

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ В АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ НАПРЯЖЕНИЯ В ЗВЕНЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА

В ряде работ [1,2] для согласования напряжений низковольтного источника постоянного тока (аккумуляторная или солнечная батарея) и асинхронного двигателя (АД) стандартного класса напряжения обоснована целесообразность применения промежуточного импульсного преобразователя повышающего типа (ИП).

Снижение потерь в АД, ИП, а также автономном инверторе напряжения (АИН) может быть достигнуто при использовании ИП для регулирования напряжения U_d в звене постоянного тока [2]. В этом случае используется комбинированное регулирование напряжения на статоре АД U_s (1-ая зона – ИП поддерживает U_d равным ЭДС источника E , U_s регулируется АИН за счет изменения коэффициента модуляции напряжения K_u ; 2-ая зона – U_s изменяется за счет изменения U_d при $K_u=1$). Вместе с тем, ИП с системой автоматического регулирования напряжения (САРН) представляет собой апериодическое звено с постоянной времени T_n [2], определяющей устойчивость его работы. При этом инерционность ИП значительно превышает инерционность АИН T_μ ($T_n \gg T_\mu$), что необходимо учитывать при синтезе структуры векторного управления.

Целью работы является анализ особенностей реализации и синтез структуры векторного управления асинхронным электроприводом при регулировании напряжения в звене постоянного тока.

Для этого следовало решить следующие задачи:

- 1) разработать математическую модель электропривода с векторным управлением для исследования работы системы при принятых настройках параметров;
- 2) разработать структуру системы векторного управления с учетом особенностей применения ИП;
- 3) обосновать принципы расчета параметров регуляторов и произвести исследования на модели.

Система векторного управления [3] использует два канала автоматического регулирования: скорости и потока сцепления ротора с внутренними контурами регулирования активного и реактивного тока статора I_{sa} , I_{sp} (рис.1,а). При этом сигналы задания на напряжение статора АД U_a^* , U_p^* поступают с выхода ПИ-регуляторов активной и реактивной составляющих тока статора ($РТ_a$, $РТ_p$) на блок компенсации внутренних связей АД (БКВС). Причем БКВС использует для формирования сигнала компенсации $U_{вн}$ не только сигналы обратной связи по регулируемым координатам от наблюдателя состояния (НС), но и соответствующие сигналы задания (совместная компенсация) [3,4]. Компенсированные сигналы задания активной $U_{ак}$ и реактивной $U_{рк}$ составляющих напряжения статора преобразуются из системы координат, вращающейся синхронно с вектором потока сцепления ротора, в полярную систему координат с помощью преобразователя координат (ПК).

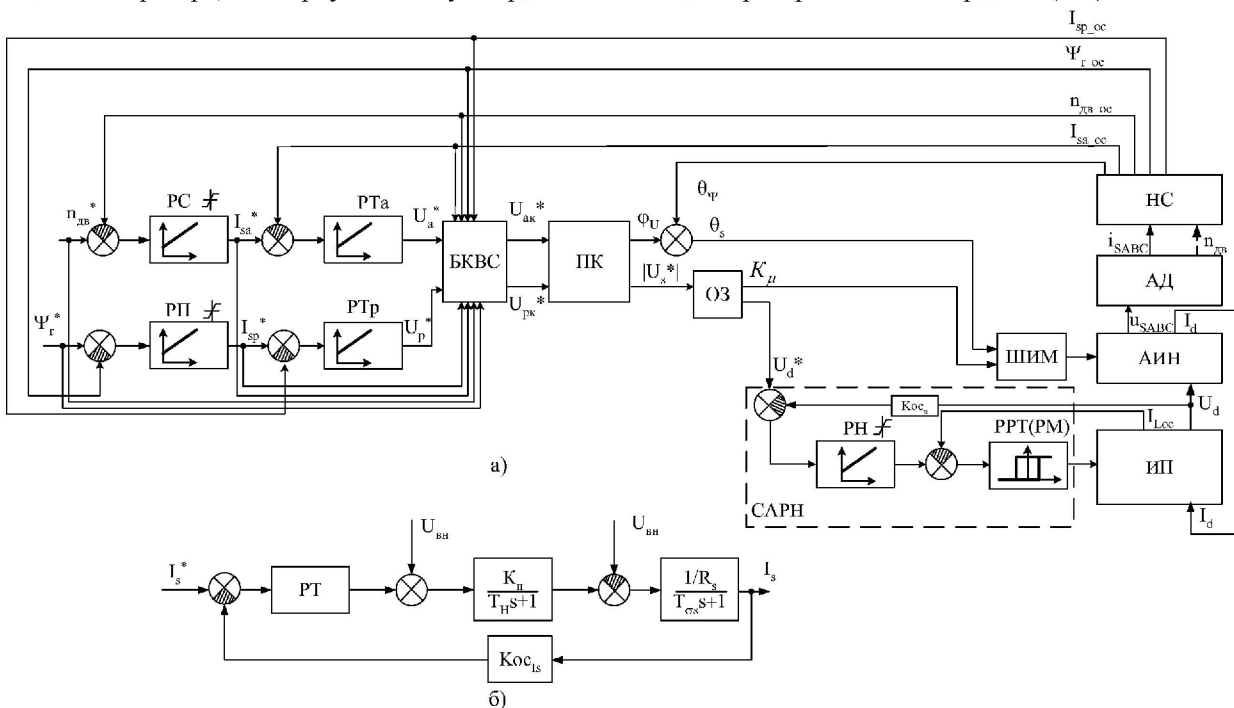


Рис. 1 Векторное управление АД: а) структура системы с ИП, реализующей регулирование U_s за счет изменения U_d ; б) структура контура регулирования I_{sa}

Вводим ИП как аperiodическое звено с постоянной времени T_n в оба канала регулирования тока статора с настройкой RT_a , RT_p на техникий оптимум с компенсацией постоянной времени рассеяния статора T_{cs} в контурах регулирования I_{sa} , I_{sp} (рис.1,б). При увеличении T_n от T_n до T_{cs} переходная функция в контуре регулирования тока изменяется за счет времени первого согласования $t_c=4.7T_n$ при постоянном перерегулировании $\sigma=4.3\%$. При $T_n>T_{cs}$ настройка RT_a , RT_p , регулятора потокосцепления ротора (РП) и регулятора скорости (РС) осуществляется по методу двойных пропорций с привязкой к T_{cs} .

В тоже время, в диапазоне изменения T_n от $0.37T_{cs}$ до $2.7T_{cs}$ возможно применение в контуре регулирования I_{sa} П-регулятора тока. Однако в этом случае контур с двумя аperiodическими звеньями замкнут обратной связью, что в свою очередь делает коэффициент передачи контура равным 0.5, а полоса комплексно сопряженными. В результате исследований установлено, что при использовании в РС постоянной времени $T_c=2.4T_n/(T_{cs}/T_n)^{0.5}$, с компенсацией механической постоянной времени привода и коэффициента передачи контура регулирования I_{sa} (на выходе токоограничения), можно получить улучшенную динамику работы системы ($t_c=4.7T_n$, $\sigma=1.6\%$ - для граничных значений диапазона) и повышение устойчивости. Так в диапазоне изменения T_n [$0.5T_{cs}$, $2T_{cs}$] с $\sigma=4\%$, $t_c=2.4T_n$ (в центре диапазона) и с $\sigma=3\%$, $t_c=3.7T_n$ (на границах диапазона). При $T_n>2.7T_{cs}$ перерегулирование уменьшается и при $T_n>5.8T_{cs}$ контур регулирования I_{sa} становится аperiodическим звеном.

Переход к регулированию напряжения статора U_s , за счет изменения U_d , осуществляется с помощью ограничителя зон (ОЗ, рис.1,а). Его функцией является перестройка канала регулирования U_s к двухзонному комбинированному регулированию [2]. В то же время, функцию ориентации на плоскости U_s осуществляет система управления векторной ШИМ, на вход которой поступает информация об угле поворота Θ_s вектора напряжения статора, состоящего из угла поворота системы координат Θ_ψ и угла поворота внутри системы координат φ_u .

В такой структуре векторного управления АД, контур регулирования тока источника I_L в САРН, в состав которого входит релейный регулятор тока (РРТ), выполняет функцию регулирования мощности потребляемой от источника. Таким образом, ограничение максимального тока источника (максимальной отдаваемой источником мощности) осуществляется с помощью ограничения в регуляторе напряжения РН.

Результаты моделирования работы схемы преобразователя частоты с ИП ($E=135В$, $L=2.5мГн$, $T_n=20мс$) с АД 4А200М6У3 ($P_{ном}=22кВт$, $n_{ном}=940об/мин$, $U_{фном}=380В$, $I_{стном}=23.8А$, $T_{cs}=19.3мс$) на реактивную постоянную номинальную нагрузку подтверждают работоспособность и устойчивость системы (рис.2).

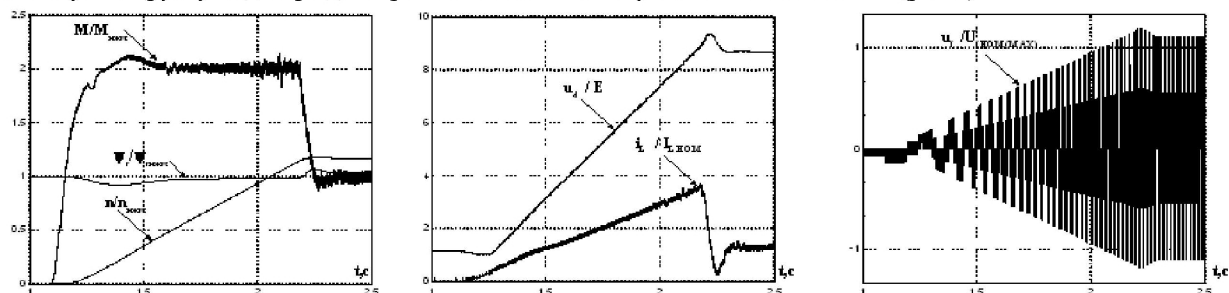


Рис.2 Моделирование работы системы векторного управления с регулированием U_d :
а) параметры АД; б) параметры ИП; в) параметры АИН

Из рис.2 видно, что инерционность ИП влияет на компенсацию внутренних связей АД, вследствие чего проявляются колебания момента с амплитудой менее 10%. Вместе с тем быстродействие работы системы ограничено исключительно инерционностью ИП, что подтверждает возможность использования системы векторного управления в асинхронном электроприводе с регулированием напряжения в звене постоянного тока.

Еще одной особенностью структуры рис.1,а является способность регулирования частоты вращения АД вверх от номинального значения без ослабления поля (рис.2). В случае если источник способен отдать мощность больше мощности АД, с учетом потерь в АД, ПЧ, ИППН, а также самом источнике, при регулировании с постоянной мощностью возможно получить механическую мощность выше паспортной.

Литература

1. Справедливый В.И. Оптимальное управление солнечным асинхронным частотно-регулируемым электроприводом водяного насоса.//Вестник национального технического университета «Харьковский политехнический институт»,Сборник научных трудов «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика». – Харьков: НТУ «ХПИ», 2002, №12.-Т.2.
2. Шавёлкин А.А., Мирошник Д.Н. Регулирование напряжения в частотном электроприводе с преобразователем напряжения в звене постоянного тока. // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Електротехніка та Енергетика», випуск 128, Донецьк: ДонНТУ, 2007 – с.76-79.
3. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для студ. высш. учебн. заведений/М.:Издательский центр «Академия»,2006. – 272с.
4. Толочко О.И. Мирошник Д.Н. Способы компенсации влияния внутренних связей асинхронного двигателя при векторном управлении.//Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний університет». Збірник наукових праць «Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика», Харків:НТУ «ХП», 2002, №12, Т.1,с.с.102-103.