ОКПД 2 – 26.51.43.131;
26.51.43.132

АМПЕРМЕТРЫ И ВОЛЬТМЕТРЫ

М1618 и М1620,

АМПЕРМЕТРЫ

М1621 и М1621.1

Руководство по эксплуатации

ЗПА.324.171 РЭ

Метр. экспертиза
проведена
«25» 02 2022

АО «Вибратор»
194292, Санкт-Петербург, 2-ой Верхний пер., д.5 лит.А

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв.№ | Инв. №дубл. | Подп.и дата
0743 | 25.02.22

Перв. примен.

Справ. №

Подп.и дата

Инв. №дубл.

Взам. инв.№

Подп. и дата

Инв. № подл.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ 3

2 ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ..... 4

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ..... 4

4 НАЗНАЧЕНИЕ..... 4

5 ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ 10

6 УСТРОЙСТВО И РАБОТА ПРИБОРА 16

7 РАЗМЕЩЕНИЕ И МОНТАЖ..... 17

8 ПОВЕРКА 24

9 ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ 26

10 ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ 27

ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное) Расчёт метрологических характеристик измерительных систем при использовании приборов в их составе 19

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное) Расчёт инструментальной составляющей погрешности измерений при приме-нении приборов в реальных условиях применения 23

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЗПА.324.171 РЭ		
46	ЗАМ	ПА.0239-26		29.01.26			
Разраб.		Таранова		29.01.26	Амперметры и вольтметры М1618 и М1620 Амперметры М1621 и М1621.1 Руководство по эксплуатации	Лит.	Лист 2 / Листов 45
Пров.		Бурдуков		29.01.26		А	
Н. контр.		Зубенко		29.01.26		АО «ВИБРАТОР»	
Утв.		Лукин		29.01.26			

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для ознакомления с техническими характеристиками, устройством, принципом действия, правилами эксплуатации и поверки амперметров и вольтметров М1618 и М1620, амперметров М1621 и М1621.1.

1 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

ГОСТ РВ 8.576-2000 – Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения поверки средств измерений в сфере обороны и безопасности российской федерации.

ГОСТ 8.497-83 – Государственная система обеспечения единства измерений. Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методика поверки;

ГОСТ 12.2.007.0-75 – Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности;

ГОСТ 15150-69 – Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

ГОСТ 17516.1-90 – Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам;

ГОСТ 23216-78 – Изделия электротехнические. Хранение, транспортирование, временная противокоррозионная защита, упаковка. Общие требования и методы испытаний.

ГОСТ 25804.1 – 25804.8-83 – Аппаратура, приборы, устройства и оборудование систем управления технологическими процессами атомных электростанций;

НП-001-15 –Общие положения обеспечения безопасности атомных станций;

НП-016-05 – Общие положения обеспечения безопасности объектов ядерного топливного цикла (ОПБ ОЯТЦ);

НП-031-01 – Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций;

НП-071-18 – Правила оценки соответствия продукции, для которой устанавливаются требования, связанные с обеспечением безопасности в области использования атомной энергии, а также процессов ее проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации и захоронения;

ПОКАС (И) – Программа обеспечения качества при изготовлении электроизмерительных приборов для АЭС;

СТО 1.1.1.07.001.0675-2017 – Атомные станции. Аппаратура, приборы, средства систем контроля и управления. Общие технические требования;

СТО 1.1.1.01.001.0891-2013 – Контрольно-измерительные приборы для атомных станций. Технические требования эксплуатирующей организации;

ТУ 25-04.3913-80 – Приборы щитовые унифицированной серии. Технические условия.

Условия поставки № 01–1874–62

2 ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

В настоящем руководстве по эксплуатации применяются следующие термины:

Амперметры и вольтметры щитовые, постоянного тока ударо- и вибропрочные, виброустойчивые: М1618, М1620, М1621 и М1621.1 — приборы.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 Требования безопасности по ТУ 25-04.3913-80 и ТУ 25-04.3926-80

Приборы в части защиты от поражения электрическим током удовлетворяют требованиям класса 3 ГОСТ 12.2.007.0.

3.2 Работа с приборами, монтаж и демонтаж с целью регулировки и ремонта производится персоналом, проинструктированным по технике безопасности.

3.3 При установке приборов и шунтов соблюдать правила техники безопасности при работе с приборами, находящимися под высоким напряжением.

Класс безопасности по НП-001 для приборов исполнения «ОИАЭ» – 3 и 4.

ВНИМАНИЕ

Будьте осторожны в обращении с приборами! Перед началом эксплуатации тщательно проверить правильность монтажа и заземления.

4 НАЗНАЧЕНИЕ

Приборы предназначены для измерения тока и напряжения в цепях постоянного тока (М1621 и М1621.1 – для дистанционного измерения), а также неэлектрических величин, если они преобразованы в сигнал постоянного тока или напряжения.

Приборы М1618, М1620 и М1621 предназначены для работы при температуре окружающего воздуха от минус 40 °С до плюс 55 °С и относительной влажности 100 % при 50 °С, приборы М1621.1 – от минус 10 °С до плюс 55 °С и относительной влажности до 98 % при 35 °С

Приборы выпускаются в следующих исполнениях:

– «ОП» – оборудование, поставляемое на общепромышленные объекты – с приемкой отделом технического контроля (далее – ОТК);

– «РМРС» – оборудование, поставляемое на морские суда – с приемкой ОТК, ОТК и Морского Регистра;

– «РРР» – оборудование, поставляемое на речные объекты – с приемкой ОТК, ОТК и Речного Регистра;

– «ОИАЭ» – оборудование, поставляемое на объекты использования атомной энергии– с приемкой ОТК и представителя эксплуатирующей организации (далее – ЭО) и/или специализированной организации (далее – СО) – только М1620;

– «ВП» – оборудование, поставляемое в интересах обороны и безопасности,– с приемкой ОТК совместной приемкой ОТК и Военного Представительства Минобороны России (далее - ВП МО РФ)), в том числе изготавливаемое по «Условиям поставки № 01-1874-62» (кроме М1621.1).

Условное обозначение заказа амперметров М1618:

М1618 – ХХ – Х – ХХ

Тип прибора
Код диапазона измерений

Код	Диапазон измерений	Код	Диапазон измерений
01	0-250 мкА	31	150-0-150 А
02	0-500 мкА	32	200-0-200 А
03	0-5 мА	33	300-0-300 А
04	0-10 А	34	500-0-500 А
05	0-20 А	35	750-0-750 А
06	0-30 А	36	1-0-1 кА
07	0-50 А	37	1,5-0-1,5 кА
08	0-75 А	38	2-0-2 кА
09	0-100 А	39	3-0-3 кА
10	0-150 А	40	4-0-4 кА
11	0-200 А	41	5-0-5 кА
12	0-300 А	42	6-0-6 кА
13	0-500 А	43	Заряд 0-1 кА
14	0-750 А	44	Заряд 0-1,5 кА
15	0-1 кА	45	Заряд 0-2 кА
16	0-1,5 кА	46	Заряд 0-3 кА
17	0-2 кА	47	Заряд 0-4 кА
18	0-3 кА	48	Заряд 0-5 кА
19	0-4 кА	49	Заряд 0-7,5 кА
20	0-5 кА	50	Заряд 0-10 кА
21	0-6 кА	51	Заряд 0-1 кА /Разряд 0-3 кА
22	250-0-250 мкА	52	Заряд 0-1,5 кА /Разряд 0-4 кА
23	500-0-500 мкА	53	Заряд 0-2 кА /Разряд 0-5 кА
24	5-0-5 мА	54	Заряд 0-2 кА /Разряд 0-6 кА
25	10-0-10 А	55	Заряд 0-3 кА /Разряд 0-7,5 кА
26	20-0-20 А	56	Заряд 0-5 кА /Разряд 0-10 кА
27	30-0-30 А	57	Заряд 0-7,5 кА /Разряд 0-15 кА
28	50-0-50 А	58	Заряд 0-10 кА /Разряд 0-20 кА
29	75-0-75 А	59	Заряд 0-4 кА /Разряд 0-7,5 кА
30	100-0-100 А	-	-

Покрытие таблички и циферблата
1 –белое;
2 – светосоставом.

Значение сопротивления соединительных калиброванных проводов:
00 – отсутствует;
01 – 0,035 Ом (стандартный);
02 – 0,07 Ом;
03 – 0,088 Ом;
04 – 0,105 Ом;
05 – 0,14 Ом;
06 – 0,175 Ом;
07 – 0,192 Ом;
08 – 0,21 Ом;
09 – 0,228 Ом;
10 – 0,245 Ом;
11 – 0,262 Ом;
12 – 0,28 Ом;
13 – 0,35 Ом.

Условное обозначение заказа вольтметров М1618:

М1618 – ХХ – Х

Тип прибора

Код диапазона измерений

Код	Диапазон измерений
01	0-5 В
02	0-10 В
03	5-0-5 В
04	10-0-10 В

Покрытие таблички и циферблата

1 – белое;
2 – светосоставом.

Условное обозначение заказа вольтметров М1620:

М1620 – ХХ – Х

Тип прибора

Код диапазона измерений

Код	Диапазон измерений	Код	Диапазон измерений
01	0-10 В	16	10-0-10 В
02	0-15 В	17	15-0-15 В
03	0-30 В	18	30-0-30 В
04	0-50 В	19	50-0-50 В
05	0-75 В	20	75-0-75 В
06	0-100 В	21	100-0-100 В
07	0-150 В	22	150-0-150 В
08	0-250 В	23	250-0-250 В
09	0-300 В	24	300-0-300 В
10	0-400 В	25	400-0-400 В
11	0-500 В	26	500-0-500 В
12	0-600 В	27	600-0-600 В
13	0-750 В	28	750-0-750 В
14	0-1000 В	29	1000-0-1000 В
15	0-1500 В	30	1500-0-1500 В

Покрытие таблички и циферблата

1 – белое;
2 – светосоставом.

Условное обозначение заказа амперметров М1620:

М1620 – ХХ – Х – ХХ

Тип прибора

Код диапазона измерений

Код	Диапазон измерений	Код	Диапазон измерений
01	0-250 мкА	27	500-0-500 мкА
02	0-500 мкА	28	5-0-5 А
03	0-2 мА	29	10-0-10 А
04	0-5 мА	30	20-0-20 А
05	0-20 мА	31	30-0-30 А
06	0-4-20 мА	32	50-0-50 А
07	0-5 А	33	75-0-75 А
08	0-10 А	34	100-0-100 А
09	0-20 А	35	200-0-200 А
10	0-30 А	36	300-0-300 А
11	0-50 А	37	500-0-500 А
12	0-75 А	38	750-0-750 А
13	0-100 А	39	1-0-1 кА
14	0-200 А	40	1,5-0-1,5 кА
15	0-300 А	41	2-0-2 кА
16	0-500 А	42	3-0-3 кА
17	0-750 А	43	4-0-4 кА
18	0-1 кА	44	5-0-5 кА
19	0-1,5 кА	45	6-0-6 кА
20	0-2 кА	46	7,5-0-7,5 кА
21	0-3 кА	47	0-150 А
22	0-4 кА	48	150-0-150 А
23	0-5 кА	49	5-0-5 мА
24	0-6 кА		
25	0-7,5 кА		
26	250-0-250 мкА		

Покрытие таблички и циферблата

1 –белое;
2 – светосоставом.

Значение сопротивления соединительных калиброванных проводов:
00 – отсутствует;
01 – 0,035 Ом (стандартный);
02 – 0,07 Ом;
03 – 0,088 Ом;
04 – 0,105 Ом;
05 – 0,14 Ом;
06 – 0,175 Ом;
07 – 0,192 Ом;
08 – 0,21 Ом;
09 – 0,228 Ом;
10 – 0,245 Ом;
11 – 0,262 Ом;
12 – 0,28 Ом;
13 – 0,35 Ом.

Условное обозначение заказа амперметров М1621:

М1621 – ХХ – Х

Тип прибора

Код диапазона измерений

Код	Диапазон измерений	Код	Диапазон измерений
01	0-30 А	18	30-0-30 А
02	0-50 А	19	50-0-50 А
03	0-75 А	20	75-0-75 А
04	0-100 А	21	100-0-100 А
05	0-150 А	22	150-0-150 А
06	0-200 А	23	200-0-200 А
07	0-300 А	24	300-0-300 А
08	0-500 А	25	500-0-500 А
09	0-750 А	26	750-0-750 А
10	0-1 кА	27	1-0-1 кА
11	0-1,5 кА	28	1,5-0-1,5 кА
12	0-2 кА	29	2-0-2 кА
13	0-3 кА	30	3-0-3 кА
14	0-4 кА	31	4-0-4 кА
15	0-5 кА	32	5-0-5 кА
16	0-6 кА	33	6-0-6 кА
17	0-7,5 кА	34	7,5-0-7,5 кА

Покрытие таблички и циферблата

1 – белое;
2 – светосоставом.

Условное обозначение заказа амперметров М1621.1:

М1621.1 – ХХ – Х

Тип прибора

Код диапазона измерений

Код	Диапазон измерений	Код	Диапазон измерений
01	0-30 А	18	30-0-30 А
02	0-50 А	19	50-0-50 А
03	0-75 А	20	75-0-75 А
04	0-100 А	21	100-0-100 А
05	0-150 А	22	150-0-150 А
06	0-200 А	23	200-0-200 А
07	0-300 А	24	300-0-300 А
08	0-500 А	25	500-0-500 А
09	0-750 А	26	750-0-750 А
10	0-1 кА	27	1-0-1 кА
11	0-1,5 кА	28	1,5-0-1,5 кА
12	0-2 кА	29	2-0-2 кА
13	0-3 кА	30	3-0-3 кА
14	0-4 кА	31	4-0-4 кА
15	0-5 кА	32	5-0-5 кА
16	0-6 кА	33	6-0-6 кА
17	0-7,5 кА	34	7,5-0-7,5 кА

Покрытие таблички и циферблата

1 – белое;
2 – светосоставом.

5 ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

5.1 Диапазоны измерений и способы подключения к сети приведены в таблицах 1 – 7.

Таблица 1 – Вольтметры и амперметры М1618 (способ подключения непосредственное)

Диапазон измерений	Способ подключения
0 – 5 В 0 – 10 В	Непосредственное
0 – 5 мА	
0 – 250 мкА 0 – 500 мкА	

Таблица 2 - Амперметры М1618, предназначенные для измерения тока заряда и разряда аккумуляторных батарей.

Диапазон измерений, кА		Подключение с наружным шунтом 100 мВ на номинальный ток, кА
Заряд	Разряд	
0 – 1	0 – 3	2
0 – 1,5	0 – 4	3
0 – 2	0 – 5	4
0 – 2	0 – 6	4
0 – 3	0 – 7,5	6
0 – 4	0 – 7,5	6
0 – 5	0 – 10	10
0 – 7,5	0 – 15	15
0 – 10	0 – 20	20

Таблица 3 - Амперметры М1618

Диапазон измерений, А	Диапазон измерений, кА	Способ подключения
0 – 10	0 – 1	С тремя наружными шунтами 75 мВ и переключателем П1825
0 – 20	0 – 1,5	
0 – 30	0 – 2	
0 – 50	0 – 3	
0 – 75	0 – 4	
0 – 100	0 – 5	
0 – 150	0 – 6	
0 – 200		
0 – 300		
0 – 500		
0 – 750		

Таблица 4 - Вольтметры М1620

Диапазон измерений, В	Способ подключения
0 – 10	Непосредственное
0 – 15	
0 – 30	
0 – 50	
0 – 75	
0 – 100	
0 – 150	
0 – 250	
0 – 300	
0 – 400	
0 – 500	
0 – 600	
0 – 750	
0 – 1000	
0 – 1500	

Таблица 5 - Амперметры М1620

Диапазон измерений, А	Способ подключения	Диапазон измерений, кА	Способ подключения
0 – 5	Непосредственное	0 – 1	С наружным шунтом 75 мВ
0 – 10		0 – 1,5	
0 – 20		0 – 2	
0 – 30	С наружным шунтом 75 мВ	0 – 3	
0 – 50		0 – 4	
0 – 75		0 – 5	
0 – 100		0 – 6	
0 – 200		0 – 7,5	
0 – 300			
0 – 500			
0 – 750			

Таблица 6 - Амперметры М1620

Диапазон измерений	Способ подключения
0 – 250 мкА, 0 – 500 мкА	Непосредственное
0 – 2 мА	
0 – 5 мА	
0 – 20 мА (0 – 4 – 20 мА)	

Таблица 7 - Амперметры М1621 и М1621.1

Диапазон измерений, А	Диапазон измерений, кА	Способ подключения
0 – 30; 0 – 50; 0 – 75	0 – 1; 0 – 1,5; 0 – 2	С наружным шунтом 75 мВ и резистором Р1830, имеющим сопротивление (3,5 ± 0,02) Ом
0 – 100; 0 – 150	0 – 3; 0 – 4; 0 – 5	
0 – 200; 0 – 300	0 – 6; 0 – 7,5	
0 – 500; 0 – 750		

Примечания

1 Приборы, указанные в таблицах 1, 3 – 7 могут быть изготовлены с нулевой отметкой внутри диапазона измерений с симметричными двухсторонними шкалами, кроме амперметров М1620 (таблица 6).

2 По согласованию с предприятием-изготовителем приборы могут быть изготовлены с диапазонами измерений, не указанными в таблицах 3 – 7, но в соответствии с действующими стандартами.

3 Амперметры М1618 (таблица 3) и М1620 (таблица 5) с наружными шунтами должны быть отградуированы с калиброванными соединительными проводами (от шунта к амперметру) сопротивлением 0,035 Ом. Калиброванные провода должны поставляться комплектно с прибором. Шунты в комплект поставки не входят.

4 По особому заказу могут быть изготовлены амперметры М1618 (таблицы 2, 3) и М1620 (таблица 5), отградуированные для работы с соединительными проводами сопротивлением 0,07; 0,088; 0,105; 0,14; 0,175; 0,192; 0,21; 0,228; 0,245; 0,262; 0,28 и 0,35 Ом. В этих случаях соединительные провода предприятием-изготовителем не поставляются.

По согласованию с предприятием-изготовителем допускается изготовление амперметров с нулевой отметкой внутри диапазона измерений с симметричными двухсторонними шкалами.

Погрешность подгонки соединительных проводов ± 0,003 Ом.

5 Амперметры М1618 (таблица 2) в режиме «Разряд» в контакте с шунтами на 100 мВ должны работать в течение времени, оговоренным техническими условиями на шунты.

6 По согласованию с предприятием-изготовителем амперметры М1618 (таблица 3) могут быть изготовлены с нулевой отметкой внутри диапазона измерений, с левой частью шкалы, составляющей 5 % от верхнего значения диапазона измерений.

7 По согласованию с предприятием-изготовителем могут быть изготовлены приборы, отградуированные в любых единицах физических величин, преобразованных во входной сигнал постоянного тока или напряжения, в частности, градуировка шкалы приборов М1620, предназначенных по заказу для тахометров, производится в об/мин.

В Приложении Б приведены градуировочные таблицы амперметров М1618 для диапазонов показаний в °С.

8 Приборы, предназначенные для подключения в токовую цепь контролируемых объектов с помощью наружных шунтов, изготавливаются как вольтметры (диапазоном измерения 0 - 75 мВ) и поставляются со шкалами, отградуированными в единицах силы тока в соответствии с таблицами 2, 3, 5 и 7;

9 По согласованию с предприятием-изготовителем допускается изготовление приборов с чистыми шкалами, имеющими начальную и конечную отметки шкалы, нанесенные черной тушью.

10 Внутреннее сопротивление для вольтметров М1618 и М1620 с диапазонами измерений 0-10 В и 10-0-10 В – 20 кОм.

5.2 Класс точности (пределы допускаемой основной погрешности) приборов на равен:

± 1 % – для приборов М1618;

± 1,5 % – для приборов М1620, М1621, М1621.1

Погрешность нормируется в процентах от конечного значения диапазона измерений – для приборов с нулем слева и от суммы модулей конечных значений диапазона измерений – для приборов с нулевой отметкой внутри диапазона измерений.

Пределы вариации показаний равны полуторакратному значению пределов допускаемой основной погрешности.

5.3 Пределы допускаемой дополнительной погрешности приборов, вызванной:

– изменением температуры окружающей среды от нормальной (20 ± 5) °С до любой температуры в пределах от минус 40 °С до плюс 55 °С для приборов М1618, М1620, М1621 и от минус 10 °С до плюс 55 °С для приборов М1621.1 равен 0,5 предела допускаемой основной погрешности на каждые 10 °С изменения температуры, а для амперметров М1620, отградуированных с сопротивлением проводов, отличным от 0,035 Ом – 0,8 предела допускаемой основной погрешности;

– одновременным воздействием температуры 50 °С и влажности окружающего воздуха 100 %, а для приборов М1621.1 исполнения температуры 35 °С и влажности 98 %, должны быть равны:

± 1,2 % – для вольтметров и амперметров (с верхними пределами диапазона измерений 2, 5, 20 мА М1620;

± 1,5 % – для М1618;

± 2 % – для амперметров М1620, М1621 и М1621.1.

– влиянием внешнего магнитного поля постоянного тока напряженностью 400 А/м при самом неблагоприятном направлении тока, равен 0,5 предела допускаемой основной погрешности;

– изменением положения прибора (наклоном) от нормального положения в любом направлении на 45°, равен ± 1 %;

– установкой прибора на ферромагнитном щите толщиной (2,5 ± 0,5) мм или влиянием рядом расположенного прибора, равен ± 0,5 %;

– влиянием воздействия вибрации синусоидальной вибрации с ускорением 19,6 м/с^2 в диапазоне частот от 1 до 60 Гц равен пределу допускаемой основной погрешности;

– влиянием ударов многократного действия с ускорением 147 м/с^2 и длительностью импульса от 5 до 15 мс и частотой (60 ± 20) ударов в минуту в любом из трёх взаимо-перпендикулярных направлениях равны пределу допускаемой основной погрешности;

– влиянием качки с амплитудой ± 45° и периодом от 7 до 16 с равны пределу допускаемой основной погрешности.

5.4 Погрешность приборов, отградуированных в единицах неэлектрических величин, нормируется по входному сигналу тока или напряжения без учета погрешности внешних, не входящих в комплект поставки приборов, преобразователей неэлектрических величин во входной сигнал постоянного тока или напряжения.

5.5 Погрешность амперметров с наружными шунтами нормируются по входному сигналу напряжения без шунтов.

5.6 Погрешность измерения неэлектрических величин, а также погрешность измерения тока с помощью наружных шунтов, определяется как сумма погрешности прибора и погрешности преобразователя неэлектрической величины во входной сигнал тока (напряжения) или, соответственно, как сумма погрешности прибора и погрешности наружного шунта.

5.7 Время установления показаний не превышает 3 сек.

5.8 Испытательное напряжение изоляции при температуре окружающего воздуха (20 ± 5) °С и относительной влажности 80 %:

– 2 кВ – для всех амперметров, а также вольтметров с конечным значением диапазона измерений до 600 В, резистора подгоночного Р1830, переключателя П1825;

– 3 кВ – для вольтметров с конечным значением диапазона измерений свыше 600 до 1000 В;

– 5 кВ – для вольтметров с конечным значением шкалы свыше 1000 до 1500 В.

5.9 Сопротивление изоляции электрических цепей приборов относительно корпуса при температуре окружающего воздуха (20 ± 5) °С и относительной влажности 80 % не менее 20 МОм.

5.10 Длина шкалы приборов (180 ± 8) мм.

5.11 Угол шкалы (230 ± 10)°.

5.12 Габаритные размеры и масса приборов, резистора подгоночного Р1830 и переключателя П1825 соответствуют данным, приведенным в таблице 8.

Таблица 8 – Габаритные размеры и масса

Обозначение прибора	Габаритные размеры, мм	Масса, кг не более
М1618, М1620, М1621, М1621.1	120х120х126	1,2
Р1830	118х39х50	0,15
П1825	160х150х123	1,5

6 УСТРОЙСТВО И РАБОТА ПРИБОРА

Амперметры и вольтметры представляют собой приборы магнитоэлектрической системы униполярной конструкции, изготовленные в корпусах брызгозащищенного исполнения и предназначенные для утопленного монтажа.

Конструктивно приборы состоят из измерительного механизма, корпуса, цоколя и наличника. Корпус изготавливается из термопластичной, трудногорючей пластмассы – поликарбонат стабилизированный и имеет два отсека. В переднем отсеке размещается измерительный механизм, в заднем отсеке – элементы электрической схемы. К задней части корпуса крепится пластмассовый цоколь. Передняя часть прибора закрывается наличником из алюминиевого сплава, в котором предварительно устанавливается смотровое стекло. В центре стекла расположен корректор с уплотняющей прокладкой, обеспечивающей брызгозащищенность приборов.

Шкалы приборов изготавливаются из термопластичной пластмассы. Отметки шкал наносятся на наружном приподнятом крае циферблата таким образом, что конец стрелки находится в одной плоскости с ними. Этим при отсчете исключается ошибка от параллакса. В нижней части шкал приборов наносятся обозначения измеряемой величины и данные характеризующие приборы.

Шкалы приборов отградуированы в единицах измеряемой электрической величины. Если расчётное значение хотя бы одной числовой отметки (кроме отметки, соответствующей конечному значению диапазона показаний) выражается трёхзначным числом, то числовые отметки наносятся с коэффициентом 0,1 а на циферблат прибора слева от единицы измерений наносится множитель «×10». Например, шкала вольтметра с диапазоном показаний от 0 до 500 В будет иметь числовые отметки: 10, 20, 30, 40 и 50 и единицу измерений с множителем «×10 В». Для получения значения результата измерений следует умножить показания прибора на коэффициент, нанесённый на циферблат.

Конструкция опор обеспечивает пружинную амортизацию подвижной части приборов от сотрясений и вибрации, как в осевом, так и в радиальном направлениях.

Переключатель П1825 оформлен в прямоугольном литом корпусе брызгозащищенного исполнения.

Корпус переключателя снабжен четырьмя ушками для крепления.

Приборы не создают радиопомех по принципу действия.

Приборы исполнения «ОИАЭ» соответствуют группе размещения 6 в соответствии с СТО 1.1.1.07.001.0675, СТО 1.1.1.01.001.0891, НП-071, НП-016 и Программе обеспечения качества ПОКАС (И). По сейсмостойкости приборы относятся к категории II в соответствии с НП-031 (сейсмостойкость 8 баллов по МСК-64, уровень установки над нулевой отметкой до 25 м в соответствии с ГОСТ 17516.1). Изготовление приборов производится в соответствии с требованиями ГОСТ 25804.1 – 25804.8.

Перед началом измерения убедитесь, что при отключенном питании стрелка прибора находится на нулевой отметке шкалы. В противном случае, пользуясь корректором, установите её на нуль. При этом имейте в виду, что направление поворота корректора совпадает с направлением перемещения стрелки, а угол поворота корректора ограничен.

7 РАЗМЕЩЕНИЕ И МОНТАЖ

Разметку щита для монтажа приборов производите тщательно, без перекосов в соответствии с габаритным чертежом (рисунки 1 – 3).

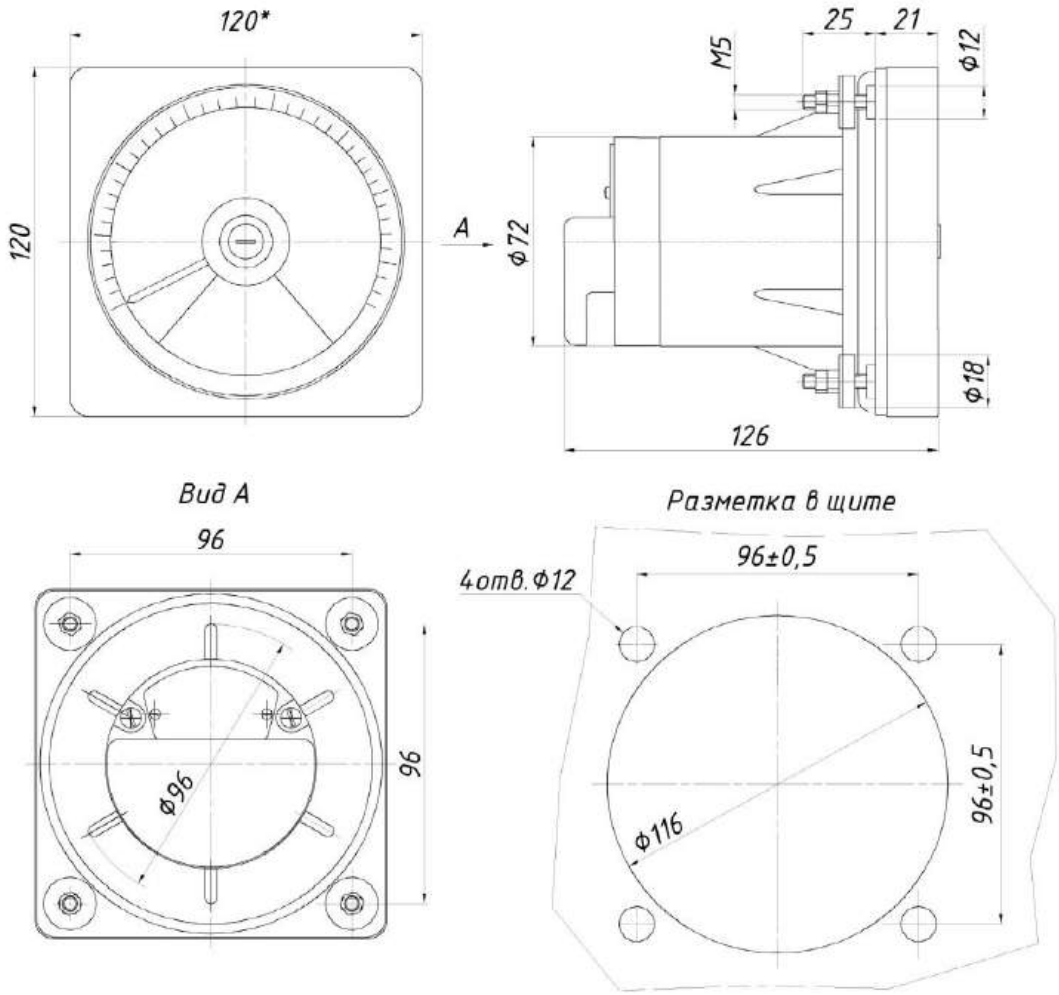


Рисунок 1 - Габаритный чертеж щитовых приборов постоянного тока М1618, М1620, М1621, М1621.1

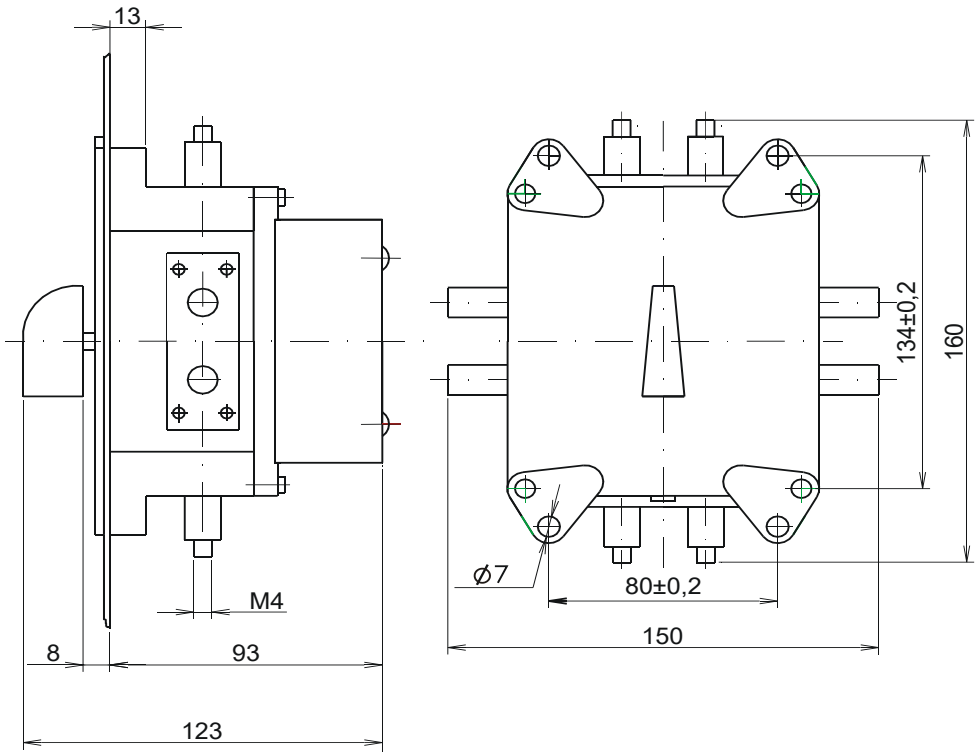


Рисунок 2 - Габаритный чертеж переключателя П1825

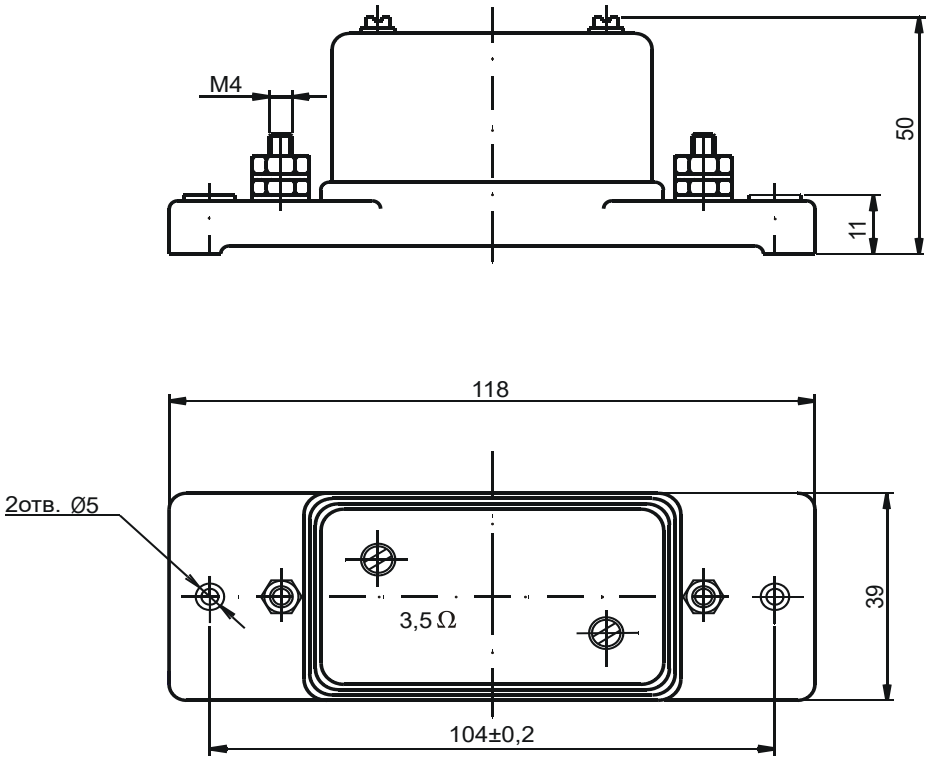


Рисунок 3 – Габаритный чертеж резистора подгоночного Р1830

Приборы монтируются на электрически заземленных щитах.

Особое внимание обратите на то, чтобы резиновые втулки амортизационной прокладки полностью вошли в отверстия на щите.

Схемы подключения амперметров и вольтметров к сети представлены на рисунках 4 – 10.

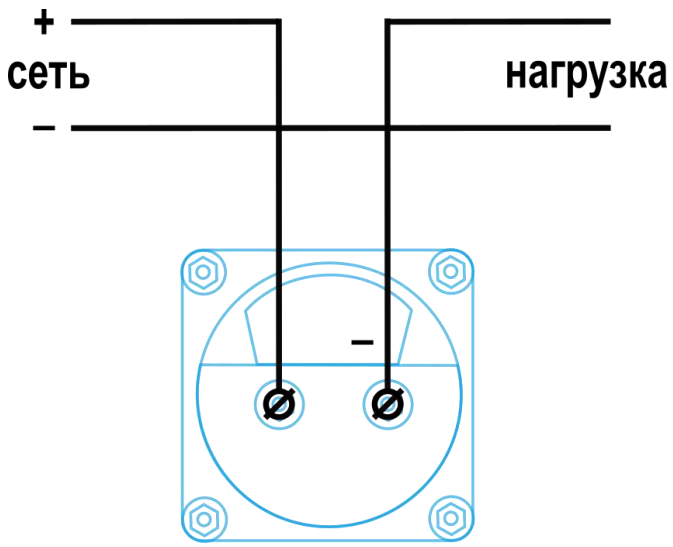


Рисунок 4 - Схема непосредственного подключения амперметров М1618 и М1620

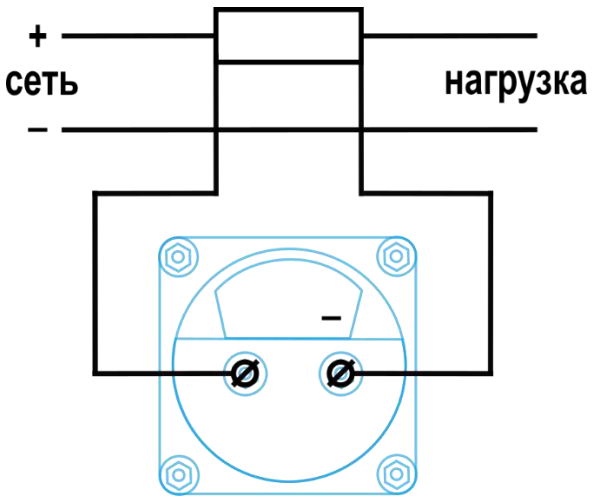


Рисунок 5 - Схема подключения амперметра М1620 с наружным шунтом и М1618 «Заряд»

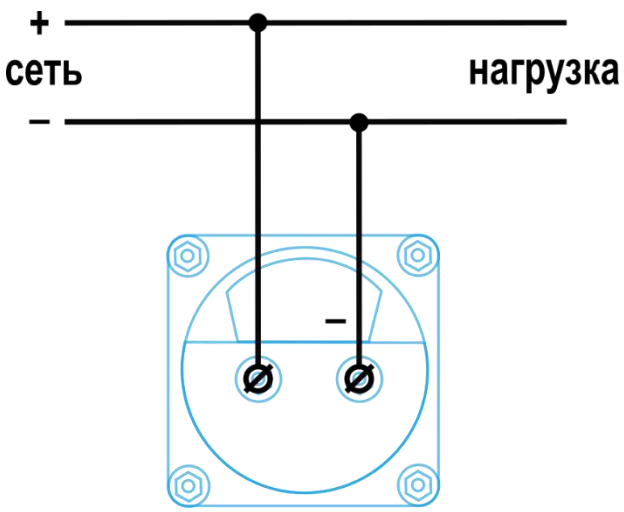


Рисунок 6 - Схема подключения вольтметров М1618 и М1620

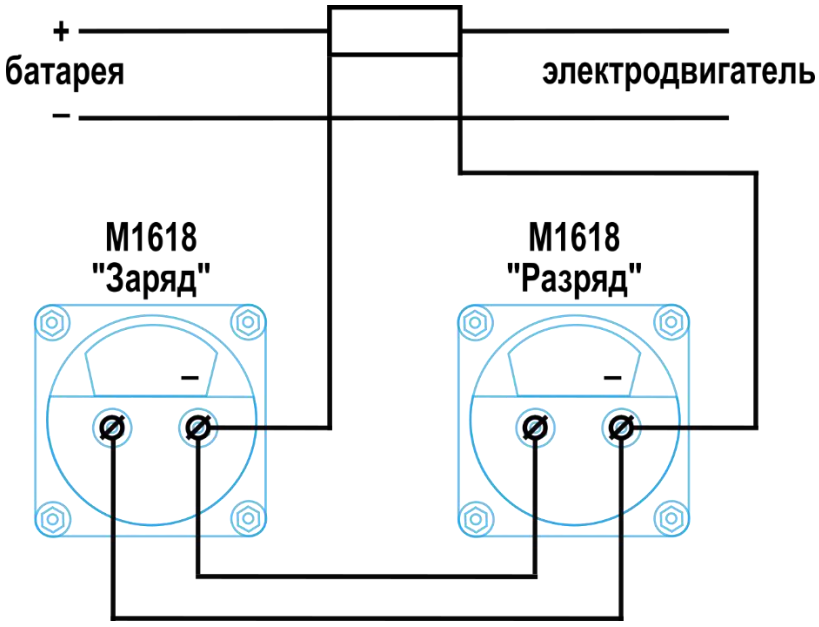


Рисунок 7 - Схема подключения амперметров М1618, предназначенных для измерения тока заряда и разряда аккумуляторных батарей

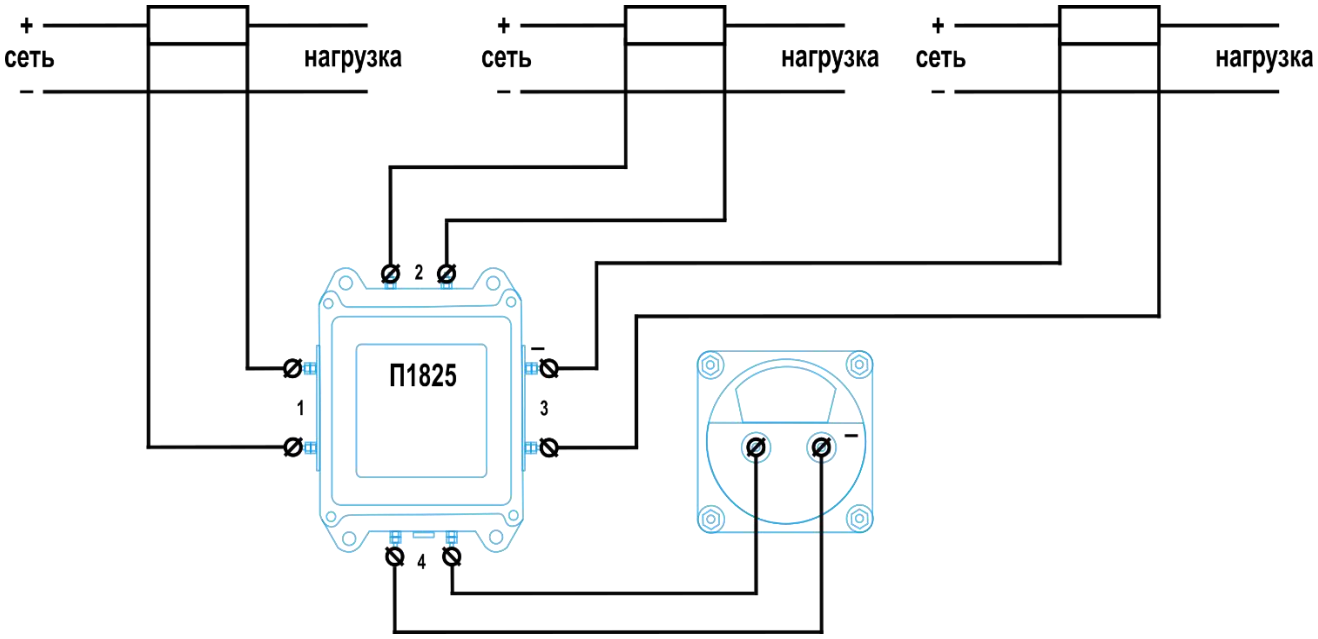


Рисунок 8 - Схема подключения амперметра М1618 с тремя наружными шунтами

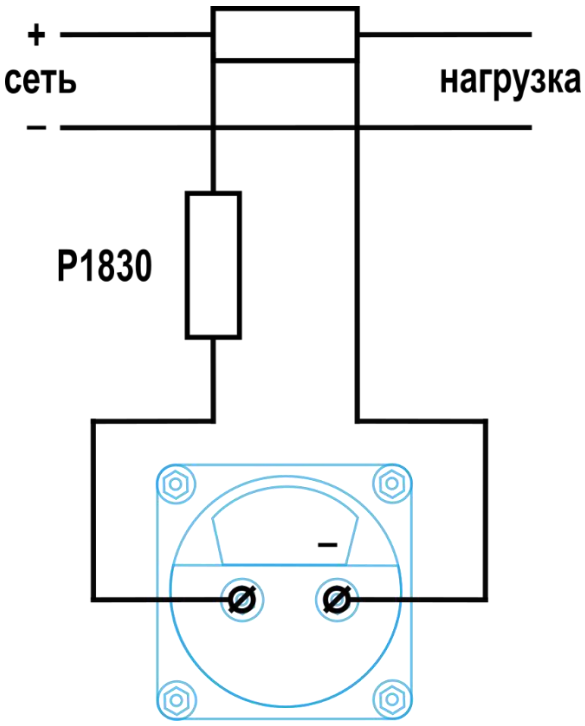


Рисунок 9 - Схема подключения амперметров М1621 и М1621.1 с наружным шунтом

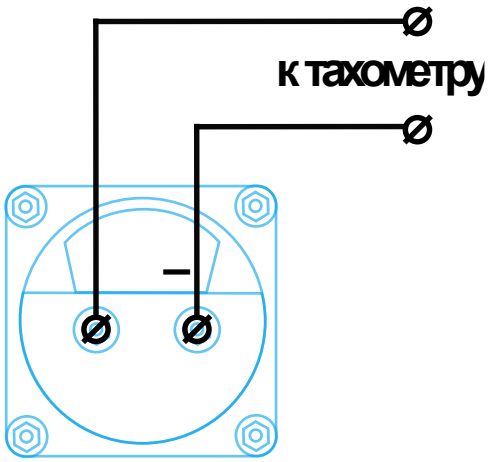


Рисунок 10 - Схема подключения вольтметров М1618 и М1620 для тахометров

Амперметры с наружным шунтом, как правило, подключайте к шунту калиброванными проводами длинной 1,5 м и сечением 1,5 мм^2, которые входят в комплект прибора.

Сопротивление проложенной линии между переключателем П1825 и прибором М1618, измеренное при температуре (20 ± 5) °С, равно 0,035 Ом с допуском ± 0,002 Ом.

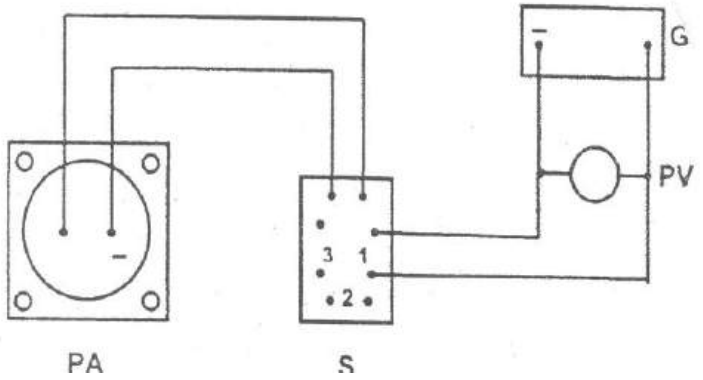
С помощью переключателя П1825 амперметрами М1618 можете производить измерение тока прямого и обратного направлений поочередно в трех цепях.

8 ПОВЕРКА

8.1 Производить поверку приборов не реже одного раза в два года, а также после каждого ремонта в соответствии с требованиями ГОСТ РВ 8.576 и ГОСТ 8.497.

8.2 Поверка амперметра М1618 с переключателем П1825 производится по схеме, приведенной на рисунке 11. Амперметр М1618 подсоединяется к зажимам переключателя с надписью «К амперметру».

Образцовый прибор и источник напряжения подключаются к одной из пар зажимов «1», «2» или «3», причем рукоятка переключателя ставится в соответствующее положение.



PA – испытуемый прибор М1618;

S – переключатель П1825;

G – источник регулируемого напряжения постоянного тока;

PV – образцовый вольтметр на 75 мВ, класса точности 0,2.

Рисунок 11 - Схема поверки амперметра М1618 с переключателем П1825

8.3 При проведении поверки эталонные значения входного сигнала на входе амперметра, отградуированного для использования с наружным шунтом, рассчитываются по формуле:

$$Y_i = \frac{X_i}{R_x} \cdot R_{\text{Ш}} \qquad (1),$$

где Y_i – эталонное значение сигнала на входе амперметра на i-й отметке шкалы, мВ;

X_i – значение i-й отметки шкалы, А.

$R_{\text{х}}$ – конечное значение шкалы прибора, А;

$R_{\text{Ш}}$ – номинальное падение напряжения при номинальном токе шунта, мВ;

8.4 При проведении поверки эталонные значения входного сигнала приборов, отградуированного для измерений неэлектрических величин, преобразованных в сигналы постоянного тока и напряжения постоянного тока внешними преобразователями, рассчитываются по формуле:

$$Y_i = \frac{X_i - R_{хн}}{R_{хк} - R_{хн}} \cdot (R_{ук} - R_{ун}) + R_{ун} \qquad (2),$$

где Y_i – эталонное значение сигнала на входе амперметра на і-й отметке шкалы, единиц входного сигнала;

X_i – значение і-й отметки шкалы, единиц шкалы;

$R_{хк}$ – конечное значение шкалы прибора, единиц шкалы;

$R_{хн}$ – начальное значение шкалы прибора, единиц шкалы;

$R_{ук}$ – конечное значение диапазона входного сигнала прибора, единиц входного сигнала;

$R_{ун}$ – начальное значение диапазона входного сигнала прибора, единиц входного сигнала.

9 ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Перечень возможных неисправностей приведен в таблице 9.

Таблица 9 - Перечень возможных неисправностей

Наименование неисправностей, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Способ устранения
Сопротивление изоляции электрических цепей относительно корпуса прибора менее допустимого	Наличие грязи на зажимах прибора	Протрите зажимы этиловым спиртом
	Длительное пребывание прибора в условиях повышенной влажности воздуха	Вскройте прибор и просушите его при температуре не выше 60 °С до получения необходимого сопротивления изоляции
Стрелка включенного прибора не отклоняется или отклоняется на непродолжительное время и вновь возвращается к нулевой отметке	Нет надежного контакта в местах подключения кабеля и проводников к зажимам прибора, шунта или предохранителя	Создайте надежный электрический контакт в местах подключения кабеля и проводников
	Обрыв жилы кабеля или проводника	Устраните обрыв в кабеле или проводнике
Стрелка включенного прибора не отклоняется	Обрыв в рамке подвижной части	Вскройте прибор и замените подвижную часть
Прибор резко изменил показания. Основная погрешность показаний прибора превышает допустимую величину	Замыкание витков подвижной части	Вскройте прибор и замените подвижную часть
Прибор изменил показания. Дополнительная погрешность от изменения положения прибора превышает допустимую величину	Изменение уравновешенности подвижной части	Вскройте прибор и отбалансируйте подвижную часть
Стрелка прибора остановилась на какой-либо отметке шкалы и не сдвигается при изменении напряжения	Затирание подвижной части из-за наличия посторонних предметов или грязи в зазоре между подвижным элементом (рамочкой) и магнитной системой	Вскройте прибор, извлеките посторонние предметы и грязь из рабочего зазора

Примечание - Поверку технического состояния приборов после устранения неисправности производите в соответствии с разделом 8.

10 ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ

Приборы должны храниться в упаковке в закрытых отапливаемых помещениях на стеллажах температуре окружающего воздуха от 5 °С до 40 °С и относительной влажности до 80 % при температуре 25 °С по ГОСТ 15150.

Транспортирование приборов допускается только в упаковке в условиях «Ж» по ГОСТ 23216.

Транспортирование приборов может производиться всеми видами закрытого транспорта при температуре окружающего воздуха от минус 50 °С до плюс 70 °С и относительной влажности до 100 % при 50 °С для приборов М1618, М1620, М1621 и от минус 10 °С до плюс 70 °С и относительной влажности до 98 % при 35 °С для приборов М1621.1 всеми видами транспорта, а самолетами - в герметизированных отапливаемых отсеках.

В связи с постоянной работой по совершенствованию изделия, повышающей его надежность и улучшающей эксплуатационные качества, в конструкцию могут быть внесены незначительные изменения, не отраженные в настоящем издании.

Приложение А
(справочное)

Расчёт метрологических характеристик измерительных систем при использовании приборов в их составе

При использовании приборов в составе измерительных систем, в том числе при использовании амперметров совместно с внешними шунтами, метрологические характеристики (далее – МХ) системы следует рассчитывать согласно требованиям ГОСТ 8.009 к средствам измерений группы 2 с использованием модели погрешностей II, а именно – путём арифметического суммирования модулей пределов погрешностей всех средств измерений, образующих канал измерений, в составе которого используются приборы.

А.1 Пределы основной допускаемой абсолютной погрешности канала измерительной системы, образованного внешним шунтом и измерительным прибором могут быть рассчитан по формуле:

$$\Delta_{КИ} = \pm(\Delta_{ВШ} + \Delta_{ИП}) \quad (3),$$

где $\Delta_{КИ}$ – пределы абсолютной погрешности канала измерений, А;

$\Delta_{ВШ}$ – модуль предела абсолютной погрешности внешнего шунта, единиц измеряемой величины, рассчитанный по формуле (4).

$\Delta_{ИП}$ – модуль абсолютной погрешность измерительного прибора, выраженной в единицах шкалы прибора, рассчитанный по формуле (5).

Согласно ГОСТ 8042 основная погрешность шунтов нормируется в форме относительной погрешности, но для взаимозаменяемых внешних шунтов пределы погрешности устанавливаются относительно номинальных значений сопротивления. Следовательно, значение пределов абсолютной погрешности измерений тока для всего диапазона измерений шунта могут быть вычислены по формуле:

$$\Delta_{ВШ} = \left|\frac{I_Н \cdot \delta_{ВШ}}{100}\right| \quad (4),$$

где $I_Н$ – номинальный тока, А;

$\delta_{ВШ}$ – модуль предела допускаемой основной относительной погрешности измерений шунта (или класс точности), %.

$$\Delta_{ИП} = \left|\frac{R_Ш \cdot \gamma_{ИП}}{100}\right| \quad (5),$$

где $\gamma_{ИП}$ – предел допускаемой основной приведённой погрешности измерительного прибора, %;

$R_{Ш}$ – значение верхнего предела измерений – для приборов с нулем слева или сумма модулей пределов измерений – для приборов с нулевой отметкой внутри диапазона измерений, единиц шкалы прибора.

А.2 Пределы основной допускаемой абсолютной погрешности канала измерительной системы, образованного первичным преобразователем неэлектрической величины и измерительным прибором могут быть рассчитан по формуле:

$$\Delta_{КИ} = \pm(\Delta_{ПП} + \Delta_{ИП}) \quad (6),$$

где $\Delta_{КИ}$ – пределы абсолютной погрешности канала измерений, единиц измеряемой величины;

$\Delta_{ПП}$ – модуль предела абсолютной погрешности первичного преобразователя, единиц измеряемой величины;

$\Delta_{ИП}$ – модуль абсолютной погрешность измерительного прибора, выраженной в единицах шкалы прибора, рассчитанный по формуле (5).

Примеры расчёта

Пример 1 – расчёт пределов допускаемой основной погрешности измерений канала измерительной системы в составе амперметра и шунта

Исходные данные

1) амперметр М1618-15-1-01

– диапазон показаний от 0 до 1 кА;

– подключение через внешний шунт номиналом 75 мВ;

– класс точности 2,5.

2) Шунт измерительный стационарный взаимозаменяемый 75.ШИСВ

– номинальный ток 1 кА;

– номинальное падение напряжения 75 мВ;

– номинальное сопротивление 0,075 мОм;

– класс точности 0,5.

Вычисления

Модуль предела абсолютной погрешности внешнего шунта, выраженный в А, вычисляется по формуле (4):

$$\Delta_{ВШ} = \frac{1000\ А \cdot 0{,}5\%}{100\%} = 5\ А.$$

Абсолютная погрешность прибора, выраженная в единицах шкалы, вычисляется по формуле (5)

$$\Delta_{ИП} = \frac{1000\ А \cdot 1{,}0\ \%}{100\ \%} = 10\ А.$$

Приделы допускаемой абсолютной погрешности канала измерения, образованного внешним шунтом и прибором, выраженные в единицах измеряемой величины, вычисляются по формуле (3):

$\Delta_{КИ} = \pm(5\ А + 10\ А) = \pm\ 15\ А$

Результат

Пределы допускаемой основной погрешности канала измерений в составе амперметра М1618-15-1-01 и шунта измерительного стационарного взаимозаменяемого 75.ШИСВ составят ± 15 А.

Пример 2 – расчёт пределов допускаемой основной погрешности измерений канала измерительной системы в составе амперметра, подключённого к преобразователю неэлектрической величины в унифицированные сигналы постоянного тока.

Исходные данные

1) амперметр М1620-05-1-00

– диапазон показаний от 0 до 10 кПа;

– диапазон измерений от 0 до 20 мА;

– класс точности 1,5.

2) Датчик абсолютного давления Сапфир 22-ЕМ-ДА-2020-МП4-УХЛ3.1-050

– диапазон измерений от 0 до 10 кПа;

– диапазон выходного сигнала от 0 до 20 мА;

– предел допускаемой приведённой погрешности 0,5 %.

Вычисления

Предел абсолютной погрешности первичного преобразователя

$\Delta_{ПП} = \frac{10\ кПа \cdot 0{,}5\ \%}{100\%} = 0{,}05\ кПа.$

Абсолютная погрешность прибора, выраженная в единицах измеряемой величины, вычисляется по формуле (5):

$\Delta_{ИП} = \frac{10\ кПа \cdot 1{,}5\ \%}{100\ \%} = 0{,}15\ кПа.$

Приделы допускаемой абсолютной погрешности канала измерения, образованного первичным преобразователем и прибором, выраженные в единицах измеряемой величины, вычисляются по формуле (6):

$\Delta_{КИ} = \pm(0{,}05\ кПа + 0{,}15\ кПа) = \pm\ 0{,}2\ кПа$

Результат

Пределы допускаемой основной погрешности канала измерений в составе амперметра М1620-05-1-00 и датчика абсолютного давления Сапфир 22-ЕМ-ДА-2020-МП4-УХЛ3.1-050 составят ± 0,2 кПа.

Приложение Б
(справочное)

Расчёт инструментальной составляющей погрешности измерений при применении приборов в реальных условиях применения

Б.1 Общие положения

Инструментальная составляющая погрешности измерений приборов в реальных условиях применения рассчитывается путём арифметического суммирования всех существенных составляющих инструментальной составляющей погрешности измерений.

$$\Delta_{\text{ру}} = \pm\left(|\Delta_{\text{оп}}| + \sum_{j=1}^{n}|\Delta_j|\right) \quad (7),$$

где $\Delta_{\text{ру}}$ – пределы погрешности прибора в рабочих условиях применения, единиц измеряемой величины;

$\Delta_{\text{оп}}$ – основная абсолютная погрешность прибора, единиц измеряемой величины;

Δ_j – дополнительная погрешность прибора, вызванная влиянием j – го влияющего фактора, единиц измеряемой величины;

n – число факторов, влияние которых учитывается при расчёте погрешности измерений в реальных условиях применения, единиц.

Основная абсолютная погрешность прибора вычисляется по формуле:

$$\Delta_{\text{оп}} = \frac{\gamma_{\text{ОП}} \cdot R_{\text{К}}}{100} \quad (8),$$

где $\Delta_{\text{оп}}$ – то же что в формуле (7);

$\gamma_{\text{ОП}}$ – предел допускаемой основной погрешности измерений по 5.3, %;

$R_{\text{К}}$ – конечного значения диапазона измерений – для приборов с нулевой отметкой на краю диапазона измерений или сумма модулей конечных значений диапазона измерений – для приборов с нулевой отметкой внутри диапазона измерений по 5.1, единиц измеряемой величины.

Перечень факторов, для которых в ТУ установлены значения дополнительной погрешности и диапазоны значений этих факторов, соответствующие нормальным и рабочим условиям применения приведены в таблице Б.1.

Б.2 Перечень влияющих факторов, учитываемых при расчёте

При определении перечня факторов, влияние которых учитываются при расчёте инструментальной составляющей погрешности в реальных условиях применения и значений этих факторов, для которых выполняются расчёты, следует руководствоваться следующим правилами:

1) значения факторов, влияющих на инструментальную составляющую погрешности измерений в реальных условиях применения, принимаются на основании НТД, регламентирующей условия эксплуатации в местах установки приборов;

2) если диапазон возможных значений конкретного фактора, влияющего на инструментальную составляющую погрешности измерений, принадлежит диапазону значений этого фактора, установленному для нормальных условий применения (например, относительная влажность воздуха (60 ± 15) % при диапазоне нормальных условий от 30 % до 80 %), то такой фактор не учитывается при расчёте;

3) если значение конкретного влияющего фактора выражено качественной характеристикой и она соответствует значению, установленному для нормальных условий применения (например, магнитные поля, кроме магнитного поля Земли, отсутствуют), то такой фактор не учитывается при расчёте;

4) если диапазон возможных значений конкретного фактора, влияющего на инструментальную составляющую погрешности измерений, не принадлежит диапазону значений этого фактора, установленному для нормальных условий применения прибора, а дополнительная погрешность для этого фактора установлена в виде функции влияния (таким образом нормировано воздействие температуры), то пределы дополнительной погрешности от воздействия этого фактора рассчитываются для диапазона возможных значений влияющего фактора (например, если диапазон возможных значений температуры в месте установки прибора от минус 10 °С до 40 °С, то пределы могут быть рассчитаны для этого диапазона);

5) если диапазон возможных значений конкретного фактора, влияющего на инструментальную составляющую погрешности измерений, не принадлежит диапазону значений этого фактора, установленному для нормальных условий применения прибора, а дополнительная погрешность для этого фактора установлена для всего диапазона рабочих условий применений прибора (таким образом нормированы все влияющие факторы, кроме температуры), то пределы дополнительной погрешности рассчитываются для диапазона значений фактора, установленного для рабочих условий эксплуатации прибора (например, если переменное магнитное поле в месте

установки прибора не превышает 100 А/м, в качестве значения предела следует использовано значение, установленное в 5.3 для магнитного поля напряжённостью до 400 А/м);

6) перечисленные ниже комбинации значений влияющих факторов не должны суммироваться:

– повышенная температура и повышенная влажность – дополнительная погрешность в условиях повышенной влажности нормирована с учётом воздействия температуры;

– отрицательная температура и повышенная влажность (одновременная реализация этой комбинации факторов физически невозможна).

Если для места установки приборов установлены требования к одной из перечисленных выше комбинаций (например – температура от минус 20 °С до 40 °С и относительная влажность до 25 % при 40 °С) следует выполнить отдельный расчёт по формуле (7) для каждого из факторов из состава комбинаций, запрещённых к суммированию, а в качестве результирующей оценки принять большее по модулю значение. Перечень комбинаций значений влияющих факторов, которые не следует суммировать, допускается расширять на основании информации об условиях эксплуатации в месте установки приборов.

7) для влияющих факторов, дополнительная погрешность от воздействия которых нормирована в форме функции влияния (температура) расчёт по формуле (7) следует выполнять дважды – для начального и конечного значения диапазона возможных значений, а в качестве результирующей оценки принять большее по модулю значение.

Диапазоны значений факторов, влияющих на метрологические характеристики приборов в реальных условиях применения, соответствующие нормальным и рабочим условиям применения приведены для справки в таблице Б.1.

Таблица Б.1 – Диапазоны значений факторов, влияющих на метрологические характеристики приборов в реальных условиях применения, соответствующие нормальным и рабочим условиям применения.

Наименование	Диапазон значений	
	Нормальные условия	Рабочие условия
Температура, °С		
исполнение «ВП»	(20 ± 5)	- 40 – +55
прочие исполнения	(20 ± 5)	- 10 – +55
Относительная влажность, %		
М1618, М1620, М1621	от 30 до 80	до 100 при 50 °
М1621.1	от 30 до 80	до 98 при 35 °
Отклонение от нормального положения при эксплуатации, °	до 2	до 45
Толщина ферромагнитного щита, мм	отсутствует	2,5 ± 0,5
Постоянное магнитное поле, А/м	отсутствует	400
Вибрация с ускорением 19,6 м/с^2 в диапазоне частот, Гц	отсутствует	от 1 до 60
Удары, м/с^2	отсутствуют	147
Качка с периодом от 7 до 16 с, °	отсутствует	45

В.3 Расчёты

В.3.1 Расчёт допускаемого значения дополнительной погрешности измерений, вызванной влиянием отклонения температуры окружающего воздуха от нормальной, согласно 5.3 выполняется по формуле:

$$\Delta_T = k_{\text{д}}(\Delta T) \cdot \left|\frac{T_{\text{р}} - T_{\text{н}}}{\Delta T}\right| \cdot \Delta_{\text{ОП}} \quad (9)$$

где Δ_T – дополнительная абсолютная погрешность, вызванная влиянием температуры $T_{\text{р}}$, единиц измеряемой величины;

$k_{\text{д}}(\Delta T)$ – допускаемое изменение погрешности прибора, вызванное отклонением температуры от нормальных условий применения на каждые ΔT °С, в долях основной погрешности (равно 0,5 для всех приборов, кроме амперметров М1620 отградуированных для подключения шунта проводами с сопротивлением за пределами диапазона от 0,035 до 0,8 Ом у которых $k_{\text{д}}(\Delta T)$ равно 1,0 согласно 5.3);

$T_{\text{р}}$ – значение температуры реальных условий применения, для которой выполняется расчёт, °С;

$T_{\text{н}}$ – нормальная температура эксплуатации прибора, °С (равна 20 °С согласно 5.3);

ΔT – приращение температуры, для которого нормирована дополнительная погрешность от воздействия температуры $k_{\text{д}}(\Delta T)$,°С, (равно 10 °С согласно 5.3);

$\Delta_{\text{ОП}}$ – то же что в формуле (7).

Для оценки наибольшего допускаемого значения дополнительной погрешности измерений, вызванной влиянием отклонения температуры окружающего воздуха от

нормальной расчёт по формуле (9) выполняется для значений $T_{\text{р}}$, соответствующих начальному и конечному значению диапазона температур эксплуатации прибора на месте установки.

В.3.2 Расчёт предела допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений, вызванной влиянием одновременного воздействия температуры и повышенной влажности воздуха, согласно 4.5 выполняется по формуле:

$$\Delta_{\text{Н}} = \frac{\gamma_{\text{Н}} \cdot R_{\text{К}}}{100} \qquad (10)$$

где $\Delta_{\text{Н}}$ – предел допускаемой дополнительной абсолютной погрешности, вызванной влиянием одновременного воздействия температуры и повышенной влажности воздуха, единиц измеряемой величины;

$\gamma_{\text{Н}}$ – предел допускаемой дополнительной приведённой погрешности, вызванной влиянием одновременного воздействия температуры и повышенной влажности воздуха, % и равный, согласно 5.3:

1,2 % – для вольтметров и амперметров М1620;

1,5 % – для М1618;

2 % – для амперметров М1620, М1621 и М1621.1;

$R_{\text{К}}$ – то же что и в формуле (8).

В.3.3 Расчёт предела допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений, вызванной влиянием отклонения от нормального положения при эксплуатации, согласно 5.3 выполняется по формуле:

$$\Delta_{\text{П}} = \frac{R_{\text{К}}}{100} \qquad (11)$$

где $\Delta_{\text{П}}$ – предел допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений приборов, вызванной отклонением от нормального положения, единиц измеряемой величины;

$R_{\text{К}}$ – то же что в формуле (8).

В.3.4 Расчёт предела допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений, вызванной влиянием установки прибора в ферромагнитный щит, согласно 5.3 выполняется по формуле:

$$\Delta_{\text{Щ}} = \frac{0{,}5 \cdot R_{\text{к}}}{100} \qquad (12)$$

где $\Delta_{\text{Щ}}$ – предел допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений приборов, вызванной влиянием установки прибора в ферромагнитный щит, единиц измеряемой величины;

$R_{\text{к}}$ – то же что в формуле (8).

В.3.5 Расчёт предела допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений, вызванной влиянием постоянного магнитного поля, согласно 5.3 выполняется по формуле:

$$\Delta_{М} = 0{,}5 \cdot \Delta_{ОП} \quad (13)$$

где $\Delta_{М}$ – предел допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений приборов, вызванной влиянием постоянного или переменного магнитного поля, единиц измеряемой величины;

$\Delta_{ОП}$ – то же что в формуле (7).

В.3.8 Расчёт предела допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений, вызванной влиянием вибрации, согласно 4.5 выполняется по формуле:

$$\Delta_{В} = \Delta_{ОП} \quad (14)$$

где $\Delta_{В}$ – предел допускаемой дополнительной приведённой погрешности измерений приборов, вызванной влиянием вибрации, единиц измеряемой величины

$\Delta_{ОП}$ – то же что в формуле (7).

В.3.6 Расчёт предела допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений, вызванной влиянием ударов, согласно 5.3 выполняется по формуле:

$$\Delta_{У} = \Delta_{ОП} \quad (15)$$

где $\Delta_{У}$ – предел допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений, вызванной влиянием ударов, единиц измеряемой величины;

$\Delta_{ОП}$ – то же что в формуле (7).

В.3.7 Расчёт предела допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений, вызванной влиянием качки, согласно 4.5 выполняется по формуле:

$$\Delta_{К} = \Delta_{ОП} \quad (16)$$

где $\Delta_{К}$ – предел допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений, вызванной влиянием качки, единиц измеряемой величины;

$\Delta_{ОП}$ – то же что в формуле (7).

Б.4 При использовании приборов в составе измерительных систем совместно с внешними шунтами (далее – ВШ) или первичными преобразователями для измерений неэлектрических величин (далее – ПП) расчёт инструментальной составляющей погрешности измерений в реальных условиях применения выполняется следующим образом:

1) выполняется проверка соответствия условий эксплуатации ВШ или ПП (а так же приборов) условиям в местах установки приборов и ВШ и ПП;

Примечание - Условия в местах установки ВШ и, особенно, ПП могут отличаться от условий в местах установки приборов.

2) выполняется расчёт инструментальной составляющей погрешности ВШ и ПП в реальных условиях применения согласно эксплуатационной документации ВШ и ПП;

3) выполняется расчёт погрешности канала измерений согласно приложению А, при этом в качестве величины $\Delta_{ИП}$ в формулу (6) подставляется результат вычислений погрешности в реальных условиях применения $\Delta_{ру}$ вычисленных по формуле (10).

Б.5 Примеры расчётов

Пример 1 – Требования к условиям эксплуатации прибора установлены соответствующими рабочими условиями эксплуатации прибора (предельный случай, позволяющий продемонстрировать расчёты для всех возможных факторов).

Исходные данные:

1) характеристики прибора, значимые для расчёта

– модификация прибора – амперметр М1620-18-1-01;

– диапазон показаний от 0 до 1 кА;

– подключение через внешний шунт номиналом 75 мВ;

– класс точности 1,5;

– исполнение «ВП»;

2) условия эксплуатации прибора

– температура окружающего воздуха от минус 40 °С до 55 °С;

– относительная влажность окружающего воздуха до 100 при 50 °;

– отклонение от нормального положения при эксплуатации до 45 °;

– приборы установлены в стальной щит толщиной до 3 мм;

– постоянное магнитное поле напряжённостью до 400 А/м;

– вибрация с ускорением до 19,6 м/с^2 в диапазоне частот до 60 Гц;

– удары многократного действия с ускорением 147 м/с^2 и длительностью импульса от 5 до 15 мс и частотой (60 ± 20) ударов в минуту в любом из трёх взаимоперпендикулярных направлениях;

– качка с периодом от 7 до 16 с амплитудой до 45 °.

3) характеристики внешнего шунта 75.ШИСВ:

– номинальный ток 1 кА;

– номинальное падение напряжения 75 мВ;

– номинальное сопротивление 0,075 мОм;

– класс точности 0,5;

– нормальная температура эксплуатации (20 ± 5) °С;

– диапазон температур эксплуатации от минус 40 °С до 60 °С;

– предел допускаемой приведённой погрешности, вызванной влиянием температуры ± 0,1 % на каждые 10 ° изменения температуры.

4) условия эксплуатации ВШ

– температура от минус 40 °С до 60 °С.

Определение перечня влияющих факторов, подлежащих учёту

Нормальным условиям применения не соответствуют значения следующих факторов, влияющих на инструментальную составляющую погрешности измерений:

– температура окружающего воздуха – согласно Б.2 перечисление 4) диапазон возможных значений в реальных условиях эксплуатации (от минус 40 °С до 55 °С) не принадлежит диапазону значений, установленному для нормальных условий согласно таблице Б.1 (от 15 °С до 25 °С); аналогично для ВШ) диапазон возможных значений в реальных условиях эксплуатации (от минус 40 °С до 60 °С) не принадлежит диапазону значений, установленному для нормальных условий;

– относительная влажность окружающего воздуха – согласно Б.2 перечисление 5) диапазон возможных значений в реальных условиях эксплуатации (до 100 % температуре 50 °С) не принадлежит диапазону значений, установленному для нормальных условий согласно таблице Б.1 (от 30 % до 80 %);

– отклонения от нормального положения при эксплуатации – согласно Б.2 перечисление 5) диапазон возможных значений в реальных условиях эксплуатации (отклонение до 45 °) не соответствует значению, установленному для нормальных условий согласно таблице Б.1 (отклонения до 2 °);

– установка в ферромагнитный щит – согласно Б.2 перечисление 5) диапазон возможных значений в реальных условиях эксплуатации (установка в ферромагнитный щит толщиной до 3 мм) не соответствует значению, установленному для нормальных условий согласно таблице Б.1 (влияние ферромагнитного щита отсутствует);

– постоянное магнитное поле – согласно Б.2 перечисление 5) диапазон возможных значений в реальных условиях эксплуатации (напряжённость до 400 А/м) не соответствует значению, установленному для нормальных условий согласно таблице Б.1 (постоянное магнитное поле отсутствует);

– вибрация – согласно Б.2 перечисление 5) диапазон возможных значений в реальных условиях эксплуатации (ускорение до 19,6 м/с2 на частоте до 60 Гц) не

соответствует значению, установленному для нормальных условий согласно таблице Б.1 (вибрация отсутствует);

– удары многократного действия – согласно Б.2 перечисление 5) диапазон возможных значений в реальных условиях эксплуатации (ускорение до 147 м/с^2 с длительностью ударного импульса от 5 до 15 мс и частотой (60 ± 20) ударов в минуту) не соответствует значению, установленному для нормальных условий согласно таблице Б.1 (удары отсутствуют);

– качка – согласно Б.2 перечисление 5) диапазон возможных значений в реальных условиях эксплуатации (амплитуда до 45 ° с периодом от 7 до 16 с) не соответствует значению, установленному для нормальных условий согласно таблице Б.1 (качка отсутствует).

Вычисления

1) предел допускаемой основной абсолютной погрешности по формуле (8)

$$\Delta_{\text{оп}} = \frac{1{,}5\ \% \cdot 1000\ \text{А}}{100\ \%} = 15\ \text{А}$$

2) предел допускаемой дополнительно абсолютной погрешности, вызванной воздействием минимальной температуры рабочих условий эксплуатации по формуле (9)

$$\Delta_{T(-40\ ^\circ\text{С})} = 0{,}5 \cdot \left|\frac{-40\ ^\circ\text{С} - 20\ ^\circ\text{С}}{10\ ^\circ\text{С}}\right| \cdot 15\ \text{А} = 45\ \text{А}$$

3) предел допускаемой дополнительно абсолютной погрешности, вызванной воздействием максимальной температуры рабочих условий эксплуатации по формуле (9)

$$\Delta_{T(55\ ^\circ\text{С})} = 0{,}5 \cdot \left|\frac{55\ ^\circ\text{С} - 20\ ^\circ\text{С}}{10\ ^\circ\text{С}}\right| \cdot 15\ \text{А} = 26{,}25\ \text{А}$$

4) предел допускаемой дополнительно абсолютной погрешности, вызванной воздействием повышенной влажности по формуле (10)

$$\Delta_{\text{Н}} = \frac{2\% \cdot 1000\ \text{А}}{100\ \%} = 20\ \text{А}$$

5) предел допускаемой дополнительно абсолютной погрешности, вызванной влиянием наклона по формуле (11)

$$\Delta_{\text{П}} = \frac{1000\ \text{А}}{100\ \%} = 10\ \text{А}$$

6) предел допускаемой дополнительно абсолютной погрешности, вызванной влиянием установки в ферромагнитный щит по формуле (12)

$$\Delta_{\text{Щ}} = \frac{0{,}5 \cdot 1000\ \text{А}}{100\ \%} = 5\ \text{А}$$

7) предел допускаемой дополнительно абсолютной погрешности, вызванной влиянием постоянного магнитного поля по формуле (13)

$$\Delta_{\text{М}(DC)} = 0{,}5 \cdot 15\ \text{А} = 7{,}5\ \text{А}$$

8) предел допускаемой дополнительно абсолютной погрешности, вызванной влиянием вибрации в диапазоне частот до 60 Гц по формуле (14)

$$\Delta_{\text{В}} = 15\ \text{А}$$

9) предел допускаемой дополнительно абсолютной погрешности, вызванной наличием ударов по формуле (15)

$$\Delta_{\text{У}} = 15\ \text{А}$$

10) предел допускаемой дополнительно абсолютной погрешности, вызванной наличием качки по формуле (16)

$$\Delta_{\text{К}} = 15\ \text{А}$$

11) Согласно В.2 перечисление 6) значения некоторых дополнительных абсолютных погрешностей не подлежат суммированию при вычислении по формуле (7), к ним относятся пары: $\Delta_{T(55\,^{\circ}\text{C})}$ и Δ_H; $\Delta_{T(-40\,^{\circ}\text{C})}$ и Δ_H.

Согласно В.2 перечисление 7) оценка пределов дополнительной погрешности при вычислении по формуле (7) должна выполняться для двух значений температуры эксплуатации $\Delta_{T(-40\,^{\circ}\text{C})}$ и $\Delta_{T(55\,^{\circ}\text{C})}$.

Таким образом, для оценки пределов погрешностей измерений в реальных условиях применения вычисления по формуле (7) следует выполнить трижды для следующих наборов слагаемых:

$$\Delta_{\text{ру1}} = \pm\left(\Delta_{\text{ОП}} + \Delta_{T(-40\,^{\circ}\text{C})} + \Delta_{\text{П}} + \Delta_{\text{Щ}} + \Delta_{\text{М}(DC)} + \Delta_{\text{В}} + \Delta_{\text{У}} + \Delta_{\text{К}}\right) =$$
$$= \pm(15 + 45 + 10 + 5 + 7{,}5 + 15 + 15 + 15)\text{А} =$$
$$= \pm 127{,}5\ \text{А}.$$

$$\Delta_{\text{ру2}} = \pm\left(\Delta_{\text{ОП}} + \Delta_{T(55\,^{\circ}\text{C})} + \Delta_{\text{П}} + \Delta_{\text{Щ}} + \Delta_{\text{М}(DC)} + \Delta_{\text{В}} + \Delta_{\text{У}} + \Delta_{\text{К}}\right) =$$
$$= \pm(15 + 26{,}25 + 10 + 5 + 7{,}5 + 15 + 15 + 15)\text{А} =$$
$$= \pm 108{,}75\ \text{А}$$

$$\Delta_{\text{ру3}} = \pm\left(\Delta_{\text{ОП}} + \Delta_H + \Delta_{\text{П}} + \Delta_{\text{Щ}} + \Delta_{\text{М}(DC)} + \Delta_{\text{В}} + \Delta_{\text{У}} + \Delta_{\text{К}}\right) =$$
$$= \pm(15 + 20 + 10 + 5 + 7{,}5 + 15 + 15 + 15)\text{А} =$$
$$= \pm 102{,}5\ \text{А}$$

12) В качестве итоговой оценки пределов допускаемой абсолютной погрешности прибора в реальных условиях эксплуатации следует принять большее из значений, вычисленных по формуле (7) $\Delta_{\text{ру1}}, \Delta_{\text{ру2}}, \Delta_{\text{ру3}}$, а именно $\Delta_{\text{ру1}} = \pm 127{,}5$ А.

13) Т.к. в качестве оценки инструментальной составляющей погрешности прибора была принята $\Delta_{\text{ру1}}$, полученная для минимальной температуры рабочих условий эксплуатации, расчёт величины инструментальной составляющей погрешности ВШ

выполняется для условий минимального значения диапазона рабочих температур и составит ± 11 А.

14) Пределы основной допускаемой абсолютной погрешности канала измерительной системы, образованного внешним шунтом и измерительным прибором рассчитываются по формуле (3) приложения А:

$$\Delta_{КИ} = \pm(\Delta_{ВШ} + \Delta_{ИП}) = \pm(127{,}5\ А + 11\ А) = 138{,}5\ А$$

Результат

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений амперметра М1620-18-1-01 в реальных условиях применения равны ± $127{,}5$ А. Пределы основной допускаемой абсолютной погрешности канала измерительной системы, образованного внешним шунтом и измерительным прибором равны $138{,}5\ А$.

Пример 2 – Требования к условиям эксплуатации прибора отличаются от рабочих условий применения

Исходные данные:

1) характеристики прибора, значимые для расчёта

– модификация прибора – вольтметр М1620-06-1;

– диапазон показаний от 0 до 100 В;

– класс точности 1,5;

– исполнение «ВП»;

2) условия эксплуатации

– температура окружающего воздуха от минус 10 °С до 40 °С;

– относительная влажность окружающего воздуха до 98 при 35 °;

– отклонение от нормального положения при эксплуатации отсутствуют;

– приборы установлены в стальной щит толщиной 2 мм;

– постоянное магнитное поле напряжённостью до 40 А/м;

– вибрация с ускорением до 10 м/с^2 в диапазоне частот до 40 Гц;

– удары многократного действия отсутствуют;

– качка отсутствует.

Определение перечня влияющих факторов, подлежащих учёту

Значения следующих факторов, влияющих на инструментальную составляющую погрешности измерений, соответствуют нормальным условиям применения и не учитываются при расчёте:

– отклонение от нормального положения при эксплуатации – согласно Б.2 перечисление 3) значение в реальных условиях применения соответствует установленному для нормальных условий согласно таблице Б.1;

– удары многократного действия – согласно Б.2 перечисление 3) значение в реальных условиях применения соответствует установленному для нормальных условий согласно таблице Б.1;

– качка – согласно Б.2 перечисление 3) значение в реальных условиях применения соответствует установленному для нормальных условий согласно таблице Б.1.

Нормальным условиям применения не соответствуют значения следующих факторов, влияющих на инструментальную составляющую погрешности измерений:

– температура окружающего воздуха – согласно Б.2 перечисление 4) диапазон возможных значений в реальных условиях эксплуатации (от минус 10 °С до 40 °С) не принадлежит диапазону значений, установленному для нормальных условий согласно таблице Б.1 (от 15 до 25 °С);

– относительная влажность окружающего воздуха – согласно Б.2 перечисление 5) диапазон возможных значений в реальных условиях эксплуатации (до 98 % температуре 35 °С) не принадлежит диапазону значений, установленному для нормальных условий согласно таблице Б.1 (от 30 % до 80 %);

– ферромагнитный щит – согласно Б.2 перечисление 5) качественное значение фактора не соответствует значению, установленному для нормальных условий согласно таблице Б.1 (влияние щита отсутствует);

– постоянное магнитное поле – согласно Б.2 перечисление 5) диапазон возможных значений в реальных условиях эксплуатации (до 40 А/м) не соответствует значению, установленному для нормальных условий согласно таблице Б.1 (отсутствует);

– вибрация – согласно Б.2 перечисление 5) диапазон возможных значений в реальных условиях эксплуатации (до 10 м/с^2 в диапазоне частот до 40 Гц) не соответствует значению, установленному для нормальных условий согласно таблице Б.1 (отсутствует).

Вычисления

1) предел допускаемой основной абсолютной погрешности по формуле (8)

$$\Delta_{\text{оп}} = \frac{1{,}5\ \% \cdot 100\ \text{В}}{100\ \%} = 1{,}5\ \text{В}$$

2) предел допускаемой дополнительно абсолютной погрешности, вызванной воздействием минимальной температуры условий эксплуатации по формуле (9)

$$\Delta_{T(-10\,^{\circ}\mathrm{C})} = 0{,}5 \cdot \left|\frac{-10\,^{\circ}\mathrm{C} - 20\,^{\circ}\mathrm{C}}{10\,^{\circ}\mathrm{C}}\right| \cdot 1{,}5\ \mathrm{В} = 2{,}25\ \mathrm{В}$$

3) предел допускаемой дополнительно абсолютной погрешности, вызванной воздействием максимальной температуры условий эксплуатации по формуле (10)

$$\Delta_{T(50\,^{\circ}\mathrm{C})} = 0{,}5 \cdot \left|\frac{40\,^{\circ}\mathrm{C} - 20\,^{\circ}\mathrm{C}}{10\,^{\circ}\mathrm{C}}\right| \cdot 1{,}5\ \mathrm{В} = 1{,}5\ \mathrm{В}$$

4) предел допускаемой дополнительно абсолютной погрешности, вызванной воздействием повышенной влажности по формуле (13)

$$\Delta_{\mathrm{Н}} = \frac{1{,}2\% \cdot 100\mathrm{В}}{100\,\%} = 1{,}2\ \mathrm{В}$$

5) предел допускаемой дополнительно абсолютной погрешности, вызванной влиянием установки в ферромагнитный щит по формуле (11)

$$\Delta_{\mathrm{Щ}} = \frac{0{,}5 \cdot 100\ \mathrm{В}}{100\,\%} = 0{,}5\ \mathrm{В}$$

6) предел допускаемой дополнительно абсолютной погрешности, вызванной влиянием переменного магнитного поля по формуле (12)

$$\Delta_{\mathrm{М}(DC)} = 0{,}5 \cdot 1{,}5 = 0{,}75\ \mathrm{В}$$

7) предел допускаемой дополнительно абсолютной погрешности, вызванной влиянием вибрации в диапазоне частот до 40 Гц по формуле (13)

$$\Delta_{\mathrm{В}} = 1{,}5\ \mathrm{В}$$

8) Согласно Б.2 перечисление 6) значения некоторых дополнительных абсолютных погрешностей не подлежат суммированию при вычислении по формуле (7), к ним относятся пары: $\Delta_{T(40\,^{\circ}\mathrm{C})}$ и Δ_H; $\Delta_{T(-10\,^{\circ}\mathrm{C})}$ и Δ_H.

Согласно В.2 перечисление 7) оценка пределов дополнительной погрешности при вычислении по формуле (7) должна выполняться для двух значений температуры эксплуатации $\Delta_{T(-10\,^{\circ}\mathrm{C})}$ и $\Delta_{T(40\,^{\circ}\mathrm{C})}$.

Таким образом, для оценки пределов погрешностей измерений в реальных условиях применения вычисления по формуле (7) следует выполнить трижды для следующих наборов слагаемых:

$$\Delta_{\mathrm{ру1}} = \pm\left(\Delta_{\mathrm{ОП}} + \Delta_{T(-10\,^{\circ}\mathrm{C})} + \Delta_{\mathrm{Щ}} + \Delta_{\mathrm{М}(DC)} + \Delta_{\mathrm{В}}\right) =$$
$$= \pm(1{,}5 + 2{,}25 + 0{,}5 + 0{,}75 + 1{,}5)\mathrm{В} = \pm 6{,}5\ \mathrm{В}.$$

$$\Delta_{\mathrm{ру2}} = \pm\left(\Delta_{\mathrm{ОП}} + \Delta_{T(40\,^{\circ}\mathrm{C})} + \Delta_{\mathrm{Щ}} + \Delta_{\mathrm{М}(DC)} + \Delta_{\mathrm{В}}\right) =$$
$$= \pm(1{,}5 + 1{,}5 + 0{,}5 + 0{,}75 + 1{,}5)\mathrm{В} = \pm 5{,}75\ \mathrm{А}.$$

$$\Delta_{\text{ру1}} = \pm\left(\Delta_{\text{ОП}} + \Delta_{H} + \Delta_{\text{Щ}} + \Delta_{\text{М}(DC)} + \Delta_{\text{В}}\right) =$$

$$= \pm(1{,}5 + 1{,}2 + 0{,}5 + 0{,}75 + 1{,}5)\text{В} = \pm 5{,}45\ \text{В}.$$

9) В качестве итоговой оценки пределов допускаемой абсолютной погрешности прибора в реальных условиях эксплуатации следует принять большее из значений, вычисленных по формуле (7) $\Delta_{\text{ру1}}, \Delta_{\text{ру2}}, \Delta_{\text{ру3}}$, а именно $\Delta_{\text{ру1}} = \pm 6{,}5\ \text{В}$.

Результат

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений вольтметр М1620-06-1 в реальных условиях применения равны ± 6,5 В.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм	Номера листов				Всего листов и докум.	№ документа	Входящий № сопроводительного документа	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					

Подп.и дата | Инв. №дубл. | Взам. инв.№ | Подп. и дата | Инв. № подл.