



Динамика

научно-производственное предприятие

РЕТОМЕТР-М2

ВОЛЬТАМПЕРФАЗОМЕТР ЦИФРОВОЙ



г.Чебоксары



РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ БРГА. 411259.006 РЭ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ БРГА 411259.006 МП

Содержание

1	Меры безопасности	4
2	Назначение прибора.....	5
3	Комплектность изделия.....	6
4	Технические параметры.....	8
5	Описание прибора	13
5.1	Внешний вид и органы управления.....	13
5.2	Принципы измерения	15
5.3	Принцип построения векторных диаграмм.....	19
5.4	Расчетные параметры.....	22
6	Меню	24
7	Режимы работы прибора.....	26
7.1	Однофазный режим	26
7.2	Трехфазный режим	31
7.3	Измерение переменного тока с помощью датчика тока РЕТ-ДТ	33
8	Калибровка	34
9	Транспортная сумка.....	34
10	Обслуживание аккумулятора	35
11	Поверка и испытания в эксплуатации	36
12	Возможные неисправности и способы их устранения.....	36
13	Правила хранения и транспортирования	37
14	Сведения об утилизации.....	37
	Приложение А. Графики зависимости погрешностей прибора от величины входного сигнала.....	38
	Приложение Б. Схемы подключения прибора	42

1 Меры безопасности

При проведении измерений необходимо соблюдать требования безопасности, предусмотренные "Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ Р 12.1.019-2009, ГОСТ 22261-94, а также технической документации на оборудование, в котором производятся измерения.

Персонал, использующий прибор, должен проходить инструктаж по технике безопасности на рабочем месте и иметь при самостоятельной работе квалификационную группу по электробезопасности не ниже III.

Используйте только соединительные провода из комплекта поставки прибора!

Измерять напряжения и токи только в цепях, где потенциально возможные напряжения и токи не превосходят возможностей прибора.

Не начинать измерения в условиях повышенной влажности, в дождь, туман и т.д., т.е. при наличии влаги на корпусе и внутренностях прибора.

При вносе прибора с мороза в теплое помещение, перед работой необходимо чтобы прибор прогрелся до температуры помещенья. В большинстве случаев, для этого достаточно 0,5 часа. Для того чтобы избежать таких ситуаций, лучше всего носить сам прибор "на теле", т.е. во внутренних карманах одежды. Клещи и провода можно оставлять в сумке, на них конденсат не действует.

ВНИМАНИЕ! Не работайте с разобранным прибором – возможно поражение электрическим током!

2 Назначение прибора

Вольтамперфазометр РЕТОМЕТР-М2 (далее – прибор) является развитием семейства приборов, которые исторически именуется в российской электроэнергетике, как "ВАФ" (аббревиатура слов *Вольт, Ампер, Фаза*).

РЕТОМЕТР-М2 – малогабаритный трехфазный цифровой прибор для измерений параметров электрических цепей с рабочей частотой 50 Гц в полевых и лабораторных условиях. Прибор питается от одного литий-ионного (Li-ion) аккумулятора.

Отличительной особенностью прибора является программа цифровой обработки сигнала, которая обеспечила правильное и высокоточное измерение всех параметров. Прибор имеет высокую точность измерения частоты. Угол фазового сдвига измеряется на основной гармонике и на точность не влияет величина искажения сигнала. Напряжение и ток измеряются, как среднеквадратическим методом (TRUE RMS), так и с фильтром, подавляющим во входном сигнале все гармоники кроме основной частоты. Программа выполняет расчеты:

- 3-х фазной векторной диаграммы напряжения и тока;
- прямой, обратной и нулевой составляющих трехфазного тока и напряжения;
- полной, активной и реактивной мощности, а так же, к.п.д. - $\cos\phi$ и потери – $\tan\phi$;
- полного, активного и реактивного сопротивления.

Кроме того, прибор обладает следующими достоинствами:

- высокая чувствительность, расчет всех параметров начинается с момента реального измерения тока и напряжения;
- для работы в сетях 660 В увеличено измеряемое напряжение до 750 В;
- до 40 А увеличено максимальное измеряемое значение силы переменного тока;
- функция HOLD – позволяет зафиксировать на экране все параметры;
- имеется возможность использование опционных токовых клещей;
- безопасная проверка целостности соединений - режим "прозвонка" не включается при наличии внешнего напряжения;

- имеется возможность определения полярности обмоток трансформаторов тока и напряжения;
- хорошо видимый графический индикатор;
- аккумулятор, который обеспечивает быстрый заряд и отсутствие эффекта памяти;
- автоматическое выключение продлевает жизнь аккумулятора;
- фиксация прибора на любой стальной стенке при помощи встроенных в чехол магнитов;
- уникальные малогабаритные токовые клещи, входящие в комплект поставки, позволяют выполнить измерение тока в самых труднодоступных местах, например, таких как современные панели микропроцессорных защит.

3 Комплектность изделия

В комплект поставки входят:

- Прибор РЕТОМЕТР-М2	1 шт.
- Приставки клещевые	3 шт.
- Преобразователь измерительный токовый РЕТ-ДТ	1 шт.*
- Сетевой адаптер	1 шт.
- Щупы измерительные	3 пары
- Зажимы типа «крокодил»	6 шт.
- Сумка РЕТОМЕТР-М2	1 шт.
- Чехол РЕТОМЕТР-М2	1 шт.
- Ведомость ЗИП	1 экз.
- Ведомость эксплуатационных документов	1 экз.
- Паспорт	1 экз.
- Руководство по эксплуатации	1 экз.
- Методика поверки	1 экз.

* - по требованию заказчика

На рисунке 3.1 представлен прибор ПЕТОМЕТР-M2 с комплектом аксессуаров.



Рисунок 3.1

4 Технические параметры

Основные технические данные прибора и условия эксплуатации приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ				
<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>			
Количество измерительных каналов	3			
Диапазон частот измеряемого напряжения переменного тока, Гц	40 - 80			
Входное сопротивление, МОм, не менее	1			
<i>Основной канал – «U1»</i>				
Род тока	переменный/постоянный			
Диапазоны измерений напряжения канала U1, В	0,010 – 0,060*	0,060 – 6,000	6,00 – 60,00	60,0 – 750,0
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения, В	±0,002*	± (0,005x+0,003)	± (0,005x+0,03)	± (0,005x+0,3)
<i>Дополнительные каналы – «U2» и «U3»</i>				
Род тока	переменный			
Диапазоны измерений напряжения каналов U2 и U3, В	0,010 – 0,060*	0,060 – 6,000	6,00 – 60,00	60,0 – 750,0
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения, В	±0,002*	± (0,01x+0,005)	± (0,01x+0,05)	± (0,01x+0,5)
* В диапазоне от 0,010 до 0,060 В индикаторный режим. Относительная погрешность представлена на рисунке А.1 Приложения А (типовая).				
Примечание – В формулах основной погрешности принято обозначение: x – измеренное значение параметра.				

Продолжение таблицы 4.1

ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ТОКА	
<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>
Количество измерительных каналов	3
Род тока	Переменный
Диапазон частот измеряемой силы переменного тока, Гц	45 – 65
Диапазон измерений силы переменного тока промышленной частоты (используется клещевая приставка из комплекта поставки), А	от 0,04 до 40
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения силы переменного тока, А: <ul style="list-style-type: none"> - для поддиапазона: от 0,005 до 0,040 А** - для поддиапазона: от 0,040 до 0,400 А - для поддиапазона: от 0,400 до 6,000 А - для поддиапазона: от 6,00 до 20,00 А - для поддиапазона: от 20,00 до 40,00 А 	$\pm 0,001^{**}$ $\pm (0,02x + 0,003)$ $\pm (0,015x + 0,003)$ $\pm (0,015x + 0,03)$ $\pm (0,02x + 0,03)$
Диапазон изменения входного напряжения для каналов I1, I2, I3 (в режиме «РЕТ-ДТ»), В	от 0,3 до 3
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения по каналам I1, I2, I3 при использовании их в режиме «РЕТ-ДТ» (без учета погрешности измерения РЕТ-ДТ), В	$\pm (0,005x + 0,009)$
<p><i>** В диапазоне от 5 до 40 мА индикаторный режим. Относительная погрешность представлена на рисунке А.2 Приложения А (типовая).</i></p> <p><i>Примечание – В формулах основной погрешности принято обозначение: x – измеренное значение параметра.</i></p>	
ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ	
<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>
Диапазон измерений частоты напряжения, Гц	40 – 80
Диапазон напряжения переменного тока, В	0,6 – 750
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения, Гц	$\pm 0,01$
<i>Примечание – В диапазоне от 0,06 до 0,6 В абсолютная погрешность измерения частоты, не более $\pm 0,1$ Гц.</i>	

Продолжение таблицы 4.1

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛА СДВИГА ФАЗ	
<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>
Диапазон измерений угла сдвига фаз между напряжением и напряжением, током и током, напряжением и током, °	от - 180 до 180
Диапазон частот измеряемых сигналов, Гц	45 – 55
Диапазон напряжения переменного тока, В	0,06 – 750
Диапазон силы переменного тока (для клещевой приставки из комплекта поставки), А	0,04 – 40
<p>Пределы допускаемой абсолютной основной приведенной погрешности измерения угла сдвига фаз, градусы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - между напряжением и напряжением (между входами U1, U2, U3): <ul style="list-style-type: none"> - для поддиапазона: от 0,06 до 0,6 В ± 1,8 - для поддиапазона: от 0,6 до 750 В ± 0,5 - между напряжением и током (между входами U1 и I1, I2, I3): <ul style="list-style-type: none"> - для поддиапазона: от 0,04 до 0,2 А ± 3,6 - для поддиапазона: от 0,2 до 40 А ± 1,5 - между током и током (между входами I1 и I3): <ul style="list-style-type: none"> - для поддиапазона: от 0,04 до 0,2 А ± 5,0 - для поддиапазона: от 0,2 до 40 А ± 2,5 	
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 В диапазоне от 0,01 до 0,06 В индикаторный режим. Абсолютная погрешность представлена на рисунке А.3 Приложения А (типовая).</p> <p>2 В диапазоне от 5 до 40 мА индикаторный режим. Абсолютная погрешность представлена на рисунке А.4 Приложения А (типовая).</p>	

Продолжение таблицы 4.1

Дополнительные функции	
<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>
Возможность проведения измерения трехфазной векторной диаграммы напряжения и тока	
Возможность проведения измерения прямой, обратной и нулевой последовательностей трехфазного сигнала	
Расчет однофазной мощности по измеренному напряжению и току (полная, активная или реактивная)	
Диапазон отображаемых значений, ВА, Вт, Вар, кВА, кВт, кВар	0,001... 999,9
Расчет сопротивления по измеренному напряжению и току (полное, активное или реактивное с учетом знака)	
Диапазон отображаемых значений, Ом, кОм	0,001... 999,9
Проверка целостности проводника - в режиме «прозвонка»	
Пороговое значение сопротивления в режиме «прозвонка», Ом	10 ± 2
Проверка полярности обмоток трансформаторов	
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>
Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерения напряжения и силы переменного тока от изменения температуры окружающего воздуха, на 10 °С изменения температуры	± (0,5 основной погрешности)
Масса прибора (без клещевой приставки, без токовой петли, без чехла), кг, не более	0,5
Масса комплекта (с тремя клещевыми приставками из комплекта поставки, чехлом, сумкой, блоком питания, измерительными щупами и ЗИП), кг, не более	3
Габаритные размеры (без чехла), мм, не более	110 × 195 × 45
Габаритные размеры (в сумке), мм, не более	270 × 173 × 130
Требования безопасности по ГОСТ Р 52319-2005: - класс оборудования - изоляция - категория монтажа (категория перенапряжения) - степень загрязнения микросреды	класс II основная CAT II 2
Испытательное напряжение электрической прочности изоляции, В: - каналов напряжения относительно корпуса прибора - токовые входы и разъем для подключения сетевого адаптера относительно корпуса прибора	3250 500

Продолжение таблицы 4.1

УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ	
<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>
Диапазон рабочих температур, °С	от - 20 до + 40
Нормальная температура, °С	20 ± 5
Температура транспортирования, °С	от - 50 до + 50
Температура хранения, °С	от 5 до 40
Относительная влажность воздуха при 25 °С, %, не более	80
Высота над уровнем моря, м, не более	2000
Группа условий эксплуатации по ГОСТ 17516.1-90	M23
Степень защиты по ГОСТ 14254-96: - оболочки - входных клемм	IP41 IP20
Питание прибора	от встроенного Li-ion аккумулятора 1800 мА·ч
Напряжение питания, В	3,7
Потребляемый ток от аккумулятора: - в режиме работы, мА, не более - в выключенном режиме, мА, не более	80 5
Время непрерывной работы от полностью заряженного аккумулятора, ч, не менее	20
Потребляемый ток от адаптера в режиме заряда, мА, не более	800
ХАРАКТЕРИСТИКИ НАДЕЖНОСТИ	
<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>
Средний срок службы (кроме аккумулятора, индикатора и сетевого адаптера), лет, не менее	30
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	10000
Среднее время восстановления работоспособного состояния с учетом времени поиска неисправности, ч, не более	3

5 Описание прибора

5.1 Внешний вид и органы управления

Внешний вид прибора, назначение органов управления и входов в однофазном режиме приведено на рисунке 5.1.



Рисунок 5.1

Назначение входов в трехфазном режиме приведено на рисунке 5.2.



Рисунок 5.2

Прибор имеет:

- с левой стороны три 3-х мм гнезда типа «JACK» для подключения преобразователей тока, стандартных клещей из комплекта поставки;
- с правой стороны три пары гнезд измерителя напряжения;
- на нижней стороне установлен разъем подключения сетевого адаптера для заряда и питания при длительной работе;
- на фронтальной части расположен экран и три кнопки управления ВКЛ/ВЫКЛ, РЕЖИМ, ФИКСАЦИЯ.

Включение и выключение прибора осуществляется кнопкой *ВКЛ/ВЫКЛ*.

Кнопка *РЕЖИМ* позволяет выполнить переход к следующему параметру в рамках выбранного режима или пунктов меню. Переход идет по кругу.

Кнопка *ФИКСАЦИЯ* позволяет отключить процесс обновления параметров на индикаторе или выбрать параметр в меню.

Для входа в меню надо одновременно нажать на кнопки РЕЖИМ и ФИКСАЦИЯ.

В однофазном режиме, подключение токовых клещей к входу I1 переключает вывод второго параметра с U3 на измерение тока I1. Подключение к входу I3 вторых токовых клещей, приводит к тому, что в место U1 и I1, на экран выводится значение двух токов I1 и I3. Канал I1 становится опорным.

В верхней части экрана отображаются три значка:



– показывает уровень заряда аккумулятора;



– указывает на включенный режим «Автоматического выключения» (10 минут);



– фиксация измеренных параметров;

RMS

– измерения тока и напряжения проводятся среднеквадратичным методом;

1Г

– измерения тока и напряжения проводятся с выделением только первой гармоники;

Д1

, **Д2** , **Д3** – три возможных режима подключения другого датчика тока, описано в 7.3.

5.2 Принципы измерения

Приборы типа ВАФ предназначены для получения достоверной информации об электроэнергии, т.е. основной задачей является правильное измерение: напряжения, тока, фазового

угла и частоты. Для измерения величины напряжения и тока используется среднеквадратичный метод (так называемый RMS). Фазометр измеряет угол сдвига фазы между основными гармоническими составляющими тока и напряжения, т.е. прибор работает аналогично старым фазометрам Д578 или ВАФ-85М и показывает истинную картину векторной диаграммы, как при синусоидальном, так и при искаженном сигнале, так как в обоих случаях отсутствует влияние высших гармоник.

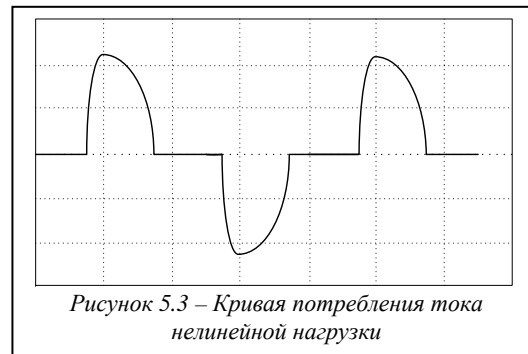
Напомним, для чего это сделано.

Вольтметр и амперметр

В современных условиях проведение точных измерений это очень трудная задача, стоящая перед технологами современных производств и различных организаций. В производстве широко внедряются приводы с регулируемой скоростью, компьютеры и другое оборудование, которое потребляет ток в виде кратковременных импульсов, а не на постоянном уровне. Такое оборудование может вызвать, по меньшей мере, некорректные показания обычных измерителей с усреднением показаний.

Говоря о значениях переменного тока, мы обычно имеем в виду среднюю эффективную выделяемую теплоту или среднеквадратичное (RMS) значение тока. Данное значение эквивалентно значению постоянного тока, действие которого вызвало бы такой же тепловой эффект, что и действие измеряемого переменного тока.

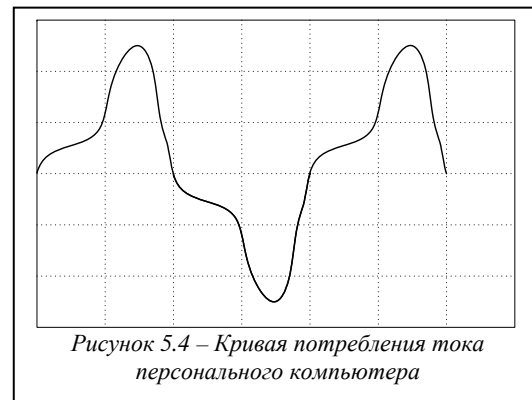
Самый распространенный способ измерения такого среднеквадратичного значения тока при помощи измерительного прибора заключается в выпрямлении переменного тока, определении среднего значения выпрямленного сигнала и умножении результата на коэффициент 1,1.



Данный коэффициент учитывает постоянную величину, равную соотношению между средним и среднеквадратичным значениями идеальной синусоиды. Однако, при отклонении синусоидальной кривой от идеальной формы данный коэффициент перестает действовать. По этой причине измерители с усреднением показаний зачастую дают неверные результаты при измерении тока в современных силовых сетях.

Например, линейные нагрузки, в состав которых входят только резисторы, катушки и конденсаторы, характеризуются синусоидальной кривой тока, поэтому при измерении их параметров проблем не возникает. Однако в случае нелинейных нагрузок, таких как приводы с регулируемой частотой и импульсные источники питания для офисного и другого оборудования, имеют место искаженные токовые кривые (рисунки 5.3 и 5.4). Измерения среднеквадратичного значения токов по таким искаженным кривым с использованием измерителей с усреднением показаний может дать занижение истинных результатов до 50 %.

Для измерения тока с такими искаженными кривыми необходимо при помощи анализатора кривой сигнала проверить форму синусоиды, после чего использовать измеритель с усреднением показаний только в том случае, если кривая окажется действительной идеальной синусоидой. Или же можно постоянно использовать измеритель с истинно среднеквадратичными показаниями (True RMS) и не проверять параметры кривой. Современные измерители подобного типа используют усовершенствованные технологии измерения, позволяющие определить реальные эффективные значения переменного тока вне зависимости от того, является ли токовая кривая идеальной синусоидой или искажена. Единственное ограничение – чтобы кривая находилась в пределах коэффициента амплитуды и допустимого диапазона измерения используемого прибора.



Все то, что касается измерения токов в современных силовых цепях, также верно и для измерения напряжений в большинстве случаев промышленного оборудования и электронных приборов. Часто кривые напряжения также не являются идеальными синусоидами, в результате чего измерители с усреднением показаний дают неверные результаты. Поэтому для измерения напряжения так же рекомендуется использовать измерители типа True RMS.

Измерения по первой гармонике.

В энергетике иногда необходимо избавиться от всех факторов искажающих сигнал и измерить параметры сигнала только основной частоты. Дело в том, что все оборудование во вторичных цепях, как-то релейная защита и системы учета, работают именно на основной частоте. Для этого необходимо использовать специальный фильтр. Для этого в приборе используется фильтр Фурье, который настроен на измерение синусоидального сигнала частотой 50 Гц, при этом все гармоники, кроме первой, исключаются из измерения.

При включении этого режима измерения по всем каналам тока и напряжения выполняются с фильтрацией, соответственно и расчеты выполнены по этим данным.

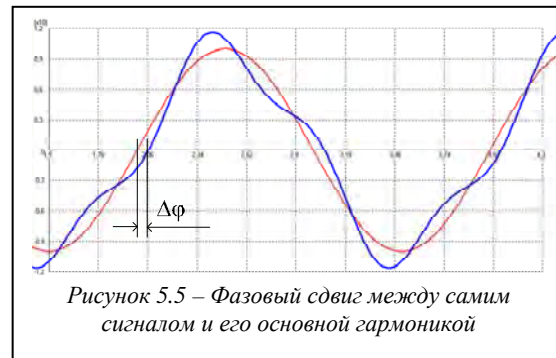
Фазометр

В энергетике принято считать, что форма сигналов тока и напряжения синусоидальная, поэтому при использовании любого метода измерения угла, результат должен быть один и тот же, но это не совсем так. Наличие высших гармоник может достаточно сильно исказить форму сигнала, а это влияет на фазовый угол. Разница между исходным сигналом и сигналом основной частоты может быть достаточно существенна. Например, наличие всего 10 % третьей гармоники, но сдвинутой относительно основного сигнала на 120° , дает смещение точки перехода через ноль более чем на 5 градусов (рисунок 5.5). При этом смещаются вектора всех трех фаз и при том на разные углы. Таким образом, векторная диаграмма, снятая по исходному сигналу, оказывается неверной. Или возьмем тяговую подстанцию железной дороги. Попытка снять векторную диаграмму при движении электропоезда, а это основной, и часто единственный потребитель электроэнергии,

обычно обречена на провал из-за огромной несимметрии нагрузки и наличии высших гармоник в тяговом токе и в устройствах компенсации реактивной мощности. Количество переходов через ноль резко возрастает, а длительности полупериодов не равны.

На генерирующих предприятиях так же имеются определенные проблемы при снятии векторных диаграмм на трансформаторах собственных нужд. Из-за сильного влияния несимметрии тока в силовых трансформаторах, третья гармоника может быть достаточной большой.

Поэтому в энергетике до сих пор широко используются старые фазометры, выполненные по принципу электродинамического логометра, предназначенные для определения в однофазных цепях переменного тока частоты 50 Гц угла сдвига фаз между основными гармоническими составляющими тока и напряжения.



5.3 Принцип построения векторных диаграмм

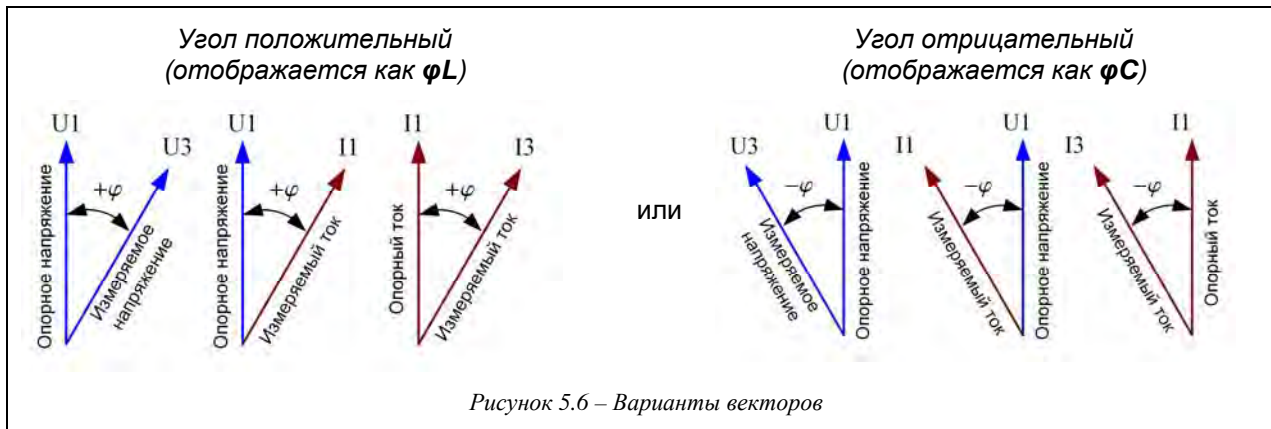
В общей электротехнике, при построении векторных диаграмм, принято использовать за базис ток, т.е. его располагают на оси действительных чисел. Положение вектора напряжения определяет угол между напряжением и током, при этом положительный отсчет угла идет против часовой стрелки, а отрицательный – по часовой стрелке. На рисунке 5.6 показаны оси мнимых и действительных чисел. Напряжение U_1 имеет положительный угол, а U_2 – отрицательный угол.

В релейной защите, так как приходится описывать трехфазную систему, принято за базис использовать напряжение, фазное U_a или линейное U_{ab} . Его вектор располагается вертикально, а все остальные вектора вычисляются относительно его, при этом положительный отсчет угла ведется по часовой стрелке, согласно направлению вращения вала генератора.

Основное предназначение прибора – снимать векторную диаграмму, как в трехфазном, так и однофазном режимах. Поэтому для обоих режимов работы, используется одна система измерения углов, принятая в релейной защите. За базис используется напряжение фазы U_a , подаваемое на вход $U1$ и все остальные углы отсчитываются от него. Исключением является однофазный режим при измерении угла между двумя токами. В этом случае за базис принимается ток на входе $I1$, но принцип измерения и отображения угла остается тот же.

Для удобства работы с прибором в нем применена общепринятая система отображения угла в диапазоне $180L - 180C$ градусов с отсчетом по часовой стрелке.

Варианты измерений фазового угла в однофазном режиме представлены на рисунке 5.6.



Имеется три варианта измерения: между двумя напряжениями $U1$ и $U3$, между напряжением и током $U1$ и $I1$ и между двумя токами $I1$ и $I3$. Два первых варианта опорой имеют вход $U1$, в третьем случае опорой является $I1$. Причем, если измеряемый сигнал отстает от опорного, то значение фазового угла отображается

со знаком «L», что означает индуктивное отставание. А если он опережает опорный, то со знаком «C» - емкостное опережение.

ВНИМАНИЕ! Без подачи опорного напряжения U_1 , углы остальных векторов будут измерены не правильно, за исключением однофазного режима с двумя токами.

На рисунке 5.7 показана общая система отсчета углов векторов тока и напряжения, расчет мощности и вычисление сопротивления, принятые в приборе. Мощность, отображается активная (P) и реактивная (Q) без знака.

В первом и четвертом квадрантах (I и IV) индуктивный режим. Угол отображается с символом «L». Величина реактивного сопротивления – в виде XL.

Во втором и третьем квадрантах (II и III) емкостной режим. Угол отображается с символом «C». Величина реактивного сопротивления – в виде XC.

В программе имеется возможность выполнять выбор типа представляемого на индикаторе параметра мощности и сопротивления, как в автоматическом, так и в ручном режиме.

Автоматический режим удобно использовать для мощности, поэтому на его примере покажем диаграмму автоматического выбора типа рассчитываемого параметра. Для расчета типа сопротивления используется тот же принцип.

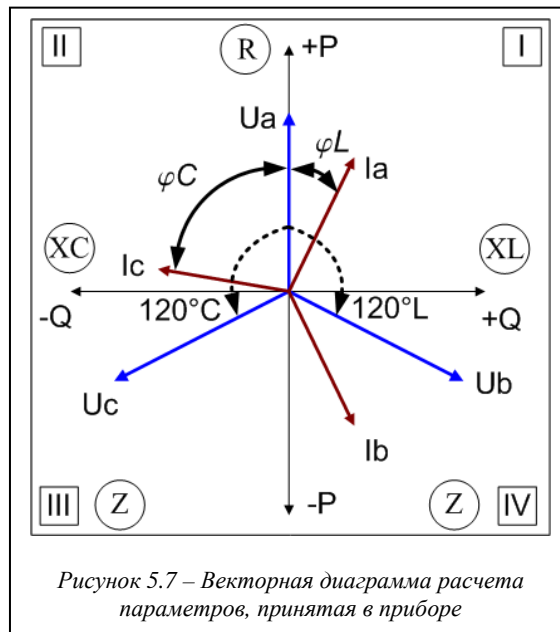


Рисунок 5.7 – Векторная диаграмма расчета параметров, принятая в приборе

Если угол между током и напряжением находится в диапазоне $\pm 15^\circ$ или $\pm 165^\circ$, то в качестве рассчитываемого параметра выбирается активная мощность, и показывается с учетом знака. В качестве дополнительного параметра выбирается $\cos(\varphi)$, т.е. к.п.д.

Если угол между током и напряжением находится в диапазоне $\pm 75^\circ$ и $\pm 105^\circ$, то в качестве рассчитываемого параметра выбирается реактивная мощность, которая также показывается с учетом знака. В качестве дополнительного параметра выбирается $\text{tg}(\varphi)$, т.е. потери.

Если угол между током и напряжением находится в промежутках указанных диапазонов, то в качестве рассчитываемого параметра выбирается полная мощность.

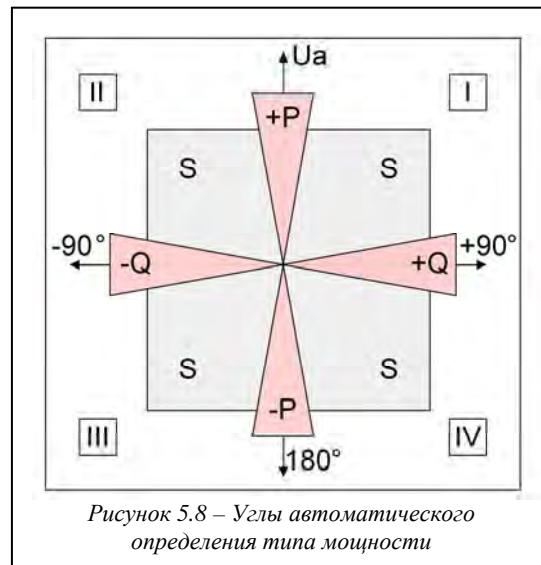


Рисунок 5.8 – Углы автоматического определения типа мощности

5.4 Расчетные параметры

В однофазном режиме, при подключении токовых клещей (только I1) и напряжения (только U1), можно получить информацию о полной, активной и реактивной мощности и сопротивлении, вычисленные по данным входного тока, напряжения и угла между ними.

Расчет ведется по формулам:

$$S = U1 \cdot I1 \text{ [B}\cdot\text{A]}; \quad P = S \cdot \cos(\varphi) \text{ [Bm]}; \quad Q = S \cdot \sin(\varphi) \text{ [Bap]}; \quad \text{Tg}(\varphi) = \frac{\sin(\varphi)}{\cos(\varphi)}$$

$$Z = U1 / I1; \quad R = Z \cdot \cos(\varphi); \quad X(L,C) = Z \cdot \sin(\varphi),$$

Где: S, P и Q – полная, активная и реактивная мощность;
Z, R и X – полное, активное и реактивное сопротивление [Ом];
 φ – угол между напряжением U1 (опора) и током I1.

Погрешность выполняемых расчетов мощности и сопротивления зависит от измерения входных параметров тока, напряжения и угла между ними. Так при номинальных уровнях вторичных сигналов (например, при напряжении 58 В, токе в 1 А и угле между ними не более $\pm 25^\circ$) типовая относительная погрешность расчета активной мощности и сопротивления не превышает 1 %. При малых входных величинах (менее 0,1 В и/или 0,1 А) эта погрешность может увеличиться до 5 %.

В трехфазном режиме, предоставляется информация о симметричных составляющих входных величин тока и напряжения. Расчет прямой (E1), обратной (E2) и нулевой (E0) последовательностей тока и напряжения выполняется по формулам:

$$E_1 = \frac{1}{3}(E_a + \alpha E_b + \alpha^2 E_c); \quad E_2 = \frac{1}{3}(E_a + \alpha^2 E_b + \alpha E_c); \quad E_0 = \frac{1}{3}(E_a + E_b + E_c),$$

Где: α – оператор поворота;

E_a , E_b и E_c – измеренные вектора напряжения или тока, по соответствующим фазам.

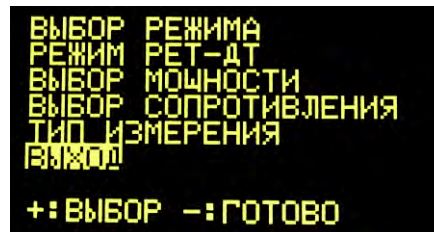
Вектор, умноженный на оператор поворота « α », поворачивается на 120° в положительном направлении, т.е. против часовой стрелки. Величина « α^2 » означает двойной поворот, т.е. на 240° , в положительном направлении.

6 Меню

Прибор имеет возможность настройки основных параметров через программное «*Меню*», которое имеет двухуровневую структуру. Первый уровень дает возможность выбора объекта настройки, а второй – выбор параметра.

«*Меню*» вызывается путем одновременного нажатия на две кнопки «*Режим*» и «*Фиксация*», и удержании их в нажатом состоянии в течение 1,5-2 с. Для навигации по меню используются те же две кнопки: для перебора разделов по строкам используется кнопка «*Режим*» (перебор выполняется по кругу); для выбора объекта или параметра надо нажать на кнопку «*Фиксация*». Для выхода из «*Меню*» необходимо выбрать «*Выход*» и нажать на кнопку «*Фиксация*».

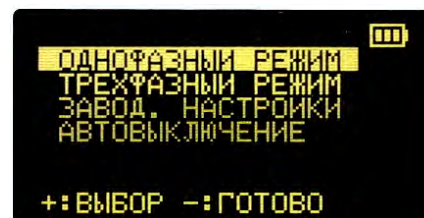
На экране появляется меню, которое позволяет перейти в подменю выбора режима работы прибора, выбрать режим работы с датчиком тока *РЕТ-ДТ*, выполнить настройку измерения *мощности* или *сопротивления*. Задать тип измерения. При входе в меню курсор стоит на последней позиции – «*Выход*».



Выбор режима имеет четыре подпункта: однофазный и трехфазный режимы работы прибора, установка заводских настроек и включение режима сохранения электроэнергии – «*Автовыключение*». Работа прибора в этих режимах будет описана ниже.

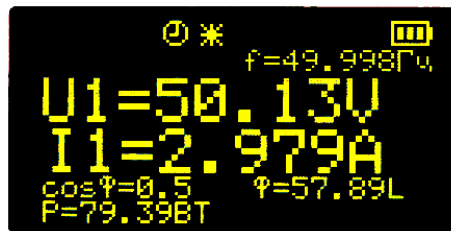
Режим *Заводские настройки* позволяет задать типовой режим работы прибора.

При включенном режиме *Автовыключение* прибор автоматически отключается через 10 минут работы. Состояние этого параметра индицируется в верхней части экрана в виде часиков.



Выбор мощности, позволяет выбрать тип параметра выводимого на экран индикатора:

- *Авто* – программа автоматически определяет, какой тип мощности выводить на индикатор, в зависимости от текущего значения фазового угла;
- *S, P, Q* – позволяет выполнить конкретный выбор мощности: полную – *S*; только активную – *P*, при этом на экране появится и текущее значение к.п.д, в виде $\cos\varphi$; или только реактивную – *Q*, при этом появятся еще и потери в виде $\text{tg}\varphi$;
- *Отменить* – отключает вывод параметра мощности на индикатор.



Выбор сопротивления, позволяет выбрать тип параметра выводимого на экран индикатора:

- *Авто* – программа автоматически определяет, какой тип сопротивления выводить на индикатор в зависимости от текущего значения фазового угла;
- *Z* - выбор полного сопротивления;
- *R* - выбор только активной части;
- *X* - выбор только реактивной части, при этом на экране появится еще его вид в зависимости от угла фазы: емкостное сопротивление (*XC*) или индуктивное (*XL*);
- *Отменить* – отключает вывод параметра сопротивления на индикатор.



Тип измерения задает метод цифровой обработки сигнала при измерении тока и напряжения: полноценный *RMS* или с включенным фильтром – «*1 Гармоника*».

7 Режимы работы прибора

Прибор имеет два основных режима работы: однофазный и трехфазный. Дополнительный режим измерения тока – «РЕТ-ДТ».

Выбор осуществляется через Меню. В каждом из них имеется несколько вариантов работы прибора.

7.1 Однофазный режим

В этом режиме выполняются все виды классических работ, при этом прибор переключается между ними автоматически. Меню позволяет расширить возможности прибора, подключив дополнительные функции.

7.1.1 Измерение постоянного и переменного напряжения

Основной канал, предназначенный для измерения постоянного и переменного напряжения – вход U1. Это основной канал измерения напряжения. Он имеет высокую чувствительность и несколько поддиапазонов измерения. Этот канал позволяет измерять напряжение переменного тока частотой от 40 до 80 Гц.

При измерении постоянного напряжения полярность не отображается.

Максимальная величина измеряемого напряжения – 750 В.

При измерении напряжения меньше 60 мВ включается индикаторный режим.

Только по этому входу выполняется вычисление частоты сигнала. В диапазоне напряжения от 60 до 600 мВ точность измерения частоты снижается с 0,01 до 0,1 Гц, а при напряжении менее 60 мВ измерение частоты прекращается.

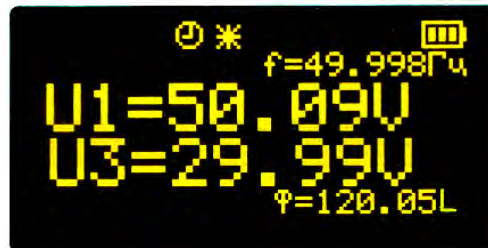
7.1.2 Одновременное измерение двух независимых, в том числе и гальванически развязанных, напряжений и угла между ними

Для измерения двух разных напряжений используется основной вход U1 и дополнительный - U3.

Строка со значением фазового угла между U1 и U3 автоматически появляется только при условии, что на обоих входах напряжение превышает 0,06 В.

Фазовый угол корректно измеряется только при условии, что оба сигнала имеют одинаковую частоту. В противном случае значение фазы будет постоянно меняться.

Данный режим можно использовать при проверках небольших трансформаторов напряжения (определение коэффициента трансформации), а также для определения падения напряжения на нагрузке.



7.1.3 Измерение переменного тока при помощи токовых клещей

Используется основной вход – I1.

При подключении токовых клещей ко входу I1, программа автоматически распознает их тип и во втором поле выводит параметр тока – I1.

Строка со значением фазового угла между U1 и I1 появляется только при условии, что напряжение превышает 0,06 В, а ток – 0,04 А.

Фазовый угол между током и напряжением измеряется только при условии, что оба сигнала имеют одинаковую частоту. В противном случае значение фазы будет постоянно меняться.



В этом режиме, на индикатор, можно вывести еще расчет значения мощности или сопротивления. Они выполняются по измеренным значениям тока и напряжения на входах U1 и I1 и угла между ними. Выбор варианта дополнительных параметров осуществляется в меню.

Значение мощности может быть представлено в виде полной, активной или реактивной составляющей. Дополнительно, для активной мощности, выводится $\cos\phi$, а для реактивной - $\operatorname{tg}\phi$.

Значение сопротивления может быть представлено в виде полной, активной или реактивной, с учетом знака, составляющей.

Схемы подключения представлены в Приложении Б на рисунках Б.1, Б.2, Б.3.

7.1.4 Одновременное измерение двух токов

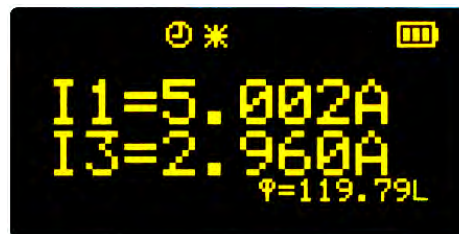
Для одновременного измерения двух разных токов используется основной вход I1 и дополнительный I3.

При подключении токовых клещей ко входам I1 и I3, программа автоматически распознает их тип и в первом поле выводит параметр I1, а во втором поле выводит параметр тока I3.

Строка со значением фазового угла между I1 и I3 появляется только при условии, что оба тока превышают 0,04 А.

Фазовый угол между двумя токами измеряется только при условии, что они оба имеют одинаковую частоту. В противном случае значение фазы будет постоянно меняться.

Данный режим удобен при проверках трансформаторов тока (определение коэффициента трансформации и фазового сдвига между обмотками). Схема подключения представлена в Приложении Б на рисунке Б.4.



ВНИМАНИЕ! С экрана индикатора исчезает параметр частота, так как она измеряется только по каналу U1.

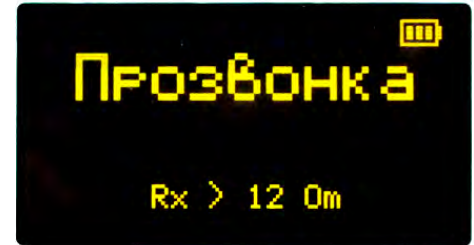
7.1.5 Проверка целостности проводников

Для проверки целостности проводников или цепей в приборе имеется режим ПРОЗВОНКА. Для переключения в него, необходимо нажать на кнопку *РЕЖИМ*, переключение происходит по кругу.

Для работы в режиме ПРОЗВОНКА используется вход U2. На клеммы, через ограничитель тока, периодически слышно как работает реле, подается напряжение со встроенного аккумулятора и контролируется выходное напряжение.

Если это напряжение маленькое, то считается, что выводы практически закорочены и на индикаторе показывается сопротивление в контрольной цепи меньше 12 Ом и, наоборот, при большом напряжении - присутствует разрыв, следовательно, на экране сопротивление больше 12 Ом.

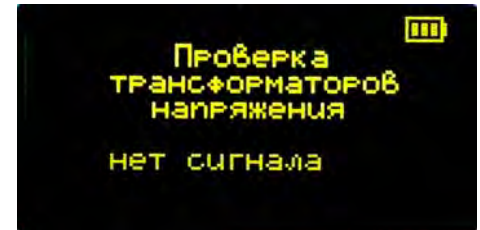
Программа автоматически распознает наличие внешнего напряжения, выводит на экран предупреждающее сообщение и блокирует проверку.



7.1.6 Определение полярности обмоток трансформаторов напряжения

Эта функция предназначена для определения концов обмоток различных трансформаторов напряжения и статорных обмоток асинхронных двигателей. Для вызова этой функции необходимо в однофазном режиме, нажимая на кнопку *РЕЖИМ*, переключить работу прибора в положение ПРОВЕРКА ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ.

В схеме проверки участвуют вход U2, как генератор импульсов, которые подаются на первичную обмотку, и вход U3, как измеритель наведенного напряжения на вторичной обмотке.



Подключать следует в соответствии со схемой, показанной в Приложении Б на рисунке Б.5 (звездочка «*» к звездочке «*»).

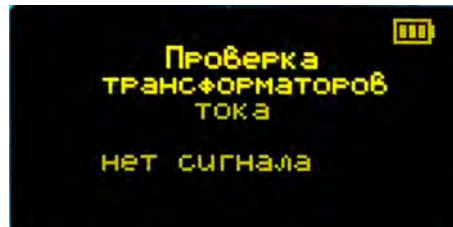
Прибор начинает работать сразу при выборе режима и на экране высвечивается результат:

- «нет сигнала» – если трансформатор не подключен или не хватает мощности тестового сигнала с выхода прибора, необходимой для наведения на вторичной обмотке трансформатора напряжения достаточного для анализа уровня;
- «прямое» – при прямом соединении обмоток;
- «обратное» – при обратном соединении обмоток.

ВНИМАНИЕ! Программа автоматически распознает наличие внешнего напряжения, выводит на экран предупреждающее сообщение и блокирует проверку.

7.1.7 Определение полярности обмоток трансформаторов тока

Эта функция предназначена для определения концов обмоток маломощных трансформаторов тока (класс до 400/5 при полной зарядке аккумулятора). Для вызова этой функции необходимо в однофазном режиме, нажимая на кнопку *РЕЖИМ*, переключить работу прибора в положение ПРОВЕРКА ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА.



В схеме проверки участвуют вход U2, как генератор импульсов, которые подаются на первичную обмотку, и вход U3, как измеритель наведенного сигнала на вторичной обмотке.

Подключать проверяемый трансформатор следует в соответствии со схемой, аналогичной проверке трансформаторов напряжения и показанной в Приложении Б на рисунке Б.5 (звездочка «*» к звездочке «*»).

Прибор начинает работать сразу при выборе режима и на экране высвечивается результат:

- «прямое» – при прямом соединении обмоток;
- «обратное» – при обратном соединении обмоток;

- «нет сигнала» - если трансформатор не подключен или если не хватает мощности тестового сигнала.

ВНИМАНИЕ!

Прибор имеет небольшую величину тестового сигнала (амплитуда импульса не превышает 100 мА), что для некоторых трансформаторов, с большой кратностью и большой мощности, может оказаться меньше порога их чувствительности. В этом случае на вторичной обмотке практически отсутствует наведенное напряжение, и прибор не определит полярность. Для таких трансформаторов рекомендуется выполнить проверку классическим методом с помощью внешнего источника переменного тока по схеме, показанной на рисунке Б.3. Прибор должен работать в однофазном режиме (см. 7.1.4). Полярность концов определяют по фазометру, при правильном подключении токовых клещей. Если угол около нуля, то – «прямое», если около 180°, то – «обратное». Дополнительно можно измерить коэффициент трансформации.

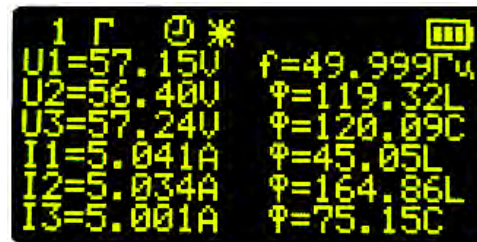
7.2 Трехфазный режим

7.2.1 Снятие полной векторной диаграммы

Эта функция позволяет очень просто, одним подключением, снять полную векторную диаграмму трех фаз напряжения и трех фаз тока.

В измерении участвуют все входы: U1, U2, U3 и токовые клещи подключенные к входам I1, I2 и I3.

В схеме подключения, представленной в Приложении Б на рисунке Б.1, красный вход U1 подключается к фазе напряжения «А», U2 – «В» и U3 – «С», а их черные выводы объединяются и подключаются к нулевому проводу «N». Токовые клещи, подключенные к входу I1, охватывают провод, по которому протекает ток фазы «А», I2 - «В», I3 – «С». При этом необходимо



соблюдать правильное положение клещей, в противном случае фазовый угол будет повернут на 180 градусов. Расчет всех углов идет от фазы напряжения «А».

ВНИМАНИЕ!

- Напряжения можно измерять и в трехфазной сети без нулевого провода, но для этого используется подключение «треугольником» и измеренные значения напряжения будут линейными.
- В этом режиме прибор отображает все значения тока, напряжения и углов, даже если входные параметры ниже гарантированного порога измерения. Необходимо помнить, что в этом случае погрешность измерения угла по току сильно увеличивается, доходя до нескольких градусов из-за особенностей работы токовых клещей при малых сигналах.

7.2.2 Вычисления симметричных составляющих

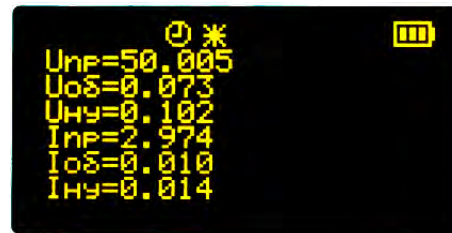
Это дополнительный режим работы с трехфазным сигналом. Прибор отображает все значения симметричных составляющих сигнала: прямая - $U_{пр}$ и $I_{пр}$, обратная - $U_{об}$ и $I_{об}$ и нулевая - $U_{ну}$ и $I_{ну}$ последовательности тока и напряжения.

Прибор рассчитывает их по измеренным значениям векторной диаграммы тока и напряжения.

Для перехода в эту функцию из трехфазного режима нажимаем на кнопку **РЕЖИМ** и переключаем работу прибора в положение вывода симметричных составляющих.

Повторное нажатие на кнопку **РЕЖИМ** возвращает работу прибора в снятие векторной диаграммы.

ВНИМАНИЕ! Обозначение составляющих отличается от общепринятых: $U_1, U_2, U_0, I_1, I_2, I_0$, так как они переключаются с названиями входов прибора, что может привести к ошибке в записи параметров.



7.3 Измерение переменного тока с помощью датчика тока РЕТ-ДТ

Для измерения больших величин тока можно подключить ко входу U3 любые токовые клещи, имеющие на выходе напряжение. Мы предлагаем использовать датчики РЕТ-ДТ, которые могут быть подключены ко входам I1, I2 и I3. Подключение датчиков показано на рисунке 7.1.

Перед работой на датчике необходимо установить предел измерения: 30, 300, 3000, 30000 А.

В меню программы необходимо задать количество используемых датчиков. Программа сама определит установленный предел и на индикатор выведет истинное значение тока.

ВНИМАНИЕ!

Если используется только один датчик то его можно подключить только ко входу I1. Если используются два, то подключать ко входам I1 и I3.

Этот пункт предназначен для специального исполнения преобразователей РЕТ-ДТ, оборудованных разъемом типа «JACK». Обычные преобразователи следует подключать к U3 или U1.



Рисунок 7.1 – РЕТОМЕТР-М2 с блоками РЕТ-ДТ

8 Калибровка

Режим служит для калибровки метрологических параметров прибора и применяется в процессе производства. Изменение этих параметров может привести к ухудшению метрологических характеристик и неправильной работе прибора. Вход в данный режим защищен паролем и для рядового пользователя недоступен.

Работа выполняется на предприятии изготовителе в соответствии с инструкцией по калибровке БРГА.411259.006 И2.

9 Транспортная сумка

В комплект прибора входит транспортная сумка. В ней имеется основной отсек, разделенный на четыре части, наружный карман, карман во внутренней стороне верхнего клапана и ремень. Сумка и наружный карман закрываются на молнию. Ремень регулируется по длине.

В основном отсеке размещаются: прибор, три клещевые приставки, измерительные кабели, наконечники и сетевой адаптер. Наружный карман предназначен для хранения разной мелочи. В крышке сумки вшиты стальные пластины для крепления прибора на магнитах, а в кармане размещается инструкция.

Прибор имеет свой защитный чехол, в основание которого вшиты два магнита для крепления прибора к металлической поверхности: шкаф, панель (рисунок 9.1а) или крышка сумки (рисунок 9.1б).



Рисунок 9.1 – Варианты крепления прибора

10 Обслуживание аккумулятора

В приборе применен литий-ионный аккумулятор (Li-ion). Подзарядка происходит через сетевой адаптер, при этом индикатор заряда светит красным цветом. Процесс зарядки контролирует сам прибор. Прибор может быть включен в сеть, на неограниченно долгое время без какой-либо опасности повреждения аккумулятора.

Необходимо знать следующие особенности эксплуатации прибора:

1) Перед началом работы необходимо полностью зарядить аккумулятор. Первый заряд может и не обеспечить паспортной емкости аккумулятора. Это явление исчезает после нескольких циклов «заряд-разряд».

2) Аккумулятор не имеет эффекта «памяти», поэтому заряжать можно в любое время. Обычно гарантируется время жизни более 500 циклов «заряд-разряд». Более реалистично рассчитывать на 400 циклов, в зависимости от условий эксплуатации.

3) Аккумулятор имеет саморазряд, составляющий 2-5 % в месяц, поэтому не допускайте длительное хранение аккумулятора в разряженном состоянии, это может привести к разрушению.

4) Индикатором состояния аккумулятора служит напряжение на холостом ходу: если он полностью заряжен, то присутствует напряжение 4,1...4,2 В; если полностью разряжен, то – 2,9...3,0 В.

11 Поверка и испытания в эксплуатации

Прибор, находящийся в эксплуатации, должен проходить периодическую поверку. Очередной срок поверки устанавливается потребителем исходя из интенсивности использования прибора, но не реже 1 раза в 2 года.

Поверка прибора производится в соответствии с методикой поверки БРГА.411259.006 МП.

12 Возможные неисправности и способы их устранения

Таблица 12.1

Возможные неисправности	Вероятная причина	Способ устранения
При включенном приборе ничего не отображается на дисплее	- аккумулятор разрядился сверх допустимого (ниже 2,8 В)	- зарядить аккумулятор
Показания прибора "скачут"	- нетиповой сигнал (например, сигнал шумового характера, сигнал от высокоомного источника) – некорректная схема измерений	- убедиться с помощью осциллографа, что сигнал стабилен по значению, имеет частоту около 50 Гц - проверить схему подключения прибора

13 Правила хранения и транспортирования

Приборы до ввода в эксплуатацию следует хранить в помещении при температуре окружающего воздуха от 5 до 40 °С и относительной влажности до 80 % при температуре 25 °С.

В помещении для хранения содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других примесей, вызывающих коррозию, не должно превышать содержания коррозионно-активных агентов атмосферы типа I по ГОСТ 15150-69.

Приборы транспортировать в закрытых транспортных средствах любого вида. При транспортировании самолетом приборы должны быть размещены в отапливаемых герметизированных отсеках.

Условия транспортирования в части воздействия механических факторов – по ГОСТ 22261-94, в части воздействия климатических факторов – 5 (ОЖ4) по ГОСТ 15150-69.

14 Сведения об утилизации

Материалы и комплектующие, используемые при изготовлении прибора, не оказывают вредного влияния на окружающую среду. Требования обеспечиваются схемотехническими решениями и конструкцией прибора.

Изношенный Li-ion аккумулятор не содержит токсичных веществ.

Приложение А

Графики зависимости погрешностей прибора от величины входного сигнала

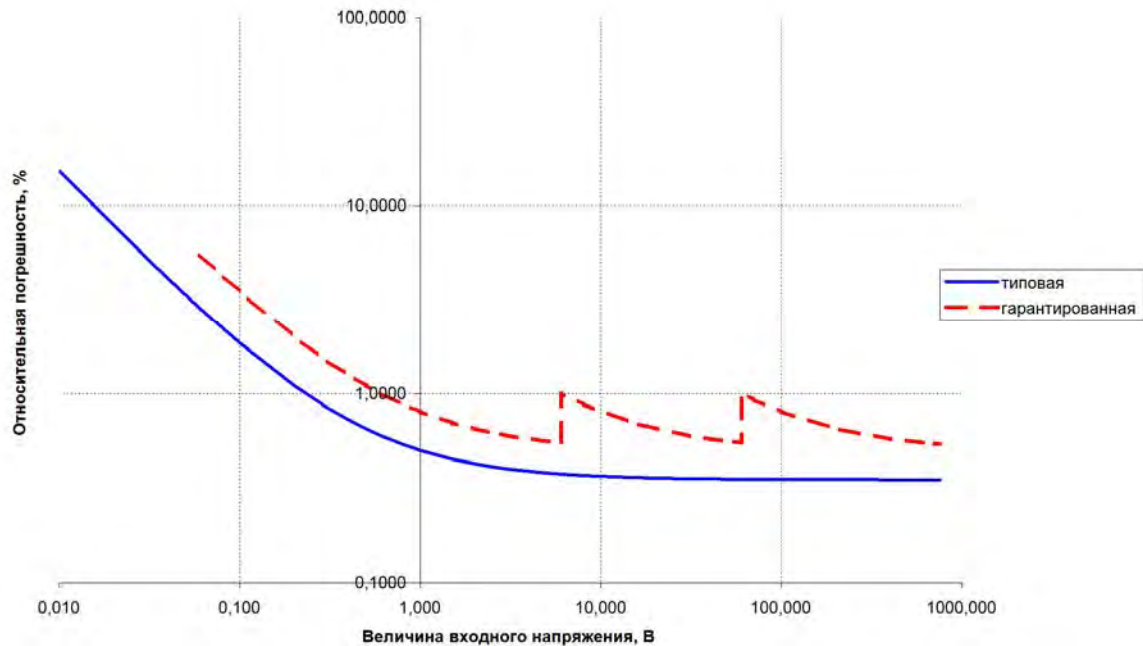


Рисунок А.1 – Гарантированная и типовая относительная погрешность измерения переменного напряжения

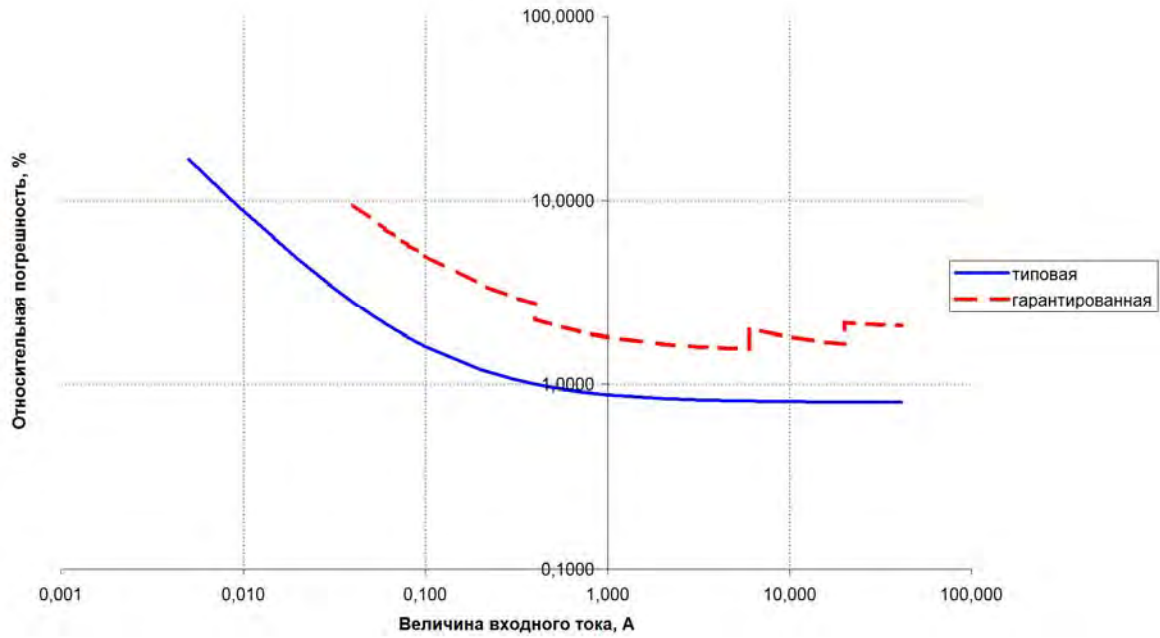


Рисунок А.2 – Гарантированная и типовая относительная погрешность измерения переменного тока

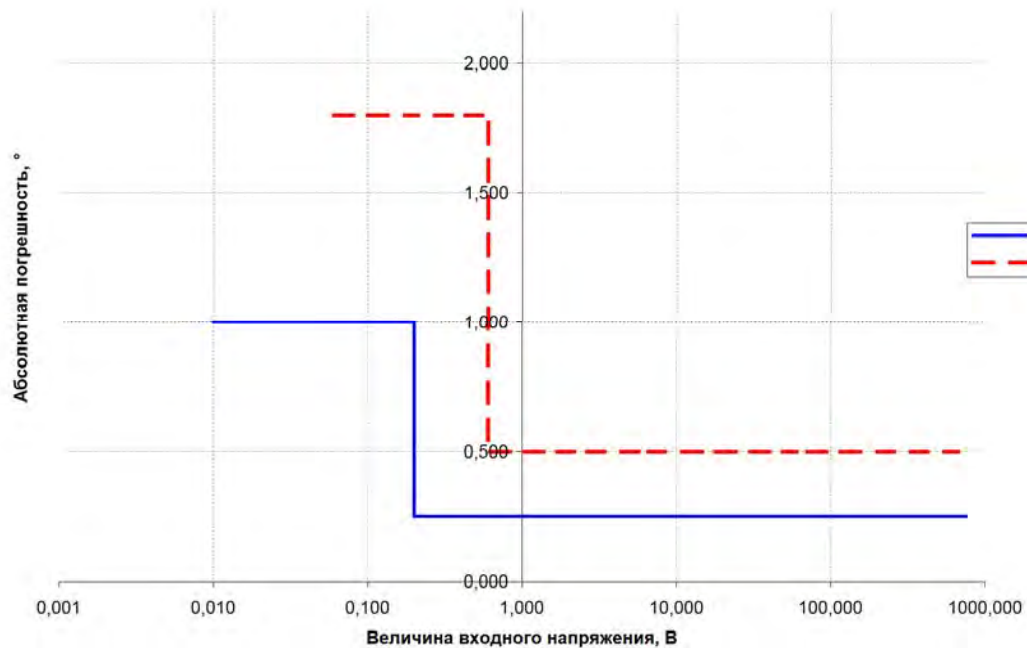


Рисунок А.3 – Гарантированная и типовая абсолютная погрешность измерения угла сдвига фаз между каналами напряжения

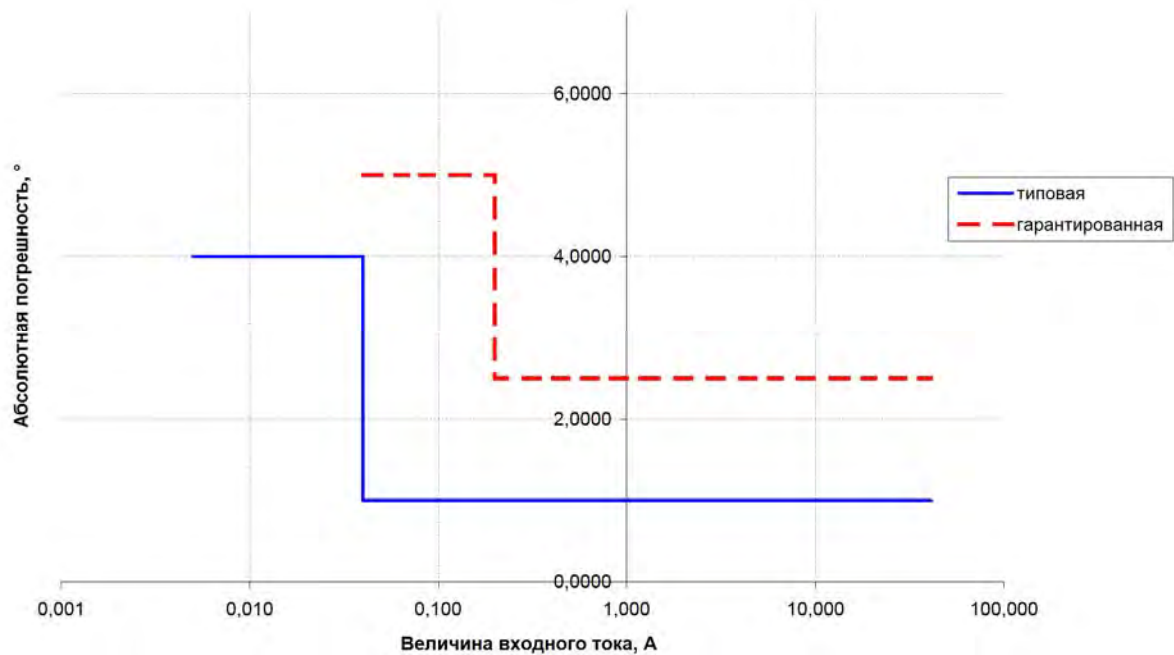


Рисунок А.4 – Гарантированная и типовая абсолютная погрешность измерения угла сдвига фаз между каналами тока

Приложение Б

Схемы подключения прибора

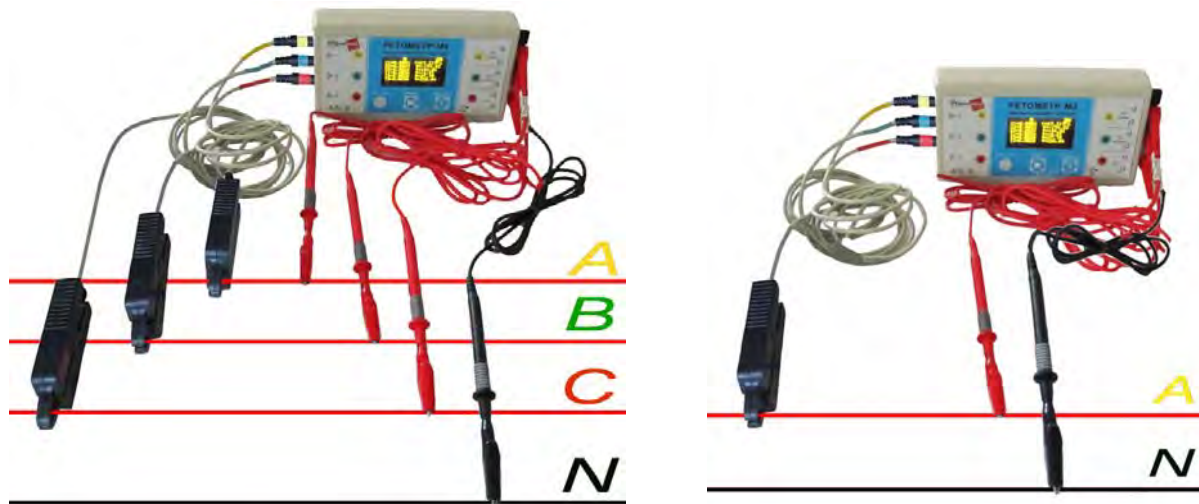


Рисунок Б.1 – Схема подключения к трехфазной и однофазной сети

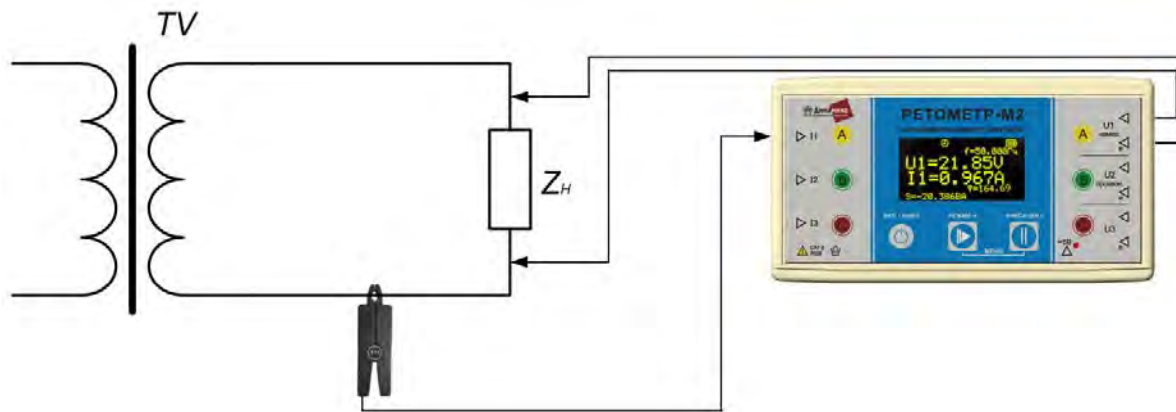
ВНИМАНИЕ!

- В схеме подключения к трехфазной системе, три черных входа каналов напряжения объединены на один черный провод.
- Отсутствие нулевого провода может привести к неверным результатам измерения.
- При отсутствии нулевого провода используется схема подключения треугольником на линейное напряжение.



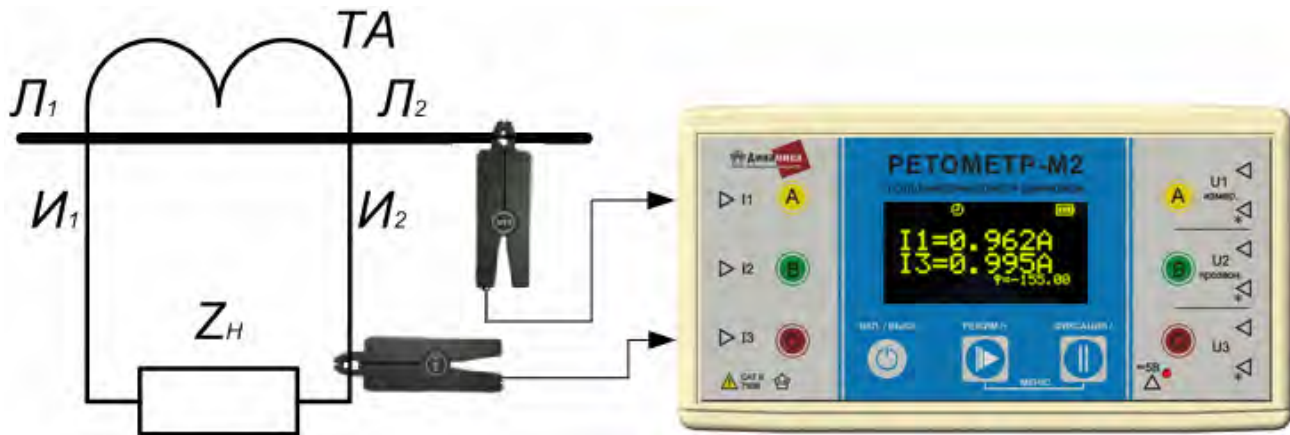
ТА – трансформатор тока;
 Z_H – сопротивление нагрузки

Рисунок Б.2 – Схема измерения мощности потребления и сопротивления нагрузки вторичных цепей трансформаторов тока и напряжения



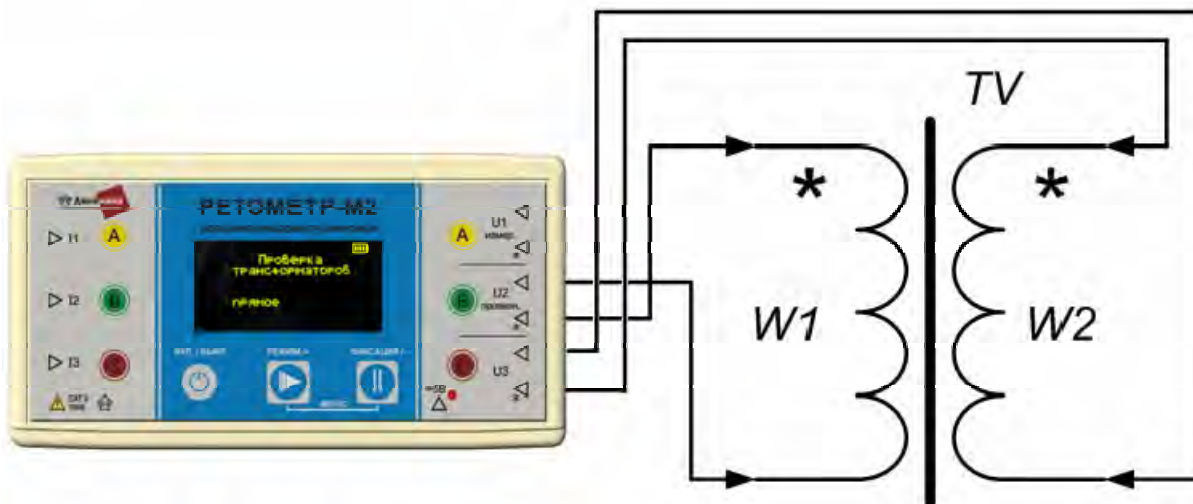
TV – трансформатор напряжения;
 Z_H – сопротивление нагрузки

Рисунок Б.3 – Схема измерения мощности нагрузки вторичных цепей трансформаторов напряжения



ТА – трансформатор тока;
 Z_H – сопротивление нагрузки

Рисунок Б.4 – Схема определения полярности обмоток, коэффициента трансформации и фазового сдвига между обмотками трансформатора тока



TV – трансформатор напряжения

Рисунок Б.5 – Подключение прибора для проверки полярности обмоток трансформатора

ВНИМАНИЕ!

- По этой схеме проверяются и трансформаторы тока, но из-за ограниченной мощности внутреннего источника проверяются только трансформаторы малой габаритной мощностью до 10 ВА. Для проверки трансформаторов большей мощности необходимо использовать стандартную схему с внешним источником.