

УДК 621.316.925

СНИЖЕНИЕ АКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДРОССЕЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ДЕЛИТЕЛЯ ЧАСТОТЫ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ

ТЕНТИЕВ Р.Б.
КГТУ им.И.Раззакова

Рассматриваются возможные пути увеличения контрольного тока с частотой 25 Гц от источника, выполненного на базе электромагнитного параметрического делителя частоты и используемого для защиты от замыканий на землю в электроустановках с компенсацией емкостного тока.

Possible ways of increase in control current with a frequency of 25 Hz from a source executed on the basis of an electromagnetic parametrical divider of frequency and used for protection against short circuits on the earth in electro installations with compensation of capacitor current are considered.

В данной работе рассматривается возможность усовершенствования источника контрольного тока с частотой 25 Гц, используемого для защиты от замыканий на землю в электрических сетях с компенсацией емкостного тока [1].

Основным элементом источника контрольного тока является электромагнитный параметрический делитель частоты. Выполнение источника контрольного тока приемлемых габаритов и стоимости стало возможным благодаря предложению, заключающемуся в том, что конденсатор колебательного контура в известной схеме делителя частоты изменяется цепью из последовательно соединенных линейного дросселя и конденсатора (рис.1).

Параметры конденсатора и дросселя подбираются так, что на частоте 50 Гц имеет место резонанс напряжений, а на частоте 25 Гц результирующее емкостное сопротивление удовлетворяет условиям существования режима деления частоты.

В настоящее время имеется большой опыт изготовления и эксплуатации источников контрольного тока с частотой 25 Гц определенной конструкции и с определенным электромагнитным режимом.

Дроссель применяемый в настоящее время в составе источника контрольного тока, выполнен на трехстержневом магнитопроводе броневого конструкции. В среднем стержне, на котором располагается обмотка, имеется немагнитный зазор. Эскиз магнитопровода дросселя приведен на рис. 2.

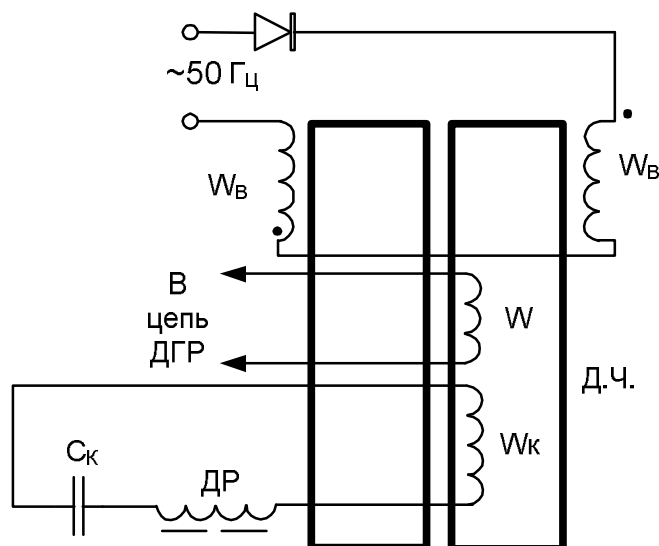
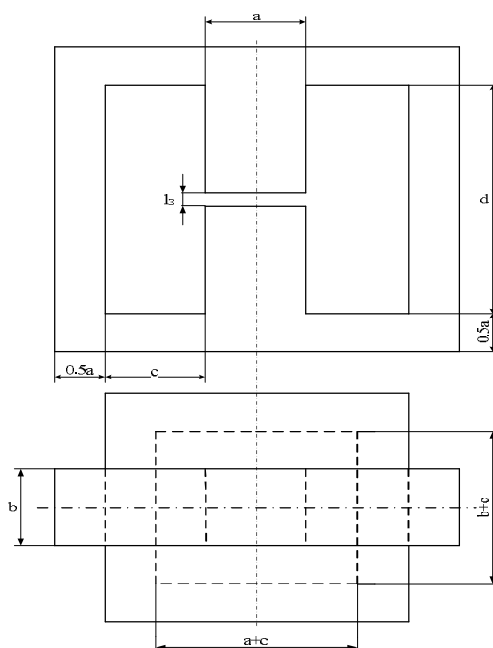


Рис. 1. Схема делителя частоты, в котором конденсатор колебательного контура заменен цепью дроссель – конденсатор.

Исходя из высоких требований к линейности вольтамперной характеристики дросселя, относительная длина немагнитного зазора принимается такой, что в пределах рабочего электромагнитного режима падением магнитного напряжения в стальной части магнитопровода можно пренебречь. Кроме этого, при используемой конструкции магнитопровода магнитное поле в зазоре можно считать плоскопараллельным и принимать площадь в зазоре, равной площади поперечного сечения среднего стержня магнитопровода.



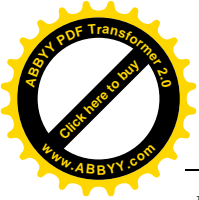


Рис. 2. Эскизный чертеж к исследованию влияния изменения геометрии магнитопровода дросселя на его активное сопротивление

При таких условиях индуктивность дросселя может определяться по формуле:

$$L_{\text{ДР}} = \mu_0 \frac{S_{\text{СТ.ДР}} W_{\text{ДР}}^2}{l_{\text{З.ДР}}}, \quad (1)$$

где μ_0 - магнитная проницаемость вакуума,

$S_{\text{СТ.ДР}}$ - площадь поперечного сечения, среднего стержня магнитопровода дросселя,

$l_{\text{З.ДР}}$ - длина немагнитного зазора,

$W_{\text{ДР}}$ - число витков обмотки дросселя.

Активное сопротивление обмотки дросселя равно

$$R_{\text{ДР}} = \frac{W_{\text{ДР}} l_{\text{ВДР}} \rho}{S_{\text{ПР.ДР}}}, \quad (2)$$

где $l_{\text{ВДР}}$ и $S_{\text{ПР.ДР}}$ - соответственно средняя длина витка обмотки дросселя и площадь поперечного сечения провода дросселя.

Площадь поперечного сечения провода обмотки дросселя из условия заполнения окна магнитопровода

$$S_{\text{ПР.ДР}} = \frac{S_{\text{О.ДР}} K_{\text{З.ДР}}}{W_{\text{ДР}}}, \quad (3)$$

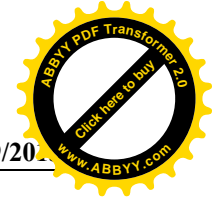
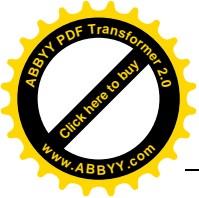
где $S_{\text{О.ДР}}$ - площадь окна магнитопровода дросселя,

$K_{\text{З.ДР}}$ - коэффициент заполнения окна медью.

Выражая число витков из (1) и используя (2), получим

$$R_{\text{ДР}} = \frac{L_{\text{ДР}} l_{\text{З.ДР}} l_{\text{В.ДР}} \rho}{\mu_0 S_{\text{СТ.ДР}} S_{\text{О.ДР}} K_{\text{З.ДР}}}. \quad (4)$$

Величины $L_{\text{ДР}}$, $l_{\text{З.ДР}}$, $K_{\text{З.ДР}}$, μ_0 и ρ считаем неизменными. Поэтому далее будем рассматривать влияние на $R_{\text{ДР}}$ только изменения величин $S_{\text{СТ.ДР}}$, $S_{\text{О.ДР}}$ и $l_{\text{В.ДР}}$. Можно заранее предположить, что изменение геометрических размеров магнитопровода, при котором будет уменьшаться активное сопротивление дросселя, приведет к увеличению расхода стали и меди. Поэтому рассматриваемые варианты снижения сопротивления будем оценивать по степени увеличения расхода стали и меди.



По эскизу магнитопровода, приведенному на рис. 2, объем стали равен:

$$V_{CT} = 2[av(d + a)] + 2vca . \quad (5)$$

Объем меди

$$V_M = W_{ДР} l_{В.ДР} S_{ПР.ДР} . \quad (6)$$

Выразив $W_{ДР}$ из (3), получим

$$V_M = l_{В.ДР} S_{О.ДР} K_{З.ДР} . \quad (7)$$

Далее выразим $S_{СТ.ДР}$, $S_{О.ДР}$ и $l_{В.ДР}$ через соотношение размеров магнитопровода:

$$\begin{aligned} S_{СТ.ДР} &= a \times v, \\ l_{В.ДР} &= 2(a + v + 2c), \\ S_{О.ДР} &= c \times d. \end{aligned} \quad (8)$$

Будем оценивать только относительное изменение активного сопротивления дросселя, объема меди и стали, поэтому для размеров магнитопровода примем относительные единицы при $a = 1$. В исходной конструкции дросселя при этом $v_o = 1$; $c_o = 1,25$; $d_o = 3$.

С учетом (8)

$$\begin{aligned} R_{ДР} &= \frac{L_{ДР} l_{З.ДР} \rho}{\mu_o K_{З.ДР}} \frac{2(1 + v + 2c)}{vcd}, \\ V_{CT} &= 2[v(d + 1)] + 2vc, \\ V_M &= K_{З.ДР} 2(1 + v + 2c)cd . \end{aligned}$$

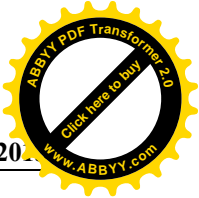
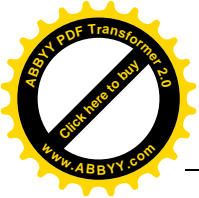
Так как переменными в этих выражениях являются только размеры магнитопровода, то сравнению будут подлежать коэффициенты, характеризующие относительное изменение соответственно активного сопротивления дросселя, объема стали и меди

$$K_R = \frac{2(1 + v + 2c)}{(vcd)K_{Ro}}, \quad (9)$$

$$K_{CT} = \frac{2[v(d + 1)] + 2vc}{K_{CTo}}, \quad (10)$$

$$K_M = \frac{2(1 + v + 2c)cd}{K_{Mo}}, \quad (11)$$

где K_{Ro} , K_{CTo} , K_{Mo} - значение коэффициентов при исходных размерах магнитопровода дросселя.



Далее рассмотрим следующие варианты изменения размеров магнитопровода дросселя, при которых снижается его активное сопротивление.

Вариант 1. Увеличение площади поперечного сечения магнитопровода за счет увеличения набора стали – размера «b».

Вариант 2. Увеличение площади окна магнитопровода за счет увеличения размера «C».

Вариант 3. Увеличение площади окна магнитопровода за счет увеличения размера «d»

Вариант 4. Увеличение высоты магнитопровода «d» с одновременным уменьшением размера «C» из условия сохранения неизменной площади окна:

$$c = \frac{c_0 d_0}{d}$$

Таблица 1

№ варианта	K_R	K_{CT}	K_M
1	0,64	2	1,23
2	0,71	1,2	3,18
3	0,53	1,59	2
4	0,73	1,43	0,73

Графики изменения коэффициентов K_R , K_{CT} и K_M для всех четырех вариантов показаны на рис. 3 а, б, в, г, а в таблице 1 сопоставлены кратности их изменения при увеличении соответствующего размера магнитопровода в два раза по отношению к исходному.

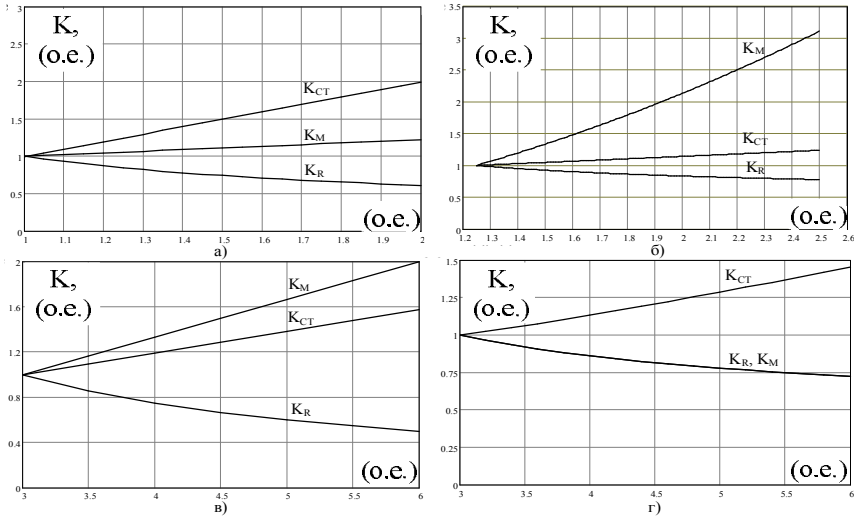
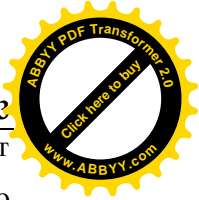
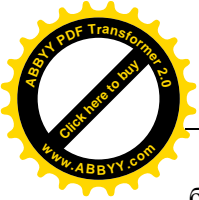


Рис. 3 Зависимость относительного изменения активного сопротивления дросселя, объема стали и объема меди при изменении размеров магнитопровода дросселя: а – вариант 1; б – вариант 2; в – вариант 3; г – вариант 4.



Из всех вариантов изменения геометрии магнитопровода дросселя приемлемым может быть признан лишь один вариант (г), так как при снижении активного сопротивления примерно на 30% объем стали увеличивается только в 1,43 раза, а объем меди даже снижается на 27 %.

Вывод. Для уменьшения активного сопротивления дросселя, как одной из мер для увеличения контрольного тока, может быть приемлемым увеличение высоты магнитопровода с сохранением неизменной площади окна, занимаемого обмоткой.

Литература

1. Вайнштейн Р.А., Коломиец Н.В., Юдин С.М. Источник контрольного тока для обеспечения работы защиты от замыканий на землю и контроля настройки дугогасящих реакторов в электроустановках 6-35 кВ. Томск: 2003 65 с.

Патент РФ №2268524. Устройство для защиты от замыканий в сетях с компенсацией емкостного тока / Р.А. Вайнштейн, В.В. Шестакова, Юдин С.М. Приор. 17.08.2004; Опубл. 20.01.2006, Бюл. №02.