

Վ.Ս. ՍԱՖԱՐՅԱՆ, Ս.Գ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ

ԻՆՔՆԱՎԱՐ ԱՍԻՆՔՐՈՆ ԳԵՆԵՐԱՏՈՐԻ ՍՏԱՑԻՈՆԱՐ ՌԵԺԻՄԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Դիտարկվում է ինքնավար ռեժիմում աշխատող ասինքրոն գեներատորի ստացիոնար ռեժիմի գոյության պայմանը: Ստացվել է ստացիոնար ռեժիմի պարամետրերի ինքնագրգռման ունակությունից կախվածության կորերի ընտանիքը:

Առանցքային բառեր. ասինքրոն գեներատոր, ինքնավար ռեժիմ, ինքնագրգռման ունակություն, ստացիոնար ռեժիմ:

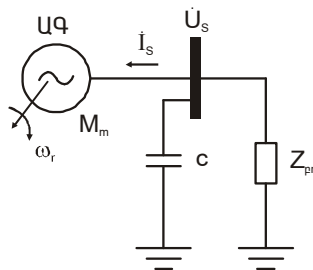
Էլեկտրաէներգետիկայի զարգացման ռազմավարության մեջ կարևոր տեղ են զբաղեցնում էլեկտրամատակարարման ինքնավար համակարգերը (ԷԻՀ) [1-3]: Այսպիսի համակարգերի անհրաժեշտությունն առաջանում է այնտեղ, որտեղ տեխնիկապես անհնար կամ տնտեսապես ձեռնտու չէ կիրառել կենտրոնացված էլեկտրամատակարարում: Բաշխիչ ցանցերում որևէ ճյուղի խզման արդյունքում ցանցում կարող են առաջանալ ինքնավար ռեժիմում աշխատող տեղամասեր: Վերջին տարիների տեսական հետազոտությունները և գործնական փորձը ցույց են տալիս փոքր և միկրո հիդրոէլեկտրակայաններում ինքնագրգռվող ասինքրոն գեներատորների (ԱԳ)՝ որպես էլեկտրաէներգիայի ինքնավար աղբյուրի կիրառման հեռանկարները [1,2]:

ԱԳ - ների սահմանափակ կիրառությունը երկար ժամանակ պայմանավորված էր փոքր չափերի կոնդենսատորների բացակայությամբ, որոնք ապահովում են բեռի ռեակտիվ հզորության կոմպենսացիա ու ինքնագրգռում, ինչպես նաև՝ էլքային լարման ու հաճախության կարգավորման դժվարությամբ [1,2]:

Աշխատանքի նպատակն է հետազոտել ինքնավար ռեժիմում աշխատող ԱԳ - ի ստացիոնար ռեժիմի գոյության պայմանը և դրա առանձնահատկությունները:

Դիտարկենք ինքնավար ռեժիմում աշխատող ԱԳ (նկ. 1):

Նկ.1 - ում ω_r - ն ռոտորի պտտման անկյունային արագությունն է, $I_s(U_s)$ - ը՝ ստատորի հոսանքի (լարման) մոդուլը, M_m - ը՝ արտաքին մեխանիկական մոմենտը, c - ն՝ ինքնագրգռման կոնդենսատորային մարտկոցների ունակությունը, Z_{pn} - ը՝ բեռի լրիվ դիմադրությունը:



Նկ. 1. Ինքնավար ռեժիմում աշխատող ԱԳ - ի սխեման

Ասինքրոն մեքենայի ստացիոնար ռեժիմի մաթեմատիկական մոդելը d,q համակարգում [4] ունի հետևյալ տեսքը.

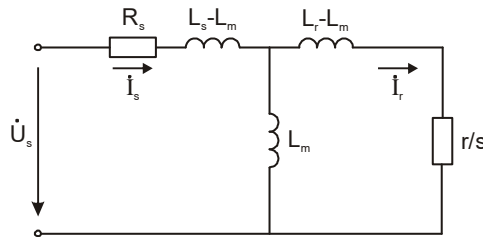
$$\begin{cases} U_{ds} = R_s i_{ds} - \omega_s (L_s i_{qs} + L_m i_{qr}), \\ U_{qs} = R_s i_{qs} + \omega_s (L_s i_{ds} + L_m i_{dr}), \\ 0 = r i_{dr} - (\omega_s - \omega_r) (L_m i_{qs} + L_r i_{qr}), \\ 0 = r i_{qr} + (\omega_s - \omega_r) (L_m i_{ds} + L_r i_{dr}), \\ 0 = \frac{3}{2} L_m (i_{qs} i_{dr} - i_{ds} i_{qr}) + M_m, \end{cases} \quad (1)$$

որտեղ $L_m = \frac{3}{2} L_{sr}$, L_{sr} - ը ստատորի և ռոտորի փոխինդուկտիվությունն է դրանց գուգահեռ դիրքում, $L_s (L_r)$ - ը՝ ստատորի (ռոտորի) փաթույթների ինդուկտիվությունները, $R_s (r)$ - ը՝ ԱԳ - ի ստատորի (ռոտորի) փաթույթների ակտիվ դիմադրությունները, $\omega_s (\omega_r)$ -ն՝ ստատորի դաշտի (ռոտորի) պտտման անկյունային արագությունը, $i_{ds} (i_{dr})$ -ը և $i_{qs} (i_{qr})$ -ը՝ ստատորի (ռոտորի) փաթույթների հոսանքների ընդհանրացված վեկտորների պրոյեկցիան d, q առանցքներով, $U_{ds} (U_{qs})$ - ը՝ ստատորի փաթույթներին կիրառված լարման ընդհանրացված վեկտորի պրոյեկցիան d (q) առանցքով:

Ստատորի և ռոտորի փաթույթների լարումների և հոսանքների միջև կապը ստացիոնար ռեժիմում կոմպլեքս տեսքով կլինի.

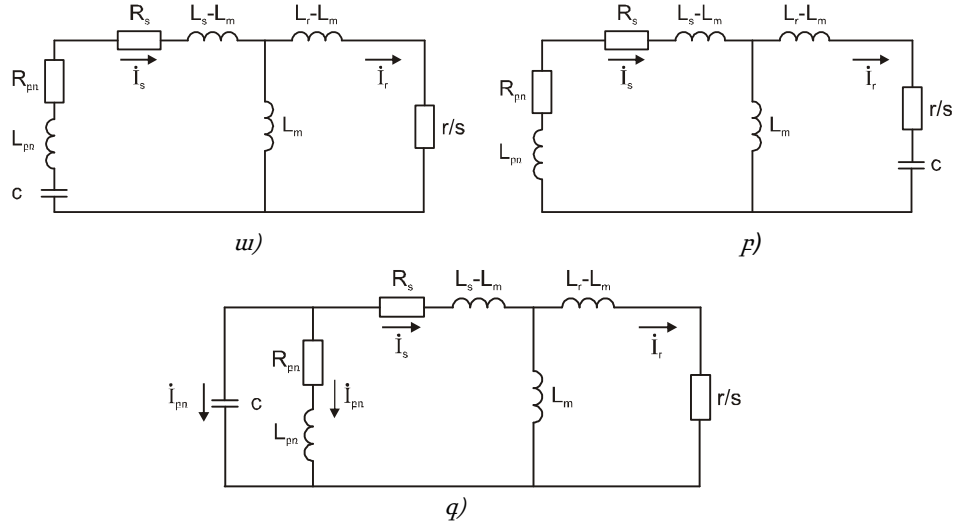
$$\begin{cases} \dot{U}_s = (R_s + j\omega_s L_s) \dot{I}_s + j\omega_s L_m \dot{I}_r, \\ 0 = \left(\frac{r}{s} + j\omega_s L_r \right) \dot{I}_r + j\omega_s L_m \dot{I}_s, \end{cases} \quad (2)$$

որին համապատասխան փոխարինման սխեման պատկերված է նկ. 2 - ում:



Նկ. 2. Ստացիոնար ռեժիմում աշխատող ասինքրոն մեքենայի փոխարինման սխեման

Նկ. 3 - ում ներկայացված են ԱԳ - ի ինքնագրգման կոնդենսատորային մարտկոցների միացման տարատեսակները:



Նկ. 3. Ինքնավար, ստացիոնար ռեժիմում աշխատող ԱԳ - ի փոխարինման սխեմաները ինքնազրգոման ունակությունների տարբեր միացումների դեպքում.
 ա) ունակությունը միացված է բեռին հաջորդաբար, բ) ունակությունը միացված է ռոտորին, գ) ունակությունը միացված է բեռին զուգահեռ

Ինքնավար ասինքրոն գեներատորի ստացիոնար ռեժիմի գոյության պայմանը ԱԳ - ի ինքնազրգոման ապահովման պայմանն է [2]:

Նկ. 3 ա - ում պատկերված սխեմայից կարող ենք գրել.

$$\dot{U}_s = -Z_{pn} \dot{I}_s, \quad (3)$$

$$Z_{pn} = r_{pn} + j\omega_s L_{pn} - j \frac{1}{\omega_s C}, \quad (4)$$

որտեղ Z_{pn} -ը ԱԳ - ին հաջորդաբար միացված բեռի լրիվ դիմադրությունն է, r_{pn} - ը՝ բեռի ակտիվ դիմադրությունը, L_{pn} - ը՝ բեռի ինդուկտիվությունը:

(2) հավասարումների համակարգը ներկայացնենք հետևյալ տեսքով.

$$\begin{cases} \left[R + j \left(\omega_s L - \frac{1}{\omega_s C} \right) \right] \dot{I}_s + j\omega_s L_m \dot{I}_r = 0, \\ j\omega_s L_m \dot{I}_s + \left(\frac{r}{s} + j\omega_s L_r \right) \dot{I}_r = 0 \end{cases} \quad (5)$$

կամ

$$\begin{bmatrix} R + j\left(\omega_s L - \frac{1}{\omega_s c}\right) & j\omega_s L_m \\ j\omega_s L_m & \left(\frac{r}{s} + j\omega_s L_r\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_s \\ \dot{I}_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (6)$$

որտեղ $R = R_s + r_{pn}$, $L = L_s + L_{pn}$ (որպես որոնելիներ դիտարկվում են ω_s և y մեծությունները):

(6) մատրիցային հավասարման պարզունակ լուծումը հետաքրքրություն չի ներկայացնում: Որպեսզի այն ունենա անթիվ բազմությամբ ոչ պարզունակ լուծումներ, անհրաժեշտ է, որ՝

$$\begin{vmatrix} R + j\left(\omega_s L - \frac{1}{\omega_s c}\right) & j\omega_s L_m \\ j\omega_s L_m & \left(\frac{r}{s} + j\omega_s L_r\right) \end{vmatrix} = 0 : \quad (7)$$

Նշանակելով $y = s/r$, $a = LL_r - L_m^2$ կստանանք.

$$\begin{cases} \omega_s^2 a = \frac{R}{y} + \frac{L_r}{c}, \\ \omega_s^2 \left(RL_r + \frac{L}{y} \right) = \frac{1}{yc} : \end{cases} \quad (8)$$

(8) հավասարումների համակարգի լուծումները պետք է բավարարեն հետևյալ անհավասարումների համակարգի լուծմանը.

$$\begin{cases} D_\omega = c^2 (R^4 L_r^2 c^2 - 2R^2 L_r (L_r L + a)c + L_m^4) \geq 0, \\ c^2 R^2 L_r - (2LL_r - L_m^2)c < 0 : \end{cases} \quad (9)$$

Որոշենք c - ի և R - ի այն արժեքների բազմությունը, որի դեպքում (9) - ը տեղի ունի.

$$c \in \left(0, \frac{(\sqrt{LL_r} - \sqrt{a})^2}{R^2 L_r} \right], \quad (10)$$

$$R \in \left(0, \frac{\sqrt{LL_r} - \sqrt{a}}{\sqrt{cL_r}} \right] : \quad (11)$$

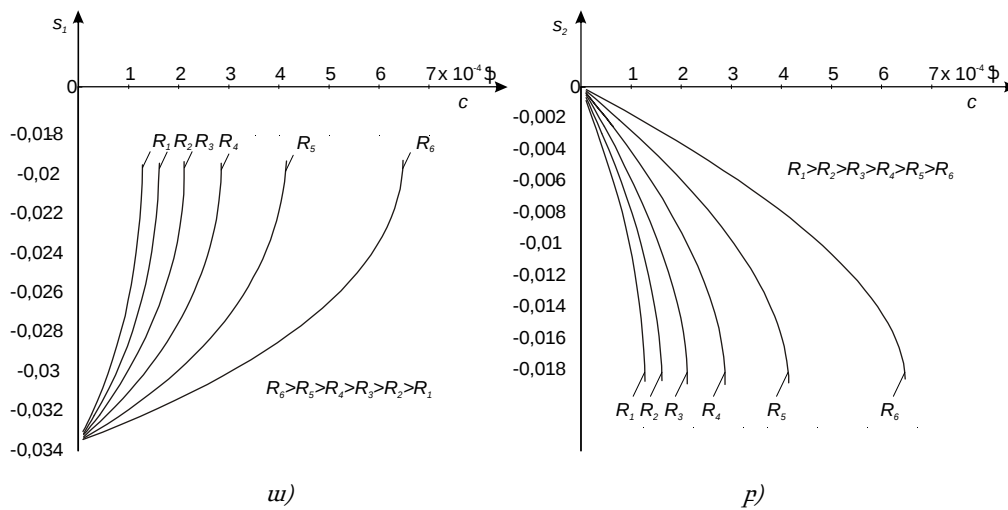
Այսպիսով, ստատորի դաշտի պտտման անկյունային արագությունը կլինի.

$$\begin{cases} \omega_{s1} = \sqrt{\frac{-(c^2 R^2 L_r - (2LL_r - L_m^2)c) + \sqrt{D_\omega}}{2ac^2 L}}, \\ \omega_{s2} = \sqrt{\frac{-(c^2 R^2 L_r - (2LL_r - L_m^2)c) - \sqrt{D_\omega}}{2ac^2 L}}, \end{cases} \quad (12)$$

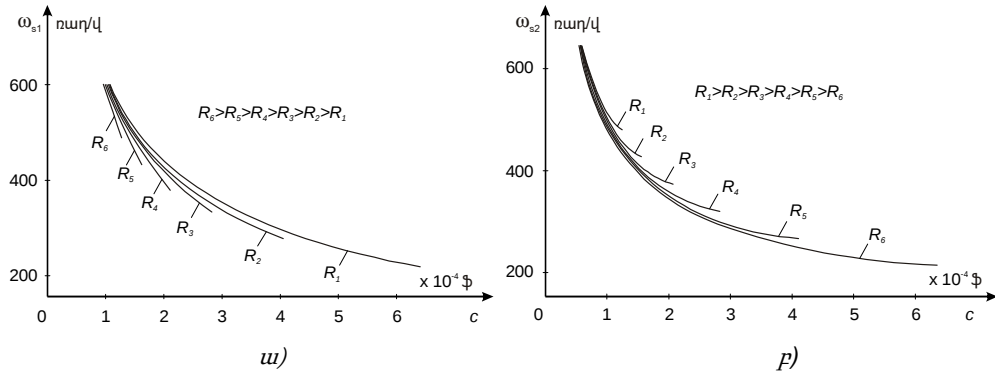
իսկ սահքը՝

$$\begin{cases} s_1 = \frac{1 - \omega_{s1}^2 Lc}{\omega_{s1}^2 RL_r c} r, \\ s_2 = \frac{1 - \omega_{s2}^2 Lc}{\omega_{s2}^2 RL_r c} r : \end{cases} \quad (13)$$

Ստացված առնչությունները ծրագրավորվել են MatLab ծրագրային փաթեթի միջոցով և $L=0,04395$ Հն, $L_r=0,55937$ Հն, $L_m=0,10242$ Հն, $r=1,25572$ Օմ պարամետրերով ԱԳ - ի համար ստացվել է ω_s - ի և s - ի ունակությունից կախվածությունների կորերի ընտանիքը (նկ. 4, 5):



Նկ. 4. Սահքի ունակությունից կախվածության կորերի ընտանիքը տարբեր դիմադրությունների դեպքում.
ա) s_1 արմատի համար, բ) s_2 արմատի համար



Նկ. 5. Ստատորի պտտման արագության ունակությունից կախվածության կորերի ընտանիքը տարբեր դիմադրությունների դեպքում.

ա) ω_{s1} արմատի համար, բ) ω_{s2} արմատի համար

(6) հավասարումների համակարգի երկու հավասարումներից որոշենք $\dot{I}_r$ - ը:

$$\begin{cases} \dot{I}_r = -\frac{R + j\left(\omega_s L - \frac{1}{\omega_s c}\right)}{j\omega_s L_m} \dot{I}_s, \\ \dot{I}_r = -\frac{j\omega_s L_m}{\frac{r}{s} + j\omega_s L_r} \dot{I}_s \end{cases} \quad (14)$$

կամ

$$\dot{I}_r = \dot{K} \dot{I}_s, \quad (15)$$

որտեղ

$$\dot{K} = -\frac{R + j\left(\omega_s L - \frac{1}{\omega_s c}\right)}{j\omega_s L_m} = -\frac{j\omega_s L_m}{\frac{r}{s} + j\omega_s L_r} = \frac{\omega_s^2 L c - 1}{\omega_s^2 L_m c} + j \frac{R}{\omega_s L_m}: \quad (16)$$

(1) հավասարումների համակարգի վերջին հավասարումը ներկայացնենք հետևյալ տեսքով.

$$M_m = -\frac{3}{2} L_m (i_{qs} i_{dr} - i_{ds} i_{qr}) = -\frac{3}{2} L_m \Im m \left(\dot{I}_s^* \dot{I}_r \right) = -\frac{3}{2} \frac{L_m}{(L_s L_r - L_m^2)} \Im m \left(\dot{\psi}_s^* \dot{\psi}_r \right): \quad (17)$$

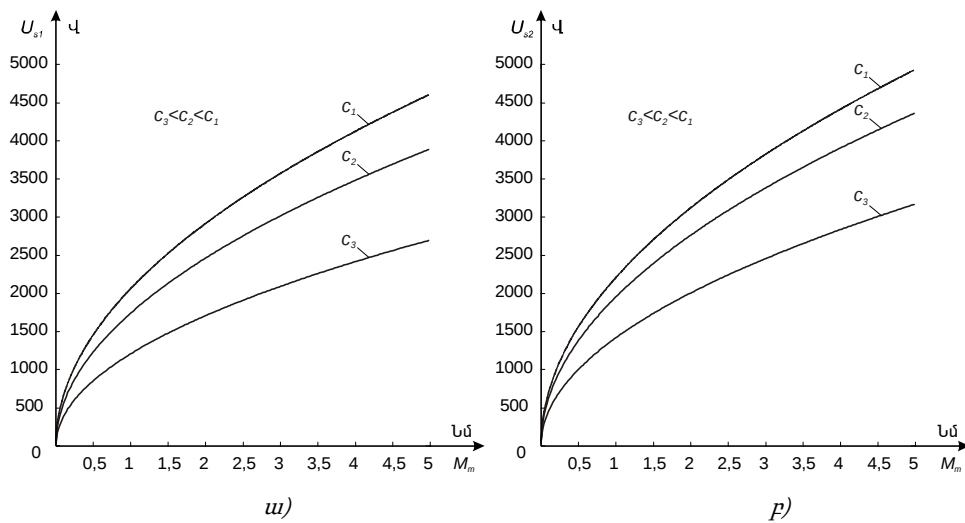
Օգտվելով (15) և (17) առնչություններից՝ ստատորի հոսանքի համար կարող ենք գրել.

$$I_s = \sqrt{\frac{2M_m \omega_s}{3R}} : \quad (18)$$

Այդ դեպքում ստատորի լարման մոդուլը կլինի.

$$U_s = Z I_s = I_s \sqrt{r_{\rho n}^2 + \left(\omega_s L_{\rho n} - \frac{1}{\omega_s C} \right)^2} : \quad (19)$$

Նկ. 6 - ում բերված է $U_s = f(M_m)$ կորերի ընտանիքը տարբեր ունակությունների դեպքում:



Նկ. 6. Ստատորի լարման մոդուլի մոմենտից կախվածության կորերի ընտանիքը տարբեր ունակությունների դեպքում.

ա) ω_{s1} արմատի համար, բ) ω_{s2} արմատի համար

Այսպիսով, ինքնավար ԱԳ - ի ինքնագրգման, անցումային գործընթացների, ստացիոնար կետերի կայունության հետազոտման, ստատորի լարման և հաճախության կարգավորման հարցերը մնում են չլուծված: Ստատորի դաշտի և ռոտորի պտտման անկյունային արագությունները կախված են ոչ թե արտաքին մեխանիկական մոմենտից, այլ մեքենայի էլեկտրական պարամետրերից և բեռից: Արտաքին մեխանիկական մոմենտի փոփոխությունը հանգեցնում է միայն լարման (հոսանքի) փոփոխությանը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Джэндунбаев А.Р.** Автономные асинхронные генераторы с конденсаторным самовозбуждением: развитие теории и практики: Дис. ... докт. техн. наук: 05.09.01/ МЭИ.- Черкеск, 2006.- 365 с.
2. **Торопцев Н.Д.** Асинхронные генераторы для автономных электроэнергетических установок. - М.: Энергопрогресс, 2004.- 89с.
3. **Зачепа Ю.В.** Автономные системы электроснабжения на базе асинхронных генераторов: основные требования и структура // Электромеханические и энергосберегающие системы. - 2007.- Вып. 3. - С. 12 - 22.
4. **Сафарян В.С.** Исследование несимметричных режимов асинхронной машины // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. - 2011. - Т. 64, N⁰ 2.- С. 168 - 177.

<<Էներգետիկայի գիտահետազոտական ինստիտուտ>> ՓԲԸ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 05.07.2011:

В.С. САФАРЯН, С.Г. ГЕВОРГЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАЦИОНАРНОГО РЕЖИМА АВТОНОМНОГО АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Рассматривается условие существования стационарного режима асинхронного генератора, работающего в автономном режиме. Получено семейство кривых зависимости параметров стационарного режима от емкости самовозбуждения.

Ключевые слова: асинхронный генератор, автономный режим, емкость самовозбуждения, стационарный режим.

V.S. SAFARYAN, S.G. GEVORGYAN

STATIONARY REGIME INVESTIGATION OF AN AUTONOMOUS ASYNCHRONOUS GENERATOR

The condition of existing stationary regime of an asynchronous generator is considered. A family of curves dependence of stationary regime parameters on self-disturbance capacity is obtained.

Keywords: asynchronous generator, autonomous regime, self-disturbance capacity, stationary regime.