Р Е К О М Е Н Д А Ц И Я

Государственная система обеспечения единства измерений

ИЗМЕРИТЕЛИ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ (ФАЗОМЕТРЫ)

Методика поверки

МИ 2009–89

Государственный комитет СССР по стандартам

Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.317

РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

ИЗМЕРИТЕЛИ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ (ФАЗОМЕТРЫ)

Методика поверки

МИ 2009-89

Взамен инструкции I94-62

Введена в действие с 01.90

Настоящая рекомендация распространяется на одно- и трехфазные средства измерения коэффициента мощности (фазометры), предназначенные для измерения коэффициента мощности и эквивалентного ему угла сдвига фаз между током и напряжением (в дальнейшем ИКМ), классов точности (в дальнейшем кл.т.) 0,2 – 4 в диапазоне частот (40 – 20000) Гц, соответствующие ГОСТ 8039-79, публикации МЭК 51-5 (1985) и СТ СЭВ 788-77 в соответствии с государственной поверочной схемой по ГОСТ 8.551-86, и устанавливают методы и средства их первичной и периодической поверки.

Основные характеристики серийно выпускаемых, а также находящихся в эксплуатации отечественных измерителей коэффициента мощности (фазометров), на которые распространяется настоящая рекомендация, приведены в приложении I.

I. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции, указанные в таблице I.

Таблица I

Наименование операции	Номер пункта документа при поверке	Проведение операции при первичной поверке	Проведение операции при периодической поверке
I	2	3	4
Внешний осмотр	6.I	Да	Да
Опробование	6.2	Да	Да

Продолжение таблицы I

I	2	3	4
Проверка влияния наклона	6.3	Да	Да
Проверка времени успокоения	6.4	Да	Нет
Определение остаточного отклонения указателя	6.5	Да	Нет
Определение основной погрешности	6.6	Да	Да
Проверка вариации показаний	6.7	Да	Да

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При проведении поверки с использованием одного из вариантов метода непосредственного сличения поверяемого ИКМ с ОСИ должны применяться следующие образцовые средства.

2.1.1. Сличение с образцовым ИКМ (поверка ИКМ кл.т. 0,5 и ниже в диапазоне частот 40 Гц – 20 кГц):

фазометры кл.т. 0,1 – 0,2;

индикаторы квадратуры с погрешностью индикации 90-градусного сдвига фаз между током и напряжением не более $\pm$ I8′.

2.1.2. Сличение с образцовым электронным фазометром (поверка ИКМ кл.т. 0,2 и ниже в диапазоне частот 40 Гц – 20 кГц):

электронные фазометры (ЭФ) с основной погрешностью

$$\Delta\varphi_{эф} \leq 0{,}1 \cdot КР \text{ (град)};$$

комплекты ОДН с фазовой погрешностью

$$\Delta\varphi_{дн} \leq 0{,}1 \cdot КР \text{ (град)};$$

комплекты ПТН с постоянной времени не более

$$\tau_{птн} \leq \frac{3 \cdot КР \cdot 10^{-3}}{f}, \text{ (сек)},$$

где f – частота, на которой производится поверка, Гц;

комбинированные поверочные установки I и II разрядов, в которых перечисленные в данном пункте, а также в п.2.3 средства конструктивно совмещены и выполнены в виде одного автономного устройства.

Примечание:

1. Номинальные коэффициенты деления ОДН и преобразования ПНТ должны обеспечивать на своих выходах одинаковые по величине напряжения в пределах (0,1 – 1)В, при условии рассеяния при этом номинальной мощности.

2. В зависимости от имеющихся образцовых средств могут устанавливаться другие соотношения между допускаемыми погрешностями КФ, ОДН и ПТН с тем условием, чтобы их суммарная угловая погрешность не превышала 1/3 предела допускаемой угловой погрешности поверяемого ИФМ.

2.1.3. Сличение с расчетной цепью (поверка ИФМ кл.т. 0,5 и ниже в диапазоне частот (40 – 60)Гц:

магазины емкостей кл.т. 0,02 и 0,05 с угловой погрешностью $\delta_c \leq 0{,}35'$;

магазины сопротивлений кл.т. 0,05 с постоянной времени $\tau_R \leq 5 \cdot 10^{-6}$ сек;

преобразователи "ток–напряжение" с постоянной времени не более $1 \cdot 10^{-6}$;

нуль-индикаторы с разрешением по фазе не хуже $1'$.

2.1.4. Сличение с мерой (поверка ИФМ кл.т. 0,2 – 4 в диапазоне частот 40 Гц – 20 кГц):

калибраторы угла сдвига фаз (КФ) с погрешностью

$\Delta\varphi_{кф} \leq 0{,}1 К Р$ (град.);

где К – класс точности поверяемого ИФМ, отн.ед.;

Р – коэффициент, численно равный полному размаху шкалы ИФМ (но не более 160°), град;

комплекты делителей напряжения (ОДН) с фазовой погрешностью

$\Delta\varphi_{дн} \leq 0{,}1 К Р$ (град);

комплекты преобразователей "ток–напряжение" (ПТН) с постоянной времени не более

$$\tau_{пт} \leq \frac{3 К Р \cdot 10^{-3}}{f}, \text{ (сек)}.$$

Примечание. Аналогично примечаниям 1,2, приведенным в п.2.1.2.

2.2. При проведении поверки с использованием одного из вариантов расчетно–экспериментального (энергетического) метода должны применяться следующие образцовые средства.

2.2.I. При поверке однофазных ИЭМ кл.т. (I,5 – 4) в диапазоне частот (40–60) Гц:

ваттметры и варметры или ваттварметры кл.т. 0,I – 0,5;

дифференциальные ваттметры кл.т. 0,I – 0,2.

2.3. При проведении поверки ИЭМ должны также использоваться следующие вспомогательные средства:

двухканальные генераторы с регулируемым с разрешением $(I–I0)^{\circ}$ в пределах $(0–360)^{\circ}$ сдвигом фаз между выходными сигналами тока до I0 А и напряжения до 600 В, с искажениями формы не более 2% в диапазоне частот 40 Гц – 20 кГц;

Примечание. Возможно использование автономных усилителей, формирующих сигналы тока и напряжения с указанными значениями, и круговых фазовращателей, работающих в данном диапазоне частот.

двухканальные генераторы с регулируемым с разрешением $(I–I0)^{\circ}$ в пределах $(0–I20)^{\circ}$ сдвигом фаз между трехфазными системами тока до 6 А и напряжения до 380 В, с искажениями формы не более 2% в диапазоне частот (40 – 500) Гц;

ваттметры кл.т. I–2,5 с возможностью измерения тока до I0 А в диапазоне частот до 20 кГц;

вольтметры кл.т. I–2,5 с возможностью измерения напряжения до 600 В в диапазоне частот до 20 кГц;

секундомер по ГОСТ 5072–79.

2.4. На все применяемые средства поверки должны быть документы о поверке или метрологической аттестации.

2.5. Работы со средствами поверки и поверяемыми средствами измерений выполняются в соответствии с их техническими описаниями и инструкциями по эксплуатации.

2.6. Основные характеристики перечисленных в данном разделе образцовых и вспомогательных средств приведены в приложении 2.

2.7. Допускается использовать другие образцовые и вспомогательные средства при условии обеспечения необходимой точности поверки.

3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности по ГОСТ 22261-82, а так же утвержденных Госэнергонадзором "Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей".

4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

Если нет особых указаний, при поверке должны быть соблюдены нормальные условия по ГОСТ 8.395-80, ГОСТ 22261-82, а также указанные в пп.1.9, 1.14 ГОСТ 8039-79.

5. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

5.1. Образцовые, поверяемые и вспомогательные средства подготавливают к работе в соответствии с их технической документацией.

5.2. ИКМ устанавливается в рабочее положение. Если рабочее положение не указано, ИКМ должен поверяться при двух положениях шкалы: горизонтальном и вертикальном.

5.3. В ИКМ с механическим противодействующим моментом при наличии корректора указатель устанавливается на нулевую отметку.

5.4. Перед проведением поверки поверяемый ИКМ должен быть прогрет в соответствии с п.1.14.22 ГОСТ 8039-79 при номинальном напряжении в течение времени предварительного прогрева, т.е. времени между подключением поверяемого ИКМ в цепь и определением основной погрешности, и значении тока, приведенном в таблице 2.

Таблица 2

Класс точности ИКМ	Условия предварительного прогрева		
	Напряжение в % от номинального (действит.)	Ток в % от номинального (действ.)	Время предварит. прогрева, мин.
0,2	100	80	10-30
0,5-4	100	80	5-15

6. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

Поверка ИКИ должна выполняться государственной ...ли ведомственной метрологическими службами.

6.1. Внешний осмотр

6.1.1. При внешнем осмотре устанавливается соответствие поверяемого ИКИ следующим требованиям:

ИКИ не должен иметь механических повреждений или неисправностей регулировочных и соединительных элементов или других внешних дефектов, влияющих на его нормальную работу или ухудшающих его внешний вид;

к ИКИ должна быть приложена техническая документация. Поверяемый ИКИ должен быть укомплектован (кроме ЗИП) в соответствии с данной технической документацией;

Примечание. ИКИ, используемые в качестве образцовых, на периодическую поверку представляются со свидетельством о предыдущей поверке.

маркировка ИКИ должна соответствовать требованиям ГОСТ 22261-82, ГОСТ 8029-79 и его технической документации.

6.1.2. При несоответствии ИКИ пункту 6.1.1 его бракуют и поверку прекращают.

6.2. Опробование

При опробовании проверяют работоспособность ИКИ в соответствии его технической документацией.

При этом в соответствии со структурной схемой, приведенной на рис.1, поверяемый ИКИ подключают к двухканальному источнику (ДКИ) тока (системы токов) и напряжения (системы напряжений), устанавливают номинальное значение напряжения и в зависимости от группы, к которой относится ИКИ по ГОСТ 22261-82, следующее значение тока:

0,4 номинального – для переносных ИКИ 2-4 групп,

0,5 номинального – для переносных ИКИ 5-7 групп и щитовых ИКИ 7 групп. Затем, изменяя угол сдвига фаз между токами (системами

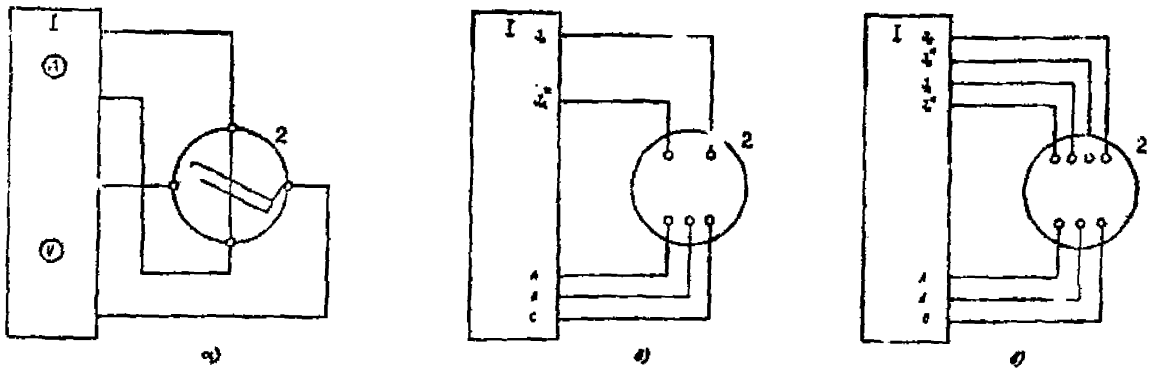


Рис. I. Схемы установок для проведения опробования ИКМ

а) – для однофазных ИКМ
б) – для трехфазных ИКМ с одной токовой цепью
в) – для трехфазных ИКМ с двумя токовыми цепями
I – двухканальный источник систем токов и напряжений
2 – поверяемый ИКМ

(токов) и напряжением (системами напряжений), проверяют плавность перемещения указателя ИКМ и возможность установки его в любую точку шкалы.

6.3. Определение дополнительной погрешности, вызванной изменением положения ИКМ от нормального

Поверяемый ИКМ подключают в соответствии с п.6.2 к выходам двухканального источника тока (системы токов) и напряжения (система напряжений), устанавливают значение напряжения и тока, оговоренные там же.

Определение дополнительной погрешности (изменения показаний ИКМ), вызванной (вызванного) отклонением его положения от нормального, производится при изменении положения ИКМ поочередно в четырех направлениях (вперед, назад, вправо, влево) при установке с помощью изменения угла сдвига фаз между током и напряжением – для однофазных ИКМ и системами токов и напряжения – для трехфазных ИКМ указателя поверяемого ИКМ на нулевую и максимальные отметки шкалы.

Изменение показаний ИКМ оценивают в мм, причем результатом считается большее из полученных значений.

6.4. Определение времени установления показаний.

6.4.1. Определение времени установления показаний для ИКМ с механическим противодействующим моментом.

Поверяемый ИКМ подключают к выходам ДКИ в соответствии с п.6.2.

С помощью изменения угла сдвига фаз между током и напряжением устанавливают указатель поверяемого ИКМ на отметку, отстоящую от отметки $\cos\varphi = 1$ ($\varphi = 0$) приблизительно на две трети шкалы (если данная отметка находится внутри шкалы, то за длину шкалы принимается ее половина – при симметричной шкале, и ее более длинная часть – при несимметричной шкале).

Отключают цепь напряжения ИКМ и ждут, пока указатель установится в соответствующее положение.

Одновременно включают цепь напряжения и секундомер.

За время успокоения принимают время, в течение которого удаление указателя ИКМ от установившегося положения уменьшится до 1,5% от длины шкалы.

6.4.1 Определение времени успокоения для ИКМ без механического противодействующего момента.

Поверяемый ИКМ подключают к ДКИ в соответствии с п.6.2.

Регулируя угол сдвига фаз между током и напряжением, по шкале поверяемого ИКМ устанавливают значение $\cos\varphi=1$ ($\varphi=0$) и замечают, в каком положении находится при этом ручка фазовращателя (фазорегулятора).

Поворачивая ручку фазовращателя (фазорегулятора), устанавливают указатель ИКМ на отметку шкалы, отстоящую от отметки $\cos\varphi=1$ ($\varphi=0$) на две трети ее длины.

Отключают цепь напряжения ИКМ.

Ручку фазовращателя ДКИ возвращают в нулевое положение.

Одновременно включают цепь напряжения ИКМ и секундомер.

За время успокоения принимают время, в течении которого удаление указателя ИКМ от установившегося положения уменьшится до 1,5% от длины шкалы.

6.5. Определение остаточного отклонения

Определение остаточного отклонения (невозвращения указателя к отметке механического нуля) для ИКМ с механическим противодействующим моментом выполняется при плавном подводе указателя ИКМ к его нулевой отметке от наиболее удаленной от нее отметки шкалы.

Для этого поверяемый ИКМ подключают к выходам ДКИ в соответствии с п.6.2.

Регулируя сдвиг фаз между выходными сигналами ДКИ, устанавливают указатель ИКМ на отметку, наиболее удаленную от отметки механического нуля.

Плавно уменьшая сдвиг фаз между током и напряжением или увель-

шая величины тока или (и) напряжения до нуля, по положению указателя ИКМ определяют величину его остаточного отклонения.

6.6. Определение основной погрешности

6.6.1. Определение основной погрешности ИКМ с использованием мер или непосредственного сличения с ОСИ.

6.6.1.1. Сличение с образцовым ИКМ (поверка однофазных ИКМ кл.т. 0,5–4 в диапазоне частот 40 Гц – 20 кГц, трехфазных ИКМ кл.т. 2,5–4 в диапазоне частот (40–500)Гц.

Собирают поверочную установку в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2а – для однофазных ИКМ и на рис. 2б,в – для трехфазных ИКМ.

Устанавливают номинальное напряжение (систему напряжений).

Устанавливают в соответствии с п.6.2 ток (систему токов).

Регулируя угол сдвига фаз между током (системой токов) и напряжением (системой напряжений), устанавливают поверяемый ИКМ на поверяемую отметку шкалы и по образцовому прибору отсчитывают погрешность поверяемого ИКМ.

Примечание. Допускается отсчитывать погрешность поверяемого ИКМ по его же шкале, устанавливая при этом указатель образцового ИКМ на отметку, соответствующую поверяемой отметке шкалы.

6.6.1.2. Сличение с образцовым электронным фазометром (поверка ИКМ кл.т. 0,2 и ниже в диапазоне частот 40 Гц – 20 кГц.

Собирают поверочную установку в соответствии со схемой, приведенной на рис. 3.

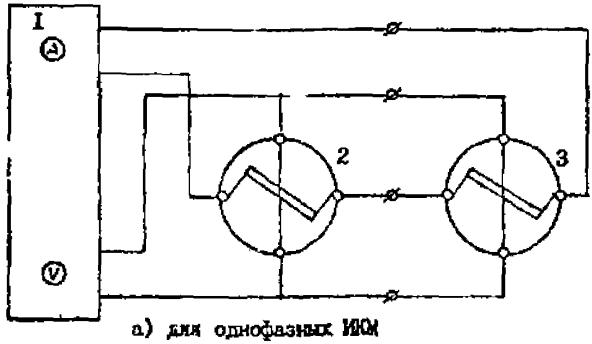
Устанавливают номинальное напряжение.

Устанавливают в соответствии с п.6.2 ток.

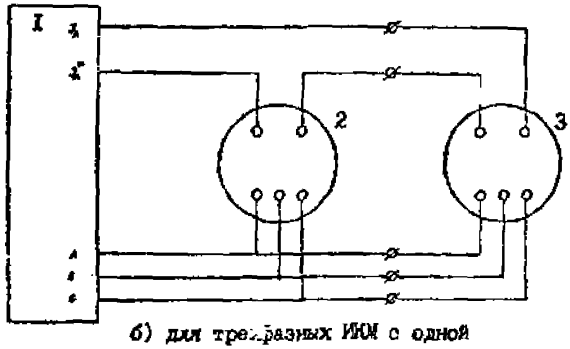
Регулируя угол сдвига фаз между током и напряжением, устанавливают поверяемый ИКМ на поверяемую отметку шкалы и по образцовому электронному фазометру отсчитывают погрешность поверяемого ИКМ.

6.6.1.3. Сличение с образцовой расчетной фазозадающей цепью.

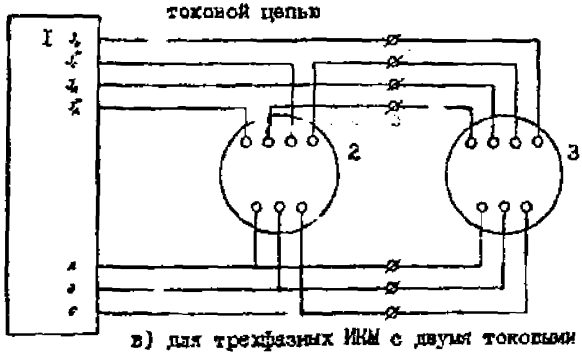
При поверке однофазных ИКМ кл.т. 0,5 и ниже в диапазоне частот (40–60) Гц.



а) для однофазных ИКМ



б) для трехфазных ИКМ с одной токовой цепью



в) для трехфазных ИКМ с двумя токовыми цепями

Рис. 2. Схемы установок для поверки ИКМ методом сличения с образцовым СИ.

а) для однофазных ИКМ

б,в) для трехфазных ИКМ

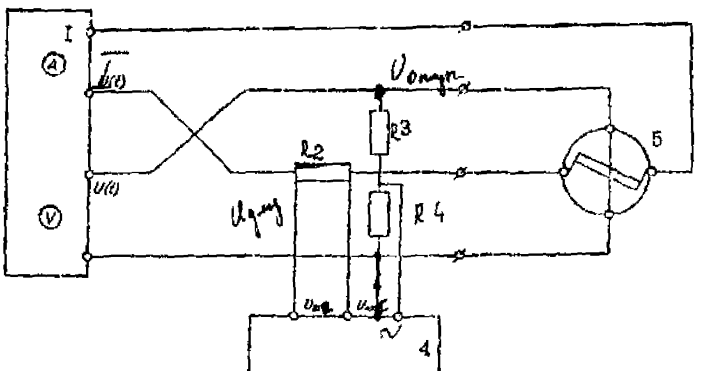


Рис. 3 Схема установки для поверки ИКМ методом сличения

I Двухканальный источник тока и напряжения
2 Преобразователь "ток-напряжение"
3 Делитель напряжения
4 Электронный фазометр
5 ИКМ

Структурная схема поверочной установки, работающей в соответствии с данным методом, приведена на рис. 4а. В ее состав входят элементы и узлы с характеристиками согласно п.2 и табл. Приложения 2:

I – двухканальный источник;

2 – нуль-индикатор;

3 – поверяемый ИКМ;

R_1 – R_3 – магазины сопротивлений;

R_4 – преобразователь "ток–напряжение";

C_1 – магазин емкостей.

Поверяемый ИКМ подключают к зажимам J, J^* и U, U^*.

Устанавливают номинальное значение напряжения.

Устанавливают в соответствии с п.6.2 значение тока.

Определение погрешности ИКМ в точке $\cos\varphi = I$ ($\varphi = 0$).

В схеме установки, приведенной на рис. 4а, магазин емкостей C_1 закорачивается.

Коэффициент деления образованного при этом резистивного делителя напряжения регулировкой магазинов сопротивлений R_1 и R_2 устанавливается таким, чтобы при данных номинальных напряжении и токе поверяемого ИКМ величины напряжений на выходе этого делителя (R_1 и R_2) и ПТН (R_4) были равны (при этом необходимо соблюдать условие, чтобы рассеиваемая на магазине сопротивлений R_1 мощность не превышала допустимой).

Регулируя угол сдвига фаз между током и напряжением, устанавливают нуль-индикатор на нуль и по поверяемому ИКМ отсчитывают его погрешность в точке $\cos\varphi = I$ ($\varphi = 0$).

Определение погрешности ИКМ при емкостном сдвиге.

В схеме установки, приведенной на рис. 4а, включают магазин емкостей C_1.

В соответствии с выражением

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{1}{2\pi f (R_1 + R_2) C_1}$$

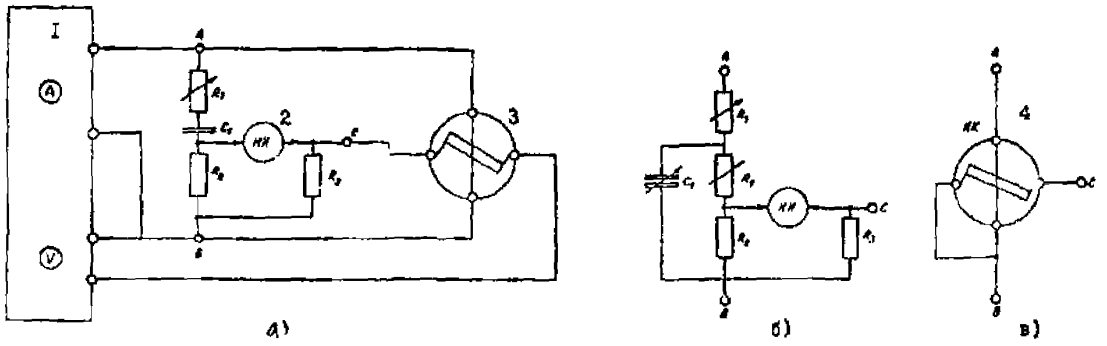


Рис. 4. Схема установки для поверки ИКМ с использованием образцовой фазозадающей цепи.

I – двухканальный источник тока и напряжения
2 – нуль-индикатор
3 – поверяемый ИКМ
4 – индикатор квадратуры
R_1–R_3 – магазин сопротивлений
R_4 – преобразователь "ток-напряжение"
C_1 – магазин сопротивлений

расчитывают и устанавливают значения C_I, R_I и R_2 для $\cos\varphi$ или φ для поверяемой отметки шкалы (значения R_I–R_4 и C_I при емкостном и индуктивном сдвиге приведены в приложении 3).

Регулируя угол сдвига фаз между током и напряжением, устанавливают нуль-индикатор на нуль и по поверяемому ИКМ отсчитывают его погрешность в поверяемой точке шкалы.

Определение погрешности при индуктивном сдвиге.

В поверочной установке видоизменяют измерительно-фазозадающую цепь к виду, приведенному на рис. 4б (точки А В С).

В соответствии с выражением

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{2\pi f C R_1 (R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_4}$$

рассчитывают и устанавливают значения C_I, R_I – R_4 для φ или $\cos\varphi$, соответствующих поверяемой отметке шкалы.

Регулируя угол сдвига фаз между током и напряжением, устанавливают нуль-индикатор на нуль и по поверяемому ИКМ отсчитывают его погрешность в поверяемой точке шкалы.

Для определения погрешности при 90 (–90) – градусном сдвиге в поверочной установке к точкам А В С вместо измерительно-фазозадающей цепи подключают индикатор квадратуры, например, Д5002, в соответствии со схемой, приведенной на рис. 4в.

Регулируя угол сдвига фаз между током и напряжением, устанавливают индикатор квадратуры на нуль, соответствующий емкостному, а затем индуктивному фазовому сдвигу.

По поверяемому ИКМ отсчитывают погрешность в точках шкалы, соответствующих $\cos\varphi = 0$ ($\varphi = \pm 90^{\circ}$).

Примечание. При поверке допускается устанавливать поверяемый ИКМ на поверяемую отметку шкалы, а его погрешность расчитывать с использованием приведенных в данном пункте выражений.

6.6.I.4. Сличение с мерой фазового сдвига.

Собирают поверочную установку в соответствии со схемой, приве-

денной на рис. 5, (при этом опорный вход калибратора фазы должен быть подключен к входам ДМ, а его регулируемый вход – к опорному входу нуль-индикатора).

Устанавливают номинальное напряжение.

Устанавливают в соответствии с п.6.2 ток.

Калибратор фазы устанавливается в "0".

Балансируется нуль-индикатор.

Переключатель подключают к выходу делителя напряжения и фазовращателем, регулирующим фазу сигнала в канале напряжения, балансируют нуль-индикатор.

Переключатель подключают к выходу преобразователя "ток-напряжение" и фазовращателем, регулирующим фазу сигнала в канале тока, балансируют нуль-индикатор.

По поверяемому ИКМ отсчитывают его погрешность в точке шкалы, соответствующей $\cos\varphi = 1$ ($\varphi = 0$).

Для определения погрешности ИКМ при индуктивном сдвиге подключают измерительный вход нуль-индикатора к выходу ПТН.

Устанавливают между выходами калибратора фазы угол сдвига фаз, соответствующий поверяемой точке шкалы ИКМ

Регулируя угол сдвига фаз в канале тока, балансируют нуль индикатор и по поверяемому ИКМ отсчитывают его погрешность в данной точке шкалы.

Для определения погрешности при емкостном сдвиге подключают измерительный вход нуль-индикатора к выходу делителя напряжения.

Устанавливают между выходами калибратора фазы угол сдвига фаз, соответствующий поверяемой отметке шкалы ИКМ.

Регулируя угол сдвига фаз в канале напряжения, балансируют нуль-индикатор и по поверяемому ИКМ определяют его погрешность в данной точке шкалы.

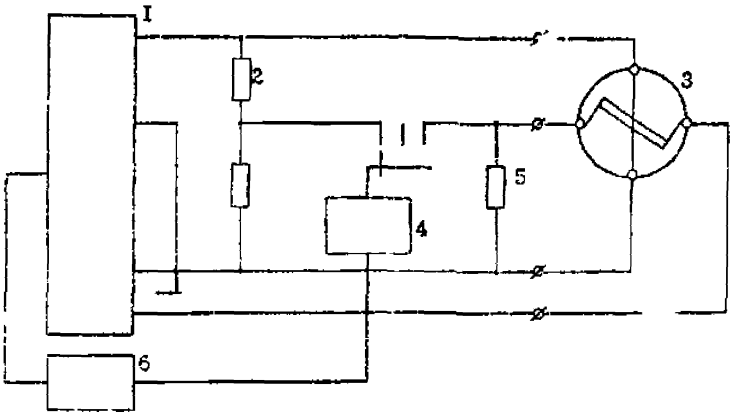


Рис. 5. Схема установки для поверки ИКМ с использованием меры
I - двухканальный источник тока и напряжения
2 - делитель напряжения
3 - поверяемый ИКМ
4 - нуль-индикатор
5 - преобразователь "ток-напряжение"
6 - мера угла сдвига фаз

6.6.2. Определение основной погрешности ИКМ с использованием расчетно-экспериментальных (энергетических) методов.

6.6.2.I. Определение основной погрешности трехфазных ИКМ с использованием ваттметра и варметра.

Собирают поверочную установку в соответствии со схемой, приведенной на рис. 6.

I. Устанавливают частоту, на которой будет выполняться поверка.

2. Регулировочными элементами, расположенными в усилителе системы напряжений, устанавливают номинальные напряжения поверяемого ИКМ.

3. Регулировочными элементами, расположенными в усилителе системы токов, устанавливают номинальные токи поверяемого ИКМ.

4. Изменяя угол сдвига фаз между системой токов и напряжений, устанавливают нулевое показание варметра.

5. Сохраняя симметрию токов и нулевое показание варметра, устанавливают изменением их величины показание ваттметра, равное I00 делениям. По поверяемому ИКМ определяют его погрешность на отметке $\cos\varphi = I$ ($\varphi = 0$).

6. Для определения погрешности ИКМ на остальных отметках шкалы устанавливают, изменяя угол сдвига фаз между системами токов и напряжений, показание варметра в соответствии с таблицей, приведенной в приложении 4.

7. Проверяют соответствие показаний ваттметра приведенным в данной таблице, и при необходимости регулируют его, равномерно изменяя величины токов с соблюдением симметрии и сохранив при этом соответствующее показание варметра.

8. По поверяемому ИКМ определяют его погрешность на поверяемой отметке.

При емкостном характере нагрузки выполняют операции, упомянутые

в пп.I-8, предварительно изменив полярность токовых цепей вместо на противоположную.

6.6.2.2. Определение основной погрешности трехфаз. ИСИ с использованием двух ваттметров.

Собирают поверочную установку в соответствии со схемой, приведенной на рис. 7.

Устанавливают частоту, на которой будет выполняться поверка ИСИ.

Устанавливают номинальное напряжение поверяемого ИСИ.

Устанавливают номинальный ток поверяемого ИСИ.

Изменяя угол сдвига фаз между сигналами токов и напряжений, устанавливают указатель ИСИ на поверяемую отметку шкалы.

Отсчитывают показания первого P_1 и второго P_2 ваттметров и, используя формулу

$$\varphi_0 = \operatorname{arctg} \sqrt{3}\, \frac{P_2 - P_1}{P_2 + P_1}$$

определяют погрешность поверяемого ИСИ в данной точке шкалы.

6.6.2.3. Определение основной погрешности трехфазных ИСИ с использованием дифференциального двухэлементного ваттметра.

Поверка трехфазных ИСИ в диапазоне частот (40-500) Гц по п.т.I-4.

Собирают поверочную установку в соответствии со схемой, приведенной на рис. 8.

Устанавливают частоту, на которой будет выполняться поверка.

Устанавливают номинальное значение напряжений поверяемого ИСИ.

Устанавливают номинальное значение токов поверяемого ИСИ.

При $\cos\varphi = I$ ($\varphi = 0$) магазин сопротивлений закорачивают, т.е. $r_1 = 0$ и $r_2 = 0$.

Изменяя угол сдвига фаз между системами токов и напряжений, устанавливают указатель дифференциального ваттметра на нуль (система дифференциального ваттметра должна быть аналогичной системе поверяемого ИСИ).

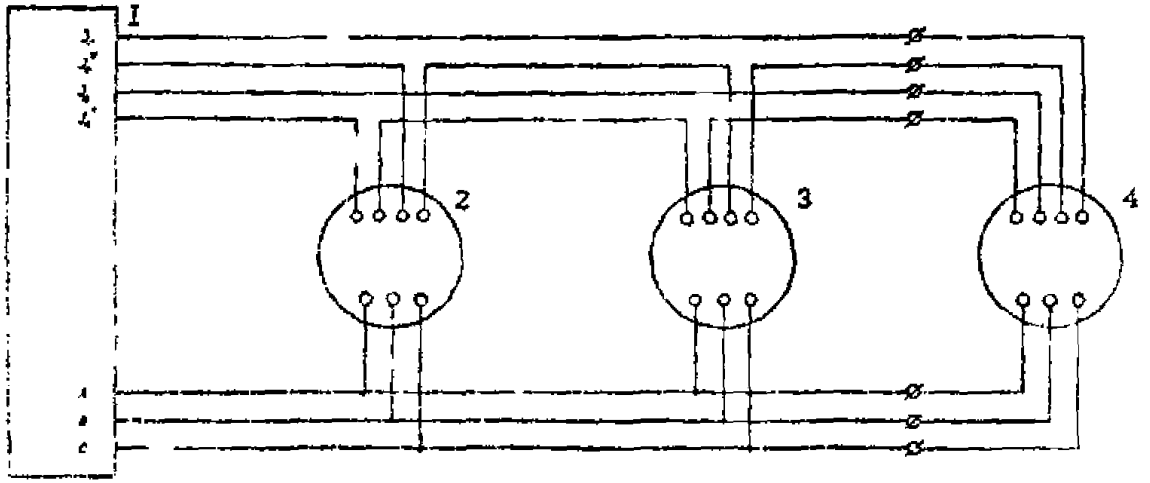


Рис. 6. Схема установки для поверки ИИМ с использованием варметра и ваттметра

I - двухканальный источник систем токов и напряжения
2 - варметр
3 - ваттметр
4 - поверяемый ИИМ

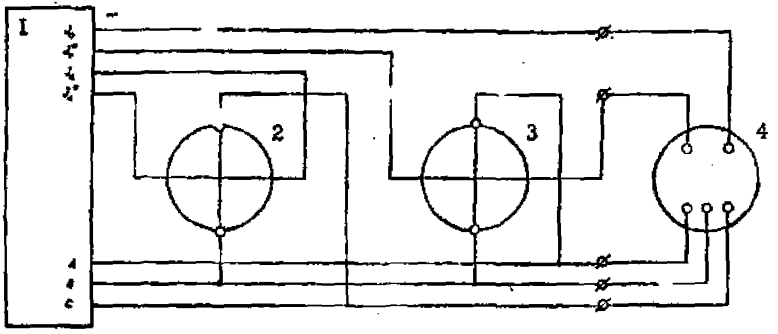


Рис. 7. Схема установки для поверки ИКМ методом двух ваттметров

I – двухканальный источник систем токов и напряжений;
2,3 – ваттметры
4 – поверяемый ИКМ

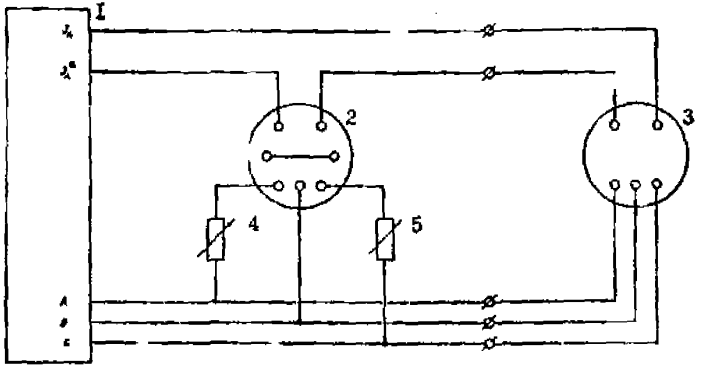


Рис. 8. Схема установки для поверки ИКМ с использованием дифференциального ваттметра

I – трехфазный источник систем токов и напряжений;
2 – дифференциальный ваттметр;
3 – поверяемый ИКМ;
4,5 – магазин сопротивлений.

По шкале поверяемого ИКМ отсчитывают погрешность в точке $\cos\varphi = 1$ ($\varphi = 0$).

Если шкала поверяемого ИКМ линейна, то

при емкостном сдвиге и $\varphi < 60^\circ$, $r_1' = 0$, а r_2' рассчитывается по формуле

$$r_2' = r_2 \left[\frac{\cos(\varphi - 30^\circ)}{\cos(\varphi + 30^\circ)} - 1 \right]$$

при индуктивном сдвиге и $\varphi < 60^\circ$ $r_2' = 0$, а r_1' рассчитывается по формуле

$$r_1' = r_1 \left[\frac{\cos(\varphi - 30^\circ)}{\cos(\varphi + 30^\circ)} - 1 \right]$$

где r_1 и r_2 – сопротивления параллельных цепей дифференциального ваттметра.

Если $\varphi > 60^\circ$ необходимо направление тока дифференциального ваттметра изменить на обратное.

Устанавливают магазином сопротивления r_1' или r_2' значение сопротивления, соответствующее фазовому сдвигу на поверяемой отметке шкалы.

Регулируя угол сдвига фаз между системами токов и напряжений, устанавливают указатель дифференциального ваттметра на нулевую отметку.

По поверяемому ИКМ определяют его погрешность на поверяемой отметке шкалы.

Если шкала поверяемого ИКМ неравномерна, то, регулируя угол сдвига фаз между системами токов и напряжений, устанавливают указатель поверяемого ИКМ на поверяемую отметку шкалы.

Регулируя магазин сопротивлений r_1 или r_2, устанавливают указатель дифференциального ваттметра на нулевую отметку.

Погрешность поверяемого ИКМ определяют как разность между значением φ, соответствующим поверяемой отметке шкалы, и эквивалент-

ным углом φ_y, определяемым из следующих выражений:

при емкостном сдвиге и $\varphi < 60^0$ $z_1' = 0$:

$$\varphi_y = \operatorname{arctg} \; I{,}732 \; \frac{z_2'}{z_2' + 2z_2}$$

при индуктивном сдвиге и $\varphi < 60^0$ $z_2' = 0$:

$$\varphi_y = \operatorname{arctg} \; I{,}732 \; \frac{z_1'}{z_1' + 2z_1}$$

при емкостном сдвиге и $\varphi > 60^0$ $z_1' = 0$:

$$\varphi_y = \operatorname{arctg} \; I{,}732 \; \frac{z_2' + 2z_2}{z_2'}$$

при индуктивном сдвиге и $\varphi > 60^0$ $z_2' = 0$:

$$\varphi_y = \operatorname{arctg} \; I{,}732 \; \frac{z_1' + 2z_1}{z_1'}$$

6.7. Определение вариации показаний

Вариация показаний фазометров определяется как разность действительных значений измеряемой величины при одном и том же показании фазометра или как разность показаний фазометра при одном и том же значении измеряемой величины.

Вариацию определяют при плавном подводе указателя к поверяемой отметке сначала со стороны начальной, а затем со стороны конечной отметок шкалы.

Допускается определять вариацию с использованием результатов определения основной погрешности.

Примечание: Фазометры с несколькими номинальными значениями тока и напряжения допускается проверять полностью по всей шкале лишь при одном номинальном значении тока и одном номинальном значении напряжения. При других номинальных значениях тока и напряжения допускается производить проверку только на четырех отметках: двух крайних, на отметке $\varphi = 0$ или $\cos\varphi = 1$, и на той из отметок, на которой можно ожидать наибольшую погрешность.

7. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Предел допускаемой основной погрешности ИСИ выражается в виде приведенной погрешности в соответствии с ГОСТ 8.401-80 и ГОСТ 8039-73.

Приведенную основную погрешность определяют по формуле:

$$\gamma = \pm \frac{100\,\Delta}{N},$$

где: Δ – абсолютная погрешность в единицах нормирующего значения, определяемая в соответствии с п.6.3.1;

N – нормирующее значение при установлении основной погрешности в зависимости от вида градуировки принимается равным (п.1.7 ГОСТ 6039-79) размаху шкалы, но не более 180°, или длине шкалы, градуированной в значениях коэффициента мощности и соответствующей 180°.

Примечание: Под размахом шкалы понимают конечное значение диапазона измерений – для ИПИ с односторонней шкалой и арифметическую сумму конечных значений диапазона измерений – для ИПИ с двухсторонней шкалой.

При этом погрешность поверяемого ИПИ в % вычисляется по формуле:

$$\Delta_{A.M.} = (A - A_A)\frac{L_1}{L}100\%$$

где: A – показание поверяемого прибора в единицах измеряемой величины;

A_A – действительное значение измеряемой величины, определяемое по образцовым приборам в тех же единицах;

L – длина шкалы в мм;

L_1 – длина участка шкалы, приходящаяся на единицу измеряемой величины вблизи точки A в мм.

Длина шкалы может быть измерена любым способом, не требующим вскрытия прибора, с погрешностью не более 2 – 3%.

В качестве способов определения L можно рекомендовать определение по результатам измерения длины стрелки прибора (в мм) от оси вращения, ее конца r и угла шкалы n°.

При этом длина шкалы определяется из выражения

$$L = \frac{\pi r n}{180^{\circ}} \text{ мм}$$

Для определения L, следует измерить при помощи линейки длину участка шкалы между двумя ближайшими к А отметками и разделить на разность отсчетов, соответствующих указанным отметкам.

Отсчеты должны быть выражены в тех же единицах, в которых выражены А и A_A.

Когда отсчет погрешности определяется по показаниям поверяемого фазометра, вычисление приведенной погрешности производится по формуле

$$A_{пр} = \frac{\Delta L}{L} \cdot 100\%$$

где: L – длина шкалы в мм;

ΔL – расстояние между поверяемой отметкой и положением стрелки, соответствующим действительному значению, в мм.

Результаты, полученные при поверке ИСИ классов точности 1-4, записывают в протокол произвольной формы, а при поверке ИСИ классов точности 0,2 – 0,5 – в протокол, составленный в соответствии с Приложением 5.

8. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1. ИСИ, которые по результатам поверки отвечают требованиям настоящих ИИ, необходимо опломбировать государственным клеймом с указанием года поверки. Опломбирование следует производить таким образом, чтобы не имелся доступ к внутренним механизмам ИСИ.

8.2. При положительных результатах поверки, проведенной в органах государственной метрологической службы, выдают свидетельство о государственной поверке по форме, установленной Госстандартом.

8.3. Результаты периодической ведомственной поверки оформляют документом, по форме, установленной ведомственной метрологической службой.

8.4. ИСИ, не удовлетворяющие требованиям настоящих ИИ, к применению не допускаются – их бракуют, клеймо предыдущей поверки гасят и на них выдают извещение о непригодности с указанием причины.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Справочное

Технические характеристики измерителей коэффициента мощности (фазометров)

№№ пп	Тип	Система	Трехфазные/однофазные	Класс точности	Пределы измерения cos φ или угла сдвига фаз, гр.	Номинальная рабочая область частот, Гц	Номинальные значения тока, А	Номинальные значения напряжения, В	Длина шкалы, мм
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
I	3I20	электромагнитная	трехфазный	I,5	0-I-0	50	5	I27, 220, 380	I90
2	3I20/I	-"-	трехфазный	I,5	0-I-0	400,500	I	I27,220,380	I90
3	3I44		трехфазный	2,5	0-I-0	50;400-500	I;5	I27,220,380	90
4	3I50			2,5	0-I-0	50;400-500	I;5	I27,220	II5
5	3I60			2,5	0-I-0	50	5	I27,220,380	I50
6	3I60/I			2,5	0-I-0	50;400-500	0,3;5	I27,220,380	I50
7	3I70			2,5	0-I-0	50	5	I27,220,380	2I0
8	3I70/I			2,5	0-I-0	50	0,3	I27,220,380	2I0
9	377I			2,5	0-I-0	50	5	I27,220,380	II5

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I
I0	Э772			2,5	0-I-0	В сеть через добавочное устройство Р 705			I4
II	ЭI500	электро-магнитная	трехфазный	2,5	0-I-0	50,60,400	I;5	I27,220,380	II
I2	ЭI600	-"-	трехфазный	2,5	0-I-0	50,60,400	I;5	I27,220,380	I4
I3	ЭЛФ			I,5	90-0-90	50	5;I0	I00,I27,220	I5
I4	ЭЛФ-I	электро-механич.		I,5	0,5-I-0,5	500	I	36,I27,220	I5
I5	ЭЛФ-IМ	-"-		I,5	0,5-I-0,5	500,I000	I;5	36,I27,220	I5
I6	ЭЛФ-2	-"-		I,5	0,5-I-0,5	I000	I	36,I27,220	I5
I7	ЭЛФ-3	-"-		I,5	0,5-I-0,5	400	5	I27,220,380	I5
I8	ЭЛФ-4	-"-		I,5	0,5-I-0,5	2400	5	I00,220,500	I5
I9	ЭЛФ-4М	-"-		I,5	0,5-I-0,5	400,2400	I;5	I27,220,380	I5
20	ЭТФ			2,5	0,5-I-0,5	500,I000 2500,8000	5	I00	I00
2I	ДЗI		однофазный	2,5	0,5-I-0,5	50,500,I000 2400,8000	5	I00	
22	Д39	электро-динам.	-"-	2,5	0,5-I-0,5	50,500,I000 2400,4000 8000,I0000	5	I00	I25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23	Д120	ферродин.	трехфазный	I,5	0,9-I-0,2	50	5	I27,220,380	I25
24	Д30I		трехфазный	I,5	0,9-I-0,2 0,5-I-0,5	50	5	I27,220,380 I27,220	I20
25	Д303		однофазный	2,5	0,5-I-0,5	50	5	I27,220,380	I20
26	Д3I4	электромех.		I,5	0,5-I-0,5	50	5	I27,220,380	
27	Д320			2,5	0,9-I-0,2	50	5	I27,220	I35
28	Д342	ферродин.	трехфазный	2,5	0,5-I-0,5 0,9-I-0,2	50	5	I27,220,380	I25
29	Д342М	ферродин.	трехфазный	2,5	0,9-I-0,2 0,5-I-0,5	50	5	I27,220,380	I25
30	Д346			2,5	0,5-I-0,5	50	5	I27,220	I25
3I	Д360		трехфазный	I,5	0,5-I-0,5	50	5	I00,220,380	70
32	Д36I		трехфазный	I,5	0,5-I-0,5 0,9-I-0,2	50	5	I00,220,380 II0,220	II0
33	Д362		трехфазный	I,5	0,5-I-0,5 0,9-I-0,2	50	5	I27,220,380 I27,220	90
34	Д363		трехфазный	I,5	0,5-I-0,5 0,9-I-0,2	50	5	I27,220,380	I30

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
35	Д361		трехфазный	2,5	0,5-I-0,5	50	5	I27,220,380	I50
36	Д362	электромех.		I,5	0,5-I-0,5 0-I-0	50	5	I27,220	I50
37	Д392			2,5	0,5-I-0,5	50	5	I27,220,380	
38	Д5I0/I			I,0	0,9-I-0,2	50	0,I;0,2	I27,220	I50
39	Д5I0/2			I,0	0,9-I-0,5	50	0,I;0,2	I27,220	I50
40	Д5I0/3			I,0	0,5-I-0,5	50	0,I;0,2	I27,220	I50
41	Д5I0/4			I,0	0,9-I-0,2	50	0,5;I	I27,220	I50
42	Д5I0/5			I,0	0,9-I-0,5	50	0,5;I	I27,220	I50
43	Д5I0/6			I,0	0,5-I-0,5	50	0,5;I	I27,220	I50
44	Д5I0/7			I,0	0,9-I-0,2	50	2,5;5	I27,220	I50
45	Д5I0/8			I,0	0,9-I-0,5	50	2,5;5	I27,220	I50
46	Д6I0/9			I,0	0,5-I-0,5	50	2,5;5	I27,220	I50
47	Д5I0/I0			I,0	0,9-I-0,2	50	5,I0	I27,220	I50
48	Д5I0/II			I,0	0,9-I-0,5	50	5;I0	I27,220	I50
49	Д5I0/I2			I,0	0,5-I-0,5	50	5;I0	I27,220	I50

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50	Д578/I	электро-динам.	однофазный	0,5	0-90-180-270-360 I-0-I-0-I	50	5;I0	I00,I27,220	270
5I	Д578/2	-"-	однофазный	0,5	0-90-180-270-360 I-0-I-0-I	60	5;I0	I00,220,380	270
52	Д578I	-"-	однофазный	0,5	0-90-180-270-360 I-0-I-0-I	50	5;I0	I00,I27,220	270
53	Д5782	-"-	однофазный	0,5	0-90-180-270-360 I-0-I-0-I	60	5;I0	I00,220,380	270
54	Д586		универсальн.	I,5	0,5-I-0,5 0,9-I-0,2 0,9-I-0,5	50	0,I;0,2 0,5;I;5; I0	I27,220	I70
55	Д5000	электро-динам.	однофазный	0,2	0-90-180-270-360 I-0-I-0-I	50	5;I0	I00,I27,220	270
56	Д5023/I-			0,6	I-0-I	50,I00, 400,2400	I;5	I00,220,380	

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
[illegible]	Д[illegible]43	[illegible]	однофазный	0,2	0-90-180- -270-360 I-0-I-0-I	50	5;10	100,127,220	270
[illegible]	[illegible]			2,5	0,5-I-0,5 0,9-I-0,2	50	5	127,220,380	90
[illegible]	[illegible]302,I		трехфазный	2,5		50,60	I;5	100,220,380	
[illegible]	[illegible]424		трехфазный	2,5	0-I-0	50,400	I;5	127,220,380	

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

Технические характеристики образцовых и вспомогательных средств поверки измерителей коэффициента мощности (фазометров)

Наименование средств поверки	Диапазон напряжения, В	Диапазон токов, А	Диапазон частот, Гц	Погрешность (разрешающая способность): угл.мин.	Пределы измерения (установки): Км, град.	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
Поверочные установки						
УПФ-50	36,100,127, 220, 380	0,2; 1; 2;5;10	45-55	±12	0-360	
УПФ-5М	15-600	0,1-10	40-5000	4-20	0-360	нестандартная
АУПФ-7	15-600	0,1-10	40-20000	40-60	0-360	нестандартная
АУПКМ-3	15-600	5	50,500,1000, 2400,4000, 6000,10000	±0,5°	-355-+355	нестандартная
УПКМ-5	1-450	0,1-5	50,500,1000, 2400,2880,4000 6000,10000	1	0-360	нестандартная
ССИ коэффициента мощности						
Д5781	100,127, 220	5;10	50	кл.0,5	0-360	емк.,инд.,приемник, генератор

1	2	3	4	5	6	7
[illegible]	I00,220,380	5;I0	60	кл.0,5	0–360	емк.,инд.,приемник,генерат.
[illegible]	I00,220,380	I;5	50;I00;400; 2400	кл.0,5	I–0–I	
[illegible]	I20,I27,220	5;I0	49–50–5I	кл.0,2	0–360	емк.,инд.,приемник,генерат.
[illegible]	I00,I27,220	5;I0	49–50–5I	кл.0,2	0–360	емк.,инд.,приемник,генерат. с поправками
Фазометрические установки						
Ф2-16	0,I–I0	–	20–I0^6	0,2°	I80–0–I80	разрешающая способность
Ф2-28	0,0I–I0	–	5–5·I0^5	0,0I°	0–360	разрешающая способность
Ф2-34	0,0I–2	–	0,5–5·I0^6	0,0I°	0–360	разрешающая способность
Ф2-35	0,0I–I0	–	0,I–I0^7	0,00I°	I–360	разрешающая способность
Ф5I5I	0,03–I00	–	I0^{-3}–2·I0^5	±0,5°(I0^{-3}–I0^3)Гц ±I,0°(I0^3–2·I0^5) Гц	0–359,9	
Ф5I36	–	–	20–2·I0^6	0,I°	0–360	
Калибраторы фазового сдвига						
Ф5I25	0,I–I0	–	2–20·I0^3	0,I°	0–360	

1	2	3	4	5	6	7
Ф5224	0,001-10	-	$0,001-2\cdot10^5$	$\pm0,1^0$	0-360	
Ф1-4	0,001-1	-	$5-10^7$	$\pm0,03^0$(20-10^4 Гц) $\pm0,05^0$(10^4-10^6Гц)	0-360	
Задающие системы установок						
У3551	0,5-60	0,1-25	40-20000	0,1-0,5%	0-360	погрешность определяется используемым ОСИ
УШУ-1М	0,01-750	0,01-10	40-20000	0,04-0,15	0	$\cos\varphi=1$
	0,01-750	0,01-10	40-20000	-	0-360	погрешность определяется используемым ОСИ
У1134	150-600	0,5-50	40-60	-	0-360	трехфазная. Погрешность определяется используемым ОСИ
Генераторы						
ГДК-7	1-600	0,1 -10	40-20000	1	0-360	разрешающая способность %
ГИК-7М	1-300	0,1-10	50,500,1000, 2400,2880,4000 8000,10000	1	0-360	разрешающая способность
Индикаторы квадратуры						
Д5002	15-600	0,025-10	45-1500	15	±90	разрешающая способность. Погрешность определяется используемым ОСИ
Ваттметры						
Д5004	30-600	0,01-10	45-500	кл.0,5		номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi=1$
Д5003	30-600	0,1-0,2	45-65 65-500	кл.0,5		номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi=1$

1	2	3	4	5	6	7
Д5064	30–600	0,5–I	45–65 65–500	кл.0,5		номинальный коэффициент мощности cosφ =I
Д5065	30–600	2,5–5	45–65 65–500	кл.0,5		номинальный коэффициент мощности cosφ =I
Д5066	30–600	5–I0	45–65 65–500	кл.0,5		номинальный коэффициент мощности cosφ =I
Д5067	I00–I50	I;5	45–65 65–500	кл.0,5		номинальный коэффициент мощности cosφ =I
Д50I6	30–600	0,025–I0	45–I000	кл.0,2		номинальный коэффициент мощности cosφ =I
Д5086	30–600	0,I–0,2	45–500 500–I000	кл.0,2		номинальный коэффициент мощности cosφ =I
Д5087	30–600	0,5–I	45–500 500–I000	кл.0,2		номинальный коэффициент мощности cosφ =I
Д5088	30–600	2,5;6	45–500 500–I000	кл.0,2		номинальный коэффициент мощности cosφ =I
Д5089	30–600	5;I0	45–500 500–I000	кл.0,2		номинальный коэффициент мощности cosφ =I
Д5056	30–600	0,I–I0	45–500 500–I000	кл.0,I		номинальный коэффициент мощности cosφ =I
Д5I04	30–600	0,I;0,2	45–65 65–500	кл.0,I		номинальный коэффициент мощности cosφ =I

1	2	3	4	5	6	7
Д5106	30–600	0,5;1	45–65	кл.0,1		номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi$ =1
Д5106	30–600	2,5;5	45–65 65–500	кл.0,1		номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi$ =1
Д5107	30–600	5;10	45–65 65–500	кл.0,1		номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi$ =1
Ваттметры малокосинусные						
Д5020	30–600	0,25–10	45–65 65–500	кл.0,5		номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi$ =0,1
Д5092	30–600	0,25;0,5	45–65 150–500	кл.0,5		номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi$ =0,1
Д5093	30–600	0,5;1	45–65 150–500	кл.0,5		номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi$ =0,1
Д5094	30–600	2,5;5	45–65 150–500	кл.0,5		номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi$ =0,1
Д5095	30–600	5;10	45–65 150–500	кл.0,5		номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi$ =0,1
Ваттварметры						
Д5068	100–250	1	45–65 65–1100	кл.0,5 кл.1		номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi$ =1
Д5069	375	1	45–65 65–1100	кл.0,5		номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi$ =1
Д5070	100–250	5	45–65 65–1100	кл.0,5 кл.1		номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi$ =1
Д5071	375	5	45–65 65–1100	кл.0,5		номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi$ =1

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

Зависимость величин: R1 – R4 и C от значений коэффициента мощности

Предел по напряжению 100 В

φ°	емкостный сдвиг				индуктивный сдвиг				
			C мкФ					C мкФ	
	R1 Ом	R2 Ом	50 Гц	60 Гц	R1 Ом	R4 Ом	R2 Ом	50 Гц	60 Гц
0	5970	30	закоротить		2500	2475	25	разомкнуть	
10	5880	30	3,05602	2,54669	5000	837	30	0,76002	0,63335
20	5610	30	1,55141	1,29284	3000	2770	30	0,80036	0,66697
[illegible]	5170	30	1,06071	0,88393	3000	3100	34	1,19967	0,99973
30	4570	30	0,82509	0,68757	5000	2720	50	1,49919	1,24932
50	3830	30	0,69228	0,57690	5000	3000	80	1,99948	
50					5000	2997	63		1,66623
60	2970	30	0,61288	0,51073	5000	2830	79	2,99952	2,49996
70	2020	30	0,56543	0,47119	5000	4350	148	3,50070	2,91725
80	1010	30	0,53995	0,44996	6040	5660	340	6,00055	5,00046

Предел по напряжению I27 В

φ°	емкостной сдвиг				индуктивный сдвиг				
			С мкФ					С мкФ	
	R1 Ом	R2 Ом	50 Гц	60 Гц	R1 Ом	R4 Ом	R2 Ом	50 Гц	60 Гц
0	7590	30	закоротить		3I75	3I50	25	разомкнуть	
I0	7490	30	2,40494	2,004I2	6350	840	30	0,7339I	0,6II59
20	7I30	30	I,22206	I,0I838	38I0	2772	28	0,7I82I	0,5985I
30	6670	30	0,83677	0,69647	38I0	3202	32	I,05II5	0,87596
40	58I0	30	0,64989	0,54I58	6350	2724	46	I,38556	I,I5463
50	4870	30	0,54534	0,45445	6050	2996	57	I,84094	I,534I2
60	3780	30	0,48258	0,402I5	6350	2837	72	2,76497	2,304I4
70	2580	30	0,444II	0,37009	6350	48I8	I30	3,I4634	2,62I95
80	I290	30	0,42542	0,3545I	7670	5680	3I0	5,37089	4,47507

Предел по напряжению 220 В

φ°	емкостной сдвиг				индуктивный сдвиг				
			С мкФ					С мкФ	
	R1 Ом	R2 Ом	50 Гц	60 Гц	R1 Ом	R4 Ом	R2 Ом	50 Гц	60 Гц
0	13170	30	Закоротить		5500	5470	30	разомкнуть	
10	12970	30	1,38932	1,15776	11000	1880	30	0,34506	0,28755
20	12370	30	0,70564	0,58803	6600	6130	30	0,36380	0,30317
30	11400	30	0,48256	0,40214	6600	6860	34	0,54534	0,45445
40	10080	30	0,37541	0,31284	11000	6030	50	0,68246	0,56872
50	8460	30	0,31475	0,26229	11000	6658	62	0,90986	0,75822
60	6570	30	0,27668	0,23215	11000	6320	79	1,36352	1,13627
70	4490	30	0,25645	0,21370	10000	9864	134	1,75018	1,45848
80	2260	30	0,24522	0,20435	12080	11682	320	3,00003	2,50002

Предел по напряжению 380 В

$\varphi°$	емкостной сдвиг				индуктивный сдвиг				
	R1 Ом	R2 Ом	С мкФ 50 Гц	С мкФ 60 Гц	R1 Ом	R4 Ом	R2 Ом	С мкФ 50 Гц	С мкФ 60 Гц
0	22770	30	закоротить		9500	9470	30	разомкнуть	
I0	22420	30	0,80450	0,67042	I5000	2582	23	0,25301	0,2I084
20	2I400	30	0,40830	0,34025	9000	8380	25	0,26670	0,22225
30	I9720	30	0,27928	0,23273	9000	9360	28	0,400I8	0,33349
40	I7440	30	0,2I725	0,I8I04	I5000	8260	40	0,500I2	0,4I676
50	I4630	30	0,I8228	0,I5I90	I5000	9I20	50	0,66695	0,55579
60	II340	30	0,I6I7I	0,I3476	I5000	8650	63	I,000I3	0,83344
70	7770	30	0,I496I	0,I2384	I5000	I3555	II0	I,22366	I,0I97I
80	3930	30	0,I4I8I	0,II8I7	I8000	I7730	280	2,00627	I,67I89

Предел по напряжению 100 В

cos φ	емкостный сдвиг				индуктивный сдвиг				
	R1 Ом	R2 Ом	C мкФ 50 Гц	C мкФ 60 Гц	R1 Ом	R4 Ом	R2 Ом	C мкФ 50 Гц	C мкФ 60 Гц
0,1	570	30	0,53345	0,44454	10000	10150	1020	6,00567	
0,1					10000	10120	1050		5,00472
0,2	1170	30	0,54171	0,45142	6000	4330	260	5,99967	4,99973
0,3	1770	30	0,55638	0,46365	5000	4960	166	4,00117	3,33431
0,4	2370	30	0,57918	0,48265	5000	3470	106	3,49971	2,91640
0,6	3570	30	0,66350	0,55292	5000	2510	63	2,49952	2,08293
0,7	4170	30	0,74325	0,61938	5000	3750	65	1,50146	1,25122
0,8	4770	30	0,86464	0,73720	5000	2290	46	1,50020	1,25016
0,9	5370	30	1,21771	1,01476	5000	2190	41	0,99984	0,83320
0,99	5910	30	3,76323	3,13602	5000	700	30	0,71229	0,59357

Предел по напряжению 127 В

cos φ	емкостной сдвиг				индуктивный сдвиг				
			С мкФ					С мкФ	
	R1 Ом	R2 Ом	50 Гц	60 Гц	R1 Ом	R4 Ом	R2 Ом	50 Гц	60 Гц
0,1	730	30	0,42115	0,35095	10000	10080	820	6,07594	5,06328
0,2	1490	30	0,42766	0,35638	7620	4370	240	5,43208	4,52673
0,3	2260	30	0,43738	0,36449	6350	4960	150	3,57629	2,98024
0,4	3020	30	0,45577	0,37981	6350	3452	98	3,20426	2,67022
0,6	4540	30	0,52265	0,43555	6350	3496	64	1,86148	1,55123
0,7	5300	30	0,58568	0,48806	6350	3758	57	1,36331	1,13609
0,8	6040	30	0,69965	0,58304	6350	2292	43	1,39889	1,16574
0,9	6830	30	0,95855	0,79879	6350	2202	38	0,93148	0,77623
0,99	7510	30	2,96466	2,47055	6350	702	28	0,69299	0,57750

Предел по напряжению 220

cos φ	емкостной сдвиг				индуктивный сдвиг				
			С мкФ					С мкФ	
	R1 Ом	R2 Ом	50 Гц	60 Гц	R1 Ом	R4 Ом	R2 Ом	50 Гц	60 Гц
0,1	1290	30	0,24247	0,20207	20000	21350	1000	3,00220	2,50183
0,2	2610	30	0,24623	0,20519	12000	6930	240	3,00169	2,50141
0,3	3930	30	0,25290	0,21075	10000	10100	150	2,00078	1,66731
0,4	5250	30	0,25327	0,21939	10000	7050	95	1,75085	1,45904
0,6	7890	30	0,30159	0,25133	10000	5090	57	1,24960	1,04133
0,7	9210	30	0,33784	0,28154	10000	7560	56	0,75040	0,62533
0,8	10530	30	0,40211	0,33509	10000	4630	42	0,75010	0,62508
0,9	11850	30	0,55351	0,46125	10000	4420	37	0,50031	0,41692
0,99	13040	30	1,71030	1,42525	10000	1250	25	0,40124	0,33436

Предел по напряжению 380 В.

cos φ	Емкостной сдвиг				Индуктивный сдвиг				
			С мкФ					С мкФ	
	R1 Ом	R2 Ом	50 Гц	60 Гц	R1 Ом	R4 Ом	R2 Ом	50 Гц	60 Гц
0,1	2250	30	0,14038	0,11699	20000	6560	345	6,17352	5,14460
0,2	4530	30	0,14255	0,11880	16000	13650	215	2,00030	1,66692
0,3	6810	30	0,14642	0,12201	15000	15240	130	1,33407	1,11172
0,4	9090	30	0,15242	0,12701	15000	10830	85	1,15492	0,96243
0,6	13650	30	0,17461	0,14550	15000	7660	53	0,83360	0,69467
0,7	15930	30	0,19659	0,16299	15000	11400	50	0,50036	0,41697
0,8	18210	30	0,23280	0,19400	15000	7960	39	0,45784	0,38153
0,9	20490	30	0,32045	0,26704	15000	6650	37	0,33349	
0,9					15000	8655	32		0,27791
0,99	22540	30	0,99041	0,82534	15000	1770	22	0,28344	0,23620

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Справочное

Зависимость показаний ваттметра и варметра от значений коэффициента мощности

Нагрузка	cos φ	Величина тока 5; I А		Величина тока 2,5; 0,5 А	
		показания ваттметра, деления	показания варметра, деления	показания ваттметра, деления	показания варметра, деления
Емкостная	0,50	50	86,6	25	43,3
	0,55	55	83,5	27,5	4I,7
	0,60	60	80,0	30	40,0
	0,65	65	76,0	32,5	38,0
	0,70	70	7I,4	35	35,7
	0,75	75	66,I	37,5	33,I
	0,80	80	60,0	40	30,0
	0,85	85	52,7	42,5	26,3
	0,90	90	43,6	45	2I,8
	0,95	95	3I,2	47,5	I5,6
Активная	I	I00	0	50	0
Индуктивная	0,95	95	3I,2	47,5	I5,6
	0,90	90	43,6	45	2I,8
	0,85	85	52,7	42,5	26,3
	0,80	80	60	40,0	30,0
	0,75	75	66,I	37,5	33,I
	0,70	70	7I,4	35,0	35,7
	0,65	65	76,0	32,5	38,0
	0,60	60	80,0	30,0	40,0
	0,55	55	83,5	27,5	4I,7
	0,50	50	86,6	25,0	43,3
	[illegible]	45	89,3	25,5	44,7
	0,40	40	9I,7	20,0	45,8
	0,35	[illegible]	93,7	I7,5	46,8
	0,30	30	95,4	I5,0	47,7
	0,25	25	[illegible]	I2,5	48,4
	0,20	20	98	I0	49,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
Рекомендуемое

Пример заполнения протокола поверки фазометров методом сличения с образцовым фазометром

Протокол № I7

I. Определение основной погрешности фазометра типа Д5000 № 6320

Применяемая аппаратура: установка для поверки энергетических фазометров класса 0,2 и ниже УПФ-5.

Номинальные ток 5 А и напряжение 220 В.

Таблица

Шкала						Шкала					
Показания поверяемого фазометра φ	Показания образцового фазометра A_1	Погрешность в угл. мин.	Показания образцового фазометра A_2	Вариация в угл. мин.	Показания поверяемого фазометра	Эквивалентные значения φ	Показания образцового фазометра A_3	Погрешность в угл. мин.	Погрешность в значениях cosφ	Показания образцового фазометра A_4	Вариация в угл. мин.
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
Емкостной квадрант											
0°	0°I2	+I2	0°20	8	I	360°	0°I0	+I0	0	0°20	I0
I0°	350°02	+2	350°I7	I5	0,99	35I°54	35I°57	+3	-0,0004	352°06	9
20°	340°I2	+I2	339°54	I8	0,9	334°I0	334°2I	+II	-0,0004	334°29	8
30°	330°II	+II	329°57	I4	0,8	323°08	323°20	+I2	-0,0023	323°25	5
40°	320°09	+9	3I9°52	I7	0,7	3I4°26	3I4°34	+8	-0,00I6	3I4°47	I3
50°	3I0°0I	+I	3I0°I6	I5	0,6	306°52	306°52	0	0	307°06	I2
60°	299°53	-7	300°I0	I7	0,5	300°	299°53	-7	+0,00I6	300°04	II
70°	289°47	-I3	290°	I3	0,4	293°35	293°3I	-4	+0,00I0	293°48	I7
80°	279°50	-I0	280°04	I4	0,3	287°28	287°20	-8	+0,0022	287°36	I6
90°	269°56	-4	270°I0	I4	0,2	28I°32	28I°33	+I	+0,0003	28I°45	I2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	I2
Предельный квадрант											
I0°	I0°05	-5	9°53	I2	0,99	8°06	8°I5	-9	+0,0004	8°00	I5
20°	20°I2	-I2	I9°58	I4	0,9	25°50	25°58	-8	+0,00II	25°44	I4
30°	30°I5	-I5	30°03	I2	0,8	36°52	36°55	-3	+0,0005	30°36	I9
40°	40°08	-8	39°55	I3	0,7	45°34	45° 52	-I8	+0,0036	45°27	20
50°	50°I3	-I3	49°56	I7	0,6	53°08	53°08	0	0	53°00	8
60°	59°59	+I	59°46	I3	0,5	60°	59°55	+5	-0,00I3	59°44	II
70°	69°52	+8	69°40	I2	0,4	66°25	66°I9	+6	-0,00I6	66°09	I0
80°	79°45	+I5	80°00	I8	0,3	72°32	72°25	+7	-0,0020	72°I7	8
90°	89°50	+I0	90°05	I5	0,2	78°28	78°29	-I	+0,0003	78° 07	I2
					0,I	84°26	84°27	-II	+0,0033	84°20	7
					0	90°	90°I7	-I7	+0,005I	90°I9	2
Номинальные ток 5А и напряжение I00В											
0°	0°II	+II			I	360°	0°I0	+I0	0		
$90°_e$	$269°54$	-6			0_e	270°	270°I5	+I5	-0,0045		
$30°_e$	30°I7	-I7			$0,7_и$	45°34	45°34	-I6	+0,0032		
$90_и$	89°3C	-I5			$0_и$	90°	90°I3	-I3	+0,0039		
Номинальные ток 5А и напряжение I27В											
0°	0°08	+8			I	360°	0°09	+9	.0		
$90°_e$	$269°57$	-3			0_e	270°	270°II	+II	-0,0033		
$90°_e$	89°47	+I3			$0_и$	90°	90°I5	-I5	+0,0045		
$30°_e$	30°I2	-I2			$0,7_и$	45°34	45°46	-I4	+0,0028		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Номинальные ток 10 А и напряжение 100 В											
0°	$0^{\circ}09$	+9		I	360°	$0^{\circ}17$	+17	0			
$90^{\circ}_{в}$	$269^{\circ}55$	-5		$O_в$	270°	$270^{\circ}13$	+13	-0,0039			
$90^{\circ}_{и}$	$89^{\circ}53$	+7		$O_и$	90°	$90^{\circ}14$	-14	+0,0042			
$30^{\circ}_{и}$	$30^{\circ}17$	+17		$0,7_и$	$45^{\circ}34$	$45^{\circ}48$	-14	+0,0028			
Номинальные ток 10 А и напряжение 127 В											
0°	$0^{\circ}07$	+7		I	360°	$0^{\circ}10$	+10	0			
$90^{\circ}_{в}$	$269^{\circ}03$	-3		$O_в$	270°	$270^{\circ}12$	+12	-0,0036			
$90^{\circ}_{и}$	$89^{\circ}48$	+12		$O_и$	90°	$90^{\circ}10$	-10	+0,0030			
$30^{\circ}_{и}$	$30^{\circ}09$	+9		$0,7_и$	$45^{\circ}34$	$45^{\circ}42$	-8	+0,0016			
Номинальные ток 10 А и напряжение 220 В											
0°	$0^{\circ}12$	+12		I	360°	$0^{\circ}08$	+8	0			
$90^{\circ}_{в}$	$269^{\circ}53$	-7		$O_в$	270°	$270^{\circ}13$	+13	-0,0039			
$90^{\circ}_{и}$	$89^{\circ}45$	+15		$O_и$	90°	$90^{\circ}13$	-13	+0,0039			
$30^{\circ}_{и}$	$30^{\circ}11$	-11		$0,7_и$	$45^{\circ}34$	$45^{\circ}44$	-10	+0,0020			

Погрешность не превышает пределы допустимой 22.

Примечание: Показания образцового фазометра при подходе к поверяемой точке шкалы со стороны меньших значений A_1 и A_3.

Показания образцового фазометра при подходе к поверяемой точке шкалы со стороны больших значений A_2 и A_4.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Справочное

Значение $\cos\varphi$, выраженное в градусной мере

	: 0,00	: 0,01	: 0,02	: 0,03	: 0,04	: 0,05	: 0,06	: 0,07	: 0,08	: 0,09	: 0,10
0,0	90,000	89,427	88,854	88,281	87,708	87,134	86,560	85,986	85,411	84,836	84,261
0,1	84,261	83,866	83,108	82,530	81,962	81,373	80,791	80,212	79,630	79,047	78,463
0,2	78,463	77,878	77,291	76,703	76,114	75,523	74,930	74,336	73,740	73,142	72,542
0,3	72,542	71,941	71,337	70,731	70,123	69,513	68,900	68,284	67,666	67,046	66,422
0,4	66,422	65,795	65,165	64,532	63,896	63,256	62,613	61,966	61,315	60,659	60,000
0,5	60,000	59,336	58,668	57,995	57,316	56,633	55,944	55,250	54,549	53,843	53,130
0,6	53,130	52,411	51,684	50,950	50,208	49,458	48,700	47,933	47,156	46,370	45,573
0,7	45,573	44,765	43,946	43,114	42,269	41,410	40,536	39,646	38,746	37,815	36,870
0,8	36,870	35,904	34,915	33,901	31,860	31,788	30,683	29,541	28,358	27,127	25,842
0,9	25,842	24,495	23,074	21,565	19,949	18,195	16,260	14,070	11,478	8,110	0,000

Примечание: Значение коэффициента мощности определяется цифрами, расположенными в первом столбце и первой строке таблицы.

Значение угла, соответствующего данному коэффициенту мощности, находится на пересечении соответствующей строки и столбца.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАНА И ВНЕСЕНА Государственным Комитетом СССР стандартам

   ИСПОЛНИТЕЛИ

   А.А-Б.Ахмадов, канд. техн. наук (руководитель темы).

   Н.Н.Василенко

2. УТВЕРЖДЕНА на заседании секции НТС УкрЦСМ от 2..12.88 г. Протокол № 16.

3. ЗАРЕГИСТРИРОВАНА ВНИИМС

4. ВЗАМЕН инструкции 194-62.

gost.e-ecolog.ru