

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
İDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİ İNSTİTUTU

Əlyazması hüququnda

MEHDİZADƏ ELNAR KAMRAN OĞLU

İNFORMASIYA - ÖLÇMƏ SİSTEMLƏRİNDƏ
KƏSİLMƏZ SİQNALLARIN ÖLÇMƏ DƏQİQLİYİNİN
YÜKSƏLDİLMƏSİNİN KOMBİNASİYALI
TEST ÜSULUNUN İŞLƏNMƏSİ

3337.01 – İnformasiya-ölçmə və idarəetmə sistemləri

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı - 2015

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının İdarəetmə Sistemləri İnstitutunda yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbər:

Texnika elmləri doktoru, professor:

R.Q.Məmmədov

Elmi məsləhətçi:

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent:

M.M.İsayev

Rəsmi opponentlər:

AMEA-nın müxbir üzvü,

Əməkdar elm xadimi,

texnika elmləri doktoru, professor

F.İ.Məmmədov

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent

L.V.Məmmədov

Aparıcı təşkilat:

“Neftqazavtomat”

Elmi İstehsalat Müəssisəsi

Dissertasiya işinin müdafiəsi 18 sentyabr 2015-ci il tarixdə saat 13⁰⁰-da AMEA İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən D.01.121 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: Az1141, Bakı şəhəri, B.Vahabzadə küçəsi 9.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat 25 iyun 2015-ci il tarixdə göndərilmişdir.

D 01.121 Dissertasiya şurasının elmi katibi,
riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru, dosent

Ə.B.Paşayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. XXI əsr insanların həyatına informasiya və kommunikasiya texnologiyaları (İKT) əsri kimi daxil olmuşdur. Internet, multimediyə sistemləri, kompüter texnikası və s. məişətimizin ayrılmaz məşğuliyyətinə çevrilmişdir. Bütün dünya xalqları yaşadıkları ünvandan yer kürəsinin istənilən nöqtəsi ilə mobil və multi rabitə yaradaraq çox asanlıqla bir-biri ilə informasiya əlaqəsinə girirlər. İndi orta məktəb şagirdlərindən başlamış yaşlı nəslə kimi bütün insanlar İKT qurğularının imkanlarından peşəkarlıqla istifadə edirlər. Göründüyü kimi İKT-nin təsir dairəsi günü-gündən genişlənir.

Belə bir zamanda bütün istehsal sahələrində İKT-nin tətbiqi ən müasir elmi-nəzəri eksperimentlərin nəticəsi sayəsində reallığa çevrilmişdir. Yüksək ölçmə nəticələri əldə etmək üçün istifadə edilən bütün element və qurğuların, xüsusən də ölçmə üsul və vasitələrinin üzərinə, onların metroloji xarakteristikalarına olduqca sərt tələblər qoyulur. Digər tərəfdən, mövcud klassik üsul və vasitələrin mənəvi-texnoloji cəhətdən kifayət qədər köhnəməsi, müasir texnologiyalarla uzlaşmaması, yüksək dəqiqliyə və effektivə malik olmaması, qabarit ölçülərinin, qiymətinin və sərf etdiyi enerjinin böyük olması, istismar xarakteristikalarının qeyri-stabilliyi, ətraf mühitin təsirlərinə dayanıqlı olmamaları və s. çoxsaylı çatışmazlıqların aradan qaldırılması üçün daha mükəmməl texnologiyalar və üsullar əsasında tamamilə yeni strukturlu informasiya-ölçmə sistemlərinin və qovşaqlarının layihələndirilməsi aktual məsələdir.

Dissertasiya işində məhz, informasiya daşıyıcısı timsalında ilkin ölçmə sistemlərinin kəsilməz çıxış siqnallarının qiymətlərinin yüksək dəqiqliklə ölçülməsinə test üsulunun tətbiqi, optimal test kombinasiyalarının işlənməsi ilə bütün mümkün xəta təşkiledicilərinin təshih edilməsi məsələlərinin həllinə baxılmış, mükəmməl riyazi baza əsasında yüksək ölçmə dəqiqliyi təmin edilmişdir.

Əsasən, səhra-çöl şəraitində istismar edilən ölçmə sistemlərində (ÖS) məlum klassik üsulların ödəyə bilmədiyi yüksək ölçmə dəqiqliyini testləşdirilmiş ölçmə ilə əvəz etmək daha effektiv hesab olunur. Bu zaman ölçmə prosesində əlavə informasiya əldə edilməklə və xüsusi test alqoritmləri vasitəsilə emalı sayəsində ölçmə nəticələrinin dəqiqliyi xeyli yüksəlir və prosesə fasiləsiz nəzarət olunur. Yuxarıda deyilənlər testləşdirilmiş informasiya-ölçmə sisteminin (İÖS) yaradılması ilə həyata keçirilir.

Dissertasiya işində kütləvi sənaye istehsalı olan ilkin ÖS-ə müdaxilə etmədən onların çıxış xarakteristikalarının qeyri-xəttiliyi işlənməmiş avtomatlaşdırılmış dərəcələmə üsulu ilə müəyyən olunur, ölçmə nəticələrinin (ÖN) dəqiqliyinin yüksəldilməsi məsələsi və xətlər tədqiq edilir.

İşin əsas məqsədi qeyri-xəttiliyi çevirmə funksiyalı (ÇF) ÖS-də ölçmə dəqiqliyinin yüksəldilməsini təmin edəcək sadə additiv, multiplikativ və onların birgə realizasiyasından ibarət kombinasiyalı test alqoritmlərinin, əsas test tənliklərinin və yüksək ölçmə dəqiqliyinə malik testləşdirilmiş İÖS-in işlənməsindən ibarətdir. Tədqiqat işində qarşıya qoyulmuş məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlər qoyulmuş və yerinə yetirilmişdir:

– ölçmə nəticəsinin korrelyasiyalı xətlərinin azaldılması üsullarının analizi;

- qeyri-xətti çevirmə funksiyalı ÖS-in ölçmə dəqiqliyini yüksəldən test alqoritmlərinin işlənməsi;
- kombinasiyalı testlər əsasında reallaşan testləşdirilmiş İÖS-in xətasının təshih edilməsi;
- alqoritmik-test üsullarının ÖS-də reallaşdırılması;
- ölçmə alqoritminin reallaşdığı prosesdə x ölçmə kəmiyyətinin ÖS-in girişindən açılmamasının təmini.

Tədqiqat üsulu: Tədqiqat işi ölçü texnikasının fundamental nəzəri qanunlarına, xətalər nəzəriyyəsinə, ehtimal nəzəriyyəsi və riyazi statistikaya, informasiyanın işlənməsi nəzəriyyəsinə və aparılmış eksperimental işlərin nəticələrinə əsaslanmışdır.

Dissertasiya işində aşağıdakı **əsas elmi yeniliklər** əldə edilmişdir:

- çeviricilərin qeyri-xətti çevirmə funksiyalarının parametrik və struktur identifikasiyası aparılmış;
- qeyri-xətti çevirmə xarakteristikasına malik ÖS-in ÖN-nin yüksəldilməsini həyata keçirən kombinasiyalı test alqoritmləri işlənmis;
- təsadüfi və sistematik xətalərin korelyasiyalı təşkilçilərinin təshihədedici alqoritmləri işlənmis;
- testləşdirilmiş informasiya-ölçmə sistemi və onun ümumi xətasının təshihədedici alqoritmisi işlənmisdir.

İşin praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiya işində işlənmis alqoritmik-test üsulunun və onun əsasında layihələndirilmiş testləşdirilmiş İÖS-in tətbiqi elektrik və qeyri-elektrik kəmiyyətlərinin ölçülməsində, ÇF-nin identifikasiyası və ÖS-in metroloji təminatının və keyfiyyət göstəricilərinin yaxşılaşdırılmasında, kütləvi istehsal olunan vericilərin ÇX-nin yüksək dəqiqliklə avtomatik dərəcələnməsində əhəmiyyətli rol oynaya bilər. İşlənmis üsul və alqoritmlərin realizasiyası ilə yüksək ölçmə dəqiqliyini həyata keçirən ölçmə sisteminin neft, qaz və kimya sənayesinə tətbiqi sayəsində yüksək iqtisadi səmərə əldə etmək olar.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

- ölçmə sistemlərinin qeyri-xətti çevirmə xarakteristikasının parametrik və struktur identifikasiyasını reallaşdıran, onların ölçmə dəqiqliyini yüksəltməyə imkan verən kombinasiyalı test üsulunun işlənməsi və tədqiqi;
- qeyri-xətti ÇX-yə malik ilkin ÖS üçün əsas test tənliklərinin işlənməsi və tədqiqi;
- ÇX-si yüksək tərtibli çoxhədlidən ibarət olan ÖS-in test tənliklərinin sayının iki dəfəyə qədər azaldılması;
- ümumiləşdirilmiş ölçmə xətasının riyazi modelinin işlənməsi və ÖN-nin qiymətləndirilməsi;
- vericilərin kütləvi istehsalı zamanı onların həqiqi ÇF-nin parametrlərini təyin etmək üçün avtomatik dərəcələnmə metodikasının işlənməsi;
- neft və qaz sənayesində kompleks parametrlərə operativ nəzarəti, yüksək ölçmə dəqiqliyini və effektivliyi təmin edən, maye yanacağın kommersiya hesabını yüksək dəqiqliklə həyata keçirən testləşdirilmiş İÖS-in strukturunun və onun əsas test tənliklərinin işlənməsi.

İşin nəticələrinin həyata keçirilməsi və tətbiqi: Dissertasiya işinin əsas elmi nəticələri AMEA-nın İdarəetmə Sistemləri İnstitutunda alınmış və “Sənayeavtomatika” İB-də hazırlanan ölçü cihazlarının və qurğularının stend

yoxlamalarının monitorinqində müvəffəqiyyətlə sınaqdan keçirilmiş, elmi-praktiki nəticələri əks etdirən tətbiq aktı alınmış və neft-qaz sənayesində tətbiq edilməsi tövsiyə edilmişdir.

İşin aprobasiyası: Dissertasiya işinin mövzusu istiqamətində aparılan tədqiqatların nəticələri aşağıdakı elmi-texniki konfranslarda və seminarlarda məruzə edilmişdir: AMEA-nın Aspirantlarının Elmi Konfransı (Bakı, 2009, 2010); AMEA EİM III Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans (Bakı, 2009); VIII Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans (Sofiya, 2012); IX Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans (Sofiya, 2013).

Müəllifin fərdi əməyi: Qeyri-xətti çevirmə xarakteristikasına malik vericilərin kəsilməz çıxış siqnalının ölçmə dəqiqliyinin yüksəldilməsi məqsədilə testləşdirilmiş İÖS-in ümumi strukturu işlənmiş, testlərin optimal kombinasiyaları müəyyən edilmiş və ölçmə xətasının təshihedici alqoritmi işlənmişdir. Alınmış nəticələr müxtəlif sənaye sahələrində geniş tətbiq edilən diferensial təzyiq çeviriciləri (DTÇ) nümunəsində eksperimental yoxlamadan keçirilmişdir.

Nəşrlər: Dissertasiya işinin mövzusunə aid 16 elmi iş, o cümlədən 11 məqalə, 5 konfrans materialı çap edilmişdir.

İşin strukturu və həcmi: Dissertasiya işi girişdən, dörd fəsil, nəticə, ədəbiyyat siyahısı və əlavələrdən ibarət olmaqla 160 səhifədən ibarətdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya mövzusu istiqamətində mövcud problemlər, onların xüsusiyyətləri, çatışmayan cəhətləri, mövzunun aktuallığı, həll üsulları və bu istiqamətdə fəaliyyət göstərən məşhur alimlərin işlərinə istinadlar şərh edilmişdir.

Birinci fəsilə məlum ölçmə üsullarının icmalı verilmiş, ÖS-in və onun elementlərinin metroloji xarakteristikalarının (MX) effektivliyinin artırılmasında alqoritmik-test üsullarının əsas xüsusiyyətləri analiz edilmişdir. İlkin ÖS-nin istismarı zamanı əngəllərin (xətalərin) onun MX-yə təsiri, əlavə informasiyaların toplanması və emalına əsaslanan ÖN-nin dəqiqliyinin yüksəldilməsi yolları, test üsulunun məlum üsullardan fərqi üstünlükləri, çatışmazlığı və s. analiz edilmişdir.

Ölçmə xətasının (ÖX) əsas təşkilədiciləri və korelyasiyalı təşkilədicilərin qiymətləndirilməsi üçün əsas meyarlar, ÖN-nin xətası və onun əsas təşkilədicilərinin təshih məsələsi araşdırılmışdır.

ÖX-nin korelyasiya təşkilədicilərinin azaldılmasının alqoritmik üsullarından hər birinin keyfiyyətə qiymətləndirilməsi üçün kriteriyalar müəyyənləşdirilmişdir. ÖN-nin xətasının korelyasiya olunmuş mürəkkəbələrinin azaldılmasının ən effektiv üsulu kimi nümunəvi ölçmə (NÖ) seçilmişdir. NÖ-lər nəticəsində alınan əlavə informasiya hesabına İÖS-in statik ÇF-nin parametrlərinin cari qiymətlərinin müəyyən edilməsi nəzərdə tutulur.

NÖ üsullarının ən çox istifadə edildiyi sahə elektrik ölçmələridir. Qeyri-elektrik kəmiyyətlərin ölçülməsi zamanı isə çox vaxt NÖ toplusunu yaratmaq çətin olur və əksər hallarda ÖS-in girişindən x ölçmə kəmiyyətinin açılması mümkün olmur. Bunun üçün paralel ölçmə kanalları ilə NÖ-nin və tədqiq edilən x kəmiyyətinin ölçülməsi prosesi həyata keçirilir.

NÖ üsulu ilə yanaşı çox zaman əks çevirmə (ƏÇ) üsullarından da istifadə edilir. ƏÇ üsulları ÖS-in ÇF-nin parametrlərinin real qiymətlərini təyin

etmədən ilkin ÖS-ə dəqiq ƏÇ-in daxil edilməsi hesabına ÖN-nin dəqiqliyini artırmağa imkan verir. ƏÇ üsulları arasında ölçmə nəticələrinin ölçmə kəmiyyətinin həqiqi qiymətinə ardıcıl yaxınlaşma algoritmini reallaşdıran üsul, iterasiya üsulu (IU) effektiv üsul hesab edilir. Lakin, iterasiya üsulunun reallaşdığı İÖS öz növbəsində bir sıra mühüm çatışmazlıqlara malikdir. Bu fəsilə məlum üsulların xüsusiyyətləri müqayisəli təhlil edilmişdir.

İkinci fəsilə İÖS-in ÇF-nin identifikasiyası testləşdirilmiş İÖS-in real ÇF-nin çoxsaylı giriş siqnallarının realizasiyasına görə onun yüksək dəqiqliyə malik riyazi modelinin (RM) qurulması məsələsinə baxılmışdır.

Məlumdur ki, ilkin ÖS-in ÇF-nin ümumi şəkildə RM aşağıdakı kimidir:

$$y = \sum_{i=1}^n a_i x^{i-1}. \quad (1)$$

ÇF-nin a_i parametrlərinin qeyri-stabilliyinin ölçmə dəqiqliyinə təsirini aradan qaldırmaq üçün testləşdirilmiş İÖS-də n sayda əlavə testlərin $A_j(x)$, $j = x, \dots, n$. ölçülmələri nəzərdə tutulur. Bu zaman $(n+1)$ sayda x, a_1, \dots, a_n : məchullarına nəzərən $(n+1)$ sayda tənliklər sistemi yaranır və a_1, \dots, a_n parametrlərinə nəzərən xətti tənliklər sistemi olduğundan Kramer qaydasına görə həll edilir. a_i –nin tapılmış qiymətləri (1) ifadəsində yerinə yazılaraq testləşdirilmiş informasiya-ölçmə sistemi üçün aşağıdakı əsas test tənliyi (ƏTT) alınır:

$$y_0 = \sum_{i=1}^n (-1)^{i+1} \sum_{j=1}^n y_j x^{i-1} \prod_{\substack{\theta \neq j, 1 \leq \theta \leq n, \theta \leq j}} [A_\theta(x) - A_g(x)] \quad (2)$$

$$\sum_{d \neq y}^{C_{n-1}^d} \frac{A_{d_1}(x) A_{d_2}(x) \dots A_{d_{n-1}}(x)}{\prod [A_\theta(x) - A_g(x)]}.$$

Məlum n və müəyyən test yığımı olduqda (2)-də istifadə olunan testlərin ÖN-nin emal algoritmi alınır. Lakin, ilkin ÖS-ün ÇF-inin qeyri-xəttiliyindən, İÖS-də istifadə olunan testlərin sayından və onların keyfiyyətə nisbətindən (additiv testlərin sayının multiplikativ testlərin sayına nisbəti və s.) asılı olaraq, göstərilən alqoritm axtarılan x kəmiyyətinə görə bu və ya digər reallaşma mürəkkəbliyinə malik olacaqdır. Ona görə, İÖS-in qeyri-xəttiliyi ÇF-nin identifikasiyası üçün istifadə olunan test yığımının optimallığının əsas kriterilərindən biri onun realizasiyası zamanı alınan ƏTT-nin minimum dərəcəsidir. Bu və ya digər növ testlərdən istifadə edilməsi məsələsi həm də onları təşkil edən sabit θ additiv və K multiplikativ təşkeildicilərin dəqiqliyindən aslıdır. Bununla əlaqədar olaraq həm elektrik, həm də qeyri-elektrik kəmiyyətlərinin ölçülməsində ən sadə yolla verilən dəqiqliklə $x \pm \theta$ şəklində olan sadə additiv testlərdən istifadə olunur və burada θ ölçmə kəmiyyəti ilə eyni fiziki təbiətə malik olan additiv sabit təşkeildicidir.

Additiv testlərin əlavə ölçülmələrindən istifadə olunması əsasında ölçmə dəqiqliyinin yüksəldilməsi üsullarının praktik realizasiyasında ilkin ÖS-də əlavə ölçülmələrə qoyulan məhdudiyətləri və tələbləri nəzərə alaraq sistemdə multiplikativ testi formalaşdırmaq mümkündürsə, onda sadə additiv və

multiplikativ testlərin məcmusunun realizasiyasına əsaslanan test alqoritmləri daha effektiv və universal olur. Sadə additiv və multiplikativ testlərin məcmusunun testləşdirilmiş İÖS-də reallaşmaya əsaslanan ölçmə dəqiqliyinin yüksəldilməsinin test üsullarının nəzəri tədqiqi ədəbiyyatlarda kifayət qədər ətraflı verilmişdir. Ona görə də, dissertasiya işində yalnız qeyri-xətti ÇF-in identifikasiyası üçün onlardan istifadə olunması ilə bağlı olan xüsusiyyətlər tədqiq edilmişdir. Əgər sistemdə bu və digər növdən olan testlərin məcmusu reallaşarsa, onda sadə additiv və multiplikativ testlər əsasında ölçmə dəqiqliyinin yüksəldilməsi alqoritmlərinin testləşdirilmiş İÖS-də realizasiyası zamanı ƏTT eyniliyə çevrilməyəcəkdir, yəni:

$$\epsilon^* + g^* = n, \quad (3)$$

burada ϵ^* – sistemdə reallaşan additiv testlərin sayı; g^* – sistemdə reallaşan multiplikativ testlərin sayı; n – ÖS-in ÇF-nin a_i parametrlərinin sayıdır. Əgər $(n-1)$ sayda bir növlü və bir ədəd digər növlü test reallaşarsa, bu halda İÖS-ün qeyri-xətti ÇF-inin identifikasiyasında alınan ƏTT-in minimal dərəcəsi əldə edilir.

Yalnız additiv və ya multiplikativ testlərin istifadə olunması zamanı, ümumi halda $a_i \neq 0$ ($i=1, \dots, n$), olduqda ƏTT eyniliyə çevirir. (2) ifadəsindən alınır ki, yalnız

$$A_\epsilon(x) = x + \theta_\epsilon \quad (\epsilon = 1, \dots, n) \quad (4)$$

şəklində olan sadə additiv testlərdən istifadə olunduğu halda ƏTT üçün:

$$y_0 = \sum_{j=1}^n y_j \frac{\prod_{1 \leq \epsilon \leq n, \epsilon \neq j} [A_\epsilon(x) - x]}{\prod_{\substack{1 \leq \epsilon \leq n, \\ \epsilon \neq j}} [A_\epsilon(x) - A_\ell(x)]} = \sum_{j=1}^n y_j \frac{\prod_{1 \leq \epsilon \leq n, \epsilon \neq j} [\theta_\epsilon]}{\prod_{\substack{1 \leq \epsilon \leq n, \epsilon \neq j \\ \epsilon \neq j}} [\theta_\epsilon - \theta_\ell]}, \quad (5)$$

olar. (2) ifadəsi üçün $K_g(x)$ ($g=1, \dots, n$) şəklində olan yalnız sadə multiplikativ testlərdən istifadə olunduqda isə aşağıdakı ifadə alınır:

$$y_0 = \sum_{j=1}^n y_j \frac{\prod_{1 \leq g \leq n, g \neq j} [K_g - 1]}{\prod_{\substack{1 \leq g \leq n \\ \ell \neq j}} [K_g - K_\ell]}. \quad (6)$$

(5) və (6)-dan görüldüyü kimi, bu halda ƏTT x -dən asılı deyil.

Qeyd etmək lazımdır ki, ilkin ÖS-in ÇF-si kifayət qədər qeyri-xətti olduğu hallarda onun riyazi təsviri üçün yüksək dərəcəli çoxhəddli tələb olunur. Bununla əlaqədar olaraq, ölçmə dəqiqliyinin artırılması alqoritminin realizasiyası üçün lazım olan testləşdirilmiş İÖS-ə daxil edilən testlərin ümumi sayı aproksimasiyaedici çoxhəddlinin dərəcəsinə düz mütənəsib olaraq artır. Bunun nəticəsində testləşdirilmiş İÖS-in ÖN-nin xətasının testlərin realizasiya dəqiqliyi ilə əlaqədar olan təşkiledicisi də artır. Bundan başqa, xeyli sayda testlərin ilkin ÖS-ə daxil olunması, xüsusilə də qeyri-elektrik parametrlərinin ölçülməsində həmişə mümkün olmur.

Praktikada ilkin İÖS-in ÇF-nin verilən RM-nin bu və ya digər yolla ölçülən kəmiyyətə nəzərən ƏTT-nin dərəcəsini azaltmaq və bununla da axtarılan kökün təyin oblastını daraltmaq tələb olunur. Baxılan halda, ilkin İÖS-in qeyri-xətti ÇF-nin hissə-hissə çoxhədlilər şəklində aproksimasiyası həyata keçirilməsi təklif olunur. Bu da testləşdirilmiş İÖS-in fəaliyyət alqoritmini xeyli sadələşdirməyə və ilkin İÖS-in ÇF-nin identifikasiyası üçün zəruri olan testlərin ümumi sayını dəfələrlə azaltmağa imkan verir. Bu zaman testlərin sayı yalnız İÖS-in real ÇF-nin aproksimasiya olunduğu çoxhədlinin məchul parametrlərinin sayı ilə təyin edilir və aproksimasiya sahələrinin sayından asılı olmur. Çünki, hər bir testdə iştirak edən ölçmə kəmiyyəti sabit θ və K təşkeledicilərini ixtiyari sahəyə avtomatik köçürülməsini təmin edir. Qeyd etmək lazımdır ki, testləşdirilmiş İÖS-in ƏTT-in dərəcəsinin azalmasını sistemə əlavə zaman izafiliyi daxil etmək – İÖS-in ÇF-nin identifikasiyası üçün zəruri olan testlərdən başqa əlavə testlərin ölçülmələrini aparmaq hesabına əldə etmək olar. Ümumi halda, belə sistemin fəaliyyət alqoritmi əlavə zaman izafiliyi olmadan adi test alqoritminin nəzərdə tutduğu $(n+1)$ sayda takt əvəzinə $2n$ sayda ölçmə taktlarının aparılmasına əsaslanır. Beləliklə, qeyri-xətti ÇF-ə malik ilkin İÖS-də istifadə olunan testlər ÖN-nin emal alqoritmini və İÖS-in strukturunu xeyli mürəkkəbləşdirir və əsas test tənliklərinin $n-1$ dərəcədən olması həmin sayda köklər arasından axtarılan x qiymətinin təyin edilməsini praktik olaraq mümkünsüz edir. Aparılan analizlərin nəticəsinə görə ilkin İÖS-in qeyri-xətti ÇF-nin identifikasiyasında sadə testlərin optimal kombinasiyalarından istifadə daha perspektivdir.

Üçüncü fəsildə sadə additiv və multiplikativ testlərdən və onların kombinasiyalarından təşkil edilmiş tənliklər sistemi qurularaq, onlardan x ölçmə kəmiyyəti ilə eyni zamanda istifadə etməklə ilkin İÖS-in əsas test tənlikləri tərtib edilmişdir. İÖS-in ölçmə dəqiqliyinin yüksəldilməsi üçün onun qeyri-xətti çevirmə funksiyasının parametrlərinin yüksək dəqiqliklə təyini və qiymətləndirilməsi alqoritmlərinin analitik həlli, ilkin İÖS-in sistematik xətasını, onun korelyasiyalı bütün xəta təşkeledicilərinin təshih olunması məsələsinin sistemli həlli və ölçmə nəticəsinin ümumi xətası üçün təshihedici test alqoritmlərinin işlənməsi həyata keçirilmişdir.

Testləşdirilmiş İÖS-in (2) düsturu ilə verilən ƏTT-ni analiz etmək üçün onu aşağıdakı şəkildə yazırıq:

$$y_0 = \sum_{j=1}^n y_j \frac{\prod_{1 \leq g \leq n, g \neq j} [A_g(x) - x]}{\prod_{1 \leq g \leq n, g \neq \ell, \ell = j} [A_g(x) - A_\ell(x)]}. \quad (7)$$

Bu ifadədən görüldüyü kimi $a_i \neq 0$ ($i=1, \dots, n$) olduqda və testləşdirilmiş İÖS-də təkcə kombinasiyalı testlərdən istifadə etdikdə ƏTT x ölçmə kəmiyyətinə nəzərən eyniliyə çevrilir. Doğrudan da, İÖS-in (1) şəklindəki ÇF-nin identifikasiyası üçün sistemdə aşağıdakı kombinasiyalı testlərin n sayda əlavə ölçmələrini aparılmaq gərəkdir:

$$A_g(x) = k_g x + \theta_g, \quad (g = 1, \dots, n). \quad (8)$$

Kombinasiyalı (8) testlərinin və onların ölçülmələrinin y_j nəticələrinin qiymətlərini (7) ifadələrindən verilən testləşdirilmiş İÖS üçün aşağıdakı nisbəti alırıq:

$$y_0 = \sum_{j=1}^n y_j \frac{\prod_{\substack{1 \leq \theta \leq n, \\ \theta \neq j}} [x(k_B - 1) + \theta_e]}{\prod_{\substack{1 \leq \theta \leq n, \\ \theta \neq l, l=j}} [x(k_\theta - k_l) + (\theta_e - \theta_l)]}. \quad (9)$$

Bu ifadədən görünür ki, $\theta_e \neq 0$, $k_e \neq 0$, $k_e \neq 1$ olduqda və yalnız kombinasiyalı testlərdən istifadə etdikdə testləşdirilmiş İÖS-in ƏTT x ölçmə kəmiyyətinə nəzərən ən azı bir həllə malik olur. Qeyd etmək lazımdır ki, θ_e additiv testlərin sabit təşkilədicilərinin verilmiş qiymətlərinə nəzərən k_e kəmiyyətlərinin dəqiq qiymətlərinin praktiki reallaşdırılması çətindir. Odur ki, testləşdirilmiş İÖS-də (8) şəkildə kombinasiyalı testlərin formalaşdırılması zamanı k_e parametri sabit saxlanılır və θ_e parametrinin qiyməti dəyişdirilir. Deyiləni nəzərə alsaq (9) ifadəsi aşağıdakı kimi olur:

$$\begin{aligned} y_0 = & y_1 \frac{[x(k-1) + \theta_n][x(k-1) + \theta_{n-1}] \dots [x(k-1) + \theta_2]}{(\theta_n - \theta_1)(\theta_{n-1} - \theta_1) \dots (\theta_2 - \theta_1)} - \\ & - y_2 \frac{[x(k-1) + \theta_n][x(k-1) + \theta_{n-1}] \dots [x(k-1) + \theta_3][x(k-1) + \theta_1]}{(\theta_n - \theta_2)(\theta_{n-1} - \theta_2) \dots (\theta_3 - \theta_2)(\theta_2 - \theta_1)} + \dots \\ & + y_j \frac{[x(k-1) + \theta_n] \dots [x(k-1) + \theta_{j-1}][x(k-1) + \theta_{j-1}] \dots [x(k-1) + \theta_1]}{(\theta_n - \theta_1) \dots (\theta_{j-1} - \theta_j)(\theta_{j-1} - \theta_j) \dots (\theta_1 - \theta_j)} + \\ & + \dots + y_n \frac{[x(k-1) + \theta_{n-1}] \dots [x(k-1) + \theta_1]}{(\theta_{n-1} - \theta_n)(\theta_{n-2} - \theta_n) \dots (\theta_1 - \theta_n)}. \end{aligned} \quad (10)$$

Bu ifadədə bütün toplananların sürətləri x ölçmə kəmiyyətinə nəzərən $(n-1)$ -dərəcəli çoxhədlilərdir, məxrəclərində isə $\mu_j = F(\theta_1, \dots, \theta_n)$, əmsalları x -dən asılı deyildir.

Beləliklə, bütün $a_i \neq 0$ ($i=1, \dots, n$) qiymətləri üçün və yalnız $A_\theta(x)$ şəkildə olan kombinasiyalı testlərdən istifadə etdikdə ƏTT-i x ölçmə kəmiyyətinə nəzərən $(n-1)$ -dərəcəli sistem tənliklərdən ibarət olacaq. Qeyd edək ki, əgər additiv və multiplikativ testlər sistemi verildikdə, onda ona uyğun olan kombinasiyalı testlər sistemi ilkin sistemə daxil olan testlərin və θ_e , kəmiyyətlər cütlərinin bütün mümkün cəmləri və fərqləri yolu ilə alınabilir ki, bu zaman toplama və çıxmaların nəticələrində x ölçmə kəmiyyəti iştirak edir. Konkret misallar təmsalında (10) ifadəsinin sürət və məxrəcində tərkibində x olan $n-1$ sayda ümumi vuruqların olmamasını alırıq. Bununla da belə bir nəticəyə gəlmək olur ki, alınmış nəticəvi tənlik θ_e və k parametrlərinin axtarılıqları oblastda eyniliyə çevrilmir. Eynilə aproksimaasiya aralıqlarının

sayının bir neçə dəfə artırılması halında alınmış riyazi modelin tədqiqindən də eyni nəticə alınmışdır. Belə ki, bütün $a_i \neq 0 (i = 1, \dots, s^*)$ üçün və $n-1$ sayda additiv, bir multiplikativ və onların əsasında alınan α sayda kombinasiyalı testlərin bütün mümkün additiv birləşmələrində testləşdirilmiş İÖS-in ƏTT-i x ölçmə kəmiyyətinə nəzərən eyniliyə çevrilmədiyini alırıq.

Göstəriləndiyi kimi, sadə additiv və multiplikativ testlərin verilən yığımindan kombinasiyalı testlərin yaradılması imkanları çox müxtəlifdir. Lakin, testləşdirilmiş İÖS-in praktiki olaraq realizasiyasında formalaşdırılması çətinlik törətməyən $kx + \theta$ və ya $kx - \theta$, şəklində olan ən sadə testlərin tətbiqi daha məqsədəuyğundur.

Bir qayda olaraq, burada əsas üstünlük additiv testlərə verilir ki, bunlar da elektrik və qeyri-elektrik kəmiyyətlərin ölçülməsində kifayət qədər sadə yolla formalaşırlar. Bu halda, (7)-ə görə ƏTT-in ümumi şəkli aşağıdakı kimi olar:

$$y_0 = \frac{y_1 x(k-1) \theta_{n-1} \dots \theta_2}{[x(k-1) - \theta_1] (\theta_{n-1} - \theta) \dots (\theta_2 - \theta_1)} - \frac{y_2 x(k-1) \theta_{n-1} \dots \theta_3 \theta_1}{[x(k-1) - \theta_2] (\theta_{n-1} - \theta_2) \dots (\theta_3 - \theta_2) (\theta_2 - \theta_1)} + \dots + \frac{y_{n-1} (-1)^{n-2} x(k-1) \theta_{n-2} \dots \theta_1}{[x(k-1) - \theta_{n-1}] (\theta_{n-1} - \theta_{n-2}) \dots (\theta_{n-1} - \theta_1)} + \dots + \frac{y_n (-1)^{n-1} \theta_{n-1} \dots \theta_1}{[x(k-1) - \theta_{n-1}] \dots [x(k-1) - \theta_1]} \quad (11)$$

Verilmiş sistemdə n sayda sadə additiv və multiplikativ testlərin $(n-1)$ -ci additiv $x + \theta_{n-1}$ testi əvəzinə kombinasiyalı test həyata keçirək:

$$A_1(x) = kx + \theta_1.$$

Onda (11) ifadəsi aşağıdakı şəkli alacaqdır:

$$y_0 = \frac{y_1 x(k-1) [x(k-1) + \theta_1] \theta_{n-2} \dots \theta_2}{[x(k-1) - \theta_1] [x(k-1)] (\theta_{n-2} - \theta_1) \dots (\theta_2 - \theta_1)} - \frac{y_2 x(k-1) [x(k-1) + \theta_1]}{[x(k-1) - \theta_2] [x(k-1) + \theta_2 - \theta_1]} + \frac{\theta_{n-2} \dots \theta_3 \theta_1}{(\theta_{n-2} - \theta_2) \dots (\theta_3 - \theta_2) (\theta_2 - \theta_1)} + \dots + \frac{y_{n-1} (-1)^{n-2} x(k-1) \theta_{n-2} \dots \theta_1}{(-1)^{n-1} \theta_1 [x(k-1) + \theta_1] \theta_{n-2} \dots \theta_1} + \frac{y_n}{(-\theta_1) [x(k-1) - \theta_{n-2}] \dots [x(k-1) - \theta_1]} \quad (12)$$

Bu ifadədən alınır ki, $n = 2m$ olduqda və ilkin sistemin $x + \theta_\epsilon$ additiv testlərini ardıcıl olaraq kombinasiyalı $kx + \theta_{n-\epsilon}$ testləri ilə əvəz etdikdə kəşrlərin sürətlərində yaranan toplananların çoxhədlilərinin dərəcəsi $n-1$ -ə qədər artır, məxrəclərdə kombinasiyalı və multiplikativ testlərin qiymətlərinin ölçmələrinə uyğun gələn toplananların çoxhədlilərinin dərəcəsi isə sıfıra qədər azalır. Eyni zamanda adi testlərin ölçmələrinə uyğun olan toplananların məxrəclərində çoxhədlilərin dərəcəsi o vaxta qədər artır ki, ilkin test sistemlərində bütün additiv testlərin kombinasiyalı testlərlə əvəz olunması baş versin.

İlkin sistemdə additiv testlərin kombinasiyalı testlərlə göstərilən əvəzetməsini aparsaq additiv və kombinasiyalı testlərin sayının müəyyən nisbətində toplananların sürətində yaranan çoxhədlilərdən heç olmazsa birinin

d^* dərəcəsi artaraq məxrəclərində isə yaranan çoxhədlilərdən heç olmazsa birinin dərəcəsi azalaraq c dərəcəsinə çatacaq. Beləliklə:

$$\begin{aligned} d^* &= c, & \text{şərtilə} \quad n &= 2m + 1; \\ d^* &= c - 1 = c^*, & n &= 2m; \end{aligned} \quad (13)$$

Əgər testləşdirilmiş İÖS-də reallaşan additiv və kombinasiyalı testlərin sayı öz aralarında bərabərdirsə, ($n = 2m + 1$ olduqda) və ya ($n = 2m$ olduqda) additiv testlərin sayı kombinasiyalı testlərlə multiplikativ testin saylarının cəminə bərabərdirsə (12)-dən görüldüyü kimi (13) şərtləri yerinə yetirilir.

Bundan başqa, yeni test sisteminə daxil olan θ_ϵ , kəmiyyətlərinin müəyyən nisbətində ilkin ƏTT elə tənliyə çevrilir ki, onun x kəmiyyətinə nəzərən dərəcəsi c qiyməti ($n = 2m + 1$ olduqda) və ya c^* qiyməti ilə ($n = 2m$ olduqda) təyin olunur. Yuxarıda deyilənləri nəzərə alaraq, ÖS-də realizasiyası digər bərabər şərtlərdə x -ə nəzərən ƏTT-nin minimal dərəcəsinə almağa imkan verən additiv, multiplikativ və kombinasiyalı testlərin optimal kombinasiyasının təşkil olunma prinsipi formalaşır. Bütün $a_i \neq 0 (i = 1, \dots, n)$, harada ki, $n = 2m$ və ya $2m + 1 = n$ hallarında ilkin ÖS-in ÇF-i və orada m sayda additiv, bir multiplikativ ($n = 2m + 1$ olduqda) və additiv təşkilədicilərin $\theta_\epsilon - \theta_{\epsilon-1} = \theta_1$, şərtinə tabe olan m sayda kombinasiyalı testlərin realizasiyasında ƏTT x ölçmə kəmiyyətinə nəzərən m dərəcəyə malik olacaq.

Nəzərə alsaq ki, İÖS-in ÇF-nin qəbul edilmiş RM-də ($a_i \neq 0$) x kəmiyyətinin maksimal $n - 1$ dərəcəsinin cüt olmasından asılı olaraq RM-də (13) şərtinə uyğun olaraq testlər sistemindən biri reallaşar.

Qeyd edilən şərtlər daxilində aparılan riyazi çevirmələrdən, additiv və kombinasiyalı testlərdə θ_ϵ sabit təşkilədicilərinin axtarılan münasibətini alarıq:

$$\begin{cases} \theta_{\epsilon+1} - \theta_\epsilon = \theta_1 \\ \theta_\lambda - \theta_{\lambda-1} = \theta_1, \end{cases} \quad (14)$$

burada $1 \leq \epsilon \leq m$, $m + 2 \leq \lambda \leq n$. -dir.

(14) şərti verilən İÖS-in seçilən ÇF-nin identifikasiyası üçün θ_ϵ qiymətləri arasında optimal nisbəti qərarlaşdırır və bu şərt nəzərə alınmaqla aşağıdakı optimal test yığımı reallaşacaqdır:

$n = 2m$ ($m = b^*$) olduqda:

$$\begin{cases} A_1(x) = x + \theta_1 \\ \dots \dots \dots \\ A_m(x) = x + \theta_m \\ A_{m+1}(x) = k \cdot x \\ A_{m+2}(x) = k \cdot x + \theta_{m+2} \\ \dots \dots \dots \\ A_n(x) = k \cdot x + \theta_{n-1} \end{cases} \quad (15)$$

$n = 2m + 1$ olduqda:

$$\left\{ \begin{array}{l} A_1(x) = x + \theta_1 \\ \dots\dots\dots \dots\dots \dots \\ A_m(x) = x + \theta_m \\ A_{m+1}(x) = k \cdot x \\ \dots\dots\dots \dots\dots \dots \\ A_n(x) = k \cdot x + \theta_n \end{array} \right. \quad (16)$$

(14) nəzərə alınmaqla ƏTT-in ifadəsi aşağıdakı şəkildə olacaqdır:

$$y_0 = \sum_{j=1}^{m-1} \mu_j \frac{\prod_{n-j < e \leq n} [x(k-1) + \theta_e]}{\prod_{\substack{m+1 \leq e < j+m+1 \\ m+1 \leq e \leq n}} [x(k-1) + (\theta_e - \theta_j)]} + \mu_m \frac{\prod_{m+1 < e \leq n} [x(k-1) + \theta_e]}{\prod_{m+1 \leq e \leq n} [x(k-1) + (\theta_e - \theta_m)]} = \quad (17)$$

$$\mu_{m+1} \frac{\prod_{m+2 < e \leq n} [x(k-1) + \theta_e]}{\prod_{\substack{1 \leq e \leq m \\ m+1 < e \leq n}} [x(k-1) + (\theta_{m+1} - \theta_e)]} + \sum_{\lambda=m+2}^{n-1} \mu_\lambda \frac{\prod_{\lambda-(m+1) < e \leq m, e \neq \lambda} [x(k-1) + \theta_e]}{\prod_{\lambda-(m+1) < e \leq m} [x(k-1) + \theta_\lambda - \theta_e]} +$$

$$+ y_n (-1)^m \mu_n \cdot \frac{1}{\prod [x(k-1) + \theta_{m-1} - \theta_m]} = A^{**} + B^{**} + S^{**} + D^{**} +$$

$$+ \frac{y_n (-1)^m \mu_n}{[x(k-1) + \theta_{m-1} - \theta_m]}.$$

Bu ifadədən additiv, multiplikativ və kombinasiyalı testlərin optimal yığını reallaşan testləşdirilmiş İÖS-in yekun şəkildə olan ƏTT-ni almış olarıq.

Beləliklə, $n = 2m$ olduqda ƏTT-in dərəcəsi $m - 1$; qədər azalır, $n = 2m + 1$ olduqda $\frac{n-1}{2}$ qədər azalır və hər iki halda (17) tənliyini həll etdikdə C^{**} toplananının məxrəcində yaranan çoxhəddlinin dərəcəsi ilə təyin olunur.

Deməli, əgər testləşdirilmiş İÖS-in fəaliyyəti zamanı RM-in ilkin ÖS-nin ÇF-nin təsvir edilməsi üçün qəbul edilən $n - 1$, dərəcəsinin cüt və ya tək olmasından asılı olaraq (15) və ya (16) sistemlərini təşkil edən testlərin əlavə ölçümləri aparılırsa və onların θ_e sabit təşkilediciləri isə (14) münasibətinə tabe olarsa, onda alınan ƏTT-nin dərəcəsi m -ə bərabər olacaqdır. Yuxarıda deyilənlərdən mahiyyətə aşağıdakı vacib nəticə çıxar. Additiv, multiplikativ və kombinasiyalı testlərin optimal kombinasiyasının əlavə ölçümlərinin aparılması əsasında testləşdirilmiş İÖS-in realizasiyası digər bərabər şərtlərdə sistemin ÇF-nin identifikasiyası üçün sistemdə formalaşması zəruri olan istifadə olunan sabit θ_e təşkiledicilərin sayını azaltmağa imkan verir. Həm də, sabit θ_e təşkiledicilərin sayı ilkin sistemi təşkil edən sadə additiv və multiplikativ testlərin əlavə ölçümləri əsasında testləşdirilmiş İÖS-in realizasiyasında θ_e kəmiyyətlərinin sayına nisbətən n cüt olduqda $(n/2) - 1$ - qədər, n tək olduqda $(n - 1)/2 -$ qədər azalır.

Məsələn, tutaq ki, İÖS-in real ÇF-si dördüncü dərəcəli çoxhədli şəklində aşağıdakı riyazi modelə təsvir olunmuşdur:

$$y = a_1 + a_2x + a_3x^2 + a_4x^3 + a_5x^4.$$

Onda, additiv və multiplikativ testlər əsasında onun identifikasiyası üçün ÖS-in girişində bir multiplikativ və dörd additiv test formalaşdırmaq lazımdır.

Bu halda ƏTT aşağıdakı şəkildə olacaqdır:

$$y_0 = \frac{4y_1kx}{kx-\theta} - \frac{2y_2kx}{kx-2\theta} - \frac{y_4kz}{kx-4\theta} + \frac{4}{kx-3\theta} \left[y_3kx + \frac{6y_s\theta^4}{(kx-\theta)(kx-2\theta)(kx-4\theta)} \right].$$

İlkin ÖS-in verilən ÇF-ni additiv və kombinasiyalı testlərin optimal yığımının əlavə ölçülmələri vasitəsilə identifikasiya etdikdə (14) və (16)-nı nəzərə almaqla, ƏTT üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$y_0 = \frac{2y_1(kx+2\theta)}{(kx-\theta)} - \frac{(kx+2\theta)(kx+\theta)}{(kx-\theta)(kx-2\theta)} + y_3 \frac{(kx+2\theta)(kx+\theta)}{(kx-\theta)(kx-2\theta)} - y_4 \frac{(kx+2\theta)}{kx+\theta} + y_s.$$

Məsələnin qoyuluşunda əvvəlcədən müəyyən edilmiş kriterilərə görə ÇF-nin hər iki baxılan identifikasiya üsulunu müqayisə etsək aşağıdakı cədvəli almış olarıq:

Cədvəl 1

ÇF-nin hər identifikasiya üsullarının müqayisəsi

Testlərin istifadə edilən optimal yığımı	ƏTT-in dərəcəsi	Testlərin istifadə edilən sabit təşkeildicilərinin sayı	ƏTT-nin xəttiləşdirilməsində əlavə testlərin sayı
Additiv və multiplikativ testlər	4	5	3
Additiv və kombinasiyalı testlər	2	3	1

Müqayisənin nəticələri birmənalı olaraq qeyri-xətti ÇF olan İÖS-də additiv və kombinasiyalı testlərin optimal yığımının əlavə ölçülmələrinə əsaslanan test alqoritmlərinin istifadə olunmasının üstünlüyünü göstərir.

Dördüncü fəsildə testləşdirilmiş İÖS-in xətasının ümumi modeli tədqiq edilmişdir. ÖS-in real istismar xarakteristikası qeyri-xətti olduğundan onların RM-nin tələb olunan dəqiqliklə təsviri nəzəri və praktiki cəhətdən xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bütün ölçmə diapazonunu əhatə edən riyazi model kifayət qədər mürəkkəb olduqda həmin əyri əvvəlcədən müəyyən edilmiş optimal addımlarla hissə-hissə qeyri-xətti apraksimasiya aralıqlarına ayrılaraq sadə çoxhədlilər şəklinə gətirilir. Hər bir ölçmə aralığı kvadrat üçhədlilərə bölünməklə ölçmə taktlarının sayı və eyni zamanda etalon testlərin sayı da xeyli azalır. Digər üsullardan fərqli olaraq bu üsul öz effektivliyi ilə seçilir və burada əsasən differensial ölçmə tətbiq olunaraq apraksimasiya addımlarının sayı dəfələrlə azaldılır.

Beləliklə, ilkin ÖS-in real ÇF-nin hissə-hissə qeyri-xətti apraksimasiya edildiyi aralıqlarda onun riyazi modeli aşağıdakı kvadrat üçhədli şəklində qəbul edilmişdir:

$$y = a_{1s} + a_{2s}x + a_{3s}x^2. \quad (18)$$

burada $s=1, \dots, l^*$ -aproksimasiya aralığıdır. Bu zaman ÖS-də dəqiqliyin artırılmasının test alqoritminin reallaşması üçün $x + \theta$; kx ; $kx + \theta$. testlərinin əlavə ölçmələri həyata keçiriləcəkdir.

$n = 3$ olduqda optimal testlər yığımından testləşdirilmiş İÖS-in ƏTT-si aşağıdakı kimi olar:

$$y_0 = \frac{[x(k-1) + \theta](y_1 - y_2) + y_3(xk - x - \theta)}{[x(k-1) - \theta]} \quad (19)$$

Buradan da ÖN-nin x -ə nəzərən emal alqoritmini aşağıdakı şəkildə alarıq:

$$x_{hes.} = \frac{(y_1 - y_2) + (y_0 - y_3)}{(y_0 - y_3) - (y_1 - y_2)} \cdot \frac{\theta}{(k-1)} \quad (20)$$

Onda, testlərin və x ölçmə kəmiyyətinin nəticələri aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$\begin{cases} y_0 = a_{1sH} + a_{2sH}x + a_{3sH}x^2 \\ y_1 = a_{1sH} + a_{2sH}(x + \theta) + a_{3sH}(x + \theta)^2 \\ y_2 = a_{1sH} + a_{2sH}xk + a_{3sH}(xk)^2 \\ y_3 = a_{1sH} + a_{2sH}(xk + \theta) + a_{3sH}(xk + \theta)^2 \end{cases} \quad (21)$$

burada a_{1sH} , a_{2sH} , a_{3sH} – ÖS-in ÇF-nin nominal parametrləridir.

a_{is} parametrlərinin real cari qiymətlərinin özlərinin nominal a_{isH} qiymətlərinə bərabər olmadığını nəzərə alsaq, onda x , $x + \theta$, xk və $xk + \theta$ kəmiyyətlərinin ölçmə taktlarının nəticələri qiymətcə əhəmiyyət kəsb edən xətalara malik olacaqlar. Bu xətalara nəzərə alsaq aşağıdakı tənliklər sistemini alarıq:

$$\begin{cases} y_0 + \Delta_0 = a_{1s} + a_{2s}x + a_{3s}x^2 \\ y_1 + \Delta_1 = a_{1s} + a_{2s}(x + \theta) + a_{3s}(x + \theta)^2 \\ y_2 + \Delta_2 = a_{1s} + a_{2s}xk + a_{3s}(xk)^2 \\ y_3 + \Delta_3 = a_{1s} + a_{2s}(xk + \theta) + a_{3s}(xk + \theta)^2 \end{cases} \quad (22)$$

burada $\Delta_0, \dots, \Delta_3$ – ölçmə taktlarının ÖS-in çıxışına gətirilmiş xətalardır. (19) ifadəsini (22) də nəzərə alsaq, testləşdirilmiş İÖS-in ƏTT-nin aşağıdakı ifadəsini alarıq:

$$\begin{aligned} & y_0[x(k-1) - \theta] + \Delta_0[x(k-1) - \theta] = y_1[x(k-1) + \theta] + \\ & + \Delta_1[x(k-1) + \theta] - y_2[x(k-1) + \theta] - \Delta_2[x(k-1) + \theta] + \\ & + (y_3 + \Delta_3)[x(k-1) - \theta] \end{aligned} \quad (23)$$

(19) ifadəsindən fərqli olaraq bu ifadədə ölçmə taktlarının xətaları nəzərə alındığı üçün (23) ifadəsi ilə (24)-nin fərqi testləşdirilmiş İÖS-in əsas test tənliklərinin Δ_{TT} xətasını verəcəkdir:

$$\Delta_{TT} = [x(k-1) + \theta]J(\Delta_1 - \Delta_2) + [x(k-1) - \theta]J(\Delta_3 - \Delta_0). \quad (24)$$

Bu ifadə testləşdirilmiş İÖS-in yekun xətasını təyin edən funksiya olduğundan θ və k testlərinin, həmçinin $\Delta_0, \dots, \Delta_3$ xətalının qiymətlərini yerinə qoymaqla onun bütün təşkiledicilərinin riyazi modelini almış olarıq. Onda (24) ifadəsi aşağıdakı kimi olar:

$$\Delta_{TT} = \theta[\Delta_1 - \Delta_2 - (\Delta_3 - \Delta_0)] + x(k-1) \cdot [\Delta_1 - \Delta_2 + (\Delta_3 - \Delta_0)] \quad (25)$$

Testləşdirilmiş İÖS-in girişinə gətirilmiş Δ_{gir} mütləq xəta üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\Delta_{gir} = f_{TT}^{-1}[f_{TT}(x) + \Delta_{TT}] - x = \frac{\Delta_{TT}}{f_{TT}'(x)} \quad (26)$$

burada, $f_{TT}(x) = (y_0 - y_0)[x(k-1) - \theta] + (y_2 - y_1)[x(k-1) + \theta]$.

(19) ifadəsini x -ə görə diferensiallamaqla $f_{TT}'(x)$ -in aşağıdakı qiymətini alırıq:

$$f_{TT}'(x) = (k-1)[(y_0 - y_3) - (y_1 - y_2)] \quad (27)$$

(25) və (27) ifadələrini (26)-da nəzərə alsaq alırıq:

$$\Delta_{gir} = \frac{\{\theta[\Delta_1 - \Delta_2 - (\Delta_3 - \Delta_0)] + x(k-1)[\Delta_1 - \Delta_2 + (\Delta_3 - \Delta_0)]\}}{(1-k)2\theta\{a_{2SH} + a_{3SH}[(k+1)x + \theta]\}} \quad (28)$$

Əgər ilkin ÖS-in real ÇF-i üçüncü dərəcəli çoxhədlilər şəklində hissə-hissə qeyri-xətti aproksimasiya olunursa, onda ÇF-nin identifikasiyasında sistemin çıxışına gətirilmiş testləşdirilmiş İÖS-in Δ_{TTgir}^* xətası aşağıdakı şəkildə olacaqdır:

$$\Delta_{TTgir}^* = \frac{\Delta_{TT}^*}{f_{TT}'(x)} = \frac{(\Delta_0 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_s - 2\Delta_1 - \Delta_4)x}{2\theta^2\{2a_{3s} + 3a_{4s}[x(k+1) + 2\theta]\}} + \frac{(\Delta_2 - \Delta_0 + \Delta_3 - \Delta_s)}{2\theta(k-1)\{2a_{3s} + 3a_{4s}[x(k+1) + 2\theta]\}} \quad (29)$$

burada,

$$\Delta_{TT}^* = (\Delta_0 + \Delta_s)(z - \theta) + (\Delta_2 + \Delta_3)(z + \theta) - 2z(\Delta_1 + \Delta_4); \quad z = x(k-1). \quad (30)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, ölçmə taktlarının Δ_i xətalı çoxlu sayda təsadüfi $\bar{\eta}_1, \bar{C}, \bar{L}$ faktorlarının (amillərinin) nəticəsidir. Ona görə də, əgər Δ_i xətalının təşkilediciləri çəki əmsallarına görə eyni tərtibə malikdirsə, onda mərkəzi limit teoreminə uyğun olaraq Δ_i xətalının normal paylanma qanununa tabe olması ideyasını yürütmək olar. (24), (1), (29) və (30) ifadələrinin analizindən kombinasiyalı testlər əsasında reallaşan testləşdirilmiş İÖS-in xətalının əsas xüsusiyyətləri aşağıdakı kimi olar:

1) Əgər ölçmə taktlarının Δ_i mütləq xətalı alınmış alqoritmlərin reallaşması ilə eyni M_Δ riyazi gözləmələrə malikdirsə, onda göstərilən alqoritmlər üzrə fəaliyyət göstərən testləşdirilmiş İÖS-in xətalının riyazi gözləmələri sıfıra bərabər olacaqdır.

2. Əgər verilmiş testlər sistemində aralarındakı əlaqələr (14) şərtini ödəməklə istifadə olunan testlərin θ_g additiv sabit təşkeildiciləri sonsuz kiçik qiymətə yaxınlaşsın, onda sistemin girişinə gətirilmiş testləşdirilmiş İÖS-in mütləq xətası sonsuzluğa yaxınlaşacaq.

Testləşdirilmiş İÖS-in xətasının bu xüsusiyyəti bilavasitə (28) və (30) ifadələrindən alınır. Eyni zamanda aydındır ki, $k \rightarrow 1$ olduqda Δ_{gir} və Δ_{TTgir}^* xətalrı da sonsuzluğa yaxınlaşır. Beləliklə, belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, sadə additiv və multiplikativ testlər əsasında ölçmə dəqiqliyinin artırılması alqoritmlərinin reallaşdığı testləşdirilmiş İÖS-ün xətalının əsas xüsusiyyətləri additiv, multiplikativ və kombinasiyalı testlərin optimal yığımlı əsasında fəaliyyət göstərən testləşdirilmiş İÖS üçün özünü doğruldur.

Alınmış alqoritmlərin reallaşdığı testləşdirilmiş İÖS-in xətalının dispersiyaları üçün ölçmə taktlarının xətalrı asılı olmadıqda, uyğun olaraq aşağıdakını alırıq:

$$\sigma_{\Delta_{TT}}^2 = \sigma_{\Delta_0}^2 [x(k-1) - \theta]^2 + \sigma_{\Delta_1}^2 [x(k-1) + \theta]^2 + \sigma_{\Delta_2}^2 [x(k-1) + \theta]^2 + \sigma_{\Delta_3}^2 [x(k-1) - \theta]^2; \quad (31)$$

$$\sigma_{\Delta_{TT}}^2 = (\sigma_{\Delta_0}^2 + \sigma_{\Delta_5}^2)(z - \theta)^2 + (\sigma_{\Delta_3}^2 + \sigma_{\Delta_2}^2)(z + \theta)^2 + 4z^2(\sigma_{\Delta_1}^2 + \sigma_{\Delta_4}^2), \quad (32)$$

burada, σ_{Δ_i} – uyğun taktlarda ölçmə xətasının orta kvadratik meyli; $z = x(k-1)$, -dir. (31) və (32) ifadələrindən görüldüyü kimi ölçmə dəqiqliyinin artırılmasının (20) test alqoritminin reallaşdığı testləşdirilmiş İÖS-in Δ_{TT} ƏTT-in xətasının dispersiyası bir taktlı ölçmənin dispersiyası ilə müqayisədə güclənir. (20) şəklində olan test alqoritminin reallaşdığı testləşdirilmiş İÖS-in xətasının analizinə bu test sisteminin təmsalında xətalının qiymətləndirilməsi nümunəsində baxaq. Kub tənlik şəklində olan alqoritm reallaşdığı testləşdirilmiş İÖS-in xətalının qiymətləndirilməsi (20) alqoritmindən istifadə olunduğu kimi, analogi olaraq yerinə yetirilə bilər və bu halda da ÖN-nin xətalının analiz edilmə metodikası dəyişməz qalır. Bu növ sistemlərin ÖN-nin xətasına ən çox təşkeildicilər təsir edir: additiv və multiplikativ testlərin θ və κ sabit təşkeildicilərinin realizasiyası səbəbindən yaranan xətanın təşkeildicisi; testləşdirilmiş İÖS-ün statik xətasının korrelyasiya olunmamış təşkeildicisi; xətanın dinamik təşkeildicisi; ilkin İÖS-ün real ÇF-nin qəbul olunmuş RM-nin adekvat olmaması səbəbindən yaranan xəta təşkeildicilər təsir edir.

Bu fəsilə eyni zamanda informasiya vericilərinin çıxış siqnallarının emalı və onların məxsusi xətalının təshih edici alqoritmləri tədqiq edilmiş, çeviricilərin çıxış siqnallarının identifikasiyası aparılmış, ölçmə traktında mövcud xətalının təshih edici alqoritmləri və xətalının riyazi modeli işlənmişdir. Yüksək ölçmə dəqiqliyi əldə etmək məqsədi ilə yuxarıda alınmış modellərin tədqiqi aparılmış və nəticələr yoxlanılmışdır. testləşdirilmiş İÖS-in müxtəlif növ çeviricilərinin ÖN-nin yüksəldilməsi məqsədi ilə onların hər birinin strukturunun və fəaliyyət alqoritminin işlənməsi məsələlərinə baxılmışdır. Ölçmə kəmiyyətini çeviricilərin girişindən açmadan, onunla eyni zamanda testlərin optimal kombinasiyalarını xüsusi alqoritmik ardıcılıqlarla qoşub-açmaqla qeyri-xətti ÇF-nin hissə-hissə apraksimasiya edilən

aralıqlarında RM-in (kvadrat üçhədlinin) parametrləri yüksək dəqiqliklə təyin edilmiş olur.

İşlənmiş nəzəri test tənlikləri testləşdirilmiş İÖS nümunəsində tədqiq edilmiş və alınmış nəticələr qiymətləndirilmişdir. ƏTT-nin diferensial təzyiq çeviricisi (DTÇ) nümunəsində sistemli realizasiyasına baxılmışdır. Bunun üçün təzyiqin yüksək ölçmə dəqiqliyini təmin edən ölçmə sisteminin aşağıdakı strukturu və qeyri-xətti ÇF-nin kvadrat üçhədlili şəkilində RM-i işlənmiş, onun identifikasiyası həyata keçirilmişdir:

$$I^* = \hat{a}_{1s} + \hat{a}_{2s}P_x + \hat{a}_{3s}P_x^2, \quad (33)$$

burada I^* –DTÇ-nin çıxış siqnalı; $\hat{a}_{1s}, \hat{a}_{2s}$ və \hat{a}_{3s} –DTÇ-nin ÇX-nin əmsalları; s –aprosimasiya sahəsi; P_x –ölçmə kəmiyyəti –təzyiqdır.

Baxılan qayda ilə $\hat{a}_{1s}, \hat{a}_{2s}$ və \hat{a}_{3s} parametrlərinin ÖN-ə təsirini istisna etmək üçün (20) ifadəsinə əsasən testləşdirilmiş İÖS-də aşağıdakı testlər sisteminin realizasiyası lazımdır: ($P_x + P_{et.}$) – additiv testdən, ($2P_x$) – multiplikativ testdən; ($2P_x + P_{et.}$) –kombinasiya edilmiş testlərdən ibarət optimal test yığımından ikinci fəsilə alınmış nəticələrə tətbiq etsək, onda ölçmə əməliyyatını əks etdirən əsas test tənlikləri aşağıdakı şəkildə olacaqdır:

$$\begin{cases} I_1^* = \hat{a}_{1s} \\ I_2^* = \hat{a}_{1s} + \hat{a}_{2s}(P_x + P_{et.}) + \hat{a}_{3s}(P_x + P_{et.})^2, \\ I_3^* = \hat{a}_{1s} + \hat{a}_{2s}2P_x + \hat{a}_{3s}(2P_x)^2, \\ I_4^* = \hat{a}_{1s} + \hat{a}_{2s}(2P_x + P_{et.}) + \hat{a}_{3s}(2P_x + P_{et.})^2, \end{cases} \quad (34)$$

(20) alqoritminə görə I_1^*, I_2^*, I_3^* ölçmə nəticələrinin qiymətlərini I_1^* -lə birgə emal etməklə P_x ölçmə kəmiyyətinin qiyməti təyin edilir:

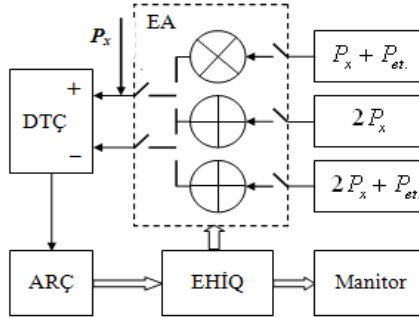
$$P_{x_{hes.}} = \frac{(I_4^* - I_1^*) + (I_3^* - I_2^*)}{(I_4^* - I_1^*) - (I_3^* - I_2^*)} \cdot P_{et.} \quad (35)$$

Alınmış yüksək dəqiqlik neft terminallarında yanacaqın (maye sütununun) rezervuarlarda yaratdığı hidrostatik təzyiqin (P_x) DTÇ vasitəsilə ölçülməsi nəticəsində yanacaqın kommersiya dəqiqliyi ilə kütləsinin təyininə imkan verir.

Şəkil 1-də testləşdirilmiş İÖS-in funksional sxemi verilmişdir. Kütləvi istehsal olunan DTÇ-nin nisbi xətası ideal şəraitdə $\pm 0,15\%$ təşkil edir. Ancaq ağır metroloji şəraitdə ətraf mühitin parametrlərinin qiymətlərinin kəskin dəyişdiyi mühitdə istismar edilən ölçü cihazlarının metroloji xarakteristikaları da kəskin dəyişir və bu göstərici $\pm 0,5\%$ -ə düşür. İşlənmiş üsulun və testləşdirilmiş İÖS-in xüsusi alqoritm-proqram realizasiyası ilə bu xəta dərəcələri azaldılır. Üsulun başlıca üstünlüklərindən bir də istismar edilən ÖS-ə (konstruksiyasına) kənarından müdaxilə etmədən onun ÇX-nin yüksək dəqiqliyini təmin etməkdən ibarətdir. Avtomatlaşdırılmış kalibrəmə (dərəcələmə) MX-nin yüksək dəqiqliklə identifikasiyasını təmin edir.

Dissertasiyanın əlavəsində (35) nəticəvi test alqoritmünün tətbiqi ilə həyata keçirilən ölçmə proseslərinin nəticələri verilmişdir.

Testləşdirilmiş İÖS-in strukturu və onun informasiya təminatı işlənmişdir.



Şəkil 1. Testləşdirilmiş ÖS-in funksional sxemi

ARÇ – analoq-rəqəm çeviricisi; EA–elektron açar;
EHİQ – elektron hesablama və idarəetmə qurğusu.

Nəticədə tədqiqat zamanı əldə edilmiş müddəalar ümumiləşdirilmişdir.

İstifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısında dissertasiya mövzusunə aid ən yeni ədəbiyyatlara istinadların siyahısı verilmişdir.

Əlavələrdə yoxlama aktı, aparılmış eksperimentlərin əyani nəticələri cədvəl və qrafiklər şəklində verilmişdir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Ölçmə sistemlərinin dəqiqliyinin yüksəldilməsində mövcud üsullar analiz edilmiş, ÖN-nin dəqiqliyinin artırılmasında kombinasiyalı alqoritmik test üsullarının reallaşdırılmasının effektivliyi əsaslandırılmışdır.

2. İlk ÖS-in qeyri-xətti ÇF-nin identifikasiyası, əmsallarının sayının azaldılması, ölçmə dəqiqliyinin yüksəldilməsi alqoritmi işlənilmişdir.

3. Sadə additiv, multiplikativ testlərin və onların optimal kombinasiyası ilə reallaşan, əlavə ölçmələrə əsaslanan qeyri-xətti ÇF-ə malik ÖS-in ölçmə dəqiqliyinin yüksəldilməsini həyata keçirən test alqoritmı işlənmişdir.

4. Additiv, multiplikativ və kombinasiyalı testlərin optimal yığılı ilə qeyri-xətti ÇX-nin ƏTT-nin tətbiqi ilə reallaşan əlavə testlərin ölçmələr sayı iki dəfəyə qədər azaldılmışdır.

5. Müəyyən edilmişdir ki, ÖS-in ÖN-nin xətasına ən çox additiv və multiplikativ testlərin θ və κ sabit təşkiledicilərinin realizasiyası səbəbindən yaranan xəta təşkilediciləri (sistemin statik xətasının korelyasiya olunmamış təşkiledicisi, xətanın dinamik təşkiledicisi və ilkin ÖS-in real ÇF-nin qəbul olunmuş RM-nin adekvat olmaması səbəbindən yaranan xəta təşkilediciləri) təsir edir.

6. ÖS-in nəticəvi xətasının, θ və κ kəmiyyətlərinin optimal qiymətlərinin hesablanması üçün düsturlar alınmış, ÖS-in statistik verilənlərinin emalı və xətasının qiymətləndirilməsi üçün proqram təminatı işlənmişdir.

Dissertasiyanın mövzusunə aid aşağıdakı işlər çap edilmişdir:

1. Cəfərov S.F., Mehdizadə E.K. Texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmasında informasiya təminatının müasir prinsipləri // AzTU, Elmi əsərlər, Bakı, 2007, № 4, s. 99 - 101.
2. Mehdizadə E.K. Siqalların veyvlet analizlə emalı // ADNA, Ali Texniki Məktəblərin Xəbərləri, № 3(55), Bakı 2008, s.65 - 67.
3. Мехтизаде Э.К. Разработка тестовых алгоритм повышения точности измерений / Материалы научной конференции аспирантов НАНА, июнь 2009, с. 108-111.
4. İsayev M.M., Mehdizadə E.K. İnnovasiya texnologiyaları fonunda testləşdirilmiş informasiya-ölçmə sisteminin funksional alqoritminin işlənməsi / AMEA-nın EİM. Ölkə iqtisadiyyatının inkişafında elmi innovasiyanın rolu. III Beynəlxalq elmi-praktiki konfransın materialları. Bakı, 2009, s. 438-440
5. Məmmədov R.Q., İsayev M.M., Mehdizadə E.K., Hüseynov İ.E. Повышения точности измерений с комбинированные алгоритмы // Известия НАН Азербайджана. Серия физико-математических и технических наук, Том XXIX, № 6, 2009, с.158-165.
6. İsayev M.M., Mehdizadə E.K. Qeyri-xətti çevirmə funksiyasına malik ölçmə sistemlərinin dəqiqliyinin yüksəldilməsində optimal testlərin seçilməsi alqoritmi // Известия НАН Азербайджана. Серия физико-математических и технических наук, Том. XXIX, № 6, 2009, с.146-151.
7. Исаев М.М., Мехтизаде Э.К., Гусейнов И.Э., Велиев Т.Ф. Повышения точности измерений на основе аддитивных и мультипликативных тестов // AR Müdafiə Sənayesi Nazirliyi, Milli Aerokosmik Agentliyi, Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri, Cild 12, №4(12), Bakı 2009, s.48-54.
8. Исаев М.М., Мехтизаде Э.К. Алгоритмическая коррекция погрешности в вибрационно-частотном преобразователе плотности нефтепродуктов. «Датчики и системы», Москва 2010, № 4, с.11-13.
9. Məmmədov R.Q., Ağayev F.H., İsayev M.M., Mehdizadə E.K. Структурно-алгоритмические методы повышения точности измерений. «Проблемы нефтегазовой промышленности» научно-исследовательского института нефтегазовой промышленности НАК «Нафтогаз Украины», 2010, Выпуск 8, с.229-242.
10. Əhmədov L.N., İsayev M.M., Mehdizadə E.K. Neft və qazçıxarma obyektləri üçün korporativ şəbəkəli informasiya ölçmə və idarəetmə sistemi. Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi əsərləri, Bakı 2010, №1, s.179-189.
11. Mehdizadə E.K. Testlə ölçmə sistemlərində nəticəvi xətanın riyazi modelinin işlənməsi. AMEA, Aspirantların Elmi Konfransının materialları, may 2010, s.96 - 99.
12. Мехтизаде Э.К. Тестовый метод повышения точности информационно-измерительных систем. AMEA-nın Xəbərləri, Elm və innovasiya seriyası, №1(5), Bakı 2011, s.93-97.
13. Allahverdiyeva N.R., Mehdiyeva A.M., Mehdizadə E.K. Повышение точности преобразования и цифровой обработки электрических сигналов. «Информационно-измерительные и управляющие системы». Москва 2010, №9, т.8, с.69 - 74.

14. Məmmədov R.Q., Mehdizadə E.K. Создание информационно измерительной системы для контроля и диагностики параметров измерения нефтепродуктов. Будущие исследования. Материалы за VIII международна научна практична конференция. Т 28. 17-25 февруари. София. 2012. с.88 - 89.
15. Məmmədov R.Q., Allahverdiyev R.N., Mehdizadə E.K. Increasing accuracy using test information measuring systems. Материалы за IX международна научна практична конференция. Т34. Съвременни технологии на информации. София, 17-25 април 2013. с. 3 - 4.
16. Мехтиева А.М., Мехтизаде Э.К., Ахмедзаде Д.И., Агаев Т.Э. Создание информационно-измерительных систем для повышения точности цифровой обработки измерительной информации. Современный научный вестник. Серия: Технические науки. № 50 (189), г. Белгород. 2013. с. 60 - 63.

Həmmüəlliflərlə birgə yerinə yetirilmiş işlərdə iddiaçının rolu:

[1] – avtomatlaşdırılmış ölçmə sistemlərində informasiya təminatının müasir prinsiplərinin analizi;

[4-10, 14, 15] – testləşdirilmiş ölçmə sistemində test alqoritmlərinin işlənilməsi, ölçmə nəticələrinin təhlili, sistemləşdirilməsi, analizi və sintezi;

[13, 16] – ölçmə sistemlərində informasiyanın emal dəqiqliyinin yüksəldilməsinin innovativ xüsusiyyətlərinin analizi, kompüter modelləşdirilməsi.

Разработка комбинационно-тестового способа повышения точности измерения непрерывных сигналов в информационно-измерительных системах

РЕЗЮМЕ

В первичных системах измерения (ИС) была разработана алгоритмически-тестовый способ повышения точности измерения, осуществлена эффективное решение повышения точности измерения ИС с нелинейной функцией преобразования (ФП) и оценена результирующая погрешность. Проведена линейная аппроксимация нелинейной ФП, достигнуто значительное уменьшение количества используемых коэффициентов и основных тестовых уравнений при обеспечении высокой точности ее идентификации.

Разработан тестовый способ, состоящими из простого аддитивного, мультипликативного тестов и их оптимальной совокупности, базирующийся на дополнительных измерениях, осуществляющий повышение точности измерения ИС с нелинейной ФП и дана методика составления основных тестовых уравнений. Дана методика аналитического решения в полиноме n -ной степени, с использованием n комбинационных тестов, где описаны параметры математической модели (ММ) во всех ненулевых случаях реальной ФП ИС.

Определено, что количество основных тестовых уравнений (ОТУ) с применением комбинационных тестов становится $n-1$ по отношению к параметру измерения. Использование оптимальной совокупности аддитивных и комбинационных тестов в тестируемой ИС позволяет уменьшить количество дополнительных тестов, формируемых в системе для линеаризации нелинейных ОТУ, до двух раз.

Разработанный тестовый способ значительно улучшает метрологическую характеристику ИС: в наибольшей степени корректируются составляющие погрешности, возникающие из-за реализации постоянных составляющих θ и κ аддитивных и мультипликативных тестов, некоррелированные составляющие статической погрешности системы, динамические составляющие погрешности и составляющие погрешности, возникающие из-за неадекватности принятой ММ реальной ФП первичной ИС. Для этого получены формулы для расчета результирующей погрешности тестируемой ИС, рациональных значений аддитивных и мультипликативных тестов.

Разработаны структура тестируемой первичной ИС, алгоритмическое и программное обеспечения, осуществляющие ее действие и оценивающие погрешности в результате измерений.

MEHDIZADE ELNAR KAMRAN

DEVELOPMENT OF COMBINED TEST METHODS TO INCREASE MEASUREMENT ACCURACY OF CONTINUOUS SIGNALS IN INFORMATION MEASUREMENT SYSTEMS

SUMMARY

At initial measurement systems (MS) to improve the accuracy of the measurement method a test algorithm is used, a non-linear transformation function (TF) worked a solution to effectively increase the accuracy of measurements of TF have been implemented and evaluated final error. Non-linear approximation of the line of TF, which is used to ensure high accuracy of the identification of the coefficients and the number of test equations have been significantly reduced.

Simple additive, multiplicative, and their optimal set of tests of the additional measurements based on non-line of BS to increase the accuracy of measurements of TF in charge of the test method has been developed and tested methods of preparation of the equations. MS's have it's TF and mathematical model (MM) has been described in all cases of non-zero parameters of the polynomial degree of the analytical method by using a large number of tests were combined. It was found that, with the introduction of the main test equations (MTE) using combined test, compared to the number of parameter is the number of measurements.

Optimal combination of tests of the additive and the collection of MS tested using a non-linear system generated an additional test for linearization of MTE's to reduce the number of measurements. Metrological characteristics of the test method improves exhaust MS: additive and multiplicative tests are most commonly caused by the realization of a stable θ vè κ parametrs, system error, the correlation is not a static, dynamic and adopted the MS it's TF because of the inadequacy of RM correction of an error is generated parametrs. As a consequence of MTE tested for error, additive and multiplicative formulas for calculating test values are optimal. IMS tested the structure, carrying out its activities, as measured by MTE, and errors made in evaluating the developed algorithms and software.

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

На правах рукописи

ЭЛЬНАР КЯМРАН оглы МЕХТИЗАДЕ

**РАЗРАБОТКА КОМБИНАЦИОННО-ТЕСТОВОГО
СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ
НЕПРЕРЫВНЫХ СИГНАЛОВ В ИНФОРМАЦИОННО-
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

3337.01 – Информационно-измерительные и управляющие системы

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по технике

Баку – 2015