Серёгин, Иван Николаевич. Определение оптимальных параметров электромеханической системы ходовой части шахтного самоходного вагона : диссертация ... кандидата технических наук : 05.05.06, 05.09.03.- Тула, 2000.- 145 с.: ил. РГБ ОД, 61 01-5/1667-6

СЕРЁГИН Иван Николаевич

*/*

C:\Users\Pavel\AppData\Local\AppData\Local\Temp\FineReader11.00\media\image1.jpeg

*У* !

У j

*I*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ХОДОВОЙ ЧАСТИ ШАХТНОГО САМОХОДНОГО ВАГОНА**

Специальность 05.05.06 - Горные машины

1. - Электротехнические комплексы и системы, включая их управление и регулирование

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научные руководители:

доктор технических наук, профессор Степанов В.М. кандидат технических наук, доцент Сушкин В.А.

Тула 2000

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ХОДОВОЙ ЧАСТИ ШАХТНОГО САМОХОДНОГО ВАГОНА 8
   1. Анализ особенностей средств доставки самоходными вагонами 8
   2. Режимы работы шахтного самоходного вагона 13
   3. Анализ исследований электромеханической системы и систем электропривода самоходных вагонов 17
   4. Методы оптимизации электромеханических систем 28
   5. Цель работы и постановка задачи исследований определения оптимальных параметров электромеханической системы ходовой части шахтного самоходного вагона 37
   6. Выводы 38
2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИОННОГО РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ХОДОВОЙ ЧАСТИ ШАХТНОГО САМОХОДНОГО ВАГОНА 40
   1. Общие положения 40
   2. Расчетная модель механической части привода хода ШСВ 41
   3. Усилия сопротивления движению ШСВ 56
   4. Математическая модель базового варианта электромеханического преобразователя энергии ШСВ 65
   5. Моделирование процессов в электроприводе с НПЧ 67
   6. Выводы 73
3. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ХОДОВОЙ ЧАСТИ ШАХТНОГО САМОХОДНОГО ВАГОНА 75
   1. Общие положения 75
   2. Определение вариантов частотного управления асинхронными электродвигателями ходовой части ШСВ 75

з

1. Оценка эффективности работы привода ШСВ 83
2. Метод оптимизации 92
3. Выводы 97
4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ

СИСТЕМЫ ХОДОВОЙ ЧАСТИ ШСВ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ 98

* 1. Исследования по выбору оптимальной совокупности параметров электропривода ШСВ 98
  2. Методика экспериментальных исследований 99
  3. Анализ результатов экспериментальных исследований 110
  4. Исследование при применение САР ШСВ 113
  5. Выводы 122

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 124

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 126

ПРИЛОЖЕНИЕ 140

ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы. В** настоящее время на рудниках цветной метал­лургии, калийной и угольной промышленности для доставки горной массы ши­рокое применение находят шахтные самоходные вагоны. Так 70 % калийных руд добывается в стране с использованием шахтных самоходных вагонов.

Самоходный вагон типа 5ВС15М получил наибольшее распространение на калийных и угольных шахтах России. Управление движением вагона дис­кретное, с учетом реверса осуществляется пятью контакторами, и имеет три фиксированные скорости вперед и назад 2,5/1,6/0,8 м/с. Расширение сферы ис­пользования самоходного вагона на угольные шахты приводит к изменению технологической схемы его работы в штреках и камерах, предусматривающая работу с комбайнами без бункеров производительностью от 0,4 т/мин до 2 т/мин со скоростью подачи комбайна на забой до 0,11 м/с. Учитывая схему по­грузки горной массы, маневровые операции производятся на первой скорости 0,8 м/с, прямым включением и отключением двигателя до 16 раз за цикл, что вызывает определенные трудности в управлении, дополнительный расход элек­троэнергии, перегрев обмоток двигателя и интенсивный износ контактной ап­паратуры. Необходимые перемещения без рывков и оптимальный диапазон из­менения скорости определяются условиями оптимальной загрузки вагона, се­чением забоя, величиной подачи проходческого комбайна и составляющий для угольных шахт от 0,05 до 0,8 м/с, что существующий электропривод обеспе­чить не может. Около 51 % выходов из строя самоходного вагона связаны с по­ломками в электромеханической системе привода движения, в том числе на ме­ханизмы привода колес и мосты - 35,3 %, наиболее часто выходят из строя под­шипники и шестерни конического и колесного планетарного редуктора, тор­мозные колодки, электродвигатель - 10,5 %, контакторная аппаратура -

1. °/о.

Определение и выбор оптимальных параметров электромеханической системы, структуры электропривода, методов и технических средств управле­ния, обеспечивающих повышение расширения диапазона регулирования скоро­сти, производительности, снижение расхода электрической энергии, уменьше­ние динамических усилий в трансмиссии шахтного самоходного вагона являет­ся актуальной научной задачей, имеющей важное народно-хозяйственное зна­чение.

Диссертационная работа выполнялась в рамках НИОКР «Оптимизация энергетических потоков систем учета контроля и управления» - ПТ447(4.15) и «Разработка методики расчетов параметров энергосберегающих систем группо­вого управления электроприводами» - П.477(4.21)

**Цель работы** состоит в установлении закономерностей формирования механических характеристик и нагрузок, оптимальных конструктивных и ре­жимных параметров электромеханической системы ходовой части шахтного самоходного вагона, обеспечивающих повышение диапазона регулирования скорости и производительности, снижение динамических усилий в трансмиссии при многокритериальной оптимизации.

**Идея работы** - совершенствование электромеханической системы ходо­вой части шахтного самоходного вагона на основе определения оптимальных параметров электродвигателя и применения частотно-регулируемого электро­привода при минимальных капитальных затратах и изменениях конструкции механической части вагона.

**Метод исследования** - комплексный, включающий инженерный анализ, научное обобщение, математическое моделирование, вычислительный экспе­римент с использованием современного математического аппарата и ПЭВМ, теории вероятности и математической статистики.

**Научные положения, выносимые на защиту, и их новизна:**

- установлены закономерности формирования динамических нагрузок в электромеханической системе ходовой части шахтного самоходного ва-

гона при движении учитывающие электромагнитные переходные процес­сы в электродвигателях и влияния шахтной кабельной сети;

* получен закон формирования тяговой характеристики частотно-регули­руемого электропривода, позволяющий снизить максимальные значения моментов в трансмиссии ходовой части шахтного самоходного вагона;
* установлены рациональная структура и оптимальные параметры электро­привода, позволяющие обеспечить расширение диапазона регулирования скорости движения, максимальное демпфирование колебаний в электро­механической системе, снижение электропотребления и повышение на­дежности.

**Достоверность** научных положений, выводов и рекомендаций диссерта­ционной работы обоснована: строгостью математических выкладок, коррект­ным использованием теории электропривода; использованием апробированных методов измерений процессов; адекватностью переходных процессов, описы­ваемых математической моделью работы электромеханической системы в ре­альных условиях; удовлетворительной сходимостью результатов аналитиче­ских исследований с результатами экспериментов (относительная погрешность не превышает 15 % при доверительной вероятности 0,95).

**Научное значение** заключается: в обобщении и дальнейшем развитии теории оптимизации электропривода ходовой части самоходного вагона с уче­том технологических особенностей; в установлении значений конструктивных и режимных параметров электропривода самоходного вагона, определяющих эффективность ее работы; разработке средств стабилизации динамических про­цессов электропривода при случайном характере нагружения.

**Практическое значение.** Определены оптимальные параметры электро­двигателя и законы управления электроприводом, обеспечивающие снижение на 20 % потребления электрической энергии за цикл, уменьшающие динамиче­ские нагрузки в трансмиссии и повышающие управляемость и скорость при прохождении закруглений трассы.

**Реализация результатов работы.** Разработанная методика расчета меха­нических характеристик однодвигательного и двухдвигательного частотно­регулируемого электропривода и определения оптимальных режимных и кон­структивных параметров, силовой части и структуры системы управления элек­троприводом ходовой части шахтного самоходного вагона использованы в АО "ПТШУИ" при разработке Технических заданий на проектирование шахтных самоходных вагонов типа ВСШ15, 1ВСШ15.

Годовой экономический эффект от внедрения разработанных технологи­ческих решений и рекомендаций составил 116 тыс. руб.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы и ее отдельные разделы докладывались на международной научно-технической конференции "Энергосбережение-98" (г.Тула, апрель 1998г.); на Федеральной научно-технической конференции "Электропотребление, энергосбережение, электрооборудование" (г.Новомосковск, ноябрь 1998г.); на 1-й региональной конференции «Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых Центрального региона Российской Федерации (г.Тула, февраль 1998г.); на меж­дународной научно-технической конференции "Энергосбережение, экология и безопасность" (г.Тула, ноябрь 1999г.); на научно-технической конференции "Электроснабжение, энергосбережение и элсктроремонт" (г.Новомосковск, но­ябрь 2000 г.), на научно-технических конференциях профессорско-преподава­тельского состава Тульского государственного университета (г.Тула 1996- 2000гг.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная диссертационная работа является научным трудом, в ко­тором на базе выполненных автором теоретических и экспериментальных ис­следований изложено научно обоснованное решение важной прикладной зада­чи определения оптимальных параметров электромеханической системы ходо­вой части шахтного самоходного вагона, учитывающее многомассовость сис­темы, влияние шахтной кабельной сети, частотного преобразователя, обеспечи­вающее увеличение производительности шахтного самоходного вагона, сниже­ние динамических усилий в нестационарных режимах работы, снижение энер­гозатрат на транспортировку груза и сокращение времени рабочего цикла.

Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

1. Разработана обобщенная математическая модель электромеханической системы ходовой части шахтного самоходного вагона, учитывающая влияние шахтной кабельной сети, динамические свойства трансмиссии, представленной семимассовой системой с учетом диссипативных свойств, насыщение магнит­ной цепи асинхронного двигателя.
2. Установлены закономерности формирования динамических нагрузок в электромеханической системе ходовой части шахтного самоходного вагона при движении, учитывающие влияние случайного характера сочетания сил, возни­кающие от взаимодействия колес с дорогой и переменного режима работы асинхронных двигателей. Получен закон формирования тяговой характеристи­ки частотно-регулируемого электропривода, позволяющий снизить максималь­ные значения моментов в трансмиссии ходовой части шахтного самоходного вагона
3. Разработана методика расчета механических характеристик однодвига­тельного и двухдвигательного частотно-регулируемого электропривода и опре­деления оптимальных режимных и конструктивных параметров электромеха­нической системы ходовой части шахтного самоходного вагона, учитывающая горно-геологические и физико-технические свойства среды, на основе исследо­вания математической модели.
4. На основании исследования переходных процессов в системе транс- форматор-сеть-двигатель, установлено, что при пуске на зажимах двигателя напряжение снижается на 20-35%.
5. Определены законы изменения частоты и скольжения двигателя, - под­держание постоянства магнитного потока *(Ф„* = *const)* до *f/\*-l* и постоянства напряжения *(U]* = *const)* до/;\*=2, которые обеспечивают протекание оптималь­ных переходных процессов в ЭМС ходовой части ШСВ.
6. Определены оптимальные параметры ЭМС ходовой части ШСВ: мо­мент инерции двигателя *Jд - 0,81 кг ■ м*2; активное и реактивное сопротивление статора *R, =0,07950м*, *X, -0,2160м;* активное и реактивное сопротивление ротора *R , = 0,1740м, Х2 -0,3130м ;* активное и реактивное сопротивление ка­бельной линии *Кл* = *0,4660м* , *X2 = 0,0660м.*
7. Установлена структура и оптимальные параметры системы управления электропривода ходовой части шахтного самоходного вагона обеспечивают за­данный установленный монотонный переходный процесс с отклонением от за­данной величины не более 4 %.
8. Оптимальные параметры электромеханической системы и системы управления электроприводом ходовой части позволит: сократить время рабоче­го цикла на 15% за счет увеличения средней скорости и плавности переходных процессов; снизить динамические усилия в трансмиссии до 20 % с уменьшением дисперсии усилий в 1,8 раза; снизить потребления элек­трической энергии на транспортировку груза до 20 % за цикл.
9. Основные результаты работы использованы в АО "ПНИУИ" при разра­ботке Технических заданий на проектирование шахтных самоходных вагонов ВСШ15, 1ВСШ15.

Годовой экономический эффект от внедрения разработанных технологи­ческих решений и рекомендаций составил 116 тыс. руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.Е. Тяговые электродвигатели. - М.: Трансжелдориздат, 1951,- 88с
2. Алферов В.Г., Терехов В.М., Цаценкин В.К. Многокритериальная оп­тимизация следящих электроприводов опорно - поворотных устройств// Авто­матизированный электропривод/ Под ред. Ильинского И.Ф., Юнькова М.Г. - М.: Энергоатомиздат, 1990, - с. 112 - 118.
3. Альгин В. Б., Павловский В. Я., ГІоддубко С. Н. Динамика трансмиссии автомобиля и трактора / Под ред. И. С. Цитовича. - Мн.: Наука и техника, 1986, -214с.
4. Андреев А.В., Шешко Е.Е. Транспортные машины и комплексы для от­крытой добычи полезных ископаемых. - М.: Недра, 1970, - 429с.
5. Анкудинов Д.Т. Шахтные пневмоколесные самоходные вагоны. - М.: Недра, 1984,225с
6. Антонов А.С. Силовые передачи колесных и гусенечных машин. Тео­рия и расчет. - Л.: Машиностроение, 1967, - 440с.
7. Асинхронные двигатели сери А4: Справочник/ Кравчик А.Э. и др. - М.: Энергоиздат, 1982.
8. Набоков И.М. Теория колебаний. М.: Наука, 1968.
9. Бабокин Г.И. Устранение автоколебательных процессов в электроме­ханической системе при наличии нелинейности типа «сухое трение» //Гравиинерциальные и измерительные приборы. - Тула. - 1979. - С.59 - 62.
10. Бабокин Г.И. Анализ методов демпфирования колебаний в электро­механической системе с переменной жесткостью упругой связи.//Динамика и функционирование электромеханических систем. - Тула. - 1982. - С.24 - 28.
11. Бабокин Г.И. Применение энергосберегающих систем регулируемого электропривода.//Промышленная энергетика: Сборник научных трудов/РХТУ им. Д.И.Менлелеева. - Новомосковск: Изд. Центр Новомосковского ин - та, 2000,- с.З - 8
12. Бабокин Г.И., Ребенков Е.С. Синтез параметровсистемы автоматиче­ского регулирования электропривода с переменной жесткостью упругой свя­зи.// Изв. вузов. Электромеханика. - 1989. - №5. - С.99 - 106.