

## О ВЕКТОРНОМ УПРАВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

**Фираго Б.И.**

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Из большого разнообразия электродвигателей, применяемых в различных отраслях промышленности, на транспорте, в коммунальном хозяйстве и бытовой технике, преобладающими являются электродвигатели переменного тока, главным образом, асинхронные двигатели (АД), которые составляют более 75% общего числа. Это связано, в первую очередь, с их меньшей стоимостью и большей надежностью в работе по сравнению с электродвигателями постоянного тока [1]. Но двигатели постоянного тока с независимым возбуждением (ДПТ НВ) обладают хорошей управляемостью. Поэтому уже давно появилось стремление придать электродвигателям переменного тока такую же управляемость, которую имеют электродвигатели постоянного тока, сохранив их высокие технико-экономические показатели. Долгое время этого не удавалось достичь из-за отсутствия силовых полностью управляемых полупроводниковых преобразователей и быстродействующего информационного их обеспечения.

В 70-е годы 20-го столетия Блашке создал первую систему асинхронного частотного электропривода с векторным управлением, показав пути ее технической реализации [2].

Частотный асинхронный электропривод с векторным управлением по управляемости соответствует электроприводу с ДПТ НВ, который имеет каналы независимого управления магнитным потоком и электромагнитным моментом. Поэтому целью всех разрабатываемых систем векторного управления электродвигателями переменного тока стало создание условий, подобных условиям ДПТ НВ: 1) перпендикулярное расположение векторов, формирующих электромагнитный момент, 2) возможность независимого регулирования магнитного потока и электромагнитного момента. Хотя АД имеет преимущества перед ДПТ НВ в отношении размеров, к.п.д., максимальной скорости, надежности, стоимости и т.д., его нелинейная динамическая модель требует сложных систем управления по сравнению с ДПТ НВ. Общая динамическая модель АД может быть представлена уравнением 6-го порядка. Более того, стоимость преобразователя частоты для регулирования скорости АД в 3-5 раз превышает стоимость самого двигателя [1].

Чтобы иметь возможность независимого регулирования магнитного потока и электромагнитного момента АД, необходимо в систему управления вводить компенсирующие напряжения, а также осуществлять прямые и обратные координатные и фазные преобразования переменных [4].

Для формирования систем векторного управления АД используют следующие векторы потокосцепления: статора, взаимоиндукции и ротора.

В результате можно получить 3 вида векторного управления. Векторы потокосцеплений можно определять непосредственно или косвенно. В связи с этим различают прямое и косвенное векторное управление АД.

При прямом векторном управлении вектор потокосцепления измеряют по величине или, чаще всего, вычисляют, а также определяют его положение. Вычисление величины вектора потокосцепления и его положения выполняется по моделям магнитного потока. С целью повышения точности вычислений обычно в модели вводят обратные связи, и тогда они преобразуются в наблюдатели. Прямое векторное управление может быть реализовано с машинным датчиком скорости (положения) или без него, т.е. с косвенным определением скорости по модели.

Таким образом, можно различать: 1) прямое векторное управление с датчиком потокосцепления и датчиком скорости, 2) прямое векторное управление с косвенным определением потокосцепления и датчиком скорости, 3) бездатчиковое векторное управление, когда косвенно определяются потокосцепление и скорость.

При косвенном векторном управлении применяется модель АД, на основе которой выявляются внутренние связи между величинами, используемыми в управлении. Различают косвенное векторное управление с машинным датчиком скорости и без него.

Каждое из указанных видов векторного управления может отличаться различными векторами потокосцепления: статора, взаимоиндукции и ротора. Следовательно, можно насчитать 15 видов векторного управления. Как указано в [3], в настоящее время насчитывается более 20 видов векторного управления АД. Кроме того, применяется векторное управление синхронными двигателями.

Наиболее простым и распространенным является бездатчиковое косвенное векторное управление АД, но точность его реализации значительно ниже, чем при наличии машинных датчиков. Частично погрешность уменьшают за счет введения автоматической подстройки параметров. Тем не менее, современные бездатчиковые системы векторного управления АД не позволяют управлять моментом двигателя при нулевой скорости, а в грузоподъемных механизмах требуется такое управление.

В широком понимании к векторному управлению относят прямое управление моментом АД [3, 4].