

**Гл. ас. УЛЯНА ПАСКАЛЕВА**

*ЮГОЗАПАДЕН УНИВЕРСИТЕТ "НЕОФИТ РИЛСКИ", гр. БЛАГОЕВГРАД*

**МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛИ ЗА МЕНИДЖМЪНТ НА ПРОЦЕСА НА ПРОВЕРКА НА СРЕДСТВАТА ЗА ИЗМЕРВАНЕ /СИ/**

**MATHEMATICAL MODELS FOR MANAGEMENT OF THE CHECKING PROCESS OF MEASUREMENT MEANS**

*Chief Ass. Prof. ULIANA PASKALEVA*

*TECHNICAL COLLEGE - SOUTH-WESTERN UNIVERSITY "NEOFIT RILSKI",  
BLAGOEVGRAD*

**Abstract: An analysis of measurement quality and its characteristics is fulfilled.** It is emphasized on the actual problems in the regular calibration (checking) of measurement systems. Based on the given metrological reliability level the synthesis of a mathematical approach allowing to decide the optimization problem of volume and periodicity about the verifications with provision for parameters of the random process` changing of the measuring instruments error and accuracy of measurement standards, applicable to the metrological parameters determination of measuring instruments is proposed.

**Key words:** measurement systems, quality control, expenses, metrology, characteristics of errors` calibration.

### **1. ВЪВЕДЕНИЕ**

Показателите на качеството на измерването са свързани с точността на неговите резултати. Качеството на измерването е сравнително ново понятие, включващо в себе си редица компоненти, сред които, освен метрологичните и такива, като бързодействие на използваните средства за измерване, бързодействието на получаване на измервателната информация, големината на нейния обем, пълнота и нагледност на представените резултати, оптимална ориентация на сензорите в пространството, степен на интелигентност или автоматизация на измервателните процеси и не на последно място - икономичност. В съвременния свят мениджмънтът на качеството на изделията, който тясно е свързан с метрологичното осигуряване, е от огромно значение за поддържане на един висок стандарт във всички сфери на живота. Минималните разходи за провеждане на едно оптимално управление на техническото обслужване

на СИ са важен фактор за всяка фирма, институция и държава. Като обобщение може да се каже, че в България /като бъдеща членка на ЕС/ с още по-голяма сила трябва да започнат да действат изискванията по процедурите за акредитация на метрологични лаборатории.

Строго казано, съкращението ISO не произтича от International Standards Organization /Международна организация за стандарти/, а от гръцката дума "isos", означаваща „равен“. Съкращението ISO се използва и в английския, и във френския, и в руския езици, така че един акроним не може да се използва и разбира по един и същ начин и на трите езика.

В интерес на всички инстанции е СИ да отговарят на изискванията /стандартите/ от рода на ISO 9000, а част от тези изисквания е оптималното МО /метрологично осигуряване/.

### **2. КРИТЕРИЙ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ПРОЦЕСА НА ПРОВЕРКА НА СИ**

Един от основните въпроси при осигуряване на необходимата точност на измервателните системи в процеса на експлоатация е оптимизацията на проверочната дейност. Самата проверочна дейност е свързана с определени разходи, включващи ангажиране на квалифицирани специалисти, време, подходяща тестова апаратура, което прави нежелани честите проверки.

От друга страна съществуват определени загуби, свързани с метрологичния отказ на СИ (когато грешката им излиза извън определени граници). Това е от съществено значение при управление на сложни технологични процеси в металургията, химията, машиностроенето и т.н., където последствията от метрологичните откази се изразяват в увеличаване на брака. От тази гледна точка са необходими достатъчно чести проверки. Именно от тези две причини се очертава необходимостта от оптимизация на проверочната дейност на СИ, както и от регламентиране на необходимите процедури по самодиагностика и автокалибровка.

Техническото състояние на СИ се характеризира с определен брой параметри, които се оценяват в процеса на проверка /метрологичен контрол/.

Състоянието на СИ в момента  $t_k$  се представя с векторното уравнение:

$$(1) \bar{U}_k = \bar{U}(t_k),$$

където  $t_k$  е моментът от време, в което се извършва контрол на параметрите на СИ.

СИ може да се разгледа като многомерна динамична система, параметрите на която са взаимно

зависими. Формула (1) може да се представи във вида:

$$(2) \bar{U}_{K+1} = \Phi_{K+1/H} + B_{K+1/H} \bar{W}_K,$$

където  $\bar{U}_{K+1}, \bar{U}_K$  е вектор на метрологичните параметри на СИ в моментите от време  $t_K, t_{K+1}$ ;

$\Phi_{K+1/K}, B_{K+1/K}$  - преходни матрици на състоянието и смущенията на процеса  $n \times n$ ;

$\bar{W}_K$  - случаен вектор на смущаващите въздействия на СИ, разпределени по нормален закон.

СИ се разглежда в качеството на обект на управление [ 1, 2, 6 ]. Структурната схема на системата на управление е представена на фиг. 1. Тук блок 1- е средството за проверка; блок 2 – обект на управление /СИ/; блок 3 представя алгоритъма на управлението; блок 4 – алгоритъма за оценка на състоянието на СИ, P - регулатор.

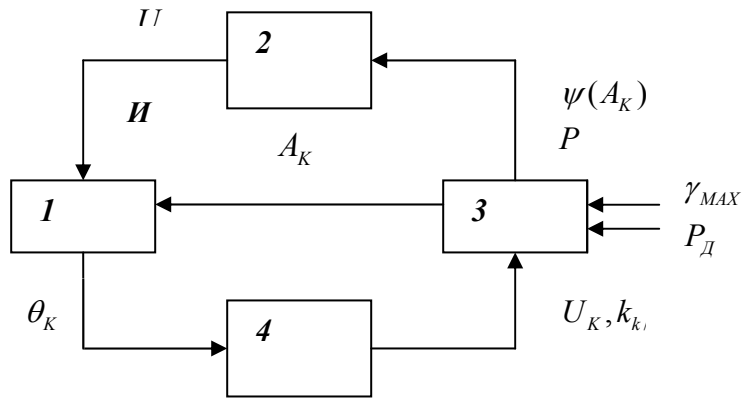
Информация за състоянието на СИ се намира във вектора на параметрите  $\bar{\theta}$ , формиран по резултатите от проверка на СИ:

$$\bar{\theta}_K = v(\bar{U}_K).$$

Управляващото въздействие  $A_K$  се представя във вид на матрица с размерност  $n \times n$ , диагоналните елементи на която се намират по следния начин:

$$A_K^{ii} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}; \text{ 1- ако } i \text{ – ти параметър на}$$

СИ се определя при проверката, 0 – ако  $i$  – тия параметър на СИ не се определя. Останалите елементи на матрицата са равни на нула.



Фиг.1. Структурна схема на системата за управление на СИ

Матрицата, разгледана по-горе, описва управляващото въздействие, което постъпва на входа на измервателния блок И - блок 1, а също така осигурява оптимален обем проверките в съответствие с избрания критерий.

Състоянието на разглежданата динамична система се наблюдава в момента от време  $t_k$ , съответстващ на моментите на провеждане на проверките на СИ. Моделът на измерване при проверките се представя в следния вид:

$$(3) \bar{\theta}_K = A_K(\bar{C}_K + F_K \bar{U}_K) + \bar{V}_K,$$

където:  $\bar{\theta}_K$  е  $n$  - вектор на резултатите на измерване при проверка;

$\bar{C}_K$  - детерминирания вектор, съответстващ на зададените стойности на метрологичните параметри;

$F_K$  - матрица с размерност  $n \times n$ , установяваща връзката между вектора на метрологичните параметри с резултатите от измерванията;

$\bar{U}_K$  - вектор на метрологичните параметри на СИ;

$\bar{V}_K$  - случайният  $n$  - вектор на резултата от въздействието на

смущенията върху измервателя, разпределени по нормален закон.

Резултат от работата на регулатора, съдържащ алгоритъма на управление, се явява  $A_K$ , т. е. управляващото въздействие което постъпва на входа на измервателния блок и осигурява оптимално, в съответствие с избрания критерий, формиране на вектора  $\bar{\Psi}(A_K)$ , характеризиращ процеса на възстановяване на неизправните СИ.

Целта на управлението е да се приведе обектът на управление от начално в крайно състояние, при което векторът на метрологичните параметри  $\bar{U}$  трябва да се намира в областта на допустимите стойности  $(\gamma_{MAX}; \gamma_{MIN})$  със зададена вероятност  $P_D$  [2, 4, 6].

За постигане на целта трябва да се подаде управляващ сигнал на входа на измервателния блок. Задачата на управлението се състои в това, че в областта на допустимото управление да се подбере такова управление  $A_K$ , при което ще бъде достигната целта [6, 11, 13].

Формулирана по този начин задачата за управление има безброй много

решения. Трябва да се предявят изисквания по осигуряване на минимум разходи за провеждане на техническото обслужване, не влизащо във формулиране на задачата за управление, но качествено отразяващо процеса на движение към целта, посочена по – горе. Много фактори от различен характер, влияещи на този процес, дават възможност да се строят само стохастически модели за изменение на състоянието на СИ, [ 4, 9, 11 ] като не е възможно априорното определяне на техните стойности.

Един от подходите, позволяващ да се реши задачата, се базира на анализ на динамиката на характеристиките на СИ [ 3, 6, 8, 13 ]. В тази връзка е възможен критерий във вид на обобщен показател, който да включва функцията на разходите за провеждане на измерванията и функцията на загубите от неточно определяне състоянието на СИ:

$$(4) J = \sum_{K=1}^{N-1} [C_{1K} + C_{2K}],$$

където  $C_{1K}$  са разходите за провеждане на измерванията при проверките в момента от време  $t_k$ ;

$C_{2K}$  - загубите от неточността при определяне състоянието на СИ при проверките.

Обемът на измерванията при проверките, определящ в съответствие с (4) стойността на проверките, едновременно характеризира и надеждността на резултатите от проверките.

### 3. АНАЛИЗ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ НА РАЗГЛЕДАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛ

Системата за управление на процеса на периодичността на проверките трябва да осигурява необходимото ниво на метрологичната надеждност. В качеството на показател на

метрологичната надеждност ще бъде избрана вероятността за метрологичен отказ. Необходимо е да се установи зависимостта между избрания показател и резултатите за оценка на състоянието. За решаване на тази задача ще се приемат следните допускания:

1. Изменението на стойността на метрологичните параметри има стохастичен характер, като априорно е невъзможно да се определят техните стойности. Оценките на даден параметър трябва да се намират в зададени граници  $\delta$ . При постоянни параметри на процеса на възстановяване на неизправните СИ, законът на разпределение на оценката на параметъра след известен период на експлоатация се стабилизира. На основа на тези предположения, може да се направи извод за това, че дисперсията на параметрите след провеждане на измерванията при проверките (и замяна на неизправните СИ) ще бъде постоянна, независимо от момента на провеждане на проверките.

2. Коефициентът на корелация на параметрите се определя основно от конструктивните особености на типа на СИ, следователно може да се счита за постоянен във времето.

3. Случайната компонента на грешката се променя по нормален закон.

4. За простота се приема, че систематична компонента на грешката липсва, освен ако алгоритъмът позволява тя да бъде отчетена.

Може да се докаже, че при тези допускания, показателят на надеждност определя грешката на оценката на състоянието на СИ при проверките.

Тъй като вероятността за метрологичен отказ при липса на управляващо въздействие е монотонно нарастваща функция във времето, то достатъчно е да се осигури изпълнение на изискванията за надеждност в края на МПИ /междупроверочния интервал/.

Дискретният обект на управление за целта се описва от система нелинейни уравнения:

$$y(k+1) = f_i \left[ \bar{Y}(k), \bar{S}(k) \right],$$

$$(5) \quad i = 1, n; k = 1, 2, \dots, N-1,$$

където:  $\bar{Y}(k)$  е вектор на състоянието;

$\bar{S}(k)$  - вектор на управляващите въздействия;

$f_i$  - диференцируема еднозначна функция.

Зададено е началното състояние на обекта  $Y_0$  и съвкупността от ограничения по управлението, формираща областта на допустимите въздействия.

Показателят на качеството е представен във вида:

$$(6) \quad J = \sum_{k=0}^{N-1} G \left[ \bar{Y}(k), \bar{S}(k) \right]$$

Задачата се състои в създаване на такова управление, принадлежащо към областта на допустимите въздействия, за което показателят на качеството достига най-малката стойност, а траекторията на движение на обекта минава през зададена начална точка.

### **Алгоритъм за оптимално управление:**

1. Задават се някои допустими въздействия  $\bar{S}_0(k)$ .

2. Управлението  $\bar{S}_0(k)$  се замества в уравнението за обекта на управление и последното се решава при зададени начални условия. Решението ще бъде означено с  $\tilde{Y}_0(k)$ .

3. За процесите  $S_0(k)$  и  $\tilde{Y}_0(k)$  се изчислява критерия на качеството от (6).

4. Съставя се система уравнения:

(7)

$$P(k) = \left\{ \frac{\partial \tilde{F} \left[ \tilde{Y}(k), S(k) \right]}{\partial \tilde{Y}(k)} \right\}^T P(k+1),$$

където  $\tilde{Y}(k), S(k)$  се заместват с  $\tilde{Y}_0(k), S_0(k)$ . След това системата се решава отдясно наляво от  $k=N$  до  $k=0$ . Съответното решение е:  $P_0(k)$ .

5. В съответствие с (8) се съставя функцията на Хамилтън, в която  $\tilde{Y}(k), P(k)$  се заменят с  $\tilde{Y}_0(k), P_0(k)$ :

(8)

$$H \left[ \tilde{Y}(k), P(k+1), S(k) \right] = \sum_{k=0}^n p_i(k+1) f_i \left[ \tilde{Y}(k), S(k) \right]$$

6. Тъй като в състава на функцията неизвестно е само управлението  $S_0(k)$ , задачата се решава относно такова допустимо управление за всеки дискретен момент от време, за който функцията на Хамилтон достига най-голяма стойност. Полученото в резултата управление се означава с  $S_1(k)$ .

7. Управлението  $S_1(k)$  се приема за първо приближение на оптималното управление и за него се извършват операции 2, 3. Резултатът от операция 2 се означава със символа  $\tilde{Y}_1(k)$ .

8. Провеждат се операциите 4, 5, 6, вследствие което се приема второто приближение за оптимално управление  $S_2(k)$ .

9. Изчисленията продължават до изпълнение на условието  $S_2(k) = S_{j+1}(k)$ , при което управлението на два съседни цикъла на обръщане към операциите 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 съвпадат и характеризират една и съща стойност на критерия на

качеството. Това управление се приема за окончателно решение на задачата  $\bar{S}(k)$ .

В случая, компоненти на вектора на състоянието  $\overline{Y(k)}$  се явяват диагоналните елементи на матрицата на прогнозната стойност на грешката от определяне на параметрите.

#### 4. ИЗВОДИ

Предложеният модел позволява да се реши задачата за оптимизация на обема и периодичността на проверките с цел минимизиране на разходите за

тяхното провеждане, с отчитане на параметрите на случайния процес на промяна на грешките на СИ и точността на работните еталони.

Предложеният алгоритъм може да се използва при решаване на редица организационни въпроси при метрологичния контрол на СИ, защото моделира процеса на експлоатация на СИ. Предложеният алгоритъм се явява математически апарат, добре приспособен към изследване на МПИ /междупроверочни интервали/.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беневоленский С. Б., Колев, А. П., „ Моделирование процесса установления допустимого предела эксплуатации сложного технического объекта „Измерительная техника, 2004, №12, стр.16.
2. Богданов, Г. П., Кузнецов, Б. П., „Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники“, Москва, РАДИО И СВЯЗЬ, 1990
3. Кривов А. С., Храпов Ф. И., Измерительная техника, 1998, №1, стр.7.
4. Калчев, И., Разпределени измервателни системи, ТУ – София, 2005 г.
5. Паскалева, Уляна Хр., „Някои аспекти от метрологичното осигуряване“, Сборник доклади „Техника, технологии и околна среда“, ЮЗУ „Н. Рилски“, Благоевград, 2000г
6. Радаев, Н. Н., Сахаров, „Относителна информация о надежности и методы ее получения“, Измерительная техника, 1999, №11, стр.15.
7. Agilent Instruments Technical Support, 01/2004
8. Cal Lab, on line, “The international journal of metrology”, 1/2004 Agilent Catalog,
9. Ch. Roumenin, "Solid State Magnetic Sensors", ELSEVIER, 1994
10. Ch. Roumenin „Parallel – field hall microsensors. Sensors and actuators, 1-30(1992) 77-87
11. Kalchev, I., D., Paskaleva Ul. Chr. ” Aspects of Metrological Assurance of the Intelligent Measurement Systems” SWU „ N. Rilsky”, Blagoevgrad,2005
12. Paskaleva Ul. Chr. „An Optimal Robust Method for Metrological Assurance”, SWU N. Rilsky”, Blagoevgrad,2005. Test and Measurement Engineering Services, 2003
13. Test and Measurement Engineering Services, 2003