



## QUALITY CONTROL OF ELECTROTECHNICAL MATERIALS USED IN ELECTRICAL MACHINES AND ELECTROMECHANICAL DEVICES

### ABSTRACT

The paper has dealt with quality monitoring of electro-technical materials while mass production of the electromechanical units. The indirect technique to materials quality monitoring is proposed for their reliability resources saving.

**Keywords:** Electrical machines, electrotechnical, electrical insulating, electromechanical

### ELEKTRİK MAŞINLARINDA VƏ ELEKTROMEXANİKİ QURĞULARDA İSTİFADƏ OLUNAN ELEKTROTEHNİKİ MATERİALLARIN KEYFİYYƏTİNƏ NƏZARƏT

### КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЗУЕМЫХ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИ УСТРОЙСТВАХ

### РЕЗЮМЕ

### XÜLASƏ

Məqalədə elektrik maşınqayırma sənayesində istifadə edilən elektrotexniki materialların keyfiyyətinə nəzarət üsulu və vasitələri təhlil edilmişdir. Nəticə olaraq materialların bir sıra nəzarət və sınaq prosedurlarının dolayı yolla aparılaraq məmulatların etibarlılıq resurslarının qorunması təklif edilmişdir.

**Açar sözlər:** Elektrik maşınları, elektrotexniki, elektrik izolyasiyası, elektromexaniki

В статье рассматриваются методы и средства контроля качества электротехнических материалов, используемых при производстве электромеханических изделий массового назначения. Предлагается новый подход, заключающийся в косвенном контроле параметров материалов с целью сбережения ресурса их надежности.

**Ключевые слова:** электрические машины, электрооборудование, электроизоляция, электромеханика

Elektrik maşınlarında və elektrik təchizatı sistemlərində elektrik cərəyanını keçirməyən (yəni böyük cərəyan müqavimətinə malik) dielektrik xüsusiyyətlərinə malik olan materiallardan istifadə olunur. Bu materiallar elektrik maşınlarının elektrik cərəyanı daşıyan hissələrinin izolyasiyası üçün istifadə olunur. Elektrik izolyasiya materialları yalnız cərəyan daşıyan hissələri ayırmaq üçün deyil, həm də elektrik cərəyanının təhlükəli təsirlərindən qorunmaq üçün nəzərdə tutulub.

Elektrik izolyasiya materialları sənayenin bütün sahələrində maşınqayırma, elektroenergetikada, radiotexnikada, bütün elektrik şəbəkələrində geniş tətbiq olunur. Elektrik avadanlıqlarının normal işləməsi və ya elektrik təchizatı sisteminin təhlükəsizliyi əsasən onlarda izolyasiya materialı kimi istifadə olunan dielektrlərdən asılıdır. Elektrik izolyasiyası üçün nəzərdə tutulan materialın bəzi parametrləri onların keyfiyyətini və imkanlarını müəyyənləşdirir.

İzolyasiya materiallarının istifadəsi ilk növbədə elektrik avadanlıqlarının təhlükəsizliyini təmin etməlidir. İzolyasiyanın bütövlüyü elektrik cərəyanının təhlükəsiz istismarının açarındır. Elektrik avadanlıqlarını zədələnmiş izolyasiya ilə istifadə etmək çox təhlükəlidir. Kiçik bir elektrik cərəyanının sızması həm elektrik qurğularının sıradan çıxmasına, həm də insan tələfatına səbəb ola bilər.

Elektrotexnika sənayesinin mühüm istiqamətlərindən biri elektrotexniki materialların istehsalıdır. Bu proses böyük həcmdə əmək enerjisi və nadir materialların (mis, alüminium, elektrotexniki polad və s.) sərfi ilə bağlıdır. Digər tərəfdən, istehsal olunan elektrotexniki məmulatların (elektrik maşınları, intiqallar, muftalar, turbinlər və s.) əsas səmərəlilik, etibarlılıq və təhlükəsizlik göstəriciləri bilavasitə elektrik maşınlarının keyfiyyətindən asılıdır.

Müasir elektrotexnika sənayesinin mühüm sahələrindən biri elektrik maşınqayırmasıdır. Belə ki, bu sahə geniş tətbiq dairəsinə və çoxsaylı istehlakçılara malik olan elektromexaniki qurğuların (elektrik maşınları, nasoslar, muftalar və s. bu kimi elektrik və mexaniki enerjilərin bir-birinə çevrilməsini təmin edən məmulatlar) kütləvi istehsalını həyata keçirir [1].

Elektrik maşınları mürəkkəb (çoxelementli, hərəkət edən hissələri olan) quruluşa malik olmaqla kütləvi istehsal zamanı müxtəlif növ materialların və əlvan metalların (naqillər, elektrotexniki polad, izolyasiya və hopdurucu materiallar, elektriki kontakt materialları, fırçalar və s.) külli miqdarda istifadəsini tələb edir. İstifadə edilən elektrotexniki materiallar bir tərəfdən onların istehsalı çərçivəsində müvafiq keyfiyyət və səmərəlilik göstəricilərinə malik olmalıdır. Eyni zamanda, digər tərəfdən istifadə olunduqları elektromexaniki qurğuların iş rejimləri və hazırlanma texnologiyasının tələblərinə cavab verməlidir.

Elektromexaniki qurğularda istifadə olunan elektrotexniki materialların keyfiyyətinə nəzarət üç mərhələdə həyata keçirilməlidir:

- 1) materialların istehsalı prosesində;

- 2) elektromexaniki qurğuların istehsalında;
- 3) elektromexaniki qurğuların istismarında.

Qeyd olunan üç mərhələ həm zaman, həm də məkan baxımından bir-birindən ayrıdır. Ona görə də onlarla həyata keçirilən keyfiyyətə nəzarət üsul vasitələri də bir-birindən fərqlənir [1].

Elektromexaniki materialların istehsalında keyfiyyətə nəzarət və onun idarə edilməsi üsul və vasitələri (digər istehsal sahələri kimi) kifayət qədər işlənmişdir və inkişaf etməkdədir.

Elektromexaniki qurğuların istehsalında istifadə edilən elektrotexniki materialların keyfiyyətinə nəzarət aşağıdakı mərhələləri əhatə edir:

- 1) giriş nəzarəti, yəni təchizat müəssisəsində alınan materialların keyfiyyətinin ilkin yoxlanması;
- 2) elektromexaniki qurğuların ayrı-ayrı qovşaqlarının hazırlanması (istehsalı) və yığılması zamanı onların keyfiyyətinə nəzarət prosesində materialların parametrlərinə bilavasitə və ya dolayı nəzarət;
- 3) yığılmış elektromexaniki qurğuların (çıxış məhsulu) keyfiyyət və səmərəlilik göstəricilərinin standartlara və texniki şərtlərə uyğunluğunu təyin etmək məqsədilə keçirilən nəzarət, sınaq və diaqnostika zamanı qurğunun istehsalında istifadə olunmuş elektrotexniki materialların parametrlərinə bilavasitə və ya dolayı nəzarət .

Elektromexaniki qurğuların istismarı prosesində də materialların işçi və rejim parametrlərinə bilavasitə və ya dolayı nəzarət həyata keçirilir. Hal-hazırda bu istiqamətdə yeni yaxınlaşma - sərt qrafiklə profilaktikadan faktiki vəziyyətə görə profilaktikaya keçid daha böyük texniki-iqtisadi səmərə verir [2,3].

Bu məqsədlə elektromexaniki qurğuların istehsalında elektrotexniki materialların keyfiyyətinə nəzarət məsələlərinə baxılır. Bu qoyulmuş elektrotexniki materialların keyfiyyətinə nəzarət və onun idarə edilməsində, məhz, ikinci istiqamətdə (elektromexaniki qurğuların istehsalı prosesində) hələlik həllini tapmamış bir sıra aktual problemlərlə bağlıdır. Belə ki, elektromexaniki qurğuların istehsalı prosesində istifadə olunan materiallar müxtəlif təsirlərə (mexaniki, elektrik, elektromaqnit, istilik və s.) məruz qalır, ona görə də onların parametrləri və xarakteristikalarında nəzərə çarpacaq dəyişikliklər müşahidə olunur. Bu dəyişikliklərə və onların yaratdıqları fəsadlara (defektlərə), eyni zamanda materialların istehsal olunan elektrotexniki məmulatların keyfiyyətinə, etibarlılığına və təhlükəsizliyinə göstərdikləri təsirlərə operativ-texnoloji və statistik nəzarət keyfiyyətinə idarə olunmasının vacib mərhələləridir.

Elektromexaniki qurğuların ən geniş sinfini təşkil edən elektrik maşınlarının istehsalı prosesində aşağıdakı sınaqlar (yoxlamalar) həyata keçirilir [4].

- 1) elektrik izolyasiyasının sınağı;

- 2) dolaqların “soyuq” müqavimətlərinin ölçülməsi;
- 3) dolaqların birləşmə sxemi və sarğacın sayına nəzarət;
- 4) maqnit simmetriyasına nəzarət;
- 5) cərəyənötürmə qovşaqlarına nəzarət;
- 6) yastıqların texniki vəziyyətinə nəzarət.

Yuxarıda göstərilən sınaq-nəzarət işləri adətən yığıma və ya sarıma sexlərinin nəzarət-ölçmə qurğuları tərəfindən müvafiq metodikalar əsasında həyata keçirilir.

Yuxarıda göstərilən sınaq - nəzarət işləri adətən yığıma və ya sarıma sexlərinin nəzarət-ölçmə qurğuları tərəfindən müvafiq metodikalar əsasında həyata keçirilir.

İstehsal prosesində həyata keçirilən sınaqların məqsədi elektrik maşınlarının vacib qovşaqlarının texniki normalara uyğunluğunun yoxlanması və maşının yük altında sınaqlara hazırlanmasıdır. Bu sınaqlar zamanı müvafiq qovşaqların parametrlərinin nominal qiymətlərdən meyletmələri təyin edilir, eləcə də elektrik maşınlarının elektriki, maqnit və mexaniki simmetriyaları (parametrlərin fazlara və qütblərə görə fərqlənməsi) müəyyənləşdirilir. Bu nəticələr elektrik maşınlarının yük altında sınaqlardan alınan nəticələrlə birlikdə istehsal texnologiyasının cari vəziyyətinin qiymətləndirilməsi və onun təkmiləşdirilməsi tədbirlərinin işlənilməsi üçün vacib informasiya hasil etməyə imkan verir.

Yığılmış hər bir elektrik maşını müvafiq standartlara və texniki şərtlərə cavab verməlidir. DÜİST 183-74 fırlanan elektrik maşınlarına güc, gərginlik və tezlik məhdudiyyəti olmadan qoyulan texniki tələbləri müəyyən edir. İstehsal olunmuş elektrik maşınlarının bu standarta uyğunluğunu yoxlamaq üçün onların keyfiyyətinə nəzarət və sınaq işləri aparılır. Ümumi təyinatlı elektrik maşınlarının sınaq proqramı DÜİST 183-74 standartında bu proqram üzrə, ümumi sınaq metodları isə DÜİST 11828-75 standartında müəyyənləşdirilmişdir.

Bu standartlara müvafiq olaraq aşağıdakı sınaqlar həyata keçirilməlidir [4]:

- qəbul sınaqları;
- təhvil-təslim sınaqları;
- periodik (vaxtaşırı) sınaqlar;
- tipik (nümunə) sınaqları.

Sınaq - obyektin kəmiyyət və keyfiyyət xarakteristikalarının eksperiment yolu ilə (ona təsir nəticəsi kimi, onun işlənməsi zamanı, obyektin yaxud təsirin modelləşdirilməsi zamanı) təyin edilməsini nəzərdə tutur.

Qəbul sınağı - təcrübi elektrik maşınlarının nümunəsində aparılmalıdır və bu sınağın nəticəsi maşının istehsalına başlamaq üçün qərar verilməsinə əsasdır.

Təhvil - təslim sınaqlarına kütləvi istehsalda hər bir hazırlanmış maşın məruz qalır. Əgər sınaq nəticələri müsbət olarsa, onda məhsul istehlakçıya göndə-

rilmək üçün yararlı hesab edilir, əks təqdirdə zay məhsul kimi elektrik maşınları diaqnostikadan keçirilməli və onun nasazlığı müəyyən edilib aradan qaldırılmalıdır.

Periodik sınaqlar ayrı-ayrı maşın növlərinə rəğmən texniki şərtlərdə, yaxud standartlarda qoyulmuş müddətdə və proqrama uyğun olaraq aparılır. Periodik sınaqlar tam proqram üzrə aparılmalıdır. Periodik sınaqların nəticələri müvafiq maşın seriyasının gələcək buraxılışı üçün əsasdır.

Tipik sınaqlar elektrik maşınlarının konstruksiyanın, materialın yaxud texnologiyanın dəyişdirilməsi və modernləşdirilməsi zamanı aparılır (əgər bu dəyişikliklər maşının xarakteristikalarına təsir edə bilərsə).

Tipik sınaq proqramına müvafiq parametrlərin yoxlanması daxildir və ona görə də bəzi parametrlər bu zaman dəyişdirilə bilər.

Yuxarıda sadalanan sınaqlar müxtəlif ölkələrdə müvafiq normalar (normativ baza) əsasında həyata keçirilir, lakin bu sınaqların standartları və proqramları arasında ümumi cəhətlər yoxdur.

183-74 standartına uyğun olaraq qəbul sınaqlarının proqramı aşağıdakı mərhələləri əhatə edir:

1) dolaqların izolyasiyasının müqavimətinin (maşının gövdəsinə nəzərən və dolaqlararası) və dolaqların müqavimətinin (sabit cərəyanda və praktiki soyuq vəziyyətdə) ölçülməsi;

2) transformasiya əmsalının təyini (faz rotorlu mühərriklər üçün);

3) dolaqların izolyasiyasının elektriki möhkəmliyə sınaqları (maşının gövdəsinə nəzərən və dolaqlararası), eləcə də statorun və faz rotorunun dolaqlararası izolyasiyasının elektriki möhkəmliyə sınağı;

4) yüksüz işləmə (y.i.) cərəyanı və güc itkilərinin (tələb olunan gücün) təyini;

5) qısa qapanma (q.q.) cərəyanı və güc itkilərinin təyini;

6) maşının artırılmış fırlanma tezliyinə və qızmağa sınaqları;

7) faydalı iş əmsalı (f.i.ə.), güc əmsalı və sürüşmənin təyini;

8) izafı cərəyana görə qısa müddətli sınaq;

9) işəsalma maksimal və minimal fırlanma momentlərinin, eləcə də işəsalma fırlanma momentinin və cərəyanın (qısa qapanmış rotorlu mühərriklər üçün) təyini;

10) vibrasiya və küylərin ölçülməsi.

Təhvil - təslim sınaqlarının həyata keçirilməsində çox vaxt tələb edən və kütləvi sınaqların aparılması baxımından mürəkkəb olan mərhələlər dolayı yolla aparılır. Buna misal olaraq, elektrik maşınlarının nominal parametrlərinin (f.i.ə., güc əmsalı,  $M_{max}$ ,  $M_{min}$ ,  $M_i$ ,  $I_i$ ) y.i. (yüksüz işləmə) və q.q. (qısaqapanma) (5 və 6 mərhələləri) sınaqlarında alınan nəticələr əsasında dolayı yolla təyini və nəza-

rətini göstərmək olar [5].

Təhvil - təslim sınaqlarında maşının bir sıra əsas göstəriciləri: fırlanan hissələrin mexaniki möhkəmliyi, izolyasiya müqaviməti və onun elektrik möhkəmliyi, maşının işçi xarakteristikaları yoxlanılır. Bu proqram qəbul sınaqları proqramına nisbətən sadədir, lakin onun hər bir istehsal olunan maşına tətbiqi əmək, vaxt və texniki vasitələrin şərti nöqtəyi-nəzərindən daha mürəkkəb və tutumlu olmasına gətirir.

Statistik məlumatlar göstərir ki, bu sınaqların əmək və vaxt tutumu elektrik maşınlarının istehsalına sərf olunan ümumi əmək və vaxt məsrəflərinin təxminən 13 %-ni təşkil edir [6]. Ona görə də elektrik maşınlarının istehsalı proseslərinin avtomatlaşdırılması istiqamətində təhvil-təslim sınaqlarının avtomatlaşdırılması ön plana çəkilir. Normal olaraq bir elektrik maşınlarının təhvil-təslim sınaqlarına maşının tipindən asılı olaraq (3-35) saat vaxt tələb olunur. Təhvil - təslim sınaqlarının avtomatlaşdırılması hesabına belə vaxt sərfini 15 dəqiqəyə endirmək mümkün olmuşdur [6].

Bütün maşın növləri üçün qəbul edilmiş DÜİST 11828-75 standartı uyğun olaraq elektrik maşınlarının istehsalında elektrotexniki materialların sınaq üsulları və vasitələri cədvəldə ümumiləşdirilmişdir.

### Elektrik maşınlarının istehsalında elektrotexniki materialların sınaqları

Sınaq obyektı	Ölçmə üsulu nəzarət	Nəzarət həddi	Əlavə şərtər
Dolaqların izolyasiyasının müqaviməti $R_i$	Ampermetr-voltmetr üsulu	$R_i > R_{i\min} - U_{nom} / (1000 + P_{nom} / 100)$ $P_{nom}$ - EM-in nominal gücü	Sabit $U_{nom}$ gərginliyi tətbiq etməklə
İzolyasiyanın möhkəmliyi	İzolyasiyanın deşilməsinə nəzarət	$I_{s\max} = U_{sin} / R_{i\min} < I_{sc.h.}$ $I_{sc.h.}$ - sızma cərəyanının həddi	Tezliyi 50Hz olan praktiki sinisoidal gərginlik $U_{sin}$ altında, 1 dəq. müddətində
Qonşu (iç-içə) dolaqlar arasında izolyasiyanın möhkəmliyi	İzolyasiyanın deşilməsinə nəzarət	$I_{s\max} = U_{sin} / R_{i\min} < I_{sc.h.}$ $I_{sc.h.}$ - sızma cərəyanının həddi	q. q. rejimində artırılmış (1,3-1,5) $U_{nom}$ gərginlik altında, 3-5 dəq. müddətində
Dolaq müqaviməti	Ampermetr-voltmetr üsulu	Hesabat qiyməti ilə müqayisə	Praktiki "soyuq" vəziyyətdə və sabit cərəyana görə

Kütləvi istehsalda gücü 15 kVt-a qədər, nominal gərginliyi 600 V olan mühərriklər üçün təhvil-təslim sınaqlar konveyerində yuxarıdakı sınaqları qısamüddətli sınaqlarla əvəz etmək olar və bunun üçün proqramına müəyyən təshih-

lər verilir.

Elektrotexniki materialların konstraksiyasında yüksək elektriki və mexaniki yükə məruz qalan, yəni daha ağır iş şəraitinə malik olan izolyasiyalar dolaqların pazardan çıxan yerlərində dolaq və gövdə izolyasiyalarıdır. Ona görə də elektrotexniki materialların izolyasiyası monolit olmalıdır. Bu isə elektroizolyasiya materiallarının və konstruksiyaların hazırlanma texnologiyasının səmərəliliyini artırmaqla əldə olunur [1].

Elektromexaniki məmulatların istehsalında elektrotexniki materialların izolyasiyalarının sınaqlarının mövcud üsul və vasitələrinin aşağıdakı nöqsanlarını qeyd etmək lazımdır:

- sınaqların ekstremal şəraitdə (yüksüz gərginliklər, cərəyanlar, izafi yükləmələr və s.) keçirilməsi, ona görə də həm izolə olunan məlumatların, həm də izolyasiya materiallarının işçi və etibarlılıq resurslarının (ehtiyatlarının) azaldılması;

- istər yerli nəzarət (elektrotexniki materialların istehsalı prosesində), istərsə də yığılmış maşınların sınaqları prosesində yalnız birtərəfli məhdudiyətə əsaslanan normalardan istifadə olunması (“normadır” və ya ”normaya uyğun deyil”), ona görə də nəzarət olunan parametrlər barədə miqdarı informasiyanın toplanmaması:

- yerli nəzarətdə və hazır məhsulun sənaye sınaqlarında əldə oluna biləcək, keyfiyyətə nəzarət və onun idarəedilməsi baxımından vacib olan statistik məlumatın yığılmaması və onların arasında korrelyasiyanın qiymətləndirilməməsi;

- giriş nəzarətinin aparılmaması və ya bu nəzarət aparıldıqda belə ondan səmərəli istifadə olunmaması.

Göstərilən nöqsanları aradan qaldırmaq üçün ekstremal şərait tələb edən və ona görə də sınaq obyektlərinin (məmulatlar və onların hazırlanmasında istifadə edilən elektrotexniki materiallar) işçi və etibarlılıq resurslarına əsaslı təsir edən mövcud sınaq üsullarının ekstremal şərait tələb etməyən bilavasitə və ya dolayı üsullarla əvəz olunması istiqamətində tədqiqatların aparılması aktual elmi - texniki və texnoloji problemdir.

### **Ədəbiyyat:**

1. Rüstəмова D.F. Elektrik maşınlarının istehsalında elektrotexniki materialların keyfiyyətinə nəzarət üsul və vasitələri. AzTu //Elmi əsərlər №2, cild V(18) Bakı-2006
2. Барков А.В., Баркова Н.А., Азовцев А.Ю. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. –Санкт-Петербург: 2000, 159 с.
3. Баркова Н.А. Введение в виброакустическую диагностику роторных

- машин и оборудования. –Санкт-Петербург: 2003, 160 с.
4. Коварский Е.М., Янко Ю.И. Испытание электрических машин., М.: «Энергоатомиздат», 1990, 320 с.
  5. Гольдберг О.Д., Абдуллаев И.М., Абиев А.Н. Автоматизация контроля параметров и диагностика асинхронных двигателей, М.: «Энергоатомиздат», 1991, 160 с.
  6. Гольдберго Д. Испытания электрических машин., М.: «Высшая школа», 1990, 255 с.