МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет приборостроения, информационных
технологий и электроники
Кафедра «Электроэнергетика и электротехника»

Курсовая работа
по дисциплине: «Электрические и электронные аппараты»
на тему: «Расчёт магнитной системы нейтрального реле и его основных характеристик»

ПГУ 3.130302.219.014 ПЗ

Направление подготовки – 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Профиль подготовки – Электрооборудование автомобилей и тракторов

Студент: _____ **Чернобаев Е.С.**

Группа: **14ПЭ2**

Руководитель:
к.т.н., доцент _____ **Ларкин С.Е.**

Работа защищена с оценкой _____

Преподаватель _____

Дата защиты 18.05.11.

Пенза 2017 г.

РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

Вариант задания для данной курсовой работы - №14.

Количество контактов		Рабочий ход контактов l_x, мм	Вид сечения сердечника	Коэффициент ускорения K_y	Рабочее напряжение U, В
А	В	3,1	Квадрат	0,66	18
6	2				

1. Определить геометрические размеры магнитопровода.
2. Определить электромагнитное усилие $F_э$.
3. По результатам пунктов 1 и 2 задания, определить намагничивающую силу.
4. Определить геометрические размеры катушки, диаметр провода, диаметр провода с обмоткой и количество витков W.
5. Определить активное сопротивление обмотки $R_{об}$ и индуктивности обмотки при опущенном (L_1) и притянутом (L_2) якоре.
6. Определить время срабатывания на притяжение ($t_{ср}$) и отпускание ($t_{от}$).
7. Определить сопротивление дополнительного резистора из условия заданного времени на отпускание реле.
8. Построить графики изменения тока обмотки реле во времени при притяжении и отпускания якоря, в соответствии со схемой включения реле.
9. Начертить конструкцию реле и привести его электрические (U, $R_{об}$, $P_{ср}$, $I_{ср}$, $I_{от}$, $I_{уст}$, L_1, L_2) и временные ($t_{ср}$, $t_{от}$) параметры.

СОДЕРЖАНИЕ

Рабочее задание..... 2

Введение..... 4

1. Расчёт геометрических размеров реле..... 5

2. Расчёт электромагнитного усилия..... 7

3. Определение намагничивающей силы..... 7

4. Расчёт числа витков и сечения обмоточного провода..... 9

5. Расчёт активного сопротивления обмотки и и индуктивности катушки при отпущенном и притянутом якоре..... 12

6. Расчёт переходного процесса..... 14

Заключение..... 18

Список литературы..... 19

Приложение 1..... 20

Приложение 2..... 21

Приложение 3..... 22

ВВЕДЕНИЕ

Реле - электромагнитный аппарат (переключатель), предназначенный для коммутации электрических цепей при заданных изменениях электрических или не электрических входных величин. Широко используется в различных автоматических устройствах. Различают электрические, пневматические (температурные), механические виды реле, но наибольшее распространение получили электрические (электромагнитные) реле, в которых изменение входной электрической величины вызывает механическое перемещение якоря, приводящие к замыканию или размыканию контактов реле. [1]

Реле можно классифицировать по следующим признакам:

- по значению - управления, защиты и сигнализации;
- по принципу действия - электромеханические (электромагнитные, нейтральные, электромагнитные поляризованные, магнитоэлектрические, электродинамические, индукционные, электротермические), магнитные бесконтактные, электронные, триггерные, фотоэлектронные, ионные;
- по мощности управления - маломощные с мощностью управления $P_y \leq$ I Вт, средней мощности с P_y =1...10 Вт; мощные с $P_y >$ 10 Вт.
- по времени срабатывания - безынерционные $t_{ср} \leq 0{,}001$ с, быстродействующие $t_{ср} \leq 0{,}001...0{,}05$ с; нормальные - $t_{ср} = 0{,}05...0{,}15$ с; замедленные $t_{ср} = 0{,}15...$ 1 с и реле времени $t_{ср} >$ 1 с.

Если электромагнитные реле используются для переключения мощных цепей тока, то они называются контакторами. Реле и контакторы являются устройствами прерываемого действия.

Электромагнитные реле по роду используемого тока делятся на реле постоянного и переменного тока.

1. РАСЧЁТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ РЕЛЕ

На Рисунке 1 показана конструкция электромагнитного реле с угловым движением якоря, где 1 - каркас с обмоткой; 2 - ярмо; 3 - выводы обмотки; 4 - контактные пружины; 5 - замыкающий контакт (ЭК); 6 - подвижные контакты; 7 - размыкающий контакт (РК); 8 - якорь; 9 - штифт отмыкания; 10 - сердечник.

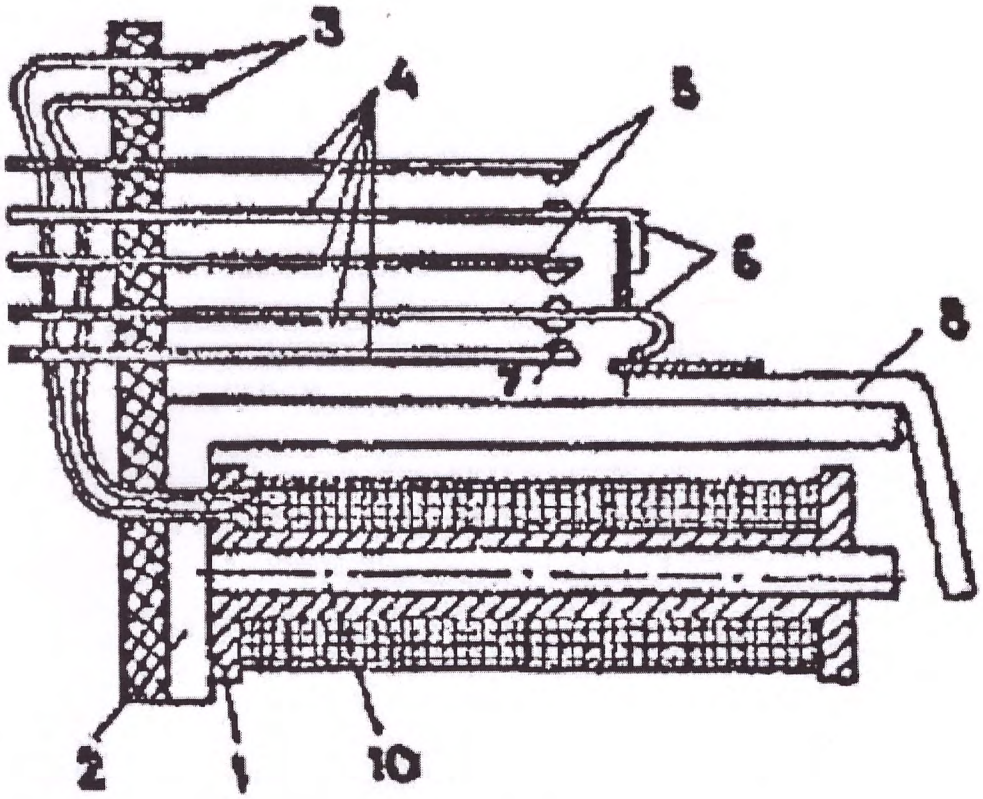


Рисунок 1. Конструкция реле.

Электромагнитное реле состоит из трех основных частей: контактной системы (контактные пружины, выполненные из материала нейзильбера), магнитопровода (ярмо, сердечник, якорь, выполненный из мягкой стали) и обмотки (катушки). Магнитную цепь составляют сердечник, якорь, ярмо и воздушный зазор между якорем и сердечником.

Основные расчётные формулы и результаты расчёта геометрических размеров приведены в таблице 1, а его геометрические размеры на рис.2.

Таблица 1.

Основные соотношения	Результат расчёта
$l_x/l_4 = l_6/l_5 = 0.08$	$l_1 = 93$ мм
$l_4/l_5 = 1.6$	$l_2 = 4.4$ мм
$l_6/l_5 = 0.08$	$l_3 = 54.25$ мм
$l_5/l_2 = 5.5$	$l_4 = 38.75$ мм
$l_3/l_4 = 1.4$	$l_5 = 24.22$ мм
$l_1 = l_3 + l_4$	$l_6 = 1.94$ мм
$l_5/d = 1.66$	$a = 12.88$ мм
$l_7 = 0.5\ldots1$	$l_7 = 1$ мм
$l_8 = 2\ldots5$	$l_8 = 2$ мм

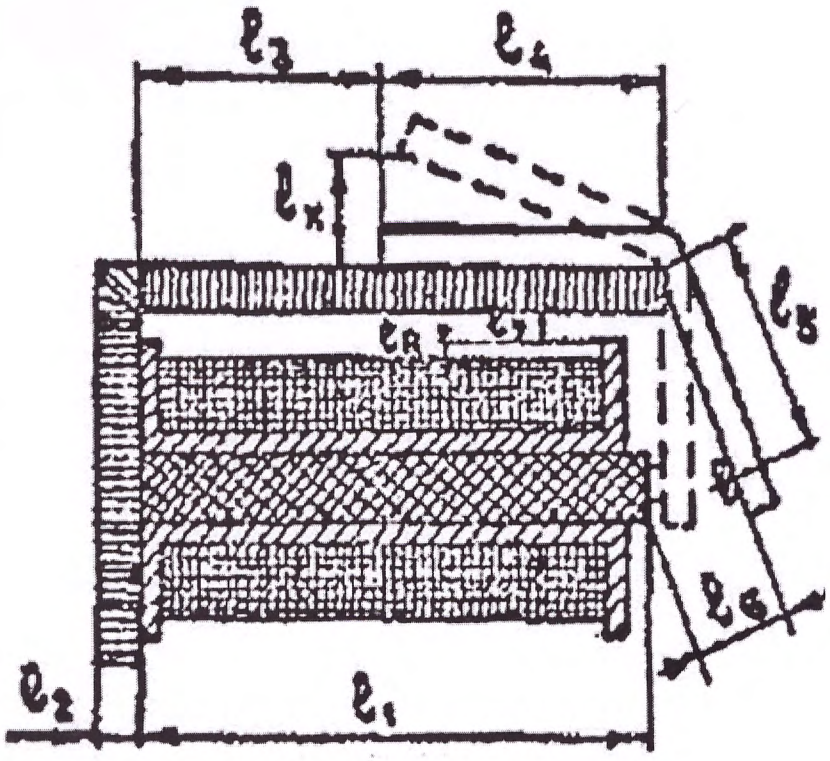


Рисунок 2. Геометрические размеры реле.

2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО УСИЛИЯ

Электромагнитное усилие создаётся энергией магнитного поля, запасённой в воздушно зазоре.

Усилие на контакты определяется выражением:

$$F_К = N \cdot m\,,$$

где: N - количество контактов,
m - упругость одного контакта.
Упругость контактов группы А равна 10 г.
Упругость контактов группы В равна 12 г.

$$F_k = (n \cdot F_{a1} + m \cdot F_{b1}) \cdot g = (6 \cdot 0{,}01 + 2 \cdot 0{,}012) \cdot 9{,}8 = 0{,}823 \text{ Н};$$

Усилие, создаваемое электромагнитом:

$$F_n = F_k \cdot \frac{l_4}{l_5} = 0{,}823 \cdot \frac{38{,}75}{24{,}22} = 1{,}317 \text{ Н};$$

Электромагнитное усилие определяется выражением:

$$F_э = k_у \cdot F_n\,,$$

Где $k_у$ - коэффициент усиления, обычно составляет 2...4. Принимаем $k_у = 4$;

$$F_э = 4 \cdot 1{,}317 = 5{,}268 \text{ Н}.$$

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАМАГНИЧИВАЮЩЕЙ СИЛЫ

В первую очередь, необходимо рассчитать рабочий магнитный поток системы. Рассчитаем магнитный поток по формуле Максвелла [2]:

$$Ф = \sqrt{2 \cdot \mu_0 \cdot F_э \cdot S_p},$$

где μ_0 – постоянная, характеризующая магнитные свойства вакуума,
$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м = $1{,}256 \cdot 10^{-6}$ Гн/м,
$S_р$ – площадь сечения воздушного зазора.

Принимаем площадь сечения $S_р$ воздушного зазора равной площади сечения сердечника.

$$S_p = a^2 \cdot 10^{-6} = 12{,}882^2 \cdot 10^{-6} = 1{,}659 \cdot 10^{-4} \text{ м};$$

где: а – сторона квадратного сердечника.

Тогда:

$$\Phi = \sqrt{2 \cdot 5{,}268 \cdot 1{,}256 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}659 \cdot 10^{-4}} = 4{,}688 \cdot 10^{-5} \text{ Вб};$$

Намагничивающая сила может быть определена из закона полного тока:

$$F_{\text{н}} = I \cdot W = H \cdot l\,,$$

Правая часть уравнения может быть представлена как сумма составляющих:

$$H \cdot l = H_1 \cdot l_1 + H_2 \cdot l_{\text{я}} + H_p \cdot l_p,$$

где: $H_1 \cdot l_1$ – напряженность и длина сердечника,
$H_2 \cdot l_{\text{я}}$ – напряженность и длина ярма и якоря,
$H_{\text{р}} \cdot l_{\text{р}}$ – напряженность и длина воздушного зазора.
Напряженность на каждом участке системы можно найти из формулы:

$$\mu \cdot \mu_0 \cdot H = B,$$

где: μ - относительная магнитная проницаемость.
Для материала магнитопровода реле μ = 18000.
Откуда:

$$H_i = \frac{B}{\mu \cdot \mu_0} = \frac{\Phi}{\mu \cdot \mu_0 \cdot S},$$

Тогда намагничивающая сила определяется:

$$F_{\text{н}} = \frac{\Phi}{\mu_0} \cdot \left(\frac{l_3 + l_4}{\mu \cdot S_p} + \frac{l_{\text{я}}}{\mu \cdot S_{\text{я}}} + \frac{l_6}{S_p}\right),$$

где: $S_{\text{я}}$ – площадь сечения ярма и якоря (площадь сечения ярма принимается в два раза меньше площади сечения сердечника).

$$S_{\text{я}} = \frac{S_p}{2} = 8{,}297 \cdot 10^{-5}$$

$$l_{\text{я}} = 2 \cdot l_5 + l_2 + l_3 + l_4 = 2 \cdot 24{,}21875 + 4{,}403 + 54{,}25 + 38{,}75 = 145{,}84 \text{ мм};$$

Подставив в формулу получим:

$$F_{\text{н}} = \frac{4{,}688 \cdot 10^{-5}}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}} \cdot \left(\frac{54{,}25 + 38{,}75}{1{,}659 \cdot 10^{-4} \cdot 18000} + \frac{145{,}84}{8{,}297 \cdot 10^{-5} \cdot 18000} + \frac{1{,}9375}{1{,}659 \cdot 10^{-4}}\right) \cdot 10^{-3} = 440{,}327 \text{ Н}.$$

4. РАСЧЁТ ЧИСЛА ВИТКОВ И СЕЧЕНИЯ ОБМОТОЧНОГО ПРОВОДА

Катушка наматывается на каркасы из электрокартона или пластмассы (толщина каркаса l_T примерно 1 мм) и по своей форме может быть круглой или квадратной. По заданию сечение сердечника квадратной формы, что показано на рисунке 3.

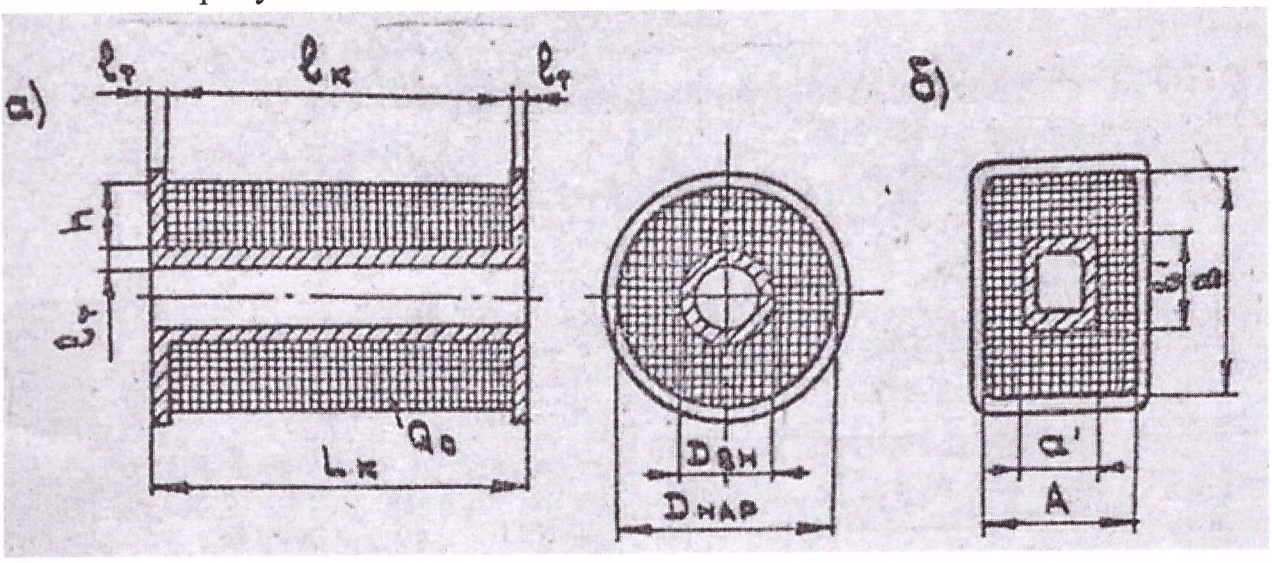


Рисунок 3.

Катушка характеризуется длиной каркаса L_K (при расчете принять $L_K = 0{,}98 \cdot l_l$), длиной l_K и высотой h окна намотки, а также внутренним и внешним размерами намотки:

$$L_k = 0{,}98 \cdot (l_3 + l_4) = 0{,}98 \cdot (54{,}25 + 38{,}75) = 91{,}14 \text{ мм};$$

$$l_k = L_k - 2 \cdot l_t = 91{,}14 - (2 \cdot 1) = 89{,}14 \text{ мм}.$$

Для катушки с сердечником квадратного сечения:

Наружная сторона:

$$A_{\text{нар}} = 2 \cdot (l_5 - l_2 - l_7 - l_8) = 33{,}632 \text{ мм};$$

Внутренняя сторона:

$$A_{\text{вн}} = a + 2 \cdot l_t = 14{,}882 \text{ мм};$$

Рассчитаем максимальную высоту окна намотки по формуле:

$$h_{max} = l_5 - l_2 - l_7 - l_8 - l_t - \frac{a}{2} = 9{,}375 \text{ мм};$$

Определяем длину средней линии витка обмотки:

$$l_{\text{ср}} = 4 \cdot A_{\text{вн}} + \pi \cdot h_{max} = 88{,}98 \text{ мм};$$

Для выполнения намотки применяют главным образом медную изолированную проволоку с удельным сопротивлением ρ = 1,75·10 $^{-5}$ Ом мм^2/м. Эмалевой изоляцией проводов будет изоляция марки ПЭВ (провод с винфлексовой эмалевой изоляцией), которая имеет лучшее сцепление с металлом.

Расчёт диаметра провода:

Удельное сопротивление проволоки: ρ = 1,75 · 10^{-5} Ом мм^2/м.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \rho \cdot l_{ср} \cdot F_н}{\pi \cdot U}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1{,}75 \cdot 10^{-5} \cdot 88{,}98 \cdot 440{,}327}{3{,}14 \cdot 18}} = 0{,}22 \text{ мм}.$$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного [2]: d = 0,25 мм.

При диаметрах провода $d < 0{,}35$ мм применяют «дикую» намотку, так как тонкие провода трудно укладывать упорядоченно. Диаметр проволоки с учетом изоляции $d_{пр}$ несколько больше, чем диаметр проволоки по меди d, т.е.

$$d_{пр} = k \cdot d,$$

где: k – коэффициент, учитывающий толщину и вид изоляции, определяемый по справочным таблицам.

Для провода с диаметром $d < 0{,}35$ мм и эмалевым покрытием $k \sim 1{,}12$ [2].

$$d_{пр} = 0{,}25 \cdot 1{,}12 = 0{,}28 \text{ мм}.$$

Рассчитываем число витков обмотки:

$$W = \frac{4 \cdot F_H}{\text{j} \cdot \pi \cdot d^2},$$

где: j – плотность тока, которая находится в пределах от 2 А/мм^2 до 5 А/мм^2 для указанного типа провода. Принимаем j = 4 А/мм^2.
Получим:

$$W = \frac{4 \cdot 440{,}327}{4 \cdot \pi \cdot 0{,}25^2} = 2243.$$

Проверяем возможность размещения витков в окне катушки:
Площадь окна магнитопровода:

$$Q_k = l_k \cdot h_{max} = 89{,}14 \cdot 9{,}375 = 835{,}665 \text{ мм}^2;$$

$$W_{max} = \frac{Q_k}{d_{пр}^2 + \beta},$$

где β = 0,02 мм^2 коэффициент, учитывающий несплошность намотки, откуда получим:

$$W_{max} = \frac{835{,}665}{0{,}28^2 + 0{,}002} = 10390.$$

Как видно из полученного значения витки будут занимать меньше 1/4 высоты окна намотки.

Определяем истинную высоту окна намотки:

$$h_{\text{и}} = \frac{W \cdot h_{max}}{W_{max}},$$

Таким образом, получаем:

$$h_{\text{и}} = \frac{2243 \cdot 9{,}375}{10390} = 2{,}023 \text{ мм}.$$

Проводим корректирующий перерасчёт:

Длина средней линии:

$$l_{\text{ср}} = 4 \cdot A_{\text{вн}} + \pi \cdot h_{\text{и}} = 65{,}882 \text{ мм};$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \rho \cdot l_{\text{ср}} \cdot F_{\text{н}}}{\pi \cdot U}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1{,}75 \cdot 10^{-5} \cdot 65{,}882 \cdot 440{,}327}{3{,}14 \cdot 18}} = 0{,}19 \text{ мм}.$$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного [2]: d = 0,2 мм.

С учётом изоляции диаметр провода будет:

$$d_{\text{из}} = k \cdot d = 0{,}224 \text{ мм}.$$

$$W = \frac{4 \cdot F_H}{j \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 440{,}327}{4 \cdot \pi \cdot 0{,}2^2} = 3\,504.$$

5. РАСЧЁТ АКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОБМОТКИ И ИНДУКТИВНОСТИ КАТУШКИ ПРИ ОТПУЩЕННОМ И ПРИТЯНУТОМ ЯКОРЕ

Активное сопротивление обмотки определяется по формуле:

$$R_{\text{обм}} = \frac{4 \cdot \rho \cdot l_{\text{ср}} \cdot W}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 1{,}75 \cdot 10^{-5} \cdot 65{,}882 \cdot 3504}{\pi \cdot 0{,}2^2} = 128{,}595 \text{ Ом};$$

Установившийся ток в обмотке:

$$I_{\text{уст}} = \frac{U}{R_{\text{обм}}} = \frac{18}{128{,}595} = 0{,}14 \text{ А}.$$

После определения тока в обмотке ее сопротивления и количества витков W, можно перейти к определению индуктивности. Так как все витки обмотки W пронизываются одним и тем же потоком Ф, то потокосцепление Ψ будет определяться формулой:

$$\Psi = W \cdot \Phi,$$

Потокосцепление пропорционально току I; протекающему по катушке

$$\Psi = L \cdot I,$$

Определяем индуктивность обмотки из приведённых выражений:

$$L_{\text{об}} = \frac{\Psi}{I} = \frac{W \cdot \Phi}{I}.$$

Необходимо отметить, что магнитный поток Ф изменяется при изменении зазора. Поэтому реле будет иметь различные индуктивности при отпущенном и притянутом якоре.

При отпущенном якоре магнитный поток был рассчитан ранее:

$$\Phi_1 = 46{,}88 \text{ мкВб}.$$

Из формулы для определения намагничивающей силы можно определить Ф при притянутом якоре. С учётом штифта $0{,}2 \cdot l_6$ мм, формула имеет вид:

$$\Phi_2 = \frac{F_H \cdot \mu_0}{\left(\frac{0{,}2 \cdot l_6}{S_p} + \frac{l_2 + l_3 + l_4 + 2 \cdot l_5}{S_{\text{я}} \cdot \mu} + \frac{l_3 + l_4}{S_p \cdot \mu}\right) \cdot 10^{-3}}$$

$$= \frac{440{,}327 \cdot 1{,}256 \cdot 10^{-6}}{\left(\frac{0{,}2 \cdot 1{,}938}{1{,}659 \cdot 10^{-4}} + \frac{4{,}4 + 54{,}25 + 38{,}75 + 2 \cdot 24{,}22}{8{,}297 \cdot 10^{-5} \cdot 18000} + \frac{54{,}25 + 38{,}75}{1{,}659 \cdot 10^{-4} \cdot 18000}\right) \cdot 10^{-3}}$$

$$= 224{,}6 \text{ мкВб}.$$

Откуда:

Индуктивность при отпущенном якоре:

$$L_1 = \frac{W \cdot \Phi_1}{I_{\text{уст}}} = 1{,}173 \text{ Гн};$$

Индуктивность при притянутом якоре:

$$L_2 = \frac{W \cdot \Phi_2}{I_{\text{уст}}} = 5{,}622 \text{ Гн}.$$

6. РАСЧЁТ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА

С точки зрения теории цепей, обмотка электромагнитного реле представляет собой активно-индуктивную нагрузку (Рисунок 4).

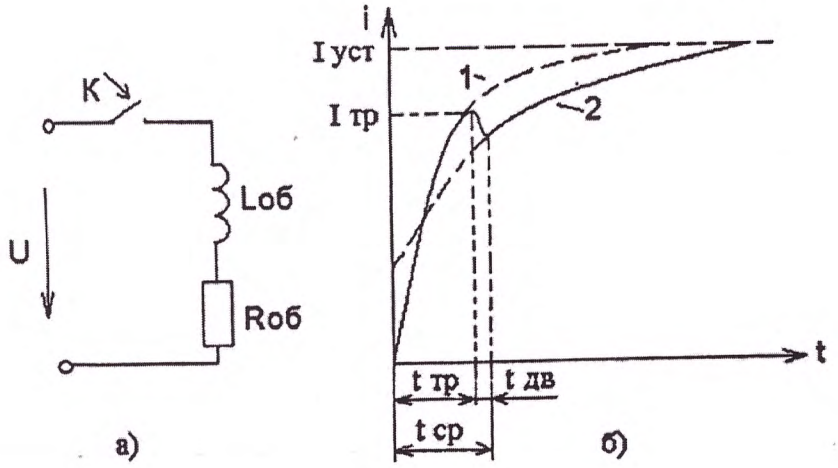


Рисунок 4.

Схема замещения реле (а) и переходные характеристики при включении (б). Подключение обмотки возбуждения реле к источнику постоянного напряжения не сопровождается скачкообразным изменением тока. Закон изменения тока обмотки может быть получен применением теории переходных процессов в электрических цепях. Данный закон и определяет в основном время срабатывания на протяжение реле Подобный процесс наблюдается и при отпускании якоря реле.

Задача рассмотрения переходного процесса в электромагнитных реле осложняется тем, что индуктивность обмотки в процессе перемещения якоря изменяется.

Графически зависимость $i(t)$ при включении реле представляет собой экспоненту (пунктирная кривая 1 на рисунке 4, б), построенную в предположении, что индуктивность цепи неизменна

$$i(t) = I_{\text{уст}} \cdot \left(1 - e^{\frac{-1}{t_1}}\right),$$

где: $I_{\text{уст}} = \frac{U}{R_{\text{об}}}$ – установившееся (принужденное) значение тока в обмотке;

$-\tau_1 = \frac{L_1}{R_{\text{об}}}$ постоянная времени цепи;

L_1 – индуктивность обмотки при отпущенном якоре;

$R_{об}$ – активное сопротивление обмотки.

$$\tau_1 = \frac{L_1}{R_{об}} = \frac{1{,}173}{128{,}595} = 9{,}125 \cdot 10^{-3}\text{с}.$$

Как было отмечено ранее, при достижении током $i(t)$ некоторого значения $I_{тр}$ (этому моменту соответствует время $t_{тр}$) начинается движение якоря. В течении времени $t_{дв}$ ток изменяется под влиянием приложенного напряжения и меняющейся в процессе движения якоря индуктивности. Как только якорь притянется к сердечнику, индуктивность обмотки перестанет изменяться и ток снова возрастает по экспоненте (кривая 2 на рисунке 4, б), но с большей постоянной времени (где L_2 – индуктивность при притянутом якоре).

Следует отметить, что время движения $t_{дв}$, как правило, значительно меньше времени трогания $t_{тр}$, а ток срабатывания $I_{ср}$ практически можно считать приблизительно равным $I_{тр}$. Тогда, учитывая, что при $t = t_{тр}$ ток $i = I_{тр}$ из ранее приведённых формул можно определить время и ток срабатывания реле:

$$I_{ср} = \frac{I_{уст}}{k_{зап}} = \frac{0{,}14}{2} = 0{,}07 \text{ А};$$

$$t_{ср} = \tau_1 \cdot \ln\left(\frac{I_{уст}}{I_{уст} - I_{ср}}\right) = 9{,}125 \cdot 10^{-3} \cdot \ln\left(\frac{0{,}14}{0{,}14 - 0{,}07}\right) = 6{,}325 \cdot 10^{-3} \text{ с};$$

Рассмотрим теперь переходный процесс, возникающий при прекращении подачи рабочего напряжения на обмотку реле. Энергия, запасенная в магнитном поле обмотки, создаёт переходный процесс (Рисунок 5), поддерживая некоторое время ток за счет дугового или искрового разряда между контактами в управляющей цепи. Из-за наличия искрового промежутка между контактами при отключении реле, анализ кривой изменения в обмотке реле при отсутствии элементов искрогашения не поддается теоретическому описанию. Поэтому в качестве исходной величины для определения времени отпускания реле используется постоянная времени. Исходя из этого, теоретическое время срабатывания реле на отпускание $t_{от}$, определяется так:

$$I_{от} = k_{возв} \cdot I_{ср} = 0{,}6 \cdot 0{,}07 = 0{,}042 \text{ А};$$

$$\tau_2 = \frac{L_2}{R_{об}} = \frac{5{,}622}{128{,}595} = 0{,}044 \text{ с};$$

$$t_{отп} = \tau_2 \cdot \ln\left(\frac{I_{уст}}{I_{от}}\right) = 0{,}044 \cdot \ln\left(\frac{0{,}14}{0{,}042}\right) = 0{,}053 \text{ с}.$$

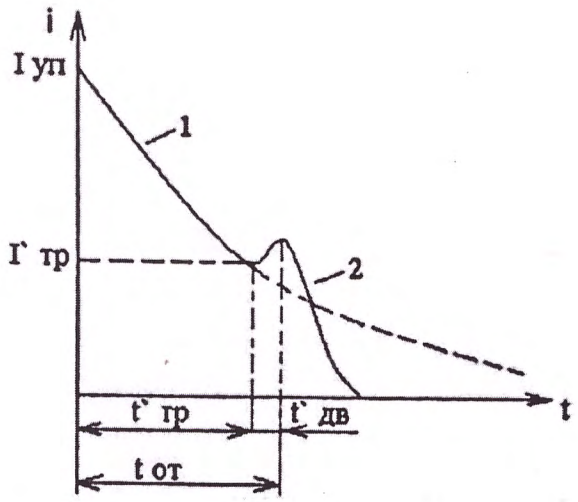


Рисунок 5.

Процесс искрения, возникающий при отключении реле, является нежелательным, так как приводит к преждевременному износу контактов и выходу их из строя. На практике для искрогашения обычно используют метод, основанный на включении параллельно обмотке каких-либо элементов (Рисунок 6). Принцип действия таких схем основан на том, что при размыкании контактов ток переходного процесса $i_{пер}$ проходит по замкнутому контуру, минуя сами контакты.

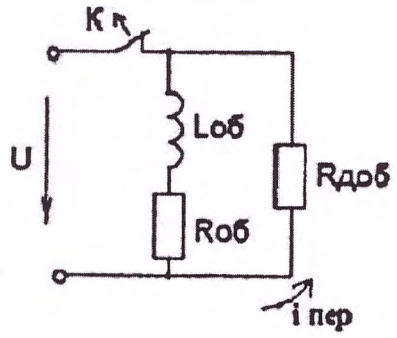


Рисунок 6.

По заданию данной курсовой работы необходимо уменьшить время отпускания реле (коэффициент ускорения $k_у$ 0,66), значит, время отпускания будет равно:

$$t'_{отп} = k_у \cdot t_{отп} = 0{,}66 \cdot 0{,}053 = 0{,}035 \text{ с};$$

$$\tau_{нов} = \frac{t'_{отп}}{\ln\left(\frac{I_{уст}}{I_{от}}\right)} = \frac{0{,}035}{\ln\left(\frac{0{,}14}{0{,}042}\right)} = 0{,}029 \text{ с}.$$

$$\tau_{нов} = \frac{L_2}{R_{обм} \cdot R_{доб}},$$

Выражаем $R_{доб}$:

$$R_{доб} = \frac{L_2}{\tau_{нов}} - R_{об} = \frac{5{,}622}{0{,}029} - 128{,}6 = 66{,}24 \text{ Ом}.$$

Из ряда Е12 Выбираем $R_{доб} = 68$ Ом.

Мощность срабатывания рассчитывается по формуле:

$$P_{ср} = I_{ср} \cdot \frac{R_{об} \cdot R_{доб}}{R_{об} + R_{доб}} = 0{,}07 \cdot \frac{128{,}6 \cdot 68}{128{,}6 + 68} = 3{,}11 \text{ Вт}.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной курсовой работе было рассчитано электромагнитное реле постоянного тока, относящееся к быстродействующим, обеспечивающее переключение пяти контактов. Выбранная схема включения реле с учётом искрогашенияне является энергосберегающей, но помогает предотвратить подгорание контактов реле. Чертёж конструкции реле представлен в приложении 1, а его геометрические размеры в таблице 1. Переходные процессы, протекающие в обмотке, представлены в приложении 2 (при притягивании якоря) и в приложении 3 (при отпускании якоря).

$R_{об}$ = 128,6 Ом;

$I_{уст}$ = 0,14 А;

$I_{сраб}$ = 0,07 А;

$t_{ср}$ = 6,325 мс;

$I_{от}$ = 0,042 А;

$t_{от}$ = 0,035 с;

L_1 = 1,173 Гн;

L_2 = 5,622 Гн;

τ_1 = 9,12 мс;

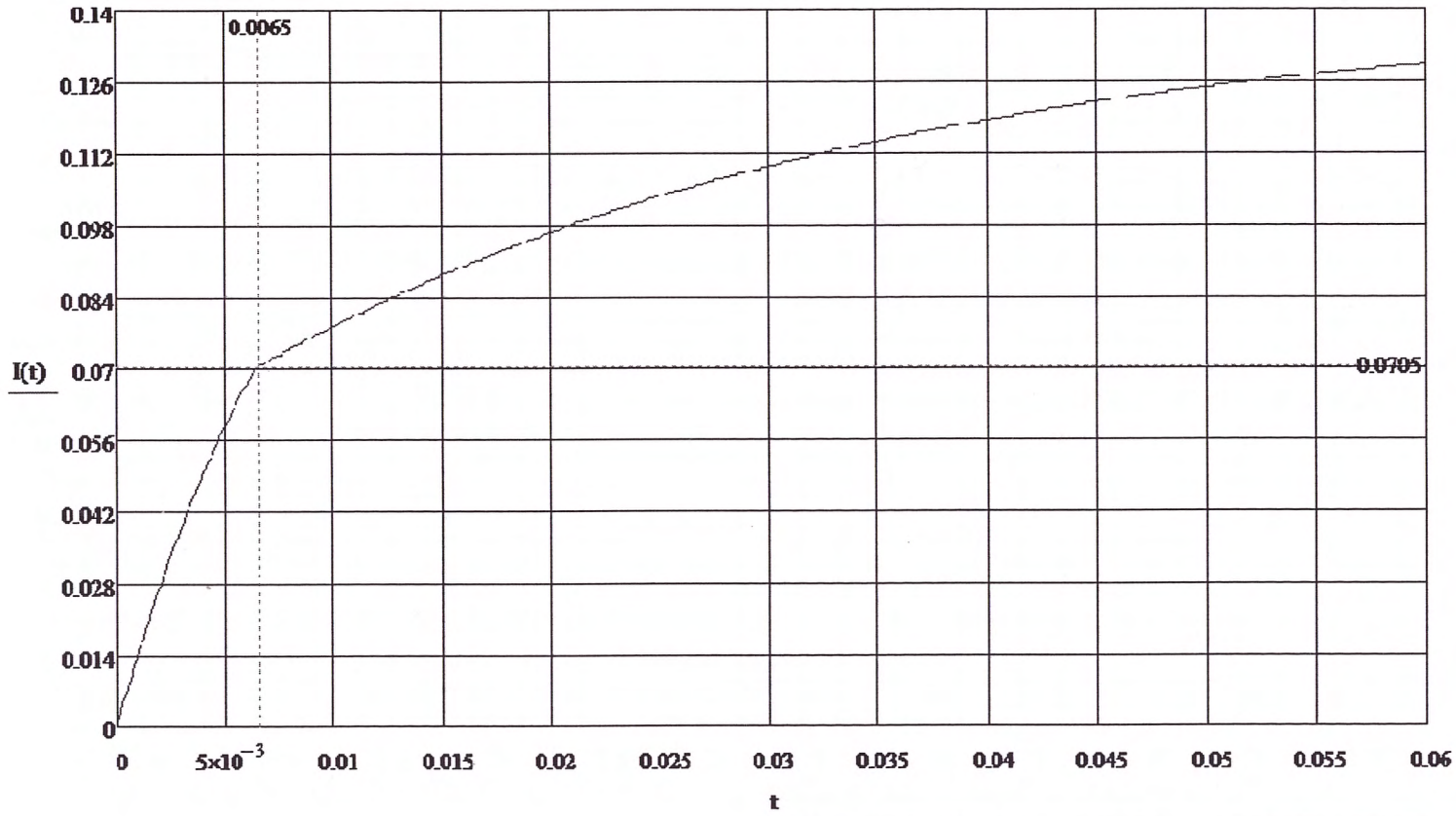
τ_2 = 0,044 с;

$R_{доб}$ = 68 Ом;

$P_{ср}$ = 3,11 Вт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чунихин А. А. Электрические аппараты: Общий курс. Учебник для вузов. 3-е издание, переработанное и дополненное –М., Энергоатомиздат, 1988 г. -720 с.
2. Расчёт магнитной системы нейтрального реле и его основных характеристик. Методическое указание к выполнению курсовой работы. –Пенза, ППИ, 1993 г. -30 с.
3. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. –М.: Высш.шк., 1978 г. -97 с.



					Пенз.ГУ 0.6-КР.130302.219.001-ТЧ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Переходный процесс при срабатывании реле	Лит. / Масса / Масштаб: 1:1
Разраб.		Чернобаев Е.С.				Лист / Листов: 1
Пров.		Ларкин С.Е.				Кафедра "ЭиЭ" гр. 14ПЭ2
Т.контр.						
Н.контр.						
Утв.						

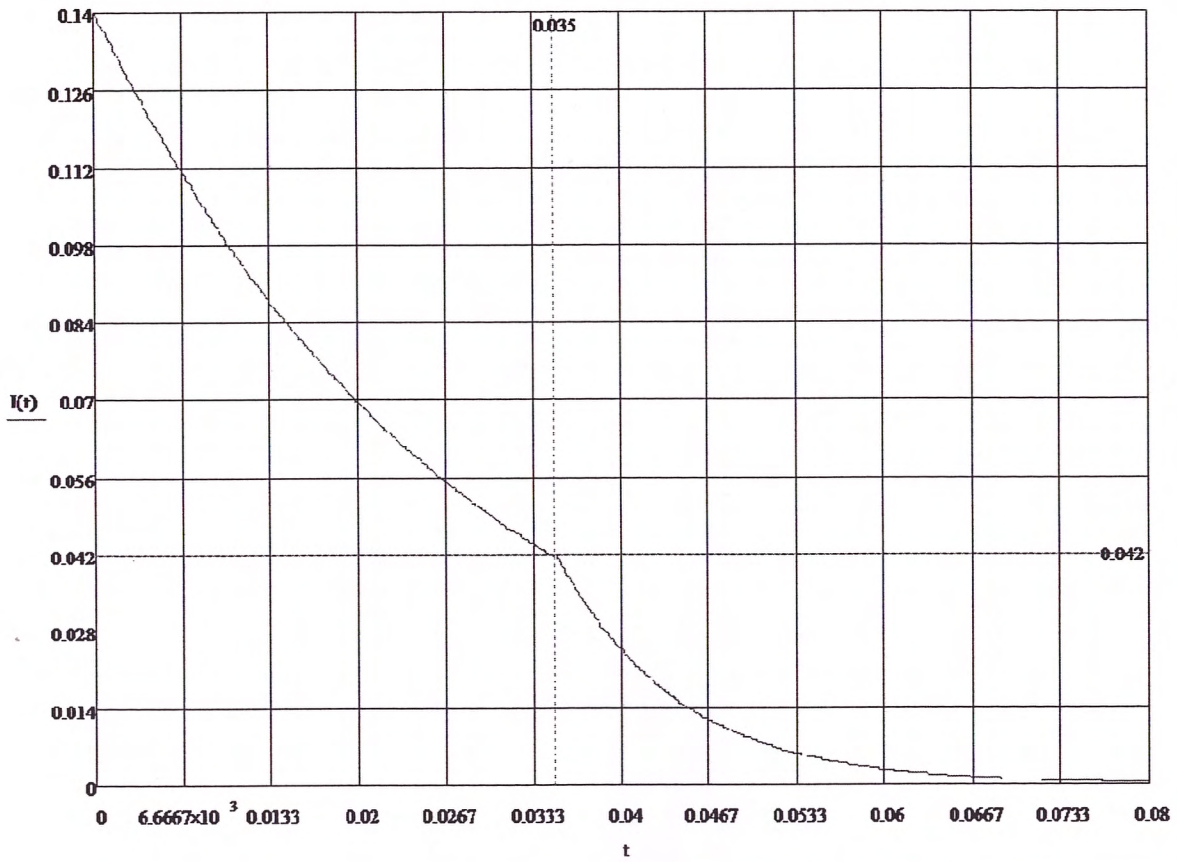
Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

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



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Пенз.ГУ 0.6-КР.130302.219.001-ТЧ

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Чернобаев Е.С.		
Пров.		Ларкин С.Е.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Пенз.ГУ 0.6-КР.130302.219.001-ТЧ

Переходный процесс при срабатывании реле

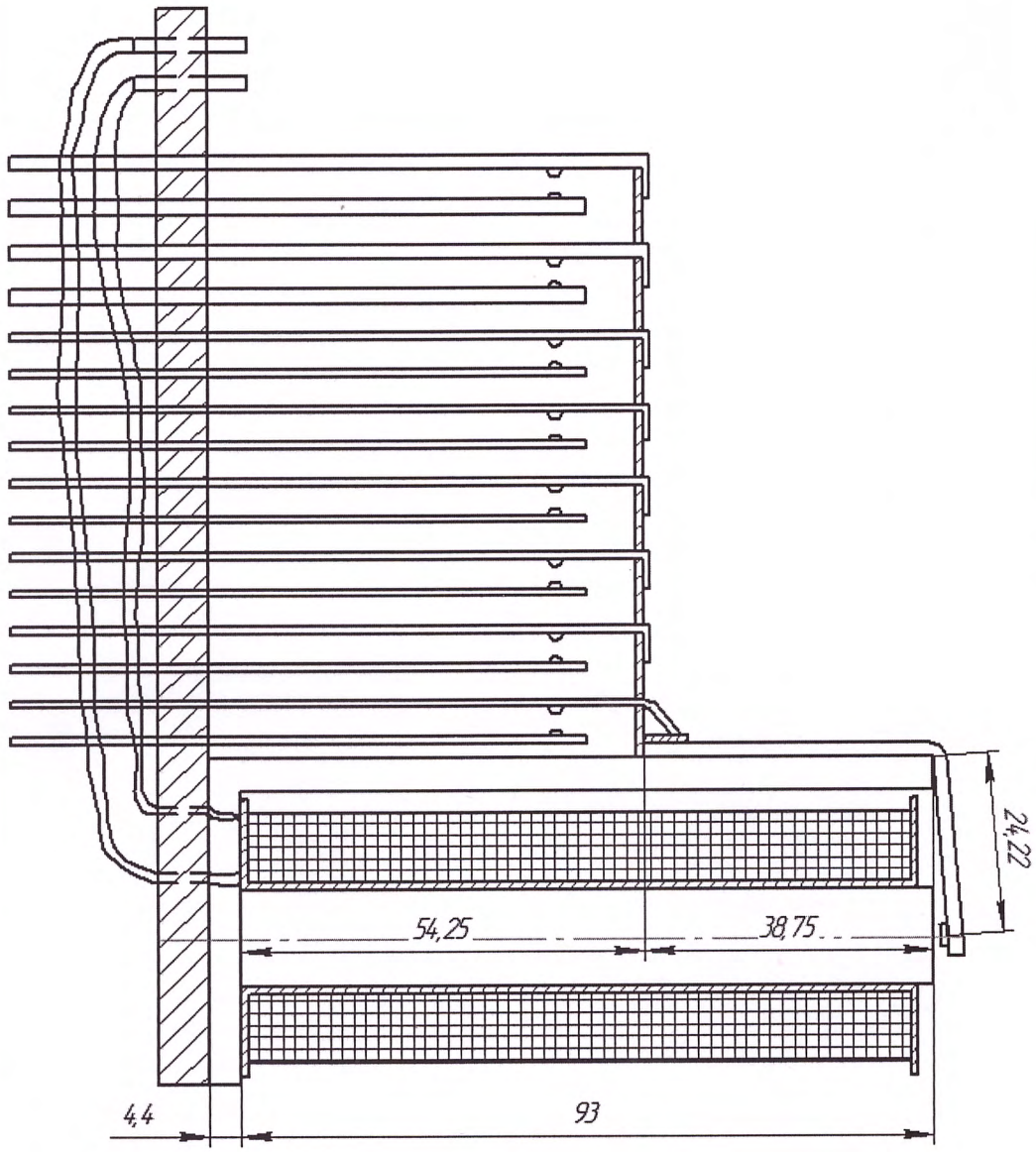
Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов 1	

Кафедра "ЭиЭ" гр. 14ПЭ2

Копировал

Формат А3

Пенз.ГУ 0.6-КР.130302.219.001-ГЧ



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Чернобаев Е.С.		
Пров.		Ларкин С.Е.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Пенз.ГУ 0.6-КР.130302.219.001-ГЧ

Чертеж конструкции реле

Лит.	Масса	Масштаб
Лист	Листов 1	

Приложение 3

Кафедра "ЭиЭ"
гр. 14ПЭ2

Копировал

Формат А4