

Р. АЛЛИКАС, В. КААЗИК

ПОЛЯРИЗОВАННЫЙ МАГНИТНЫЙ ДЕЛИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ С РЕГУЛИРУЕМЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ДЕЛЕНИЯ

В связи с широким применением в последнее время дискретной автоматики становится актуальной разработка различных многоустойчивых схем, в качестве которых может быть использован рассматриваемый в данной статье односердечниковый магнитный делитель частоты (МДЧ) переменного или импульсного напряжения (рис. 1). В многоустойчивых схемах количество устойчивых состояний не зависит от сложности схемы, что позволяет в отличие от двоичных элементов уменьшать количество компонентов схемы и вместе с тем габариты и вес устройства [1].

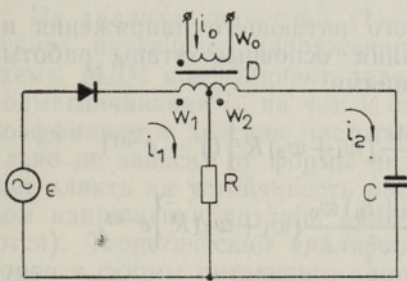


Рис. 1. Схема МДЧ.

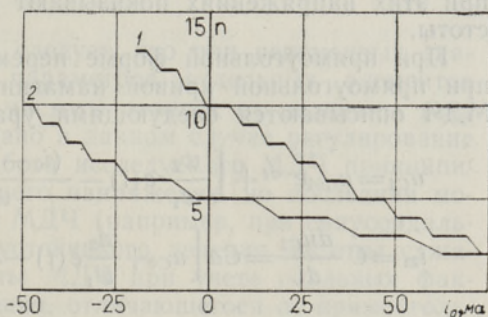


Рис. 2. Зависимость коэффициента деления частоты n от величины тока подмагничивания i_0 : кривая 1 — $R = 1,04$ ком, $C = 15,8$ мкф; кривая 2 — $R = 320$ ом, $C = 14,8$ мкф.

МДЧ с отдельной обмоткой подмагничивания [2] позволяет регулировать коэффициент деления электрическим сигналом (изменением величины тока), однако он менее надежен в работе, имеет более узкие области деления n , следовательно, более низкий максимальный коэффициент деления, чем схема МДЧ с вентилем [3]. Схема с вентилем, в свою очередь, не дает возможности управлять режимом работы без изменения параметров схемы. Исследуемый МДЧ соединяет положительные свойства обеих схем.

В основе работы МДЧ лежит накопление изменения магнитного потока в ненапряженном сердечнике D (рис. 1) в течение нескольких периодов питающего напряжения. После насыщения магнитного сердеч-

ника на нагрузке появляется пикообразное напряжение. Если сопротивление нагрузки (входное сопротивление следующего звена) велико, то ее включают последовательно с обмоткой ω_1 или ω_2 . В противном же случае нагрузку присоединяют параллельно с конденсатором C . Как показывают опыты, меньшее влияние на работу делителя оказывает включение нагрузки последовательно с обмотками ω_1 или ω_2 , обуславливая некоторое сужение областей деления. Для уменьшения времени возврата магнитного состояния сердечника D в исходное состояние сопротивление R подключается к выводу рабочей обмотки, разделяющему последнюю на две части.

При ненасыщенном сердечнике МДЧ имеет два основных режима деления, определяемых состоянием вентиля (принимается идеальным):

1) вентиль открыт и 2) вентиль закрыт:

$$b_1 = b_0 + \Delta b_1 = b_0 + \frac{1}{(\omega_1 + \omega_2)S} \int_{t_0}^{t_1} [e(t) - u_{C1}(t)] dt, \quad (1)$$

$$b_2 = b_1 - \Delta b_2 = b_1 - \frac{1}{\omega_2 S} \int_{t_1}^{t_2} [u_{C2}(t) - u_{R2}(t)] dt,$$

где b_0 — начальная индукция; b_1, b_2 — индукции в моменты запираания (t_1) и открывания (t_2) вентиля; $\Delta b_1, \Delta b_2$ — изменения величины индукции соответственно при открытом и закрытом состоянии вентиля; $\omega_0, \omega_1, \omega_2$ — число витков обмоток; $e(t), u_C(t), u_R(t)$ — напряжения на генераторе, конденсаторе и сопротивлении, причем индексы «1» и «2» при этих напряжениях показывают номер этапа работы делителя частоты.

При прямоугольной форме переменного питающего напряжения и при прямоугольной кривой намагничивания основные этапы работы МДЧ описываются следующими уравнениями:

$$u_{C1} = u_{C01} e^{-at} + \left[\frac{\omega_2}{\omega_1} e(t) - \frac{(i_0 - i_\mu) \omega_0}{\omega_1^2} (\omega_1 + \omega_2) R \right] (1 - e^{-at}),$$

$$i_{21} = C \frac{du_{C1}}{dt} = Ca \left[u_{C01} + \frac{\omega_2}{\omega_1} e(t) - \frac{(i_0 + i_\mu) \omega_0}{\omega_1^2} (\omega_1 + \omega_2) R \right] e^{-at}, \quad (2)$$

$$a = \frac{\omega_1^2}{(\omega_1 + \omega_2)^2 RC}, \quad u_{D1} = e(t) - u_{C1}(t),$$

$$i_{R1} = \frac{u_{C1}}{R} + \frac{\omega_2}{(\omega_1 + \omega_2) R} u_{D1}, \quad i_{11} = i_{R1} + i_{21};$$

$$u_{C2} = \frac{(i_0 + i_\mu) \omega_0}{C \omega_2} t - u_{C02},$$

$$u_{R2} = \frac{R (i_0 + i_\mu) \omega_0}{\omega_2}, \quad i_{22} = \frac{(i_0 + i_\mu) \omega_0}{\omega_2}, \quad (3)$$

$$u_{D2} = u_{C2}(t) - u_{R2}(t), \quad i_0 = \text{const},$$

где u_{C01}, u_{C02} — начальные напряжения в начале первого и второго этапа работы (обыкновенно число витков ω_1 и ω_2 выбирается равным); $i_\mu = H_c l / \omega_0$ — ток намагничивания; H_c — коэрцитивная сила; l — длина средней линии магнитной индукции.

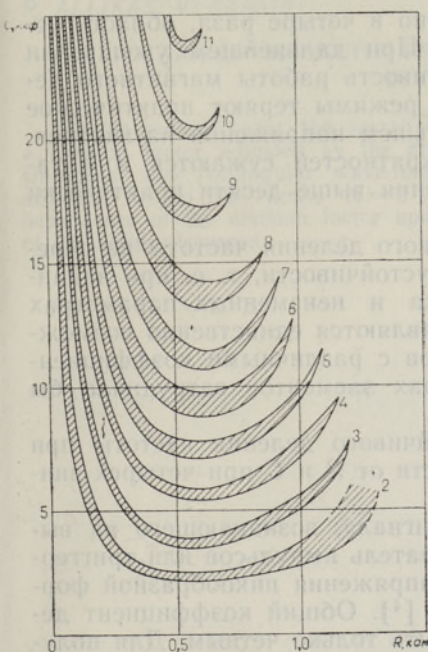


Рис. 3. Области устойчивого деления частоты МДЧ в зависимости от R и C при токе подмагничивания $i_0 = 0$.

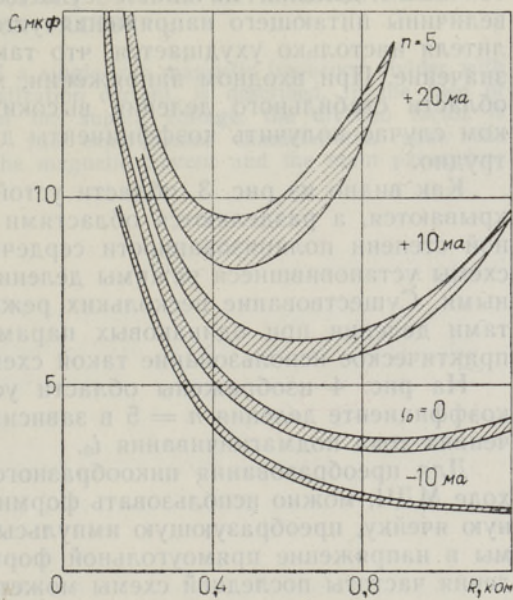


Рис. 4. Области устойчивого деления частоты при разных значениях тока подмагничивания.

Из анализа уравнений (1)—(3) следует, что при неизменных значениях питающего напряжения и параметров отдельных элементов схемы МДЧ коэффициент деления частоты зависит от величины тока подмагничивания i_0 , на чем и основано в данном случае регулирование коэффициента деления частоты. Работа исследуемого МДЧ принципиально не зависит от формы питающего напряжения, но последняя может влиять на устойчивость работы МДЧ (например, при синусоидальном напряжении питания области устойчивого деления частоты сужаются). Теоретический анализ работы МДЧ при учете реальных факторов и формы питающего напряжения, отличающегося от прямоугольного, станет громоздким. В таких случаях рационально использовать математическое или физическое моделирование.

Эксперименты проводились при следующих данных: материал магнитного сердечника — 50 НП-0,05; длина средней линии магнитной индукции $l = 58,1$ мм; поперечное сечение сердечника $S = 12,5$ мм²; частота напряжения питания $f_1 = 400$ гц; число витков $w_0 = 50$, $w_1 = w_2 = 250$ и $e = 6,5$ в (рис. 2 и 3); число витков $w_0 = 50$, $w_1 = w_2 = 350$ и $e = 10$ в (рис. 4).

На рис. 2 показаны типичные экспериментальные характеристики, иллюстрирующие зависимость коэффициента деления частоты n от величины тока подмагничивания i_0 при двух значениях параметров R и C .

На рис. 3 изображены области устойчивого деления частоты различных кратностей в зависимости от R и C при нулевой величине тока подмагничивания. При увеличении величины напряжения питания области устойчивого деления сначала увеличиваются и перемещаются на координатной плоскости RC . Если напряжение питания превышает на-

пряжение насыщения сердечника примерно в четыре раза, области устойчивого деления начинают сужаться. При дальнейшем увеличении величины питающего напряжения устойчивость работы магнитного делителя настолько ухудшается, что такие режимы теряют практическое значение. При входном напряжении, меньшем напряжения насыщения, области стабильного деления высоких кратностей сужаются и в таком случае получить коэффициенты деления выше десяти практически трудно.

Как видно из рис. 3, области устойчивого деления частоты не перекрываются, а разделяются областями неустойчивости, т. е. при заданной степени поляризованности сердечника и неизменных параметрах схемы установившиеся режимы деления являются единственно возможными. Существование нескольких режимов с различными коэффициентами деления при одинаковых параметрах элементов затрудняло бы практическое использование такой схемы.

На рис. 4 изображены области устойчивого деления частоты при коэффициенте деления $n = 5$ в зависимости от R и C при четырех значениях тока подмагничивания i_0 .

Для преобразования пикообразного сигнала, возникающего на выходе МДЧ, можно использовать формирователь импульсов или триггерную ячейку, преобразующую импульсы напряжения пикообразной формы в напряжение прямоугольной формы [4]. Общий коэффициент деления частоты последней схемы может быть только четным. Для получения как четных, так и нечетных коэффициентов деления частоты можно подключить к входу МДЧ удвоитель частоты (например, ферромагнитный). Регулирование коэффициента деления током подмагничивания возможно и в схеме с удвоителем. И в этом случае МДЧ представляет собой регулируемое многоустойчивое устройство. Использование современных магнитных материалов дает возможность составить, например, десятипозиционное устройство с регулируемым коэффициентом деления частоты. Исследуемый МДЧ можно использовать также в качестве датчика преобразующего изменения постоянного тока в частоту следования импульсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Многоустойчивые элементы и их применение, Сб. статей под ред. В. П. Сигорского, М., 1971.
2. Каазик В. Т., Раков М. А., В сб.: Магнитные элементы непрерывного действия, М., 1972.
3. Ну К. С., Ку У. Н., Commun. and Electronics, No. 3 (1957).
4. Бакулин Ю. Д., Каазик В. Т., Раков М. А., Делитель частоты, Авт. свид. № 256399, ОИПОТЗ № 34, 1969.

*Институт термодинамики и электрофизики
Академии наук Эстонской ССР*

Поступила в редакцию
19/II 1974

R. ALLIKAS, V. KAASIK

REGULEERITAV POLARISEERITUD MAGNETSAGEDUSJAGUR

Kirjeldatakse ühesüdamikulist eelmagneetimisvooluga reguleeritavat magnetsagedusjagurit. Praktiliselt saavutatav sagedus täisnurkse ja siinuselise toitepinge korral on $2 \div 16$ korda väiksem toitesagedusest. Artiklis on esitatud sagedusjaguri tööd iseloomustavate sõltuvuste graafikud.

R. ALLIKAS, V. KAASIK

A POLARIZED MAGNETIC FREQUENCY DIVIDER WITH ADJUSTABLE DIVISION FACTOR

In the present paper, the operation of a single-core magnetic frequency divider with a division factor adjusted by the magnetization current, is described. In the case of sinusoidal and rectangular wave-form of the supply voltage, the division factor is adjusted within the limits $N = 2 \div 16$. The experimental characteristics show the dependence of the division factor upon the magnetic current and the main parameters of the circuit discussed.