

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ НА ТЯГОВОМ КАНАТЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ МОНОРЕЛЬСОВОЙ КАНАТНОЙ ДОРОГИ

Мельничук О.С., студент; Маренич К.Н., доцент, Ph.D. (к.т.н.)

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

При автоматизации канатной монорельсовой дороги типа ДКМУ требуется получение информации о местонахождении пассажирских тележек, скорости и направлении их движения, а также об аварийных ситуациях (таких как проскальзывание или обрыв каната). Эта информация формируется несколькими способами:

- посредством фрикционно связанного с приводным барабаном масштабного преобразователя линейного перемещения;
- посредством двух магнитоиндукционных датчиков установленных на концевой стойке;
- методом считывания нанесенных на канате магнитных меток.

Преимуществом последнего способа, является отсутствие погрешности от проскальзывания, чем и обусловлена актуальность исследования вопросов связанных с его применением.

Существенным для осуществления этого способа является учет магнитных характеристик каната. Исследованиями, проведенными в институте “Автоматгормаш им. В.А.Антипова” установлены следующие параметры каната: индукция насыщения $B_s=1,8-1,9$ Тл, проницаемость насыщения $\mu_s=140\div 150$, коэрцитивная сила $H_c=18\div 19$ А/см, остаточная индукция $B_r = 0,9$ Тл.[1].

Остаточная индукция метки определяется по формуле:

$$B_0 = m \cdot H_c \cdot \mu_0, \quad (1)$$

Проницаемость формы m может быть определена по эмпирической формуле:

$$m = 2,2 \cdot \sqrt{\Delta^3} = 2,2 \cdot \sqrt{\left(\frac{l_m}{d_k}\right)^3} = \sqrt{\left(\frac{1,1 \cdot l_r}{d_k}\right)^3}, \quad (2)$$

где l_m, l_r —длина метки и головки ($l_m=1,15\div 1,25 l_r$).

Установлено, что закон распределения намагниченности вдоль оси метки совпадает с законом изменения индукции вдоль оси не насыщенного магнитного стержня, помещенного в равномерное магнитное поле

$$B_{0x} = B_0 \cdot \left(1 - c \frac{4 \cdot x^2}{l_m^2}\right), \quad (3)$$

где: x - расстояние от центра метки.

Для полного использования магнитных свойств каната он должен быть помещен в поле с напряженностью $H_s \geq 4H_c \geq 80$ А/см.

Для расчета воспроизводящих устройств необходимо знание закономерности изменения внешнего поля нанесенной на канат магнитной метки. Представив магнитную метку как цилиндр, заряженный фиктивными магнитными зарядами, можно определить его внешнее поле:

$$H_{CT} = \int \frac{\delta_s \cdot R \, dx \, ds}{R^3}, \quad (4)$$

где ds - элемент периметра цилиндра,
 R - расстояние от ds до рассматриваемой точки,
 δ_s - поверхностная плотность фиктивных магнитных зарядов.

С целью упрощения вычисления выражения (4) целесообразно привести параметр δ_s к единице окружности. Это дает возможность интегрирования только вдоль оси метки и определить закономерность изменения линейной плотности фиктивных магнитных зарядов оси:

$$\sigma_x = \frac{2 \cdot c \cdot \Phi_0}{\pi \cdot l_M^2} x = \delta_{ml} \cdot x. \quad (5)$$

Применяя законы магнетостатики, получим выражения для определения аксиальной составляющей напряженности H_x и потенциала φ магнитного поля метки (рис. 1) в интересующей точке М ($a; y$)[2]:

$$H_x = \delta_{ml} \left(-\frac{l}{2 \cdot R_1} - \frac{l}{2 \cdot R_2} + \ln \frac{0,5 - a + R_1}{-0,4 \cdot l - a + R_2} \right); \quad (6)$$

$$\varphi = \delta_{ml} \left(R_1 - R_2 + a \cdot \ln \frac{0,5 - a + R_1}{-0,5 \cdot l - a + R_2} \right), \quad (7)$$

где a, y — расстояние точки от нейтральной оси метки и от поверхности каната,
 R_1, R_2 — расстояние от точки до концов метки. При этом:

$$R_1 = \sqrt{\left(\frac{l}{2} - a\right)^2 + y^2}; \quad (8)$$

$$R_2 = \sqrt{\left[\left(-\frac{l}{2}\right) - a\right]^2 + y^2}. \quad (9)$$

Результаты расчетов показывают, что приближенно оптимальная длина намагничивающей головки может быть подсчитана по формуле:

$$l_r = 2 \cdot \pi \cdot y. \quad (10)$$

Для воспроизведения магнитной записи каната применяется магнитоиндукционный датчик. При условии, что его сердечник датчика имеет форму прямого стержня, он будет реагировать лишь на аксиальную составляющую напряженности внешнего поля метки.

ЭДС, индуктируемая в обмотке датчика, определяется из соотношения:

$$e = -2 \cdot v \cdot K_\omega \cdot W \frac{m \cdot \mu_0 \cdot S_c}{l_c} H_x \cdot \sin \pi \frac{l_c}{\lambda} \cdot \cos \frac{2\pi}{\lambda} \left(x + \frac{l_c}{2} \right), \quad (11)$$

$$K_\omega = \left(1 - 0,255 \frac{l_\omega^2}{l_c^2} \right), \quad (12)$$

где v, x, W — скорость каната, путь и число витков обмотки датчика,
 μ_0 — магнитная проницаемость пустоты.

K_ω -коэффициент зависящий от соотношения длины катушки l_ω и длины сердечника l_c .

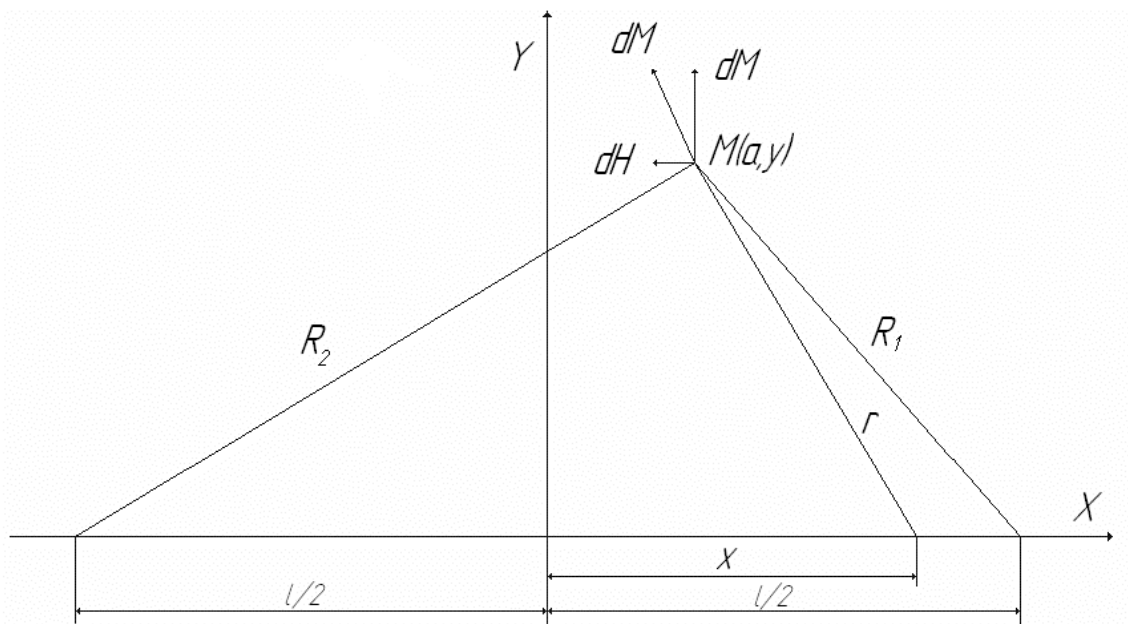


Рисунок 1. К определению аксиальной составляющей напряженности H_x и потенциала φ магнитного поля метки точке $M(a, y)$.

Согласно выражению (11) значение ЭДС максимально при $l_c = \frac{\lambda}{2} = l_M$.

Проницаемость формы П - образного сердечника определяется как проницаемость формы прямого сердечника, расчетная длина которого равна 70% от длины выпрямленного П - образного сердечника[2].

Амплитуда ЭДС датчика с прямым сердечником определяется из выражения:

$$E = 4,4 \cdot K_{\omega} \cdot v \frac{\sqrt{l_c^3}}{l_M} \sqrt{S_c \cdot \mu_0 \cdot W \cdot H_x} . \quad (12)$$

Для обеспечения частотной селективности полезного сигнала целесообразно применение активного RC-фильтра. Эффективного погашения высококачественных помех можно добиться путем шунтирования обмотки индукционного датчика емкостью.

Таким образом, имеются необходимые обоснования возможности управления канатной монорельсовой дорогой с применением магнитной записи на наиболее ответственных участках пути. Этим повышается точность управляющих воздействий.

Перечень ссылок

1. Метельский М.С., Степанов А.В. Исследование магнитных свойств каната, сборник «Горная электромеханика и рудничная аэрология», М., «Недра», - 1972.
2. Хецуреани А.В. Остаточная намагниченность и внешнее поле магнитной меки каната. Труды ГПИ им.В.И. Ленина № 9 -1988.