

Союз Советских
Социалистических
Республик



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 794528

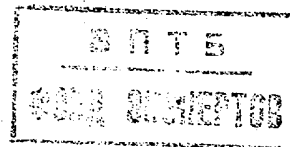
- (61) Дополнительное к авт. свид-ву —
(22) Заявлено 14.10.77 (21) 2531156/18-10
с присоединением заявки № 2531155/18-10
(23) Приоритет —
(43) Опубликовано 07.01.81. Бюллетень № 1
(45) Дата опубликования описания 07.01.81

(51) М. Кл.³
G 01P 3/50

(53) УДК 531.767
(088.8)

- (72) Авторы
изобретения В. С. Клейменов, А. Б. Назаров, И. И. Помыкаев и Г. И. Филатов
(71) Заявитель Московский ордена Ленина и ордена Октябрьской Революции
авиационный институт им. С. Орджоникидзе

(54) ИЗМЕРИТЕЛЬ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ



1

2

Изобретение относится к приборостроению и может быть использовано для измерения скорости объекта, движущегося в магнитном поле Земли.

В настоящее время широко применяются устройства для измерения скорости, основанные на измерении ЭДС, наводимой в проводнике при пересечении им магнитного поля Земли [1] и [2]. Однако эти устройства обладают низкой чувствительностью.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности и решаемым задачам является устройство для измерения линейной скорости движения, содержащее ряд измерительных проводников, размещенных перпендикулярно силовым линиям магнитного поля Земли и соединенных последовательно, генератор переменного тока и регистрирующую аппаратуру [3].

Недостатком данного устройства является низкая чувствительность, обусловленная ограниченными габаритными размерами проводника.

Цель изобретения — повышение чувствительности устройства при изменении скорости движения.

Это достигается тем, что измеритель скорости движения снабжен ферромагнитным сердечником с катушкой перемагничивания, подсоединенной к генератору переменного

тока, измерительные проводники расположены в отверстиях ферромагнитного сердечника и последовательно с каждым измерительным проводником включен конденсатор, образованный двумя электропроводящими немагнитными пластинами, разделенными слоем диэлектрика и укрепленными на ферромагнитном сердечнике, а первая обкладка первого конденсатора и конец последнего измерительного проводника подключены к регистрирующей аппаратуре.

На фиг. 1 представлена функциональная схема измерителя скорости движения; на фиг. 2 — эквивалентная схема измерителя скорости движения.

Измеритель скорости движения содержит ферромагнитный сердечник 1, на котором с двух сторон закреплены две группы 2 и 3 прямоугольных металлических пластин, нанесенные на диэлектрические пластины 4 и 5. Металлические пластины образуют две группы с равным числом элементов и размещены продольными осями параллельно друг другу. Пластины закреплены на ферромагнитном сердечнике асимметрично так, чтобы одна пластина находилась в одной половине сердечника, а вторая — во второй половине. По линии раздела ферромагнитного сердечника пластинами расположены отверстия 6, число которых равно числу пар

металлических пластин. Через каждое отверстие пропущен свой измерительный проводник 7, который соединяет металлические пластины. Один конец первого измерительного проводника соединен с первой пластиной первой группы. Вторым концом первого измерительного проводника соединен со второй пластиной второй группы. Вторым и последующие измерительные проводники соединены аналогично со второй пластиной первой группы и третьей пластиной второй группы и т. д. для всех пластин. Первая пластина 8 второй группы и последняя пластина 9 первой группы связаны со входами регистрирующей аппаратуры 10. На ферромагнитном сердечнике размещена катушка 11 с обмоткой 12, связанной с генератором переменного тока 13. Генератор и регистрирующая аппаратура связаны с источником питания 14. К выходу регистрирующей аппаратуры подключен индикатор 15.

Эквивалентная схема измерителя скорости движения, представленная на фиг. 2, имеет следующие обозначения: C_i — емкости, образованные соответствующими токопроводящими пластинами, e_i — ЭДС, возникающая на измерительном проводнике, Z_{b1} — входное сопротивление усилителя регистрирующей аппаратуры. Практически можно считать $Z_{b1} = R_{вх}$, т. е. входное сопротивление усилителя активное.

Устройство работает следующим образом.

Каждая пластина первой группы, нанесенная на диэлектрик, например титанат бария, образует с ферромагнитным сердечником конденсатор емкостью C . Вторая группа пластин также образует с сердечником ряд конденсаторов. Поскольку сердечник является общей обкладкой для каждого из конденсаторов, каждая пара пластин, состоящая из пластин первой группы и пластин второй группы, симметричной первой относительно линии раздела сердечника диэлектрическими пластинами, образует конденсатор емкостью, равной величине емкостей двух последовательно включенных конденсаторов.

При движении измерителя скорости в магнитном поле напряженностью H на измерительном проводнике возникает ЭДС

$$e = lB_m \cdot V,$$

где l — длина измерительного проводника;

B_m — индукция по продольной оси магнитопровода в отверстии, в котором пропущен измерительный проводник (обусловленная магнитным полем Земли);

V — проекция вектора скорости измерителя на его ось чувствительности (на перпендикуляр к измерительному проводнику и продольной оси магнитопровода).

Протекающий по обмотке подмагничивания переменный синусоидальный ток от генератора переменного тока подмагничивания периодически доводит магнитопровод до насыщения, меняя, тем самым, его магнитную проницаемость. В этом случае

$$B_m = \mu_0 \mu_d(t) \cdot K_1 \cdot H_m,$$

где

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7};$$

$\mu_d(t)$ — переменная во времени дифференциальная магнитная проницаемость магнитопровода;

H_m — проекция вектора H на продольную ось магнитопровода;

K_1 — коэффициент, учитывающий ослабление индукции в отверстии по сравнению с телом магнитопровода.

Если параметры цепи подмагничивания выбраны такими, что

$$I \cdot I_m \cdot \sin \omega t, \quad (3)$$

$$H = \frac{I_m \cdot W}{L} \cdot K_2 > H_s^*, \quad (4)$$

где I — ток в обмотке подмагничивания; I_m , ω — амплитуда и частота тока подмагничивания;

W , L — соответствующее число витков и длина обмотки подмагничивания;

K_2 — коэффициент, учитывающий отличие обмотки подмагничивания от идеального соленоида;

H_s^* — напряженность в теле магнитопровода, при котором достигается его насыщение;

то дифференциальная проницаемость $\mu_d(t)$ может быть записана в виде

$$M_d(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \cos 2n \omega t, \quad (5)$$

где

$$A_0 = \frac{2}{\pi} \left[\alpha \mu_{d \max} + \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) \mu_{d \min} \right] - \frac{2K}{\pi} (\beta^2 - \alpha^2),$$

$$A_n = \frac{2}{\pi \alpha} [\mu_{d \max} \sin 2n\alpha - \mu_{d \min} \cdot \sin 2n\beta] -$$

$$- \frac{2}{\pi n} \left[\frac{\cos 2n\beta - \cos 2n\alpha}{n} + \beta \sin 2n\beta + \alpha \cdot \sin 2n\alpha \right],$$

где

$$K = - \frac{\mu_{d \max} - \mu_{d \min}}{\beta - \alpha};$$

$$\alpha = \arcsin \frac{H_r^*}{H};$$

$$\beta = \arcsin \frac{H_s^*}{H};$$

$\mu_{д макс}$; $\mu_{д мин}$ — соответственно минимальная и максимальная дифференциальная магнитная проницаемость магнитопровода;

H — амплитуда поля подмагничивания;

H_r^* — напряженность поля, соответствующая остаточной индукции магнитопровода;

n — номер гармоники ряда Фурье.

Так как магнитная дифференциальная проницаемость $\mu_{д}(t)$ периодически изменяется во времени, ЭДС e также периодически изменяется во времени. Конденсаторы, образованные парами пластин противоположных групп, заряжаются. Ток заряда конденсаторов, протекающий по входному сопротивлению регистрирующей аппаратуры, приводит к появлению входного напряжения, которое также пропорционально скорости пересечения устройством силовых линий магнитного поля.

Величину тока определим из уравнения замкнутой цепи

$$i \cdot R_n + \frac{1}{C_z} \int idt = \mu_0 l \cdot V \cdot H_m \left(A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \cos 2n\omega t \right), \quad (6)$$

где $R_n = R_{вх} + R_{сн}$ — полное активное сопротивление цепи, складывающееся из входного сопротивления усилителя и сопротивления соединительных проводов и токопроводящих частей.

В случае, если имеется K изолированных одинаковых секций с емкостью C каждой секции и K измерительных проводников, пропущенных в K отверстий в магнитопроводе, величину C запишем в виде

$$C_{\Sigma} = \frac{C}{2K}. \quad (7)$$

Из выражения (6) после преобразования получим

$$i(t) = \frac{\mu_0 l \cdot U \cdot H_m \cdot K}{R_n} \sum_{n=1}^{\infty} A_n \times \frac{2n\omega}{\sqrt{\tau^2 + 4n^2\omega^2}} \cdot \sin(2n\omega t + \varphi), \quad (8)$$

где $\tau = \frac{2K}{R_n C}$;

$$\varphi = \arctg 2n\omega R_n \cdot \frac{C}{2K}.$$

С учетом $K_{ус}$ (коэффициент усиления усилителя), $R_{вх}$ (входного сопротивления усилителя) напряжение на выходе регистрирующей аппаратуры запишем в виде

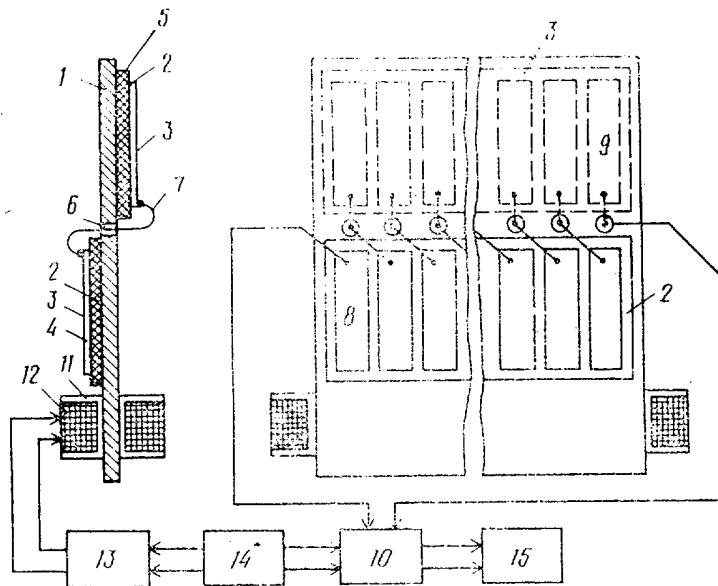
$$U_{вых} = - \frac{\mu_0 l V H_m K}{R_n} \cdot R_{вх} \cdot K_{ус} \times \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n \cdot 2n\omega}{\sqrt{\tau^2 + 4n^2\omega^2}} \cdot \sin(2n\omega t + \varphi). \quad (9)$$

Формула изобретения

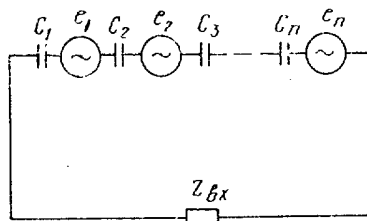
Измеритель скорости движения, содержащий ряд измерительных проводников, размещенных перпендикулярно силовым линиям магнитного поля Земли и соединенных последовательно, генератор переменного тока и регистрирующую аппаратуру, отличающийся тем, что, с целью повышения чувствительности, он снабжен ферромагнитным сердечником с катушкой перемагничивания, подсоединенной к генератору переменного тока, измерительные проводники размещены в отверстиях ферромагнитного сердечника и последовательно с каждым измерительным проводником включен конденсатор, образованный двумя электропроводящими немагнитными пластинами, разделенными слоем диэлектрика и укрепленными на ферромагнитном сердечнике, а первая обкладка первого конденсатора и конец последнего измерительного проводника подключены к регистрирующей аппаратуре.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 30867, кл. G 01P 3/50, 1932.
2. Авторское свидетельство СССР № 477345, кл. G 01P 3/50, 1972.
3. Патент Японии № 49—23225, кл. 111A1, опублик. 1976 (прототип).



Фиг. 1



Фиг. 2

Составитель **Е. Швецов**

Редактор **Т. Клюкина**

Техред **И. Пенчко**

Корректор **О. Силуянова**

Заказ 2718/12

Изд. № 120

Тираж 915

Подписное

НПО «Понск» Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Типография, пр. Сапунова, 2