ISSN 0002-306X. Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. 2002. Т. LV, № 1.

УДК 621.313+621.319.01 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Г.Л. АРЕШЯН, А.Л. МАИЛЯН, В.А. МАИЛЯН

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЕМКОСТНОМ СИНХРОННОМ ГЕНЕРАТОРЕ ПРИ НАБРОСЕ НАГРУЗКИ НА ГЕНЕРАТОР, РАБОТАЮЩИЙ В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА

Приведены решения системы дифференциальных уравнений переходного процесса в электрических цепях емкостного синхронного генератора при набросе активно-емкостной нагрузки.

Ключевые слова: емкостной синхронный генератор, электрическая цепь, переходной процесс.

Система дифференциальных уравнений емкостного синхронного генератора (ЕСГ) имеет вид [1,с.142]

$$-C_0\frac{dU_0(t)}{dt}=g_sU_0(t)+i(t), \tag{1}$$

$$-C_s\frac{dU_d(t)}{dt}+N\frac{dU_r(t)}{dt}=g_sU_d(t)+\omega C_sU_q(t)+i_d(t), \tag{2}$$

$$-C_s\frac{dU_q(t)}{dt}=-\omega C_sU_d(t)+g_sU_q(t)+\omega NU_r(t)+i_q(t), \tag{3}$$

$$N\frac{dU_d(t)}{dt}-C_r\frac{dU_r(t)}{dt}=g_rU_r(t)+i_r(t). \tag{4}$$

Уравнения для нагрузки, подключаемой к СГ в момент $t=0^+$, имеют вид

$$\begin{cases}-C_2\dfrac{dU_d(t)}{dt}=g_2U_d(t)+\omega C_2U_q(t)-i_{d2}(t),\\ -C_2\dfrac{dU_q(t)}{dt}=g_2U_q(t)-\omega C_2U_d(t)-i_{q2}(t).\end{cases} \tag{5}$$

Система уравнений (2)-(4) при постоянной скорости вращения ($\omega=\omega_0=\text{const}$) в операторном виде для приращений будет:

- для цепей СГ:

$$\begin{cases}(g_s+pC_s)U_d(p)+\omega_0C_sU_q(p)-pNU_r(p)+I_d(p)+p^{-1}A_d^0=0,\\ (g_s+pC_s)U_q(p)-\omega_0C_sU_d(p)+\omega_0NU_r(p)+I_q(p)+p^{-1}A_q^0=0,\\ -pNU_d(p)+(g_r+pC_r)U_r(p)-I_r(p)+p^{-1}A_r^0=0;\end{cases} \tag{6}$$

- для цепей нагрузки:

$$\begin{cases}(g_2+pC_2)U_d(p)+\omega_0 C_2 U_q(p)-I_{d2}(p)+p^{-1}A^0_{d2}=0,\\(g_2+pC_2)U_q(p)-\omega_0 C_2 U_d(p)-I_{q2}(p)+p^{-1}A^0_{q2}=0.\end{cases} \quad (7)$$

Дифференциальные уравнения после наброса нагрузки $y_2=pC_2+g_2$ на СГ, работающий в установившемся режиме холостого хода, имеют вид

$$\begin{cases}(g_s+pC_s)U_d+\omega_0 C_s U_q-pNU_r+I_d=0,\\(g_s+pC_s)U_q-\omega_0 C_s U_d+\omega_0 NU_r+I_q=0,\\(g_r+pC_r)U_r-pNU_d-I_r=0;\end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases}(g_2+pC_2)U_d+\omega_0 C_2 U_q-I_d+p^{-1}A^0_{d2}=0,\\(g_2+pC_2)U_q-\omega_0 C_2 U_d-I_q+p^{-1}A^0_{q2}=0,\end{cases} \quad (9)$$

где

$$A^0_d=A^0_q=A^0_r=0,$$
$$A^0_{d2}=g_2U^0_d+\omega_0 C_2 U^0_q,$$
$$A^0_{q2}=g_2U^0_q-\omega_0 C_2 U^0_d.$$

Исключая токи I_d и I_q из системы уравнений (9) и (8), получаем

$$\begin{cases}(g_{s2}+pC_{s2})U_d+\omega_0 C_{s2}U_q-pNU_r+p^{-1}A^0_{d2}=0,\\(g_{s2}+pC_{s2})U_q-\omega_0 C_{s2}U_d+\omega_0 NU_r+p^{-1}A^0_{q2}=0,\end{cases} \quad (10)$$

где

$$g_{s2}=g_s+g_2,\ C_{s2}=C_s+C_2.$$

Уравнение для цепи возбуждения остается в том же виде:

$$(g_r+pC_r)U_r-pNU_d-I_r=0. \quad (11)$$

Если отсутствует форсировка тока возбуждения, то $I_r(p)=0$.

Из (11) получаем

$$U_r=U_d\frac{pN}{g_r+pC_r}+I_r\frac{1}{g_r+pC_r}, \quad (12)$$

$$\begin{cases}U_d=\dfrac{1}{D(p)}\begin{vmatrix}A_d & \omega_0 C_{s2}\\ A_q & y_{s2}\end{vmatrix}=\dfrac{y_{s2}A_d-\omega_0 C_{s2}A_q}{D(p)},\\[2ex]U_q=\dfrac{1}{D(p)}\begin{vmatrix}y'_{s2} & A_d\\ -\omega_0 C'_{s2} & A_q\end{vmatrix}=\dfrac{y'_{s2}A_q+\omega_0 C'_{s2}A_d}{D(p)},\end{cases} \quad (13)$$

где

$$D(p) = y_{s2} y'_{s2} + \omega_0^2 C'_{s2} C_{s2},$$
$$y_{s2}(p) = pC_{s2} + g_{s2},\ y_r = pC_r + g_r,$$
$$y'_{s2} = y_{s2} - (pN)^2 y_r^{-1},\ C'_{s2} = C_{s2} - (pN)^2 y_r^{-1},$$
$$A_d = pNy_r^{-1} I_r - p^{-1} A_{d2}^0,\ A_q = -\omega_0 Ny_r^{-1} I_r - p^{-1} A_{q2}^0.$$

Далее из (8) получаем значения I_d и I_q, а из (12) значение U_r.

Полученные уравнения разлагаются в ряд по убывающим степеням p:

$$F(p) = k_0 \frac{p^m + b_1 p^{m-1} + b_2 p^{m-2} + \ldots + b_m}{p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \ldots + a_m},\quad k = n - m,$$

в результате получаем уравнение для оригинала вида [1,с.76]

$$f(t) = k_0 \left[\frac{t^{k-1}}{(k-1)!} + t^k \frac{R_1}{k!} + t^{k+1} \frac{R_2}{(k+1)!} + \ldots + t^{k+i-1} \frac{R_i}{(k+i-1)!} + 0\left(t^{k+i}\right) \right].$$

На основе вышеизложенного получены уравнения для U_d, U_q, U_r, I_d, I_q. Разработана программа расчета этих переменных. В основу исходных данных взяты параметры экспериментального образца ЕСГ, разработанного и изготовленного в ЕрПИ [2]. Получены зависимости от времени некоторых переменных: $U(t) = \sqrt{U_d^2 + U_q^2}, i(t) = \sqrt{i_d^2 + i_q^2},\ U_r(t)$ (рис. 1-3).

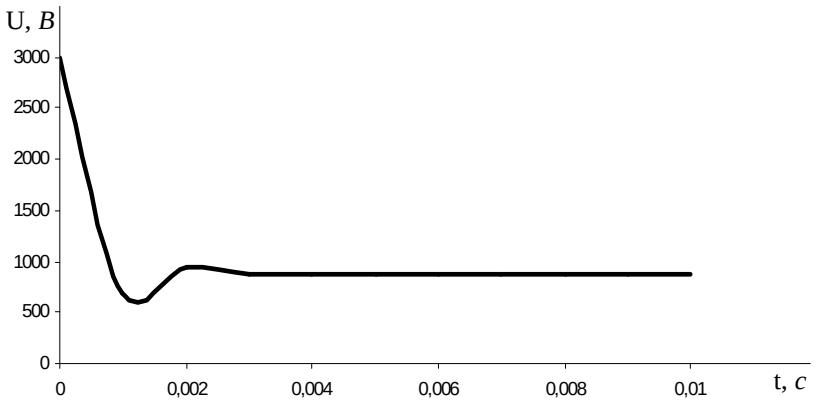

Рис.1. Напряжение статора

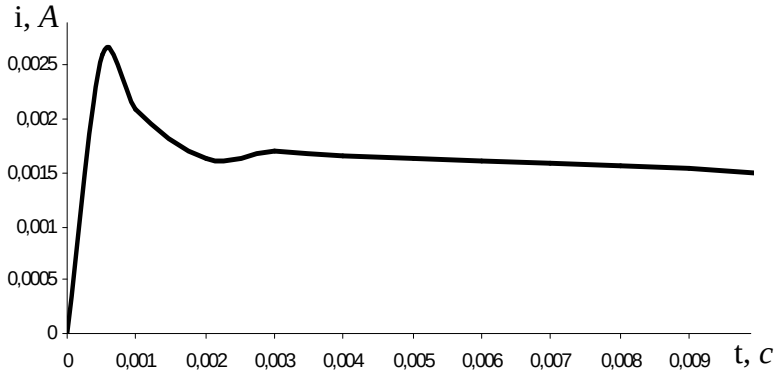

Рис.2. Ток статора

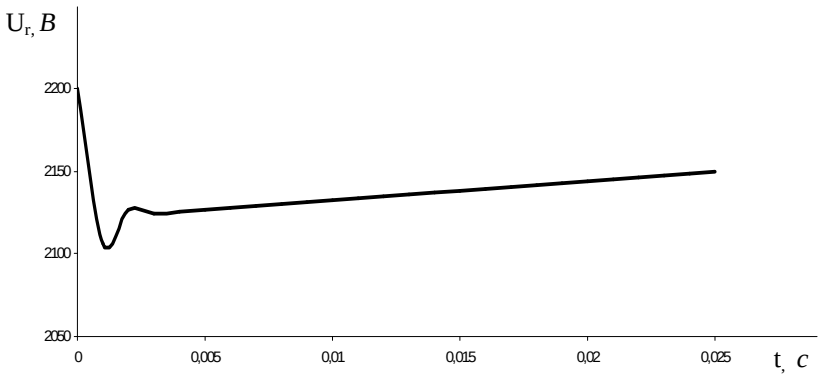

Рис.3. Напряжение возбуждения

Таким образом, решения для напряжений и токов в переходном процессе ЕСГ при набросе нагрузки показывают, что в случае отсутствия регулировки по цепям возбуждения имеет место провал напряжения возбуждения, что обусловлено раззаряживающим эффектом (аналогично размагничивающему эффекту) активно-емкостного тока нагрузки. В результате происходят провалы (в начальной стадии переходного процесса) тока и напряжения генератора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Арешян Г.Л.** Специальные вопросы теории электрических машин переменного тока / ГИУА.-Ереван, 1999. - 299 с.
2. **Минасян В.В.** Установившиеся режимы автономного синхронного электростатического генератора: Дис. … канд. техн. наук / ГИУА. - Ереван, 1988. - 228 с.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 12.10.2000.

Գ.Լ. ԱՐԵՇՅԱՆ, Ա.Լ. ՄԱՅԻԼՅԱՆ, Վ.Ա. ՄԱՅԻԼՅԱՆ

ՊԱՐԱՊ ԸՆԹԱՑՔԻ ՌԵԺԻՄՈՒՄ ՈՒՆԱԿԱՅԻՆ ՍԻՆԽՐՈՆ ԳԵՆԵՐԱՏՈՐԻ ԱՆՑՈՒՄԱՅԻՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԸ ԲԵՌՆԱՎՈՐՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ

Դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգի լուծման հիման վրա հաշվարկված է ունակային սինխրոն գեներատորի անցումային պրոցեսը էլեկտրական շղթաներում՝ ակտիվ-ունակային բեռի ժամանակ։

G.L. ARESHYAN, A.L. MAILYAN, V.A. MAILYAN

TRANSITIONAL PROCESSES IN CAPACITIVE SYNCHRONOUS GENERATOR BY ADDING LOAD ON GENERATOR WORKING ON NO-LOAD MODE

Based on the solution of differential equation, the transitional process in electric circuits of the capacitive synchronous generator under active-capacitive load was calculated.