



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Электротехника и электроника»

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЬНО- МАШИННОГО КАСКАДА

методические указания по выполнению лабора-
торно-практической работы № 4 по дисци-
плине

«Электрический привод»

Авторы

Лаврентьев А.А.; Тринц Д.В.

Ростов-на-Дону, 2012



Аннотация

Методические указания к лабораторно-практической работе № 4 по дисциплине «Электрический привод» предназначены для студентов направления 140600 «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» профиля «Электрооборудование автомобилей и тракторов»

Авторы

доктор ф.-м. н. Лаврентьев А.А.;
ст. преп. Тринц Д.В.





Оглавление

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	4
2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ.....	4
3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	11



1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить принцип действия вентильно-машинных каскадов на базе асинхронного двигателя с фазным ротором, освоить методы моделирования таких каскадов в программной среде MATLAB.

2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Каскадные электроприводы с асинхронными двигателями с фазным ротором в отличие от асинхронных электроприводов с параметрическими и импульсными способами управления целесообразно применять в установках средней и большой мощности, работающих в продолжительном режиме при относительно небольших диапазонах регулирования. К таким установкам относятся, например, воздуходувки, центробежные насосы, шахтные вентиляторы, приводы бумажных машин, шаровые мельницы и др.

Каскадные электроприводы позволяют полезно использовать энергию скольжения, повышая при этом эффективность электропривода. Они легко поддаются автоматизации и позволяют обеспечить оптимальный режим работы производственного механизма.

Каскадные электроприводы в зависимости от того, как реализуется энергия скольжения, разделяются на электрические и электромеханические. В электрических каскадах энергия скольжения за вычетом потерь возвращается в питающую сеть. В электромеханических энергия скольжения, преобразованная в механическую энергию, возвращается на вал основно-



Электрический привод

го асинхронного двигателя.

По типу устройства, преобразующего энергию скольжения, различают электромашинные, вентильно-машинные и вентильные каскады.

Электромашинные каскады с асинхронными двигателями не получили широкого применения, так как предусматривали включение в роторную цепь одноякорного преобразователя, отличающегося повышенной инерционностью, неудовлетворительными условиями коммутации и неустойчивой работой при малых скольжениях.

Бурное развитие силовой полупроводниковой техники и особенно тиристоров, а также интегральных систем управления значительно расширило область использования вентильных каскадных приводов, повысив их надежность и КПД.

Наиболее простыми схемами вентильных и вентильно-машинных каскадов являются схемы с промежуточным звеном постоянного тока. Принципиальная схема вентильно-машинного электромеханического каскада приведена на рис. 7. К сети переменного тока присоединяется статор асинхронного двигателя «M1», ротор которого механически связан с двигателем постоянного тока «M2». Якорь двигателя соединен через выпрямительный мост с обмоткой ротора; реализуемая двигателем постоянного тока энергия скольжения за вычетом потерь возвращается на вал привода.



Электрический привод

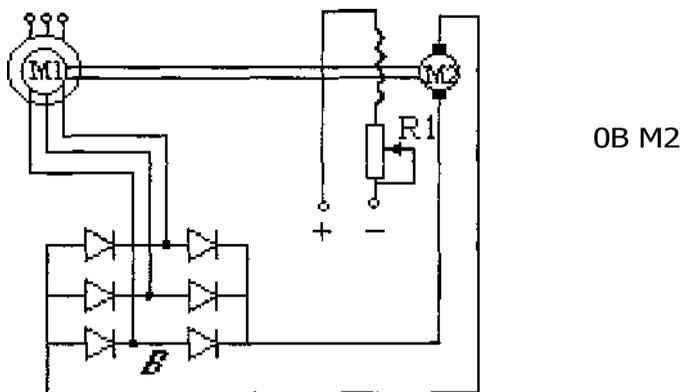


Рис. 1. Принципиальная схема вентильно-машинного электромеханического каскада.

Регулирование угловой скорости привода осуществляется изменением добавочной ЭДС, создаваемой двигателем постоянного тока, в цепи выпрямленного напряжения. Управляющим воздействием при регулировании угловой скорости является изменение тока возбуждения двигателя постоянного тока. С увеличением тока возбуждения снижается угловая скорость двигателей. Очевидно, что в электромеханическом каскаде ЭДС машины постоянного тока зависит не только от тока возбуждения, но и от угловой скорости асинхронного двигателя, поскольку обе машины находятся на одном валу. Электромагнитный момент, развиваемый каскадом, равен сумме моментов асинхронного двигателя и машины постоянного тока:

$$M_{\text{каскад}} = M_{M1} + M_{M2} = (E_{d0} - m x_d I_d / 2\pi) I_d / \omega_0 + k \Phi_{M2} I_d . \quad (1)$$

Уравнение равновесия ЭДС роторной цепи:

$$E_{d0} s = E_{M2} + R_3 I_d + 2 \Delta U . \quad (2),$$



Электрический привод

где $R_э$ — эквивалентное сопротивление роторной цепи; $2\Delta U$ — падение напряжения на вентилях. Подставляя в (2) вместо $E_{M2} = k\Phi_{M2}\omega_0(1-s)$, находим скольжение асинхронного двигателя, соответствующее угловой скорости идеального холостого хода каскада (полагая $I_d=0$):

$$s_0 = (k\Phi_{M2}\omega_0 + 2\Delta U) / (E_{d0} - k\Phi_{M2}\omega_0) . \quad (3)$$

С учетом (3) можно из (2) найти выражение для тока

$$I_d = (s - s_0)(E_{d0} - k\Phi_{M2}\omega_0) / R_э . \quad (4)$$

Подставляя из (4) значение тока в (1), после преобразований получаем:

$$M_{\text{каскад}} = (E_{d0} - k\Phi_{M2}\omega_0)^2 (s - s_0) [R_э - m\chi_d (s - s_0) / 2\pi] / R_э^2 \omega_0 . \quad (5)$$

Пренебрегая в (5) слагаемым $m\chi_d (s - s_0) / 2\pi$ по сравнению с $R_э$ (при значениях s , близких к s_0), получаем:

$$M_{\text{каскад}} = (E_{d0} - k\Phi_{M2}\omega_0)^2 (s - s_0) / R_э \omega_0 . \quad (6)$$

Из (4) и (6) следует, что с увеличением магнитного потока машины постоянного тока момент каскада возрастает, при этом угловая скорость его снижается. Примерные характеристики вентильно-машинного электромеханического каскада приведены на рис. 2.



Электрический привод

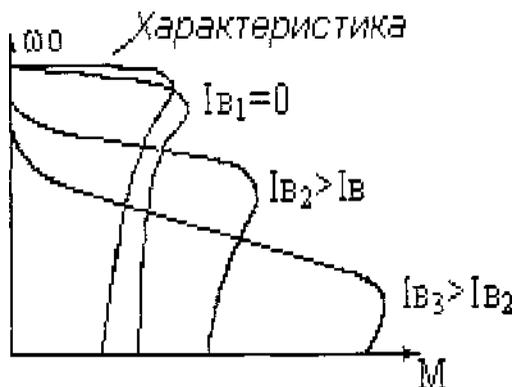


Рис. 2. Примерные механические характеристики вентильно-машинного электромеханического каскада.

Без учета потерь в машинах мощность, отдаваемая асинхронным двигателем на вал, равна:

$$P_{\text{мех}} = P_1(1-s), \quad (7)$$

где P_1 — мощность, потребляемая из сети; s — скольжение асинхронного двигателя.

Мощность скольжения, реализуемая двигателем постоянного тока и возвращаемая на вал каскада, равна:

$$P_s = -P_1s. \quad (8)$$

Таким образом, суммарная мощность, развиваемая каскадом независимо от скольжения (и от угловой скорости), будет поддерживаться постоянной. Поэтому иногда вентильно-машинный электромеханический каскад называют каскадом постоянной мощности. При этом следует иметь в виду, что поддержание постоянства мощности, а следовательно, возрастание момента каскада со снижением его угловой скорости может быть обеспечено соответствующим выбором машин каскада и независимой их вентиляцией.

Установленная мощность машины постоянного тока может



Электрический привод

быть найдена из равенства

$$P_1 s = M_{M2} \omega_0 (1-s), \quad (9)$$

откуда:

$$P_{M2} = M_{M2} \omega_0 = P_1 s / (1-s) \approx P_{M1} s / (1-s). \quad (10)$$

Уже при $s=0,5$ $P_{M2}=P_{M1}$; с ростом скольжения, т. е. с увеличением диапазона регулирования, мощность машины постоянного тока существенно возрастает по сравнению с мощностью P_{M1} , что вытекает из (10), поэтому диапазон регулирования ограничен практически значением 2:1. Вентильно-машинный каскад позволяет получить плавное однозонное (вниз от основной) экономичное регулирование. Коэффициент полезного действия каскада при регулировании угловой скорости и полной нагрузке составляет примерно 0,82—0,85, а коэффициент мощности асинхронного двигателя при номинальной угловой скорости и полной нагрузке составляет примерно 0,75—0,8. Стабильность угловой скорости примерно такая же, как и в случае электрического каскада.

Модель вентильно-машинного каскада показана на рис.3.



МОДЕЛЬ ВЕНТИЛЬНО-МАШИННОГО КАСКАДА

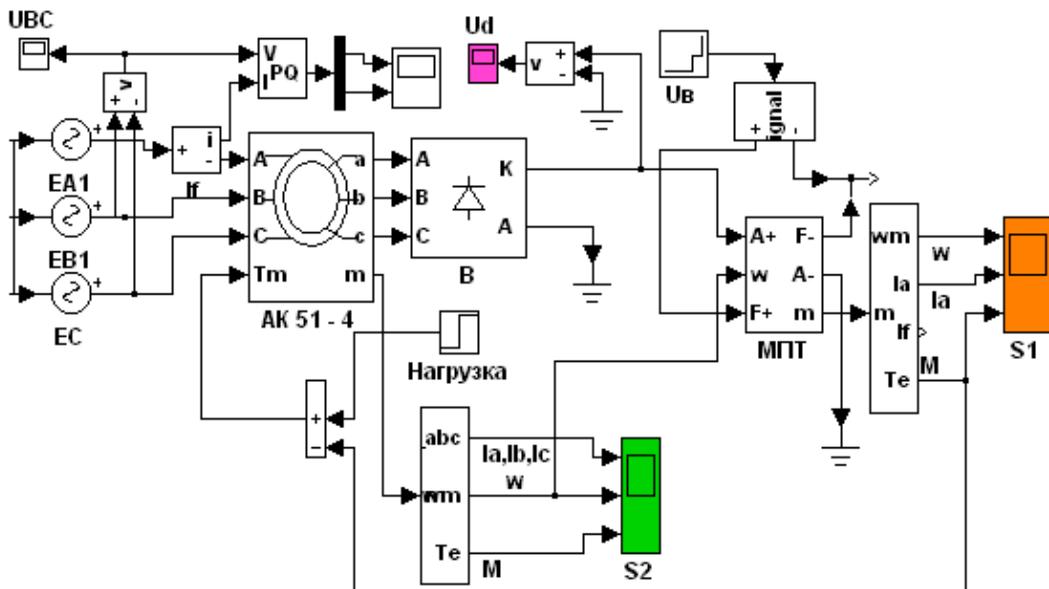


Рис.3

Модель содержит трехфазную сеть, асинхронный двигатель с фазным ротором AK51-4, трехфазный выпрямительный мост В, машину постоянного тока МПТ с регулируемым задатчиком напряжения возбуждения U_B , нагрузочное устройство, измерительные элементы и приборы.



3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить принцип действия и математическое описание вентильно-машинного каскада.
2. По заданию преподавателя рассчитать параметры элементов модели (рис.3).
3. Исследовать статические и динамические характеристики системы электропривода на модели при изменении управляющих и возмущающих воздействий. Проанализировать полученные результаты.