

Галванично разделяне на електрически вериги чрез магнитодиоди

Автори: И.Г.Костов Н. Николов

В системите за автоматично регулиране, в устройства за контрол и защита на промишлена апаратура се предпочита галваничното разделяне на сигналите за управление от силовата електрическа верига.

В литературата са описани многобройни реализации на галванично разделяне: – чрез трансформатори, оптрони, преобразуватели на Хол и др.

Съществуват и други магниточувствителни полупроводникови преобразуватели, чийто принцип на действие се основава на магнитодиодния ефект – магнитодиоди, магнитотранзистори, магнитотиристори [1].

Основен параметър на магнитодиодите, използвани в случая, е волтовата магниточувствителност \mathcal{H}_V . Тя се дефинира при константен ток през магнитодиода I_0 и може да се определи от волт-тесловата характеристика:

$$\mathcal{H}_V = \left. \frac{\Delta U}{\Delta B} \right|_{I_0 = \text{const}}, \text{ V/T}$$

В сравнение с преобразувателя на Хол магнитодиода има 50 до 600 пъти по-голяма магниточувствителност [2], но волт-тесловата му характеристика е силно нелинейна. Температурната зависимост на магнитодиода има сложен характер, като съществува точка на смяна на знака на изменението на напрежението, dU/dT при ток около 2 mA. Това е една нова възможност за постигане на температурна стабилност, освен известното диференциално свързване на два магнитодиода.

Планарните магнитодиоди тип КД 304А-Ж имат ясно изразена разлика на волтовата магниточувствителност при противоположни посоки на индукцията B [3]. Тази разлика е предпоставка за получаване на схема за галванично разделяне на електрически вериги както при постоянни, така и при променливи токове, с по-добри параметри (линейност).

Предлаганото в работата устройство се състои от следните елементи (фиг. 1.):

Проводник по който протича токът в силовата верига I_1 , обхващащ с няколко навивки магнитопровода 1, който в случая е Ш-образен. На основното ядро на магнитопровода е създадена въздушна междина δ , в която са поставени два магнитодиода от тип КД 304-B-1. Те са ориентирани така че техните магниточувствителности да се с различен знак, т.е. единия е завъртян на 180 градуса спрямо другия и векторът на магнитната индукция е по плоскостта на силициевата пластина на магнитодиодите.

Ако се пренебрегне потокът на разсейване, магнитната индукция на създаденото от силовата верига магнитно поле, се определя с израза:

$$B = \frac{\mu_0 I_1}{\left(\delta + \frac{l_{ст}}{\mu_{ст}}\right)}, \quad (2)$$

където δ е въздушната междина, $l_{ст}$ средната дължина на магнитната линия и $\mu_{ст}$ - магнитната проницаемост на материала на магнитопровода. При условие, че създадената магнитна верига $\delta > 0,01 l_{ст}$ и като се вземе предвид че $\mu_{ст} \gg \mu_0$ то израза (2) се записва като

$$B = \frac{\mu_0 I_1}{\delta} \quad (3)$$

Следователно на етап проектиране и определяване на магнитната система е възможно да се осигури линейна зависимост между големината на индукцията B и тока I_1 .

Магнитодиодите VD1 и VD2 (фиг. 2) са захранени от два отделни източници на ток I_{01} и I_{02} . Това разширява възможностите за нулиране, ако има несъответствие в характеристиките на магнитодиодите, също така в определен диапазон осигурява пропорционалност на разликата в магниточувствителностите в зависимост от тока I_1 . По такъв начин би могло да се счита, че напрежението на изходния сигнал зависи основно от големината на тока в силовата верига.

$$U_{\text{изх}} = f[B(I_1)] \quad (4)$$

Аналитичното изразяване на тази зависимост е доста трудно, поради което се преобладава до експериментално построяване на градуировъчната характеристика на устройството.

На фиг. 3. са показани семейство характеристики за стойности на постоянния ток I_1 до 5 ампера при брой на навивките $N_1=7$. Параметъра в случая са токовете през магнитодиодите $I_{01} = I_{02} = 0,5; 1; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0$ mA. При всяко от стойностите на параметъра е сменявана посоката на постоянния ток. В резултат на този експеримент могат да се установят препоръчителни стойности на $I_{01} = I_{02}$ около 2 mA. При по-ниските стойности се наблюдава известна разлика в изходния сигнал при различни посоки на тока I_1 . При 3 mA се увеличава относителната нелинейност - до 7%.

При $I_{01} = I_{02} = 2$ mA тези показатели са значително по-добри: най-голямата относителна нелинейност е 0,2%, а отклоненията в измерването на изхода напрежение са по-малки от 0,5% за диапазон на I_1 от 0 до 3,5 A.

Потвърждение на тези резултати се получава при двукратно увеличаване на броя на навивките $N_2=14$, но токът се изменя вече до 2,5 A т.е. запазва се броя на ампернавивките.

Проведен е експеримент и при променлив ток в силовата верига с честота 50 Hz. Измервани са ефективните стойности $I_{\text{еф}}$ и $U_{\text{изх еф}}$. От графиките на фиг. 4, където за сравнение са показани зависимостите $U_{\text{изх}} = f(I_1)$ и $U_{\text{изх еф}} = f(I_{\text{еф}})$ при $I_{01} = I_{02} = 2$ mA се наблюдава почти съвпадение на двете характеристики.

Основните резултати и изводи могат да се формулират така:

1. Възможно е реализирането на галванично разделяне на електрически вериги чрез използване на разликата в магниточувствителностите на два магнитодиода. Това води до получаване на линейна предавателна характеристика.

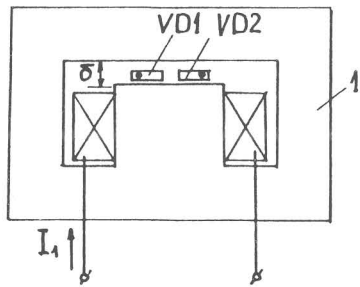
2. Показаният метод е приложим както за постоянни, така и за променливи токове. По нататъшните експерименти трябва да определят границите за честотата им.

3. Посредством оптимизиране на магнитната система (избор на въздушна междина, ампернавивки, материал на магнитопровода) за всеки конкретен диапазон от стойности на тока I_1 , може да се постигне зададена индукция.

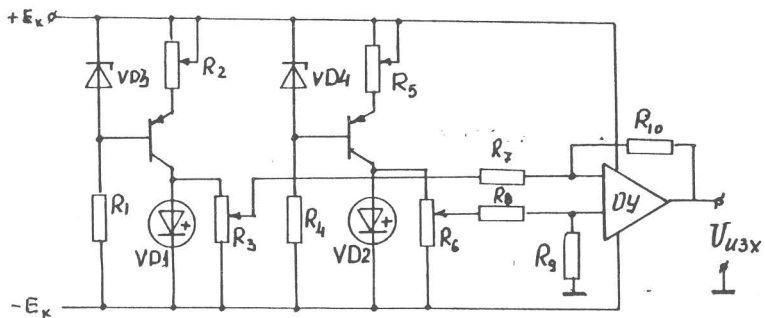
Използването на магнитоодиоди позволява да се осъществи сравнително просто и универсално решение, приложимо в управлението на електромагнити, електродвигатели, в устройства за контрол и защита на преобразователи.

Литература:

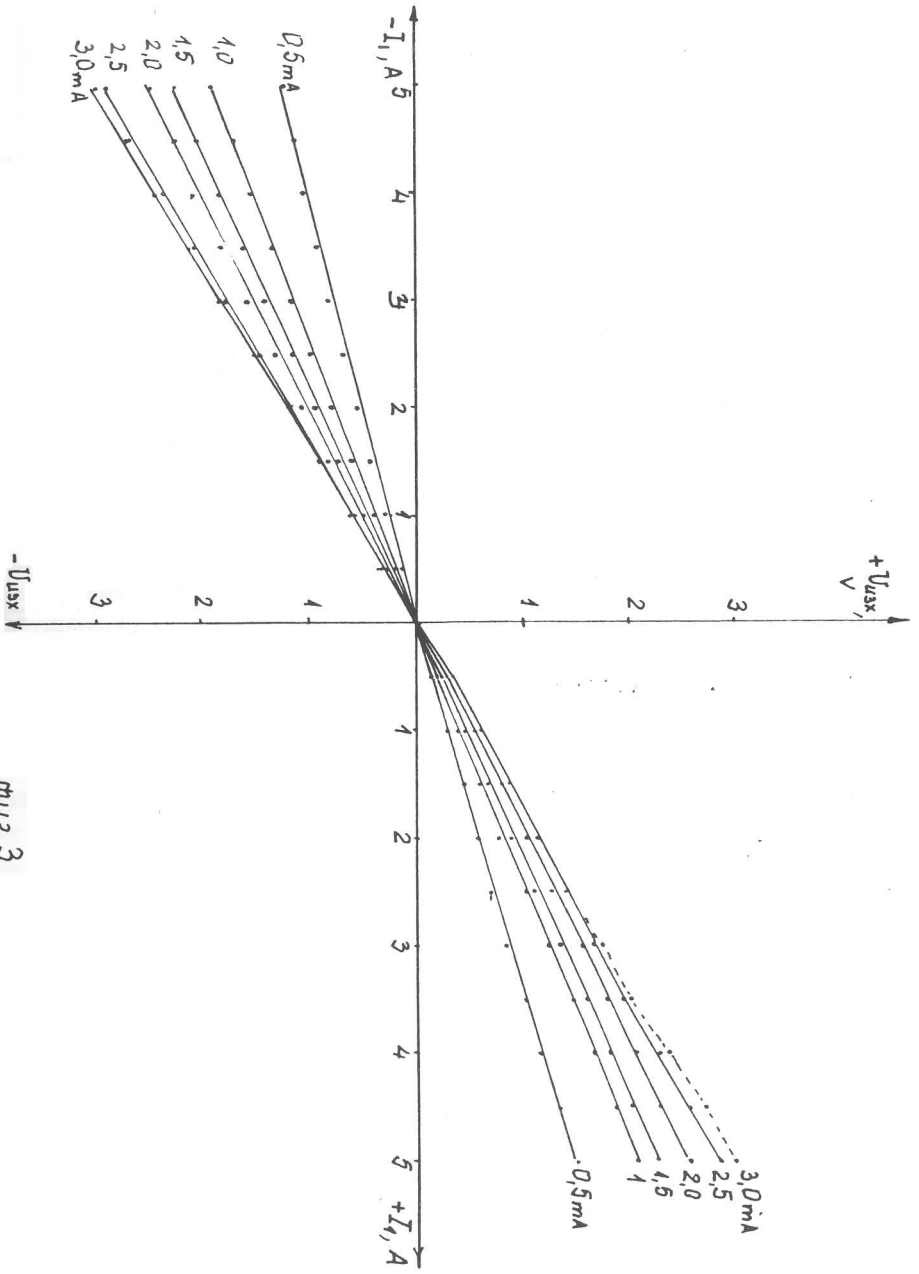
1. Хомерики О. К. Полупроводниковие преобразователи магнитного поля. М. Энергоатомиздат 1986.
2. Егизарян Г. А., Стафеев В. И. Магнитоодиоды, магнитотранзисторы и их применение. М. 1987.
3. Егизарян Г. А. Магнитоодиод КД304 – простейшая функциональная схема. Электропромышленность 1980 вып. 1 с. 42-44.



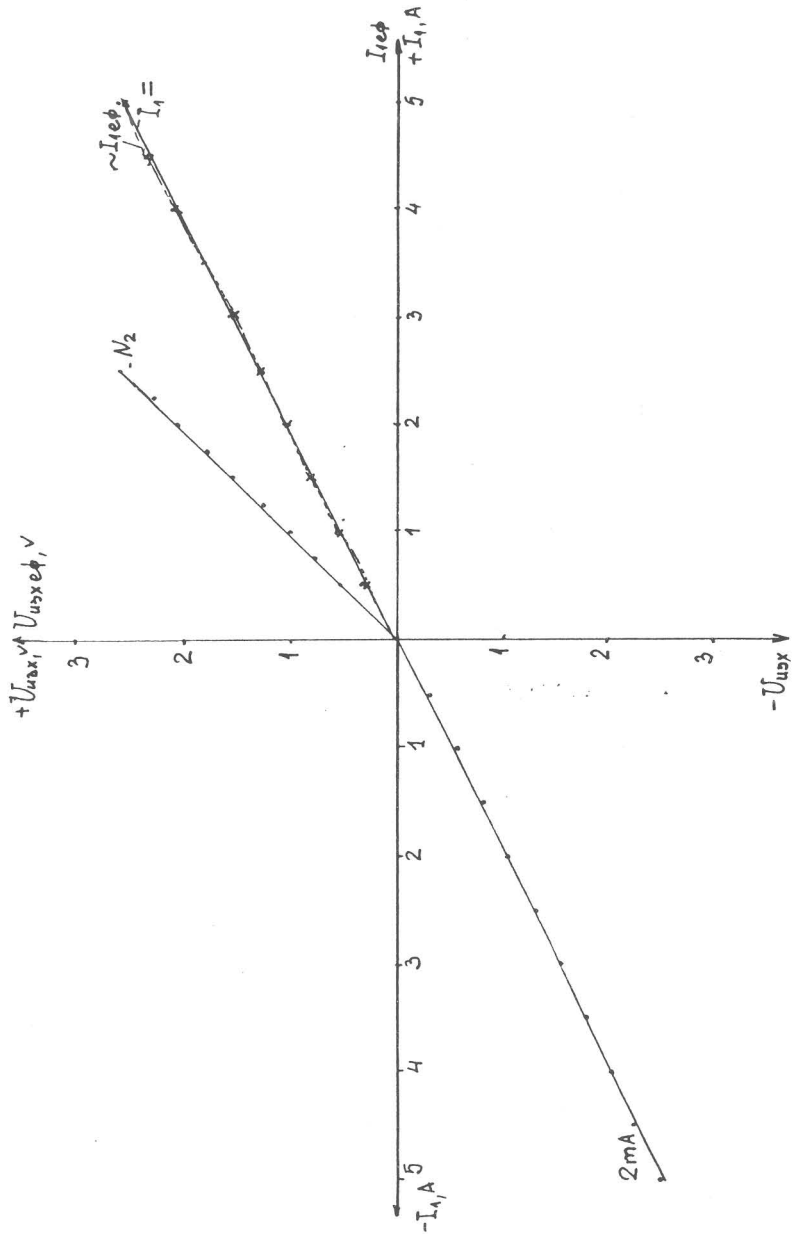
фиг. 1.



фиг. 2.



фл. 2. 3.



фиг. 4.