ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
PROCEEDINGS OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE ARMENIAN SSR

III 1945 3

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

А. Г. Иосифян, чл.-корресп. АН Арм. ССР

Общая теория амплидина

(Представлено 24 IX 1945)

Как известно, амплидин есть электрический генератор, обладающий весьма малой мощностью возбуждения. Коэфициент усиления амплидина, т. е. отношение генерируемой мощности к мощности, подведенной к обмотке возбуждения, в практически выполненных конструкциях доходит до 10—12 тысяч.

Это особое свойство дает возможность применять амплидин в схемах автоматического регулирования, синхронного поворота и движения в различных серво-механизмах и т. д.

На рис. 1 представлена принципиальная схема амплидина с соответствующими обозначениями токов и напряжений по осям „a“ и „b“.

Излагаемые ниже дифференциальные уравнения даны в общей форме и допускают анализ режимов работы амплидина при нелинейных коэфициентах, т. е. в случаях, когда коэфициенты самоиндукции и взаимоиндукции обмоток зависят от токов.

Рассматриваемые в машине токи и напряжения определяются из нижеследующих уравнений:

$$e_a = i_a r_a + \frac{d\Psi_a}{dt} - \Psi_b \frac{d\Theta_A}{dt} \quad (1)$$

$$e_b = i_b r_b + \frac{d\Psi_b}{dt} + \Psi_a \frac{d\Theta_A}{dt} = 0 \quad (2)$$

$$e_k = i_a r_k + \frac{d\Psi_k}{dt} \quad (3)$$

$$e_f = i_f r_f + \frac{d\Psi_f}{dt} \quad (4)$$

$$e_A = e_a + e_b = \varphi(i_a) \quad (5)$$

$$\Theta_A = \int_0^t \Omega_A \, dt + \gamma \quad (6)$$

Для различных коммутационных установок в амплидине иногда добавляются дополнительные обмотки по осям „a“ и „b“. В других случаях необходимо учитывать влияние короткозамкнутых коммутационных токов на коллекторе.

Во всех этих случаях к уравнениям (1—6) необходимо добавить уравнения вида

$$e_i = i_i r_i + \frac{d\Psi_{ia}}{dt} \pm \Psi_{ib} \frac{d\Theta_A}{dt}$$

В вышеуказанных уравнениях:

$r_a, r_b, \ldots r_k$ — омические сопротивления соответствующих цепей

Ω_A — угловая скорость вращения амплидина

$$\left.\begin{aligned} \Psi_a &= L_a i_a - M_{ak} i_a - M_{af} i_f \\ \Psi_b &= L_b i_b \\ \Psi_k &= L_k i_a - M_{ka} i_a + M_{fk} i_a \\ \Psi_f &= L_f i_f + M_{fk} i_a - M_{fa} i_a \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

$\varphi(i_a)$ — функция, характеризующая нагрузку.

В случае, например, моторной нагрузки

$$e_A = \varphi(i_a) = i_a r_m + \frac{d\Psi_{ma}}{dt} - \Psi_{mb} \frac{d\Theta_m}{dt}, \qquad (8)$$

где $r_m, \Psi_{ma}, \Psi_{mb}, \Theta_m$ — параметры двигателя, приключенного к клеммам амплидина.

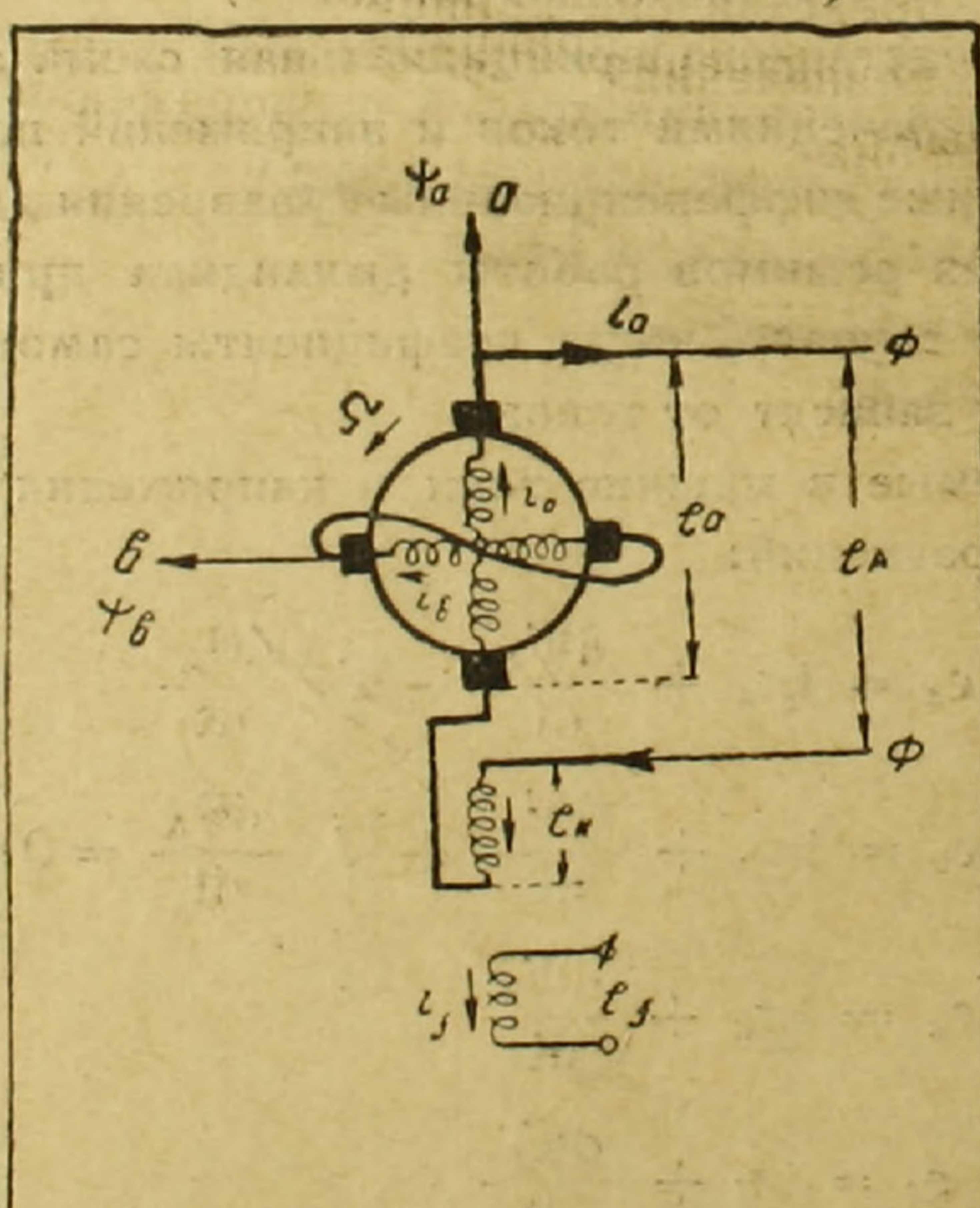

Рис. 1

Выражение потокосцеплений (7) получено из анализа физической картины возникновения ЭДС при принятых положительных направлениях токов.

Приближенное решение системы уравнений (1,2 . . . 7) при нелинейных коэфициентах можно осуществить графо-аналитическим методом.

В том случае, если коэфициенты линейны, $\Omega_A = \text{Const.}$, значения токов в функции времени наиболее просто определяются из уравнений (1,2 . . . 8), представленных в операторной форме:

$$\left.\begin{aligned} e_a &= i_a r_a + p\Psi_a - \Psi_b\,\Omega_A \\ e_b &= i_b r_b + p\Psi_b + \Psi_a\,\Omega_A = 0 \\ e_k &= i_a r_k + p\Psi_f \\ e_f &= i_f r_f + p\Psi_f \\ e_A &= e_a + e_k = i_a Z_н = \varphi(i_a) \end{aligned}\right| \qquad (9)$$

где $p = \frac{d}{dt}$; $\Psi(p) = p\int\limits_0^\infty e^{-pt}\,\Psi(t)\,dt$ (преобразования Лапласа).

$\varphi(i_a) = i_a Z_н$ — нагрузка, данная в операторной форме.

Подставляя выражение (7) в уравнения (1—5), имеем

$$\left.\begin{aligned} i_a Z_{aa} + i_b Z_{ab} + i_f Z_{af} &= 0 \\ i_a Z_{ba} + i_b Z_{bb} + i_f Z_{bf} &= 0 \\ i_a Z_{fa} + 0 + i_f Z_{ff} &= e_f \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

$e_f = k(p)$ — напряжение, приложенное к обмотке возбуждения, данное в операторной форме. В том случае, когда на обмотку возбуждения подается не только заданное напряжение, но и обратная связь от клемм амплидина, функция $e_f = k(p)$ может иметь вид:

$$e_f = k(p^n), \text{ где } n = 1,2, \ldots . n.$$

В уравнениях (10):

$$\left.\begin{aligned} Z_{aa} &= Z_н + r_a + r_k + (L_a + L_к)\left(1 - \frac{2M_{ak}}{L_a + L_k}\right)p = R_A + L_A\,\varepsilon_3 p + Z^н \\ Z_{ab} &= -L_b\Omega_A \\ Z_{af} &= M_{kf}\left[1 - \frac{M_{af}}{M_{kf}}\right]p = M_{kf}\,\varepsilon_2\,p \\ Z_{ba} &= L_a\Omega_A\left[1 - \frac{M_{ak}}{L_a}\right] = L_a\Omega_A\,\varepsilon_1 \\ Z_{bb} &= r_b + L_b p \\ Z_{bf} &= M_{af}\,\Omega_A \\ Z_{fa} &= M_k\left[1 - \frac{M_{af}}{M_{kf}}\right]p = M_{kf}\,\varepsilon_2\,p \\ Z_{ff} &= r_f + L_f p \end{aligned}\right| \qquad (11)$$

Коэфициент $\varepsilon_1 = 1 - \frac{M_{ak}}{L_a}$ характеризует степень компенсации амплидина

$\varepsilon_1 = 0$ — полная компенсация, $L_a = M_{ak}$

$\varepsilon_1 > 0$ — недокомпенсация, $L > M_{ak}$

$\varepsilon_1 < 0$ — перекомпенсация, $L_a < M_{ak}$

Коэфициенты ε_2, ε_3 характеризуют степень рассеяния в неукомпенсированной машине и, будучи связаны с оператором p в уравнениях (10), существенно влияют на колебательные нестационарные процессы, происходящие в амплидине.

Решая уравнения (10), имеем

$$i_a = e^f \frac{Z(p)}{Z_0(p)} \tag{12}$$

$Z_0(p)$ — детерминант левой части уравнения (10).

Таким образом, задача сведена к обычному исследованию тока силовой цепи на устойчивость, т. е. к нахождению функции

$$i = f(t),$$

пользуясь преобразованием Лапласа.

В зависимости от соотношения коэфициентов, от характера нагрузки уравнение

$$Z_{00}(p) = 0$$

дает корни, определяющие апериодический или колебательный процесс, затухающий или незатухающий.

Для стационарного режима $p = \frac{d}{dt} = 0$.

Исследование уравнения (12) на устойчивость является относительно простой алгебраической задачей, если степень не превосходит 3, так как в этом случае можно применять известные правила Гурвица.

В случае более высоких степеней рекомендуется воспользоваться методами усилительно-фазовых характеристик для качественного анализа в плоскости комплексного переменного.

Выражение коэфициента усиления,

$$K = \frac{e_A\, i_a}{e_f i_f},$$

в общем случае является комплексом. При $p = 0_1$, $\varepsilon_1 = 0$, $Z_н = R_н$, он определяется выражением

$$K = \frac{M_{af}^2 L_b^2 \Omega_A^4}{R_н r_f r_b^2 \left[\frac{r_a + r_k}{R} + 1\right]}.$$

Ереван, 1945, сентябрь.

Ա. Ղ. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ

Ամպլիդինի ընդհանուր տեսություն

Հեղինակը ընդհանուր ձևով տալիս է ամպլիդինի աշխատանքի դիֆերենցիալ հավասարումները, որոնք հնարավորություն են ընձեռում տալ ամպլիդինի աշխատանքի ռեժիմի վերջացումը ոչ-գծային գործակիցների դեպքում, այսինքն այն դեպքում, երբ փաթույթների ինքնինդուկցիան և փոխադարձ ինդուկցիան կախված են հոսանքներից։