

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

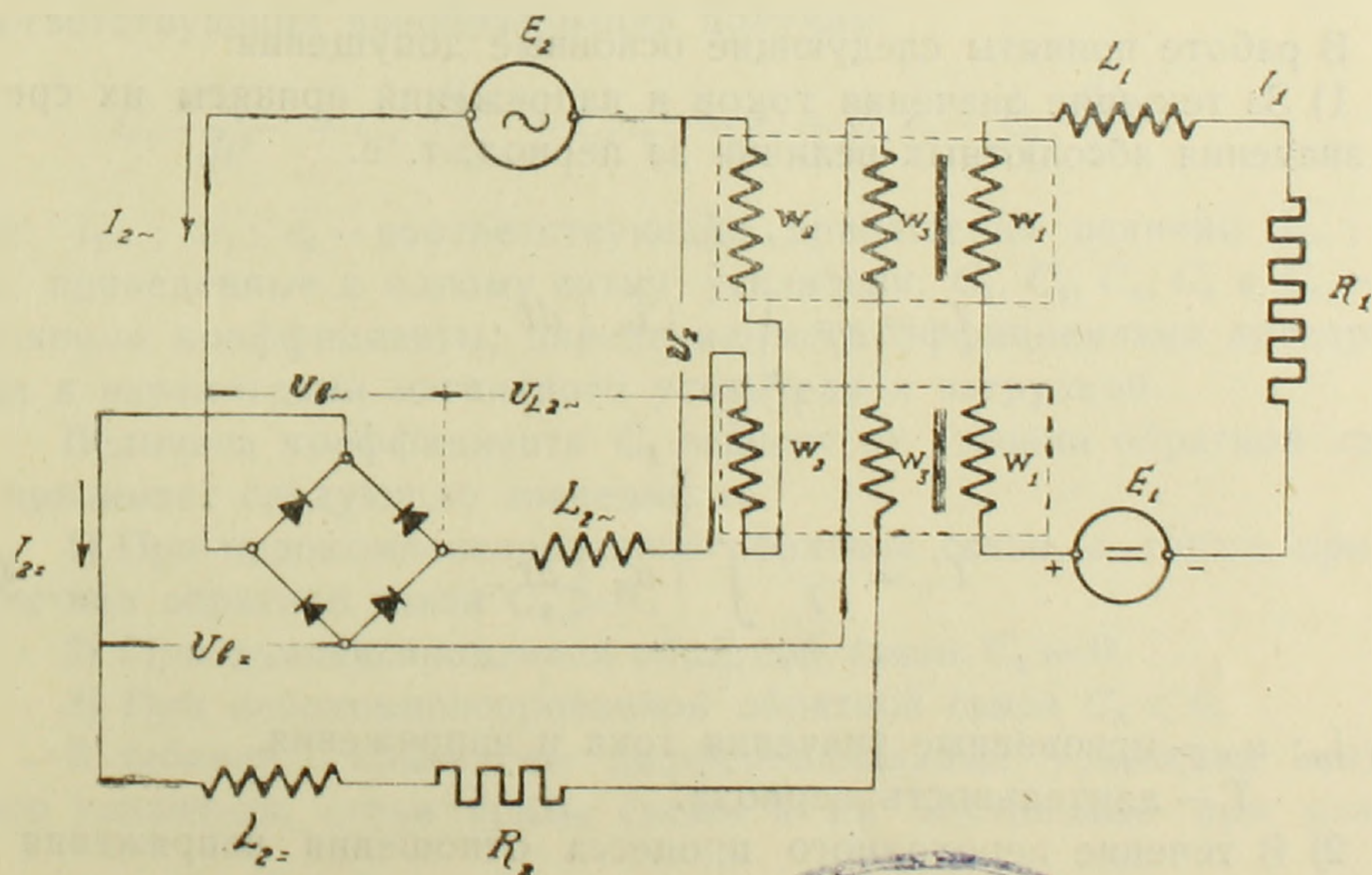
Л. А. Григорян

Переходные процессы в магнитных усилителях, применяемых
в схемах регулирования

(Представлено А. Г. Иосифьяном 12 II 1952)

В современной практике анализ переходных процессов в регуляторах, содержащих магнитные усилители, работающие на индуктивную нагрузку, включенную за выпрямителем, сталкивается с серьезными затруднениями. Одной из причин этих затруднений является то обстоятельство, что до сего времени фактически не было установлено, какими структурными схемами можно представить указанный магнитный усилитель при малых колебаниях возмущающей силы (1, 2, 3, 4, 5).

Ниже предлагается метод определения видов и параметров структурных схем магнитных усилителей с обратной связью, для наиболее общего случая, когда имеется индуктивность в цепи управления и в рабочей цепи, как со стороны переменного тока, так и со стороны выпрямленного тока выпрямителя (фиг. 1).



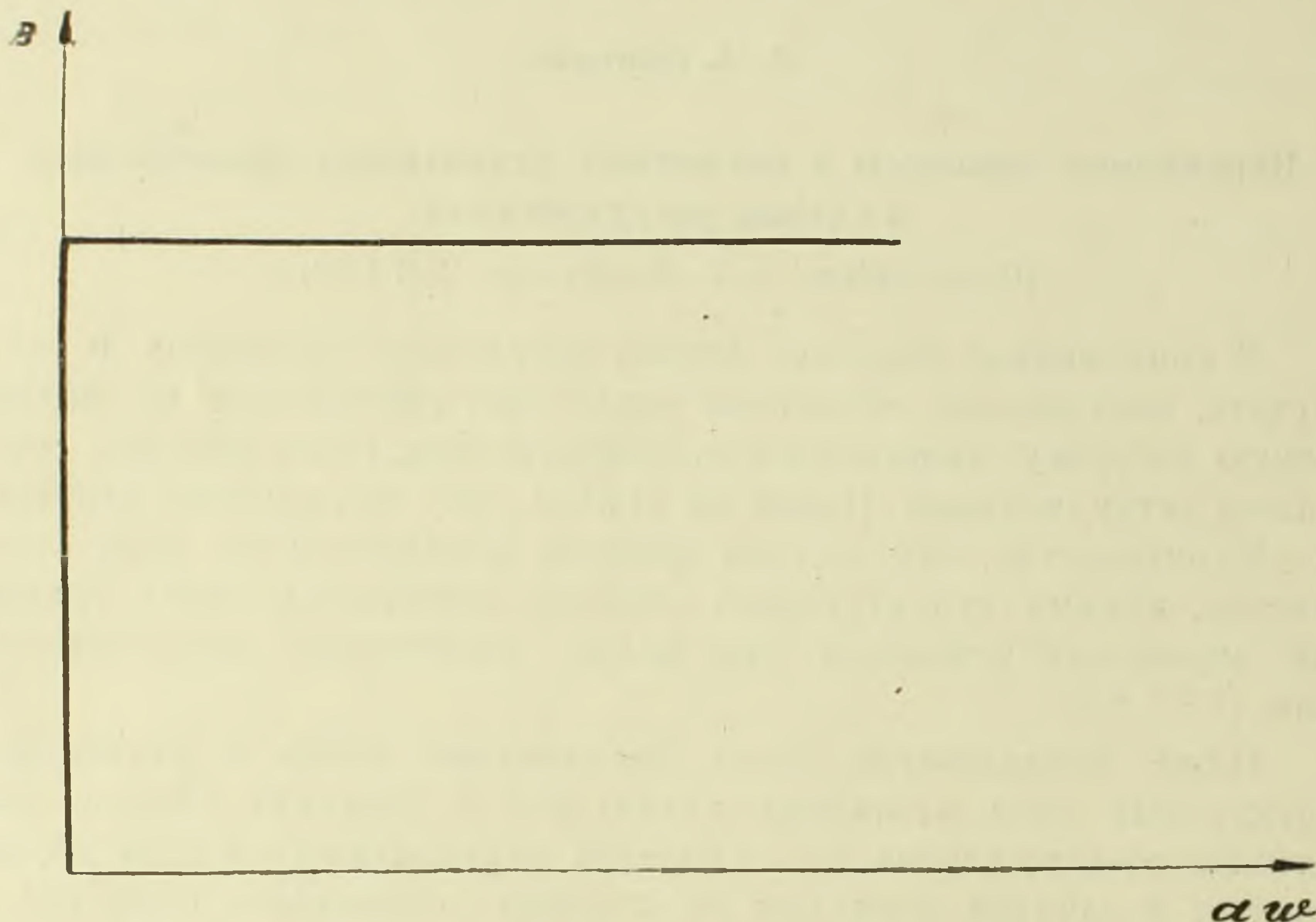
Фиг. 1

В основу метода положено исследование переходных процессов при малых колебаниях возмущающей силы, что дает возможность линеаризовать все нелинейные уравнения системы.

Коэффициенты линеаризации магнитного усилителя определены двояко:

1) Для реального магнитопровода—на основании соответствующих экспериментально снятых кривых, для данного магнитного материала.

2) Для идеального магнитопровода (фиг. 2)—аналитическим путем.



Фиг. 2.

В работе приняты следующие основные допущения:

1) За текущие значения токов и напряжений приняты их средние значения абсолютных величин за период, т. е.

$$I_t = \frac{1}{T} \int_{t-\frac{T}{2}}^{t+\frac{T}{2}} |i_m| dt,$$

$$U_t = \frac{1}{T} \int_{t-\frac{T}{2}}^{t+\frac{T}{2}} |u_m| dt, \quad (2)$$

где: i_m ; u_m — мгновенные значения тока и напряжения.

T — длительность периода.

2) В течение переходного процесса отношения напряжения и

тока на стороне выпрямленного тока выпрямителя к напряжению и току на стороне переменного тока приняты постоянными.

3) Пренебрежено переходными процессами, имеющими место в индуктивности цепи переменного тока, считая, что среднее значение тока без запаздывания воспроизводит изменение среднего значения напряжения.

Дифференциальное уравнение цепи управления усилителя можно представить в следующем виде:

$$I_1 R_1 + L_1 \frac{dI_1}{dt} + \frac{d\psi_{1cp}}{dt} \cdot 10^{-8} = E_1, \quad (3)$$

где: $\psi_{1cp} = f(U_{2\sim}; AW_-)$ — есть среднее значение суммарного потокоцепления обмоток управления магнитного усилителя.

$$AW_- = I_1 W_1 + I_2 W_3.$$

Остальные обозначения ясны из фиг. 1.

Напряжение на входе рабочей цепи связано с напряжениями на обмотках переменного тока усилителя и на нагрузках нелинейным уравнением. После линеаризации этого уравнения получим:

$$K_8 E_2 = A_5 + U_2 + K_9 U_{L2\sim} + K_{10} U_{b\sim}, \quad (4)$$

где: $U_2 = f(AW_{\sim}, AW_-)$

$$U_{b\sim} = a_3 \left(I_{2=} R_1 + \frac{dI_{2=}}{dt} L_{2=} \right)$$

$$a_3 = \frac{U_{b\sim}}{U_{b=}},$$

$$AW_{\sim} = I_{2\sim} W_2.$$

В результате совместного решения уравнений (3), (4) и после соответствующих преобразований получим:

$$C_1 \frac{d^2 i_{2=}}{dt^2} + C_2 \frac{d i_{2=}}{dt} + C_3 i_{2=} = e_1 + C_4 e_2 + C_5 \frac{d e_2}{dt}, \quad (5)$$

где: $i_{2=}$; e_1 ; e_2 — соответствующие приращения величин $I_{2=}$; E_1 ; E_2 , приведенные к одному витку усилителя. C_1 , C_2 , C_3 , C_4 и C_5 — постоянные коэффициенты, определяемые коэффициентами линеаризации и параметрами магнитного усилителя и нагрузкой.

Величина коэффициента C_3 зависит от степени обратной связи и принимает следующие значения.

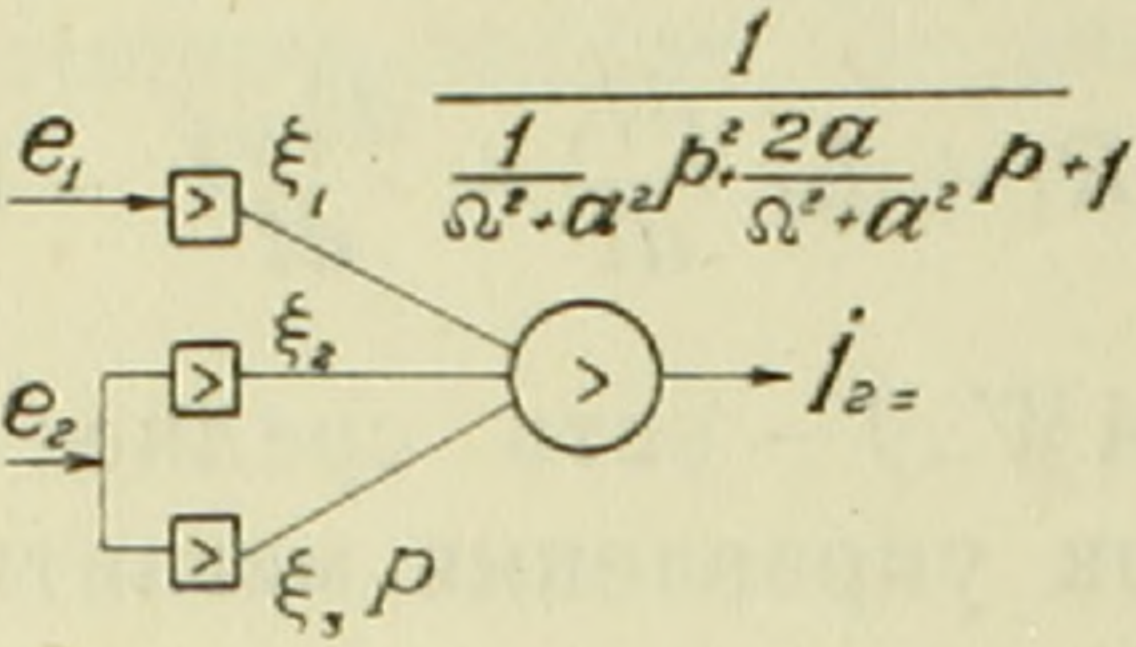
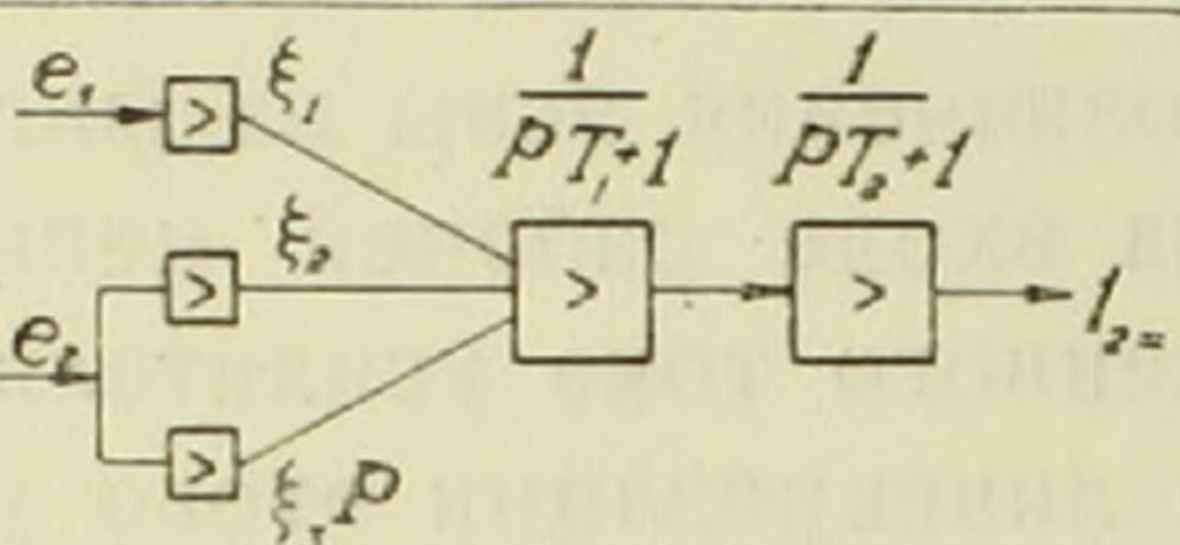
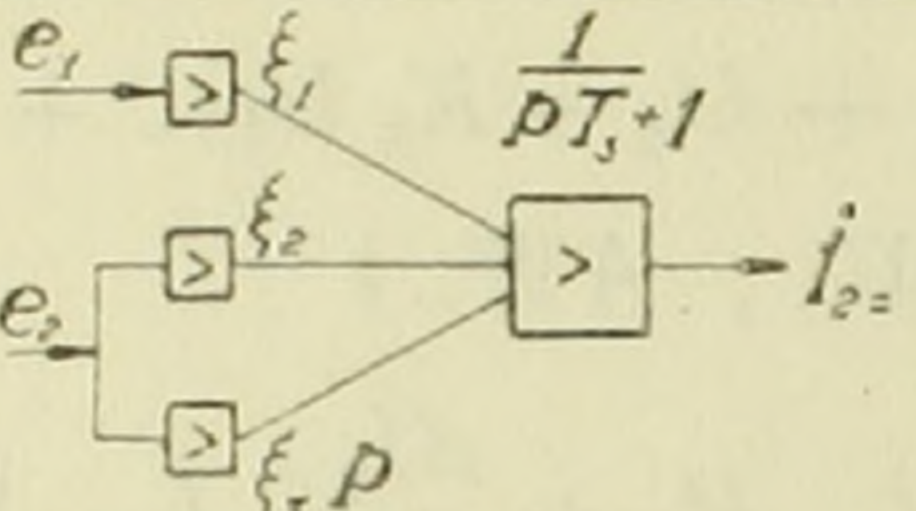
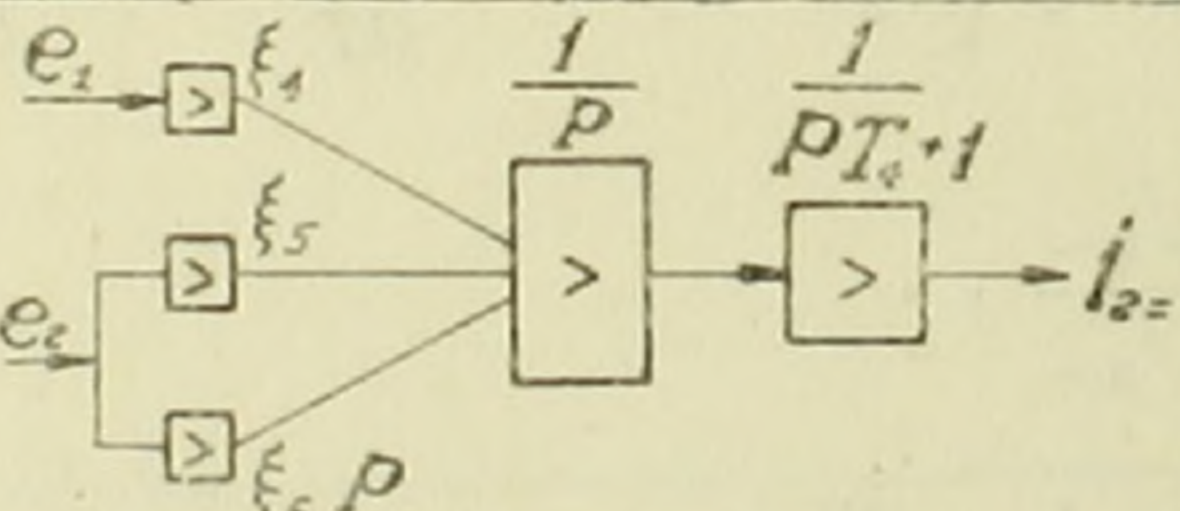
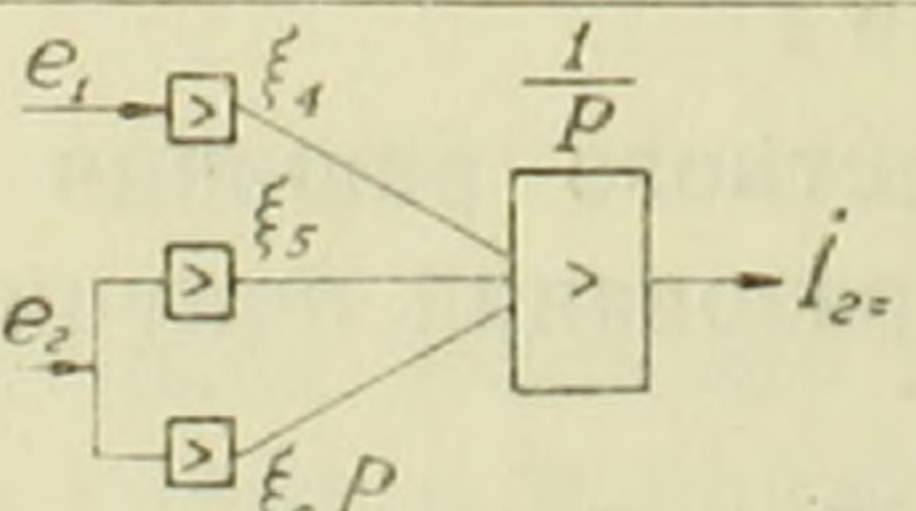
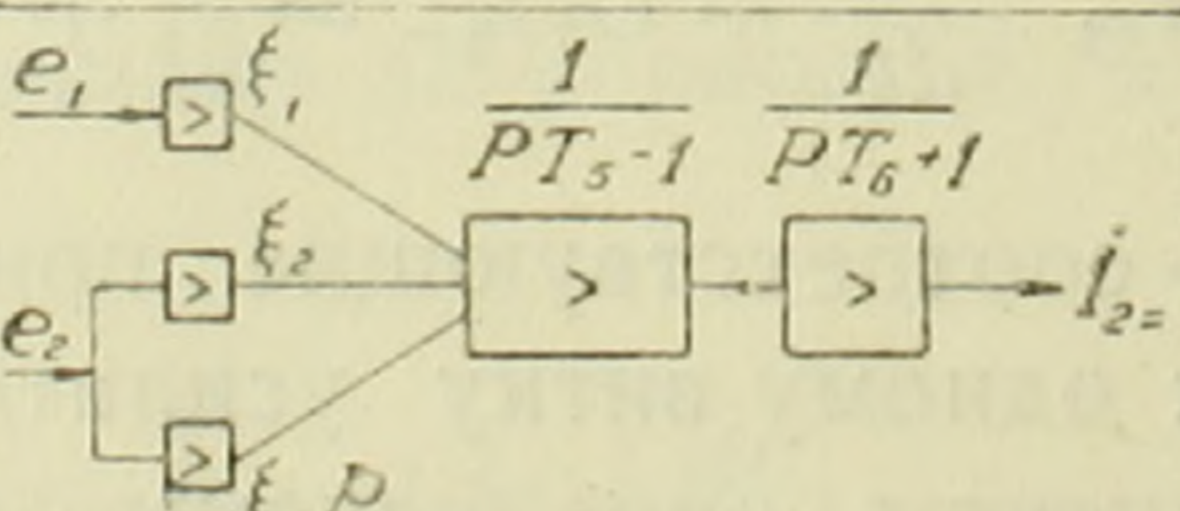
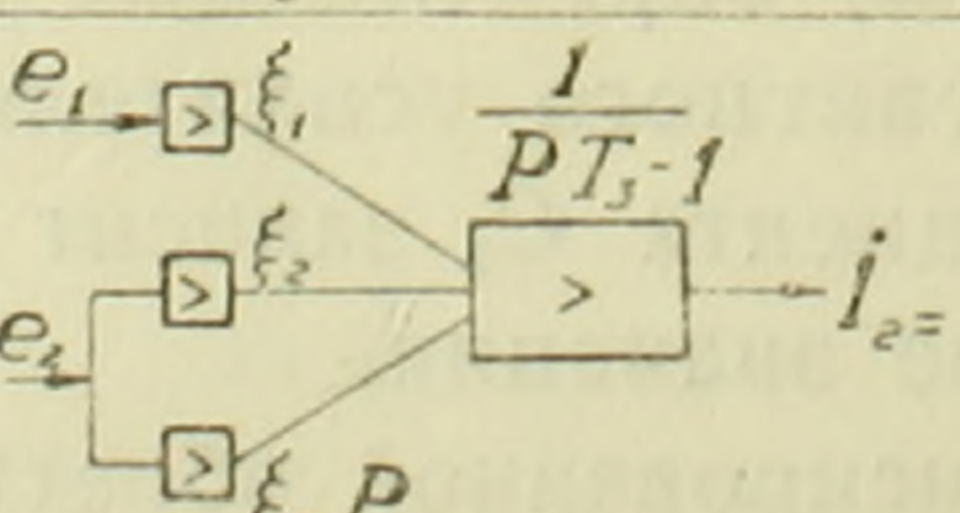
1) При недокомпенсированной обратной связи, а также при отсутствии обратной связи $C_3 > 0$.

2) При компенсированной обратной связи $C_3 = 0$.

3) При перекомпенсированной обратной связи $C_3 < 0$.

В таблице I приведены дифференциальные уравнения магнитного усилителя, структурные схемы и их постоянные при разных

Таблица 1

№ п.п.	C_3	T_n	$\frac{C_2}{4C_3}$	Дифференциальные уравнения системы в операторной форме.	Структурные схемы магнитного усилителя	Значения постоянных структурной схемы при идеальном магнитопроводе $L_2 \sim 0$, $L_1 = 0$ и при естественном намагничивании
1	>0	>0	>1	$\left(\frac{1}{\Omega^2 + \alpha^2} p^2 + \frac{2\alpha}{\Omega^2 + \alpha^2} p + 1\right) \dot{i}_2 =$ $= \xi_1 e_1 + \xi_2 e_2 + \xi_3 p e_2$		$\Omega = \frac{1}{2T_n} \sqrt{\frac{16fT_n R'_1 (1 - \alpha_2 \gamma)}{R'_2}}$ $\alpha = -\frac{1}{2T_n}$ $\xi_1 = \frac{1}{R'_1 (1 - \alpha_2 \gamma)}; \xi_2 = 0; \xi_3 = \frac{1}{4fR'_1 (1 - \alpha_2 \gamma)}$
2	>0	>0	<1	$(pT_1 + 1)(pT_2 + 1) \dot{i}_2 =$ $= \xi_1 e_1 + \xi_2 e_2 + \xi_3 p e_2$		$T_{1,2} = \frac{2T_n}{1 \pm \sqrt{1 - \frac{16fT_n R'_1 (1 - \alpha_2 \gamma)}{R'_2}}}$
3	>0	0	<1	$(pT_3 + 1) \dot{i}_2 =$ $= \xi_1 e_1 + \xi_2 e_2 + \xi_3 p e_2$		$T_3 = \frac{R'_2}{4fR'_1 (1 - \alpha_2 \gamma)}$
4	0	>0		$p(pT_4 + 1) \dot{i}_2 =$ $= \xi_4 e_1 + \xi_5 e_2 + \xi_6 p e_2$		$T_4 = T_n$ $\xi_4 = \frac{4f}{R'_2}; \xi_5 = 0; \xi_6 = \frac{1}{R'_2}$
5	0	0		$p \dot{i}_2 = \xi_4 e_1 + \xi_5 e_2 + \xi_6 p e_2$		
6	<0	>0		$(pT_5 - 1)(pT_6 + 1) \dot{i}_2 =$ $= \xi_1 e_1 + \xi_2 e_2 + \xi_3 p e_1$		$T_{5,6} = \frac{2T_n}{\sqrt{1 - \frac{16fT_n R'_1 (1 - \alpha_2 \gamma)}{R'_2}} + 1}$
7	<0	0		$(pT_7 - 1) \dot{i}_2 =$ $= \xi_1 e_1 + \xi_2 e_2 + \xi_3 p e_2$		

Примечания: 1 Штрихами обозначены величины, приведенные к одному витку

2 f - частота переменного тока

3 $T_n = \frac{L_{20}}{R_2}$

5 $\alpha_2 = \frac{I_{20}}{I_{2\sim}}$

4 $\gamma = \frac{W_2}{W_1}$

соотношениях коэффициентов дифференциального уравнения и характера нагрузки.

Как видно из таблицы, в зависимости от параметров магнитного усилителя и нагрузки структурная схема системы может принимать семь различных видов.

Все полученные результаты находятся в полном соответствии с основными физическими процессами, имеющими место в магнитных усилителях.

Экспериментальная проверка основных положений подтверждает правильность полученных результатов.

В заключение считаю своим приятным долгом выразить благодарность действ. члену АН Арм. ССР А. Г. Иосифьяну и инж. Е. А. Мееровичу за ряд ценных указаний при выполнении настоящей работы.

Լ. Ա. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

**Կարգավորման սխեմաներում օգտագործվող մագնիսական
ուժեղացույցների անցողիկ պրոցեսները**

Առաջարկվում է մագնիսական ուժեղացույցների ստրուկտուրային սխեմաների որոշման մեթոդը:

Ուսումնասիրվող մագնիսական ուժեղացույցի սխեման բերված է № 1 դժադրում:

Մեթոդի հիմքում դրված է անցողիկ պրոցեսների ուսումնասիրությունը զրգոող ուժի փոքր տատանումների ժամանակ, որը հնարավորություն է տալիս սխեմայի բոլոր ոչ-զժային հավասարումները դարձնել զժային:

Աշխատության արդյունքում ստացվել է, որ կախված մագնիսական ուժեղացույցի և նրա ծանրաբեռնվածության տվյալների սխեմայի ստրուկտուրային սխեման կարող է ընդունել յոթ տարբեր ձևեր:

Վերջնական հիմնական արդյունքը բերված է № 1 աղյուսակում:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ М. А. Розенблат, Магнитные усилители, Госэнергоиздат, 1949. ² В. Г. Комар, Теория работы твердых выпрямителей в нелинейных цепях управления, докторская диссертация, 1947. ³ Л. А. Бессонов, Переходные процессы в нелинейных электрических цепях со сталью, Госэнергоиздат, 1951. ⁴ А. Г. Милонс, Новая теория магнитного усилителя. ⁵ Proc. I. E. E., part II, August, 1950.