

## TƏBİƏT VƏ TEXNİKA ELMLƏRİ BÖLMƏSİ

UOT 621.314.015

TƏNZİMLƏNƏN ASINXRON MÜHƏRRİKİN DAYANIQLI İŞİNDƏ  
OPTİMALLAŞDIRMA MƏSƏLƏLƏRİN HƏLL OLUNMASI**Eldar Mehdi oğlu Fərhadzadə***texnika elmləri doktoru, professor**Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti***Səadət Yaşar qızı Şıxəliyeva***Mingəçevir Dövlət Universiteti***Xülasə**

Məqalədə tənzimlənən ikirotorlu asinxron mühərrikin layihəsi zamanı qarşılaşacaq mürəkkəb məsələlərin həlli üsulları və onların mühərrikin optimal iş rejimlərinin yaradılması üçün faydalığı, mühərrikin müxtəlif rejimlərdə: uzun müddətli, qısa müddətli, təkrar qısa müddətli və əsasən tormozlama rejimlərində işçi xarakteristikalarının maşının dayanıqlı işində rolu haqda məlumat verilmişdir.

**Açar sözlər:** asinxron mühərrik, tənzimlənən, müqavimət, əlavə müqavimət, optimal həll, ikirotorlu, Qradyent metodu, işçi rejim

**Giriş**

Sadə konstruksiyasına baxmayaraq tənzimlənən ikirotorlu asinxron mühərrikin layihəsi zamanı bir çox mürəkkəb və təzadlı məsələlər həll olunmalıdır, işçi xarakteristikalarının, texniki-iqtisadi göstəricilərin dəqiq təminatı yaradılmalıdır. Hər bir elektrik maşının layihəsi və hesabı üçün ilkin verilənlərin və həndəsi ölçülərin maqnit, elektrik, istilik və mexaniki parametrlərlə funksional asılılıqları tətbiq olunmalıdır. Adətən parametrləri əlaqələndirən ifadələr mürəkkəb və çox sayda ikinci dərəcəli parametrlərlə əlaqələri əhatə edir. Bu əlaqələrin sadələşdirilməsi üçün alınmış əsas ifadələr üzərində bir sıra çevirmələr aparmaq lazım gəlir. Bununla əlaqədar olaraq, ilkin verilənlərlə və həndəsi ölçülər arasında əsas sabit funksional asılılıqlar qurmaq zərriyyəti yaranır.

**Aktuallığı**

Qısa qapanmış asinxron mühərrikin sabit verilənləri, parametrləri arasında funksional əlaqələr nəticə olaraq, aşağıdakıları əldə etmək imkanı vardır [1, 2]:

- əsas parametrlərin daha əsaslı seçimini aparmaq;
- ayrı-ayrı istilik və elektromaqnit hesabatlardan ümumi məsələ həllinə keçmə imkanı;
- əmək tələb edən ardıcıl yaxınlaşma metodlarla hesabat vasitələrindən kənarlaşmaq;
- subyektiv faktorların təsirlərini minimuma endirmək;
- ilkin layihə pillələrində AM-in əsas parametrlərini qiymətləndirmək;
- tənzimlənən yeni konstruksiyalı ikirotorlu AM-in optimallaşdırılmasının əsasını yaratmaq.

**Məsələnin qoyuluşu və məqsədi**

Optimallaşdırma prosesi, əsasən, dəyişənlərə və optimallaşdırma kriteriyalarına məhdudiyyətlərin seçimindən başlayır. Bu da öz növbəsində verilən konstruksiyanın layihəsində bəzi xüsusiyyətlərin qabarılmasını tələb edir [3; 4].

Fırlanan mexanizmlərin idarəedilməsində iştirak edən qısaqapanmış ikirotorlu asinxron mühərrik üçün əsas xüsusiyyətləri aşağıdakıları göstərmək olar:

- tənzimlənmə diapazonunun genişlənməsi zamanı mühərrikin güc saxlama imkanı;

- mühərrikin dinamik iş rejimlərində (tormozlanma və təkrar qısamüddətli) lazımi xarakteristikaların normalara uyğun olması;

- statik yük rejimində isə mühərrikin maksimum uzunmüddətli iş rejiminin əldə edilməsi.

Asinxron maşının optimallaşdırılması zamanı optimallaşdırılma kriteriyaları kimi aşağıdakılar qəbul olunur:

1. Yükdən asılı olmayaraq cərəyanın maksimum stabil saxlanması.

2. Kütlənin, dəyərin, qabarit ölçülərin, güc itkilərinin minimum olması.

3. Maşının bütün işçi rejimlərində soyutma sisteminin, statik xarakteristikanın xəttiliyinin, istismar etibarlığının maksimum olması.

Optimal parametrik layihə zamanı bu və ya digər kriteriyanın seçimi ən əsas müəyyən məsələ həllində maşına qoyulan tələblərdən asılıdır [5; 6].

Ümumilikdə optimal parametrik layihə üçün məsələnin qoyuluşu aşağıdakı kimi olar: qabaqcadan ekspert qiymətləndirmənin analizi nəticəsində seçilmiş kriteriyalar üçün optimal dəyişən parametrlər  $(a_1^*, a_2^*, \dots, a_n^*)$  çoxluğunun  $a^*$  optimum nöqtəsini tapmaq tələb olunur. Bu nöqtə  $D_a$ -nın,  $M$ -in,  $J$ -nin buraxılabilən hədlərdə maksimum və minimum qiymətlərində müəyyən olunur. Çoxluq optimal nöqtəsinin həll oblastında və  $J\{a^*(r_2^*), a^*(M), a^*(D_a)\}$  -nin (maksimal və minimal) optimallıq kriteriya qiymətini müəyyən edir. Belə olduqda vacibdir ki,

$J\{a^*(r_2^*), a^*(M), a^*(D_a)\} = \text{optimal}; J \in [J_{\min}, J_{\max}]$ .

$M\{a^*(s_{kr}), a^*(D_a), a^*(J)\} = \text{optimal}; M \in [M_{\min}, M_{\max}]$ .

$D_a\{a^*(J), a^*(r_2^*), a^*(M)\} = \text{optimal}; D_a \in [D_{a \min}, D_{a \max}]$ .

$J \in [J_{\min}, J_{\max}], M \in [M_{\min}, M_{\max}], D_a \in [D_{a \min}, D_{a \max}]$  – giriş parametrlərin minimal və maksimal qiymətləridir.

### Məsələnin həlli

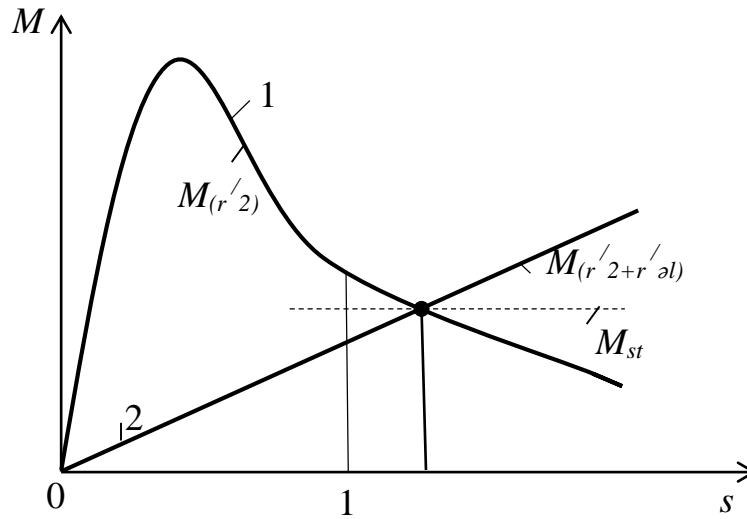
Yuxarıda qeyd olunan məsələnin optimal həlli qeyri-xətti riyazi proqramlaşdırmanın əsas predmeti sayılır. Bu məsələnin həllində bir çox metodlardan istifadə etmək olar: Qauss-Zeydel, Pozenbrok, Huk, Civs və b. Ancaq Qradiyent metodu mühərrikin optimallaşdırılmasında daha səmərəli və effektiv olar. Qradiyent metodu tez və az müddət tələb edən, lokal optimal nəticə əldə etmək imkanına malik methoddur. Bildiyimiz kimi, qeyri-xətti riyazi metodlar klasifikasiyasının əsasını - informasiya və optimal həllin axtarışı təşkil edir. Axırının həlli isə optimal kriteriyanın  $J\{a^*(r_2^*), a^*(M), a^*(D_a)\} = \text{optimal}$  ( $r_2^*$ ) dəyişən parametrlərə görə törəməsinin hesablanması ilə nəticələnir [7, 8]. Bu zaman  $r_{qq} \in [r_{qq \min}, r_{qq \max}], r_2 \in [r_{\min}, r_{\max}]$  olur.

Sıfır ardıcılıqlı metodlarda belə törəmənin hesablanması tələb olunmur və bu metodlara aşağıdakılar: Qaus-Zeydel, təcili kopyalama, paralellər; Rozenbrok, Huk və Civs, relaksasiya və təsadüf axtarışı. Birinci ardıcılıqdakı metod ilk törəmələrin hesablanmasına əsaslanır. Onlar içərisində ən geniş yayılan Qradiyent metodu – qoşalaşmış qradiyentlərin tez aşağı enməsi, Polak metodu və qradiyent vektorun proyeksiyası. İkinci ardıcılıqlı metodlarda parametrlər üzrə kriteriyaların ikinci törəmələrini hesablamaq lazım gəlir. Sadalanan metodlar əksərən Nyuton metodunun müxtəlif növləri sayılır. Qeyd etmək lazımdır ki, qradiyent vektorun proyeksiyası metodu şərti parametrik optimallaşdırma məsələlərin həllində istifadə olunur. Digər metodlar şərtsiz parametrik optimallaşdırma məsələlərin həlli üçün tətbiq olunur. Lakin sonuncuların ilkin məsələlərə gətirilə bilərlər. Belə bir dəyişkənlik üçün təcrübədə, adətən, cərimə funksiyalar metodundan istifadə edilir [9].

Qradiyent metodu qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərrikin optimallaşdırma məsələlərin həllində daha effektivdir. Qradiyent metodu – lokal optimum axtarışı metodu sayılır. Qradiyent metodun stratejiyası daha tez bir zamanda optimum həllin axtarışına əsaslanır. Ancaq həssaslıq analizi qradiyent axtarışının istiqamətinin təyin edilməsində bütün addımlarda özünü doğrultmur. Əsasən, optimallaşdırma kriteriyasının kiçik qiymətlərinə ilkin yaxınlaşma nöqtəsində, yəni  $r_n, M_n, D_n$  – nöqtəsində, nəin ki,  $r_{n-1}, M_{n-1}, D_{n-1}$  nöqtəsində. Bu halda  $(n+1)$ -ci axtarış addımı yuxarıda qeyd olunan ifadəyə uyğun təyin ediləcək [10].

Tənzimlənən ikirotorlu AM-in effektivliyi fırlanan mexanizmlərin iş rejimlərindən asılı olaraq, dayanıqlığını stabill saxlamaq qabiliyyətində olmasıdır. Bu növ mühərrik mexanizmin müxtəlif rejimləri üçün hesablanıb. Yəni hər bir işçi rejimdə (uzun müddətli, qısa müddətli, təkrar qısa müddətli, tormoz) maşın dayanıqlı vəziyyətdə işləməlidir. Ancaq müəyyən hallarda mühərrikin faydalılığı daha yüksək göstəricilərə əsaslanır. Məsələn, mühərrik tormozlama rejimində ( $s > 1$  halında) eyni ilə reversləmə rejimində olduğu sxem üzrə idarə olunur. Maşının tormoz rejiminə keçməsi üçün fırlanan sahənin istiqamətini dəyişmək lazım gəlir. Əgər tormoz rejimi tez bir zaman müddətində mühərrikin dayanması üçün tətbiq edilərsə, onda bu rejimin dayanıqlı olmasının əhəmiyyəti heç də böyük deyil. Müəyyən hallar olur ki, maşın uzun müddət tormoz rejimində işləməli olmalıdır (məsələn, işçi mexanizm qaldırıcı kran olduqda). Bu zaman AM-inin işinin mütləq dayanıqlı olması üçün rotor dövrəsində əlavə aktiv müqavimətin olması mütləqdir.

Şək. 1-də  $M=f(s)$  əyriləri təsvir olunmuşdur: 1 – rotor dolağının adi  $r_2'$  müqaviməti olan halı, 2 – rotor dövrəsində  $(r_2' + r_{\partial l})$  əlavə müqavimətin (stator dolağına gətirilmiş) olması halı; burada qaldırıcı kranın  $M_{st}=f(s)$  əyrisi də göstərilib. Belə ki,  $r_2'$ -in böyük qiymətlərində  $M=f(s)$  asıllığı tormoz rejimində dayanıqlı olar və  $(dM_{st})/ds < dM/ds$  olar. Beləliklə, mühərrikin tormoz rejimində dayanıqlı iş rejiminin olması üçün böyük müqavimətli  $r_{\partial l}$  əlavə olunmalıdır. Bunun nəticəsi olaraq, rotorun və statorun dolağında cərəyanın qiyməti aşağı düşəcəkdir, mühərrikin işçi göstəriciləri yüksək olacaqdır.



Şəkil 1. Tormoz rejimində maşının dayanıqlı işi

### Nəticə

Maşının işə düşmə xarakteristikalarının xüsusiyyətlərini bilərək, yenə də yeni konstruksiyanın effektivliyini müəyyən etmək olar. Qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərriklərin işə düşmə göstəriciləri (yüksək momentin və kiçik cərəyanların olması) təqdim olunan AM-i qısa müddətli və təkrar qısa müddətli rejimlərdə işləməsinə tövsiyə edir. Uzun müddətli rejimdə bir az yüksək aktiv müqavimətli qısa qapayıcının hesabına güc itkilərin  $\Delta P_2$ -nin artması və artıq qızmaların yaranması bu tipli mühərrik üçün nöqsan sayıla bilər. Lakin mühərrikin daxilində ikinci rotor hesabına daimi yüksək səviyyəli ventilyasiyanın (soyutma sisteminin) olması bu nöqsanı aradan qaldırır və mühərrikin işini etibarlı və dayanıqlı edir.

Beləliklə, yuxarıdakı araşdırmalar əsasında yeni konstruksiyalı maşın müxtəlif rejimlərdə işləməsinə və qısa qapanmış AM-in işçi imkanlarının artmasını sübut edir və faydalılığını artırır.



### İstifadə edilmiş ədəbiyyat

1. Беспалов В.Я., Мощинский Ю.А., Цуканов В.И. Упрощенная математическая модель нестационарного нагрева и охлаждения обмотки статора асинхронного двигателя. М.: Электричество, 2003, №4, с.21-26
2. Борисенко А.И., Костиков О.Н., Яковлев А.И. Охлаждение промышленных электрических машин. М.: Энергоатомиздат, 1983, 296 с.
3. Гольдберг О.Д. Испытания электрических машин. М.: Высшая школа, 2000, 255 с.
4. Изосимов Д.Б., Макаров Л.Н. Способ оптимального частотного управления асинхронным двигателем. Патент, № H02P27/04, 2010
5. Кобелев А.С. Интеллектуальная полная расчетная подсистема проектирования асинхронных машин // Изв. вузов. Машиностроение, 2012, №14, с.24-33
6. Копылов Н.П. Электрические машины. М.: Высшая школа, 2004, 607 с.
7. Муравьева О.О., Тютева П.В. Совершенствование асинхронных двигателей для регулируемого электропривода // Известия Томского политех.ун-та, 2007, №2, с.177-181
8. ГОСТ РФ 51677-2000. Машины электрические асинхронные мощностью от 1 до 400 кВт включительно. Двигатели. Показатели эффективности. М.: Изд-во стандартов, 2001, 4 с.
9. Muraviev O., Muravieva O. Induction variable speed drive as the basis of efficient energy saving // The 8th Russian-Korean Intern. Symp. Science and Technology KORUS 2004. - Tomsk: TPU, 2004.
10. P. Pillay, Senior Member, IEEE, and V. Levin. Mathematical models for induction machine // IEEE 1995, Department of Electrical Engineering University of New Orleans, New Orleans, pp.606-610

**Farhadzadeh E. M.**

*Doctor of Technics, professor  
Azerbaijan State Oil and Industry University*

**Shikhalieva S. Y.**

*Mingachevir State University*

### Solving optimization problems in the stable operation of a regulated induction motor

#### Abstract

*This article provides information on how to solve complex problems arising in the design of a variable two-rotor asynchronous motor, and their usefulness for creating optimal engine operating modes, the role of engine characteristics in the stable operation of the machine in various modes: long-term, short-term, repetitive short-term and in mainly when braking.*

**Keywords:** *asynchronous motor, adjustable, resistance, additional resistance, optimal solution, two-rotor, Gradient method, operating mode.*

**Фархадзаде Э. М.**

*доктор технических наук, профессор  
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности*

**Шихалиева С. Я.**

*Мингячевирский государственный университет*

### Решение задач оптимизации стабильной работы регулируемого асинхронного двигателя

#### Резюме

*В статье представлена информация о том, как решать сложные проблемы, возникающие при проектировании регулируемого двухроторного асинхронного двигателя, и их полезность для создания оптимальных режимов работы двигателя, роль характеристик двигателя в стабильной работе машины в различных режимах: длительном, кратковременном, повторяющемся кратковременном и в основном при торможении.*

**Ключевые слова:** *асинхронный двигатель, регулируемый, сопротивление, добавочное сопротивление, оптимальное решение, двухроторный, метод Градиента, рабочий режим.*