

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра энергетики и технологии металлов

## **ДИНАМИЧЕСКОЕ ТОРМОЖЕНИЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Методические указания к выполнению  
лабораторной работы по курсу «Электромеханика»  
для студентов специальности 140211 «Электроснабжение»

Курган 2010

Кафедра: «Энергетики и технология металлов»

Дисциплина: «Электромеханика» (специальность 140211)

Составили: доцент, канд. техн. наук Ю.П. Агафонов,  
доцент, канд. техн. наук В.И. Мошкин.

Составлены на основе переработанных и дополненных методических указаний «Электрические машины» / Агафонов Ю.П. – Курган: Изд-во КГУ, 1995. – 43 с.

Утверждены на заседании кафедры      3 декабря 2009 г.

Рекомендованы методическим советом университета

«24» декабря 2009 г.

## Динамическое торможение асинхронного двигателя

**Цель работы:** ознакомиться со схемой динамического торможения асинхронного электродвигателя, оценить эффективность этого торможения.

В работе используется оборудование: асинхронный короткозамкнутый двигатель (М); понижающий трансформатор (Т); контакторы (пускатели) переменного тока (КМЛ, КМТ); электромагнитное реле времени (КТ); полупроводниковые выпрямители (VD1...VD4; VD5...VD8); кнопочная станция (пуск, стоп); пакетный выключатель (SA<sub>1</sub>); амперметр электромагнитный (РА); электрический секундомер (Кt).

### Описание работы схемы управления

Асинхронный двигатель М в режиме динамического торможения возбуждается выпрямленным током от полупроводникового выпрямителя VD1...VD4, который включен через понижающий трансформатор Т, имеющий на стороне низшего напряжения 4 вывода вторичной обмотки для изменения величины тормозного тока в обмотках асинхронного двигателя М. Катушка электромагнитного реле времени КТ включается на постоянном напряжении через полупроводниковый выпрямитель VD5...VD8. Схема силовая приведена на рис.1, схема управления торможением - на рис.2.

Пуск асинхронного двигателя (АД) М осуществляется обычным способом с помощью контактора переменного тока или магнитного пускателя КМЛ (линейного), который включается после нажатия кнопки «пуск» (рис. 2). Для исключения одновременного включения линейного (КМЛ) и тормозного (КМТ) пускателей служит электрическая блокировка в виде размыкающего блок-контакта тормозного пускателя КМТ.4, включенного в цепь катушки линейного пускателя КМЛ.

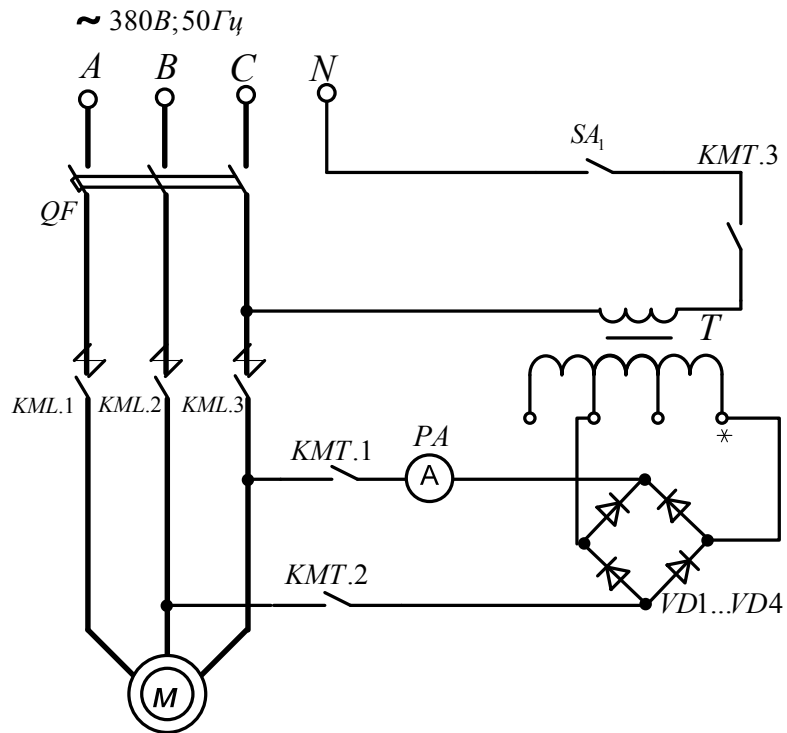


Рис.1. Силовая схема динамического торможения

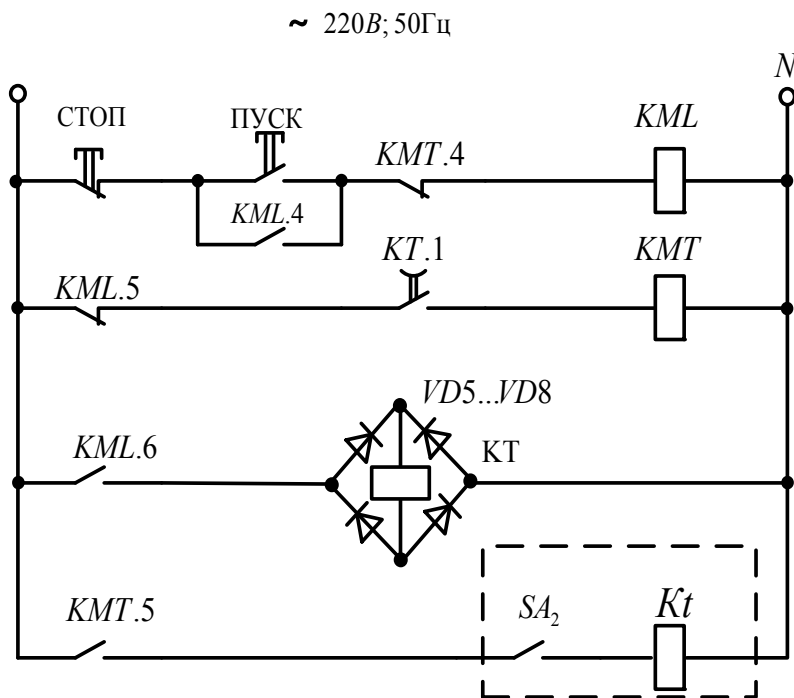


Рис.2. Схема управления динамического торможения

После включения линейного пускателя его размыкающий блок-контакт KML.5 в цепи катушки KMT размыкается, а замыкающий блок – контакт KML.6 в цепи катушки реле времени KT - замыкается. Реле времени KT

включается и замыкает свой замыкающий контакт КТ.1 в цепи катушки КМТ (без выдержки времени). Но тормозной пускатель не включается из-за разомкнутого контакта КМЛ.5. Особенность контакта КТ.1 в том, что он при обесточивании катушки КТ размыкается с выдержкой времени (смотри положение контакта на схеме). В таком состоянии схема находится во время работы двигателя М.

При нажатии на кнопку «Стоп» теряет питание катушка КМЛ, а контактор из трёх контактов КМЛ.1, КМЛ.2, КМЛ.3 пускателя КМЛ отключает (под действием возвратной пружины) двигатель М от сети. Сразу после отключения пускателя КМЛ замыкается блок - контакт КМЛ.5 в цепи катушки КМТ, при этом контакт реле времени КТ.1 ещё включен, следовательно, катушка тормозного пускателя КМТ притягивается, подключает через свой блок - контакт КМТ.3 трансформатор к сети, а обмотку статора двигателя с вращающимся по инерции ротором - к выпрямителю через силовые контакты КМТ.1 и КМТ.2. Пока по обмотке двигателя идет выпрямленный ток, происходит динамическое торможение двигателя до полной его остановки.

Замыкающий блок - контакт КМЛ.6, разомкнувшись, сразу прерывает питание катушки реле времени КТ, но якорь реле отпадает не сразу, а с выдержкой времени (благодаря вихревым токам, которые возникают при резком уменьшении магнитного потока и некоторое время протекают по короткозамкнутому медному витку – гильзе на сердечнике).

Величину выдержки времени меняют с помощью изменения натяжения возвратной пружины реле времени КТ. Это время следует отрегулировать так, чтобы оно было равно времени торможения  $t_T$ .

Как только разомкнётся контакт КТ.1 реле времени, катушка тормозного пускателя КМТ теряет питание, а двигатель отключается от выпрямителя. Схема готова к следующему пуску.

### **Порядок выполнения работы**

1. По схемам рис.1 и рис.2 изучить взаимодействие входящих в них аппаратов.
2. Собрать схему управления асинхронным двигателем (АД), сначала силовую цепь (рис.1), затем после проверки преподавателем первой цепи – вторую, цепь управления (рис.2).
3. После проверки всей схемы преподавателем опробовать работу схемы в следующей последовательности:

а) при отключенном пакетном выключателе SA<sub>1</sub> произвести пробный пуск АД;

б) при отключенном линейном контакторе (пускателе) KML и включенном пакетном выключателе SA<sub>1</sub>, принудительно замкнуть контакты реле времени КТ (нажатием в течение нескольких секунд на якорь реле), при этом должен включиться тормозной пускатель КМТ. Измерить величину выпрямленного тока по амперметру РА и записать это значение;

в) опробовать работу схемы в целом.

4. Произвести наладку схемы динамического торможения при трех значениях выпрямленного тока. Величину этого тока торможения изменять, переключая выводы вторичной обмотки трансформатора Т при отключенном напряжении источника (автомат QF отключить!). Выдержка времени реле КТ должна быть каждый раз равной времени торможения двигателя.

5. Замерить с помощью электросекундомера времени торможения при различных значениях выпрямленного тока, сравнивая их со временем выбега АД без торможения, оценить эффективность динамического торможения. По результатам п.5 построить в одних осях три механические характеристики, соответствующие динамическому торможению АД.

### **Порядок построения механических характеристик при динамическом торможении АД**

1. Расчёт механической характеристики ведётся без учёта насыщения магнитной схемы АД для схемы соединения его статора звездой.

2. По измеренным значениям трёх тормозных выпрямленных токов I<sub>T1</sub>, I<sub>T2</sub>, I<sub>T3</sub> найти расчётные эквивалентные переменные токи I<sub>ЭКВ1</sub>, I<sub>ЭКВ2</sub> и I<sub>ЭКВ3</sub> по следующей формуле /1/:

$$I_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot I_T.$$

3. По формуле Клосса  $M = 2M_{\text{кр}} / \left( \frac{s}{s_{\text{кр}}} + \frac{s_{\text{кр}}}{s} \right)$ , в которой нужно предварительно найти значения  $M_{\text{кр}}$  и  $s_{\text{кр}}$ , рассчитать и построить в одних осях три механические характеристики. Значения  $M_{\text{кр}}$  и  $s_{\text{кр}}$  найти по следующим формулам /1/:

$$M_{кр} = \frac{3}{2} \cdot \frac{I_{эКВ}^2 \cdot x_0}{\Omega_1},$$

где  $x_0 = \frac{U_{1ф} \cdot \sin \varphi_{10}}{I_{10}}$  - реактивное сопротивление ветви холостого хода схемы замещения АД;  $I_{10} = 0,4 \cdot I_{ном}$  - ток холостого хода АД;  $\cos \varphi_{10} = 0,2$ ;  $\Omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30}$ , рад/с - синхронная частота вращения магнитного поля;  $s_{эб} = s_{ин} (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1})$  - критическое скольжение АД;  $\lambda$  - перегрузочная способность (принять:  $P_{ном} = 3,2$  кВт;  $n_{ном} = 1440$  об/мин;  $\lambda = 2$ ;  $\eta_{ном} = 0,88$ ;  $\cos \varphi_{ном} = 0,82$ ).

4. Текущее значение скольжения  $s$  для режима динамического торможения связано с частотой вращения (об/мин) формулой:

$$s = \frac{n_2}{n_1}.$$

Результаты расчёта занести в итоговую таблицу 1, по которой строить три механические характеристики  $n_2 = f(M)$  при  $I_T = \text{const}$ .

Характеристики динамического торможения  $n_2 = f(M)$  начертить во втором квадранте, а в первом - естественную характеристику АД, построенную по каталожным данным двигателя ( по четырём точкам).

### Механические характеристики при торможении АД

Таблица 1

$s$ , о.е.	0	$s_{ном}$	0,1	$s_{кр}$	0,2	0,4	0,6	1,0
$n_2 = n_1 \cdot s$ , об/мин								
$M = \frac{2M_{кр}}{s/s_{кр} + s_{кр}/s}$ , Н·м	$I_{T1} = \dots \text{А}; M_{кр1} = \dots \text{Н}\cdot\text{м}; t_{торм1} = \dots$							
	$I_{T2} = \dots \text{А}; M_{кр2} = \dots \text{Н}\cdot\text{м}; t_{торм2} = \dots$							
	$I_{T3} = \dots \text{А}; M_{кр3} = \dots \text{Н}\cdot\text{м}; t_{торм3} = \dots$							

## Контрольные вопросы


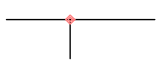
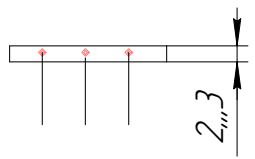
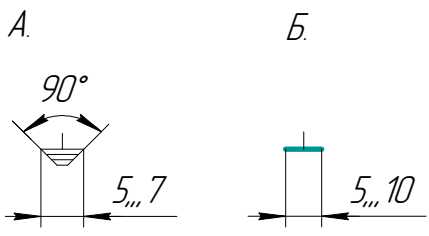
1. Что произойдёт, если во время торможения АД нажать на кнопку «Пуск»? Какую роль при этом играет размыкающий контакт КМТ.4?
2. Можно ли в данной схеме применять в качестве реле времени КТ электромагнитное реле без гильзы?
3. От чего зависит длительность торможения АД в данной схеме?
4. В каких тормозных режимах может работать АД?
5. Изобразите механические характеристики АД всех известных способов торможения.
6. Поясните назначение следующих элементов схемы управления динамическим торможением (рис. 2):
  - а) контакт КМЛ.5 в цепи катушки контактора КМТ;
  - б) контакт КМТ.4 в цепи катушки контактора КМЛ;
  - в) контакт КМЛ.6 в цепи катушки реле времени КТ;
  - г) контакт КМТ.5 в цепи электросекундомера Кт;
  - д) выпрямитель на диодах VD5...VD8.
7. Обладает ли АД при динамическом торможении свойством саморегулирования?

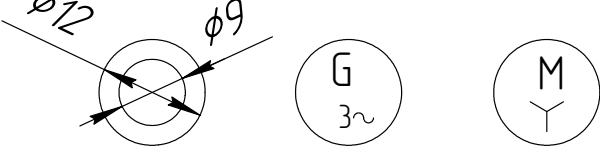
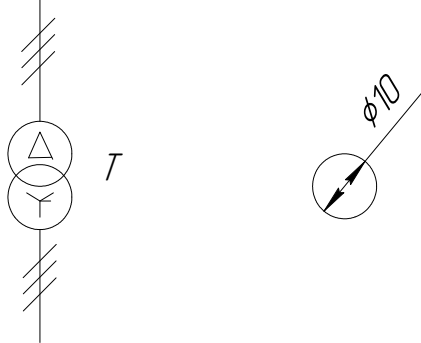
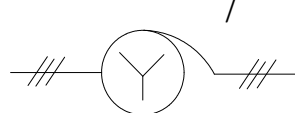
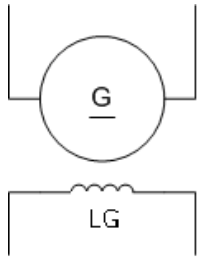
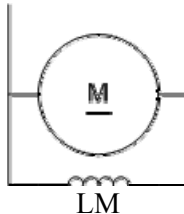
## Список литературы

1. Хализев Т.П., Серов В.И. Расчёт пусковых, тормозных и регулировочных устройств для электродвигателей.- М.: Высш. шк.,1966.-С.171 – 192.
2. Онищенко Г.Б. Электрический привод: Учебник для вузов.– М.: АКАДЕМИЯ, 2006. – С.66 – 72.



Условные обозначения элементов схем (ГОСТ 2.722-68: -2.755-74)

Наименование и буквенные обозначения в схемах	Обозначение
Линия электропередач, или провод, общее обозначение (W)	<p style="text-align: center;">W</p> 
Ответвление от линий	
Отводы (отпайки) от шин	
<p>А.Заземление</p> <p>Б.Корпус (аппарата, машины)</p>	<p style="text-align: center;">А.                      Б.</p> 

Наименование и буквенные обозначения в схемах	Обозначение
<p>Машина электрическая (G,M):</p> <p>А.Общее обозначение (внутри окружности можно указать род машины, род тока, число фаз или вид соединения обмоток)</p> <p>Б.Трехфазный генератор переменного тока (G).</p> <p>В.Двигатель с соединением обмоток в звезду (M).</p>	<p style="text-align: center;">А.                      Б.                      В.</p> 
<p>Трансформатор трехфазный (Т) (соединение обмоток «треугольник – звезда с заземлением нейтрали»)</p>	
<p>Автотрансформатор трехфазный (Т) (соединение обмоток звездой)</p>	
<p>Генератор постоянного тока (G) с независимым возбуждением</p>	
<p>Двигатель постоянного тока (M) с параллельным возбуждением</p>	

Агафонов Юрий Петрович  
Мошкин Владимир Иванович

## **ДИНАМИЧЕСКОЕ ТОРМОЖЕНИЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Методические указания к выполнению  
лабораторной работы по курсу «Электромеханика»  
для студентов специальности 140211 «Электроснабжение»

Редактор Н.М. Устюгова

---

Подписано к печати	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл.печ.л.0,75	Уч.-изд. л. 0,75
Заказ	Тираж 50	Цена свободная

---

Редакционно-издательский центр КГУ.  
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.  
Курганский государственный университет.