

Г.Л. АРЕШЯН

**СИСТЕМА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ СИНХРОННОЙ ЕМКОСТНОЙ МАШИНЫ С ДЕМПФЕРАМИ И С ВОЗБУЖДЕНИЕМ ПО ОБЕИМ СИНХРОННЫМ ОСЯМ**

Дается полная система дифференциальных уравнений электрических цепей и величина момента вращения синхронной емкостной машины, у которой имеются демпферные электроды и усеченные электроды возбуждения, расположенные попарно на диске возбуждения по продольной и поперечной осям. Система уравнений содержит новые параметры собственных и взаимных емкостей. Новые конструкции таких синхронных емкостных машин защищены патентами Республики Армения.

**Ключевые слова:** синхронный емкостной генератор, система уравнений, момент вращения.

В процессе исследования стационарных и переходных режимов синхронных емкостных машин (СЕМ) разработаны и защищены патентами РА три принципиально новые конструкции дисков возбуждения СЕМ, дающие возможность проектировать и изготавливать СЕМ с новыми электрическими параметрами и, как следствие, с новыми характеристиками и свойствами в стационарных и переходных режимах [1]. Наиболее общим случаем конструкции диска возбуждения СЕМ, объединяющей три предложенные в патентах конструкции, является диск, на котором установлены две пары усеченных электродов возбуждения по обеим синхронным осям с питанием их от двух независимых источников напряжения и две пары демпферных (успокоительных) электродов, установленных также по обеим синхронным осям. Усечение электродов возбуждения приводит к появлению второй гармоники в собственной емкости и во взаимемкостях якорных цепей и, в результате, к разной величине синхронных емкостей по продольной  $C_d$  и поперечной  $C_q$  осям (аналог явнополюсности в синхронных индуктивных машинах).

В [2] была опубликована система дифференциальных уравнений СЕМ с системой возбуждения только по продольной оси (одна пара возбуждающих электродов) и с демпферными электродами по обеим осям. В настоящей работе дается система дифференциальных уравнений СЕМ с демпферными электродами по обеим осям и с усеченными электродами возбуждения также по продольной и поперечной осям. (Аналог явнополюсной синхронной машины с демпферными клетками по обеим осям и двумя катушками возбуждения по продольной и поперечной осям (см. § 3.5 работы [3])).

Эта система получена в результате преобразования системы уравнений из натуральных переменных в пространство Парка-Горева с помощью матриц

Ляпунова (см. первую главу [3]) и представлена через преобразованные напряжения, токи и электрические параметры. При этом принято, что поперечная ось опережает продольную ось на  $90^\circ$  эл. Система уравнений в пространстве Парка-Горева имеет вид:

- для нулевой последовательности:

$$dQ_o/dt + g_S U_o = -i_o; \quad (1)$$

- для продольной оси d:

$$\left. \begin{aligned} dQ_d/dt + g_S U_d + \omega Q_q &= -i_d, \\ dQ_{fd}/dt + g_{fd} U_{fd} &= i_{fd}, \\ dQ_D/dt + g_D U_D &= 0; \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

- для поперечной оси q:

$$\left. \begin{aligned} dQ_q/dt + g_S U_q - \omega Q_d &= -i_q, \\ dQ_{fq}/dt + g_{fq} U_{qd} &= i_{fq}, \\ dQ_Q/dt + g_Q U_Q &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где электрические потокоцепления равны

$$Q_o = C_o U_o, \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} Q_d &= C_d U_d + M_d U_{fd} + M_D U_D, \\ Q_{fd} &= C_{fd} U_{fd} + M_d U_d + N_D U_D, \\ Q_D &= C_D U_D + M_D U_d + N_d U_{fd}, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} Q_q &= C_q U_q - M_q U_{fq} - M_Q U_Q, \\ Q_{fq} &= C_{fq} U_{fq} - M_q U_q + N_q U_Q, \\ Q_Q &= C_Q U_Q - M_Q U_q + N_q U_{fq}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Уравнения (1)-(3) записаны для электрических цепей машины, работающей в генераторном режиме. Если машина работает в двигательном режиме, то токи  $i_o$ ,  $i_d$  и  $i_q$  надо взять со знаком "плюс". В уравнениях (4)-(6) все собственные емкости ( $C_d$ ,  $C_q$ ,  $C_{fd}$ ,  $C_{fq}$ ,  $C_D$  и  $C_Q$ ) и взаимные емкости ( $M_d$ ,  $M_q$ ,  $M_D$ ,  $M_Q$ ,  $N_d$ , и  $N_q$ ) являются постоянными величинами. Уравнения для цепей активно-емкостной нагрузки генератора имеют вид (нулевая последовательность опущена)

$$\begin{aligned} i_d &= C_1 dU_d/dt + g_1 U_d + \omega C_1 U_q, \\ i_q &= C_1 dU_q/dt + g_1 U_q - \omega C_1 U_d. \end{aligned} \quad (7)$$

Выражение электро-емкостного момента вращения (тормозного в генераторном режиме) получено на основе уравнения (см. § 3.2 в [3])

$$M_{вр} = -0,5pU^\tau (dC(\gamma)/d\gamma)U, \quad (8)$$

где  $U$  – матрица-столбец натуральных напряжений;  $C$  – квадратная матрица натуральных емкостей машины (в данном случае  $7 \times 7$ );  $\gamma$  – угол положения ротора в эл. градусах;  $p$  – число пар полюсов машины; верхний индекс  $\tau$  означает транспонирование.

После вычислений по (8) и переходу к преобразованным напряжениям и электрическим потокоцеплениям получим

$$M_{вр} = 1,5p(Q_d U_q - Q_q U_d). \quad (9)$$

С учетом (5) и (6) окончательно получим

$$M_{вр} = 1,5p[(C_d - C_q)U_d U_q + (M_d U_{fd} + M_D U_D)U_q + (M_q U_{fq} + M_Q U_Q)U_d]. \quad (10)$$

Из полной системы уравнений (1)-(6) и (10) легко получаются системы уравнений для СЕМ более частных типов. Так, например, для СЕМ с одной парой усеченных электродов возбуждения только по продольной оси и с демпферными электродами по обеим осям получаем уравнения, если в (1)-(6) принять

$$Q_{fq} = 0, U_{fq} = 0, M_q = 0, C_{fq} = 0, N_q = 0. \quad (11)$$

Уравнения электрических цепей такой СЕМ опубликованы в [2], где было принято, что поперечная ось отстает от продольной. На основе (10), с учетом (11), момент вращения будет равен

$$M_{вр} = 1,5p[(C_d - C_q)U_d U_q + (M_d U_{fd} + M_D U_D)U_q + M_Q U_Q U_d]. \quad (12)$$

Для СЕМ без демпферных электродов и с возбуждением только по продольной оси и с электродами возбуждением без усечения получаем уравнения, если в (1)-(6) и (10) принять

$$\begin{aligned} Q_{fq} = 0; U_{fq} = 0; M_q = 0; C_{fq} = 0; N_q = 0; M_Q = 0; Q_D = 0; C_D = 0; \\ M_D = 0; N_d = 0; Q_Q = 0; C_Q = 0; M_Q = 0; \\ C_d = C_q = C_S. \end{aligned} \quad (13)$$

Уравнения такой машины с учетом (13) примут вид

$$\left. \begin{aligned} C_o dU_o/dt + g_s U_o &= -i_o, \\ C_S dU_d/dt + M_d dU_{fd}/dt + g_s U_d + \omega C_S U_q &= -i_d, \\ C_{fa} dU_{fd}/dt + M_d U_d/dt + g_{fq} U_{fa} &= i_{fd}, \\ C_S dU_q/dt - \omega C_S U_d - \omega M_d U_{fd} + g_s U_q &= -i_q, \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

$$M_{вр} = 1,5pM_d U_{fd} U_q. \quad (15)$$

Сравнивая первую систему уравнений (1)-(3) с системой (14), замечаем, что установка демпферных электродов и наличие возбуждения по обеим осям увеличивает степень системы дифференциальных уравнений с четырех (в системе (4)) до семи за счет появления новых электрических емкостных параметров. Все это

позволяет более широко изменять динамические и статические характеристики таких машин за счет выбора величин этих новых параметров. Полученная полная система дифференциальных уравнений синхронных емкостных генераторов и двигателей наиболее общего типа дает возможность исследования разнообразных статических и динамических режимов СЕМ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Арешян Г.Л., Майлян А.Л, Майлян В.А.** Патенты РА: P20020041 от 01. 04.2002, P20020042 от 01. 04.2002, P20020127 от 01.11.2002.
2. **Арешян Г.Л.** Система дифференциальных уравнений емкостного генератора нового типа: Доклады НАН РА. - 2002. - Т. 102, N 4.
3. **Арешян Г.Л.** Специальные вопросы теории электрических машин переменного тока. - Ереван, 1999. – 300 с.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 25.03.2003.

#### Գ.Լ.ԱՐԵՇՅԱՆ

#### ԴԵՄՈՖԵՐԵՆՑԻՈՎ ԵՎ ԵՐԿՈՒ ՄԻՆՔՐՈՆ ԱՌԱՆՑՔՆԵՐՈՒՄ ԳՐԳՈՒՄՈՎ ՄԻՆՔՐՈՆ ՈՒՆԱԿԱՅԻՆ ՄԵՔԵՆԱՅԻ ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳ

Տրվում է էլեկտրական շղթաների լրիվ դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգ և պտտվող մոմենտի մեծությունը սինքրոն ունակային մեքենայի համար, որն ունի դեմպֆերային էլեկտրոդներ և հատած գրգռման էլեկտրոդներ, որոնք տեղավորված են զույգերով ընդլայնական և երկայնական առանցքներով գրգռման սկավառակի վրա: Հավասարումների համակարգը պարունակում է սեփական և փոխկապված ունակային պարամետրեր: Այդպիսի սինքրոն ունակային մեքենաների նոր կառուցվածքները պահպանված են ՀՀ արտոնագրով:

#### G.L. ARESHIAN

#### A DIFFERENTIAL EQUATION SYSTEM ON SYNCHRONOUS CAPACITANCE MACHINE WITH DAMPERS AND EXCITATION ON BOTH SYNCHRONOUS AXES

A total differential system of electric circuits and torque quantity of synchronous capacitance machine is given. It has excitation damper electrodes and trincated electrodes located in pairs on longitudinal and cross-sectional excitation axes. Simultaneous equations possess new eigenvalue and mutual capacitance parameters. Modern structures of such synchronous machines are protected by RA patents.