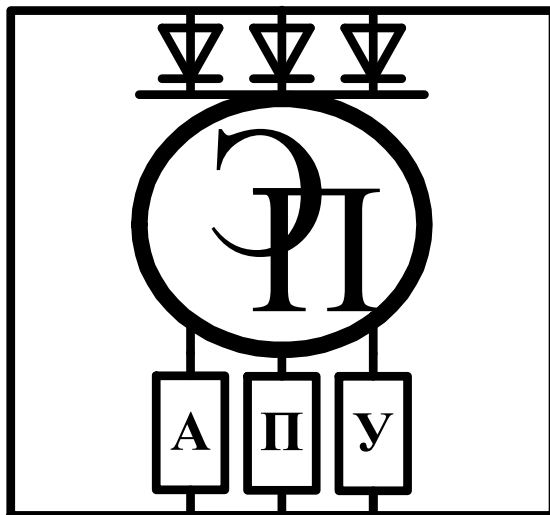


ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Электропривод и АПУ»

НАЛАДКА И ДИАГНОСТИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

*Методические рекомендации по лабораторной работе
«Изучение двигателя постоянного тока – тиристорный пре-
образователь»*



Могилев 2018

УДК 621.3

Одобрены кафедрой «Электропривод и АПУ» 7 февраля 2018 г., протокол №7

Составитель: ст. преподаватель А.П. Корнеев.

Наладка и диагностика автоматизированного электропривода: методические указания к лабораторной работе – Изучение двигателя постоянного тока – тиристорный преобразователь.— Могилев: Белорусско-Российский университет, 2018. — 14 с.

Методические рекомендации предназначены для студентов электротехнического факультета и инженерного факультета заочного образования специальности 1–53.01.05 – Автоматизированные электроприводы.

Учебное издание

НАЛАДКА И ДИАГНОСТИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Ответственный за выпуск доц. Леневский Г.С.



Цель лабораторной работы:

- Изучить схему частотного пуска асинхронного двигателя.
- Изучить выходные сигналы тиристорного преобразователя.
- Настроить тиристорный преобразователь.
- Произвести запуск ДПТ от тиристорного преобразователя

1 Теоретические сведения

Выпрямитель — это устройство, предназначенное для преобразования входную переменного напряжения в постоянное. Основным блоком выпрямителя является вен пильный комплект, который непосредственно выполняет преобразования переменного напряжения в постоянное.

При необходимости согласования параметров сети с параметрами нагрузки, выпрямительный комплект подключается к сети через согласующий трансформатор. По числу фаз питающей сети выпрямители бывают однофазные и трехфазные.

Однофазный однополупериодный выпрямитель

Простейшей схемой выпрямителя является однофазный однополупериодный выпрямитель (рис. 1).

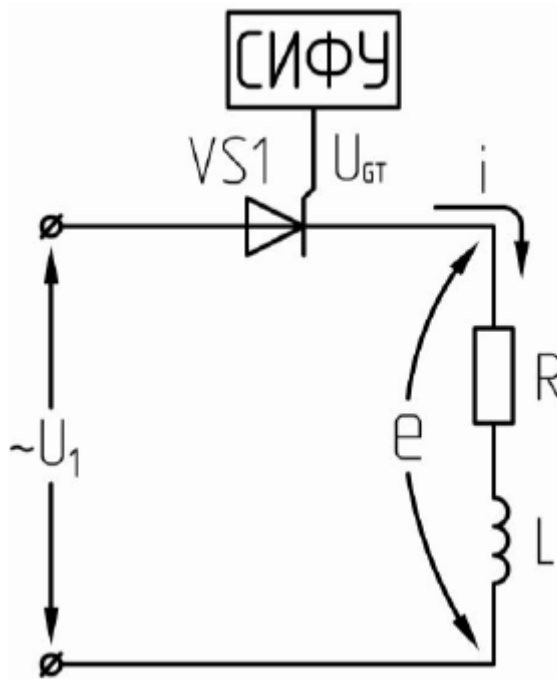


Рис. 1. Схема однофазного управляемого однополупериодного выпрямителя

Диаграммы работы выпрямителя на R-нагрузку показаны на рисунке 2.

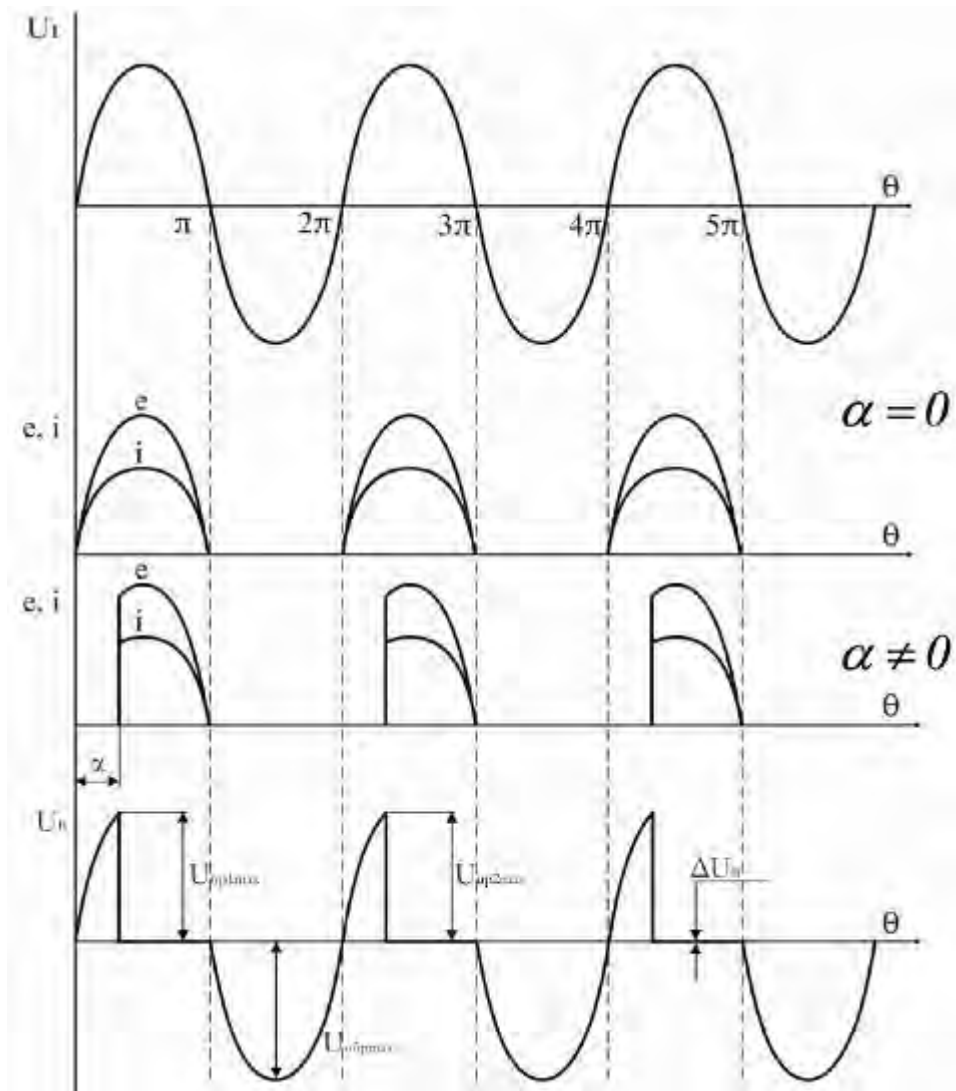


Рис. 2. Диаграммы работы выпрямителя на R-нагрузку

Для того, чтобы открыть тиристор, необходимо выполнение двух условий:

- 1) потенциал анода должен быть выше потенциала катода;
- 2) на управляющий электрод должен быть подан открывающий импульс.

Для данной схемы одновременное выполнение этих условий возможно лишь в положительные полупериоды питающего напряжения. Система импульсно-фазового управления (СИФУ) должна формировать открывающие импульсы лишь в положительные полупериоды питающего напряжения.

При подаче на тиристор VS1 открывающего импульса в момент времени $\theta = \alpha$ тиристор VS1 открывается и к нагрузке прикладывается напряжение питания U_1 в течение оставшейся части положительного полупериода (прямое падение напряжения на вентиле $\Delta U_{\text{в}}$ пренебрежимо мало по сравнению с напряжением U_1 ($\Delta U_{\text{в}} = 1 - 2 \text{ В}$)). Поскольку нагрузка R - активная, то ток в нагрузке повторяет форму напряжения.

В конце положительного полупериода ток нагрузки i и вентиля VS1 уменьшатся до нуля ($\theta = \pi$), а напряжение U_1 изменит свой знак. Таким образом, к тиристорам VS1 прикладывается обратное напряжение, под действием которого они закрываются и восстанавливают свои управляющие свойства.

Такая **коммутация вентиля** под действием напряжения источника питания, периодически изменяющего свою полярность, называется **естественной**. Из диаграмм видно, что изменение α приводит к изменению части положительного полупериода, в течение которого напряжение питания приложено к нагрузке, и, следовательно, это приводит к регулированию потребляемой мощности. Угол α характеризует задержку момента открывания тиристора по отношению к моменту его естественного открывания и называется **углом открывания (управления) вентиля**.

ЭДС выпрямителя и ток представляют собой следующие друг за другом отрезки положительных полусинусоид, постоянных по направлению, но непостоянных по величине, т.е. выпрямленные ЭДС и ток имеют периодический пульсирующий характер. А каждую периодическую функцию можно разложить в ряд Фурье:

$$e(t) = E + e_n(t),$$

где E — постоянная составляющая выпрямленной ЭДС, $e_n(t)$ — переменная составляющая, равная сумме всех гармонических составляющих.

Таким образом, можно считать, что к нагрузке приложено постоянная ЭДС искаженная переменной составляющей $e_n(t)$. Постоянная составляющая ЭДС E является основной характеристикой выпрямленной ЭДС.

Процесс регулирования напряжения на нагрузке путем изменения называется **фазовым регулированием**. Данная схема имеет ряд недостатков:

- 1) высокое содержание высших гармонических в выпрямленной ЭДС;
- 2) большие пульсации ЭДС и тока;
- 3) прерывистый режим работы схемы;
- 4) низкий коэффициент использования схемы по напряжению ($k_{схе} = 0,45$).

Режимом прерывистого тока работы выпрямителя называется такой режим, при котором ток в цепи нагрузки выпрямителя прерывается, т.е. становится равным нулю.

Однофазный однополупериодный выпрямитель при работе на активно-индуктивную нагрузку

Временные диаграммы работы однополупериодного выпрямителя на RL-нагрузку представлены на рис. 3.



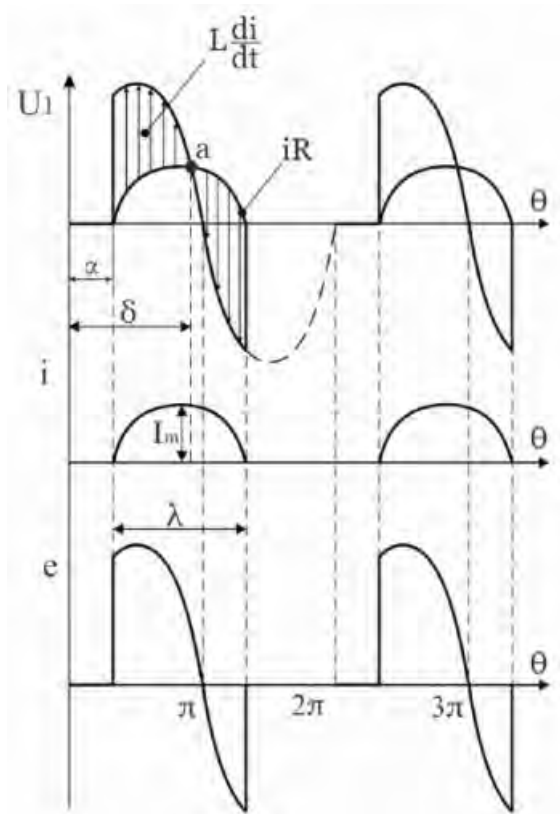


Рис. 3. Диаграммы работы однополупериодного выпрямителя на RL-нагрузку

Для анализа процессов, протекающих в схеме, выделим три интервала времени.

1. $\alpha < \theta < \delta$. Схема замещения, соответствующая этому интервалу, приведена на рис. 4.

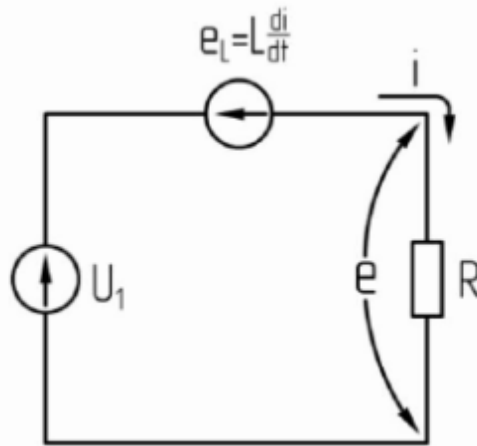


Рис. 4. Схема замещения при $\alpha < \theta < \delta$

Согласно схеме замещения:

$$U_1 = e_L + iR = L \frac{di}{dt} + iR$$

На этом интервале времени e_L (ЭДС самоиндукции) направлена встречно напряжению сети U_1 и препятствует резкому нарастанию тока. Энергия из сети

преобразуется в тепловую на R и накапливается в электромагнитном поле индуктивности L.

2. $\alpha < \theta < \pi$. Схема замещения, соответствующая этому интервалу, приведена на рис. 5.

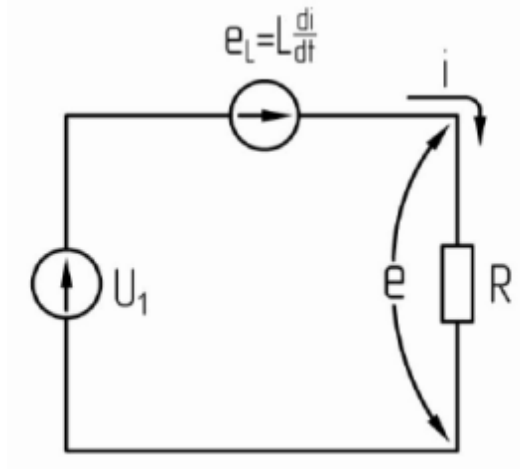


Рис.5. Схема замещения при $\alpha < \theta < \pi$

На этом интервале ЭДС самоиндукции e_L поменяла свой знак (в момент времени $\theta = \delta$).

$$U_1 = -e_L + iR = -L \frac{di}{dt} + iR, \quad U_1 + e_L = iR$$

При $\theta = \delta$ e_L меняет свой знак и стремится поддержать ток в цепи. Она направлена согласно с U_1 . На этом интервале энергия из сети и накопленная в поле индуктивности L преобразуются в тепловую в R.

3. $\pi < \theta < \alpha + \lambda$. Схема замещения, соответствующая этому интервалу, приведена на рис. 6.

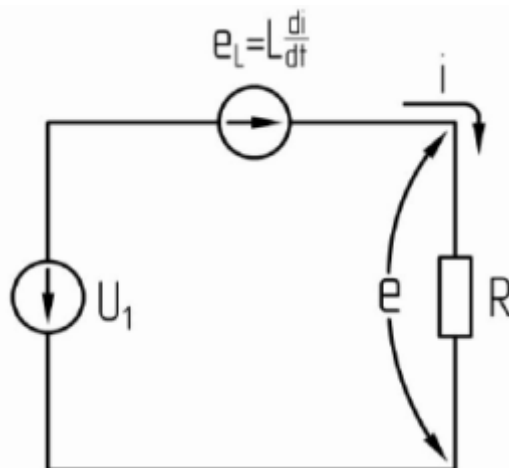


Рис. 6 Схема замещения

$$-U_1 = -e_L + iR, \quad U_1 = e_L - iR$$

В момент времени $\theta = \pi$ напряжение сети U_1 меняет свою полярность, но тиристор VS1 остается в проводящем состоянии, так как e_L превышает U_1 и на ти-

ристоре сохраняется прямое напряжение. Ток под действием e_L будет протекать по нагрузке в том же направлении до тех пор, пока энергия, накопленная в поле индуктивности L , полностью не израсходуется.

На этом интервале часть энергии, накопленной в поле индуктивности, преобразуется в тепловую в сопротивлении R , а часть отдается в сеть. Процесс передачи энергии из цепи постоянного тока в цепь переменного тока называется **инвертированием**. Об этом свидетельствуют разные знаки e и i .

Длительность протекания тока на участке отрицательной полярности U_1 зависит от соотношения между величинами L и R ($X_L = \omega L$). Чем больше отношение — $\omega L/R$, тем больше продолжительность протекания тока λ .

Если в цепи нагрузки есть индуктивность L , то форма тока становится более гладкой и ток протекает даже на участках отрицательной полярности U_1 . Тиристор VS_1 при этом закрывается не в момент перехода напряжения U_1 через 0, а в момент спадания тока до нуля. Если $\omega L/R \rightarrow \infty$, то при $\alpha = 0 \lambda \rightarrow 2\pi$.

Принцип действия однофазного мостового выпрямителя в непрерывном режиме при работе на активную и активно-индуктивную нагрузки

Силовая схема однофазного мостового выпрямителя представлена на рис. 7, а временные диаграммы его работы на активную нагрузку - на рис. 8.

Вентильный мост (рис. 7) содержит две группы вентиляей — катодную (нечетные вентили) и анодную (четные вентили). В мостовой схеме ток проводят одновременно два вентиля - один из катодной группы и один из анодной.

Как видно из рис. 7 вентили включаются так, что в положительные полупериоды напряжения U_2 ток протекает через вентили VS_1 и VS_4 , а в отрицательные полупериоды — через вентили VS_2 и VS_3 . Принимаем допущения, что вентили и трансформатор идеальные, т.е. $L_{тр} = R_{тр} = 0$, $\Delta U_B = 0$.

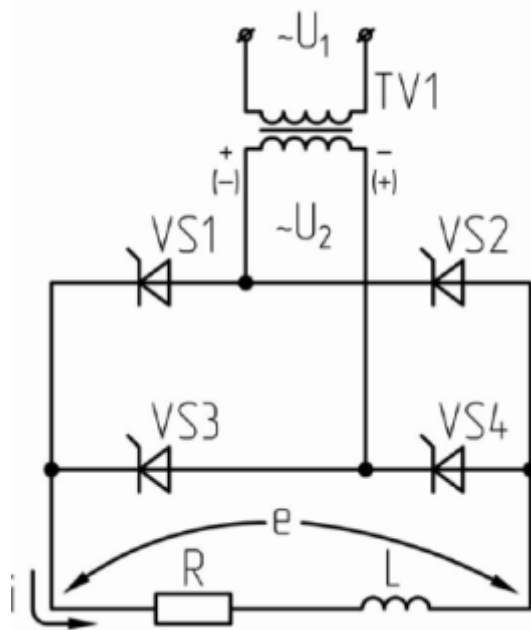


Рис. 7. Схема однофазного мостового выпрямителя

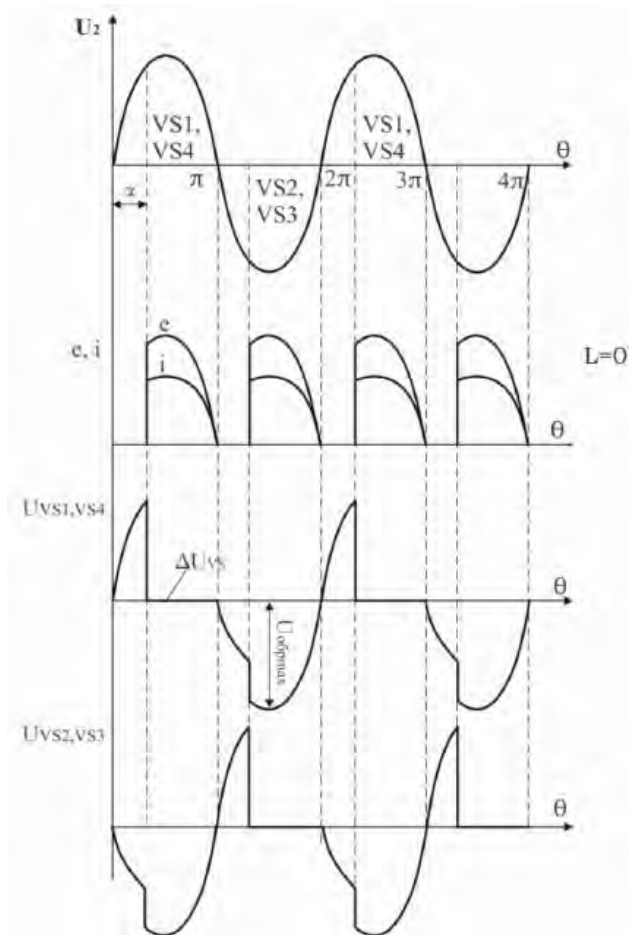


Рис. 8. Диаграммы работы однофазного мостового управляемого выпрямителя на активную нагрузку

В данной схеме в каждый момент времени проводит ток одна пара тиристоров VS1 и VS4 в положительные полупериоды U_2 и VS2 и VS3 в отрицательные. Когда все тиристоры закрыты, то к каждому из них прикладывается половина напряжения питания.

При $\theta = \alpha$ открываются VS1 и VS4 и по нагрузке начинает протекать ток через открывшееся VS1 и VS4. К работавшим ранее VS2 и VS3 прикладывается полное напряжение сети в обратном направлении. При $\theta = \pi - \alpha$, U_2 меняет свой знак и поскольку нагрузка активная, то ток становится равным нулю, а к VS1 и VS4 прикладывается обратное напряжение и они закрываются.

При $\theta = \pi + \alpha$ открываются тиристоры VS2 и VS3 и ток по нагрузке продолжает протекать в том же направлении. Ток в данной схеме при $L=0$ имеет прерывистый характер и лишь при $\alpha=0$ ток будет гранично-непрерывным.

Гранично-непрерывным режимом называется режим, при котором ток в некоторые моменты времени снижается до нуля, но не прерывается.

$U_{\text{упр.мах}} = U_{\text{обр.мах}} = \sqrt{2}U_2$ (с трансформатором),

$U_{\text{упр.мах}} = U_{\text{обр.мах}} = \sqrt{2}U_1$ (без трансформатора).

Работа схемы на активно-индуктивную нагрузку

R-L нагрузка типична для обмоток электрических аппаратов и обмоток возбуждения электрических машин, или когда на выходе выпрямителя установлен ин-

дуктивный фильтр. Влияние индуктивности сказывается на форме кривой тока нагрузки, а также на среднем и действующем значениях тока через вентили и трансформатор. Чем больше индуктивность цепи нагрузки, тем меньше переменная составляющая тока.

Для упрощения расчетов полагают, что ток нагрузки идеально сглажен ($L \rightarrow \infty$). Это правомерно, когда $\omega_p L > 5R$, где ω_p - круговая частота пульсаций на выходе выпрямителя. При выполнении данного условия ошибка в расчётах незначительна и может не приниматься во внимание.

Временные диаграммы работы однофазного мостового выпрямителя на активно-индуктивную нагрузку представлены на рис. 9.

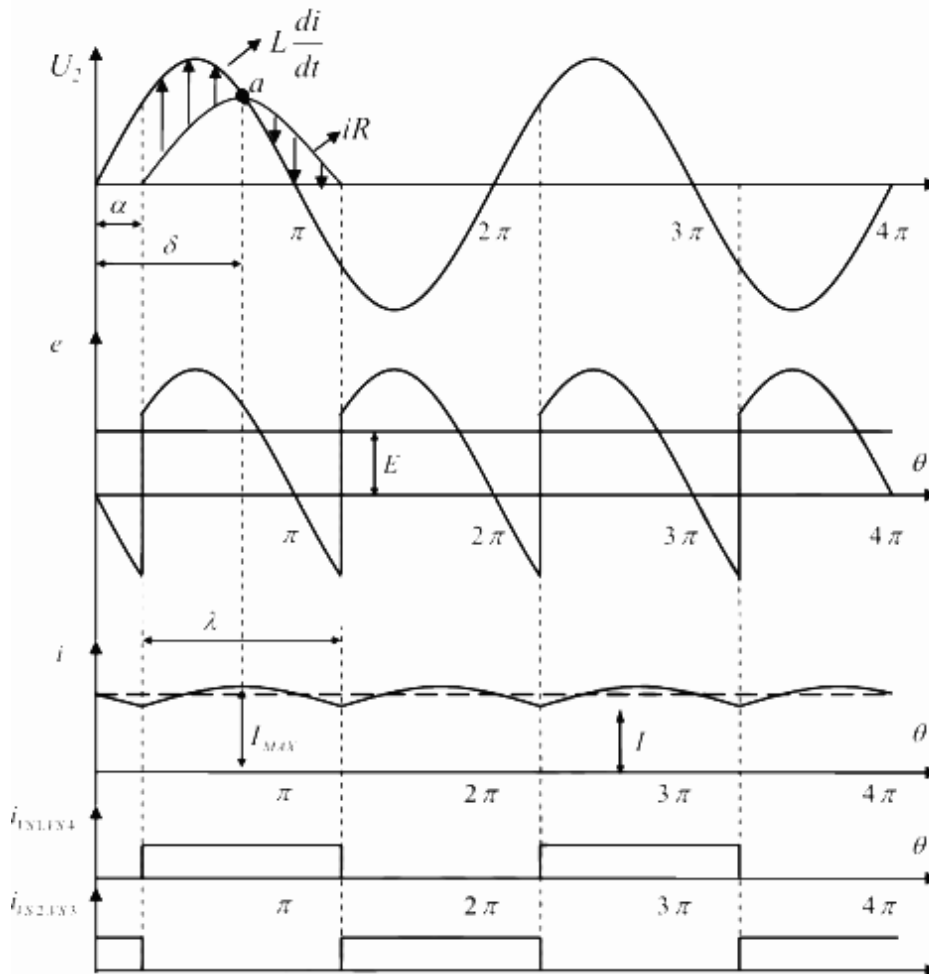


Рис. 9. Диаграммы работы однофазного мостового выпрямителя при работе на RL-нагрузку

Для рассмотрения процессов, протекающих в схеме, выделим три участка работы.

1. α . Схема замещения, соответствующая этому интервалу, приведена на рис. 10.

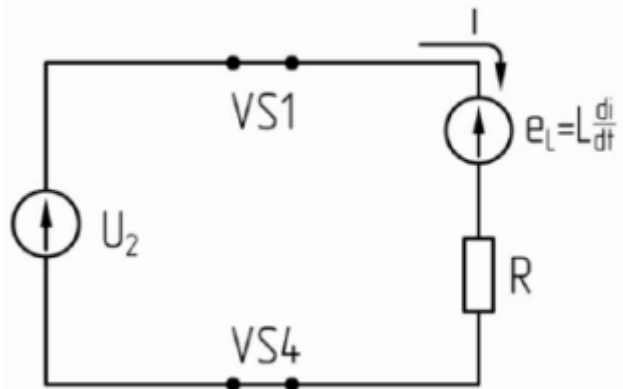


Рис. 10. Схема замещения выпрямителя

На рассматриваемом интервале энергия из сети преобразуется в тепловую в сопротивлении R , а часть накапливается в электромагнитном поле индуктивности.

$$U_2 = L \cdot \frac{di}{dt} + i \cdot R$$

2. $\alpha < \theta < \pi$. Схема замещения, соответствующая этому интервалу, приведена на рис. 11.

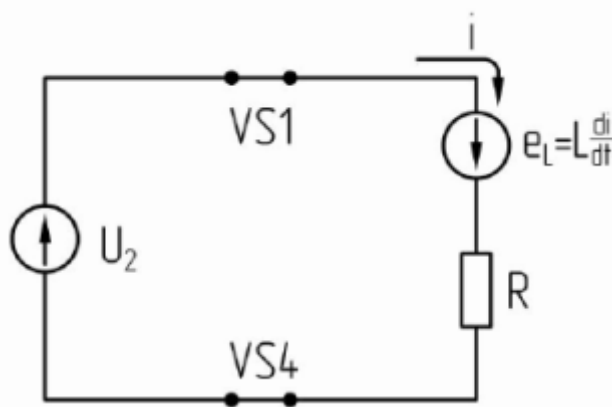


Рис. 11. Схема замещения выпрямителя при $\alpha < \theta < \pi$

В момент времени $\theta = \delta$ ЭДС самоиндукции $e_L = 0$, т.к. ток достигает максимального значения.

$$U_1 + L \cdot \frac{di}{dt} = i \cdot R$$

На этом интервале энергия, накопленная в индуктивности и потребляемая из сети преобразуется в тепловую в сопротивлении R .

3. $\pi < \theta < \alpha + \lambda$. Схема замещения, соответствующая этому интервалу, приведена на рис. 12.

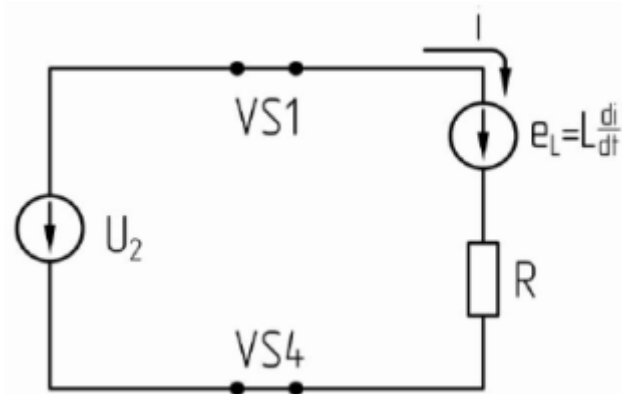


Рис. 12. Схема замещения выпрямителя при $\pi < \theta < \alpha + \lambda$

На этом интервале часть энергии, накопленная в поле индуктивности, преобразуется в тепловую в сопротивлении R , а часть возвращается в сеть.

$$e_L = U_1 + i \cdot R$$

Действие ЭДС самоиндукции на 3-м участке приводит к появлению участков отрицательной полярности в кривой выпрямленной ЭДС, а разные знаки e и i свидетельствуют о том, что на этом интервале происходит возврат электрической энергии в сеть.

Если к моменту времени $\theta = \pi + \alpha$ энергия, накопленная в индуктивности L , полностью не израсходована, то ток i будет иметь непрерывный характер. При подаче в момент времени $\theta = \pi + \alpha$ открывающих импульсов на тиристоры $VS2$ и $VS3$, к которым со стороны сети приложено прямое напряжение, они открываются и через них к работавшим $VS1$ и $VS4$ прикладывается обратное напряжение со стороны сети, вследствие чего они закрываются, такой вид коммутации называется естественной.

2 Порядок выполнения работы

1. Изучить руководство по эксплуатации преобразователя частоты АВВАС850.
2. Перед включением стенда убедиться, что все переключатели находятся в начальном положении (выключены).
3. Установить сменную панель *НТЦ-01.Б/07.107* «ДПТ-ТП» на лицевой панели стенда.
4. Собрать схему, представленную на *рисунке 2*. Нужно соединить длинными проводами сменную панель с блоком БЧ-01 и БТП-01. Гнёзда СН1 и GND предназначены для подключения щупов осциллографа.
5. Включите стенд автоматическим выключателем *QF1* *вверх* в блоке *БВ-02* и *нажатием* кнопки *S1*. Убедитесь, что кнопка *S2* отжата.
6. Включите питание низковольтных цепей схемы тумблером *SA1* *вверх* в блоке *БП-01*.



7. Подайте питание двигателя тумблером *SA1* *вверх* в блоке *БП-04*.

С помощью панели управления, установленной в частотном преобразователе, произведите первоначальную установку параметров двигателя, режим управления и режим пуска и другие параметры, указанные преподавателем.

8. Включите привод тумблером *S1*, установленным на сменной панели.

9. Плавно вращая потенциометр *R1*, установленный на сменной панели, убедитесь в изменении частоты вращения двигателя.

10. Включите тумблер *SA1* в блоке *БП-01*. Убедитесь в изменении скорости вращения двигателя постоянного тока. (гораздо выше чем скорость асинхронного двигателя).

11. Задать скорость вращения асинхронного двигателя 100 рад\с.

12. Задать скорость вращения ДПТ 120 рад\с.

13. Убедитесь в изменении угла открытия тиристорov при изменении нагрузки на вал двигателя.

14. Выключите привод тумблером *S2*, установленным на сменной панели.

15. Выключите стенд в следующем порядке:

- отключите питание двигателя тумблером *SA1* *вниз* в блоке *БП-04*;

- выключите питание низковольтных цепей схемы тумблером *SA1* *вниз* в блоке *БП-01*;

- выключите стенд кнопкой *S2* и автоматическим выключателем *QF1* *вниз* в блоке *БВ-02*;

- уберите все переключки на стенде;

- уберите сменную панель.



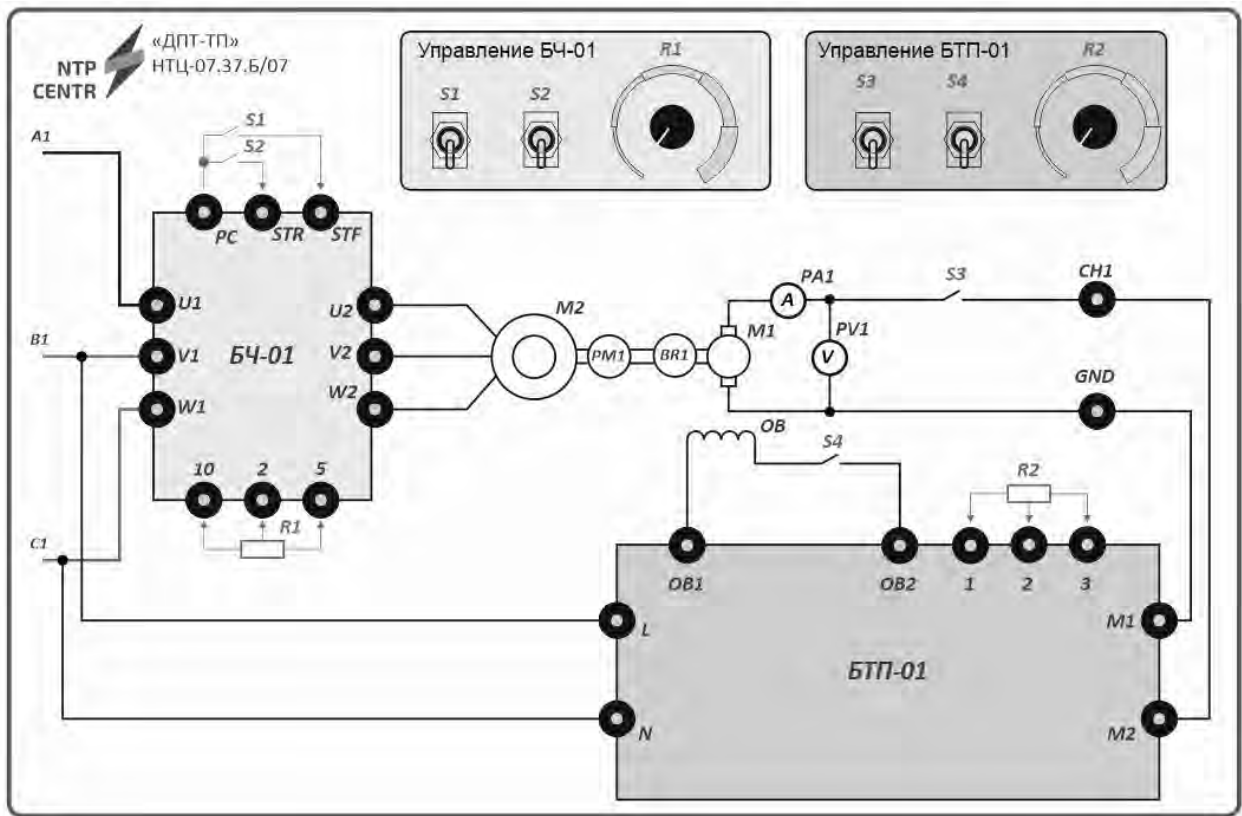


Рисунок 13. Сменная панель НТЦ-07.37Б/07 «ДПТ-ТП»

3 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Схема электрическая принципиальная.
3. Подготовка прибора к работе.
4. Результаты измерений;
5. Ответы на контрольные вопросы.

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое основное назначение частотного преобразователя?
2. Дать определение понятия мостового выпрямителя.
3. Перечислить условия открытия тиристора.
4. Что называют естественной коммутацией тиристора?
5. Перечислите недостатки фазового регулирования схемы выпрямителя.