

СТРАТЕГИИ ЗА ТЕХНИЧЕСКОТО ОБСЛУЖВАНЕ ЗА ЕЛЕКТРОННИТЕ СИСТЕМИ

доц. д-р инж. Антон Георгиев

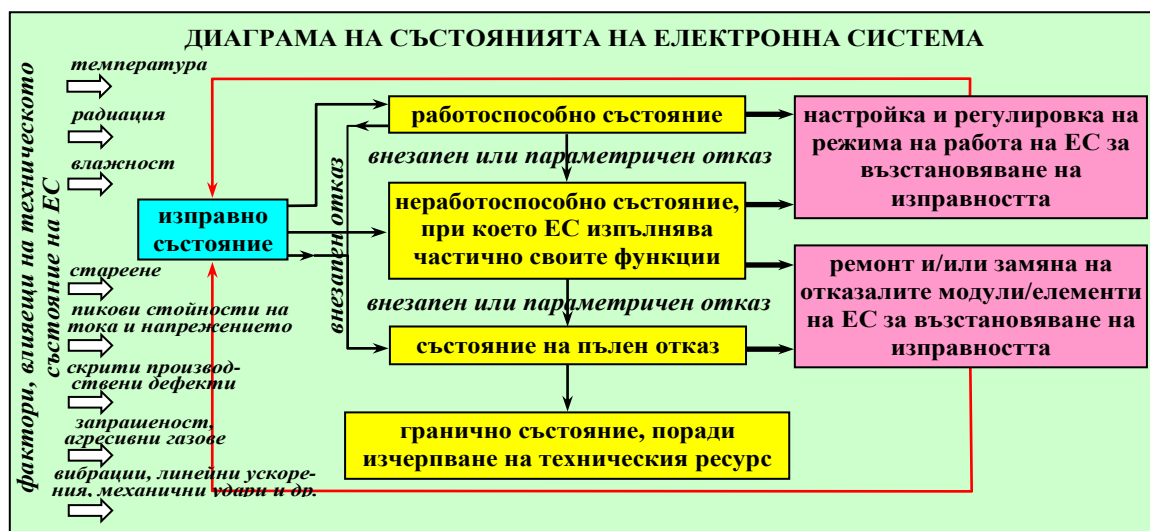
Технически Университет – Варна, e-mail: georgiev_an@yahoo.com

Установено е [1], че почти една трета от отказите, проявяващи се по време на експлоатацията на електронните системи (ЕС) са причинени от грешки при експлоатацията, и в частност - от неподходящо техническо обслужване. Подобна обезпокоителна констатация налага необходимостта от сериозен анализ на причините за влошаването на експлоатационната надеждност на електронните изделия и търсене и предлагане на методи за подобряване на надеждностните им показатели. Настоящата статия поставя акцент върху състава, обема и начина на редуване на възстановителните процедури, провеждани по време на експлоатацията на различните типове ЕС и влиянието им върху експлоатационната надеждност.

Анализирани са особеностите на техническото обслужване на електронни апаратури, като са формулирани няколко стратегии за неговото провеждане.

ВЪВЕДЕНИЕ

Процесът на деградация (влошаване на параметрите) на електронните изделия е обективен процес, обусловен от голям брой външни и вътрешни фактори, като стареене на материалите, повишена температура, промяна в атмосферното налягане, пикови нараствания на токовете, напреженията и мощността, резки промени в температурата, скрити производствени дефекти и др. Всички те водят до постепенно или скокообразно преминаване на ЕС от изправно състояние в състояние на отказ (фиг. 1). За възвръщане на пълната или на частичната работоспособност на ЕС, се налага обслужващият персонал или сервизното звено да реализират множество възстановителни дейности, от чийто състав, целесъобразност и последователност зависи понататъшната експлоатационна надеждност на ЕС.



Фиг. 1. Диаграма на състоянията на електронна система

Фиг. 1 показва, че процеса на деградация предизвиква изменения на състоянието на ЕС, които от своя страна налагат обективната необходимост от техническо обслужване. В тази светлина, техническото обслужване може да се формулира като съвкупност от целенасочени дейности, целящи да се парират ефектите от процеса на деградация. При

това, степента на въздействие за възвръщане на ЕС в изправно състояние, от страна на субективния фактор, трябва да бъде пропорционално на степента на деградация.

Профилактиката на ЕС е съвкупност от предварителни прегледи на отделни елементи и блокове, контрол и регулиране на променените параметри, замяна и ремонт на отказалите компоненти и редица други мероприятия, целящи повишаване експлоатационната надеждност. Профилактичните дейности са прилагат в строго определена последователност (която може да се опише чрез многократно разклонен алгоритъм), специфична за различните ЕС, като например: изключване от експлоатация на ЕС, оглед на електронните модули и елементи, измерване на контролираните параметри – ако всички параметри са в допустимите граници – включване на ЕС в експлоатация; ако някой/някои от параметрите са извън допустимите граници – провеждане на допълнителни измервания (преди и/или след демонтажа на съответните електронни модули), диагностика, локализация на отказалия блок/елемент, демонтаж, ремонт на отказалия блок или подмяната му с нов, монтаж, регулиране и настройка на параметрите до достигане на допустимите граници, включване на системата и функционален контрол.

За съжаление профилактиката е съпроводена с поне три нежелателни ефекта:

- значителни материални разходи, поради необходимостта от използване на висококвалифициран труд и скъпа специализирана техника;
- влошаване на коефициента на готовност, поради намаляване на времето, в което ЕА функционира;
- поява на “следпрофилактични” откази.

СТРАТЕГИИ ЗА ТЕХНИЧЕСКОТО ОБСЛУЖВАНЕ ЗА ЕЛЕКТРОННИТЕ СИСТЕМИ

За да се намали влиянието на изброените негативни явления е необходимо да бъдат оптимизирани както организацията и сроковете за профилактика, така и съдържанието и последователността на профилактичните дейности. Изброените дейности са основните атрибути, характеризиращи стратегията за техническо обслужване (СТО). Понятието стратегията за техническо обслужване може да бъде формулирана като регламентирана система от правила, включена в състава на техническото обслужване, съгласно която се вземат решения, касаещи: обема и състава на профилактичните и аварийните възстановявания на ЕС, големината на срока за профилактика, началния момент за отчитане на срока за профилактика, начинът за редуване на профилактичните и аварийните възстановявания, доминиращия критерий за вземане на решения относно вида и обема на профилактичните дейности и др. За съжаление, в теорията на надеждността не се поставя необходимият акцент върху проблемите, касаещи профилактичните дейности, а проблемите, свързани с обема и състава на профилактичните и аварийните възстановявания, срока за профилактика и началния момент за отчитането му, подходът при редуването на профилактичните и аварийните възстановявания, като и критериите за вземане на решения относно обхвата на възстановяванията, се решават интуитивно – според субективната преценка на екипа, извършващ техническото обслужване. Това е основната причина да бъдат допускани сериозни грешки при техническото обслужване на ЕС-и, предизвикващи понижаване на нейната експлоатационна надеждност. Анализът на техническото обслужване на електронни апаратури със система за контрол, поместен в тази статия, се базира на дефинирането на няколко стратегии, приложими при техническото обслужване за ЕС. Формулирани са като техните основни характеристики, така и предимствата и недостатъците им, анализирани са областите на тяхното приложение.

Стратегиите за техническото обслужване за ЕС биха могли да бъдат класифицирани по

различни критерии, но определящи са два от тях:

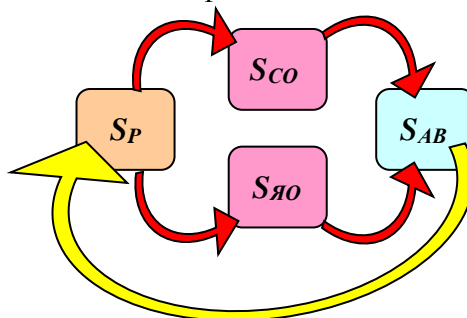
- Според начина на редуване на профилактичните и аварийните възстановявания СТО могат да се класифицират като: Стратегия на аварийно техническо обслужване; Блокова стратегия за техническо обслужване; Строго периодична стратегия за техническо обслужване.

При блоковата стратегия за техническо обслужване е предварително известен моментът, в който ще започне поредното профилактично възстановяване на ЕС. Строго периодична стратегия за техническо обслужване може да бъде наречена тази СТО, при която, след безотказна работа на ЕС в продължение на време, равно на срока на профилактика, се извършва профилактично възстановяване, а ако е възникнал отказ преди изтичането на срока на профилактика, се извършва пълно аварийно възстановяване на ЕС, като срока на профилактика започва да тече от момента на завършване на аварийното възстановяване.

- Според доминантата на вземане на решения относно вида и обема на профилактичните дейности СТО могат да се разделят на: Стратегия за техническо обслужване според отработката и Стратегия за техническо обслужване според състоянието.

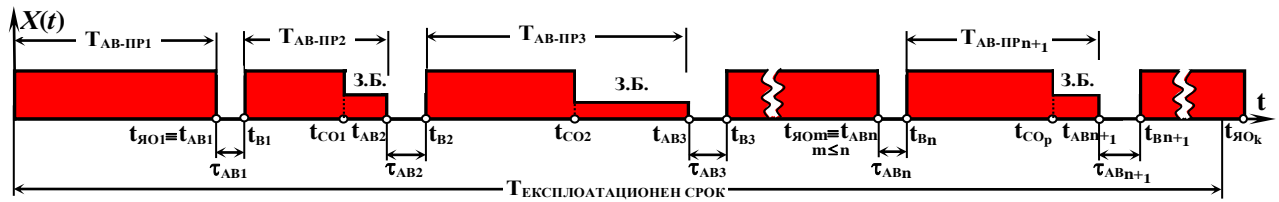
СТРАТЕГИЯ НА АВАРИЙНО ТЕХНИЧЕСКО ОБСЛУЖВАНЕ

Стратегия на аварийно техническо обслужване е такава СТО, при която пълно възстановяване на ЕС се извършва само след настъпване на отказ. Ако въведем означение $X(t)$ за случайния процес, отразяващ състоянието на ЕС във времето, то $X(t)$ може да приема четири дискретни стойности, съответстващи на: работоспособно състояние S_P , състояние на „скрит отказ“ S_{CO} , състояние на „явен отказ“ S_{JO} и състояние на аварийно възстановяване на работоспособността S_{AB} . В общия случай при аварийно възстановяване се извършват и профилактични дейности, свързани с: оглед на печатните платки и на елементите върху тях, почистване от замърсявания, измерване и настройката на параметрите и др., но поради характера на тази стратегия, тези дейности нямат строго фиксиран срок за повторение. Диаграмата на преходите, на така формулираната стратегия, е показана на фиг. 2,



Фиг.2. Диаграмата на преходите

а време диаграмата - на фиг. 3. Състоянието на „скрит отказ“ е типично за ЕС без система за непрекъснат контрол на състоянието и често води до зони на бездействие (З.Б.) с голяма продължителност, което предизвиква сериозно влошаване на коефициента на готовност на ЕС, особено в случаите, когато ЕС е много функционална и голяма част от отказите ѝ са частични. В тези случаи описването и оценяването на надеждността на ЕС е добре да се извършва не с методите на класическата „булева“ надеждност, а с Марковски процеси [2, 3].



фиг. 3. Времедиаграма на стратегия за аварийно техническо обслужване

За описване на математическото очакване на времената за пребиваване на ЕС във всяко от четирите възможни състояния (S_P , S_{CO} , $S_{ЯО}$ и S_{AB}), приемаме, че времената от завършване на поредното възстановяване до настъпването на отказ, са разпределени по закона $R(x)$, времената за престой в състояние на скрит отказ, са разпределени по закона $P(x)$, аварийно-възстановителните дейности започват веднага след настъпването на явен отказ, а с T_B записваме математическото очакване на случайната величина време за аварийно възстановяване τ_{AB} , чиято вероятностна плътност е $f_B(t)$ [4]. Тогава математическото очакване на времената за пребиваване на ЕС във всяко от четирите състояния ще бъдат съответно:

$$(1) \quad M_{t_{S_P}} = T_{CP} = \int_0^{\infty} [1 - R(x)] dx, \quad M_{t_{S_{CO}}} = T_{\Pi_{CO}} = \int_0^{\infty} [1 - P(x)] dx, \quad M_{t_{S_{AB}}} = T_B = \int_0^{\infty} x f(x) dx, \quad M_{t_{S_{ЯО}}} = T_{\Pi_{ЯО}} \approx 0,$$

а математическото очакване на продължителността на времеинтервала $T_{AB-ПР}$, заключен между два поредни момента за стартиране на възстановителните дейности би бил

$$(2) \quad M[T_{AB-ПР}] = \int_0^{\infty} [1 - R(x)] dx + \int_0^{\infty} [1 - P(x)] dx + T_B + 0.$$

Ако аварийно-възстановителните дейности не започват веднага след проявяването на явните откази (ситуация, която не е препоръчителна и е малко вероятна, но възможна), то стойностите на случайната величина „време за престой след проявил се явен отказ“ могат да бъдат представени чрез тяхното математическо очакване (различно от 0), като се използва законът, описващ тяхното разпределение. Ако отбележим този закон за разпределение като $Q(x)$, то математическото очакване на времето за престой след проявил се явен отказ, ще бъде

$$(3) \quad M_{t_{ЯО}} = T_{\Pi_{ЯО}} = \int_0^{\infty} [1 - Q(x)] dx \neq 0,$$

а в този случай, математическото очакване на продължителността на времеинтервала $T_{AB-ПР}$, заключен между два поредни момента за стартиране на възстановителните дейности ще бъде

$$(4) \quad M[T_{AB-ПР}] = \int_0^{\infty} [1 - R(x)] dx + \int_0^{\infty} [1 - P(x)] dx + \int_0^{\infty} x f(x) dx + \int_0^{\infty} [1 - Q(x)] dx.$$

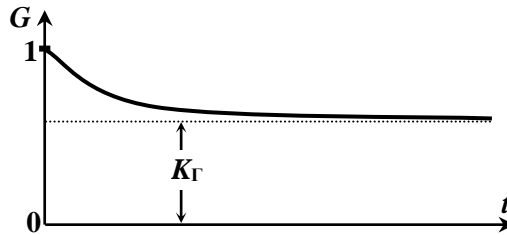
Трябва да отбележа, че времето за аварийно възстановяване τ_{AB} е функция от голям брой аргументи, но определящи са: времето за локализиране на отказа; квалификацията на персонала; осъществяващ ремонтните дейности; подходящият избор на контролно-измервателна апаратура, нейната точност и надеждност; времето за подмяна на отказалия елемент/модул; вероятността отказалият елемент/модул да е в наличност в момента на стартиране на възстановителните дейности [5, 6, 7] и др. При съвременните ЕС процесът на самата подмяна на отказалите елементи/модули се извършва за достатъчно кратко време, поради което вероятностната плътност на ремонтите сполучливо се апроксимира чрез експоненциален закон за разпределение на случайните величини. В случаите, когато продължителността на възстановителните дейности зависи слабо от вида на отказалия елемент (ситуация, типична за голяма част от

съвременните ЕС с вградена система за непрекъснат контрол на състоянието), вероятностната плътност на ремонтите сравнително точно се описва с помощта на Гаусов закон, като се приема, че $T_B \approx 3\sigma$ [4].

Както е известно, коефициент на готовност $K_G(t)$ е един от най-важните показатели, чрез които се оценява експлоатационната надеждност на възстановяемите изделия. Той оценява вероятността изделието да бъде изправно в определен момент от време

$$(5) \quad K_G(t) = \frac{T_{CP}}{T_{CP} + T_B} \left(1 + \frac{T_B}{T_{CP}} \cdot e^{-\frac{T_{CP} + T_B}{T_{CP} \cdot T_B} \cdot t} \right).$$

Коефициентът на готовност се явява асимптотичната стойност на функцията на готовност $G(t)$, при неограничено нарастване на аргумента $t (t \rightarrow \infty)$ – фиг. 4.



Фиг.4. Функцията на готовност при неограничено нарастване на аргумента

При стационарност на потока ($t \rightarrow \infty$) за изчисляване на статистическата точкова оценка на коефициента на готовност K_G^* може да се използва изразът

$$(6) \quad K_G^* \approx \frac{T_{CP}^*}{T_{CP}^* + T_B^*}.$$

където T_{CP}^* и T_B^* са съответно статистическата точкова оценка на средното време между отказите и статистическата точкова оценка на средното време за възстановяване на ЕС.

За коефициента на готовност K_G при аварийната стратегия за техническо обслужване, в общия случай, може да се запише:

$$(7) \quad K_G = \frac{T_{CP}}{T_{CP} + T_{PCO} + T_{PYO} + T_B} \left[1 + \frac{(T_{PCO} + T_{PYO} + T_B) e^{-\frac{(T_{CP} + T_{PCO} + T_{PYO} + T_B)}{T_{CP}(T_{PCO} + T_{PYO} + T_B)}}}{T_{CP}} \right] =$$

$$= \frac{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt + \int_0^{\infty} [1 - Q(t)] dt} \left[1 + \frac{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt \left(\frac{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt + \int_0^{\infty} [1 - Q(t)] dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt} \right)}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt} \right]$$

израз, чиято компонента в средните скоби, при за $t \rightarrow \infty$, е приблизително равна на единица. При което, за стационарен режим (за $t \rightarrow \infty$), последният израз може да се опрости до вида:

$$(8) \quad K_{\Gamma} = \frac{T_{CP}}{T_{CP} + T_{\Pi CO} + T_{\Pi ЯО} + T_B} = \frac{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt + \int_0^{\infty} [1 - Q(t)] dt},$$

За стационарен режим, за коефициента на престой K_{Π} , може да се запише:

$$(9) \quad K_{\Pi} = \frac{T_{\Pi CO} + T_{\Pi ЯО} + T_B}{T_{CP} + T_{\Pi CO} + T_{\Pi ЯО} + T_B} = \frac{\int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt + \int_0^{\infty} [1 - Q(t)] dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt + \int_0^{\infty} [1 - Q(t)] dt},$$

а за ситуацията, с по-голяма практическа значимост, когато аварийно-възстановителните дейности започват веднага след настъпването на явен отказ, коефициентът на готовност и за коефициентът на престой са съответно:

$$(10) \quad K_{\Gamma} = \frac{T_{CP}}{T_{CP} + T_{\Pi CO} + T_B} = \frac{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt},$$

$$(11) \quad K_{\Pi} = \frac{T_{\Pi CO} + T_B}{T_{CP} + T_{\Pi CO} + T_B} = \frac{\int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt}.$$

По-подробна информация за изчисляването на коефициента на престой на ЕС при тази СТО е предложена в [8].

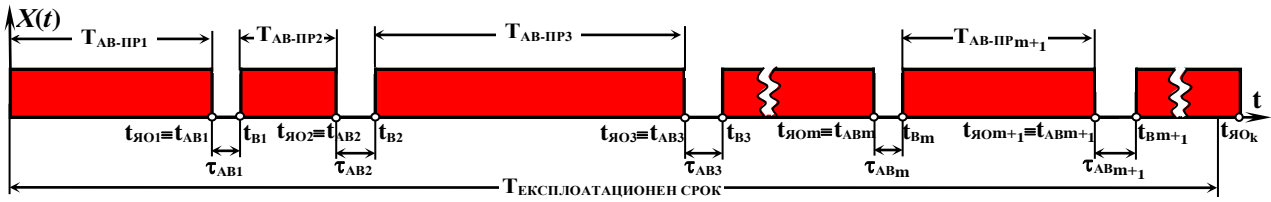
При ефективно работеща система за непрекъснат контрол [9] състоянието на „скрит отказ”, на практика изчезва, т.е. времето за престой в това състояние (в зона на бездействие) $T_{\Pi CO} \rightarrow 0$. Математическото очакване на продължителността на времеинтервала T_{AB-PP} , заключен между два поредни момента за стартиране на възстановителните дейности намалява значително

$$(12) \quad M[T_{AB-PP}] = \int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt,$$

което, от своя страна, предизвиква рязко нарастване на коефициента на готовност (например, при каналните платки на УТС100, чиято експлоатационна надеждност бе изследвана в продължение на повече от две години [10], бе установено нарастване с около 22,4%):

$$(13) \quad K_{\Gamma} = \frac{T_{CP}}{T_{CP} + T_B} = \frac{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt},$$

Ако бъдат сравнени времедиаграмите от фиг.3 и фиг.5 се вижда несъмненото превъзходството на ЕС-и, притежаващи система за непрекъснат контрол.



Фиг. 5. Времедиаграма на стратегия за аварийно техническо обслужване без зони на бездействие (сто на ес със система за непрекъснат контрол)

За да бъде дадена обективна оценка за ползите от прилагането на дадена стратегия може да бъде разработена формула за оценяване както на разходите направени за техническо обслужване, така и на пропуснатите ползи поради бездействието на ЕС (скрити откази, време за аварийни възстановявания и време за профилактични възстановявания). За целта предлагам израз за изчисляване на „коefficient на разходите и пропуснатите ползи“ $K_{РПШ}$ (сумарен параметър, определящ се от направените разходи за ремонт K_P и пропуснатата печалба $K_{ПШ}$, поради престоя на ЕС $K_{РПШ} = K_P + K_{ПШ}$) за конкретна СТО.

За да бъде изразен $K_{РПШ}$ за стратегия на аварийно техническо обслужване, могат да се използват означенията: K_{S_p} - относителен дял на времето, в което ЕС е в работоспособно състояние, $K_{S_{CO}}$ - относителен дял на времето, в което тя е в състояние на скрит отказ, $K_{S_{яо}}$ - относителен дял на времето, в състояние на явен отказ и $K_{S_{AB}}$ - относителен дял на времето, в състояние на аварийно възстановяване. В стационарен режим (т.е. при $t \rightarrow \infty$) $K_{S_p} = K_{\Gamma}$ - израз (8), а стойността на другите три величини може да се изрази във вида:

$$(14) \quad K_{S_{CO}} = \frac{T_{П_{CO}}}{T_{CP} + T_{П_{CO}} + T_{П_{яо}} + T_B}, \quad K_{S_{яо}} = \frac{T_{П_{яо}}}{T_{CP} + T_{П_{CO}} + T_{П_{яо}} + T_B},$$

$$K_{S_{AB}} = \frac{T_B}{T_{CP} + T_{П_{CO}} + T_{П_{яо}} + T_B},$$

при което, за коефициента на разходите и пропуснатите ползи може да се запише израза:

$$(15) \quad K_{РПШ} = \frac{C_{S_{CO}} \cdot K_{S_{CO}} + C_{S_{яо}} \cdot K_{S_{яо}} + C_{S_{AB}} \cdot K_{S_{AB}}}{1 - K_{\Gamma}} = \frac{(T_{П_{CO}} + T_{П_{яо}} + T_B + T_{CP})(C_{S_{CO}} + C_{S_{яо}} + C_{S_{AB}})}{T_{CP}},$$

където: $C_{S_{CO}} = C_{S_{яо}}$ е стойността на загубите за единица време от престоя на ЕС, а $C_{S_{AB}}$ е сумарна величина, отчитаща като загубите за единица време от престоя на ЕС така и разходите, направени за нейния ремонт.

Може да бъде предложен и друг показател за обективна оценка на експлоатационната надеждност при конкретната СТО, показател, който да оцени стойността на средния относителен профит P (полза, печалба) от експлоатацията на ЕС, за единица време. Стойността на средния относителен профит от експлоатацията на ЕС зависи от разликата между приходите K от експлоатацията на ЕС и сумарните разходи, направени за нейното техническото обслужване $K_{РПШ}$, отнесени към относителния дял на времето, в което ЕС е пребивавала в работоспособно състояние:

$$(16) \quad P = K_{S_p}(K - K_{РПШ}) = K_{\Gamma} \left[K - \frac{(T_{П_{CO}} + T_{П_{яо}} + T_B + T_{CP})(C_{S_{CO}} + C_{S_{яо}} + C_{S_{AB}})}{T_{CP}} \right].$$

Ситуацията, при която профитът добива отрицателен знак (поради това, че $K < K_{РПШ}$) е сигурен симптом за неподходящо избрана СТО. Индикатор за лоша стратегия е и равенството $K = K_{РПШ}$, както, дори и малката стойност на разликата $K - K_{РПШ}$.

За ситуацията, типична за ЕС с интегрирана СК, когато аварийно-възстановителните

дейности започват веднага след настъпването на явен отказ, профитът нараства, тъй като стойността на най-съществената компонента за престоя на ЕС, е пренебрежимо малка (времената за престой в състояние на скрит отказ $T_{ПСО} \rightarrow 0$)

$$(17) \quad M_{I_{SCO}} = T_{ПСО} = \int_0^{\infty} [1 - P(x)] dx \approx 0, \quad \text{тъй като} \quad P(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0 \\ 1 & \text{при } x > 0 \end{cases},$$

или

$$(18) \quad P = K_{S_p}(K - K_{P_{III}}) = K_{\Gamma} \left[K - \frac{(T_{П_{ЯО}} + T_B + T_{CP})(C_{S_{ЯО}} + C_{S_{AB}})}{T_{CP}} \right].$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статията са разгледани различни прийоми за повишаване на експлоатационната надеждност на електронни системи. Анализирани са особеностите на техническото обслужване, като са разработени и дефинирани няколко стратегии за неговото провеждане. Формулирани са като техните основни характеристики, така и предимствата и недостатъците им. Очертани са областите на тяхното приложение. Акцентът, при анализа, е поставен върху стратегия на аварийно техническо обслужване. Изведени са изрази, оценяващи прилагането на тази стратегия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ненов Г.Д. Надеждност на радиоелектронните изделия. С., Техника, 1983.
- [2]. Георгиев А.С. 'Марковски апроксимации при прогнозиране надеждността на електронни изделия'. "Морски научен форум. Том 2. Електроника. Електротехника и автоматика" ISSN 1310-9278 стр. 156-162. Юбилейна научна сесия с международно участие "120 години морско училище". Варна, 14-15. 05. 2001.
- [3]. Anton Sl. Georgiev, Angel Z. Toshkov, Application of Bayesian Techniques to Reliability Prediction of the Structural Elements of the Electronic Apparatus, TEHNONAV 2006, Ovidius University premises in Constanta, Romania, 19-21 May 2006, ISBN 973-614-307-4, p.p. 445-449
- [4]. Гиндев Е.Г. Изчислителна надеждност в радиоелектрониката. С., Техника, 1979.
- [5]. Георгиев А. С. 'Осигуряване на улътнителните телефонни системи със запасни елементи', Сборник научни трудове, книжка №67 - тематични направления "Свързочна техника, химия, физика, екология", ISSN 0861-0312. стр. 148-155. статията е отпечатана в академично издание ВВОВУ "Васил Левски". В. Търново след нейното представяне и одобряване на. Юбилейна научна сесия с международно участие '98 "120 години от създаването на ВВОВУ "Васил Левски". В. Търново 25 и 26.06 1998.
- [6]. Георгиев А. С. и Н. Г. Георгиева. 'Изчисляване количеството невъзстановяеми запасни елементи на улътнителните телефонни системи при внезапни откази'. Сборник научни трудове, книжка №67 - тематични направления "Свързочна техника, химия, физика, екология", ISSN 0861-0312. стр. 164-171. Статията е отпечатана в академично издание ВВОВУ "Васил Левски". В. Търново след нейното представяне и одобряване на. Юбилейна научна сесия с международно участие '98 "120 години от създаването на ВВОВУ "Васил Левски". В. Търново 25 и 26.06 1998.
- [7]. Георгиев А. С. и Н. Г. Георгиева. 'Изчисляване количеството невъзстановяеми запасни елементи на улътнителните телефонни системи при параметрични откази'. Сборник научни трудове, книжка №67 - тематични направления "Свързочна техника, химия, физика, екология", ISSN 0861-0312. стр. 156-163. Статията е отпечатана в академично издание ВВОВУ "Васил Левски". В. Търново след нейното представяне и одобряване на. Юбилейна научна сесия с международно участие '98 "120 години от

създаването на ВВОВУ "Васил Левски". В. Търново 25 и 26.06 1998.

[8]. Георгиев А.С. 'Анализ на коефициента на престои на индивидуалното оборудване на уплътнителна телефонна система UTC100'. Пета национална научноприложна конференция с международно участие "Електронна техника (ЕТ'96)", Созопол, 27-29.09.1996. ТУ-София и TU-Delft, the Netherlands, Сборник научни трудове, книга 2, стр.195-200.

[9]. Георгиев А. С. 'Използуване на данните за надеждността при техническото обслужване на електронна апаратура със система за контрол'. The ninth scientific and applied science conference with international participation "ELECTRONICS ET'2000" Sozopol, Educational sports and recovery complex of the TU-Sofia, September 20-22.2000. Proceedings of the conference "Electronics'2000", ISBN 954-438-304-2 book 3p. 9-13.

[10]. Пранчов Р.Б, А.С. Георгиев, Н.Г. Георгиева. Отчет по договор №184-11/90 на тема: "Оценка на експлоатационната надеждност на уплътнителни телефонни системи UTC100", с ръководител доц. д-р Р.Б.Пранчов, заявител Комитет по съобщения и информатика, НИС ТУ-София, С., 1991.