

С. Р. Коженевский

Восстановление информации на жестких дисках с заклинившим шпиндельным двигателем

Предложена технология восстановления информации на жестких дисках с заклинившим шпиндельным двигателем, рассмотрены особенности конструкций шпиндельных двигателей и схем управления шпиндельными двигателями современных накопителей на жестких магнитных дисках (НЖМД). Проведен анализ функционирования шпиндельных двигателей в различных режимах его работы. Предложена схема управления шпиндельным двигателем НЖМД, обеспечивающая возможность регулировки скорости вращения в широких пределах. Разработанный на ее основе контроллер может быть использован в системах анализа магнитных сигналов и при восстановлении информации методом прямого доступа к пластинам НЖМД. Предложена конструкция оборудования, позволяющего зафиксировать положения пластин шпиндельного двигателя друг относительно друга и обеспечивающего их центровку относительно шпинделя.

Ключевые слова: шпиндельный двигатель, центровка, пакет дисков, контроллер управления, стабильность скорости вращения, ШИМ, технология SmoothDrive, жесткий диск, ротор.

Введение

При восстановлении информации с неисправных жестких дисков статистика обращений в центр восстановления информации (по результатам 2008 г.) имеет вид, представленный на рис. 1.

Диаграмма на рис. 1 показывает, что более трети (37 %) случаев недоступности данных на НЖМД связаны с отказами накопителей, вызываемыми неисправностями внутри герметичной камеры, а именно: 1) заклиниванием шпиндельного двигателя; 2) выходом из строя блока магнитных головок. Это объясняется тем, что с ростом плотности записи и увеличением скорости вращения пластин ужесточаются требования ко всем подсистемам жесткого диска, и, в первую очередь, нагрузка ложится на механическую систему.

Восстановление данных с жестких дисков, имеющих повреждения механической системы, относятся к наиболее сложным случаям, требующим применения

высокоточного инструмента и высокой квалификации инженеров-ремонтников. Даже малейшее нарушение положения пластин друг относительно друга или относительно шпинделя приводит к невозможности дальнейшего восстановления информации.



Рис. 1. Основные причины потери данных на НЖМД (статистика центра восстановления информации ЕПОС)

В открытой литературе не найдено описания методов восстановления информации с НЖМД при заклинившем двигателе.

При заклинивании шпиндельного двигателя НЖМД центр восстановления информации ЕПОС рекомендует два основных метода восстановления данных: **расклинивание** и **ремонт** двигателя поврежденного НЖМД и **перестановку** зафиксированного пакета дисков поврежденного НЖМД на двигатель носителя-донора. У каждого из этих методов имеются следующие ограничения [2].

1. Расклинивание и ремонт «родного» двигателя поврежденного НЖМД.

При неполном или неправильном расклинивании двигателя поврежденного НЖМД дальнейшая работа по восстановлению информации может привести к повреждению как головок, так и поверхности магнитного диска, вплоть до образования царапин на нем. В конечном итоге процесс восстановления информации очень сильно усложняется, даже при выполнении ремонтов высокопрофессиональными специалистами. Это сказывается на стоимости восстановления информации, а также возрастает риск полной потери информации. Для правильного проведения операции расклинивания двигателя необходимо иметь соответствующее оборудование и технологии, которые позволяют исключить возможность некорректного выполнения подобной процедуры.

2. Перенос пакета дисков.

Основная сложность этого решения — появление смещения диска относительно центра вращения. Для устранения смещения необходимо проводить центровку диска. При правильно проведенной операции центровки жесткий диск работает без биений. В противном случае головки накопителя не могут работать правильно и без ошибок

считывать не только область данных на дорожке пользователя, но и служебную зону, в том числе и сервометки. Это затягивает сроки восстановления информации, а также может привести к невозможности дальнейшего восстановления информации.

При количестве дисков более одного, кроме смещения каждого из дисков относительно центра, еще добавляются смещения положения дисков друг относительно друга. При наличии смещений обоих типов сильно усложняется процесс восстановления информации. Процесс восстановления зависит и от производителя жесткого диска, а также и от конкретной модели этого диска. В данной ситуации необходимо применять технологии и специальное оборудование, позволяющее производить центровку дисков и устранять их взаимное смещение.

Правильно выполненная операция переноса пакета дисков подразумевает отсутствие вышеописанных смещений, что позволяет выполнить восстановление данных с накопителя в сжатые сроки.

В случаях, если причиной заклинивания двигателя является деформация его оси, для восстановления информации более целесообразным является перенос пакета дисков.

Особенности построения шпиндельных двигателей современных НЖМД

Для разработки технологии восстановления данных на НЖМД с заклинившим шпиндельным двигателем был проведен полный анализ функционирования привода жесткого диска, изучена его конструкция, а также был изготовлен стенд управления шпиндельными двигателями для выполнения процесса восстановления информации в ручном режиме.

Главным требованием к двигателям, вращающим диски магнитных носителей, являются максимальная стабильность скорости их вращения при простоте конструкции.

В последнее время приходится часто встречать в качестве привода в устройствах хранения данных — синхронные бесколлекторные (brushless) электродвигатели с постоянными магнитами. Наиболее часто этот вид двигателей находит применение в качестве шпиндельного двигателя в накопителях на жестких магнитных дисках.

Эти двигатели имеют некоторые особенности:

- не обладают возможностью самозапуска;
- равномерность их вращения зависит от количества полюсов, что усложняет их конструкцию.

Эти двигатели могут иметь различное конструктивное исполнение (по высоте шпинделя, по размерам корпуса, количеству фиксирующих отверстий и т.д.), но их можно разделить на две большие группы:

- с вращающимся внешним треком подшипника;
- с вращающимся внутренним треком подшипника.

На рис. 2 приведены различные виды исполнения шпиндельных двигателей современных НЖМД [3].

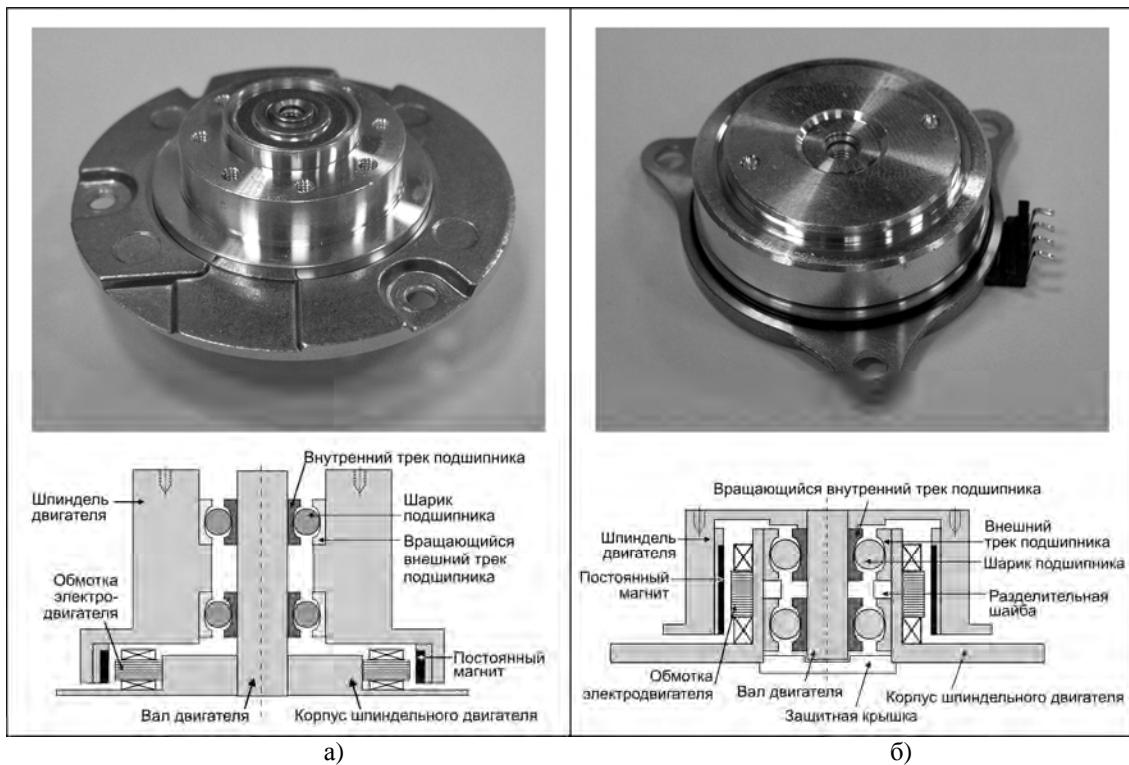


Рис. 2. Внешний вид и схематическое изображение шпиндельных двигателей:

- а) с вращающимся внешним треком подшипника;
- б) с вращающимся внутренним треком подшипника

Основное преимущество бесколлекторных двигателей заключается в отсутствии вращающихся и переключающихся контактов, которые являются источником помех и потерь. Вместо вращающихся контактов переключение осуществляют полупроводниковые элементы коммуникации.

Саморазмагничивание постоянных магнитов происходит достаточно медленно — порядка нескольких процентов за несколько лет. Двигатель может выйти из строя при ударах и падении, так как постоянные магниты достаточно хрупкие, но это может случиться с любым другим типом двигателей.

Анализ конструкции современных шпиндельных двигателей

Конструктивно бесколлекторные синхронные двигатели состоят из корпуса шпиндельного двигателя, статора, имеющего явно выраженные электромагнитные полюса, и ротора с закрепленным на нем постоянным магнитом (рис. 3). На полюсах статора выполнена многовитковая многофазная обмотка, как правило, трехфазная (рис. 3,б). Статор жестко закреплен на корпусе шпиндельного двигателя. Постоянный магнит двигателя имеет явно выраженные магнитные полюса, равномерно расположенные по окружности постоянного магнита (рис. 3,а). Количество полюсов на статоре обычно больше количества полюсов на роторе (рис. 3,в).

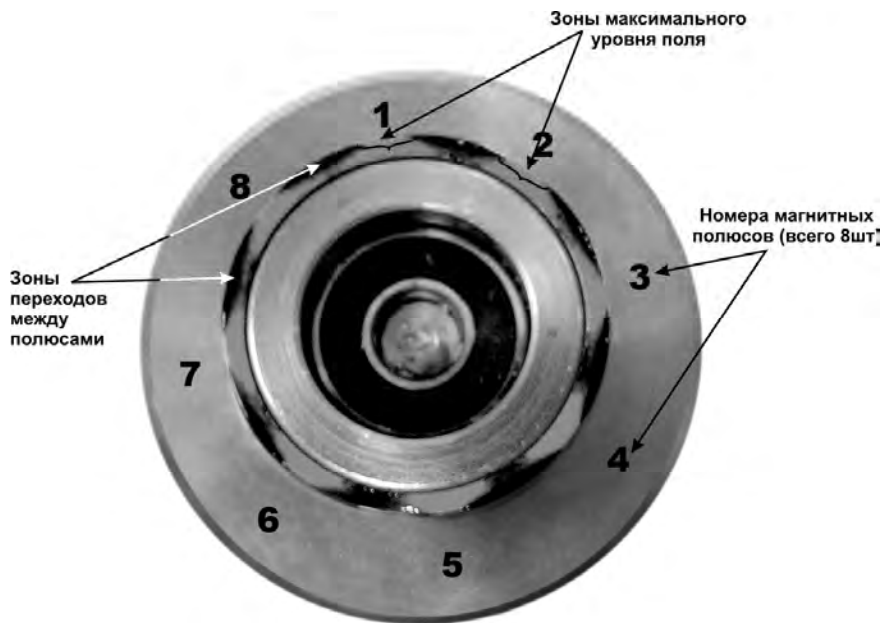


Рис. 4. Размещение полюсов магнитов на роторе

Величина напряженности магнитных полюсов на роторе

№ п/п	Наименование полюса магнита	Напряженность магнитного поля, кА/м	Наименование поля
1	1.	+120,2	S
2	2.	-120,3	N
3	3.	+123,7	S
4	4.	-116,7	N
5	5.	+120,8	S
6	6.	-115,7	N
7	7.	+120,7	S
8	8.	-119,6	N

В установленном режиме ротор двигателя вращается с некоторой скоростью, определяемой частотой поступающих управляющих импульсов, и схемой коммутации двигателя. Вращение сопровождается некоторыми колебаниями, частота которых соответствует частоте управляющих импульсов и собственной частоте колебаний ротора.

Для запуска синхронного двигателя необходим специальный контроллер — регулятор оборотов и запуска двигателя. Сегодня все регуляторы производятся на базе микрочипов (однокристалльных микроЭВМ), которые имеют мощные полевые транзисторы в выходных ключах управления обмотками двигателя.

Для запуска таких двигателей в накопителях на жестких дисках применяется плавное изменение частоты управляющих сигналов от 1–2 Гц до 1000 Гц, либо другие специальные алгоритмы запуска.

Для обеспечения стабильности вращения ротора используют оригинальные способы формирования 3-фазных последовательностей импульсов, поступающих на обмотки статора.

Современные шпиндельные бесколлекторные двигатели не имеют специальных датчиков положения ротора. Положение ротора и его скорость вычисляются по параметрам считываемого сигнала с магнитных поверхностей дисков головками чтения, измеряются и обрабатываются специальным контроллером. Этот алгоритм довольно сложный, и для его реализации необходим специальный процессор обработки сигналов. Пример реализации привода шпиндельного двигателя современного НЖМД приведен на рис. 5, а внешний вид контроллера на плате НЖМД приведен на рис. 6 [4].

Специализированный процессор — интегральная микросхема (ИМС) управления шпиндельным двигателем L7250 производства STMicroelectronics.

L7250 — мощная ИМС для управления шпиндельными двигателями. Выводы, питающие обмотки шпиндельного двигателя, содержат мощные полевые транзисторы, которые управляются с помощью псевдо-синусоидальной технологии коммутации электродвигателей ST SmoothDrive.

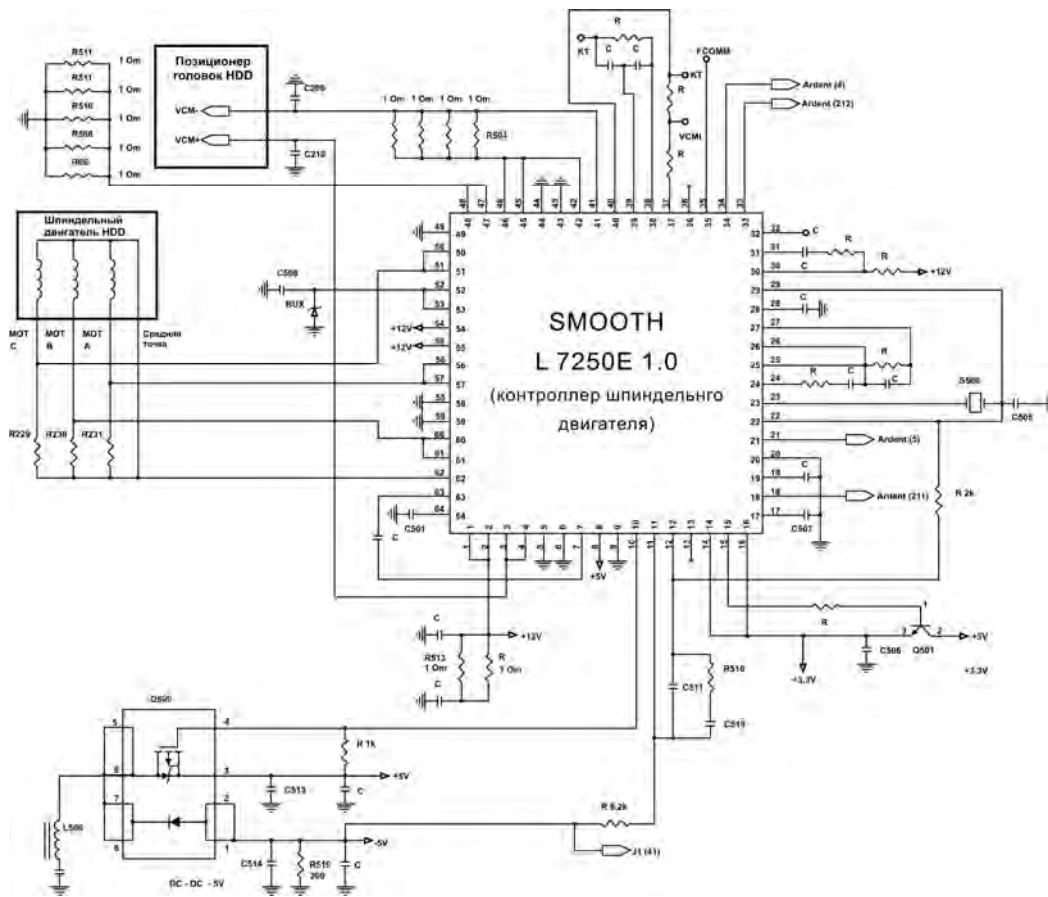


Рис. 5. Принципиальная схема подключения шпиндельного двигателя НЖМД Maxtor Diamond Max Plus 9 CALYPSO

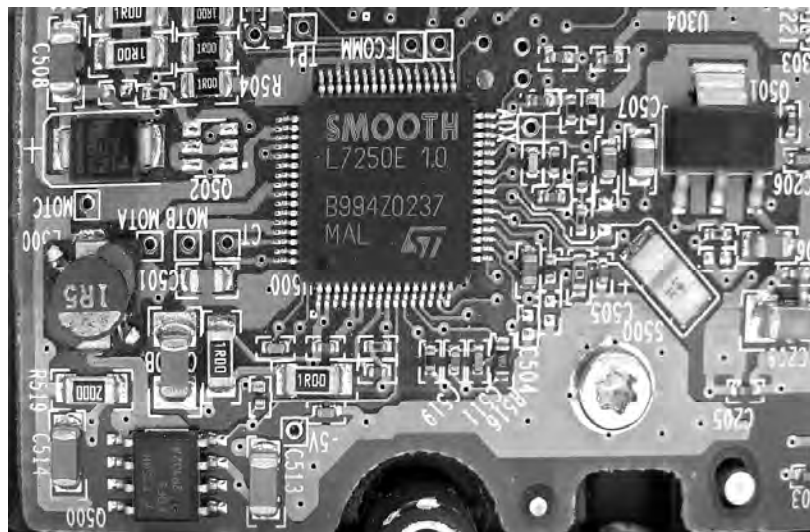


Рис. 6. Внешний вид контроллера управления шпиндельным двигателем (SMOOTH L7250E 1.0) НЖМД Maxtor Diamond Max Plus 9 CALYPSO

Для ручного управления шпиндельным двигателем специализированные контроллеры не подходят, так как их необходимо постоянно перепрограммировать по трехпроводному интерфейсу, и эту работу выполняет специальный процессор обработки сигналов. В то же время для анализа магнитных сигналограмм и профессионального восстановления информации с магнитных поверхностей дисков необходимо иметь возможность ручного изменения или подстройки скорости вращения дисков, поэтому возникла необходимость разработки специального блока управления (контроллера) шпиндельным двигателем НЖМД [1].

Упрощенная блок-схема разработанного контроллера представлена на рис. 7. Контроллер позволяет управлять трехфазными синхронными бесколлекторными шпиндельными двигателями НЖМД различных производителей.

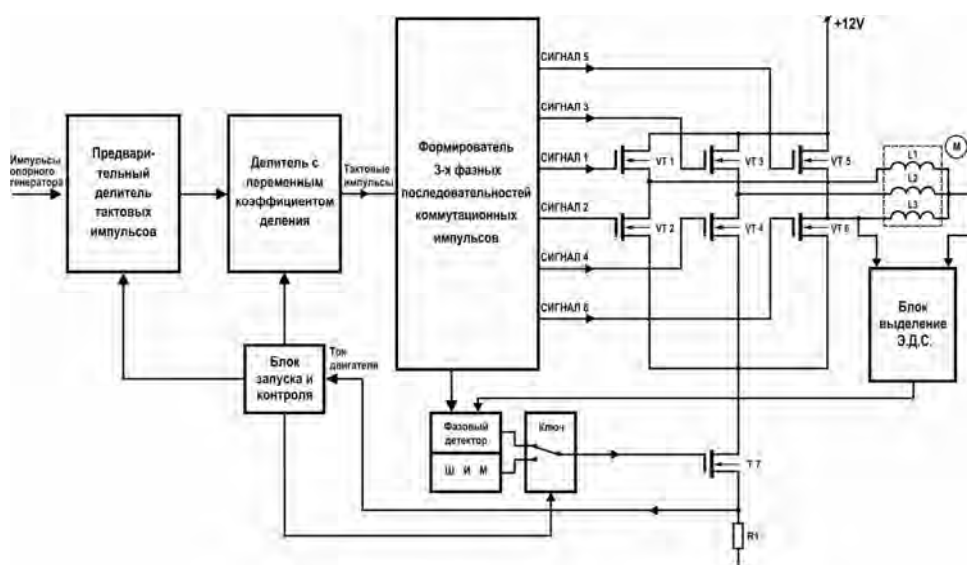


Рис. 7. Блок-схема контроллера управления шпиндельным двигателем НЖМД

Оборудование для фиксации пакетов дисков

Для выполнения процесса переноса пакета дисков в центре восстановления информации было разработано специальное оборудование, позволяющее зафиксировать положение пластин друг относительно друга и относительно шпинделя двигателя. Это оборудование представляет собой фиксатор положения пластин в виде специальных зажимов, позволяющих осуществить перестановку пластин на другой двигатель–донор (без потери центровки пакета дисков), а также устройство стыковки шпинделя неисправного двигателя с «донорским».

Выводы

1. Изучение механики и сервосистемы НЖМД позволили компании ЕПОС разработать новую технологию восстановления данных с накопителей с заклинившим шпиндельным двигателем. Набор прецизионных прессов позволяет осуществлять перестановку пакета пластин, гарантируя сохранение точной центровки и балансировки дисков.

2. Применение данной технологии позволило повысить показатель успешного восстановления данных на жестких дисках большой емкости до 92 %.

1. *Коженевский С.Р.* Взгляд на жесткий диск «изнутри». Перезапись информации / С.Р. Коженевский. — К.: ООО «ЕПОС», 2006. — 120 с.

2. *Коженевский С.Р.* Безопасность хранения информации на жестких магнитных дисках. Ч. 1 / С.Р. Коженевский. — К.: ООО «ЕПОС», 2006. — 192 с

3. *Коженевский С.Р.* Взгляд на жесткий диск «изнутри». Механика и сервосистема / С.Р. Коженевский. — К.: ООО «ЕПОС», 2007. — 128 с.

4. Аппаратно-программный комплекс «РС-3000» для восстановления работоспособности и ремонта HDD с интерфейсом IDE [Электронный ресурс]: сайт фирмы «ACE Laboratory» / www.ancelab.ru

Поступила в редакцию 28.01.2008