

Федеральное агентство связи
Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
в г. Екатеринбурге УрТИСИ СибГУТИ



А.А. Шадрин

ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Методические указания по выполнению домашней контрольной работы
для студентов заочной формы обучения, на базе среднего общего образования,
обучающихся по направлению подготовки 11.03.02
«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»
(профили «Многоканальные телекоммуникационные системы»,
«Сети связи и системы коммутации»)
программа академического бакалавриата
в соответствии с ФГОС ВО 3+

Екатеринбург
2017

УДК 621.311.6: 621.396.6
ББК 32.88-42я73-5

Рецензент: к.ф-м.н., доцент кафедры ММС Куанышев В.Т.

Шадрин А.А.

Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: методические указания по выполнению домашней контрольной работы / А.А. Шадрин – Екатеринбург: Изд-во УрТИСИ СибГУТИ 2017. – 24с.

Методические указания по выполнению домашней контрольной работы по дисциплине «Электропитание устройств и систем телекоммуникаций» предназначены для студентов заочной формы обучения, на базе среднего общего образования, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (профили «Многоканальные телекоммуникационные системы», «Сети связи и системы коммутации») программа академического бакалавриата в соответствии с ФГОС ВО 3+

Методические указания предназначены для выполнения контрольной работы по дисциплине «Электропитание устройств и систем телекоммуникаций». Содержит перечень литературы, вопросов для подготовки к работе, методические указания по выполнению и приложения для более глубокого изучения теоретических вопросов.

Рекомендовано НМС УрТИСИ СибГУТИ в качестве методических рекомендаций по выполнению домашней контрольной работы по дисциплине «Электропитание устройств и систем телекоммуникаций» для студентов заочной формы обучения, на базе среднего общего образования, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (профили «Многоканальные телекоммуникационные системы», «Сети связи и системы коммутации») программа академического бакалавриата в соответствии с ФГОС ВО 3+.

УДК 621.311.6: 621.396.6
ББК 32.88-42я73-5

Кафедра общепрофессиональных дисциплин
технических специальностей

© УрТИСИ СибГУТИ, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Задание и общие указания по оформлению контрольной работы	5
2. Методические указания по выполнению контрольной работы	6
2.1. Расчет параметров однофазного выпрямителя	6
2.2. Расчет сглаживающего фильтра	11
3. Литература	13
Приложения А	14
Приложения Б	16
Приложения В	20
Приложения Г	21
Приложения Д	23

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по выполнению контрольной работы составлены в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Электропитание устройств и систем телекоммуникаций» для студентов заочной формы обучения, на базе среднего общего образования, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (профили «Многоканальные телекоммуникационные системы», «Сети связи и системы коммутации») программа академического бакалавриата в соответствии с ФГОС ВО 3+.

Выполнение контрольной работы позволяет закрепить теоретические знания курса, получить необходимые навыки выбора оборудования, выполнения инженерно-технических расчетов, и научиться пользоваться справочной литературой.

1. ЗАДАНИЕ И ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В контрольной работе необходимо выполнить следующее:

- выбрать схему выпрямителя и тип вентиляей;
- рассчитать параметры трансформатора;
- рассчитать параметры сглаживающего фильтра.

Исходные данные для расчета выбираются из таблиц 1 и 2 в соответствии с номером шифра: предпоследняя цифра номера шифра соответствует номеру варианта в таблице 1, а последняя цифра шифра соответствует номеру варианта в таблице 2.

При оформлении контрольной работы следует соблюдать общие требования:

- записать исходные данные к расчету;
- обосновать выбор схемы, которая будет рассчитываться;
- расчетные формулы приводить в общем виде, а числовые значения подставлять системе СИ;
- принципиальную схему выпрямителя с фильтром выполнить в соответствии с требованиями ГОСТ;
- в конце работы привести список литературы;
- работа должна быть подписана и указана дата.

Домашняя контрольная работа выполняются в тетради в клеточку

Задание для расчета

Решение задачи состоит в расчете выпрямительного устройства, которое питается от однофазной сети переменного тока напряжением $U_1 = 220$ В с частотой $f_c = 50$ Гц. Исходными данными для расчетов являются напряжение U_H и ток I_H нагрузки, а также коэффициент пульсации по первой гармонике на нагрузке $K_{п.}$ Числовые значения исходных данных по каждому из 100 возможных вариантов приведены в таблицах 1 и 2. Номер варианта задания, выполняемого студентом, определяется по двум последним цифрам зачетной книжки.

Таблица 1

Первая цифра варианта задания	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U_H , В	12	4	36	8	48	9	5	25	42	18

Таблица 2

Вторая цифра варианта задания	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I_H , А	1	5	3	6	3	4	7	2	6	4
$K_{п.}$, %	1	3	7	4	5	2	2	10	3	4

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

2.1. Расчет параметров однофазного выпрямителя

Выбор схемы и вентиляей

Схемы выпрямления для однофазных сетей переменного тока представлены на рисунке 1. Выбор конкретной схемы основывается на анализе исходных данных и максимально допустимых параметров вентиляей, выпускаемых промышленностью. При мощности в нагрузке меньше 1 кВт могут быть использованы обе схемы. Мостовую схему (рисунок 1б) нецелесообразно применять при $U_H < 10$ В, так как в этом случае падение напряжения на двух последовательно соединенных диодах соизмеримо с напряжением на нагрузке. При необходимости получения на нагрузке больших величин напряжения мостовая схема может быть предпочтительнее однотактной двухполупериодной схемы выпрямления (рисунок 1а), так как в ней требуются вентиляи с меньшим максимально допустимым обратным напряжением. Кроме того, для мостовой схемы нужен трансформатор с меньшей габаритной мощностью.

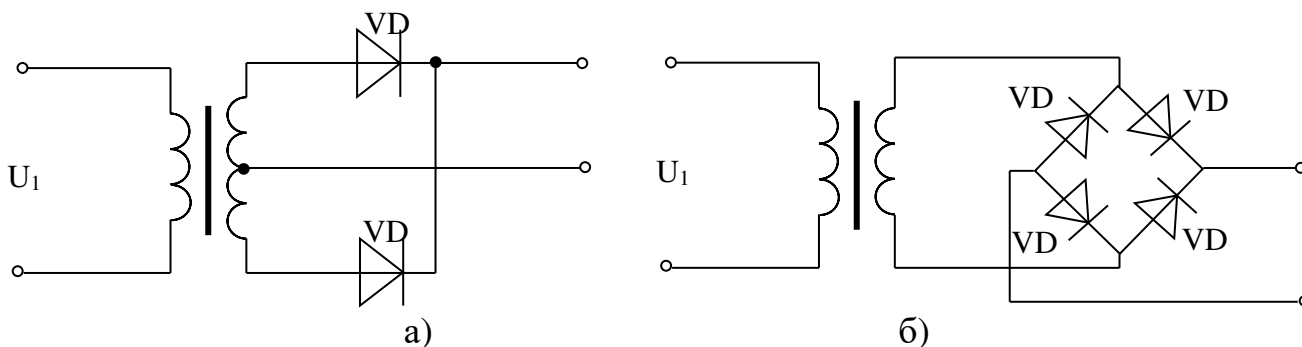


Рисунок 1 – Однофазные схемы выпрямления

В качестве вентиляей выбираются выпрямительные диоды или диодные сборки, у которых допустимый средний прямой ток не меньше, чем $0,5 I_H$:

$$I_{ПР.СР} \geq I_H * 0,5$$

Если в справочнике не указано значение $I_{ПР.СР}$, то вместо него можно использовать средний выпрямленный ток $I_{ВП.СР}$. Кроме того, максимально допустимое постоянное обратное напряжение на диодах $U_{ОБРmax}$ должно превышать обратное напряжение, под которым диоды оказываются в схеме выпрямления.

$$\begin{aligned} U_{ОБР} &\geq U_H * 1,2 * \pi && \text{для схемы рисунка 1а,} \\ U_{ОБР} &\geq U_H * 1,2 * \pi / 2 && \text{для схемы рисунка 1б.} \end{aligned}$$

Для выбора вентиляей использовать приложение А.

Расчет трансформатора

По приведенной здесь методике может быть проведен приближенный расчет трансформатора выпрямительного устройства при индуктивном характере нагрузке.

Расчет начинается с определения мощности в нагрузке

$$P_H = I_H * U_H, \text{ Вт} \quad (1)$$

Затем определяется типовая мощность трансформатора по формуле (таблица 3) с учетом выбранной схемы выпрямления. По рассчитанному значению S_T выбирают конструкцию и тип магнитопровода из приложения Б. При выборе следует руководиться следующими соображениями.

На мощностях до нескольких десятков вольт-ампер, например до 100 вольт-ампер, рекомендуется отдавать предпочтение броневым магнитопроводам, так как уступая стержневым по массогабаритным показателям, они более технологичны в изготовлении.

На мощностях более 100 вольт-ампер рекомендуется использовать стержневые ленточные магнитопроводы.

Выбранный магнитопровод должен иметь значение S_T больше рассчитанного, но ближайшего к нему. Далее необходимо выписать из этой таблицы значения параметров этого магнитопровода: $S_T[\text{ВА}]$, $S_{CT}[\text{см}^2]$, $G_C[\text{кг}]$, $L_0[\text{м}]$, $a[\text{см}]$ и вычислить массу выбранного магнитопровода G_{CT} по формуле, приведенной под этой таблицей.

По таблице 4 определяют амплитуду магнитной индукции B_m , плотность тока первичной обмотки δ_1 и падение напряжения на обмотках трансформатора ΔU_1 и ΔU_2 .

Затем по формулам из таблицы 3 рассчитывают действующее значение напряжения и действующее значение тока вторичной обмотки.

Таблица 3

Параметры трансформатора	Схема выпрямления	
	Однофазная 2-х полупериодная	Однофазная мостовая
Действующее значение напряжения вторичной обмотки, U_2	$1,2 * U_H$	$1,2 * U_H$
Действующее значение тока вторичной обмотки, I_2	$0,707 * I_H$	$1,11 * I_H$
Типовая мощность трансформатора, S_T	$1,44 * P_H$	$1,2 * P_H$
Число фаз вторичной обмотки, n_{20}	2	1
Отношение активной мощности вторичной обмотки трансформатора к полной мощности первичной обмотки, ξ	1,41	1

Далее определяют коэффициент трансформации K_{TP} и действующее значение тока первичной обмотки I_1

$$K_{TP} = U_1/U_2, \quad (2)$$

$$I_1 = I_2/K_{TP}, \text{ А} \quad (3)$$

По таблице 4 определяют амплитуду магнитной индукции B_m , плотность тока первичной обмотки δ_1 и падение напряжения на обмотках трансформатора ΔU_1 и ΔU_2 .

Таблица 4

Конструкция магнитопровода, марка стали и толщина ленты	Параметры трансформатора	$S_T, \text{ ВА}$				
		5-15	15-50	50-150	150-300	300-1000
Броневая ленточная 3411, $\Delta=0,35 \text{ мм}$	$B_m, \text{ Тл}$	1,55	1,65	1,65	1,65	1,65
	$\delta_1, \text{ А/мм}^2$	3,8-3,5	3,5-2,7	2,7-2,4	2,4-2,3	2,3-1,8
	$\Delta U_1, \%$	20-13	13-6	6-4,5	4,5-3	3-1
	$\Delta U_2, \%$	25-18	18-10	10-8	8-6	6-2
Стержневая ленточная 3411, $\Delta=0,35 \text{ мм}$	$B_m, \text{ Тл}$	1,55	1,6	1,7	1,7	1,7
	$\delta_1, \text{ А/мм}^2$	5,2	5,2-3,8	3,8-3	3-2,4	2,4-1,7
	$\Delta U_1, \%$	18-12	12-5,5	5,5-4	4-3	3-1
	$\Delta U_2, \%$	33-17	17-9	9-6	6-4	4-2

На следующем этапе расчета определяются потери в стали магнитопровода по формуле:

$$P_{CT} = p \cdot G_{CT}, \text{ Вт} \quad (4)$$

где G_{CT} – масса выбранного магнитопровода;
 p – удельные потери в стали.

Величина удельных магнитных потерь зависит от амплитуды магнитной индукции, сорта и толщины стального листа. Значение p может быть приближенно определено по формуле:

$$p = p_0 \cdot (B_m)^\beta, \text{ Вт/кг} \quad (5)$$

Входящие в формулу коэффициенты p_0 и β зависят от материала магнитопровода и частоты питающего напряжения. Для стали 3411 с толщиной ленты $D=0,35 \text{ мм}$ на частоте 50 Гц $p_0=1,8$, $\beta=2$. Единицы измерения B_m в формуле (5) – Тесла.

После этого определяется реактивная намагничивающая мощность Q по формуле:

$$Q=q_0*G_{CT}, \text{ ВАР} \quad (6)$$

где q_0 – удельная намагничивающая мощность.

Удельная намагничивающая мощность зависит от материала магнитопровода, частоты питающего напряжения и амплитуды магнитной индукции. Для стали 3411 с толщиной ленты 0,35 мм на частоте 50 Гц q_0 может быть приближенно рассчитано по формуле:

$$q_0= -6,4*B_M*L_0*(1-B_M)/1,7, \text{ ВАР/кг.} \quad (7)$$

где L_0 -средняя длина магнитной силовой линии **в метрах** из приложения Б.

Примечание. Величина q_0 не должна превышать 2 ВАР/кг.

По найденным величинам P_{CT} и Q можно определить активную и реактивную составляющие тока холостого хода трансформатора I_0 :

$$I_{0a}=P_{CT}/U_1, \text{ А} \quad (8)$$

$$I_{0p}=Q/U_1, \text{ А} \quad (9)$$

Полный ток холостого тока равен:

$$I_0 = \sqrt{I_{0a}^2 + I_{0p}^2}, \text{ А} \quad (10)$$

Относительная величина тока холостого тока равна:

$$K_0=100*I_0/I_1, \%$$

Примечание. Значение K_0 не должно превышать 10%.

На следующем этапе рассчитывается число витков обмоток трансформатора. Для этого вначале определяют ЭДС первичной и вторичной обмоток E_1 и E_2 :

$$E_1=U_1*(1-\Delta U_1), \text{ В} \quad (11)$$

$$E_2= U_2*(1+\Delta U_2), \text{ В} \quad (12)$$

где ΔU_1 и ΔU_2 – падения напряжения на обмотках трансформатора в относительных единицах (приведенные в таблице 4, выражены в процентах).

Число витков i -й обмотки ($i=1$ или 2) равно:

$$W_i = \frac{E_i \cdot 10^4}{4,44 \cdot f_C \cdot B_M \cdot S_{CT} \cdot K_C}, \quad (13)$$

где E_i – ЭДС соответствующей обмотки;

$f_C=50$ Гц – частота питающей сети;

S_{CT} – площадь поперечного сечения стержня магнитопровода, см²;

$K_C=0,93$ – коэффициент заполнения сечения магнитопровода сталью (значение приведено для магнитопроводов с толщиной ленты 0,35 мм).

Проводится выбор обмоточных проводов. С этой целью рассчитывается поперечное сечение проводов первичной и вторичной обмоток $S_{пр1}$ и $S_{пр2}$:

$$S_{пр1} = \frac{I_1}{\delta_1}, \text{ мм}^2 \quad (14)$$

$$S_{пр2} = \frac{I_2}{\epsilon_{ОПТ} \cdot \delta_1}, \text{ мм}^2 \quad (15)$$

где δ_1 – рекомендуемая плотность тока первичной обмотки (таблица 4);

$$\epsilon_{ОПТ}=0,7 \div 0,8.$$

По найденным значениям $S_{пр1}$ и $S_{пр2}$ из приложения В находят диаметры проводов для каждой обмотки. Диаметр выбранного провода должен быть больше рассчитанного значения, но ближайшим к нему. Марку провода выбирают произвольно.

Затем определяют примерные значения активного и реактивного сопротивлений обмоток трансформатора и его индуктивность рассеяния:

$$r_{TP} = g \frac{1 + \xi}{\xi} n_{20} \cdot \left[1 + t \frac{1 + \Delta U_2}{1 - \Delta U_1} \right] \cdot \frac{U_2^2 (1 + \Delta U_2)}{f_C \cdot B_M \cdot S_T \cdot a}, \quad (16)$$

где $g=1,48$ Ом·см – для броневых магнитопроводов;

$g=0,44$ Ом·см – для стержневых магнитопроводов;

$t=0,79 \cdot \xi$ - для броневых магнитопроводов;

$t=1,1 \cdot \xi$ - для стержневых магнитопроводов;

a – базовый линейный размер магнитопровода (в сантиметрах) из приложения Б.

Индуктивность рассеяния трансформатора можно оценить по формулам

$$L_S = X_S / (2\pi \cdot f_C), \text{ Гн}; \quad X_S = r \cdot \text{tg}\varphi, \text{ Ом}, \quad (17)$$

где r – сопротивление фазы выпрямителя с учетом сопротивлений обмоток трансформатора и вентилях схемы выпрямления,

$$r=(1+Kr)r_{тр}, \text{ Ом}$$

где $Kr=0,25$ для германиевых вентиляей и $Kr=0,5$ для кремниевых вентиляей;

$$\text{tg}\varphi = \frac{1}{1+Kr} \cdot \frac{\xi \cdot q}{n_{20}(1+\xi)} \cdot \frac{S_T(1+\Delta U_2)}{\left[1+t \frac{1+\Delta U_2}{1-\Delta U_1}\right] B_M \delta_1} \quad (18)$$

Значение коэффициента q приведены в таблице 5 в функции от размера магнитопровода a .

Таблица 5

Магнитопровод	Значения a , см				
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
Броневой	0,682	0,160	0,034	0,013	0,007
Стержневой	1,04-2,16	0,235-0,454	0,056-0,104	0,024-0,046	0,013-0,025

2.2. Расчет сглаживающего фильтра

Вначале определяется оптимальное, с точки зрения минимума индуктивности фильтра, число его звеньев:

$$n_{зв}=1,15 \cdot \lg q_{\phi} \quad (19)$$

где $q_{\phi}=0,667/K_{\Pi}$ – коэффициента сглаживания фильтра;

K_{Π} – коэффициент пульсаций по первой гармонике, выраженный в абсолютных единицах (см. таблицу задания в практической работе №1).

Выбирается n , равное ближайшему целому к $n_{зв}$ в большую сторону.

Затем определяется индуктивность звена фильтра из условия:

$$L_{зв} = \frac{U_H + I_H \cdot r}{6\pi \cdot f_C I_H} \text{, Гн} \quad (20)$$

Значене r берется из практической работы № 1, $f_C= 50$ Гц.

По найденному значению $L_{зв}$ подбирается стандартный дроссель из приложения Г, допустимый ток подмагничивания которого больше тока нагрузки, а индуктивность дросселя $L_{др} \geq L_{зв}$.

После этого можно рассчитать минимальное значение емкости конденсатора, при котором обеспечивается необходимый коэффициент сглаживания:

$$C_{3в} = \frac{\sqrt[n]{q_{\phi}}}{(4\pi f_c)^2 L_{\partial p}}, \Phi \quad (21)$$

По найденному значению $C_{3в}$ подбирается стандартный номинал конденсатора $C \geq C_{3в}$.

Для выбора конкретных конденсаторов надо знать максимальное значение напряжения на нем при работе в схеме выпрямления. Величину этого напряжения можно оценить, рассчитав максимальное напряжение на конденсаторе после включения выпрямителя в сеть U_{1M} и максимальное напряжение при отключении нагрузки U_{2M} :

$$U_{1M} = (U_H + I_H \cdot r) [1 + e^{-\pi r / (2 \cdot \rho)}], \text{ В}$$

$$U_{2M} = U_H + I_H \cdot r + I_H \rho \cdot e^{-\pi r / (4 \cdot \rho)}, \text{ В}$$

где $\rho = \sqrt{L_{\partial p} / C}$, Ом.

По рассчитанным данным в приложении Д выбираем конденсатор с емкостью C , рабочее напряжение которого больше U_{1M} и U_{2M} .

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: Учебное пособие для вузов / В.М. Бушуев, В.А. Деминский, Л.Ф. Захаров и др. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 384с.: ил
2. Электроснабжение: учебник для вузов / Е.А. Конюхова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2014. – 510с.

Дополнительная:

1. Электроснабжение городов: электропотребление, расчетные нагрузки, распределительные сети: учебное пособие / Г.В. Шведов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 268с.

Электроснабжение потребителей и режимы: учебное пособие / Б.И. Кудрин, Б.В. Жилин, Ю.В. Матюнина. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – 412с.: ил.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Основные типы выпрямительных диодов и их параметры

Таблица 6

Тип диодов	Uобр. max, В	Iпр.ср, А	Uпр.ср, В	Iобр.ср, мА
Д214	100	10	1,2	3,0
Д214А	100	10	1,0	3,0
Д214Б	100	5	1,5	3,0
Д215	200	10	1,2	3,0
Д215А	200	10	1,0	3,0
Д215Б	200	5	1,5	3,0
Д231	300	10	1,0	3,0
Д231А	300	10	1,0	3,0
Д231Б	300	5	1,5	3,0
Д232	400	10	1,0	3,0
Д232А	400	10	1,0	3,0
Д232Б	400	5	1,5	3,0
Д233	500	10	1,0	3,0
Д233Б	500	5	1,5	3,0
Д234Б	600	5	1,5	3,0
Д242	100	10	1,25	3,0
Д242А	100	10	1,0	3,0
Д242Б	100	5	1,5	3,0
Д243	200	10	1,25	3,0
Д243А	200	10	1,0	3,0
Д243Б	200	5	1,5	3,0
Д245	300	10	1,25	3,0
Д245А	300	10	1,0	3,0
Д245Б	300	5	1,5	3,0
Д246	400	10	1,25	3,0
Д246А	400	10	1,0	3,0
Д246Б	400	5	1,5	3,0
Д247	500	10	1,25	3,0
Д247Б	500	5	1,5	3,0
Д248Б	600	5	1,5	3,0
Д302	200	1	0,25	0,8
Д303	150	3	0,3	1,0
Д304	100	5	0,25	2,0
Д305	50	10	0,3	2,5
2Д201А	100	5	1,0	3,0
2Д201Б	100	10	1,0	3,0
2Д201В	200	5	1,0	3,0
2Д201Г	200	10	1,0	3,0
КД202А	50	5	1,0	1,0
КД202В	100	5	1,0	1,0
КД202Д	200	5	1,0	1,0
КД202Ж	300	5	1,0	1,0

Продолжение таблицы 6

КД202К	400	5	1,0	1,0
КД202М	500	5	1,0	1,0
КД202Р	600	5	1,0	1,0
КД203А	600	10	1,0	1,5
КД203Б	800	5	1,0	1,5
КД203В	800	10	1,0	1,5
КД203Г	1000	5	1,0	1,5
КД203Д	1000	10	1,0	1,5
КД206А	400	10	1,2	0,7
КД206Б	500	10	1,2	0,7
КД206В	600	10	1,2	0,7
КД208А	100	1,5	1,0	0,1
КД210А	800	5	1,0	1,5
КД210Б	800	10	1,0	1,5
КД210В	1000	5	1,0	1,5
КД210Г	1000	10	1,0	1,5
КД213А	200	10	1,0	0,2
КД213Б	200	10	1,2	0,2
КД213В	100	10	1,0	0,2
КД213Г	100	10	1,2	0,2
2Д216А	100	10	1,0	0,05
2Д216Б	200	10	1,0	0,05
2Д220А	400	3	1,2	1,5
2Д220Б	600	3	1,2	1,5
2Д220В	800	3	1,2	1,5
2Д220Г	1000	3	1,2	1,5
2Д220Д	400	3	1,1	1,5
2Д220Е	600	3	1,1	1,5
2Д220Ж	800	3	1,1	1,5
2Д220И	1000	3	1,1	1,5
Д112-10	100	10	1,35	1,0
Д112-16	100	16	1,35	1,5
Д112-25	100	25	1,35	4,0
Д112-32	100	32	1,35	6,0
Д112-40	100	40	1,35	4,0
В10	150	10	1,35	5,0
В25	150	25	1,35	5,0
В50	150	50	1,35	5,0
ДЛ112-10	400	10	1,35	1,0
ДЛ112-16	400	16	1,35	1,5
ДЛ112-25	400	25	1,35	2,0
ДЛ112-32	400	32	1,35	4,0
ДЛ112-40	400	40	1,35	4,0
ВЛ 10	600	10	1,35	4,0
ВЛ 25	600	25	1,35	5,0
ВЛ 50	600	50	1,35	8,9

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Основные данные магнитопроводов типа: ШЛ и ПЛ Броневые ленточные магнитопроводы типа ШЛ

Таблица 7

Тип магнитопровода ШЛ	Площадь сечения среднего стержня $S_{ст}$, $см^2$	$S_{сS_0}$, $см^4$	Размеры магнитопровода, мм						Масса магнитопровода G_c , кг	Ориентировочная мощность трансформатора S_T , ВА $f=50$ Гц	Средняя длина магнитной силовой линии, L_0 , см
			a	c	h	C	H	b			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ШЛ 12x12,5 x13 x20 x25	1,44 1,92 2,40 3,00	5,4 6,9 8,7 10,8	12	12	30	48	42	12,5 16 20 25	0,105 0,138 0,168 0,208	3 5 7 10	10,2
ШЛ 16x16 x20 x25 x32	2,56 3,20 4,00 5,12	16,6 20,5 25,6 32,6	16	16	40	64	56	16 20 25 32	0,239 0,295 0,375 0,478	15 22 32 40	13,6
ШЛ 20x20 x25 x32 x40	4,00 5,00 6,40 8,00	40,0 50,0 64,0 80,0	20	20	50	80	70	20 25 32 40	0,469 0,590 0,750 0,940	45 54 68 86	17,1

Продолжение таблицы 7

ШЛ 25x25	6,25	98						25	0,92	110	
x32	8,00	125	25	25	62,5	100	87,5	32	1,16	135	21,3
x40	10,00	156						40	1,17	170	
x50	12,5	195						50	1,84	210	
ШЛ 32x32	10,20	261						32	1,92	260	
x40	12,80	328	32	32	80	128	112	40	2,40	310	27,3
x50	16,00	410						50	3,01	390	
x64	20,40	523						64	3,84	490	
ШЛ 40x40	16,00	640						40	3,77	600	
x50	20,00	800	40	40	100	160	140	50	4,70	690	34,2
x64	25,60	1025						64	6,01	850	
x80	32,00	1280						80	7,54	1000	

ПРИМЕЧАНИЕ. Масса магнитопровода рассчитана для ленты толщиной 0,15 мм.

При другой толщине ленты $G_{ст} = \frac{K_c}{0,9} G_c$, где $K_c=0,93$.

Стержневые ленточные магнитопроводы типа ПЛ

Таблица 8

Тип магнитопровода ПЛ	Площадь сечения среднего стержня $S_{ст}$, $см^2$	$S_{с}S_0$, $см^4$	Размеры магнитопровода, мм						Масса магнитопровода G_c , кг	Ориентировочная мощность трансформатора S_t , ВА $f=50Гц$	Средняя длина магнитной силовой линии, L_0 , см
			a	c	h	C	H	b			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ПЛ 12,5x16 -25 -32 -40 -50	2,0	8,0 10,2 12,8 16,0	12,5	16	25 32 40 50	41,5	51 58 66 76	16	0,163 0,182 0,203 0,230	16 20 25 30	12,0 13,2 15,0 17,0
ПЛ 12,5x25 -32 -40 -50 -60	3,12	18,7 25,0 31,0 37,6	12,5	20	32 40 50 60	45,5	58 66 76 86	25	0,292 0,394 0,376 0,418	35 45 55 65	13,8 15,8 17,6 19,8
ПЛ 16x32 -40 -50 -65 -80	5,12	51,0 64,0 83,0 102, 0	16	25	40 50 65 80	57,5	73 83 84 113	32	0,620 0,690 0,795 0,900	85 110 125 145	18,0 20,0 23,0 26,0

Продолжение таблицы 8

ПЛ 20x40 -50 -60 -80 -100	8,00	128 154 205 256	20	32	50 60 80 100	72,6	91 101 121,2 141,2	40	1,23 1,35 1,55 1,77	180 200 270 315	22,7 24,7 28,7 32,7
ПЛ 25x50 -60 -80 -100 -120	12,5	325 400 500 600	25	40	65 80 100 120	90,6	116,4 131,2 151,2 171,6	50	2,44 2,7 3,04 3,40	400 470 560 680	28,8 31,8 35,8 39,8
ПЛ 32x64 -80 -100 -130 -160	20,5	820 1025 1330 1640	32	50	80 100 130 160	114,6	145,2 165,2 195,2 225,2	64	5,0 5,6 6,48 7,25	870 1030 1330 1550	36,0 40,0 46,0 52,0
ПЛ 40x80 -100 -130 -160 -200	32	2050 2460 3260 4100	40	64	100 120 160 200	114,6	181,2 201 241,6 281,6	80	9,9 10,7 12,5 14,3	1800 2050 2700 3200	45,8 49,0 57,3 65,3

ПРИМЕЧАНИЕ:

Масса магнитопровода рассчитана для ленты толщиной 0,15мм.

При другой толщине ленты $G_{ст} = \frac{K_c}{0.9} G_c$, где $K_c=0,93$.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Номинальные данные обмоточных проводов круглого сечения

Таблица 9

Сечение провода, мм ²	Диаметр провода без изоляции, мм	Наружный диаметр провода с изоляцией, мм		
		ПЭЛ-1	ПЭВ-1	ПЭВ-2
1	2	3	4	5
0,01539	0,14	0,615	0,165	0,17
0,01467	0,15	0,18	0,18	0,19
0,02011	0,16	0,19	0,19	0,20
0,02270	0,17	0,20	0,20	0,21
0,02545	0,18	0,21	0,21	0,22
0,02835	0,19	0,22	0,22	0,23
0,03142	0,20	0,23	0,23	0,24
0,03464	0,21	0,24	0,24	0,25
0,04155	0,23	0,27	0,27	0,28
0,04909	0,25	0,29	0,29	0,30
0,05726	0,27	0,31	0,31	0,32
0,06605	0,29	0,33	0,33	0,34
0,07548	0,31	0,35	0,35	0,36
0,08553	0,33	0,37	0,37	0,38
0,09621	0,35	0,39	0,39	0,41
0,1134	0,38	0,42	0,42	0,44
0,1320	0,41	0,45	0,45	0,47
0,1521	0,44	0,49	0,48	0,5
0,1735	0,47	0,52	0,51	0,53
0,1886	0,49	0,54	0,53	0,55
0,2043	0,51	0,56	0,56	0,58
0,2206	0,53	0,58	0,58	0,6
0,2376	0,55	0,6	0,6	0,62
0,2552	0,57	0,62	0,62	0,64
0,2734	0,59	0,64	0,64	0,66
0,3019	0,62	0,67	0,67	0,69
0,3217	0,64	0,69	0,69	0,72
0,3526	0,67	0,72	0,72	0,75
0,3739	0,69	0,74	0,74	0,77
0,4072	0,72	0,78	0,77	0,8
0,4301	0,74	0,8	0,8	0,83
0,4657	0,77	0,83	0,83	0,86
0,5027	0,8	0,86	0,86	0,89
0,5411	0,83	0,89	0,89	0,92
0,5809	0,86	0,92	0,92	0,96
0,6362	0,9	0,96	0,96	0,99
0,6792	0,93	0,99	0,99	1,01
0,7238	0,96	1,02	1,03	1,05
0,7854	1,00	1,08	1,08	1,11
0,8495	1,04	1,12	1,12	1,15
0,9161	1,08	1,16	1,16	1,19

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Справочные данные дросселей сглаживающих фильтров

Таблица 10

Тип дросселя	Параллельное соединение обмоток			Последовательное соединение обмоток		
	L, Гн	I _{ПОДМАГН.} , А	R, Ом	L, Гн	I _{ПОДМАГН.} , А	R, Ом
Д201	$0,15 \cdot 10^{-3}$	3,2	0,017	$0,6 \cdot 10^{-3}$	1,6	0,068
Д202	$0,3 \cdot 10^{-3}$	2,2	0,029	$1,2 \cdot 10^{-3}$	1,1	0,116
Д203	$2,5 \cdot 10^{-3}$	0,8	0,325	$10 \cdot 10^{-3}$	0,4	1,3
Д204	$5 \cdot 10^{-3}$	0,56	0,765	$20 \cdot 10^{-3}$	0,28	3,06
Д205	$40 \cdot 10^{-3}$	0,2	6,2	$160 \cdot 10^{-3}$	0,1	24,8
Д206	$80 \cdot 10^{-3}$	0,14	11,6	$300 \cdot 10^{-3}$	0,07	46,4
Д207	$0,15 \cdot 10^{-3}$	4,5	0,023	$0,6 \cdot 10^{-3}$	2,2	0,092
Д208	$0,3 \cdot 10^{-3}$	3,2	0,04	$1,2 \cdot 10^{-3}$	1,6	0,16
Д209	$2,5 \cdot 10^{-3}$	1,1	0,545	$10 \cdot 10^{-3}$	0,56	2,18
Д210	$5 \cdot 10^{-3}$	0,8	,84	$20 \cdot 10^{-3}$	0,4	3,36
Д211	$40 \cdot 10^{-3}$	0,28	6,75	$160 \cdot 10^{-3}$	0,14	27
Д222	$80 \cdot 10^{-3}$	0,2	12,4	$200 \cdot 10^{-3}$	0,1	49,6
Д213	$0,15 \cdot 10^{-3}$	6,3	0,0156	$0,6 \cdot 10^{-3}$	3,2	0,0624
Д214	$0,3 \cdot 10^{-3}$	4,5	0,035	$1,2 \cdot 10^{-3}$	2,2	0,14
Д215	$2,5 \cdot 10^{-3}$	1,6	0,38	$10 \cdot 10^{-3}$	0,8	1,52
Д216	$5 \cdot 10^{-3}$	1,1	0,7	$20 \cdot 10^{-3}$	0,56	2,8
Д217	$40 \cdot 10^{-3}$	0,4	6,43	$160 \cdot 10^{-3}$	0,2	26,72
Д218	$80 \cdot 10^{-3}$	0,28	13,4	$300 \cdot 10^{-3}$	0,14	53,6
Д219	0,6	0,1	110	2,5	0,05	440
Д220	$0,15 \cdot 10^{-3}$	9	0,0132	$0,6 \cdot 10^{-3}$	4,5	0,0528
Д221	$0,3 \cdot 10^{-3}$	6,3	0,0275	$1,2 \cdot 10^{-3}$	3,2	0,11
Д222	$2,5 \cdot 10^{-3}$	2,2	0,268	$10 \cdot 10^{-3}$	1,1	1,072
Д223	$5 \cdot 10^{-3}$	1,6	0,55	$20 \cdot 10^{-3}$	0,8	2,2
Д224	$40 \cdot 10^{-3}$	0,56	4,1	$160 \cdot 10^{-3}$	0,28	16,4
Д225	$80 \cdot 10^{-3}$	0,4	8,8	$300 \cdot 10^{-3}$	0,2	35,2
Д226	0,6	0,14	68	2,5	0,07	272
Д227	1,2	0,1	137	5	0,05	548
Д228	$0,15 \cdot 10^{-3}$	13,5	0,009	$0,6 \cdot 10^{-3}$	6,4	0,0328
Д229	$0,3 \cdot 10^{-3}$	9	0,02	$1,2 \cdot 10^{-3}$	4,5	0,08
Д230	$2,5 \cdot 10^{-3}$	3,2	0,174	$10 \cdot 10^{-3}$	1,6	0,696
Д231	$5 \cdot 10^{-3}$	2,2	0,288	$20 \cdot 10^{-3}$	1,1	1,152
Д232	$40 \cdot 10^{-3}$	0,8	3,04	$160 \cdot 10^{-3}$	0,4	12,16
Д233	$0,3 \cdot 10^{-3}$	0,56	5,9	$300 \cdot 10^{-3}$	0,28	23,6
Д234	0,6	0,2	42,3	2,5	0,1	169,2
Д235	1,2	0,14	96,5	5	0,07	386
Д236	$0,15 \cdot 10^{-3}$	18	0,0063	$0,6 \cdot 10^{-3}$	9	0,0252
Д237	$0,3 \cdot 10^{-3}$	12,5	0,011	$1,2 \cdot 10^{-3}$	6,3	0,044
Д238	$2,5 \cdot 10^{-3}$	4,5	0,137	$10 \cdot 10^{-3}$	2,2	0,548
Д239	$5 \cdot 10^{-3}$	3,2	0,203	$20 \cdot 10^{-3}$	1,6	0,812
Д240	$40 \cdot 10^{-3}$	1,1	1,96	$160 \cdot 10^{-3}$	0,56	7,84
Д241	$80 \cdot 10^{-3}$	0,8	4,25	$300 \cdot 10^{-3}$	0,4	17

Д242	0,6	0,28	33,2	2,5	0,14	132,8
Д243	1,2	0,2	64,5	5	0,1	258
Д244	$0,15 \cdot 10^{-3}$	25	0,0066	$0,6 \cdot 10^{-3}$	12,5	0,026
Д245	$0,3 \cdot 10^{-3}$	18	0,0137	$1,2 \cdot 10^{-3}$	9	0,054
Д246	$2,5 \cdot 10^{-3}$	6,3	0,115	$10 \cdot 10^{-3}$	3,2	0,46
Д247	$4,5 \cdot 10^{-3}$	4,5	0,232	$20 \cdot 10^{-3}$	2,2	0,928
Д248	$40 \cdot 10^{-3}$	1,6	1,3	$160 \cdot 10^{-3}$	0,8	5,2
Д249	$80 \cdot 10^{-3}$	1,1	2,57	$300 \cdot 10^{-3}$	0,56	10,28
Д250	0,6	0,4	25,8	2,5	0,2	103,2
Д251	1,2	0,28	44	5	0,14	176
Д252	$0,15 \cdot 10^{-3}$	35	0,00292	$0,6 \cdot 10^{-3}$	18	0,0116
Д253	$0,3 \cdot 10^{-3}$	25	0,0062	$1,2 \cdot 10^{-3}$	12,5	0,024
Д254	$2,5 \cdot 10^{-3}$	9	0,055	$10 \cdot 10^{-3}$	4,5	0,22
Д255	$5 \cdot 10^{-3}$	6,3	0,109	$20 \cdot 10^{-3}$	3,2	0,436
Д256	$40 \cdot 10^{-3}$	2,2	0,77	$160 \cdot 10^{-3}$	1,1	3,08
Д257	$80 \cdot 10^{-3}$	1,6	1,84	$300 \cdot 10^{-3}$	0,8	7,36
Д258	0,6	0,58	14,6	2,5	0,28	58,4
Д259	1,2	0,4	21,5	5	0,2	110
Д260	$1,5 \cdot 10^{-3}$	50	0,0019	$0,6 \cdot 10^{-3}$	25	0,007
Д261	$0,3 \cdot 10^{-3}$	35	0,0043	$1,2 \cdot 10^{-3}$	18	0,017
Д262	$2,5 \cdot 10^{-3}$	12,5	0,04	$10 \cdot 10^{-3}$	6,3	0,16
Д263	$5 \cdot 10^{-3}$	9	0,077	$20 \cdot 10^{-3}$	4,5	0,308
Д264	$40 \cdot 10^{-3}$	3,2	0,6	$160 \cdot 10^{-3}$	1,6	2,4
Д265	$80 \cdot 10^{-3}$	2,2	1,25	$300 \cdot 10^{-3}$	1,1	5
Д266	0,6	0,8	11,3	2,5	0,4	45,2
Д267	1,2	0,56	20,1	5	0,28	80,4
Д268	$0,3 \cdot 10^{-3}$	50	0,0024	$1,2 \cdot 10^{-3}$	25	0,009
Д269	$0,6 \cdot 10^{-3}$	35	0,0052	$2,5 \cdot 10^{-3}$	18	0,020
Д270	$5 \cdot 10^{-3}$	12,5	0,0372	$20 \cdot 10^{-3}$	6,3	0,148
Д271	$10 \cdot 10^{-3}$	9	0,081	$40 \cdot 10^{-3}$	4,5	0,324
Д272	$80 \cdot 10^{-3}$	3,2	0,73	$300 \cdot 10^{-3}$	1,6	2,92
Д273	$160 \cdot 10^{-3}$	2,2	1,52	0,6	1,1	6,08
Д274	1,2	0,8	10,6	5	0,4	42,4

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица 11

Номинальное напряжение, В	Тип конденсатора			
	К50-20		К50-29	
	Номинальная емкость, мкФ	Допустимая амплитуда переменной составляющей частоты 50 Гц, при T=+40 С, %	Номинальная емкость, мкФ	Допустимая амплитуда переменной составляющей частоты 50 Гц, при T=+40 С, %
1	2	3	4	5
6,3	10; 20; 50; 100; 500; 1000; 2000; 5000	16 10	47; 100; 220; 470; 1000; 2200; 4700	40 40 30 16
16	2; 5 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000	16 10	22; 47; 100; 220; 470; 1000; 2200; 4700	30 24 20 12 10
25	2; 5 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000	16 10	10; 22; 47; 100; 220; 1000; 2200	30 24 20 10 10
50	1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 2000	16 10	-	-
63	-	-	4; 7; 10; 22; 47; 100; 220; 470; 1000	16 12 10 8 6
100	1; 5; 10; 20; 50; 100; 200	10	2,2; 4,7; 10; 22; 47; 100	20 16 10
160	2; 5; 10; 20; 50; 100; 200	10	1; 2,2; 4,7; 10; 22; 47	20 16 14
250	20; 50	10	-	-
300	6; 10; 20; 30; 50	10	4,7; 10; 22	16 14
350	2; 4; 10; 20	10	2,2; 4,7; 10; 22	14 10
450	2; 10; 20	10	2,2; 4,7; 10; 22	14 10

Примечание: Для конденсаторов К50-6; К50-20 и К 50-29 допустимые напряжения переменной составляющей пульсации на частотах до 1000 Гц вычисляются по формуле $U_{mf} = U_{m50} * \sqrt{50/f}$, а при частотах свыше 1000 Гц – по формуле $U_{mf} = U_{m50} (50/f)$,

где U_{m50} – допустимая пульсация на частоте 50 Гц.

Основные параметры конденсаторов типа К50-33

Таблица 12

Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, мкФ	Полное сопротивление на частоте 1 МГц, не более, Ом	Тангенс угла потерь, не более	Размеры, мм			Масса, не более, г
				Д	Н	А	
6,3	3300	0,1	0,38	26	60	10	50
	4700	0,1	0,38	26	60	10	50
	6800	0,08	0,38	26	70	10	60
	10000	0,06	0,44	30	70	12,5	90
	15000	0,04	0,44	34	70	12,5	110
	22000	0,03	0,55	34	90	12,5	140
16	2200	0,1	0,28	26	60	10	40
	3300	0,08	0,28	26	60	10	40
	4700	0,07	0,30	26	70	10	55
	6800	0,06	0,30	30	70	12,5	70
	10000	0,04	0,30	34	70	12,5	90
	15000	0,03	0,40	34	90	12,5	120
25	2200	0,1	0,26	26	60	10	40
	3300	0,08	0,26	26	70	10	55
	4700	0,07	0,26	30	70	12,5	70
	6800	0,06	0,30	34	70	12,5	90
	10000	0,03	0,30	34	90	12,5	120
	63	1000	0,1	0,20	26	60	10
1500		0,09	0,20	26	70	10	55
2200		0,08	0,20	30	70	12,5	70
3300		0,07	0,23	34	70	12,5	90
4700		0,06	0,23	34	90	12,5	120
100		470	0,1	0,15	26	60	10
	680	0,1	0,15	26	70	10	60
	1000	0,09	0,15	30	70	12,5	90
	1500	0,08	0,15	34	70	12,5	110
	2200	0,07	0,15	34	90	12,5	140
	160	470	0,1	0,15	30	70	12,5
680		0,08	0,15	34	70	12,5	110
1000		0,07	0,15	34	90	12,5	140