

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Новозыбковский сельскохозяйственный техникум –
филиал федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Брянский государственный аграрный университет»**

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ
И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ КАЧЕСТВА**

Учебное пособие

Брянск 2015 г.

УДК 006(07)
ББК 30.10
М 54

Метрология, стандартизация и подтверждение качества:
учебное пособие / сост. Л.В. Дорошенко. - Брянск.: Изда-
тельство Брянского ГАУ, 2015. - 154 с.

Печатается по решению методического совета Новозыб-
ковского филиала Брянского ГАУ.

© Брянский ГАУ, 2015

Оглавление

Введение	4
Тема 1 Основные понятия метрологии	5
Тема 2 Измерение токов и напряжений	26
Тема 3 Измерение сопротивления изоляции и заземления ..	38
Тема 4 Измерение электрической мощности	53
Тема 5 Измерение электрической энергии	76
Тема 6 Изменение фазного сдвига и частоты	92
Тема 7 Основы стандартизации в отрасли.....	104
Тема 8 Формы подтверждения качества	123
Тема 9 Формы подтверждения качества	137

Введение

Учебное пособие является учебником по электрическим измерениям энергетических и электромеханических техник и приборостроительных специальностей. В ней изложены основы теории электрических измерений, методы измерений электрических, магнитных и неэлектрических величин, а также рассмотрены технические средства, применяемые при электрических измерениях. Учебное пособие написано в соответствии с новой программой курса. В ней отражены достижения современной науки в области электрических измерений. Большое внимание уделено новым прогрессивным средствам измерения — электронным приборам, как цифровым, так и аналоговым, аналого-цифровым преобразователям, информационно-измерительным системам. В учебном пособии приводятся технические характеристики новых освоенных промышленностью средств измерений. При изложении материала авторы опирались на новые ГОСТ в метрологии и измерительной технике. По сравнению с книгой В. С. Попова сокращен материал, посвященный описанию электромеханических приборов. Книга содержит описание ряда новых лабораторных работ. В пособии включено большое количество таблиц по выбору допусков и посадок, а также квалитетов, что облегчит студентам выполнение курсовых работ и дипломных проектов. Развитие науки и техники всегда было тесно связано с прогрессом в области измерений. В физике, механике и других науках именно измерения позволили точно устанавливать зависимости, выражающие объективные законы природы, поэтому эти науки именуются точными. Важное значение измерений для науки подчеркивали многие ученые. Вот что они писали об этом: Г. Галилей: «Измеряй все доступное измерению и делай доступным все недоступное ему»; Д. И. Менделеев: «Наука начинается с тех пор, как начинают измерять, точная наука немислима без меры»; Кельвин: «Каждая вещь известна лишь в той степени, в какой ее можно измерить». Измерения являются одним из основных способов познания природы, ее явлений и законов. Каждому новому открытию в области естественных и технических наук предшествует большое число различных измерений. Немецкий фи-

зик Г. Ом установил основной закон электрической цепи (закон Ома) в 1826 г. путем ряда точных экспериментов, а в 1827 г. Дал ему теоретическое обоснование. П. Н. Лебедев, построив специальное измерительное устройство, в 1901 г. впервые обнаружил и измерил давление света на твердое тело. Такие примеры можно было бы продолжить.

Важную роль играют измерения и в создании новых машин, сооружений, повышении качества продукции и эффективности производства. Например, во время стендовых испытаний крупнейшего в мире турбогенератора мощностью 1200 МВт, созданного на ленинградском объединении «Электросила», измерения производились в 1500 различных его точках.

Тема 1 Основные понятия метрологии

План лекций:

1. Введение.
2. Международная система СИ.
3. Средства электрических измерений.
4. Погрешности измерений.
5. Характеристики измерительных приборов.

Основные метрологические понятия. Методы измерения и погрешности.

Определение и классификация измерений, методов и средств измерений. Единицы физических величин.

Наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и достижения требуемой точности называется *метрологией*.

Измерением называется нахождение значений физических величин опытным путем с помощью специальных технических средств.

Измерения должны выполняться в общепринятых единицах.

В России в 1963 г. введена Международная система единиц (СИ). Основными единицами СИ являются: метр (м), килограмм (кг), секунда (с), ампер (А), кельвин (К) и кандела (кд).

Кроме основных единиц установлены производные единицы. В табл. 1 приведены наиболее употребительные производные единицы электрических и магнитных величин.

Наименования кратных и дольных единиц образуются путем применения приставок. *Средствами* электрических измерений называют технические средства, используемые при электрических измерениях и имеющие нормированные погрешности. Различают следующие виды средств электрических измерений:

- 1) меры;
- 2) электроизмерительные приборы;
- 3) измерительные преобразователи;
- 4) электроизмерительные установки;
- 5) измерительные информационные системы.

Мерой называется средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера, например измерительная катушка сопротивления, конденсатор, гиря. Набор мер представляет собой специально подобранный комплект мер для воспроизведения ряда одноименных величин различного размера. Примерами набора мер являются магазины сопротивлений, емкостей и т. д.

Таблица 1 Производные единицы электрических и магнитных величин.

Величина	Единица	Обозначение		Выражение производительной единице через другие единице
		русский	международное	
Работа, энергия, количество теплоты	джоуль	Дж	J	Н·М
Мощность	ватт	Вт	W	Дж/с
Количество электричества	кулон	Кл	с	А·с
Электрическое напряжение, разность потенциалов, ЭДС	вольт	В	V	Вт/А

Продолжение таблицы

Напряженность электрического поля	вольт на метр	В/м	V/ш	—
Электрическое сопротивление	ом	Ом	Я	В/А
Электрическая емкость	фарада	Ф	F	Кл/В
Поток магнитной индукции	вебер	Вб	Wb	В-с
Индуктивность и взаимная индуктивность	генри	Гн	н	Вб/А
Магнитная индукция	тесла	Тл	т	Вб/м ²
Напряженность магнитного поля	ампер на метр	А/м	А/т	—
Магнитодвижущая сила	ампер	А	А	—
Частота	герц	Гц	Hz	с ⁻¹

Электроизмерительными приборами называют средства электрических измерений, предназначенные для выработки сигналов измерительной информации, т. е. информации о значениях измеряемой величины, в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем, например амперметр, вольтметр, ваттметр, фазометр.

Измерительными преобразователями называют средства электрических измерений. Предназначенные для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем. Измерительные преобразователи можно разделить на: 1) преобразователи электрических величин в электрические, например шунты, делители напряжения, трансформаторы; 2) преобразователи неэлектрических величин в электрические, например термоэлектрические термометры, терморезисторы, тензорезисторы, индуктивные преобразователи.

Электроизмерительная установка состоит из ряда средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, расположенных в одном месте. При помощи таких установок можно в

ряде случаев производить более сложные и более точные измерения, чем при помощи отдельных измерительных приборов. Электроизмерительные установки широко используются, например, для поверки и градуировки электроизмерительных приборов и испытаний магнитных материалов.

Измерительные информационные системы представляют собой совокупность средств измерений и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи. Они предназначены для автоматического получения измерительной информации от ряда ее источников, а также для ее передачи и обработки.

В зависимости от способа получения результата измерения делятся на прямые и косвенные.

Прямыми называются измерения, результат которых получается непосредственно из опытных данных. Примеры прямых измерений: измерение тока амперметром, температуры термометром, массы на весах.

Косвенными называются измерения, при которых искомая величина непосредственно не измеряется, а ее сечение находится на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, полученными в результате прямых измерений. Например, мощность P в цепях постоянного тока вычисляют по формуле $P = UI$; напряжение U в этом случае измеряют вольтметром, а ток I — амперметром.

В зависимости от совокупности приемов использования принципов и средств измерений все методы делятся на методы непосредственной оценки и методы сравнения.

Под *методом непосредственной оценки* понимают метод, по которому измеряемая величина определяется непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия, т. е. прибора, осуществляющего преобразование измерительного сигнала в одном направлении (без применения обратной связи), например измерение тока амперметром, измерение давления пружинным манометром. Метод непосредственной оценки прост, но отличается относительно низкой точностью.

Методом сравнения называют метод, по которому измеряемая величина сравнивается с величиной, воспроизводимой мерой. Отличительной чертой метода сравнения является непо-

средственное участие меры в процессе измерения, например измерение сопротивления путем сравнения его с мерой сопротивления — образцовой катушкой сопротивления, измерение массы на рычажных весах с уравниванием гирями. Методы сравнения обеспечивают большую точность измерения, чем методы непосредственной оценки, но это достигается за счет усложнения процесса измерения.

Методы сравнения подразделяются на нулевые, дифференциальные и замещения.

Нулевой метод — это метод сравнения измеряемой величины с мерой, в котором действие измеряемой величины на индикатор сводится к нулю встречным действием известной величины. Примером может служить измерение электрического сопротивления при помощи уравновешенного моста.

Дифференциальный метод — это метод сравнения с нулевой, по которому прибором измеряется разность между измеряемой величиной и известной величиной, воспроизводимой мерой. По дифференциальному методу происходит неполное уравнивание измеряемой величины и в этом заключается отличие дифференциального метода от нулевого.

Причины, и в этом заключается отличие дифференциального метода от нулевого. Примером этого метода может служить измерение электрического сопротивления при помощи неуравновешенного моста. В этом случае измеряемое сопротивление будет определяться не только известными сопротивлениями плеч моста, но и показанием индикатора.

Метод замещения — это метод сравнения с мерой, по которому измеряемая величина A_x заменяется в измерительной установке известной величиной A_0 , воспроизводимой мерой, причем путем изменения величины из A_0 мерительная установка приводится в прежнее состояние, т. е. достигаются те же показания приборов, что и при

действии величины A_x . В результате $A_x = A_0$. Из всех разновидностей методов сравнения метод замещения наиболее точен, так как при замене измеряемой величины известной никаких изменений в состоянии и действии измерительной установки не происходит, вследствие этого погрешность в показани-

ях измерительных приборов не влияет на результат измерения. Примером метода замещения может служить измерение сопротивления с поочередным включением измеряемого сопротивления и регулируемого образцового сопротивления в одно и то же плечо моста.

Погрешности измерения.

Результаты измерения физической величины дают лишь приближенное ее значение. Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины называют *погрешностью* измерения. Различают абсолютную и относительную погрешности измерения.

Абсолютная погрешность измерения ΔA равна разности между результатом измерения A_x и истинным значением измеренной величины A :

$$\delta_A = \frac{\Delta A}{A} 100.$$
$$\Delta A = A_x - A.$$

Относительная погрешность измерения δ_A представляет собой отношение абсолютной погрешности измерения к истинному значению измеряемой величины, выраженное в процентах:

Так как истинное значение измеряемой величины неизвестно, вместо истинного значения используют так называемое действительное значение, под которым понимают значение измеряемой величины, найденное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному значению, что может быть использовано вместо него. По этой причине на практике значение погрешности измерения можно оценить только приближенно. Погрешности считаются положительными, если результат измерения превышает действительное значение.

Для получения действительного значения измеряемой величины в ряде случаев учитывают погрешности средств измерений путем введения поправок. *Поправкой* называется абсолютная погрешность, взятая с обратным знаком.

Пример. Результат измерения тока $I_x = 49,9$ А, а его действительное значение $I = 50,0$ А. Абсолютная погрешность измерения

$$\Delta I = I_x - I = 49,9 - 50,0 = -0,1 \text{ А.}$$

Относительная погрешность измерения

$$\delta_I = \frac{\Delta I}{I} 100 = -\frac{0,1}{50} 100 = -0,2\%.$$

Поправка, которую следует ввести в результат измерения, равна — $\Delta I = 0,1$ А.

Погрешности измерений имеют систематическую и случайную составляющие, которые называют также систематической и случайной погрешностями.

Под *систематическими* погрешностями понимают погрешности, остающиеся постоянными или закономерно изменяющиеся при повторных измерениях одной и той же величины. Систематические погрешности могут быть определены и устранены путем введения соответствующих поправок. Примером систематических погрешностей является погрешность градуировки прибора, т. е. ошибки в положении делений, нанесенных на шкалу прибора. Влияние внешних факторов (например, колебания температуры, напряжения питания) на средства измерения также вызывает появление систематических погрешностей.

Случайными называются погрешности, изменяющиеся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины. Случайные погрешности нельзя исключить опытным путем.

Уменьшение влияния случайных погрешностей на результат измерений достигается путем многократных измерений величины в одинаковых условиях. Если принять, что систематические погрешности близки к нулю, то наиболее достоверное значение, которое можно приписать измеряемой величине на основании ряда измерений, есть среднее арифметическое из полученных значений, определяемое как

$$A_{\text{ср}} = (a_1 + a_2 + \dots + a_n) / n$$

где a_1, a_2, \dots, a_n — результаты отдельных измерений;
 n — число измерений.

Для оценки точности результата измерений необходимо знать закон распределения случайных погрешностей.

В практике электрических измерений одним из наиболее распространенных законов распределения случайных погрешностей является *нормальный закон* (Гаусса).

Математическое выражение нормального закона имеет вид:

$$p(Q) = \frac{1}{a\sqrt{2\pi}} e^{-Q^2/2a^2}$$

где $P(Q)$ — плотность вероятности случайной погрешности Q ;
 a — среднее квадратическое отклонение.

Как следует из ниже приведенной при $Q = 0$

$$p(Q) = 1/a\sqrt{2\pi}$$

Среднее квадратическое отклонение может быть выражено через случайные отклонения результатов наблюдения p :

$$Q \approx \sqrt{(p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2)} = (n-1) \quad (1)$$

где $p_1 = a_1 - A_{\text{ср}}$; $p_2 = a_2 - A_{\text{ср}}$; $p_n = a_n - A_{\text{ср}}$.

Характер кривых, описываемых уравнением (1) для двух значений a , показан на Рис 1. Из этих кривых видно, что чем меньше a , тем чаще встречаются малые случайные погрешности, т. е. тем точнее выполнены измерения. Кривые симметричны относительно оси ординат, так как положительные и отрицательные погрешности встречаются одинаково часто.

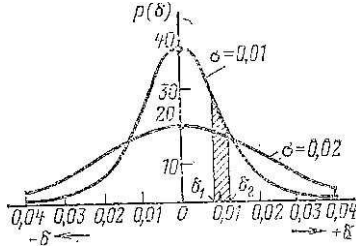


Рис 1. Нормальный закон распределения случайных погрешностей.

Вероятность появления погрешности со значениями от q_1 до q_2 определяется площадью заштрихованного участка на рис. 1. При нормальном законе распределения вероятность появления случайных погрешностей в интервале от q_1 до q_2 вычисляется как определенный интеграл от функции $p(\delta)$:

$$P = \int_{q_1}^{q_2} p(Q)dQ$$

Значения этого интеграла вычислены для различных пределов (интервалов $\pm A\delta$) введенные в математических справочниках. Интеграл, вычисленный для пределов от $\delta_1 = -\infty$ до $\delta_2 = +\infty$ равен единице, т. е. вероятность появления случайной погрешности в интервале от $-\infty$ до $+\infty$ равна единице. Это естественно, так как все погрешности имеют конечные значения.

Как указывалось ранее, среднее арифметическое ряда измерений A_{cp} является лишь наиболее достоверным значением измеряемой величины. Точность результата измерения A_{cp} можно оценить с помощью средней квадратической и вероятной погрешностей. Если случайные погрешности распределены по нормальному закону, то согласно теории погрешностей средняя квадратическая погрешность среднего арифметического значения равна:

$$Q_a = \sqrt{\frac{P_1^2 + p_2^2 \dots + p_n^2}{n(n-1)}} = \frac{q}{\sqrt{n}}$$

Из данного выражения видно, что увеличение количества повторных измерений n приводит к уменьшению средней квадратической погрешности Q результата измерений.

Если известен закон распределения случайных погрешностей, можно определить вероятность появления погрешности δ , не выходящей за некоторые принятые границы. Этот интервал называют *доверительным интервалом*, а *характеризующую его вероятность* — доверительной вероятностью.

При нормальном законе распределения по таблице интеграла вероятностей можно определить значения доверительных интервалов. При увеличении доверительных интервалов значения доверительных вероятностей возрастают, стремясь к пределу, равному единице. Например, для доверительного интервала от $\delta_1 = -Q$ до $\delta_2 = +Q$ доверительная вероятность P равна 0,68. Следовательно, вероятность того, что случайная погрешность не превышает среднего квадратического значения, равна 0,68. Так как вероятность появления случайной погрешности для доверительного интервала от $\delta_1 = -\infty$ до $\delta_2 = +\infty$ равна единице, то вероятность появления погрешности по абсолютному значению, превышающей a , равна $1 - 0,68 = 0,32$, т. е. примерно только одно из трех измерений будет иметь погрешность, большую 0.

Для доверительного интервала от $-3Q$ до $+3Q$ доверительная вероятность равна 0,9973. Вероятность появления погрешности, большей $3Q$, равна $1 - 0,9973 = 0,0027 \approx 1/370$. Такая доверительная вероятность означает, что из 370 случайных погрешностей только одна погрешность по абсолютному значению будет больше $3Q$. Поэтому значение $3Q$ считается максимально возможной случайной погрешностью. Погрешности, большие $3Q$, считаются промахами и при обработке результатов измерений не учитываются.

Как указывалось, для оценки точности результата измерения можно воспользоваться вероятной погрешностью.

Вероятной погрешностью называется такая погрешность, относительно которой при повторных измерениях какой-либо величины одна половина случайных погрешностей по абсолютному значению меньше вероятной погрешности, а другая — больше ее. Из данного определения следует, что вероятная погрешность

равна доверительному интервалу, при котором доверительная вероятность $P=0,5$.

Вероятная погрешность результата измерений, т. е. среднего арифметического значения, при нормальном законе распределения случайных погрешностей равна:

$$\varepsilon_A = \frac{2}{3} \sigma_A = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\rho_1^2 + \rho_2^2 + \dots + \rho_n^2}{n(n-1)}}.$$

Следует отметить, что указанный способ определения Доверительных интервалов справедлив только при большом количестве измерений ($n > 20/30$). На практике чаще всего значение ε_A приходится определять по результатам сравнительно небольшого количества измерений. В этом случае при нормальном законе распределения для определения доверительного интервала нужно пользоваться коэффициентами Стьюдента t_n , которые зависят от задаваемой доверительной вероятности P и количества измерений n (табл. 2.)

Таблица 2 Коэффициенты Стьюдента.

n	P								
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999
2	1,00	1,38	2,0	3,1	6,3	12,7	31,8	63,7	636,6
3	0,82	1,06	1,3	1,9	2,9	4,3	7,0	9,9	31,6
4	0,77	0,98	1,3	1,6	2,4	3,2	4,5	5,8	12,9
5	0,74	0,94	1,2	1,5	2,1	2,8	3,7	4,6	8,6
6	0,73	0,92	1,2	1,4	2,0	2,6	3,4	4,0	6,9
7	0,72	0,90	1,2	1,4	1,9	2,4	3,1	3,7	6,0
8	0,71	0,90	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,5	5,4
9	0,71	0,90	1,1	1,4	1,9	2,3	2,9	3,4	5,0
10	0,70	0,88	1,1	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3	4,8
15	0,69	0,87	1,1	1,3	1,8	2,1	2,6	3,0	4,1
20	0,69	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,9
30	0,68	0,85	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	2,8	3,7

Для определения доверительного интервала среднюю квадратическую погрешность Q_A надо умножить на коэффициент Стьюдента. Окончательный результат измерения можно записать так:

$$A = A_{\text{ср}} \pm t_n q_A$$

Определим погрешность результата измерения при косвенных измерениях.

Допустим, что искомая величина A является известной функцией полученных прямыми измерениями вспомогательных величин B и C :

$$A = F(B, C). \quad (2)$$

Требуется определить погрешность величины A , если известны погрешности величин B и C .

Прологарифмируем и продифференцируем соотношение (2), положив B и C переменными. В результате найдем:

$$\frac{dA}{A} = F_1(B, C) \frac{dB}{B} + F_2(B, C) \frac{dC}{C} \quad (3)$$

где $F_1(B, C)$ и $F_2(B, C)$ —функции переменных B и C .

Заменяя дифференциалы dA , dB и dC малыми приращениями, которые можно рассматривать как абсолютные погрешности, получим:

$$\frac{\Delta A}{A} = F_1(B, C) \frac{\Delta B}{B} + F_2(B, C) \frac{\Delta C}{C}$$

Уравнение (3) дает возможность определить погрешность искомой величины A , зная погрешности величин B и C . Так как в большинстве случаев знак погрешностей δ_B и δ_C неизвестен, то при определении наибольшей возможной погрешности всегда следует рассматривать неблагоприятный случай, при котором слагаемые $F_1(B, C) \delta_B$ и $F_2(B, C) \delta_C$ имеют одинаковые знаки.

Определим, например, погрешность измерения величины A , которая связана с величинами B и C , найденными прямыми измерениями, соотношением:

$$A = B^n C^m,$$

где n и m — показатели степени, которые могут быть целыми, дробными, положительными или отрицательными.

Взяв логарифмы правой и левой частей уравнения, получим:

$$\ln A = n \ln B + m \ln C.$$

Продифференцировав написанное выражение, найдем:

$$\frac{dA}{A} = n \frac{dB}{B} + m \frac{dC}{C}$$

Заменяв дифференциалы dA , dB и dC малыми приращениями, запишем:

$$\frac{\Delta A}{A} = n \frac{\Delta B}{B} + m \frac{\Delta C}{C}$$

или

$$Q_A = nQ_B + mQ_C$$

где $\delta_A = \Delta A/A$; $Q_B = \Delta B/B$; $\delta_C = \Delta C/C$ — относительные погрешности величин A , B , C .

Определим наибольшую возможную относительную погрешность величины A , если она связана с величинами B , C и D зависимостью вида:

$$L = B + C - D.$$

Прологарифмировав и продифференцировав данное выражение и заменив дифференциалы dA , dB и dC малыми приращениями, найдем:

$$\varrho_A = \frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta B + \Delta C - \Delta D}{B + C - D}$$

Если $B + C \approx D$, то погрешность величины A может быть очень большой, несмотря на сравнительно малые погрешности величин B , C и D .

Погрешности средств измерений.

В зависимости от изменения во времени измеряемой величины различают следующие погрешности средств измерений: *статическую* погрешность — погрешность при измерении постоянной во времени величины;

динамическую погрешность — разность между погрешностью в динамическом режиме (т. е. при изменении измеряемой величины во времени) и статической погрешностью, соответствующей значению измеряемой величины в данный момент времени.

В зависимости от условий возникновения погрешностей различают:

основную погрешность — погрешность средств измерений, используемых в нормальных условиях, т. е. при нормальном положении, температуре окружающей среды $20 \pm 5^\circ \text{C}$, отсутствии внешнего электрического и магнитного полей, кроме земного, и т.п.;

дополнительную погрешность, под которой понимают погрешность средств измерений, возникающую в результате отклонения значения одной из влияющих величин от нормального значения. Иными словами, это погрешность, возникающая при отклонении условий эксплуатации от нормальных.

Рассмотрим статические погрешности мер и электроизмерительных приборов.

Погрешность меры. Каждая мера имеет номинальное значение, почти всегда указываемое специальной надписью на самой мере. При изготовлении меры практически невозможно обеспечить равенство номинального и истинного значений меры. Разность между номинальным и истинным значениями меры называется *абсолютной* погрешностью меры.

Погрешности электроизмерительных приборов.

По способу выражения погрешностей измерительных приборов различают абсолютную, относительную и приведенную погрешности.

Абсолютная погрешность прибора Δ есть разность между показанием прибора x_n и истинным значением x измеряемой величины, т.е.

$$\Delta = x_n - x.$$

Относительная погрешность прибора δ представляет собой отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины. Относительная погрешность, обычно выражаемая в процентах, равна:

$$\delta = \frac{x_n - x}{x} 100$$

В связи с тем что истинное значение измеряемой величины остается неизвестным, при оценке погрешностей следует пользоваться вместо него понятием «действительное значение».

Приведенная погрешность γ есть выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности Δ к нормирующему значению x_n :

$$\gamma = \frac{x_n - x}{x_n} 100$$

Для приборов с нулевой отметкой на краю или вне шкалы нормирующее значение равно конечному значению диапазона измерений. Для приборов с двусторонней шкалой, т. е. с отметками шкалы, расположенными по обе стороны от нуля, оно равно арифметической сумме конечных значений диапазона измерений.

У реальных приборов зависимость абсолютной погрешности от измеряемой величины x может быть представлена некоторой полосой неопределенности, обусловленной случайной погрешностью и изменением характеристик приборов в результате действия влияющих величин и вследствие старения. Поэтому значение абсолютной погрешности, как правило, ограни-

чено двумя прямыми 1, симметричными относительно оси абсцисс, расстояние между которыми увеличивается с ростом измеряемой величины (Рис 2).

Предельные значения абсолютных погрешностей Δ_{\max} могут быть как положительными, так и отрицательными, но одинаковыми по модулю. Их зависимость от измеряемой величины x характеризуется прямыми 1. Уравнение прямой 1, не проходящей через начало координат, может быть выражено при помощи двух постоянных коэффициентов a и b . Таким образом,

$$|\Delta_{\max}| = |a| + |bx|$$

где a называют предельным значением *аддитивной* погрешности, Bx — предельным значением *мультипликативной* погрешности.

Абсолютные аддитивные погрешности не зависят от измеряемой величины x , а мультипликативные — прямо пропорциональны значению x .

Источники аддитивной погрешности — трение в опорах, неточность отсчета, шум, наводки и вибрации. От этой погрешности зависит наименьшее значение величины, которое может быть измерено прибором. Причины мультипликативной погрешности — влияние внешних факторов и старение элементов и узлов приборов.

Предельное значение относительной погрешности прибора $B_{\text{таx}}$, выраженное в процентах значения измеряемой величины, связано с предельным значением абсолютной погрешности Δ_{\max} зависимостью.

$$|Q_{\max}| = \frac{|\Delta_{\max}|}{x} 100 = \left(\frac{|a|}{x} + |b| \right) 100$$

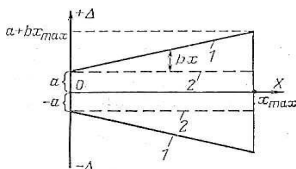


Рис. 2. Зависимость абсолютной погрешности прибора от измеряемой величины.

Согласно ГОСТ 8-401=81 приборам присваивается определенный класс точности. *Класс точности* — это обобщенная характеристика прибора, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей. Пределы допускаемых изменений показаний от влияния внешних факторов для любого прибора устанавливаются в зависимости от класса его точности согласно стандартам на отдельные виды приборов. Класс точности может выражаться одним числом или дробью.

У приборов, аддитивная погрешность которых резко преобладает над мультипликативной, все значения погрешностей оказываются в пределах прямых 2, параллельных оси ОХ (Рис 2). В результате допускаемая абсолютная и приведенная погрешности прибора оказываются постоянными в любой точке его шкалы. У таких приборов класс точности выражается одним числом, выбираемым из ряда следующих чисел: MO'' ; $1,5-10''$; $2-10''$; $2,5-10''$; $4-10''$; $5-10''$; $6-10''$, где $p = 1; 0; -1; -2$ и т. д.

У приборов, класс точности которых выражается одним числом, основная приведенная погрешность в рабочем диапазоне шкалы, выраженная в процентах, не превышает значения, соответствующего классу точности. К таким приборам относятся большинство стрелочных и самопишущих приборов.

Класс точности приборов, у которых аддитивная и мультипликативная составляющие основной погрешности соизмеримы, обозначается в виде двух чисел, разделенных косой чертой, например класс точности $0,1/0,05$. Предельное значение основной относительной погрешности приборов, выраженное в процентах, в этом случае может быть определено путем расчета по формуле:

$$|Q_{\max}| = [c + d(|x_H/x| - 1)] \quad (4)$$

где x_k — конечное значение диапазона измерений; c и d — постоянные числа, причем отношение dd обозначает класс точности прибора.

Так как относительная, абсолютная и приведенная погрешности взаимосвязаны, то, зная одну из них, легко определить остальные.

К приборам, класс точности которых выражается дробью, относятся цифровые приборы, а также мосты и компенсаторы как с ручным, так и с автоматическим уравниванием.

Рассмотрим связь между коэффициентами c и d в выражении (5) и предельными значениями аддитивной и мультипликативной погрешностей прибора. Учитывая, что предельное значение основной относительной погрешности $|\delta_{max}|$, определенное исходя из класса точности прибора, должно быть всегда больше или равно предельному значению реальной основной погрешности

$|\delta'_{max}|$ из (4) и (5) получаем:

$$\left(\frac{|a|}{x} + |b|\right) 100 \leq c - d + \left|\frac{x_k}{x}\right| d \quad (5)$$

Откуда

$$\begin{aligned} |a| &\leq x_k d / 100 \\ |b| &\leq (c - d) / 100 \end{aligned}$$

Каждый измерительный прибор имеет паспорт, в котором завод-изготовитель указывает максимальную погрешность для данной серии приборов. Новые приборы должны иметь погрешность, которая не превышает 80% значения, указанного в паспорте.

Все приведенные в данном параграфе сведения о погрешностях средств измерений относятся в равной мере как к измерительным приборам, так и к измерительным преобразователям.

Характеристики электроизмерительных приборов.

Общими характеристиками электроизмерительных приборов являются их погрешности, вариация показаний, чувствительность к измеряемой величине, потребляемая мощность, время установления показаний и надежность.

Вариация показаний прибора — это наибольшая разность показаний прибора при одном и том же значении измеряемой величины. Она определяется при плавном подходе стрелки к испытываемой отметке шкалы при движении ее один раз от начальной, а второй раз от конечной отметок шкалы. Вариация показаний характеризует степень устойчивости показаний при-

бора при одних и тех же условиях измерения одной и той же величины. Она приближенно равна удвоенной погрешности от трения, так как причиной вариации в основном является трение в опорах подвижной части.

Чувствительностью¹ S электроизмерительного прибора к измеряемой величине x называется производная от перемещения указателя a по измеряемой величине x :

$$S = da/dx = F(x). \quad (6)$$

Перемещение указателя a , которое выражается в делениях или миллиметрах шкалы, для обширной группы приборов определяется, в первую очередь, углом отклонения подвижной части a измерительного механизма. Кроме того, оно зависит от типа отсчетного устройства и его характеристик (стрелочный или световой указатель, длина шкалы, число делений шкалы и др.).

Чувствительность собственно механизма приборов этой группы (независимо от применяемого отсчетного устройства) равна:

$$S' = da/dx.$$

Выражением (6) определяется чувствительность прибора в данной точке шкалы. Если чувствительность постоянна, т. е. не зависит от измеряемой величины, то ее можно определить из выражения:

$$S = a/x.$$

В этом случае чувствительность прибора численно равна перемещению указателя, соответствующему единице измеряемой величины.

У приборов с постоянной чувствительностью перемещение указателя пропорционально измеряемой величине, т. е. шкала прибора равномерна.

Чувствительность прибора имеет размерность, зависящую от характера измеряемой величины, поэтому, когда пользуются термином «чувствительность», говорят «чувствительность прибора к

току», «чувствительность прибора к напряжению» и т.д. Например, чувствительность вольтметра к напряжению равна 10 дел./В.

Величина, обратная чувствительности, $C=1/S$ называется ценой деления (постоянной) прибора. Она равна числу единиц измеряемой величины, приходящихся на одно деление шкалы. Например, если $S=10$ дел./В, то $C = 0,1$ В/дел.

При включении электроизмерительного прибора в цепь, находящуюся под напряжением, прибор потребляет от этой цепи некоторую *мощность*. В большинстве случаев эта мощность мала с точки зрения экономии электроэнергии. Но при измерении в маломощных цепях в результате потребления приборами мощности может измениться режим работы цепи, что приведет к увеличению погрешности измерения. Поэтому малое потребление мощности от цепи, в которой осуществляется измерение, является достоинством прибора.

Мощность, потребляемая приборами в зависимости от принципа действия, назначения прибора и предела измерения, имеет самые различные значения и для большинства приборов лежит в пределах от 10^{-12} до 15 Вт.

После включения электроизмерительного прибора в электрическую цепь до момента установления показаний прибора, когда можно произвести отсчет, проходит некоторый промежуток времени (время успокоения). Под *временем установления показаний* следовало бы понимать тот промежуток времени, который проходит с момента изменения измеряемой величины до момента, когда указатель займет положение, соответствующее новому значению измеряемой величины. Однако если учесть, что всем приборам присуща некоторая погрешность, то время, которое занимает перемещение указателя в пределах допустимой погрешности прибора, не представляет интереса.

Под *временем установления показаний* электроизмерительного прибора понимается промежуток времени, прошедший с момента подключения или изменения измеряемой величины до момента, когда отклонение указателя от установившегося значения не превышает 1,5% длины шкалы. Время установления показаний для большинства типов показывающих приборов не превышает 4 с.

Цифровые приборы характеризуются *временем измерения*, под которым понимают время с момента изменения измеряемой величины или начала цикла измерения до момента получения нового результата на от - счетном устройстве с нормированной погрешностью.

Под *надежностью* электроизмерительных приборов понимают способность их сохранить заданные характеристики при определенных условиях работы в течение заданного времени. Если значение одной или нескольких характеристик прибора выходит из заданных предельных значений, то говорят, что имеет место отказ. Количественной мерой надежности является минимальная вероятность безотказной работы прибора в заданных промежутке времени и условиях работы.

Вероятностью безотказной работы называется вероятность того, что в течение определенного времени T непрерывной работы не произойдет ни одного отказа. Время безотказной работы указано в описаниях приборов. Часто пользуются приближенным значением этого показателя, определяемым отношением числа приборов, продолжающих после определенного времени T безотказно работать, к общему числу испытываемых приборов.

Например, для амперметров и вольтметров типа Э8027 минимальное значение вероятности безотказной работы равно 0,96 за 2000 ч. Следовательно, вероятность того, что прибор данного типа сохранит заданные характеристики после 2000 ч работы, составляет не менее 0,96, иными словами, из 100 приборов данного типа после работы в течение 2000 ч, как правило, не более четырех приборов будут нуждаться в ремонте.

К показателям надежности относят также *среднее время безотказной работы* прибора, которое определяется как среднее арифметическое время исправной работы каждого прибора. Обычно, когда приборы начинают выпускать серийно, некоторая небольшая часть их отбирается для испытаний на надежность. Показатели надежности, определенные по результатам этих испытаний, присваивают всей серии приборов.

Гарантийным сроком называют период времени, в течение которого завод-изготовитель гарантирует исправную работу изделия при соблюдении правил эксплуатации прибора. Напри-

мер, для микроамперметров типа М266М предприятие-изготовитель гарантирует безвозмездную замену или ремонт прибора в течение 36 месяцев со дня отгрузки с предприятия, а для частотомеров типа Э373 этот срок составляет 11 лет.

Вопросы для повторения:

1. Что называют метрологией?
2. Направления развития метрологии?
3. Международная система единиц СИ?
4. Методы измерений?
5. Погрешности измерений?
6. Назовите средства электрических измерений?
7. Назовите характеристики измерительных приборов?

Литература

ДИ-1. Кравцов А.В. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.: Колос 2011.

ДИ-2. Христалева З.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практимум.- М.: 2010г. Изд. «КиноРис».

ДИ-3. Правиков В.П. Метрологическое обеспечение производства.-М.: 2009 г. Изд. «Кинорис».

ДИ-4. Под. ред. Алексеева А.А. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.:2010 г. Академия.

ДИ-5. Иванов Н.А. Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте.-М.: 2012 г. Академия.

ДИ-6. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений.-М.: Москва «Высшая школа» 2013.

ДИ-7. Чижикова Т.В. Стандартизация, сертификация и метрология.- М.: «Колос С», 2002 г.

интернет ресурсы.

Тема 2 Измерение токов и напряжений

План занятий:

1. Методы измерения постоянных токов и напряжений.

2. Методы измерения переменных токов и напряжений промышленной частоты.

1. Методы измерения постоянных токов и напряжений.

Измерение малых токов и напряжений. Для определения малых постоянных токов можно использовать как прямые, так и косвенные измерения. В первом случае ток можно измерять зеркальными гальванометрами и стрелочными магнитоэлектрическими приборами. Наименьший ток, который можно измерить зеркальным гальванометром, равен приблизительно 10^{-11} А, а стрелочным магнитоэлектрическим прибором 10^{-6} А.

Чтобы повысить чувствительность, измеряемый ток подают на вход усилителя постоянного тока, к выходу которого присоединяют стрелочный магнитоэлектрический прибор. Для этого обычно используют фотогальванометрические усилители или полупроводниковые усилители с преобразованием постоянного тока в переменный. С помощью усилителей можно измерять токи до 10^{-10} А.

Еще меньшие токи измеряют косвенно — неизвестный ток определяют по падению напряжения на высокоомном резисторе или по заряду, накопленному конденсатором. В качестве приборов используются баллистические гальванометры (минимально измеряемый ток 10^{-12} А) и электрометры (минимально измеряемый ток 10^{-17} А, при этом через поперечное сечение проводника проходит всего 62 электрона в секунду).

Электрометрами называют приборы высокой чувствительности по напряжению с очень большим входным сопротивлением (порядка 10^{10} — 10^{15} Ом).

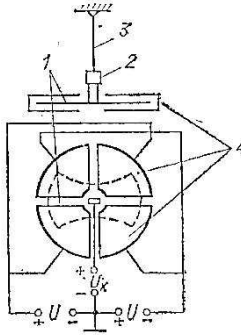


Рис 3. Схема устройства квадрантного электрометра.

Механизм электрометра представляет собой разновидность механизма электростатического прибора, который имеет один подвижный и несколько неподвижных электродов, находящихся под разными потенциалами.

Широкое распространение получили квадрантные электрометры (Рис 3.), у которых подвижная часть 1 с зеркалом 2 закреплена на подвесе 3 и расположена внутри четырех неподвижных электродов 4 (квадрантов). На Рис приведена одна из схем соединения электродов, обладающая наибольшей чувствительностью. Измеряемое напряжение U_x включается между подвижной частью и общей точкой, а на квадранты от вспомогательных источников подаются постоянные напряжения U , значения которых равны, но противоположны по знаку. Отклонение подвижной части в этом случае равно:

$$\alpha = \frac{2}{W} \frac{dC}{d\alpha} U U_x,$$

где C — емкость между подвижным электродом и двумя соединенными между собой квадрантами: W — удельный противодействующий момент, зависящий от конструкции подвеса.

Отклонение подвижной части, а следовательно, и чувствительность электрометра пропорциональны вспомогательному напряжению U , значение которого обычно выбирают в пределах от 100 до 200 В.

Чувствительность квадрантных электрометров (при вспомогательном напряжении 200 В) достигает 10^4 мм/В.

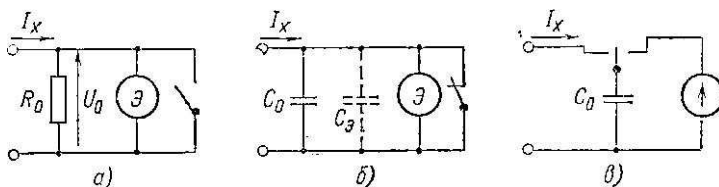


Рис 4. Схемы измерения очень малых токов.

a — электрометром по падению напряжения на резисторе;
б — электрометром по заряду накопленному конденсатором;
в — баллистическим гальванометром по заряду, накопленному конденсатором.

На Рис 4, *a* приведена схема измерения тока с помощью электрометра Э, измеряющего падение напряжения $U_0 = I_x R_0$ на высокоомном резисторе R_0 . Ключ предназначен для снятия заряда с конденсатора, образованного подвижным и неподвижными электродами электрометра. Препятствием к измерению очень малых токов является нестабильность нулевого положения электрометра — медленное одностороннее смещение указателя отсчетного устройства и хаотические колебания указателя около его среднего положения — вследствие флюктуационных помех, обусловленных, например, тепловыми шумами в резисторах.

Измерение постоянного тока по заряду, накопленному конденсатором, можно осуществить по схемам Рис 4, *б* и *в*.

В схеме Рис 4, *б* после размыкания ключа осуществляется накопление заряда на емкости C_0 . За время t , отсчитываемое по секундомеру, конденсатор получит заряд $Q = I_x t$, при этом электрометр Э покажет напряжение на конденсаторе C_0 , шунтированном емкостью $C_Э$ электрометра и монтажа, равное:

$$U_0 = Q / (C_0 + C_Э) = I_x t / (C_0 + C_Э).$$

Обычно $C_0 > C_Э$, тогда:

$$I_x \approx U_0 C_0 / t.$$

При измерении по схеме Рис 4, в предварительно разряженный конденсатор C_0 подключают на время t к цепи I_x . За время t конденсатор получит заряд $Q = I_x t$. Затем конденсатор переключают в цепь баллистического гальванометра, замечают баллистический отброс α_{lm} и определяют I_x по формуле:

$$I_x = Q/t = C_0 \alpha_{lm} / t,$$

где C_0 — цена деления (баллистическая постоянная). Более точный, но менее чувствительный способ измерения малых токов заключается в измерении падения напряжения на образцовом резисторе при помощи потенциометра постоянного тока. Таким способом можно измерять токи начиная от 10^{-8} А.

Для точного измерения малых токов можно использовать цифровые пико амперметры, принцип действия которых сводится к измерению падения напряжения на высокоомном резисторе цифровым милливольтметром. Эти приборы позволяют измерять токи от 10^{-8} А с погрешностью, не превышающей 0,5%.

Для измерения малых постоянных напряжений можно использовать магнитоэлектрические гальванометры, потенциометры постоянного тока, цифровые микровольтметры и стрелочные магнитоэлектрические приборы. Последние применяются как самостоятельно, так и в сочетании с электронными и фотогальванометрическими усилителями.

С помощью магнитоэлектрических гальванометров можно измерять напряжения порядка 10^{-7} — 10^{-8} В.

Потенциометры постоянного тока существенно превосходят гальванометры по точности и входному сопротивлению, но уступают им по чувствительности: они позволяют измерять напряжение, начиная от 10^{-5} — 10^{-6} В.

Цифровые микровольтметры по точности и чувствительности практически не уступают потенциометрам постоянного тока. Они позволяют измерять напряжение начиная от 10 мкВ с погрешностью 0,3—0,5%.

Для измерения напряжений порядка 10^{-6} — 10^{-7} В и более можно использовать нановольтметры, состоящие из фотогальванометрического усилителя, к выходу которого присоединен измерительный механизм магнитоэлектрической системы. Классы точности этих приборов 1,0—1,5. Микровольтметры, состоящие из электронного усилителя с подключенным к его выходу прибором магнитоэлектрической системы, имеют приблизительно аналогичные характеристики по точности, но обладают более высоким входным сопротивлением и несколько меньшей чувствительностью.

Милливольтметры магнитоэлектрической системы используются для измерения напряжений от 10^{-4} В и отличаются простотой и удобством в эксплуатации. Классы точности милливольтметров не лучше 0,2; 0,5.

Измерение средних токов и напряжений. К средним токам и напряжениям условно можно отнести токи в диапазоне от 10 мА до 50—100 А и напряжения от 10 мВ до 600 В. Для измерения средних постоянных токов можно использовать прямые и косвенные измерения. Для измерения напряжений используют только прямые измерения.

При прямых измерениях ток и напряжение можно измерять приборами магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической и ферродинамической систем, а также электронными и цифровыми приборами. Напряжение можно измерять приборами электростатической системы и потенциометрами постоянного тока.

Постоянные токи от 1 мкА до 6 кА и напряжения от 1 мВ до 1,5 кВ обычно измеряют приборами магнитоэлектрической системы. В микро- и миллиамперметрах этой системы весь ток протекает через рамку измерительного механизма. Этот ток, как правило, не превышает 20—50 мА. Для расширения пределов измерения измерительного механизма по току используют шунты, а по напряжению — добавочные резисторы.

Амперметры и вольтметры магнитоэлектрической системы успешно сочетают высокую точность с малым потреблением мощности и имеют равномерную шкалу. Наиболее точные приборы магнитоэлектрической системы, предназначенные для измерения средних токов и напряжений, имеют классы точности 0,1.

Приборы электродинамической системы предназначены для измерения токов от 10 мА до 100 А и напряжений от 100 мВ до 600 В. По точности они эквивалентны приборам магнито-электрической системы, но потребляют значительно большую мощность и имеют неравномерную шкалу.

Приборы ферродинамической системы применяются для измерения постоянных токов и напряжений очень редко из-за низкой точности и большой потребляемой мощности.

Приборы электромагнитной системы используются для измерения токов от 10 мА до 200 А и напряжений от 1 В до 75 В. Наиболее точные приборы этой системы имеют классы точности 0,2; 0,5. Их главное достоинство — низкая стоимость.

Для измерения постоянных напряжений в диапазоне от нескольких вольт до нескольких сотен киловольт применяются также электростатические вольтметры. Их преимущество заключается в ничтожном потреблении мощности от объекта измерения. Наиболее точные приборы этой системы имеют класс точности 0,05. Однако точные электростатические приборы очень сложны и дороги и выпускаются в небольшом количестве. Подавляющее же большинство вольтметров этой системы имеет классы точности 0,5; 1,0 и 1,5.

При напряжениях, не превышающих 600 В, вместо приборов электростатической системы можно применять вольтметры электронной системы. Они также потребляют ничтожную мощность. Класс точности электронных вольтметров постоянного тока невысокий: лучшие из них имеют классы точности 0,5; 1,0.

В тех случаях, когда необходимо измерить напряжение или ток с высокой точностью, используют потенциометры постоянного тока, цифровые вольтметры и амперметры. Классы точности наиболее точных потенциометров 0,001; 0,002, цифровых вольтметров 0,002; 0,005, цифровых амперметров 0,02. Цифровые вольтметры измеряют напряжение до нескольких тысяч вольт, а цифровые амперметры — ток до нескольких ампер. Потенциометрами постоянного тока при использовании делителей напряжения можно измерять напряжение до 1000 В.

Измерение тока при помощи потенциометра проводят косвенным путем — искомый ток определяют по падению напряже-

ния на образцовом резисторе. Погрешность измерения в этом случае возрастает за счет погрешностей образцового резистора.

Преимуществом потенциометров и цифровых приборов является малое потребление мощности, особенно при измерении напряжений.

Ток можно также найти, измерив падение напряжения на образцовом резисторе при помощи вольтметров электростатической или электронной систем. Однако для средних токов этот способ распространения не получил, так как измерение с помощью магнитоэлектрических амперметров проще, удобнее и, как правило, точнее.

Измерение больших токов и напряжений. Шунтирование магнитоэлектрических приборов дает возможность измерять постоянные токи до нескольких тысяч ампер. Отдельные шунты на токи свыше 10 кА не изготавливаются вследствие их больших размеров и большой стоимости. Поэтому для измерения больших токов часто используют несколько шунтов, соединенных параллельно (Рис 5).

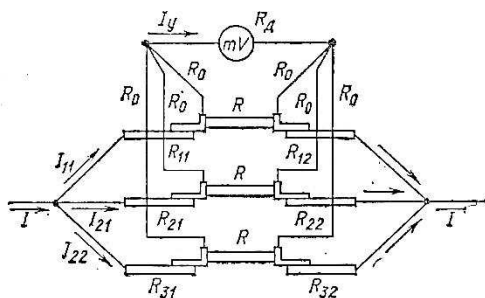


Рис 5. Измерение больших токов с использованием параллельного соединения шунтов.

Несколько одинаковых шунтов подключают в разрыв шины, а проводники от потенциальных зажимов всех шунтов подводят к одному и тому же прибору. При равенстве сопротивлений R шунтов и сопротивлений R_0 потенциальных проводников наличие переходных сопротивлений в местах присоединения шунтов к шинам R_{11} , R_{12} , R_{21} , R_{22} , R_{31} и R_{32} не отражается на показаниях прибора, а ведет лишь к неравномерному распре-

лению токов между шунтами. Ток I_y , протекающий через прибор, определяется только сопротивлениями шунтов, потенциальных проводников и прибора, т. е. точно так же, как и при измерении тока с помощью одного шунта. Практически используют несколько однотипных шунтов.

Но этот способ не дает возможности отделить цепь прибора от цепи измеряемого тока, что не позволяет применять его в цепях высокого напряжения, где требуется заземлять цепь прибора для защиты обслуживающего персонала.

Для измерения постоянного напряжения до 6 кВ чаще всего применяют магнитоэлектрические вольтметры с добавочными резисторами.

При больших напряжениях использование добавочных резисторов сопряжено с большими трудностями, вызванными их громоздкостью и значительной потребляемой ими мощностью. В этих случаях применяют электростатические вольтметры, позволяющие измерять напряжение до 300 кВ (вольтметр типа С101), или включают обычные вольтметры через измерительные трансформаторы постоянного напряжения.

Запись постоянных токов и напряжений производится при помощи автоматических потенциометров или самопишущих приборов магнитоэлектрической системы.

2. Методы измерения переменных токов и напряжений промышленной частоты.

Для оценки переменных токов и напряжений используют понятия действующего (среднеквадратического) значения, амплитудного (максимального) значения и средневыпрямленного значения.

Действующее, амплитудное и средневыпрямленное значения связаны между собой через коэффициент формы кривой $k_a = U/U_{cp}$ (или I/I_{cp}) и коэффициент амплитуды $k_a = U_m/U$ (или I_m/I). Значения этих коэффициентов зависят от формы кривой напряжения (тока). Так, для синусоиды $k_{\phi} = 1,11$ и $k_a = \sqrt{2} = 1,41$, поэтому, измерив одно из трех указанных выше значений измеряемой величины, можно легко определить остальные.

Например, если вольтметром измерено действующее значение синусоидального напряжения $U = 110$ В, то это значит, что:

$$U_m = 1,41 * 110 \approx 155 \text{ В, а } U_{cp} = 110 / 1,11 \approx 99 \text{ В.}$$

При несинусоидальном напряжении (токе) чем более «тупой» будет кривая измеряемой величины, т. е. чем ближе она будет к прямоугольной форме, тем ближе к единице будут коэффициенты и k_a . Для кривой прямоугольной формы $k_\phi = k_a = 1$. Наоборот, чем «острее» и «уже» будет кривая измеряемой величины, тем больше будут ее коэффициенты k_ϕ и k_a .

Приборы электродинамической, ферродинамической, электромагнитной, электростатической и термоэлектрической систем реагируют на действующее значение измеряемой величины. Приборы выпрямительной системы реагируют на средневыпрямленное значение измеряемой величины. Приборы электронной системы, как аналоговые, так и цифровые, в зависимости от типа измерительного преобразователя переменного напряжения в постоянное могут реагировать на действующее, средневыпрямленное или амплитудное значение измеряемой величины.

Вольтметры и амперметры всех систем обычно градуируют в действующих значениях при синусоидальной форме кривой тока. При несинусоидальной форме кривой у приборов, реагирующих на средневыпрямленное или амплитудное значение тока (напряжения), будет возникать дополнительная погрешность, так как коэффициенты и при несинусоидальной форме кривой отличаются от соответствующих значений для синусоиды.

Для измерения переменных токов до 10 мкА служат электронные микроамперметры. Они состоят из усилителя переменного тока и миллиамперметра выпрямительной или термоэлектрической системы. Иногда вместо усилителя переменного тока используется электронный преобразователь переменного тока в переменное напряжение, представляющий собой усилитель, охваченный глубокой отрицательной обратной связью по напряжению; переменное напряжение измеряют электростатическим измерительным механизмом. Электронные микроампер-

метры рассчитаны на работу в диапазоне звуковых частот и имеют классы точности 1,5—2,5.

Для измерения переменных токов свыше 10 мкА служат цифровые микроамперметры, которые в диапазоне частот до 5 кГц имеют погрешность не более 0,5%. Токи свыше 100 мкА можно измерять миллиамперметрами выпрямительной системы, а также миллиамперметрами термоэлектрической системы с промежуточным усилителем постоянного тока, подключенным к выходу термоэлектрического преобразователя. Приборы этих систем имеют классы точности 1,0—1,5.

Ферродинамические миллиамперметры позволяют измерять токи порядка 1 мА и более. Класс точности ферродинамических миллиамперметров 0,5.

Чтобы повысить чувствительность или точность при измерении малых переменных токов промышленной частоты, при помощи вольтметра определяют падение напряжения, создаваемое током на образцовом резисторе.

Если при этом воспользоваться электронным вольтметром, то таким способом можно измерять токи до 10^{-11} А с погрешностью несколько процентов.

Для точного измерения Напряжения можно применять потенциометры переменного тока или цифровые вольтметры переменного тока, которые распространены более широко, чем цифровые миллиамперметры.

Самыми чувствительными приборами, предназначенными для измерения малых переменных напряжений, являются аналоговые электронные милливольтметры, в которых измеряемое напряжение предварительно усиливается, а затем измеряется выпрямительным прибором. Эти приборы позволяют измерять напряжение порядка нескольких микровольт с погрешностью около 4—6%.

Существенно более высокую точность, но меньшую чувствительность имеют потенциометры переменного тока и цифровые вольтметры. Потенциометрами переменного тока измеряют напряжения от 1,0 мВ с погрешностью порядка десятых долей процента. Цифровые электронные милливольтметры позволяют измерять напряжения начиная с 10 мВ с погрешностью

0,1%. С увеличением измеряемой величины точность приборов возрастает.

Для измерения средних значений токов и напряжений можно использовать приборы электромагнитной, электродинамической, ферродинамической, выпрямительной, термоэлектрической и электронной систем, цифровые приборы и компенсаторы переменного тока; для измерения напряжений можно воспользоваться также электростатическими вольтметрами.

В тех случаях, когда необходима высокая точность измерения, применяют приборы электродинамической системы. Если прибор должен потреблять малую мощность, то предпочтительнее использовать приборы электронной и электростатической систем или цифровые приборы. Когда речь идет об измерениях синусоидальных токов и напряжений с погрешностью порядка 1,5—3,0%, очень удобны многопредельные вольтамперметры выпрямительной системы. Наиболее точным устройством для измерения переменных токов и напряжений является компаратор. С помощью компаратора измеряемый переменный ток или напряжение сравниваются с постоянным током (напряжением).

Вопросы для повторения:

1. Схема включения амперметра?
2. Схема включения вольтметра?
3. Расширение пределов измерения амперметров?
4. Пределы расширения пределов вольтметров?
5. Особенности измерения малых, средних и больших токов?
6. Особенности измерений малых, средних и больших напряжений?

Литература

- ДИ-1. Кравцов А.В. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.: Колос 2011.
- ДИ-2. Христалева З.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практимум.- М.: 2010.г. Изд. «КиноРис».
- ДИ-3. Правиков В.П. Метрологическое обеспечение производства.-М.: 2009.. Изд. «Кинорис».
- ДИ-4. Под. ред. Алексеева А.А. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.:2010г. Академия.

ДИ-5. Иванов Н.А. Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте.-М.:2012г. Академия.

ДИ-6. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений.-М.: Москва «Высшая школа» 2013.

ДИ-7. Чижикова Т.В. Стандартизация, сертификация и метрология.- М.: «Колос С», 2002.г.

Тема 3 Измерение сопротивления изоляции и заземления

План занятий:

1. Изоляция проводов и режим работы нейтральной точки сети как факторы электро безопасности.
2. Ограждение неизолированных проводов или прокладка их на высоте.
3. Проверка заземляющих устройств.
4. Зануление. Принцип защитного действия зануления.

Изоляция проводов и режим работы нейтральной точки сети как факторы электро безопасности.

Электрическая изоляция токоведущих частей электроустановок от частей, находящихся под иным потенциалом, в том числе от земли, необходима не только для нормальной работы установки, но и для безопасности людей. Изоляция проводов и кабелей предотвращает прикосновение к их токоведущим жилам. Кроме того, в электрической сети, питающейся от генератора или трансформатора с изолированной от земли обмоткой, через человека, прикоснувшегося к одной из токоведущих жил, пойдет тем меньший ток, чем лучше изоляция двух других жил от земли. Рассмотрим рисунок 6. Изоляция каждого провода относительно земли имеет электрическое сопротивление хотя и большого, но конечного значения, так что через изоляцию и землю всегда протекает некоторый весьма малый ток, называемый *током утечки*. Условно сопротивления изоляции трех фаз R_1 , R_2 и R_3 изображены присоединенными к проводам, каждое в одной точке. На самом деле в исправной сети токи утечки распределяются равномерно по всей длине провода. Кроме активных сопротивлений изоляции, есть реактивные сопротивления

из-за некоторой электрической емкости между жилой каждого провода и землей. Через эти сопротивления ($X1$, $X2$, $X3$) при переменном напряжении в сети протекают емкостные токи, которые тоже равномерно распределены по длине проводов.

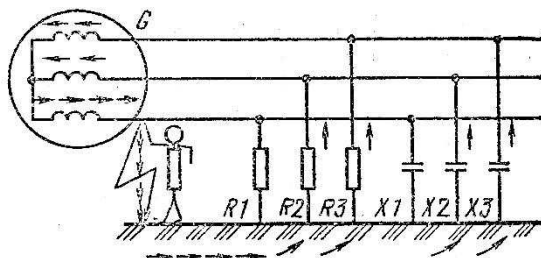


Рис 6. Схема прикосновения к проводу в сети с изолированной нейтралью.

Если в какой-либо точке любого провода произойдет повреждение изоляции, то возникающее электрическое соединение с землей в сети с изолированной нейтралью называется *однофазным замыканием на землю*. Такое соединение с землей не является коротким замыканием, потому что на пути тока от провода с поврежденной изоляцией к токоведущим жилам проводов других фаз будет активное сопротивление изоляции и емкостное сопротивление этих проводов относительно земли.

Ток однофазного замыкания в сети с изолированной нейтралью значительно меньше тока короткого замыкания между проводами или между проводами и землей в сети с заземленной нейтралью. Если замыкание на землю произойдет через тело человека, то в сети с изолированной нейтралью ток через человека будет значительно меньше, чем в сети с заземленной нейтралью. По этой причине в шахтах и на торфоразработках электрические сети напряжением до 1000 В работают с изолированной нейтралью. С изолированной нейтралью работают также сети напряжением 6, 10, 20 и 35 кВ, но уже не в целях безопасности, а ради большей надежности бесперебойного электроснабжения. Продолжительность работы такой сети с одно-

фазным замыканием на землю ограничена: в сети генераторного напряжения — до 2 ч, а в других сетях с изолированной нейтралью — до момента ликвидации повреждения. Персонал должен стремиться отыскать повреждение как можно быстрее, так как для людей опасно прикосновение к предметам, через которые произошло замыкание на землю, например к железобетонной опоре, на которой поврежден изолятор. Опасно также приближаться к месту соприкосновения с землей оборвавшегося провода напряжением выше 1000 В.

В установках напряжением до 1000 В сети с изолированной нейтралью безопаснее сетей с заземленной нейтралью только при условии хорошей изоляции фаз относительно земли и сравнительно небольшой протяженности сети, так как чем длиннее провода, тем больше значение емкостных токов и токов утечки. В шахтах и на торфоразработках, где сети не столь разветвленные, как в сельскохозяйственных электроустановках, ведется непрерывный автоматический контроль состояния изоляции при помощи специальных реле утечки или асимметров, которые немедленно отключают сеть, если в ней состояние изоляции ухудшилось больше, чем допустимо. В сельском хозяйстве и на промышленных предприятиях сети разветвлены, имеют большую протяженность и даже при хорошем состоянии изоляции имеют большие токи утечки и емкостные токи. В этих условиях система с не заземленной нейтралью лишается преимуществ. Например, проводка в стальных трубах в коровнике на 200 голов уже имеет емкость 0,145 мкФ, что даже без учета активной проводимости изоляции и емкости воздушной линии, а также электроприемников создает ток замыкания на землю 30 мА, то есть опасный для человека, если замыкание произойдет через его тело.

Надежнее реагирует на ухудшение изоляции одной из фаз система с заземленной нейтралью, где всякое повреждение изоляции является коротким замыканием, и поврежденный участок сети отключается устройствами защиты. Поэтому в сельском хозяйстве и в промышленности при напряжении до 1000 В применяется система 380/220 В с заземленной нейтралью. Исключение — сети передвижных электроустановок, питаемых от автономного генератора.

Однако и при заземленной нейтрали хорошее состояние изоляции важно с точки зрения электро- и пожарной безопасности. При хорошей изоляции менее вероятны к. з., связанное с искрением или перегревом проводов, и переход напряжения с токоведущих частей на такие металлические части электроустановок, которые нормально не находятся под напряжением и с которыми соприкасается человек.

Изоляция силовой или осветительной электропроводки считается достаточной, если ее сопротивление между проводом каждой фазы и землей или между разными фазами на участке, ограниченном последовательно включенными автоматическими выключателями или плавкими предохранителями, или за последним предохранителем составляет не менее 0,5 МОм (500 000 Ом). Сопротивление измеряют мегаомметром, рассчитанным на напряжение 1000 В. При этом вывинчивают лампы из патронов. Проверку делают не реже одного раза в два года, а в сырых, особо сырых, пожароопасных, взрывоопасных или в помещениях с химически активными газами, вредно действующими на изоляцию, — ежегодно. Если сопротивление изоляции окажется меньше нормы, изоляцию испытывают переменным напряжением 1000 В в течение одной минуты. Можно подавать напряжение постоянного тока от мегаомметра напряжением 2500 В. Участок проводки может быть оставлен в работе до плановой замены, если при испытании изоляция не пробивается. В промежутках между измерениями (один раз в 6 или 3 месяца в зависимости от помещения) осматривают проводки, выключатели и арматуру светильников.

У вновь смонтированных электродвигателей переменного тока напряжением до 1000 В сопротивление изоляции обмоток статора должно быть минимум 0,5 МОм при температуре +10...30 °С, у обмоток ротора синхронных электродвигателей или асинхронных с фазным ротором — 0,2 МОм (причем статор проверяют мегаомметром на 1000 В, а ротор — на 500 В). Нормы же на сопротивление изоляции в процессе эксплуатации для статоров электродвигателей напряжением до 660 В — 1 МОм в холодном состоянии или 0,5 МОм при +60 °С, а у обмоток ротора — не установлены.

Ограждение неизолированных проводов или прокладка их на высоте.

Как известно, применяют и неизолированные токоведущие части, закрепленные на изоляторах только в отдельных точках. В этом случае их располагают на определенной высоте, где они недоступны для случайного прикосновения (провода ВЛ), или закрывают сплошными ограждениями в виде крышек (у присоединительных зажимов электродвигателей), кожухов (у электрических аппаратов), сетчатых ограждений (в РУ). Ограждения делают из диэлектриков или металла и располагают на определенном расстоянии от неизолированных токоведущих частей, которое зависит от напряжения установки и конструкции ограждения и нормируется в ПУЭ. Наименьшее расстояние до сплошных ограждений а ЗРУ при номинальном напряжении установки до 1000 В должно составлять 50 мм.

ПУЗ определяют и так называемый габарит ВЛ, та есть расстояние от земли до нижней точки провода между опорами. На ВЛ напряжением до 1000 В оно должно быть не менее 6 м, а на ВЛ напряжением от 1 до 110 кВ в населенной местности — 7 м, в ненаселенной — 6 м, в труднодоступной (болото, горы) — 5 м. Над недоступными склонами гор, утесами — 3 м. На пересечениях через автомобильные дороги при любом напряжении до 110 кВ включительно габарит линии должен быть не менее 7 м, а на пересечениях железных дорог — 7,5 м (до рельса). Наименьшее допустимое расстояние по горизонтали от проводов ВЛ напряжением не выше 1000 В до балконов, окон и террас должно быть 1,5 м, до глухих стен зданий — 1 м. Также не менее 1 м в любом направлении должно быть расстояние до ветвей деревьев и кустов. Прокладывать ВЛ над крышами не допускается, за исключением вводов проводов через крышу (в стальной трубе), причем расстояние от изоляторов ввода до крыши по вертикали должно быть не менее 2,5 м. От проводов ввода в здание через стену до выступающих его частей (например, до карниза)—не менее 0,2 м, а до земли — 2,75 м. Если ввод пересекает пешеходную дорожку, то 3,5 м. Также 3,5 м должно быть расстояние от земли до изоляторов выводов напряжением до 1000 В на комплектных и мачтовых подстанциях.

Проверка заземляющих устройств.

Согласно нормам измерение сопротивления заземляющего устройства на ВЛ нужно делать при их капитальных ремонтах и межремонтных испытаниях, но не реже, чем раз в 10 лет.

На ВЛ напряжением выше 1000 В измерения делают на всех опорах с разрядниками или защитными искровыми промежутками на опорах с секционирующими разъединителями и другим электрооборудованием. У остальных опор проверку делают выборочно у 2 % общего количества опор с заземлителями, расположенными: в населенной местности и на участках с агрессивными и плохопроводящими грунтами. Если обнаруживается заземлитель с сопротивлением, не удовлетворяющим норме, то в выборочную проверку включают и соседние опоры до тех пор, пока на двух опорах подряд в одном направлении не окажется, что сопротивление в норме.

На ВЛ напряжением до 1000 В измерения делают на всех опорах с искусственными заземлителями для грозозащиты или повторного заземления нулевого провода. У остальных железобетонных или металлических опор сопротивление измеряется выборочно у 2 % опор. Это сопротивление растеканию так называемого нижнего заземляющего выпуска у железобетонной опоры и фундаментного заземлителя металлической опоры, для которых оно не нормируется.

На электростанциях, подстанциях и в других электроустановках (помимо ВЛ) сопротивление заземления измеряют не только при капитальных, но и при текущих ремонтах их электрооборудования, но не реже, чем раз в 3 года.

На объектах потребителей электроэнергии, имеющих заземляющее устройство под полом или вокруг здания (а не на опоре ВЛ с ответвлением к вводу в объект), проверка заземлителей, включающая измерение сопротивления, должна выполняться ежегодно. Это, в частности, необходимо для бань, душевых, прачечных и животноводческих построек с устройствами для выравнивания электрических потенциалов в полу.

На всех вышеперечисленных объектах одновременно с измерением сопротивления заземлителя проверяют состояние элементов заземляющего устройства осмотром с выборочным откапыванием и заменяют те элементы, у которых разрушено

коррозией более 50 % сечения. На ВЛ откапывают для осмотра заземлители у 2% опор с искусственными заземлителями. Если обнаруживается опора с заземлителем, требующим замены элементов, то вскрытие грунта делают и на соседних опорах до обнаружения удовлетворительных заземлителей на двух подряд опорах в одном направлении. На прочих объектах, кроме ВЛ, при выборочном вскрытии грунта проверяют также состояние подземных контактов и соединений и при неудовлетворительном состоянии вскрытие грунта повторяют до обнаружения шести подряд соединений в удовлетворительном состоянии, а неудовлетворительные ремонтируют. Проверка заземлений оформляется актом и результаты вписываются в технический паспорт установки.

Измерение сопротивления заземлителей обычно делается с помощью специального измерителя заземлений типа Ф-4103 или М-416, МС-08 или измерителем кажущегося сопротивления ИКС-1, а если измеритель отсутствует, то с помощью амперметра и вольтметра методом «трех земель».

Прибор Ф-4103 (Рис 7) представляет собой четырех- зажимный омметр прямого преобразования с автономным питанием от 9 сухих элементов напряжением 1,5 В (А 373), которые вставляются в отсек питания прибора, или от внешнего источника питания напряжением 11,5... 16,5 В. Этот прибор позволяет измерять не только сопротивление заземления, но и напряжения прикосновения и шага, а также удельное сопротивление земли при температуре воздуха от —25 до +40 °С. Он содержит генератор стабилизированного измерительного тока частотой 280 Гц и избирательный вольтметр, выполненные на микросхемах и других электронных компонентах. Прибор имеет восемь диапазонов измерений: от 0..ДЗ до 0... 1000 Ом, а модификация Ф-4103 М — еще и диапазоны 3000 и 15 000 Ом.

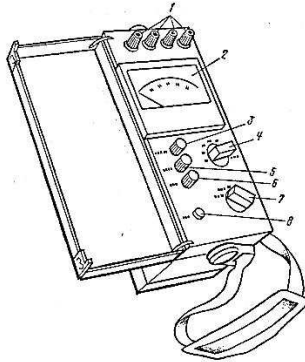


Рис 7. Прибор Ф-4103 для измерения сопротивления заземления: 1 — зажимы для присоединения к проверяемому и вспомогательным заземлителям; 2 — шкала стрелочного индикатора; 3 — рукоятка «Уст. 0»; 4 — переключатель диапазонов; 5 — рукоятка КЛБ; 6 — рукоятка «Подстр.»; 7 — переключатель «Род работы»; 8 — кнопка «Изм.»

Схема подключения прибора приведена на рисунке 8. Вспомогательные токовый и потенциальный электроды следует забивать в землю прямыми ударами на глубину не менее 50 см. Они должны забиваться в таком направлении от углового электрода проверяемого заземлителя ЕХ, чтобы соединительные провода не проходили вблизи металлоконструкций, параллельно трассе ЛЭП высокого напряжения и ближе 1 м токовый от потенциального.

Токовый электрод ЕА забивают на расстоянии $l_{zm} = (2...3)D$ от края проверяемого заземляющего устройства (где D — наибольшая диагональ контура), а электрод EU — на расстоянии $0,4 l_{zt}$ и затем $0,5l_{zt}$ и $0,6l_{zt}$. В каждой из точек измеряют сопротивление R_x проверяемого заземлителя ЕХ. Место установки ЕА считается выбранным правильно, если R_x , измеренное при крайних из трех положений EU , отличается не более чем на 10 %, за результат же принимается R_x , измеренное при $0,5l_{zt}$. При

отличии R_x более чем на 10 % увеличивают $l_{зп}$ в 1,5...2 раза и повторяют все измерения. Если и в этом случае различие будет более 10%, надо изменить направление забивки EA и EU от EX и повторить измерения.

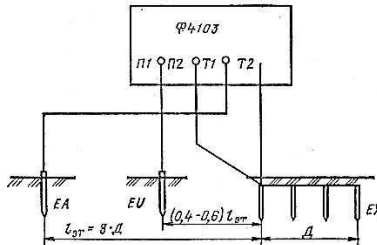


Рис 8. Схема присоединения прибора Ф-4103 к проверяемому (EX), потенциальному (EU) и вспомогательному токовому ($ЕЛ$) заземлителям:

D — наибольшая диагональ контура или длина ряда стержней, образующих проверяемый заземлитель.

Порядок измерения: подключают прибор к источнику питания или заряжают отсек питания девятью элементами АЗ73. Переключатель 7 устанавливают в положение ПТН, а переключатель 4 — на предел измерений 0... 0,3 Ом. Шунтируют накоротко зажимы Т1 и Т2 специальной накладкой и нажимают кнопку 8 («Изм.»). Если напряжение питания нормально, то стрелка прибора займет положение на шкале 2 в пределах зачерненной зоны. Затем проверяют калибровку. Для этого переключатель 7 устанавливают в положение КЛБ и рукояткой 3 устанавливают стрелку на «О» шкалы 2. Затем нажимают кнопку 8 и рукояткой КЛБ (5) устанавливают стрелку прибора на отметку 30. Расшунтируют зажимы Т1 и Т2, а переключатель 7 устанавливают в положение ПМХ и нажимают кнопку 8: Если стрелка отклоняется за пределы шкалы, то переключатель 4 переводят на диапазон 0...1 Ом, потому что на диапазоне 0,3 Ом уровень помех оказался недопустимо большим и точность не гарантируется. На новом диапазоне измерительный ток еще раз калибруется. Затем переключатель 7 устанавливают в положение «Изм.» и, нажав кнопку 8, отсчитывают по шкале 2 значение R_x .

При высоком удельном сопротивлении земли, например в условиях вечной мерзлоты, песчаного грунта, когда сопротивление вспомогательных электродов доходит до сотни килоом, прибор Ф-4103 позволяет вычислить сопротивление заземлителя по формуле $R_x = NA/I_x$ где N предел измерений, на который поставлен переключатель 4; A и I_x — показания прибора (в делениях по верхней шкале) соответственно в режимах «Изм.» и КЛБ.

Для измерений по методу «трех земель» также забивают два вспомогательных электрода, роль которых одинакова, но мы сохраним прежние обозначения: EA и EU. Используют переменный ток, что устраняет погрешности из-за поляризации электродов и электролиза почвы, а также из-за блуждающих в земле постоянных токов от электрифицированных железных дорог и электрометаллургических или электрохимических предприятий. Источником тока служит трансформатор мощностью порядка 5 кВА с вторичным напряжением 12...220 В. Во время измерений нейтральная точка и фаза вторичной обмотки не должны быть заземлены иначе как через проверяемый заземлитель или вспомогательные электроды, необходимые для измерений. Вся другая нагрузка этого трансформатора, кроме схемы измерений, отключается.

По очереди пропускают ток от трансформатора через землю между EX и одним вспомогательным заземлителем, например EA, потом между EX и вторым (EU), а затем между вспомогательными. Каждый раз измеряется ток через землю и напряжение на данной паре заземлителей (например, для первой пары: $I_{xл}$ и U_{xA} Сопротивление R_x проверяемого заземлителя EX:

$$R_x = 0,5 * \left(\frac{U_{xA}}{I_{xA}} + \frac{U_{xU}}{I_{xU}} - \frac{U_{AU}}{I_{AU}} \right).$$

Если измерения сделаны не в период максимального промерзания грунта, а, например, летом, измеренное значение сопротивления до сравнения с нормой нужно умножить на коэффициент сезона, который учитывает не только изменения удельного сопротивления грунта в активном слое, но и конструкцию и размеры данного заземлителя, то есть влияние нижнего слоя,

где сезонных изменений нет. Поэтому применяют коэффициенты, меньшие приведенных в таблице 5. Для примера в таблице 11 даны коэффициенты сезона k'_1, k'_2 , для некоторых конструкций заземлителей в средней полосе России в зависимости от влажности грунта в момент измерения соответственно максимальной, средней и минимальной, от глубины заложения горизонтальных элементов (вершин вертикальных электродов) и от размеров, что позволяет оценить влияние.

Таблица 3 Сезонные коэффициенты заземлителей.

Тип заземлителя	Размеры заземлителя	$t=0,7...Я,8 м$			$t=0,5 м^*$		
		K_1	K_2	K_3	K_1	K_2	K_3
Горизонтальная полоса	$I_r=5 м$	4,3	3,6	2,9	8,0	6,2	4,4
	$I_r=20 м$	3,8	3,0	2,5	6,5	5,2	3,8
Заземляющая сетка или контур	$5—400 м^2$	2,8	2,3	2,0	4,6	3,8	3,2
	$5=900 м^2$	2,2	2,0	1,8	3,6	3,0	2,7
	$5=3600 м^2$	1,8	1,7	1,6	3,0	2,6	2,3
Заземляющая сетка или контур с вертикальными электродами длиной 5 м во периметру (n шт.)	$5=900 м^2$	1,6	1,5	1,4	2,1	1,9	1,8
	$n \geq 10$ шт.						
	$5=3600 м^2$	1,5	1,4	1,3	2,0	1,9	1,7
	$n \geq 15$ шт.						
Вертикальный стержень	$I_B=2,5$	2,0	1,7	1,5	3,8	3,0	2,3
	$I_B=5,0$	1,3	1,2	1,1	1,6	1,4	1,3

* Для вертикального стержня $t=0$ вместо 0,5 м.

При измерении сопротивления растеканию тока в земле присоединять провода к заземлению целесообразно на ближайшем к нему участке: одновременно проверяется целостность контакта между заземляющей магистралью и заземлителем. Сопротивление заземляющих проводников можно измерять до данной точки магистрали или, если это потребовало бы чрезмерно длинных проводов, до той части заземляющей магистра-

ли, которая лежит ближе всего к заземленным частям, а контакты в самой магистрали можно проверить отдельным измерением или осмотром и простукиванием мест сварки.

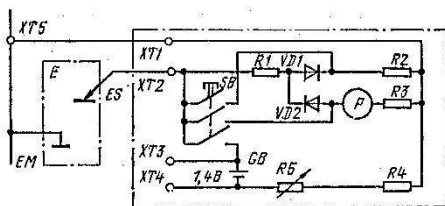


Рис 9. Схема прибора М-372 для проверки заземляющей проводки.

Удобнее всего использовать специально предназначенный для таких проверок омметр типа М-372 (Рис 9). Прибор позволяет обнаруживать напряжение на заземленном (или зануленном) корпусе от 60 (первое деление) до 380 В и измерять сопротивления от 0,1 до 50 Ом. Он снабжен ремнем (во время измерений испытатель может повесить его на грудь), струбциной, при помощи которой один из зажимов прибора присоединяют к зачищенному месту на заземляющей магистрали, медным гибким проводом сечением 1; 1,5; 2,5 мм², длина которого соответственно должна быть 2; 3; 5 м, и щупом с изолирующей рукояткой и присоединенным к нему гибким проводником с сопротивлением 0,035 Ом (прилагается к прибору). После присоединения прибора к струбцине и щупу корректором устанавливают стрелку на нуль, затем нажимают кнопку и рукояткой устанавливают стрелку на отметке ∞. Отпустив кнопку, касаются острием щупа зачищенного от краски места на корпусе проверяемого электроприемника. Если стрелка отклоняется, на корпусе есть напряжение и нажимать кнопку нельзя во избежание повреждения прибора. Если напряжения нет, то нажимают кнопку и по шкале оценивают сопротивление. Норма—до 0,1 Ом. При большем сопротивлении надо тщательно проверить качество переходных контактов цели, особенно в месте присоединения заземляющей проводки к корпусу данного аппарата.

Прибор М-372 применяется и для проверки в электроустановках напряжением до 1000 В целости электрической цепи

между разными потенциально опасными частями (например, проводника для выравнивания потенциалов между ними) и между корпусами оборудования, установленного на заземленной раме и ею, а также между корпусами одного из зануленных электроприемников и другими или магистралью зануления. В последнем случае, если сопротивление окажется более 0,1 Ом, нужно измерить сопротивление петли «фаза — нуль», чтобы проверить эффективность зануления.

Сопротивление заземляющих проводников измеряют при текущих и капитальных ремонтах заземленного оборудования, но не реже, чем раз в год. Осмотр наружных частей заземляющей проводки и проверку надежности присоединения оборудования к ней делают одновременно с осмотром соответствующего оборудования, но не реже одного раза в 6 месяцев, а в сырых и особо сырых помещениях — в 3 месяца.

Напряжения прикосновения и шага можно приблизительно измерить в действующей установке. На расстоянии 0,8 м от корпуса электроприемника кладут на пол или на землю влажное сукно размером 26×26 см, а на сукно — медную пластинку толщиной 2 мм и площадью 25×25 см², то есть с площадью поверхности, равной площади подошв у обуви взрослого мужчины, сверху кладут груз массой не менее 50 кг. Между пластинкой и проводом сети, замкнутым на корпус, включают вольтметр с внутренним сопротивлением 1000 Ом, которое моделирует сопротивление тела человека. Этот вольтметр показывает искомое напряжение.

Напряжение шага ($U_{ш}$) можно измерить при помощи двух зондов в виде металлических стержней или металлических пластинок, между которыми включен вольтметр, если пропускать ток между исследуемым и вспомогательным заземлителями. Воткнув в землю один зонд посередине пути тока или положив в этом месте на пол пластинку, второй зонд располагают от первого на расстоянии 0,8 м, 1,6 м, 2,4 м и т. д. При этом определяют разность между показаниями прибора ΔU и пересчитывают измеренные значения с учетом реально возможного тока $I_{ш}$ через заземлитель в аварийных условиях по формуле

$$U_{ш} = \Delta U I_3 I.$$

Измерять удельное сопротивление грунта ρ нужно на месте намечаемого сооружения электростанции или подстанции, а также для оценки результатов измерения сопротивления заземления, так как норма на это сопротивление часто зависит от ρ . Для измерений удобнее всего воспользоваться методом Веннера. На одинаковом расстоянии a один от другого в землю забивают на одной *прямой* четыре коротких стержня (длиной не более $a/3$). Между крайними стержнями пропускают переменный ток I и измеряют его, а между средними включают вольтметр с большим внутренним сопротивлением. Можно пользоваться измерителем заземлений. Токовые зажимы присоединяют к крайним стержням, потенциальные — к соответствующим средним. Затем регулируют прибор и измеряют сопротивление, как описывалось в предыдущем параграфе. Среднее удельное сопротивление земли на глубине a можно определить по формуле $\rho = 2\pi aU/I$. Если грунт можно считать однородным, то расстояние a между стержнями измеряют в метрах и берут равным расстоянию от поверхности земли до середины вертикальных элементов будущего или уже имеющегося заземлителя, для которого измеряют ρ .

Зануление. Принцип защитного действия зануления.

Преднамеренное соединение потенциально опасных частей электроустановок с заземленной нейтралью трехфазного генератора или трансформатора или с заземленным выводом источника однофазного тока, или с заземленной средней точкой источника в сети постоянного тока называется *занулением*.

Эти заземленные точки часто называют нулевыми, а проводники, которые от этих точек отходят, нулевыми проводниками. Бывают нулевые рабочие проводники, которые используются для питания электроприемников, и нулевые защитные проводники, используемые для зануления. Как правило, разрешается применять нулевой рабочий проводник и в качестве защитного. Магистральным нулевым защитным проводником называется такой, у которого имеются два или более ответвлений к зануляемым частям электроприемников.

При повреждении изоляции замыкание фазного проводника на зануленные потенциально опасные части электроустановок превращается в однофазное короткое замыкание, в результате чего

происходит автоматическое отключение поврежденного участка сети или электроприемника защитным аппаратом, а до момента отключения напряжение на зануленной части снижается в сравнении с фазным благодаря связи с заземленной нейтралью. В этом и состоит защитное действие зануления.

Заземление нейтральной точки источника хотя и имеет значение для электробезопасности, но все же является не защитным заземлением, а рабочим, то есть необходимым для обеспечения определенных условий работы электроустановки в нормальном и аварийных режимах.

Вопросы для повторения:

1. В чем состоит защитное действие заземления?
2. В каких электроустановках обязателен замкнутый контур защитного заземления?
3. Когда рекомендуется выравнивание потенциалов внутри контура?
4. Какие наибольшие значения сопротивлений заземлителя допускаются на подстанции 10/0,4 кВ?
5. Как определить сопротивление заземлителя в виде горизонтального луча (сетки, вертикального стержня)?
6. Что такое коэффициент сезона? Коэффициент использования? Естественные заземлители? Как их учитывают при проектировании искусственных заземлителей?
7. Как часто и что именно проверяют в процессе эксплуатации заземлителей у железобетонных опор ЛЭП?
8. Как измерить сопротивление заземлителя методом «трех земель»?
9. Как часто и как именно проверяют сопротивление заземляющих проводников?
10. Как измерить удельное электрическое сопротивление земли?

Литература

- ДИ-1. Кравцов А.В. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.: Колос 2011.
- ДИ-2. Христалева З.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практимум.- М.: 2010г. Изд. «КиноРис».

- ДИ-3. Правиков В.П. Метрологическое обеспечение производства.-М.: 2009 г. Изд. «Кинорис».
- ДИ-4. Под. ред. Алексеева А.А. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.: 2010 г. Академия.
- ДИ-5. Иванов Н.А. Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте.-М.: 2012 г. Академия.
- ДИ-6. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений.-М.: Москва «Высшая школа» 2013
- ДИ-7. Чижикова Т.В. Стандартизация, сертификация и метрология.- М.: «Колос С», 2002 г.

Тема 4 Измерение электрической мощности

План лекций:

1. Общие сведения о измерении мощности.
2. Измерение мощности в цепях постоянного тока.
3. Измерение активной мощности в цепях переменного тока.

Общие сведения.

Измерение мощности в цепях постоянного тока и активной и реактивной мощности в цепях переменного тока — однофазных и трехфазных, трех проводных и четырех проводных — производится в абсолютном большинстве случаев электродинамическими и ферродинамическими ваттметрами, выпускаемыми в соответствии с ГОСТ 8476-78.

В лабораторной практике применяются, главным образом, электродинамические ваттметры классов точности 0,1; 0,2; 0,3 и 0,5. В промышленности при технических измерениях широко применяются ферродинамические ваттметры классов точности 1,0; 1,5 и 2,5.

Шкалы однодиапазонных ваттметров проградуированы в значениях измеряемой величины, т. е. в ваттах, киловаттах и т. д. Многодиапазонные ваттметры, предназначенные, главным образом, для лабораторных исследований, имеют неградуированную шкалу. Перед использованием таких ваттметров при известном номинальном значении тока $I_{ном}$ и номинальном значении напряжения U в ом выбранного диапазона, а также числе

делений шкалы $a_{\text{шк}}$ применяемого ваттметра необходимо определить их цену деления (постоянную) при $\cos\varphi=1$ по формуле:

$$C_{\text{ном}} = (U_{\text{ном}} I_{\text{ном}}) a_{\text{шк}}$$

Очевидно, что, зная значение цены деления $C_{\text{ном}}$ для данного ваттметра на выбранном диапазоне показаний, нетрудно произвести отсчет значения измеряемой величины.

Действительно, измеряемое значение мощности, Вт, равно: где a — отсчет по шкале ваттметра в делениях.

Необходимо также напомнить, что как электродинамические, так и ферродинамические ваттметры имеют равномерную шкалу.

Электродинамические ваттметры применяются для измерения мощности в цепях постоянного тока и цепях переменного тока частотой до нескольких тысяч герц.

Ферродинамические ваттметры применяются для измерения мощности в цепях переменного тока, главным образом, промышленной частоты.

Электронные ваттметры и специальные ваттметры, предназначенные для измерения мощности на высоких частотах, в данной главе не рассматриваются.

Измерение мощности в цепях постоянного тока.

Анализируя выражение, определяющее мощность, выделяемую в какой-либо нагрузке,

$$P = UI,$$

нетрудно видеть, что мощность P может быть определена косвенно путем проведения двух прямых измерений: напряжения на нагрузке U с помощью вольтметра и тока в нагрузке I с помощью амперметра. Наиболее целесообразно применение в этом случае вольтметра и амперметра магнитоэлектрической системы.

На Рис 10, а, б приведены две схемы включения амперметра и вольтметра. Выбор той или иной схемы обусловлен допускаяемой методической погрешностью измерения,

вызываемой соизмеримостью внутренних сопротивлений мало, схема Рис 10,6 — когда сопротивление нагрузки $R_{наг}$.

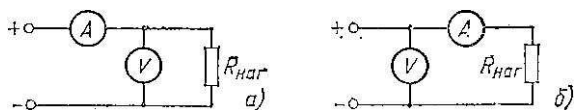


Рис 10. Схемы включения приборов для измерения мощности в цепи постоянного тока.

а — сопротивление нагрузки мало по сравнению с сопротивлением вольтметра; б — сопротивление нагрузки велико по сравнению с сопротивлением амперметра.

Схема Рис 10, а применяется при измерении мощности в случае, когда сопротивление нагрузки относительно мало, схема Рис 10,б — когда сопротивление нагрузки относительно велико.

Более подробно вопрос о методической погрешности, возникающей при применении метода амперметра и вольтметра, при анализе погрешности косвенного измерения этим методом сопротивлений резисторов.

Несмотря на кажущуюся простоту и доступность, метод амперметра и вольтметра для измерения мощности P на практике применяется крайне редко. Это объясняется тем, что названный метод требует одновременного отсчета показаний двух приборов и последующего вычисления P .

Наиболее просто и с необходимой точностью измерение мощности производится непосредственно с помощью одного одноэлементного электродинамического ваттметра. Включение такого ваттметра в цепь постоянного тока необходимо осуществлять с соблюдением правильности соединения генераторных зажимов обмотки цепи тока и напряжения. На Рис 11 показано включение ваттметра PW для измерения мощности P .

Генераторный зажим токовой обмотки ваттметра всегда включается в сторону источника питания. Генераторный зажим обмотки напряжения, в целях уменьшения.

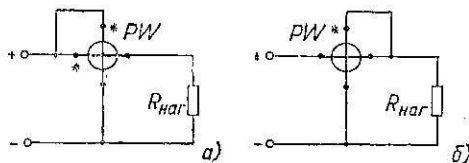


Рис 11. Схемы включения ваттметра в цепь постоянного тока. а — сопротивление нагрузки относительно большое; б — сопротивление нагрузки относительно малое.

методической погрешности, может быть включен так, как это показано на Рис 11, а или б.

Схема Рис 11, а применяется при относительно большом значении сопротивления нагрузки $R_{нар}$, а схема Рис 11,б — при относительно малом значении сопротивления нагрузки $R_{нар}$. (Сопротивление нагрузки соизмеримо с сопротивлением токовой цепи. Значение сопротивления токовой цепи всегда указывается на циферблате прибора.)

В большинстве случаев применения ваттметров сопротивление нагрузки $R_{нар}$ относительно велико (значение сопротивления нагрузки намного больше сопротивления последовательной токовой цепи ваттметра) и следовательно, ваттметр необходимо включать по схеме Рис 11, а.

Совершенно очевидно, что несоблюдение правильности включения генераторного зажима любой из обмоток ваттметра приводит к изменению направления вращающего момента и выходу указателя ваттметра за пределы шкалы.

Измерение активной мощности в цепях переменного тока.

Измерение активной мощности в однофазной цепи производится одноэлементными ваттметрами. Измерение активной мощности в трехфазных цепях в лабораторных условиях также может быть проведено при помощи одноэлементных ваттметров, включаемых в трехфазную цепь по схемам с использованием метода одного, двух или трех приборов. Однако при технических измерениях, как правило, в этом случае используются специальные двух- и трехэлементные ваттметры.

Расширение диапазонов измерения во всех случаях применения ваттметров в цепях переменного тока осуществляется с помощью измерительных трансформаторов тока и напряжения. Измерение мощности методом одного прибора.

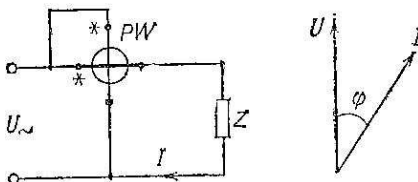


Рис 12. Схема включения ваттметра в однофазную цепь переменного тока и векторная диаграмма.

При использовании метода одного прибора измерение мощности осуществляется с помощью одноэлементного ваттметра. Метод применяется при измерении мощности в однофазных цепях и симметричных трехфазных цепях (комплексные сопротивления фаз одинаковы).

И в том и в другом случае обмотка напряжения ваттметра включается на фазное напряжение, а обмотка тока включается в рассечку провода какой-либо фазы.

На Рис 12 показано включение одноэлементного ваттметра в однофазную цепь переменного тока. Пренебрегая методической погрешностью, записываем показание ваттметра:

$$P_w = UI \cos \phi,$$

где U и I — действующие значения напряжения и тока нагрузки. На Рис 13, а, б показано включение одноэлементного ваттметра в симметричную трехфазную трех проводную цепь. На Рис 13, а нагрузка соединена звездой и нулевая точка доступна. На Рис 13, б нагрузка соединена треугольником. Если ваттметр невозможно включить в фазу так, как это показано на Рис 13, б, или нулевая точка при соединении нагрузки звездой (Рис 13, а) недоступна, то в этом случае используется искусственная нулевая точка.

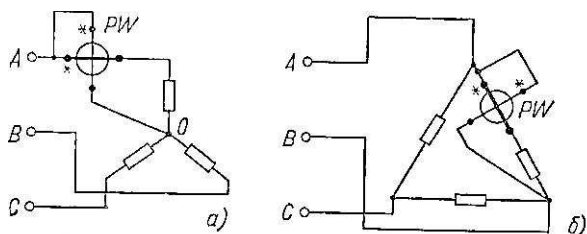


Рис 13. Схемы включения ваттметра в трехфазную трехпроводную цепь при полной симметрии.

- а — нагрузка соединена звездой и нулевая точка доступна;
- б — нагрузка соединена треугольником.

Искусственная нулевая точка обычно создается с помощью двух резисторов (сопротивление каждого резистора равно сопротивлению цепи обмотки напряжения ваттметра) и сопротивления цепи обмотки напряжения. Сопротивление цепи обмотки напряжения любого ваттметра либо приведено на циферблате прибора, либо указывается в техническом паспорте на данный прибор.

Включение ваттметра в трехфазную водную цепь по схеме с искусственной нулевой точкой показано на Рис 14. Анализируя схемы включения ваттметров, приведенные на Рис 13, а, б, нетрудно видеть, что показание ваттметра будет соответствовать мощности одной фазы.

Мощности одной фазы будет соответствовать и показание ваттметра, включение которого показано на Рис 14. Действительно, фазное напряжение U_A , на которое включена обмотка напряжения ваттметра, равно U_{ab} . Линейный ток I_L в токовой обмотке ваттметра $I_{ab}\sqrt{3}$.

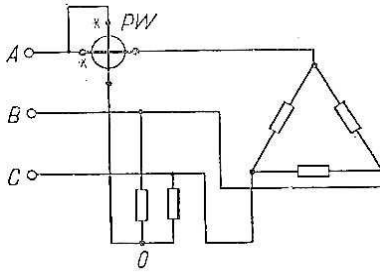


Рис 14. Схема включения ваттметра в трехфазную трехпроводную цепь с недоступной нулевой точкой при полной симметрии.

Следовательно, показание ваттметра:

$$P_w = ab / \sqrt{3} I_{ab} \cos \sqrt{3} (I_a, \wedge U_a) = U_{ab} I_{ab} \cos \varphi$$

т. е. ваттметр покажет мощность одной фазы, так как при симметричной нагрузке $\angle (U_A, I_A) = \angle (U_{ab}, I_{ab})$.

Для получения мощности всей трехфазной цепи во всех трех рассматриваемых случаях необходимо показание ваттметра утроить:

$$P = 3P_w.$$

Еще раз стоит напомнить, что все рассмотренное справедливо лишь при измерении мощности в симметричных цепях, т. е. при симметрии напряжений и равенстве комплексных сопротивлений фаз.

Расширение диапазона измерения ваттметра по току при применении его для измерения мощности в низковольтных цепях с большими токами производится с помощью измерительного трансформатора тока. Если ваттметр применяется в цепи переменного тока, кроме того, еще и с повышенным напряжением, то диапазон измерения его по напряжению расширяют с помощью измерительного трансформатора напряжения.

Для примера на Рис 15, а показано включение ваттметра для измерения мощности в однофазной цепи

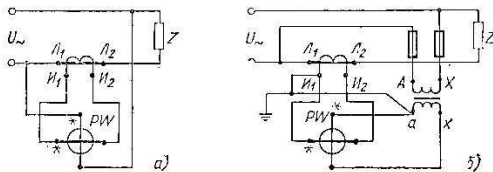


Рис 15. Схемы включения ваттметра в однофазную цепь переменного тока: а — с использованием измерительного трансформатора тока; б — с использованием измерительных трансформаторов тока и напряжения.

через измерительный трансформатор тока, а на Рис 15 Д— через измерительный трансформатор тока и измерительный трансформатор напряжения. Следует обратить внимание на правильность включения генераторных зажимов ваттметра и соответствующих зажимов измерительных трансформаторов. Нетрудно видеть, что в схеме Рис 15, а значение измеряемой мощности P определяется умножением показания ваттметра P_w на номинальный коэффициент трансформации $K_{Iном}$ применяемого измерительного трансформатора тока:

$$P = P_w K_{Iном} \cdot$$

В схеме Рис 15,б значение измеряемой мощности определяется по формуле:

$$P = P_w K_{Iном},$$

где A и ном — номинальный коэффициент трансформации используемого измерительного трансформатора напряжения.

Измерение мощности методом двух приборов. Метод двух приборов используется при измерении мощности в трехфазной трехпроводной цепи с помощью двух одноэлементных ваттметров. Метод дает правильные результаты независимо от схемы

соединения и характера нагрузки как при симметрии, так и при асимметрии токов и напряжений. Кроме того, метод двух приборов применяется для включения элементов двухэлементного ваттметра при измерении с помощью его мощности в трехфазной трехпроводной цепи.

На Рис 16, а изображена схема включения двух одноэлементных ваттметров. Обычно токовая обмотка одного ваттметра, например $PW1$, включается в фазу A , а токовая обмотка другого ваттметра — $PW2$ — в фазу C .

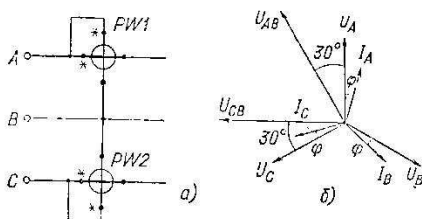


Рис 16. Схема включения двух ваттметров в трехфазную трехпроводную цепь (а) и векторная диаграмма (б).

Обмотки напряжения ваттметров включаются на линейные напряжения так, как это показано на рисунке.

На Рис 16,б представлена векторная диаграмма цепи для частного случая — случая симметрии токов и напряжений.

Нетрудно видеть, что показание ваттметра $PW1$ в этом случае равно:

$$P_{W1} = U_{AB} I_A \cos (30^\circ + \phi) = U_a I_l \cos (30^\circ + \Phi). \quad (7)$$

Аналогично нетрудно определить и показание ваттметра $PW2$:

$$P_{W2} = U_{CB} I_C \cos (30^\circ - \phi) = U_a I_l \cos (30^\circ - \Phi). \quad (8)$$

Учитывая, что при измерении мощности с использованием метода двух приборов общая мощность цепи равна алгебраи-

ческой сумме показаний ваттметров, а также учитывая выражения (7) и (8), получаем:

$$P = P_{W1} + P_{W2} = \underline{U}_L I_L \cos(30^\circ + \phi) + U_n I_L \cos(30^\circ - \phi).$$

После несложных преобразований имеем:

$$P = U_L I_L 2 \cos 30^\circ \cos \phi = \sqrt{3} U_n I_L \cos \phi. \quad (9)$$

Таким образом, сумма показаний ваттметров $PW1$ и $PW2$, определяемая (9), есть не что иное, как мощность трехфазной цепи.

Следует отметить, что в соответствии с (7) и (8) показания каждого ваттметра могут быть положительными или отрицательными в зависимости от значения угла ϕ и его знака. Более того, при $\phi = +60^\circ$ показание ваттметра $PW1$ равно нулю, а при $\phi = -60^\circ$ нулевое показание будет у ваттметра $PW2$. При $\phi = 0$, т. е. при чисто активной нагрузке, показание ваттметра $PW1$ равно показанию ваттметра $PW2$.

Двухэлементные ваттметры, обычно называемые трехфазными ваттметрами, представляют собой конструкцию из двух измерительных механизмов одноэлементных ферродинамических ваттметров с одной общей подвижной частью.

Примерное конструктивное выполнение двухэлементного ферродинамического измерительного механизма, широко используемого для построения трехфазных ваттметров, показано на Рис 17. Два шихтованных магнитопровода 1 имеют неподвижные токовые обмотки 2. Обмотки напряжения, выполненные в виде подвижных рамок 3, укреплены на общей оси.

Включение токовых обмоток и обмоток напряжения трехфазных двухэлементных ваттметров производится по схеме Рис 16, в которой используется метод двух приборов.

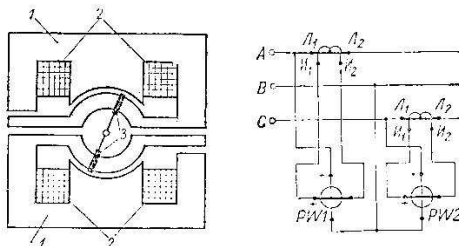


Рис 17. Двухэлементный ферродинамический измерительный механизм.

Расширение диапазонов измерения трехфазных двухэлементных ваттметров, так же как и одноэлементных.

Включение элементов двухэлементного трехфазного ваттметра в трехфазную трехпроводную цепь через измерительные трансформаторы тока. Очевидно, что в этом случае для получения мощности цепи показание ваттметра необходимо умножить на номинальный коэффициент трансформации $K_{ном}$ применяемых измерительных трансформаторов тока. Если измерение мощности осуществляется двумя одноэлементными ваттметрами, то на значение $K_{ном}$ умножается арифметическая сумма показаний ваттметров.

Измерение мощности методом трех приборов. Известно, что метод трех приборов применяется при измерении мощности в трехфазной четырехпроводной цепи (при этом используются три одноэлементных ваттметра). Так же как и метод двух приборов, метод трех приборов дает правильные результаты независимо от схемы соединения и характера нагрузки как при симметрии, так и при асимметрии токов и напряжений. По схеме, реализующей метод трех приборов, включаются также элементы трехэлементных трехфазных ваттметров.

На Рис 18 приведена схема включения трех одноэлементных ваттметров по методу трех приборов в трехфазную четырехпроводную цепь.

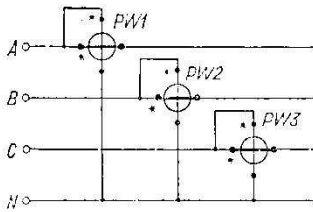


Рис 18. Схема включения трех ваттметров в трехфазную трехпроводную цепь.

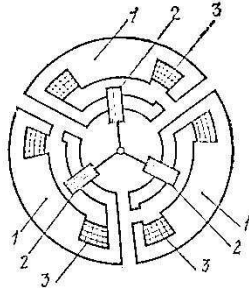


Рис 19. Трехэлементный ферродинамический измерительный механизм.

Нетрудно видеть, что в этом случае каждый ваттметр измеряет мощность одной фазы:

$$P_{w1} = P_a = U_a I_a \cos \varphi_A ;$$

$$P_{w2} = P_b = U_b I_b \cos \varphi_B ;$$

$$P_{w3} = P_c = U_c I_c \cos \varphi_C ,$$

где U_a , U_b и U_c — фазные напряжения; I_a , I_b и I_c — фазные токи; φ_A , φ_B и φ_C — фазовые сдвиги между соответствующими фазными напряжениями и фазными токами.

Очевидно, что для нахождения мощности трехфазной четырехпроводной цепи необходимо взять алгебраическую сумму показаний всех ваттметров:

$$P = P_A + P_B + P_C = P_T + P_{w2} + P_{w3}. \quad (9)$$

Принципиальная конструктивная схема трехэлементного трехфазного ферродинамического ваттметра приведена на Рис 19. Каждый элемент содержит выполненный из магнитомягкого материала шихтованный магнитопровод 1 с неподвижной токовой обмоткой 3. Подвижные рамки элементов 2 жестко укреплены на одной оси. Таким образом, на подвижную часть трех-

фазного трехэлементного ваттметра действует арифметическая сумма моментов всех трех элементов. Непосредственное включение элементов ваттметра в трехфазную четырехпроводную цепь осуществляется по схеме, изображенной на Рис 18.

Расширение диапазонов измерения трехэлементных трехфазных ваттметров осуществляется так же, как и двухэлементных ваттметров, с помощью измерительных трансформаторов тока и напряжения.

Следует отметить, что в последние годы промышленностью для измерения мощности в четырехпроводной трехфазной цепи выпускаются специальные щитовые ферродинамические двухэлементные ваттметры типа Д323. Элементы этих ваттметров имеют не по одной, а по две токовые обмотки. Дополнительные токовые обмотки включаются в четырехпроводную трехфазную цепь по специальной схеме. Показания такого ваттметра справедливы как при равномерной, так и при неравномерной нагрузке фаз.

Измерение реактивной мощности.

Реактивная мощность приводит к дополнительным потерям в линиях электропередачи и увеличению стоимости вырабатываемой электроэнергии и стоимости эксплуатации энергетических систем. Поэтому измерение реактивной мощности наряду с измерением активной мощности в цепях переменного тока имеет большое народнохозяйственное значение.

Реактивная мощность Q , измеряемая в вольт-амперах реактивных (вар), может быть определена как в однофазных цепях, так и в трехфазных трехпроводных и четырехпроводных цепях переменного тока. Реактивная мощность в однофазной цепи определяется выражением:

$$Q = U I \sin \varphi. \quad (10)$$

Для трехфазной цепи реактивная мощность определяется суммой реактивных мощностей отдельных фаз:

$$Q = U_a I_a \sin \varphi_a + U_b I_b \sin \varphi_b + U_c I_c \sin \varphi_c \quad (11)$$

В случае полной симметрии трехфазной трехпроводной или четырехпроводной цепи имеем:

$$Q = 3U\varphi I \sin\varphi, \quad (12)$$

или

$$Q = \sqrt{3} U_{\text{ЛЛ}} I \sin\varphi \quad (13)$$

Измерение реактивной мощности в однофазной цепи может быть осуществлено электродинамическим или ферродинамическим прибором, у которого в соответствии с (10) вращающий момент пропорционален не косинусу угла между векторами тока и напряжения, а синусу этого угла.

Измерение реактивной мощности имеет практическое значение лишь у крупных потребителей электроэнергии, которые всегда питаются трехфазным переменным напряжением, поэтому в России измерение реактивной мощности в однофазных цепях производится только в лабораторных условиях при проведении каких-либо исследований с включением обычных приборов по специальным схемам, так как приборостроительной промышленностью приборы для измерения реактивной мощности в однофазных цепях не выпускаются.

Измерение реактивной мощности в трехфазной цепи может быть осуществлено с помощью обычных однофазных ваттметров, т. е. приборов, предназначенных для измерения активной мощности и включаемых в трехфазную цепь по специальным схемам. Здесь, так же как и при измерении активной мощности трехфазной цепи, может быть использован метод одного, двух и трех приборов.

Кроме того, реактивная мощность в трехфазных цепях измеряется с помощью двух- или трехэлементных электродинамических или ферродинамических ваттметров, элементы которых, практически ничем не отличающиеся от элементов обычных ваттметров, включаются в трехфазную цепь также по специальным схемам.

В России напряжения трехфазных цепей, имеющих практически всегда большую мощность, симметричны, поэтому включение обычных ваттметров и элементов варметров в трехфазную цепь осуществляется по схемам с замененными напряжениями. Схемы с замененными напряжениями дают правильные результаты при любых токах, как симметричных, так и асимметричных, однако симметрия напряжений как и в первом, так и во втором случае должна быть обязательной.

Можно сформулировать следующие правила включения однофазных ваттметров и элементов варметров в трехфазные цепи по схемам с замененными напряжениями:

токовые обмотки необходимо включать в трехфазную цепь точно так же, как это осуществлялось при измерении активной мощности; обмотки напряжения необходимо включать на такие напряжения трехфазной цепи (линейные или фазные), которые отставали бы на 90° от напряжений, подаваемых на эти обмотки при измерении активной мощности.

Сформулированные правила пригодны для включения однофазных ваттметров и элементов варметров как по методу одного, так и по методу двух и трех приборов.

Прежде чем перейти к рассмотрению конкретных схем, следует отметить, что расширение диапазонов измерения приборов при измерении реактивной мощности осуществляется так же, как и при измерении активной мощности, т. е. с помощью измерительных трансформаторов тока и измерительных трансформаторов напряжения. Поэтому в этом параграфе схемы с использованием измерительных трансформаторов не рассматриваются.

Измерение реактивной мощности методом одного прибора. Метод одного прибора используется при включении обычного однофазного электродинамического или ферродинамического ваттметра, предназначенного для измерения активной мощности, в трехфазную трех- или четырехпроводную цепь. Очевидно, что в этом случае трехфазная цепь должна быть симметричной.

На Рис 20, а приведена схема включения ваттметра в трехфазную трехпроводную цепь. Штриховой линией показано включение обмотки напряжения ваттметра при измерении активной мощности нагрузки, имеющей доступную нулевую точку. Включение обмотки напряжения ваттметра при измерении

реактивной мощности на замененное напряжение показано сплошными линиями.

Нетрудно видеть, что в рассматриваемом случае замененным напряжением по отношению к фазному напряжению U_A будет линейное напряжение U_{BC} . Действительно, из векторной диаграммы, изображенной на Рис 20,б, видно, что вектор линейного напряжения U_{BC} отстает на 90° от вектора фазного напряжения U_A , подключаемого к обмотке напряжения ваттметра при измерении активной мощности (20, а).

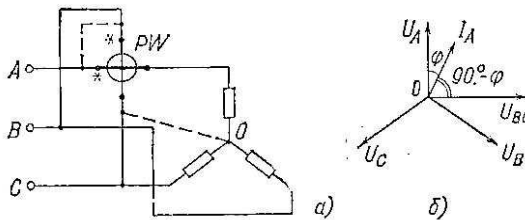


Рис 20. Использование ваттметра для измерения реактивной мощности в трехфазной трехпроводной цепи при полной симметрии. а — схема включения; б — векторная диаграмма.

Показание ваттметра в рассматриваемом случае равно:

$$P_w = U_{bc} I_A \cos (U_{bc}, ^\wedge I_a) = U_{лл} \cos (90^\circ - \varphi) = U_{лл} \sin \varphi$$

С учетом (13) находим, что для получения реактивной мощности всей цепи необходимо умножить показание ваттметра, определяемое (20), на КЗ, т.е.

$$Q = \sqrt{3} P_w = \sqrt{3} U_{лл} I_{лл} \sin \varphi$$

Следует отметить, что незначительная асимметрия токов в трехфазной цепи приводит при применении метода одного прибора к большим погрешностям, поэтому метод одного прибора для измерения реактивной мощности в трехфазной цепи применим только в лабораторной практике.

Измерение реактивной мощности методом двух приборов. Это измерение применяется в трехфазной трехпроводной цепи как при симметрии, так и при асимметрии токов.

Рассмотрим схему включения двух однофазных ваттметров $PW1$ и $PW2$ в трехфазную трехпроводную цепь (Рис 20), предполагая для упрощения, что токи симметричны. Для удобства рассмотрения на Рис 20, а штриховой линией показано включение обмоток напряжения ваттметров $PW1$ и $PW2$ в случае применения их для измерения активной мощности в соответствии со схемой Рис 20, а.

При измерении активной мощности на обмотку напряжения ваттметра $PW1$ подавалось линейное напряжение U_{AB} - В соответствии со сформулированными вы-

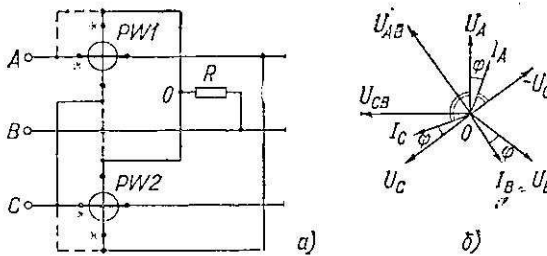


Рис 20. Использование двух ваттметров для измерения реактивной мощности в трехфазной трехпроводной цепи. а — схема включения; б — векторная диаграмма.

выше правилами теперь на обмотку напряжения ваттметра $PW1$ необходимо подать напряжение, отстающее от напряжения U_{AB} на 90° . Нетрудно видеть (см. Рис 20,б), что таким напряжением будет фазное напряжение $-U_C$.

Проведя аналогичные рассуждения, нетрудно показать, что на обмотку напряжения ваттметра $PW2$ необходимо подать вместо линейного напряжения U_{CB} фазное напряжение U_A (см. Рис 20, б). Следовательно, при включении однофазных ваттметров для измерения реактивной мощности в трехфазной трехпроводной цепи необходимо иметь фазные напряжения U_A и U_C . Для получения этих напряжений создается схема с искусственной нулевой точкой.

Обычно для создания схемы с искусственной нулевой точкой используются сопротивления цепей напряжения применяемых однотипных ваттметров и резистор R (см. Рис 20, а), сопротивление которого должно быть равно сопротивлению цепи напряжения ваттметра. Нетрудно видеть, что теперь на обмотки напряжения ваттметров $PW2$ и $PW1$ соответственно поданы фазные напряжения U_A и U_C , причем на обмотку напряжения ваттметра $PW2$ подано напряжение U_A со знаком плюс (зажим обмотки напряжения, обозначенный звездочкой, включен на фазу Л), а на обмотку напряжения ваттметра $PW1$ — напряжение U_C со знаком минус (зажим обмотки напряжения, обозначенный звездочкой, подключен к искусственной нулевой точке 0).

Определим показания ваттметров:

$$P_{w1} = (-U_C) I_A \cos(-U_C, I_A): \quad (14)$$

$$P_{w2} = U_A I_C \cos(U_A, I_C): \quad (15)$$

Из векторной диаграммы (Рис 20,б) следует:

$$(-U_C, I_A) = 60^\circ - \varphi \quad (16)$$

$$(U_A, I_C) = 120^\circ - \varphi. \quad (17)$$

Подставляя (16) и (17) в (14) и (15), получаем:

$$P_{w1} = (-U_C) I_A \cos(60^\circ - \varphi) = U_\phi I_\phi \cos(60^\circ - \varphi); \quad (18)$$

$$P_{w2} = U_A I_C \cos(120^\circ - \varphi) = U_\phi I_\phi \cos(120^\circ - \varphi). \quad (19)$$

Найдем алгебраическую сумму показаний ваттметров:

$$P_{w1} + P_{w2} = U_\phi I_\phi [\cos(60^\circ - \varphi) + \cos(120^\circ - \varphi)].$$

После несложных преобразований получим:

$$P_\Sigma = P_{w1} + P_{w2} = \sqrt{3} U_\phi I_\phi \sin \varphi. \quad (20)$$

Анализируя выражение (20), видим, что для получения реактивной мощности всей цепи необходимо выражение (20) умножить на $\sqrt{3}$:

$$Q = \sqrt{3}P_{\Sigma} = \sqrt{3} (\sqrt{3} U_{\phi} I_{\phi} \sin \phi) = 3U_{\phi} I_{\phi} \sin \phi,$$

т. е. реактивная мощность всей цепи равна сумме реактивных мощностей всех трех фаз.

Необходимо отметить, что в рассматриваемом случае при угле $\phi=30^{\circ}$ ($\cos\phi = 0,86$) показание ваттметра $PW2$ в соответствии с (19) равно нулю:

$$P_{W2} = U_{\phi} I_{\phi} \cos (120^{\circ} - 30^{\circ}) = U_{\phi} I_{\phi} \cos 90^{\circ} = 0.$$

При угле $\phi < 30^{\circ}$ ($\cos\phi > 0,86$) показание ваттметра $PW2$ имеет знак минус.

Очевидно, что схема, изображенная на Рис 20, а, пригодна и для включения двухэлементных варметров, выпускаемых промышленностью для измерения реактивной мощности в трехфазных трехпроводных цепях. Конструктивное оформление таких варметров полностью соответствует конструктивному оформлению двухэлементных ваттметров, а необходимость уменьшения суммарного вращающего момента такого варметра на КЗ учтена при его градуировке.

Измерение реактивной мощности методом трех приборов. Измерение реактивной мощности с использованием метода трех приборов применяется в трехфазных четырех проводных цепях как при симметрии, так и при асимметрии токов. Кроме того, метод трех приборов может быть

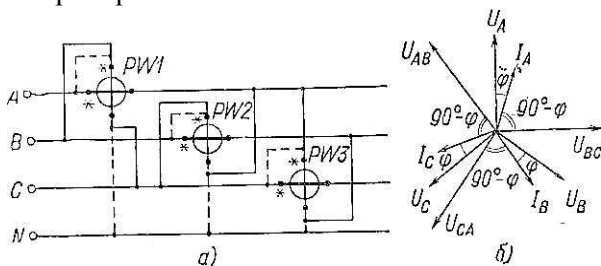


Рис 21. Использование трех ваттметров для измерения реактивной мощности в трехфазной четырех проводной цепи. а — схема включения; б — векторная диаграмма.

использован и при измерении реактивной мощности в трехфазной трех проводной цепи как с симметричными, так и асимметричными токами.

На Рис 21, а показано (сплошными линиями) включение трех ваттметров $P_{W1}—P_{W3}$ для измерения реактивной мощности в трехфазной четырех проводной цепи. Для удобства анализа схемы включения ваттметров для измерения реактивной мощности на этом же рисунке показано включение трех ваттметров (штриховые линии) для измерения активной мощности. Нетрудно видеть, что при измерении активной мощности на обмотки напряжения ваттметров $P_{W1}—P_{W3}$ соответственно подавались фазные напряжения U_A , U_B и U_C .

В соответствии с правилами включения ваттметров для измерения реактивной мощности на обмотки напряжения этих ваттметров надо подать напряжения, отстающие на 90° . Такими напряжениями в соответствии с векторной диаграммой Рис 21,6 будут линейные напряжения U_{BC} , U_{CA} и U_{ab} (для упрощения векторная диаграмма построена для полностью симметричной трехфазной цепи).

Определим показания ваттметров:

$$P_{w1} = U_{bc} I_a \cos (U_{bc} \wedge I_a) = U_n I_n \cos (90^\circ - \varphi) = U_a I_n \sin \varphi;$$

$$P_{w2} = U_{ca} I_b \cos [U_{ca} \wedge I_b] = U_n I_n \cos (90^\circ - \varphi) = U_n I_n \sin \varphi;$$

$$P_{w3} = U_{ab} I_c \cos [U_{ab} \wedge I_c] = U_n I_n \cos (90^\circ - \varphi) = U_n I_n \sin \varphi.$$

Следовательно, алгебраическая сумма показаний ваттметров:

$$P_\Sigma = P_{w1} + P_{w2} + P_{w3} = 3U_n I_n \sin \varphi. \quad (21)$$

Разделив (12.20) на $\sqrt{3}$, получим реактивную мощность трехфазной цепи:

$$Q = \frac{P_\Sigma}{\sqrt{3}} = \frac{3U_n I_n \sin \varphi}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} U_n I_n \sin \varphi = 3 U_\phi I_\phi \sin \varphi$$

В заключение необходимо отметить, что включение элементов выпускаемых промышленностью варметров для измерения реактивной мощности в трехфазной цепи полностью соответствует схеме Рис 21, а.

Конструкция трехэлементных варметров соответствует конструкции трехэлементных ваттметров, а необходимая математическая операция, связанная с делением на $\sqrt{3}$, учтена при градуировке варметров.

Лабораторная работа.

Измерение мощности в трехфазной цепи двухэлементным ваттметром.

Задание

Ознакомиться с приборами, предназначенными для выполнения данной лабораторной работы. Внести в протокол их паспортные данные.

Собрать схему, изображенную на Рис 22, обратив особое внимание на правильность включения генераторных зажимов ваттметров.

Определить постоянные применяемых лабораторных ваттметров по формуле:

$$C_{\text{ном}} = U_{\text{ном}} I_{\text{ном}} / a_{\text{шк}}$$

где $U_{\text{ном}}$ — номинальное значение напряжения используемого диапазона ваттметра; $I_{\text{ном}}$ — номинальное значение тока выбранного диапазона ваттметра; $a_{\text{шк}}$ — число делений шкалы ваттметра.

Произвести измерение мощности при симметричной активной нагрузке ($\cos \varphi=1$) тремя способами:

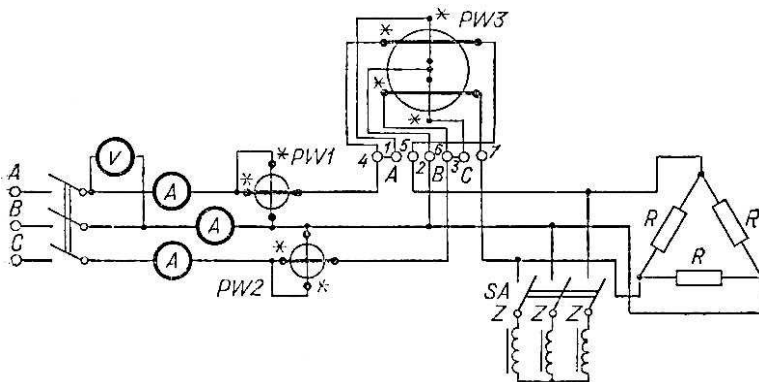


Рис 22. Схема включения приборов для измерения активной мощности в трехфазной трех проводной цепи.

а) с помощью вольтметра и амперметров:

$$P' = \sqrt{3} U_V I_A$$

здесь U_V — показание вольтметра, включенного на фазное напряжение;

I_A — показание амперметра, измеряющего линейный ток;

б) с помощью двух однофазных ваттметров:

$$P'' = P_{W1} + P_{W2},$$

где P_{W1} , и P_{W2} — показания однофазных ваттметров

$$P_{W1} \text{ и } P_{W2};$$

$$P_{W1} = C_{\text{НОМ}1} a_1$$

$$P_{W2} = C_{\text{НОМ}2} a_2.$$

здесь a_1 и a_2 — отсчеты в делениях по шкалам однофазных ваттметров;

в) с помощью двухэлементного ваттметра $PW3$.

$$P''' = C_{\text{номз}} a z$$

где аз — отсчет в делениях по шкале двухэлементного ваттметра.

Если используется щитовой двухэлементный ваттметр с градуированной шкалой, то P_w определяется непосредственно по шкале прибора в ваттах или киловаттах.

Сравнить полученные значения P' , P'' и P''' , обратив внимание на удобство измерения активной мощности двухэлементным ваттметром, не требующим предварительных арифметических вычислений.

Произвести измерение активной мощности при симметричной, реактивной нагрузке ($\cos\phi \neq 1$) двумя способами:

- а) с помощью двух однофазных ваттметров;
- б) с помощью двухэлементного ваттметра.

Для получения реактивной нагрузки необходимо включить пакетный выключатель 5Л в схеме, изображенной на Рис 22.

При определении активной мощности с помощью двух одно* фазных ваттметров следует помнить, что в зависимости от угла $\angle \rho$ и его знака показания одного из ваттметров могут быть отрицательными или вообще равными нулю. Независимо от этого для получения общей мощности всегда необходимо брать алгебраическую сумму показаний ваттметров.

Вопросы для повторения:

1. Общие сведения ?
2. Измерения мощности косвенным методом ?
3. Измерения мощности в цепях постоянного тока ?
4. Измерения мощности в цепях переменного тока?

Литература

ДИ-1. Кравцов А.В. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.: Колос 2011.

ДИ-2. Христалева З.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум.- М.: 2010 г. Изд. «КиноРис».

- ДИ-3. Правиков В.П. Метрологическое обеспечение производства .-М.: 2009 г. Изд. «Кинорис».
- ДИ-4. Под. ред. Алексеева А.А. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.:2010 г. Академия.
- ДИ-5. Иванов Н.А. Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте.-М.:2012 г. Академия.
- ДИ-6. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений .-М.: Москва «Высшая школа» 2013
- ДИ-7. Чижикова Т.В. Стандартизация, сертификация и метрология.- М.: «Колос С», 2002 г.
- интернет ресурсы.

Тема 5 Измерение электрической энергии

План лекций:

1. Общие сведения.
2. Одноэлементный индукционный счетчик.
3. Двух и трехэлементные индукционные счетчики.
4. Измерение активной мощности в цепях переменного тока.

1. Общие сведения.

Измерение активной и реактивной энергии в однофазных и трехфазных, трех проводных и четырех проводных цепях переменного тока может быть проведено с помощью специальных интегрирующих электроизмерительных приборов — однофазных и трехфазных электрических счетчиков.

Как правило, в России все применяемые в быту и промышленности электрические счетчики основаны на использовании индукционного измерительного механизма.

Технические требования к индукционным счетчикам регламентированы ГОСТ 6570-75. Проверка правильности показаний счетчиков электрической энергии производится методами и средствами, предусмотренными ГОСТ 14767-69.

для создания вращающего момента необходимо не менее двух переменных потоков или двух составляющих одного потока, имеющих фазовый сдвиг и смещенных в пространстве; вращающий момент достигает своего максимального значения, когда фазовый сдвиг между потоками Φ_1 и Φ_2 равен 90° ($\sin \phi = 1$); вращающий момент зависит от частоты изменения потоков Φ_1 и Φ_2 .

Рассмотрим принцип работы и устройство однофазного индукционного счетчика. На Рис 23 схематично показано устройство широко распространенного индукционного счетчика типа СО (счетчик однофазный): 1— трех стержневой магнитопровод с обмоткой цепи напряжения; 2 — ГТ-образный магнитопровод с двумя последовательно соединенными токовыми обмотками; 3—алюминиевый диск, жестко укрепленный на оси подвижной части; 4 — противопололюс из магнитомягкого материала; 5 — стальной поводок для создания и регулировки компенсационного момента; 6 — постоянный магнит для создания тормозного момента; 7 — короткозамкнутые витки; S— обмотка, замкнутая на проволочный резистор 9 с регулируемым сопротивлением; 10 — стальной крючок; 11 — пластина с флажком, выполненные из магнитомягкого материала; 12 — счетный механизм; 13— перемычка для изменения сопротивления резистора 9.

На Рис 24 приведена упрощенная векторная диаграмма, поясняющая принцип работы счетчика.

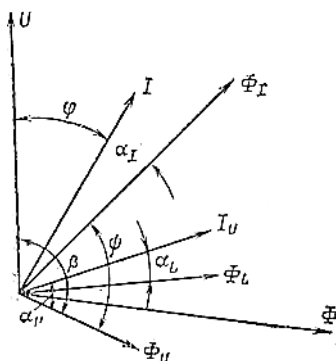


Рис 24. Векторная диаграмма однофазного счетчика.

Напряжение U , приложенное к обмотке напряжения, находящейся на среднем стержне магнито провода 1 (см. Рис 24), вызывает в обмотке ток I_u , отстающий по фазе от напряжения U ввиду большого реактивного сопротивления обмотки на угол, близкий к 90° . Ток I_u создает магнитный поток Φ в среднем стержне магнитопровода 1. Поток делится на два потока — поток Φ_u и поток Φ_L . Рабочий поток Φ_I пересекает диск 3 и замыкается через противопололюс 4. Нерабочий поток Φ_L замыкается через боковые стержни магнитопровода I и непосредственно-го участия в создании вращающего момента счетчика не принимает. Поток Φ_U и Φ_L отстают от тока I_U на углы потерь a_u и a_L . Угол $a_U > a_L$, так как поток Φ_U пересекает диск 3 и проходит через противопололюс 4, в которых возникают дополнительные потери. Ток I создает в магнитопроводе 2 магнитный поток Φ_I , который дважды пересекает диск 3 и проходит через нижнюю часть среднего стержня магнитопровода I. Поток Φ_I отстаёт от тока I на угол a_I . Таким образом, диск пересекают два несовпадающих в пространстве и имеющих фазовый сдвиг магнитных потока, т. е. Φ_U и Φ_I , причем поток Φ_I пересекает диск дважды. Возникает вращающий момент M . Выражение (22) для этого случая принимает вид:

$$M = cf\Phi_u\Phi, \sin.\varphi \quad (23)$$

При работе на линейном участке кривой намагничивания магнитомягких материалов магнитопроводов имеем;

$$\begin{cases} \Phi_I = k_1 I \\ \Phi_U = k_2 I_U = k_2 \frac{U}{z_{II}} \end{cases} \quad (24)$$

где z_U — модуль полного сопротивления обмотки цепи напряжения.

Ввиду малости активного сопротивления R_u обмотки напряжения по сравнению с реактивным сопротивлением X_u этой обмотки можно считать, что

$$z_U \approx X_u = 2nfL_U, \quad (25)$$

где L_U — индуктивность обмотки напряжения.

Учитывая (25), приводим выражение (24) для потока Φ_u к виду

$$\Phi_u = \frac{k_2 U}{2\pi f L u} = K_3 \frac{U}{f}$$

здесь $k_3 = k_2 / 2\pi f L u$.

Подставляя значения потоков Φ_i и Φ_u в (23), получаем:

$$M = kUI \sin \varphi, \quad (26)$$

где $k = ck_1 k_3$.

Анализируя (26), видим, что вращающий момент счетчика пропорционален активной мощности при выполнении равенства

$$\sin \varphi = \cos \varphi \quad (27)$$

где φ — угол фазового сдвига между напряжением U и током I .

Известно, что синус какого-либо угла равен косинусу другого угла только тогда, когда эти углы являются дополнительными, т. е. $\varphi + \varphi = 90^\circ$. Нетрудно видеть (Рис 24), что в рассматриваемом случае для выполнения этого условия необходимо иметь угол $\beta > 90^\circ$, так как $\beta = \varphi + \varphi + \alpha_i$.

Наличие относительно большого нерабочего потока $\Phi_{\text{н}}$ позволяет получать угол $[\beta > 90^\circ]$ (в реальных конструкциях счетчиков поток $\Phi_{\text{н}}$ существенно больше рабочего потока $\Phi_{\text{р}}$). Обеспечение равенства $\varphi + \varphi = 90^\circ$ при заданном угле $\beta > 90^\circ$ осуществляется путем изменения угла потерь α_i с помощью короткозамкнутых витков 7 (грубая регулировка) и обмотки 8, замкнутой на резистор 9, который выполнен в виде петли, с регулируемым сопротивлением (плавная регулировка). Изменение сопротивления резистора 9 производится путем перемещения контакта 13 (см. Рис 23). Таким образом, при выполнении равенства (27) выражение (26) принимает вид:

$$M = kUI \cos \varphi = kP. \quad (28)$$

Для создания тормозного момента и обеспечения равномерной угловой скорости диска при каждой данной нагрузке служит постоянный магнит b . При пересечении вращающимся диском потока постоянного магнита Φ_M (см. Рис 23) в диске наводится ЭДС и возникают токи I_M , пропорциональные потоку Φ_M и угловой скорости диска w :

$$I_M = C_1 \Phi_M w. \quad (29)$$

От взаимодействия тока I_M с потоком Φ_M возникает тормозной момент M_T :

$$M_T = c_2 \Phi_M I_M. \quad (30)$$

Подставив значение I_M из (29) в (30), получим:

$$M_T = c_3 w, \quad (31)$$

где $c_3 = c_1 c_2 \Phi_M^2$

Если пренебречь трением и другими дополнительными тормозными моментами, возникающими при пересечении диском потоков Φ и Φ' , то равномерная угловая скорость диска будет иметь место при $M = M_T$. Приравнявая (28) и (31), имеем:

$$kP = c_3 w = c_3 da/dt. \quad (32)$$

Выражение (32) можно представить следующим образом:

$$kPdt = c_3 da. \quad (33)$$

Интегрируя (33) по времени от t_1 до t_2 , получаем:

$$k \int_{t_1}^{t_2} Pdt = c_3 \int_{t_1}^{t_2} da.$$

Нетрудно видеть, что $\int_{t_1}^{t_2} P dt = W$ —активная энергия, учтенная счетчиком за время от t_1 до t_2 , и $\int_{t_1}^{t_2} da = 2nN$, где N — число оборотов диска за время от t_1 до t_2 , тогда $kW = c_3 2nN$, откуда $W = c_3 2nN/k = CN$. Следовательно, число оборотов диска пропорционально учитываемой счетчиком активной энергии.

Для учета числа оборотов диска в счетчиках устанавливается счетный механизм 12 (см. Рис 23). Число оборотов диска счетчика, приходящееся на единицу учитываемой счетчиком энергии, называют передаточным числом счетчика. Передаточное число счетчика указывается на щитке счетчика. Например: 1 кВт•ч = 2000 оборотов диска.

Величина, обратная передаточному числу счетчика, т. е. энергия, учитываемая счетчиком за один оборот диска, называется номинальной постоянной счетчика $C_{ном}$. Для счетчика с указанным выше передаточным числом номинальная постоянная $C_{ном}$ определяется следующим образом:

$$C_{ном} = 3600 \cdot 1000 / 2000 = 1800 \text{ Вт}\cdot\text{с}/\text{оборот}.$$

Зная $C_{ном}$ и число оборотов диска счетчика за данный интервал времени, нетрудно определить учтенную счетчиком за этот интервал времени энергию:

$$W = C_{ном} N. \quad (34)$$

Существенное влияние на правильность показаний счетчика при малых нагрузках (при малом значении тока I) оказывает момент трения в счетном механизме и опорах подвижной части счетчика. Очевидно, что момент трения, действующий навстречу вращающему моменту, будет уменьшать угловую скорость диска и учтенная счетчиком энергия будет меньше израсходованной. Для уменьшения погрешности счетчика от действия момента трения с помощью специальных приспособлений во всех типах счетчиков создают дополнительный вращающий момент. Этот момент называют компенсационным моментом.

Наибольшее распространение получили три способа создания компенсационного момента:

с помощью винта из магнитомягкого материала, ввернутого в противопололюс под диском счетчика;

с помощью короткозамкнутого витка, помещаемого на пути потока Φ_u над диском счетчика;

с помощью поводка 5 (см. Рис 23), прикрепленного к противопололюсу под диском счетчика.

Независимо от способа получения компенсационный момент возникает в результате взаимодействия двух или нескольких потоков, создаваемых обмоткой напряжения и сдвинутых относительно друг друга в пространстве и по фазе, с токами, наводимыми ими в диске счетчика. При наличии поводка компенсационный момент создается потоками Φ_u и Φ_s . Поток Φ_s замыкается через пластину с флажком 11, выполненную из магнитомягкого материала, и противопололюс 4. Если поводок расположен по радиусу диска, то сила, возникающая в результате взаимодействия потоков Φ_u и Φ_s с токами, наведенными ими в диске, действует также в направлении радиуса и дополнительный вращающий (компенсационный) момент отсутствует. При смещении поводка возникающая сила создает дополнительный вращающий момент, компенсирующий момент трения.

Известно, что момент трения является величиной переменной, зависящей от угловой скорости подвижной части. Компенсационный момент при неизменном значении напряжения U и данном смещении поводка является величиной постоянной. Следовательно, равенство компенсационного момента моменту трения может быть выполнено при одной вполне определенной нагрузке. Обычно равенство этих моментов осуществляют при регулировке счетчика при токе I , примерно равном 10% номинального тока $I_{ном}$.

При эксплуатации счетчика в ряде случаев компенсационный момент превышает момент трения и диск счетчика начинает вращаться даже при токе $I=0$, т. е. когда потребитель энергию не расходует.

В соответствии с ГОСТ 6570-75 вращение диска счетчика под действием напряжения, поданного на зажимы параллельной цепи, и при отсутствии тока в последовательной цепи называется-

ся самоходом. Для устранения самохода на оси диска прикрепляют крючок 10 (см. Рис 23) из ферромагнитного материала. Флажок 11 намагничивается потоком Φ_s и, притягивая крючок 10, устраняет самоход. Таким образом, теперь, даже тогда, когда компенсационный момент больше момента трения, диск счетчика при токе $I=0$ не совершает более одного оборота, что в соответствии с ГОСТ 6570-75 считается отсутствием самохода.

Сила взаимодействия между крючком и флажком должна быть отрегулирована так, чтобы счетчик обладал допустимым порогом чувствительности. Под порогом чувствительности счетчика понимают наименьшее нормируемое значение тока I в процентах $I_{ном}$, при котором начинается непрерывное вращение диска счетчика при номинальных значениях напряжения и частоты и при $\cos\phi=1$.

На работу счетчика влияют многочисленные факторы, обусловленные конструкцией счетчика, качеством изготовления деталей, материалом деталей и т. д. По точности учета электроэнергии счетчики активной энергии могут быть следующих классов точности: 0,5; J, 0; 2,0 и 2,5. В отличие от аналоговых показывающих приборов классы точности счетчиков определяются не по приведенной, а по относительной погрешности, определяемой при различных оговоренных ГОСТ 6570-75 нагрузках. Допускаемую относительную погрешность счетчика в процентах определяют по формуле

$$\delta = \frac{W_{сч}-W}{W}100$$

где $W_{сч}$ —значение электрической энергии, определенное по показаниям проверяемого счетчика за данный интервал времени; W — действительное значение электрической энергии, определенное за этот же интервал времени по показаниям образцовых приборов.

В качестве образцовых приборов используются ли- U, % образцовый счетчик (счетчик, имеющий более высокий класс), либо ваттметр и секундомер.

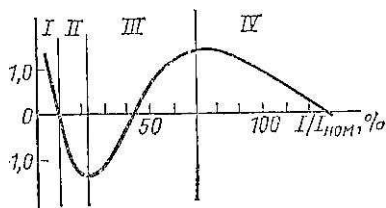


Рис 25. Нагрузочная кривая однофазного, индукционного счетчика.

Характерное изменение основной относительной погрешности счетчика в зависимости от нагрузки представлено на Рис 25. Обычно кривую, изображенную на Рис 25, называют нагрузочной кривой счетчика. На нагрузочной кривой можно выделить четыре характерные области изменения относительной погрешности.

В области *I* изменение δ обусловлено превышением компенсационного момента над моментом трения. В этой области диск счетчика вращается быстрее необходимого.

В области *II* из-за увеличения момента трения в связи с увеличением угловой скорости диска компенсационный момент меньше момента трения и диск счетчика вращается медленнее необходимого. Равенство компенсационного момента моменту трения ($\delta = 0$) обеспечивается примерно при токе нагрузки счетчика $I/I_{ном} = 10\%$.

В области *III* происходит непрерывное увеличение угловой скорости диска по сравнению с необходимой скоростью. Это обусловлено нелинейной зависимостью между током I и потоком Φ на начальном участке кривой намагничивания материала магнитопровода токовой цепи.

В области *IV* происходит постепенное уменьшение угловой скорости диска по сравнению с необходимой скоростью. Это объясняется непропорциональным возрастанием тормозного момента счетчика. Все большее влияние начинает оказывать составляющая тормозного момента, обусловленная пересечением диска счетчика увеличивающимся потоком Φ_r .

3. Двух и трехэлементные индукционные счетчики.

Двухэлементные счетчики используются для учета активной энергии в трехфазных трехпроводных цепях переменного тока.

Трехэлементными счетчиками учитывается активная и реактивная энергия в трехфазных четырехпроводных цепях переменного тока. Кроме того, трехэлементные счетчики применяются также для учета реактивной энергии в трехфазных трехпроводных цепях переменного тока.

В качестве вращающих элементов как в двухэлементных, так и в трехэлементных счетчиках используются вращающие элементы одноэлементных индукционных счетчиков. Как в двухэлементных, так и в трехэлементных счетчиках диски вращающих элементов укрепляются на одной оси.

Это позволяет получать общий вращающий момент подвижной части счетчика, равный алгебраической сумме вращающих моментов отдельных элементов. Таким образом, независимо от количества применяемых вращающих элементов в счетчиках устанавливается один счетный механизм.

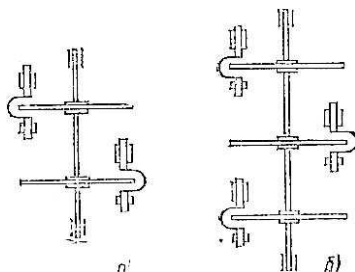


Рис 26. Конструктивное выполнение счетчиков. а — двухэлементного; б — трехэлементного.

На рис 26, а показано принципиальное конструктивное выполнение двухэлементного счетчика, а на Рис 26,б — трехэлементного счетчика.

Двухэлементные однодисковые и трехэлементные двухдисковые счетчики практически не применяются из-за увеличе-

ния погрешностей счетчиков вследствие влияния вращающихся элементов друг на друга.

Для двух- и трехэлементных счетчиков введены следующие обозначения:

САЗ — счетчики для учета активной энергии в трехфазной трехпроводной цепи;

СА4 — счетчики для учета активной энергии в трехфазной четырехпроводной цепи;

СР4 — счетчики для учета реактивной энергии в трехфазных трех- и четырехпроводных цепях.

В некоторых случаях к обозначению счетчиков добавляется буква У — универсальный. Например: САЗУ, СА4У, СР4У. Эти счетчики предназначены для работы с измерительными трансформаторами тока и измерительными трансформаторами напряжения с любыми коэффициентами трансформации.

Счетчики для учета реактивной энергии могут быть классов точности 1,5; 2,0 и 3,0. О классах точности счетчиков для учета активной энергии.

4. Измерение активной мощности в цепях переменного тока.

Включение вращающихся элементов счетчиков для учета как активной, так и реактивной энергии производится по схемам включения ваттметров для измерения активной и реактивной мощности.

Генераторные зажимы токовых обмоток счетчиков обозначаются буквой Г, а зажимы, к которым подключается нагрузка, — буквой Н. Зажимы обмоток напряжения счетчиков, предназначенных для включения в трехфазные трех- или четырехпроводные цепи, обозначаются цифрами 1, 2, 3 и 0.

Промышленностью выпускаются счетчики трех разновидностей: счетчики непосредственного включения, трансформаторные счетчики и счетчики трансформаторные универсальные.

Трансформаторные счетчики предназначены для включения через измерительные трансформаторы, имеющие определенные, наперед заданные коэффициенты трансформации.

Трансформаторные универсальные счетчики предназначены для включения через измерительные трансформаторы, имеющие любые коэффициенты трансформации.

Рассмотрим наиболее распространенные схемы включения счетчиков.

Схемы включения однофазных (одноэлементных) счетчиков.

В России в однофазных цепях учет реактивной энергии не производится, поэтому ниже приведены схемы включения одноэлементных (однофазных) счетчиков для учета активной энергии.

На рис 27 изображена схема расположения зажимов и присоединения к ним обмоток однофазного счетчика непосредственного включения.

Схема расположения зажимов и присоединения к ним обмоток однофазного трансформаторного или трансформаторного универсального счетчиков. Совершенно очевидно, что счетчик, включение может быть включен и через один какой-либо измерительный трансформатор, трансформатор тока или трансформатор напряжения.

Схемы включения трехфазных двухэлементных счетчиков.

Включение вращающихся элементов двухэлементных счетчиков, предназначенных для учета активной энергии в трехфазных трех проводных цепях, производится по схемам включения двух ваттметров для измерения активной мощности.

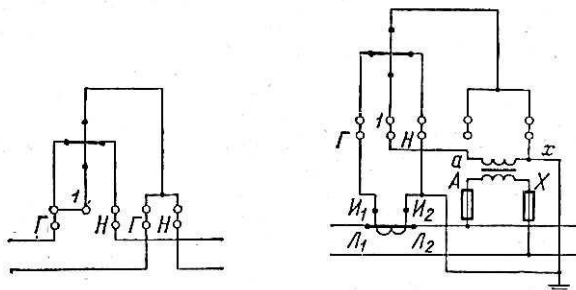


Рис 27. Схема включения однофазного счетчика.

Как известно, включение ваттметров для измерения активной мощности в трехфазных трех проводных цепях производится по методу двух приборов.

На рис 28 изображена схема расположения зажимов и присоединения к ним обмоток трехфазного двухэлементного счетчика типа САЗ непосредственного включения, трехфазного двухэлементного трансформаторного или трансформаторного универсального счетчика в случае включения его только через измерительные трансформаторы тока.

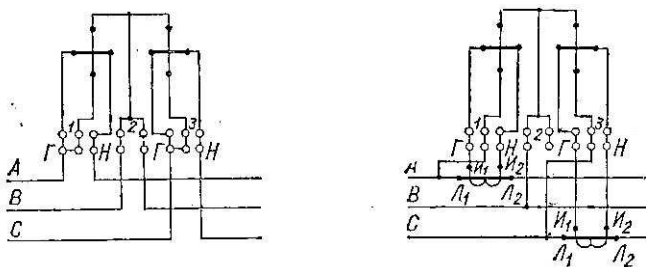


Рис 28. Схема включения счетчика типа САЗ.

Используя схему включения обмотки напряжения счетчика через измерительный трансформатор напряжения, нетрудно составить схему расположения зажимов и присоединения к ним обмоток трехфазного двухэлементного трансформаторного или трансформаторного универсального счетчика в случае применения как измерительных трансформаторов тока, так и измерительных трансформаторов напряжения.

Схемы включения трехфазных трехэлементных счетчиков для учета активной энергии.

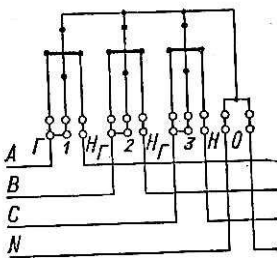


Рис 29. Схема включения счетчика типа СА4.

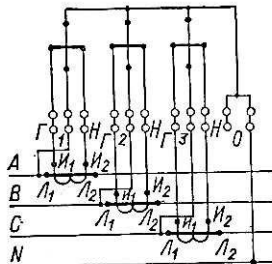


Рис 30. Схема включения счетчика с использованием трансформаторов тока.

Трехфазные счетчики - элементные счетчики применяются для учета активной энергии в трехфазных четырех проводных цепях.

На рис 29 показана схема расположения зажимов и присоединения к ним обмоток трехфазного трехэлементного счетчика типа СА4 непосредственного включения. Нетрудно видеть, что вращающие элементы счетчика включаются в трехфазную четырех проводную цепь точно так же, как включаются три ваттметра для измерения в такой цепи активной мощности, т. е. применяется рассмотренный ранее метод трех приборов.

Схема расположения зажимов и присоединения к ним обмоток трехфазного трехэлементного трансформаторного или трансформаторного универсального счетчика в случае включения его в трехфазную четырех проводную цепь только через измерительные трансформаторы тока. Нетрудно видеть, что и в этом случае вращающие элементы счетчиков включаются в цепь по методу трех приборов.

Схемы включения трехфазных трехэлементных счетчиков для учета реактивной энергии. Трехфазные трехэлементные счетчики для учета реактивной энергии типов СР4 и СР4У применяются в трехфазных трехпроводных и трехфазных четырех проводных цепях переменного тока.

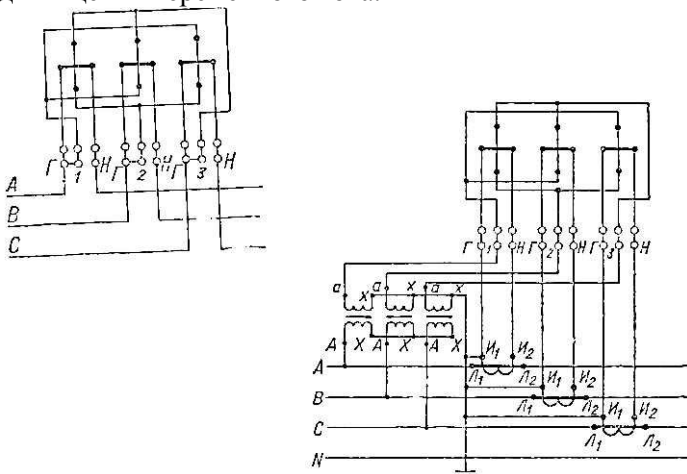


Рис 31. Схема включения счетчика типа СР4 в трехфазную трех проводную цепь.

Включение вращающихся элементов счетчика производится по правилам включения на замененные. Схема включения счетчика типа СР4У в трехфазную четырехпроводную цепь обычных ваттметров в случае применения их для измерения реактивной мощности в трехфазных цепях.

На рис 31 приведена схема расположения зажимов и присоединения к ним обмоток счетчика типа СР4 непосредственно включения при измерении им реактивной энергии в трехфазной трех проводной цепи.

Схема расположения зажимов и присоединения к ним обмоток трехфазного трансформаторного или трансформаторного универсального (СР4У) счетчика в случае измерения реактивной энергии в трехфазной четырехпроводной цепи с применением измерительных трансформаторов тока и измерительных трансформаторов напряжения.

Вопросы для повторения:

1. Общие сведения?
2. Устройства и принцип действия индуктивного счетчика?
3. Схемы подключения однофазного счетчика индуктивной и электронной системы?
4. Маркировка однофазных и трехфазных счетчиков?
5. Расширение пределов измерения счетчиков электрической энергии.

Литература

- ДИ-1. Кравцов А.В. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.: Колос 2011.
- ДИ-2. Христалева З.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум.- М.: 2010 г. Изд. «КиноРис».
- ДИ-3. Правиков В.П. Метрологическое обеспечение производства.-М.: 2009 г. Изд. «Кинорис».
- ДИ-4. Под. ред. Алексеева А.А. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.:2010 г. Академия.
- ДИ-5. Иванов Н.А. Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте.-М.: 2012 г. Академия.

ДИ-6. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений.-М.: Москва «Высшая школа» 2013.
ДИ-7. Чижикова Т.В. Стандартизация, сертификация и метрология.- М.: «Колос С», 2002 г.
интернет ресурсы.

Тема 6 Изменение фазового сдвига и частоты

План занятий:

1. Измерение фазового сдвига.
2. Измерение частоты.

Измерение фазового сдвига.

Измерение фазового сдвига между напряжением и током нагрузки на промышленной частоте, между двумя гармоническими напряжениями (например, входным и выходным напряжениями четырехполюсника, усилителя) в зависимости от частоты, между двумя периодическими напряжениями одинаковой частоты любой формы — эти задачи часто встречаются в исследовательской и производственной практике. Методы измерения и принципы построения приборов зависят от диапазона частот сигнала и его формы, мощности источников сигналов, требуемой точности измерения.

Электромеханические фазометры. Электродинамические и ферродинамические логометры могут быть использованы для построения фазометров (как показывающая так и самопишущих), предназначенных для измерения фазового сдвига между напряжением и током в нагрузке и коэффициента мощности.

Электрическая схема электродинамического фазометра и соответствующая ей векторная диаграмма представлены на Рис 32.

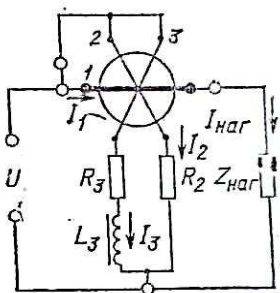


Рис 32. Электродинамический фазометр.

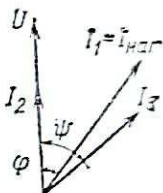
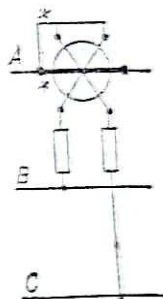


Рис 33. Трехфазный электродинамический фазометр



Подвижная часть механизма, представляющая две жестко скрепленные между собой под углом 60° рамки, крепится на осях и опорах. Механическая противодействующий момент в механизме отсутствует. Взаимодействие тока I_1 ($I_1 = I_{нарГ}$), протекающего во всех подвижной катушке прибора 1, с током I_2 протекают по обмотке рамки 2, угол между плоскостью которой ж плоскостью неподвижной катушки равен 150° при $\alpha = \dots$ создает вращающий момент

$$M_1 = c_1 I_1 I_2 \cos(\widehat{I_1, I_2}) \sin(150^\circ - \alpha).$$

Взаимодействие ток I_1 с током I_3 создает вращающий момент M_2 , который действует навстречу моменту M_1

$$M_2 = c_2 I_1 I_3 \cos(\widehat{I_1, I_3}) \sin(150^\circ - 60^\circ - \alpha).$$

Из векторной диаграммы следует, что $\cos(\widehat{I_1, I_2}) = \dots = \cos \varphi.$

Фазовый сдвиг между U (или I_2) « током I_3 выполняется равным $\Psi=60^\circ$ за счет включения в цепь обмотки рамки 3 катушки индуктивности L_3 и резистора R_3 . Следовательно, $\cos(\widehat{I_1, I_3}) = \cos(60^\circ - \varphi)$. В установившемся режиме подвижная часть прибора займет положение, при котором $M_1 = M_2$, поэтому

$$c_1 I_1 I_2 \cos \varphi \cos(60^\circ - \alpha) = c_2 I_1 I_3 \cos(60^\circ - \varphi) \cos \alpha.$$

Если выполняется условие $c_1 I_2 = c_2 I_3$, то последнее равенство будет выполняться при $\alpha = \varphi$. Таким образом, угол поворота подвижной части равен фазовому сдвигу между напряжением и током в нагрузке. Прибор имеет линейную шкалу. Его показания практически не зависят от нестабильности напряжения на нагрузке (в пределах 10—20%). Недостатками таких фазометров являются сравнительно большая потребляемая мощность от источника сигнала (5—10 В·А) и зависимость показаний от частоты.

Шкала рассмотренного фазометра может быть градуирована также в значениях коэффициента мощности, т. е. в значениях $\cos \varphi$.

Приведенная погрешность лабораторных фазометров не более $\pm 0,5\%$. Характеристики, указанные выше, имеет электродинамический фазометр типа Д578.

На основе электродинамических механизмов возможно построение фазометров для измерения $\cos \varphi$ и в трехфазных цепях переменного тока. Схема включения фазометра в этом случае приведена на Рис 33. По принципу действия он подобен однофазному фазометру, но необходимые фазовые сдвиги между токами в обмотках рамок подвижной части прибора можно получить более просто, используя 120-градусные сдвиги между напряжениями и токами трехфазной цепи. Такой прибор дает правильные показания в трехфазной цепи с симметричными напряжениями и токами. В случае несимметричной трехфазной цепи можно говорить лишь о разности фаз между током и напряжением в каждой фазе. Примером подобного прибора яв-

ляется фазометр типа Э120, приведенная погрешность которого не превышает 1,5%.

На основе ферродинамического механизма выпускается также щитовой узкопрофильный фазометр типа Д392, предназначенный для измерения $\cos \varphi$ в симметричной трехфазной цепи. Пределы измерения $\cos \varphi$ 0,5—1—0,5, класс точности 2,5.

Электронный фазометр. Измерение фазового сдвига между двумя периодическими напряжениями (одной частоты) в диапазоне частот до 1 МГц производится с помощью электронных фазометров. Структурная схема электронного фазометра приведена на Рис 34. Напряжения u_1 и u_2 (одно из них является опорным, например м,)

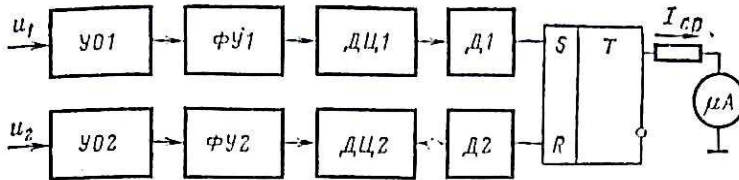


Рис 34. Электронный фазометр.

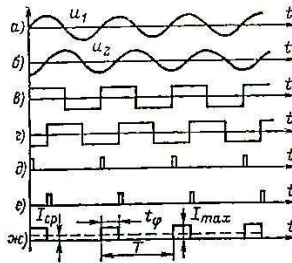


Рис 35. Временные диаграммы сигналов в электронном фазометре.

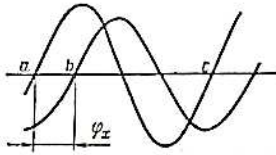


Рис 36. Измерение фазы методом линейной развертки.

подаются на два входа прибора (Рис 35,а и б). В обоих каналах напряжения усиливаются и, если их амплитуды достаточно большие, ограничиваются усилителями-ограничителями $У01$ и $У02$ затем с помощью формирующих устройств $ФУ1$ и $ФУ2$ эти напряжения преобразуются в напряжения прямоугольной формы с крутыми фронтами (Рис 35,в и г). Фазовый сдвиг напряжений на выходах $ФУ1$ и $ФУ2$ равен фазовому сдвигу входных напряжений. Дифференцирующими цепями $ДЦ1$ и $ДЦ2$ формируются короткие импульсы, поступающие через диодные цепи $Д1$ и $Д2$ на входы триггера T , который имеет два устойчивых состояния (Рис 35, дне). Выходное напряжение триггера T показано на Рис 35, *жс*.

Таким образом, шкала прибора линейна и не зависит от частоты. Электронные фазометры работают в широком диапазоне частот, имеют большое входное сопротивление (малую потребляемую мощность от источников сигналов). Например, фазометр типа Ф2-13 имеет следующие характеристики: частотный диапазон 20 Гц—1 МГц, измеряемый угол сдвига фаз $\pm 180^\circ$, относительная погрешность 1,5—2%, входное сопротивление 1 МОм, диапазон изменения входных сигналов 0,1—10 В.

Осциллографические методы измерения фазы. Среди осциллографических методов наибольшее распространение получили методы линейной развертки и эллипса.

Метод линейной развертки предполагает применение двухлучевого осциллографа или однолучевого осциллографа с электронным коммутатором. В этом случае на экране осциллографа создается изображение двух напряжений (Рис 36), фазовый сдвиг между которыми необходимо измерить. Если напряжения u и mg на вход $У$ осциллографа подаются через электрон-

ный коммутатор, то изображения создаются штриховыми линиями (частота коммутации значительно выше частоты напряжений u_1 и u_2). По измеренным отрезкам ab и ac вычисляется $\Phi_{ж} = \arccos \frac{ab}{ac}$.

Причиной погрешности измерения в данном случае является прежде всего неточность измерения отрезков ab и ac .

Метод эллипса используется для измерения фазового сдвига между синусоидальными напряжениями. Напряжения U_1 и U_2 подаются на входы каналов Y и X (канал X работает в режиме усиления сигнала w_2). На экране осциллографа получается изображение эллипса (Рис 37). Если $u_1 = u_2 = U_{y\max} \sin \omega t$ и $U_2 = U_X = U_{X\max} \sin X$ то в момент $t=0$ пятно будет находиться в точке a или b , т. е. l_{ab} как $2U_{X\max} \sin \varphi$ [Отрезок l_{cd}] соответствующий максимальному отклонению луча по оси X , пропорционален $2U_{X\max}$, т. е. l_{cd} т $2U_{X\max}$

Следовательно, $\sin \varphi_x = ab/cd$ и $\varphi_x = \arcsin (ab/cd)$. Метод эллипса позволяет измерять $\varphi_{ж}$ в пределах $0—90^\circ$ без определения знака фазового угла. Причинами погрешности измерения являются неточность измерения отрезков и неодинаковый X и Y фазовый сдвиг в каналах

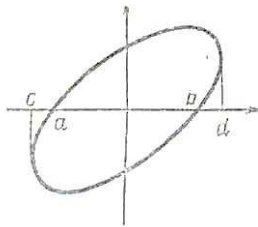


Рис 37. Измерение фазы методом эллипса.

Измерение частоты.

Диапазон используемых частот в электроэнергетике, электрофизике, технике связи, радиоэлектронике очень широк и простирается от долей герца до десятков гигагерц. Выбор метода и прибора для измерения частоты определяется значением частоты, требуемой точностью измерения, мощностью источника сигнала и другими факторами.

Рассмотрим измерение частоты показывающими приборами.

Электромеханические частотомеры. Эти приборы используются для измерения частот в диапазоне 20—2590 Гц в основном в энергетических цепях и выполняются на основе электромагнитных и электродинамических (ферродинамических) механизмов.

Наиболее простым из электромеханических частотомеров является электромагнитный резонансный (вибрационный) частотомер. Напряжение измеряемой частоты k обмотке электромагнита. В поле электромагнита располагаются стальные пластинки, один конец которых закреплен неподвижно. Свободный конец загнут и окрашен яркой краской. Каждая пластинка обладает определенной частотой собственных колебаний. Под действием электромагнитного поля и сил упругости пластины совершают колебательные движения. С наибольшей амплитудой колеблется пластинка, частота собственных колебаний которой соответствует удвоенной частоте напряжения. Вид шкалы вибрационного частотомера приведен на Рис 38. Пределы измерения частоте таких частотомеров небольшие, *напримёр* или 4В0—650 Гц. Относительная погрешность Частоты 1,0—2,5%.

Электрическая схема электродинамического частотомера на основе логометрического механизма и векторная диаграмма токов приведены на Рис 39. Рамки iS , ной части частотомера скреплены между собой под углом 90° .

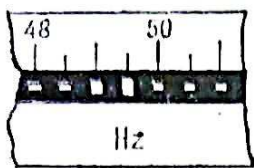


Рис 38. Шкала вибрационного частотомера.

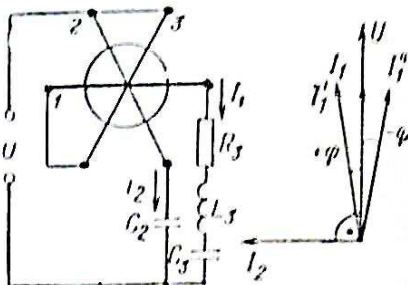


Рис 39. Электродинамический частотомер.

Параметры контура L_3 , C_3 и R_3 подобраны таким образом, что частота резонанса напряжений близка к средней частоте диапазона измерения $f_{cp} = (f_n + f_k)/2$, где f_n и f_k — соответственно начальное и конечное значения шкалы прибора.

Вращающие моменты, действующие на подвижную часть, равны:

$$\begin{aligned} M_1 &= c_1 I_1 I_2 \sin(\beta_1 - \alpha) \cos(90^\circ \pm \varphi) = \\ &= c_1 I_1 I_2 \cos(45^\circ - \alpha) \sin(\mp \varphi); \\ M_2 &= c_2 I_1^2 \sin(\beta_2 - \alpha) \cos 0^\circ = c_2 I_2^2 \sin(45^\circ - \alpha), \end{aligned}$$

где $\beta_1 = 135^\circ$, $\beta_2 = 45^\circ$ — соответственно углы между плоскостями первой и второй рамок и плоскостью неподвижной катушки при $\alpha = 0$.

Момент M_1 зависит от угла поворота подвижной части α и фазового сдвига между токами I_1 и I_2 , который, в свою очередь, зависит от измеряемой частоты f_x . Момент M_2 зависит только от угла α и не зависит от частоты f_x . Моменты M_1 и M_2 действуют навстречу друг другу, и подвижная часть поворачивается до тех пор, пока не наступает равенство $M_1 = M_2$. Токи I_1 и I_2 с изменением измеряемой частоты изменяются незначительно, и поэтому из

равенства моментов следует: $\operatorname{tg}(45^\circ - \alpha) = c \sin(\mp \varphi)$.

Так как $\varphi = \Psi(f_x)$, то $\alpha = F(f_x)$. Из последнего равенства следует, что при $\alpha = 45^\circ$. При $f_x = f_n$ $f_x = f_{cp}$ ($\varphi = 0$) гелка займет крайнее левое положение, а при крайнее правое. $f_x = f_k$

На рис 40, а показана конструкция электромагнитного логометра, а на Рис 40,б — электрическая схема

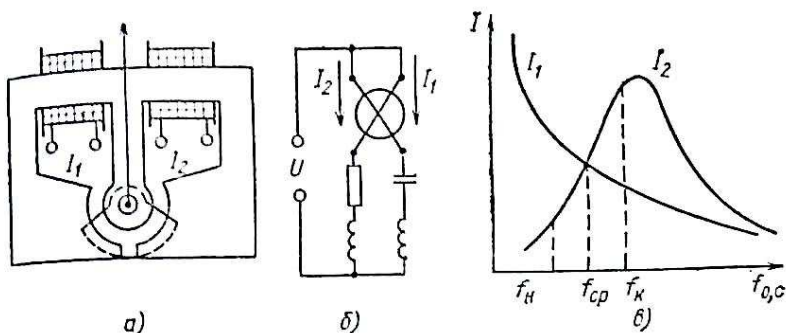


Рис 40. Электромагнитный частотомер.

частотомера на его основе. Токи I_1 и I_2 в цепях логометра распределяются обратно пропорционально полным сопротивлениям ветвей, которые по-разному зависят от частоты (Рис 40, б). Параметры цепей подобраны так, что при средней частоте диапазона токи равны и указатель занимает положение, соответствующее средней частоте. Другим значениям f_x соответствуют свои значения I_1 и I_2 , а следовательно, и углы отклонений подвижной части.

Электродинамические и электромагнитные частотомеры имеют узкие пределы измерения, равные $\pm 10\%$ средней частоты, приведенную погрешность 0,5—2,5%, потребляемую мощность до 10 Вт, номинальное напряжение 36—380 В. Такими характеристиками обладают электродинамические лабораторные частотомеры типа Д506М и щитовые узкопрофильные электромагнитные частотомеры типа Э393.

Электронные конденсаторные частотомеры. Они используются для измерения частоты периодических напряжений в диапазоне 20 Гц—500 кГц. Приведенная погрешность таких приборов 0,5—2,5%.

Принцип действия электронного частотомера поясняется схемой, приведенной на Рис 14.10, а, и временными диаграммами на Рис 41,б—д. Напряжение измерь частоты (Рис 41,б) по-

дается на вход усилителя" формирователя $УФ$, усиливающего $u_{вх}$ и формирующей из него прямоугольное напряжение (Рис 41,в). Этим напряжением управляется электронный ключ $ЭК$. Допустим, что при положительных полуволнах ключ $ЭК$ замкнут, а при отрицательных полуволнах разомкнут. При p_a замкнутом состоянии ключа в течение половины периода конденсатор C через резистор R заряжается до значения E (Рис 41,г). Ток заряда протекает через диод $VD1$

$$I_{cp} = q/T_x = CE/T_x = CEf_x.$$

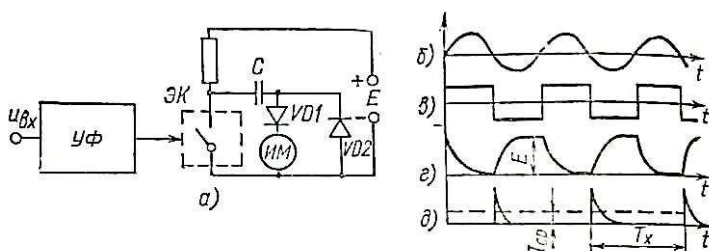


Рис 41. Электронный частотомер.

и обмотку рамки магнитоэлектрического измерительного механизма (Рис 41, д). При замыкании ключа $Ж$ конденсатор разрядится через него и через диод $VD2$. Таким образом, за один период измеряемой частоты ($T_x = 1/f_x$) через измерительный механизм проходит заряд $q = C\Delta E$ и поэтому среднее значение тока в его цепи равно:

Это уравнение справедливо при условии, что конденсатор успевает полностью зарядиться до значения E и полностью разрядиться.

Электронные частотомеры имеют достаточно большое входное сопротивление, а следовательно, потребляют малую мощность от источника сигнала.

Рассмотрим осциллографические методы измерения частоты.

Метод фигур Лиссажу. Этот метод используется для измерения частоты синусоидальных напряжений. На один из входов (например, на вход канала $У$) подается напряжение с изме-

ряемой частотой f_X . На вход канала тающего в режиме усиления (генератор развертки ГР отключен), подается напряжение с известной частотой f_0 . Электронный луч под действием двух взаимно перпендикулярных и меняющихся по гармоническому закону соответственно с частота f_0 и f_X напряжений вычерчивает на экране некоторую сложную кривую. Если ν частот выражается отношением целых чисел результирующая кривая (фигура Лиссажу) представляется

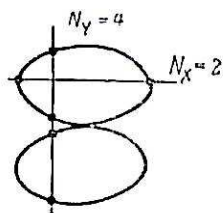


Рис 42. Измерение частоты методом фигуры Лиссажу.

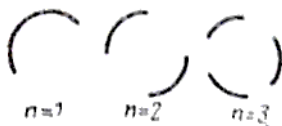


Рис 43. Измерение частоты методом круговой развертки.

в виде неподвижного изображения (пример такой фигуры приведен на Рис 42). Для определения отношения частот необходимо подсчитать наибольшее число точек пересечений вертикальной N_Y и горизонтальной N_X прямыми наблюдаемой фигуры. Затем составляют отношение

$$f_Y/f_X = N_X/N_Y,$$

где f_Y и f_X — частоты напряжений, подаваемые на входы каналов Y и X осциллографа.

Для фигуры на Рис 42 $N_Y = 4$, $N_X = 2$, и поэтому

$$f_Y = f_X \frac{N_X}{N_Y} = \frac{1}{2} f_X \quad \text{или} \quad f_X = f_0 \frac{N_X}{N_Y} = \frac{1}{2} f_0.$$

Погрешность измерения f_X определяется погрешностью известной частоты f_0 .

Метод круговой развертки. Этот метод также основан на сравнении двух частот — неизвестной и известной. Если на входы обоих каналов осциллографа (генератор развертки отключен) подать напряжения с одной (известной) частотой f_0 , но сдвинутые по фазе на 90° , то на экране получим окружность. Время, за которое электронный луч описывает окружность, равно периоду напряжения с частотой f_0 . Подавая напряжение с неизвестной частотой f_X той же f_0 на сетку электронно-лучевой трубки, при отношении частот $f_X/f_0 = n (n = 1, 2, 3, \dots)$ получим ряд неподвижных дуг (рис 43). Число таких дуг равно n .

Погрешность измерения определяется погрешностью известной частоты f_0 .

Осциллографические методы измерения частоты просты, но требуют применения генератора гармонических колебаний, частоту которого можно изменять, а ее значение должно быть известно.

Вопросы для повторения:

1. Общие сведения?
2. Измерение фазного сдвига?
3. Измерение частоты?

Литература

- ДИ-1. Кравцов А.В. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.: Колос 2011.
- ДИ-2. Христалева З.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум.- М.: 2010 г. Изд. «КиноРис».
- ДИ-3. Правиков В.П. Метрологическое обеспечение производства.-М.: 2009 г. Изд. «Кинорис».

ДИ-4. Под. ред. Алексеева А.А. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.:2010 г. Академия.

ДИ-5. Иванов Н.А. Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте.-М.:2012 г. Академия.

ДИ-6. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений.-М.: Москва «Высшая школа» 2013

ДИ-7. Чижикова Т.В. Стандартизация, сертификация и метрология.- М.: «Колос С»,2002 г.

интернет ресурсы.

Тема 7 Основы стандартизации в отрасли

План занятий

1. Основные понятия о стандартизации.
2. Сертификация продукции.

Правовые основы стандартизации в России установлены Федеральным законом «О стандартизации». Кроме данного закона отношения в области стандартизации в России регулируются издаваемыми в соответствии с ним актами законодательства, например Федеральным законом «О внесении изменений и дополнений и законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием законов РФ «О стандартизации», «Об обеспечении единства измерений», «О сертификации продукции и услуг» (1955 г.); постановлениями Правительства РФ, принятыми во исполнение Закона «О стандартизации», приказами Госстандарта РФ.

В соответствии с Федеральным законом «О стандартизации» в РФ действует Государственная система стандартизации (ГСС).

Государственная система стандартизации (ГСС) представляет собой комплекс взаимосвязанных правил и положений, определяющих цели и задачи стандартизации, структуру органов и служб стандартизации, их права и обязанности, организацию и методику проведения работ по стандартизации во всех отраслях народного хозяйства, порядок разработки, оформления, согласования, принятия, издания, внедрения стандартов и другой норматив-

но-технической документации, а также контроля за их внедрением и соблюдением. Таким образом, ГСС определяет организационные, методологические и практические основы стандартизации во всех отраслях народного хозяйства (рис 44).

Государственная система стандартизации определяет следующие основные цели стандартизации:

- ускорение технического прогресса, повышение эффективности общественного производства и производительности труда, в том числе инженерного и управленческого;

- улучшение качества продукции и обеспечение его оптимальною уровнем;

- создание условий для развития специализации в области проектирования и производства продукции;

- обеспечение увязки требований к продукции с потребностями обороны страны;

- создание условий для широкого развития экспорта товаров высокого качества, отвечающих требованиям мирового рынка;

- рациональное использование производственных фондов и экономия материальных и трудовых ресурсов;

- развитие международного экономического и технического сотрудничества;

- гарантирование охраны здоровья населения, безопасности труда работающих и др.

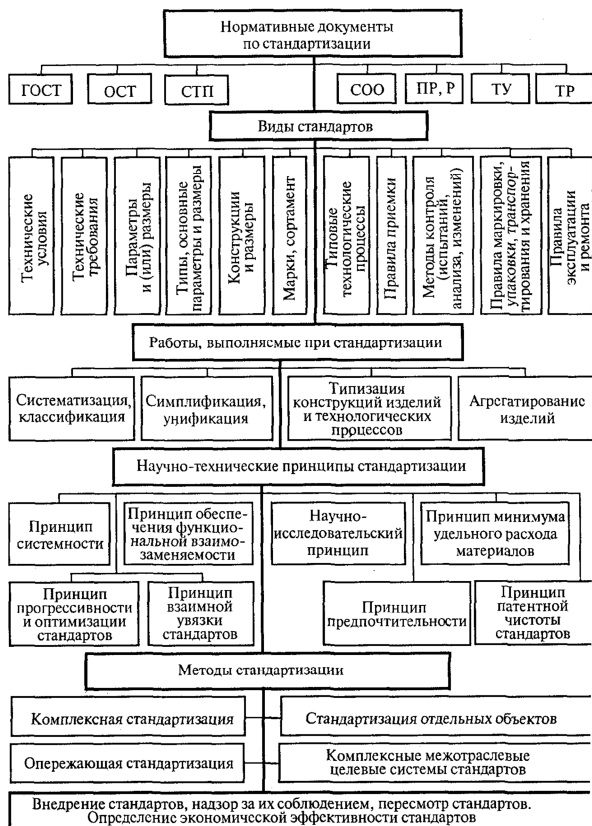


Рис 44. Принципиальные методические и научно-технические основы Государственной системы стандартизации в РФ.

Для достижения указанных целей перед стандартизацией ставят следующие задачи:

установление требований к качеству готовой продукции на основе комплексной стандартизации показателей качества данной продукции, а также сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, необходимых для ее изготовления с высокими показателями качества и эффективной эксплуатации;

разработка систем стандартов, соответствующих передовому уровню науки, техники и производства и создающих условия для формирования требуемого качества готовой продукции

на стадии ее проектирования, серийного производства и использования (эксплуатации);

определение единой системы показателей качества продукции, методов и средств контроля и испытаний, а также необходимого уровня надежности в зависимости от назначения изделий и условий их эксплуатации;

установление норм, требований и методов в области проектирования и производства продукции с целью обеспечения ее оптимального качества и исключения нерационального многообразия видов, марок и типоразмеров;

развитие унификации промышленной продукции и агрегатирования машин как важнейшего условия специализации и обеспечения экономичности производства, повышения уровня взаимозаменяемости эффективности эксплуатации и ремонта изделий;

обеспечение единства и достоверности измерений в стране, усовершенствования и совершенствование государственных эталонов единиц физических величин, а также методов и средств измерений высшей точности.

Также предусматривается установление:

единых систем документации (в том числе унифицированных систем документации, используемых в автоматизированных системах управления), систем классификации и кодирования технико-экономической информации, форм и систем организации производства и технических средств научной организации труда;

единых терминов и обозначений в важнейших областях науки и техники, а также в отраслях народного хозяйства; системы стандартов безопасности труда;

системы стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов.

Решение перечисленных выше задач должно быть комплексным и системным и достигаться планоვნостью проведения работ по стандартизации. Не меньшее значение имеют ее народнохозяйственный характер и динамизм, обусловленные периодическим пересмотром стандартов и их постоянным обновлением на основе достижений науки, техники и производства.

Методологические вопросы стандартизации, ее организации и функционирования изложены в комплексе государственных основополагающих стандартов «Государственная система стандартизации Российской Федерации», новая редакция которого принята в 1993 г. и введена в действие с 1 апреля 1994 г. Данный комплекс включает следующие документы:

ГОСТ Р 1.0—92 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Основные положения»;

ГОСТ Р 1.2—92 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки государственных стандартов»;

ГОСТ Р 1.4—93 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Стандарты отраслей, стандарты предприятий, научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений. Общие положения»;

ГОСТ Р 1.5—92 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов»;

ПР 50.1.001—93 «Правила согласования и утверждения технических условий».

Международная стандартизация.

При разработке отечественных стандартов учитывают рекомендации международных организаций по стандартизации. Это необходимо для обеспечения взаимозаменяемости деталей и стандартных узлов машин, изготовленных в разных странах, а также для упрощения их эксплуатации, что способствует расширению научно-технических и торговых связей между государствами.

Международной организацией в области стандартизации является ИСО. Эта организация, созданная в 1946 г., одновременно с рекомендациями выпускает международные стандарты, на которых должны основываться национальные стандарты и которые используются также для международных экономических связей.

Свою основную задачу ИСО определяет следующим образом: содействие благоприятному развитию стандартизации и смежных видов деятельности во всем мире для того, чтобы облегчить международный обмен товарами и развивать взаимное

сотрудничество в области интеллектуальной, научно-технической и экономической деятельности.

Высшим органом ИСО является Генеральная Ассамблея, которая принимает решения по наиболее важным вопросам. В Совет ИСО входят следующие комитеты: ПЛАКО (техническое бюро), СТАКО (Комитет по изучению научных принципов стандартизации), КАСКО (Комитет по оценке соответствия), ДЕВКО (Комитет по оказанию помощи развивающимся странам), КОПОЛКО (Комитет по защите интересов потребителей), РЕМКО (Комитет по стандартным образцам). Рабочие органы Совета ИСО — это технические комитеты (ТК), подкомитеты, технические консультативные группы.

Технические комитеты разрабатывают рекомендации и стандарты (ТК-1 «Резьбы», ТК-2 «Болты, гайки и детали крепления», ТК-3 «Допуски и посадки», ТК-29 «Инструменты», ТК-39 «Станки» и др.).

Работу по созданию непосредственно международных стандартов ведут технические комитеты (ТК), подкомитеты (ПК) и рабочие группы (РГ) по конкретным направлениям деятельности. Работой каждого технического комитета руководит одна из национальных организаций по стандартизации. Россия выполняет функции секретариата в 10 технических комитетах, 31 подкомитете и 10 рабочих группах (например, ТК-57 «Качество обработанных поверхностей», ТК-123 «Подшипники скольжения» и др.). Кроме членов ИСО имеются еще члены-корреспонденты ИСО, которыми могут являться развивающиеся страны, не имеющие национальных организаций по стандартизации; им предоставлено право бесплатного получения рекомендаций и стандартов ИСО и другой информационной литературы.

Крупнейший партнер ИСО — Международная электротехническая комиссия (МЭК). Ее назначение — содействовать унификации стандартов в области электротехники, радиотехники и электроники. Представители нашей страны активно участвуют в работе технических комитетов, подкомитетов и рабочих групп МЭК в части подготовки ее рекомендаций. Кроме стандартизации МЭК занимается сертификацией изделий по своему профилю деятельности.

В области метрологии функционирует Международная организация мер и весов (МОМВ). Комитет этой организации разработал важнейший основополагающий международный нормативный документ по метрологии — Международную систему единиц (СИ), приемлемую для всех стран, присоединившихся к Метрической конвенции.

Создана (1956 г.) Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ), ведущая работу по общим вопросам метрологии, системе единиц измерений, регламентам по метрологии и др. Россию в МОЗМ представляют Госстандарт РФ и 12 министерств и ведомств.

Международные организации, участвующие в международной стандартизации:

Европейская экономическая комиссия ООН (ЕЖ ООН), основное направление которой — развитие экономического сотрудничества государств в рамках ООН;

Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО), цель которой — содействие подъему всеобщего благосостояния путем индивидуальных и совместных действий по поднятию уровня питания и жизни народов, увеличению эффективности производства и распределению продовольственных и сельскохозяйственных продуктов, улучшению условий жизни сельского населения, что в целом должно содействовать развитию мировой экономики;

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), цель ее определена Уставом — достижение всеми народами возможно высшего уровня здоровья; основное внимание уделяется развитию служб здравоохранения, профилактике болезней и борьбе с ними, созданию широкого круга кадров здравоохранения, оздоровлению окружающей среды;

Комиссия «Кодекс Алиментариус» по разработке стандартов на продовольственные товары, организованная ФАО/ВОЗ для осуществления совместной программы по созданию международных стандартов на продовольственные товары.

Большие работы проводят по унификации и стандартизации общепромышленных норм и правил в отдельных отраслях промышленности. Например, действует свыше 1000 государственных и 800 отраслевых стандартов, относящихся к многочислен-

ным видам электротехнической продукции, технологическим процессам, оснастке и оборудованию этой отрасли.

Понятие о сертификации.

Точная, достоверная и объективная оценка качества продукции дает возможность принимать обоснованные решения при ее разработке, производстве, поставке и эксплуатации. Такая оценка основывается прежде всего на сравнении фактических характеристик и свойств продукции, определенных экспериментально, с теми, которые установлены в нормативных документах.

Из многих форм оценки качества наиболее общей является сертификация. Сертификация в переводе с латыни означает «сделано верно». Она основывается на проведении испытаний и оценке условий производства сертифицируемой продукции, контроле за выполнением этих процедур и надзоре за качеством продукции со стороны независимого органа. Сочетание всех этих операций позволяет установить в нормативном документе и контролировать любые важные для потребителей характеристики продукции. Благодаря этому сертификация служит не только надежной гарантией строгого их соответствия установленным требованиям, не только источником достоверной информации о таком соответствии, но и эффективным средством и стимулом повышения качества продукции.

До 60-х годов сертификация изолированно развивалась в отдельных странах в соответствии с их экономическими, техническими и административными условиями. С конца 60-х годов сертификация была уже широко распространена вследствие расширения международной торговли, развития маркетинга и ориентации на товары «рыночной новизны». В 1970—1980 гг. Международной организацией по стандартизации (ИСО) совместно с Международной электротехнической комиссией (МЭК) был обобщен опыт ряда стран в организации сертификации и разработан комплекс методических материалов, рекомендующих порядок проведения сертификации, разработки систем сертификации, систем обеспечения качества продукции и др. Сертификация защищает интересы потребителя, рынок своей страны от появления на нем продукции, в том числе и импорт-

ной, которая не соответствует национальным стандартам и другим техническим нормам, от ложной рекламы, искаженной информации, мошенничества. И в то же время включение в стандарты на продукцию требований обязательной ее сертификации повышает репутацию этой экспортируемой продукции.

Разработка и применение международных и региональных систем сертификации создали условия для организации в 1993 г. единого европейского рынка, объединяющего 18 стран (350 млн чел.). Для этого потребовалось провести унификацию технических норм и правил (с тем чтобы гарантировать равнозначность их во всех частях рынка), создать предпосылки для признания результатов оценки соответствия продукции техническим нормам и правилам во всех частях рынка, разработать европейский сертификат на системы обеспечения качества.

Изменение государственного устройства в России, повышение хозяйственной самостоятельности предприятий, их прямой выход на внешний рынок, появление новых коммерческих и финансовых структур создали условия для формирования государственной системы сертификации.

В соответствии с Законом Российской Федерации «О защите прав потребителей», введенным в действие с 7 апреля 1992 г., товары, работы, услуги, на которые в законодательных актах или стандартах установлены требования, направленные на обеспечение безопасности жизни, здоровья потребителей и охраны окружающей среды, предотвращение причинения вреда имуществу потребителей, и средства, обеспечивающие безопасность жизни и здоровья потребителей, подлежат обязательной сертификации в установленном порядке .

Реализация товаров (в том числе импортных), выполнение работ и оказание услуг без сертификата запрещаются.

Согласно руководству 2 ИСО/МЭК сертификация соответствия — это действие третьей стороны, доказывающее, что обеспечивается необходимая уверенность в том, что должным образом идентифицированная продукция (процесс или услуга) соответствует конкретному стандарту или другому нормативному документу. Таким образом, термин «сертификация» в дальнейшем обозначает только сертификацию третьей стороной. Третья сторона — это орган или организация, не зависимые

как от изготовителя, так и от потребителя продукции. Наряду с сертификацией третьей стороной существует так называемая самосертификация или заявление самого изготовителя о соответствии своей продукции требованиям каких-либо конкретных нормативно-технических документов (НТД).

Сертификация основывается на трех широко известных действиях:

испытание продукции;

предварительная проверка состояния производства продукции; последующий (после выдачи сертификата) надзор (контроль) за продукцией и производством.

При сертификации испытания оценку производства и надзор выполняют независимо от изготовителя и потребителя органы (организации), являющиеся третьей стороной.

Практически во всех системах сертификации в той или иной форме предусматривается проверка третьей стороной условий производства продукции, намечаемой к сертификации, перед выдачей сертификата или предоставлением изготовителю права на его выдачу, а также надзор (контроль) за производством сертифицированной продукции. Это создает определенные гарантии стабильности ее качества, постоянного соблюдения требований к ней, проверяемых при сертификации.

Особенностью сертификации является также то, что свидетельством, юридически доказывающим соответствие продукции требованиям научно-технической документации, служит специальный документ — сертификат соответствия или знак соответствия, проставляемый на продукции.

Сертификат соответствия — это документ, изданный по правилам системы сертификации, сообщающий, что обеспечивается необходимая уверенность в том, что должным образом идентифицированная продукция (процесс, услуга) соответствует конкретному стандарту или другому нормативному документу. Сертификат может относиться ко всем требованиям стандарта, а также к отдельным разделам или конкретным характеристикам продукта, что четко оговаривается в самом документе. Информация, представляемая в сертификате, должна обеспечить возможность сравнения ее с результатами испытаний, на основе которых он выдан.

Знак соответствия— это утвержденный в установленном порядке знак, применяемый (или выданный органом по сертификации) в соответствии с правилами системы сертификации, указывающей, что обеспечивается необходимая уверенность в том, что данная продукция (процесс, услуга) соответствует конкретному стандарту или другому нормативному документу. Знак соответствия ограничен определенной системой сертификации, что указывает на особенность этой системы (в лице органа по сертификации) контролировать соответствие стандарту продукции, маркированной этим знаком. Получение сертификата или знака соответствия накладывает определенные обязательства на изготовителя (поставщика) и базируется на специальных национальных нормативных актах или соглашениях (лицензиях).

Важнейшая особенность сертификации состоит в том, что все операции осуществляются в рамках определенной системы, которая имеет четкие правила их выполнения и которая функционирует под руководством специально на то уполномоченного органа — органа по сертификации. Этот орган в качестве третьей стороны осуществляет руководство организацией и функционированием системы в соответствии с действующим законодательством и нормативными актами страны.

Основные положения системы сертификации ГОСТ Р.

Госстандартом России разработана и предложена для практической апробации с 1 мая 1992 г. Система сертификации продукции третьей стороной, которая функционирует под его руководством.

Первоочередной комплект документов Системы сертификации ГОСТ Р:

Система сертификации ГОСТ. Основные положения.

Система сертификации ГОСТ. Порядок проведения сертификации продукции. Общие положения.

Система сертификации ГОСТ. Требования к органу по сертификации и порядок его аккредитации.

Система сертификации ГОСТ. Требования к испытательным лабораториям и порядок их аккредитации.

Система сертификации ГОСТ. Правила ведения Государственного Реестра Системы.

Для обеспечения совместимости Системы с национальными и международными системами сертификации ее документы составлены так, что они не только соответствуют рекомендациям ИСО/МЭК, но и прямо включают некоторые из них. Такое соответствие правил процедуры Системы должно обеспечить заключение соглашений с другими странами в области сертификации, а также способствовать признанию за рубежом сертификатов, выдаваемых в Системе.

При разработке Системы использован мировой опыт сертификации, действующий в условиях рыночной экономики, но в то же время учтены особенности сегодняшних условий хозяйствования в нашей стране и сложившаяся практика проверки соответствия продукции техническим нормам.

Система взаимодействует на основе соглашений с другими системами проверки безопасности и сертификации, которые функционируют под руководством специально уполномоченных на это органов государственного управления (Госгортехнадзор России, Госатомнадзор России и др.).

В Системе предусматривается сертификация как отечественных, так и импортных товаров (работ, услуг).

По правилам Системы можно проводить добровольную сертификацию. При добровольной сертификации заинтересованные стороны и заявитель вправе выбрать любой нормативный документ на продукцию — государственный стандарт, международный, региональный, национальный какой-либо страны, технические условия и т. д. При этом учитываются требования заказчика (покупателя) своей продукции, в том числе зарубежного.

Основные цели Системы:

защита потребителя от приобретения (использования) товаров, работ и услуг (далее — продукции), в том числе импортных, которые опасны для их жизни, здоровья и имущества, а также для окружающей среды;

содействие экспорту и повышение конкурентоспособности продукции.

При сертификации, проводимой в рамках Системы, Госстандарт или по его поручению другая организация (орган) осуществляют как третья сторона комплекс действий, доказывающих, что обеспечивается необходимая уверенность в том, что должным образом идентифицированная продукция (отечественная или импортная) соответствует требованиям конкретных стандартов или иных нормативных документов.

Сертификацию в Системе проводят на соответствие обязательным требованиям государственных стандартов, других нормативных документов, в том числе международных и национальных стандартов других стран, введенных в действие в установленном порядке.

Проводимая в Системе сертификация включает в общем случае следующие процедуры:

подача и рассмотрение заявки;

испытания сертифицируемой продукции (если это предусмотрено схемой сертификации);

выдача сертификата соответствия и лицензии на право выдачи или использования знака соответствия;

признание сертификата соответствия, если он выдан зарубежными или международными органами;

инспекционный контроль за стабильностью качества сертифицируемой продукции и состоянием ее производства, осуществление (при необходимости) корректирующих мероприятий; информация о результатах сертификации; рассмотрение апелляции при возникновении разногласий. В основе организации работы по сертификации в Системе лежит создание систем сертификации однородной продукции, которые устанавливают правило сертификации этой продукции с учетом особенностей ее производства, поставки (исполнения), требований международных систем и соответствующих соглашений.

Орган по сертификации может осуществлять сертификацию продукции при условии его аккредитации Госстандартом по правилам, установленным в Системе. Если аккредитованы несколько органов по сертификации одной и той же однородной продукции, то заявитель вправе провести сертификацию в любой из них.

Система организует сертификацию однородной продукции на основе международных или региональных соглашений, участником которых является Российская Федерация. Положения этих соглашений, если они отличаются от положений Системы, являются приоритетными (включая термины).

В сертификации участвуют следующие юридические лица: изготовитель, продавец, испытательная лаборатория, орган по сертификации.

Система предусматривает следующее распределение ответственности между участниками сертификации:

изготовитель (исполнитель, поставщик) несет ответственность за соответствие продукции требованиям нормативных документов, которые контролируются при сертификации, и за правильность использования знака соответствия;

продавец несет ответственность за наличие сертификата и знака соответствия у реализуемой им продукции, подлежащей обязательной сертификации;

испытательная лаборатория (центр) несет ответственность за соответствие проведенных ею сертификационных испытаний требованиям нормативных документов, а также за достоверность и объективность их результатов;

орган по сертификации несет ответственность за правильность выдачи сертификата соответствия и подтверждение его действия.

Система предусматривает свободный доступ изготовителей, потребителей, общественных организаций, органов по сертификации, испытательных лабораторий, а также всех других заинтересованных предприятий, организаций и отдельных лиц к информации о деятельности в Системе, в том числе о ее правилах, участниках, результатах аккредитации и сертификации. Обеспечивается конфиденциальность информации, составляющей коммерческую тайну.

Проводят сертификацию по описанным выше схемам. С развитием международной и региональной сертификации, а также в связи с особенностями однородной продукции станет возможным использование и других схем.

Выбранную схему сертификации приводят в документах, определяющих порядок сертификации однородной продукции.

Схему проведения обязательной сертификации какой-либо продукции выбирает Госстандарт России, а добровольной сертификации — заявитель, который указывает выбранную схему в заявке на сертификацию.

В соответствии с общепринятой практикой Система предусматривает, что испытания, результаты которых предполагается использовать для сертификации, проводят в испытательных лабораториях (центрах), аккредитованных и признанных независимыми Госстандартом России.

При отсутствии на момент сертификации независимой аккредитованной испытательной лаборатории (центра), если сертификация является добровольной, Госстандарт России определяет возможность, а также место и условия проведения испытаний, обеспечивающие объективность их результатов.

Испытания можно использовать для удостоверения соответствия типового образца продукции (типовое испытание) или партии продукции (испытания партии), или каждого образца (100%-ное испытание) требованиям конкретных нормативных документов.

При обязательной сертификации необходимость, объем испытаний (типовой образец, партия, каждый образец) и порядок их проведения устанавливаются органом по сертификации данной продукции по согласованию с Госстандартом России и потребителями (заказчиками). Соответствующие требования должны быть внесены в документы Системы, определяющие порядок сертификации.

При добровольной сертификации необходимость и объем испытаний указывают в заявке на сертифицируемую продукцию.

Если сертификацию проводят в рамках международной системы или соглашения по сертификации, которые предусматривают испытания, то их осуществляют в соответствии с требованиями, установленными этой системой или соглашением.

Предварительная оценка состояния производства, если она предусмотрена схемой сертификации данной продукции, может быть выполнена путем его аттестации или сертификации систем качества.

Аттестацию производства сертифицируемой продукции и сертификацию систем качества выполняют органы, аккредито-

ванные Госстандартом России, в соответствии с утвержденными документами.

Инспекционный контроль за деятельностью аккредитованных органов (лабораторий) и экспертов-аудиторов в Системе организует Госстандарт России.

Инспекционный контроль за сертифицированной продукцией, состоянием ее производства осуществляет орган, который проводит сертификацию этой продукции, как правило, с привлечением территориальных органов Госстандарта России, уполномоченных на право проведения этой деятельности.

Система предусматривает участие в инспекционном контроле обществ потребителей и торговой инспекции, а также использование информации, получаемой от этих органов.

Предприятия, сертифицировавшие свою продукцию в Системе, обязаны маркировать Знаком соответствия продукцию (тару, упаковку) и товаросопроводительную документацию. Знаки соответствия государственным стандартам в Системе установлены в ГОСТ 28197. При сертификации однородной продукции, в том числе на основе международных систем и соглашений, можно использовать и другие знаки, если это предусмотрено правилами. Порядок и методы маркировки этими знаками, а также требования к ней устанавливаются в соответствии с порядком сертификации однородной продукции и (или) в стандартах на нее.

При импорте продукции в России могут быть в разовом порядке признаны действительными документы, выданные зарубежными организациями (центрами) по сертификации и отдельными фирмами. При этом могут быть проведены повторные испытания в полном объеме или по некоторым характеристикам для подтверждения соответствия продукции установленным требованиям. Свидетельством признания зарубежных сертификатов во всех случаях служит сертификат соответствия, выданный в Системе.

Основа информационного обеспечения — Государственный Реестр Системы. Данные Реестра, а также информацию, получаемую от органов по сертификации и других участников Системы, Госстандарт России периодически публикует в своих изданиях или в специальных справочниках.

Расходы по проведению сертификации, аккредитации и аттестации оплачивают заявители. Оплату проводят по тарифам, утвержденным в установленном порядке, или при их отсутствии по договорам.

Официальный язык Системы — русский. Все ее документы (заявки, протоколы, акты, аттестаты, сертификаты и т. п.) оформляют на русском языке.

Апелляции по результатам аккредитации, аттестации и сертификации рассматривает Комиссия по апелляциям, созданная Госстандартом России с привлечением представителей органов по сертификации, научно-технических обществ и ассоциаций, а также обществ потребителей.

Организационную структуру Системы образуют: Госстандарт России; органы по сертификации однородной продукции; испытательные лаборатории (центры).

Госстандарт России осуществляет следующие функции: определяет конкретные виды продукции, которые сертифицируют в Системе, а также государственные стандарты, на соответствие которым проводят обязательную сертификацию;

устанавливает основные принципы, правила и структуру Системы, а также знак соответствия и правила его применения;

аккредитует комиссии из представителей всех заинтересованных сторон, органы по сертификации и испытательные лаборатории, а также аттестует экспертов-аудиторов и осуществляет инспекционный контроль за их деятельностью;

ведет Государственный Реестр Системы по сертификации, аккредитации и испытаниям;

устанавливает цены и тарифы на аккредитацию, аттестацию и сертификацию в Системе;

рассматривает апелляции по результатам сертификации и аккредитации;

осуществляет функции органа по сертификации при его отсутствии для данного вида продукции (услуг);

взаимодействует с органами других стран и международными органами по вопросам сертификации, принимает решение о присоединении к международным системам и соглашениям по сертификации;

обеспечивает свободный доступ к информации о сертификации всех заинтересованных сторон;

организует подготовку и аттестацию экспертов-аудиторов.

Для осуществления указанных функций Госстандарт России привлекает исследовательские, испытательные организации, научно-технические, общественные организации и общества потребителей.

Научно-методический центр Системы — Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации.

Аккредитацию органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) осуществляют комиссии, формируемые из представителей обществ потребителей, Союза независимых испытательных центров, научно-исследовательских организаций и территориальных органов Госстандарта России с привлечением экспертов-аудиторов Системы. Эксперты-аудиторы Системы проходят подготовку по программам, принятым в Системе, и аттестуются в установленном порядке.

Официальное признание органов по сертификации, испытательных лабораторий (центров) и экспертов-аудиторов, в том числе зарубежных, удостоверяется аттестатом, зарегистрированным в Государственном Реестре Системы.

Органы, лаборатории, эксперты-аудиторы, нарушающие правила Системы, исключаются из Реестра, информация об этом доводится до сведения участников Системы и общественности.

Если в Системе сертификации однородной продукции аккредитовано несколько органов, то для координации их деятельности Госстандартом России может быть назначен центральный орган.

Организации и испытательные лаборатории (центры), которые претендуют на аккредитацию в Системе, должны иметь статус юридического лица и быть независимыми настолько, чтобы их административная подчиненность, финансовое положение исключали возможность коммерческого, административного или какого-либо другого воздействия на их персонал (способный оказать влияние на результаты сертификации и испытаний) со стороны заявителя или других заинтересованных лиц.

В качестве испытательных лабораторий могут быть аккредитованы предприятия и организации любых форм собственности: государственные, арендные, кооперативные и др.

В качестве органов по сертификации могут быть аккредитованы организации и предприятия, обладающие необходимой компетенцией и отвечающие вышеуказанным требованиям, в том числе государственные организации, включая НИИ и территориальные органы Госстандарта России, акционерные общества, ассоциации и др.

Требования к аккредитации в Системе органов по сертификации и испытательных лабораторий и порядок их аккредитации установлены соответствующими документами Системы. Организации, претендующие на аккредитацию и функционирование в качестве органов по сертификации, должны официально в лицензионном договоре выразить свое признание всех правил и требований, установленных в Системе.

Изготовители и (или) поставщики продукции вступают во взаимодействие с органами по сертификации данной продукции или Госстандартом на основе договора (соглашения) и в соответствии с ним:

передают на испытание в аккредитованные испытательные лаборатории (центры) образцы продукции (если это предусмотрено правилами сертификации данной продукции);

осуществляют подготовку производства и принимают все меры, необходимые для обеспечения стабильности характеристик продукции, контролируемых при сертификации;

незамедлительно извещают орган по сертификации, выдавший сертификат соответствия, о всех изменениях в технологии, конструкции (составе) продукции, которые могут оказать влияние на стабильность характеристик сертифицированной продукции;

осуществляют корректирующие мероприятия при обнаружении несоответствия сертифицированной продукции требованиям стандартов.

Вопросы для повторения:

1. Государственная и межотраслевая системы стандартизации ?
2. Единые системы конструкторской и технической документации?

3. Основные определения в области сертификации ?
4. Системы сертификации ?
5. Порядок и правила сертификации ?

Литература

- ДИ-1. Кравцов А.В. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.: Колос 2011.
- ДИ-2. Христалева З.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум.- М.: 2010 г. Изд. «КиноРис».
- ДИ-3. Правиков В.П. Метрологическое обеспечение производства.-М.: 2009 г. Изд. «Кинорис».
- ДИ-4. Под. ред. Алексеева А.А. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.:2010 г. Академия.
- ДИ-5. Иванов Н.А. Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте.-М.:2012 г. Академия.
- ДИ-6. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений.-М.: Москва «Высшая школа» 2013
- ДИ-7. Чижикова Т.В. Стандартизация, сертификация и метрология.- М.: «Колос С», 2002 г.
- интернет ресурсы.

Тема 8 Формы подтверждения качества

План занятий:

1. Термины и определения.
2. Государственная система стандартизации.
3. Система органов.

Термины и определения.

Стандартизация — это деятельность, направленная на разработку и установление требований, норм, правил и характеристик (обязательных для выполнения и рекомендуемых), обеспечивающая право потребителя на приобретение товаров надлежащего качества за приемлемую цену, а также право на безопасность и комфортность труда. Цель стандартизации — достижение оптимальной степени упорядочения в той или иной

области деятельности посредством широкого и многократного использования установленных положений, требований и норм для решения реально существующих, планируемых или потенциальных задач.

Стандартизация связана с такими понятиями, как объект стандартизации и область стандартизации.

Объект стандартизации — продукция, процесс или услуга, для которых разрабатывают те или иные требования, характеристики, параметры, правила и т. п. Стандартизация может касаться либо объекта в целом, либо его отдельных составляющих.

Область стандартизации — совокупность взаимосвязанных объектов стандартизации. Например, машиностроение — область стандартизации, а объектами стандартизации в машиностроении могут быть технологические процессы изготовления машин, металлические материалы, типы двигателей и т. д.

В соответствии с руководством 2 ИСО/МЭК рекомендуются следующие разновидности нормативных документов, принятые в Государственной системе стандартизации Российской Федерации: стандарты, документы технических условий, своды правил, регламенты (технические регламенты).

Стандарт — это нормативный документ, разработанный на основе консенсуса, утвержденный признанным органом и направленный на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области. В стандарте устанавливают для всеобщего и многократного использования общие принципы, правила и характеристики, касающиеся содержания различных видов деятельности или их результатов. Стандарты разрабатывают на основе достижений науки, техники и передового опыта; они содержат показатели, которые гарантируют возможность повышения качества продукции (и экономичности ее производства), а также уровня ее взаимозаменяемости.

Документ технических условий устанавливает технические требования к продукции, процессу или услуге.

Свод правил обычно разрабатывают для процессов проектирования, монтажа оборудования и конструкций, технического обслуживания или эксплуатации объектов, конструкций и изделий. Технические правила, содержащиеся в документе, носят рекомендательный характер. Свод правил может быть самостоя-

тельным стандартом либо самостоятельным документом, а также частью стандарта.

Регламент — это документ, в котором содержатся обязательные правовые нормы. Принимается регламент органом власти, а не органом по стандартизации. Разновидность регламентов — технический регламент — содержит технические требования к объекту стандартизации.

Нормативные документы по стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом «О стандартизации». К таким нормативным документам относятся: государственные стандарты Российской Федерации (ГОСТ Р); применяемые в соответствии с правовыми нормами международные, региональные стандарты, а также правила, нормы и рекомендации по стандартизации; общероссийские классификаторы технико-экономической информации; стандарты отраслей; стандарты предприятий; стандарты научно-технических, инженерных и других общественных объединений. До недавнего времени действуют еще и стандарты бывшего СССР, если они не противоречат законодательству Российской Федерации.

Кроме стандартов нормативными документами являются также ПР — правила по стандартизации, Р — рекомендации по стандартизации и ТУ — технические условия.

Государственные стандарты разрабатывают на продукцию, работы и услуги, потребности в которых носят межотраслевой характер. Стандарты этой категории принимает Госстандарт Российской Федерации, а если они относятся к области строительства, архитектуры, промышленности строительных материалов — Госстрой Российской Федерации.

В государственных стандартах содержатся обязательные для выполнения требования к объекту стандартизации и рекомендательные.

К обязательным требованиям относятся: безопасность продукта, услуги, процесса, для здоровья человека, окружающей среды и имущества, а также производственная безопасность и санитарные нормы; техническая и информационная совместимость и взаимозаменяемость изделий; единство методов контроля и единство маркировки. Особо актуальны требования без-

опасности, поскольку безопасность товара — основной аспект сертификации соответствия.

К требованиям безопасности в стандартах относят: электробезопасность, пожаробезопасность, взрывобезопасность, радиационную безопасность, предельно допустимые концентрации химических и загрязняющих веществ, безопасность при обслуживании машин и оборудования; требования к защитным средствам и мероприятиям по обеспечению безопасности (ограждения, ограничители хода машин, блокирующие устройства, аварийная сигнализация и др.).

Отраслевые стандарты разрабатывают применительно к продукции определенной отрасли. Требования отраслевых стандартов не должны противоречить обязательным требованиям государственных стандартов, а также правилам и нормам безопасности, установленным для отрасли. Принимают такие стандарты государственные органы управления (например, министерства), которые несут ответственность за соответствие требований отраслевых стандартов обязательным требованиям ГОСТ Р. Объектами отраслевой стандартизации служат: продукция, процессы и услуги, характерные для отрасли; правила, касающиеся организации работ по отраслевой стандартизации; типовые конструкции изделий отраслевого применения (техническое устройство, инструмент и пр.); правила метрологического обеспечения в отрасли.

Стандарты предприятий разрабатывает и принимает само предприятие. Объектами стандартизации в этом случае служат составляющие организации и управления производством. Стандартизация на предприятии может затрагивать и продукцию, производимую этим предприятием.

Федеральный закон «О стандартизации» рекомендует использовать стандартизацию на предприятии для освоения им государственных, международных и региональных стандартов, а также для регламентирования требований к сырью, полуфабрикатам и прочим составляющим, закупаемым у других организаций.

Стандарты общественных объединений (научно-технических обществ, инженерных обществ и др.) — нормативные документы, разрабатываемые на принципиально новые виды продукции, процессы или услуги, передовые методы испы-

таний, а также на нетрадиционные технологии и принципы управления производством.

Для субъектов хозяйственной деятельности стандарты общественных объединений служат важным источником информации о первых достижениях и на добровольной основе могут быть использованы при разработке стандартов предприятий.

Правша по стандартизации (ПР) и рекомендации по стандартизации (Р) по своему характеру соответствуют нормативным документам методического содержания. Они могут касаться порядка согласования нормативных документов, представления информации о принятых стандартах отраслей, обществ или каких-либо организаций в Госстандарт РФ, создания службы по стандартизации на предприятии, правил проведения государственного контроля за соблюдением обязательных требований государственных стандартов и др.

Технические условия (ТУ) разрабатывает предприятие (или другой субъект хозяйственной деятельности) в том случае, когда стандарт создавать нецелесообразно. Объектами ТУ могут быть: продукция разовой поставки, выпускаемая малыми партиями; произведения художественных промыслов и т. п.

В России, как и в мировой практике, действует *несколько* видов стандартов, которые различаются спецификой объекта стандартизации: основополагающие стандарты; стандарты на продукцию (услуги); стандарты на работы (процессы); стандарты на методы контроля (испытаний, измерений, анализа).

Основополагающие стандарты регламентируют организационные принципы и положения, требования, правила и нормы, которые рассматриваются как общие для различных сфер науки, техники и производства. Примером основополагающих стандартов могут служить ГОСТ Р 1.0-92, ГОСТ Р 1.2-92, ГОСТ Р 1.4-93, ГОСТ Р 1.5—92 — нормативные документы по организации Государственной системы стандартизации в России.

Стандарты на продукцию (услуги) устанавливают требования к конкретным видам работ, таких, как разработка, производство, эксплуатация, хранение, транспортировка, ремонт и утилизация.

Стандарты на методы контроля (испытаний, измерений, анализа) рекомендуют применять методики контроля, обеспечи-

вающие объективность оценки обязательных требований к качеству продукции. Главный критерий объективности метода контроля (испытания, измерения, анализа) — воспроизводимость и сопоставимость результатов.

Наиболее распространенной и эффективной формой стандартизации является унификация.

Унификация — это рациональное сокращение числа объектов одинакового функционального назначения. Проводят ее в два этапа: 1) анализ конструкций изделий и их применимости; 2) приведение близких по конструкции и размерам изделий, их составных частей и деталей к единой оптимальной типовой конструкции. Таким образом устанавливают минимально необходимое, но достаточное число типов, видов и типоразмеров изделий, характеризующихся высокими показателями качества и полной взаимозаменяемостью. Если результаты унификации не оформляют стандартом, то ее можно осуществлять до стандартизации. Если разрабатывают стандарт, который будут применять в нескольких отраслях промышленности, то допускается большее число типоразмеров. Дальнейшее их сокращение достигается путем составления отраслевых или внутризаводских ограничительных перечней типоразмеров изделий, их составных частей и деталей.

Комитет ИСОУСТАКО рекомендует следующее определение термина «унификация»: это форма стандартизации, заключающаяся в объединении в одном документе двух и более документов (технических условий) с таким расчетом, чтобы регламентируемые этим документом изделия можно было взаимозаменять при употреблении.

Основой унификации являются систематизация и классификация. *Систематизация* предметов, явлений или понятий преследует цель расположить их в определенном порядке и последовательности, образующей четкую систему, удобную для пользования. При этом учитывают взаимосвязь объектов систематизации. Наиболее простая форма систематизации — алфавитная система расположения объектов. Такую систему используют, например, в энциклопедических и политических справочниках, в библиографии и т. п. Применяют также порядковую нумерацию систематизируемых объектов или расположение их

в хронологической последовательности. Например, ГОСТЫ регистрируются Государственным комитетом стандартов по порядку номеров. После номера в каждом стандарте указывают год принятия (например, ГОСТ 16095—70 «Резьба метрическая для диаметров от 1 до 600 мм. Допуски»). Для систематизации параметров и размеров машин, их частей и деталей рекомендуются ряды предпочтительных чисел.

Широкое распространение получила такая разновидность систематизации, как классификация.

Классификация преследует цель расположить предметы, явления или понятия по классам, подклассам и разрядам в зависимости от их общих признаков. Чаще всего классификацию проводят по десятичной системе. На ее основе создан Общесоюзный классификатор продукции. Универсальная десятичная классификация (УДК) принята в качестве международной системы рубрикации индексами технической и гуманитарной литературы. Например: УДК 62 — техника; УДК 621 — общее машиностроение и электроника; УДК 621.3 — электротехника; УДК 622 — горное дело; УДК 621.3.622 — электротехника в горном деле и т. п.

Симплификация — форма стандартизации, заключающаяся в уменьшении количества типов или других разновидностей изделий до числа, достаточного, чтобы удовлетворить существующие в данное время потребности. Такое определение дано СТАКО. При симплификации обычно исключают разновидности изделий, их составных частей и деталей, которые не являются необходимыми (или же, наоборот, оставляют только те разновидности, которые считаются необходимыми). В объекты симплификации не вносят каких-либо технических усовершенствований.

Типизация конструкций изделий — разработка и установление типовых конструкций, содержащих конструктивные параметры, общие для изделий, их составных частей и деталей. При типизации не только анализируют уже существующие типы и типоразмеры изделий, их составные части и детали, но и разрабатывают новые, перспективные, учитывающие достижения науки и техники и развитие промышленности. Часто результа-

том такой работы является установление соответствующих рядов изделий, их составных частей и деталей.

Типизация технологических процессов — разработка технологического процесса для производства однотипных деталей или сборки однотипных составных частей или изделий той или иной классификационной группы. Типизации технологических процессов должны предшествовать работа по классификации деталей, составных частей и изделий и установление типовых представителей, имеющих наибольшее число признаков, характерных для деталей, составных частей и изделий данной классификационной группы. В нашей стране типизация технологических процессов широко распространена.

Агрегатирование предусматривает: расширение областей применения машин быстрой заменой отдельных их органов (механизмов, деталей), увеличением номенклатуры выпускаемых машин модификацией их основных типов и созданием различных исполнений; возможность комплектования некоторых машин (механизмов, оборудования) разного функционального назначения из унифицированных взаимозаменяемых агрегатов и деталей; создание приспособлений путем использования общих деталей и т. д .

Государственная система стандартизации.

Правовые основы стандартизации в России установлены Федеральным законом «О стандартизации». Кроме данного закона отношения в области стандартизации в России регулируются издаваемыми в соответствии с ним актами законодательства, например Федеральным законом «О внесении изменений и дополнений и законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием законов РФ «О стандартизации», «Об обеспечении единства измерений», «О сертификации продукции и услуг» (1955 г.); постановлениями Правительства РФ, принятыми во исполнение Закона «О стандартизации», приказами Госстандарта РФ.

В соответствии с Федеральным законом «О стандартизации» в РФ действует Государственная система стандартизации (ГСС).

Государственная система стандартизации (ГСС) представляет собой комплекс взаимосвязанных правил и положений, определяющих цели и задачи стандартизации, структуру органов и служб стандартизации, их права и обязанности, организацию и методику проведения работ по стандартизации во всех отраслях народного хозяйства, порядок разработки, оформления, согласования, принятия, издания, внедрения стандартов и другой нормативно-технической документации, а также контроля за их внедрением и соблюдением. Таким образом, ГСС определяет организационные, методологические и практические основы стандартизации во всех звеньях народного хозяйства (Рис 45).

Государственная система стандартизации определяет следующие основные цели стандартизации:

- ускорение технического прогресса, повышение эффективности общественного производства и производительности труда, в том числе инженерного и управленческого;

- улучшение качества продукции и обеспечение его оптимального уровня;

- создание условий для развития специализации в области проектирования и производства продукции;

- обеспечение увязки требований к продукции с потребностями обороны страны;

- создание условий для широкого развития экспорта товаров высокого качества, отвечающих требованиям мирового рынка;

- рациональное использование производственных фондов и экономия материальных и трудовых ресурсов;

- развитие международного экономического и технического сотрудничества;

- гарантирование охраны здоровья населения, безопасности труда работающих и др.

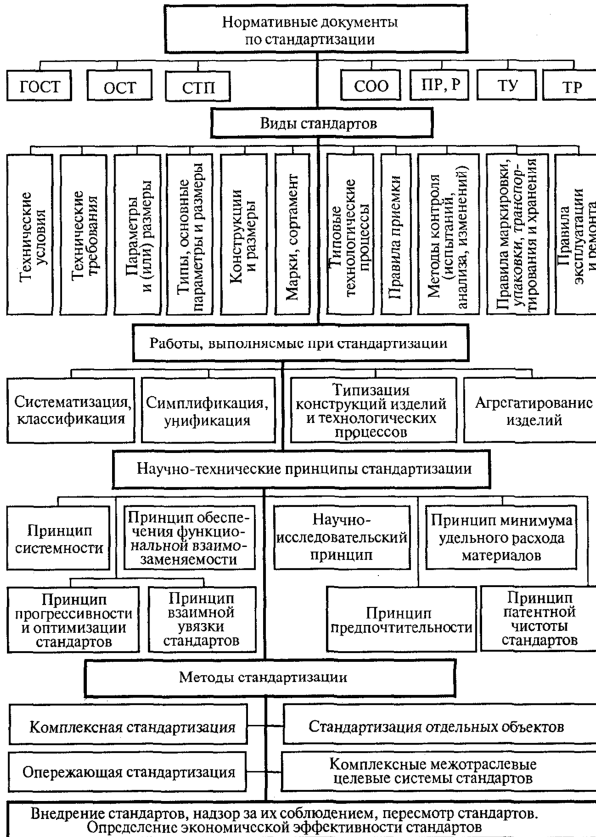


Рис 45. Принципиальные методические и научно-технические основы Государственной системы стандартизации в РФ.

Для достижения указанных целей перед стандартизацией ставят следующие задачи:

установление требований к качеству готовой продукции на основе комплексной стандартизации показателей качества данной продукции, а также сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, необходимых для ее изготовления с высокими показателями качества и эффективной эксплуатации;

разработка систем стандартов, соответствующих передовому уровню науки, техники и производства и создающих условия для формирования требуемого качества готовой продукции

на стадии ее проектирования, серийного производства и использования (эксплуатации);

определение единой системы показателей качества продукции, методов и средств контроля и испытаний, а также необходимого уровня надежности в зависимости от назначения изделий и условий их эксплуатации;

установление норм, требований и методов в области проектирования и производства продукции с целью обеспечения ее оптимального качества и исключения нерационального многообразия видов, марок и типоразмеров;

развитие унификации промышленной продукции и агрегатирования машин как важнейшего условия специализации и обеспечения экономичности производства, повышения уровня взаимозаменяемости, эффективности эксплуатации и ремонта изделий;

обеспечение единства и достоверности измерений в стране, создания и совершенствование государственных эталонов единиц физических величин, а также методов и средств измерений высшей точности.

Также предусматривается установление:

единых систем документации (в том числе унифицированных систем документации, используемых в автоматизированных системах управления), систем классификации и кодирования технико-экономической информации, форм и систем организации производства и технических средств научной организации труда;

единых терминов и обозначений в важнейших областях науки и техники, а также в отраслях народного хозяйства; системы стандартов безопасности труда;

системы стандартов в области охраны природы и улучшения и пользования природных ресурсов.

Решение перечисленных выше задач должно быть комплексным и системным и достигаться планоვნостью проведения работ по стандартизации. Не меньшее значение имеют ее народнохозяйственный характер и динамизм, обусловленные периодическим пересмотром стандартов и их постоянным обновлением на основе достижений науки, техники и производства.

Методологические вопросы стандартизации, ее организации и функционирования изложены в комплексе государственных основополагающих стандартов «Государственная система стандартизации Российской Федерации», новая редакция которого принята в 1993 г. и введена в действие с 1 апреля 1994 г. Данный комплекс включает следующие документы:

ГОСТ Р 1.0—92 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Основные положения»;

ГОСТ Р 1.2—92 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки государственных стандартов»;

ГОСТ Р 1.4—93 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Стандарты отраслей, стандарты предприятий, научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений. Общие положения»

ГОСТ Р 1.5—92 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов»;

ПР 50.1.001—93 «Правила согласования и утверждения технических условий»

Система органов.

Работа по стандартизации в России осуществляется руководящим органом (национальным), рабочими органами и контролирующими организациями.

Национальным органом по стандартизации в России является Комитет Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарт РФ), который осуществляет государственное управление стандартизацией в стране. Госстандарт РФ выполняет следующие функции: координирует деятельность государственных органов управления, касающуюся вопросов стандартизации, сертификации и метрологии;

взаимодействует с органами власти республик в составе Российской Федерации и других субъектов Федерации в области стандартизации, сертификации и метрологии;

направляет деятельность технических комитетов и субъектов хозяйственной деятельности по разработке и применению

стандартов, а также по другим проблемам сообразно своей компетенции;

подготавливает проекты законов и других правовых актов в пределах своей компетенции;

устанавливает порядок и правила проведения работ по стандартизации, сертификации и метрологии;

принимает государственные стандарты, осуществляет регистрацию нормативных документов, стандартных образцов веществ и материалов;

руководит деятельностью по аккредитации испытательных лабораторий и органов по сертификации;

осуществляет государственный надзор за соблюдением обязательных требований стандартов, правил метрологии и обязательной сертификации;

представляет Россию в международных организациях, занимающихся вопросами стандартизации, сертификации и метрологии и Межгосударственном совете СНГ;

сотрудничает с соответствующими органами зарубежных стран;

руководит работой научно-исследовательских институтов и территориальных органов, выполняющих функции Госстандарта в регионах;

осуществляет контроль и надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов, правил обязательной сертификации;

участвует в работах по международной, региональной и межгосударственной (в рамках СНГ) стандартизации и др.

В оргструктуре Госстандарта предусмотрены следующие подразделения для реализации значительного объема работ: 19 научно исследовательских институтов, 13 опытных заводов, Издательство по стандартам, две типографии, три учебных заведения, более 100 территориальных центров стандартизации, метрологии и сертификации (ЦСМ). На базе территориальных органов Госстандарта созданы органы по сертификации и испытательные лаборатории, основные задачи, обязанности и права которых устанавливают взаимоувязанные типовые положения, утверждаемые Госстандартом РФ.

Постоянными рабочими органами по стандартизации являются технические комитеты по стандартизации (ТК), которые специализируются в зависимости от объекта стандартизации.

Основные функции технических комитетов по стандартизации:

определение концепций развития стандартизации в своей области;

разработка проектов новых стандартов и обновление действующих;

оказание научно-методической помощи организациям, участвующим в разработке стандартов и др.

По линии международной стандартизации технические комитеты занимаются вопросами соответствия отечественных стандартов международным, участвуют в работе технических комитетов международных (региональных) организаций по стандартизации, а также выполняют ряд других работ.

Научно-технической базой для создания технического комитета служат предприятия или организации, профиль деятельности которых соответствует его специализации. В их число включаются и научно-исследовательские центры Госстандарта РФ и Госстроя РФ

Из других служб по стандартизации необходимо назвать специальные службы (лаборатории, отделы, бюро, центры), создаваемые в научно-исследовательских, конструкторских и других организациях и координирующие работы в области стандартизации, сертификации и метрологии.

Вопросы для повторения :

1. Термины и определения?
2. Государственная система стандартизации?
3. Система органов и способы стандартизации?

Литература

ДИ-1. Кравцов А.В. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.: Колос 2011.

ДИ-2. Христалева З.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум.- М.: 2010 г. Изд. «КиноРис».

- ДИ-3. Правиков В.П. Метрологическое обеспечение производства.-М.: 2009 г. Изд. «Кинорис».
- ДИ-4. Под. ред. Алексеева А.А. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.:2010 г. Академия.
- ДИ-5. Иванов Н.А. Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте.-М.: 2012 г. Академия.
- ДИ-6. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений.-М.: Москва «Высшая школа» 2013
- ДИ-7. Чижикова Т.В. Стандартизация, сертификация и метрология.- М.: «Колос С», 2002 г.
- интернет ресурсы.

Тема 9 Формы подтверждения качества

План занятия:

1. Показатели качества продукции.
2. Сертификация испытания.
3. Системы обеспечения качества.
4. Международная сертификация.

Показатели качества продукции.

Для введения сертификации требуются дальнейшее упорядочение системы показателей качества продукции и совершенствование методологических основ его оценки.

Подготовка и успешное проведение сертификации продукции зависят прежде всего от квалифицированного подхода к выбору состава свойств, характеризующих качество продукции, и соответствующих этим свойствам оценочных показателей при решении следующих взаимосвязанных задач:

объективной оценки требований потребителей с учетом разнообразия условий проявления качества продукции и сфер ее потребления (особенно в условиях рыночной экономики);

объективной оценки научно-технического уровня требований стандартов по полноте и достоверности отражения интересующих потребителя свойств продукции, а также методов и средств проверки (контроля, испытаний и т. п.) этих свойств;

оценки степени реализации в производственных условиях требований стандартов к качеству продукции;

оценки соответствия качества изготовленной продукции техническим требованиям стандартов при подготовке и выполнении работ по ее сертификации, включая проведение специальных сертификационных испытаний.

В общем случае на систематизацию, выбор и применение в конкретных условиях номенклатуры показателей качества продукции влияют разнообразные факторы: многоплановость (сложность) свойств, образующих качество продукции; уровень продукции; уровень новизны и сложности ее конструктивного исполнения; своеобразие представления целевой функции управления качеством продукции на той или иной стадии ее жизненного цикла, особенности производства и потребления продукции.

По однородности характеризуемых свойств продукции показатели ее качества подразделяют на функциональные, ресурсосберегающие и природоохранные.

Функциональные показатели позволяют оценить свойства продукции, характеризующие ее техническую сущность, т. е. способность обеспечивать необходимый полезный эффект в сфере потребления. Они выражают прогрессивность принятых при ее разработке инженерно-технических решений и играют роль при оценке ее технического уровня и проведении технической политики. Особое место среди функциональных показателей занимают показатели функциональной пригодности и надежности, которые характеризуют соответственно способность продукции выполнять функции, установленные для нее в соответствии с основным назначением, и полноту проявления этой способности в реальных условиях потребления или эксплуатации.

Ресурсосберегающие показатели позволяют оценивать свойства продукции, которые в явном или неявном виде могут быть подразделены на две группы:

обуславливающие определенную величину затрат ресурсов на разработку и изготовление, а также на восстановление и поддержание качества этой продукции в сфере потребления (технологичность продукции, определяемая ее технологической

рациональностью и конструктивно-технологической преемственностью);

определяющие степень использования ресурсов, выделяемых (приобретаемых) на непосредственное использование ее по назначению (ресурсоемкость рабочего процесса функционирующего изделия).

Соответственно ресурсосберегающие показатели подразделяют также на две группы: показатели технологичности продукции и показатели ресурсопотребления (ресурсоемкости рабочего процесса).

Природоохранные показатели позволяют оценивать свойства продукции, характеризующие ее способность оказывать при определенных условиях вредные воздействия на природу: человека (непосредственно потребителя продукции) и окружающую среду (атмосферу, гидросферу, флору, фауну и т. п.). Эти свойства подразделяют в зависимости от объекта воздействия на два вида: безопасность и экологичность, характеризующиеся соответствующими показателями.

При установлении номенклатуры показателей безопасности и экологичности продукции учитывают все многообразие возможных вредных воздействий (механических, химических, световых, звуковых, биологических, радиационных и др.), которые эта продукция может оказать на человека и окружающую среду.

При разработке или обновлении и экспертизе стандартов на сертифицируемую продукцию, анализе материалов на продукцию, предъявленных для ее сертификации на безопасность и экологичность, формировании и ведении банка данных по свойствам и показателям безопасности и экологичности продукции необходимо руководствоваться следующими принципами выбора и обоснования природоохранных показателей качества продукции. Различают принципы:

потенциальной опасности любой продукции для человека и окружающей среды в заданных условиях ее производства и потребления;

1. Обязательности отражения требований по всей совокупности свойств и показателей безопасности и экологичности в стандартах на сертифицируемую продукцию;

пригодности выбранных показателей для достоверной оценки безопасности и экологичности продукции по всей совокупности безопасности и экологичности характеризуемых свойств при проведении контроля и испытании;

обязательности полного устранения всех воздействий продукции на человека и окружающую среду.

Выбор и обоснование показателей безопасности и экологичности продукции должны включать следующие этапы работ:

отнесение продукции к конкретной классификационной группе;

определение факторов риска по всем видам возможных опасностей;

выявление состава вредных воздействий продукции на человека и окружающую среду;

определение состава, свойств, характеризующих безопасность и экологичность продукции;

выявление состава показателей безопасности и экологичности продукции;

оценку полноты отражения (состава) свойств и показателей безопасности и экологичности в стандартах на продукцию.

Такой подход обеспечит необходимую полноту исходных данных, объективность и достоверность результатов сертификационной оценки качества продукции по показателям ее безопасности и экологичности.

Для пищевой продукции характерны такие показатели, как энергетическая ценность пищи, вкусовые характеристики, срок годности, цвет, запах и состояние упаковки (тары), которые имеют первостепенное значение для этого класса продукции и определяют ее безопасность и экологичность. На значение этих показателей влияют многие факторы. К числу основных относятся: состояние пастбищ, условия содержания животных, технология производства и переработки, условия транспортирования и хранения и т. п.

Государственные стандарты на мясную и молочную продукцию включают около 200 документов, основополагающие из которых целесообразно согласовать с едиными европейскими стандартами (EN), которые обеспечивают функционирование единого Европейского рынка и устанавливают методы оценки

соответствия, используемые в Европейской системе добровольной сертификации.

Оценку качества пищевой продукции в рамках Европейского рынка выполняют по стандартам Франции, которые гармонизированы со стандартами Европейского сообщества. Фонд французских стандартов на пищевую продукцию насчитывает 500 стандартов, разработанных французской организацией по стандартизации AF NOR совместно с ИСО, 80 % из них используют в качестве международных. Они освещают вопросы сенсорного анализа, микробиологического контроля пищевой продукции. Сенсорный анализ является руководящим при создании испытательных лабораторий. Разработаны руководства, учитывающие требования Европейского сообщества по обеспечению безопасности пищевых продуктов. Перечень некоторых международных стандартов ИСО на пищевую продукцию и их общее число в каждом классе каталога стандартов ИСО

2. Сертификационные испытания. Сертификационные испытания проводят в составе работ по сертификации продукции с целью экспериментального определения ее соответствия требованиям стандартов или других нормативных документов.

В соответствии с руководством 2 ИСО/МЭК «испытания — техническая операция, заключающаяся в определении одной или нескольких характеристик продукции, процесса или услуги в соответствии с установленной процедурой».

Такое расширительное понятие испытаний включает не только операции, связанные с функционированием объекта или воздействием на него, но и измерения, анализы, регистрацию определенных сведений, т. е. этот термин распространяется и на любые действия по определению характеристик объекта.

Сертификационные испытания проводят, как правило, в качестве самостоятельных испытаний, однако при определенных условиях для целей сертификации можно использовать и другие категории испытаний (приемочные, квалификационные и периодические).

В отличие от контрольных испытаний продукции, проводимых изготовителем для собственных нужд производства, сертификационные испытания должны давать сопоставимые результаты, что является основой их взаимного признания.

Это достигается:

компетентностью лабораторий, проводящих испытания;
единством методов испытаний;

малой чувствительностью методов испытания к изменениям условий (проведение испытаний в различных лабораториях, другим персоналом с использованием неодинаковых средств испытаний);

применением надлежащих средств испытаний и измерений и поддержанием их нормального технического состояния.

Техническую компетентность испытательной лаборатории подтверждают ее аккредитацией, т. е. официальным признанием того, что испытательная лаборатория правомочна осуществлять испытания конкретной продукции или конкретные виды испытаний.

Единство методов испытаний достигается применением общепризнанных стандартов (международных, региональных и национальных).

При отсутствии стандартизованных методов испытаний в испытательной лаборатории разрабатывают методику испытаний, которая должна быть аттестована компетентным органом. Однако это временная мера, особенно при испытаниях на безопасность. В дальнейшем такую методику необходимо утверждать как стандарт в установленном порядке.

Снижение чувствительности метода к изменениям условий обеспечивается не только правильным применением физических принципов, лежащих в основе метода, но и необходимой правильностью изложения фиксированных характеристик режимов испытаний, их погрешностей.

Метод должен быть таким, чтобы точность результатов испытаний определялась только точностью выполнения заданных процедур испытаний.

Для количественной оценки точности метода испытаний рекомендуется использовать два критерия: повторяемость и воспроизводимость. Первый критерий определяет разброс результатов испытаний идентичных образцов при повторении испытаний в одной и той же лаборатории одним и тем же персоналом, второй — то же, но в разных лабораториях с различным персоналом.

Имея две характеристики разброса — минимальный при повторности и максимальный при воспроизводимости, — можно определить область нахождения наиболее вероятной точности испытаний, которые будут проводить по данному методу.

Техническое состояние средств испытаний следует постоянно поддерживать на уровне установленных требований; к испытаниям допускают средства, не прошедшие аттестации и поверки. Сертификационным испытаниям подвергают продукцию, изготовленную по технологии производства, предназначенного для выпуска товарной продукции. В зависимости от применяемой схемы сертификации испытания проводят на образцах — типовых представителях продукции (испытания типа) или непосредственно на единицах (партиях) продукции, поступающих к потребителю. Последний способ редко применяют при проведении сертификации на безопасность.

Сертификационные испытания продукции на безопасность проводят в отношении тех требований, которые относятся к безопасности жизни, здоровья, имущества граждан, а также к охране природы, и именно соответствие этим требованиям отражается в протоколе испытаний. Однако при этом нужно быть уверенным, что и по потребительским свойствам продукция соответствует установленным требованиям. Это необходимо потому, что соответствие продукции (по крайней мере) функциональным требованиям является элементом ее идентификации. В противном случае может возникнуть вопрос: а ту ли продукцию сертифицируют?

Представители лаборатории, проводящей сертификационные испытания на безопасность, могут удовлетвориться результатами испытаний по потребительским свойствам, проведенных изготовителем, либо потребовать проведения таких испытаний в своем присутствии, либо провести эти испытания сами. Окончательное решение по результатам сертификационных испытаний принимает орган по сертификации однородной продукции.

Системы обеспечения качества.

Сертификация продукции значительно облегчается, если на предприятии действует система обеспечения качества (система управления качеством). Система обеспечения качества

(система качества) повышает конкурентную способность продукции, расширяет рынок сбыта, гарантирует потребителю высокое и стабильное качество продукции.

Поэтому, как показывает международный опыт, все чаще в контракт наряду с требованиями к качеству продукции включают требование потребителя (заказчика) о проверке у изготовителя (поставщика) системы, обеспечивающей качество продукции.

Система качества — это совокупность организационной структуры, ответственности процедур, процессов и ресурсов, обеспечивающая осуществление общего руководства качеством (МС ИСО 8402).

В 1987 г. ИСО была утверждена серия международных стандартов ИСО 9000 — ИСО 9004, воплотивших опыт, накопленный в различных странах, международных организациях в области обеспечения качества (управления качеством) продукции. ИСО были применены стандарт Англии BS 5750, действующий в стране с 1977 г., стандарт Европейской экономической комиссии (ЕЭК ООН) EN 29000, а также использован опыт разработки и внедрения с 1973 г. в СССР комплексной системы управления качеством продукции (КС УКП).

Европейский стандарт EN 29000 утвержден в качестве национального стандарта во Франции и в Германии. Британская организация по стандартизации BSI зарегистрировала более 100 зарубежных фирм, системы качества в которых соответствуют британскому стандарту BS 5750.

Учитывая прогрессивный характер международных стандартов ИСО серии 9000 (МС ИСО 9000) и их регулиующую роль при выходе предприятия на международный рынок и образовании прямых хозяйственных связей, стандарты ИСО 9001, ИСО 9002 и ИСО 9003 приняли в нашей стране для прямого использования в виде следующих стандартов:

ГОСТ 40.9001—88 «Система качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и (или) разработке, монтаже и обслуживании»;

ГОСТ 40.9002—88 «Система качества. Модель для обеспечения качества при производстве и монтаже»;

ГОСТ 40.9003—88 «Система качества. Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях».

Международные стандарты ИСО серии 9000, ИСО 9001, ИСО 9002, ИСО 9003, ИСО 9004 и ИСО 8402 разработаны техническим комитетом ИСО/ТК 176 «Обеспечение качества».

Серия стандартов ИСО 9000 — ИСО 9004 рационализирует опыт, накопленный национальными организациями в этой области. Система качества одной организации отличается от системы качества другой организации, поскольку ее формирование зависит от целей, стоящих перед предприятием, его специфики, вида производимой продукции или услуги, свойственного ей практического опыта.

В методологии Комплексной системы управления качеством продукции (КС УКП), применяемой в нашей стране, рассматривали следующие стадии жизненного цикла продукции (в ИСО 9004 его называют «петлей качества»): исследование и разработка; обращение и реализация; эксплуатация и потребление.

По характеру воздействия на этапы «петли качества» в Системе качества можно выделить три направления: обеспечение качества; управление качеством; улучшение качества.

Обеспечение качества продукции — совокупность планируемых и систематически проводимых мероприятий, создающих необходимые условия для выполнения каждого этапа «петли качества» таким образом, чтобы продукция удовлетворяла определенным требованиям по качеству.

Управление качеством — деятельность оперативного характера. К ней относятся управление процессами, выявление различного рода несоответствий в продукции.

Улучшение качества — постоянная деятельность, направленная на повышение технического уровня продукции, качества ее изготовления, а также совершенствование элементов производства и системы качества.

Все перечисленные выше элементы качества позволяют обеспечить такой уровень качества продукции, который даст предприятию возможность расширить рынок сбыта продукции, включая международный рынок, с целью получения оптимальной прибыли, что является основой стабильности производства, предприятия и отрасли в целом.

В соответствии с ИСО 9004 жизненный цикл продукции разделен на более мелкие этапы: маркетинг;

проектирование и (или) разработка технических требований;
разработка продукции;
материально-техническое обеспечение;
подготовка и разработка производственных процессов;
производство;
контроль, проведение испытаний и обследований;
упаковка и хранение;
реализация и распределение продукции;
монтаж и эксплуатация;
техническая помощь и обслуживание;
утилизация после использования.

Система качества функционирует одновременно со всеми остальными видами деятельности предприятия, влияющими на качество продукции или услуги, и взаимодействует с ними. Ее воздействие распространяется на все этапы создания продукции — от первоначального определения спроса и до конечного удовлетворения требований и потребностей потребителя.

Созданные на предприятиях пищевой промышленности системы управления качеством продукции во многом обеспечивают выполнение положений стандартов ИСО. В дальнейшем КС УКП должна быть полностью приведена в соответствие с требованиями стандартов ИСО серии 9000. Сходство и различие в идеологии КС УКП и системы стандартов ИСО серии 9000 приведены далее.

Таблица 4.

Комплексная система (КС УКП)	Система стандартов ИСО серии 9000
Сходство	
Управление качеством на всех стадиях жизненного цикла, на всех этапах «петли качества» продукции. Участие в управлении всех работников предприятия.	
Различие	
Ориентация качества на мировой уровень Система распространяется на предприятие в целом Деятельность по прогнозированию потребности технического уровня и качества продукции Стимулирование в целях экономии ресурсов	Ориентация качества на требования потребителя и принцип постоянного подтверждения соответствия этим требованиям на всех этапах «петли качества» Система адаптируется применительно к конкретной продукции Деятельность по маркетингу, предусматривающая более широкий круг задач и работ Снижение затрат на основе учета и анализа затрат на качество и сопоставление с другими затратами. Наличие специфических элементов (идентификация, прослеживаемость и др.)

Внедрение стандартов ИСО не предусматривает стандартизации системы обеспечения качества и может осуществляться через любую документацию — стандарты предприятия, технические и должностные инструкции, положения о подразделениях предприятия, государственные нормативные акты и др.

Стандарты ИСО являются рекомендательными. Необходимость их внедрения определяется с учетом, что первоочередное внедрение должно осуществляться:

на предприятиях, экспортирующих продукцию, и на совместных предприятиях;

на предприятиях, поставляющих или планирующих поставить продукцию на экспорт, так как зарубежные потребители вправе проверить соответствие действующей системы обеспечения качества требованиям стандартов ИСО.

Концепция управления качеством продукции базируется на широком внедрении сертификации продукции и связанной с ней оценкой системы обеспечения качества.

Стандарт ИСО 9001—88 «Система качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и (или) разработке, монтаже и обслуживании» внедряют только на предприятиях, систематически разрабатывающих и осваивающих производство новой продукции, и практически в отрасли будут применять крайне редко.

Стандарт ИСО 9002—88 «Система качества. Модель для обеспечения качества продукции при производстве и монтаже» необходимо внедрять на большинстве предприятий, где качество зависит от соблюдения технологии. При внедрении этого стандарта следует обратить внимание на обеспечение стабильного качества сырья, соблюдение технологических параметров производства, гарантирующих соответствие продукции установленным требованиям. Технологические параметры, не связанные с качеством продукции, при внедрении стандартов ИСО не учитывают.

Внедрение стандарта ИСО 9003—88 «Система качества. Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях» обеспечивается системой технического контроля, достоверностью отбора проб и методов испытаний. Особое внимание обращают на соответствие методов анализа международным и зарубежным стандартам, обеспеченность аналитической аппаратурой, сходимость результатов испытаний. Внедрение стандартов ИСО можно осуществлять:

по предприятию в целом — при выпуске однотипной продукции;

по конкретным видам основной продукции; по предприятию в целом с дополнительными требованиями по конкретной продукции.

В условиях работы предприятий при новых рыночных отношениях высокое качество продукции служит эффективным средством увеличения прибыли предприятий за счет снижения потерь от брака, уменьшения затрат на его устранение, повышения квалификации и ответственности обслуживающего персонала, повышения технического уровня и улучшения условий производства.

Увеличение прибыли предприятия может быть достигнуто путем расширения рынка и увеличения объемов продажи продукции, спрос на которую возрастает вследствие улучшения ее качества, которое во многом определяет возможность экспорта.

Разработка и внедрение системы качества (СК) в соответствии с одним из МС ИСО 9000 позволяет предприятию решить перечисленные выше задачи, а сертификация системы качества,

действующей на предприятии, расширяет экспортные возможности предприятия, завоевывает доверие потребителя, повышает престижность предприятия на мировом рынке, упрощает процедуру сертификации продукции, экономит валюту за счет снижения издержек на оплату зарубежным фирмам услуг по сертификации систем качества.

Сертификат на систему качества выдает Госстандарт РФ. Срок действия сертификата 3 года.

В настоящее время разрабатывается Европейский сертификат на систему качества.

Международная сертификация.

Большинство промышленно развитых стран — участники ряда международных и региональных систем сертификации. Они располагают всемирно признанными аккредитованными испытательными лабораториями (центрами), осуществляющими сертификационные испытания и выдачу сертификатов соответствия. При этом сертифицируют прежде всего продукцию, используемую в данной стране (собственного производства и импортируемую); кроме того, могут быть проведены сертификационные испытания по поручению третьих стран.

Деятельность международных организаций, связанную с сертификацией продукции, можно разделить на два направления:

создание нормативно-технической базы сертификации продукции;

разработка организационно-методического обеспечения сертификации продукции.

Первое направление, в частности, обуславливает участие в работах в области сертификации продукции Международной организации по стандартизации (ИСО), Международной электротехнической комиссии (МЭК), других международных правительственных и неправительственных организаций, занимающихся вопросами стандартизации.

На протяжении 40 лет своей деятельности ИСО разработало несколько тысяч международных стандартов, которые можно применять при сертификации продукции.

Необходимую методическую основу для подготовки стандартов ИСО и МЭК, используемых для сертификации продукции, создает подготовленное в 1992 г. Комитетом по сертификации ИСО Руководство 7 ИСО/МЭК. Цель этого документа — оказать по-

мощь техническим комитетам по разработке стандартов с учетом их профиля.

В руководстве сформулированы требования, которым должен удовлетворять стандарт, пригодный (по мнению технического комитета) для сертификации. К таким требованиям относятся, в частности, обязательное указание о его пригодности в разделе «Область применения», включение только таких характеристик, которые поддаются объективной оценке, и т. п.

Среди других международных организаций наибольших успехов в разработке международных стандартов, пригодных для целей сертификации, добилась МЭК. Значительный объем ее работ связан с подготовкой стандартов, регламентирующих требования безопасности и защиты здоровья людей. Стандарты МЭК широко используют в практике национальной, региональной и международной сертификации.

Большое внимание подготовке необходимых для сертификации стандартов уделяет Европейская экономическая комиссия ООН (ЕЭК ООН). При стандартизации продукции по перечням ЕЭК ООН основное внимание уделяют регламентации норм безопасности эксплуатации соответствующих видов оборудования и методов их испытаний; часть стандартов направлена также на регламентацию качества продукции и методы его проверки.

Деятельность в области сертификации регламентирует также Генеральное соглашение по тарифам и торговле (ГАТТ).

В рамках Комитета по техническим барьерам в торговле (ГАТТ) изучают вопросы использования международных и национальных стандартов в системах сертификации для устранения технических барьеров при поставках продукции с применением согласованных стандартов.

Ведущее место в области организационно-методического обеспечения сертификации продукции принадлежит ИСО. Комитет по оценке соответствия ИСО (КАСКО) осуществляет следующую деятельность:

изучение способов оценки соответствия продукции и систем обеспечения качества определенным стандартам или техническим условиям;

подготовку международных руководств, распространяющихся на испытания, инспекцию и сертификацию продукции, процессов и служб, а также на эксплуатацию и оценку испытательных

лабораторий, инспектирующих организаций, организаций по сертификации систем обеспечения качества;

содействие взаимному признанию и принятию национальных и региональных систем обеспечения качества и соответствующему использованию международных стандартов на системы испытаний, инспекции, сертификации, обеспечения качества и т. п.

Разработка единых организационно-методических документов по сертификации международными организациями (в частности, ИСО) преследует цель — унифицировать процедуру сертификации, чтобы, несмотря на различия в законодательстве отдельных стран, стало возможным взаимопонимание в этой области и взаимное признание результатов сертификации. Более того, единые организационно-методические документы ИСО по сертификации дают рекомендации, касающиеся создания национальных систем стандартизации для стран, в которых они пока не созданы.

Для большинства аспектов функционирования систем сертификации имеются руководства или другие организационно-методические документы, определяющие типовое содержание или методику выполнения этих функций (Руководства ИСО/МЭК: 2, 23, 25, 27, 38, 44 и др.).

Для сертификации продукции определенного вида существуют различные системы сертификации. Задача каждой системы сертификации — выработка критериев, гарантирующих потребителю, что данная продукция отвечает требованиям, изложенным во взаимосогласованных нормативных и других документах.

Рассматриваемые системы сертификации разрабатывают в соответствии с видами продукции, технологией ее изготовления, с предъявляемыми к ней требованиями и существующим законодательством.

Наиболее многочисленной по составу международной системой сертификации по отдельным видам продукции является Международная система сертификации изделий электронной техники (МСС ИЭТ), организованная МЭК и действующая с 1982 г.

Система распространяется на компоненты массового производства и на изделия специального назначения. К системе присоединилось свыше 20 стран — членов МЭК, в том числе Россия. Основными органами Системы, действующей при Совете МЭК, являются Руководящий комитет по сертификации и Координационный комитет по надзору.

Система основана на применении стандартов МЭК, содержащих требования к оценке качества электронных компонентов.

Вопросами сертификации автотранспортных средств, выходящих на дороги общей сети (автомобили, автобусы, сельскохозяйственные машины, дорожно-строительные машины, мотоциклы), занята Европейская экономическая комиссия ООН.

В настоящее время в организацию входят 23 страны, присоединившиеся к Соглашению о принятии единообразных условий официального утверждения и о взаимном признании официального утверждения предметов оборудования и частей механических транспортных средств.

Наряду с вышеуказанными системами сертификации существуют системы, установленные одной страной, в основу деятельности которых положены национальные стандарты с учетом требований международных организаций. Например, функции по сертификации тракторов взяла на себя Финляндская ассоциация по стандартизации с уполномоченной правительством организацией для проведения испытаний.

Кроме международных систем существуют региональные системы сертификации. Так, в Скандинавских странах создана региональная система сертификации. Этой системой руководят Датский совет по стандартизации, Финляндская ассоциация по стандартизации, Норвежский союз стандартизации и Шведская комиссия по стандартизации.

В Европе деятельность по сертификации осуществляется в рамках ЕЭС. Эта региональная экономическая группировка заметно влияет не только на стандартизацию и сертификацию на национальном уровне, но и на двусторонние отношения стран—членов Общего рынка.

В частности, в рамках Общего рынка действует соглашение по сертификации электротехнических изделий, надзор за реализацией которого осуществляет Европейский комитет стандартизации в электротехнике.

Имеется тенденция к взаимному признанию национальных систем, а не к полной унификации в рамках единого сертификационного знака Сообщества. При этом процедура сертификации продукции, включая аккредитацию испытательных лабораторий и методы испытаний продукции, должна выполняться по единым требованиям и критериям. Средством достижения единых технических требований для деятельно-

сти Сообщества при данном подходе служит гармонизация национальных требований, осуществляемая посредством директив Совета Министров ЕС. Эти директивы обязывают соответствующие органы каждого государства ЕС признавать сертификаты, марки или знаки соответствия, которые признаны в других странах Общего рынка.

Таким образом, по этим директивам именно национальные органы полностью берут на себя ответственность за выдачу сертификатов или простановку знаков соответствия, выданных на их территории.

В подавляющем большинстве стран мира введены национальные системы сертификации. Это могут быть как системы сертификации, охватывающие ряд видов продукции и гарантирующие соответствие требованиям безопасности, охраны здоровья, окружающей среды, так и системы сертификации, относящиеся к отдельным видам продукции (например, газовое оборудование, взрывозащитное оборудование, рудничное оборудование и т. д.).

Вопросы для повторения:

1. Показатели качества продукции.
2. Сертификация испытания.
3. Системы обеспечения качества.
4. Международная сертификация.

Литература

- ДИ-1. Кравцов А.В. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.: Колос 2011.
- ДИ-2. Христалева З.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум.- М.: 2010 г. Изд. «КиноРис».
- ДИ-3. Правиков В.П. Метрологическое обеспечение производства.- М.: 2009 г. Изд. «Кинорис».
- ДИ-4. Под. ред. Алексеева А.А. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.:2010 г. Академия.
- ДИ-5. Иванов Н.А. Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте.-М.:2012 г. Академия.
- ДИ-6. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений.-М.: Москва «Высшая школа» 2013.
- ДИ-7. Чижикова Т.В. Стандартизация, сертификация и метрология.- М.: «Колос С», 2002 г.
- интернет ресурсы.

Учебное издание

Дорошенко Л.В.

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ
И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ КАЧЕСТВА**

Учебное пособие

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 17.11.2015 г. Формат 60x84 1/16
Бумага печатная. Усл. п.л. 8,95. Тираж 25 экз. Изд. № 3864.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ