



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

Г. В. Бельский

**Проектирование и  
конструирование  
электромеханических  
объектов систем автономных  
сервисных роботов**

**Методические указания к  
практическим занятиям**

СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2020 г.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

### ВЕКТОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

**Общая информация:** главной особенностью работы синхронного двигателя (СД) является одинаковая частота вращения магнитного поля и частота вращения ротора, с учетом количества пар полюсов. Это позволяет очень точно управлять скоростью вращения, но в то же время возможна ситуация выхода из синхронизма, при которой если скорость вращения ротора оказывается заметно отличной от частоты напряжения в обмотках, например под действием механической нагрузки, двигатель останавливается. Отсюда возникает проблема пуска СД, так как начальная скорость равна нулю. Несмотря на то, что в реальных системах возможна реализация асинхронного пуска за счет медленного увеличения частоты вращения электромагнитного поля, при моделировании высока вероятность, что такой подход не сработает из-за упрощений математического описания.

В настоящее время самым распространенным способом управления синхронными машинами является векторное управление. Идея такого управления заключается в формировании такого электромагнитного потока, чтобы максимизировать эффективность силы Ампера. Для этого необходимо знать положение ротора в каждый момент времени. Для упрощения математических моделей двигатель принято рассматривать не в естественных координатах (АВС для трехфазных машин, оси направлены согласно фазам двигателя), а в  $dq$ -координатах. Токи и напряжения можно однозначно преобразовать из одной системы координат в другую с помощью преобразования Парка. Оси в  $dq$  системе вращаются вместе с двигателем и соответствуют направлениям электромагнитного потока и момента. При синтезе системы управления делают отдельные регуляторы для контуров потока и момента, причем заданием на контур потока является ноль. Таким образом идея векторного управления заключается в прямом управлении моментом, что позволяет как управлять двигателем с хорошей динамикой, так и запустить его без дополнительных мероприятий, таких как предварительный разгон другой электрической машиной.

Синтез системы векторного управления является достаточно сложной задачей, поэтому целесообразно использовать готовые решения. В Matlab Simulink для управления СД с постоянными магнитами можно воспользоваться функцией PMSM Field-Oriented Control. Для корректной работы системы управления в соответствующих полях необходимо задать параметры двигателя. Во вкладке General (рисунок 1) определяются мощность двигателя, максимально допустимый

крутящий момент, число пар полюсов. Так же необходимо указать напряжение питания и пороговое напряжение срабатывания транзисторов в схеме инвертора.

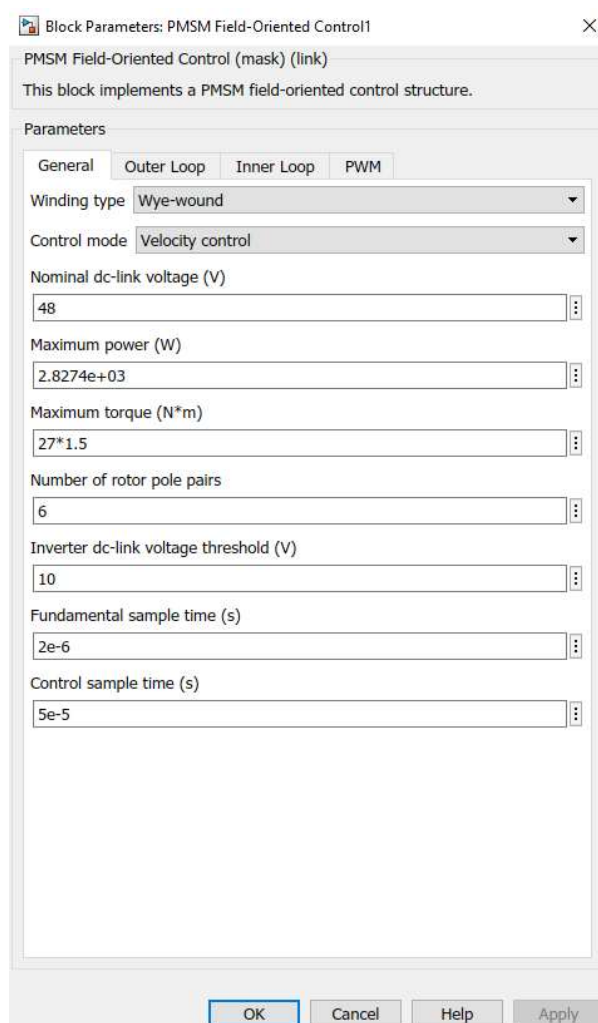


Рисунок 1 – основные настройки векторного управления

Мощность обычно должна соответствовать номинальной мощности двигателя, а крутящий момент можно существенно превышать, вплоть до двухкратных значений относительно номинала. Номинальная мощность связана с номинальной скоростью и номинальным моментом соотношением  $P = \omega * M$ , скорость задается в радианах в секунду. В остальных вкладках задаются коэффициенты регуляторов и другие параметры двигателя. Параметры двигателя должны соответствовать заданным в модели электрической машины (рисунок 2).

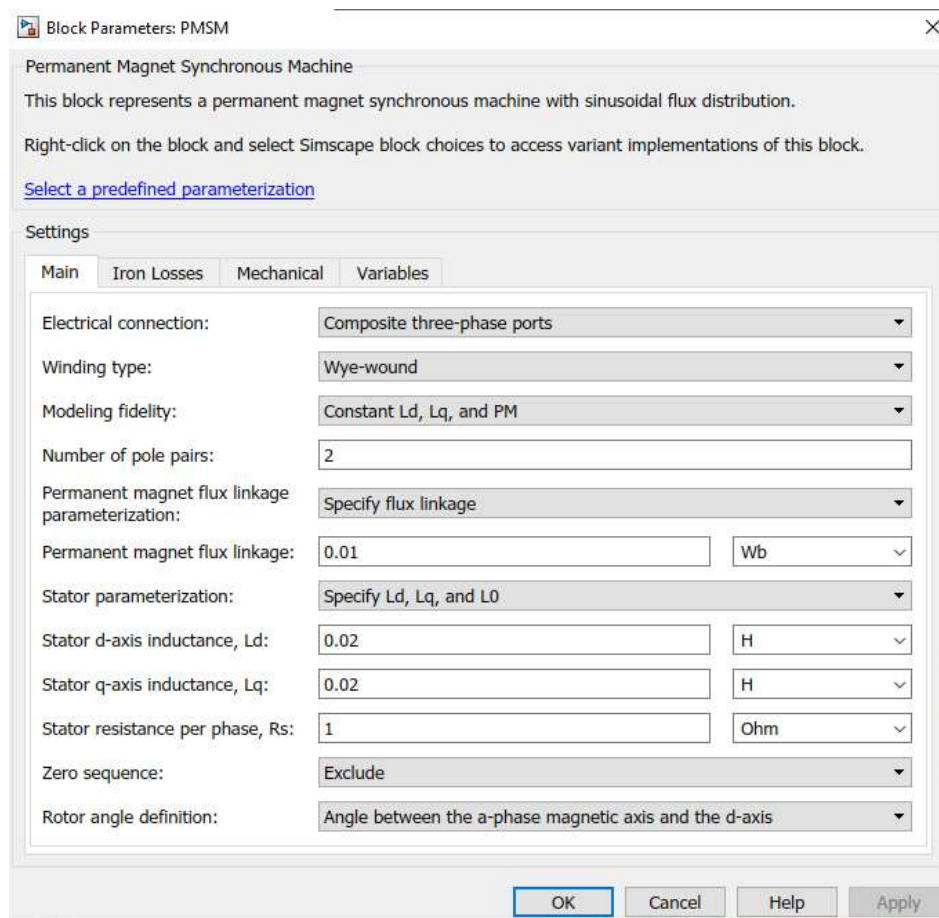


Рисунок 2 – окно задания параметров двигателя.

В данной работе рассматривается модель двигателя с постоянными магнитами с параметрами заданными в dq координатах. Так как предполагается, что двигатель симметричный и исправный, проекции индуктивностей на оси dq совпадают.

Параметры регуляторов необходимо определить эмпирически и оценить их влияние на переходную характеристику скорости.

**Задание:** Собрать модель системы управления синхронным двигателем постоянного тока с использованием векторного управления. Оценить влияние изменения коэффициентов регуляторов на динамику системы.

### Варианты:

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Скорость, об/мин	3000	1500	3000	3000	3000	4000	1100	6000	4500	9000
Мощность, Вт	630	7600	50	750	690	26	13823	110	432	40
Напряжение, В	340	560	48	320	48	24	325	560	325	12
Число пар полюсов	5	5	2	3	4	4	3	3	4	4
Потокосцепление, Вб	0.06861	0.16514	0.02417	0.14112	0.01557	0.00526	0.7797	0.0715	0.0813	0.0011
Индуктивность статора, Гн	0.00855	0.00145	0.0015	0.0059	0.00043	0.00105	0.0097	0.027	0.0085	0.0001
Сопротивление статора, Ом	1.46	0.065	2.45	2.3	0.055	0.75	0.32	49.75	8	0.3
Момент инерции, кг*м <sup>2</sup>	$7.6 \cdot 10^{-5}$	0.00821	0.000003	0.00014	0.00014	$2.401 \cdot 10^{-6}$	0.045	$6 \cdot 10^{-6}$	$1.84 \cdot 10^{-5}$	$1.2 \cdot 10^{-7}$