



УСТРОЙСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ  
ЦП8512

Руководство по эксплуатации

ЗЭП.499.022 РЭ

## СОДЕРЖАНИЕ

Вводная часть	3
1 Назначение	3
2 Технические данные	6
3 Комплектность	12
4 Конструкция	12
5 Маркировка и пломбирование	13
6 Размещение и монтаж	13
7 Указания по эксплуатации	15
8 Меры безопасности	16
9 Поверка устройств	17
10 Транспортирование	17
11 Хранение	18
12 Утилизация	18
13 Гарантии изготовителя	18
Приложение А Протоколы обмена устройств с ПЭВМ	19
Приложение Б Габаритные и установочные размеры устройств	29
Приложение В Схемы электрические подключения устройств	30
Приложение Г Передняя панель устройств	32
Приложение Д Методы снижения уровня электромагнитных помех	33

Руководство по эксплуатации (далее – РЭ) предназначено для ознакомления работников эксплуатации с техническими характеристиками, монтажом и обслуживанием устройств измерительных ЦП8512 (далее – устройств).

## 1 Назначение

1.1 Устройства ЦП8512/1 предназначены для измерения частоты переменного тока и температуры воздуха, сыпучих, жидких или газообразных сред с отображением их на встроенном цифровом индикаторе (далее – цифровой индикатор), переключения в заданном диапазоне температур внешней электрической цепи контактами реле, встроенного в устройство, а также преобразования температуры в выходной аналоговый сигнал постоянного тока (далее – выходной аналоговый сигнал).

Устройства ЦП8512/2 предназначены для измерения частоты переменного тока и температуры воздуха, сыпучих, жидких или газообразных сред с отображением их на цифровом индикаторе, переключения в заданном диапазоне температур внешней электрической цепи контактами реле, встроенного в устройство, преобразование температуры в выходной аналоговый сигнал, а также преобразования измеренных величин в сигнал интерфейса RS-485 (далее – сигнал интерфейса).

Устройства ЦП8512/3 предназначены для измерения частоты переменного тока с отображением на цифровом индикаторе и преобразования частоты в выходной аналоговый сигнал.

Устройства ЦП8512/4 предназначены для измерения частоты переменного тока с отображением на цифровом индикаторе, преобразования частоты в выходной аналоговый сигнал и сигнал интерфейса.

Устройства ЦП8512/5 предназначены для измерения температуры воздуха, сыпучих, жидких или газообразных сред с отображением на цифровом индикаторе, переключения в заданном диапазоне температур внешней электрической цепи контактами реле, встроенного в устройство.

Устройства ЦП8512/6 предназначены для измерения температуры воздуха, сыпучих, жидких или газообразных сред с отображением на цифровом индикаторе, переключения в заданном диапазоне температур внешней электрической цепи контактами реле, встроенного в устройство, а также преобразования температуры в выходной аналоговый сигнал и сигнал интерфейса.

Модификации устройств, имеющие встроенный интерфейс RS-485, обеспечивают передачу информации в цифровом виде в автоматизированную систему или на дисплей персональной ЭВМ (далее – ПЭВМ). Типовые протоколы обмена устройства с ПЭВМ приведены в приложении А.

1.2 Устройства могут применяться для поддержания температуры различных сред в требуемом диапазоне, контроля частоты сетей переменного тока, комплектации систем учета электроэнергетических параметров систем и установок в различных отраслях промышленности, и предназначены для установки на щитах и панелях.

При заказе необходимо указать:

- модификацию устройства;
- тип термопреобразователя сопротивления;
- номинальное значение  $W_{100}$ ;
- номинальное значение напряжения измерительной цепи по частоте;
- диапазон изменений выходного аналогового сигнала;
- вид и значение напряжения питания;
- обозначение технических условий;
- количество устройств.

Примеры записи при заказе:

1 ЦП8512/1; ТСП -100П;  $W_{100}=1,3850$ ; 0 – 5 мА ; 220 В; ТУ РБ 300080696.022-2004; 2 шт.

2 ЦП8512/3; 100 В; 4 – 20 мА; универсальное питание; ТУ РБ 300080696.022-2004; 5 шт.

3 ЦП8512/4; 100 В; 0 – 5 мА; 48 В; ТУ РБ 300080696.022-2004; диск с программой, 5 шт.

4 ЦП8512/4; 220 В; 0 – 5 мА; ТУ РБ 300080696.022-2004; диск с программой, 10 шт.

5 ЦП8512/5; ТСМ -100М;  $W_{100}=1,4280$ ; ~220 В, 50 Гц; ТУ РБ 300080696.022-2004; 4 шт.

6 ЦП8512/6; ТСП - 100П;  $W_{100}=1,3910$ ; 4 – 20 мА; ~220 В, 50 Гц; ТУ РБ 300080696.022-2004; 7шт.

### 1.3 Рабочие условия применения

1.3.1 Устройства относятся к изделиям третьего порядка по ГОСТ 12997-84.

1.3.2 По устойчивости к воздействию атмосферного давления устройства относятся к группе Р1 по ГОСТ 12997-84 и предназначены для эксплуатации при атмосферном давлении 84 –106,7 кПа (630 – 800 мм рт.ст.).

1.3.3 По устойчивости к климатическим воздействиям устройства относятся к группе С3 по ГОСТ 12997-84 и предназначены для эксплуатации при температуре от минус 10 до плюс 50 °С и относительной влажности до 95 % при температуре 35 °С.

1.3.4 Степень защиты по ГОСТ 14254-96 для устройств - IP2X.

1.3.5 По устойчивости к механическим воздействиям устройства относятся к виброустойчивым, вибропрочным и соответствуют группе N1 по ГОСТ 12997-84.

1.3.6 По степени защиты от поражения электрическим током устройства соответствуют оборудованию класса II по ГОСТ 12.2.091-2002.

1.3.7 Питание устройств осуществляется:

- для модификаций ЦП8512/1 - ЦП8512/4 - от измерительной цепи по частоте напряжением  $(220 \begin{smallmatrix} +22 \\ -33 \end{smallmatrix})$  В или  $(100 \begin{smallmatrix} +10 \\ -15 \end{smallmatrix})$  В, частотой от 45 до 55 Гц;

- для модификаций ЦП8512/5, ЦП8512/6 - от сети переменного тока напряжением  $(220 \begin{smallmatrix} +22 \\ -33 \end{smallmatrix})$  В, частотой  $(50 \pm 0,5)$  Гц;

- для модификаций ЦП8512/3 - ЦП8512/6 - от сети постоянного тока напряжением  $(220 \begin{smallmatrix} +80 \\ -115 \end{smallmatrix})$  В или от сети переменного тока напряжением  $(220 \begin{smallmatrix} +40 \\ -135 \end{smallmatrix})$  В, частотой  $(50 \pm 0,5)$  Гц (далее – универсальное питание);

- для модификаций ЦП8512/3 - ЦП8512/4 - от сети постоянного тока напряжением  $(48 \begin{smallmatrix} +22 \\ -8 \end{smallmatrix})$  В.

1.3.8 Устройства являются многофункциональными, взаимозаменяемыми, восстанавливаемыми, ремонтируемыми изделиями.

## 2 Технические данные

2.1 Диапазон измерений частоты и температуры, диапазон изменений показаний цифрового индикатора, выходного аналогового сигнала, наличие интерфейса в зависимости от модификации устройств соответствуют значениям, приведенным в таблице 2.1

Таблица 2.1

Модификация устройства	Диапазон измерений		Диапазон изменений				Наличие интерфейса
			показаний цифрового индикатора		выходного аналогового сигнала		
	частоты, Гц	температуры с термопреобразователем ТСП (ТСМ), °С	по частоте, Гц	по температуре, °С	по частоте, мА	по температуре, мА	
1	2	3	4	5	6	7	8
ЦП8512/1	45 - 55	от - 50 до + 50	45 - 55	от - 50 до + 50	–	0 - 5; от -5 до +5 4 - 20	–
ЦП8512/2	45- 55	от - 50 до + 50	45 - 55	от - 50 до + 50	–	0 - 5; от - 5 до + 5 4 - 20	RS-485
ЦП8512/3	45 - 55	–	45 - 55	–	0 - 5; 4 - 20	–	–
ЦП8512/4	45 - 55	–	45 - 55	–	0 - 5; 4 - 20	–	RS-485
ЦП8512/5	–	от - 50 до + 50	–	от - 50 до + 50	–	–	–
ЦП8512/6	–	от - 50 до + 50	–	от - 50 до + 50	–	0 - 5 от - 5 до + 5 4 - 20	RS-485
<p>Примечания</p> <p>1 Каждая модификация устройств изготавливается на один из диапазонов изменений выходного аналогового сигнала "0 - 5 мА", "-5 -0- +5" или "4 - 20 мА", который указывается при заказе.</p> <p>2 Номинальное значение напряжения измерительной цепи по частоте и вариант питания указывается при заказе.</p>							

Нормирующие значения для:

а) показаний цифрового индикатора и сигнала интерфейса;

50 Гц – при измерении частоты;

100 °С – при измерении температуры;

б) выходного аналогового сигнала;

5 мА – для диапазона изменений 0 – 5 мА;

10 мА – для диапазона изменений от минус 5 до плюс 5 мА;

20 мА – для диапазона изменений 4 –20 мА.

2.2 Класс точности устройств:

- при измерении частоты – 0,05;
- при измерении температуры – 1,0.

2.3 Каждая модификация устройств с интерфейсом RS-485 обеспечивает передачу информации в цифровом виде.

2.4 Мощность, потребляемая устройствами ЦП8512 от измерительной цепи по частоте, а так же от сети питания, при номинальном значении напряжения и при конечных значениях частоты и температуры не более 8,0 В·А.

2.5 Пределы допускаемой основной приведенной погрешности (далее – основная погрешность) устройств по показаниям цифрового индикатора, сигналу интерфейса, выходному аналоговому сигналу в процентах от нормирующих значений:

- при измерении частоты  $\pm 0,05$  %;
- при измерении температуры  $\pm 1,0$  %.

2.6 Устройства соответствуют требованию п.2.4 при изменении сопротивления нагрузки выходного аналогового сигнала:

- от 0 до 3 кОм для устройств с диапазонами изменений выходного аналогового сигнала от 0 до 5 мА или от минус 5 до плюс 5 мА;
- от 0 до 0,5 кОм для устройств с диапазоном изменений выходного аналогового сигнала от 4 до 20 мА.

2.7 Время установления рабочего режима устройств не более 30 мин.

Время непрерывной работы устройств не ограничено.

2.8 Пульсация выходного аналогового сигнала устройств на максимальной нагрузке не более 90 мВ для устройств с диапазонами изменений выходного аналогового сигнала от 0 до 5 мА или минус 5 -0- плюс 5 мА и не более 60 мВ для устройств с диапазоном изменений выходного аналогового сигнала от 4 до 20 мА.

2.9 Время установления выходного аналогового сигнала ЦП8512/3, ЦП8512/4 при одновременном скачкообразном изменении частоты и напряжения измерительной цепи по частоте от нулевого значения до любого в пределах диапазона измерений не более 0,5 с.

2.10 Устройства работоспособны:

- при изменении напряжения измерительной цепи по частоте или сети питания переменного тока от 187 до 242 В или от 85 до 110 В;
- при изменении напряжения сети питания переменного тока (вариант универсального питания) от 85 до 260 В;
- при изменении напряжения сети питания постоянного тока (вариант - универсального питания) от 105 до 300 В;
- при изменении напряжения сети питания постоянного тока от 40 до 70 В.

Пределы допускаемых дополнительных приведенных погрешностей (далее – дополнительных погрешностей) устройств, вызванных изменением напряжения измерительной цепи по частоте и цепи питания от нормальных значений, указанных в таблице 2.3, в процентах от нормирующего значения не более:

- при измерении частоты  $\pm 0,05$  %;
- при измерении температуры  $\pm 0,5$  %.

#### 2.11 Устройства устойчивы:

- к воздействию температуры окружающего воздуха от минус 10 до плюс 50 °С, относительной влажности окружающего воздуха ( $95 \pm 3$ ) % при температуре 35 °С;
- к воздействию внешнего однородного магнитного поля переменного тока с магнитной индукцией 0,5 мТл при самом неблагоприятном направлении и фазе магнитного поля.

Пределы дополнительных погрешностей устройств, вызванных изменением влияющих факторов от нормальных значений, указанных в таблице 2.3, в процентах от нормирующего значения:

а) при изменении температуры окружающего воздуха от ( $20 \pm 2$ ) °С до минус 10 и плюс 50 °С на каждые 10 °С:

- при измерении частоты  $\pm 0,05$  %;
- при измерении температуры  $\pm 0,5$  %;

б) при воздействии относительной влажности ( $95 \pm 3$ ) % при температуре 35 °С:

- при измерении частоты  $\pm 0,05$  %;
- при измерении температуры  $\pm 0,5$  %;

в) при влиянии внешнего однородного магнитного поля переменного тока с магнитной индукцией 0,5 мТл:

- при измерении частоты  $\pm 0,05$  %;
- при измерении температуры  $\pm 0,5$  %.

2.12 По степени защиты от поражения электрическим током устройства соответствуют оборудованию класса II, по степени загрязнения 1, по категории монтажа (категории перенапряжения) II по ГОСТ 12.2.091-2002.

2.13 Электрическая изоляция различных цепей устройств между собой и по отношению к корпусу выдерживает в течение 1 мин действие испытательного напряжения переменного тока среднего квадратического значения частотой 50 Гц, величина которого указана в таблице 2.2:



Таблица 2.2

Модификация устройства	Испытательное напряжение, В, между										
	корпусом				входной цепью по температуре, выходом		измерительной цепью по частоте, цепью питания		измерительной цепью по частоте		цепью коммутации
	входной цепью по температуре, выходом	измерительной цепью по частоте, цепью питания	цепью коммутации	интерфейсом	измерительной цепью по частоте, цепью питания	цепью коммутации	интерфейсом	цепью коммутации	интерфейсом	цепью питания	интерфейсом
ЦП8512/1	400	2300	2300	–	1350	1350	–	1350	–	–	–
ЦП8512/2			2300	510		1350	350	1350	1350	–	1350
ЦП8512/3			–	–		–	–	–	1350	–	
ЦП8512/4			–	510		–	350	–	1350	1350	1350
ЦП8512/5			2300	–		1350	–	1350	–	–	–
ЦП8512/6			2300	510		1350	350	1350	1350	–	1350

Таблица 2.3

Влияющий фактор	Нормальное значение
1 Температура окружающего воздуха, °С	$20 \pm 2$
2 Относительная влажность окружающего воздуха, %	30 – 80
3 Атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.)	84 – 106,7 (630 – 800)
4 Сопротивление нагрузки с диапазоном изменений выходного аналогового сигнала, кОм:	
0 – 5 мА, -5 - 0 - 5 мА	$2,5 \pm 0,5$
4 – 20 мА	$0,4 \pm 0,1$
5 Параметры измерительной цепи по частоте:	
- напряжение, В	$220 \pm 4,4$ или $100 \pm 2,0$
- частота, Гц	$50 \pm 5$
6 Параметры питания сети переменного тока:	
- напряжение, В	$220 \pm 4,4$ или $100 \pm 2,0$
- частота, Гц	$50 \pm 0,5$
7 Параметры питания сети постоянного тока	
- напряжение, В	$220 \pm 4,4$ или $48 \pm 1,0$
8 Магнитное и электрическое поля	Практическое отсутствие магнитного и электрического полей, кроме земного
9 Рабочее положение устройств	Любое

2.14 Устройства выдерживают без повреждений перегрузку напряжением измерительной цепи по частоте:

- а) двухчасовую перегрузку напряжением равным 120 % от номинального значения;
- б) девять перегрузок напряжением равным 150 % от номинального значения с длительностью 0,5 с, интервал между двумя перегрузками 15 с.

Напряжение на зажимах выходного аналогового сигнала при перегрузке не превышает 30 В на максимальной нагрузке.

2.15 Устройства устойчивы:

- к разрыву нагрузки выходного аналогового сигнала в течение 4 ч при конечном значении диапазона измерений;
- к заземлению любого зажима выходного аналогового сигнала.

Напряжение на разомкнутых зажимах выходного аналогового сигнала при этом не превышает 30 В.

При заземлении любого зажима выходного аналогового сигнала устройства соответствуют требованию п.2.5.

2.16 Внешние подключения выполняются при помощи пружинных контактных соединителей, обеспечивающих подключение медных или алюминиевых проводов, сечением до  $2,5 \text{ мм}^2$  (диаметр не более 1,8 мм).

2.17 Устройства устойчивы и прочны к воздействию синусоидальной вибрации в диапазоне частот от 10 до 55 Гц при амплитуде смещения 0,15 мм.

2.18 Степень защиты по ГОСТ 14254-96 для устройств – IP2X.

2.19 Устройства в транспортной таре выдерживают без повреждений:

- а) воздействие температуры от минус 50 до плюс 50 °С;
- б) воздействие относительной влажности ( $95 \pm 3$ ) % при температуре 35 °С.

2.20 Устройства в транспортной таре выдерживают без повреждений в направлении, обозначенном на таре манипуляционным знаком по ГОСТ 14192-96 "Верх" воздействие вибрации в диапазоне частот от 10 до 55 Гц при амплитуде смещения 0,15 мм.

2.21 Габаритные размеры устройств не более 120 ´ 120 ´ 150 мм.

2.22 Масса устройств не более 1,0 кг.

2.23 Уровень радиопомех, создаваемых устройствами, не превышает значений, установленных в СТБ ЕН 55022-2001, СТБ ГОСТ Р 51320-2001 для оборудования класса В.

2.24 Устройства устойчивы к электростатическим разрядам по критерию качества функционирования В согласно СТБ ГОСТ Р 51522-2001, СТБ МЭК 61000-4-2-2006.

2.25 Устройства устойчивы к наносекундным импульсным помехам по испытательному уровню 3 и критерию качества функционирования В согласно СТБ ГОСТ Р 51522-2001, СТБ МЭК 61000-4-4-2006.

2.26 Устройства устойчивы к микросекундным импульсным помехам большой энергии по классу условий эксплуатации 3 и критерию качества функционирования В согласно СТБ ГОСТ Р 51522-2001, СТБ МЭК 61000-4-5-2006.

2.27 Устройства устойчивы к провалам, кратковременным прерываниям и изменениям напряжения по классу 1 и критерию качества функционирования В согласно СТБ ГОСТ Р 51522-2001, СТБ МЭК 61000-4-11-2006.

2.28 Средняя наработка на отказ устройств с учетом технического обслуживания не менее 50000 ч.

2.29 Среднее время восстановления работоспособности состояния устройств не более 2 ч.

2.30 Средний срок службы устройств не менее 10 лет.

### 3 Комплектность

#### 3.1 Комплект поставки соответствует указанному в таблице 3.1

Таблица 3.1

Обозначение	Наименование	Количество	
		ЦП8512/1, ЦП8512/2 ЦП8512/5, ЦП8512/6	ЦП8512/3, ЦП8512/4
ЗЭП.499.120	Устройство измерительное ЦП8512	1	1
ГОСТ 6651	Термопреобразователь сопротивления*	1	-
ЗЭП.499.022 ПС	Паспорт	1	1
МП.ВТ.101-2004	Методика поверки **	1	1
ЗЭП.499.022 РЭ	Руководство по эксплуатации **	1	1
8ЭП.832.781	Коробка картонная упаковочная	1	1
<p>* Тип и необходимость поставки термопреобразователя сопротивления для ЦП8512/1, ЦП8512/2, ЦП8512/5, ЦП8512/6 указывается при заказе.</p> <p>** Для партии устройств, предназначенных одному потребителю, количество экземпляров руководства по эксплуатации и методики поверки должны оговариваться при заказе.</p>			

### 4 Конструкция

#### 4.1 Устройства конструктивно состоят из следующих основных узлов:

- корпуса;
- крышки;
- платы управления и индикации;
- платы источника питания.

4.2 Корпус и крышка устройств выполнены из пластмассы. Крышка к корпусу крепится при помощи защелок.

Для того чтобы открыть крышку необходимо освободить защелки.

4.3 Устройства имеют цифровой индикатор для отображения значения измеряемого сигнала.

4.4 На задней стенке корпуса расположены клеммы для подключения устройств к измерительной цепи, цепи питания, выходной цепи, цепи интерфейса.

4.5 Модификация ЦП8512/1, ЦП8512/2, ЦП8512/5, ЦП8512/6 имеет встроенное в устройства реле. При измерении температуры устройства работают в комплекте с датчиком температуры – термопреобразователем сопротивления медным со статической характеристикой 100М (далее – ТСМ -100М) с  $W_{100} = 1,4280$  или термопреобразователем сопротивления платиновым со статической характеристикой 100П (далее – ТСП-100П)

$W_{100} = 1,3910$  или  $W_{100} = 1,3850$  по ГОСТ 6651.

При отсутствии в заказе типа термопреобразователя, устройства настраиваются для работы с термопреобразователем сопротивления ТСП-100П.

При помощи кнопок, расположенных на передней панели, в память устройств заносятся два любые значения температуры T1 и T2 ( $T1 < T2$ ) из диапазона измерений температуры. При достижении температуры T1 контакты реле замкнутся и засветится светодиод под надписью "реле", а при значении T2 – контакты реле разомкнутся, а светодиод погаснет.


Режимы коммутации внешней электрической цепи следующие:

- по переменному току допускается предельный режим с напряжением от 0 до 250 В и током от 0,05 до 4 А;
- по постоянному току допускается предельный режим с напряжением от 0 до 24 В и током от 0,005 до 5 А, а также напряжением от 30 до 250 В с током, который уменьшается по экспоненте от 5 до 0,3 А.

## 5 Маркировка и пломбирование

5.1 На крышке устройств находится этикетка с указанием всех необходимых параметров устройств. Этикетка со схемой подключения внешних цепей находится на задней стенке корпуса.

Все знаки и надписи должны быть отчетливо видны оператору:

«  » - символ оборудования, защищенного двойной или усиленной изоляцией;

«~» - символ переменного тока;

«—» - символ постоянного тока;



- знак утверждения типа.

Кнопка «☀» - при нажатии этой кнопки циклически устанавливается один из трех уровней яркости индикации.

кнопка "P" – "режимы", при нажатии на нее переключаются режимы измерения и задания значений уставок по температуре, а на цифровом индикаторе отображаются выбранные режимы.

5.2 Устройства имеют наклейки со штампом отдела технического контроля и штампом поверителя в месте соединения корпуса и крышки для защиты от несанкционированного доступа.

5.3 На транспортной таре нанесены манипуляционные знаки "Верх", "Хрупкое. Осторожно", "Беречь от влаги" по ГОСТ 14192-96.

## 6 Размещение и монтаж

6.1 Разметка места крепления устройств проводится в соответствии с установочными размерами, приведенными в приложении Б.

6.2 Установить устройства на рабочее место, закрепить с помощью фиксаторов и подсоединить внешние цепи в соответствии со схемой подключения (приложение В). В устройстве используются пружинные контакты. Для подключения внешних цепей необходимо на конце каждого подводящего провода снять изоляцию длиной 8-9 мм. При помощи отвертки шириной лезвия 3 мм нажать на рычаг в пазах соединителя и вставить провод внутрь отверстия для подключения до упора, после чего отпустить пружину.

При подключении многожильного провода не должно быть касания жилы частей другой полярности или доступных токопроводящих частей при сгибании провода во всех доступных направлениях, не должно происходить заворачивание изоляции.

6.3 При включении устройств рекомендуется соблюдать следующую последовательность действий:

- подать напряжение питания;
- подать на вход измеряемую частоту или температуру.

На цифровом индикаторе устройств появится значение измеряемой частоты или температуры.

6.4 При подключении внешних исполнительных устройств (реле, контакторы) необходимо руководствоваться рекомендациями приложения Д.

6.5 Все работы по монтажу и эксплуатации должны проводиться с соблюдением действующих правил, обеспечивающих безопасное обслуживание и эксплуатацию электроустановок.

Обеспечиваемая оборудованием защита может оказаться неэффективной, если оборудование эксплуатируют способом не указанным изготовителем.

## 7 Указания по эксплуатации

7.1 Выбор режима работы обеспечивается с помощью кнопок, расположенных на передней панели:

- кнопка “№” – “номер”, при нажатии на нее на цифровом индикаторе отображается сетевой номер устройства, а при повторном нажатии версия программного обеспечения т.д. по кругу;

- кнопка “Р” – “режимы”, при нажатии на нее переключаются режимы измерения и задания значений уставок по температуре, а на цифровом индикаторе отображаются выбранные режимы:

Р1 – режим измерения и вывода на индикацию измеренного значения частоты.

На верхнем индикаторе высвечивается “Р-1”. На нижнем индикаторе высвечивается “Hz”;

Р2 – режим измерения и вывода на индикацию измеренного значения температуры. На верхнем индикаторе высвечивается “Р-2”. На нижнем индикаторе высвечивается “°C”;

Р3 – режим поочередного измерения и вывода на индикацию измеренного значения частоты (примерно 50 сек) и температуры (примерно 10 сек). На верхнем индикаторе высвечивается “Р-3”. На нижнем индикаторе высвечивается “Hz”;

Т1 – режим задания нижнего значения температуры (уставка Т1), при котором происходит замыкание контактов реле. На верхнем индикаторе высвечивается значение уставки в °C. На нижнем индикаторе высвечивается “Т1”;

Т2 – режим задания верхнего значения температуры (уставка Т2), при котором происходит размыкание контактов реле ( $T1 < T2$ ). На верхнем индикаторе высвечивается значение уставки в °C. На нижнем индикаторе высвечивается “Т2”;

- кнопка “☀” – “яркость”, при нажатии на нее циклично изменяется уровень яркости свечения светодиодных индикаторов в следующей последовательности: высокая яркость – средняя яркость – низкая яркость – высокая яркость и т. д. При нажатии на кнопку после задания режимов кнопкой “Р” происходит переход к индикации измеренного значения в соответствии с установленным режимом (Р1, Р2 или Р3).

## 7.2 Задание значений уставок Т1 и Т2

Необходимое значение уставок устанавливается поразрядно.

Для задания нижнего значения температуры (уставка Т1) необходимо выполнить действия:

- кнопкой "Р" установить на нижнем индикаторе "Т1";
- нажать кнопку "☀" старший разряд начнет мигать;
- нажать кнопку "☀" старший разряд начнет мигать в два раза чаще;
- кнопками "№" и "Р" установить необходимое значение старшего разряда;
- нажать кнопку "☀" старший разряд начнет медленно мигать;
- кнопками "№" и "Р" выбрать следующий разряд.

Нажать "☀" и повторить действия аналогичные при установке старшего разряда. Таким образом при медленном мигании выбирается разряд, а при быстром устанавливается значение выбранного разряда. После установки значения младшего разряда нажимаем кнопку "☀", при этом младший разряд начинает медленно мигать. Длительно до погасания верхнего индикатора нажимаем кнопку "☀", после этого происходит запоминание заданного значения в энергонезависимую память устройства. Значение уставки Т1 должно быть меньше значения Т2, в противном случае ввод невозможен.

Для задания верхнего значения температуры (уставка Т2) необходимо кнопкой "Р" установить на нижнем индикаторе "Т2" и выполнить действия аналогичные действиям при задании Т1.

## 8 Меры безопасности

8.1 По степени защиты от поражения электрическим током устройства соответствуют оборудованию класса II по ГОСТ 12.2.091-2002.

8.2 Персонал, допущенный к работе с устройствами, должен:

- знать устройства в объеме настоящего РЭ;
- иметь допуск к работе с электрическими установками напряжением до 1000 В.

8.3 Запрещается:

- проводить внешние присоединения, не отключив напряжение измерительной цепи по частоте, напряжение питания и напряжение цепи коммутации;
- эксплуатировать устройства при обрывах проводов внешних присоединений;



8.4 Опасные факторы – напряжение измерительной цепи по частоте и напряжение цепи питания 220(100) В, напряжение цепи коммутации до 250 В.

Меры защиты от опасного фактора:

– соблюдение условий п.8.2, п.8.3.

В случае возникновения аварийных ситуаций и режимов работы устройства необходимо немедленно отключить.

Аппараты защиты от аварийного режима работы устанавливаются на щитах (панелях) вблизи устройств и легкодоступны оператору. Параметры аппаратов защиты определяются проектами систем, в которых применяются устройства.

8.5 При эксплуатации устройств должны соблюдаться требования документов: "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей".

8.6 Противопожарная защита в помещениях, где эксплуатируются устройства достигается:

- применением автоматических установок пожарной сигнализации;
- применением средств пожаротушения;
- организацией своевременного оповещения и эвакуации людей.

## 9 Поверка устройств

9.1 Поверка проводится в соответствии с документом "Устройства измерительные ЦП8512. Методика поверки. МП.ВТ.101-2004".

Проверка работоспособности интерфейса RS-485 проводится по программе TEST\_ RS-485. программа приведена на сайте [www.electropribor.com](http://www.electropribor.com) порядок работы с программой приведен в приложении А.

## 10 Транспортирование

10.1 Транспортирование устройств может осуществляться закрытым железнодорожным и автомобильным транспортом по ГОСТ 12997-84.

10.2 Условия транспортирования устройств должны соответствовать условиям хранения 5 (ОЖ4) по ГОСТ 15150-69.

10.3 При необходимости особых условий транспортирования это должно быть оговорено специально в договоре на поставку.

10.4 В качестве транспортной тары применяются дощатые, фанерные ящики или ящики из древесноволокнистой плиты, соответствующие комплекту КД.

При упаковывании устройств в ящики масса брутто грузового места при пересылке железнодорожным и автомобильным транспортом не более 80 кг, при пересылке почтой – не более 20 кг.

Габаритные размеры грузового места (длина, ширина и высота) не более 940×610×520 мм.

10.5 При погрузке, разгрузке и транспортировании устройств необходимо руководствоваться требованиями, обусловленными манипуляционными знаками "Верх", "Хрупкое. Осторожно", "Беречь от влаги" по ГОСТ 14192-96, нанесенными на транспортную тару.

## 11 Хранение

11.1 Хранение устройств на складах должно проводиться на стеллажах в упаковке предприятия-изготовителя при температуре окружающего воздуха от 5 до 40 °С и относительной влажности воздуха не более 80 % при температуре 25 °С (условия хранения 1(Л) по ГОСТ 15150-69).

В помещениях для хранения не должно быть пыли, а также газов и паров, вызывающих коррозию.

11.2 Помещения для хранения устройств должны быть оборудованы автоматическими установками пожарной сигнализации и средствами пожаротушения.

## 12 Утилизация

12.1 По окончании срока службы устройства направляют на утилизацию. Утилизация осуществляется по утвержденным у потребителя нормативным правовым актам.

12.2 устройства не содержат веществ и компонентов, вредно влияющих на окружающую среду и здоровье человека, поэтому особых мер по защите при утилизации не требуется.

## 13 Гарантии изготовителя

13.1 Изготовитель гарантирует соответствие устройств требованиям технических условий ТУ РБ 300080696.022-2004 и настоящего РЭ при соблюдении условий транспортирования, хранения и эксплуатации.

13.2 Гарантийный срок эксплуатации – 18 месяцев со дня ввода устройств в эксплуатацию.

Гарантийный срок хранения – 6 месяцев с момента изготовления устройств.

13.3 По вопросам гарантийного обслуживания и ремонта обращаться к изготовителю

13.4 Изготовитель не осуществляет гарантийное обслуживание при нарушении сохранности наклеек со штампами ОТК и поверителя.

13.5 Сервисное обслуживание в послегарантийный период изготовитель осуществляет по отдельному договору.

## Приложение А (справочное)




### Протоколы обмена устройств с ПЭВМ

При подаче питания на устройство сначала на его цифровом индикаторе высвечивается установленное значение скорости обмена данными устройства с ПЭВМ из ряда 1200, 2400, 4800, 9600 бод, а затем символ «nb» и «EP» протокола обмена данными, активированного в устройстве в данный момент времени (nb – протокол обмена данными «MODBUS (RTU)», EP – протокол обмена данными «МНПП «Электроприбор»)). Выбор конкретного протокола обмена данными устройства с ПЭВМ осуществляется при помощи служебной программы «Pswitch.exe», для этого необходимо последовательно выполнить следующие операции:

- подключить устройство к ПЭВМ через преобразователь интерфейса RS-485 в RS-232;
- подать питание на устройство;
- запустить служебную программу «Pswitch.exe»;
- настроить параметры порта, к которому подключено устройство;
- нажать кнопку «Чтение», после чего в соответствующем окне появится тип активированного протокола в устройстве;
- выбрать в окне «Тип протокола» нужный протокол обмена (MB – протокол обмена данными «MODBUS (RTU)», EP – протокол обмена данными «МНПП «Электроприбор»);
- нажать кнопку «Запись».

Проверка работоспособности интерфейса RS-485 и установка переменных параметров устройства (шкалы, сетевого адреса и т.д.) проводится при помощи служебной программы «Test\_RS485» для чего необходимо последовательно выполнить следующие операции:

- подключить устройство к ПЭВМ через преобразователь интерфейса RS-485 в RS-232;
- подать питание на устройство;
- запустить служебную программу «Test\_RS485» с помощью ярлыка или через меню «Пуск»;
- настроить порт для чего перейти в меню «Настройка», выбрать номер порта ПЭВМ, скорость канала связи (по умолчанию устройство поставляется инициализированным на скорость 9600 бод) и тип протокола обмена данными;
- ввести в окно «Номер прибора» сетевой адрес устройства;
- набрать необходимые значения параметров устройства в соответствующих окнах;

- нажать кнопку  “ и записать их в энергонезависимую память устройства;
  - нажать кнопку  “ в соответствующих полях и проверить записанную информацию в памяти устройства;
  - перейти в меню “Показания” для чтения показаний измеренных устройством величин;
  - нажать кнопку  Чтение показаний“;
  - нажать кнопку “⊘ Стоп”;
  - отключить питание устройства и отключить устройство от ПЭВМ.
- Указанные выше служебные программы приведены на сайте [www.electropribor.com](http://www.electropribor.com).

### Протокол обмена устройств с ПЭВМ «MODBUS (RTU)»

#### Коды функций, используемые в протоколе связи MODBUS

Код	Значение в MODBUS	Действие
03	Считывание регистров хранения	Получение данных от устройства
06	Задание записи в один из регистров	Передача данных к устройству
16	Задание записи в несколько регистров	Передача данных к устройству

#### Подробное описание команд.

##### Получение данных от устройства (код функции 03)

###### Запрос:

Адрес устройства	Функция (03)	Стартовый адрес	Число слов	Контроль ошибок
1 байт	1 байт	2 байта	2 байта	2 байта

Значение полей сообщений:

**Стартовый адрес** Адрес первого слова в таблице, подлежащей считыванию

**Число слов** Число слов, подлежащих считыванию из таблицы

###### Ответ:

Адрес устройства	Функция (03)	Число байтов	1-е слово данных	...	N-е слово данных	Контроль ошибок
1 байт	1 байт	1 байт	2 байта		2 байта	2 байта

**Запись данных в один регистр (код функции 06)****Запрос:**

Адрес устройства	Функция (06)	Стартовый адрес	Значение данных СБ	Значение данных МБ	Контроль ошибок
1 байт	1 байт	2 байта	1 байт	1 байт	2 байта

Значение полей сообщений:

**Стартовый адрес** Адрес слова, подлежащего записи**Значение данных** Данные, подлежащие записи  
(СБ – старший байт, МБ – младший байт)**Ответ:** Нормальная реакция на требование записи – ретрансляция запроса**Запись данных в несколько регистров (код функции 16)****Запрос:**

Адрес устройства	Функция (16)	Стартовый адрес	Число слов	Число байтов
1 байт	1 байт	2 байта	2 байта	2 байта

1-е слово данных	...	...	...	N-е слово данных	Контроль ошибок
2 байта	...	...	...	2 байта	2 байта

Значение полей сообщений:

**Стартовый адрес** Адрес слова в таблице, подлежащей записи**Число слов** Число слов, которые должны быть записаны в таблице**Число байт** Число байт, которые должны быть записаны в таблице**Ответ:**

Адрес устройства	Функция (16)	Стартовый адрес	Число слов	Контроль ошибок
1 байт	1 байт	2 байта	2 байта	2 байта

**Аномальные ответы.**

Устройство посылает аномальный ответ, если в принятом сообщении обнаруживаются ошибки. Для индикации того, что данный ответ является уведомлением об ошибке. Старший разряд кода функции устанавливается в 1.

Формат аномального ответа:

Адрес устройства	Функция – старший разряд устанавливается в 1	Код ответа	Контроль ошибок
1 байт	1 байт	1 байт	2 байта

Коды аномальных ответов в протоколе MODBUS:

<b>01</b>	Принятый код функции не может быть обработан устройством.
<b>02</b>	Адрес данных указанный в запросе не доступен данному устройству.
<b>03</b>	Величина содержащаяся в поле данных запроса является не допустимой величиной для устройства.
<b>04</b>	Невосстанавливаемая ошибка имела место пока устройство пыталось выполнить затребованное действие.

### Чтение информации (код функции 03)

#### Чтение данных измерений.

Параметр	Адрес	Размерность (байты)	Представление
Значение 1	0	4	float
Значение 2	4	4	float
...	...	...	...
Значение N	$0 + N \cdot 4$	4	float

где:

N – число измеряемых параметров.

#### Чтение характеристик измеряемой информации.

<i>Структура запрашиваемой информации</i>		
Параметр	Размерность	Представление
Масштабный коэффициент	4 байта	float
Единица измерения	2 байта	unsigned short
Положение десятичной точки	2 байта	unsigned short

Параметр	Адрес	Размерность (байты)	Представление
Значение 1	100	8	struct
Значение 2	108	8	struct
...	...	...	...
Значение N	$100 + N \cdot 8$	8	struct

где:

N – число измеряемых параметров.

**Чтение значений верхнего предела.**

Параметр	Адрес	Размерность (байты)	Представление
Значение 1	200	2	unsigned short
Значение 2	202	2	unsigned short
...	...	...	...
Значение N	200 + N*2	2	unsigned short

где:

N – число измеряемых параметров.

**Чтение информации о конфигурации устройства.**

Параметр	Адрес	Размерность (байты)	Представление
Количество измеряемых параметров.	1000	2	unsigned short
Сетевой адрес	1002	2	unsigned short
NCoeff	1004	2	unsigned short
Яркость	1006	2	unsigned short
Номер устройства	1008	2	unsigned short
Год выпуска	1010	2	unsigned short
Версия программы	1012	2	unsigned short

**Чтение дополнительной информации.**

Параметр	Адрес	Размерность (байты)	Представление
Значение	1100	64	string

*Примечание:*

Устройство контролирует объем запрашиваемой информации, а также попытки чтения информации с адресов, не кратных размерности. При этом генерируется аномальный ответ.

**Чтение уточненной информации о причине аномального ответа.**

Параметр	Адрес	Размерность (байты)	Представление
Значение	2040	2	unsigned short

Коды ошибок:

Код	Описание
0x40	начало информации не кратно размерности
0x41	размер запрашиваемой информации превышает допустимую величину
0x42	по запрашиваемому адресу информация отсутствует или закрыта
0x43	не указан точный размер информации
0x44	недопустимый сетевой адрес
0x45	попытка установить недопустимое значение
0x46	на изменяемый параметр установлена аппаратная защита
0x47	передан неверный пароль

### Запись информации (код функции 06)

Параметр	Адрес	Размерность (байты)	Ограничение	Представление
сетевой адрес	1002	2	$1 < VAL < 247$	unsigned short
NCоef	1004	2	$0 \leq VAL < 2$	unsigned short
Яркость	1006	2	$0 \leq VAL < 5$	unsigned short
Номер устройства	1008	2	$0 < VAL$	unsigned short
Год выпуска	1010	2		unsigned short
Скорость интерфейса	1014	2	$0 \leq VAL < 5$ 0 – 600 1 – 1200 2 – 2400 3 – 4800 4 – 9600	unsigned short
Контроль четности	1016	2	$0 \leq VAL < 3$ 0 – контроль отключен 1 – нечетный (odd) 2 – четный (even)	unsigned short

где: VAL – величина параметра.

### Запись информации (код функции 16)



**Запись характеристик измеряемой информации.***Структура изменяемой информации*

<b>Параметр</b>	<b>Размерность</b>	<b>Ограничение</b>	<b>Представление</b>
Масштабный коэффициент	4 байта	$0 < VAL < 9999.0$	float
Единица измерения	2 байта	?	unsigned short
Положение десятичной точки	2 байта	$0 < VAL < 3$	unsigned short

<b>Параметр</b>	<b>Адрес</b>	<b>Размерность (байты)</b>	<b>Представление</b>
Значение 1	100	8	struct
Значение 2	108	8	struct
...	...	...	...
Значение N	$100 + N*8$	8	struct

где: N – число измеряемых параметров;  
VAL – величина параметра.

**Запись дополнительной информации.**

<b>Параметр</b>	<b>Адрес</b>	<b>Размерность (байты)</b>	<b>Представление</b>
Значение	1100	64	string

## Протокол обмена устройств с ПЭВМ «МНПП «Электроприбор»

Командно-информационный обмен управляющего компьютера с устройствами осуществляется в пакетном режиме по принципу “команда-ответ”. В качестве физической среды передачи информации используется канал интерфейса RS-485 со следующими параметрами:

Скорость передачи – 9600 бод;

Режим передачи – 8 бит без проверки на четность, 1 стоп-бит, младшие биты вперед;

Способ представления информации смешанный.

Каждый пакет состоит из нескольких полей, передающихся друг за другом без разрывов во времени.

Перечень полей командных и ответных пакетов (в порядке следования) приведен в таблице 1

Таблица 1

Название поля	Условное обозначение	Длина поля (байт)	Примечания
Поле адреса	ADDR	2	—
Поле команды	CMD	1	Двоичный код команды
Поле данных	-	0 ... 64	Может отсутствовать (в зависимости от типа и назначения пакета)
Поле контрольной суммы	CRC	2	2-х байтовый циклический избыточный код, вычисляемый по всем предшествующим байтам данного пакета

Признаком конца пакета служит отсутствие передачи на линии в течение 0,025 с, после окончания передачи стоп-бита последнего байта.

Пакеты с некорректной контрольной суммой отбрасываются (считаются не поступившими).

Система сетевых команд устройств с разделением на функциональные группы приведена в таблице 2

Таблица 2

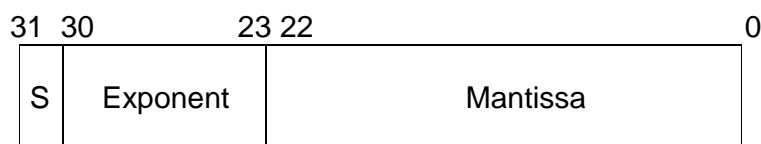
Функциональное назначение	16-ричный код команды	Структура командного пакета	Длина командного пакета, байт	Структура ответного пакета	Длина ответного пакета, байт
<b>Команды установки</b>					
Установка нового адреса	CMD = 00h	ADDR-CMD-newADDR -CRC	7	newADDR -CMD-CODE-CRC	6
Установка скорости обмена	CMD = 02h	ADDR-CMD-speed-CRC	6	ADDR-CMD-CODE-CRC	6
Установка яркости индикации	CMD = 03h	ADDR-CMD-displ-CRC	6	ADDR-CMD-CODE-CRC	6
Установка T1	CMD = 07h	ADDR-CMD-T1-CRC	9	ADDR-CMD-CODE-CRC	6
Установка T2	CMD = 08h	ADDR-CMD-T2-CRC	9	ADDR-CMD-CODE-CRC	6
Запись дополнительной информации	CMD = 05h	ADDR-CMD-info-CRC	69	ADDR-CMD-CODE-CRC	6
<b>Команды чтения</b>					
Чтение текущих показаний	CMD = 40h	ADDR-CMD-param-CRC	6	ADDR-CMD-(nnnn)-CODE -CRC	10
Чтение яркости индикации	CMD = 43h	ADDR-CMD-CRC	5	ADDR-CMD-displ-CRC	6
Чтение T1	CMD = 47h	ADDR-CMD-CRC	5	ADDR-CMD-T1-CODE -CRC	10
Чтение T2	CMD = 48h	ADDR-CMD-CRC	5	ADDR-CMD-T2-CODE -CRC	10
Чтение идентификационных данных	CMD = 44h	ADDR-CMD-CRC	5	ADDR-CMD-serial-nparam-CRC	9
Чтение дополнительной информации	CMD = 45h	ADDR-CMD-CRC	5	ADDR-CMD-info-CRC	69
<b>Групповые команды установки</b>					
Установка яркости индикации	CMD = 03h	FFFFh-CMD-displ-CRC	6	—	—
Групповые команды введены для увеличения скорости программирования параметров устройств в системе. Групповую команду выполняют все устройства. Ответа на команду устройства не дают.					

Условные обозначения, использованные в таблице 2 приведены в таблице 3.

Таблица 3

Сокращение	Длина, байт	Способ представления	Диапазон возможных значений	Назначение
ADDR	2	двоичный	0...7FFFh	Поле адреса (младший байт вперед)
CMD	1	- " -	0...FFh	Поле кода команды
CRC	2	- " -	0...FFFFh	Поле контрольной суммы пакета
newADDR	2	- " -	0...7FFFh	Новый адрес
speed	1	- " -	0...4h	Скорость обмена: 0 –600, 1 – 1200, 2 – 2400, 3 – 4800, 4 –9600 бод
nnnn	4	- " -	0...FFFFFFFFh	Значение текущих показаний: 1-4-й байт – число формата float
serial	3	- " -	0...FFFFFFh	Серийный номер прибора (ст.байт – последние две цифры года выпуска, мл. байты – серийный номер устройства)
displ	1	- " -	0...2h	0 – наибольшая яркость индикации 2 – наименьшая яркость индикации
param	1	- " -	0...FFh	Номер запрашиваемого параметра 1 – частота; 2 – температура
nparam	1	- " -	0...FFh	Число измеряемых параметров
CODE	1	- " -	0...FFh	Подтверждение правильности выполнения команды (код ошибки): 0 – команда выполнена, другие значения – команда не выполнена
info	64	- " -	—	Содержится текстовая информация
T1,T2	4	- " -	0...FFFFFFFFh	Уставки 1-4-й байт – число формата float -50.0<T1<T2<50.0

Описание 4-байтного формата float.



Значение числа формата float (F) вычисляется по формуле

$$F = (-1)^S * 2^{(Exponent-127)} * 1.Mantissa,$$

где S – знак числа формата float.

Нулевое значение числа формата float соответствует нулям во всех четырех байтах.

**Приложение Б  
(обязательное)**

**Габаритные и установочные размеры устройств**

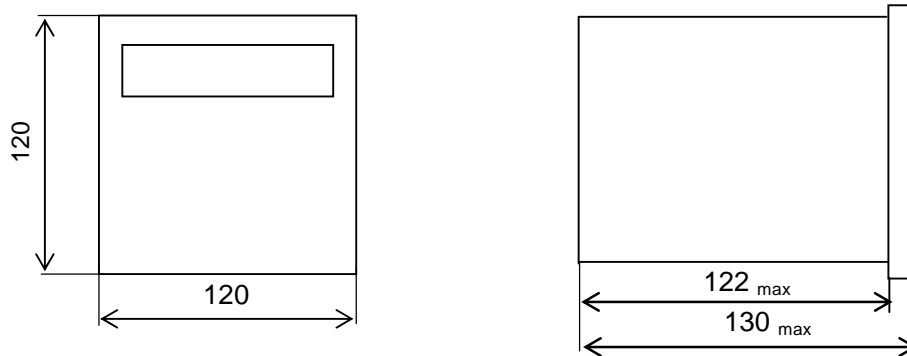


Рисунок Б.1 – Габаритные размеры устройств

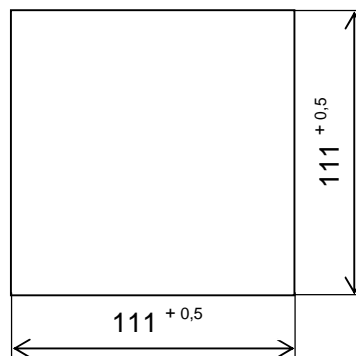


Рисунок Б.2 – Установочные размеры устройств

## Приложение В (обязательное)

### Схемы электрические подключения устройств



#### Примечания

- 1  $t^{\circ}$  – термопреобразователь сопротивления типа ТСП или ТСМ;
- 2 В конструктивном исполнении ЦП8512/1, ЦП8512/3 отсутствует интерфейс RS-485;
- 3 В конструктивном исполнении ЦП8512/3, ЦП8512/4 отсутствует цепь коммутации и цепь подключения термопреобразователя.

Рисунок В.1 – Схема электрическая подключения ЦП8512/1, ЦП8512/2, ЦП8512/3, ЦП8512/4 с питанием от измерительной цепи по частоте напряжением 220 (100) В



#### Примечания

- 1  $t^{\circ}$  – термопреобразователь сопротивления типа ТСП или ТСМ;
- 2 В конструктивном исполнении ЦП8512/5 отсутствует интерфейс RS-485 и выход.

Рисунок В.2 – Схема электрическая подключения ЦП8512/5, ЦП8512/6 с питанием от сети переменного тока напряжением 220 В



**Примечания**

- 1 В конструктивном исполнении ЦП8512/3 отсутствует интерфейс RS-485;
- 2 При питании от сети постоянного тока напряжением 40 – 70 В на клемму 3 подается « - », на клемму 4 подается « + ».

Рисунок В.3 – Схема электрическая подключения ЦП8512/3, ЦП8512/4 с универсальным питанием или питанием от сети постоянного тока напряжением 40 – 70 В



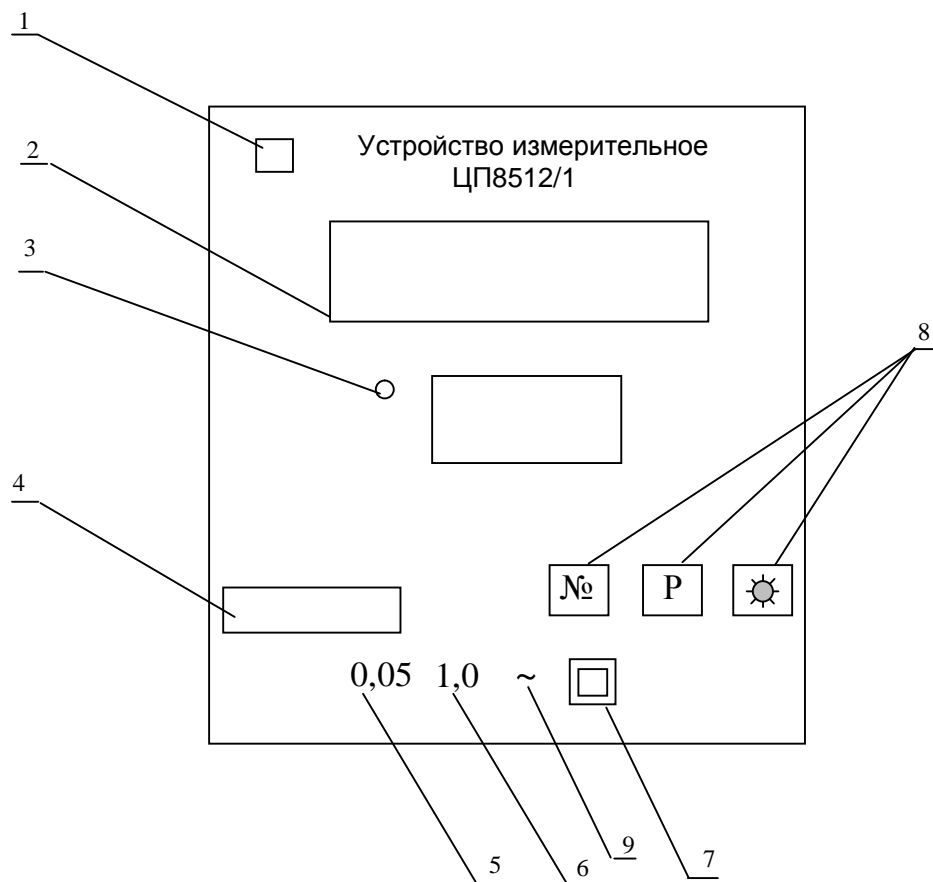
**Примечания**

- 1  $t^{\circ}$  – термопреобразователь сопротивления типа ТСП или ТСМ;
- 2 В конструктивном исполнении ЦП8512/5 отсутствует интерфейс RS-485 и выход.

Рисунок В.4 – Схема электрическая подключения ЦП8512/5, ЦП8512/6 с универсальным питанием

Приложение Г  
(обязательное)

Передняя панель устройств



- 1 – место расположения Знака Государственного реестра;
- 2 – цифровой индикатор;
- 3 – светодиодный индикатор замыкания контактов реле;
- 4 – место расположения товарного знака и наименования изготовителя;
- 5 – основная погрешность по частоте;
- 6 – основная погрешность по температуре;
- 7 – символ класса защиты II;
- 8 – кнопки (функциональное назначение кнопок приведено в разделе 7);
- 9 – символ переменного тока.

Рисунок Г.1



Приложение Д  
(справочное)

Методы снижения уровня электромагнитных помех.  
Индуктивные нагрузки и электромагнитная совместимость (ЭМС).

Источником электромагнитных помех является дуговой разряд возникающий на контактах реле при работе с индуктивной нагрузкой.

Требования ЭМС являются обязательным условием работы электротехнического оборудования и понимаются как:

- способность оборудования нормально работать в условиях воздействия мощных электромагнитных помех,
- свойство не создавать при работе электромагнитные помехи более предписанного стандартами уровня.

Реле малочувствительно к высокочастотным помехам, но присутствие мощных электромагнитных полей вблизи катушки реле влияет на напряжение включения и выключения реле. При установке реле рядом с трансформаторами, электромагнитами и электродвигателями обязательно требуется экспериментальная проверка правильности срабатывания и выключения реле. При установке большого количества реле вплотную на одной монтажной панели или на печатной плате также имеется взаимовлияние работы одного реле на напряжение включения и выключения остальных реле. В каталогах иногда даются указания на минимальное расстояние между однотипными реле, гарантирующие их нормальную работу. При отсутствии таких указаний можно пользоваться эмпирическим правилом, по которому расстояние между центрами катушек реле должно быть не менее 1,5 от величины их диаметра. При необходимости плотного монтажа реле на печатной плате требуется опытная проверка взаимовлияния реле.

Электромагнитное реле может создавать мощные помехи, особенно при работе с индуктивными нагрузками. Показанный на рисунке Д.5 высокочастотный сигнал является мощной помехой, способной повлиять на нормальную работу чувствительного электронного оборудования, работающего рядом с реле. Частота помехи колеблется от 5 до 50 МГц, а мощность этой помехи составляет несколько сотен мВт, что совершенно недопустимо по современным нормам ЭМС. Искрогасящие цепи позволяют довести уровень помех от релейного оборудования до предписываемого стандартами безопасного уровня.

Применение реле в заземленных металлических корпусах положительно сказывается на ЭМС, но необходимо помнить, что при заземлении металлического корпуса у большинства реле снижается напряжение изоляции между контактами и катушкой.

### Основные положения.

Для уменьшения уровня электромагнитных помех и степени повреждения контактов дуговыми разрядами применяются:

- специальные реле с большими контактными промежутками (до 10 мм и более) и высокой скоростью выключения, обеспечиваемой сильными контактными пружинами;
- магнитный обдув контактов, реализуемый установкой постоянного магнита или электромагнита в плоскости контактного промежутка. Магнитное поле препятствует появлению и развитию дуги и эффективно оберегает контакты от обгорания;
- искрогасящие цепи, устанавливаемые параллельно контактам реле или параллельно нагрузке.

Первые два способа гарантируют высокую надежность за счет конструктивных мер при разработке реле. Внешних элементов защиты контактов при этом обычно не требуется, но специальные реле и магнитный обдув контактов достаточно экзотичны, дороги и отличаются большими размерами и солидной мощностью катушки (у реле с большим расстоянием между контактами сильные контактные пружины).

Промышленная электротехника ориентируется на недорогие стандартные реле, поэтому применение искрогасящих цепей является наиболее распространенным способом гашения дуговых разрядов на контактах и снижения уровня помех.

### Защитные схемы

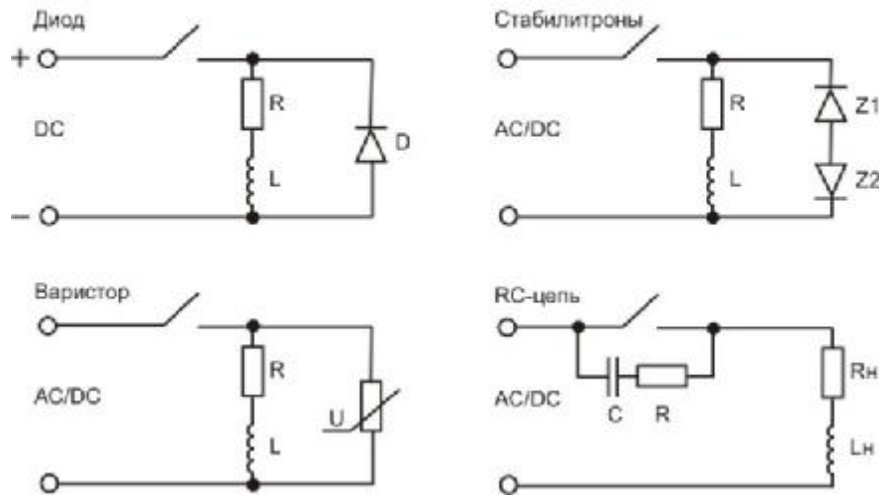


Рисунок Д.1

Теоретически для гашения дуги можно использовать многие физические принципы, но на практике находят применение следующие эффективные и экономичные схемы:

- RC-цепи;
- обратные диоды;
- варисторы;
- комбинированные схемы, например, варистор + RC-цепь.

Защитные цепи можно включать:

- параллельно индуктивной нагрузке;
- параллельно контактам реле;
- параллельно контактам и нагрузке одновременно.

На рисунке Д.1 показано типовое включение защитных схем при работе на постоянном токе.

### Диодная схема (только для цепей постоянного тока).

Самая дешевая и широко применяемая схема для подавления напряжения самоиндукции. Кремниевый диод включается параллельно индуктивной нагрузке, при замыкании контактов и в установившемся режиме не оказывает никакого воздействия на работу схемы. При отключении нагрузки возникает напряжение самоиндукции, обратное по полярности рабочему напряжению, диод открывается и шунтирует индуктивную нагрузку.

Не следует считать, что диод ограничивает обратное напряжение на уровне прямого падения напряжения, равного 0.7...1 В. Вследствие конечного внутреннего сопротивления падение напряжения на диоде зависит от тока через диод. Мощные индуктивные нагрузки способны развивать импульсные токи самоиндукции до десятков ампер, что для мощных кремниевых диодов соответствует падению напряжения около 10...20 В. Диоды исключительно эффективно устраняют дуговые разряды и предохраняют контакты реле от обгорания лучше, чем любые другие схемы искрогашения.

Правила выбора обратного диода:

- рабочий ток и обратное напряжение диода должны быть сравнимы с номинальным напряжением и током нагрузки. Для нагрузок с рабочим напряжением до 250 VDC и рабо-

чим током до 5 А вполне подходит распространенный кремниевый диод 1N4007 с обратным напряжением 1000 VDC и максимальным импульсным током до 20 А;

- выводы диода должны быть как можно короче;
- диод следует припаивать (привинчивать) непосредственно к индуктивной нагрузке, без длинных соединительных проводов - это улучшает ЭМС при процессах коммутации.

Достоинства диодной схемы:

дешевизна и надежность, простой расчет, предельно достижимая эффективность.

Недостатки диодной схемы:

диоды увеличивают время выключения индуктивных нагрузок в 5...10 раз, что очень нежелательно для нагрузок типа реле или контакторов (контакты размыкаются медленнее, что способствует их обгоранию), при этом диодная защита работает только в цепях постоянного тока.

Если последовательно с диодом включить ограничительное сопротивление, то влияние диодов на время выключения уменьшается, но дополнительные резисторы обуславливают более высокие обратные напряжения, чем только защитные диоды (на резисторе падает напряжение согласно закону Ома).

### Стабилитроны (для цепей переменного и постоянного тока).

Вместо диода параллельно нагрузке устанавливается стабилитрон, а для цепей переменного тока - два встречно-последовательно включенных стабилитрона. В такой схеме обратное напряжение ограничивается стабилитроном до напряжения стабилизации, что несколько снижает влияние искрозащитной цепи на время выключения нагрузки.

Учитывая внутреннее сопротивление стабилитрона, обратное напряжение на мощных индуктивных нагрузках будет больше напряжения стабилизации на величину падения напряжения на дифференциальном сопротивлении стабилитрона.

Выбор стабилитрона для схемы защиты:

- выбирается желаемое напряжение ограничения;
- выбирается необходимая мощность стабилитрона с учетом пикового тока, развиваемого нагрузкой при возникновении напряжения самоиндукции;
- проверяется истинное напряжение ограничения - для этого желателен эксперимент, а при измерении напряжения удобно пользоваться осциллографом.

Достоинства стабилитронов:

меньше задержка выключения, чем в диодной схеме, стабилитроны можно применять в цепях любой полярности, стабилитроны для маломощных нагрузок дешевы, схема работает на переменном и постоянном токе.

Недостатки стабилитронов:

меньше эффективность, чем в диодной схеме, для мощных нагрузок требуются дорогие стабилитроны, для очень мощных нагрузок схема со стабилитронами технически не реализуема.

### Варисторная схема (для цепей переменного и постоянного тока).

Металл-оксидный варистор имеет вольт-амперную характеристику, похожую на биполярный стабилитрон. До момента приложения к выводам напряжения ограничения варистор практически отключен от схемы и характеризуется только микроамперными токами утечки и внутренней емкостью на уровне 150...1000 пф. При увеличении напряжения варистор начинает плавно открываться, шунтируя своим внутренним сопротивлением индуктивную нагрузку.

При очень небольших размерах варисторы способны отводить большие импульсные токи: для варистора диаметром 7 мм разрядный ток может быть равен 500...1000 А (длительность импульса менее 100 мкс).

Расчет и монтаж варисторной защиты:

- задаются безопасным напряжением ограничения на индуктивной нагрузке;

- рассчитывается или измеряется ток, отдаваемый индуктивной нагрузкой при самоиндукции, для определения требуемого тока варистора;
- по каталогу подбирается варистор на требуемое напряжение ограничения, при необходимости варисторы можно устанавливать последовательно для подбора нужного напряжения;
- необходимо проверить: варистор должен быть закрыт во всем диапазоне рабочих напряжений на нагрузке (ток утечки менее 10...50 мкА);
- варистор необходимо монтировать на нагрузке по правилам, указанным для диодной защиты.

Достоинства варисторной защиты:

варисторы работают в цепях переменного и постоянного тока, нормированное напряжение ограничения, незначительное влияние на задержку выключения, варисторы дешевы, варисторы идеально дополняют защитные RC-цепи при работе с высокими напряжениями на нагрузке.

Недостаток варисторной защиты:

при применении только варисторов защита контактов реле от электрической дуги существенно хуже, чем в диодных цепях.

### RC-цепи (для постоянного и переменного тока).

В отличие от диодных и варисторных схем RC-цепи можно устанавливать как параллельно нагрузке, так и параллельно контактам реле. В некоторых случаях нагрузка физически недоступна для монтажа на ней искрогасящих элементов, и тогда единственным способом защиты контактов остается шунтирование контактов RC-цепями.

В основе принципа действия RC-цепи лежит тот факт, что напряжение на конденсаторе не может изменяться мгновенно. Напряжение самоиндукции носит импульсный характер, причем фронт импульса для типичных электротехнических устройств имеет длительность на уровне 1 мкс. При приложении такого импульса к RC-цепи напряжение на конденсаторе начинает возрастать не мгновенно, а с постоянной времени, определяемой значениями R и C.

Если считать внутреннее сопротивление источника питания равным нулю, то подключение RC-цепи параллельно нагрузке эквивалентно включению RC-цепи параллельно контактам реле. В этом смысле принципиального различия в установке элементов искрогасящей цепочки для разных схем включения нет.

### RC-цепь параллельно контактам реле.

Конденсатор (см. рисунок Д.2) при размыкании контактов реле начинает заряжаться. Если время заряда конденсатора до напряжения зажигания дуги на контактах выбирается большим, чем время расхождения контактов на расстояние, при котором дуга не может возникнуть, то контакты полностью защищены от появления дуги. Этот случай идеален и на практике маловероятен. В реальных случаях RC- цепь помогает при размыкании цепи поддерживать на контактах реле низкое напряжение и тем самым ослаблять влияние дуги.

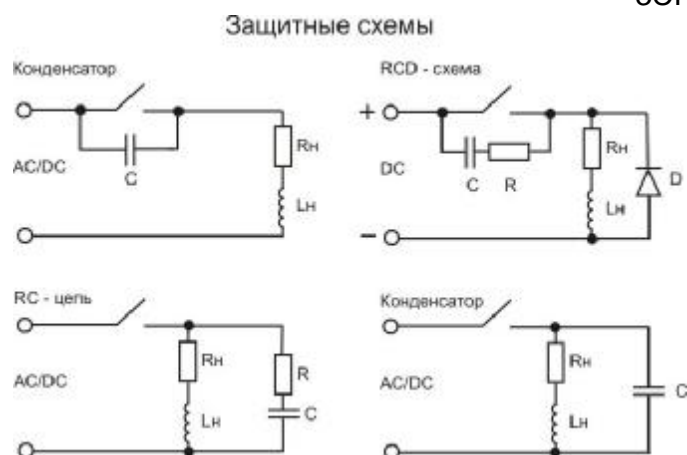


Рисунок Д.2

Защитные элементы можно включить как параллельно контактам, так и параллельно нагрузке.

При включении только одного конденсатора параллельно контактам реле схема защиты тоже в принципе работает, но разряд конденсатора через контакты реле при их замыкании приводит к броску тока через контакты, что нежелательно. RC-цепь в этом смысле оптимизирует все переходные процессы как при замыкании, так и при размыкании контактов.

### Расчет RC-цепи.

Проще всего пользоваться универсальной номограммой, показанной на рисунке Д.3. По известным напряжению источника питания  $U$  и току нагрузки  $I$  находят две точки на номограмме, после чего между точками проводится прямая линия, показывающая искомое значение сопротивления  $R$ . Значение емкости  $C$  отсчитывается по шкале рядом со шкалой тока  $I$ . Номограмма дает разработчику достаточно точные данные, при практической реализации схемы необходимо будет подобрать ближайшие стандартные значения для резистора и конденсатора RC-цепи.

### ЗАЩИТНАЯ RC - ЦЕПЬ ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ

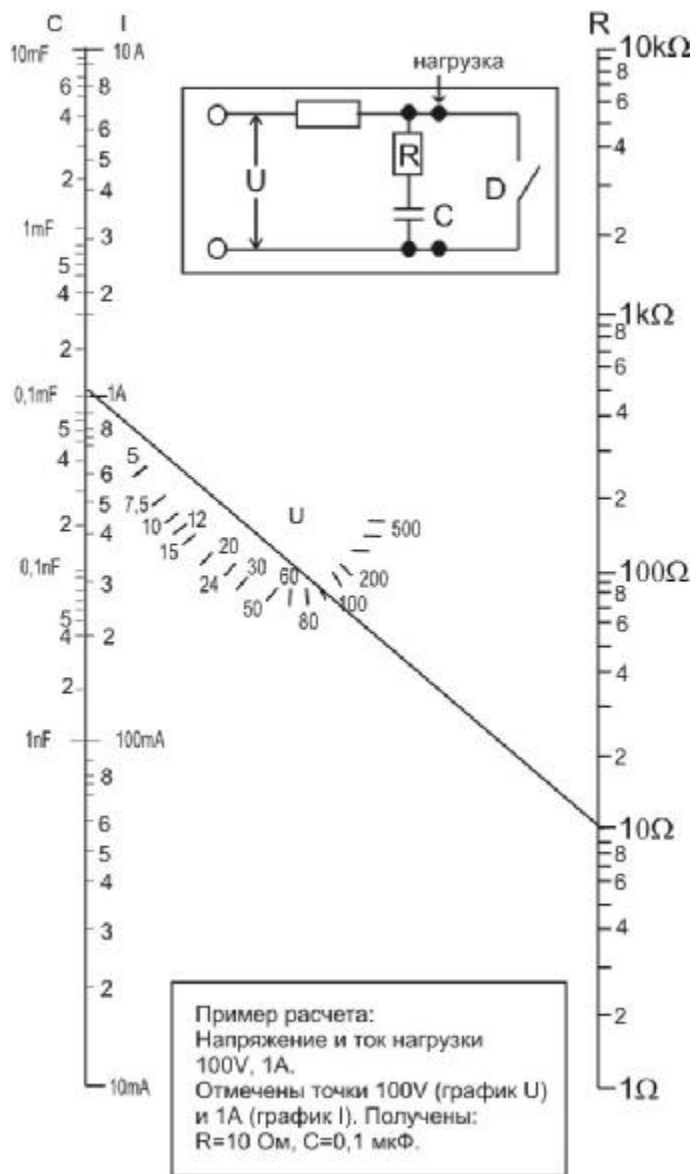


Рисунок Д.3

Номограмма для определения параметров защитной RC цепи

### Выбор конденсатора и резистора RC-цепи.

Конденсатор следует применять только с пленочным или бумажным диэлектриком, керамические конденсаторы для высоковольтных искрозащитных цепей непригодны. При выборе резистора необходимо помнить, что на нем при переходном процессе рассеивается большая мощность. Можно рекомендовать применять для RC-цепей резисторы мощностью 1-2 Вт, причем обязательно следует проверить, рассчитан ли резистор на высокое импульсное напряжение самоиндукции. Лучше всего применять проволочные резисторы, но хорошо работают и металлопленочные или углеродные с заливкой керамическими компаундами.

Достоинства RC-цепи:

хорошее гашение дуги и отсутствие влияния на время выключения индуктивной нагрузки.

Особенности RC-цепи:

необходимость применения высококачественных конденсатора и резистора.

В целом же применение RC-цепей всегда экономически оправдано.

При установке искрогасящей цепи параллельно контактам на переменном токе при разомкнутых контактах реле через нагрузку будет протекать ток утечки, определяемый импедансом RC-цепи. Если нагрузка не допускает протекания тока утечки или это нежелательно по схемотехническим соображениям и в целях безопасности персонала, то необходимо устанавливать RC-цепь параллельно нагрузке.

### Комбинация RC-цепи и диодной схемы.

Такая схема (иногда называемая DRC-цепью) предельна по своей эффективности и позволяет свести к нулю все нежелательные эффекты от воздействия электрической дуги на контакты реле.

Достоинства DRC-цепи:

электрический ресурс реле приближается к своему теоретическому пределу.

Недостатки DRC-цепи:

диод вызывает значительную задержку выключения индуктивной нагрузки.

### Комбинация RC-цепи и варистора.

Если вместо диода установить варистор, то схема по параметрам будет идентична обычной RC-искрогасящей цепи, но ограничение варистором величины напряжения самоиндукции на нагрузке позволяет применять менее высоковольтные и более дешевые конденсатор и резистор.

RC-цепь параллельно нагрузке.

Применяется там, где нежелательна или невозможна установка RC-цепи параллельно контактам реле. Для расчета предлагаются следующие ориентировочные значения элементов:

- $C = 0,5 \dots 1$  мкф на 1 А тока нагрузки;
- $R = 0,5 \dots 1$  Ом на 1 В напряжения на нагрузке или
- $R = 50 \dots 100\%$  от сопротивления нагрузки.

После расчета номиналов R и C необходимо проверить возникающую при этом дополнительную нагрузку контактов реле при переходном процессе (заряде конденсатора), как это было описано выше.

Приведенные значения R и C не являются оптимальными. Если требуется максимально полная защита контактов и реализация максимального ресурса реле, то необходимо провести эксперимент и опытным путем подобрать резистор и конденсатор, наблюдая переходные процессы с помощью осциллографа.

Достоинства RC-цепи параллельно нагрузке:  
хорошее подавление дуги, нет токов утечки в нагрузку через разомкнутые контакты реле.

Недостатки:

при токе нагрузки более 10 А большие значения емкости приводят к необходимости установки относительно дорогих и больших по габаритам конденсаторов, для оптимизации схемы желательна экспериментальная проверка и подбор элементов.

На фотографиях показаны осциллограммы напряжения на индуктивной нагрузке в момент размыкания питания без шунтирования (рисунок Д.4) и с установленной RC-цепью (рисунок Д.5). Обе осциллограммы имеют вертикальный масштаб 100 вольт/деление.

Специального комментария здесь не требуется, эффект от установки искрогасящей цепи виден сразу. Бросается в глаза процесс генерации высокочастотной высоковольтной помехи в момент размыкания контактов, к этому явлению мы еще вернемся при анализе ЭМС реле.

Фотографии взяты из университетского отчета по оптимизации RC-цепей, установленных параллельно контактам реле. Автор отчета провел сложный математический анализ поведения индуктивной нагрузки с шунтом в виде RC-цепи, но в итоге рекомендации по расчету элементов были сведены к двум формулам:

**КАТУШКА РЕЛЕ  
БЕЗ ШУНТИРОВАНИЯ**

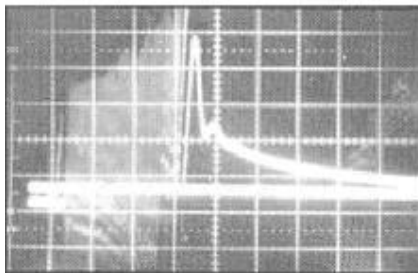


Рисунок Д.4

Отключение индуктивной нагрузки вызывает очень сложный переходный процесс

**RC - ЦЕПЬ УСТРАНЯЕТ  
ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ВЫБРОС  
И ПОМЕХИ**

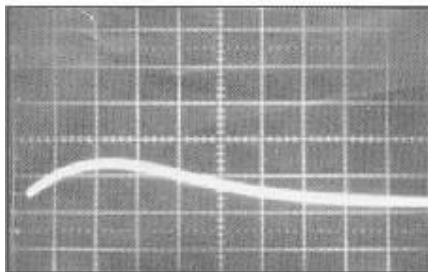


Рисунок Г.5

Правильно подобранная защитная RC-цепочка полностью устраняет переходный процесс

$$C = I^2/10$$

где С - емкость RC-цепи, мкф, I - рабочий ток нагрузки. А;

$$R = E_0/(10 \cdot I \cdot (1 + 50/E_0))$$



где  $E_0$  - напряжение на нагрузке.  $B$ ,  $I$  - рабочий ток нагрузки.  $A$ ,  $R$  - сопротивление RC-цепи, Ом.

Проверим расчет: рассчитать RC-цепь для индуктивной нагрузки с рабочим током  $I = 1$  А и напряжением источника питания  $E_0 = 220$  VAC.

Ответ:  $C = 0,1$  мкф,  $R = 20$  Ом. Эти параметры отлично согласуются с номограммой, приведенной ранее.

В заключение познакомимся с таблицей из этого же отчета, где приведены практически измеренные напряжение и время задержки для различных искрогасящих цепей. В качестве индуктивной нагрузки служило электромагнитное реле с напряжением катушки 28 VDC/1 W, искрогасящая цепь устанавливалась параллельно катушке реле.

