

Приложение

к рабочей программе по
специальности 11.02.06 Техническая
эксплуатация транспортного
радиоэлектронного оборудования

ПМ.01 Монтаж, ввод в действие и эксплуатация устройств транспортного радиоэлектронного оборудования

**МДК 01.01. Теоретические основы монтажа, ввода в действие и
эксплуатации устройств транспортного радиоэлектронного оборудования**

Тема 1.3 Электропитание устройств связи

РАССМОТРЕНО

на заседании методического совета

Протокол №1 от 21.09.2023

СОГЛАСОВАНО

Протокол №1 от 31.08.2023

Председатель ЦМК 11.02.06 Техническая эксплуатация транспортного радиоэлектронного оборудования (по видам транспорта)

_____/Ю.А. Солдатенко/

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по учебной работе

_____/С.П. Крижановский/

Автор (составитель)

Соболева А.Б. – преподаватель высшей квалификационной категории филиал СамГУПС в г. Саратове

Рецензент:

Глухова И.В.- преподаватель высшей квалификационной категории филиала СамГУПС в г. Саратове

Введение

Методическое пособие по проведению практических занятий разработано в соответствии с рабочей программой по специальности 11.02.06 Техническая эксплуатация транспортного радиоэлектронного оборудования (по видам транспорта) в качестве методического руководства при выполнении практических работ.

Материал модуля ПМ.01 имеет междисциплинарные связи с профессиональными модулями ПМ.02 Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт транспортного радиоэлектронного оборудования, ПМ.03Использование программного обеспечения (по видам транспорта) (на железнодорожном транспорте) в процессе эксплуатации микропроцессорных устройств.

В целях формирования у обучающихся профессиональных компетенций, закрепления теоретических знаний, развития творческого мышления и инициативы рабочей программой профессионального модуля предусмотрено выполнение 10 практических работ.

Практические занятия выполняются обучающимися вслед за изучением теоретического материала, в специально оборудованной лаборатории, оснащенной:

- электронной программой EWB ;
- мультимедийным проектором;
- комплектom инструкционных карт;
- комплектom учебно-методической документации, раздаточным материалом

В результате выполнения лабораторных и практических работ обучающийся должен

уметь:

- включать и проверять работоспособность электрических линий постоянного и переменного тока;
- выполнять расчеты по определению оборудования электропитающих установок и выбирать способ электропитания узла связи;
- «читать» схемы выпрямителей, рассчитывать выпрямительные устройства и их фильтры;
- выбирать тип и проверять работоспособность трансформатора

знать:

- средства электропитания транспортного радиоэлектронного оборудования;
- источники и системы бесперебойного электропитания, электрохимические источники тока;

Перед выполнением работ преподаватель знакомит обучающихся с рабочим местом, используемым оборудованием, правилами охраны труда при работе в лаборатории, организацией рабочего времени.

После выполнения работы обучающийся составляет отчет. Формой проверки знаний, умений и навыков, полученных в результате выполнения работ, является раскрытие заданий в инструкционных картах.

1 Правила техники безопасности при выполнении практических работ

- перед началом работ:

1. студент внимательно изучает содержание и порядок выполнения практической работы, и безопасные приёмы её выполнения;
2. перед началом каждой практической работы, преподаватель проводит инструктаж учащихся. Не оставляет учащихся без присмотра на перемене и во время учебного процесса;
3. студент освобождает рабочее место от посторонних предметов;
4. студент должен точно выполнять все указания преподавателя;
5. студент не загромождает проходы сумками и посторонними предметами.

- во время работы:

1. студент точно выполняет указания преподавателя в отношении соблюдения порядка действий;
2. студент приступает к работе только тогда, когда убедился в исправности учебного оборудования;
3. студент не берёт без разрешения преподавателя оборудование с других рабочих мест, не встаёт с рабочего места и не ходит по кабинету во время выполнения работы.

- после окончания работы:

1. по окончании работы студент приводит своё рабочее место в порядок;
2. студент не выходит из кабинета без разрешения преподавателя.

2 Указания по выполнению практических работ

1. Студент допускается к выполнению практической работы только после ознакомления с правилами техники безопасности при выполнении работ.

2. К выполнению практической работы каждый студент должен подготовиться по соответствующей инструкционной карте и учебной литературе.

3. Каждый студент обязан вести папку с практическими работами, и собирать полный их перечень.

4. По выполнении работы необходимо составить отчет в соответствии с указаниями и сдать его преподавателю. Отчеты по практическим работам оформляются на листах форматом А4, с вычерченными полями 20×5×5×5.

3 Перечень практических работ

1. Расчет маломощного силового трансформатора
2. Расчет маломощного автотрансформатора
3. Исследование работы схемы однополупериодного ВУ
4. Исследование работы схемы двухполупериодного ВУ
5. Исследование работы трехфазной схемы выпрямления
6. Исследование работы схемы ВУ с сглаживающим фильтром
7. Расчет коэффициента фильтрации
8. Расчет схем ВУ со сглаживающим фильтром
9. Расчет полупроводникового стабилизатора напряжения
10. Расчет аккумуляторной батареи

Практическая работа №1

Тема: Расчет маломощного силового трансформатора

Цель работы: закрепить полученные теоретические знания по выполнению расчету маломощного силового трансформатора

Краткие теоретические сведения

Расчет трансформатора в общем представляет собой математически неопределенную задачу со многими решениями, так как число определяемых неизвестных больше числа уравнений, связывающих их. Вследствие этого в процессе расчета трансформатора приходится задаваться определенными значениями некоторых исходных электромагнитных и конструктивных величин, базируясь на опыте построенных трансформаторов. В связи с этим при проектировании нового трансформатора обычно получается несколько расчетных вариантов его, из которых и выбирается лучший.

Расчет и опыт показывают, что можно рассчитать и построить трансформатор с высоким к.п.д., однако это не является ещё признаком лучшего варианта трансформатора, так как при выборе его нужно учитывать также и другие технико-экономические показатели, как, например, размеры, вес и стоимость трансформатора. Уменьшение веса и стоимости трансформатора связано с увеличением индукции в сердечнике и плотности тока в обмотках, что ведет к увеличению потерь в стали и меди трансформатора, а следовательно, к повышению нагрева его. При этом к.п.д. трансформатора уменьшается.

Исходные данные

1. Номинальное напряжение питающей сети – U_1 ;
2. Напряжение вторичной обмотки, нагружаемой полупроводниковым выпрямителем – U_2 ;
3. Ток вторичной обмотки – I_2 ;
4. Мощность и напряжение нагрузки дополнительной вторичной обмотки трансформатора – P_3 , U_3 ;

Данные для расчетов указаны в таблице

№ варианта	Напряжение обмоток, В			Ток вторичной обмотки I_2 , А	Мощность дополнительной обмотки P_3 , Вт
	U_1	U_2	U_3		
1	220	60	240	4	40
2		100	200	2	50
3		80	180	1,5	60
4		90	150	1	70
5		70	120	4	80
6		90	60	3	80

7		24	60	2,5	60
8		70	100	1,5	55
9		60	70	2,5	65
10		24	80	3,5	55
11		95	145	1,5	60
12		75	125	4	85
13		110	200	2	60
14		80	190	1,5	70
15		90	140	1	80
16	380	24	100	2	100
17		60	90	1	50
18		100	150	1,5	70
19		120	200	3	20
20		110	250	2,5	35
21		65	48	2	90
22		48	80	4	70
23		60	48	3,5	50
24		80	90	2	70
25		48	60	3	50
26		65	95	1,5	60
27		90	140	1,5	70
28		115	180	2,5	35
29		100	135	1,5	75
30		110	240	2,5	40

Порядок выполнения

1. Определить действующее значение тока в дополнительной обмотке трансформатора:

$$I_3 = \frac{P_3}{U_3}, A$$

2. Определить действующее значение тока в первичной обмотке трансформатора:

$$I_1 = I_2 * \frac{U_2}{U_1} + I_3 * \frac{U_3}{U_1}, A$$

3. Определить мощность первичной обмотки трансформатора (типовая мощность):

$$S_1 = S_{тип} = U_1 * I_1, BA$$

4. По значению типовой мощности трансформатора по таблице 2 выбрать трансформатор с ближайшим большим значением типовой мощности: $S_{тип} > S_1$.
5. Выписать необходимые для расчета данные этого трансформатора: I_0 , h_0 , Q , $S_{тип}$.

6. Из таблицы 3 по значению $S_{\text{тип}}$, выбрать значение магнитной индукции B и плотности тока j :
 $B =$
 $j =$

7. Определить ЭДС витка:

$$e = 4,44 * f_c * B * Q * 10^{-4}, B$$

Где f_c – частота тока сети, $f_c = 50 \text{ Гц}$;

B – магнитная индукция, Тл;

Q – активная площадь сечения стержня, см^2 .

8. Определить число витков обмоток:

$$W_1 = \frac{U_1}{e}; W_2 = \frac{U_2}{e}; W_3 = \frac{U_3}{e}.$$

9. Определить сечение проводов обмоток с учетом плотности тока j , А/мм^2 :

$$S'_1 = \frac{I_1}{j}, \text{мм}^2; S'_2 = \frac{I_2}{j}, \text{мм}^2; S'_3 = \frac{I_3}{j}, \text{мм}^2;$$

10. По таблице 4 выбрать ближайшее большее сечение провода S (S_1, S_2, S_3) и соответствующий ему диаметр провода ПЭВ-1 с изоляцией (d_1, d_2, d_3).

11. Определить длину намотки одного ряда по каркасу:

$$l_K = h_0 - (1,5 * 2) - 2,5 \text{ мм}$$

где h_0 – высота окна;

$1,5 * 2$ – толщина двух щечек по каркасу;

$2,5$ – зазор между каркасом и сердечником.

12. Определить число витков в слое:

$$m = \frac{0,9 * l_K}{d}, (\text{витки})$$

где $0,9$ – коэффициент укладки;

d – диаметр провода, мм.

Определить значения m_1, m_2, m_3 .

13. Определить число слоев обмоток:

$$n = \frac{W}{m} (\text{слои})$$

где W – число витков соответствующей обмотки;

m – число витков в слое.

Определить значения n_1, n_2, n_3 .

14. Проверить возможность размещения обмоток на каркасе:

$$H' = [S_r + n_1 * d_1 + (n_1 - 1) * S_{\text{сл}} + S_{\text{об}} + n_2 * d_2 + (n_2 - 1) * S_{\text{сл}} + S_{\text{об}} + n_3 * d_3 + (n_3 - 1) * S_{\text{сл}} + S_{\text{об}}] * \Psi, \text{мм},$$

где S_r – толщина каркаса, $S_r = 1,5 \text{ мм}$;

n_1, n_2, n_3 – число слоев обмоток;

d_1, d_2, d_3 – диаметр проводов, мм;

$S_{\text{сл}}$ – толщина межслоевой изоляции, принимаем $S_{\text{сл}} = 0,05 \text{ мм}$;

$S_{\text{об}}$ – толщина межобмоточной изоляции, $S_{\text{об}} = 0,24 \text{ мм}$;

Ψ – коэффициент разбухания, $\Psi = 1,15$.

При правильно проведенном расчете должно соблюдаться правило $H < I_0$. Если неравенство не выполняется, следует брать магнитопровод большего сечения.

15. Определить мощности P_1, P_2, P_3 , ЭДС сам., ЭДС взаим. 1,2, Φ_1, Φ_2 и Φ_3 .

Результаты расчетов сводятся в таблицу

Броневые ленточные магнитопроводы

Обозначение магнитопровода	Размеры, мм						Активная площадь сечения стержня $Q, \text{см}^2$	Типовая мощность $S_{\text{тип}}, \text{ВА}$
	l	h_0	l_0	L	H	b		
ШЛ 16X20	16	40	16	64	56	20	2,9	15
ШЛ 16X25						25	3,6	18
ШЛ 16X32						32	4,6	25
ШЛ 20X20	20	50	20	80	70	20	3,6	35
ШЛ 20X25						25	4,5	45
ШЛ 20X32						32	5,7	60
ШЛ 20X40						40	7,2	70
ШЛ 25X25	25	62,5	25	100	87,5	25	5,6	100
ШЛ 25X32						32	7,2	120
ШЛ 25X40						40	9,0	150
ШЛ 25X50						50	11,2	180
ШЛ 32X32	32	80	32	128	112	32	9,2	250
ШЛ 32X40						40	11,2	300
ШЛ 32X50						50	14,4	380
ШЛ 32X64						64	18,4	450

Значение магнитной индукции и плотности тока

Конфигурация магнитопровода	Марка стали, толщина, мм		Мощность $S_{\text{тип}}, \text{ВА}$			
			15-50	50-150	150-300	300-1000
Броневой (ленточный)	Э-320 0,15	$B, \text{Тл}$	1,6	1,6-1,45	1,45-1,35	1,35-0,95
		$j, \text{А/мм}^2$	5-3,0	3,0-2,2	2,2-1,95	1,95-1,4
		η	0,87	0,87-0,94	0,94-0,96	0,96-0,97

Номинальные данные обмоточных проводов круглого сечения

Сечение проволоки S мм^2	Диаметр провода с изоляцией, мм	
	ПЭВ-1	ПЭВ-2
0,01539	0,165	0,17
0,02011	0,19	0,20
0,02545	0,21	0,22
0,03142	0,23	0,24
0,04155	0,27	0,28
0,05726	0,31	0,32
0,07548	0,35	0,36
0,09621	0,39	0,41
0,1320	0,45	0,47
0,1735	0,51	0,53
0,2043	0,56	0,58

0,2376	0,60	0,62
0,2734	0,64	0,66
0,3217	0,69	0,72
0,3739	0,74	0,77
0,4301	0,80	0,83
0,5057	0,86	0,89
0,5809	0,92	0,95
0,6793	0,99	1,02
0,7854	1,08	1,11
0,9161	1,16	1,19
0,9852	1,20	1,23
1,1310	1,28	1,31
1,2270	1,33	1,36
1,4310	1,43	1,46
1,5390	1,48	1,51
1,7670	1,58	1,61
1,9110	1,64	1,67
2,217	1,76	1,79
2,378	1,82	1,85
2,5730	1,9	1,93

16. Привести структурную схему трансформатора, подписав все расчетные значения.

17. Нарисовать внешний вид магнитопровода и расположение обмоток в магнитопроводе, подписав полученные значения размеров магнитопровода.

18. По выданному трансформатору определить обмотки и величину сопротивления каждой обмотки, записав все значения в отчет.

Содержание отчета

1. Номер, название и цель работы
2. Расчетные значения согласно порядка выполнения работы
3. Структурная схема трансформатора, с рассчитанными значениями
4. Выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Классификация трансформаторов
2. Виды магнитопроводов
3. Материал изготовления магнитопровода

Практическая работа №2

Тема: Расчет маломощного автотрансформатора

Цель работы: закрепить полученные теоретические знания по принципу расчета автотрансформатора

Краткие теоретические сведения

Автотрансформатор — это электромагнитное устройство для преобразования величин токов и напряжений без изменения мощности, частоты. Различают однофазные и трехфазные автотрансформаторы. Такой трансформатор имеет вторичную обмотку, продолжающую первичную. То есть в отличие от других типов трансформаторов, автотрансформатор имеет только одну обмотку, часть которой принадлежит одновременно вторичной и первичной цепям.

Автотрансформаторы используются в электротехнических установках в тех случаях, когда коэффициент трансформации близок к единице. Автотрансформатор используется при передаче электроэнергии, когда требуется соединить через трансформатор электрические цепи, отношение номинальных напряжений которых не превышает 2, например цепи высокого напряжения 110 и 220 кВ. В этих случаях экономически выгоднее вместо трансформатора применить автотрансформатор, так как его КПД выше, а размеры меньше, чем у трансформатора той же номинальной мощности.

Порядок выполнения

1. Зарисовать схему автотрансформатора с коммутацией по входу



Рисунок 1- Автотрансформатор с коммутацией по входу
Обмотка 0-1 является первичной, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5 повышающие. Расчет производится исходя из самого тяжелого режима для автотрансформатора, когда в сети 120 Вольт

$P_{вх} = P_2 = 3 \text{ кВА}$; $U_{вх} = 120 \text{ В}$; $U_2 = 205 \text{ В}$

2. Найти $I_1 = P_2 / U_{вх}$ и $I_2 = P_2 / U_2$, I_3 и т.д.

3. Необходимые сечения провода $S(\text{мм}^2)$ для обмоток найдем из выражения: $S_n = I / 2,5$ - где 2,5 - максимально-допустимая плотность тока в обмотках (А). S1-0, S1-2 и т.д.
4. Диаметр провода для обмотки находим из выражения:

$$D_n = \sqrt{4S_n / 3,14}$$
 Выбрать стандартные диаметры проводов
5. Записать все возможные значения входных напряжений, и значения на нагрузке
6. Зарисовать схему автотрансформатора с коммутацией по выходу

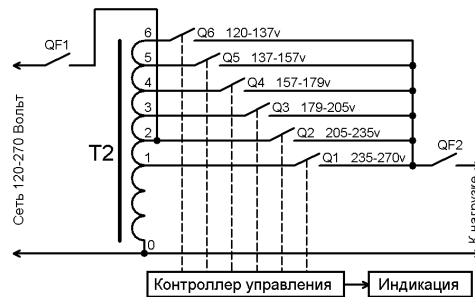


Рисунок 2- Автотрансформатор с коммутацией по выходу

7. Записать все возможные значения выходных напряжений, и значения на входе
8. Зарисуйте схему автотрансформатора и запишите все возможные напряжения на входе и выходе

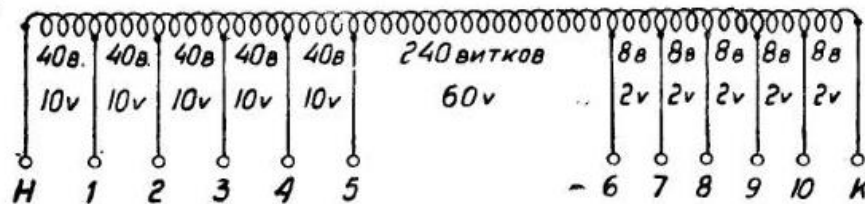


Рисунок 3- Схема автотрансформатора

9. Опишите принцип работы АТ

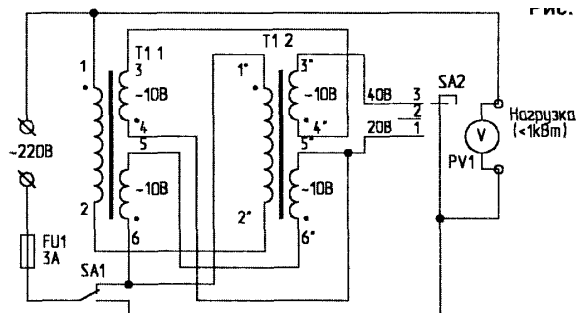


Рисунок 4- Схема автотрансформатора

Содержание отчета

1. Номер, название и цель работы
2. Схема автотрансформатора с коммутацией по входу
3. Схема автотрансформатора с коммутацией по выходу
4. Схема автотрансформатора, изображенного на рисунке 3
5. Цепочки работы автотрансформатора на рисунке 4
6. Выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Назначение автотрансформаторов
2. Недостатки автотрансформаторов

Практическая работа №3

Тема: Исследование работы схемы однополупериодного ВУ

Цель работы: закрепить полученные теоретические знания по исследованию функционирования однополупериодной схемы выпрямления

Краткие теоретические сведения

Большинство радиоэлектронных устройств потребляет постоянный ток, поэтому для преобразования переменного тока в постоянный используются выпрямительные устройства.

Основными частями выпрямительного устройства являются: силовой трансформатор (преобразует напряжение питающей сети); выпрямительные элементы (диоды или тиристоры, создающие ток через нагрузку одного направления); сглаживающий фильтр (уменьшает пульсации выпрямленного напряжения).

Выпрямители классифицируются: по числу фаз первичной обмотки трансформатора (однофазные, трехфазные); по числу вторичных фазных обмоток трансформатора (однофазные, двухфазные, трехфазные, шестифазные); по схеме подключения нагрузки (нулевые схемы выпрямления – однополупериодные и мостовые схемы выпрямления - двухполупериодные).

При подаче на трансформатор переменного напряжения, в однофазной схеме выпрямления ток во вторичной цепи будет проходить только за положительный полупериод напряжения. За отрицательный полупериод, когда сопротивление диода можно приравнять бесконечности, обратный ток можно принять равным нулю. Выпрямленный ток однажды за период достигнет максимального значения, поэтому частота основной гармоники будет равна частоте сетевого напряжения.

Порядок выполнения

1. Соберите схемы исследования прямой и обратной проводимости диода, измерьте значения напряжения на выходе диода

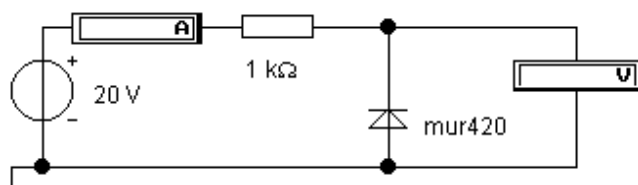
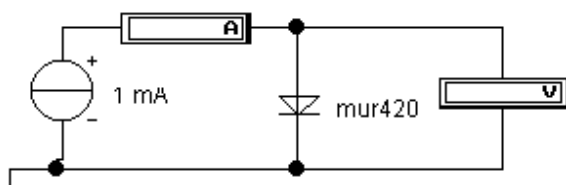


Рисунок 5- Схемы исследования прямой и обратной ветви диода

2. Зарисуйте полученные схемы и приведите измеренные значения, сделайте вывод по этим значениям
3. Запишите 5 значений напряжений и тока для прямой ветви работы диода(и для обратной ветви), постройте ВАХ изучаемого диода
- 3.С использованием программы EWB, соберите однополупериодную схему ВУ

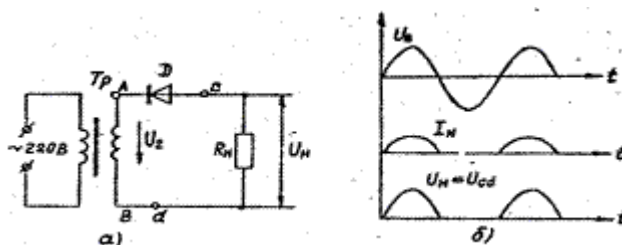


Рисунок 6- Однополупериодная схема выпрямления

4. Произведите изменение входного напряжения, номинала резистора и измерьте напряжение на выходе схемы, полученные значения занесите в таблицу

Uвх	Rн	I на выходе VD	Uвых
1			
...			
10			

5. Рассчитайте коэффициент трансформации для всех десяти расчетных значений
6. Приведите временные диаграммы напряжения на входе однополупериодной схемы выпрямления и на выходе(для двух значений из таблицы)
7. Произведите измерение целостности выданного диода с использованием мультиметра
8. Найдите конец и начало обмоток у приведенного трансформатора

Содержание отчета

1. Номер, название и цель работы
2. Схемы исследования ВАХ диода
3. Однофазная однополупериодная схема выпрямления
4. Диаграмма Вейча для 4 переменных, минимизированное выражение
5. Таблица измеренных значений
6. Временные диаграммы работы схемы
7. Выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Принцип работы однополупериодного ВУ
2. Недостатки однополупериодной схемы выпрямления

Практическая работа №4

Тема: Исследование работы схемы двухполупериодного ВУ

Цель работы: исследование функционирования двухполупериодного ВУ

Краткие теоретические сведения

Для построения диодных выпрямителей чаще всего используются двухполупериодные схемы. Двухполупериодный выпрямитель – устройство преобразования переменного напряжения в постоянное, работающее по принципу бесконтактной коммутации используемых выводов источника переменного напряжения с нагрузкой, создавая однополярное питание.

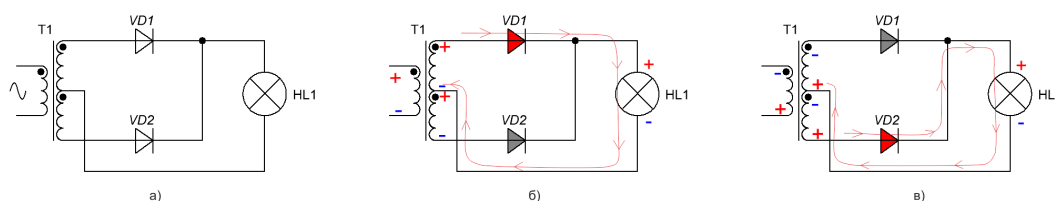


Рисунок 7- Двухполупериодная схема выпрямления

В один из полупериодов, назовём его условно «положительным», рисунок 7 б), на вторичной обмотке формируется напряжение положительной полярности на верхнем выводе относительно общего, и отрицательной полярности на нижнем выводе относительно общего. При этом, диод VD2 под действием обратного напряжения запирается, а диод VD1 под действием прямого напряжения открывается и коммутирует верхний вывод вторичной обмотки с нагрузкой. От верхнего вывода вторичной обмотки, через диод VD1, лампу HL1 и проводник, соединяющий лампу с общим выводом обмотки, течёт электрический ток. Ток изображён красной линией со стрелками, указывающими условное направление его протекания.

Во второй, «отрицательный» полупериод, диод VD1 запирается обратным, а диод VD2 открывается прямым напряжениями. Ток течёт от нижнего вывода вторичной обмотки через диод VD2, лампу HL1 и проводник, соединяющий лампу с общим выводом вторичной обмотки.

Порядок выполнения

1. Соберите схему исследования двухполупериодного ВУ

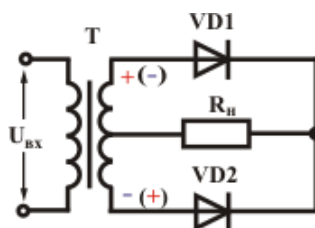


Рисунок 8-Схема двухполупериодного ВУ

2. Зарисуйте полученную схему

3. Произведите изменение входного напряжения, номинала резистора и измерьте напряжение на выходе схемы, полученные значения занесите в таблицу

$U_{вх}$	R_n	I на выходе VD1	I на выходе VD2	$U_{вых}$
1				
...				
7				

4. Для полученной схемы приведите временные диаграммы на входе и на выходе

4.С использованием программы EWB, соберите мостовую схему выпрямления

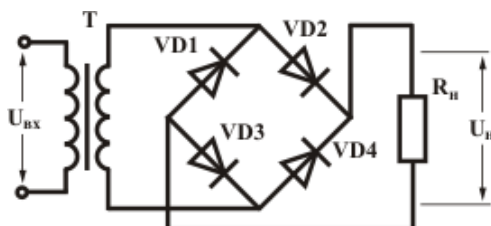


Рисунок 9 –Мостовая схема выпрямления

5. Произведите изменение входного напряжения, номинала резистора и измерьте напряжение на выходе схемы, полученные значения занесите в таблицу

$U_{вх}$	R_n	I на выходе VD1	I на выходе VD2	$U_{вых}$
1				
...				
7				

6. Для полученной схемы приведите временные диаграммы на входе и на выходе

7. Рассчитайте коэффициент трансформации для всех семи расчетных значений

Содержание отчета

1. Номер, название и цель работы
2. Схема двухполупериодного ВУ, изображенного на рисунке 8
3. Временные диаграммы работы схемы
4. Таблица измеренных значений
5. Схема мостового выпрямителя, изображенного на рисунке 9

6. Временные диаграммы работы схемы
7. Таблица измеренных значений
8. Выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Достоинства схемы двухполупериодного ВУ
2. Принцип работы мостовой схемы выпрямления

Практическая работа №5

Тема: Исследование работы трехфазной схемы выпрямления

Цель работы: исследование функционирования трехфазной схемы выпрямления

Краткие теоретические сведения

При мощностях более 1 кВт обычно применяют трехфазные схемы выпрямления. Такие выпрямители равномерно нагружают трехфазную сеть, имеют меньшую величину пульсации выпрямленного напряжения, при этом частота пульсации напряжения (тока) на нагрузке кратна числу фаз выпрямления $f_n = m \times f$, что позволяет уменьшить размеры и массу сглаживающего фильтра, лучше использовать трансформатор, получать более высокий КПД. Трёхфазную (многофазную) систему напряжений можно представить как три однофазных источника переменного напряжения, электрически соединённые между собой одним из выводов. Точка соединения является общим, нулевым выводом. На диаграммах будем изображать напряжения выводов разных фаз относительно общего. Диаграмма изменения напряжения одной фазы во времени представлена на рисунке 10 а). В симметричных многофазных системах одностипные изменения напряжений чередующихся фаз сдвинуты во времени на одинаковый интервал. Этот интервал определяет угол сдвига фаз. В трёхфазной системе он равен 120 градусам. Диаграмма трёхфазной системы напряжений представлена на рисунке 10 б).

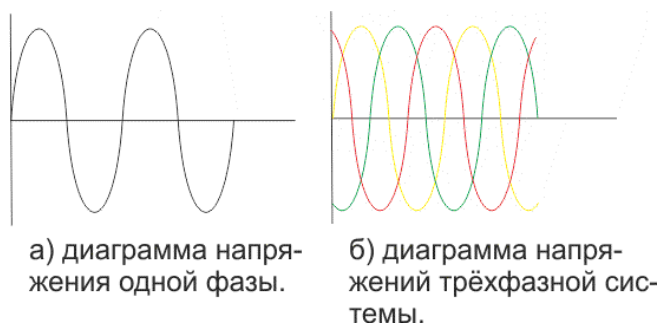


Рисунок 10- Диаграммы напряжений

Порядок выполнения

1. Соберите схему исследования трехфазного ВУ

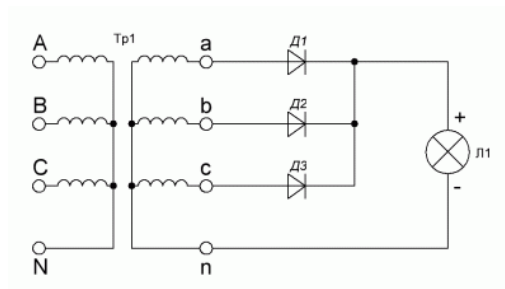


Рисунок 11-Трехфазная однополупериодная схемы выпрямления

2. Зарисуйте полученную схему

3. Произведите изменение входного напряжения, падения напряжения на резисторе, измерьте напряжение на выходе схемы, полученные значения занесите в таблицу

$U_{вх}$	$U_{Rн}$	$U_{вых}$
1		
...		
7		

4. Для полученной схемы приведите временные диаграммы на входе и на выходе

5. С использованием программы EWB, соберите трехфазную мостовую схему выпрямления

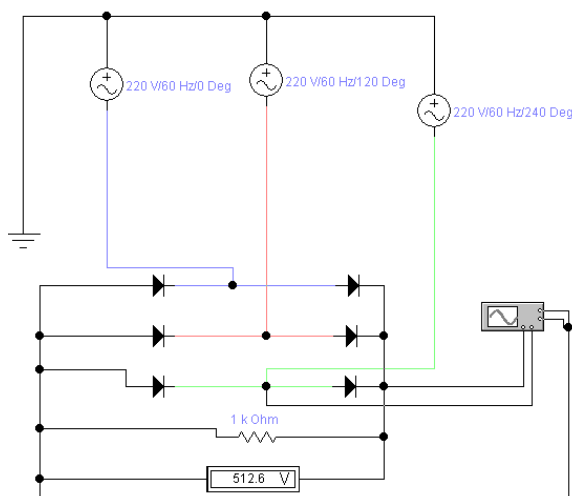


Рисунок 12- Трехфазная мостовая схемы выпрямления

6. Произведите изменение входного напряжения, падения напряжения на резисторе, измерьте напряжение на выходе схемы, полученные значения занесите в таблицу

$U_{вх}$	$U_{Rн}$	$U_{вых}$
1		
...		
7		

7. Для полученной схемы приведите временные диаграммы на входе и на выходе

8. Рассчитайте коэффициент трансформации для всех семи расчетных значений

Содержание отчета

- 1.Номер, название и цель работы
- 2.Схема трехфазная однополупериодная, временные диаграммы, таблица
3. Схема трехфазная мостовая, временные диаграммы, таблица
4. Выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Назначение трехфазных схем выпрямления, область применения

Практическая работа № 6

Тема: Исследование работы схемы ВУ с сглаживающим фильтром

Цель работы: исследование функционирования схемы ВУ с сглаживающим фильтром

Краткие теоретические сведения

Режим работы выпрямителя в значительной степени определяется типом фильтра, включенного на его выходе. В маломощных выпрямителях, питающихся от однофазной сети переменного тока, применяются простейшие емкостные фильтры, в выпрямителях средней и большой мощности — Г-образные LC, RC и П-образные CLC и CRC фильтры.

Основным параметром сглаживающих фильтров является коэффициент сглаживания (q), который определяется как отношение коэффициента пульсаций на входе фильтра к коэффициенту пульсаций на его выходе (на нагрузке). Емкостный фильтр является наиболее простым из всех видов сглаживающих фильтров. Он состоит из конденсатора, включаемого параллельно нагрузке.

Индуктивно-емкостные фильтры (Г-образные LC и П-образные CLC) широко применяются при повышенных токах нагрузки, поскольку падение напряжения на них можно сделать сравнительно небольшим. Коэффициент полезного действия у таких фильтров достаточно высокий

Резистивно-емкостные фильтры целесообразно применять при малых токах нагрузки (менее 10...15 мА) и небольших требуемых коэффициентах сглаживания. Достоинства этих фильтров — малые габариты и масса, низкая стоимость.

Порядок выполнения

1. Соберите схему ВУ, работающего на индуктивную нагрузку

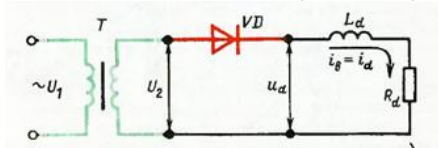


Рисунок 13- Схема ВУ с индуктивным фильтром

- 2.Зарисуйте полученную схему
- 3.Произведите изменение значения индуктивности и измерьте напряжение на выходе схемы, полученные значения занесите в таблицу

$U_{вх}$	$L, Гн$	$U_{вых}$
----------	---------	-----------

1		
...		
5		

4. Для полученной схемы приведите временные диаграммы на входе и на выходе

5. Соберите схему ВУ, работающего на емкостную нагрузку

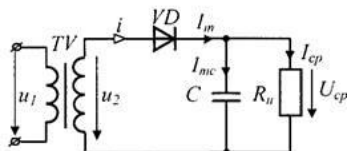


Рисунок 14-Схема ВУ с емкостным фильтром

6. Зарисуйте полученную схему

7. Произведите изменение значения емкости и измерьте напряжение на выходе схемы, полученные значения занесите в таблицу

Uвх	C, мкФ	Uвых
1		
...		
5		

8. Для полученной схемы приведите временные диаграммы на входе и на выходе

9. Соберите схему ВУ, работающего на индуктивно-емкостную нагрузку

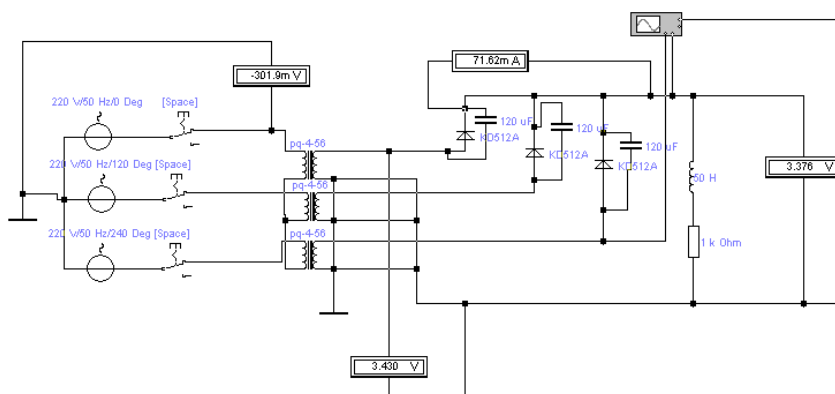


Рисунок 15 – Схема ВУ с индуктивно-емкостным фильтром

10. Зарисуйте полученную схему, измените емкости конденсаторов и проследите изменение формы выходного сигнала, приведите временные диаграммы, опишите принцип работы

11. Рассчитайте коэффициент трансформации трансформатора

Содержание отчета

1. Номер, название и цель работы
2. Схема ВУ с индуктивным фильтром, таблица измеренных значений, временные диаграммы
3. Схема ВУ с емкостным фильтром, таблица измеренных значений, временные диаграммы

4. Схема ВУ с индуктивно-емкостным фильтром, таблица измеренных значений, временные диаграммы
5. Выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Классификация фильтров
2. Понятие коэффициента сглаживания

Практическая работа № 7

Тема: Расчет коэффициента фильтрации

Цель работы: получить практические навыки по расчету коэффициента фильтрации

Краткие теоретические сведения

Сглаживающий фильтр предназначен для подавления пульсаций постоянного напряжения. Он включается между выходом выпрямителя и нагрузкой. В качестве сглаживающего фильтра используется ФНЧ, частота среза которого выбирается как можно меньше. Конкретное значение выбирается из физической реализуемости, а частота подавления определяется частотой пульсаций (или минимальной частотой помехи). Сглаживающий фильтр не должен ослаблять постоянную составляющую, которая в данном случае служит для питания нагрузки.

Основным параметром сглаживающего фильтра является коэффициент сглаживания пульсаций. Он определяется как отношение коэффициента пульсаций на входе к коэффициенту пульсаций на выходе фильтра

Порядок выполнения

1. Расчет амплитуды гармоник U_{nm} , находят из таблицы, путем умножения заданной амплитуды на номинальное напряжение в нагрузке.

Схема выпрямления	Гармоники пульсирующего напряжения									
	Первая		Вторая		Третья		Четвертая		Пятая	
	$F, Гц$	$Амп., В$	$F, Гц$	$Амп., В$	$F, Гц$	$Амп., В$	$F, Гц$	$Амп., В$	$F, Гц$	$Амп., В$
Однофазная мостовая	100	0,6700	200	0,1330	300	0,0570	400	0,0317	500	0,0202
3-х фазная однополупериодная	150	0,2500	300	0,0571	450	0,0250	600	0,0142	750	0,0089
3-х фазная мостовая	300	0,0570	600	0,0142	900	0,0062	1200	0,0035	1500	0,0022
6-ти фазная двухполупериодная	600	0,0142	1200	0,0035	1800	0,0015	2400	0,0009	3000	0,0006

2. Расчет коэффициента фильтрации для 1-й гармоники усложняется тем, что допустимая пульсация питающего U -я выражается в психометрических и средних квадратичных величинах. Задача в том, чтобы найти коэффициент фильтрации K_ϕ для 1-й гармоники, при котором обеспечивается снижение

псофометрического и среднего квадратичного напряжения пульсации до установленной нормы. Допустим, что норма пульсации напряжения задана псофометрическим значением. Среднее псофометрическое U-е помех на выходе ВУ (на входе фильтра):

$$U_{ПС} = \sqrt{0,5[(U_{1m}\alpha_1)^2 + (U_{2m}\alpha_2)^2 + (U_{3m}\alpha_3)^2 + \dots + (U_{nm}\alpha_n)^2]}.$$

$f_{П}, Гц$	$\alpha_{П}$	$f_{П}, Гц$	$\alpha_{П}$	$f_{П}, Гц$	$\alpha_{П}$	$f_{П}, Гц$	$\alpha_{П}$
50	0,0071	450	0,582	900	1,072	1500	0,861
100	0,00891	500	0,661	1000	1,122	1600	0,824
150	0,0355	600	0,794	1100	1,072	1800	0,760
200	0,0891	700	0,902	1200	1,000	2000	0,708
300	0,2950	750	0,955	1300	0,955	2500	0,617
400	0,4840	800	1,000	1400	0,905	3000	0,525

3. Коэффициенты фильтрации K_{ϕ} , равны:

– для 1-й гармоники:

$$K_{\phi 1} = \frac{1}{U'_{ПС}} * \sqrt{0,5 \left[(U_{1m}\alpha_1)^2 + \left(\frac{U_{2m}\alpha_2 f_1}{f_2} \right)^2 + \left(\frac{U_{3m}\alpha_3 f_1}{f_3} \right)^2 + \dots + \left(\frac{U_{nm}\alpha_n f_1}{f_n} \right)^2 \right]}$$

– для 2-й гармоники $K_{\phi 2} = K_{\phi 1} \frac{f_2}{f_1}$; для 3-й гармоники $K_{\phi 3} = K_{\phi 1} \frac{f_3}{f_1}$;

– для n-й гармоники $K_{\phi n} = K_{\phi 1} \frac{f_n}{f_1}$;

4. Коэффициенты фильтрации $K_{\phi 1}, K_{\phi 2}, K_{\phi 3}, \dots, K_{\phi n}$ показывают, во сколько раз амплитуда гармоник на выходе СФ меньше, чем на его входе. Поэтому действующее значение псофометрического U-я помех ($U'_{ПС}$) на выходе СФ:

$$U'_{ПС} = \frac{1}{K_{\phi 1}} * \sqrt{0,5 \left[(U_{1m}\alpha_1)^2 + \left(\frac{U_{2m}\alpha_2 f_1}{f_2} \right)^2 + \left(\frac{U_{3m}\alpha_3 f_1}{f_3} \right)^2 + \dots + \left(\frac{U_{nm}\alpha_n f_1}{f_n} \right)^2 \right]}$$

Допустимое значение псофометрического напряжения U-я ($U'_{ПС}$) на зажимах аппаратуры определяется ГОСТом.

5. Индуктивность фильтра L_1 определяется по формуле:

$$L_1 = \frac{\sqrt{K_{\phi 1} + 1} * \rho}{m 2 \Pi f_c};$$

где ρ - волновое сопротивление фильтра, Ом, принимается обычно $(0,15 \div 0,25) * R_H$;

$K_{\phi 1} (q_1)$ – коэффициент фильтрации (сглаживания);

$m=1$ - число пульсаций за период, для однополупериодных схем выпрямления

$m=1$ – для однополупериодных схем выпрямления;

$m=2$ – для однофазных с нулевым выводом и однофазных мостовых схем выпрямления;

$m=3$ – для 3-х фазных схем выпрямления с нулевым выводом;

$m=6$ – для 3-х фазных мостовых схем выпрямления.

6. Емкость фильтра C_1 , определяется по формуле:

$$C_1 = \frac{10 \cdot (K_{\phi 1} + 1)}{L_1 m^2}$$

Номинальные значения конденсаторов

К-50-6		К-50-3		К-50-7	
Напряжение, В	Емкость, мкФ	Напряжение, В	Емкость, мкФ	Напряжение, В	Емкость, мкФ
25	1,5,10,20,50,100, 200,500,1000, 2000,4000, 10000	25	5,10,20,50,100, 200,500,1000, 2000,5000,	50	100,300
				160	5,10,20,50,100, 200,500
				250	10,20,50,100, 200
				300	5,10,20,50,100, 200
100	1,2,5,10,20	100	2,5,10,20,50,100	350	5,10,20,50,100
				450	5,10,20,50,100

7. Привести заданную выпрямительную схему со всеми расчетными значениями

Содержание отчета

- 1.Номер, название и цель работы
2. Произвести расчет амплитуды для пяти гармонических составляющих.
3. Рассчитать среднее психофотметрическое напряжение помех на выходе выпрямителя.
- 4.Произвести расчет коэффициента фильтрации, для заданной схемы выпрямления, для пяти гармоник. (Приняв $U_{пс}^1 = 5\text{мВ}$). Проверить $U_{пс}^1$, рассчитав его по формуле.
5. Произвести расчет действующего психофотметрического значения напряжения на выходе выпрямителя.
6. Рассчитать емкость конденсатора, и выбрать стандартный номинал из таблицы.
7. Рассчитать индуктивность катушки, и выбрать стандартный номинал из таблицы.
- 8.Составить схему выпрямительного устройства, с использованием сглаживающего фильтра, указав на ней все расчетные параметры.
9. Выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Основные параметры сглаживающих фильтров
2. Сравнительный анализ сглаживающих фильтров

Практическая работа № 8

Тема: Расчет схем ВУ со сглаживающим фильтром

Цель работы: исследование принципа расчета схем ВУ со сглаживающими фильтрами

Краткие теоретические сведения

Амплитуда пульсации напряжения на выходе схемы выпрямления в большинстве случаев превышает допустимое значение. Для снижения амплитуды пульсации применяют сглаживающие фильтры.

Схемы и конструкция фильтров могут быть самыми разнообразными. Простейшие фильтры обычно состоят из одного элемента (индуктивности или емкости). Одно- и многозвенные фильтры состоят из различных комбинаций L , C и R . В резонансных фильтрах имеются резонансные контуры, настроенные на одну из гармоник (обычно первую) выпрямленного напряжения.

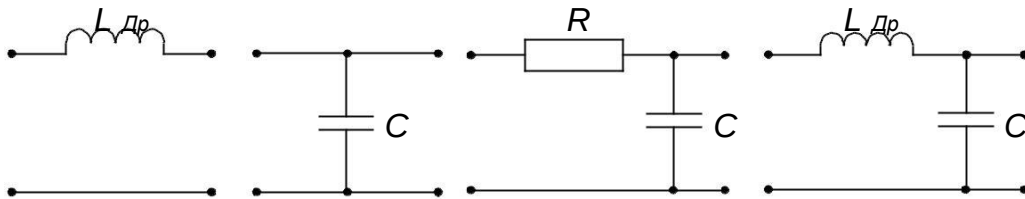


Рисунок 16- Схемы простейших фильтров

Порядок выполнения

1.Г-образный фильтр. В последовательное плечо Г-образного фильтра включен дроссель, обладающий активным сопротивлением $R_{Др}$ и индуктивностью $L_{Др}$, а в параллельное плечо — конденсатор емкостью C (рис.

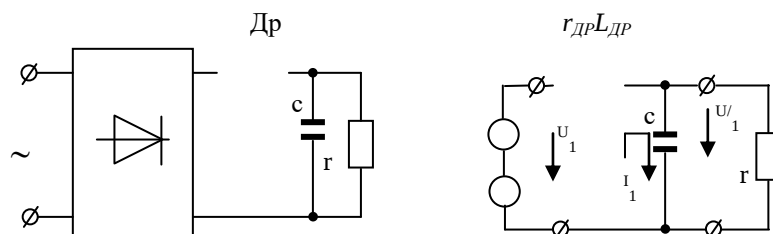


Рисунок 17 –Г-образный фильтр

Пульсирующее U_{-e} на выходе ВУ содержит постоянную составляющую и ряд гармоник разной частоты.

$$K_{\phi 1} = \frac{U_1}{U'_1} = \frac{I_1 * (X_{L1} - X_{C1})}{I_1 * X_{C1}} = \frac{X_{L1}}{X_{C1}} - 1$$

Обычно $K_{\phi 1}$ значительно больше единицы (1) и тогда приближенно можно принять:

$$K_{\phi 1} = \frac{X_{L1}}{X_{C1}} = \omega_1^2 L_{ДР} C$$

По этой формуле можно по известному K_{ϕ} определить произведение $L_{ДР} * C$, т.е

$$L_{ДР} * C = K_{\phi 1} / \omega_1^2.$$

При расчетах индуктивность дросселя выражается в Генри, а емкость в микрофарадах, поэтому:

$$L_{ДР} C = \frac{10^{-6} * K_{\phi 1}}{\omega_1^2} = \frac{10^6 * K_{\phi 1}}{4\pi^2 f_1^2} = C = \frac{10^6 * K_{\phi 1}}{L_{ДР} 4\pi^2 f_1^2} \quad L_{ДР} = \frac{10^6 * K_{\phi 1}}{C 4\pi^2 f_1^2}$$

где f_1 – частота основной гармоники выпрямленного $U_{-я}$;

$\omega = 2\pi f_c$ – круговая частота питающей сети.

После определения $L_{ДР} * C$ выбирают конденсатор, подходящий по $U_{-ю}$ и емкости. Затем вычисляют индуктивность $L_{ДР}$ и производят расчет сглаживающего дросселя.

Емкость C выбирают произвольно, но индуктивное сопротивление $X_{L1} = 2\pi f_1 L_{ДР}$ должно быть значительно больше емкостного сопротивления.

Собственная f_{-ma} фильтра $f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_{ДР} C}}$ должна быть меньше f_{-my} основной

гармоники выпрямленного напряжения в 2-3 раза.

2.Фильтр с параллельно включенной АКБ

В ЭПУ применяют буферный режим работы АКБ, при этом АКБ подключается параллельно ВУ (рис. 3). Если АКБ состоит из стационарных АКБ типа «С» или «СК», то ее сопротивление постоянному току – $I : r_B = 0,0046 \text{ n/N}$

Где n – число последовательно соединенных АКБ в батарее;

N – номер индекса установленных в батарее аккумуляторов;

0,0046 – внутреннее сопротивление АКБ типа С-1 или СК-1 постоянному току.

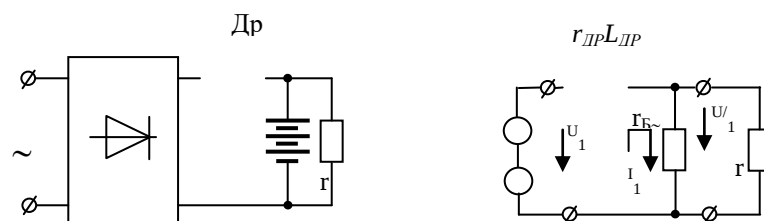


Рисунок 18- Фильтр с параллельно включенной АКБ
Сопrotивление шлейфа АКБ переменному току:

$$r_{B\sim} = 1,15r_B = \frac{1,15 * 0,0046\Omega}{N}$$

Переменная составляющая выпрямленного тока I_1 после дросселя почти полностью замыкается через малое внутреннее сопротивление АКБ. Пренебрегая переменным током ($\sim I$), от ветвляющимся на сопротивление нагрузки, $K_{\phi 1}$ для 1-й гармоники в рассматриваемой схеме можно выразить так:

$$K_{\phi 1} = \frac{U_1}{U'_1} = \frac{I_1 \sqrt{r_{B\sim}^2 + X_{L1}^2}}{I_1 r_{B\sim}} = \sqrt{1 + \frac{X_{L1}^2}{r_{B\sim}^2}} \approx \frac{X_{L1}}{r_{B\sim}} = \frac{2\pi f_1 L_{DP}}{r_{B\sim}}$$

Индуктивность сглаживающего дросселя фильтра:
$$L_{DP} = \frac{K_{\phi 1} r_{B\sim}}{2\pi f_1}$$

Пример:

Определить индуктивность дросселя сглаживающего фильтра к выпрямителю, собранному по 3-х фазной мостовой схеме. Буферная АКБ состоит из 12 последовательно соединенных АКБ типа СК-2. Коэффициент фильтрации для основной гармоники $K_{\phi 1} = 150$.

$$r_{B\sim} = \frac{1,15 * 0,0046\Omega}{N} =$$

Частота основной гармоники для 3-х фазной мостовой схемы $f_1 = 300 \text{ Гц}$. Тогда индуктивность сглаживающего дросселя:

$$L_{DP} = \frac{K_{\phi 1} r_{B\sim}}{2\pi f_1} =$$

СФ характеризуются коэффициентом сглаживания q (или коэффициентом фильтрации K_{ϕ}), который можно представить как отношение амплитуды 1-й гармоники пульсации на входе фильтра $U_{01\sim}$ к амплитуде 1-й гармоники пульсации на выходе первого звена фильтра $U_{11\sim}$ или на выходе второго звена фильтра $U_{21\sim}$:

$$K_{\phi} = q = U_{01\sim} / U_{11\sim} \text{ или } K_{\phi} = q = U_{01\sim} / U_{21\sim}$$

Коэффициент сглаживания (фильтрации) K_{ϕ} (или q) принимается равным:

- для однозвенных фильтров $q_1 = K_{\phi} = 3-16$;
- для 2-х звенных фильтров $q_{12} = K_{\phi} > 16$.

СФ RC имеют малые габариты, массу и стоимость, но низкий КПД. Применяются иногда при малых выпрямленных токах (не более 10-15 мА). Сопротивлением резистора обычно задаются в пределах $R_1 = (0.15 \dots 0.5) * R_H$, где R_H – сопротивление нагрузки, Ом.

КПД (η) RC фильтра сравнительно мал и обычно составляет 0,6...0,8, причем при $\eta_{\phi} = 80\%$ $R_1 = 0,25 * R_H$.

Зная q (K_{ϕ}), определяют произведение $R_1 C_1$ и из него находят C_1 :

при $f_c = 50$ Гц $R_1 C_1 = \frac{3 \cdot 10^3 \cdot K_\phi}{m} = C_1 = \frac{3 \cdot 10^3 \cdot K_\phi}{R_1 m}$; или $R_1 C_1 = 3 \cdot 10^3 \cdot$

$q/m = C_1 = 3 \cdot 10^3 \cdot q / R_1 m$;

где C_1 – в микрофарадах;

m – число пульсаций за период, который принимается равным:

$m=1$ – для однополупериодных схем выпрямления;

$m=2$ – для однофазных с нулевым выводом и однофазных мостовых схем выпрямления;

$m=3$ – для 3-х фазных схем выпрямления с нулевым выводом;

$m=6$ – для 3-х фазных мостовых схем выпрямления.

Далее выбирают по справочнику стандартный конденсатор. Если СФ 2-х звенный, то q (K_ϕ) будет равен $q_{12} = q_1 \cdot q_2$ или $K_{\phi 12} = K_{\phi 1} \cdot K_{\phi 2}$, где q_1, q_2 ($K_{\phi 1}, K_{\phi 2}$) – коэффициенты сглаживания (фильтрации) 1-го и 2-го звена соответственно.

Обычно в расчетах принимают $R_1 = R_2$; $C_1 = C_2$, тогда $R_1 C_1 = R_2 C_2 = \frac{\sqrt{K_{\phi 12}}}{m 2 \pi f_c}$,

где f_c – частота питающей сети (50 Гц или 400 Гц).

3. Пример расчета Г-образного RC фильтра.

Определить параметры однозвенного Г-образного СФ RC при следующих данных:

- схема выпрямления – трехфазная мостовая;
- сопротивление нагрузки $R_H = 800$ Ом;
- частота питающей сети $f_c = 50$ Гц;
- выпрямленное $U = 12$ В;
- коэффициент сглаживания (фильтрации) фильтра q (K_ϕ) = 150

Решение

1. Сопротивление фильтра $R_1 = 0,2 \cdot R_H =$

2. Принимаем сопротивление резистора равнымОм.

$$2. \quad K_{\phi 1} = \frac{1}{U'_{пс}} * \sqrt{0,5 \left[(U_{1m} \alpha_1)^2 + \left(\frac{U_{2m} \alpha_2 f_1^2}{f_2^2} \right)^2 + \left(\frac{U_{3m} \alpha_3 f_1^2}{f_3^2} \right)^2 + \dots + \left(\frac{U_{nm} \alpha_n f_1^2}{f_n^2} \right)^2 \right]}$$

$$3. \quad R_1 C_1 = 3 \cdot 10^3 \cdot q / m = \frac{3 \cdot 10^3 \cdot 150}{6} = \dots = C_1 = \frac{75000}{160} = \dots \text{мкФ},$$

где $m=6$ – число пульсаций за период для 3-х фазных мостовых схем выпрямления.

Выбираем конденсатор; $C = \dots$ мкФ, $U_H = \dots$ В.

4. Пример расчета индуктивно-емкостной фильтр (LC). Г-образный

Определить параметры однозвенного Г-образного СФ LC при следующих данных:

- схема выпрямления – трехфазная однополупериодная;
- сопротивление нагрузки $R_H = 600$ Ом;
- частота питающей сети $f_c = 50$ Гц; выпрямленное $U = 24$ В;
- коэффициент сглаживания (фильтрации) фильтра q (K_ϕ) = 320

1. Индуктивность фильтра L_1 определяется по формуле

$$L_1 = \frac{\sqrt{K_{\phi 1} + 1} * \rho}{m 2 \pi f_c} = \dots \Gamma H$$

где ρ - волновое сопротивление фильтра, Ом, принимается обычно $(0,15 \div 0,25) * R_H$;

$K_{\phi 1} (q_1)$ – коэффициент фильтрации (сглаживания);

$m=1$ - число пульсаций за период, для однополупериодных схем выпрямления

2. Сопротивление фильтра $R_1 = 0,2 * R_H =$

$$3. K_{\phi 1} = \frac{1}{U'_{\text{ПС}}} * \sqrt{0,5 \left[(U_{1m} \alpha_1)^2 + \left(\frac{U_{2m} \alpha_2 f_1^2}{f_2^2} \right)^2 + \left(\frac{U_{3m} \alpha_3 f_1^2}{f_3^2} \right)^2 + \dots + \left(\frac{U_{nm} \alpha_n f_1^2}{f_n^2} \right)^2 \right]}$$

4. Зная $q_1 (K_{\phi 1})$, определяют произведение $L_1 C_1$ и из него находят C_1 .

$$\text{при } f_c = 50 \text{ Гц } L_1 C_1 = \frac{10 * (K_{\phi 1} + 1)}{m^2} = C_1 = \frac{10 * (K_{\phi 1} + 1)}{L_1 m^2} = \dots \text{мкФ (при } m=1)$$

5. Выбираем конденсатор $\dots$; $C = \dots \text{мкФ}$, $U_H = \dots \text{В}$.

$$\text{при } f_c = \dots \text{Гц } L_1 C_1 = \frac{0,16 * (K_{\phi 1} + 1)}{m^2} = C_1 = \frac{0,16 * (K_{\phi 1} + 1)}{L_1 m^2};$$

Содержание отчета

1. Номер, название и цель работы
2. Схема Г-образного фильтра, пример расчета сглаживающего фильтра
3. Схема фильтра с параллельно включенной АКБ, пример расчета сглаживающего фильтра
4. Схема Г-образного RC фильтра, пример расчета сглаживающего фильтра
5. Схема индуктивно-емкостного фильтра (LC), пример расчета сглаживающего фильтра
6. Выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Классификация сглаживающих фильтров
2. Что является определяющим при выборе типа фильтра (емкостной или индуктивный) для выпрямителя?

Практическая работа № 9

Тема: Расчет полупроводникового стабилизатора напряжения

Цель работы: закрепление теоретических сведений по расчету полупроводниковых стабилизаторов напряжения

Краткие теоретические сведения

Стабилизатором напряжения называется устройство, поддерживающее неизменным напряжение на нагрузке при изменении значений питающего напряжения, температуры окружающей среды и при воздействии других дестабилизирующих факторов, которые могут привести к изменению напряжения на нагрузке. По принципу действия стабилизаторы напряжения подразделяются на параметрические и компенсационные.

Порядок выполнения

1. Схема простейшего параметрического стабилизатора, построенного на полупроводниковом стабилитроне, представлена на рисунке 19

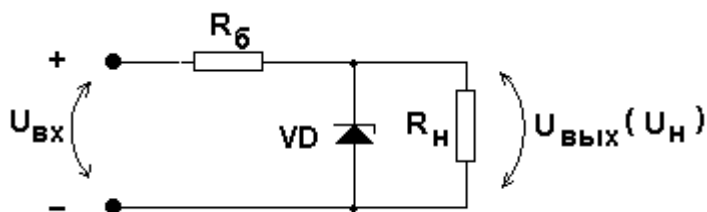


Рисунок 19 –Параметрический стабилизатор напряжения

Исходными данными будут являться, следующие параметры:

- Выходное напряжение (напряжение на нагрузке) $U_{вых}$;
- Максимальный ток нагрузки $I_{н\max}$;
- Минимальный ток, потребляемый нагрузкой $I_{н\min}$;
- Требуемый коэффициент стабилизации $K_{ст}$;
- Допустимые процентные отклонения входного напряжения от номинального значения в сторону его уменьшения $\delta^- U_{вх}$ и увеличения $\delta^+ U_{вх}$;
- Выходное сопротивление источника входного напряжения (выпрямителя и фильтра) по постоянному току $R_{вых}$.

Порядок расчета стабилизатора следующий:

Выбирают стабилитрон и определяют предельно достижимое значение коэффициента стабилизации $K_{СТ\text{ ПР}}$

$$K_{СТ\text{ ПР}} = \frac{U_{ВЫХ}(1 - 0,01\delta^- U_{ВХ})}{(I_{Н\text{ МАХ}} + I_{СТ\text{ МИН}})r_{Д}},$$

где

$U_{ВЫХ}$ [В] – выходное напряжение;

$\delta^- U_{ВХ}$ [%] – допустимое процентное уменьшение входного напряжения по сравнению с номинальным;

$I_{Н\text{ МАХ}}$ [А] – максимальный ток, потребляемый нагрузкой;

$I_{СТ\text{ МИН}}$ [А] – минимальный обратный ток выбранного стабилитрона;

$r_{Д}$ [Ом] – дифференциальное сопротивление стабилитрона.

Примечание: в общем виде коэффициентом стабилизации напряжения называют частное от деления относительного изменения напряжения на входе на относительное изменение напряжения на выходе стабилизатора

$$K_{СТ} = \frac{\Delta U_{ВХ}}{U_{ВХ}} : \frac{\Delta U_{ВЫХ}}{U_{ВЫХ}} = \frac{\Delta U_{ВХ} U_{ВЫХ}}{U_{ВХ} \Delta U_{ВЫХ}}.$$

Величина $K_{СТ\text{ ПР}}$ должна быть больше требуемого коэффициента стабилизации в 1,3...1,5 раза. Если данное условие не выполняется, следует выбрать другой стабилитрон или перейти к более сложной схеме стабилизатора.

$$U_{ВХ} = \frac{U_{ВЫХ}}{(1 - 0,01\delta^- U_{ВХ})(1 - \frac{K_{СТ}}{K_{СТ\text{ ПР}}})}$$

Находят необходимое входное напряжение,

где $K_{СТ}$ – заданный (требуемый) коэффициент стабилизации.

Рассчитывают сопротивление балластного резистора

$$R_{Б} = \frac{U_{ВХ}(1 - 0,01\delta^- U_{ВХ}) - U_{ВЫХ}}{(I_{Н\text{ МАХ}} + I_{СТ\text{ МИН}})} - R_{ВЫХ},$$

где $R_{ВЫХ}$ – выходное сопротивление источника входного напряжения (выпрямителя и фильтра) по постоянному току.

Определяют максимальный ток стабилитрона по формуле:

$$I_{СТ\text{ МАХ}} = I_{СТ\text{ МИН}} + I_{Н\text{ МАХ}} - I_{Н\text{ МИН}} + (I_{Н\text{ МАХ}} + I_{СТ\text{ МИН}}) \cdot \left(\frac{0,01(\delta^- U_{ВХ} + \delta^+ U_{ВХ})K_{СТ\text{ ПР}}}{(1 - 0,01\delta^- U_{ВХ})K_{СТ}} \right),$$

где $I_{Н\text{ МИН}}$ – минимальный ток нагрузки;

$\delta^+ U_{ВХ}$ – допустимое процентное увеличение входного напряжения.

Если нагрузка постоянна, то $I_{Н\text{ МАХ}} = I_{Н\text{ МИН}}$. Значение максимального обратного тока выбранного стабилитрона должно превышать значение $I_{СТ\text{ МАХ}}$. Если это условие не выполняется, можно попытаться подобрать другой стабилитрон. В случае неудачи реализация параметрического стабилизатора по схеме рисунка 19 с заданными требованиями невозможна и следует использовать усилитель тока нагрузки.

Рассмотрим пример расчета стабилизатора

Пусть необходим стабилизатор напряжения, поддерживающий на нагрузке напряжение примерно 10В. Минимальный ток нагрузки 5mA, максимальный – 15 mA. Требуемый коэффициент стабилизации не менее 25. Допустимое отклонение входного напряжения от номинального значения 10%. Выходное сопротивление стабилизатора равно 25 Ом.

В соответствии со справочными данными, одним из подходящих стабилитронов является Д810 со следующими параметрами: $U_{СТ}=9...10,5$ В; $I_{СТ}=3...26$ mA; $r_d=12$ Ом.

Оценим предельно возможный коэффициент стабилизации

$$K_{СТПР} = \frac{10(1 - 0,01 \cdot 10)}{(15 + 3) \cdot 10^{-3} \cdot 12} = 42. \text{ Это более чем в 1,5 раза больше требуемого}$$

коэффициента стабилизации.

$$\text{Определим входное напряжение : } U_{ВХ} = \frac{10}{(1 - 0,01 \cdot 10) \cdot (1 - \frac{25}{42})} = 27 \text{ В.}$$

Рассчитаем сопротивление балластного резистора

$$R_B = \frac{27 \cdot (1 - 0,01 \cdot 10) - 10}{(15 + 3) \cdot 10^{-3}} - 25 = 770 \text{ Ом.}$$

Оценим максимальный ток стабилитрона :

$$I_{СТМАХ} = (3 + 15 - 5) \cdot 10^{-3} + (15 + 3) \cdot 10^{-3} \cdot \left[\frac{0,01 \cdot (10 + 10) \cdot 42}{(1 - 0,01 \cdot 10) \cdot 25} \right] \approx 20 \cdot 10^{-3} \text{ А} \approx 20 \text{ mA.}$$

Полученный максимальный ток стабилизации меньше предельно допустимого обратного тока стабилитрона ($20 \text{ mA} < 26 \text{ mA}$). Поэтому выбранный опорный диод Д810 может быть использован для стабилизатора с вышеприведенными требованиями. Результатами расчета являются:

$R_B \approx 770$ Ом и VD – Д810.

3. Опишите принцип работы схемы стабилизатора

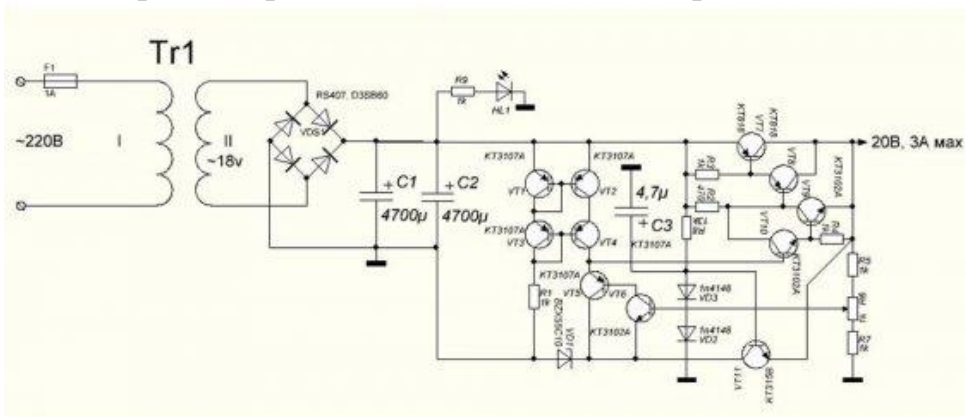


Рисунок 20- Схема стабилизатора

Содержание отчета

- 1.Номер, название и цель работы
- 2.Схема стабилизатора напряжения
- 3.Временные диаграммы работы стабилизатора напряжения

4. Расчетные значения стабилизатора напряжения
5. Цепочки работы схемы стабилизатора
6. Выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Классификация стабилизаторов напряжения
2. Принцип работы параметрического стабилизатора напряжения

Практическая работа № 10

Тема: Расчет аккумуляторной батареи

Цель работы: закрепление теоретических знаний по расчету аккумуляторной батареи

Краткие теоретические сведения

Аккумулятор – многозарядный источник тока химического действия, в основу которого положен принцип обратимости химических процессов (окислительно-восстановительная реакция), что обеспечивает многократное его использование. Аккумулятор используется для накопления энергии и дальнейшего его использования как автономный источник энергии в различных электротехнических устройствах.

Аккумуляторная батарея – это несколько аккумуляторов, соединённых в одну электрическую цепь. При полностью разряженном аккумуляторе, можно восстановить его работоспособность путём заряда, пропуская электрический ток в направлении, обратном направлению при разряде.

Ёмкость аккумулятора – это величина заряда, который отдается полностью заряженным аккумулятором при разряде до момента наступления наименьшего допустимого напряжения, другими словами это максимальный полезный заряд аккумулятора. Ёмкость аккумулятора на практике чаще всего измеряют в так называемой единице «ампер час», в системе СИ ёмкость измеряют в кулонах, и соответственно 1 ампер-час = 3600 Кл соответственно. Иногда еще используется такое понятие как – энергия, которую аккумулятор отдает с полностью заряженного аккумулятора при разряде до наименьшего допустимого напряжения, в системе СИ она измеряется в джоулях, на практике «ватт час», 1 Вт*ч = 3600 Дж.

Порядок выполнения

1. Определяем ток питания станции в час наибольшей нагрузки:

$$I_{\text{ЧНН}} = I_{100} * C, \quad I_{\text{ЧНН}} = 4,5 * 26 = 117 \text{ А.}$$

где I_{100} – потребление тока на сотню абонентов
(определяется по таблице 2 приложения), $I_{100} = 4,5 \text{ А};$

C – число сотен абонентов, $C = 26.$

учитывая питание дополнительной аппаратуры, а также развитие телефонной станции, увеличиваем ток $I_{\text{ЧНН}}$ на 25%.

2. Определяем ток аварийного режима:

$$I_{AB} = I_{CHH} + 0,25 I_{CHH} + I_{AO} + I_{CBY}, \quad I_{AB} \\ = 117 + 0,25 * 117 + 25 + 2 = 173,25 \text{ A} = 174 \text{ A}$$

I_{AO} – ток аварийного освещения, $I_{100} = 4,5 \text{ A}$;

I_{CBY} – ток потребляемый сигнально вызывным

где

3. Определяем число групп аккумуляторных батарей.

Однотипные аккумуляторные батареи применяются для питания АТС при токе до 140 А в автоматизированных ЭПУ и при токе до 20 А в неавтоматизированных ЭПУ.

В остальных случаях применяются двухгруппные аккумуляторные батареи.

В нашем случае ЭПУ автоматизирована, ток $I_{AB} = 174 \text{ A} > 140 \text{ A}$, поэтому выбираем двухгруппное питание: каждая группа обеспечивает питание половинной нагрузки, т.е.

$$I_p = \frac{I_{AB}}{2} = \frac{174}{2} = 87 \text{ A}.$$

4. Определяем номинальную емкость аккумуляторов при заданных условиях:

$$Q_H = \frac{I_p * t_p * 100}{P_t [1 + 0,008(T - 20^0)]},$$

где I_p – разрядный ток, А;

t_p – время разряда аккумулятора, ч, $t_p = 2 \text{ часа}$;

P_t – коэффициент характеризующий степень использование активных масс, определяем по таблице 3 или по табл. 7.

T – фактическая температура электролита при разряде (принимается 15^0C).

$$Q_H = \frac{87 * 2 * 100}{0,61 [1 + 0,008(15 - 20)]} = \frac{17400}{0,56} = 294,9 = 295 \text{ А.ч}$$

5. Определяем индекс аккумулятора. Для этого вычисленную емкость разделим на 36 (емкость АКБ СК-1):

$$N = \frac{Q}{36} = \frac{295}{36} = 8,2.$$

Округлив в большую сторону до целого числа, получим аккумуляторы типа СК-10 с номинальной емкостью 360 А.ч (таблица)

6. Определяем количество аккумуляторов:

$$n = \frac{U_{\min} + \Delta U}{U_{AK \min}}, \quad n = \frac{54 + 1,6}{1,8} = 30,8 = 31 \text{ шт.}$$

где $U_{\min}$ – минимальное допустимое значение напряжения питания АТС. Для АТСК $U_{\min} = 54 \text{ В}$, для АТС-ДШ $U_{\min} = 58 \text{ В}$;

ΔU – максимальное падение напряжения в токораспределительной проводке. Для источника с номинальным напряжением ($U_{НОМ}$) 60 В $\Delta U = 1,6 \text{ В}$;

$U_{AK \min}$ – минимальное напряжение разряда аккумулятора, равно 1,8 В.

7. Определяем напряжение всей батареи при буферной работе:

$$U_{БУФ} = U_B * n = 2,2 * 31 = 68,2 \text{ В}.$$

где U_B – напряжение на аккумуляторе при буферной работе, $U_B = 2,2 \text{ В}$.

Рассчитанное напряжение превышает номинальное $U_{НОМ}$ (60 В) на зажимах потребителей, поэтому аккумуляторную батарею разделяем на группы:

- основную батарею (ОБ);
- дополнительную батарею (ДБ).

$$n_{ОБ} = \frac{U_{НОМ}}{U_Б} = \frac{60}{2,2} = 27,27 = 28шт$$

$$n_{ДБ} = n - n_{ОБ} = 31 - 28 = 3шт.$$

8. Определяем мощность выпрямителя при буферной работе:

$$P_{БУФ} = \frac{(I_{AB} + I_n) * U_Б * n_{ОБ}}{1000}, P_{БУФ} = \frac{(174 + 0,00085 * 360) * 2,2 * 28}{1000} = 10,7 = 11кВт.$$

где I_n – ток подзаряда, $I_n = 0,00085 * Q_H$

9. Выбираем буферные выпрямители (один рабочий и один резервный), имея в виду, что:

- $P_{ВУТ} \geq P_{БУФ}$ (мощность при буферной работе);
- $I_{ВУТ} \geq I_{AB}$ (максимальный ток питания аппаратуры);
- $U_{ВУТ} \geq U_{ЗАР}$ (напряжение батареи ОБ в конце заряда)

$$P_{БУФ} = 11 кВт, I_{AB} = 174 А.$$

По исходным данным и по таблице выбираем выпрямители типа ВУТ-67/250.

Данные выпрямителя ВУТ-67/250: $P_{ВУТ} = 16кВт$, $I_{ВУТ} = 250 А$, $U_{ВУТ} = 67 В$.

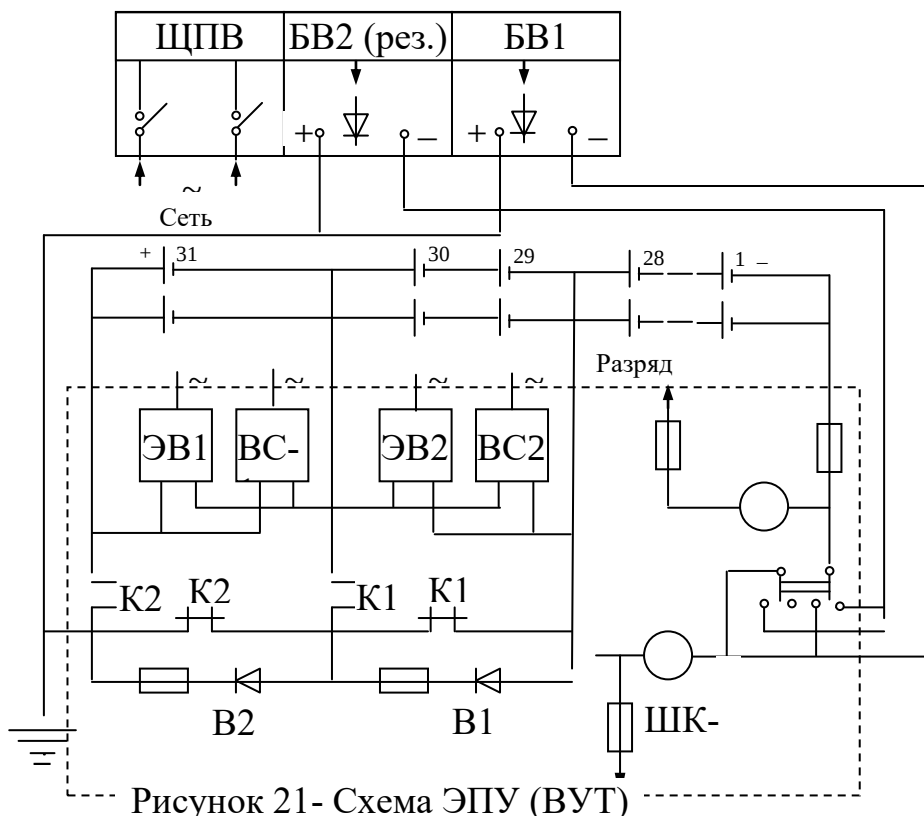
По мощности и по току выпрямитель удовлетворяет условиям.

Проверим, достаточно ли напряжения $U_{ВУТ} = 67 В$ для заряда аккумуляторных батарей.

В автоматизированном режиме АКБ заряжаются до $U = 2,3 В$ на элемент.

$$U_{ЗАР} = U_3 * n_{ОБ} = 2,3 * 28 = 64,4 В$$

Таким образом, в ЭПУ должны входить две секционированные батареи из 31, 28, 3 аккумуляторов СК-10 и два выпрямителя (основной и резервный) типа ВУТ-67/250.



Пример: Выбрать АКБ, которые могли бы разряжаться током $I_p=50\text{ А}$ в течении 1 часа при температуре $+15^{\circ}\text{C}$.

1. Определяем количество электричества, потребляемое нагрузкой,

$$Q_p = I_p * t_p = 50 * 1 = 50\text{ А}\cdot\text{ч}$$

2. По табл. 3 находим $P_t=51,4\%$

$$Q_H = \frac{I_p * t_p * 100}{P_t [1 + 0,008(T - 20^{\circ})]} = \frac{50 * 1 * 100}{51,4 [1 + 0,008(15 - 20)]} = \frac{5000}{51,4 * 0,96} = 101\text{ А}\cdot\text{ч}$$

Таким образом при указанных условиях АКБ номинальной емкостью 104 А•ч может отдавать нагрузке 50 А•ч.

Пример: Определить количество серной кислоты плотностью 1,83 г/см³ и дистиллированной воды для приготовления 10 л электролита плотностью 1,18 г/см³.

По табл. 6 находим, что при плотности 1,18 г/см³ в 1 л электролита должно содержаться 0,292 кг чистой серной кислоты. Для приготовления 10 л электролита необходимо $0,292 * 10 = 2,92$ кг чистой серной кислоты.

По этой же табл. 6 находим, что при плотности 1,83 г/см³ в 1 л электролита содержится 1,69 кг чистой серной кислоты. Чтобы получить 2,92 кг чистой серной кислоты, необходимо $2,92 / 1,69 = 1,73$ л кислоты плотностью 1,83 г/см³.

По объему определим массу кислоты плотностью 1,83 г/см³
 $1730 * 1,83 = 3165\text{ г} = 3,165\text{ кг}.$

Масса 10 л электролита составит
 $10000 * 1,18 = 11800\text{ г} = 11,8\text{ кг}.$

Масса дистиллированной воды будет
 $11,8 - 3,165 = 8,635\text{ кг} = 8,635\text{ л}$

№ задачи	Тип АТС	Емкость АТС	I _{АО} , А	Тип выпрямительного устройства	Примечание
1	АТС-ДШ	500	8	ВСП	ЭПУ не автоматизирована
2	АТСК	600	8,5		
3	АТСК	700	9		
4	АТС-ДШ	800	9,5		
5	АТСК	900	10		
6	АТС-ДШ	1000	10,5		
7	АТСК	1100	11		
8	АТС-ДШ	1200	11,5		
9	АТСК	1300	12		
10	АТС-ДШ	1400	12,5		
11	АТСК	1500	13	ВУТ	ЭПУ автоматизирована
12	АТС-ДШ	1600	13,5		
13	АТСК	1700	14		
14	АТСК	1800	14,5		

15	АТСК	1900	15		
16	АТС-ДШ	2000	15,5		
17	АТСК	2100	16		
18	АТС-ДШ	2200	16,5		
19	АТСК	2300	17		
20	АТС-ДШ	2400	17,5		

Расход тока для АТС и узлов автоматической коммутации каналов ДАТС

Наименование	Ед. измерения	Расход тока в ЧНН, А при напряжении, В	
		60	24
АТС декадно-шаговой системы	100 номеров	5	–
АТСК 100/2000 емкостью до 500 номеров	–//–	5	–
То же свыше 500 номеров	–//–	4,5	–
УАК ДАТС	1 канал	1,0	0,2

Таблица коэффициентов использования активных масс в зависимости от времени разряда

Время разряда, час	Коэффициент использования активных масс P_t	Время разряда, час	Коэффициент использования активных масс P_t
10	1,0 (100%)	2	0,61 (61,1%)
7,5	0,92 (91,7%)	1	0,51 (51,4%)
6	0,89 (88,5%)	0,5	0,34 (34%)
5	0,83 (83,3%)	0,25	0,23 (22,2%)
3	0,75 (75%)		

P_t – степень использования активных масс АКБ (показывает какую часть номинальной емкости (в %) можно получить от АКБ в данном режиме разряда).

Пример: при разряде током 9 А АКБ типа СК-1 имеет емкость 27 А•ч, а $P_t = 27/36 \cdot 100 = 75\%$ или 0,75 для расчетов. Номинальная емкость стационарного АКБ типа СК-1 составляет 36 А•ч. Этой емкости соответствует разрядный ток $I_p = 36/10 = 3,6$ А.

Технические данные АКБ

Тип АКБ	Номинальная емкость	Тип применяемых пластин	Внешнее исполнение
С-1; СК-1	36	И-1	Стеклянные сосуды
С-2; СК-2	72		
С-3; СК-3	108		
С-4; СК-4	144		
С-5; СК-5	180		
С-6; СК-6	216		
С-8; СК-8	288	И-2	Стеклянные сосуды
С-10; СК-10	360		
С-12; СК-12	432		
С-14; СК-14	504		
С-16; СК-16	576		
С-18; СК-18	648		
С-20; СК-20	720	И-4	Деревянные

C-24; CK-24	864		сосуды
C-28; CK-28	1008		
C-32; CK-32	1152		
C-36; CK-36	1296		
C-40; CK-40	1440		
C-44; CK-44	1584		
C-48; CK-48	1728		
C-52; CK-52	1872		
C-56; CK-56	2016		
C-60; CK-60	2160		
C-64; CK-64	2304	И-4	Деревянные сосуды
C-68; CK-68	2448		
C-72; CK-72	2592		
C-76; CK-76	2736		
C-80; CK-80	2280		
C-148; CK-148	5328		

Выпрямительные устройства типа ВУТ

Обозначение	Номинальное напряжение, В	Мощность, кВт	Обозначение	Номинальное напряжение, В	Мощность, кВт
ВУТ-31/60	24	2	ВУТ-67/60	60	4
ВУТ-31/125	24	4	ВУТ-67/125	60	8,5
ВУТ-31/250	24	8	ВУТ-67/250	60	17
ВУТ-31/500	24	16	ВУТ-67/600	60	40
ВУТ-90/25	60	4			

Плотность, г/см ³	Содержание чистой кислоты в 1 л электролита,	Плотность, г/см ³	Содержание чистой кислоты в 1 л электролита,	Плотность, г/см ³	Содержание чистой кислоты в 1 л электролита,	Плотность, г/см ³	Содержание чистой кислоты в 1 л электролита,	Плотность, г/см ³	Содержание чистой кислоты в 1 л электролита,	Плотность, г/см ³	Содержание чистой кислоты в 1 л электролита,
1,040	0,062	1,140	0,223	1,240	0,400	1,340	0,586	1,47	0,836	1,66	1,223
1,045	0,071	1,145	0,231	1,245	0,409	1,345	0,596	1,48	0,855	1,67	1,244
1,050	0,077	1,150	0,239	1,250	0,418	1,350	0,605	1,49	0,875	1,68	1,264
1,055	0,085	1,155	0,248	1,255	0,426	1,355	0,614	1,50	0,895	1,69	1,288
1,060	0,093	1,160	0,257	1,260	0,435	1,360	0,624	1,51	0,915	1,70	1,311
1,065	0,102	1,165	0,266	1,265	0,444	1,365	0,633	1,52	0,935	1,71	1,334
1,070	0,109	1,170	0,275	1,270	0,454	1,370	0,643	1,53	0,955	1,72	1,357
1,075	0,117	1,175	0,283	1,275	0,462	1,375	0,653	1,54	0,975	1,73	1,389
1,080	0,125	1,180	0,292	1,280	0,472	1,380	0,662	1,55	0,995	1,74	1,402
1,085	0,133	1,185	0,301	1,285	0,481	1,385	0,672	1,56	1,015	1,75	1,426
1,090	0,142	1,190	0,310	1,290	0,490	1,390	0,682	1,57	1,036	1,76	1,450
1,095	0,150	1,195	0,319	1,295	0,500	1,395	0,692	1,58	1,055	1,77	1,477
1,100	0,158	1,200	0,328	1,300	0,510	1,400	0,702	1,59	1,076	1,78	1,502
1,105	0,166	1,205	0,337	1,305	0,519	1,405	0,711	1,60	1,098	1,79	1,532
1,110	0,175	1,210	0,346	1,310	0,529	1,410	0,721	1,61	1,117	1,80	1,560
1,115	0,183	1,215	0,355	1,315	0,538	1,420	0,738	1,62	1,139	1,81	1,595
1,120	0,191	1,220	0,364	1,320	0,548	1,430	0,758	1,63	1,160	1,82	1,638
1,125	0,199	1,225	0,373	1,325	0,557	1,440	0,778	1,64	1,181	1,83	1,690
1,130	0,207	1,230	0,382	1,330	0,567	1,450	0,796	1,65	1,203	1,84	1,750
1,135	0,215	1,235	0,391	1,335	0,577	1,460	0,816				
Характеристика		Значение характеристики в зависимости от режима разряда									
		10-часовой	7,5-часовой	5-часовой	3-часовой	2-часовой	1-часовой	0,5-часовой	0,25-час-й		
Ток разряда, А		3,6 N	4,4 N	6 N	9 N	11 N	18,5 N	25 N	32 N		
Отдаваемая		36 N	33 N	30 N	27 N	22 N	18,5 N	12,5 N	8 N		

емкость, А•ч								
Коэффициент $P_t, \%$	100	91,7	83,3	75	61,1	51,4	35	22,2
Наименьшее напряжение в конце разряда, В	–	1,8	1,8	–	–	1,75		–

Примечание. N – номер аккумулятора

Содержание отчета

- 1.Номер, название и цель работы
2. Расчетные значения, согласно порядка выполнения работы
3. Схема ЭПУ (ВУТ)
- 4.Описание принципа функционирования схемы ЭПУ (ВУТ)
5. Выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Классификация аккумуляторных батарей
2. Принцип работы гальванических элементов

Список рекомендуемых источников

1. Курс лекций МДК 01.01. Теоретические основы монтажа, ввода в действие и эксплуатации устройств транспортного радиоэлектронного оборудования Тема 1.3 Электропитание устройств связи, 2016г.
2. Контрольно-оценочные средства ПМ.01, Сластина Т.Ф., 2015 УМЦ ЖДТ
3. Методическое пособие по проведению лабораторных и практических занятий, Козлова Н.И., Ромашихина Н.Д., 2016 УМЦ ЖДТ

Интернет –ресурсы:

1. <http://studopedia.org>
2. <https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title>
3. <http://literaturki.net>