

UOT 621.313.3

## REZONANS XARAKTERLİ DƏYİŞƏN YÜK ŞƏRAİTİNDƏ SİNHRON MAŞINLARIN RƏQSLƏRİNİN DEMPFERLƏNMƏSİ

ABDULKADIROV A.I., MUSTAFAYEV R.İ.\*

*Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası*

*\*Azərbaycan elmi-tədqiqat Energetika və*

*Enerjilayihə institutu*

Rezonans xarakterli dəyişən yük şəraitində sinxron maşınların eninə ox istiqamətində təsirlənməsinin optimal idarə olunma qanununun sintez metodikasına baxılır. Aperiodik keçid prosesinin alınmasına uyğun şərtlər və parametrlər təhlil edilir.

Sinxron mühərriklərin kəskin dəyişən yük şəraitində (prokat dəzgahları, doğrayıcı maşınlar, qazma bucurqadı və s.) iş rejiminin xüsusiyyətləri, ardıcıl olaraq təkənla yüklənmə ilə, dinamik və statik rejimlərinin növbələşməsi ilə əlaqədardır. Sinxron mühərriklər bəzi mexanizmlərdə praktiki olaraq fasiləsiz yellənir. Kəsicilə maşınlar bu səbəbdən tez-tez sinxronizmdən çıxır.

Rotorun rəqsləri mühərrikin sıxaclarında və enerji sistemində gərginliyin rəqsləri ilə müşahidə edilir. Yükün kəskin dəyişməsi zamanı yaranan rotorun böyük yellənməsi mexaniki avadanlığın yeyilməsinə, stator dolağının alın hissələrində yaranan dəyişən qüvvələr isə izolyasiyanın korlanmasına gətirib çıxarır. Kiçik fasilələrlə təkənla yüklənmə rotorun rəqsləri ilə üst-üstə düşən zaman, sinxron mühərrikin sinxronizmdən çıxması mümkünlüyü yaranır.

Göründüyü kimi, sinxron mühərrikin valındakı kəskin dəyişən yük arzuolunmaz nəticələrə gətirib çıxarır.

Çoxsaylı tədqiqatların nəticələri göstərir ki, təsirlənmənin "güclü təsirli" avtomatik tənzimlənməsi də yükün kəskin dəyişməsi zamanı yaranan rotorun yellənməsinin qarşısını ala bilmir. Həqiqətən də, təkənla yüklənmə və yükətmə zamanı təsirlənmə dolağının cərəyanı, avtomatik təsirlənmə sisteminin fəaliyyəti nəticəsində sərbəst rəqslərin qarşısını ala biləcək qədər tələb olunan elektromaqnit moment yarada bilmir.

Uyğun vəziyyətə sinxron generatorların qəza zamanı yük atması hallarında da baş verir.

Təsirlənmənin avtomatik tənzimlənməsinin (TAT) uzununa ox istiqamətində zəif effektiv olması eninə-uzununa təsirlənmə ideyasına gətirib çıxardı. Eninə ox istiqamətində TAT istifadə edilərkən Park-Qorev tənliklərinə müraciət etdikdə görünür ki, xarakteristik tənlikdə bu,  $\cos \theta_0$  ilə mütənəsbidir [1]. Eninə təsirlənmənin mövcudluğu daha effektiv olur.

Belə mühərriklərin TAT-nın əsas məqsədləri aşağıdakılardan ibarətdir:

- a) sərbəst rəqslərin dempferlənməsi;
- b) yük qovşağında gərginliyin stabilləşdirilməsi.

Sərbəst rəqslərin dempferlənməsini eninə TAT, gərginliyin stabilləşdirilməsi funksiyasını isə uzununa TAT yerinə yetirir.

Eninə oxu istiqamətində TAT alqoritmi optimal idarə üsullarından axtarılır. Beləki, eyni zamanda eninə təsirlənmənin idarə olunmasının imkanlarını qiymətləndirmək olur. Eninə-uzununa təsirlənmə dolağı olan sinxron mühərriklərin optimal idarə məsələlərinin Park-Qorev tənlikləri sistemi vasitəsi ilə həlli bir çox çətinliklərlə əlaqədardır. Bu çətinlikləri aradan qaldırmaq məqsədi ilə riyazi model olaraq, xəttilləşdirilmiş tənliklər sistemindən istifadə edilir:

$$\left. \begin{aligned} d(\Delta\theta) / dt &= S ; \\ dS / dt &= -a_1(\Delta\theta) - a_2S - a_3(\Delta e_{fd}) ; \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$d(\Delta e_{fd}) / dt = -a_4(\Delta e_{fd}) + a_5 U .$$

$$\Delta \theta = \theta - \theta_0 ; \Delta e_{fd} = e_{fd} - e_{fd0} ; U = \Delta U_{fq} / U_{fqM} = (U_{fq} - U_{fq0}) / U_{fqM} .$$

burada,  $\theta$  - yük bucağı;  $S$  - sürüşmə;  $e_{fd}$  - uzununa ox istiqamətində lövbər e.h.q.-si;  $U_{fq}$  - eninə təsirlənmə dolağının gərginliyi;  $\theta_0$ ,  $e_{fd0}$ ,  $U_{fq0}$  - qeyd edilən kəmiyyətlərin qərarlaşmış rejimdə qiymətləri;  $U_{fqM}$  -  $U_{fq}$ -nin maksimal qiyməti;  $U$  - idarəedici təsir;  $a_1, \dots, a_5$  - sabit əmsallardır.

Eninə dolaq yalnız keçid rejimlərində təsirləndiyindən  $e_{fd0} = U_{fq0} = 0$  olur.

Optimallıq kriteriyəsi kimi keçid prosesinin minimal müddəti qəbul edilir:

$$T = \int_0^T dt = \min ,$$

bu halda [2] -dən fərqli olaraq idarəedici təsirə  $|U| \leq 1$  məhdudluğu qoyulur.

Optimal idarə nəzəriyyəsində bu, maksimal cəldişləmə məsələlərdən olaraq Pontryagin maksimum prinsipinə əsasən effektiv həll olunur. Birinci mərhələdə ilkin yaxınlaşma olaraq, dempfer momentinin ( $a_2 = 0$ ) və eninə təsirlənmə dolağının zaman sabitinin ( $T'_{fd} = 0$ ) nəzərə alınmaması şərti ilə məsələ həll olunmuşdur. Bu amillər seçilmiş optimallıq kriteriyəsinə qarşılıqlı kompensasiyaedici təsir göstərir. Optimal sistemin faza fəzasının analizindən idarə alqoritmi üçün aşağıdakı ifadələr alınmışdır:

$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= (1 / \sqrt{a_0}) (\theta_0 - \theta) ; Z_2 = - (1 / a_0) S ; \\ Z_2^* &= F(Z_1) ; U = \text{sign} (Z_2^* - Z_2) . \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Burada, ilk iki tənlik dəyişənlərin xətti çevrilməsini, üçüncü tənlik optimal idarəyə qoşulma xəttini, dördüncü tənlik isə struktur sxemi şəkil 1,  $a$ -da göstərilmiş optimal tənzimləyicinin icra orqanını ifadə edir;  $a_0 = a_3 U_{fqM}$ .

Analiz nəticəsində məlum olmuşdur ki,

$$a_0 \theta_0 / a_3 U_{fqM} \leq 2 \quad (3)$$

şərti yerinə yetirilərkən keçid prosesi aperiodik xarakterdə olur və keçid müddəti

$$T_{opt} \leq 0,5 T_0 = \pi / \omega_0 ; \omega_0 = \sqrt{a_0} \quad (4)$$

ifadəsi ilə təyin edilir.

(3) ifadəsi eyni zamanda aperiodik prosesin alınması üçün lazım olan  $U_{fqM}$ -in təxmini qiymətini müəyyənləşdirməyə imkan verir:

$$U_{fqM} \geq (a_1 / 2a_3) \theta_0 \quad (5)$$

Analoji üsuldən istifadə edilərək (1) sistemi üçün optimal idarə sintezi yerinə yetirilmişdir.

$$\left. \begin{aligned} Z_1^* &= [(\alpha^2 + \omega^2) / \gamma] \cdot (\theta_0 - \theta) ; \\ Z_2^* &= [(\alpha^2 + \omega^2) / \gamma \omega] \cdot S + (\alpha / \omega) Z_1^* ; \\ \check{Z}_2^* &= F(Z_2^*) ; \\ U &= \text{sign} (\check{Z}_2^* - Z_2^*) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

burada,  $\alpha, \omega, \gamma = f(a_1, \dots, a_5)$ .

Bu halda əvvəlkindən fərqli olaraq, idarə təsirinin qoşulma xətti  $m_c$  yükünün miqdarından



asılı olaraq deformasiya edildiyindən optimal sistemin mövcüdlüğü kəskin çətinləşir.

Digər tərəfdən, müəyyən edilmişdir ki, idarəedici təsir sürüşmə ilə eyni fazada qoşulur. Bu şərait daha sadə alqoritmin hazırlanması üçün istifadə edilmişdir:

$$U_{fq} = U_{fqM} \text{ sign}(S \pm S_0) \quad (7)$$

burada  $S_0$  - qeyri-həssaslıq zonasıdır.

Belə tənzimləyicinin blok-sxemi şəkil 1,*b*-də göstərilmişdir. (6) tənzimləyicisinə nəzərən onun üstünlüyü, tərkibində hesablama qurğusundan ibarət olan (5) funksional çeviricisinin olmamasındadır.

Eninə oxu istiqamətində TAT-ı olan, kəskin dəyişən yüklü və stator gərginliyinin sıçrayışla dəyişməsi sinxron mühərrikin keçid prosesinin tədqiqatı Park-Qorev tənlikləri sistemi ilə analoq-hesablama maşınında aparılmışdır. Sinxron mühərrik üçün eninə-uzununa tiristorlu təsirlənmə sistemi istifadə olunmuşdur [3].

Prokat dəzgağı üçün xarakterik olan təkənla yüklənmə, yukatma ( $m_c = 1,2 \text{ n}\cdot\text{v} ; (1,5 \text{ Mn})$ ), gərginliyin sıçrayışla dəyişməsi zamanı baş verən keçid prosesini əks etdirən osilloqramlar uyğun olaraq şəkil 1, *c, d* -də göstərilmişdir.

Kəskin dəyişən yüklü eninə təsirlənmə dolağı olan sinxron mühərrikin effektiv olmasını, həm də (7) alqoritminə uyğun təsirlənmənin kvazioptimal tənziminin təsdiqi sınağı məqsədi ilə fiziki qurğuda tədqiqat aparılmışdır. Qurğunun blok-sxemi şəkil 2,*a*-də göstərilmişdir. TAT-q tərkibinə H01, H02 sıfır orqanlar, YU1, YU2 impuls gücləndiriciləri daxildir. Bucaq və sürüşmə vericiləri DY və DC həm TAT-q, həm də TAT-d üçün ümumidir.

Şəkil 2-də rezonans qrafikinə yaxın, TAT-q olmayan (*b*) və olan (*c*) mühərriklərin təkənla yüklənmə və yukatma osilloqramları göstərilmişdir.

Aparılmış tədqiqatların nəticələri göstərir ki, (7) alqoritminə uyğun TAT-q həm kəskin dəyişən yük, həm də sıçrayışla dəyişən gərginlik şəraitində optimal keçid prosesinə şərait yaradır. Beləki, davamlı sinxron yellənmələr, hətta bəzi hallarda dayanıqlığın pozulması zamanı aperiodik prosesini təmin edir.

## NƏTİCƏ

Rezonans xarakterli dəyişən yük şəraitində sinxron maşının eninə ox istiqamətində təsirlənməsinin optimal idarə olunma qanununun sintez metodikası işlənmişdir. Aperiodik keçid prosesinin alınmasına uyğun şərtlər və parametrlər təyin edilmişdir. Kvazioptimal idarə olunma qanunu işlənmiş və praktiki olaraq həyata keçirilmişdir.

---

1. A.I.Abdulkadirov. Effective mode excitation control of synchronous machine for suppressing its hunting. Abstract of the Third Baku International Congress of Energy, Ecology, Economy, Baku, 1995.

2. Расулов М.М., Мустафаев Р.И., Абдулкадыров А.И. Квазиоптимальное управление синхронным двигателем с продольно-поперечным возбуждением. // Энергетика – 1976, №10 (изв. высш. учебн. заведений).

3. А.С.СССР № 556540. Статический возбудитель синхронного электродвигателя с продольно-поперечным возбуждением. /А.И.Абдулкадыров, М.М.Расулов. // Бюлл. изобр., 1977, № 6.

## **ПРИ РЕЗОНАНСНОМ ХАРАКТЕРЕ ИЗМЕНЕНИИ НАГРУЗКИ**

**АБДУЛКАДЫРОВ А.И., МУСТАФАЕВ Р.И.**

Разработана методика синтеза оптимального закона управления возбуждением в поперечной оси синхронной машины при резонансном характере изменения нагрузки. Определены условия и параметры, при которых достигается апериодический переходный процесс. Разработан и практически реализован квазиоптимальный закон управления возбуждением синхронной машины.

## **DAMPING OF OSCILLATIONS OF SYNCHRONOUS MACHINES UNDER RESONANCE CHARACTER CHANGING OF LOAD**

**ABDULKADIROV A.I., MUSTAFAYEV R.I.**

There has been worked out a method of synthesis of optimal control law by excitation in quadrature axis of synchronous machine under resonance character changing of load.

There have been found out conditions and operation factors under which aperiodic transient process is achieved.

There has been worked out and practically implemented quasi - optimal control law by excitation of synchronous machine.