

Контроль грузов на подъёмно-транспортных машинах



Лев ДУБРОВИН
Lev M. DUBROVIN

Анатолий НИКИШЕЧКИН
Anatoly P. NIKISHECHKIN



Владимир ДАВЫДЕНКО
Vladimir I. DAVYDENKO

Дубровин Лев Михайлович – старший преподаватель Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия. Никишечкин Анатолий Петрович – кандидат технических наук, доцент МГТУ «Станкин», Москва, Россия. Давыденко Владимир Иванович – старший электромеханик технического центра Московской железной дороги – филиала ОАО «РЖД», Москва, Россия.

Cargo Control on Handling Machinery
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 103)

Любые весоизмерительные системы создают при необходимости ими пользоваться немалые трудности в ходе транспортных и погрузочно-разгрузочных операций. В статье предлагается бесконтактный способ оценки предельно-допустимых значений массы груза, поднимаемого (перемещаемого) подъёмно-транспортными машинами, по значению величины напряженности магнитного поля, которое создается двигателем постоянного тока. Измерения не требуют сложной и дорогостоящей аппаратуры, вмешательства в электрические цепи и конструкцию устройства, но дают достаточную точность при определении нагрузки на кран.

Ключевые слова: подъёмно-транспортные устройства, двигатели постоянного тока, постоянное магнитное поле, напряжённость магнитного поля, феррозонды, масса груза, оценка предельно-допустимых величин.

Большое количество технологических операций металлургических и машиностроительных производств, горнодобывающих предприятий, в строительстве, на транспорте осуществляется посредством перемещения грузов подъёмно-транспортными устройствами. Такими устройствами являются различного рода тали, тельферы, лебедки, краны, подъёмники, электрические экскаваторы и другие машины. При выполнении ими операций возникает необходимость взвешивания грузов, в том числе для контроля массы поднимаемого (перемещаемого) груза, а также предотвращения перегруза подъёмно-транспортных механизмов и повышения безопасности их работы [1–3].

На сегодняшний день единственным способом оценки массы груза, поднятого краном, остается измерение силы, действующей на элементы его конструкции [2].

В зависимости от точки приложения силы, которая определяется назначением подъёмно-транспортного устройства, условиями эксплуатации, удобством встраива-

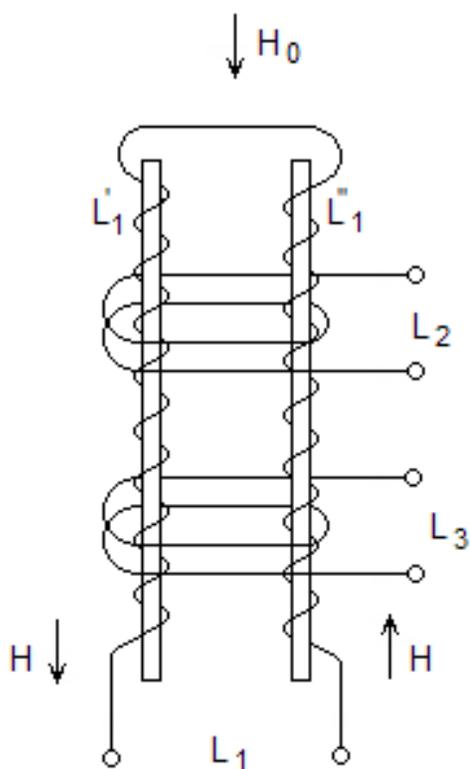


Рис. 1. Дифференциальный феррозонд.

ния весоизмерительного механизма, существуют различные схемы взвешивания. И в любом случае имеют место следующие недостатки:

1. Необходимость встраивания весоизмерительной системы в конструкцию подъёмно-транспортного устройства.
2. Обязательность подвода питания для весоизмерительной системы.
3. Потребность в специальных устройствах, сматывающих кабели линии связи с весоизмерительной системой.

Авторами предлагается принципиально новый бесконтактный способ взвешивания грузов по величине магнитного поля, создаваемого двигателем постоянного тока грузоподъёмного устройства. Способ упрощает измерения. Они не требуют сложной и дорогостоящей аппаратуры, вмешательства в электрические цепи и конструкцию грузоподъёмной машины и обеспечивают при этом достаточную точность оценки.

В нашем решении используется известная связь между напряженностью магнитного поля, создаваемого двигателем постоянного тока, и нагрузкой на валу двигателя. Нагрузка, в свою очередь, зависит от массы груза и условий перемещения — подъём,

спуск, горизонтальное перемещение, скорость перемещения. Таким образом, если обеспечить одинаковые условия при измерении, то нагрузка будет определяться только массой груза, и следовательно, измерение массы сводится к измерению напряженности магнитного поля.

Для измерения постоянного или медленно меняющегося магнитного поля могут использоваться различные датчики, в частности феррозонды [4–6].

Феррозондовый метод измерения напряженности довольно прост, хорошо изучен и позволяет добиться необходимой точности.

Феррозонд обладает высокой чувствительностью и практически не требует усиления сигнала, при измерении сильных магнитных полей нет нужды ставить его в непосредственной близости от двигателя или силовых цепей питания. В качестве устройства индикации может использоваться амперметр (в частности, миллиамперметр), шкала которого оттарирована в единицах массы.

Место установки феррозонда значения, по сути, не имеет — важно лишь, чтобы оно было одним и тем же как при тарировании



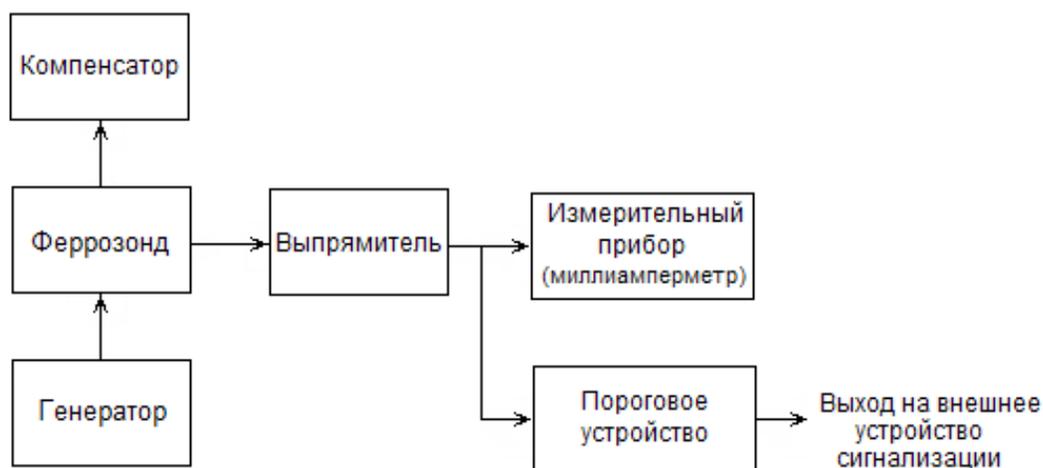


Рис. 2. Структурная схема измерительного устройства.

шкалы миллиамперметра, так и при измерении массы. Миллиамперметр может располагаться практически в любом удобном для наблюдения пространстве.

То есть для реализации способа требуется само устройство, предварительно надо оттарировать шкалу миллиамперметра в единицах массы, а затем при измерении массы обеспечить движение груза в том же режиме, в котором производилась тарировка шкалы измерительного прибора.

Предлагается измерительное устройство на базе дифференциального феррозонда (рис. 1) с двумя пермалловыми сердечниками с обмоткой возбуждения L_1 , состоящей из двух половин. Одна половина обмотки L'_1 находится на одном сердечнике, другая L''_1 (намотана встречно первой) – на другом [7–9].

Обмотка подключается к генератору импульсов. Половина L'_1 создает поле H и L''_1 – такое же, но направленное встречно.

Поверх двух сердечников с обмотками L'_1 и L''_1 располагается измерительная обмотка L_2 . Она подключается через выпрямитель к измерительному прибору, в качестве которого используется миллиамперметр постоянного тока, а также к пороговому устройству, формирующему сигнал на внешнюю сигнализацию при превышении массы поднимаемого груза. К измерительной обмотке можно подключить и осциллограф, позволяющий наблюдать искажения выходного сигнала при воздействии внешнего магнитного поля H_0 [8–10].

Дополнительная третья обмотка (компенсационная) L_3 , расположенная поверх основных обмоток, предусмотрена для установки с помощью компенсатора нулевого значения тока измерительного прибора при отсутствии нагрузки.

Для защиты феррозонда от механических внешних воздействий используется защитный кожух, представляющий собой трубку из латуни [7].

На рис. 2 представлена структурная схема измерительного устройства, посредством которого реализуется способ.

Структурная схема включает:

- генератор импульсов, формирующий прямоугольные импульсы, подаваемые на обмотку возбуждения L_1 феррозонда;
- феррозонд, включающей три обмотки;
- компенсатор;
- выпрямитель;
- измерительный прибор – миллиамперметр постоянного тока;
- пороговое устройство, обеспечивающее выработку сигнала на внешнее устройство сигнализации при превышении тока, соответствующего предельному значению массы поднимаемого груза.

Схема включения обмоток феррозонда приведена на рис. 3.

Компенсация постоянного магнитного поля, создаваемого двигателем при отсутствии груза, а также посторонних постоянных магнитных полей осуществляется переменным резистором R_3 компенсато-

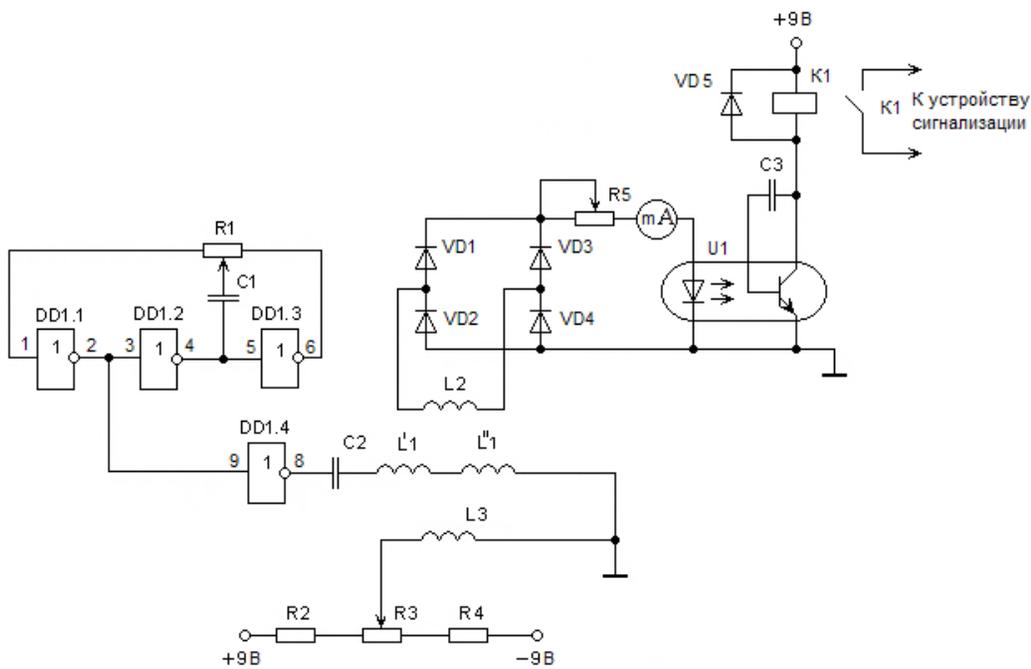


Рис. 3. Схема включения обмоток феррозонда.

ра – установкой нулевого значения тока миллиамперметра. Величины резисторов $R_2 = R_4$ и R_3 компенсатора выбираются в зависимости от величины напряжения питания.

Генератор импульсов выполнен на трех элементах НЕ (например, К561ЛН2), питающихся от источника 9 вольт. Четвертый элемент НЕ (DD1.4) оказывается полезным для уменьшения влияния обмотки возбуждения феррозонда на работу генератора. Регулирование частоты генератора осуществляется резистором R_1 в диапазоне 2–200 кГц [8, 10]. При таких частотах (свыше 2 кГц) микросхемы серии К561 устойчиво работают с напряжением 9 вольт.

Особенность схемы – ёмкость C_2 , подбирая величину которой или изменяя частоту генератора, можно добиться резонанса напряжения в последовательном соединении: ёмкость C_2 – обмотка возбуждения L_1 феррозонда. Это позволяет заметно увеличить напряжение на обмотке L_1 и повысить чувствительность феррозонда без увеличения напряжения питания. При этом следует обеспечить резонансную частоту, равную той, на которую рассчитан феррозонд.

Величина напряженности магнитного поля, создаваемого двигателем, а следова-

тельно, и величина массы груза определяются по показанию миллиамперметра. При превышении тока, соответствующего предельному значению массы поднимаемого груза, пороговое устройство (оптрон U_1 и реле K_1) вырабатывает сигнал на внешнее устройство сигнализации. Величина сопротивления R_5 подбирается таким образом, чтобы обеспечить при подъеме груза, масса которого превышает предельное значение, необходимый для срабатывания реле K_1 ток светодиода и, следовательно, коллекторный ток оптрона U_1 .

Тарирование шкалы миллиамперметра осуществляется в следующей последовательности [10, 11].

1. При работе двигателя на подъём (перемещение) с определенной постоянной скоростью без груза показание миллиамперметра с помощью переменного резистора R_3 (рис. 3) устанавливается в ноль, что соответствует нулевой массе груза.

2. При подъеме (перемещении) груза предельно-допустимой массы с той же постоянной скоростью показание миллиамперметра будет соответствовать предельно-допустимой массе поднимаемого груза.

При подъеме груза с массой выше предельно-допустимой происходит срабаты-



вание реле K_1 порогового устройства и выдача сигнала на внешнее устройство сигнализации.

Шкала тарированного миллиамперметра оказывается близка к линейной.

Как при тарировании шкалы, так и при измерении массы надо учитывать массу выпущенной части троса, которая является балластной составляющей массы и которая непостоянна и зависит от высоты подъёма груза. Поэтому необходимо использовать датчик положения каната. Зная погонную массу каната, можно произвести достаточно точный учет влияния массы каната в зависимости от высоты подъёма груза.

При использовании метода на подъёмных устройствах одного типа, оборудованных двигателями одной марки, нет необходимости в тарировании шкалы измерительного прибора для каждого устройства в отдельности. Достаточно обеспечить лишь одинаковое место установки чувствительного элемента (феррозонда).

ВЫВОДЫ

Предлагаемый способ исключает необходимость встраивания датчиков в электрические цепи и элементы конструкции подъёмного устройства, не требует сложного технологического оборудования и значительно снижает затраты на измерения. Стоимость новации в десятки раз меньше используемых в настоящее время методов измерения массы груза, поднимаемого кранами.

Предлагаемый способ позволяет устанавливать чувствительный элемент (феррозонд) практически в любом удобном месте в непосредственной близости от двигателя подъёмного механизма и использовать в качестве измерительного прибора миллиамперметр, что обеспечивает лёгкость фиксации результатов измерения.

Устройство, реализующее способ, компактно; его размеры не превышают габариты мобильного телефона. Оно не содержит дорогостоящих элементов и не нуждается в спецобслуживании. Подготовка устройства к работе заключается в тариро-

вании шкалы измерительного прибора (миллиамперметра) в единицах массы.

Применение метода свидетельствует, что показания измерительного прибора практически не зависят от степени возможного раскачивания груза. Поэтому никаких особых мер при измерении массы не требуется. Достаточно обеспечить тот же режим работы двигателя, что и при тарировании шкалы измерительного прибора.

Поскольку феррозонд реагирует на постоянные и медленно меняющиеся магнитные поля, описываемые измерения возможны только при использовании двигателей постоянного тока без импульсного регулирования скорости, что является ограничительным фактором для заявленного способа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровских Ю. И., Бусыгин Б. П. Электрооборудование подъёмно-транспортных машин. — М.: Машиностроение, 1979. — 184 с.
2. Александров М. П. Грузоподъёмные машины: Учебник. — М.: Изд-во МГТУ; Высшая школа, 2000. — 552 с.
3. Добронравов С. С., Дронов В. Г. Строительные машины и основы автоматизации: Учебник. — М.: Высшая школа, 2001. — 575 с.
4. Афанасьев Ю. В. Феррозондовые приборы. — Л.: Энергоатомиздат, 1986. — 188 с.
5. Афанасьев Ю. В., Студенцов Н. В., Шелкин А. П. Магнитометрические преобразователи, приборы, установки. — Л.: Энергия, 1972. — 272 с.
6. Миловзоров В. П. Электромагнитные устройства автоматики. Учебник для вузов. — М.: Высшая школа, 1983. — 408 с.
7. Дубровин Л. М., Никишечкин А. П. Исследование возможности использования параметров электромагнитного излучения для диагностирования режущего инструмента и управления процессом резания // Вестник МИИТ. — 2010. — Вып. 23. — С. 59–70.
8. Давыденко В. И., Дубровин Л. М., Никишечкин А. П. Феррозонды в оперативной диагностике стрелочных приводов // Мир транспорта. — 2015. — № 6. — С. 236–242.
9. Никишечкин А. П., Дубровин Л. М. Оперативное определение силы резания по параметрам магнитного поля, создаваемого двигателем постоянного тока привода главного движения // Вестник МГТУ «Станкин». — 2015. — № 4. — С. 42–45.
10. Никишечкин А. П., Дубровин Л. М., Давыденко В. И. Способ оценки массы груза подъёмно-транспортных устройств по параметрам магнитного поля, создаваемого двигателем постоянного тока // Вестник МГТУ «Станкин». — 2016. — № 1. — С. 64–67.
11. Дубровин Л. М., Никишечкин А. П., Давыденко В. И. Способ оценки массы железнодорожного состава // Мир транспорта. — 2016. — № 2. — 2016. — С. 58–65. ●

Координаты авторов: **Дубровин Л. М.** – wellew49@gmail.com, **Никишечкин А. П.** – anatolij-petrovich@yandex.ru, **Давыденко В. И.** – vlad47mir@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 08.02.2016, принята к публикации 04.04.2016.