

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АЛГОРИТМАХ УПРАВЛЕНИЯ**

Энергетические характеристики частотно-регулируемого асинхронного электропривода с различными алгоритмами управления позволяют осуществить рациональный выбор того или иного варианта системы применительно к конкретному механизму. Приведенные результаты выполнены с помощью математической модели. С помощью этой модели были сопоставлены энергетические характеристики частотно-регулируемого электропривода с системой скалярного управления в соответствии с законом М.П. Костенко и с системой векторного управления, впервые предложенной в [1].

В качестве исходных моделей были использованы структуры, функциональные схемы которых приведены на рис.1. На рис.1,а показана структура частотно-регулируемого электропривода со скалярной системой управления. На рис.1,б показана структура частотно-регулируемого электропривода с векторной системой управления. Общими для обеих структур являются блоки, реализующие модель асинхронного двигателя, модель ШИМ-модулятора, модель механизма (момент статической нагрузки) и модель задатчика интенсивности. В первой структуре использована двухконтурная система подчиненного регулирования, состоящая из внутреннего регулятора тока статора (действующего значения) и внешнего регулятора частоты вращения двигателя. Во второй структуре использованы модели блока вычислений, двухканального блока регуляторов и преобразователя координат [2]. Все расчеты велись в относительной системе единиц для получения общности результатов.

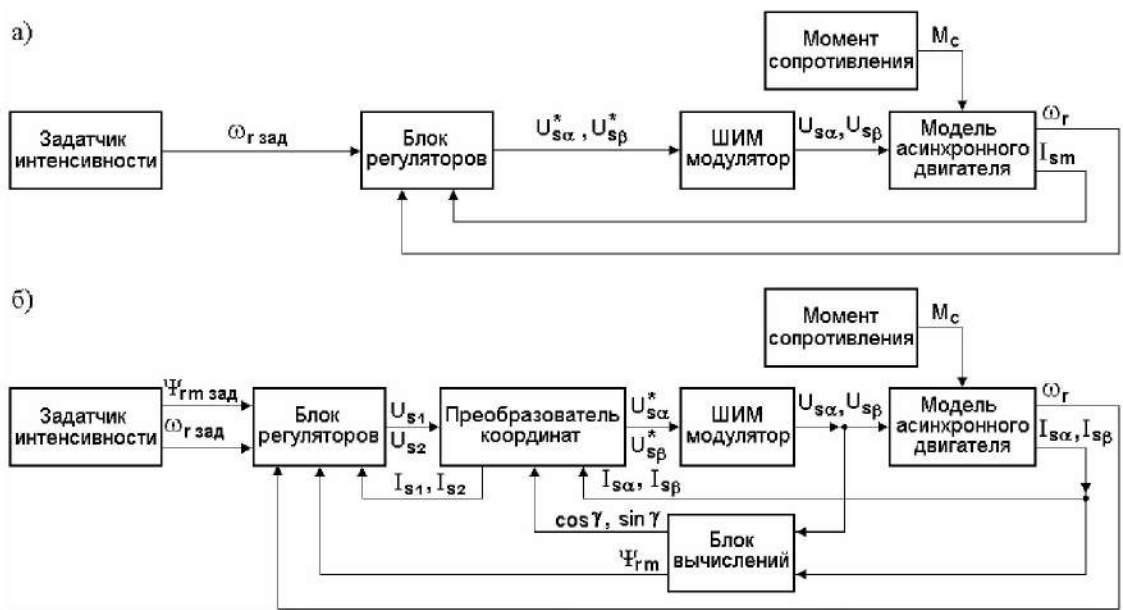


Рис.1. Функциональные схемы исходных моделей, структура системы со скалярным управлением (а) и структура системы с векторным управлением (б).

Расчеты были проведены в среде MATLAB. Момент сопротивления после завершения пускового процесса нарастал линейно от холостого хода до  $1,5 M_{ном}$ . Для определения и сопоставления энергетических характеристик был разработан дополнительный вычислитель. Входными сигналами для него являются составляющие напряжений и токов статорной обмотки двигателя и частота вращения ротора. То есть, используются только те переменные, которые в реальной системе могут быть определены путем прямого измерения. Вычислитель содержит блок вычисления электромагнитного момента двигателя по уравнению:

$$M_{эм} = \frac{3}{2} p_n \{ [\int (U_{s\alpha} - R_s I_{s\alpha}) dt] \cdot I_{s\beta} - [\int (U_{s\beta} - R_s I_{s\beta}) dt] \cdot I_{s\alpha} \},$$

блок вычисления электромагнитной и механической мощности привода в соответствии с уравнениями:

$$P_{эм} = \frac{3}{2} (U_{s\alpha} I_{s\alpha} + U_{s\beta} I_{s\beta}); \quad P_M = M_{эм} \cdot \omega_r,$$

а также блоки вычисления к.п.д. и коэффициента мощности двигателя по уравнениям:

$$\eta = \frac{P_M}{P_{ЭМ}} \cdot 100 [\%], \quad \cos\varphi = \frac{U_{s\alpha} I_{s\alpha} + U_{s\beta} I_{s\beta}}{\sqrt{(U_{s\alpha}^2 + U_{s\beta}^2)} \cdot \sqrt{(I_{s\alpha}^2 + I_{s\beta}^2)}}$$

Структурная схема вычислителя приведена на рис.2.

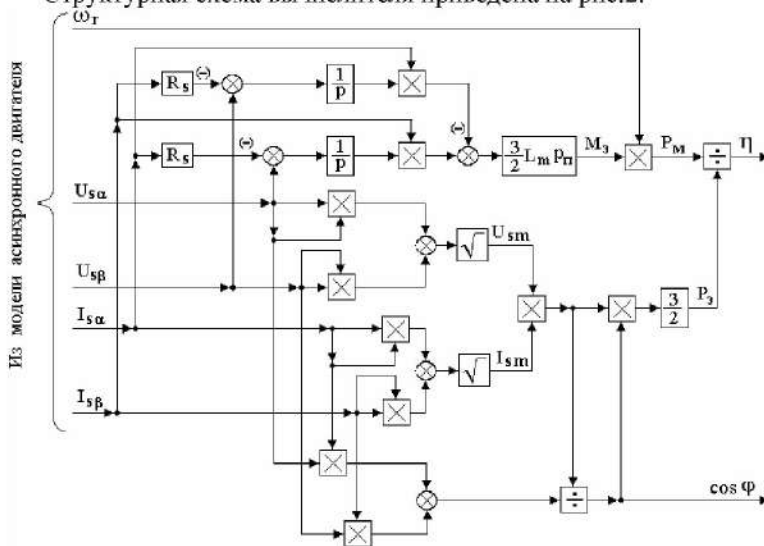


Рис.2. Структурная схема вычислителя энергетических характеристик частотно-регулируемого электропривода.

В приведенном примере рассчитаны энергетические характеристики частотно-регулируемого электропривода с двумя различными алгоритмами управления. Характеристики были сняты при четырех постоянных уровнях управляющих воздействий, а именно:

$$\begin{aligned} \omega_{зад} &= \omega_{ном} \\ \omega_{зад} &= 0,75 \omega_{ном} \\ \omega_{зад} &= 0,5 \omega_{ном} \\ \omega_{зад} &= 0,25 \omega_{ном} \end{aligned}$$

В каждом случае характеристики  $\eta = f(P_M)$  и  $\cos\varphi = f(P_M)$  выводились на общую координатную плоскость. Помимо этих характеристик можно получить и другие, например, потери мощности в электроприводе

$$\Delta P = f(P_M), \quad \text{где } \Delta P = (P_{ЭМ} - P_M).$$

Энергетические характеристики электропривода приведены на рис.3. Для системы со скалярной системой управления – рис.3,а и для системы с векторным управлением – рис.3,б.

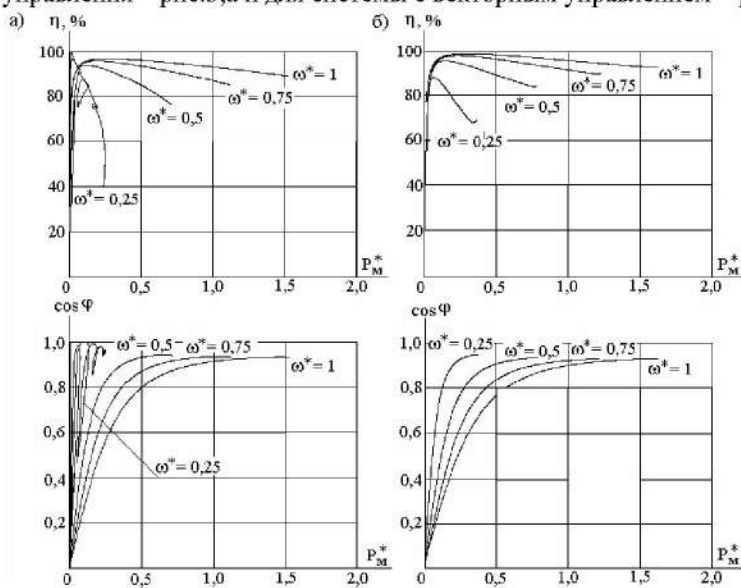


Рис.3. Энергетические характеристики частотно-регулируемого электропривода со скалярной (а) и с векторной (б) системой управления.

Сравнение характеристик  $\eta = f(P_M)$  показывает, что в диапазоне регулирования частоты вращения  $D \leq (1 : 2)$  к.п.д. векторной системы примерно на 3% выше. Коэффициент мощности в том же диапазоне регулирования у обеих систем изменяется практически одинаково при условии, что несущая частота ШИМ-модулятора одна и та же. Расширение диапазона регулирования приводит к резкому снижению энергетических показателей скалярной системы по отношению к векторной системе управления электроприводом. Поэтому при выборе того или иного алгоритма частотного управления асинхронным двигателем целесообразно руководствоваться не только возможностью обеспечения заданных эксплуатационных режимов и простотой алгоритмического обеспечения. Целесообразно также на стадии принятия той или иной системы к дальнейшей реализации провести предварительную оценку ожидаемых энергетических характеристик.

В частности, при выборе системы электропривода для турбомеханизмов, в которых традиционно используются скалярные системы управления, по энергетическим соображениям для механизмов большой мощности может оказаться более предпочтительным вариант векторного управления.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Blaschke F. Das Prinzip der Feldorientierung, die Grundlage für die TRANSVEKTOR-Regelung von Asynchronmaschinen // Siemens-Zeitschrift, 1971.
2. Козярук А.Е., Рудаков В.В. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов. Под редакцией Народицкого А.Г. С-Петербург. Изд. Санкт-Петербургской Электротехнической компании. 2004.