УДК 62-83:621.313.3

В.В.АЛЕКСЕЕВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)
В.Н.ЯЗЕВ
Сибирский федеральный университет. Институт цветных металлов и золота, Красноярск

ДИНАМИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ПРИВОДОМ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Одним из основных направлений совершенствования электромеханических и электротехнических технологий для горно-добывающей и нефтегазовой промышленности является проектирование и применение эффективных систем управления частотными приводами с асинхронными двигателями. Даны модели приводов с векторным и скалярным управлением для сравнительного исследования динамики КПД и коэффициента мощности асинхронного двигателя при частотном регулировании. Представлены результаты моделирования переходных процессов в приводах с двигателем 4А280S6, полученные в системе MatLab.

One of the trend lines while perfection of the electromechanical and electro-technologies for the mining, oil and gas extraction industries is the development and utilization of the efficient frequency drive control systems consisting of the asynchron electrical machines. The models of drives with vector and scalar control are given for the comparable investigation of efficiency dynamic and of the asynchrony machine's power factor under frequency-regulation. The results of the transient modelling for the drives with 4A280S6 motors are presented, obtained using MatLab.

При выборе системы управления электроприводом горных машин и механизмов учитываются требования к динамическим, а также энергетическим показателям. В случае значительных изменений режимов, например при частых пусках, важную роль играют КПД и коэффициент мощности электропривода в переходных режимах. Типовые настройки контуров в системах подчиненного векторного управления (СПВУ), в отличие от скалярных систем (ССУ), позволяют жестко ограничить максимальные значения регулируемых переменных, получить оптимальные параметры переходных процессов. Предельные значения КПД и cosφ электропривода определяются параметрами асинхронного двигателя (АД). Исследование КПД и коэффициента мощности АД при частотном регулировании в переходных режимах выполняется при моделировании СПВУ и ССУ с помощью пакета MatLab Simulink с использованием системы дифференциальных уравнений, описывающих переходные процессы в асинхронной двухфазной машине во вращающейся системе координат [1, 3].

В СПВУ с опорным вектором главного потокосцепления двигателя Ψ_o при стабилизации $|\Psi_o|(|\Psi_0| \le |\Psi_0|_{ном})$ регулирование составляющей вектора тока статора I_{s2} обеспечивает управление электромагнитным моментом и, следовательно, скоростью вращения в установившихся и переходных режимах при лучших энергетических показателях. Система регулирования (САР) модели СПВУ (рис.1) содержит канал управления скоростью (ω), а также канал управления модулем главного потокосцепления $|\Psi_o|$. Канал управления скоростью является двухконтурным и содержит внутренний контур регулирования составляющей тока i_{s2}, определяющей момент двигателя. Канал управления $|\Psi_o|$ – одноконтурный. Преобразова-

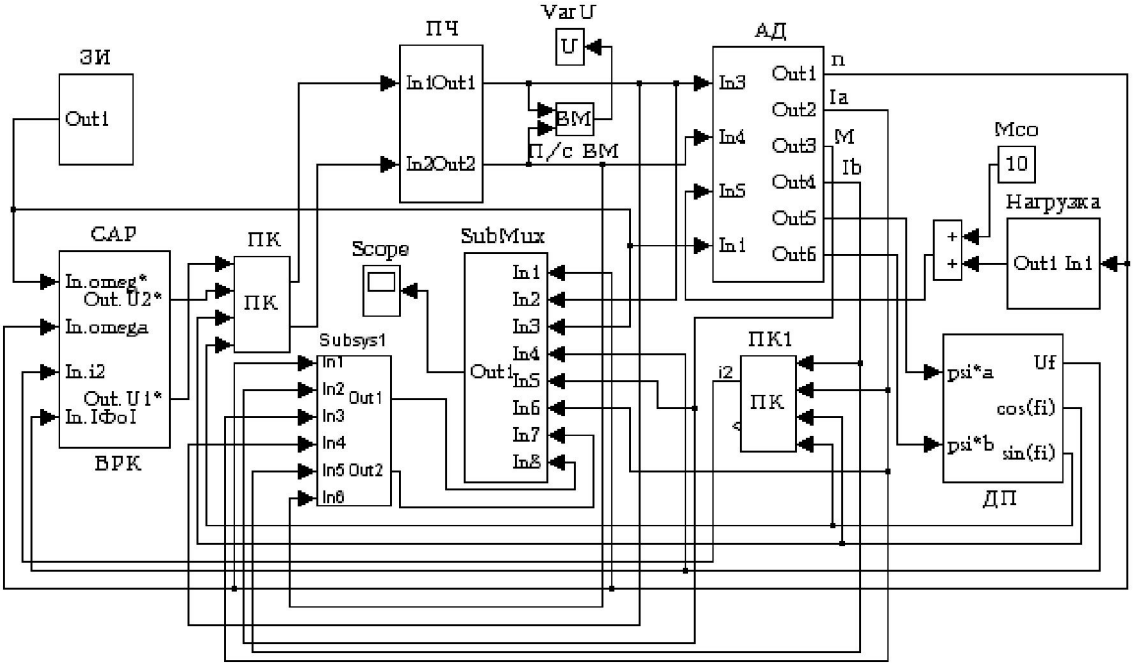


Рис.1. СПВУ с опорным вектором Ψ_0

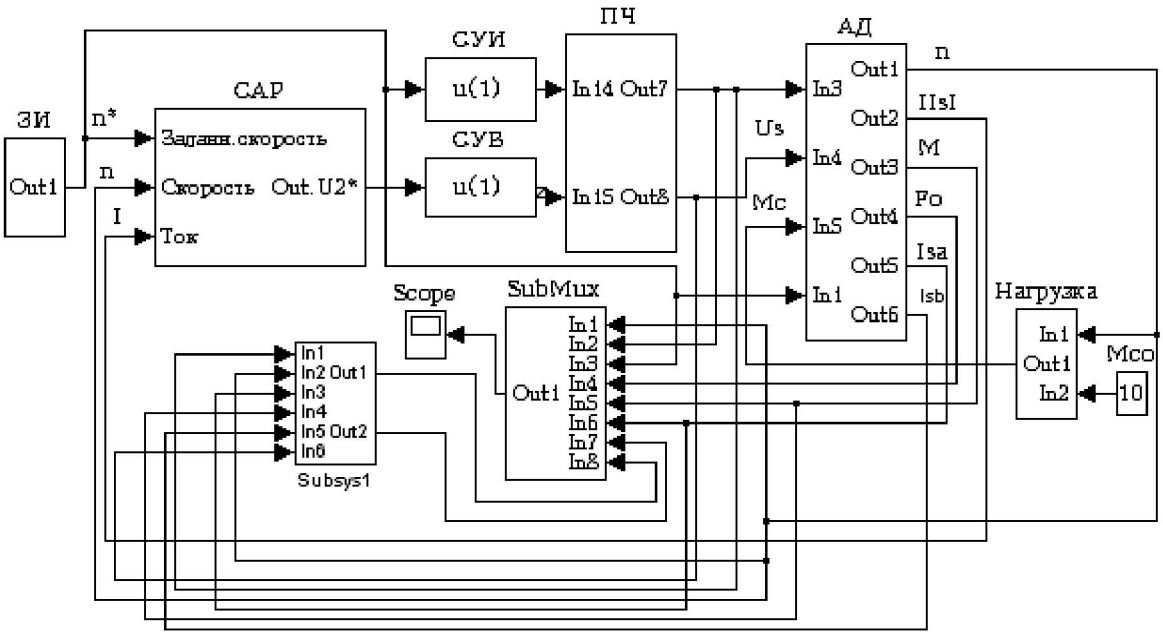


Рис.2. Скалярная система

тели координат ПК, ПК1 и датчик ДП (векторный анализатор) – типовые блоки. Настройка ПИ-регуляторов САР СПВУ с опорным вектором главного потокосцепления по условиям технического оптимума проводится по известной методике [1, 3].

В скалярной системе управления (рис.2) момент АД, определяемый произведением магнитного потока Φ_m на активную составляющую тока I_2 ротора $M = c_м \Phi_m I_2 \cos\psi_2$, формируется изменением модулей векторов тока и потока.

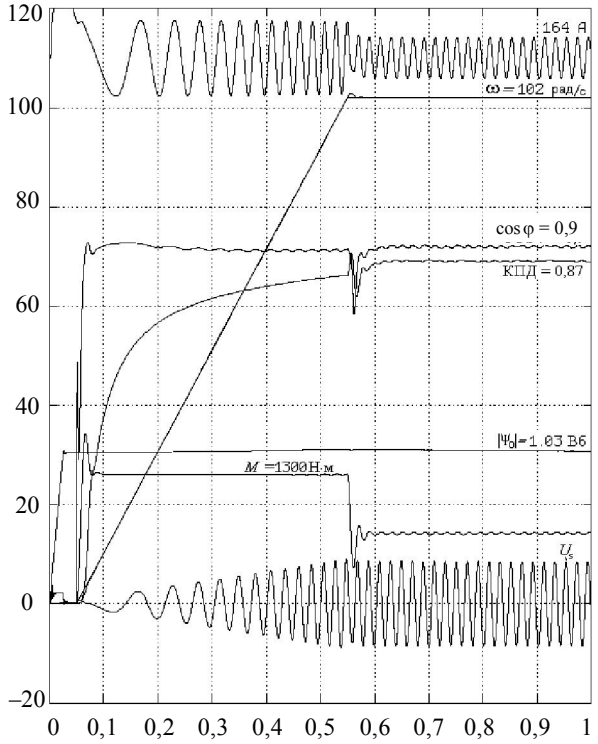


Рис.3. Пуск СПВУ

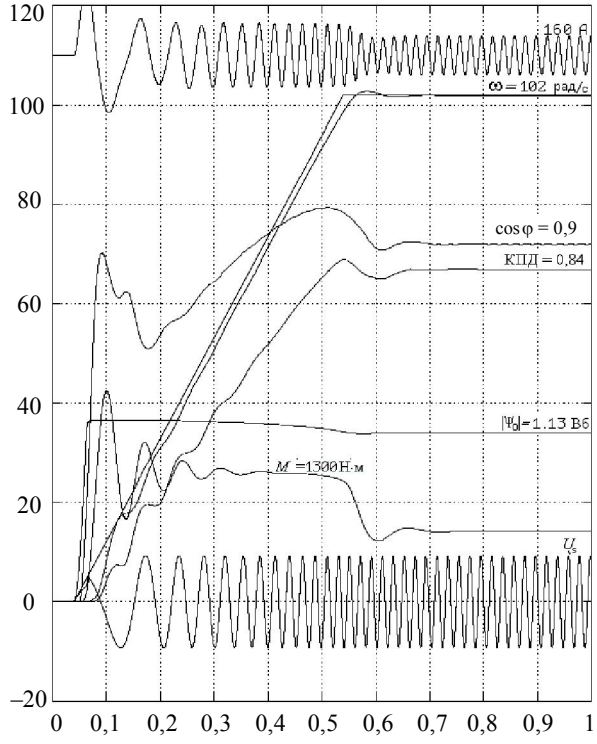


Рис.4. Пуск ССУ

В модели ССУ с подчиненным регулированием частота напряжения АД задается в соответствии с законом частотного регулирования U/f = const. Канал управления напряжением двухконтурный с внутренним контуром тока статора АД. Внешний контур с ПИ-регулятором работает по сигналу ошибки скорости ω. ПИ-регуляторы скорости и тока настроены также как в СПВУ. Модель двигателя 4А280S6 с учетом насыщения магнитной системы определяет минимальную колебательность момента в переходном режиме пуска ССУ [1].

Преобразователи частоты (ПЧ) (рис.1, 2) имеют равный коэффициент передачи и запас по напряжению $U_{s.\max} = 260$ В. Момент холостого хода АД принят постоянным $M_0 = 10$ Н·м, приведенный момент инерции 2,9 кг·м^2. Для определения значения cosφ в широком диапазоне изменения амплитуд и частот использовалась подсистема Sybsys 1. Подсистема содержит векторный анализатор, который выделяет нормированные единичные составлющие ($|A| = 1$) векторов токов I_s (sinφ; cosφ) и напряжений U_s (sinφ*; cosφ*), а также тригонометрическое сравнивающее устройство, вычисляющее косинус разности фаз этих величин $|A|\cos(\varphi-\varphi^*) = |A|(\sin\varphi^*\sin\varphi + \cos\varphi\cos\varphi^*)$ [1, 2].

С помощью пакета MatLab 6.5 Simulink исследовалось изменение КПД и cosφ в процессе линейного пуска, СПВУ и ССУ АД при номинальном моменте.

На рис.3 и рис.4 для СПВУ соответственно по рис.1 и 2 представлены процессы пуска модели АД 4А280S6 с темпом 200 рад/с^2 (время пуска $t_п = 0{,}5$ с). Для сравнения заметим, что каталожная длительность прямого пуска этого двигателя при отсутствии нагрузки на его валу составляет $t_{п0} = 0{,}25$ с.

На рис.3, 4 сверху вниз: ток статора I_s, заданная скорость, действительная скорость ω, cosφ, КПД, модуль потокосцепления $|\Psi_o|$, момент M, напряжение U_s.

Из рис.3, 4 следует, что динамическая ошибка в скалярной системе больше, чем в векторной. Для отработки ошибки по скорости в ССУ напряжение АД уже в начале пуска устанавливается максимальным. Это сопровождается большим, чем в СПВУ мак-

симальным выбросом момента, значительным колебанием момента в переходном процессе пуска.

Практически в течение всего процесса пуска в СПВУ КПД выше, чем в скалярной системе. При этом отличие наиболее существенно в начале пуска и достигает четырехкратного в момент времени $t_1 = 0{,}1$ с и 25 % в момент $t_2 = 0{,}4$ с.

В СПВУ в процессе пуска cosφ сохраняется на уровне номинального значения. В ССУ, где не контролируются фазовые сдвиги векторов, а магнитный поток не остается постоянным, cosφ в процессе пуска изменяется, причем разность максимального и минимального значений составляет 0,36, но среднее значение близко к номинальному.

Моделировались также процессы наброса – сброса нагрузки с учетом того, что перегрузочная способность 4А280S6У3 $k_м = 2{,}2$. Например, в переходном процессе сброса за 0,285 с нагрузки от $2M_н$ до $M_н$ КПД и cosφ снижаются в ССУ, соответственно, до 0,52 и 0,61 (на 38 и 30 %), а в СПВУ изменяются на 4 %.

Следовательно, моделирование показывает, что при типовой настройке контуров регулирования (по условиям технического оптимума) система подчиненного векторного управления обеспечивает в переходном режиме не только меньшую динамическую ошибку, но и больший КПД, чем скалярная система.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев В.В.* Электрические машины. Моделирование электрических машин приводов горного оборудования / В.В.Алексеев, А.Е.Козярук, Э.А.Загривный; СПГГИ. СПб, 2006.

2. А.С. 974310 РФ. Устройство для измерения модуля и направляющих косинусов вектора главного потокосцепления в машинах переменного тока / В.В.Алексеев, В.В.Рудаков, В.А.Дартау, Ю.П.Павлов. БИ, 1982. № 42.

3. Моделирование асинхронного электропривода с векторным управлением. Модель асинхронного двигателя / Т.Н.Бастрон, В.В.Алексеев, П.В.Алексеев, В.Н.Язев // Вестник КрасГАУ. № 7. Красноярск, 2005.