

УДК 621.318.38

УЛУЧШЕННАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПОДЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТА

Докт., инж. СТОЯНОВА С. С., проф., докт. техн. наук, инж. КОЗАРОВ А. С.

*Технический колледж университета «Проф., докт. Асен Златаров»
(Бургас, Республика Болгария)*

Описание конструкции. Подъемные сооружения ферромагнитных грузов могут быть конструированы с использованием электромагнитов и постоянных магнитов [1]. Второй вид находит все более широкое применение преимущественно из-за более низкого потребления электриче-

ской энергии. Недостаток этой конструкции – то, что в эксплуатационных условиях намагничивание и размагничивание осуществляются в магнитных цепях с разными магнитными сопротивлениями из-за различий в притягиваемых грузах.

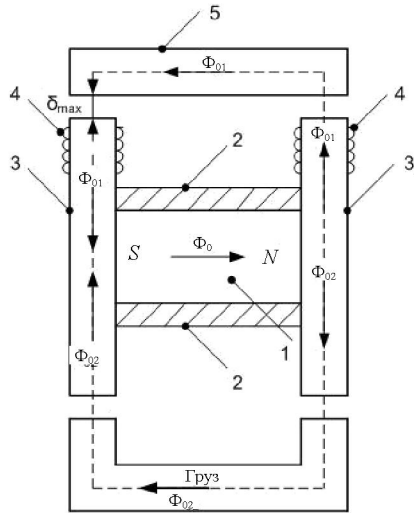


Рис. 1

Магнитопровод 3 исполнен из листового ферромагнитного материала. На его верхних частях расположены две секции управляющей катушки, которая притягивает подвижный ферромагнитный якорь 5, поддерживаемый пружиной на некотором расстоянии δ_{\max} от верхнего полюса магнитопровода (пружина не показана). Нижние стержни магнитопровода представляют собой полюса, которые притягивают и удерживают груз. Конструктивные элементы, которые осуществляют механические связи, не показаны.

Работа устройства. Устройство работает следующим образом. Пусть полюса магнитопровода расположены точно над грузом, который должен быть привлечен. Из-за значительного расстояния постоянный магнит не может поднять груз. Через управляющую катушку пропускается мощный короткий импульс тока. Он создает управляющий поток Φ_y . Его направление показано на рис. 2а. Поток проходит через якорь и является значительно большим, чем поток $\Phi_{ок}$, созданный постоянным магнитом через якорь. При этом оба потока противоположны по направлению.

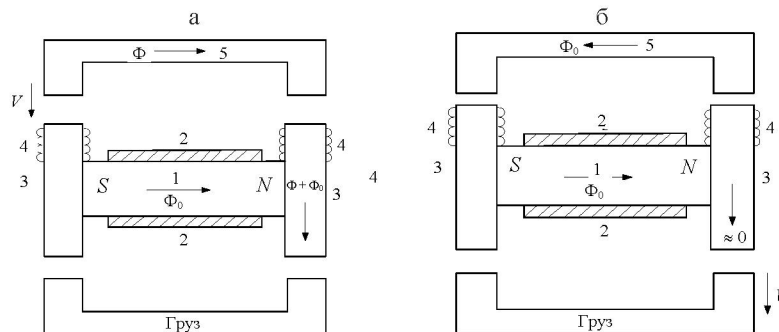


Рис. 2. Работа подъемного устройства

Значения магнитного сопротивления при перемещении различных грузов меняются случайным образом. В случае неблагоприятного стечения обстоятельств при данном цикле притяжения намагниченность постоянного магнита может оказаться недостаточной и произойдет опускание груза. Существуют системы контроля намагничивания, но они не гарантируют полной надежности [2]. Упрощенный эскиз устройства показан на рис. 1.

Постоянный магнит 1 находится в медной гильзе 2, которая согласно принципу Ленца не позволяет влиять на его намагниченность при наличии коротковременных магнитных взаимодействий. Магнитопровод 3

Под воздействием преобладающего потока Φ_y якорь притягивается вниз, причем величина Φ_y увеличивается. Импульсный характер явления индуктирования токов в медной гильзе не позволяет заметно изменить поток Φ_0 постоянного магнита. Затем на груз направляется почти целый

поток Φ_y , который в нем суммируется с Φ_{01} постоянного магнита. И тогда сила притяжения уже в состоянии поднять груз. После касания груза полюсов срабатывает датчик, который уменьшает ток через управляющую катушку. Величина этого тока определена таким образом, чтобы результирующий поток в подвижном верхнем якоре был близок к нулю. Под воздействием пружины якорь поднимается вверх и восстанавливается промежуток δ_{\max} . Почти весь поток Φ_0 проходит через груз и обеспечивает достаточную силу притяжения. После перемещения груза к определенному месту через управляющую катушку пропускается ток в обратном направлении. Он создает поток Φ_y (рис. 2б). Величина этого потока определяется так, чтобы направить весь поток Φ_0 постоянного магнита через подвижной верхний якорь. Через груз проходит очень маленький поток, и под воздействием своей тяжести он отпускается.

Основные зависимости. Зависимость между параметрами груза и управляющими импульсами определяется примерно для одного конкретного случая (рис. 2б).

Чтобы получить практически обозримые результаты, не принимаются во внимание:

- активные сопротивления, за исключением сопротивления R_3 , а также потери из-за активной мощности в стали;
- потоки рассеивания и расширение силовых линий через зазоры.

Притяжение груза. Пусть полюса магнита расположены точно над грузом, а верхний якорь находится в притянутом (нижнее) положении. Магнитный поток Φ_0 , созданный постоянным магнитом, определяется характеристиками его материала и магнитным сопротивлением при непривлеченном якоре 1 в отсутствии груза. В момент $t = 0$ в катушку подается постоянное напряжение U_y .

При принятых допущениях процесс описывается следующими зависимостями (из-за значительного воздушного зазора между постоянным магнитом и грузом можно принять $\Phi_{от} = 0$ для начального момента):

$$U_y = w \frac{d\Phi_y}{dt}; \quad \Phi_0 = \text{const}; \quad \Phi_{т} = \Phi_y,$$

где U_y – приложенное постоянное управляющее напряжение; Φ_y – управляющий магнитный поток;

$$W\Phi_y = U_y t.$$

При принятом допущении $\Phi_{т} = 0$ с момента $t = 0$ на груз действует уве-

личивающаяся подъемная сила $F_1 = \frac{\Phi_t^2}{S\mu_0} = \frac{U_y^2 t^2}{W^2 \mu_0 S}$, где W – число витков

управляющей катушки; S – поперечное сечение потока Φ_t (магнитное поле в воздушном зазоре принимается гомогенным).

В момент $t = \Delta t$ увеличивающаяся подъемная сила становится равной весу G груза и начинается его движение вверх. Величина Δt определяется условием

$$\frac{U_y^2 \Delta t^2}{W^2 \mu_0 S} = G.$$

С этого момента движение груза определяется следующим образом:

$$\frac{G}{g} \frac{d^2 x}{dt^2} = - \left(\frac{U_y^2 t^2}{W^2 \mu_0 S} - G \right),$$

где g – ускорение Земли. В правой стороне уравнения знак «минус» обозначает, что подъемная сила действует в направлении уменьшения координаты x .

Начальные условия: $x(\Delta t) = x_{\max}$, $\left(\frac{dx}{dt} \right)_{t=\Delta t} = 0$. На самом деле подъем-

ная сила чуть больше, так как при поднятии груза вверх через него отклоняется большая часть потока Φ_0 .

После элементарных, но достаточно больших преобразований получается следующее приблизительное выражение для вычисления времени притяжения груза:

$$\Delta T \approx \Delta t + \left(\frac{12 W^2 \mu_0 S M x_M}{U_y^2} \right)^{\frac{1}{4}},$$

где M – масса груза.

После касания груза полюсов магнита ток через управляющую катушку резко уменьшается из-за срабатывания подходящего устройства.

Время ΔT необходимо для того, чтобы определить максимальное сопротивление $R_{\text{кз}}$, которое должна иметь коротко замкнутая обмотка, окружающая постоянный магнит, чтобы не допустить размагничивающего уменьшения потока, созданного противоположным действием управляющего тока i_y . Допустим, что уменьшение потока Φ_0 не должно превосходить $0,1\Phi_0$. Тогда с известным коэффициентом запаса можно принять

$$\frac{0,1\Phi_0}{R_{\text{кз}} \Delta T} = \frac{U_y x_{\max}}{S \mu_0 W} \Delta T.$$

Откуда

$$R_{\text{кз}} \approx \frac{10 \Phi_0 S \mu_0 W}{U_y x_{\max} \Delta T^2}.$$

В случае, когда сечение короткозамкнутой обмотки получится слишком большим, можно использовать схему (рис. 3), при которой с помощью

активных элементов осуществляется принудительное нейтрализование размагничиваемого действия к постоянному магниту.

Здесь обмотка $W_{\text{изм}}$ и обмотка $W_{\text{комп}}$ замещают короткозамкнутую обмотку в приведенном выше случае. Вследствие участия усилителя эффект Ленца выражен намного сильнее.

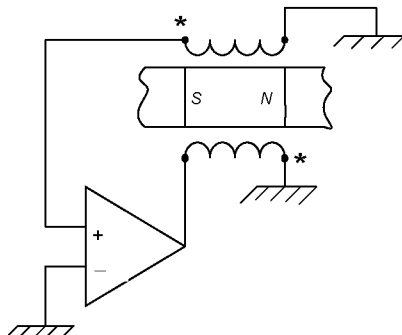


Рис. 3

Усилитель работает в легком режиме, потому что исходящий ток должен преодолеть только активное сопротивление компенсирующей обмотки, а не индуктивное, так как охваченный ею поток остается почти постоянным.

ВЫВОД

Все полученные зависимости приближительны (рассчитаны при допущении значительных упрощающих предположений, так как магнитное сопротивление между полюсами, обусловленное характеристиками груза, является неизвестной случайной величиной, которая изменяется в широких границах). Вследствие этого предлагаемые формулы могут быть полезны только для ориентировочного определения основных параметров путем создания возможностей для их регулирования при настраивании для каждого конкретного случая.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цанев, Ц. Возможности использования магнитных и электромагнитных приспособлений в энергетике / Ц. Цанев // Энергетика – 1999. – № 8. – С. 18–21.
2. Магнитно захватывающее приспособление с регулированием задерживающей силой: пат. на изобретение № 48966 от 10.11.1994.

Поступила 20.10.2009