

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА В ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ТЕХНИКЕ

*Г.И. Гульков,  
П.Г. Кужир,  
В.В. Зверева*

*Рассмотрены перспективы применения регулируемого электропривода в центробежной технике. Предложены алгоритмы управления колебаниями посредством регулирования координат электродвигателей.*

*Рекомендовано применение в центробежных механизмах бесконтактного электропривода переменного тока. Приведена функциональная схема электропривода. Представлена структурная схема математической модели электродвигателя переменного тока.*

Современные тенденции развития центробежной техники, заключающиеся в увеличении частоты вращения и мощности, снижении энергопотребления, повышении ресурса, обуславливают стремление разработчиков максимально использовать возможности проектируемого центробежного механизма. Основным конструктивным элементом таких механизмов является роторная система, состоящая из ротора, опор вращения и корпуса. Несущие поверхности ротора опираются на опоры вращения, в качестве которых применяются подшипники качения и скольжения, газовые потоки, электромагнитные поля и т.п.

Центробежные устройства находят широкое применение в науке, технике, промышленности. Одним из перспективных применений таких устройств является использование их для ударного разрушения твердых материалов и придания полученным кускам заданной формы.

Реальная конструкция центробежного аппарата, состоящая из ряда узлов и агрегатов, обладает определенными значениями жесткости. Размещение технологической оснастки на роторе может привести к дисбалансу роторной системы. Использование центробежного устройства для ударного разрушения твердого материала вызывает неуравновешенность роторной системы, рабочие поверхности ротора неравномерно изнашиваются. Все эти дефекты приводят к возникновению угловых и радиальных колебаний роторной системы, увеличению нагрузок между валом ротора и подшипниками. Наи-

более опасными колебаниями роторной системы являются автоколебания, амплитуда которых увеличивается с увеличением угловой скорости, что может привести к уменьшению зазора, задеванию деталей ротора о корпус и потере работоспособности устройства.

Для уменьшения колебаний роторных систем в стационарных и нестационарных режимах используются разнообразные методы виброзащиты, которые можно разделить на пассивные и активные. К пассивным относятся методы совершенствования конструкции роторных систем, использования упругих опор демпфирующих элементов и т.п. Они предусматриваются на стадии проектирования и создания роторных систем, являются наперед заданными, не всегда приводят к желаемому результату: уменьшению амплитуды колебаний и усилий между валом ротора и опорами, и не позволяют осуществить управление колебаниями при работе роторной системы. Вследствие этого возможности пассивных методов ограничены.

К активным методам виброзащиты относятся методы управления колебателями роторных систем с применением регулирующего воздействия на опорное усилие, вращающий момент привода, момент нагрузки механизма.

До последнего времени, вследствие применения в центробежных механизмах нерегулируемого электропривода, активные методы, применяемые лишь в редких случаях, сводились к генерации по определенному закону дополнительных сил,

прикладываемых, как правило, в опорах вала [1]. Практически не использовался для управления колебаниями электропривод, осуществляющий подвод и преобразование энергии и приводящий в движение роторную систему, т.к. нерегулируемый электропривод не позволяет осуществить уменьшение амплитуды колебаний роторных систем путем целенаправленного управления моментом двигателя в статических и динамических режимах работы. Единственным известным способом управления пуском роторной системы при использовании нерегулируемого электропривода является способ «двойного пуска» с некоторой паузой между отключением и повторным включением двигателя, позволяющий уменьшить максимальную амплитуду колебаний [2].

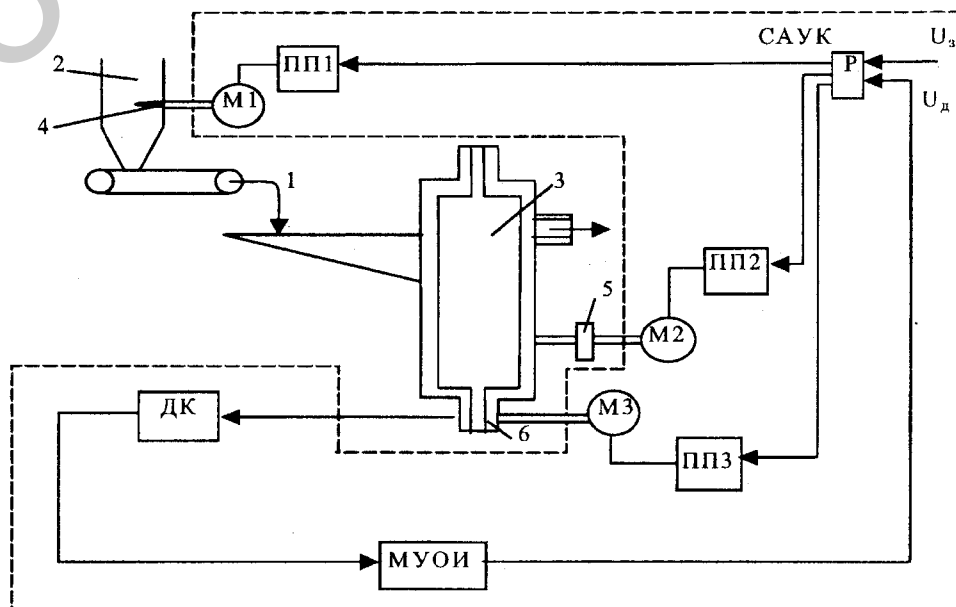
С развитием полупроводниковой и микропроцессорной техники расширились области применения регулируемого электропривода, появилась возможность внедрения его в центробежных устройствах и использования для управления колебаниями.

Структурная схема установки для измельчения исходного материала с использованием регулируемого электропривода приведена на рис. 1. Исходный материал 1 поступает через бункер 2 в центробежный измельчитель 3. Поток поступающего в измельчитель материала может ре-

гулироваться затвором 4, приводимым в движение двигателем М1. Центробежный измельчитель 3 приводится в движение двигателем М2 через передаточное устройство 5. Электромеханический преобразователь М3 (электродвигатель или электромагнит) связан с опорами механизма 6 и обеспечивает возможность осуществления на них регулирующего воздействия. Двигатели М1...М3 получают питание от управляемых полупроводниковых преобразователей электроэнергии ПП1...ПП3. Параметры колебаний роторной системы измеряются датчиками колебаний ДК, выходной сигнал которых обрабатывается микропроцессорным устройством обработки информации МУОИ. Регулятор Р взаимосвязанной системы автоматического управления колебаниями САУК осуществляет обработку сигналов задания  $U_3$  и датчиков  $U_d$  и формирует через управляемые преобразователи ПП1...ПП3 алгоритм функционирования каждого двигателя М1...М3. Применение систем автоматического управления колебаниями требует решения ряда проблем, одной из которых является разработка алгоритмов управления электродвигателями.

Управление колебаниями измельчителя в динамических режимах (пуск, торможение) можно обеспечить путем автоматического регулирования электромагнитного момента двигате-

Рис. 1.  
Упрощенная структурная схема установки для измельчения исходного материала с использованием регулируемого электропривода



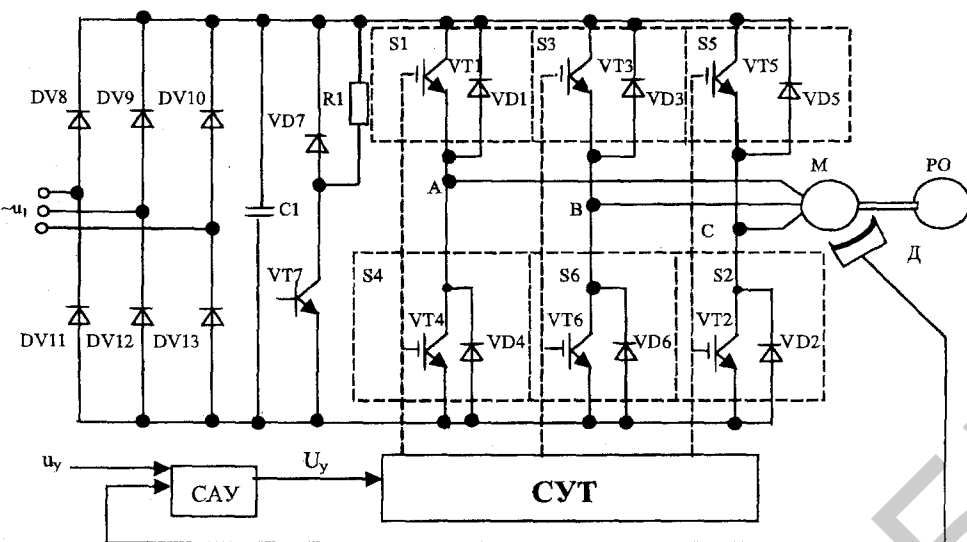


Рис. 2.  
Функциональная  
схема  
электропривода  
переменного тока

ля М2 и, в случае необходимости, путем регулирующего воздействия на опоры измельчителя через двигатель М3. Такое управление позволяет снизить амплитуду колебаний и, в отдельных случаях, снизить требуемую мощность двигателя М2. В статических режимах управление колебаниями можно обеспечить путем регулирования электрических переменных (питающего напряжения и тока) двигателя М2 [3], регулирования момента нагрузки измельчителя за счет регулирования потока материала 1 двигателем М1, управления опорами 6 через двигатель М3.

Важнейшим элементом системы автоматического управления колебаниями является регулируемый электропривод, состоящий из управляемого преобразователя энергии и электродвигателя. В настоящее время наиболее целесообразно в центробежной технике применение электропривода переменного тока с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором или синхронного двигателя с постоянными магнитами. Для управления указанными двигателями используется один и тот же управляемый преобразователь: двухзвенный преобразователь частоты. На рис. 2 приведена функциональная схема электропривода переменного тока. Электропривод содержит рабочий орган РО, электродвигатель М, инвертор напряжения на транзисторных ключах S1...S6, емкостной фильтр C1, цепь торможения R1-VT7-VD7, неуправляемый

выпрямитель VD8...VD13, систему управления транзисторами СУТ, датчики внутренних обратных связей Д и систему автоматического управления САУ. На вход САУ от САУК поступает сигнал управления  $u_y$ , определяющий программу работы электродвигателя М. Система управления транзисторами СУТ формирует по определенному алгоритму открывающие импульсы  $U_{y1,4}$ ,  $U_{y3,6}$ ,  $U_{y5,2}$  для ключей S1...S6, что позволяет осуществить преобразование постоянного напряжения на выходе фильтра в регулируемое напряжение переменного тока и управление двигателем М.

Важнейшим этапом создания системы автоматического управления колебаниями является разработка математической модели отдельных элементов и системы в целом. Математическая модель представляет собой систему дифференциальных уравнений, описывающих все элементы, входящие в САУК. На рис. 3 представлена структурная схема математической модели регулируемого электропривода, соответствующая функциональной схеме (см. рис. 2). Математическая модель включает в себя:

1. модель системы «сеть — неуправляемый выпрямитель — емкостной фильтр — цепь торможения» («сеть — НВ — Ф»);
2. модель двигателя М;
3. модель системы управления транзисторами СУТ;
4. модель системы «инвертор напряжения-двигатель» («ИН — М»);

5. модель системы автоматического управления САУ;

6. модель рабочего органа РО.

Очевидно, что математическая модель всей системы САУК должна включать в себя математическое описание всех электроприводов, входящих в нее (см. рис. 1).

Для расчета электромагнитных и электромеханических процессов, протекающих в САУК, необходима разработка имитационной модели. Основой для ее создания служит математическая модель системы. Наиболее удобен для создания имитационной модели специализированный пакет программирования «MATLAB/

Simulink». Он обладает обширной библиотекой блоков для создания имитационных моделей систем автоматического управления. Принцип построения имитационной модели с помощью данного пакета сводится к переносу с помощью мыши компонентов из библиотеки в модель и соединению их в последовательности, предписанной схемой системы автоматического управления колебаниями.

Таким образом, перспективы управления колебаниями напрямую связаны с решением следующих основных задач:

— разработка алгоритмов управления электроприводами как от-

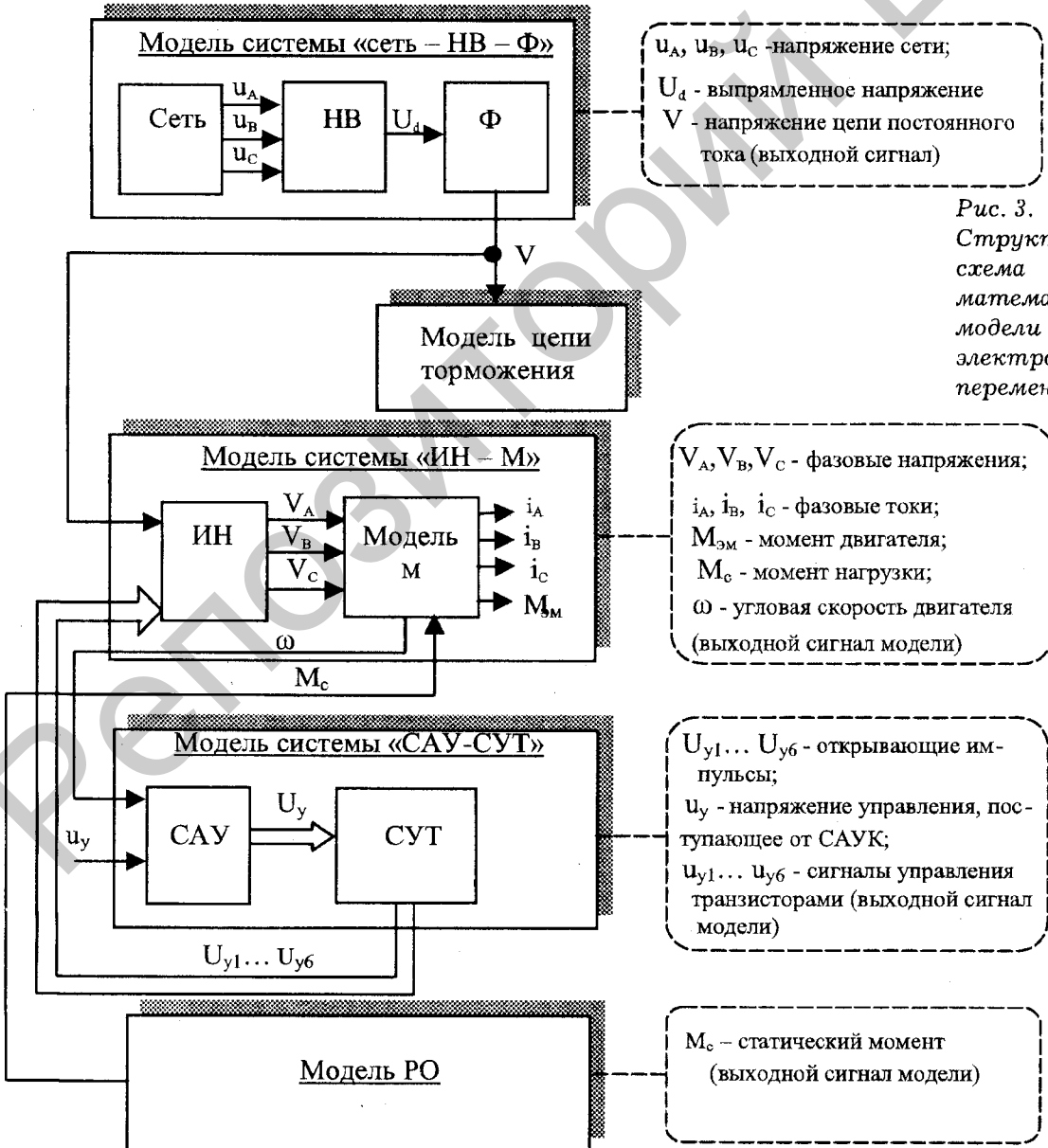


Рис. 3. Структурная схема математической модели электропривода переменного тока

дельных механизмов, так и системы автоматического управления колебаниями в целом;

— разработка математической модели системы автоматического управления колебаниями;

— разработка имитационной модели системы автоматического управления колебаниями.

#### **Литература**

1. Кельзон А.С., Малинин Л.М. Управление колебаниями роторов / Под ред. К.М. Разгульскаса. — СПб.: Политехника, 1992. — 120 с.

2. Гортинский В.В., Хвалов Б.Г. Об одном способе управления запуском колебательной системы с инерционным возбуждением // *Механика машин*. — М.: Наука, вып. 58, 1981. — С. 42–46.

3. Гульков Г.И. Закон управления электроприводом шлифовального станка // *Научные и прикладные проблемы энергетики*. — Мн., 1982, вып. 9 — С. 81–86.