



## 1. ВИДЫ НАГРУЗОК, ИХ ПАРАМЕТРЫ

## И ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ НАГРУЗОК

1.1. Реальные бортовые нагрузки по своему виду являются смешанными. Для определения их воздействия на контакты коммутационных аппаратов необходимо выделить следующие характерные нагрузки: индуктивную, резистивную, двигательную, ламповую и емкостную.

К индуктивной нагрузке относятся устройства, обладающие существенной собственной и (или) взаимной индуктивностью.

При включении индуктивной нагрузки сила тока нарастает от нуля до установившегося значения, определяемого сопротивлением цепи; при отключении данных нагрузок часть энергии, запасенной в магнитном поле, выделяется в контактной области коммутационного аппарата.

Воздействие индуктивной нагрузки на коммутационный аппарат определяется следующими параметрами:

- номинальным напряжением питания  $U_H$  ;
- максимально возможной потребляемой установившейся силой тока ( $I_{уст})_{max}$  ;
- эквивалентной постоянной времени цепи нагрузки  $T_э$  , определенной в соответствии с разделом 2 настоящего стандарта; допускается вместо  $T_э$  использовать количество электричества, прошедшего в цепи за время ее отключения  $Q_p$ .

К резистивной нагрузке относятся нагрузки, практически не обладающие собственной или взаимной индуктивностью.

При включении резистивной нагрузки сила тока мгновенно достигает установившегося значения, определяемого сопротивлением цепи. Воздействие резистивной нагрузки на коммутационный аппарат характеризуется следующими параметрами:

- номинальным напряжением питания  $U_H$  ;
- максимально возможной потребляемой установившейся силой тока ( $I_{уст})_{max}$  .

К двигательной нагрузке относятся цепи с электродвигателями. Особенностью нагрузок этого вида является наличие при их включении пусковой силы тока, превышающей установившуюся силу тока. При отключении нагрузки работа контактов облегчается благодаря действию противоэлектродвижущей силы вращения.

Воздействие двигательной нагрузки на коммутационный аппарат характеризуется следующими параметрами:

- номинальным напряжением питания  $U_H$  ;
- максимально возможной потребляемой силой тока в установившемся режиме вращения ( $I_{уст})_{max}$  ;
- амплитудой импульса пусковой силы тока  $I_M$  , длительностью фронта импульса пусковой силы тока  $\Delta t_{ф}$  и длительностью импульса пусковой силы тока  $\Delta t_{ц}$  .

К ламповой нагрузке относятся цепи, содержащие лампы накаливания. Особенностью этого вида нагрузки является возникновение импульса силы тока при ее включении, существенно превышающего установившееся значение силы тока; при отключении ламповая нагрузка идентична резистивной.

Воздействие ламповой нагрузки на коммутационный аппарат характеризуется следующими параметрами:

|        |      |       |
|--------|------|-------|
| № изм. | 2    | 3     |
| № изв. | 9065 | 11005 |

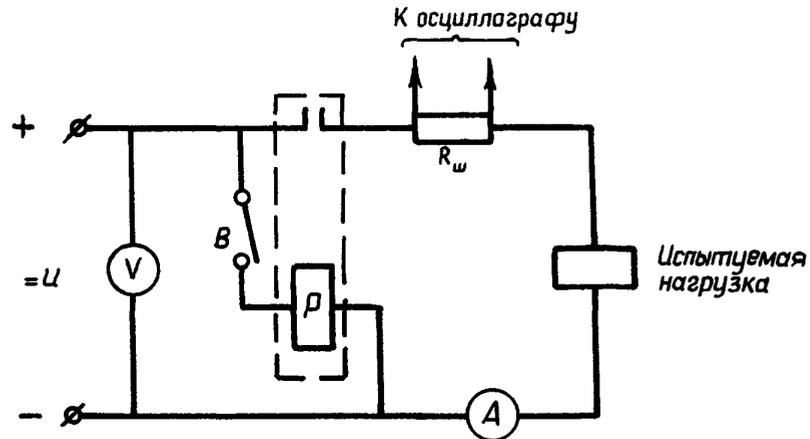
|                   |      |
|-------------------|------|
| Инв. № дубликата  | 4408 |
| Инв. № подлинника |      |



2.2.2. В зависимости от силы тока ( $I_{уст}$ )<sub>ρ</sub> по таблице выбирается тип реле, используемый при определении количества электричества  $Q_p$ . При отсутствии указанных в таблице реле следует использовать любое негерметичное реле типа ТКЕ, ТКД с соответствующей номинальной силой тока цепи контактов  $I_{нк}$  и с тем же количеством контактных пар.

| Сила тока нагрузки, А       | Тип реле  | Сила тока нагрузки, А         | Тип реле |
|-----------------------------|-----------|-------------------------------|----------|
| $0,5 \leq I_{уст} \leq 1,0$ | ТКЕ12ПД1У | $5,0 \leq I_{уст} \leq 10,0$  | ТКД12ПД1 |
| $1,0 \leq I_{уст} \leq 2,0$ | ТКЕ22ПДТ  | $10,0 \leq I_{уст} \leq 25,0$ | ТКД201Д1 |
| $2,0 \leq I_{уст} \leq 5,0$ | ТКЕ52ПД1  |                               |          |

2.2.3. Для определения  $Q_p$  используется электрическая схема, приведенная на черт. 1.



$P$  – реле, выбираемое по п. 2.2.2;

$R_H$  – активное сопротивление нагрузки;

$R_{ш}$  – сопротивление измерительного шунта ( $R_{ш} \leq 0,01 R_H$ )

Черт. 1

2.2.4. С помощью осциллографа снимаются осциллограммы зависимости мгновенного значения силы тока  $i$  от времени  $t$  при пяти или более ( $K \geq 5$ ) повторных отключениях нагрузки. Перед каждым отключением в цепи должен протекать ток с установившейся силой тока  $I_{уст}$ , равной силе тока, определенной по п. 2.2.1.

2.2.5. На каждой из полученных осциллограмм зависимости  $i(t)$  промежутки времени от  $t_0$  до  $t_n$  делится на  $n$  равных частей ( $n \geq 4$ ) с интервалом времени  $\Delta t$ .

2.2.6. Для грани интервалов, соответствующих моментам времени  $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$ , определяются значения силы тока  $I_0, I_1, I_2, \dots, I_n$ .

№ изм. 3  
№ изв. 1.1005

4408

Ив. № дубликата  
Ив. № подлинника

2.2.7. Количество электричества вычисляется по формуле

$$Q_p = \frac{\Delta t}{2} (I_0 + 2I_1 + 2I_2 + 2I_3 + \dots + 2I_{n-1} + I_n). \quad (1)$$

Примечание. Для определения  $Q_p$  может быть использован планиметр. В этом случае значение  $Q_p$  определяется путем измерения площади  $S_{it}$ , ограниченной зависимостью  $i(t)$  и прямыми линиями  $i = 0$ ,  $t = t_0$ , с последующим расчетом по формуле

$$Q_p = S_{it} m_i m_t, \quad (2)$$

где  $m_i$  - масштаб силы тока на осциллограмме зависимости  $i(t)$ , А/см;

$m_t$  - масштаб времени на осциллограмме зависимости  $i(t)$ , с/см.

2.2.8. По результатам обработки осциллограмм зависимости  $i(t)$  вычисляется среднее арифметическое значение  $\bar{Q}_p$ :

$$\bar{Q}_p = \frac{\sum_{m=1}^K (Q_p)_m}{K}, \quad (3)$$

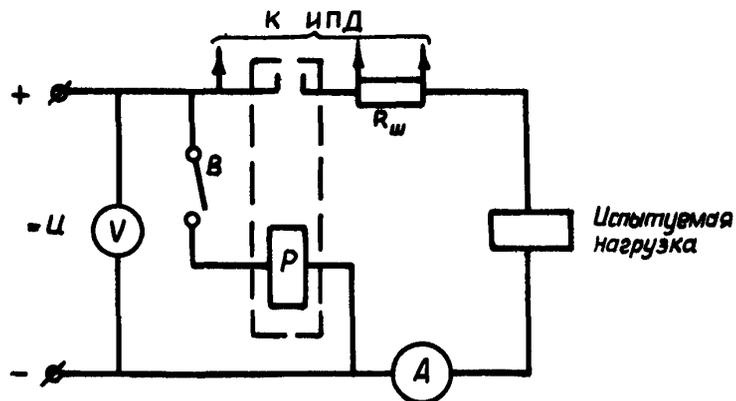
где  $(Q_p)_m$  - результат  $m$ -го измерения  $Q_p$ ;  
 $K$  - число измерений  $Q_p$ .

### 2.3. Метод непосредственного измерения $Q_p$

2.3.1. Измерения проводятся специальным измерителем параметров дуги (ИПД). Метрологическая аттестация и поверка ИПД осуществляются в соответствии с ГОСТ 8.328-78.

2.3.2. Выполняются операции по пп. 2.2.1 и 2.2.2.

2.3.3. Для определения  $Q_p$  собирается электрическая схема, приведенная на черт. 2.



Черт. 2

2.3.4. С помощью ИПД измеряется значение  $Q_p$  не менее чем при пяти отключениях ( $K \geq 5$ ) нагрузки. Перед каждым отключением в цепи должен протекать ток с установившейся силой тока, равной силе тока, определенной по п. 2.2.1.

№ изм.  
№ изм.

4408

№ № дубляжата  
№ № соединили

2.3.5. По результатам  $K$  измерений по формуле (3) вычисляется среднее арифметическое значение  $\bar{Q}_p$ .

2.4. Определение значения  $T_s$  методом настройки линейной эквивалентной нагрузки

2.4.1. В электрической схеме (черт. 1 или черт. 2) реальная нагрузка заменяется линейной нагрузкой в виде последовательно соединенных реостата и дросселя с шихтованным магнитопроводом, имеющим регулируемый воздушный зазор и обмотку с отпайками для включения в цепь различного количества витков. Основные параметры регулируемого дросселя приведены в рекомендуемом приложении 1.

2.4.2. С помощью реостата устанавливается сила тока в цепи с линейной нагрузкой  $(I_{уст})_л$ , равная силе тока реальной нагрузки  $(I_{уст})_p$ , определенной по п. 2.2.1 (напряжение в обоих случаях должно быть равным его номинальному значению).

2.4.3. По результатам не менее пяти отключений ( $K \geq 5$ ) аналогично п. 2.2 или п. 2.3 определяется среднее значение количества электричества, прошедшего в цепи с линейной нагрузкой за время ее отключения  $\bar{Q}_л$ . Длительность включенного, а также отключенного состояния цепи не должна быть менее 0,5 с.

2.4.4. Полученное значение  $\bar{Q}_л$  сравнивается со значением  $\bar{Q}_p$ , полученным по п. 2.3 или по п. 2.4. Если

$$\left| \frac{\bar{Q}_л - \bar{Q}_p}{\bar{Q}_p} \right| > 0,1, \quad (4)$$

то изменением воздушного зазора в магнитопроводе и (или) числа витков обмотки дросселя, включенных в цепь, необходимо обеспечить соблюдение неравенства

$$\left| \frac{\bar{Q}_л - \bar{Q}_p}{\bar{Q}_p} \right| \leq 0,1. \quad (5)$$

При этом для уменьшения  $\bar{Q}_л$  необходимо уменьшить индуктивность дросселя путем уменьшения числа включенных витков и (или) увеличения воздушного зазора в магнитопроводе. Для увеличения  $\bar{Q}_л$  необходимо увеличить индуктивность дросселя, выполнив обратные действия.

Примечание. При каждом изменении числа витков обмотки дросселя, включенных в цепь, необходимо с помощью реостата изменять ток, восстанавливая равенство  $(I_{уст})_л = (I_{уст})_p$ .

2.4.5. С помощью осциллографа снимается осциллограмма зависимости силы тока от времени  $i(t)$  при включении линейной нагрузки.

2.4.6. По полученной осциллограмме зависимости  $i(t)$  определяются длительности нарастания силы тока  $T$ :

- $T_1$  - от нуля до  $0,632 (I_{уст})_л$ ;
- $T_2$  - от  $0,5 (I_{уст})_л$  до  $0,816 (I_{уст})_л$ .

№ изм.  
№ изв.

4408

Изм. № дубликата  
Изм. № подписки

2.4.7. Значения  $T_1$  и  $T_2$ , определенные по п. 2.4.6, сравниваются. Если

$$\left| \frac{T_1 - T_2}{T_1} \right| \leq 0,1, \quad (6)$$

то электромагнитная постоянная времени линейной нагрузки

$$\tau = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (7)$$

принимается за значение эквивалентной электромагнитной постоянной времени реальной нагрузки  $T_3$ . Если условие (6) не выполняется, то магнитопровод дросселя насыщен, что недопустимо. В этом случае необходимо операции по пп. 2.4.2 - 2.4.6 повторить при меньшем числе витков обмотки дросселя, включенных в цепь, или (и) при большем воздушном зазоре в магнитопроводе. Если и в этом случае неравенство (6) не выполняется, то необходимо использовать два последовательно включенных дросселя.

2.5. Графический метод определения  $T_3$

2.5.1.  $T_3$  реальной индуктивной нагрузки может быть определена с несколько большей погрешностью без настройки эквивалентной линейной нагрузки с использованием зависимостей  $\tau = f(\bar{Q})$ , приведенных в рекомендуемом приложении 2. Для этого используются значения  $(I_{уст})_p$  и  $\bar{Q}_p$ , определенные в соответствии с пп. 2.2.1 и 2.2.8 (или п. 2.3.5).

2.5.2. Если сила тока реальной нагрузки  $(I_{уст})_p$  не совпадает с силой тока, для которой построены зависимости  $\tau = f(\bar{Q})$ , то  $T_3$  определяется из пропорции

$$\frac{I_2 - I_1}{(I_{уст})_p - I_1} = \frac{\tau'_2 - \tau'_1}{T_3 - \tau'_1}, \quad (8)$$

где  $I_1, I_2$  - силы тока, ближайšie по значению к силе тока  $(I_{уст})_p$ , для которых приведены зависимости  $\tau = f(\bar{Q})$ , при этом  $I_2 > (I_{уст})_p > I_1$ ;

$\tau'_1, \tau'_2$  - значения  $\tau$ , определенные по зависимостям  $\tau = f(\bar{Q})$ , соответственно для токов  $I_1$  и  $I_2$  при значении  $\bar{Q} = \bar{Q}_p$ .

2.6. Для индуктивных нагрузок с потребляемой установившейся силой тока  $(I_{уст})_{макс} \leq 0,5$  А значение  $T_3$  определяется по пп. 2.2-2.5 при параллельном соединении нескольких нагрузок данного типа. Число параллельно включаемых нагрузок ( $n$ ) определяется из условия  $0,5 \text{ А} < I_{уст} \leq 1,0 \text{ А}$ , при этом число нагрузок должно быть максимально возможным. Определенное для группы параллельно включенных нагрузок значение  $T_3$  принимается в качестве  $T_3$  отдельной нагрузки.

2.7. Пример определения эквивалентной электромагнитной постоянной времени  $T_3$  электромагнитов ЭМТ-243 приведен в приложении 3.

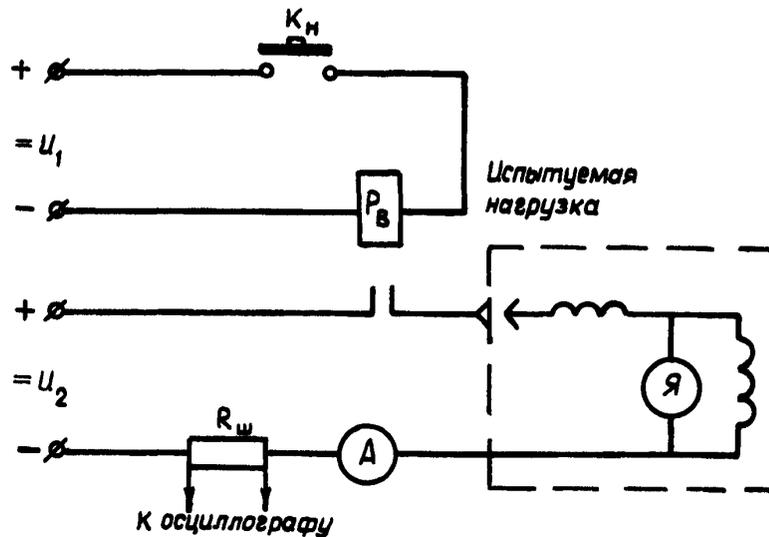
### 3. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

3.1. Определение электрических параметров переходного процесса в режиме включения

|        |       |
|--------|-------|
| № изм. | 3     |
| № изв. | 11005 |

|                   |      |
|-------------------|------|
| Изм. № дубликата  | 4408 |
| Изм. № подлинника |      |

3.1.1. Для определения параметров переходного процесса в режиме включения используется электрическая схема, приведенная на черт. 3.



- $P_B$  - реле включения;
- $R_H$  - сопротивление нагрузки при установившейся силе тока, соответствующей номинальному режиму работы двигателя;
- $R_{ш}$  - сопротивление измерительного шунта ( $R_{ш} \leq 0,01 R_H$ ).

Черт. 3

3.1.2. С помощью осциллографа снимается осциллограмма зависимости силы тока от времени  $i(t)$  при включении двигателя из состояния покоя в режиме холостого хода при нормальных климатических условиях.

3.1.3. По полученной осциллограмме зависимости  $i(t)$  определяется амплитуда пусковой силы тока  $I_M$ , длительность фронта импульса пусковой силы тока  $\Delta t_{\phi}$ , длительность импульса пусковой силы тока  $\Delta t_u$ . Значение  $\Delta t_u$  определяется как время, в течение которого сила тока в цепи превышает значение  $(I_M + I_{уст}) 0,5$ . Значение  $\Delta t_{\phi}$  определяется как время нарастания силы тока от  $i = 0,05 I_M$  до  $i = 0,95 I_M$ .

3.2. Определение электрических параметров переходного процесса в режиме реверса электродвигателя с противовключением

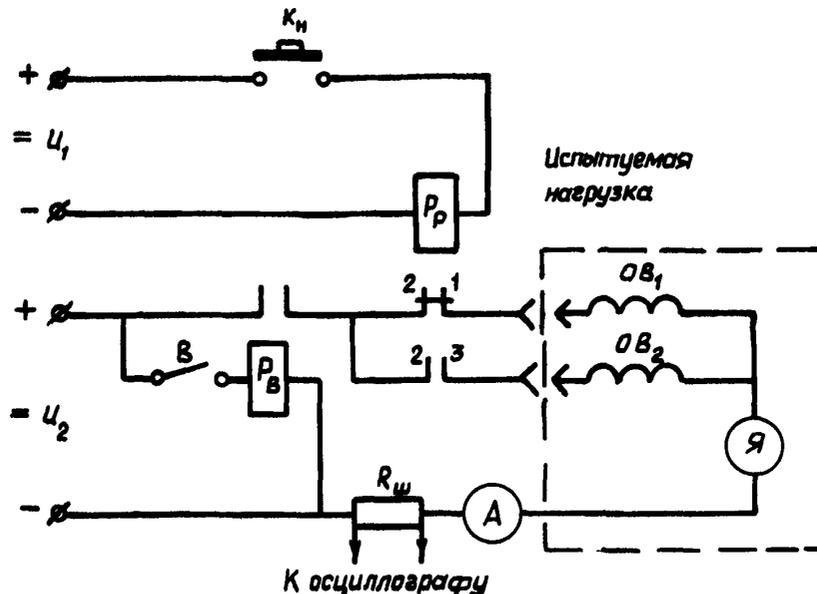
3.2.1. Параметры переходного процесса в режиме реверса с противовключением определяются только в том случае, если этот режим обеспечивается конструктивным исполнением испытываемой нагрузки и может иметь место в эксплуатации.

№ изм.  
№ изв.

4408

Изм. № дубликата  
Изм. № подлинника

3.2.2. Для определения параметров переходного процесса в режиме реверса с противовключением используется, например, электрическая схема, приведенная на черт. 4.



- $P_p$  - реле реверсирования нагрузки;
- $P_в$  - реле включения;
- $R_n$  - сопротивление нагрузки при установившейся силе тока, соответствующей номинальному режиму работы двигателя ;
- $R_ш$  - сопротивление измерительного шунта ( $R_ш \leq 0,01 R_n$ ).

Черт. 4

3.2.3. С помощью осциллографа снимаются две осциллограммы зависимости силы тока от времени  $i(t)$  при реверсе двигателя из установившегося режима холостого хода при нормальных климатических условиях:

- одна при реверсе в одну сторону (при нажатии кнопки);
- другая при реверсе в другую сторону (при отпускании кнопки).

3.2.4. На каждой из полученных осциллограмм зависимости  $i(t)$  определяются амплитуда импульса силы тока  $I_M$ , длительность фронта импульса силы тока  $\Delta t_{\phi}$  и длительность импульса силы тока  $\Delta t_u$ . Значение  $\Delta t_u$  определяется как время, в течение которого сила тока в цепи превышает значение  $(I_M + I_{уст}) 0,5$ . Значение  $\Delta t_{\phi}$  определяется как время нарастания силы тока от  $i = 0,05 I_M$  до  $i = 0,95 I_M$ .

3.2.5. По результатам обработки двух осциллограмм зависимости  $i(t)$  выбираются большие значения  $I_M$ ,  $\Delta t_u$  и меньшее значение  $\Delta t_{\phi}$ .

№ 138.  
№ 139.

4408

№ № дубляжа  
№ № переделки

#### 4. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЛАМПОВОЙ И ЕМКОСТНОЙ НАГРУЗОК

4.1. Для определения параметров переходного процесса при включении ламповой или емкостной нагрузки последовательно с ней устанавливается измерительный шунт с сопротивлением  $R_{ш}$ , составляющим не более 1 % от сопротивления нагрузки  $R_H$ .

4.2. С помощью осциллографа определяется зависимость силы тока в цепи от времени  $i(t)$  при пяти повторных включениях нагрузки на номинальное напряжение. Время включенного состояния цепи в каждом случае должно быть не более, чем 0,5 с с перерывом между включениями не менее 10 с.

4.3. На каждой из полученных осциллограмм зависимости  $i(t)$  определяются амплитуда импульса силы тока  $I_M$ , длительность фронта импульса силы тока  $\Delta t_{\phi}$ , длительность импульса силы тока  $\Delta t_{\mu}$ . Значение  $\Delta t_{\mu}$  определяется как время, в течение которого сила тока в цепи превышает значение  $(I_M + I_{уст}) 0,5$ . Значение  $\Delta t_{\phi}$  определяется как время нарастания силы тока от  $i = 0,05 I_M$  до  $i = 0,95 I_M$ .

4.4. По результатам обработки пяти осциллограмм зависимости  $i(t)$  выбираются наибольшие значения  $I_M$  и  $\Delta t_{\mu}$  и наименьшее значение  $\Delta t_{\phi}$ .

#### 5. МЕТОДИКА ВЫБОРА КОММУТАЦИОННОГО АППАРАТА ПО ПАРАМЕТРАМ КОММУТИРУЕМОЙ НАГРУЗКИ

5.1. Выбор коммутационного аппарата должен производиться по следующим параметрам коммутируемой нагрузки:

- номинальному напряжению  $U_H$ ;
- максимально возможной потребляемой силе тока  $(I_{уст})_{max}$ ;
- эквивалентной электромагнитной постоянной времени  $T_{\Sigma}$  (или величине количества электричества  $\bar{Q}_p$ , определенного в соответствии с п. 2.2. или 2.3.);
- амплитуде импульса силы тока  $I_M$ , длительности импульса силы тока  $\Delta t_{\mu}$  и длительности фронта импульса силы тока  $\Delta t_{\phi}$ , возникающей в переходном режиме коммутации.

Предельные значения указанных параметров для коммутационного аппарата должны определяться в соответствии с параметрами испытательных нагрузок и приводиться в технических условиях на коммутационный аппарат.

5.2. При определении срока службы коммутационных аппаратов рекомендуется использовать испытательные нагрузки с параметрами, приведенными в рекомендуемом приложении 4.

5.3. Выбор коммутационного аппарата для цепей с резистивной нагрузкой

5.3.1. Из технических условий на нагрузку определяется номинальное напряжение  $U_H$  и максимально возможная в условиях эксплуатации установившаяся сила тока  $(I_{уст})_{max}$  при напряжении, равном  $U_H$ .

5.3.2. Из технических условий на коммутационный аппарат определяется номинальное напряжение  $U_{нк}$  и допустимая установившаяся сила тока цепи контактов для резистивной нагрузки  $I_{кр}$ .

|                  |                   |      |        |        |   |       |
|------------------|-------------------|------|--------|--------|---|-------|
| Изм. № дубликата | Изм. № подлинника | 4408 | № изм. | № изв. | 3 | 11005 |
|                  |                   |      |        |        | 2 | 9065  |







ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕГУЛИРУЕМОГО ДРОССЕЛЯ,  
РЕКОМЕНДУЕМОГО ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ  $T_3$  ИНДУКТИВНЫХ НАГРУЗОК

## 1. МАГНИТОПРОВОД

- 1.1. Материал: сталь 1512 ГОСТ 21427.0-75.
- 1.2. Исполнение: П-образное.
- 1.3. Средняя длина магнитной силовой линии  $\approx$  640 мм.
- 1.4. Площадь сечения магнитопровода  $\approx$  30 см<sup>2</sup>.
- 1.5. Воздушный зазор - регулируемый, диапазон регулирования - 0-15 мм.

## 2. ОБМОТКА

- 2.1. Исполнение: в виде двух катушек, состоящих из отдельных секций с выводами для подключения в схему.
- 2.2. Число витков в секциях каждой катушки и диаметр обмоточного провода указаны в таблице.

| Число витков<br>в секции | Диаметр провода<br>по меди,<br>мм | Количество<br>секций<br>в катушке |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 25                       | 1,70                              | 4                                 |
| 50                       | 1,18                              | 2                                 |
| 100                      | 0,80                              | 2                                 |
| 200                      | 0,50                              | 1                                 |

№ изм.  
№ изм.

4408

Изм. № дубликата  
Изм. № соединения

ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ  
ЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКИ ОТ КОЛИЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСТВА,  
РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ  
ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ РЕАЛЬНОЙ  
ИНДУКТИВНОЙ НАГРУЗКИ

1. Зависимости  $\tau = f(\bar{Q})$  по диапазонам установившегося значения силы тока  $I_{уст}$  приведены на:

- черт. 1 - для токов  $0,5 \text{ A} \leq I_{уст} \leq 1,0 \text{ A}$ ;
- черт. 2 - для токов  $1,0 \text{ A} \leq I_{уст} \leq 2,0 \text{ A}$ ;
- черт. 3 - для токов  $2,0 \text{ A} \leq I_{уст} \leq 5,0 \text{ A}$ ;
- черт. 4 - для токов  $5,0 \text{ A} \leq I_{уст} \leq 10,0 \text{ A}$ ;
- черт. 5 - для токов  $10,0 \text{ A} \leq I_{уст} \leq 25,0 \text{ A}$ .

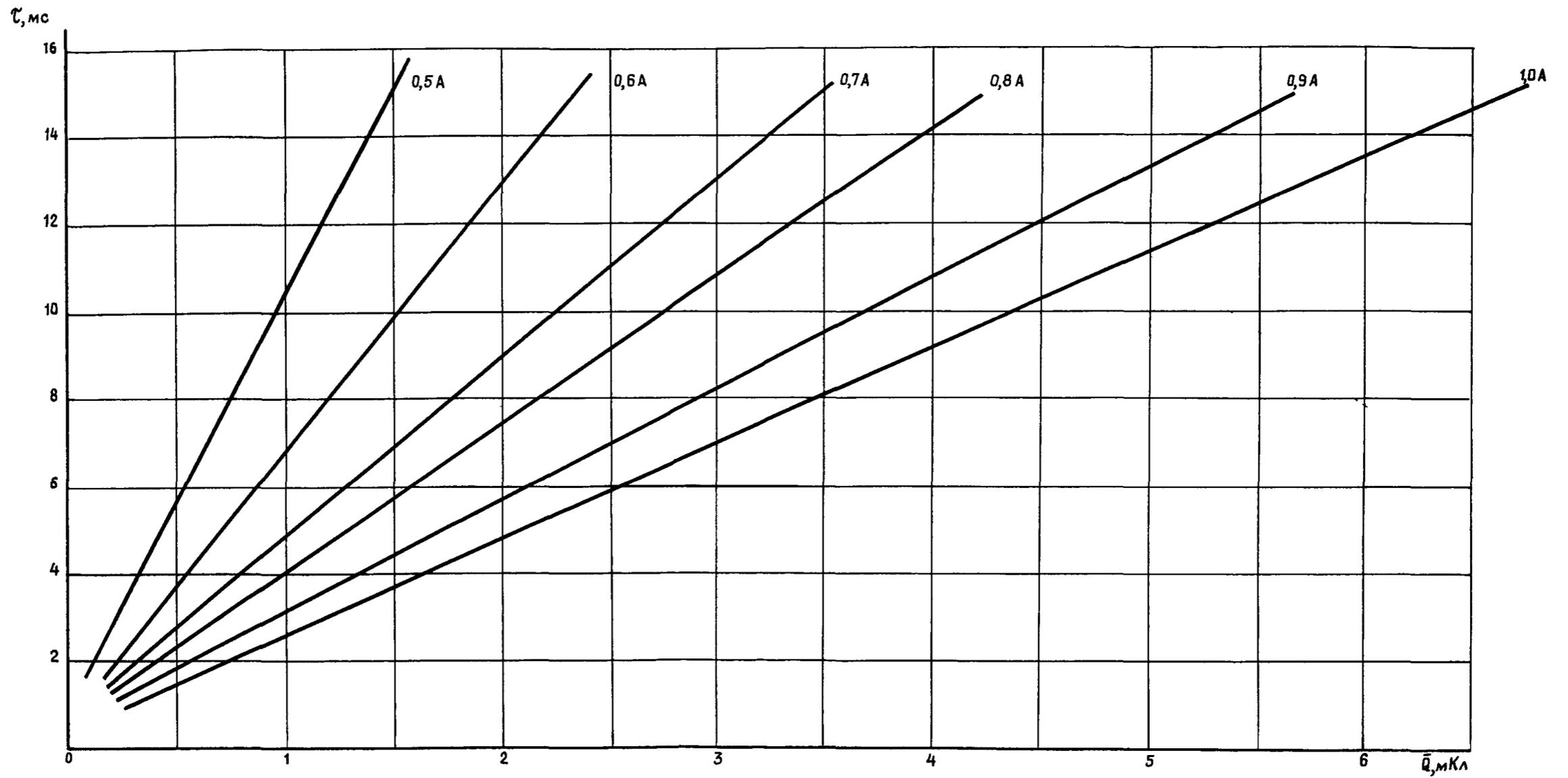
2. Приведенные зависимости  $\tau = f(\bar{Q})$  получены при отключении линейных индуктивных нагрузок, содержащих дроссель с ферромагнитным шихтованным ненасыщенным магнитопроводом, контактами реле, указанными в настоящем стандарте.

№ изм.  
№ изм.

4408

Изм. № дубликата  
Изм. № переиздания

Зависимости электромагнитной постоянной времени линейных индуктивных нагрузок постоянного тока от количества электричества, прошедшего по цепи нагрузки при ее отключении контактами реле ТКЕ12ПД1У



Черт. 1

№ изм.  
№ изд.

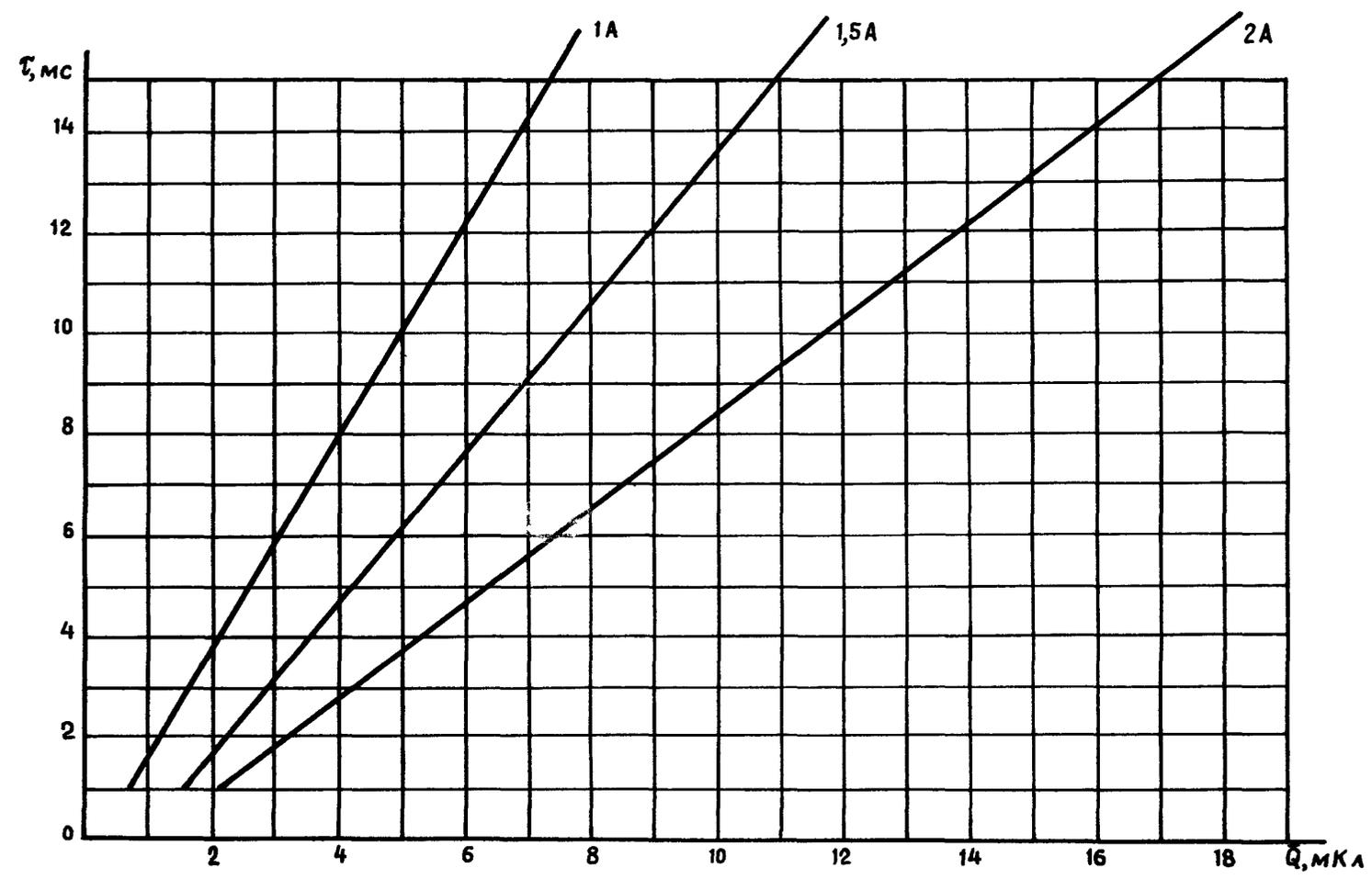
4408

Изм. № дубликата  
Изм. № подлинника

|                  |      |
|------------------|------|
| Ив. № дубликата  |      |
| Ив. № подлинника | 4408 |

|        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| № изм. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| № изв. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Зависимости электромагнитной постоянной времени линейных индуктивных нагрузок постоянного тока от количества электричества, прошедшего по цепи нагрузки при отключении контактами реле ТКЕ22ПДТ



Черт. 2

ОСТ 1 00392-80 Стр. 17

№ дубляжата

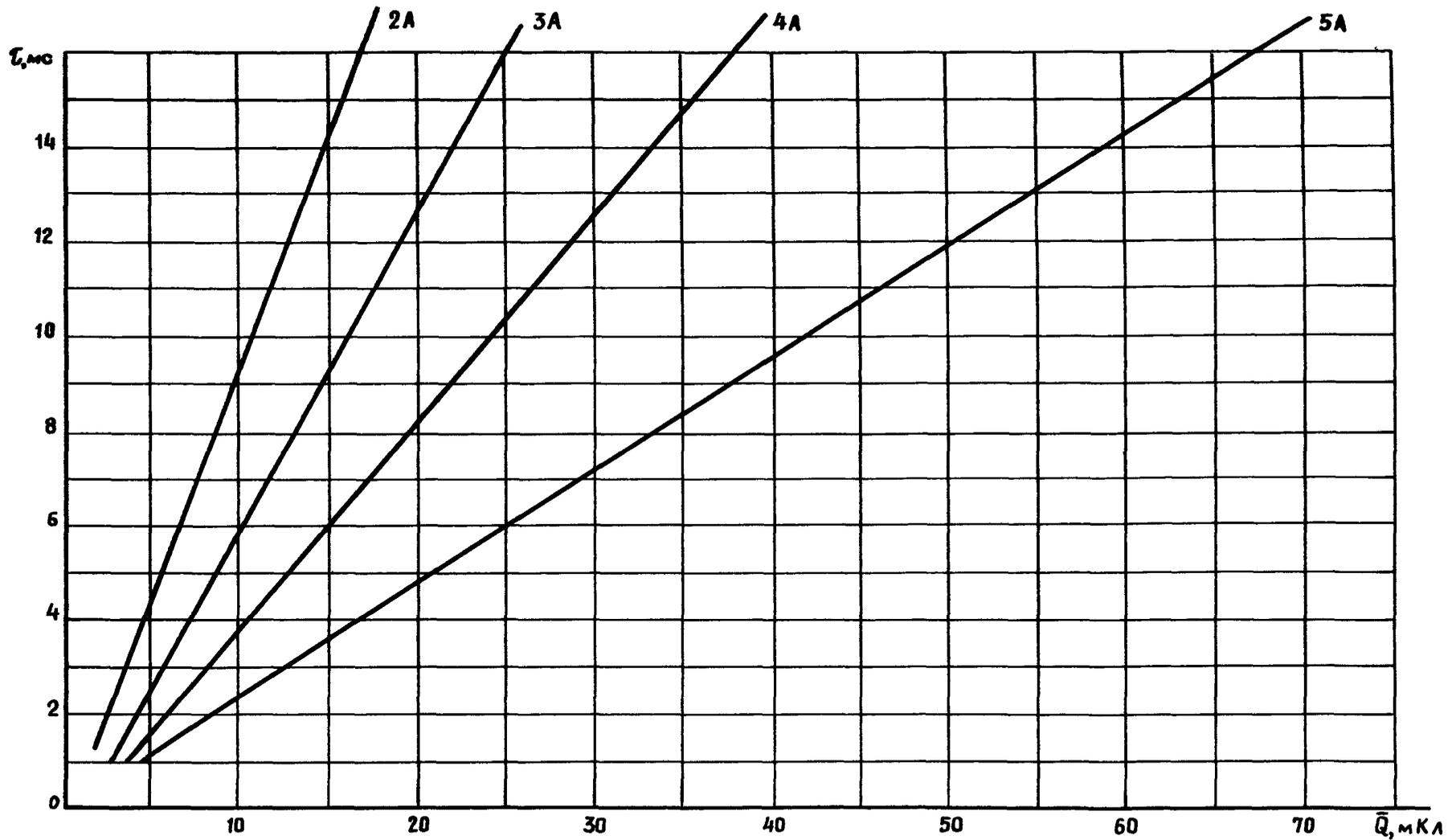
№ подшивки

4408

№ изм.

№ изв.

Зависимости электромагнитной постоянной времени линейных индуктивных нагрузок постоянного тока от количества электричества, прошедшего по цепи нагрузки при отключении контактами реле ТКЕ52ПД1

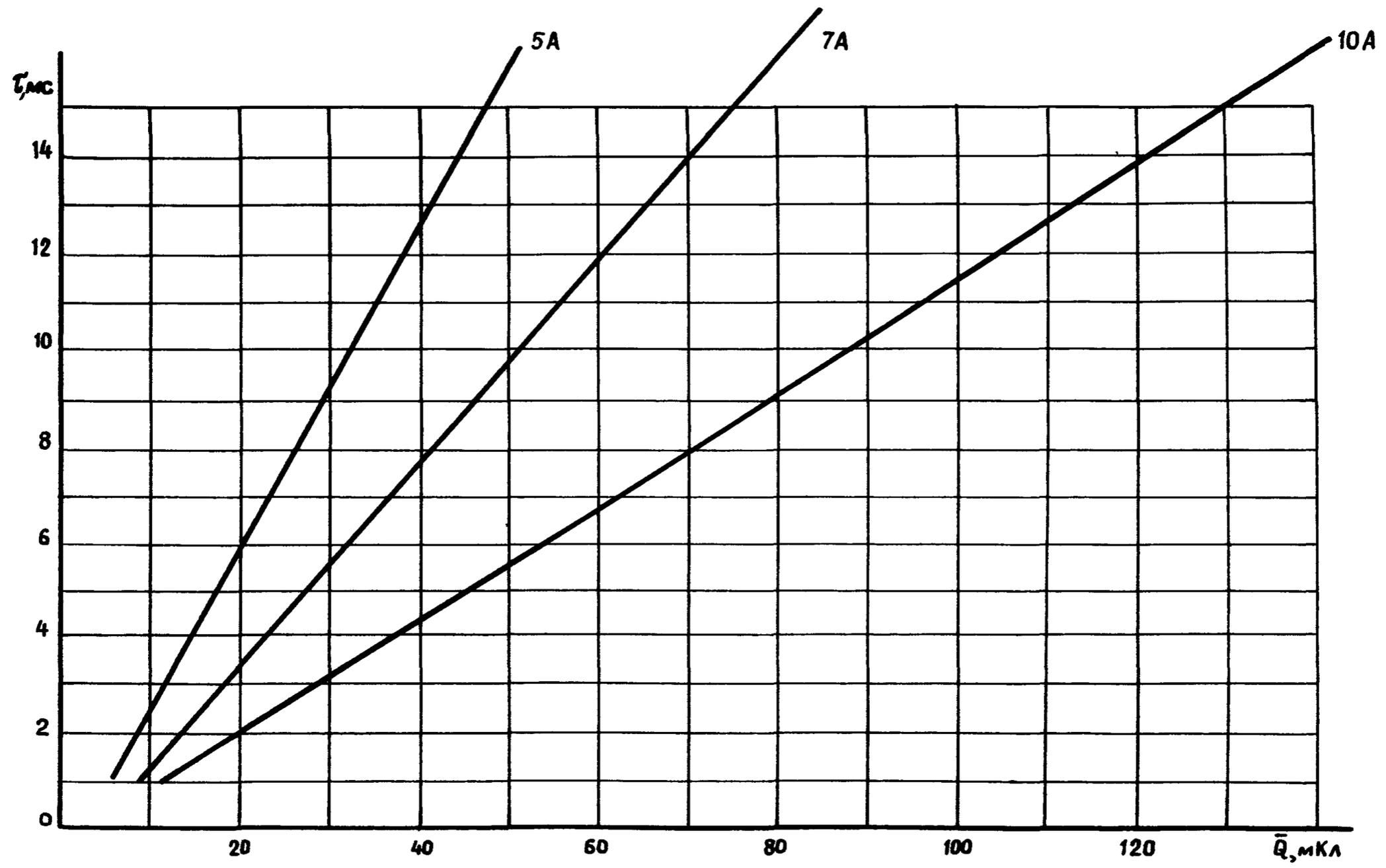


Черт. 3

|                  |      |
|------------------|------|
| Ию. № дубликата  |      |
| Ию. № подлинника | 4408 |

|        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| № изм. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| № изв. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Зависимости электромагнитной постоянной времени линейных индуктивных нагрузок постоянного тока от количества электричества, прошедшего по цепи нагрузки при отключении контактами реле ТКД12ПД1

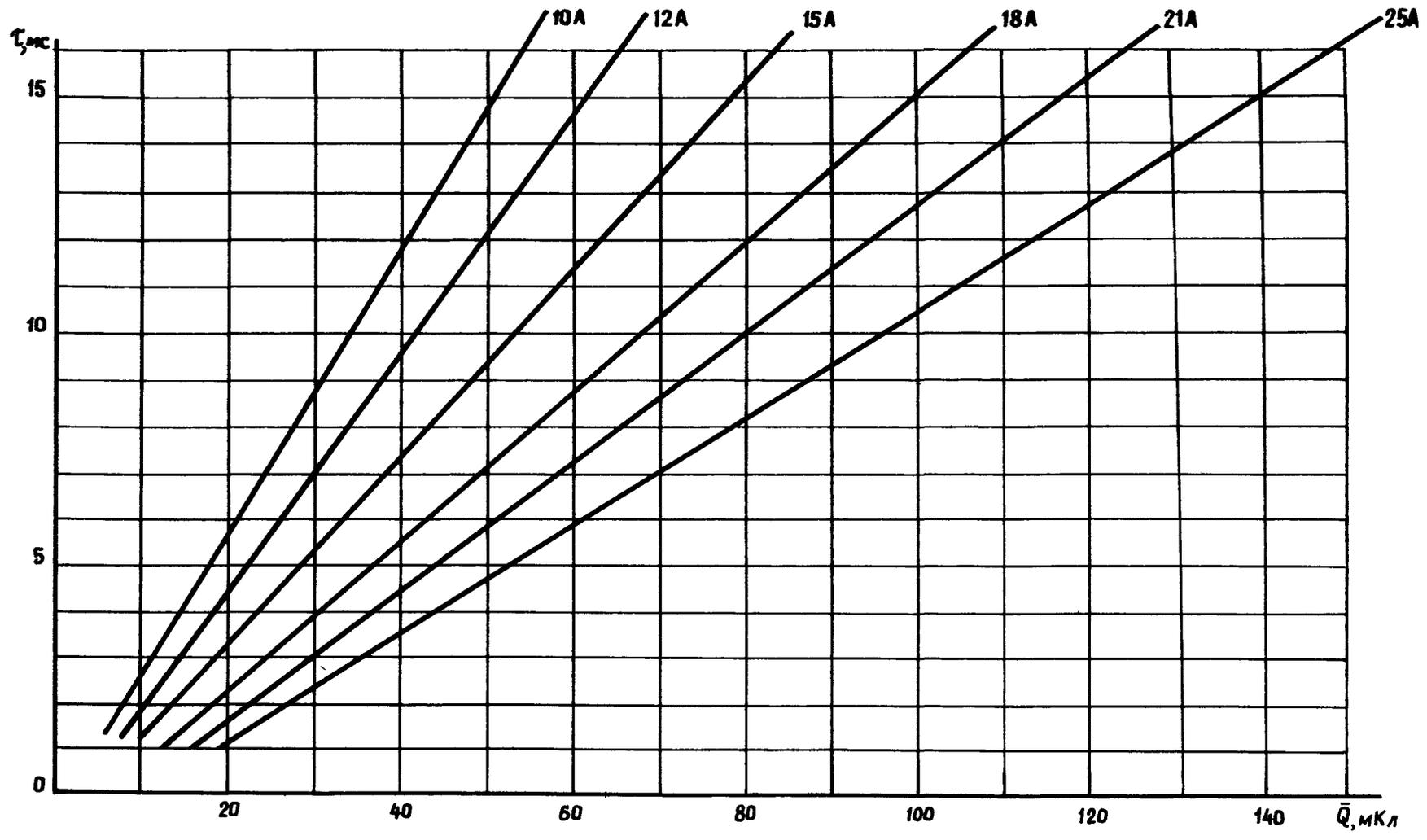


Черт. 4

|                  |      |
|------------------|------|
| Изм. № дубликата |      |
| Изм. № редакции  | 4408 |

|        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| № изм. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| № изв. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Зависимости электромагнитной постоянной времени линейных индуктивных нагрузок постоянного тока от количества электричества, прошедшего по цепи нагрузки при отключении контактами реле ТКД201Д1



Черт. 5

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ  
ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ  $T_3$  ЭЛЕКТРОМАГНИТА ЭМТ-243  
И ВЫБОРА КОММУТАЦИОННОГО АППАРАТА ДЛЯ КОММУТАЦИИ  
ЕГО ЦЕПИ

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ  $T_3$  ЭЛЕКТРОМАГНИТА (рабочее напряжение от 21 до 27 В. Сила тока, потребляемая при напряжении 27 В и температуре окружающей среды 20 °С, — не более 1,5 А. Температура окружающей среды — от минус 60 до плюс 120 °С, номинальная нагрузка на исполнительный орган — 25 Н).

1.1. Определяется количество электричества, проходящего в цепи с электромагнитом за время его отключения.

1.1.1. С помощью амперметра определяется сила тока в цепи при включенном электромагните:  $I_{уст} = 1,26$  А.

1.1.2. В соответствии с силой тока  $I_{уст} = 1,26$  А выбирается реле типа ТКЕ22ПДТ.

1.1.3. Электромагнит подключается через замыкающие контакты реле ТКЕ22ПДТ к источнику постоянного тока с напряжением 27 В по схеме, приведенной на черт. 1 или черт. 2 настоящего стандарта.

1.1.4. Активное сопротивление цепи с обмоткой электромагнита

$$R_n = \frac{U_n}{I_{уст}} = \frac{27}{1,26} = 21,4 \text{ Ом.}$$

1.1.5. Из условия  $R_{ш} = 0,01 R_n$  в схеме устанавливается измерительный шунт с сопротивлением  $R_{ш} = 0,2$  Ом.

1.1.6. При использовании светолучевого осциллографа Н-115 выбирается гальванометр типа М004-0,6 с чувствительностью к току 22 мм/мА и внутренним сопротивлением 13 Ом.

1.1.7. С помощью осциллографа на фотоленте регистрируется зависимость силы тока от времени  $i(t)$  при пяти отключениях электромагнита (черт. 1-3).

1.1.8. Каждая из полученных осциллограмм обрабатывается следующим образом:

— отрезок времени от начала коммутации ( $t_0$ ) до момента перехода тока через нуль ( $t_n$ ) делится в точках  $t_1, t_2, \dots, t_{n-1}$  на равные части с интервалом  $\Delta t$ ;

— для моментов времени  $t_0, t_1, t_2, \dots, t_{n-1}$  определяются значения силы тока  $I_0, I_1, I_2, \dots, I_{n-1}$ ;

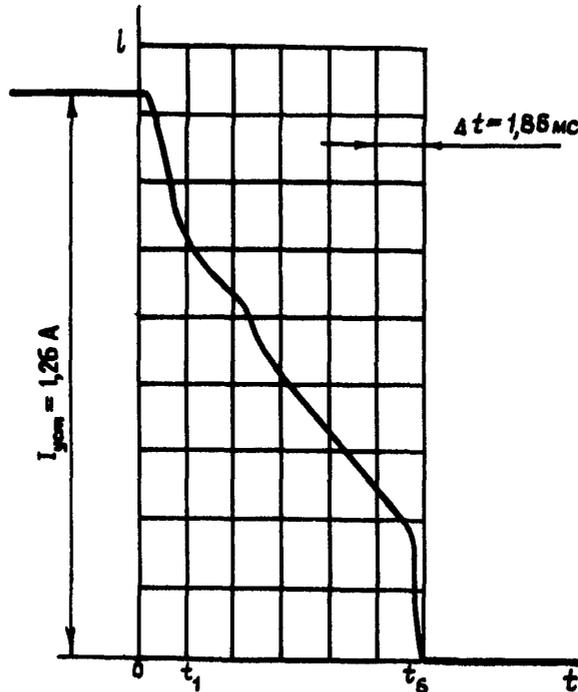
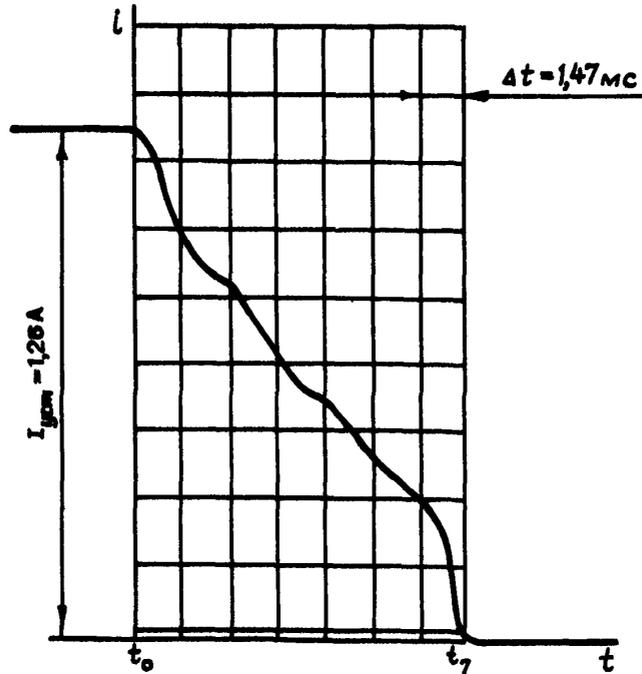
— по формуле  $Q_p = \frac{\Delta t}{2} (I_0 + 2I_1 + 2I_2 + 2I_3 + \dots + 2I_{n-1})$  определяется количество электричества, прошедшего в цепи за время ее отключения.

|        |       |
|--------|-------|
| № изм. | 3     |
| № изв. | 11005 |

4408

|                   |  |
|-------------------|--|
| Ивл. № дубликата  |  |
| Ивл. № подлинника |  |

Осциллограммы № 1, 2 зависимости силы тока от времени  $i(t)$  при отключении электромагнита контактами реле ТКЕ22ПДТ



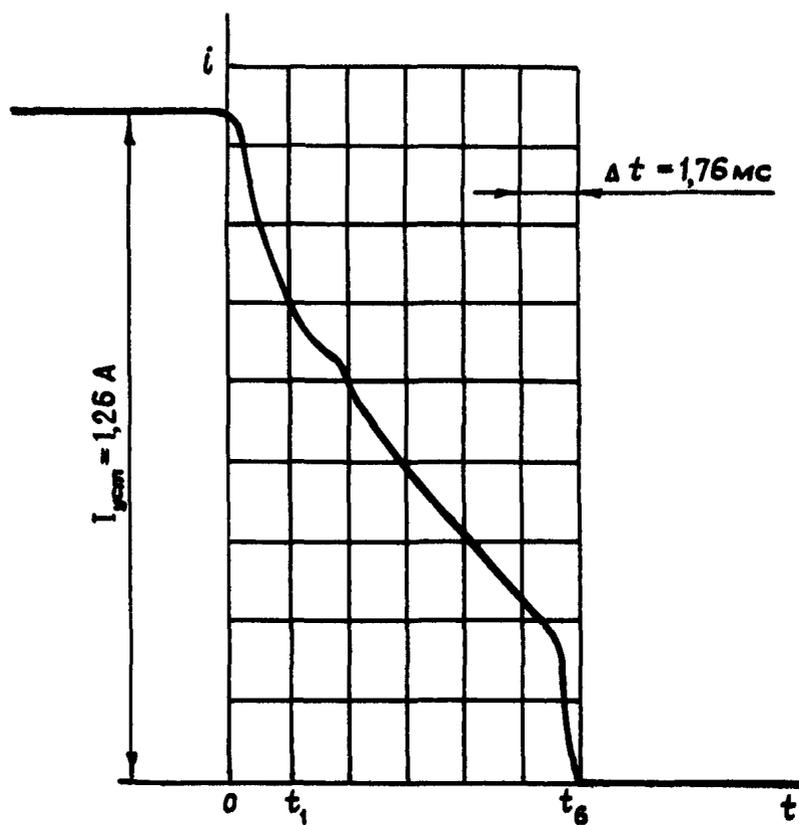
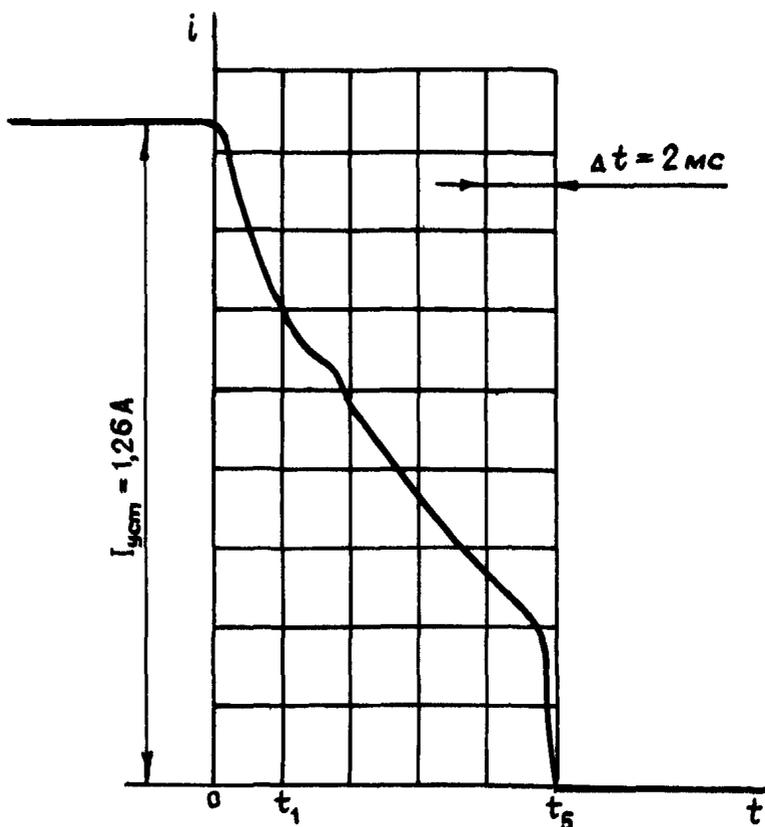
Черт. 1

№ экз.  
№ экз.

4408

№ экз. дубликата  
№ экз. оригинала

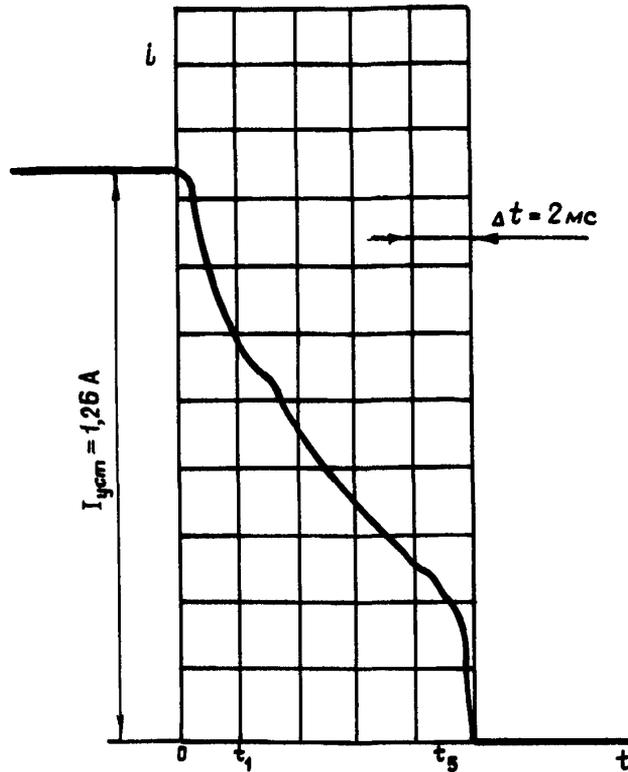
Осциллограммы № 3, 4 зависимости силы тока от времени  $i(t)$  при отключении электромагнита контактами реле ТКЕ22ПДТ



Черт. 2

|              |        |
|--------------|--------|
| № изм.       | № изв. |
| № дубликата  | 4408   |
| № подлинника |        |

Осциллограмма № 5 зависимости силы тока от времени  $i(t)$  при отключении электромагнита контактами реле ТКЕ22ПДТ



Черт. 3

1.1.9. По результатам обработки осциллограмм вычисляется среднее значение  $Q_p = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_p)_i}{n} = \frac{6,8+7,4+6,5+6,7+6,4}{5} = 6,8$  мкЛ.

Результаты обработки осциллограмм приведены в табл. 1.

Таблица 1

| Номер осциллограммы | $\Delta t$ , мс | Значение силы тока в цепи электромагнита в процессе отключения, А |       |       |       |       |       |       |       | Количество электричества $Q_p$ , мкЛ |
|---------------------|-----------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------|
|                     |                 | $I_0$   | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ | $I_4$ | $I_5$ | $I_6$ | $I_7$ |                                      |
| 1                   | 1,47            | 1,26  | 1,010 | 0,880 | 0,715 | 0,590 | 0,450 | 0,349 | 0     | 6,8                                  |
| 2                   | 1,86            | 1,26  | 9,720 | 0,828 | 0,838 | 0,510 | 0,388 | 0     | -     | 7,4                                  |
| 3                   | 2,00            | 1,26  | 0,910 | 0,737 | 0,555 | 0,418 | 0     | -     | -     | 6,5                                  |
| 4                   | 1,76            | 1,26  | 0,928 | 0,760 | 0,592 | 0,487 | 0,350 | 0     | -     | 6,7                                  |
| 5                   | 2,00            | 1,26  | 0,910 | 0,713 | 0,546 | 0,287 | 0     | -     | -     | 6,4                                  |
| Среднее значение    |                 |   |       |       |       |       |       |       |       | 6,8                                  |

№ 131.  
№ 132.

4408

№ № дубляжа  
№ № осциллограмм

1.2. Определение эквивалентной постоянной времени  $T_9$  электромагнита

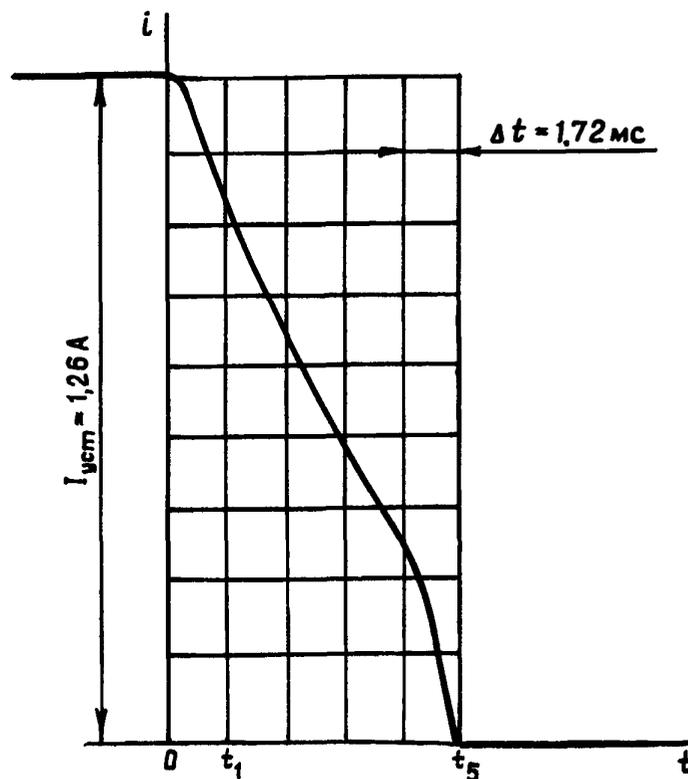
1.2.1. Определяется эквивалентная постоянная времени  $T_9$  электромагнита методом подбора эквивалентной нагрузки.

1.2.1.1. Электромагнит в схеме испытаний заменяется линейной нагрузкой в виде последовательно соединенных реостата и дросселя с шихтованным магнитопроводом, имеющим регулируемый воздушный зазор, и многосекционной обмоткой с отпайками для включения различного числа витков. Основные параметры дросселей приведены в рекомендуемом приложении 1.

1.2.1.2. С помощью реостата устанавливается сила тока в цепи  $(I_{уст})_л = 1,26$  А (при  $U = 27$  В), равная силе тока, потребляемой электромагнитом.

1.2.1.3. Для предварительной оценки эквивалентности линейной нагрузки электромагниту с помощью светолучевого осциллографа на фотоленте регистрируется зависимость силы тока от времени  $i_A(t)$  в процессе ее отключения (черт. 4).

Осциллограмма № 6 зависимости  $i(t)$  при отключении линейной нагрузки контактами реле ТКЕ22ПДТ



Черт. 4

1.2.1.4. Полученная осциллограмма обрабатывается аналогично п. 1.1.8. В результате обработки получается  $Q_A = 5,8$  мКл (табл. 2).

№ изм.  
№ изв.

4408

Ив. № дубликата  
Ив. № подлинника

Таблица 2

| Номер осциллограммы | $\Delta t$ , мс | Значение силы тока в цепи с линейной нагрузкой в процессе ее отключения, А |       |       |       |       |       | Количество электричества $Q_A$ , мКл |
|---------------------|-----------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------|
|                     |                 | $I_0$  | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ | $I_4$ | $I_5$ |                                      |
| 6                   | 1,72            | 1,26   | 1,04  | 0,78  | 0,58  | 0,38  | 0     | 5,8                                  |

1.2.1.5. Сравнение полученного значения  $Q_A$  со средним арифметическим значением  $\bar{Q}_p = 6,8$  мКл показывает, что значение

$$\left| \frac{\bar{Q}_p - Q_A}{\bar{Q}_p} \right| = \frac{6,8 - 5,8}{6,8} = 0,15 \text{ превышает допустимое значение (не более 0,1).}$$

1.2.1.6. После уменьшения воздушного зазора магнитопровода дросселя с помощью светолучевого осциллографа Н-115 на фотоленте регистрируется зависимость силы тока от времени  $i_A(t)$  при пяти отключениях линейной нагрузки (черт. 5 - 7).

1.2.1.7. Каждая из полученных осциллограмм обрабатывается аналогично п. 1.1.8. Результаты обработки приведены в табл. 3.

Таблица 3

| Номер осциллограммы | $\Delta t$ , мс | Значение силы тока в цепи линейной нагрузки в процессе ее отключения, А |       |       |       |       |       |       | Количество электричества $Q_A$ , мКл |
|---------------------|-----------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------|
|                     |                 | $I_0$   | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ | $I_4$ | $I_5$ | $I_6$ |                                      |
| 7                   | 1,42            | 1,28  | 1,00  | 0,900 | 0,74  | 0,62  | 0,48  | 0     | 6,9                                  |
| 8                   | 1,34            | 1,28  | 1,10  | 0,950 | 0,80  | 0,64  | 0,44  | 0     | 6,9                                  |
| 9                   | 1,90            | 1,28  | 1,05  | 0,860 | 0,65  | 0,50  | 0,00  | -     | 7,0                                  |
| 10                  | 1,62            | 1,28  | 1,10  | 0,910 | 0,74  | 0,56  | 0,40  | 0     | 7,0                                  |
| 11                  | 1,80            | 1,28  | 1,10  | 0,882 | 0,68  | 0,50  | 0,00  | -     | 6,9                                  |
| Среднее значение    |                 |   |       |       |       |       |       |       | 6,8                                  |

1.2.1.8. Вычисляется среднеарифметическое значение

$$\bar{Q}_A = \frac{\sum_{i=1}^k (Q_A)_i}{k} = \frac{6,9 + 6,1 + 6,9 + 7}{5} = 6,8 \text{ мКл.}$$

1.2.1.9. Сравнение полученных значений  $\bar{Q}_p = 6,8$  мКл и  $\bar{Q}_A = 6,8$  мКл показывает, что  $\left| \frac{\bar{Q}_A - \bar{Q}_p}{\bar{Q}_p} \right| = 0$ . Следовательно, данная линейная нагрузка эквивалентна электромагниту.

1.2.1.10. С помощью осциллографа Н-115 на фотоленте регистрируется зависимость силы тока от времени  $i_A(t)$  при включении эквивалентной нагрузки (черт. 8).

1.2.1.11. По полученной зависимости определяются два значения  $T$ :

- $T_1 = 11$  мс - время нарастания силы тока от нуля до  $0,632 I_{уст}$  ;
- $T_2 = 11$  мс - время нарастания силы тока от  $0,5 I_{уст}$  до  $0,816 I_{уст}$  .

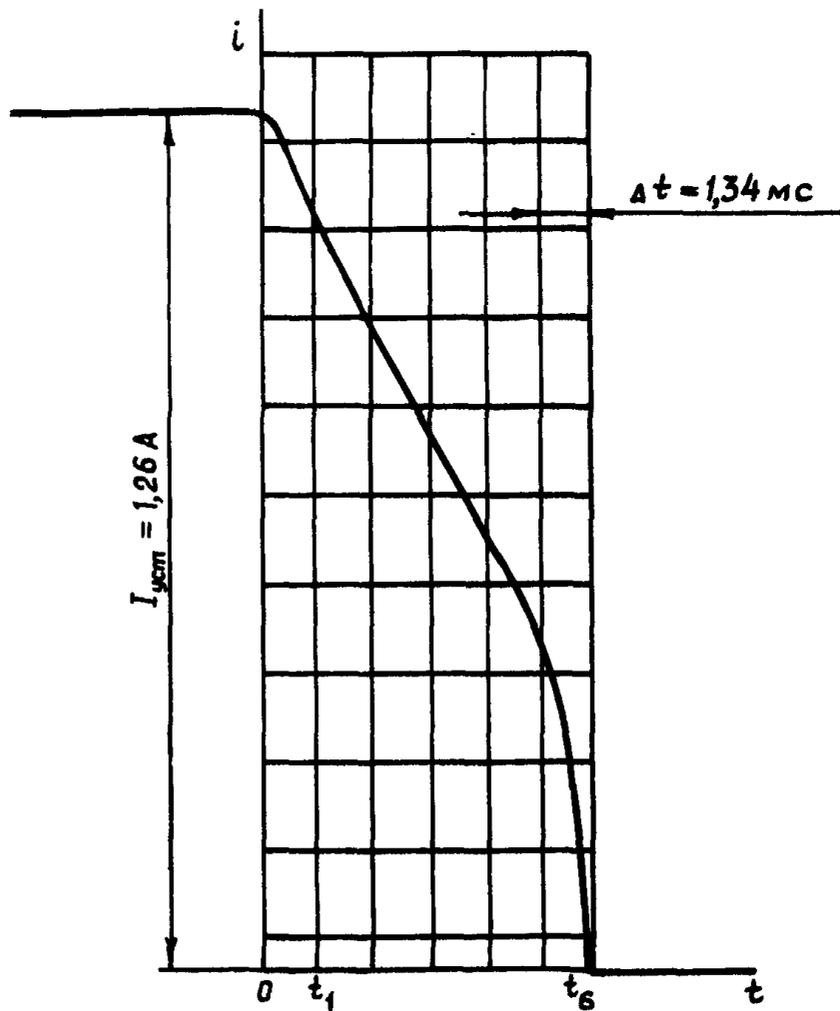
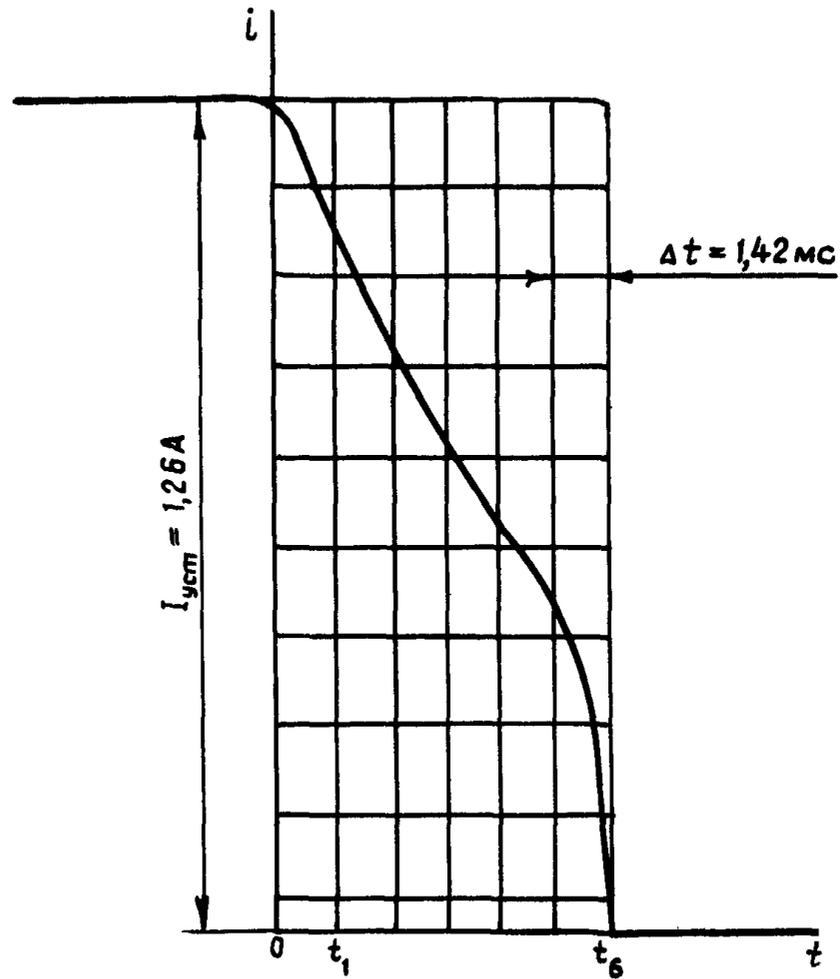
1.2.1.12. Сравнение значений  $T_1 = 11$  мс и  $T_2 = 11$  мс показывает, что  $T_1 = T_2$ . Это свидетельствует о линейности эквивалентной нагрузки. Следовательно, принимается  $T_3 = 11$  мс.

№ 131.  
№ 132.

4408

Исп. № дубликата  
Исп. № подлинника

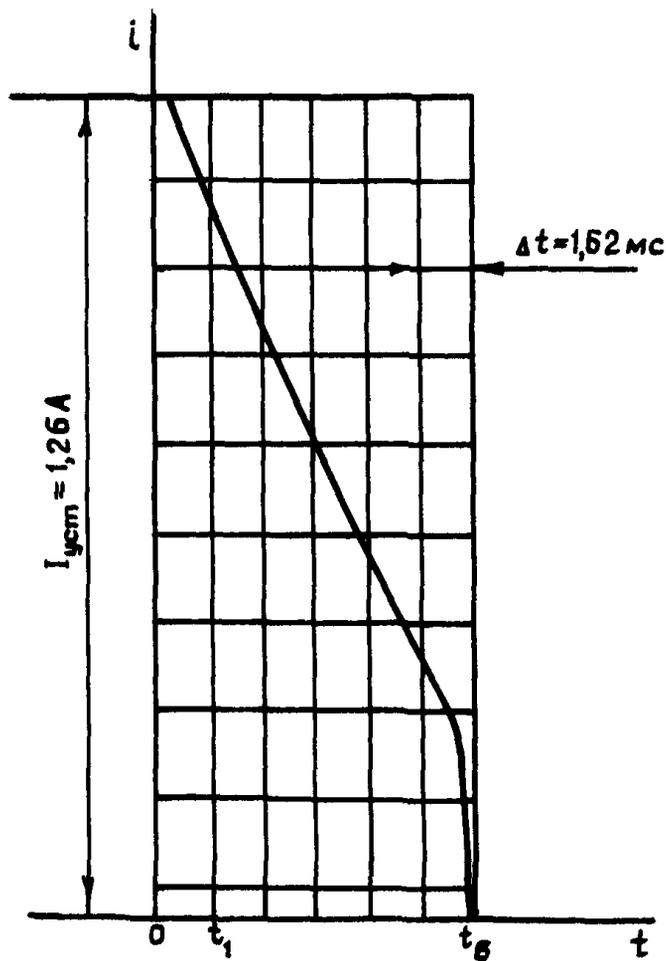
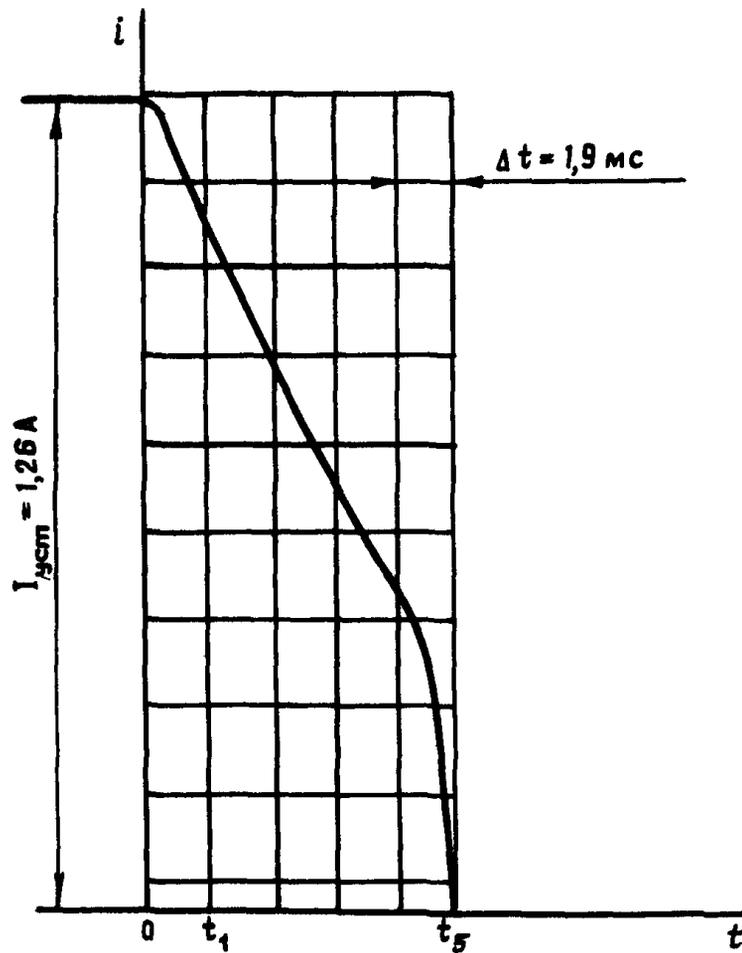
Осциллограммы № 7,8 зависимости силы тока от времени  $i(t)$   
 при отключении линейной нагрузки контактами реле ТКЕ22ПДТ



Черт. 5

|              |      |
|--------------|------|
| № изм.       |      |
| № изв.       |      |
| № дубликата  | 4408 |
| № подлинника |      |

Осциллограммы № 9, 10 зависимости силы тока от времени  $i(t)$  при отключении линейной нагрузки контактами реле ТКЕ22ПДТ



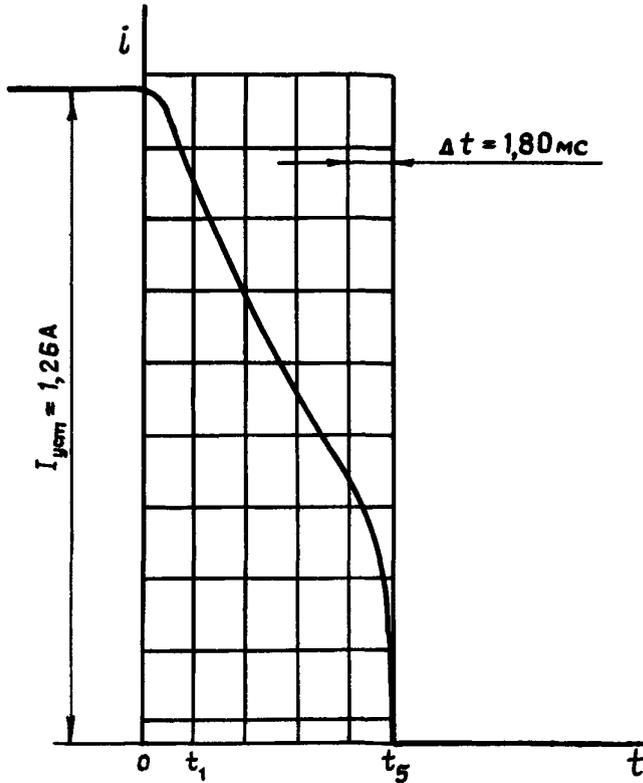
Черт. 6

№ пзп.  
№ пзп.

4408

№ пз. № дубльета  
№ пз. № одрешала

Осциллограмма № 11 зависимости силы тока от времени  $i(t)$  при отключении линейной нагрузки контактами реле ТКЕ22ПДТ



Черт. 7

1.2.2. Определение эквивалентной постоянной времени  $T_3$  электромагнита по зависимостям  $T = f(\bar{Q})$ , приведенным в приложении 2

1.2.2.1. В п. 1.1 определено, что для электромагнита  $I_{уст} = 1,26 \text{ A}$   $\bar{Q} = 6,8 \text{ мКл}$ . По черт. 2 приложения 2 определяются два значения  $T$  при  $\bar{Q} = 6,8 \text{ мКл}$  для сил токов  $I_1 = 1 \text{ A}$  и  $I_2 = 1,5 \text{ A}$ . Эти значения составляют соответственно  $\tau'_1 = 13,9 \text{ мс}$ ,  $\tau'_2 = 8,7 \text{ мс}$ .

1.2.2.2. Значение  $T_3$  при  $I_{уст} = 1,26 \text{ A}$  определяется из следующей пропорции:

$$\frac{I_2 - I_1}{I_{уст} - I_1} = \frac{\tau'_2 - \tau'_1}{T_3 - \tau'_1}$$

1.2.2.3. После подстановки численных значений определяется  $T_3$  электромагнита:

$$\frac{1,5 - 1}{1,26 - 1} = \frac{8,7 - 13,9}{T_3 - 13,9},$$

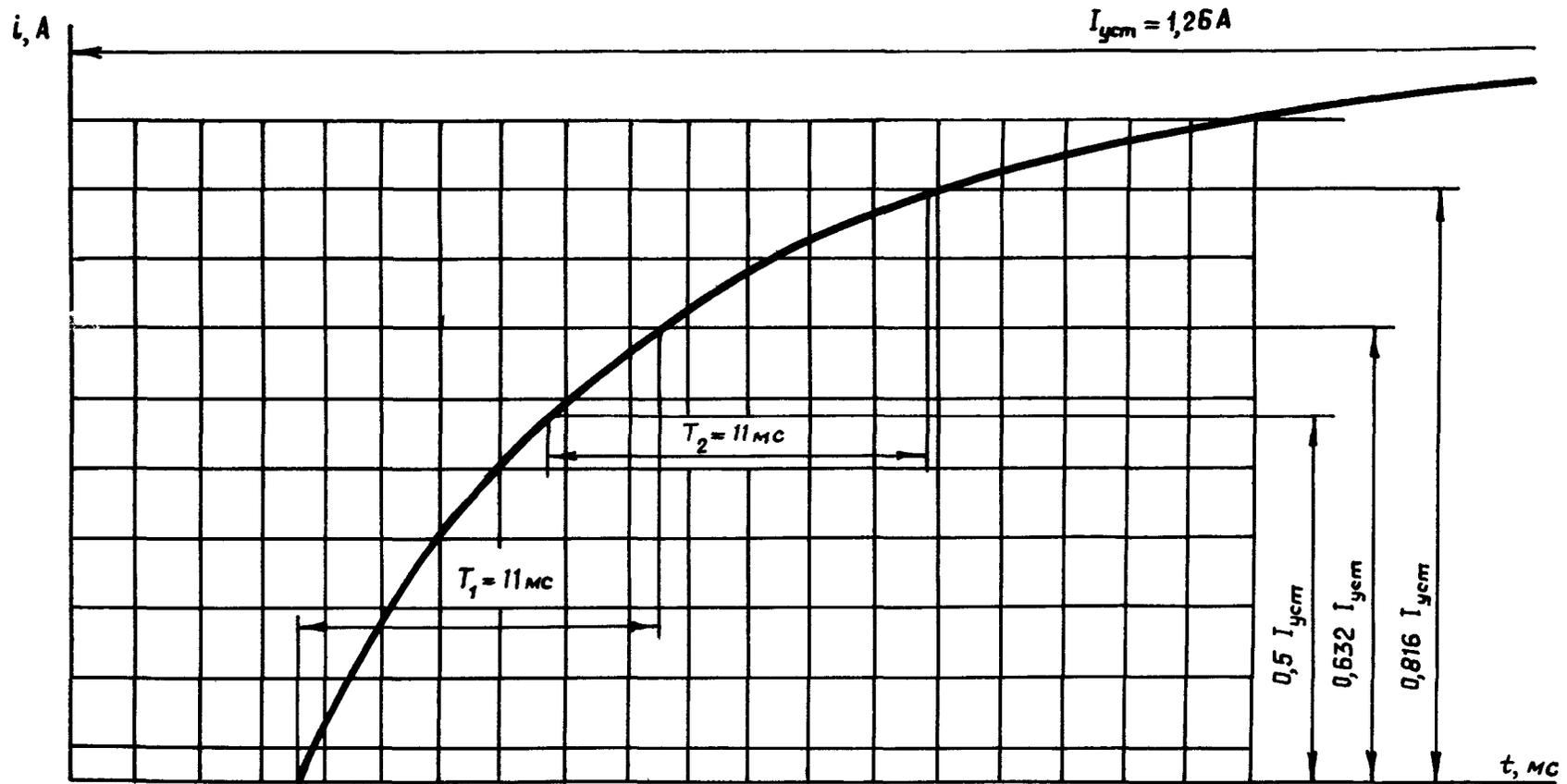
откуда  $T_3 = 11,2 \text{ мс}$ .

№ изм.  
№ изв.

4408

Инд. № дубликата  
Инд. № подлинника

Зависимость  $i_g(t)$  при включении эквивалентной нагрузки  
на постоянное напряжение 27 В



Черт. 8

## 2. ВЫБОР КОММУТАЦИОННОГО АППАРАТА ДЛЯ КОММУТАЦИИ ЦЕПИ С ЭЛЕКТРОМАГНИТОМ

2.1. Максимально возможное установившееся значение силы тока в цепи электромагнита при напряжении 27 В и температуре окружающей среды минус 80 °С определяется по формуле:

$$(I_{уст})_{max} = (I_{уст})_{20} (1 + 0,004 \Delta t) = 1,5 (1 + 0,004 \cdot 80) = 1,98 \text{ А.}$$

2.2. Для коммутации электрической цепи с электромагнитом выбирается реле типа ТКЕ22П1Г, для которого  $U_{нк} = 27 \text{ В}$ ,  $I_{нк} = 2 \text{ А} \approx (I_{уст})_{max} = 1,98 \text{ А}$ ,  $\tau_{нк} = 15 \text{ мс}$ , срок службы - 25000 срабатываний.

2.3. Максимально допустимое значение электромагнитной постоянной времени при силе тока нагрузки  $(I_{уст})_{max} = 1,98 \text{ А}$  составляет

$$\tau_{доп} = \tau_{нк} \frac{I_{нк}}{(I_{уст})_{max}} = 15 \frac{2}{1,98} \approx 15 \text{ мс.}$$

2.4. Поскольку  $T_э = 11 \text{ мс} < \tau_{доп} = 15 \text{ мс}$ , то применение реле ТКЕ22П1Г для коммутации цепи с электромагнитом допустимо.

№ изм.

№ изм.

4408

Изм. № дубликата

Изм. № оригинала





ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

| №<br>изм. | Номера страниц  |                 |       |                         | Номер<br>"Изв.<br>об<br>изм." | Подпись | Дата | Срок<br>введения<br>изменения |
|-----------|-----------------|-----------------|-------|-------------------------|-------------------------------|---------|------|-------------------------------|
|           | изме-<br>ненных | замене-<br>нных | новых | акту-<br>про-<br>ванных |                               |         |      |                               |
|           |                 |                 |       |                         |                               |         |      |                               |

|                  |      |
|------------------|------|
| Изм. № дубликата | 4408 |
| Изм. № оригинала |      |