

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХФАЗНЫХ СХЕМ ВЫПРЯМЛЕНИЯ ТОКА

(2 часа)

I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучение устройства и принципа работы выпрямителей трехфазного тока.
2. Определение внешних характеристик трехфазных выпрямителей.
3. Исследование влияния вида нагрузки на работу выпрямителя.
4. Изучение работы выпрямителя при включении в схему фильтров типа "L", "C" и "LC". Получение практических навыков определения коэффициентов пульсации и коэффициента сглаживания фильтров.
5. Получение практических навыков обнаружения неисправностей в выпрямительных схемах с помощью электронных измерительных приборов.

II. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Общие сведения по построению выпрямительных устройств, применению фильтров, назначению элементов, параметрам выпрямителей и т.п. подробно изложены в аналогичном разделе работы 5.

В данной работе рассматриваются следующие трехфазные схемы выпрямления: трехфазная однополупериодная схема с выводом от нейтрали и трехфазная мостовая схема. Эти схемы, как правило, используются для мощных выпрямительных устройств, имеющих мощность более 1 кВт. Применяются такие схемы для систем питания электронно-лучевых печей, в системах привода электродвигателей постоянного тока, для питания дуговых печей постоянного тока, для электролизных печей при производстве алюминия, для электрофильтров и т.д.

Трехфазная однополупериодная схема выпрямления с выводом от нейтрали приведена на рис.6.1. Все три диода соединены своими

анодами с концами вторичных обмоток трехфазного трансформатора.

Временные диаграммы для этой схемы выпрямления приведены на рис. 6.2. Каждый из диодов работает $1/3$ периода. Переключение диодов происходит в точках равенства положительных потенциалов фаз. Частота пульсаций выпрямленного напряжения (частота основной гармоники) в 3 раза выше частоты сетевого напряжения $f_{or} = 3f_c$. Трехфазная мостовая схема выпрямления приведена на рис. 6.3.

Схема состоит из двух групп вентилях (диодов). Вентили с объединенными катодами (2-4-6) называются катодной группой. Вентили с объединенными анодами (1-3-5) называются анодной группой. Конец каждой фазы трехфазной сети включается между анодом и катодом каждой пары этих вентилях (1-2, 3-4, 5-6).

Объединенные катоды вентилях образуют положительный полюс выпрямленного напряжения, а объединенные аноды — отрицательный полюс напряжения. В любой момент времени в схеме работают 2 диода: один из катодной, другой из анодной группы. Временные диаграммы для данной схемы приведены на рис. 6.4.

В катодной группе ток пропускает тот диод, на аноде которого максимальное положительное напряжение. В это же время, в паре с ним работает диод анодной группы, на катоде которого максимальное отрицательное напряжение.

Переключение диодов катодной группы происходит в точках пересечения положительных значений фазных напряжений (точки а, б, в...). Эти точки называют точками переключения диодов катодной группы.

Переключение диодов анодной группы происходит в точках пересечения отрицательных значений фазных напряжений (точки к, л, м, н). Эти точки называют точками переключения диодов анодной группы.

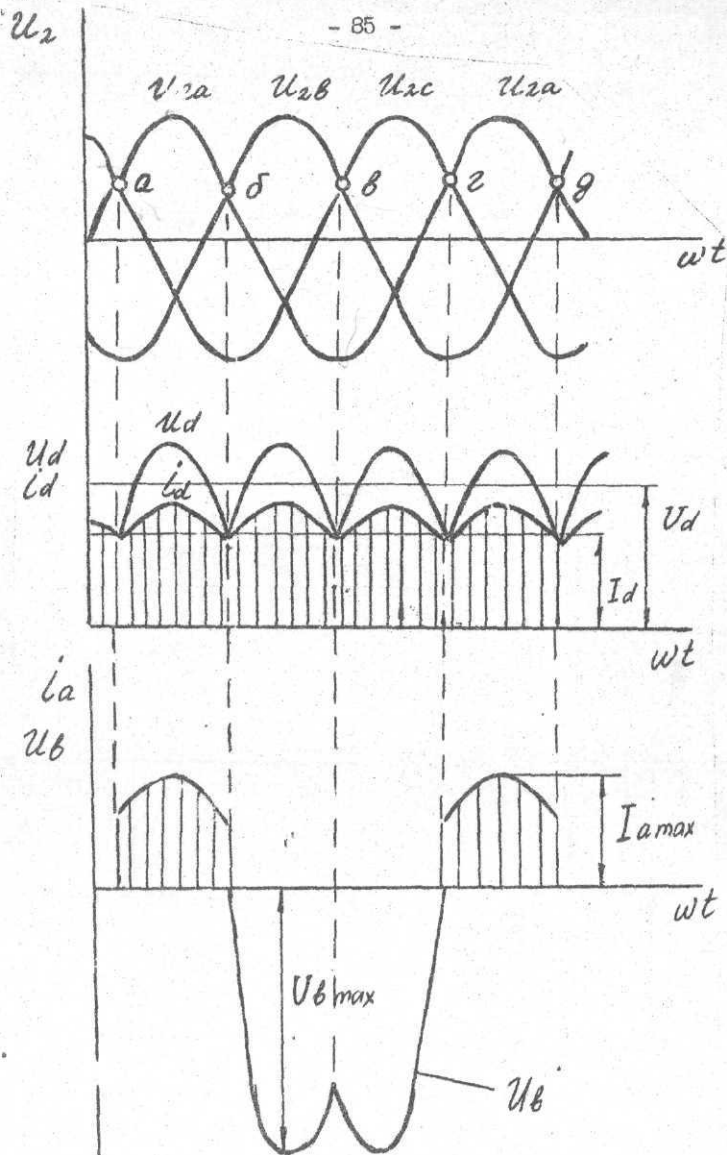


Рис.6.2. Временные диаграммы напряжения и тока в трехфазной схеме выпрямления с выводом от нейтрали

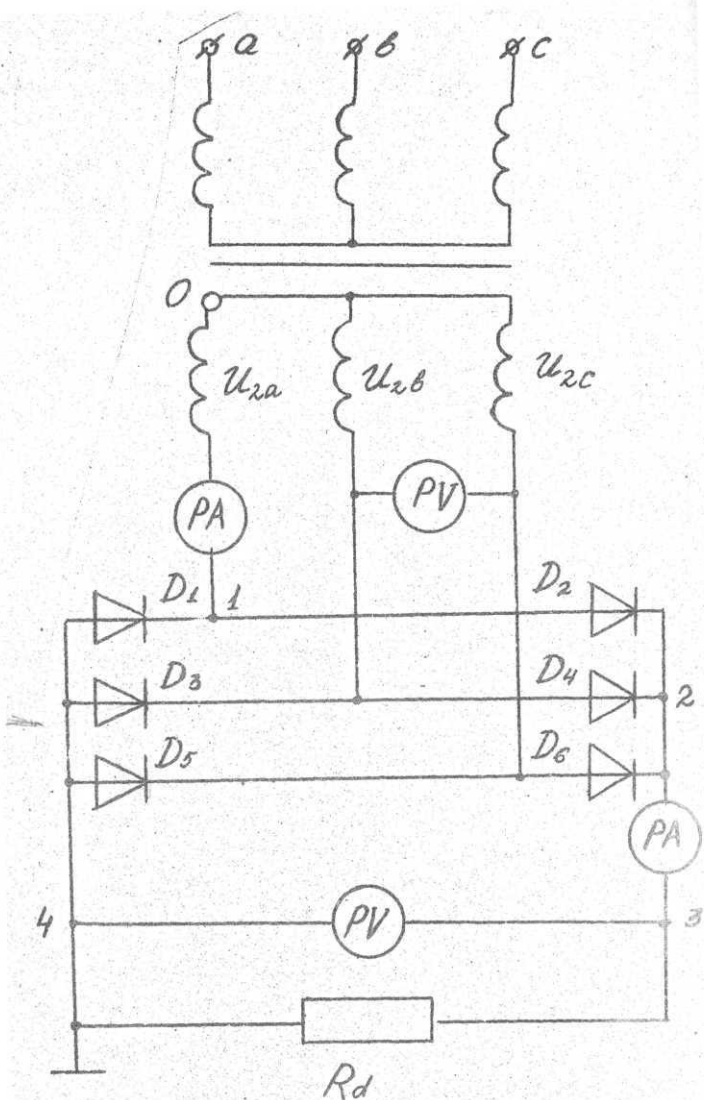


Рис. 6.3. Схема трехфазного мостового выпрямителя

Частота пульсаций выпрямленного напряжения (основной гармоники) в 6 раз выше частоты сетевого напряжения $f_{ог} = 6 f_c$.

Если два диода катодной группы имеют положительные потенциалы на аноде, то ток пропускает диод с большим положительным потенциалом. Этот большой положительный потенциал определяет величину потенциала объединенных катодов. Следовательно, диод, имеющий меньший положительный потенциал на аноде, будет заперт более высоким положительным потенциалом катода и не будет пропускать ток.

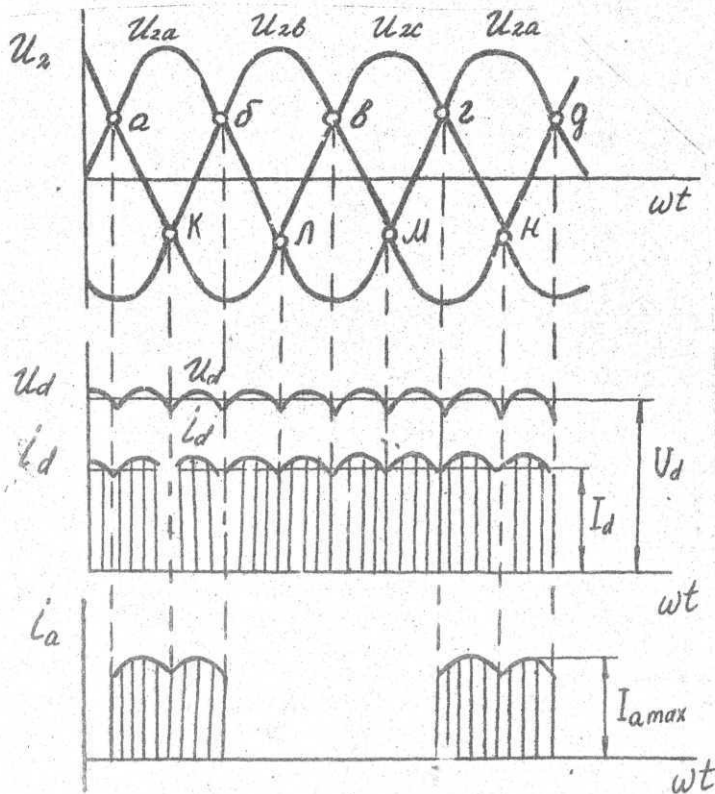


Рис. 6.4. Временные диаграммы напряжения и тока в трехфазной мостовой схеме выпрямителя

Обнаружение неисправностей в выпрямителях

На практике наиболее часто встречаются следующие неисправности комплекса выпрямительных устройств:

1. Обрыв одной из фаз питающего трансформатора.
2. Выход из строя вентиля (сопротивление вентиля в прямом направлении становится бесконечно большим).
3. Пробой конденсатора.
4. Обрыв конденсатора.
5. Обрыв индуктивной катушки

Любая из указанных неисправностей приводит к изменению показаний приборов, включенных в цепь выпрямительного комплекса, а также к изменению временных диаграмм, характеризующих нормальный режим работы.

Наиболее удобно и просто наблюдать изменение временных диаграмм выпрямленного тока и напряжения с помощью осциллографа, подключая его последовательно к различным участкам схемы.

Так, например, выход из строя одного из диодов трехфазной мостовой схемы приводит к уменьшению выпрямленного напряжения и к увеличению пульсаций на нагрузке.

Временная диаграмма выпрямленного напряжения, наблюдаемая на экране осциллографа, резко изменит свой вид при выходе из строя одного из вентилях. В этом случае вместо непрерывной плавной пульсирующей кривой на экране будут видны отрезки этой кривой с провалами между ними до оси абсцисс.

В работе необходимо определить внешние характеристики рассмотренных выпрямителей схем при работе как чисто активную нагрузку, так и при работе с фильтрами "С", "L", "LC".

Сопоставление этих схем проводится для чисто активной нагрузки.

Для определения временных диаграмм в различных точках схемы выпрямления необходимо использовать осциллограф, подключаемый к следующим точкам (рис. 6.1 и 6.3).

- 0 - 1 - напряжение на вторичной обмотке трансформатора;
- 1 - 2 - напряжение на диоде;
- 3 - 4 - напряжение на нагрузке.

III. ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Описание установки и используемые измерительные приборы приведены в первой части работы (лабораторная работа 5).

IV. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ И УКАЗАНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

При проведении лабораторной работы студенты проводят измерение зависимости выпрямленного напряжения от величины нагрузочного тока, измеряют средние значения напряжений и токов для определения внешних характеристик трехфазных выпрямителей как при работе с фильтрами, так и без них. Проводят измерение коэффициентов пульсаций и определяют коэффициенты сглаживания фильтрующих устройств. Определяют с помощью осциллографа простейшие неисправности в схеме выпрямителя.

Подготовка к лабораторной работе

При подготовке к лабораторной работе необходимо выполнить следующие задания:

1. Зарисовать в конспект временные диаграммы исследуемых трехфазных схем выпрямления и записать основные соотношения между напряжениями U_2 , $U_{\phi max}$, U_d при работе выпрямителей на активную нагрузку.
2. Записать выражение для определения коэффициента пульсаций " ϕ " выпрямителя и его числовое значение для исследуемых трехфазных схем выпрямления при работе их на активную нагрузку.
3. Записать выражение для определения расчетной мощности трансформатора и его числовое значение для исследуемых трехфазных схем выпрямления.
4. Подготовить ответы на контрольные вопросы I-7, изложенные в разделе УП данной лабораторной работы.

Указания по охране труда

Перед проведением экспериментальных работ необходимо ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.

Перед сборкой электрической цепи необходимо убедиться в отсутствии напряжения на стенде. Сборку схемы проводить только проводниками, выданными лаборантом для данной работы. После сборки схемы обязательно приглашать лаборанта для проверки правильности сборки электрической цепи.

Включение напряжения для питания лабораторной панели осуществляется только с разрешения лаборанта.

При проведении измерений с помощью электронных приборов нельзя касаться одновременно корпуса прибора и схемы, нельзя касаться руками одновременно корпусов двух различных приборов. Предварительно необходимо ознакомиться с лабораторным стендом и его комплектацией.

Методические указания по проведению эксперимента

При выполнении лабораторной работы необходимо все эксперименты начинать при разомкнутой нагрузочной цепи. В этом случае сопротивление нагрузки $R_d = \infty$ и нагрузочный ток I_d будет равен нулю. На выходе выпрямителя будет максимальное напряжение, называемое напряжением холостого хода U_{dxx} . Изменение тока нагрузки производится параллельным включением нагрузочных резисторов, каждый из которых имеет сопротивление $R_d = 68 \text{ Ом}$.

Задания, выполняемые в лаборатории

В зависимости от специализации студенты определяют внешние характеристики выпрямителей при следующих нагрузках, выг лнен-ных в виде фильтров:

- | | | |
|---|---|---|
| для всех специальностей | - | чисто активная нагрузка; |
| для специальностей 0204, 0405, 0406, 0407, 0408 | - | активно-емкостная нагрузка (фильтр типа "С"); |

для специальностей 0401, - активно-индуктивная нагрузка
0403, 0404, 0413, 0414 (фильтр типа "L").

В процессе проведения лабораторной работы необходимо ответить на контрольные вопросы 8+12, изложенные в разделе УП данной лабораторной работы, а также выполнить следующие задания:

I. Собрать схему трехфазного выпрямителя с нейтральным выводом (рис.6.1).

I.1. Для всех специальностей снять внешнюю характеристику выпрямителя $\bar{U}_d = f(I_d)$ при работе на чисто активную нагрузку и неизменном напряжении питающей сети. Для всех величин нагрузок определить значения коэффициента пульсаций q' на нагрузке.

Данные занести в табл. I (левая часть таблицы).

Т а б л и ц а I

Внешняя характеристика выпрямителя

№ п/п	Активная				Активно-емкостная			
	R_d	I_d	$\bar{U}_d$	q'	R_d	I_d	$\bar{U}_d$	q'
	Ом	мА	В		Ом	мА	В	
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								

I.2. Для специальностей 0204, 0405, 0406, 0407, 0408 снять внешнюю характеристику при работе на активно-емкостную нагрузку (фильтр типа "C"). Для минимального и максимального тока нагрузки I_d определить коэффициент пульсаций на нагрузке q' . Результаты занести в табл. I (правая часть таблицы).

Для всех специальностей при максимальной нагрузке (максимальный ток $I_d = \max$) определить $I_1, I_2, U_1, U_2, I_d, U_d, P_1, P_2, P_{тр}$ и занести в табл. 2.

Параметры при максимальной нагрузке

V_1 , В	I_1 , мА	V_2 , В	I_2 , мА	V_d , В	I_d , В	P_1 , ВА	P_2 , ВА	$P_{тр}$, ВА

1.3. Для специальностей 0401, 0403, 0404, 0413, 0414 снять внешнюю характеристику $V_d = f(I_d)$ и определить коэффициент пульсаций $q' = f(I_d)$ при активно-индуктивной нагрузке. Результаты измерений занести в табл.3.

Т а б л и ц а 3

Внешняя характеристика выпрямителя

№ п/п	R_d , Ом	I_d , мА	V_d , В	q'
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Осциллограф подключить к вентилю схемы и зарисовать временную диаграмму напряжения на вентиле. Определить по осциллограммам максимальное обратное напряжение на вентиле и сравнить его с теоретическим.

2.1. Для всех специальностей собрать мостовую схему выпрямления (рис.6.2).

а) Определить внешнюю характеристику $V_d = f(I_d)$ и коэффициент пульсаций q' выпрямителя, при работе на чисто активную нагрузку. Замеры начинать ли холостом ходе выпрямителя, т.е. при $I_d = 0$. Результаты измерений занести в табл.4.

Внешняя характеристика выпрямителя

№ пп	R_d Ом	I_d мА	U_d В	q
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

б) При минимальном сопротивлении нагрузки ($R_d = \min$) определить I_1 , U_1 , I_2 , U_2 , I_d , U_d , P_1 , P_2 , P_{TP} и занести в табл.5.

Т а б л и ц а 5

Параметры при максимальной нагрузке

U_1	I_1	U_2	I_2	U_d	I_d	P_1	P_2	P_{TP}
В	мА	В	мА	В	мА	ВА	ВА	ВА

Разорвать цепь одного из вентилях (эквивалентно перегоранию вентиля). Определить значения I_1 , U_1 , I_2 , U_2 , I_d , U_d , P_1 , P_2 , P_{TP} и записать в табл.6.

Т а б л и ц а 6

Параметры выпрямителя при обрыве в цепи диода

U_1	I_1	U_2	I_2	U_d	I_d	P_1	P_2	P_{TP}
В	мА	В	мА	В	мА	ВА	ВА	ВА

Определить с помощью осциллографа временные диаграммы напряжений в нагрузке и во вторичной обмотке трансформатора при обрыве одного из вентилях в схеме выпрямителя. Зарисовать временные диаграммы токов и напряжений в нагрузке и во вторичной обмотке трансформатора при обрыве одного вентиля.

Пробой конденсатора является аварийным режимом и поэтому не может быть продемонстрирован. Однако следует знать, что этот режим характеризуется отсутствием напряжения на выходе выпрямителя и перегревом его деталей. Такой режим может привести к выходу из строя выпрямителя, поэтому при обнаружении указанных признаков следует немедленно отключить выпрямитель.

У. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

1. По данным таблиц I, 3, 4 построить внешние характеристики выпрямителей $V_d = f(I_d)$. Для каждого типа выпрямителя строятся свои графики, на которые наносятся внешние характеристики при разных типах нагрузки.

2. Зарисовать осциллограммы напряжений на нагрузке и вторичной обмотке трансформатора для трехфазных схем. По осциллограммам определить частоту пульсаций основной гармоники выпрямленного напряжения для обеих схем. Определить величину постоянной составляющей выпрямленного тока.

3. Зарисовать осциллограммы напряжений на нагрузке и вторичной обмотке трансформатора при обрыве вентиля в схеме выпрямителя. Объяснить: как и почему изменяется величина коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения.

4. Сравнить теоретическое и экспериментальное значение коэффициентов пульсации выпрямленного напряжения и определить относительную ошибку.

У1. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

В содержание отчета входят:

- а) наименование работы и ее цель;
- б) краткое содержание работы, необходимые теоретические сведения и схемы 6.1, 6.2, 6.3, 6.4;

- в) таблицы с результатами экспериментов;
- г) осциллограммы и графики, построенные по экспериментальным данным;
- д) расчет значений коэффициентов пульсаций и ошибки.

УП. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы основные элементы выпрямительного комплекса?
2. Каково назначение элементов выпрямительного комплекса?
3. Как экспериментально определить коэффициент пульсаций на нагрузке?
4. Для каких нагрузок используются многофазные схемы выпрямления?
5. Как определить, какой из диодов трехфазной схемы с нулевым выводом в данный момент пропускает ток?
6. Как определить, какой из диодов мостовой трехфазной схемы пропускает ток в данный момент времени?
7. Как экспериментально определить коэффициент пульсаций на нагрузке?
8. Как определить неисправный вентиль в трехфазных схемах выпрямления?
9. С помощью какого прибора наиболее просто осуществляется поиск неисправного вентиля в многофазных схемах выпрямления?
10. С помощью каких приборов определяется экспериментально коэффициент сглаживания фильтра?
11. Как изменяется коэффициент пульсаций по напряжению в нагрузке при подключении к ней в параллель конденсатора?
12. Как экспериментально определить внутреннее сопротивление выпрямителя? Какие приборы при этом используются?

УШ. ЛИТЕРАТУРА

1. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. Учебник для вузов. -М.: Высшая школа, 1982. -496 с., с.331-337.