

МЕТАЛЛУРГИЯ КОМБИНАТЛАРИДАГИ ҚУВВАТИ 5,2 МВТЛИ СИНХРОН МОТОРЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИШ ЖАРАЁНИДА ЭНЕРГИЯНИ ТЕЖАШ

¹Пирматов Н.Б., ²Зайниева О.Э., ²Қурбонов Н.А., ³Норкулов У.Э.

¹Пирматов Нурали Бердиёрович – т.ф.д., профессор, Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети, Тошкент ш. Ўзбекистон республикаси, E-mail: npirmatov@mail.ru

²Зайниева Олияхон Эгамбердиевна – и.ф.н., доцент. Қарши муҳандислик иқтисодиёт институти, Қарши ш. Ўзбекистон республикаси, E-mail: o.e.zayniyeva@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6631-506X>

²Қурбонов Нажмиддин Абдиҳамидович – доцент в.б., Қарши муҳандислик иқтисодиёт институти. Қарши ш. Ўзбекистон Республикаси e-mail: elmash1212@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-4152-4006>

³Норкулов Усмон Эломонович – Тошкент кимё-технология институти Шаҳрисабз филиали. Шаҳрисабз ш. Ўзбекистон республикаси.

Аннотация: Мақолада металлургия корхоналарида синхрон моторларнинг ишлаши пайтида улар ҳаддан ташқари қўзғалиш режимига ўтишда электр тармоғига реактив қувват беришлари тўғрисида маълумотлар келтирилган, бунинг натижасида юкга уланган тармоқ $\cos\varphi_n$ кийматининг ўсишига ёрдам беради. Шу сабабли, энергияни тежаш имкониятини яратадиган, ҳаддан ташқари қўзғалиш пайтида ва $\cos\varphi_n=0,9$ ҳолатида номинал қувватда ишлаш учун синхрон моторларни лойиҳалаш усули кўриб чиқилади.

Калим сўзлар: синхрон двигател, реактив қувват, ўта қўзғалиш, ротор чўлғамидаги исрофлар, пўлат ядрога магнит исрофлар, электромагнит момент, статик барқарорлик.

Abstract: The article presents data that during the operation of synchronous motors at metallurgical enterprises, they give reactive power to the electrical network when switching to overexcitation mode, which, as a result, contributes to an increase in the value of $\cos\varphi_n$ in the part of the network connected to the load. For this reason, a method for designing synchronous motors for operation at rated power during overexcitation and in the case of $\cos\varphi_n=0.9$ is considered, which creates the possibility of energy saving.

Keywords: synchronous motor, reactive power, superexcitation, rotor winding loss, steel core magnetic loss, electromagnetic torque, static stability.

Ҳозирги кунда металлургия комбинатларидаги умумий қуввати 5,2 МВтли синхрон моторларга электр тармоғидан статорга берилаётган фойдали актив қувват P_1 ни истеъмол қилади. Бу қувватнинг бир қисми статорда якорь чўлғамидаги электр исрофлари $P_{\Sigma 1}$ ни ва статор пўлат ўзагидаги исрофлар P_{m1} ни қоплашга сарфланади. Статордаги фойдали актив қувват P_1 нинг қолган қисми магнит майдон воситасида роторга узатилади. Бу қувватга электромагнит қувват $P_{\Sigma m}$ дейилади; унинг бир қисми механик P_{mex} ва қўшимча $P_{\Sigma ш}$ исрофларга сарфланади, қолган қисми эса валдаги фойдали қувват P_2 сарфланади.

Агар статордаги актив қувват исрофларини эътиборга олмай $P_1=P_{\Sigma m}=P$ деб қабул қилсак, у ҳолда металлургия комбинатларидаги аён кутбли синхрон моторнинг электромагнит қувватини қуйидагича ёзишимиз мумкин:

$$P = \left(\frac{m \cdot U \cdot E_2}{X_d} \right) \cdot \sin(-\theta) + \left(\frac{m \cdot U^2}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \cdot \sin(-2\theta) = P' + P'' \quad (1)$$

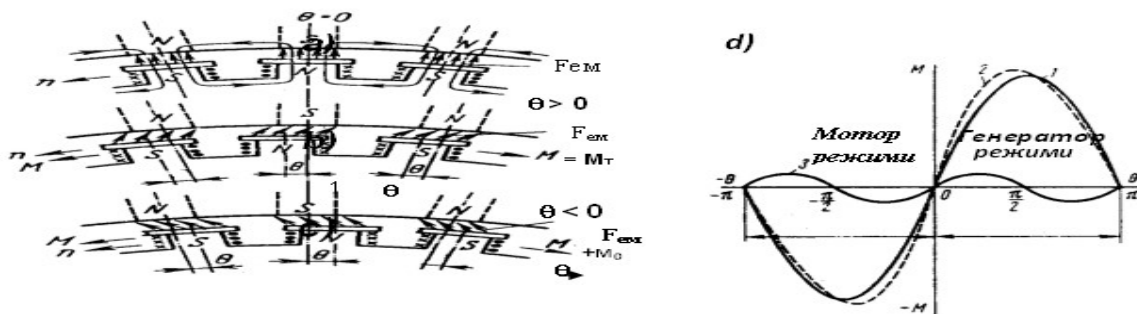
Ноаён кутбли синхрон моторларда $x_d = x_q$ бўлгани сабабли P' ташкил этувчиси бўлмайди, яъни:

$$P' = \left(\frac{m \cdot U \cdot E_0}{X_d} \right) \cdot \sin\theta \quad (2)$$

Агар (1) ни $\omega_1 = \frac{2\pi n_1}{60}$ га бўлсак, у ҳолда электромагнит моментнинг формуласига эга бўламиз. Аён кутбли синхрон мотор учун:

$$M = \left[\frac{m \cdot U \cdot E_0}{\omega_1 \cdot X_d} \right] \cdot \sin(-\theta) + \left[\frac{U^2}{(2 \cdot \omega_1)} \cdot \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \right] \cdot \sin(-2\theta) = M' + M'' \quad (3)$$

$$M' = \left[\frac{m \cdot U \cdot E_0}{(\omega_1 \cdot X_d)} \right] \cdot \sin(-\theta) \tag{4}$$

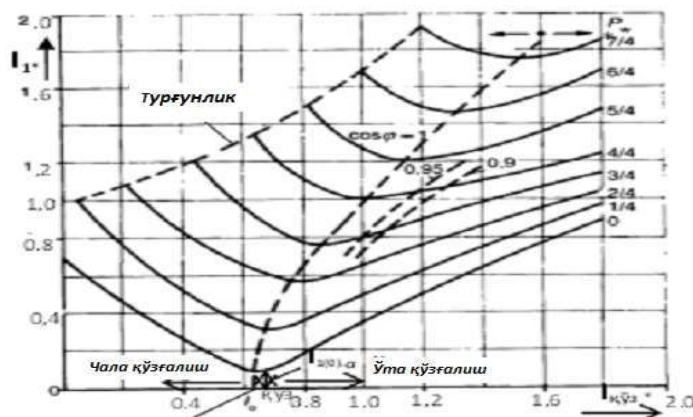


1-расм. Қўзғатиш чўлғами магнит оқими $\Phi_{кўз}$ ва статор чўлғами натижавий магнит оқими $\Phi_{нат}$ ларнинг синхрон машина салт ишлашида (а), генератор (б) ва мотор (с) режимларида ўзаро таъсири натижасида бурчак θ нинг бўлиши ҳамда (д) мотор ва генератор режимлари учун бурчак характеристикалари.

1, d - расмда $U_T = \text{const}$, $f_T = \text{const}$ ва $I_{кўз} = \text{const}$ бўлганда $M = f(\theta)$ боғлиқлик, яъни аён кутбли синхрон машина электромагнит моментининг бурчак характеристикаси кўрсатилган. Бунда мотор режимида юкланиш бурчаги θ нинг ишораси манфий бўлади, чунки мусбат ишора генератор режими учун қабул қилинган.

Синхрон моторда электромагнит момент статор магнит майдони йўналишига мос бўлса (1,b-расм), синхрон генераторларда эса у моментнинг йўналиши статор магнит майдони йўналишига тескари бўлади (1,b-расм). Аён кутбли синхрон моторда қўзғатиш токи $I_{q0'z} = 0$ (демак, $E_0 = 0$) бўлса ҳам M'' ташкил этувчи ҳисобига электромагнит момент мавжуд бўлади.

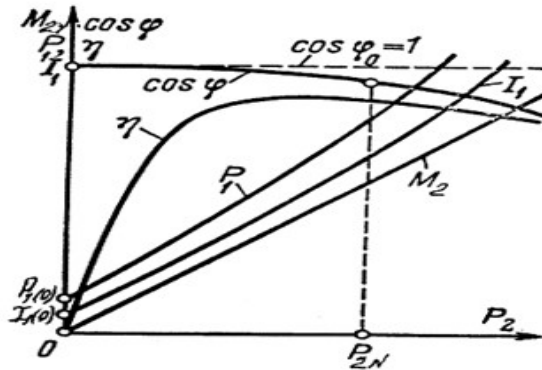
Тармоқ кучланиши $U_T = U_N = \text{const}$ ва валдаги қувват $P_2 = \text{const}$ частота $f_T = f_H = \text{const}$ бўлганда якорь токи I_1 нинг қўзғатиш токи $I_{кўз}$ га боғлиқлиги $-I_1 = f(I_{кўз})$ ни характерловчи эгри чизикларга синхрон моторнинг U-симон характеристикалари дейилади (2-расм).



2-расм. Синхрон моторнинг U –симон характеристикалари (бунда: $I_{1(0)a}$ ва $I_{кўз,0}$ – тегишли актив қувват $P_a = 0$ ва ЭЮК $E_{SM} = U_m$ бўлгандаги салт ишлаш исрофларини қоплаш учун зарур бўлган салт ишлаш токининг актив ташкил этувчиси ва қўзғатиш токининг қиймати).

Қўзғатиш токининг номинал қиймати $I_{кўз,н}$ дан чап томони чала қўзғатиш ($E_0 < U_T$) ва ўнг томони эса ўта қўзғатиш ($E_0 > U_T$) ҳисобланади, якорь токининг минимум нуқталарида эса $\cos\phi = 1$ бўлади. Металлургия комбинатларида қуввати 5,2 МВт ли синхрон моторлар ишлаши жараёнида ўта қўзғатишли иш режимига ўтганда электр тармоғига реактив қувват беради, натижада тармоқнинг юклама уланган қисмида $\cos\phi$ нинг ошишига ёрдам беради. Ундан ташқари, реактив қувват истеъмолнинг камайиши электр станциялардаги синхрон генераторлар ишлаб чиқараётган реактив қувватни, электр узатиш линияларида ток ва

исрофларни камайтиришга имконият яратиб беради. $U_T = \text{const}$, $f_T = \text{const}$ ва $I_{кўз} = \text{const}$ бўлганда синхрон моторнинг валидаги фойдали момент M_2 , электр тармоғидан истеъмол қиладиган қуввати P_1 , статор чўлғамининг токи I_1 , ФИК η ва қувват коэффиценти $\cos\varphi$ ларнинг мотор валидаги фойдали қувватга боғлиқ ҳолда ўзгариши, яъни $M_2, P_1, I_1, \eta, \cos\varphi = f(P_2)$ боғлиқликка синхрон моторларнинг иш характеристикалари дейилади. Бу характеристикалар валдаги юк P_2 ни нолдан номиналгача ўзгартириб кетма-кетлик билан текширилади.



3-расм. Синхрон моторнинг иш характеристикаси

Металлургия комбинатларидаги қуввати 5,2 Мвт ли синхрон моторнинг айланиш частотаси n статор чўлғамидаги ток частотаси ўзгармас бўлганда $n = n_1 = 60 \cdot f_1 / p = \text{const}$ бўлгани учун $n = f(P_2)$ боғлиқлик абсциссалар ўқига параллел бўлган тўғри чизиқли кўринишга эга бўлади. $P_1 = f(P_2)$ боғлиқлик юқорига бир оз эгилган кўринишда бўлади, чунки P_1 қувват якорь токининг квадрати (I_1^2) га мутаносиб бўлади. $I_1 = f(P_2)$ боғлиқлик P_1 нинг ошиши билан ўсади, чунки $I_1 = \frac{P_1}{(m \cdot U_1 \cdot \cos\varphi)}$. ФИК нинг юкламага нисбатан ўзгариши $\eta = f(P_2)$ ҳамма электр машиналари учун умумий характерга эга, яъни синхрон моторнинг ўзгарувчан ва ўзгармас исрофлари тенг бўлганда ФИК максимал қийматга эришади.

Бу қийматлардан графикнинг чап томонига эътибор қаратадиган бўлсак, магнит исрофлар электр исрофлардан катта бўлиб кетади натижада энергияни тежашни имконияти бўлмайдиган, графикнинг ўнг томонида эса статор чўлғамидаги электр исрофлар магнит исрофлардан кўплигини кузатиш мумкин ва бу ҳолатда синхрон моторларда энергияни тежашни имконияти ҳосил бўлади [1-8].

АДАБИЁТЛАР

1. Алиев И.И. Справочник по электротехника и электрооборудованию: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., доп. – М.: Высш.шк., 2000. – 255 с.
2. Analysis of Electric machinery and drive systems. Second edition. Paul C. Krause, Oleg Wasyncuk, Scott. D. Sudhoff. IEEE Presseries on Power Engineering. 2002. IEEE.
3. Кацман М.М. Электрические машины. Изд. ВШ. М. 2002 г. - 469с
4. Копылов И.П. Электрические машины. Изд.ВШ. М. 2004 г.- 360с.
5. Шерназаров С.Э. “Effect of intermediate connections on the generator’s static stability” «Technical science and innovation» -Тошкент, 2019. №2.С.184-189.
6. Olimjon Toirov, Kamoliddin Alimkhodjaev, NuraliPirmatov and Aziza Kholbutaeva E3S Web of Conferences 216, 01119 (2020).
7. Пирматов Н.Б., Бекишев А.Е., Шерназаров С.Э. “Regulation of mains voltage and reactive power with the help of a synchronous compensator by two-axis excitation” E3S Web of Conferences 264, 04028(2021).
8. Файзиев, М. М., Курбанов, Н.А., Имомназаров, А.Б., Бобоназаров, Б.С., & Бекишев, А. Э. (2017). Моделирование неявнополюсного синхронного генератора в Matlab. *Вестник науки и образования*, 1(5 (29)), 10-14.