

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПУСКОМ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОДЗЕМНОГО ШАХТНОГО КОНВЕЙЕРА

Суков С.Ф., Дворник С.В.,

Донецкий национальный технический университет

Одной из весомых задач, решаемых в автоматике подземных конвейеров, есть реализация динамических режимов его работы – пуск и останов конвейера. Простейший случай пуска – контактный – является весьма тяжелым для нагруженного асинхронного двигателя (АД), так как при этом его пусковой ток в несколько раз превышает номинальный ток работы в установленном режиме. Кроме того, возникающие динамические удары при пусках конвейера отрицательно сказываются как на сроке службы самого АД, так и на механизмах конвейера.

Простой способ останова конвейера – отключение питания – способ также не лучший, поскольку нагруженный конвейер обладает достаточно большим запасом кинетической энергии, что обуславливает торможение конвейера в течение достаточно длительного времени (десятки секунд), что также нежелательно.

Проблемы реализации динамических режимов конвейера давно решаются с помощью автоматизированных приводов, обеспечивающих плавный пуск АД конвейера и достаточно быстрый его останов. В силу своей простоты и дешевизны, на шахтах Донбасса применяются регулируемые тиристорные приводы. Как известно, в таких приводах действующее значение напряжения на АД регулируется посредством угла отпирания тиристорных. Альтернативу тиристорным составляют частотно-регулируемые приводы. Последние обеспечивают лучшие характеристики регулирования и, что важно, линейную зависимость вращения ротора АД от частоты питающего напряжения. Однако, частотно-регулируемые приводы, во-первых, стоят гораздо дороже тиристорных, во-вторых, их силовая и электронная реализация достаточно сложна. Эти две причины позволяют предполагать, что в ближайшее время тиристорные приводы на подземных предприятиях Донбасса будут удерживать пальму первенства.

По причине острого недостатка финансовых средств очень немногие шахты могут позволить себе приобрести электронные тиристорные регуляторы ведущих зарубежных производителей, а имеющиеся отечественные аналоги являются физически и морально устаревшими. Их основу составляют дискретные электронные компоненты 70-80х годов. Таким образом, очевидна необходимость модернизации подобного конвейерного оборудования.

На смену дискретным элементам давно пришли интегральные микросхемы, в частности, программируемые микроконтроллеры. Тиристорные приводы, основу схем управления которых представляют микроконтроллеры, обладают следующими достоинствами:

- существенно меньшая стоимость по сравнению с частотно-регулируемыми приводами;
- увеличение срока службы АД конвейера и уменьшение потребления электроэнергии за счет плавного управляемого пуска.
- быстрый останов АД за счет реализации динамического торможения;
- повышение надежности и снижение себестоимости электроники управления приводом за счет применения существенно меньшего количества дискретных элементов;
- смещение затрат на разработку привода с аппаратной реализации на микропрограммное обеспечение, за счет чего существенно увеличивается гибкость системы, ее модернизации и т.д.;
- простота обеспечения всевозможных защит от некорректной работы и быстрого аварийного отключения силовых частей нагрузки;
- простота настройки и регулировки.

Один из вариантов микроконтроллерной системы управления пуском АД разработан авторами с использованием серийной силовой части, изготовленной специалистами ВНИИВЭ. Система реализует следующие функции (см. функциональную схему на рис. 2):

- линейное изменение угла открытия тиристоров 120 до 9 электрических градусов с регулировкой динамики;

- отрицательная обратная связь по току, цель которой не допустить перерегулирования АД по току, что обеспечивает плавный разгон АД;
- режим «кик-старт», позволяющий при пуске в течение определенного времени полностью открыть тиристоры, после чего разгон осуществляется по заданной динамике.
- автоматическое определение порядка чередования фаз (прямой / обратный).
- максимально-токовая защита (МТЗ) – превышение фазного тока АД относительно заранее заданного режима;
- тепловая защита – превышение температуры АД относительно заранее заданной;
- защита от несимметричного режима (защита от обрыва фазы и/или пробоя тиристора) – один из самых тяжелых режимов работы АД.
- контроль синхронизации сетевого напряжения.

При срабатывании любой из защит для предотвращения разрушения конвейера осуществляется немедленное отключение АД от сети (размыкание входного контактора).

Система управляет тремя парами тиристоров, которые включены встречно-параллельно в каждую фазу. Сигнал открытия управляющего электрода тиристора представляет собой пачку импульсов скважностью 66% длительностью $\approx 6.6 \mu\text{s}$ или 120 электрических градусов (рис. 1). Частота заполнения 6.6 kHz

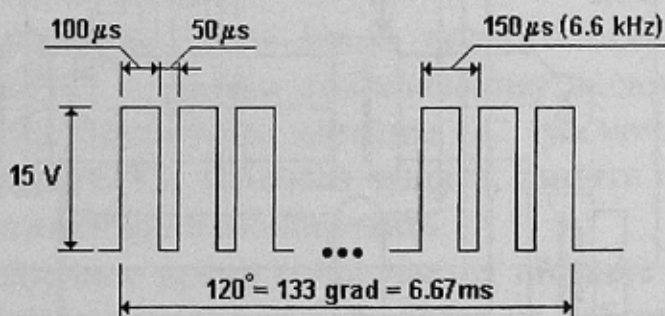


Рисунок 1 – Управляющие импульсы тиристоров

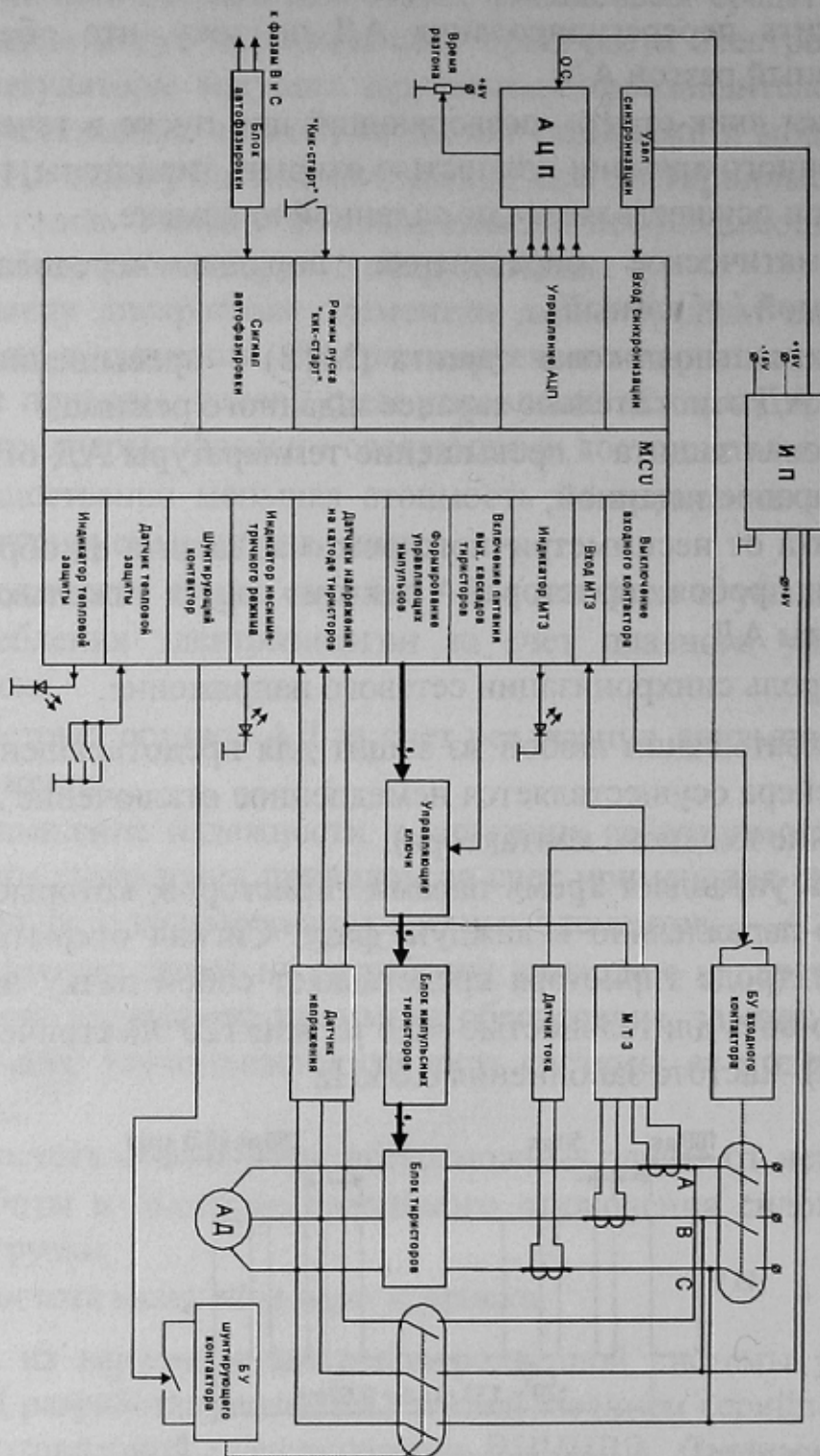


Рисунок 2 – Функциональная схема системы

После включения питания привода микроконтроллерная система выполняет следующие этапы:

1. Ожидание сетевых периодов синхронизации на входе блока синхронизации. Если по истечении некоторого времени сигнал синхронизации не обнаружен, осуществляется останов МСУ с индикацией ошибки потери синхронизации. Кроме того, анализ наличия сетевых периодов синхронизации осуществляется в течение всего времени разгона АД.
2. Определение порядка чередования фаз. Система автоматически подстраивает порядок открытия силовых тиристоров в зависимости от чередования фаз, что позволяет не задумываться о порядке фаз при подключении силового кабеля.
3. Реализация первого этапа защиты от пробоя тиристора.
4. Определение режима разгона – «Кик-старт» либо линейный.
5. Включение питания управляющих ключей тиристоров.
6. Реализация второго этапа защиты от пробоя.
7. Осуществление разгона двигателя с заданной динамикой.
8. В процессе разгона АД в каждом периоде сетевого напряжения система выдаёт управляющие сигналы тиристорам и рассчитывает требуемый угол открытия для следующего периода. Кроме того, в каждом периоде осуществляется оцифровка аналогового уровня ОС двигателя. Сигнал ОС воздействует на угол открытия до тех пор, пока система не перейдёт в режим стабилизации. Сигнал ОС игнорируется в режиме «Кик-старт» в течение времени действия вышеуказанного режима.
9. Через определенное время после полного открытия тиристоров система перейдёт в режим стабилизации: включится шунтирующий контактор, отключится влияние ОС, отключится проверка защиты на обрыв. МТЗ, тепловая защита, защита потери синхронизации продолжают функционировать.
10. Через определенное время отключается питание выходных каскадов – тиристоры полностью выводятся из работы, АД работает в штатном режиме. Система ожидает команды включения динамического торможения АД. Функционируют МТЗ и тепловая защита.
11. При динамическом торможении система управляет тиристорами таким образом, что две обмотки статора АД подключены последо-

вательно на однофазный источник выпрямленного напряжения (см. рис. 3), что приводит к быстрому замедлению вращения ротора АД (единицы секунд). При этом на работающих тиристорах рассеивается значительная мощность. По истечении определенного времени либо по команде режим торможения отключается – система обесточивается.

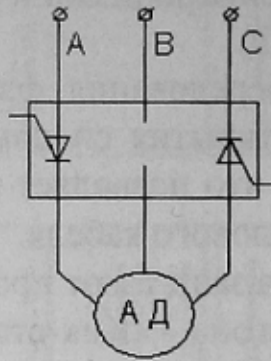


Рисунок 3 – Эквивалентная схема подключения АД к сети в режиме динамического торможения

Ядром системы управления приводом АД является однокристалльный микроконтроллер AT89C51, совместимый с Intel 80C51 по системе команд. Производительность микроконтроллера 2 млн. операций в секунду. Аппаратная часть системы управления достаточно проста, что положительно сказывается на ее надежности, трудоемкости изготовления и себестоимости.

Разработанная система успешно прошла подземные испытания и готовится к серийному производству. В дальнейшем предполагается разработка аналогичной системы для многодвигательного привода, учитывающего параметры ленты конвейера.