

## ОПИСАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ В РЕЖИМЕ ПУСКА

Кучаров Рамозон Юлдашевич

Ислон Каримов номидаги Тошкент Давлат Техника универаитети. Иссиқлик энергетика факультети  
Электр механикаси мутахассислиги. 111М-20 гуруҳ магистранти

## DESCRIPTION OF A MATHEMATICAL MODEL FOR RESEARCH OF ASYNCHRONOUS ENGINE WITH SHORT ROTOR IN PUSKA REGIME

Kucharov Ramozon Yuldashevich

Tashkent State Technical University named after Islam Karimov. Issyk-Kul Faculty of Power Engineering,  
specialty - Electrical Mechanics. 111M-20 undergraduate group

Математическая модель электрической машины – это система уравнений, описывающих процессы электромеханического преобразования энергии с допущениями, обеспечивающими необходимую точность решения для рассматриваемой задачи. Математические модели электрических машин широко используется для исследования электромеханических систем благодаря применению аналоговых и цифровых вычислительных машин. В настоящее время создано модели, позволяющие исследовать практически любые задачи, встречающиеся в электромашиностроении.

Несмотря на бесконечное конструктивное разнообразие индуктивных электрических машин все электрические машины с круговым полем в воздушном зазоре можно свести к обобщенной электрической машине. Как в машинах переменного, так и в машинах постоянного тока многофазная симметричная обмотка приводится к двухфазной, которая и рассматривается в обобщенной электрической машине. Процессы преобразования энергии в многополюсных машинах приводятся к процессам в двухполюсной машине.

Дифференциальные уравнения, описывающие переходные и установившиеся процессы в обобщенной машины в естественных или фазовых не преобразованных координатах, имеют вид

$$\left. \begin{aligned} u_a^s &= i_a^s r_a^s + d\Psi_a^s/dt; \\ u_b^s &= i_b^s r_b^s + d\Psi_b^s/dt; \\ -u_a^r &= i_a^r r_a^r + d\Psi_a^r/dt; \\ -u_b^r &= i_b^r r_b^r + d\Psi_b^r/dt; \end{aligned} \right\} (1)$$

В (1) потокосцепление обмоток

$$\left. \begin{aligned} \Psi_a^s &= L_a^s i_a^s + M(\cos\Theta) i_a^r + M(\sin\Theta) i_b^r; \\ \Psi_b^s &= L_b^s i_b^s + M(\cos\Theta) i_b^r + M(\sin\Theta) i_a^r; \\ \Psi_b^r &= L_a^r i_a^r + M(\cos\Theta) i_a^s - M(\sin\Theta) i_b^s; \\ \Psi_b^r &= L_b^r i_b^r + M(\cos\Theta) i_b^s + M(\sin\Theta) i_a^s; \end{aligned} \right\} (2)$$

В (1) и (2)  $u_a^s, u_b^s, u_a^r, u_b^r$  – напряжения обмотках статора и ротора ;  $i_a^s, i_b^s, i_a^r, i_b^r$ - токи в обмотках статора и ротора;  $r_a^s, r_b^s, r_a^r, r_b^r$  – активные сопротивления обмоток статора и ротора;  $M$ - взаимная индуктивность между обмотками статора и ротора;  $\Theta$  – угол между осями обмоток статора и ротора. Если подставить (1) и (2), получается громоздкие уравнения с периодическими коэффициентами. Для упрощения уравнений электромеханического преобразования энергии рассматривается псевдонеподвижная машина, в которой в обмотки ротора вводится э.д.с вращения. При этом в неподвижной и вращающейся машинах токи, активная и реактивные мощности остаются неизменными.

В неподвижной системе координат  $\alpha, \beta$  уравнения обобщенной машины, выраженные через потокосцепления, выглядят следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} u_{\alpha}^s &= i_{\alpha}^s r_{\alpha}^s + d\Psi_{\alpha}^s/dt; \\ u_{\beta}^s &= i_{\beta}^s r_{\beta}^s + d\Psi_{\beta}^s/dt; \\ u_{\alpha}^r &= i_{\alpha}^r r_{\alpha}^r + d\Psi_{\alpha}^r/dt + \omega_r \Psi_{\beta}^r; \\ u_{\beta}^r &= i_{\beta}^r r_{\beta}^r + d\Psi_{\beta}^r/dt - \omega_r \Psi_{\alpha}^r; \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Подставляя в (3) значения потокосцеплений

$$\left. \begin{aligned} \Psi_{\alpha}^s &= L_{\alpha}^s i_{\alpha}^s + M i_{\alpha}^r; \\ \Psi_{\beta}^s &= L_{\beta}^s i_{\beta}^s + M i_{\beta}^r; \\ \Psi_{\alpha}^r &= L_{\alpha}^r i_{\alpha}^r + M i_{\alpha}^s; \\ \Psi_{\beta}^r &= L_{\beta}^r i_{\beta}^r + M i_{\beta}^s; \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

В (3) и (4)  $u_{\alpha}^s, u_{\beta}^s, u_{\alpha}^r, u_{\beta}^r, i_{\alpha}^s, i_{\beta}^s, i_{\alpha}^r, i_{\beta}^r$  – соответственно напряжения и токи в обмотках статора и ротора по осям  $\alpha$  и  $\beta$ ;  $r_{\alpha}^s, r_{\beta}^s, r_{\alpha}^r, r_{\beta}^r$  – активные сопротивления обмоток статора и ротора;  $M$  – взаимная индуктивность;  $L_{\alpha}^s, L_{\beta}^s, L_{\alpha}^r, L_{\beta}^r$  – полные индуктивности обмоток статора и ротора по осям  $\alpha$  и  $\beta$ ;  $\omega_r$  – угловая скорость ротора.

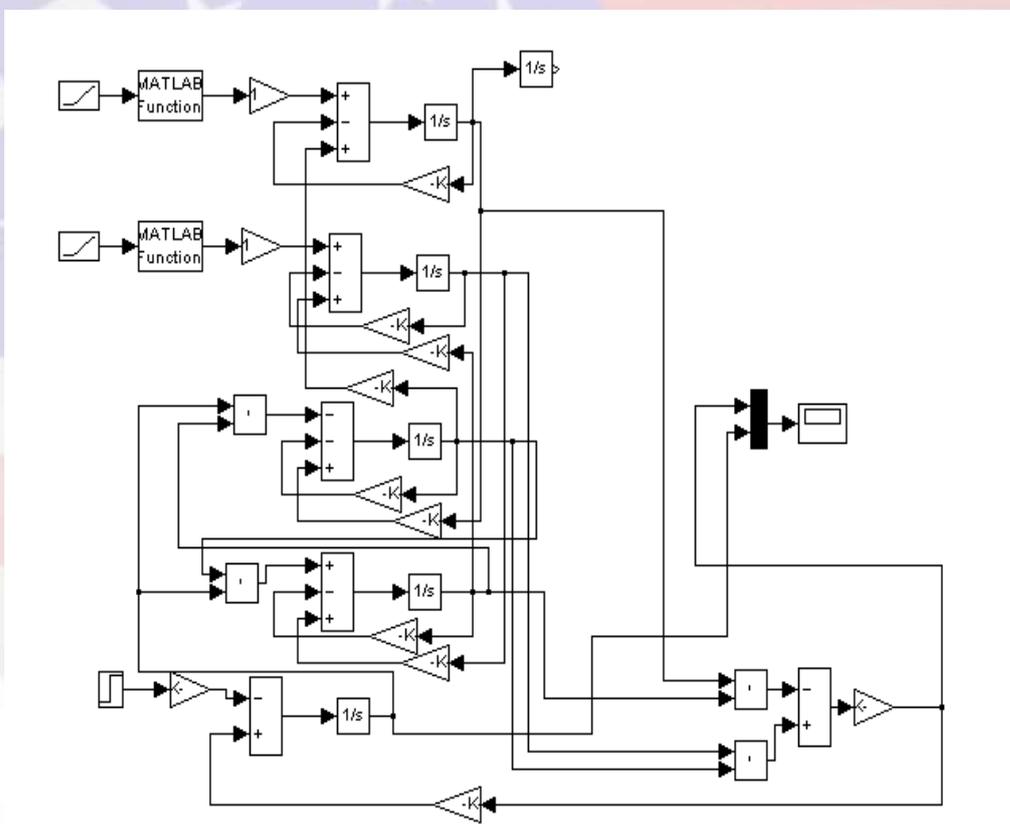


Рис.1. Структурная схема АД при пуске

При исследовании электрических машин используются также уравнения, составленные на базе уравнений теории поля. Они дают возможность решать многие задачи статики. Однако при решении задач динамики уравнения обобщенного электромеханического преобразователя имеют большие преимущества. Развитие теории электрических машин долгое время шло по пути применения отдельно уравнений поля и теории цепей, тогда как наиболее плодотворным является их сочетание в математической модели.

Развитие современной теории электромеханического преобразования энергии позволяет составить математическое описание процессов преобразования энергии для любого случая, встречающегося в практике современного электромашиностроения.

Наиболее общей математической моделью, позволяющей записать уравнения для бесконечного спектра гармоник и любого числа контуров на статоре и роторе, является модель обобщенного электромеханического преобразователя – двухфазной электрической машины с  $m$  обмотками на статоре и  $n$  обмотками на роторе.

Пусковые характеристики АД, то есть переходные процессы происходят при изменениях напряжений и частоты на выводах машины, а также нагрузки на валу, при включении машины и отключении ее от сети, реверсе, коротких замыканиях, при изменении ее параметров и т.п. В реальных условиях переходные процессы протекают при одновременном изменении нескольких факторов. Комбинации факторов, влияющих на динамику, могут быть весьма разнообразны (изменение напряжения, частоты и параметров, напряжения и нагрузки и т.д.), поэтому надо уметь выбрать «главное», не усложняя без необходимости задачу.

По важности и числу выполненных работ переходные процессы делятся на процессы при пуске, торможении, реверсе, повторном включении и изменении нагрузки. Эти процессы могут протекать при симметричных и несимметричных напряжениях в симметричных и несимметричных машинах. При проектировании ЭМ, работающих в переходных режимах, важно правильно рассчитывать потери и распределение активной и реактивной мощности. Чтобы исследовать переходные процессы, необходимо составить описывающие их уравнения, преобразовать к виду, удобному для моделирования на ЭВМ, и решить.

На рис. 2. представлены зависимости  $M_3=f(t)$  и  $\omega_r=f(t)$  при пуске асинхронного двигателя АОЗ-24-4 мощностью 3 кВт,  $2p=4$ ,  $U=220$  В, когда нагрузка на валу равна нулю ( $M_c=0$ ).

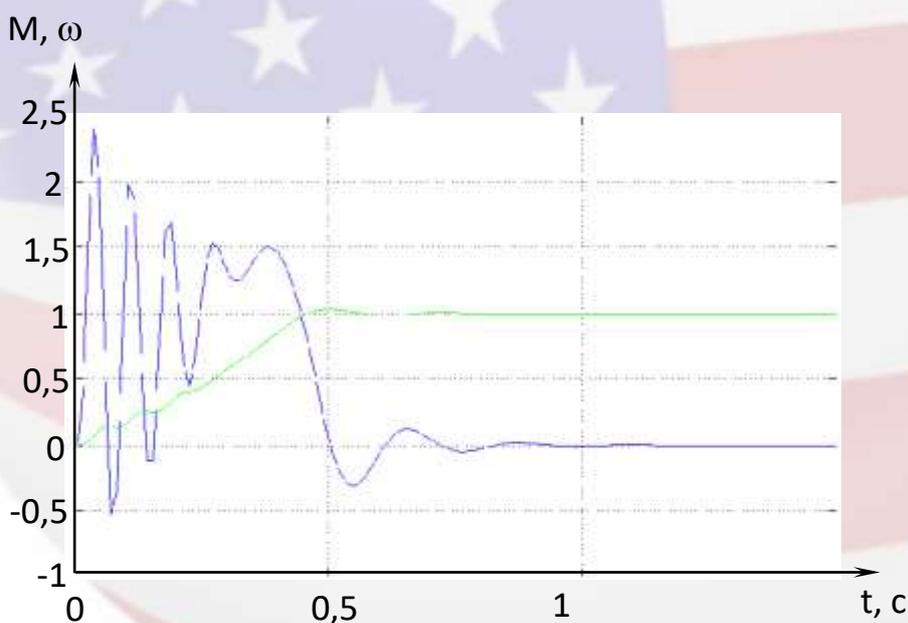


Рис.2. Переходный процесс АД при пуске

Как видно из рис. 1 в первые два - три периода токи в статоре и роторе имеют максимальные (ударные) значения, что и обуславливает максимальные значения электромагнитного момента. Затем токи затухают, колебания  $M_3$  сокращаются и значение угловой скорости ротора  $\omega_r$  приближается к установившемуся.

Характер переходного процесса зависит от мощности двигателя, а точнее, параметров, входящих в уравнение электромеханического преобразования энергии.

Моделирование уравнений АД приведено в структурной схеме в относительных единицах (рис. 1) для ПК в среде MatLab с помощью SIMULINK.

На рис.2 показаны результаты переходного процесса при пуске АД с помощью структурной схемы.

**Литература**

1. Иванов-Смоленский, А.В. Электрические машины / А.В. Иванов-Смоленский. М.: Энергия, 2000 - 909 с.
2. Копылов, И.П. Математическое моделирование электрических машин. -М.: Высш. шк. 1994.-318 с.
3. Токи в стержнях различного сопротивления демпферной обмотки мощного тихоходного двигателя / К.С.Демирчан, И.З. Богуславский // Изв. АН СССР. -Энергетика и транспорт, 1980. № 2. - С. 38-44.
4. Андреева, О.А. Метод формирования системы уравнений математической модели электрических машин и трансформаторов в эксплуатационных режимах/ О.А. Андреева и др. // Омский научный вестник . 2006. - №9 (4). - С. 108-112.

