

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-

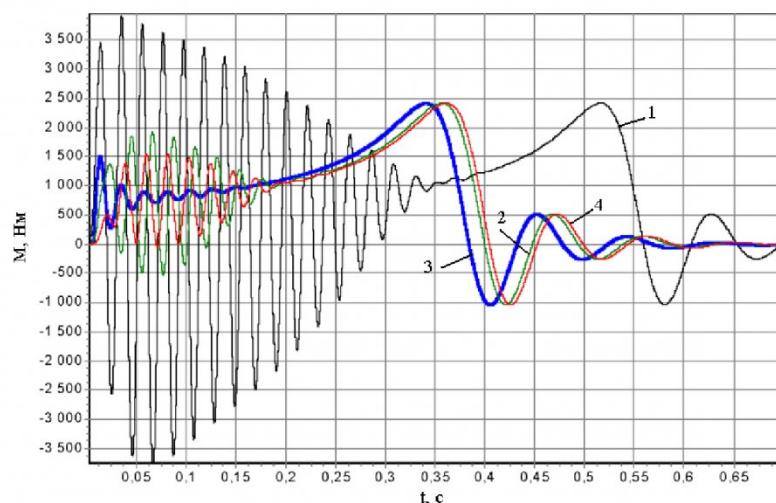


Рис. 1. Переходные моменты при прямом пуске (1), при пофазной подаче напряжения (2), при квазиоптимальном пуске (3), при пуске ограничением скорости нарастания приложенного напряжения с помощью широтно-импульсного регулирования (4)

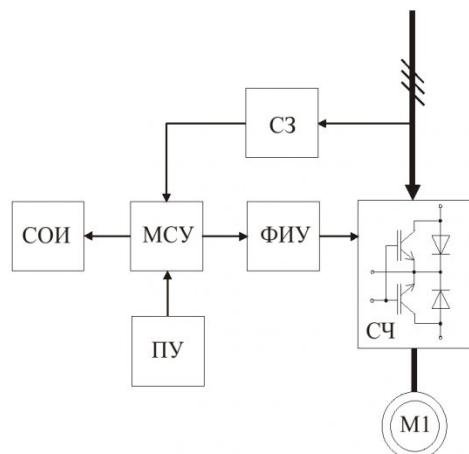


Рис. 2. Функциональная схема транзисторного устройства плавного пуска

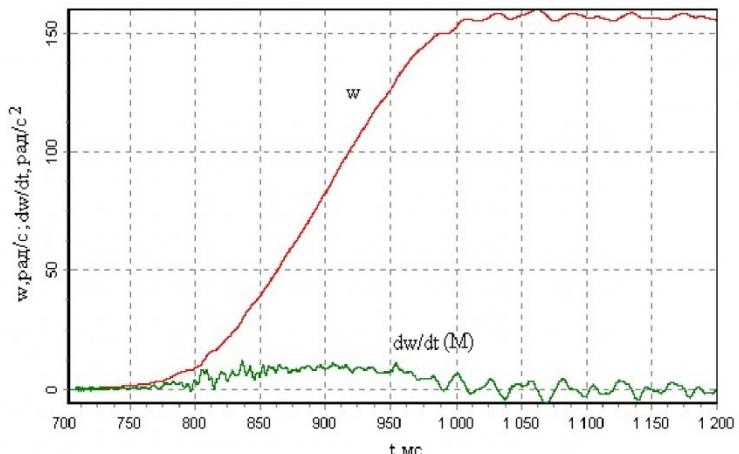


Рис. 3. Частота вращения ротора (1) и ускорение (2) при управляемом пуске с помощью широтно-импульсного регулирования напряжения

ременных электромагнитных моментов. Такое управление пуском АД получило название безударного пуска.

Одним из направлений реализации безударного пуска является применение специальных полупроводниковых устройств - устройств плавного пуска (УПП), предназначенных для организации определённого рода воздействий на систему приложенных к АД напряжений, при неизменной частоте сети. К числу таких воздействий можно отнести ограничение скорости нарастания приложенного к статору электродвигателя напряжения и подачу напряжения по определённому алгоритму [1, 2].

Для этих целей на угольных предприятиях применяют импортные и отечественные устройства плавного пуска, в подавляющем большинстве случаев представляющие собой тиристорный регулятор напряжения (ТРН), изменяющий действующее значение напряжения посредством фазово-импульсного управления встречно-параллельно включенными тиристорами в каждой фазе регулятора при симметричном управлении углом открывания и с естественной коммутацией тиристоров.

К недостаткам ТРН можно отнести следующее. При использовании однооперационных

тиристоров изменение напряжения от нулевого до名义ального значения можно обеспечить только в течение нескольких периодов сетевого напряжения, что снижает быстродействие привода. Помимо этого, при регулировании напряжения в процессе пуска форма напряжения с увеличением угла управления искажается, что приводит к появлению в спектральном составе тока высокочастотных (относительно частоты сети) составляющих, вызывающих дополнительные потери в обмотках и уменьшающих электромагнитный момент, развиваемый электродвигателем.

К тому же подобные устройства имеют низкий коэффициент мощности при регулировании напряжения за счет увеличения фазового сдвига по основной гармонике тока и уменьшения коэффициента искажения k_u (отношение действующего значения первой гармоники напряжения к полному действующему значению напряжения напряжению). Но основным недостатком применения ТРН для пуска АД являются большие потери, приводящие к перегреву электродвигателя при затяжном пуске.

УПП с силовой схемой ТРН, но с изменённой системой управления, могут обеспечить безударный пуск пофазной по-

дачей напряжения [1], при котором вначале подключаются две фазы статора в максимуме их линейного напряжения, а затем третья фаза – в момент времени соответствующий максимуму её фазного напряжения.

Применение в силовой схеме полностью управляемых силовых полупроводниковых приборов позволяет осуществлять квазиоптимальный пуск [2]. Суть этого способа пуска состоит в следующем: первоначально на статорные обмотки двигателя подают напряжение с амплитудой, равной амплитуде напряжения сети, а затем последовательно во времени, через определенный промежуток времени от начала подачи напряжения, равный $\pi/3$ эл. град. (при частоте сети 50 Гц – 0,0033 с), электродвигатель отключают от питающей сети и переводят в режим динамического (магнитного) торможения на такое же время, после чего на обмотки статора вновь подают напряжение с амплитудой равной амплитуде напряжения сети.

На рис. 1 представлены графики переходных электромагнитных моментов, полученные в результате компьютерного моделирования прямого и управляемых пусков асинхронного электродвигателя мощностью 250 кВт.

Для практической проверки рассмотренных способов пуска

на кафедре электропривода и автоматизации КузГТУ было разработано УПП (рис.2), силовая часть (СЧ) которого выполнена на полностью управляемых ключах переменного напряжения, состоящих из двух встречно включенных силовых транзисторов, зашунтированных обратными диодами.

Управление ключами силовой части осуществляется от микропроцессорной системы управления (МСУ) через формирователь импульсов управления (ФИУ), в котором управляющий сигнал усиливается по мощности, а также осуществляется гальваническая развязка слаботочной и силовой части УПП. Для защиты от токов короткого замыкания, перегрузок по току, обрыва фаз двигателя УПП имеет систему защиты (СЗ), которая в зависимости от сигналов, поступающих с датчиков тока, выдаёт сигнал МСУ на отключение двигателя (М1) от питающей сети. Характер произошедшей аварийной ситуации, о также меню выбора режима работы УПП (закон управления пуском, уставки срабатывания защиты, настройка параметров пуска, и т.д.) выводятся на устройство отображения информации (УОИ). Управление УПП может осуществляться как с пульта управления (ПУ), так и от компьютера.

К достоинствам данного УПП можно отнести возможность регулирования выходного напряжения всеми способами, характерными для тиристорных устройств, а также осуществление широтно-импульсного ре-

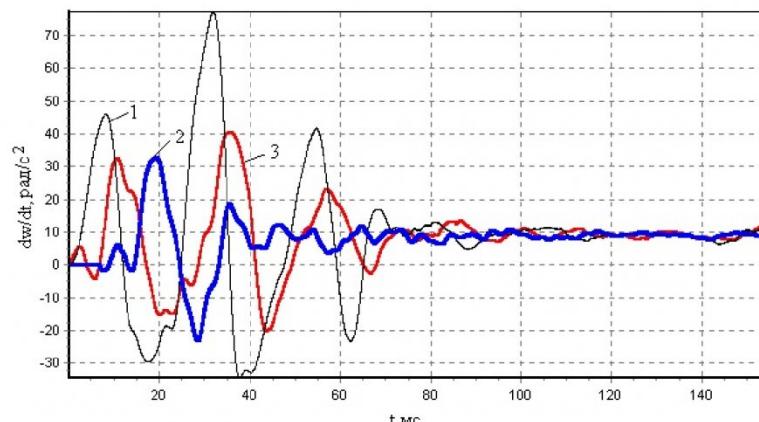


Рис. 4. Экспериментально снятые зависимости ускорения при прямом пуске (1), при пофазной подаче напряжения (2), при квазиоптимальном пуске (3)

гулирования с $k > 2$ ($k = w_m/w$), где w_m - угловая частота модуляции, w -частота питающей сети). Кроме того, транзисторные УПП имеют более высокие по сравнению с тиристорными энергетические показатели и позволяют реализовывать заданные алгоритмы управления пуском без привязки к моменту перехода напряжения сети через ноль.

На рис. 3 представлены экспериментально снятые зависимости изменения во времени ускорения и частоты вращения ротора при пуске асинхронного электродвигателя 4АМ80А4СУ мощностью 1,1 кВт с дополнительной массой, упруго связанной с валом. Данные зависимости сняты в ходе испытаний транзисторного УПП при различных законах управления напряжением (рис. 4).

Таким образом, управляемый пуск приводит к уменьшению динамической составляю-

щей момента АД, а сравнительный анализ способов пуска на основании литературных источников и результатов проведённых исследований позволяет сделать вывод о том, что из рассмотренных способов для асинхронного электропривода горных машин наиболее предпочтительны пофазный и квазиоптимальный способы пуска. Причём для маломощных электроприводов, особенно работающих с небольшой нагрузкой, лучшие показатели имеет пофазный пуск, однако с увеличением мощности АД квазиоптимальный способ пуска становится более выгодным.

Описанное выше транзисторное УПП позволяет управлять пуском АД мощностью до 20 кВт и в настоящее время на нём разработано и изготавливается УПП для АД на 250 кВт с последующей проверкой эффективности пуска в производственных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров Л.П. Управление пуском и торможением асинхронных двигателей. -М.: Энергоиздат, 1981. - 184 с.
2. Патент РФ № 2235410 МПК H 02 Р 1/26. Способ пуска асинхронного электродвигателя / Е.К. Ещин, И.А. Соколов, В.Л. Иванов, В.Г. Каширских, Заявл. 04.01.03, № 2003100098. Опубл. 27.08.04. Бюл. №24.

□ Авторы статьи:

Каширских
Вениамин Георгиевич
- канд. техн. наук, доц., зав. каф.
электропривода и автоматизации

Переверзев
Сергей Сергеевич
- аспирант каф. электропривода и
автоматизации