

УДК 62-83-52:62-573

С.С. Переверзев

УСТРОЙСТВО ПЛАВНОГО ПУСКА ДЛЯ НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ НА ПОЛНОСТЬЮ УПРАВЛЯЕМЫХ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ

В последнее время на предприятиях угольной промышленности для управления пуском асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором начинают применяться устройства плавного пуска (УПП) на основе тиристорных регуляторов напряжения (ТРН). Работа подобных устройств основана на изменении напряжения, подводимого к электродвигателю, по определённому закону. Причем выбор того или иного закона изменения напряжения зависит от цели управления. Это может быть ограничение пускового тока, ограничение переходных моментов, разгон электродвигателя по заданной временной диаграмме (для конкретного механизма) и др.

Наиболее распространенным способом изменения напряжения в подобных устройствах, в связи с его простотой, является фазовый способ (фазовое управление), так как для его реализации достаточно иметь в качестве ключевого элемента силовой схемы два встречно-параллельно включенных однооперационных тиристора, а именно такую силовую схему и имеют ТРН.

Однако, как отмечается в [1, 2], фазовый способ имеет ряд недостатков, связанных с искажением формы кривой тока в процессе управления. Гармонические составляющие токов, при питании преобразователя от сети ограниченной мощности, вызывают искажения напряжения сети со спектром, соответствующим спектру тока, а это негативным образом оказывается на элементах сети и электрооборудовании (электродвигатели, релейная защита, связь). Применение электрических фильтров для подавления высших гармоник в данном случае не всегда целесообразно, так как

фильтры на такие частоты имеют большие габариты и высокую стоимость, к тому же в них происходят дополнительные потери мощности. Температурное состояние запускаемого электродвигателя при этом также ухудшается.

Помимо этого, фазовое управление приводит к дополнительному потреблению реактивной мощности из сети за счет появления добавочной реактивной мощности, обусловленной сдвигом основной гармоники тока электродвигателя относительно напряжения сети. Эти недостатки можно устранить путем замены естественной коммутации тиристоров в ТРН на искусственную (принудительная коммутация) и переходом от фазового управления напряжением к широтно-импульсному с $k > 2$ ($k = w_m/w$, где w_m – угловая частота модуляции, w – частота питающей сети).

Однако применение искусственной коммутации требует дополнительных узлов в силовой схеме, приводящих к ее усложнению и, следовательно, к увеличению стоимости устройства. Кроме того, при построении силовой схемы необходимо обеспечивать постоянную во времени коммутационную способность и независимость параметров узлов принудительной коммутации от параметров нагрузки [1]. По этим причинам использование искусственной коммутации в УПП нецелесообразно.

С появлением на рынке полностью управляемых силовых полупроводниковых приборов (СПП) на большие мощности (таблица) появилась возможность отказаться от фазового и перейти к

Таблица

Параметры некоторых полностью управляемых силовых полупроводниковых приборов

Название силового ключа		Запираемый тиристор GTO	Тиристор с коммутацией по электроду управления GCT	Биполярный транзистор с изолированным затвором IGBT	Транзистор с инжектирующим эффектом IEGT
Тип ключа		FG6000AU-120D	FG4000HX-900S	CM1200HA-66H	ST1500GXH21
Фирма-изготовитель		Mitsubishi Electric	Mitsubishi Electric	Eupec, Toshiba, Mitsubishi Electric	Toshiba
Класс по напряжению	B	6000	4500	3300	4500
Средний ток в открытом состоянии (тиристоры) / Постоянный коллекторный ток (транзистор)	A	2000	1000	1200	1500
Напряжение в открытом состоянии (тиристор) / Напряжение насыщения (транзистор)	B	6	3,8	4,4	5,5
Время выключения	мкс	30	10	3	2,6

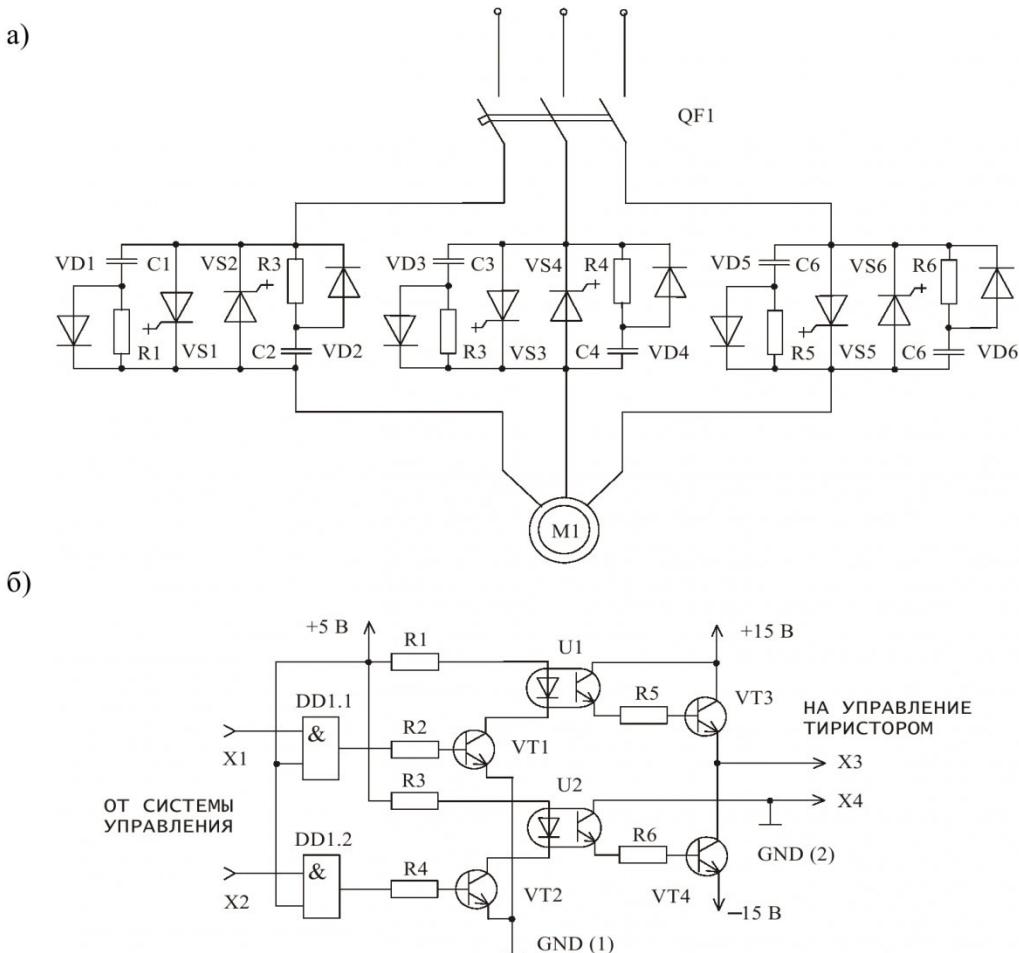


Рис. 1. Силовая схема УПП на запираемых тиристорах (а), канал управления схемы формирования импульсов управления запираемым тиристором (б)

широко-импульсному способу управления напряжением путём замены однооперационных тиристоров в силовой схеме ТРН на полностью управляемые СПП – двухоперационные тиристоры или транзисторы. Применение полностью управляемых СПП позволяет не только изменять напряжение всеми возможными способами импульсного управления: изменением угла отпирания или запирания тиристоров (управление со сдвигом по основной гармонике), изменением как угла отпирания, так и угла запирания (без сдвига по основной гармонике), широтно-импульсное управление, комбинированное управление, но и даёт возможность изменять напряжение, подводимое к электродвигателю, в соответствии с требуемым законом управления пуском асинхронного электродвигателя [3].

На рис. 1, а представлена часть силовой схемы УПП, предназначенного для управления пуском асинхронного электродвигателя квазиоптимальным способом [3]. Это устройство также позволяет изменять напряжение широтно-импульсным способом. Силовая схема преобразователя выполнена на запираемых тиристорах (VS1-VS6) типа Т3142-80, рассчитанных на средний ток в

открытом состоянии 80 А и имеющих 12-й класс по напряжению.

Управление тиристорами осуществляется с помощью системы управления через схему формирования импульсов управления. На рис. 1, б показан один из каналов этой схемы (канал управления тиристором VS1). Гальваническая связь между слаботочной и силовой частью выполнена на оптронах U1, U2, усиление сигнала управления по мощности достигается применением транзисторов VT3, VT4.

Для управления уровнем переменного напряжения в силовой схеме можно использовать также транзисторы – полевые или биполярные с изолированным затвором (рис. 2). Подобные клю-

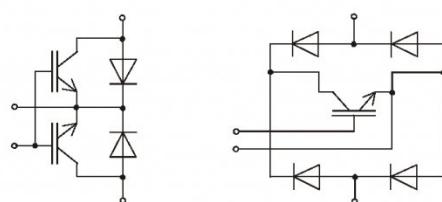


Рис. 2. Ключи переменного напряжения, выполненные на транзисторах

чи переменного напряжения имеют следующие преимущества над тиристорными: малый ток управления и, следовательно, использование более простой и компактной цепи управления; отсутствие тока управления в статических режимах и тока удержания (наличие относительно большого тока удержания в запираемых тиристорах приводит к тому, что их применение в преобразователях с широким изменением двигательной нагрузки, должно сопровождаться положительным управляющим током); лучшие динамические характеристики; более широкий частотный диапазон (большая частота коммутации).

Нами разработано и изготовлено транзисторное УПП, предназначенное для управления пуском асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором мощностью до 20 кВт, позволяющее реализовывать различные законы.

На рис. 3 представлены экспериментально снятые временные диаграммы фазных токов и напряжений. Данные диаграммы получены при изменении напряжения широтно-импульсным

способом транзисторным УПП в ходе управляемого пуска (ограничением скорости нарастания приложенного напряжения) асинхронного электродвигателя 4AM80A4СУ. Эффективность данного способа пуска (линейное нарастание напряжения) для ограничения переходных моментов показана в [4].

Силовая схема используемого в данном случае транзисторного УПП аналогична схеме, представленной на рис. 1, б, с той лишь разницей, что ключевой элемент схемы выполнен не на запираемых тиристорах, а на встречнопоследовательно включенных транзисторах (IRG4PH50UD).

Таким образом, применение полностью управляемых СПП в силовой схеме УПП является более предпочтительным, так как появляется возможность не только изменять подводимое к электродвигателю напряжение в течение заданного времени в соответствии с требуемым законом управления пуском, но и использовать широтно-импульсный способ изменения напряжения,

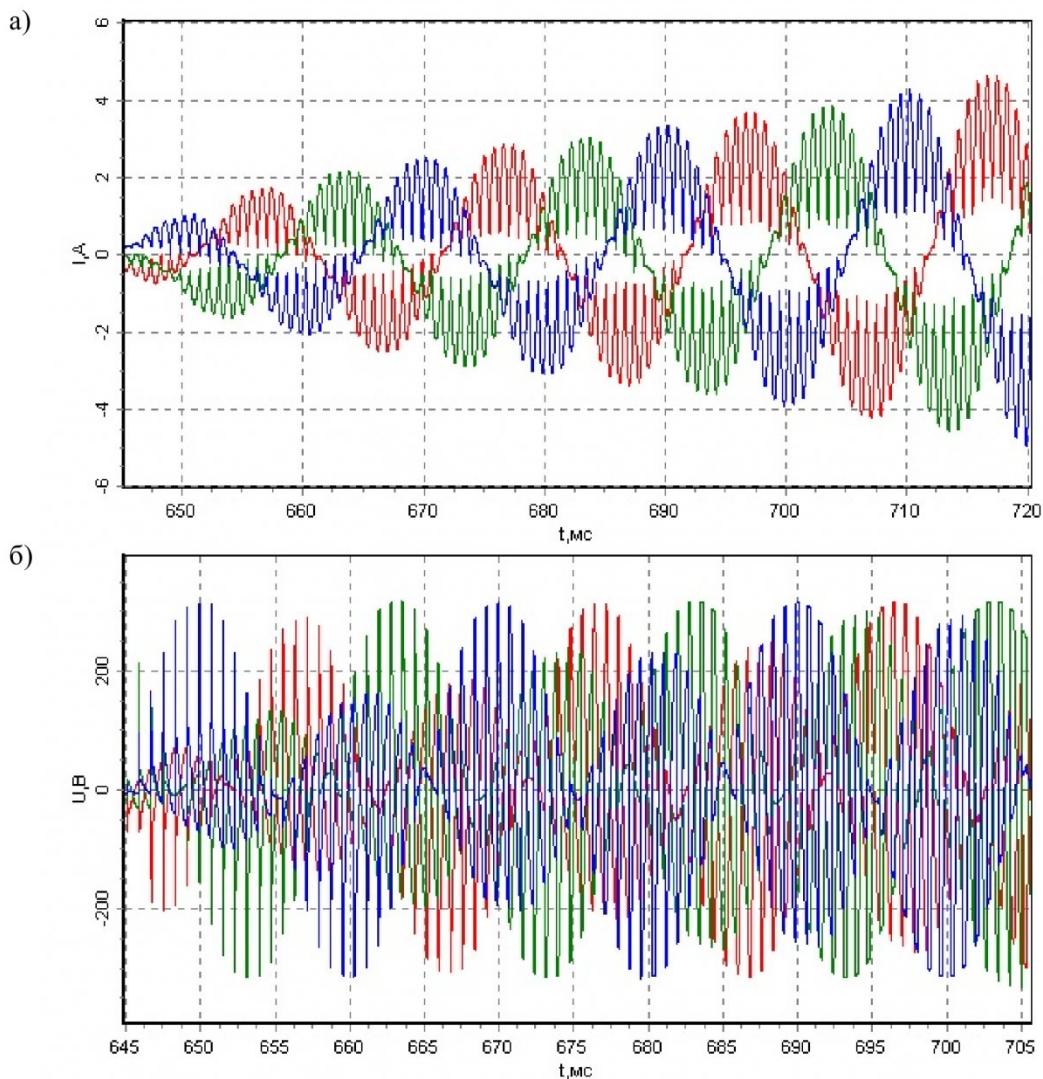


Рис. 3. Временные диаграммы фазных токов (а) и напряжений (б) при широтно-импульсном изменении напряжения в процессе пуска

имеющий более высокие, по сравнению с фазовым, энергетические показатели. Кроме того, УПП на основе полностью управляемых силовых полупроводниковых приборов, представляет со-

бой практически идеальное устройство защиты от аварийных режимов, быстродействие которого недоступно тиристорным УПП с фазовым управлением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Основы преобразовательной техники: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Выш. школа, 1980.- 424 с.
2. Поскрабко А.А., Братолюбов В.Б. Бесконтактные коммутирующие и регулирующие полупроводниковые устройства на переменном токе. – М.: Энергия, 1978. – 192 с.
3. Патент РФ № 2235410 МПК Н 02 Р 1/26. Способ пуска асинхронного электродвигателя / Е.К. Ешин, И.А. Соколов, В.Л. Иванов, В.Г. Каширских, Д.В. Соколов, Заявл. 04.01.03, № 2003100098. Опубл. 27.08.04. Бюл. №24.
4. Каширских В.Г., Завьялов В.М., Нестеровский А.В., Переверзев С.С. Улучшение пусковых режимов нерегулируемых асинхронных электродвигателей горных машин. Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2004. Материалы X Международной научно-практической конференции, 23 – 24 нояб. 2004 г. / редкол.: Ю.А. Антонов [и др.]; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2004. – 368с.

□ Автор статьи:

Переверзев
Сергей Сергеевич
- аспирант каф. электропривода и
автоматизации

УДК 62-83-52: 62-573

В.Г. Каширских, С.С. Переверзев

УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИКОЙ ПУСКА НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ГОРНЫХ МАШИН

Нерегулируемый асинхронный электропривод в настоящее время является преобладающим в составе подземных горных машин. Его сравнительно низкая функциональная надежность во многом определяется тяжелыми условиями эксплуатации, обусловленными как особенностями подземных выработок угольных шахт, так и режимами нагружения. Одним из наиболее значимых в этом смысле является режим пуска путем прямого подключения асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором (АД) к сети.

Возникающие при этом пиковые броски пусковых токов приводят к ускоренному износу изоляции обмоток статора АД, просадке напряжения в сети от протекания больших пусковых токов и возникновению переходных знакопеременных электромагнитных моментов, которые вызывают удары и деформации в элементах трансмиссии

с интенсивным их износом и поломками, в результате чего снижается надёжность и ресурс горных машин.

Задача снижения динамических нагрузок в асинхронном электроприводе может быть

решена путём формирования пусковой динамической характеристики, которая в наибольшей степени будет приближена к статической характеристике, то есть ограничением или полным подавлением знакопе-

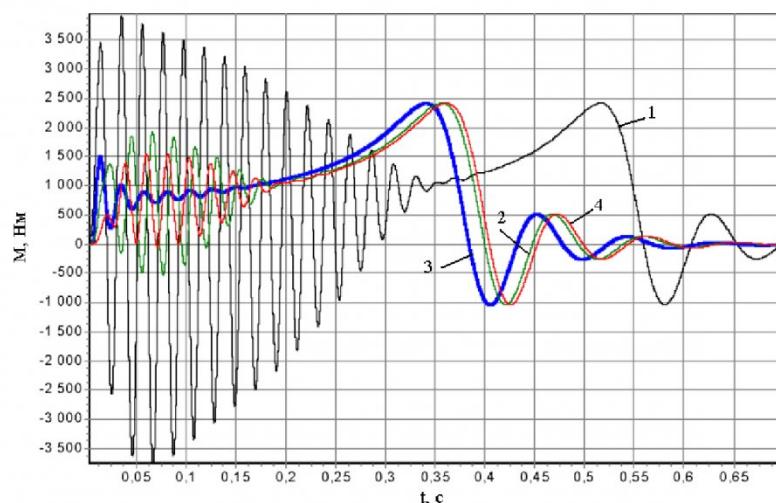


Рис. 1. Переходные моменты при прямом пуске (1), при пофазной подаче напряжения (2), при квазиоптимальном пуске (3), при пуске ограничением скорости нарастания приложенного напряжения с помощью широтно-импульсного регулирования (4)