

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕЛЬНИЦЫ

Г. Г. Пивняк, академик НАН Украины, В. И. Кириченко, д.т.н., проф.,

В. В. Кириченко, к.т.н., доц., В. В. Барабан, асп.

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»

просп. К. Маркса, 19, 49005, Днепрпетровск, Украина

E-mail: ViKirichenko@nmu.org.ua

В. Т. Никора, ген. директор, Г. А. Моря, нач. констр. отд. синхронных машин, Л. П. Вареник, вед. инж.

РОСЭНЕРГОМАШ, ООО «Инженерный центр»

ул. Первомайская, 35-а, 74900, г. Новая Каховка, Украина

E-mail: ic@nk.rosenergomash.com

Предложено направление модернизации системы управления синхронным двигателем для повышения его надежности в пусковых режимах и снижения запаса установленной мощности привода мельницы МШРГУ-4500×6000 с 2,5 до 2 МВт.

Ключевые слова: электропривод, синхронный двигатель, пуск, ток возбуждения.

Введение. Основным потребителем электрической энергии на крупных горно-обогатительных комбинатах (ГОК) являются синхронные двигатели приводов барабанных мельниц. Из-за трудностей точного теоретического определения полезной мощности мельниц, неодинаковых условий их использования на конкретных предприятиях, сложностей обеспечения успешного запуска и синхронизации, дискретности шкалы номинальных мощностей изготавливаемых двигателей они нередко работают в нерациональных режимах. В том числе из-за обычно выбираемого значительного запаса мощности привода, который может достигать 20...30 %, а иногда и больше. Например, для привода мельницы МШРГУ-4500×6000 используют синхронный двигатель СДС 19-56-40 УХЛ4 с номинальной мощностью 2,5 МВт, хотя для установившегося режима этой мельницы достаточно мощности всего 1,89 МВт. То есть запас установленной мощности привода составляет 32 % с соответствующим неоправданным увеличением его цены, капитальных и эксплуатационных затрат.

Анализ предыдущих исследований. Известны результаты предварительной оценки возможностей решения задачи снижения стоимости привода [1]. При этом был принят ряд общепринятых допущений, в том числе не учитывалось изменение активных сопротивлений обмоток и разрядного сопротивления в цепи возбуждения вследствие их нагрева во время пуска. Не учитывались и последние изменения в расчетных данных последних моделей двигателей вследствие использования для них новых материалов, изменений в конструкции и выбора режимов использования.

Цель работы. Обоснование возможности улучшения пусковых свойств синхронных двигателей путем оптимизации параметров и режимов использования разрядного сопротивления в цепи возбуждения с учетом тепловых процессов. При этом в качестве примера рассмотрена возможность использовать (для новых предприятий) универсальную мельницу МШРГУ-4500×6000 с двигателем СДС 19-46-40 УХЛ4 мощностью 2 МВт вместо используемого ранее двигателя СДС 19-56-40 УХЛ4 мощностью 2,5 МВт.

Материал и результаты исследования. На первом этапе для достижения поставленных целей на основе заводских расчетов определена форма пусковой механической характеристики двигателя мощностью 2 МВт с разрядным сопротивлением в цепи возбуждения 3,2 Ом (рис. 1, кривая 1).

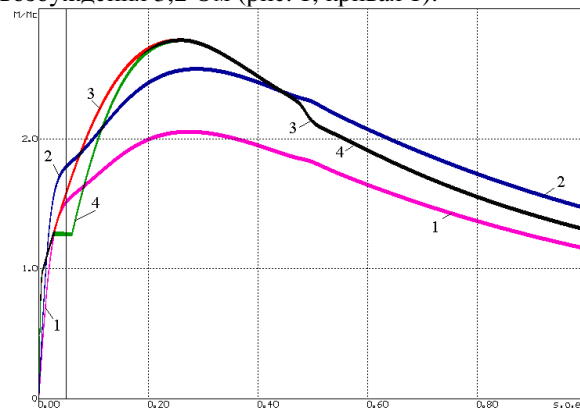


Рисунок 1 – Форма механических характеристик при разрядном сопротивлении 3,2 Ом для двигателя 2 МВт (кривая 1) и 2,5 МВт (кривая 2), при управлении сопротивлением на получение \max средней составляющей (кривая 3) и \min переменной составляющей момента (кривая 4)

При этом кратность средней составляющей электромагнитного момента определена в долях приведенного к валу двигателя установившегося момента вращения мельницы МШРГУ-4500×6000. Видно, что при $s=1$ кратность среднего момента двигателя составила 1,14. Для механической характеристики используемого на сегодня для этой мельницы двигателя 2,5 МВт эта кратность выше на 26 % и составляет 1,44 (кривая 2), что объясняется большей мощностью двигателя и его недоиспользованием в установившемся режиме работы мельницы на 20 % с соответствующим неоправданным увеличением цены привода. Хотя даже двигатель 2 МВт в установившемся режиме будет недоиспользован на 6 %. Из сравнения кривых 1, 2 (рис.1) видно, что продолжительность пуска при двигателе 2 МВт больше, а надежность – ниже. Улучшить форму его пусковой характеристики и снизить длительность пуска можно за счет более

полного использования системы управления током возбуждения. Простейшее средство для этого – оптимизация разрядного сопротивления в функции скольжения. Для корректности полученных результатов нами учтены расчетные данные последней модели двигателя и допускаемый по ТУ уровень перенапряжений на зажимах его обмотки возбуждения, техническая возможность практически плавно изменять по требуемому закону величину разрядного сопротивления в процессе пуска. При этом схема силовой цепи возбуждения остается прежней, а напряжение возбуждателя, как и обычно, подается на обмотку при скольжении 5 %. Определение алгоритма управления разрядным сопротивлением осуществлялось как для увеличения средней составляющей электромагнитного момента (для снижения продолжительности пуска – кривая 3), так и для уменьшения его периодической составляющей с целью снижения динамических нагрузок зубчатых элементов привода (кривая 4). Видно, что такое управление позволило в обоих случаях значительно увеличить среднюю составляющую момента, приблизив ее к форме механической характеристики двигателя 2,5 МВт с соответствующим снижением продолжительности пуска. Таким образом, предварительно доказана возможность успешного запуска мельницы с двигателем 2 МВт. При необходимости улучшения формы пусковой характеристики двигателя 2,5 МВт также целесообразно использование разработанных алгоритмов.

Для получения окончательного вывода об эффективности использования разработанных алгоритмов управления нами на начальном этапе исследована динамика пуска и синхронизации мельницы с базовым приводом 2,5 МВт при рекомендуемом заводом разрядном сопротивлении 3,2 Ом. Для достоверности полученных результатов учтена динамика нагрева и ее влияние на активные сопротивления обмоток двигателя. Из-за малой продолжительности пуска процессы нагрева обмоток рассмотрены как адиабатические [2]. С учетом влияния формы механической характеристики механизма на условия нагрева обмоток рассмотрен пуск в наиболее тяжелых условиях при «слежавшейся» загрузке барабана после длительного простоя без предварительного «выхаживания». При этом учтено, что во время подъема слежавшейся загрузки мельницы момент ее вращения изменяется по синусоидальному закону в функции угла поворота барабана, причем кратность максимального момента по отношению к установившемуся составляет 1,47 [3].

Динамика прямого пуска мельницы МШРГУ-4500×6000 с двигателем СДС-19-56-40УХЛ4 приведена на рис. 2, где приняты одинаковые и для последующих рисунков цифровые обозначения зависимостей, а именно: 1 – скорость двигателя в долях от синхронной; 2 – упругий момент в долях установившегося приведенного момента вращения мельницы; 3 – ток статора в амперах. Видно, что продолжительность пуска составила 4,2 с при кратности упругого момента 3,32. Средний пусковой ток двигателя соответствует паспортной кратности и составляет около 1650 А.

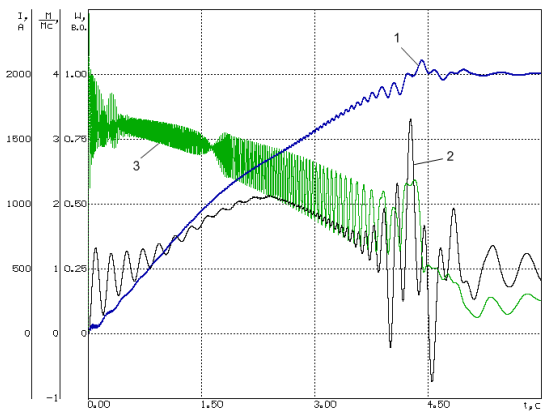


Рисунок 2 – Пуск мельницы МШРГУ-4500×6000 с двигателем СДС-19-56-40УХЛ4 (2,5 МВт)

Таким образом, прямой пуск двигателя мощностью 2,5 МВт сопровождается достаточно высокими динамическими нагрузками зубчатых элементов привода. Особенность привода и в том, что в нем происходит размыкание зазоров зубчатого зацепления, что увеличивает его износ и снижает надежность. Перегревы пусковой обмотки и статора (эти обмотки наиболее нагреваются в асинхронном режиме) составили около 69 и 9°С соответственно.

Что касается прямого пуска мельницы МШРГУ-4500×6000 с двигателем мощностью 2 МВт с традиционной системой возбуждения, то он успешный, однако более длительный (5,8 с), к тому же кратность упругого момента возрастает до 3,9.

Уменьшить продолжительность пуска этого привода можно, управляя разрядным сопротивлением с целью увеличения средней составляющей электромагнитного момента [4]. Результаты использования такого алгоритма управления приведены на рис. 3.

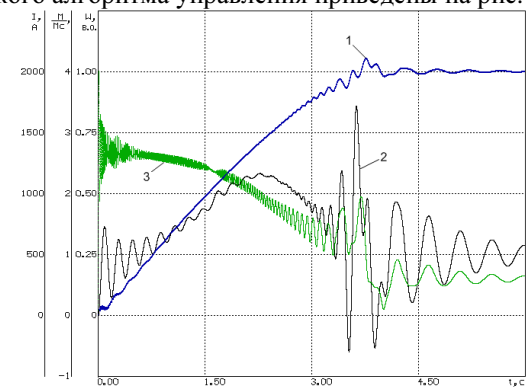


Рисунок 3 – Пуск мельницы МШРГУ-4500×6000 с двигателем СДС-19-46-40УХЛ4 (2 МВт)

Видно, что такое управление снизило продолжительность пуска по сравнению с приводом 2,5 МВт на 20,6 % (до 3,35 с), а кратность упругого момента возросла на 3,6 %. При этом пусковой ток для сети снизился на 17,5 % (с 1650 до 1361 А), а перегрев обмотки статора и пусковой составил 8,3 и 54°С соответственно.

В режиме управления разрядным сопротивлением с целью снижения динамических нагрузок достигнуто снижение кратности упругого момента на 22,5 % при одинаковом снижении пускового тока для сети (рис. 4).

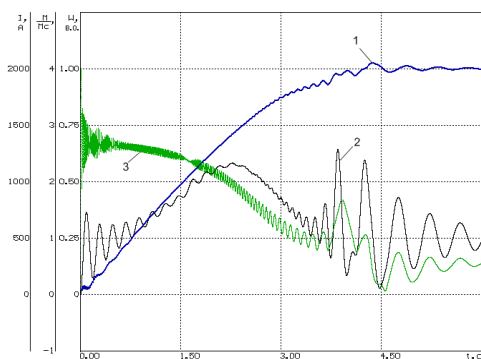


Рисунок 4 – Пуск мельницы МШРГУ-4500×6000 с двигателем СДС-19-46-40УХЛ4 с алгоритмом для снижения переменной составляющей момента

По сравнению с приводом 2,5 МВт продолжительность пуска уменьшилась на 11 % (с 4,22 до 3,76 с). Перегрев составил 9 и 57,1°С.

Дополнительному повышению надежности тяжелого пуска способствует первоначальная подача форсированного уровня напряжения возбудителя при синхронизации.

Выводы. Усиление роли цепи возбуждения в формировании пусковой характеристики синхронного двигателя путем управления разрядным резистором создает предпосылки для снижения запаса установленной мощности приводов различных механизмов. При этом за счет уменьшения массы двигателей снижается их цена, а пусковые свойства улучшаются. За счет более полного использования двигателей возрастает их КПД и снижаются пусковые токи для питающей сети. Экономичность привода и механизма в целом возрастают.

Для рассмотренного в качестве примера привода мельницы МШРГУ-4500×6000 доказана эффективность снижения мощности двигателя с 2,5 до 2 МВт. При этом надежность привода выше, а динамические нагрузки его элементов – ниже. Для практического применения этого метода требуются всего лишь дополнительные секции разрядного сопротивления и система

управления с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Способствует надежности синхронизации форсированное напряжение возбудителя. Поскольку рассмотрен наиболее тяжелый режим пуска, то очевидно, что необходимость в предварительном «выхаживании» мельницы отсутствует с соответствующими экономическими преимуществами.

Предложенный в работе метод регулирования разрядного сопротивления позволяет исключить необходимость в использовании запаса установленной мощности привода и тем самым существенно снизить капитальные и эксплуатационные расходы предприятия. Для практического применения этого метода требуются всего лишь дополнительные секции разрядного реостата и система управления с ШИМ. Предложенные усовершенствования синхронного привода перспективны и для других механизмов с повышенными моментами трогания и инерции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Модернизация синхронного электропривода шаровой мельницы / Г.Г. Пивняк, В.И. Кириченко, В.В. Кириченко и др. // Известия вузов. «Горный журнал». – 2009. – № 4. – С. 101–106.
2. Постников И.М. Метод теплового расчета крупных синхронных машин / Труды Ленинградского политехнического института. – 1946, № 1. – С.83–120.
3. Виноградов Б.В. Динаміка барабанних млинів – Дніпропетровськ: УДТХТУ, 2004. – 314 с.
4. Кириченко В.В., Боровик Р.О., Барабан В.В. Дослідження впливу розрядного опору на ефективність програмного керування синхронним приводом // Тематичний випуск «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія й практика» науково-технічного журналу «ЕЛЕКТРОІНФОРМ». – Львів: ЕКОінформ, 2009. – С. 384–385.

Стаття надійшла 07.06.2011р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Чорним О.П.

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА МЛИНА

Г. Г. Пивняк, академік НАН України, В. І. Кириченко, д.т.н., проф.,

В. В. Кириченко, к.т.н., доц., В. В. Барабан, асп.

Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»

просп. К. Маркса, 19, 49005, Дніпропетровськ, Україна

E-mail: ViKirichenko@nmu.org.ua

В. Т. Нікора, ген. директор, Г. А. Моря, нач. констр. відділу синхронних машин, Л. П. Вареник, пров. інж.

РОСЕНЕРГОМАШ, ТОВ «Інженерний центр»

вул. Першотравнева, 35-а, 74900, м. Нова Каховка, Україна

E-mail: ic@nk.rosenergomash.com

Запропоновано напрям модернізації системи керування синхронним двигуном для підвищення його надійності в пускових режимах і зниження запаса встановленої потужності привода млина МШРГУ-4500×6000 с 2,5 до 2 МВт.

Ключові слова: електропривод, синхронний двигун, пуск, струм збудження.

MODERNIZATION OF THE MILL SYNCHRONOUS DRIVE

G. Pivnyak, Academician NAS of Ukraine, V. Kirichenko, D.Sc. (Eng.), Prof.,

V. Kirichenko, Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof., V. Baraban, post-grad.

State Higher Education Institution «National mining university»

prosp. K. Marksa, 19, 49005, Dnepropetrovsk, Ukraine

E-mail: ViKirichenko@nmu.org.ua

V. Nikora, gen. manager, G. Morya, head of synchronous machine constr. dep., L. Varenik, advanced eng.

ROSENERGOMASH, LTD «The Engineering center»

ul. Pervomayskaya, 35-a, 74900, Novaya Kakhovka, Ukraine

E-mail: ic@nk.rosenergomash.com

Direction of synchronous engine control system modernization is offered to increase his reliability in the starting modes and decline supply of the drive set power for the mill MSRGU-4500×6000 from 2,5 to 2 MW.

Key words: electric drive, synchronous engine, starting, excitation current.