УДК 621.398; 622

А.О.СВИРИДЕНКО, *аспирант*, *sviridenko_ao@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

A.O.SVIRIDENKO, *post-graduate student*, *sviridenko_ao@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (*Technical University*)

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ГОРНЫХ МАШИН НА ОСНОВЕ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Дано описание и приведена функциональная схема стендовой установки, позволяющей воспроизводить статические и динамические режимы регулируемых электроприводов переменного тока. Перечислены режимы, рассматриваемые в ходе экспериментальных исследований электропривода на основе синхронного двигателя, работающего в режиме вентильного двигателя. Сделаны выводы о характере протекания динамических режимов, дано сопоставление электропривода с синхронным двигателем и электропривода постоянного тока с подчиненным регулированием.

Ключевые слова: электропривод, синхронный двигатель, горная машина, преобразователь частоты, статические и динамические характеристики.

ELECTROMECHANICAL PROCESSES IN ELECTRIC DRIVES OF MOUNTAIN EQUIPMENT ON THE BASIS OF THE SYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR

The description is given and the function chart of the bench installation is resulted, allowing to reproduce static and dynamic modes of adjustable electric drives of an alternating current. The modes considered during experimental researches of the electric drive on the basis of the synchronous electric motor, working in a mode of ventilniy electric motor are listed. Conclusions are drawn on character of course of dynamic modes, comparison of the electric drive to the synchronous electric motor and the electric drive of a direct current with the subordinated regulation is given.

Key words: electric drive, synchronous electric motor, mountain equipment, frequency converter, static and dynamic characteristics.

В качестве преимущественного типа регулируемого электропривода горных машин используется бесконтактный асинхронный электропривод, однако особенности режимов работы и технических требований к электроприводу обусловливают преимущества использования электроприводов с регулируемыми синхронными двигателями (вентильными двигателями – ВД).

Статические и динамические характеристики электропривода исследуются с использованием методов математического моделирования с введением в модель параметров реальных двигателей и полупроводниковых преобразователей большой мощности.

Использование математических моделей обосновано только после проверки адекватности модели методом проведения эксперимента и оценки режимов работы привода на экспериментальном стенде небольшой мощности. Исследования различных режимов работы привода на стенде позволяют оценить общие свойства и характеристики электропривода с вентильным двигателем и сравнить их с хорошо известными и апробированными свойствами и характеристиками электропривода постоянного тока.

Специальная стендовая установка, позволяющая воспроизводить статические и динамические режимы регулируемых элек-

тропривода переменного тока, укомплектована агрегатом, состоящим из двух спаренных двигателей – асинхронного и синхронного с постоянными магнитами на роторе. Это позволяет использовать один из них в качестве испытуемого, а другой как нагрузочную машину, и исследовать два вида регулируемых электроприводов:

– на основе асинхронного двигателя;

– на основе синхронного двигателя.

Оба двигателя имеют встроенные датчики: синхронный – датчик положения, позволяющий использовать его в режиме ВД с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), а асинхронный – инкрементный датчик скорости, необходимый для измерения скорости при исследовании замкнутых систем регулирования. Условия экспериментального стенда позволяют проводить исследования как установившихся режимов работы (снятие механических характеристик, осциллографирование кривых изменения частоты, напряжения, тока статора), так и исследование динамических режимов (пуска, регулирование частоты вращения и пр.).

Управление двигателями осуществляется от двух одинаковых статических преобразователей частоты MOVIDRIVE MDX61B фирмы SEW-EURODRIVE, которые позволяют работать с обоими типами двигателей. Управление каждым двигателем производится с отдельных пультов заданием цифровых и аналоговых сигналов, поступающих на входы преобразователей. Цифровыми (двоичными) сигналами с помощью ключей задаются необходимые команды, а по аналоговому входу производится ручное задание регулируемой координаты (скорости или момента).

С помощью персонального компьютера выполняются следующие основные операции: задание и редактирование параметров преобразователей; визуальное отображение состояния параметров и переменных приводов; автоматизация экспериментальных исследований; осциллографирование измеряемых координат; обработка результатов экспериментальных исследований.

На рис.1 представлена функциональная схема экспериментального стенда.

В соответствии с функциональной схемой в состав экспериментального стенда входят:

– БВ – блок выключателей, в котором установлены автоматический выключатель АВ, пакетный выключатель ПВ, сетевой фильтр СФ и розетка Р;

– ПЧ АД, ПЧ ВД – преобразователи частоты, соответственно, асинхронного и вентильного двигателей;

– ПУ АД, ПУ ВД – пульты управления асинхронным и вентильным двигателями;

– ПК – персональный компьютер.

В состав стенда входит электромашинный агрегат, состоящий из механически связанных между собой асинхронного и синхронного двигателей. Поскольку синхронный двигатель исследовался в режиме вентильного двигателя, то на функциональной схеме он обозначен как ВД. Агрегат укомплектован датчиком скорости (ДС), встроенным в асинхронный двигатель (АД), и датчиком положения ротора (ДПР), встроенным в ВД.

Каждый ПЧ связан со своим ПУ электрическими каналами, по которым передаются команды управления и задания. Оба ПЧ подключены к одному ПК; управление, редактирование параметров и осциллографирование осуществляется без внешних переключений. Кроме того, оба ПЧ связаны между собой каналом (S-Bus), по которому передается информация об измеряемых величинах, используемая при осциллографировании.

Техническая характеристика вентильного двигателя и статического преобразователя частоты:

1) вентильный двигатель: тип CFM 71S; номинальное напряжение статора $U_{ном} = 400$ В; номинальная скорость вращения $n_{ном} = 2000$ об/мин; номинальный момент $M_{ном} = 5{,}0$ Нм; номинальный ток статора $I_{ном} = 2{,}2$ А; максимальный ток статора $I_{макс} = 8{,}8$А; момент инерции $J_{дв} = 4{,}85\times10^{-4}$ кг·м^2;

2) Статический преобразователь частоты: тип MOVIDRIVE MDX61B 0030-5A3-4-OT; номинальное напряжение сети 3×380 В; частота напряжения сети 50 Гц; номинальный ток, потребляемый из сети

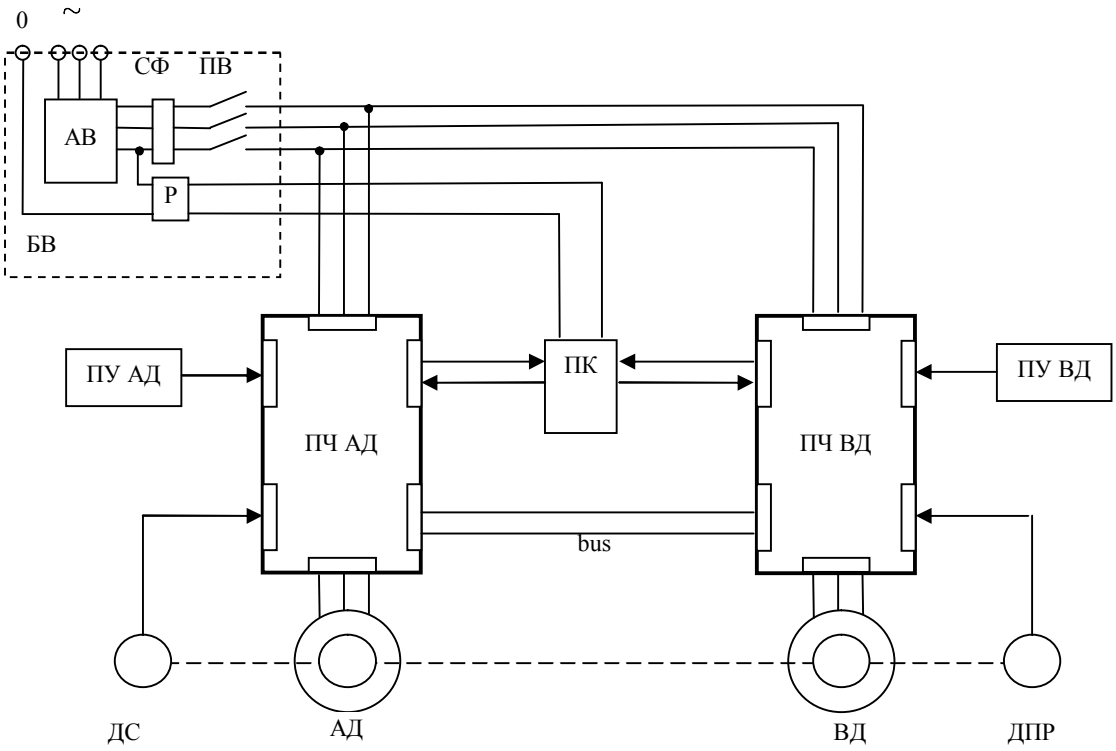


Рис.1. Функциональная схема экспериментального стенда

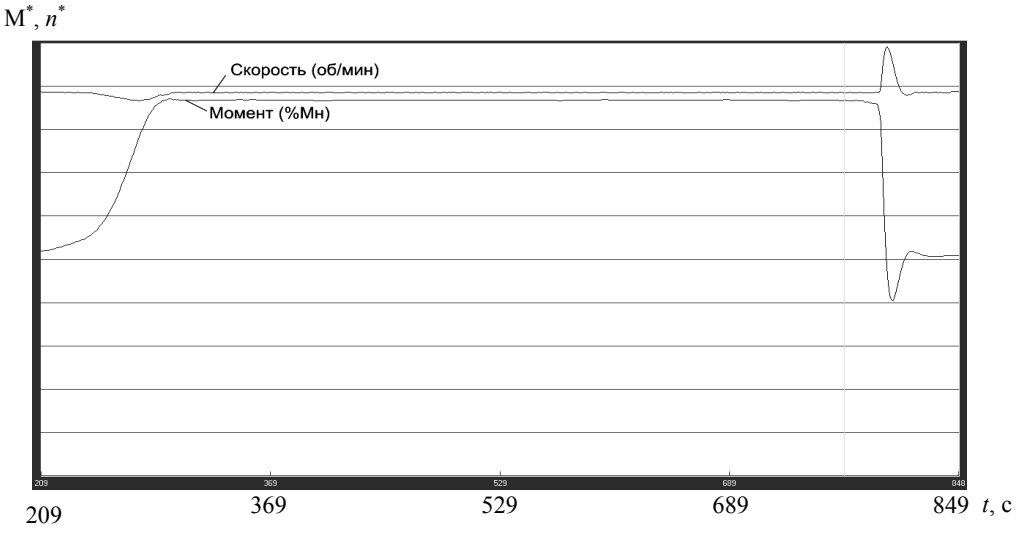


Рис.2. Осциллограмма режима наброса и сброса нагрузки

6,3 А; номинальная выходная мощность 4,9 кВА; номинальный выходной ток 7,0 А; выходное напряжение 0-380 В; частота выходного напряжения: 0-59 Гц.

В ходе экспериментальных исследований динамических характеристик данного электропривода на основе синхронного двигателя, работающего в режиме ВД с ШИМ, рассматривались следующие режимы: пуск на холостом ходу; пуск под нагрузкой; реверс на холостом ходу; скачкообразные изменения статического момента нагрузки на валу двигателя.

Для иллюстрации на рис.2 приведены графики изменения скорости вращения и момента привода с ВД в режиме наброса и сброса нагрузки.

При скачкообразном уменьшении величины статического момента от номинального значения до нуля наблюдается увеличение частоты вращения двигателя приблизительно на 20%, после чего происходит снижение частоты вращения до первоначального значения.

Из проведенных исследований следует, что характер протекания динамических режимов, возникающих при пуске, реверсе и при скачкообразных изменениях статического момента нагрузки на валу двигателя в рассматриваемом электроприводе практически не отличается от динамических режимов, протекающих в электроприводах постоянного тока с подчиненным регулированием.

Выводы

Автоматизированный регулируемый электропривод на основе синхронного двигателя, работающего в режиме ВД с ШИМ, по своим статическим и динамическим свойствам практически не отличается от автоматизированных электроприводов постоянного тока с подчиненным регулированием, выполненных на основе двигателя с независимым возбуждением и тиристорного преобразователя в цепи якоря. Исследуемый электропривод на основе синхронного двигателя обеспечивает:

– изменение выходной координаты (частота вращения) при пуске и реверсе в соответствии с изменением сигнала задания;

– поддержание постоянства выходной координаты при возникновении возмущающих воздействий (всплески и провалы статического момента нагрузки) в соответствии с критерием, близким к критерию «технического оптимума».