

АВТОНОМНЫЙ ИНДУКЦИОННО-ДИНАМИЧЕСКИЙ ПРИВОД ДЛЯ ПЕРФОРАЦИИ НАКОПИТЕЛЕЙ НА ЖЕСТКИХ МАГНИТНЫХ ДИСКАХ

В настоящее время на многих компьютерах хранится информация, представляющая высокую коммерческую или служебную ценности, что требует ее защиты от несанкционированного доступа. Для предотвращения утечки одним из возможных вариантов нераспространения информации является ее уничтожение. Поэтому в последнее время появилось семейство электромагнитных устройств, обеспечивающих защиту компьютерной информации от несанкционированного доступа путем ее стирания с накопителей на жестких магнитных дисках (НЖМД) при помощи внешнего магнитного поля. Однако при этом сохраняется возможность восстановления информации с НЖМД специальными средствами. В практике безопасности для полной гарантии предотвращения вытекания информации с компьютера рекомендуется физическое повреждение или разрушение НЖМД.

Для защиты информации от несанкционированного доступа предлагается автономный индукционно-динамический привод ИДПП для перфорации НЖМД, встраиваемый в системный блок компьютера. Такой привод-перфоратор должен иметь ограниченные массогабаритные параметры, питаться от автономного источника – аккумулятора, и обеспечивать перфорирование НЖМД за заданное время от подачи сигнала на срабатывание. Конструктивная схема исполнительного блока ИДПП содержит неподвижный индуктор с многовитковой обмоткой 1, которая уложена в стеклотекстолитовый кожух 2 и замонтирована эпоксидной смолой (рис.1). Индуктор прикреплен к каркасу устройства 3. Напротив открытой стороны обмотки индуктора установлен медный якорь 4, который присоединен к силовой пластине 5. В центре индуктора, якоря и силовой пластины выполнено отверстие, в котором расположен подвижный боек 6, имеющий концевую часть 7 и упорный выступ 8. Заостренная ударная часть бойка установлена напротив НЖМД 9, зафиксированного относительно каркаса 3, концевая часть 7 – установлена в зазоре оптического датчика положения 10, а упорный выступ 8 механически взаимодействует с силовой пластиной 5. Пружина 11, прикрепленная к каркасу 3 и силовой пластине 5, обеспечивает плотное прижатие якоря 4 к обмотке 1 до и после силового импульса. Сверху исполнительный блок закрыт кожухом 12.

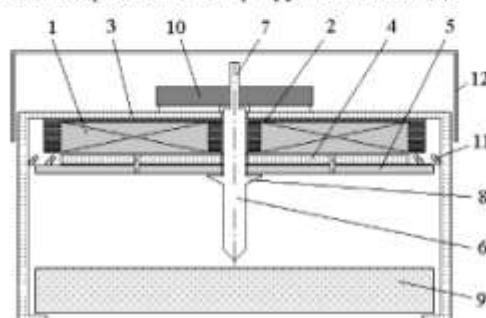


Рис.1

Рабочие характеристики ИДПП во многом зависят от эффективного сочетания импульсных электромагнитных процессов и механических нагрузок. Поскольку при работе привода в массивном якоря в каждый момент времени возникает существенная неравномерность распределения индуцированного тока, для расчета электрических процессов используется методика, при которой якорь представляется совокупностью элементарных короткозамкнутых токовых контуров, а индуктор – первичным контуром, подсоединенным к системе возбуждения от емкостного накопителя. Электромеханические процессы ИДПП описываются системой уравнений:

$$R_0(T_0) \cdot i_0 + L_0 \frac{di_0}{dt} + \frac{1}{C} \int_0^t i_0 dt + M_{01}(z) \frac{di_1}{dt} + \dots + M_{0k}(z) \frac{di_k}{dt} + V(t) \left(i_1 \frac{dM_{01}}{dz} + \dots + i_k \frac{dM_{0k}}{dz} \right) = U_0;$$

$$R_1(T_1) \cdot i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + M_{01}(z) \frac{di_0}{dt} + M_{12}(z) \frac{di_2}{dt} + \dots + M_{1k}(z) \frac{di_k}{dt} + V(t) \left(i_0 \frac{dM_{01}}{dz} + i_2 \frac{dM_{12}}{dz} + \dots + i_k \frac{dM_{1k}}{dz} \right) = 0;$$

$$R_k(T_k) \cdot i_k + L_k \frac{di_k}{dt} + M_{0k}(z) \frac{di_0}{dt} + M_{1k}(z) \frac{di_1}{dt} + \dots + M_{k-1,k}(z) \frac{di_{k-1}}{dt} + V(t) \left(i_0 \frac{dM_{0k}}{dz} + i_1 \frac{dM_{1k}}{dz} + \dots + i_{k-1} \frac{dM_{k-1,k}}{dz} \right) = 0;$$

$$V(t_{n+1}) = V(t_n) + \frac{t_{n+1} - t_n}{m_1 + m_2} i_0(t_n) \cdot \sum_k i_k(t_n) \frac{dM_{0k}}{dz} - K_p \Delta Z(t_n) - K_f \cdot V(t_n) - 0,125 \cdot \pi \cdot \gamma_a \beta_a D_{2m}^2 V^2(t_n),$$

где i_0, L_0, R_0 – соответственно ток, индуктивность и сопротивление индуктора; i_k, L_k, R_k – соответственно ток, индуктивность и сопротивление элементарного короткозамкнутого k -го контура массивного якоря, перемещающегося со скоростью $V(t)$ вдоль оси z относительно индуктора; M_{kp} – взаимоиנדдуктивность между k и p токовыми элементами двигателя ($k \neq p$); T_0, T_k – температура 0-го и k -го токовых контуров; C, U_0 – емкость и зарядное напряжение емкостного накопителя соответственно; $V(t)$ – скорость якоря; m_1, m_2 – масса якоря и силового элемента (пластины и бойка) соответственно; K_p – коэффициент упругости пружины; $\Delta Z(t)$ – величина перемещения; K_f – коэффициент динамического трения; γ_a – плотность воздуха; β_a – коэффициент аэродинамического сопротивления; D_{2m} – максимальный размер силовой пластины.

Для определения температуры, изменяемой во времени в течение рабочего процесса и распределенной по сечению индуктора и якоря, используется нелинейное уравнение теплопроводности

$$c^*(T) \cdot \gamma \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_w(T) \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + j^2(t) \cdot k_z \cdot \rho(T),$$

где $c^*(T)$ - усредненная удельная теплоемкость; γ - усредненная плотность материала; $j(t)$ - плотность тока; $\lambda_w(T)$ - коэффициент теплопроводности; k_z - коэффициент заполнения индуктора; $\rho(T)$ - удельное сопротивление.

На основе представленных выражений разработана компьютерная программа, моделирующая работу ИДПП с учетом всех основных характеристик и параметров. Установлено, что импульс тока в обмотке индуктора сохраняет полярность в течение рабочего цикла, а импульс тока в якоре через определенное время меняет полярность на противоположную. Вследствие этого изменяется характер аксиальной составляющей интегральной электродинамической силы F_z , действующей на якорь, от начального отталкивания до последующего притяжения. При отсутствии начального зазора между бойком и винчестером указанное изменение полярности происходит быстрее, а кривые токов активных элементов имеют плавный характер, обусловленный отсутствием резких изменений в характере перемещения якоря. Якорь приобретает небольшую скорость V и заостренный боек совершает перемещение вглубь массивного объекта. Форма кривой аксиальной силы F_z имеет гладкий характер, изменяемый в зависимости от импульса тока возбуждения индуктора. При наличии начального зазора Z_0 и свободном ускорении якоря на кривых появляются всплески токов, обусловленные резким торможением якоря при взаимодействии бойка с винчестером, и наблюдается бросок электродинамической силы, связанный с резким торможением якоря при взаимодействии бойка с массивным объектом - НЖМД.

Помимо сложного характера временных зависимостей интегральных электродинамических сил, действующих на якорь, наблюдается и существенная пространственная неравномерность распределения удельных сил, действующих на отдельные его участки. Последнее обстоятельство обусловлено неравномерностью распределения индуцированного тока по якору. Удельные аксиальные электродинамические силы f_z значительно превосходят радиальные f_r , причем максимальная их величина приходится на внешние участки якоря, что необходимо учитывать при конструировании привода. Такое соотношение аксиальных и радиальных удельных электродинамических сил объясняется характером распределения результирующего магнитного поля в активной зоне ИДПП, поскольку в зазоре между обмоткой индуктора и якорем магнитное поле в основном имеет радиальную составляющую.

На базе проведенных исследований была разработана конструкция автономного ИДПП, предназначенного для предотвращения утечки компьютерной информации при несанкционированном доступе к НЖМД. Конструктивно привод состоит из двух блоков: электронного и исполнительного (рис.2), которые соединены между собой силовыми и сигнальными проводами. В состав электронного блока входят: зарядное устройство для аккумулятора; преобразователь постоянного напряжения, обеспечивающий напряжение 450 В для емкостного накопителя из напряжения 12 В, поступающего от аккумулятора; батарея из 20 электролитических конденсаторов НЖ (snap-in terminal type, miniaturized series) емкостью 150 мкФ и напряжением 450 В; спусковое устройство (разрядник), обеспечивающее разряд емкостного накопителя на индуктор при напряжении 430 В.



Рис.2

Были проведены экспериментальные исследования ИДПП, при которых с помощью электронного осциллографа RIGOL измерялись ток в индукторе и динамическое давление на неподвижный НЖМД. Для измерения давления (рис.3) использовался датчик M101A06 фирмы PCB, который снабжен встроенным усилителем, характеризуется динамическим диапазоном 0,68-3450 кПа, чувствительностью 1,45 мВ/кПа и выдерживает максимальное давление 34,5 МПа. В целом экспериментальные исследования подтвердили достоверность расчетной методики и работоспособность ИДПП.

В процессе испытаний установлено, что перфорирование стандартного НЖМД происходит после 1 удара, на что необходимо 3 с после подачи запускающего импульса. В случае использования НЖМД с особо прочным корпусом привод-перфоратор возбуждает серию последовательных силовых импульсов для проникновения бойка на заданную глубину. При этом для возбуждения двух импульсов необходимо 7 с, для трех - 10 с и т.д. Отметим, что за три импульса пробивался НЖМД с самым прочным корпусом.

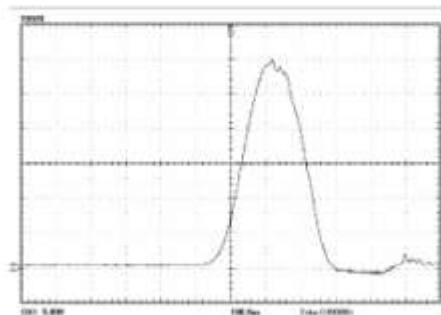


Рис.3

Предлагаемая технология защиты информации с использованием автономного привода-перфоратора защищена патентами Украины и России и характеризуется высокой эффективностью. По заключению специалистов на данный момент не существует технологии, с помощью которой можно было бы восстановить информацию на НЖМД после перфорирования.