

# МЕТОД ДИНАМИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВЕКТОРА НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ВЕКТОРНОМ УПРАВЛЕНИИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

*Г.В. Родионов, С.В. Борисов*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, Томск

Частотное векторное управление асинхронным электродвигателем широко применяется в регулируемом электроприводе. Одной из задач, которую необходимо решить при разработке векторной системы управления асинхронным двигателем, является задача оптимального формирования вектора напряжения [1, 2].

В полеориентированной системе управления вектор напряжения во вращающейся системе координат раскладывается на две составляющие вектора:  $U_d$  и  $U_q$ , которые формируют потокосцепление двигателя и его электромагнитный момент [3].

Можно выделить два метода решения задачи оптимального формирования вектора напряжения. Первый метод – это строго задать отношение между этими составляющими [4]. Но при таком решении получится недоиспользование двигателя по электромагнитному моменту, т.к. для формирования момента будет прикладываться меньшее напряжение. Также невозможно достичь максимального быстродействия по скорости, так как из-за меньшей величины токоограничения будет сформирован меньший ток, пропорциональный электромагнитному моменту двигателя.

Второй метод предполагает динамическое изменение ограничения составляющей  $U_q$  в зависимости от  $U_d$ . Динамическое изменение ограничения в процессе работы системы управления позволит полностью использовать вектор напряжения.

Отметим тот факт, что после формирования начального намагничивания АД, составляющая, отвечающая за формирование потокосцепления ротора, стремится к минимальному значению, которое необходимо для поддержания заданного потокосцепления. Этот факт позволяет ввести обратную зависимость распределения составляющих. При стремлении составляющей  $U_d$  к нулю, устремлять в равной степени составляющую  $U_q$  к единице. Тогда получится, что электромагнитный момент будет формировать максимально возможная составляющая вектора напряжения, которая будет ограничена только величиной второй составляющей, необходимой для формирования минимального магнитного потока.

Пусть  $U_d$  величина задания на формирование напряжения с выхода регулятора тока  $i_d$ . Тогда  $U_q^{\text{lim}}$  – ограничение составляющей  $U_q$  вектора напряжения. На рис. 1 представлен общий вид соотношения составляющих вектора напряжения во вращающейся системе координат.

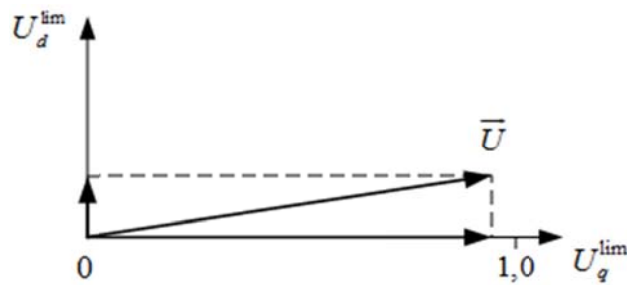


Рис. 1. Отношение составляющих  $U_d$  и  $U_q$

Описанную зависимость  $U_q = f(U_d)$  можно реализовать по формуле:

$$U_q^{\text{lim}} = \sqrt{1 - (U_d)^2}$$

Выход регулятора тока  $i_d$  возводится в квадрат и отнимается от единицы. Из полученной разности вычисляется квадратный корень. Полученная величина будет искомым ограничением составляющей  $U_q$  вектора напряжения.

Практическая реализация описанного метода была проведена в среде программирования MexBIOSDevelopmentStudio. Схема реализации зависимости  $U_d = f(U_q)$  представлена на рис. 2.

На нем обозначено: fSAT – статическое ограничение входного сигнала на заданном уровне; CONST – блок константы; fMPY – блок умножения; fSUB – блок разности; fSQRT – блок вычисления квадратного корня; fINV – блок инвертирования знака входного сигнала; fSATD – блок динамического ограничения входного сигнала.

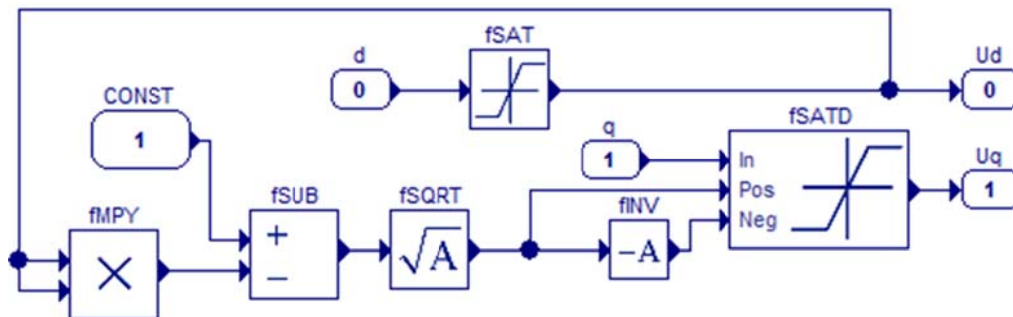


Рис. 2. Схема реализации зависимости  $U_d = f(U_q)$

Полученная величина составляющей вектора напряжения  $U_q$  поступает на блок динамического ограничения fSATD. Таким образом, реализована зависимость:

$$\sqrt{(U_d)^2 + (U_q^{\text{lim}})^2} = 1.0$$

Равенство корня квадратного из суммы квадратов составляющих  $U_q^{\text{lim}}$  и  $U_d$  единице означает, что при работе системы управления ограничение составляющих  $U_d$  и  $U_q$  будут распределены таким образом, что будет сформирован полный вектор напряжения.

Фазовый портрет изменения ограничений регуляторов тока  $i_d$  и  $i_q$  представлен на рис. 3:

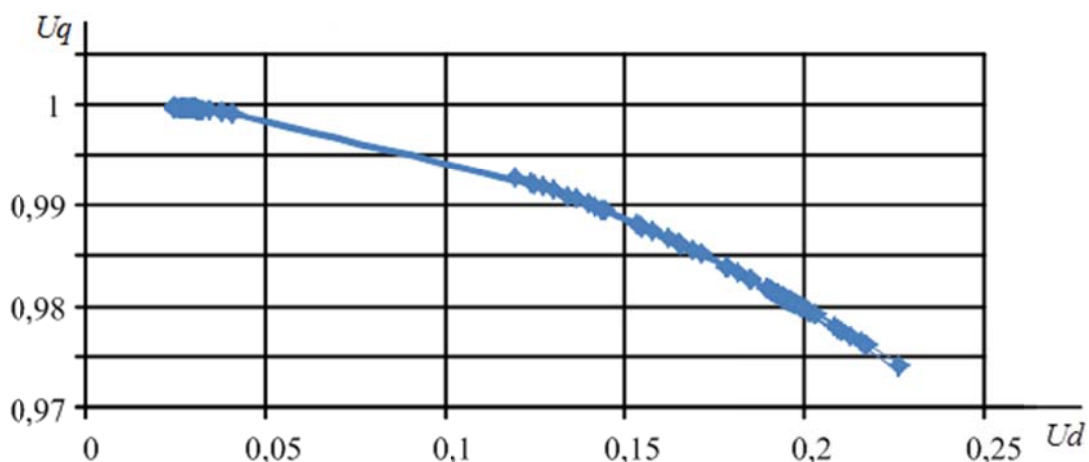


Рис. 3. Динамика изменения составляющих  $d$  и  $q$

Экспериментальные данные получены для системы частотного векторного управления, реализованной на преобразователе частоты MBS-FC01 и двигателя АИР112М2.

Из рис. 2 видно, что составляющая  $U_d$  в начале работы составляет менее 0,05 относительных единиц (о.е.), т.е. данной величины достаточно для формирования номинального намагничивания двигателя. После разгона двигателя и формирования номинальной нагрузки составляющая  $U_d$  стала равной примерно 0,225. Для формирования момента доступно 0,974 о.е. вектора напряжения, что соответствует максимально возможной величине.

Таким образом, описанная схема позволяет в любой момент времени работы системы управления использовать полный вектор напряжения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 с.
2. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. Екатеринбург. УРО РАН, 2000. – 654 с.
3. Peter Vas. Sensorless vector and direct torque control. Oxford University Press, 1998. – 760 pp.
4. D.W. Novotny and T.A. Lipo. Vector Control and Dynamics of AC Drives. – Department of Electrical and Computer Engineering University of Wisconsin-Madison. Clarendon Press Oxford, 2003. – 440 с.