке по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством, а также внесение в паспорт прибора записи о проведенной поверке, заверяемой подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

10.3 По заявлению владельца прибора или лица, представившего его на поверку, отрицательные результаты поверки (когда прибор не подтверждает соответствие метрологическим требованиям) оформляют извещением о непригодности к применению средства измерений по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством, и (или) внесением в паспорт прибора соответствующей записи.

Начальник сектора отдела 206.1
ФГБУ «ВНИИМС»



Е.Н. Мартынова

Приложение А

Структура условного обозначения модификаций ВФМ-4

ВФМ-4 – Ах – Вх – Сх – Dx – Ех – Fx – Gx

А – обозначение модификации по наличию ДТ типа ВФМ-ДТ-10А-П;
В – обозначение модификации по наличию ДТ типа ВФМ-ДТ-100А-П;
С – обозначение модификации по наличию ДТ типа ВФМ-ДТ-40А;
D – обозначение модификации по наличию ДТ типа ВФМ-ДТ-100А;
Е – обозначение модификации по наличию ДТ типа ВФМ-ДТ-500А;
F – обозначение модификации по наличию ДТ типа ВФМ-ПР-1000А;
G – обозначение модификации по наличию ДТ типа ВФМ-ДПТ-100А.

х – количество входящих в комплект ДТ:

при отсутствии - клещи в комплект не входят;

1 - в комплект поставки входят ДТ в количестве 1 шт;

2 - в комплект поставки входят ДТ в количестве 2 шт;

3 - в комплект поставки входят ДТ в количестве 3 шт;

4 - в комплект поставки входят ДТ в количестве 4 шт.

При отсутствии в обозначении модификации любой из букв от А до G, соответствующие им токовые клещи в комплект не входят.