

УДК 621.313+621.319.33.01

Академик Г. Л. Арешян

Формулы токов и напряжений при набросе нагрузки на синхронный емкостный генератор, работающий в режиме холостого хода

(Представлено 20/IX 2000)

Впервые получены решения системы дифференциальных уравнений переходного процесса для случая наброса активно-емкостной нагрузки на *синхронный* емкостный генератор (СГ), который автономно работал в режиме холостого хода. Система дифференциальных уравнений синхронного емкостного генератора была получена в работе [1]. Эта система, записанная в операторном виде для приращений токов и напряжений, имеет вид:

для цепей СГ

$$\left. \begin{aligned} (g_s + pC_s)U_d + \omega_0 C_s U_q - pNU_f + I_d + p^{-1}A_d^0 &= 0 \\ -\omega_0 C_s U_d + (g_s + pC_s)U_q + \omega_0 NU_f + I_q + p^{-1}A_q^0 &= 0 \\ -pNU_d + (g_f + pC_f)U_f - I_f + p^{-1}A_f^0 &= 0 \end{aligned} \right\} ; \quad (1)$$

для цепей подключаемой нагрузки

$$\left. \begin{aligned} (g_2 + pC_2)U_d + \omega_0 C_2 U_q - I_d + p^{-1}A_{d2}^0 &= 0 \\ -\omega_0 C_2 U_d + (g_2 + pC_2)U_q - I_q + p^{-1}A_{q2}^0 &= 0 \end{aligned} \right\} . \quad (2)$$

Выражение $g_1 + pC_1$ оставлено для обозначения нагрузки, которая подключена к СГ до наброса нагрузки $g_2 + pC_2$, и в настоящей статье не рассматривается.

Приращения напряжений и токов берутся относительно начальных величин

$$U_d^0, \quad U_q^0, \quad U_f^0, \quad i_d^0, \quad i_q^0, \quad i_f^0, \quad i_{d2}^0, \quad i_{q2}^0.$$

В уравнениях (1) и (2) обозначены

$$\begin{aligned} A_d^0 &= g_s U_d^0 + \omega_0 C_s U_q^0 + i_d^0, \\ A_q^0 &= g_s U_q^0 - \omega_0 C_s U_d^0 + \omega_0 NU_f^0 + i_q^0, \\ A_f^0 &= g_f U_f^0 - i_f^0, \\ A_{d2}^0 &= g_2 U_d^0 + \omega_0 C_2 U_q^0 - i_{d2}^0, \end{aligned}$$

$$A_{q2}^0 = g_2 U_q^0 - \omega_0 C_2 U_d^0 - i_{q2}^0 .$$

Для случая, когда СГ до начала наброса нагрузки работал в стационарном режиме холостого хода (который рассмотрен здесь), имеем для $t = 0^+$

$$\left. \begin{aligned} i_d^0 = i_{d2}^0 = i_q^0 = i_{q2}^0 = 0 , \quad A_d^0 = A_q^0 = A_f^0 = 0 , \\ A_{d2}^0 = g_2 U_d^0 + \omega_0 C_2 U_q^0 , \quad A_{q2}^0 = g_2 U_q^0 - \omega_0 C_2 U_d^0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

причем

$$U_d^0 = \frac{\omega_0^2 C_s N}{g_s^2 + (\omega_0 C_s)^2} \cdot U_f^0 , \quad U_q^0 = - \frac{\omega_0 g_s N}{g_s^2 + (\omega_0 C_s)^2} \cdot U_f^0 . \quad (4)$$

Величина напряжения возбуждения U_f^0 определяется из условия обеспечения номинального напряжения на зажимах СГ в режиме до наброса нагрузки

$$(U_d^0)^2 + (U_q^0)^2 = U_N^2 . \quad (5)$$

В стационарном режиме СГ ток возбуждения равен

$$i_f^0 = g_f U_f^0 . \quad (6)$$

Система уравнений (1) и (2) была решена методом, изложенным в работе [2], и для окрестности $t=0$ получены следующие аналитические формулы для напряжений и токов для переходного процесса наброса нагрузки на автономно работающий в режиме холостого хода синхронный емкостный генератор:

для приращений напряжений с точностью до t^3

$$\left. \begin{aligned} \Delta U_d(t) &= - \frac{A_{d2}^0}{C_{s2} a_0} \left(t + \frac{\mu_1}{2} t^2 \right) + \frac{A_{q2}^0 \omega_0}{2 C_{s2} a_0} t^2 + \frac{\Delta I_f K_{s2}}{2 T_f C_f a_0} t^2 , \\ \Delta U_q(t) &= - \frac{\omega_0 A_{d2}^0}{2 C_{s2}} t^2 - \frac{A_{q2}^0}{C_{s2}} \left(t + \frac{-\omega_{s2} + \omega_2}{2} t^2 \right) , \\ \Delta U_d(t) &= - \frac{A_{d2}^0 K_f}{C_{s2} a_0} \left(t + \frac{\mu_2}{2} t^2 \right) + \frac{A_{q2}^0 \omega_0 K_f}{2 C_{s2} a_0} t^2 + \frac{\Delta I_f}{2 T_f C_f a_0} t^2 . \end{aligned} \right\} ; \quad (7)$$

для напряжений

$$U_d(t) = U_d^0 + \Delta U_d(t), \quad U_q(t) = U_q^0 + \Delta U_q(t), \quad U_f(t) = U_f^0 + \Delta U_f(t); \quad (8)$$

для токов ($i_d^0 = i_q^0 = 0$) с точностью до t^2

$$\left. \begin{aligned} i_d(t) = \Delta i_d(t) &= \left(1 - \frac{C_2}{C_{s2}a_0}\right) A_{d2}^0 - \frac{C_2}{C_{s2}a_0} \left[(\mu_1 + \omega_0) A_{d2}^0 - \omega_0 A_{q2}^0 - \frac{\Delta I_f N}{T_f C_f} \right] \cdot t, \\ i_q(t) = \Delta i_q(t) &= \left(1 - \frac{C_2}{C_{s2}}\right) A_{q2}^0 - \frac{C_2}{C_{s2}} \left[(-\omega_{s2} + \omega_2) A_{q2}^0 - \frac{\omega_0}{a_0} A_{d2}^0 \right] \cdot t \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

При решении было принято, что одновременно с набросом нагрузки в цепи возбуждения происходит форсировка по току возбуждения, равная

$$\Delta i_f(t) = \Delta I_f \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{T_f}\right)\right); \quad (10)$$

тогда

$$i_f(t) = i_f^0 + \Delta i_f(t). \quad (11)$$

В уравнениях (7) и (8) обозначено

$$\left. \begin{aligned} \omega_f &= g_f C_f^{-1}, \quad \omega_2 = g_2 C_2^{-1}, \quad \omega_{s2} = (g_s + g_2) C_{s2}^{-1}, \quad C_{s2} = C_s + C_2, \\ K_{s2} &= N C_{s2}^{-1}, \quad K_f = N C_f^{-1}, \quad a_0 = 1 - K_f K_{s2}, \quad a_1 = (1 + a_0) \omega_{s2} + \omega_f, \\ \mu_1 &= \omega_{s2} + \omega_f - a_1 a_0^{-1}, \quad \mu_2 = \omega_{s2} - a_1 a_0^{-1}. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

В момент $t=0^+$ имеем скачки токов, равные

$$\begin{aligned} \Delta i_d(0^+) &= \left(1 - \frac{C_2}{C_{s2}a_0}\right) (g_2 U_d^0 + \omega_0 C_2 U_q^0), \\ \Delta i_q(0^+) &= \left(1 - \frac{C_2}{C_{s2}}\right) (g_2 U_q^0 - \omega_0 C_2 U_d^0). \end{aligned} \quad (13)$$

При набросе чисто активной нагрузки получаем

$$\Delta i_d(0^+) = g_2 U_d^0, \quad \Delta i_q(0^+) = g_2 U_q^0. \quad (14)$$

Полученные формулы позволяют сделать некоторые выводы:

1. При набросе активно-емкостной нагрузки на синхронные емкостные генераторы имеют место скачки токов в момент наброса нагрузки $t = 0^+$.
2. Скачки токов прямо пропорциональны величине подключаемой нагрузки и напряжениям по продольной и поперечной осям генератора до наброса нагрузки.
3. Напряжения генератора в момент начала переходного процесса $t = 0^+$ не изменяются

$$\Delta U_d(0^+) = 0, \quad \Delta U_q(0^+) = 0$$

даже при наличии форсировки возбуждения.

В заключение необходимо отметить, что впервые в технической литературе рассматриваются переходные процессы, имеющие место в емкостных синхронных генераторах, на основе решения системы дифференциальных уравнений этих машин. Полученные аналитические выражения для напряжений и токов в окрестности $t = 0$ при набросе нагрузки на СГ, работающий в режиме холостого хода, представляют определенный интерес для теории синхронных емкостных генераторов.

Государственный инженерный университет Армении

Литература

1. *Иосифьян А. Г., Арешян Г. Л.* - ДАН АрмССР. 1981. Т. 73. №1. С. 54-61.
2. *Арешян Г. Л.* - Электричество. 1998. №10.

Ակադեմիկոս Գ. Լ. Արեշյան

**Անբեռ ռեժիմում ունակային սինխրոն գեներատորի
բեռի միացման դեպքում հոսանքների և լարումների բանաձևեր**

Դիտարկված է ավտոնոմ աշխատող ունակային սինխրոն գեներատոր: Անբեռ ռեժիմի ժամանակ միացվում է ակտիվ-ունակային բեռ:

Ստացված են անցումային պրոցեսի $t = 0$ շրջակայքում հոսանքների և լարումների բանաձևեր: Հաշվի է առնված գրգռման ուժեղացումը (ֆորսիրովկան):

Ստացված բանաձևերն ունակային սինխրոն գեներատորների տեսության համար ներկայացնում են որոշակի հետաքրքրություն: