

УДК 621.373 – 187.4

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ТАЙМЕР КАК ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ИНДУКТИВНОСТИ ДАТЧИКА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ

Н.И. Твердоступ

кандидат технических наук, доцент кафедры электронных вычислительных машин, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, г. Днепр, Украина, e-mail: tnik72@mail.ru

Аннотация. Проанализированы особенности интегрального таймера как преобразователя индуктивности параметрического датчика магнетита в последовательность прямоугольных импульсов. Найдены условия линейного преобразования в зависимости от параметров датчика.

Ключевые слова: индуктивность, сопротивление, датчик, аналоговый таймер, преобразователь, период, импульс, магнетит.

ABOUT SENSITISATION F-METER FOR DEVICES OF CONTROL OF QUALITY OF IRON-ORE RAW MATERIAL

Nikolay Tverdostup

Ph.D., associate professor of department of electronic calculable machines, Oles Gonchar Dnipropetrovsk National University, Dnipro, Ukraine, e-mail: tnik72@mail.ru

Abstract. The features of integral timer are analysed as a transformer of inductance of self-reactance sensor of magnetite in rectangular pulse string. The terms of linear transformation are found depending on the parameters of sensor.

Keywords: inductance, resistance, sensor, analog timer, transformer, period, impulse, magnetite.

Введение. Экспрессный контроль качества железорудного сырья проводят устройствами с индуктивными датчиками, у которых приращение индуктивности тесно коррелирует с содержанием массовой доли магнетита [1]. Актуальной является задача повышения надежности устройств контроля, которая существенно зависит от количества составляющих элементов и простоты схемной реализации. Перспективным для построения простых и надежных преобразователей является интегральный одноктактный аналоговый таймер NE555 (и его аналоги), применяемый для преобразования емкости и сопротивления электрической цепи в управляемую последовательность прямоугольных импульсов [2,3]. Однако достаточные сведения об использовании интегрального таймера для построения преобразователей индуктивности практически отсутствуют. Это требует про-

ведения анализа особенностей построения преобразователя индуктивности на интегральном таймере.

Цель работы. Целью работы является разработка на основе интегрального таймера простого в схемном отношении преобразователя индуктивности параметрического датчика в последовательность импульсов.

Материалы и результаты исследований. В аналоговых таймерах сигнал возбуждения поступает на вход внутреннего двухпорогового компаратора, что позволяет создавать преобразователи развертывающего типа [4] с линейной или экспоненциальной функцией развертывания.

Одна из возможных простых реализаций преобразователя индуктивности в период следования прямоугольных импульсов показана на рис. 1. Здесь L – преобразуемая индуктивность датчика магнетита с собственным активным сопротивлением r . Индуктивность L и времязадающее сопротивление R образуют интегрирующую цепь, вход которой подключен к выходу таймера, а выход – ко входу внутреннего двухпорогового компаратора с напряжениями переключения $U/3$ и $2U/3$, где U – выходное напряжение таймера. При включении таймера на его выходе устанавливается высокий уровень напряжения U , равный напряжению питания E_{Π} , которое распределяется на элементах интегрирующей цепи согласно уравнению

$$L \frac{di}{dt} + (R + r)i = U, \quad (1)$$

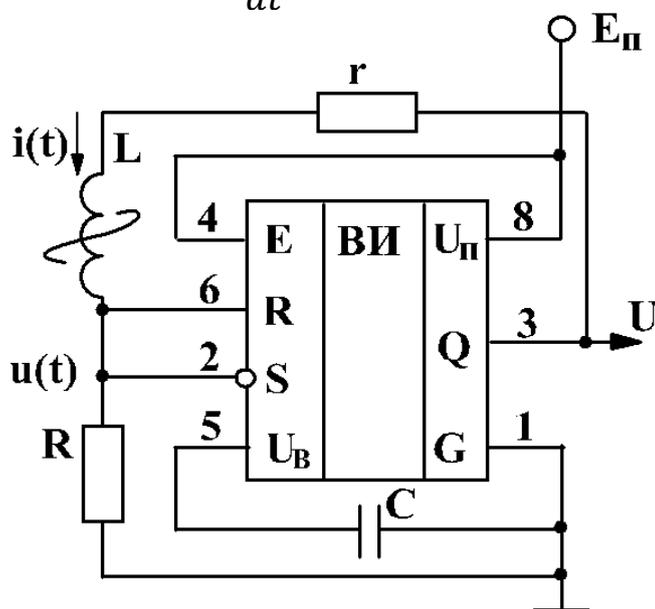


Рисунок 1 – Преобразователь индуктивности L в последовательность прямоугольных импульсов

где $i(t)$ - ток, протекающий с выхода таймера через элементы интегрирующей цепи. Решение дифференциального уравнения (1) при нулевых начальных условиях имеет вид

$$i(t) = I \left[1 - \exp\left(-\frac{t(R+r)}{L}\right) \right], \quad (2)$$

где $I = U/(R+r)$. Ток $i(t)$ создает на сопротивлении R падение напряжения, являющееся разворачивающим напряжением преобразователя

$$u(t) = \frac{UR}{R+r} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right], \quad (3)$$

где $\tau = L/(R+r)$ – постоянная времени интегрирующей цепи. Согласно (3) напряжение $u(t)$ возрастает по экспоненциальному закону и в момент времени t_1 достигает уровня нижнего порога срабатывания $U/3$, для которого

$$u(t_1) = \frac{U}{3} = \frac{UR}{R+r} \left[1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau}\right) \right], \quad (4)$$

С течением времени разворачивающее напряжение продолжает возрастать и в момент времени t_2 достигает уровня верхнего порога срабатывания $2U/3$, при этом

$$u(t_2) = \frac{2U}{3} = \frac{UR}{R+r} \left[1 - \exp\left(-\frac{t_2}{\tau}\right) \right], \quad (5)$$

после чего выходное напряжение U таймера скачкообразно становится равным нулю. Это приводит к изменению направления тока $i(t)$ а также изменению направления разворачивания до следующего переключения при $u(t) = U/3$. Моменты времени t_1 и t_2 , при которых таймер переключается, можно найти путем решения уравнений (4) и (5) в следующем виде

$$t_1 = \tau \ln \frac{3R}{2R-r},$$

$$t_2 = \tau \ln \frac{3R}{R-2r}.$$

Длительность сформированного выходного импульса равна $t_2 - t_1$, а период их следования $T = 2(t_2 - t_1)$, следовательно

$$T = \frac{2L}{R+r} \ln \frac{2R-r}{R-2r}. \quad (6)$$

Полученная характеристика преобразования (6) имеет вид $T = kL$, где $k = \frac{2}{R+r} \ln \frac{2R-r}{R-2r}$ – коэффициент преобразования индуктивности L в период следования T прямоугольных импульсов.

Из (6) следует, что преобразование индуктивности датчика происходит по линейному закону; коэффициент преобразования k определяется абсолютными значениями сопротивления интегрирующей цепи R и собственного активного сопротивления r индуктивности, а также их отношением R/r , при этом коэффициент преобразования k будет положительным числом только при выполнении условия

$$R > 2r. \quad (7)$$

Очевидно, что при $R < 2r$ значения k не существуют, а при $R = 2r$ $k = \infty$, что эквивалентно бесконечному периоду T , иначе, срыву колебаний. При $R \gg 2r$ выражение коэффициента преобразования преобразуется к виду $k \approx 2 \ln 2 / R$. Управлять величиной коэффициента преобразования k можно сопротивлением R , причем, для получения высоких значений k отношение сопротивлений R/r должно быть как можно ближе к значению 2, с учетом условия (7), при этом абсолютные значения R и r должны быть минимальными.

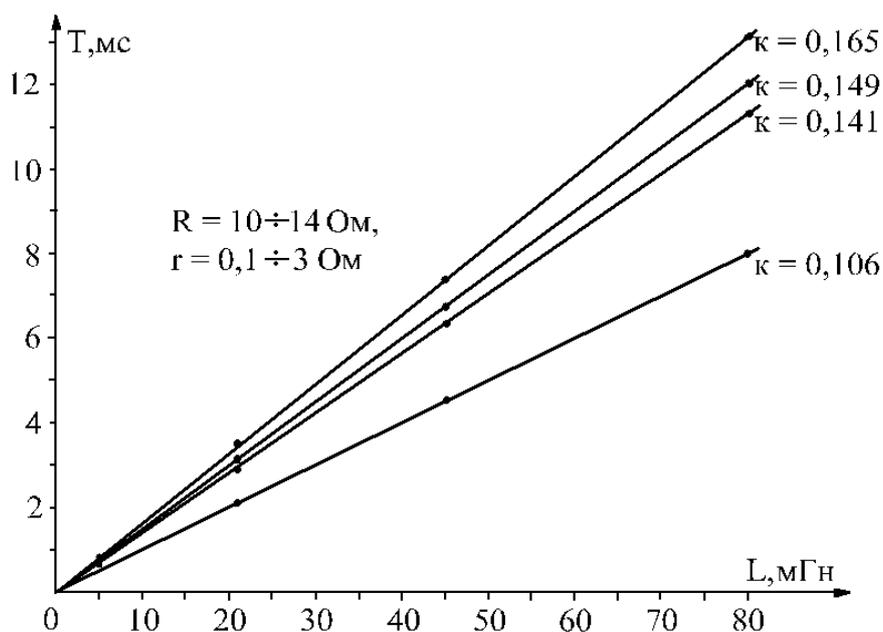


Рисунок 2 – Характеристики преобразования индуктивности L при различных коэффициентах преобразования k

Экспериментальная проверка выражений (6) и (7) проведена в схеме преобразователя (рис.1), собранного на интегральном таймере NE555. На рис.2 показаны экспериментальные зависимости длительности T периода следования прямоугольных импульсов с выхода таймера от величины преобразуемой индуктивности L параметрического датчика магнетита при различных коэффициентах преобразования. Зависимости подтверждают линейный характер преобразования индуктивности датчика магнетита в

достаточно широком диапазоне и справедливость выражения (6). При этом отклонение экспериментальных данных от расчетных по выражению (6) не превысило 10%.

На рис.3 показаны экспериментальные зависимости коэффициента преобразования от логарифма отношения сопротивлений R/r . Видно, что чем ближе $\lg(R/r)$ к 0,301 (иначе, R/r к 2), тем больше коэффициент преобразования.

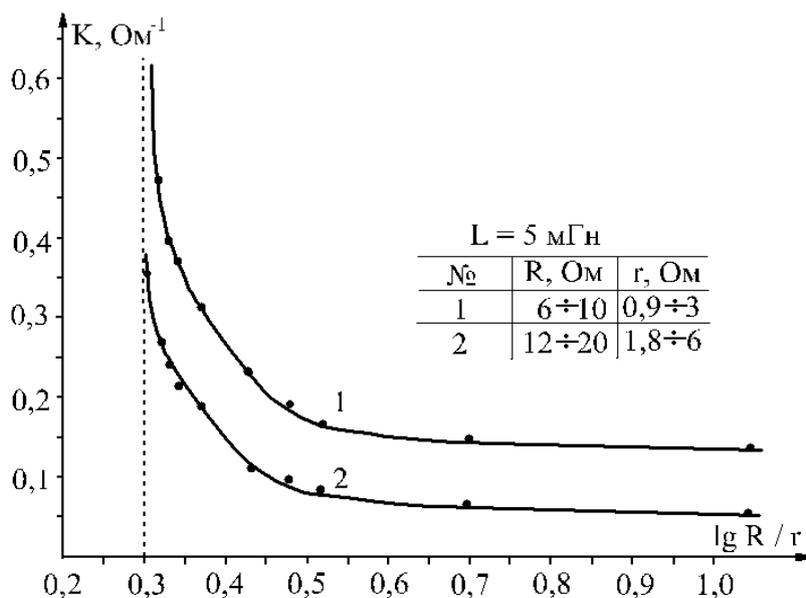


Рисунок 3 – Зависимости коэффициента преобразования k от отношения сопротивлений R/r при их различных абсолютных значениях

Также при меньших абсолютных значениях сопротивлений R и r коэффициент преобразования всегда выше (зависимость 1), чем при бóльших (зависимость 2). Последнее указывает на то, что в преобразователях на таймере в отдельных случаях необходимо использовать индуктивные датчики с возможно меньшим активным сопротивлением, например, выполненные проводом достаточно большого сечения или с малым удельным сопротивлением.

При значениях $\lg(R/r) \leq 0,301$ (иначе, $R/r \leq 2$) колебания в схеме отсутствовали, что подтверждает справедливость условия (7).

Выводы. Анализ особенностей интегрального таймера, как преобразователя индуктивности в последовательность импульсов, позволил установить следующее:

- преобразователь на основе одноконтурного аналогового таймера преобразует индуктивность параметрического датчика в период следования прямоугольных импульсов по линейному закону в достаточно широком диапазоне;



- б) коэффициент преобразования индуктивности обратнопропорционален сумме активных сопротивлений интегрирующей цепи и существенно зависит от их отношения;
- в) для обеспечения колебаний необходимо учитывать величину активного сопротивления преобразуемой индуктивности, а именно: времязадающее сопротивление интегрирующей цепи всегда должно быть больше удвоенного активного сопротивления преобразуемой индуктивности;
- г) преобразователь индуктивности на таймере характеризуется хорошими функциональными возможностями при предельно простой схемной реализации, что предполагает его достаточно высокую надежность при использовании в устройствах экспрессного контроля качества железорудного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марюта, А.Н. Контроль качества железорудного сырья [Текст] / А.Н. Марюта, И.К. Младецкий, П.А. Новицкий. – К. : Техніка, 1976. – 220 с.
2. Коломбет, Е.А. Таймеры [Текст] / Е.А. Коломбет. – М. : Радио и связь, 1983. – 128 с.
3. Функциональные устройства на микросхемах [Текст] / В.З. Найдеров, А.И. Голованов, З.Ф. Юсупов и др. / Под ред. В.З. Найдерова. – М. : Радио и связь, 1985. – 200 с.
4. Шахов, Э.К. Интегрирующие развертывающие преобразователи напряжения [Текст] / Э.К. Шахов, В.Д. Михотин. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 230 с.

УДК 622: 33.003.55

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРАФОВ И СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

А.А. Хорольский¹, В.Г. Гринев²

¹магистр, аспирант Института физики горных процессов Национальной академии наук Украины, г. Днепр, Украина, e-mail: khoroiskiyyaa@ukr.net

²доктор технических наук, профессор, директор Института физики горных процессов Национальной академии наук Украины, г. Днепр, Украина, e-mail: grinevv@ukr.net

Аннотация. В данной работе описана программная реализация процесса выбора очистного оборудования на основе применения сетевых моделей и графов. Рассмотренные методы дискретной математики могут служить альтернативой существующим методикам выбора оборудования. Применение сетевых моделей и графов позволило впервые для исследования структуры горно-шахтного оборудования разработать специальное программное обеспечение.

Ключевые слова: очистной забой, суточная нагрузка, горно-шахтное оборудование, теория графов, программное обеспечение.

