



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра "Роботехника и мехатроника"

**«Электрические и гидравлические приводы
мехатронных и робототехнических систем»**
**«Электрические устройства мехатронных и
робототехнических систем»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к проведению лабораторной работы

**«Импульсно-фазовое управление
тиристорным преобразователем»**

Авторы

Карнаухова Н.Ф.

Филимонов М.Н.

Ростов-на-Дону, 2012



Аннотация

Изучить основные принципы организации импульсно-фазового управления тиристорным преобразователем (ТП) переменного напряжения в постоянное напряжение:

- особенности построения импульсно-фазовых систем управления ТП,
- характерные режимы работы двигателя постоянного тока (ДПТ) при питании якоря от тиристорного преобразователя в зоне прерывистых и непрерывных токов.

Авторы

к.т.н., доцент Н.Ф. Карнаухов

М.Н. Филимонов





Оглавление

1. Цель работы.....	4
2. Теоретическая часть	4
2.1. Система импульсно-фазового управления (СИФУ)	4
2.2. Горизонтальный принцип управления	5
2.3. Вертикальный принцип управления.....	6
2.4. Многоканальная система импульсно-фазового управления	8
3. Экспериментальное исследование однофазной одноканальной СИФУ.....	10
3.1. Исследование одноканальной СИФУ	10
3.2. Исследование влияния индуктивности.....	11
3.3. Перечень контрольных вопросов	12
3.4. Тесты для проверки готовности студента к выполнению лабораторной работы.....	12
Требования к отчету	13



1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить основные принципы организации импульсно-фазового управления тиристорным преобразователем (ТП) переменного напряжения в постоянное напряжение:

- особенности построения импульсно-фазовых систем управления ТП,
- характерные режимы работы двигателя постоянного тока (ДПТ) при питании якоря от тиристорного преобразователя в зоне прерывистых и непрерывных токов.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Система импульсно-фазового управления (СИФУ)

Система импульсно-фазового управления (СИФУ) преобразовательного устройства (тиристорного преобразователя) предназначена для генерирования и формирования импульсов управления определенной длительности и формы, распределения их по соответствующим фазам в многофазных системах и изменения (фазового смещения) момента подачи этих импульсов на управляющие электроды тиристорных преобразователей относительно фазы анодного напряжения. В преобразовательных устройствах находят широкое применение полупроводниковые приборы (СПП) - тиристоры, симисторы, полностью управляемые СПП - запираемые тиристоры GTO, IGCT, а также транзисторы IGBT.

Основной задачей СИФУ является преобразование аналогового сигнала в импульсные сигналы управления СПП по углу, регулирование среднего выпрямленного напряжения $U_{тп}$ тиристорного преобразователя (ТП) в зависимости от уровня, полярности напряжения управления U_y , т.е. формирование выходного напряжения ТП в соответствии с уравнением:

$$U_{тп} = K \cdot U_y, \quad (1)$$



Импульсно-фазовое управление тиристорным преобразователем

где K - коэффициент передачи ТП, не зависящий от режима работы питающей сети и нагрузки в цепи выпрямленного тока. По принципу действия и элементной базе СИФУ подразделяют на:

1. Электронные (полупроводниковые), построенные на серийных интегральных микросхемах аналогового (дискретного) и цифрового типа с малой степенью интеграции.

В зависимости от того, как вырабатываются управляющие импульсы для каждого тиристора ТП - одним электронным блоком или отдельными блоками - такие системы управления подразделяются на одно - и многоканальные, а по способу изменения (смещения) фазы управляющего импульса СИФУ подразделяются на горизонтальные и вертикальные.

2. Электромагнитные СИФУ с использованием электромагнитных устройств, формирующих импульсы управления в момент перехода ферромагнитных материалов в насыщенное состояние. К таким системам можно отнести системы с пик-трансформаторами, пик-дресселями, импульсными насыщающимися трансформаторами, выполненными на базе сердечников из магнитного материала с резко выраженной нелинейностью (прямоугольной петлей гистерезиса ППГ), однополупериодными магнитными усилителями. Такие СИФУ выпускались в 90-е годы двадцатого столетия и используются до настоящего времени в структурах ТП технологического оборудования ряда промышленных объектов.

2.2. Горизонтальный принцип управления

При горизонтальном принципе управления формирование управляющего импульса осуществляется в момент перехода синусоидального напряжения через нулевое значение, а изменение его фазы обеспечивается изменением фазы синусоидального напряжения управления, т.е. смещением его по горизонтали (по оси времени t).

Генератор переменного напряжения ГПН выдает синусоидальное напряжение, находящееся в определенном фазовом соотношении с анодным напряжением тиристора V энергетического (силового) канала (рис. 1, а).



Импульсно-фазовое управление тиристорным преобразователем

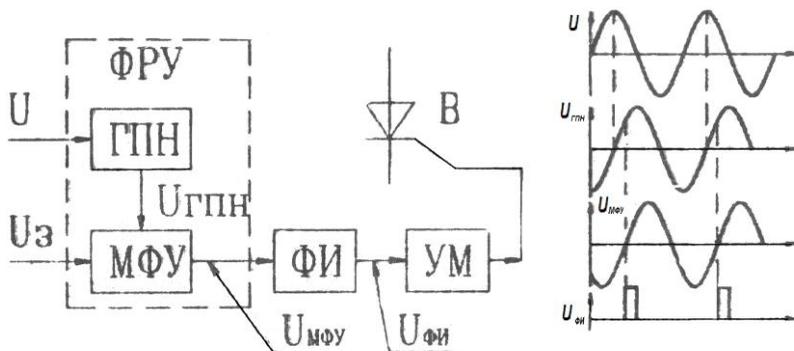


Рис. 1 - Структурная схема СИФУ (а) и диаграммы напряжений в контрольных точках (б)

С выхода мостового фазовращательного устройства МФУ сдвинутое по фазе напряжение управления $U_{\text{мфу}}$ поступает на формирователь импульсов ФИ, где в момент перехода синусоиды через нулевое значение формируется импульс управления $U_{\text{фи}}$, затем импульс $U_{\text{фи}}$ усиливается усилителем мощности УМ до значения, необходимого для надежного управления тиристором В по управляющему электроду. Угол сдвига фаз (рис.1, б) регулируется изменением напряжения задания $U_{\text{з}}$, а ГПН и МФУ в совокупности образуют фазорегулирующее устройство ФРУ.

Горизонтальный метод управления в настоящее время не находит применения, поскольку мостовые фазовращательные устройства критичны к форме и частоте подаваемого напряжения, а использование транзисторов (в качестве активного регулируемого сопротивления в схеме) приводит к нарушению симметрии формируемых импульсов.

2.3.Вертикальный принцип управления

При вертикальном принципе управления формирование управляющего импульса тиристором ТП производится в результате сравнения на нелинейном элементе величины переменного (синусоидального, пилообразного, треугольного) и постоянного напряжений. В момент, когда эти напряжения становятся равными, проис-



Импульсно-фазовое управление тиристорным преобразователем

ходит формирование управляющего импульса управления тиристором В. Фазу импульса можно изменять, регулируя уровень постоянного напряжения U_3 .

На рис.2, а приведена схема простейшего устройства, формирующего импульсы по вертикальному принципу управления на управляющем электроде (УЭ) тиристора В.

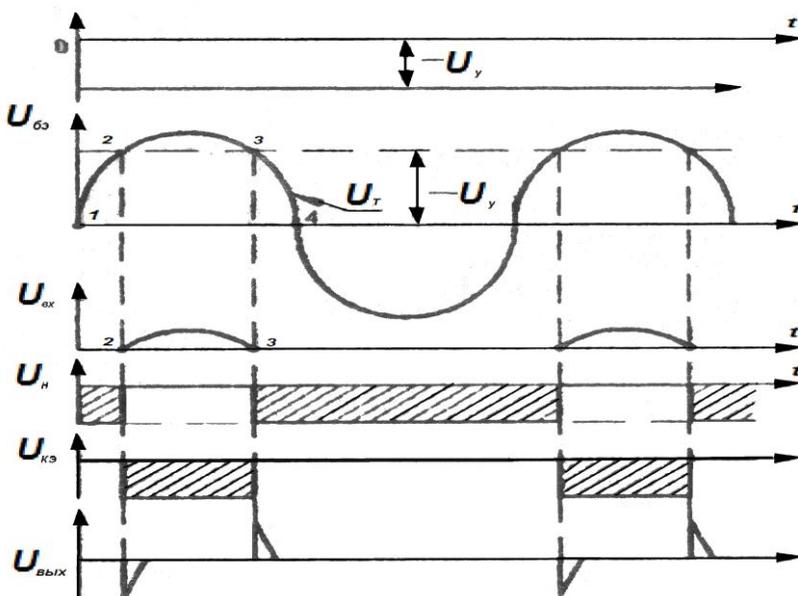
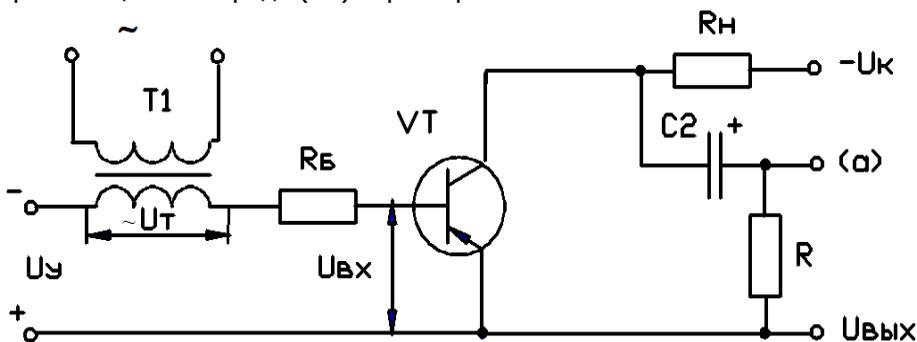


Рис. 2. Схема реализации вертикального принципа управления (а) и временные диаграммы формируемых напряжений (б).

Входное напряжение $U_{вх}$ транзистора VT в любой момент



Импульсно-фазовое управление тиристорным преобразователем

времени t определяется алгебраической суммой постоянного $\pm U_y$ и переменного $\sim U_T$ напряжений. Когда напряжение U_T изменяется по амплитуде от нулевого значения (точка 1) до значения U_y (точка 2, рис. 2,б), на базе транзистора VT присутствует отрицательный потенциал и транзистор открыт. Напряжение источника питания ($-U_K$) почти полностью приложено к нагрузке R_n .

В период времени, когда мгновенные значения напряжений ($\sim U_T$) = (U_y), что соответствует точкам 2-3, к участку эмиттер-база транзистора VT прикладывается разностное положительное напряжение синусоиды и транзистор VT закрывается (до точки 3).

В момент запираания транзистора VT напряжение ($-U_K$) прикладывается к RC-цепочке, составленной из резисторов R_n , R и конденсатора C_2 .

На резисторе R при заряде конденсатора C_2 формируется (при дифференцировании) отрицательный импульс напряжения (точка а). На участке 2-3 транзистор VT закрыт и к транзистору приложено напряжение ($-U_{KЭ}$). В т. 3, когда ($\sim U_T$) становится несколько меньше ($-U_y$) транзистор VT открывается, разряжая конденсатор C_2 на резистор R . Импульсы, формируемые данным устройством, подаются затем на усилитель мощности УМ системы управления. Фаза формируемых импульсов изменяется при изменении величины постоянного напряжения U_y . По такому принципу построены одноканальные СИФУ.

2.4. Многоканальная система импульсно-фазового управления

Принцип построения структурной схемы многоканальной синхронной СИФУ приведен на рис. 3.



Импульсно-фазовое управление тиристорным преобразователем

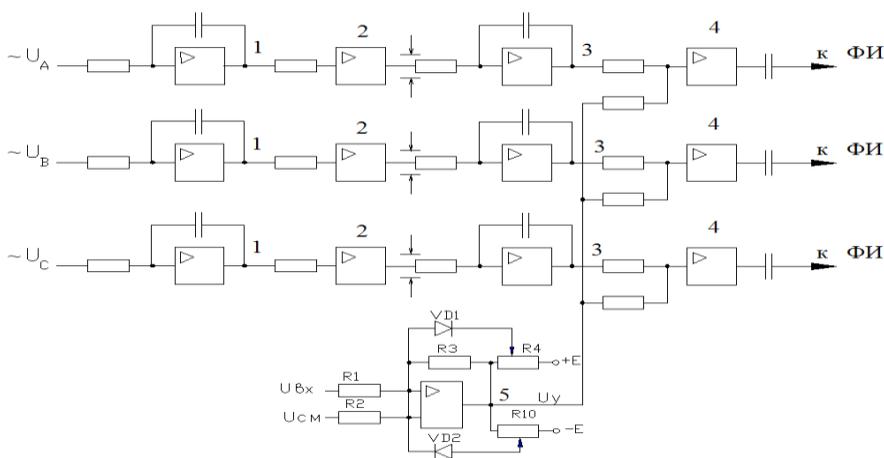


Рис. 3 - Структурная схема многоканальной СИФУ

Схема СИФУ построена на серийных интегральных микросхемах с малой степенью интеграции, включая активные сетевые фильтры на операционных усилителях 1, подключенные на вторичные обмотки 3-х фазного синхронизирующего трансформатора с пониженным напряжением 15-25 В фаз (U_a , U_b , U_c). Для исключения влияния амплитудных изменений напряжения сети на параметры пилообразного напряжения, получаемого с интегратора 3, напряжение с сетевого фильтра поуступает на компаратор 2, преобразующий сигнал в двухполярное прямоугольное напряжение. После интегратора 3 пилообразное (треугольное) развёртывающее напряжение сравнивается на выходе компаратора 4 с напряжением управления U_y . В момент равенства этих напряжений с выхода компаратора 4 поступает импульс на формирователь выходного импульса ФИ. Согласующий усилитель 5 является общим и инвертирующим для всех каналов. Передаточным инвертирующим для всех фазных каналов. Передаточный коэффициент усилителя (внутри пределов ограничения диодами VD1 и VD2) составит:

$$K = \frac{\Delta U_y}{\Delta U_{ax}} \approx \frac{R3}{R1} \quad (2)$$

При достижении напряжением U_y значения, устанавливаемое



Импульсно-фазовое управление тиристорным преобразователем

мого на потенциометрах R4 и R5 для разнополярных напряжений U_y , открывается цепь одного из диодов VD1 или VD2 в зависимости от полярности приложенного напряжения U_y . При этом передаточный коэффициент становится равным:

$$K' = \frac{\Delta U_y}{\Delta U_{ex}} \approx \frac{R4}{R1} \quad (3)$$

Обычно расчетное значение $R1 \gg R4$ и характеристика "вход-выход" в зоне «ограничения» имеет малый наклон по отношению к оси U_{ex} .

Смещение характеристики «вход-выход» усилителя осуществляется введением в цепь управления напряжением цепь управления напряжения смещения U_{CM} . В общем случае при синхронном способе формирования угла управления (угол подачи α_i для i — го импульса управления) определяется выражением:

$$\alpha = \alpha_n + \frac{2\pi}{p}(i-1) + Qi(U_y) \quad (4)$$

где α_n - угол начала отсчета фазы по отношению к напряжению сети; p - число пульсаций преобразователя; Qi - регулируемый угол задержки, равный $Qi = \omega \cdot t_i$,

где $i=1,2,\dots$;

ω - угловая частота сети, рад $\cdot C^{-1}$;

t - время.

3.ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНОЙ ОДНОКАНАЛЬНОЙ СИФУ

3.1. Исследование одноканальной СИФУ

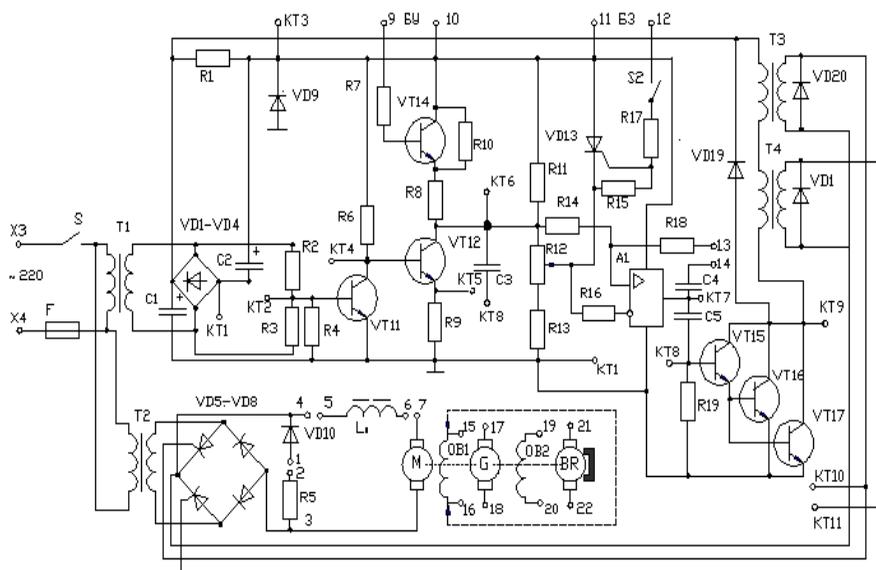
Исследование одноканальной СИФУ (рис.4.) проводится на



Импульсно-фазовое управление тиристорным преобразователем

лабораторном стенде (рис.5), схема которого собрана по схеме ТП-ДПТ. При этом предполагается изучение работы электронных узлов, определение назначения каждого функционального элемента, его взаимодействие с другими элементами схемы.

С помощью осциллографа выполнить исследование форм импульсных напряжений в каждой контрольной точке КТ электрической схемы, скопировать и пояснить эпюры напряжений с привязкой их к одной временной координате. На основании принципа работы СИФУ составить временные диаграммы работы электронных узлов схемы и дать краткие пояснения к работе этих узлов и схемы управления в целом.



3.2. Исследование влияния индуктивности

Исследование влияния индуктивности сглаживающего дросселя L_c на коэффициент пульсации тока якоря следует проводить также осциллографическим методом и непосредственным измерением параметров приборами. Пояснить физическую сущность влияния введенной L_c на характер прерывистых и непрерывных токов цепи якоря ДПТ, питаемого от ТП.



3.3. Перечень контрольных вопросов

1. Какими особенностями обладают СИФУ с вертикальным принципом формирования управляющих импульсов для СПП?
2. Почему повышенные требования предъявляются к параметрам конденсаторов контуров интегрирования при формировании пилообразного напряжения?
3. Поясните физические основы работы схемы и возможности управления скоростью ДПТ при поступлении сигналов от блока управления БУ?
4. Как можно остановить работу, движение ПР (МС) при срабатывании концевого датчика движения S2? Пояснить принцип работы этого узла схемы.
5. Изменение каких параметров следует ожидать при увеличении C_3 в 3 раза?

3.4. Тесты для проверки готовности студента к выполнению лабораторной работы

1. Постоянная времени разряда конденсатора C_3 (в схеме рис.4) зависит от:
 - внутреннего сопротивления открытого транзистора VT 12,
 - диапазона изменения угла управления α ,
 - увеличения или уменьшения угла управления α .
2. При какой форме пилообразного напряжения СИФУ будет сформировано пониженное напряжение на выходе ТП, когда:
 - кривая нарастающего напряжения на выходе интегратора выпуклая,
 - кривая нарастающего напряжения на выходе интегратора изменяется линейно;
 - кривая нарастающего напряжения на выходе интегратора вогнутая.
3. Зона управляемости ТП по минимальному току нагрузки определяется рядом параметров:



Импульсно-фазовое управление тиристорным преобразователем

- значением статического момента, изменяемого от 0 до $M_c = M_c \text{ ном.}$,
- значением тока цепи якоря, превышающим ток удержания тиристора;
- суммарным током удержания тиристорov в схеме преобразователя.

4. На надежное управление тиристорами ТП влияет ряд факторов. При каких условиях можно ожидать четкое открытие тиристора:

- когда ширина управляющего импульса составляет 30° эл. и более ,
- ширина управляющего импульса меньше угла сдвига фаз между током и напряжением силового контура;
- ширина управляющего импульса больше угла сдвига фаз тока и напряжения силового контура.

5. Почему при отсутствии C_3 система не формирует сигналы управления?

ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет должен содержать:

- 1. Название лабораторной работы, Ф.И.О. студента, номер группы.**
- 2. Цель исследования.**
- 3. Принципиальную электрическую схему однофазной СИФУ.**
- 4. Временные диаграммы напряжений и токов в контрольных точках.**
- 5. Фактическую зависимость угла управления $\alpha = f(U_v)$ при изменении U_v .**
- 6. Электромеханические характеристики ДПТ для углов управления $\alpha = 30, 60, 90$ град. эл. в зоне прерывистых и непрерывных токов. Приведите пояснения к графическим зависимостям.**

В отчете необходимо привести выводы по результатам выполненной работы.