

Э. Л. ОГАНЕСЯН

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ДРОССЕЛЕЙ НАСЫЩЕНИЯ (ДН) С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ И АМПЛИСТАТОВ

1. Характеристики ДН с обратной связью

В [1] приводится следующее выражение коэффициента усиления ДН с последовательно соединенными обмотками (рис. 1, а):

$$K_{ав, ДН} = \frac{I_p \omega_p + I_p'' \omega_p}{I_y \omega_y + I_y'' \omega_y} \quad (1)$$

где $I_p \omega_p$ и $I_y \omega_y$ — ампервитки возбуждения в рабочей цепи и в цепи управления, являющиеся функциями магнитного потока и характеристики сердечника;

$I_p'' \omega_p$ — ампервитки насыщения в рабочей обмотке ДН соответствуют ампервиткам насыщения ДН с идеальной характеристикой сердечника;

$I_y'' \omega_y = I_p'' \omega_p$ — ампервитки насыщения, трансформируемые в обмотку управления, соответствуют ампервиткам трансформации и цепи управления ДН с идеальной характеристикой сердечника.

Так как в [1] исходили из уравнения магнитных потоков, а уравнения магнитных потоков аналогичны для всех ДН с четными гармониками тока независимо от наличия обратной связи и формы петли гистерезиса, кроме того, что импеданс ненасыщенного ДН должен быть высоким, а насыщенного низким относительно сопротивления нагрузки [2], то коэффициент усиления по ампервиткам для ДН при наличии обратной связи (рис. 2а) будет

$$K_{ав} = \frac{K_{ав, ДН}}{1 - h_0 K_{ав, ДН}} \quad (2)$$

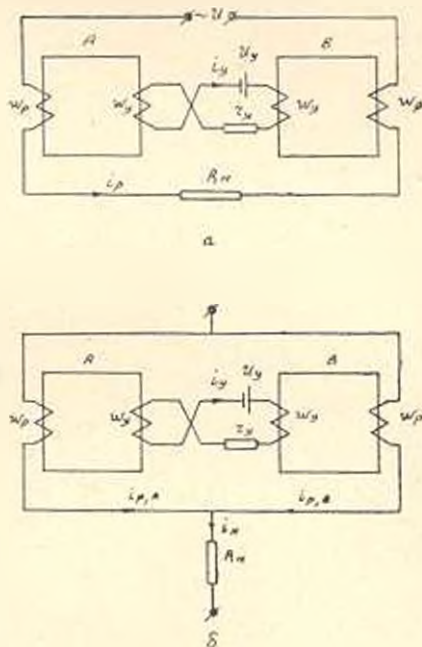


Рис. 1. Схема ДН без обратной связи: а — с последовательно соединенными рабочими обмотками, б — с параллельно соединенными рабочими обмотками.

Очевидно, это выражение верно также и для ДН с обратной связью с параллельно соединенными рабочими обмотками (рис. 2б).

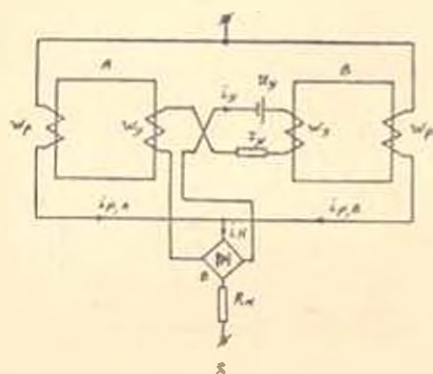
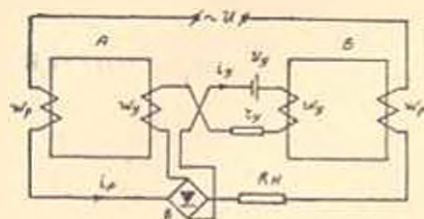


Рис. 2. Схема ДН с обратной связью: а — с последовательно соединенными рабочими обмотками, б — с параллельно соединенными рабочими обмотками.

Аналогично [1] из уравнений магнитных цепей дросселей А и В ДН с параллельно соединенными рабочими обмотками (рис. 1б):

$$i_y \omega_y = \frac{1}{2} (-i_{p, A} \omega_p + i_{p, B} \omega_p + i_{p, A} \omega_p + i_{p, B} \omega_p); \quad (3)$$

$$i_p \omega_p = i_{p, A} \omega_p - i_{p, B} \omega_p. \quad (4)$$

Докажем, что при равенстве активных сопротивлений в рабочих цепях ($R_{p, A} = R_{p, B}$) токи в рабочих цепях равны, т. е.

$$i_{p, A} \omega_p = i_{p, B} \omega_p \quad (5)$$

и что это справедливо и для интервала возбуждения, и для интервала насыщения. Обозначим напряжение на нагрузке

$$u = (i_{p, A} - i_{p, B}) R_H.$$

Тогда получим

$$i_{p, A} = \frac{u - u_H - \frac{\omega_p}{10^8} \cdot \frac{d\Phi_A}{dt}}{R_{p, A}}; \quad (6)$$

$$i_{p, B} = \frac{u - u_H + \frac{\omega_p}{10^8} \cdot \frac{d\Phi_B}{dt}}{R_{p, B}}. \quad (7)$$

Согласно [2] $\frac{d\Phi_A}{dt} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ для всех ДН с четными гармониками тока. Следовательно, при равенстве сопротивлений $R_{p, A} = R_{p, B}$ токи в ветвях А и В также равны, т. е.

$$i_{p, A} = i_{p, B} = i_y = \frac{1}{2} i_H. \quad (8)$$

Тогда вместо уравнений (3) и (4) можем написать:

$$i_y \omega_y = \frac{i_{p, A} \omega_p + i_{p, B} \omega_p}{2}; \quad (9)$$

$$i_p \omega_p = \frac{i_{p, A} \omega_p - i_{p, B} \omega_p}{2}. \quad (10)$$

Таким образом, получили выражения ампервитков в цепи уравнения и в рабочих обмотках аналогичные уравнениям ампервитков ДН с

последовательно соединенными рабочими обмотками [1]. Для ДН с параллельно соединенными рабочими обмотками, получим [1]:

$$K_{\Delta \Psi, ДН} = \frac{I_H \omega_p}{I_y \omega_y} = 2 \frac{I_p \omega_p + I_p'' \omega_p}{I_y \omega_y + I_y'' \omega_y}. \quad (11)$$

Ампервитки насыщения тока нагрузки

$$I_H'' \omega_p = I_{p, A}'' \omega_p + I_{p, B}'' \omega_p. \quad (12)$$

Так как при $R_y \gg R_p$ говорить определенно о трансформации ампервитков насыщения в обмотку управления нельзя, то вместо ампервитков трансформации $I_y'' \omega_y$ обозначим ампервитки в обмотке управления, соответствующие ампервиткам в обмотке управления ДН с идеальным сердечником через $I_y'' \omega_y$. Среднее значение ампервитков насыщения будет

$$I_H'' \omega_p = 2 I_y'' \omega_y = \frac{\omega_p U}{R_{\text{бмх}}} \cdot \frac{1 + \cos \alpha}{2}. \quad (13)$$

Тогда коэффициент усиления по ампервиткам ДН с параллельно соединенными рабочими обмотками без обратной связи в общем случае при различных R_y запишется в виде:

$$K_{\Delta \Psi, ДН} = \frac{2 I_p \omega_p + I_H'' \omega_p}{I_y \omega_y + I_y'' \omega_y}. \quad (14)$$

2. Расчет характеристики амплистата

Рассмотрим амплистат переменного тока (рис. 3). Так как во втором полупериоде для дросселя B повторяется процесс, имевший место для дросселя A в первом полупериоде, то достаточно рассмотреть амплистат в одном из полупериодов, скажем, когда насыщается дроссель A . Тогда величина рабочего тока через дроссель B будет равна

$$I_{p, B} = I_{ob}, \quad (15)$$

где I_{ob} — обратный ток через выпрямитель. Уравнения (3), (4) для амплистата также верны, тогда учитывая (15), получим

$$I_y \omega_y = \frac{1}{2} (-I_{p, A} \omega_p + I_{ob} \omega_p + I_{y, A} \omega_p + I_{y, B} \omega_p); \quad (16)$$

$$I_H \omega_p = I_{p, A} \omega_p - I_{p, B} \omega_p. \quad (17)$$

Ампервитки в рабочей цепи дросселя A равны

$$I_{p, A} \omega_p = I_H \omega_p - I_{ob} \omega_p. \quad (18)$$

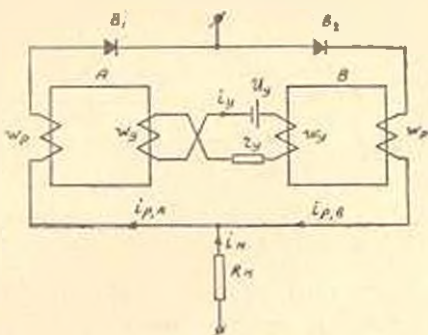


Рис. 3. Схема амплистата.

Решая совместно уравнения (16), (17) и (18), получим

$$I_{\delta} \omega_p = I_{a, B} \omega_p + I_{a, b} \omega_p. \quad (19)$$

Коэффициент усиления амплитата по ампервиткам будет равен

$$K_{AW} = \frac{I_{II} \omega_p + I_{II}^0 \omega_p}{I_{a, B} \omega_p + I_{a, b} \omega_p}. \quad (20)$$

В амплистатах из-за выпрямляющего действия вентиля имеет место самонасыщение, эквивалентное случаю наличия подмагничивания постоянным током. Можем полностью размагнитить усилитель ампервитками смещения, которые не влияют на крутизну характеристики амплитата [3]. Предполагая, что амплитат размагничен ампервитками смещения и не имеет место самонасыщение (рис. 4), определим ам-

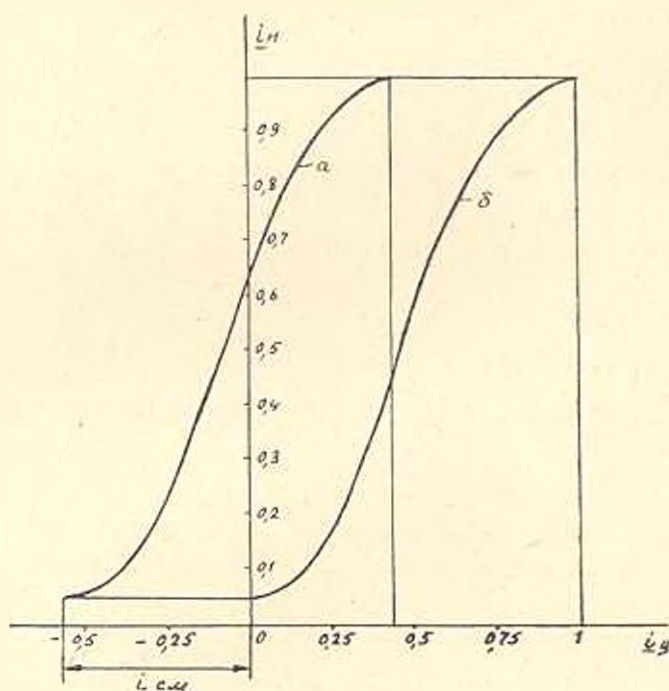


Рис. 4. Характеристики амплитатов: *a* — при самонасыщении, *б* — при размагничении ампервитками смещения.

первитки в рабочей обмотке и обмотке управления в функции от угла насыщения α . Учтя уравнение (10) и (17), получим ампервитки возбуждения в рабочей цепи

$$I_{II} \omega_p = 2I_p \omega_p. \quad (21)$$

Выразим ампервитки возбуждения дросселя *B* через магнитный поток и магнитную проводимость

$$I_{p, B} \omega_p = \frac{\Phi_B}{0,4\pi (I_{m, B})}. \quad (22)$$

Согласно [2], поток в сердечнике дросселя *B* в течение интервала возбуждения равен

$$\Phi_B = \frac{1}{4f} \cdot \frac{10^8}{w_p} \left(\frac{U_c^2}{2} - U \frac{1 - \cos \omega t}{2} \right) \quad (23)$$

и постоянен в течение интервала насыщения, т. е. $\omega t = \pi$ (рис. 5). Или ампервитки возбуждения дросселя B в течение интервала возбуждения равны

$$i_{\mu, B} w_p = \frac{\pi w_p U}{2\omega L} \left(\frac{1}{x} - 1 + \cos \omega t \right) \quad (24)$$

и постоянны в течение интервала насыщения. Постоянная составляющая тока возбуждения

$$i_{\mu, B} w_p = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{w_p U}{\omega L} \left| \frac{2}{x} - 2 + \frac{2 \sin \alpha + 2(\pi - \alpha) \cos \alpha}{\pi} \right| \quad (25)$$

Обратный ток через вентиль трансформируется в цепь управления аналогично токам насыщения в ДН. Для амплистатов без сопротивления утечки, шунтирующих вентили, обратными токами можно пренебречь. Если полностью намагнитить амплистат ампернитками управления, увеличением тока утечки можно управлять выходом амплистата в сторону уменьшения тока нагрузки. Это аналогично регулированию коэффициента усиления. Уравнение (20) дает возможность получить характеристику амплистата при управлении и токами утечки.

Кроме токов утечки на характеристику амплистата влияют выпрямители в цепи управления смещения и обратной связи, постоянная составляющая от которых или намагничивает, или размагничивает сердечники. Данный метод предполагает отсутствие подмагничивающих контуров, содержащих вентили, кроме вентиля в рабочей цепи. При необходимости иметь такие контуры нужно учесть их влияние

на характеристику амплистата. При аналитическом методе расчета достаточно выразить аналитически характеристику кривой намагничивания (обе ветви) одним из указанных в [4] способов и учесть преобразование координат [1]. Графоаналитический способ определения ампервитков возбуждения и насыщения в рабочей цепи и цепи управ-

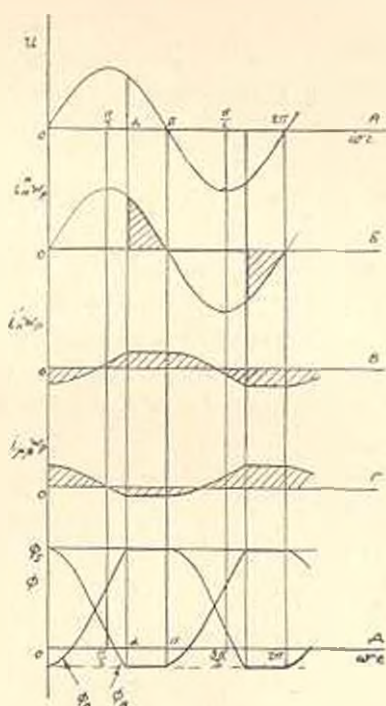


Рис. 5. Кривые: A — напряжения сети, B — ампервитков насыщения в рабочих цепях, B' — ампервитков возбуждения в рабочих цепях, D — потоков в сердечниках дросселей A и B .

ления изложен в [1], только для вычисления по кривой намагничивания ампервитков возбуждения в цепи управления амплистата вместо $U\left(\frac{2}{x} - 1 + \cos \alpha\right)$ нужно по оси $U(\phi)$ откладывать

$$U\left[\frac{2}{x} - 2 + \frac{2 \sin \alpha + 2(\pi - \alpha) \cos \alpha}{\pi}\right].$$

Величина самонасыщения амплистата и необходимого смещения определяется экспериментально, так как известный нам метод, использующий динамическую петлю гистерезиса, не точен и требует трудоемких вычислений.

ИРФЭ АН АрмССР

Поступило 22.IV.1966

Է. Լ. ՕԳԱՆԵՍՅԱՆ

ՀԵՏԱԿԱՐԶ ԿԱՊ ՈՒՆԵՑՈՂ ՀԱԴԵՑՄԱՆ ԳՐՈՍԵՆՆԵՐԻ ԵՎ ԱՄՊԼԻՍՏԱՏՆԵՐԻ
ԲՆՈՒԹԱԳԻՐ ՀԱՇՎԱՐԿԻ ՄԵԹՈԴ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Վ

Տվյալ աշխատանքում արվում է հետադարձ կապ ունեցող հազեցման գրոսեյների և ամպլիխատանների բնութագրի հաշվարկի մեթոդ: Մեթոդը հիմնվում է գրգռման և հազեցման ամպերդայալների որոշման վրա: Ամպերդալարները որոշվում են միջուկի մագնիսային կտորգծային ապրոկսիմացիոն բնութագրի հիման վրա: Ստացված են հետադարձ կապով հազեցման գրոսեյների և ամպլիխատանների բնութագրերի անալիտիկ արտահայտություններ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Оганесян Э. Л. Расчет характеристики дросселя насыщения. Известия АН АрмССР, № 2, 1966.
2. Сторм Г. Ф. Магнитные усилители. М., 1957.
3. Аттура Г. М. Магнитные усилители. М., 1963.
4. Бессонов Л. А. Электрические цепи со сталью, Госэнергоиздат, 1948.