

Рис.3.1

через автотрансформатор Т.

Для изменения тока и напряжения в анодной цепи преобразователя на стороне переменного тока установлены амперметр и вольтметр; такие же приборы, но для измерения выпрямленного тока и напряжения, установлены на выходе преобразователя.

Для снятия энергетических характеристик на стенде установлены ваттметр PW с переключающим устройством S2.

При исследовании работы преобразователя на активную нагрузку переключатель SA необходимо установить в верхнее положение. При этом подается напряжение на катушку реле K1.1, которое замыкает контакты K1.2 в цепи нагрузочного сопротивления R7.

При исследовании преобразователя в системе с электрической машиной переключатель SA необходимо установить в нижнее положение и нажать на соответствующую кнопку выпрямительного и инверторного режимов (SB2 или SB3).

Для включения преобразователя на электрическую машину и работы его в выпрямительном режиме необходимо предварительно с помощью системы управления (потенциометр R11) установить нулевое значение выпрямленного напряжения, контролируемое вольтметром PV2.

При невыполнении этого условия при пуске электродвигателя в якорной цепи могут возникнуть большие броски тока. Во избежание этого используется реле напряжения K4.1, которое при наличии напряжения на его катушке не позволит включить его контакты K4.2, установленные в цепи кнопки SB2.

Работа электродвигателя в этом режиме осуществляется с полным и неизменным потоком возбуждения. Регулирование нагрузки осуществляется с помощью нагрузочного генератора G1.I, сидящего на валу электродвигателя. Изменение нагрузки производится с помощью сопротивления R9, установленного в якорной цепи нагрузочного генератора, или с помощью потенциометра R10, меняющего поток его возбуждения.

При исследовании характеристик преобразователя в инверторном режиме электродвигатель M1.I переводится в генераторный режим, получая механическую энергию от G1.I, который для этого случая переводится в двигательный режим, питаюсь

от сети постоянного тока 110 В.

Для того чтобы при включении М1.1 на его якоре отсутствовало напряжение, в схеме используются два реле напряжения К4.1 и К5.1, первое из которых устанавливается на выходе преобразователя, а второе в цепи обмотки возбуждения двигателя М1.2.

Регулирование нагрузки преобразователя в этом режиме производится изменением потока возбуждения М1.1.

СИФУ исследуемого преобразователя выполнено по вертикальному принципу с линейным опорным напряжением.

Сигнал управления преобразователем подается на вход СИФУ от источника постоянного тока после включения S3. Его регулировка производится потенциометром RH, а измерение потенциометром PV4.

Сопротивления R12, R13, R14 и диоды V7, V8 предназначены для установки требуемого диапазона изменения углов регулирования и задания необходимых величин α_{\max} , α_{\min} , $\alpha_{\text{ нач}}$.

3.2. Задание

3.2.1. С помощью регулировочных сопротивлений входных цепей СИФУ установить максимальный диапазон изменения углов регулирования α . Провести фазировку выходных импульсов СИФУ с анодными напряжениями преобразователя и установить требуемое значение α_{\min} , α_{\max} , $\alpha_{\text{ нач}}$.

3.2.2. Снять и построить фазовую характеристику системы управления тиристорами $\alpha = f(U_u)$.

3.2.3. При работе на постоянное активное сопротивление R7 снять и построить регулировочную характеристику преобразователя $U_d = f(\alpha)$. Для трех значений α снять с экрана осциллографа кривые выпрямленного напряжения.

3.2.4. При работе преобразователя на электрическую машину с постоянным током нагрузки $I_d = I_a = 1A$ снять и построить регулировочную характеристику $U_d = f(\alpha)$ при работе преобразователя в выпрямительном и инверторном режимах. Для трех значений U_d снять с осциллографа кривые выпрямленного напряжения.

3.2.5. Снять и построить семейство нагрузочных характеристик преобразователя $U_d = f(I_d)$ при углах регулирования $\alpha = 0$,

напряжения на осциллографе.

При работе рекомендуется одну из RC - цепочек принять за эталонную и по ней производить настройку остальных каналов.

К п.2.2.3. Фазовые характеристики снимают с помощью осциллографа по выходному импульсу одного из каналов СИФУ. Фазовый сдвиг импульса отсчитывают от значения сигнала управления $U_{bx} = 0$.

Для отсчета фазы используются метки отметчика времени осциллографа.

2.4. Содержание отчета

В отчете должны быть представлены:

- схема экспериментального исследования и ее краткое описание;
- графики и осциллограммы, указанные в задании;
- выводы по отдельным пунктам задания.

РАБОТА 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОГО МОСТОВОГО ТИРИСТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Целью работы является исследование характеристик трехфазного мостового управляемого преобразователя.

3.1. Описание лабораторной установки

Экспериментальный стенд (рис.3.1) содержит:

- управляемый выпрямитель, собранный по мостовой схеме;
- систему импульсно-фазового управления (СИФУ);
- нагрузочные цепи, состоящие из активного сопротивления и двух машин, позволяющих осуществить работу преобразователя в выпрямительном и инверторном режимах;
- релейно-контакторную и измерительную аппаратуру.

Исследуемый преобразователь, включение которого производится выключателем Q, берет питание от силовой сети

считываемую от нулевого сигнала управления, при номинальном, пониженном на 15% и повышенном на 10% напряжении всех фаз системы управления.

2.2.4. При пилообразном и при синусоидальном опорных напряжениях измерить несимметрию импульсов управления в следующих режимах работы СИФУ:

- при номинальном напряжении всех трех фаз и $U_{bx} = 0$;
- при номинальном напряжении одной из фаз, пониженном на 15 % напряжении второй, повышенном на 15% напряжении третьей фазы и поддержании нулевого значения сигнала управления ($U_{bx} = 0$).

2.3. Методические указания к лабораторным исследованиям

К п.2.2.1. Максимальное и минимальное значение входного сигнала ($U_{bx, \min}$, $U_{bx, \max}$) определяются отдельно для пилообразного и синусоидального опорных напряжений на предельных значениях, при которых сохраняются импульсы на выходе всех каналов СИФУ.

Форму кривых напряжений при всех трех значениях U_{bx} для каждой точки схемы СИФУ зарисовать на одном графике. Все кривые зарисовываются при одной и той же настройке развертки осциллографа с синхронизацией ее от сети. На графике отмечаются масштабы времени и напряжения.

К п.2.2.2. Настройка симметрии пилообразных напряжений сводится к настройке равенства постоянных времени RC - цепочек ГНН всех каналов СИФУ. Для настройки переключатель $S1$ устанавливается в верхнее положение, а $S2$ - в нижнее. В этом случае все RC - цепочки оказываются подключенными к источнику переменного напряжения. Настройку производят путем установки движков регулируемых сопротивлений $R1$ в такое положение, при котором разность напряжений на конденсаторах $C1$ всех каналов минимальна.

Для этого вход осциллографа поочередно подключают на разность напряжений конденсаторов двух каналов и, наблюдая за кривой напряжения на экране, регулируют сопротивления $R1$ соответствующих каналов до получения минимальной амплитуды

30,60 и 90 эл. градусов.

3.2.6. Снять и построить семейство электромеханических характеристик системы ТН-Д при работе преобразователя в выпрямительном режиме.

3.2.7 При работе преобразователя на электродвигатель с неизменным током нагрузки $I_d = I_a = 2A$ снять и построить энергетические характеристики преобразователя во всем диапазоне регулирования выпрямленного напряжения $\cos\varphi = f(\bar{U}_d)$, $K_M = f(\bar{U}_d)$, $P = f(\bar{U}_d)$, $Q = f(\bar{U}_d)$,

где $\bar{U}_d = \frac{U_d}{E_{d0}}$ - относительная величина выпрямленного напряжения;

$Q = \frac{Q}{E_{d0} I_d}$ - относительная величина реактивной мощности;

$E_d = \frac{3\sqrt{2}\sqrt{3}E_{2\Phi}}{\pi}$ - ЭДС на выходе преобразователя при $\alpha=0$.

3.3. Методические указания к проведению экспериментальных исследований

3.3.1. Для получения максимального диапазона регулирования управляющих импульсов СИФУ необходимо:

- с помощью Q и $S3$ подключить к сети преобразователь и СИФУ;
- установить потенциометр $R13$ в среднее положение, $R11$ - в крайнее правое положение. С помощью $R14$ подать максимальное положительное напряжение на вход СИФУ, контролируемой вольтметром $PV4$;
- установить $R11$ в крайнее левое положение и с помощью $R12$ добиться максимального отрицательного напряжения на входе СИФУ.

3.3.2. Для снятия фазовой характеристики СИФУ необходимо:

- подключить к преобразователю нагрузочное сопротивление $R7$, для чего переключатель $S4$ установить в верхнее положение;
- подключить осциллограф к выходным клеммам преобразователя (1-2) и, наблюдая за кривыми выпрямленного напряжения с помощью потенциометра $R11$, добиться его полного открытия;
- оставить движок $R11$ в этом положении, переключить осциллограф на выход СИФУ (клеммы 7-8). Полученные на экране

осциллографа управляющие импульсы будут располагаться в месте, соответствующем углу $\alpha = 0$. От этого значения следует вести отсчет углов регулирования на экране осциллографа при снятии фазовой характеристики СИФУ $\alpha = f(V_y)$.

- настройку развертки осциллографа необходимо производить таким образом, чтобы весь диапазон смещения импульсов помещался на экране. Масштаб углов α на экране осциллографа можно определить, пользуясь расстоянием между двумя импульсами одного канала управления СИФУ (осциллограф в этом случае подключается к клеммам 7-8).

Для установки углов регулирования $\alpha_{\text{ном}} = 90^\circ$, $\alpha_{\text{мин}} = 0^\circ$, $\alpha_{\text{макс}} = 145^\circ$ необходимо сначала построить на графике зависимость $\alpha = f(V_y)$, полученную экспериментальным методом. Этую характеристику затем необходимо сфазировать с анодными напряжениями таким образом, чтобы при работе преобразователя на электрическую машину при значениях входного сигнала $V_y = 0$ среднее значение выпрямленного напряжения также было равно нулю. А это будет при угле $\alpha_{\text{ном}} = 90^\circ$.

Для выполнения этого условия необходимо с помощью **R11** установить сигнал на входе СИФУ, соответствующий $\alpha = 90^\circ$, а затем, передвигая движок потенциометра **R13**, добиться нулевого значения на вольтметре **PV4**.

Графически эта операция выполняется путем параллельного переноса снятой ранее фазовой характеристики таким образом, чтобы она проходила через точку $V_y = 0$ при $\alpha_{\text{ном}} = 90^\circ$.

Установка значений $\alpha_{\text{мин}}$ и $\alpha_{\text{макс}}$ производится при крайних значениях потенциометра **R11** при помощи **R12** и **R14**.

В дальнейшем при снятии регулировочных и внешних (нагрузочных) характеристик преобразователя установку углов регулирования следует производить по соответствующим им значениям сигнала управления (по **PV4**), используя полученную ранее фазовую характеристику СИФУ $\alpha = f(V_y)$.

3.3.3. При экспериментальном исследовании энергетических характеристик преобразователя необходимо воспользоваться ваттметром, который измеряет величину активной мощности P на входе преобразователя, и двумя приборами: амперметром, измеряющим эффективное значение фазного тока вентильной обмотки, и вольтметром, измеряющим линейное (межфазное) напря-

обмоток синхронизирующих трансформаторов. При рабочем положении переключателя **S2** это соответствует режиму работы СИФУ от синусоидального опорного напряжения.

Входной сигнал СИФУ регулируется с помощью потенциометра **R14** и контролируется вольтметром **PV**. Для исследования системы и снятия основных характеристик используется электронный осциллограф, который можно подключить к различным точкам системы (клеммы I+ 26).

2.2. Задание

2.2.1. Ознакомится со схемой лабораторной установки и расположением ее отдельных элементов, узлов и блоков. Изучить работу основных узлов схемы СИФУ.

При номинальном значении напряжения питания всех трех фаз (220 В) определить минимальное и максимальное значения входного управляющего воздействия ($V_{y\text{мин}}$, $V_{y\text{макс}}$), при которых сохраняются управляющие импульсы для пилообразного и синусоидального опорных напряжений.

Для трех значений входного сигнала $V_{y\text{мин}}$, $V_{y\text{макс}}$ снять и зарисовать с экрана осциллографа форму кривых напряжений одного канала СИФУ при работе с пилообразным и синусоидальным опорными напряжениями:

- на вторичных обмотках трансформаторов генератора опорных напряжений (I-10 клеммы);
- на входе генератора пилообразного и синусоидального напряжения (клеммы II-10);
- на выходе первого каскада усиления импульсов управления (клеммы 4-10);
- на выходе второго каскада усиления импульсов управления (клеммы 5-10);
- на выходе второго каскада усиления импульсов управления (клеммы 20-21).

2.2.2. Настроить симметрию пилообразных напряжений всех каналов СИФУ.

2.2.3. При пилообразном и синусоидальном опорных напряжениях снять и построить фазовую характеристику СИФУ $\Phi = f(V_y)$, от-

пилообразного напряжения $U_{c1}(wt)$ близка к прямой линии. В момент $t=t_{\text{разр}}$ напряжение $U(-e)$ сравнивается с U_{c1} , и открывается $VD3$, конденсатор $C1$ разряжается практически до нуля. Диапазон пилообразного напряжения $A > 180^\circ$.

Разность пилообразного напряжения U_{c1} и направленного ему встречно управляющего напряжения U_y подается через диод $VD7$ на вход транзистора $VT1$ первого каскада (ГИ). В момент, когда пилообразное напряжение $U_{c1}(U_m)$ превысит U_y , диод $VD7$ и транзистор $VT1$ отпираются.

Для увеличения крутизны переднего фронта управляющего импульса на вход транзистора $VT1$ по цепи положительной обратной связи, снимаемой с обмотки W_3 через диод $VD8$ и сопротивление $R8$, подается сигнал управления, который способствует быстрому открытию $VT1$. Импульс с другой вторичной обмотки W_2 через сопротивление $R10$ и диод $VD10$ поступает на управляющий электрод тиристора $VT3$, выполняющего роль второго каскада генератора импульсов.

При поступлении сигнала управления на тиристор $VT3$ он открывается и пропускает разрядный ток конденсатора $C2$ в первичную обмотку выходного трансформатора $T2$. Предварительный заряд конденсатора $C2$ производится от специальной схемы в период между импульсами. Эта часть схемы приведена только на общей схеме лабораторного стенда. При отпирании тиристора $VT3$ в обмотках трансформатора $T2$ индуцируется импульс напряжения с крутым передним фронтом, ширина которого определяется временем разряда $C2$ на первичную обмотку $T2$. Выходное устройство СИФУ выполнено на транзисторе $VT2$, включенном по схеме с общим коллектором. Сопротивления $R14, R15, R16$ и источник питания U_{1y} предназначены для установки минимального и максимального значений углов регулирования ГИ.

Для нормальной работы СИФУ во всех шести каналах управления должна быть строгая симметрия импульсов управления. Для выполнения этого условия цепочки $(R1+R2)C1$ должны быть строго одинаковы. Для их настройки $S2$ должен быть переключен на источник переменного напряжения 220 В.

При установке переключателя $S1$ в нижнее положение конденсаторы $C1$ всех каналов СИФУ переключаются на напряжение

жение U_{la} на входе моста. В этом случае полная мощность, потребляемая преобразователем со вторичной стороны автотрансформатора, определяется соотношением

$$S = \sqrt{3} U_{la} I_{q2}.$$

ЭДС на выходе преобразователя при $\alpha=0$ может быть посчитана по уравнению

$$E_d = \frac{3\sqrt{2}/3}{\pi} E_{q2} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} E_{la}$$

или определена из семейства нагрузочных характеристик преобразователя.

Коэффициент мощности преобразователя без учета потерь в автотрансформаторе может быть определен по соотношению

$$K_M = \frac{P}{S}.$$

Построить зависимость $K_M = f(\bar{U}_d)$ необходимо при различных значениях $\bar{U}_d = \frac{U_d}{E_{da}}$ и постоянном токе нагрузки $I_d = 2 \text{ A}$.

Одновременно для тех же значений \bar{U}_d и $I_d = 2 \text{ A}$ определяются зависимости:

- изменения величины активной мощности: $P = f(\bar{U}_d)$;
- изменения величины реактивной мощности: $Q = f(\bar{U}_d)$;
- косинуса φ :

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = f(\bar{U}_d).$$

Для снятия величины активной и реактивной мощностей используется один и тот же ваттметр с переключателем $S2$.

Отсчитываемые по шкале ваттметра значения реактивной мощности необходимо умножить на $\sqrt{3}$, а значения активной мощности на 3. Снятые зависимости $K_M, P, Q, \cos \varphi$ в функции \bar{U}_d необходимо построить на одном графике только для выпрямительного режима преобразователя.

3.4. Содержание отчета

В отчете должны быть представлены:

- а) схема преобразователя с кратким ее описанием; б) таблицы, графики указанных в задании характеристик исследуемого преобразователя и осциллограммы; в) краткие выводы о проделанных исследованиях.

РАБОТА 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХФАЗНЫХ НУЛЕВЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Целью работы является экспериментальное исследование характеристик тиристорных преобразователей, выполняемых по схемам с нулевым выводом на вторичной обмотке трансформатора.

4.1. Описание лабораторной установки

На лабораторном стенде можно исследовать следующие схемы вентильных преобразователей:

- а) трехфазную нулевую нереверсивную (рис.4.1);
- б) шестифазную, собранную по схеме соединения преобразовательного трансформатора "звезда-шестифазная звезда с нулевым выводом" (рис.4.2);
- в) шестифазную, собранную по схеме "звезда - две обратные звезды с уравнительным реактором" (рис.4.3);

- г) трехфазную нулевую реверсивную, построенную по перекрестной схеме с совместным согласованным управлением (рис.4.4);

Для создания любой из этих схем на лабораторном макете имеются две преобразовательные группы ПГ1 и ПГ2, представляющие собой два одинаковых преобразователя, построенные по трехфазной нулевой схеме. Соответствующим подключением этих ПГ по отношению друг к другу и к нагрузке обеспечивается требуемый вариант силовой схемы преобразователя.

Питание ПГ1 и ПГ2 осуществляется (рис.4.5) от трехфазного трехобмоточного трансформатора, первичная обмотка которого соединена в звезду. Две вторичные обмотки соединены по схеме "две обратные звезды". В результате этого напряжения

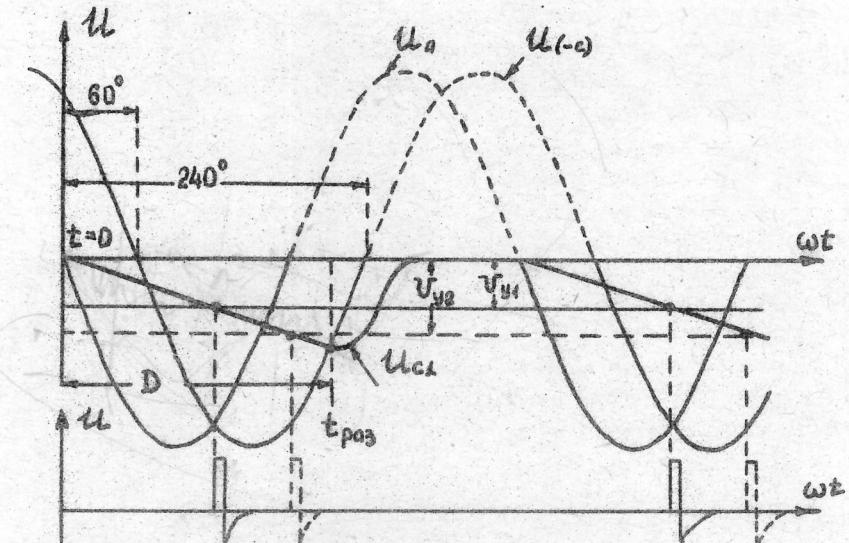


Рис.2.2

Первичные обмотки подсоединяются к силовым цепям питания тиристорного преобразователя (ТП), осуществляя тем самым согласование по фазе опорного напряжения СИФУ с анодными напряжениями ТП. В момент времени $t=0$ напряжения $U_a=0$, $U_{c-a}>0$. Полярность этого напряжения такова, что диод VD_1 находится в открытом состоянии и шунтирует конденсатор C_1 . Если при этом VD_1 выбрать таким, чтобы при открытом его состоянии падение напряжения на нем было близко к нулю, то и на конденсаторе при $t=0$ напряжение будет равно нулю. В любой момент при $t>0$ из-за возникшего напряжения U_a диод VD_1 закрыт, и конденсатор C_1 будет заряжаться от источника U_{n1} , имеющего достаточно большое напряжение. Заряд конденсатора происходит по начальному участку экспоненты с постоянной времени $\tau=(R_1+R_2)C_1$, и поэтому кривая

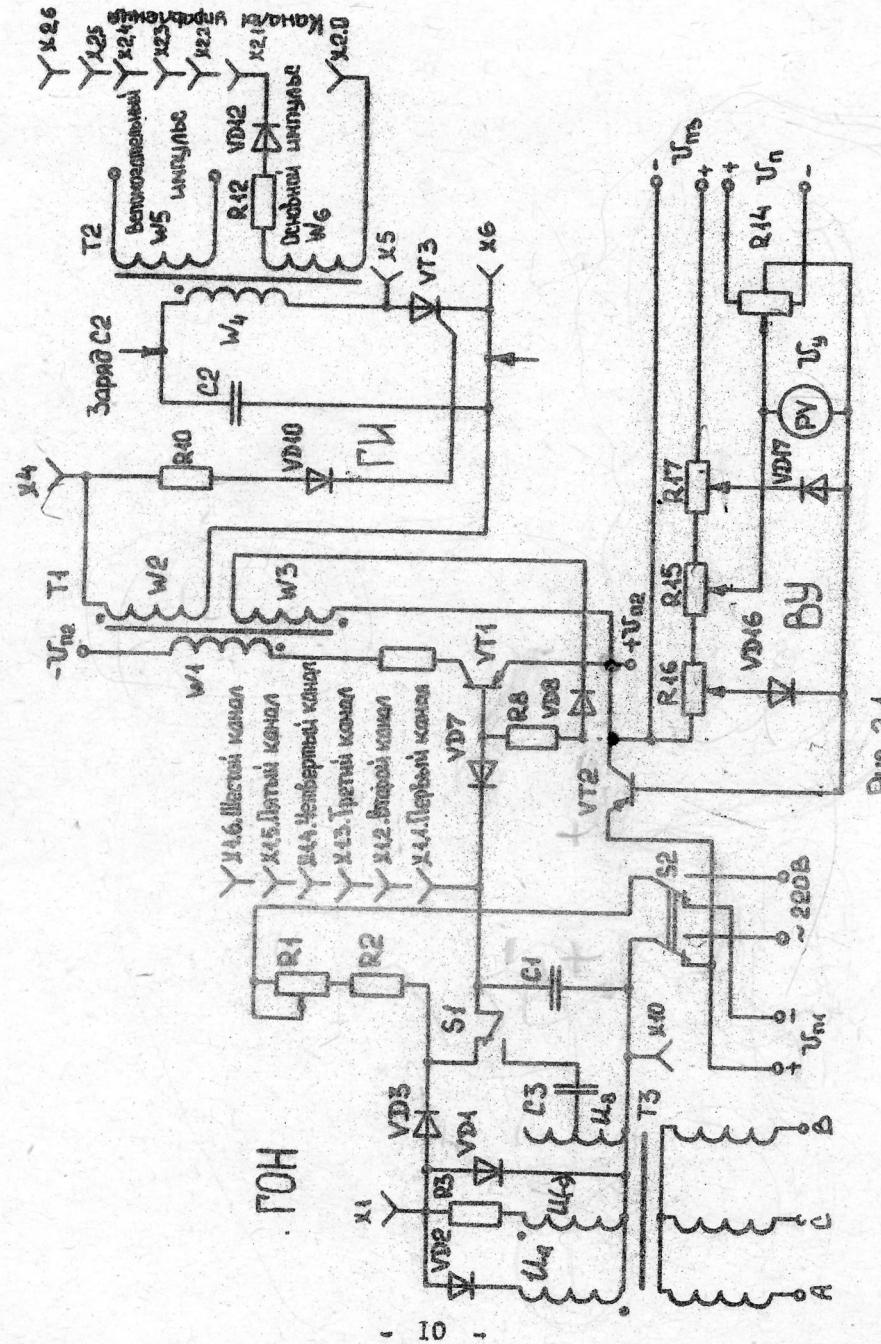


Рис. 2.1

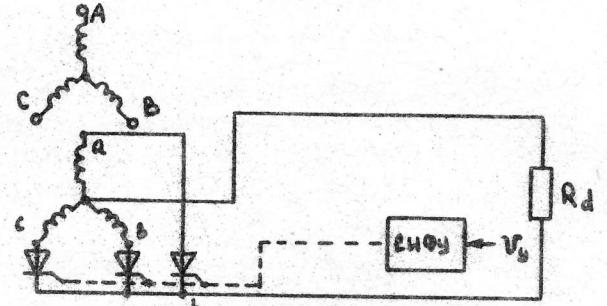


Рис. 4.1

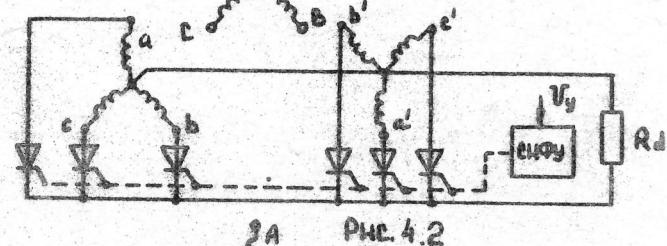


Рис. 4.2

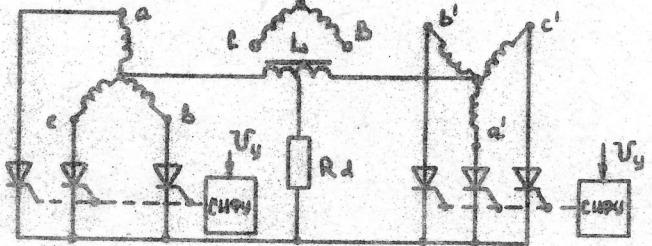


Рис. 4.3

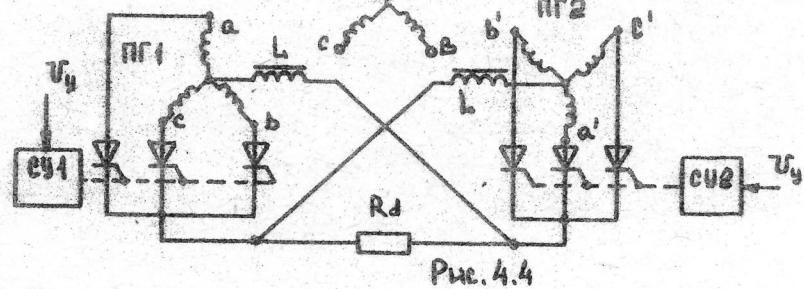


Рис. 4.4

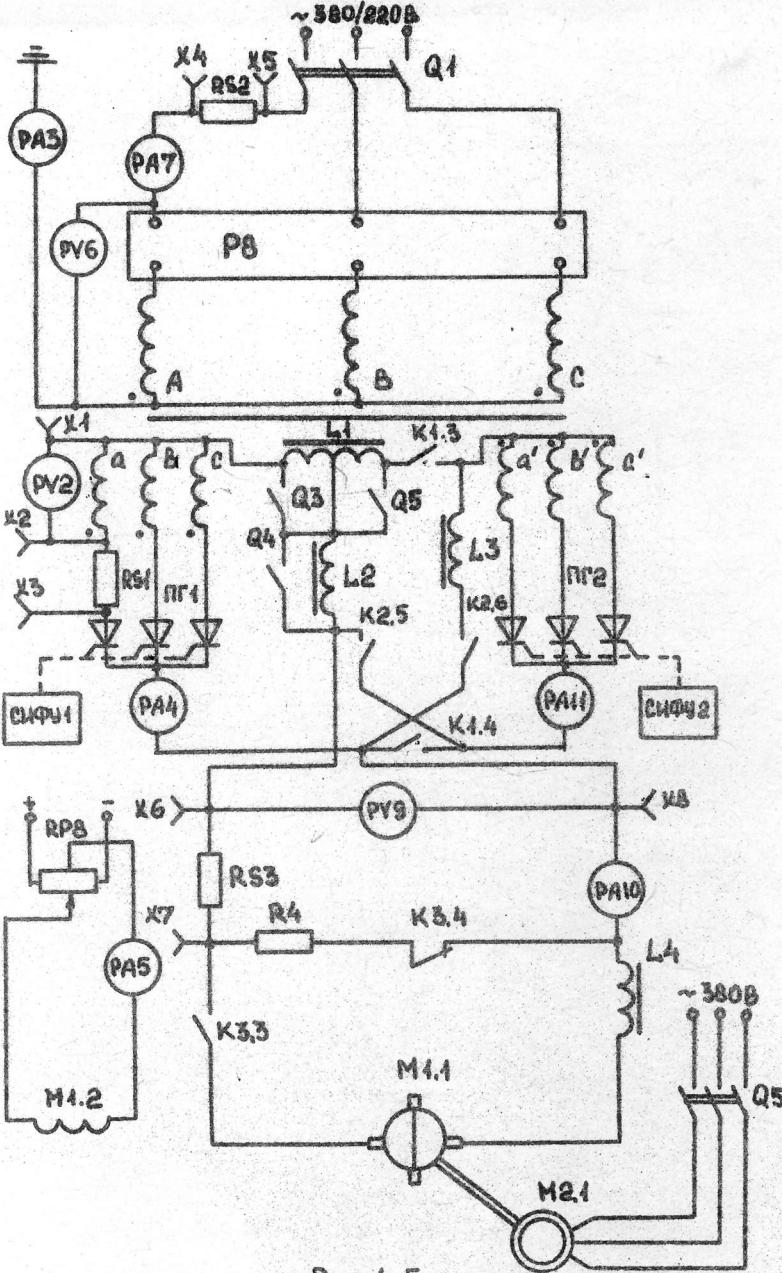


Рис. 4.5

- 24 -

РАБОТА 2

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИМПУЛЬСНО-ФАЗОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ТИРИСТОРАМИ

Целью работы является знакомство с устройством и принципом действия системы импульсно-фазового управления (СИФУ) тиристорами, работающей по вертикальному принципу регулирования фазы, а также с экспериментальным определением основных ее параметров и характеристик.

2.1. Описание лабораторной установки

СИФУ представляет собой устройство, преобразующее входной сигнал в импульс с крутым передним фронтом и имеющее фазовый сдвиг относительно анодного напряжения.

В лабораторной работе исследуется шестифазная система импульсно-фазового управления тиристорами, построенная по вертикальному принципу регулирования фазы при пилообразном или синусоидальном опорных напряжениях. Выходом каждого из шести каналов управления СИФУ являются два узких импульса, сдвинутые по фазе на 60 эл. градусов. Схема управления состоит из шести одинаковых каналов, каждый из которых предназначен для управления одним из шести тиристоров в трехфазной мостовой схеме ВП.

В исследуемой схеме СИФУ используются два типа опорного напряжения: линейное (пилообразное) и синусоидальное.

Схема одного канала СИФУ (рис. 2.1) состоит из генератора опорных напряжений (ГОН), двухкаскадного генератора управляемых импульсов (ГИ) и входного узла управления (ВУ). Переключатель S_1 предназначен для выбора типа опорного напряжения. При верхнем положении S_1 опорное напряжение поступает от генератора пилообразного напряжения (ГПН), а при нижнем - от генератора синусоидального напряжения (ГСН).

На рис. 2.2 показана диаграмма формирования пилообразного опорного напряжения (ГПН). В этом случае ГПН содержит две вторичных обмотки трансформатора с напряжениями U_a и $U_{(c)}$, сдвинутые друг относительно друга на угол 60 эл. градусов.

ΔU_0 - не зависящая от величины тока составляющая падения напряжения на вентилях.

Для возможности сравнения экспериментальных и теоретических нагрузочных характеристик величины E_d в соотношении (1.2) следует брать равными значениям, полученным при экспериментальном исследовании схем выпрямителей.

1.3.5. Исследование влияния фильтров на выходное напряжение

Коэффициент сглаживания для индуктивного фильтра без учета внутренних сопротивлений

$$S = \frac{L\omega}{R_d},$$

где L - индуктивность фильтра; R_d - сопротивление нагрузки выпрямителя; ω - круговая частота напряжения.

Соотношение, определяющее коэффициент сглаживания "Г"-образного фильтра, может быть определено по формуле

$$S = \pi^2 \omega^2 L C, \quad \text{где } C - \text{емкость фильтра.}$$

Необходимые для расчета параметры вентилей и фильтров приведены в таблице, расположенной на лицевой панели стенда. Для экспериментального исследования пульсаций можно использовать осциллограф.

1.4. Содержание отчета

В отчете должны быть представлены:

- схема экспериментального исследования и ее краткое описание;
- расчетный материал согласно заданию;
- графики $U_d = f(I_d)$, полученные расчетом и экспериментально, а также зависимость $S = f(I_d)$;
- зарисовки кривых выпрямленного напряжения;
- выводы по сравнению теоретических и экспериментальных данных.

одноименных фаз этих обмоток относительно общих (нулевых) точек оказываются сдвинутыми по фазе на 180 эл.градусов. Одна из этих трехфазных обмоток подключена к анодам ТП1, а другая - к анодам ТП2.

На рис.4.5 приведена схема силовой части лабораторного макета, позволяющая осуществлять набор любой из схем, указанных на рис.4.1-4.4. На рис.4.6 приведена схема системы импульсно-фазового управления (СИФУ) преобразовательными группами, а на рис.4.7 релейно-контакторная группа, позволяющая осуществлять набор любой из исследуемых схем преобразователей.

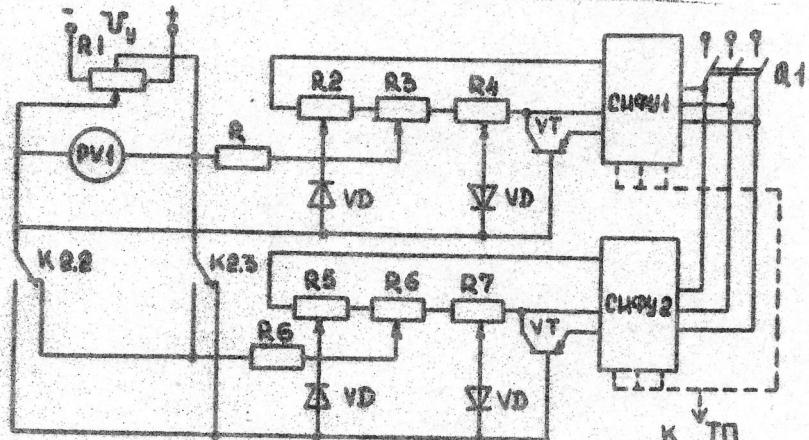


Рис.4.6

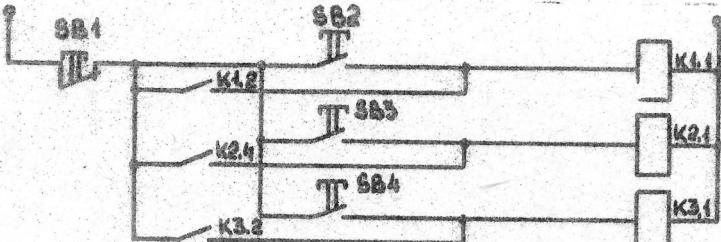


Рис.4.7

Включение требуемой схемы преобразователя осуществляется выключателем A_1 и контактами K_1 , K_2 , K_3 .

Набор схем рис.4.1. Для получения трехфазной нереверсивной нулевой схемы преобразователя необходимо при разомкнутых

контактах K1, K2, K3 включить выключатель Q3 и Q4 .

При этом, минуя закороченные реакторы L1 и L2 , к нагрузке оказывается подключенным ПГ1.

Набор схемы рис.4.2. Для образования шестимпульсной нулевой схемы необходимо иметь шестилучевую звезду, что можно сделать, замкнув Q3 , Q4 , K1.3 и K1.4. Реле K1.I включается при нажатии кнопки SB2 . В этом случае преобразователи ПГ1 и ПГ2 оказываются включенными параллельно, имея глухое соединение нулевых точек и всех шести катодов тиристоров. Нагрузка R_d при этом подключается между нулевыми точками ПГ1 и ПГ2. Отключение схемы производится после нажатия кнопки SB1 .

Набор схемы рис.4.3. Шестимпульсный преобразователь по схеме "две обратные звезды с уравнительным реактором L1" образуется при включении реле K1.I (кнопка SB2) и замкнутом выключателе Q4 . В этом случае две преобразовательные группы ПГ1 и ПГ2 включаются на параллельную работу через уравнительный реактор L1 . Нагрузка подключается одним полюсом к общей точке шестифазной группы, а другим- к средней точке уравнительного реактора.

Набор схемы рис.4.4. Набор трехфазной реверсивной перекрестной схемы преобразователя осуществляется включением выключателя Q3 и реле K2.I путем нажатия на кнопку SB3 .

При этом обмотка уравнительного реактора L1 закорачивается, а ПГ1 и ПГ2 оказываются подключенными к нагрузке противоположными полюсами и содержат в контуре уравнительного тока реакторы L2 и L3 , ограничивающие величину уравнительного тока. В качестве нагрузки для любой схемы преобразователя может служить либо активное сопротивление

R4 , либо машина постоянного тока MI.I. Выбор типа нагрузки обеспечивается с помощью реле K3.I. При включенном K3.I с помощью кнопки SB4 к выходу преобразователя подключается электрическая машина MI.I, а при выключенном- нагрузочное сопротивление R4 .

На одном валу с MI.I расположен трехфазный асинхронный двигатель M2.I с короткозамкнутым ротором, подключенным к сети через выключатель Q5 . Благодаря этому с помощью

мленного напряжения максимальную величину индуктивности дросселя.

4. Изменяя величину сопротивления нагрузки R_d, снять зависимость U_d = f(I_d) .

5. По полученным данным U_d и I_d построить нагрузочные характеристики для всех схем выпрямителей.

1.3.3. Определить коэффициенты между напряжениями на стороне постоянного и переменного тока.

Для определения выпрямленной ЭДС холостого хода E_{do} исследуемых схем выпрямителей необходимо построенные, как описано в п.5, нагрузочные характеристики, продлить до пересечения с осью напряжений, тогда точки их пересечения с этой осью определят величину E_{do} .

Величина фазного напряжения может быть определена с помощью вольтметра PV2 , показания которого следует снимать при минимальном токе нагрузки преобразователя.

С помощью полученных значений E_{do} и E_a определяются коэффициенты между напряжениями на стороне постоянного и переменного тока.

1.3.4. Теоретический расчет и построение нагрузочных характеристик выпрямителей.

Среднее значение напряжения на нагрузке выпрямителя при непрерывном токе отличается от выпрямленной ЭДС на величину падения напряжения в трансформаторе, вентилях, фильтре и цепях коммутирующих вентилей.

$$U_{do} = E_{do} - I_{d0}(R_{mp} + R_{b,дин} + R_{dp} + R_k) - \Delta U_{вент} , \quad (I.2)$$

где R_{mp} - полное активное сопротивление трансформатора, приведенное к его вторичной обмотке;

R_{dp} - активное сопротивление дросселя;

R_{b,дин} - динамическое сопротивление вентиля;

R_k = $\frac{\pi X_a}{2\pi}$ - коммутационное сопротивление;

m - число пульсаций выпрямленного напряжения за период сети;

X_a - приведенное индуктивное сопротивление трансформатора;

величины тока нагрузки $S = f(I_d)$. С помощью осциллографа проследить и зарисовать формы выпрямленного напряжения для всех исследуемых схем выпрямителей с заданными фильтрами и их параметрами.

I.3. Методические указания к проведению работы

I.3.1. Расчет коэффициента, определяющего взаимосвязь между выпрямленным и фазным напряжением преобразователя.

Для двухполупериодной и трехфазной схем выпрямителей с нулевым выводом на вторичной обмотке трансформатора число пульсаций выпрямленного напряжения за период сети равно числу фаз вторичных обмоток преобразовательного трансформатора ($M_1 = M_2$). При активной и активно-индуктивной нагрузках среднее значение выпрямленной ЭДС определяется выражением

$$E_{d0} = \frac{1}{2\pi/m} \int_{-\pi/m}^{\pi/m} \sqrt{2} E_2 \cos \omega t d(\omega t) = \frac{m}{\pi} \sqrt{2} E_2 \sin \frac{\pi}{m}, \quad (I.1)$$

где E_2 – действующее значение фазного напряжения вентильных обмоток трансформатора.

Мостовые схемы (однофазная, трехфазная) могут рассматриваться как две последовательно включенные схемы выпрямителей с нулевыми выводами. Поэтому среднее значение их выпрямленной ЭДС вдвое больше, чем в соответствующих схемах с нулевым выводом при том же направлении и числе фаз вентильных обмоток трансформатора.

Коэффициенты между значениями напряжения на стороне постоянного и переменного тока определяются из соотношения (I.1).

I.3.2. Экспериментальное построение нагрузочных характеристик выпрямителей производится следующим образом:

1. С помощью соответствующих переключателей набрать нужную схему выпрямителя.

2. Используя движки автотрансформатора, установить заданную величину напряжения на первичной обмотке преобразователя. Контроль за равенством напряжений на всех обмотках трансформатора можно осуществить с помощью вольтметра PV1 и переключателя S2.

3. С помощью переключателя S19 ввести в цепь выпря-

момтки возбуждения MI.2, регулирование потока в которой осуществляется потенциометром со средней точкой RP8, можно обеспечить желаемое значение ЭДС MI.1 обоих направлений, независимо от выпрямленной ЭДС преобразователя.

Управление преобразовательными группами ПГ1 и ПГ2 осуществляется системами СИФУ1 и СИФУ2.

Для нереверсивных схем преобразователей выходы обоих СИФУ включены параллельно (рис.4.6), что обеспечивает одинаковое значение углов регулирования обеих трехфазных ПГ. При реверсивной схеме преобразователя входы СИФУ1 и СИФУ2 включаются контакторными реле K2.1 встречно-параллельно, что обеспечивает совместное согласованное управление ПГ.

В лабораторном макете используются следующие измерительные приборы:

- амперметр PA7 и вольтметр PV6, предназначены для измерения тока и напряжения одной фазы на первичной стороне преобразовательного трансформатора;
- измерительное устройство Р8, позволяет измерить активную Р и реактивную Q мощность, а также токи и напряжения на первичной стороне преобразовательного трансформатора;
- амперметр PA10 и вольтметр PV9, предназначены для измерения выпрямленных тока и напряжения;
- вольтметр PV1, измеряет напряжение сигнала управления на входе СИФУ;
- вольтметр PV2, предназначен для измерения фазного напряжения вентильной обмотки;
- амперметры PA4 и PAII, измеряют токи трехфазных преобразовательных групп ПГ1 и ПГ2;
- амперметр PA5, служит для индикации тока в обмотке MI.2, а PA3 – для индикации тока в нулевом проводе первичной обмотки трансформатора.

Для измерения угла регулирования преобразователей и наблюдения кривых напряжений и тока в отдельных точках схемы (клещи X1 + X10) используется электронный осциллограф.

4.2. Задание

4.2.1. Для всех вариантов нереверсивных схем ВП снять и построить:

- регулировочные характеристики $U_d = f(\alpha)$ при работе преобразователей на активную нагрузку;
- регулировочные характеристики $U_d = f(\alpha)$, $U_d = f(U_y)$ и зависимость $\alpha = f(U_y)$ при работе преобразователей на якорь электрической машины постоянного тока как в выпрямительном, так и инверторном режимах с постоянным значением выпрямленного тока $I_d = 1,0 \text{ A}$;
- семейство внешних характеристик преобразователей $U_d = f(I_d)$ при значениях угла регулирования α , равных $0,30,60, 90,120,150$ эл. градусов;

- энергетические характеристики преобразователей, т.е. зависимости КПД (η), реактивной мощности (Q), коэффициента мощности (K_m) и коэффициента сдвига ($\cos\varphi$) в функции выпрямленного напряжения U_d при постоянном значении выпрямленного тока $I_d = 5 \text{ A}$.

4.2.2. Для всех исследуемых в п. 2.1. схем ВП зарисовать с экрана осциллографа кривые выпрямленного напряжения $U_d = f(\omega t)$ при выпрямленном токе $I_d = 2 \text{ A}$ и значениях угла α , указанных ранее.

4.2.3. Для реверсивных схем преобразователя:

- настройкой схемы импульсно-фазового управления обеспечить согласование характеристик двух преобразовательных групп;
- снять и построить зависимость уравнительного тока от величины выпрямленного напряжения $I_{up} = f(U_d)$;
- снять и построить регулировочную характеристику реверсивного ВП $U_d = f(\alpha, \beta)$, $U_d = f(U_y)$ и зависимость $\alpha, \beta = f(U_y)$ при постоянных токах $I_d = \pm 2 \text{ A}$;
- снять и построить внешние характеристики $U_d = f(I_d)$ в двух квадрантах при начальных напряжениях $U_d = \pm 0,8 E_{d0}$; $0,4 E_{d0}$; 0 ;
- снять осциллограммы кривых выпрямленного напряжения каждой ПГ и на выходе преобразователя при значениях $U_d = 0,8 E_{d0}$; $0,4 E_{d0}$ и 0 .

В цепь нагрузки может быть введена индуктивность, величина которой меняется с помощью переключателя $S19$. В схемах используются дроссельный, емкостной, "Т" и "П"-образные фильтры, включение которых осуществляется переключателями $S7 + S10$ и $S19$.

Приборы, необходимые для экспериментальных исследований различных схем выпрямителей, показаны на схеме и установлены на лицевой части стенда. Порядковые номера измерительных приборов совпадают с соответствующими номерами, указанными на схеме. Включение всей установки производится при помощи QF .

I.2. Задание

I.2.1. Для всех схем преобразователей рассчитать соотношения между значениями напряжения на стороне постоянного и переменного тока.

I.2.2. Для тех же схем рассчитать и построить нагрузочные характеристики $U_d = f(I_d)$ при работе преобразователей на активно-индуктивную нагрузку.

I.2.3. Для заданных преподавателем схем преобразователей и известных параметрах нагрузки рассчитать коэффициенты сглаживания при дроссельном и "Г"-образном фильтрах (параметры фильтра указываются преподавателем).

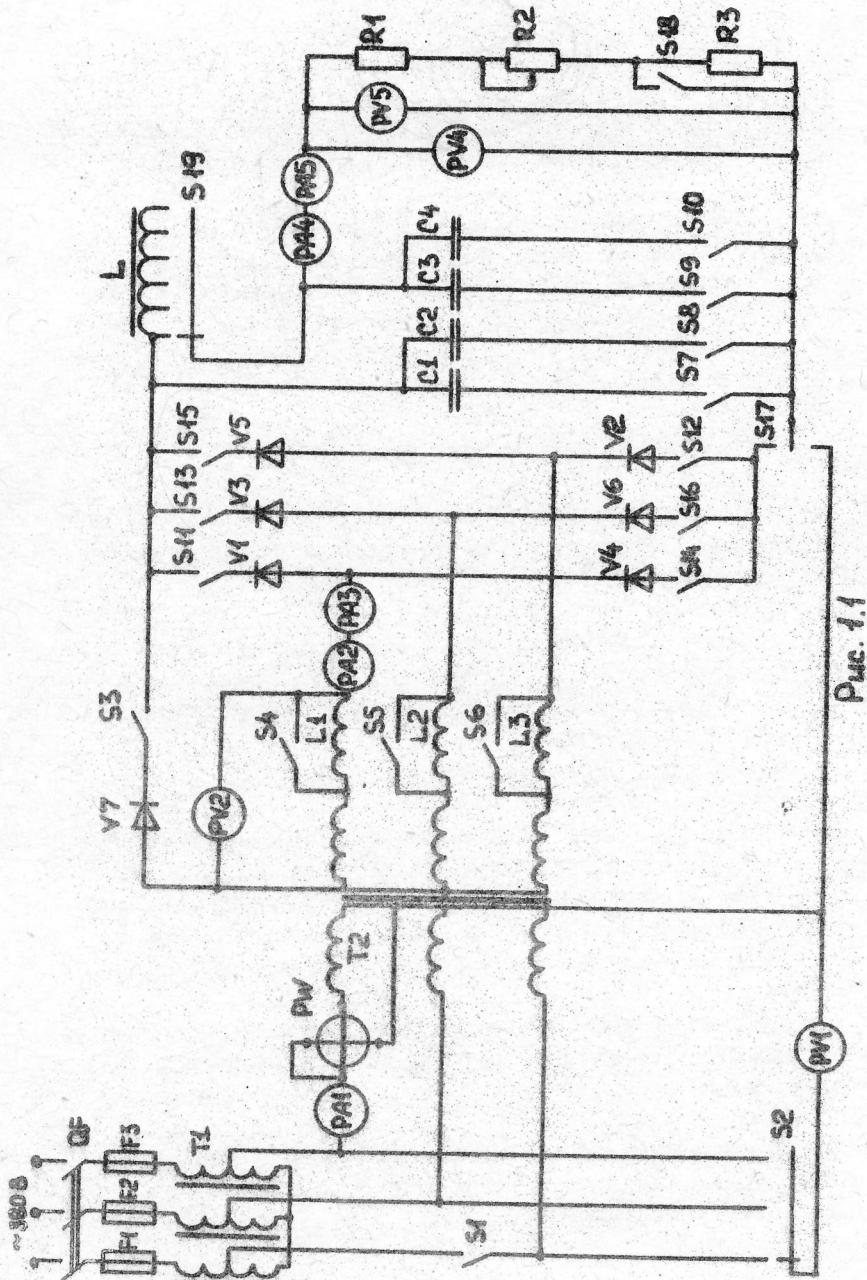
I.2.4. Произвести экспериментальные исследования:

1. Для всех схем выпрямителей экспериментально определить соотношения между значениями напряжения на стороне постоянного и переменного тока. Полученные значения сравнить с расчетными.

2. Для схем п. I.2.3. определить экспериментально коэффициенты сглаживания для дроссельного и "Г"-образного фильтров, сравнить экспериментальные и расчетные значения.

3. Для схем п. I.2.1. снять нагрузочные характеристики выпрямителей и сравнить их с расчетными.

4. На основании экспериментальных данных определить и построить зависимость коэффициента сглаживания в функции



Page 44

4.3. Методические указания к экспериментальным исследованиям

Перед снятием регулировочных характеристик различных схем ВП необходимо построить фазовую характеристику СИФУ $\alpha = f(U_y)$. Для этого набирается схема рис.4.1 при работе на активное сопротивление R_d . Характеристика $\alpha = f(U_y)$ снимается с помощью осциллографа, подключенного на выход преобразователя (клеммы X_6 и X_8). Масштаб углов α выбирается таким образом, чтобы на экране осциллографа помешался весь диапазон изменения этого угла. После снятия зависимости $\alpha = f(U_y)$ можно производить снятие и построение регулировочных характеристик $U_d = f(\alpha)$ и $U_d = f(U_y)$ любых из исследуемых схем.

Регулировочные характеристики при работе преобразователя на электрическую машину снимаются также, как и при работе на активное сопротивление. При включении преобразователя на электрическую машину необходимо помнить, что вначале необходимо подключить приводной асинхронный двигатель М2.1 с помощью выключателя **Q5**, установить значение выпрямленного напряжения преобразователя $U_{d=0}$, а затем переключить преобразователь с работы на активное сопротивление на электрическую машину. Установка и регулировка тока нагрузки преобразователя производится изменением напряжения на якоре электрической машины посредством изменения потока возбуждения.

Для снятия и построения энергетических характеристик используются приборы:

PA10 и PV9 - определяют ток I_d и напряжение U_d в цепи нагрузки преобразователя. Измерительное устройство Р8 - позволяет измерить активную и реактивную мощность преобразователя. РА7 и РV6 - определяют ток $I_{4\phi}$ и напряжение $U_{4\phi}$ в фазе на первичной стороне преобразовательного трансформатора. Значение $3I_{4\phi}U_{4\phi}$ - дает величину полной мощности потребляемой преобразователем из сети переменного тока.

Энергетические показатели преобразователя определяются соотношениями:

$$\text{коэффициент полезного действия: } \zeta = \frac{U_d I_d}{P};$$

$$\text{коэффициент мощности: } K_M = \frac{P}{3U_{\Phi}I_{\Phi}};$$

$$\text{коэффициент сдвига: } \cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}};$$

$$\text{относительная величина реактивной мощности: } \bar{Q} = \frac{Q}{E_d \cdot I_d};$$

величина выпрямленной ЭДС преобразователя при $\alpha=0$:

$$E_d = \frac{\pi}{T} \sqrt{2} E_{2\Phi} \sin \frac{\pi}{T}.$$

4.4. Содержание отчета

В отчете должны быть представлены:

- а) схемы исследуемых типов преобразователей и их описание;
- б) таблицы и графики указанных в задании характеристик;
- в) осциллограммы исследуемых схем преобразователей;
- г) выводы по всем пунктам задания.

РАБОТА I

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ НЕУПРАВЛЯЕМЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ И ВЫЯВЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СГЛАЖИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ НА ИХ ВЫХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Целью работы является знакомство с различными схемами неуправляемых выпрямителей однофазного, трехфазного тока, экспериментальной проверкой соотношений между значениями напряжений на стороне переменного и постоянного тока различных схем выпрямителей, а также исследования влияния рода нагрузки на работу преобразователей.

I.I. Описание лабораторной установки

На лабораторном стенде (рис. I.I.) с помощью соответствующих переключений тумблеров можно произвести исследование следующих схем выпрямителей:

- 1) однофазной однополупериодной;
- 2) однофазной однополупериодной с шунтирующим диодом;
- 3) однофазной двухполупериодной с выведенной нулевой точкой на вторичной обмотке преобразовательного трансформатора;
- 4) однофазной мостовой;
- 5) трехфазной с нулевым выводом;
- 6) трехфазной мостовой.

для получения нужной схемы выпрямителя необходимо установить в соответствующие положения выключатели S1, S2, S3 и S11 + S16 и переключатель S17. Так, например, для получения трехфазной мостовой схемы необходимо включить S1 и S11 + S16, а переключатель S17 установить в верхнее положение.

Питание выпрямителей осуществляется от трансформатора T2, подключенного к сети через трехфазный автотрансформатор T1, посредством которого устанавливается требуемое выпрямленное напряжение.

Изменение величины активного сопротивления в нагрузке R4 производится путем шунтирования R3 выключателем S18 и изменением сопротивления R2.

УДК 621-37

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Электрорадиоматериалы и электронные устройства". Электронные преобразователи электрической энергии /Сост.: Ф.Н.Голубев, В.Д.Латышко, В.А.Новиков; ЛЭТИ. -Л., 1987. - 31 с.

Рассмотрены указания к лабораторным работам раздела электронных преобразователей электрической энергии. Работы предназначены для студентов, обучающихся по дневной и вечерней форме специальностей 0628, 0601.

Утверждено редакционно-издательским советом ЛЭТИ в качестве методических указаний к лабораторным работам.

С

Ленинградский ордена Ленина и
ордена Октябрьской Революции
электротехнический институт
им.В.И.Ульянова (Ленина),
1987

СОДЕРЖАНИЕ

РАБОТА 1. ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ НЕУПРАВЛЯЕМЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ И ВЫВЛЕЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СГЛАЖИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ НА ИХ ВЫХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ	3
РАБОТА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИМПУЛЬСНО-ФАЗОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ТИРИСТОРАМИ	9
РАБОТА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОГО МОСТОВОГО ТИРИСТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ	15
РАБОТА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХФАЗНЫХ НУЛЕВЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ	22

Редактор А.В.Крейцер

Подп. к печ. 28.10.87. Формат 60x84 I/16. Бумага тип.№2.
Офсетная печать. Печ.л. 2,0; уч.-изд.л. 2,0.
Тираж 300 экз. План 1987 г. Изд. № 80.

Зак. 250 Бесплатно.

Редакционно-издательский отдел ЛЭТИ им.В.И.Ульянова (Ленина)

Ротапринт ЛЭТИ
197022, Ленинград, ул.Проф.Попова, 5

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР

Ленинградский ордена Ленина и ордена Октябрьской Революции
электротехнический институт имени В.И.Ульянова (Ленина)

Методические указания к лабораторным работам
по дисциплине
"ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА"

Электронные преобразователи электрической энергии

Ленинград
1987

Бесплатно

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР

Ленинградский ордена Ленина и ордена Октябрьской Революции
электротехнический институт имени В.И.Ульянова (Ленина)

Методические указания к лабораторным работам
по дисциплине
"ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА"

Электронные преобразователи электрической энергии

Ленинград
1987