

ЛЕКЦИЯ №5 ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ С ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель занятия:

1. Свойства электроприводов с двигателями постоянного тока
2. Системы управления

Лектор: PhD, ст. преп. каф. «ТиЛС»
Сулеев Б.Д.

Основные свойства электроприводов с двигателями постоянного тока. Большинство двигателей постоянного тока — это коллекторные машины. Их основными конструктивными элементами являются: станина с закрепленными на ней главными и добавочными полюсами, вращающийся якорь с обмоткой и коллектором, а также щеточный узел. Главные полюсы с обмоткой возбуждения или с постоянными магнитами создают магнитный поток машины, обмотки добавочных полюсов обеспечивают нормальную коммутацию тока якоря.

Управление электроприводом требует регулирования его координат: тока, момента, скорости, ускорения, положения и т.п. Наиболее экономичный способ их регулирования в электроприводе постоянного тока связан с изменением электродвижущей силы (ЭДС) или тока с помощью управляемого преобразователя (УП), питающего якорь двигателя. В качестве

УП могут быть использованы электромашинные (генераторы постоянного тока) или полупроводниковые (тиристорные, транзисторные) преобразователи.

Система управляемый преобразователь — двигатель (УП-Д) показана на рисунке 5.1а. Якорь двигателя Я подключен к выходу преобразователя УП, а обмотка возбуждения ОВ получает питание от отдельного источника.

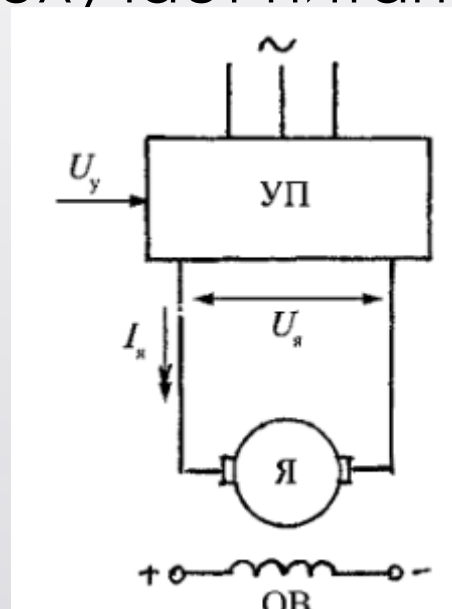


Рисунок 5.1 – Схема включения системы УП-Д

Система УП-Д позволяет осуществить и двухзонное регулирование скорости, при котором в диапазоне значений скорости от $\omega_{\min}$ до $\omega_{\text{ном}}$ (первая зона) скорость регулируется путем изменения ЭДС преобразователя (напряжения $U_{\text{я}}$), а в диапазоне от $\omega_{\text{ном}}$ до $\omega_{\text{макс}}$ (вторая зона) — уменьшением магнитного потока двигателя.

Система генератор-двигатель. В системе генератор—двигатель (Г-Д) в качестве УП используют генератор постоянного тока Г (рисунок 5.2а), который приводится во вращение двигателем переменного тока Д1 (асинхронным или синхронным). Обмотка возбуждения генератора ОВГ получает питание от дополнительного управляемого источника питания ВГ (возбудителя генератора).

Изменяя ток возбуждения генератора $I_{\text{вг}}$ с помощью напряжения управления $u_{\text{у}}$ на входе возбудителя, можно регулировать ЭДС генератора $E_{\text{г}}$ а следовательно, и напряжение $U_{\text{я}}$. Зависимость $E_{\text{г}}(I_{\text{вг}})$ при постоянной скорости генератора ($\omega_{\text{г}}=\text{const}$), которую называют характеристикой холостого хода генератора, показана на рисунке 5.2б.

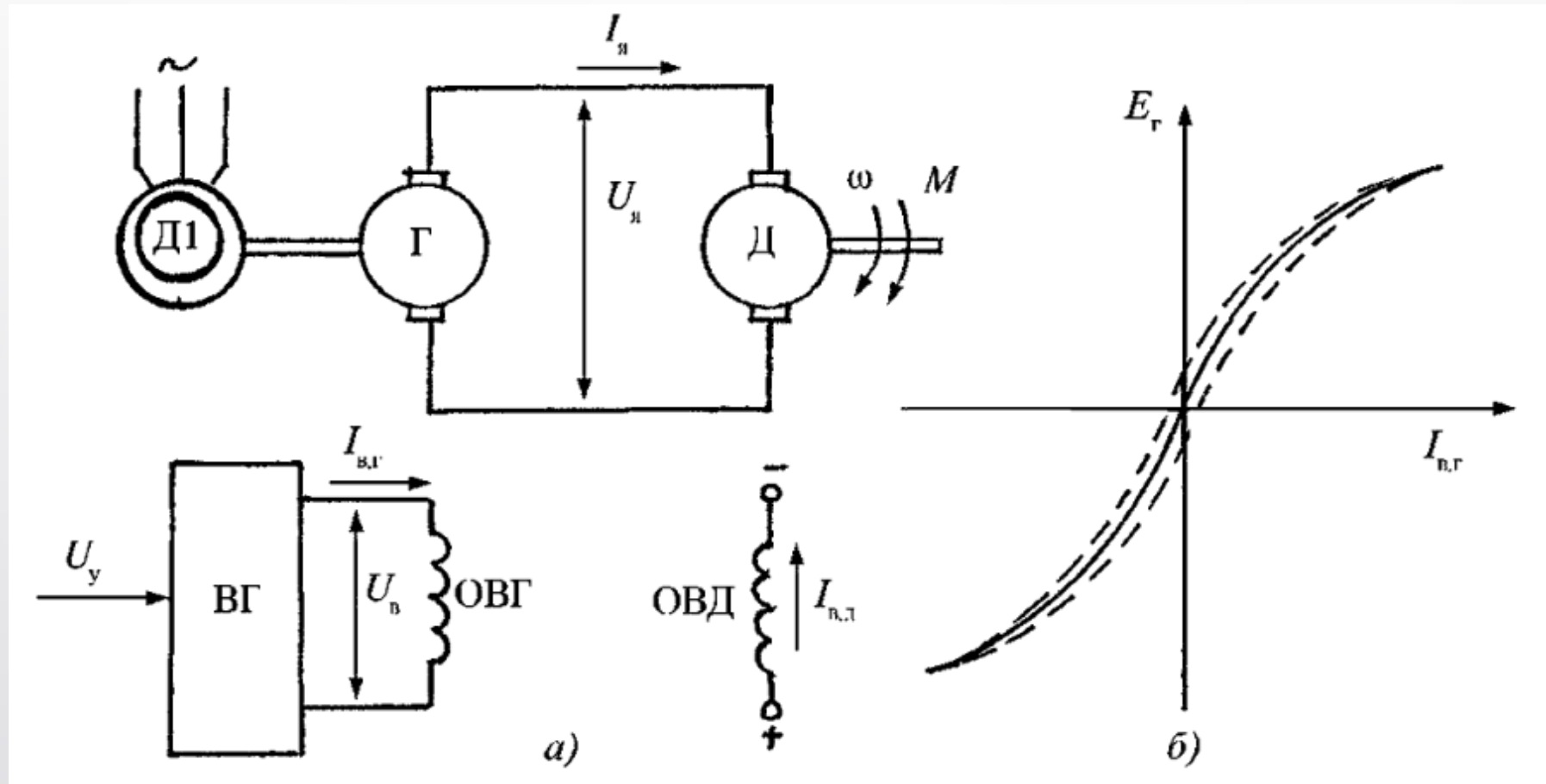


Рисунок 5.2 – Схема включения системы Г-Д

Изменяя ток в обмотке возбуждения двигателя $I_{вд}$, можно регулировать магнитный поток двигателя и тем самым осуществлять двухзонное регулирование скорости.

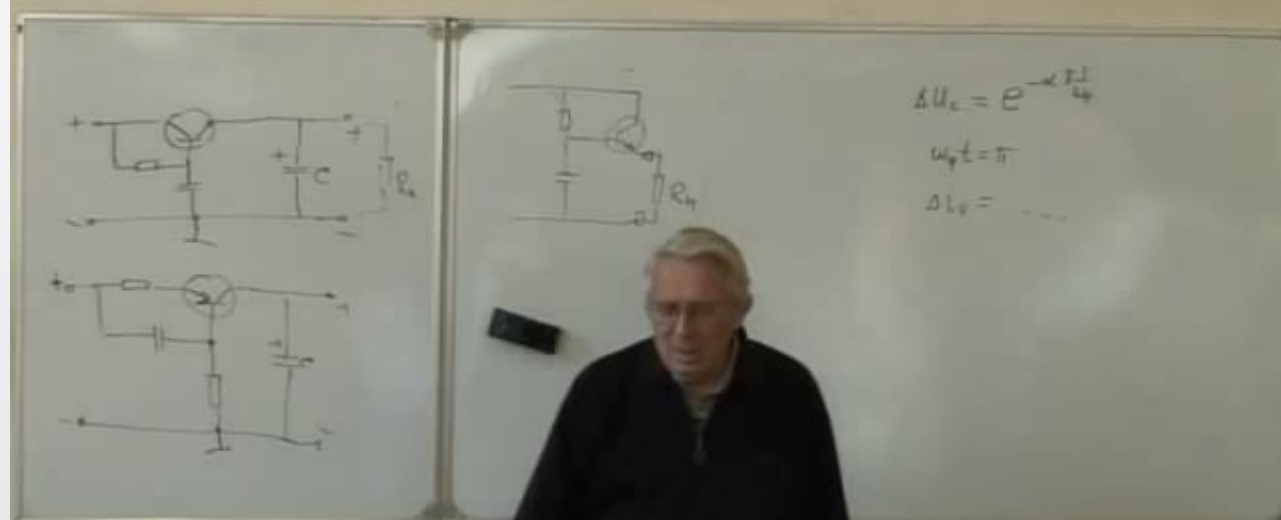
К достоинствам системы Г-Д следует отнести: сравнительно высокую жесткость и линейность механических характеристик, возможность осуществления всех энергетических режимов работы электропривода, включая и рекуперативное торможение, отсутствие влияния электропривода на форму напряжения питающей сети.

Недостатками системы Г-Д являются: уменьшение КПД системы вследствие двукратного преобразования энергии в преобразователе (сначала из электрической энергии переменного тока в механическую на валу генератора, а затем из механической в электрическую энергию постоянного тока); трехкратная (по отношению к мощности двигателя) суммарная установленная мощность электрических машин и отсюда высокие капитальные затраты и большие габаритные размеры установки; большая инерционность преобразователя.

Система тиристорный преобразователь-двигатель (ТП-Д) относится к числу основных систем регулируемого электропривода постоянного тока. Тиристорные преобразователи выполняются по различным схемам выпрямления и могут иметь один комплект (группу) вентилей или два комплекта (группы), что связано с их односторонней проводимостью. В нереверсивных электроприводах преобразователь содержит одну группу вентилей; такой преобразователь называют также нереверсивным, так как ток может протекать только в одном направлении.

В реверсивном электроприводе преобразователь состоит из двух групп вентилей. При одном направлении тока работает одна группа, а при другом — другая. Поэтому преобразователь с двумя группами называют реверсивным.

Управление двумя группами вентилей может быть совместным или раздельным. При совместном управлении отпирающие импульсы поступают на обе группы тиристоров, а при раздельном — только на тиристоры работающей группы.



$$\Delta U_c = e^{-\alpha T_{eq}}$$

$$\omega_p t = \pi$$

$$\Delta I_v = \dots$$



Функциональная схема реверсивного электропривода по системе ТП-Д показана на рисунке 5.3а, где преобразователь ТП состоит из согласующего трансформатора ТС, двух встречно-параллельных вентильных групп ВГ1 и ВГ2 с трехфазной мостовой схемой выпрямления и отдельным управлением группами и системы импульсно-фазового управления (СИФУ).

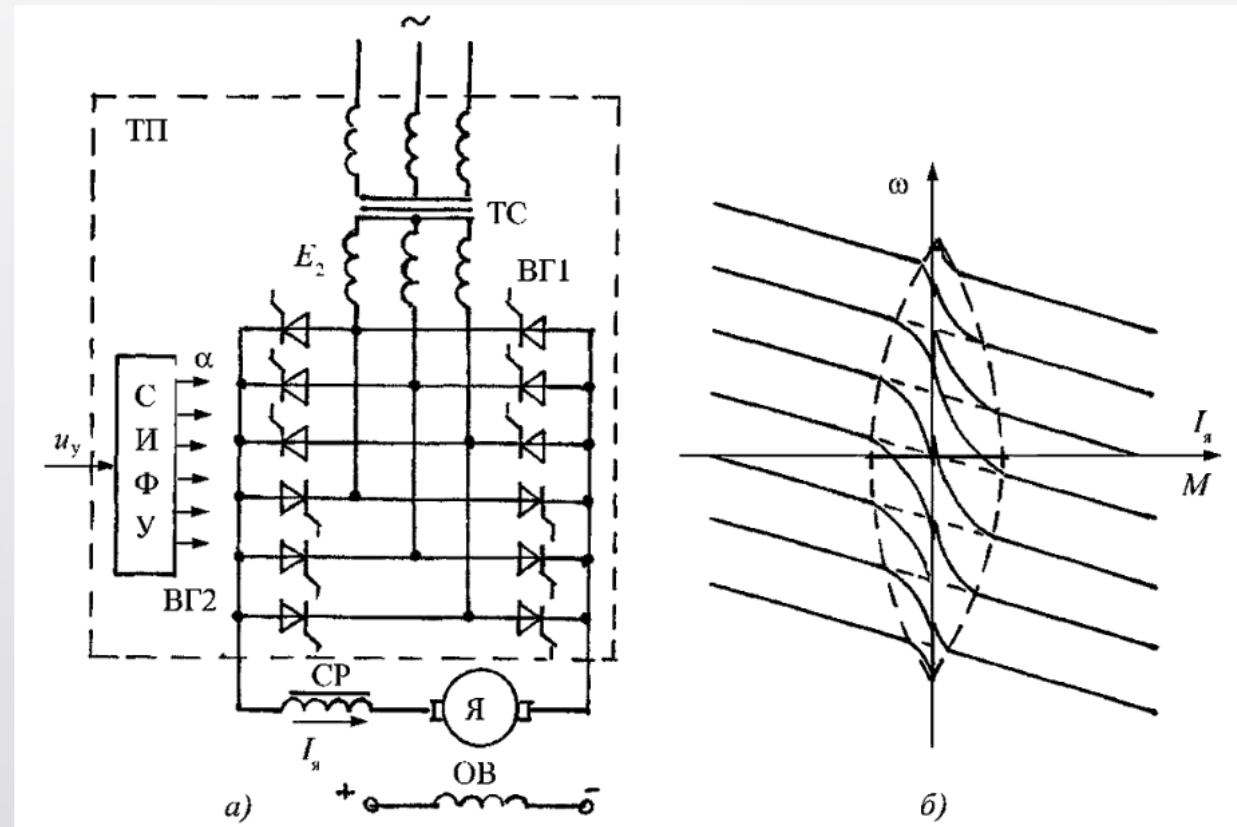


Рисунок 5.3 – Схема включения системы ТП-Д

Трансформатор ТС согласует напряжение питающей сети с номинальным напряжением двигателя, а система импульсно-фазового управления формирует отпирающие импульсы, угол (фаза) а которых зависит от напряжения управления u_y на входе преобразователя. Зависимость ЭДС на выходе преобразователя E_n от угла α определяется как:

$$E_n = E_{d0} \cos \alpha$$

где E_{d0} - максимальное значение ЭДС преобразователя.

$$E_{d0} = \sqrt{2} \cdot E_2 \left(\frac{mk_{c.g}}{\pi} \right) \sin\left(\frac{\pi}{mk_{c.g}}\right)$$

где E_2 - действующее значение ЭДС вторичной фазной обмотки трансформатора;

m – число фаз источника питания;

$k_{c.g}$ - тактность схемы выпрямления (для нулевых схем = 1, а для мостовых = 2).

Особенностью системы ТП-Д является наличие двух токовых режимов: непрерывного и прерывистого токов в цепи якоря двигателя. Достоинствами системы ТП-Д являются: высокий КПД, большее быстродействие по сравнению с системой Г-Д и простота технического обслуживания. К числу недостатков следует отнести: меньшую жесткость механических характеристик по сравнению с системой Г-Д; снижение коэффициента мощности пульсирующий характер выпрямленного напряжения; влияние на форму напряжения сети из-за коммутации вентилей и несинусоидальности потребляемого тока; необходимость применения двух вентильных групп в реверсивном электроприводе.

Несмотря на отмеченные недостатки, система ТП-Д получила наибольшее распространение в электроприводах прокатных станов, металлорежущих станков, экскаваторов и ряде других механизмов

Система широтно-импульсный преобразователь-двигатель ШИП-Д содержит неуправляемый источник U , полупроводниковые ключи $K_1...K_4$, и двигатель постоянного тока независимого возбуждения, якорь которого включен в диагональ моста, образованного ключами (рисунок 5.4а).

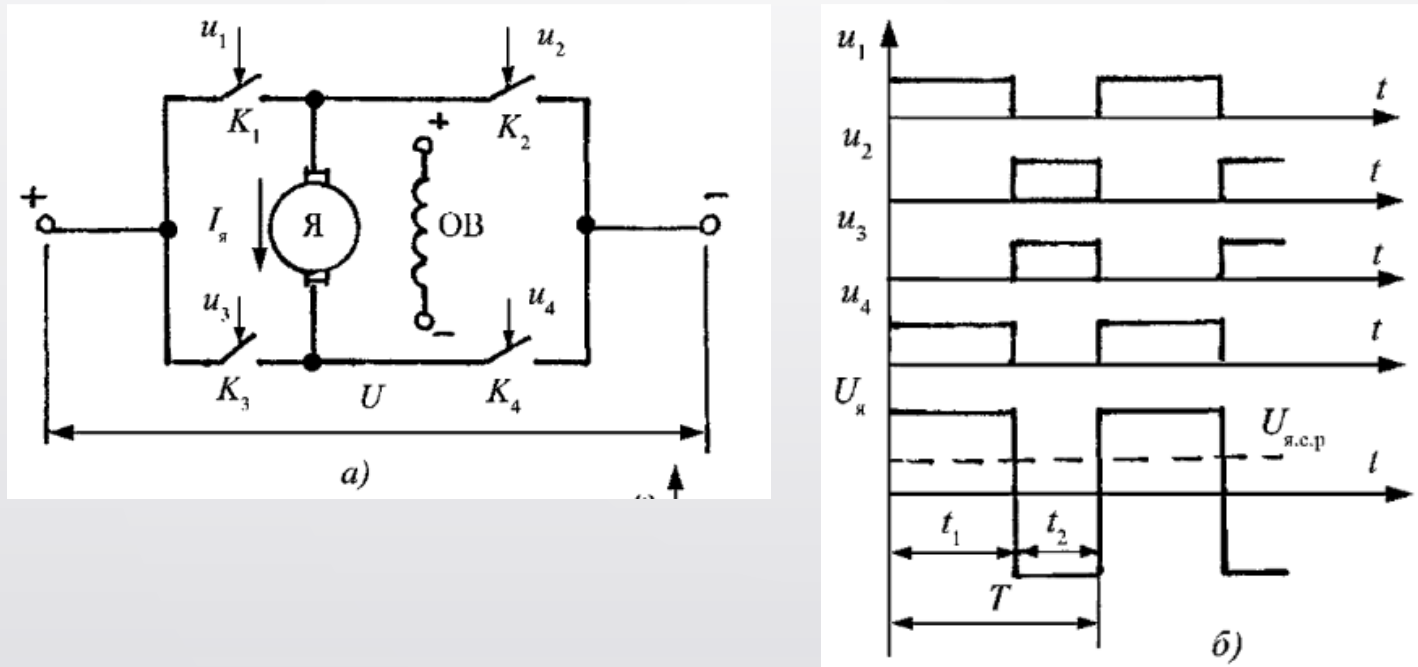
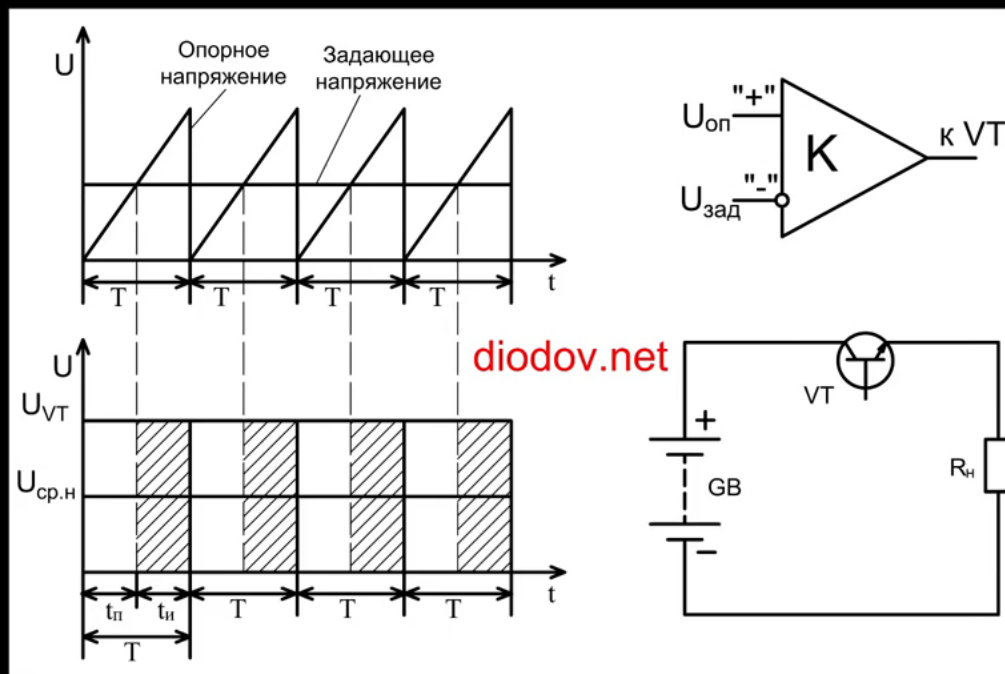


Рисунок 5.4 – Схема включения системы ШИП-Д

При симметричном управлении ключами (рисунок 5.4б), когда с помощью сигналов управления $u_1 \dots u_4$ попеременно открывается (закрывается) пара диаметрально расположенных ключей K_1 K_4 или K_2 , K_3 .

Достоинствами системы ШИП—Д (по сравнению с системами Г-Д и ТП-Д) являются: более высокие значения КПД и коэффициента мощности, который остается постоянным во всем диапазоне регулирования скорости; больший диапазон регулирования скорости, достигающий значений $D = 20 \dots 30$; более высокое быстродействие; простота технической реализации как силовой части, так и системы управления.

К числу недостатков промышленных систем ШИП-Д следует отнести ограниченную силовыми полупроводниковыми ключами преобразователя мощность электропривода (< 100 кВт). Однако появление управляемых полевых транзисторов (MOSFET) и биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT) большой мощности в совокупности с микропроцессорными системами управления создают условия более широкого распространения систем ШИП-Д в электроприводе.



Система источник тока-двигатель (ИТ—Д). Ряд технологических установок (натяжные устройства, тянущие ролики, моталки, разматыватели и т.п.) требуют регулирования момента на рабочем органе. При постоянном потоке момент двигателя пропорционален току якоря, поэтому регулирование момента двигателя возможно при питании его якорной цепи от регулируемого источника тока.

Источником тока является преобразователь, на выходе которого ток всегда постоянен и не зависит ни от сопротивления, ни от ЭДС цепи нагрузки.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов, Ю.М. Основы электрического привода [Текст]: учебник для вузов / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. – М.: Колос, 2007. – 252 с.: ил. – 1000 экз.–ISBN 978-5-9532-0540-5
2. Ильинский, Н.Ф. Основы электропривода [Текст]: учебник для вузов /Н.Ф Ильинский. – М.: Изд. МЭИ, 2007. – 221 с.: ил. – 1000 экз.– ISBN 978-5-383-00001-4.
3. Машиностроение. Энциклопедия / ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение. Электроприводы. Т.IV-2/ Л.Б. Масандилов, Ю.Н. Сергиевский, С.К. Козырев и др.; под общ. ред. Л.Б. Масандилова, 2012. 520 с.