УДК 621-926

Г.Г. Пивняк, В.И. Кириченко, д-ра техн. наук, Украина
Р.А. Боровик, В.В. Кириченко, канд. техн. наук Днепропетровск
Национальный горный университет

СНИЖЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРИВОДА МЕЛЬНИЦ В РЕЖИМАХ РЕСИНХРОНИЗАЦИИ И САМОЗАПУСКА

Досліджено динаміку самозапуску системи млин-синхронний двигун. Для зниження коефіцієнта динамічності моменту зачеплення запропоновано програмно формувати напругу живлення обмоток двигуна.

Исследована динамика самозапуска системы мельница-синхронный двигатель. Для снижения коэффициента динамичности момента зацепления предложено программно формировать напряжение питания обмоток двигателя.

A dynamics is investigational to the self-starting of the system a mill-synchronous motor. For the decline dynamic coefficient quality moment of too thing it is suggested programmatic to form supply voltage of motor windings.

Вступление. В условиях крупного промышленного предприятия нередки случаи кратковременного перерыва в питании потребителей. Для горно-обогатительного комбината с мощными мельницами при повторной подаче питающего напряжения неуспешный самозапуск приводных синхронных двигателей (СД) может вызвать их остановку с последующим поочередным запуском, что приводит к экономическим потерям. Помимо этого, восстановление питающего напряжения СД в произвольный момент времени обуславливает высокие значения тока включения и значительные динамические нагрузки элементов привода. Среди причин – неблагоприятные фазы восстановленного напряжения и остаточной ЭДС двигателя, неодинаковость момента на валу двигателя и статического момента мельницы в момент восстановления напряжения и другие факторы. Тяжелые условия режима самозапуска отрицательно влияют на надежность электромеханической системы мельницы, снижая их срок службы.

Цель работы – обоснование нового направления снижения динамических нагрузок в режиме самозапуска двухмассовой системы мельница-синхронный двигатель с упругой и диссипативной связями.

Особенности самозапуска. Основное отличие режима самозапуска от обычного пуска заключается в том, что в момент повторной подачи питающего напряжения СД мельницы имеет начальную скорость ниже синхронной и, как правило, остаточную электродвижущую силу (ЭДС) [2]. При этом мельница полностью загружена, а статический момент – стабильный. Уровень остаточной ЭДС зависит от многих факторов, в том числе используемой системы возбуждения, уровня форсирования напряжения возбудителя, параметров двигателя, схемы питающей подстанции и механической характеристики мельницы. При неблагоприятной фазе повторно поданного на статор напряжения ток включения двигателя зависит от остаточной ЭДС и желательно иметь достаточный перерыв до момента восстановления напряжения. С этой целью время срабатывания АВР или АПВ увеличивают и тем самым обеспечивают достаточное снижение ЭДС и ограничивают ток включения допустимым значением (при самозапуске ток включения СД может превышать пусковой более чем в два раза [2]). Самозапуск считается успешным, если избыточный момент двигателя достаточен для разгона и последующей ресинхронизации двигателя, а также, если за это время нагрев обмоток не превысит допустимой величины. Очевидно, что с этих позиций перерыв в питании должен быть минимальным.

Динамические нагрузки. Традиционные методы управления возбудителями, при определенных условиях обеспечивают успешную синхронизацию и ресинхронизацию двигателя (рис. 1).

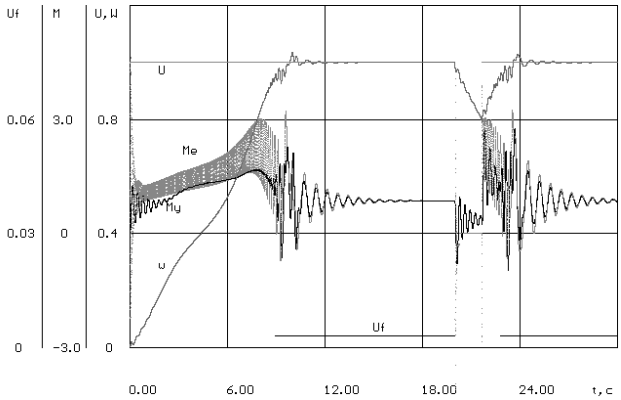

Рис. 1. Динамика пуска и самозапуска привода мельницы ММС-90х30 с подачей постоянного напряжения возбуждения при скольжении 0,05

В качестве примера рассмотрены переходные процессы в электромеханической системе СД-мельница ММС-90х30 с приводным двигателем СДМЗ-2-24-59-80УХЛ4 номинальной мощностью 4 МВт. Переходные процессы пуска и самозапуска получены при продолжительности перерыва питания 1,5 с и подаче постоянного напряжения на обмотку возбуждения при скольжении 0,05. Видно, что в процессе пуска в момент прохождения резонансной зоны коэффициент динамичности упругого момента (момента в зубчатом зацеплении) составляет 2,35, а при синхронизации – 2,94. К тому же имеет место опасное размыкание зазоров зубчатого зацепления.

Проблема существенного снижения динамических нагрузок привода при пуске и синхронизации успеш-

© Пивняк Г.Г., Кириченко В.И., Боровик Р.А., Кириченко В.В., 2006

но решается использованием метода компенсации переменной и повышения средней составляющей электромагнитного момента двигателя [3]. На рис. 2 показаны характеристики переходных процессов в режиме пуска и самозапуска с программным управлением напряжением возбуждения.

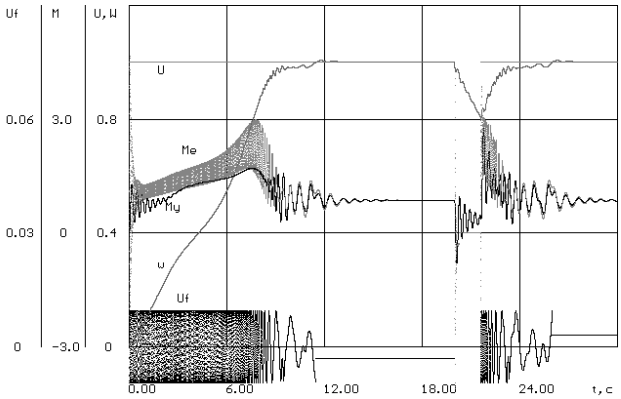

Рис. 2. Динамика пуска и самозапуска привода мельницы ММС-90х30 с программным управлением напряжения возбуждения

Видно, что использование этого метода существенно снизило коэффициент динамичности упругого момента в момент пуска, однако использование этого метода мало эффективно в начальный момент самозапуска.

В результате анализа причин значительных динамических нагрузок самозапуска авторами работы установлено, что на амплитуду колебаний упругого момента существенно влияют начальные условия, а именно начальный внутренний угол двигателя, углы поворота вала двигателя и ведущей шестерни зацепления, скорости их вращения, существенное значение моментов инерции вращающихся масс. Влияние перечисленных факторов на динамику момента в зубчатом зацеплении при самозапуске и последующей ресинхронизации рассмотрено в [1], где определен наиболее неблагоприятный угол начального положения ротора двигателя. Установлено, что на динамику ресинхронизации влияет начальный электромагнитный момент двигателя и, следовательно, программное формирование этого момента по определенному закону может снизить коэффициент динамичности момента зубчатого зацепления. А поскольку электромагнитный момент пропорционален квадрату питающего напряжения, то изменением его уровня можно управлять динамикой момента в зубчатом зацеплении. В режиме самозапуска это позволяет снизить первоначальный бросок электромагнитного момента. Если программно формировать закон изменения этого напряжения, то можно не только полностью исключить этот бросок, но и вообще управлять процессом самозапуска. При этом уровень напряжения питания должен быть не слишком мал, поскольку создаваемого им электромагнитного момента будет недостаточно для преодоления момента нагрузки, и скорость двигателя будет и далее снижаться.

На рис. 3 приведены характеристики переходных процессов с формированием амплитуды питающего напряжения в функции скольжения.

Видно, что достигнуто снижение коэффициента динамичности упругого момента до уровня всего 1,41.

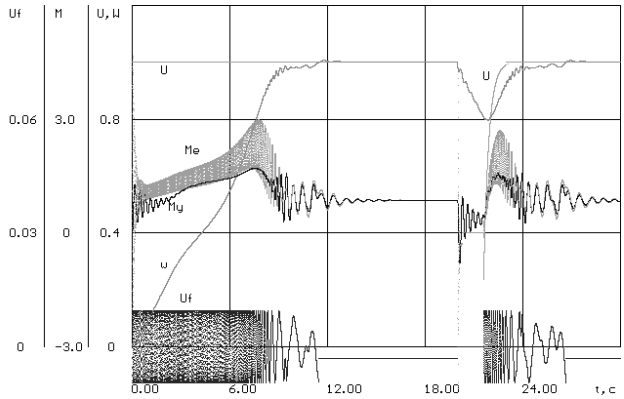

Рис. 3. Динамика пуска и самозапуска мельницы ММС-90х30 с программным формированием напряжений возбуждения и статора

В результате можно сделать следующие выводы: 1. Коэффициент динамичности момента в зубчатом зацеплении двухмассовой системы СД-мельница с упругой связью и вязкостью достигает опасных значений в режимах самозапуска и ресинхронизации после перерыва в питании. 2. Эффективное снижение динамических нагрузок привода мельниц с СД в режимах самозапуска обеспечивает программное формирование питающих напряжений двигателя.

Список использованной литературы

1. Влияние начальных условий на динамику самозапуска и ресинхронизации привода мельниц с упругой связью / Г.Г. Пивняк, В.И. Кириченко, Р.А. Боровик, В.В. Кириченко, В.А. Савенко // Вісн. Кременчуцького держ. політехнік. ун-ту: Наук. праці КДПУ. - 2006. – Вип. 4/2006 (39). – Ч. 1. – С. 8-11.

2. Носов К.Б., Дворак Н.М. Средства и способы самозапуска электродвигателей. – Кемерово: Кемеровское кн. изд-во. – 1985. – 270 с.

3. Пивняк Г.Г., Школа Н.И., Кириченко В.В. Роль программного управления в обеспечении надежности многомассовых систем с синхронными электроприводами // Металлургическая и горно-обогатительная промышленность. – 2002. – №3. – С. 81-87.

Получено 04.07.06

Пивняк Геннадий Григорьевич, академик НАН Украины, д-р. техн. наук, ректор НГУ. Пр. К. Маркса, 19, Днепропетровск, Украина 49005, т. +38(0562)470835

Кириченко Виталий Иванович, д-р. техн. наук, профессор кафедры электропривода НГУ. Пр. К. Маркса, 19, Днепропетровск, Украина 49005, т. +38(0562)459922

Боровик Роман Алексеевич, ассистент кафедры электропривода НГУ. Пр. К. Маркса, 19, Днепропетровск, Украина, 49005, т. +38(0562)459922

Кириченко Владислав Витальевич, канд. техн. наук, доцент кафедры систем электроснабжения НГУ. Пр. К. Маркса, 19, Днепропетровск, 49005, т. +38(0562)473703