

BLOCK STRATEGY FOR MAINTENANCE WITH MINIMAL EMERGENCY REPAIRS AND FULL PREVENTIVE REFUNDS OF ELECTRONIC SYSTEMS

*associate professor Ph.D. Anton Slavchev Georgiev
Technical University – Varna, georgiev_an@yahoo.com*

Abstract: In this article are analyzed some issues of reliability of electronic systems. Here are created some suggestions for improving of the maintenance of the electronic systems. The characteristics and parameters of the different strategies for maintenance are discussed and researched here. Emphasis was placed to the applicability of the different strategies. The attention was placed on the block strategy for maintenance with minimal emergency repairs and full preventive refunds. I propose formulas for calculating the performance gain of this new strategy and analytical expressions for assessing its operational reliability..

Keywords: Maintenance activities, Reliability, Maintenance, Operational reliability, After prophylactic failures, maintenance of electronic equipment, methods for raising the reliability.

БЛОКОВА СТРАТЕГИЯ С МИНИМАЛНИ АВАРИЙНИ И ПЪЛНИ ПРОФИЛАКТИЧНИ ВЪЗСТАНОВЯВАНИЯ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОТО ОБСЛУЖВАНЕ НА ЕЛЕКТРОННИ СИСТЕМИ

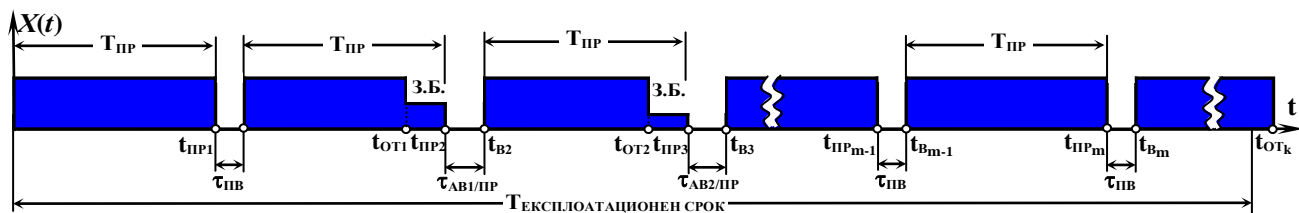
*доц. д-р инж. Антон Георгиев
Технически Университет – Варна, georgiev_an@yahoo.com*

Абстракт: В статията се анализират някои въпроси, свързани с експлоатационната надеждност на електронни системи. Направено е сравнение на различни блокови стратегии за техническо обслужване на такива системи. Акцентирано е на приложимостта на отделните стратегии. Направен е анализ на основните им характеристики и параметри. По-специално внимание е обърнато на блоковата стратегия за техническо обслужване, съдържаща минимални аварийни ремонти и пълни профилактични възстановявания. Предложени са аналитични изрази за оценяване на експлоатационната надеждност на електронните системи при прилагане на тази стратегия.

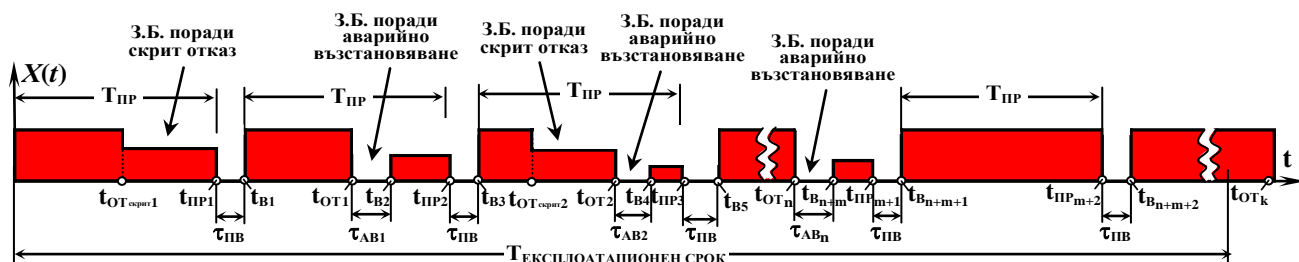
Ключови думи: Надеждност, Техническо обслужване, Експлоатационна надеждност, Профилактика на технически системи, Аварийно възстановяване на технически системи.

ВЪВЕДЕНИЕ

При Блоковите стратегии за техническо обслужване (СТО), за разлика от Стратегията на аварийно техническо обслужване [1], е известен предварително моментът, в който ще стартира поредното профилактично възстановяване на електронните системи (ЕС). Блоковите стратегии могат да бъдат приложени в различни варианти, но три от тях биха представлявали по-голям интерес за практиката: Блоковата СТО със зони на бездействие (времедиаграма на тази СТО е показана на фиг. 1); Блоковата СТО с минимални аварийни и пълни профилактични възстановявания (времедиаграма на тази СТО е показана на фиг.2); Блоковата СТО с възстановявания, чийто обем и продължителност зависят от момента на настъпване на отказа (времедиаграма на тази СТО е показана на фиг. 3). Освен времедиаграма, за Блоковата СТО с минимални аварийни и пълни профилактични възстановявания, е разработена и диаграма на преходите.



фиг. 1 Времедиаграма на блокова стратегия за техническо обслужване със зони на бездействие



фиг. 2 Времедиаграма на блокова стратегия за техническо обслужване с минимални аварийни и пълни профилактични възстановявания



фиг. 3 Времедиаграма на блокова стратегия за техническо обслужване зависеща от момента на настъпване на отказа, без строго спазване на T_{PP}

БЛОКОВА СТРАТЕГИЯ С МИНИМАЛНИ АВАРИЙНИ И ПЪЛНИ ПРОФИЛАКТИЧНИ ВЪЗСТАНОВЯВАНИЯ

Блокова СТО с минимални аварийни и пълни профилактични възстановявания е такава СТО, при която след настъпване на явен отказ се извършват минимални по обем и продължителност аварийно-възстановителни дейности, осигуряващи реализирането на основните функции на ЕС. Поради характера на аварийните възстановявания (да се отстрани конкретен явен отказ) контролните измервания са строго целенасочени. Поради липсата на всеобхватни контролни измервания, ако преди ремонта е имало скрити откази, то установяването им по време на ремонта е малко вероятно, и те остават скрити и след приключването му. Ето защо, при ЕС без вградена система за непрекъснат контрол, състоянието на „скрит отказ“ често води до З.Б. с голяма продължителност, което от своя страна понижава сериозно коефициента на готовност.

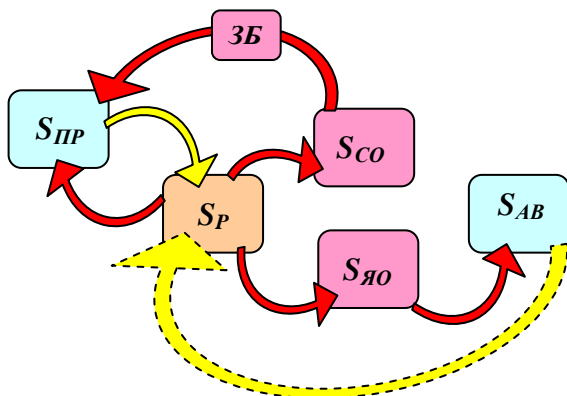
Пълно възстановяване на работоспособността се осъществява по време на профилактика, когато всички параметри на ЕС се коригират в съответствие с посочените от производителя граници. Скритите откази, най-често, биват установявани и отстранявани едва след провеждане на контролните измервания, извършвани по време на всеобхватните планови профилактики, проведени по установен алгоритъм.

З.Б. са особено продължителни в случаите, когато преобладаващият брой откази са частични (и поради това те често остават скрити) - ситуация типична за многофункционалните ЕС [2] и за ЕС с резервиране на трафика (каквито са например UTC100 [3]). Опис-

ването и оценяването на надеждността на ЕС в тези случаи (при наличие на голям брой частични откази) е целесъобразно да се базира на Марковски интерпретации [4], а не на методите на класическата „булева“ надеждност.

С помощта на предложените в [1] формули може да бъде оценена стойността на експлоатационните разходи при Блоквата СТО с минимални аварийни и пълни профилактични възстановявания, а чрез съответните времедиаграми - да бъдат анализирани характеристиките и надеждностните показатели на възможните нейни модификации.

За анализа на стратегията разглеждаме случайния процес $X(t)$, отразяващ промените в състоянието на ЕС във времето. $X(t)$ приема пет дискретни стойности: работоспособно състояние S_P ; състояние на престой, дължащ се на „скрит“ отказ S_{CO} ; състояние на престой, дължащ се на явен отказ $S_{ЯО}$; състояние на аварийно възстановяване на работоспособността S_{AB} и състояние на профилактично възстановяване на работоспособността $S_{ПР}$. Диаграма на преходите, описваща случайния процес $X(t)$, типичен за тази СТО, е илюстрирана на фиг. 4. За описване на математическото очакване на времената за пребиваване на ЕС във всяко от петте възможни състояния (S_P , S_{CO} , $S_{ЯО}$, $S_{ПР}$ 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



Фиг.4. Диаграмата на преходите

веднага след настъпването на явен отказ, поради което средното време за престой, свързан с проявлението на явен отказ, е случайна величина, чиято стойност може да се пренебрегне; с $T_{B_{ПР}}$ записваме математическото очакване на случайната величина време за профилактично възстановяване $\tau_{ПВ}$, чиято вероятностна плътност е $f_{ПВ}(t)$; а с $T_{B_{AB}}$ записваме математическото очакване на случайната величина време за аварийно възстановяване τ_{AB} , чиято вероятностна плътност е $f_{AB}(t)$, и обикновено $T_{B_{ПР}} > T_{B_{AB}}$. Най-често при тази СТО математическото

очакване на времето за пребиваване на ЕС в състояние на явен отказ е пренебрежимо малко, т.е. $M_{t_{S_{ЯО}}} = T_{П_{ЯО}} \approx 0$, тъй като моментът на стартиране на аварийното възстановяване обикновен е достатъчно близко разположен до момента на проявяване на отказа. Математическото очакване на времената за пребиваване на ЕС във всяко от петте състояния, показани на диаграмата на преходите могат да бъдат записани във вида:

$$\begin{aligned}
 M_{t_{S_P}} &= T_{CP} = \int_0^{\infty} [1 - R(x)] dx, \\
 M_{t_{S_{CO}}} &= T_{П_{CO}} = \int_0^{\infty} [1 - P(x)] dx, \\
 M_{t_{S_{AB}}} &= T_{B_{AB}} = \int_0^{\infty} x \cdot f_{AB}(x) dx, \\
 M_{t_{S_{ПР}}} &= T_{B_{ПР}} = \int_0^{\infty} x \cdot f_{ПР}(x) dx, \\
 M_{t_{S_{ЯО}}} &= T_{П_{ЯО}} \approx 0.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Ако техническото обслужване е организирано така, че отстраняването на явните откази

не започва незабавно, то $M_{t_{S_{\text{ЯО}}}} = T_{\text{ПЯО}} \neq 0$. Тогава, за да изразим математическото очакване $M_{t_{S_{\text{ЯО}}}}$ на времената за пребиваване на ЕС в състояние на явен отказ, означаваме с $Q(x)$ закона за разпределяне на тези времена, при което може да се запише, че

$$M_{t_{S_{\text{ЯО}}}} = T_{\text{ПЯО}} = \int_0^{\infty} [1 - Q(x)] dx. \quad (2)$$

И при тази стратегия, подобно на Блоквата СТО със зони на бездействие, математическото очакване на времето между две поредни профилактики, има фиксирана, константна стойност, равна на срока на профилактика $T_{\text{ПР}}$ и не зависи от математическото очакване на времената за пребиваване във всяко от петте описани състояния. При този вариант на Блокова СТО, коефициентът на готовност е малко по-добър от този при Блоквата СТО със зони на бездействие. Въпреки това, неговата стойност остава ниска поради наличието на скрити откази и свързаният с тях продължителен престой в състояние S_{CO} . Поради това, прилагането на тази СТО е недопустимо за не резервирана ЕС [5], [6] и, от чиято работа зависят сигурността, здравето и живота на хора [7].

Блокова СТО с минимални аварийни и пълни профилактични възстановявания, подобно на Блоквата СТО със зони на бездействие, приложена за ЕС без система за контрол на състоянието, осигурява ниски преки разходи за техническо обслужване, но също е съпътствана от голям брой следпрофилактични откази, което от своя страна повишава косвените разходи и понижава профита от използването на ЕС. Стойността на коефициента на престой при тази стратегия може чувствително да нарасне, ако ЕС е комплектувана с ефикасно работеща система за непрекъснат контрол на състоянието. Системата за контрол запазва типичните за стратегията ниски преки разходи за техническо обслужване, и в същото време рязко понижава косвените разходи и повишава профита от използването на ЕС.

За коефициента на готовност K_G , характеризиращ Блокова СТО с минимални аварийни и пълни профилактични възстановявания, може да се запише

$$K_G = \frac{T_{\text{CP}}}{T_{\text{CP}} + T_{\text{ПCO}} + T_{\text{ПЯО}} + T_{\text{BIP}} + T_{\text{BAB}}} \left[1 + \frac{(T_{\text{ПCO}} + T_{\text{ПЯО}} + T_{\text{BIP}} + T_{\text{BAB}}) e^{\frac{(T_{\text{CP}} + T_{\text{ПCO}} + T_{\text{ПЯО}} + T_{\text{BIP}} + T_{\text{BAB}}) t}{T_{\text{CP}}(T_{\text{ПCO}} + T_{\text{ПЯО}} + T_{\text{BIP}} + T_{\text{BAB}})}}}{T_{\text{CP}}} \right] =$$

$$= \frac{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - Q(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{\text{IP}}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{\text{AB}}(t) dt} \cdot$$

$$\left[1 + \frac{\left(\frac{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - Q(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{\text{IP}}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{\text{AB}}(t) dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt} \right) t}{\int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - Q(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{\text{IP}}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{\text{AB}}(t) dt} \cdot e^{\frac{\left(\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - Q(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{\text{IP}}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{\text{AB}}(t) dt \right) t}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt}}}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt} \right], \quad (3)$$

но тъй като $M_{t_{S_{\text{ЯО}}}} = T_{\text{ПЯО}} \approx 0$, а при за $t \rightarrow \infty$ изразът в средните скоби е приблизително равна на единица (стационарен режим), за K_G и $K_{\text{П}}$ може да се запише:

$$K_{\Gamma} \approx \frac{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt}, \quad (4)$$

$$K_{\Pi} \approx \frac{T_{PCO} + T_{BIP} + T_{BAB}}{T_{CP} + T_{PCO} + T_{BIP} + T_{BAB}} = \frac{\int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt}. \quad (5)$$

Ако ЕС разполага с вградена, ефективно работеща система за непрекъснат контрол, времето за престой в състояние на скрит отказ $T_{PCO} \rightarrow 0$. Ако все пак част от отказите не биват откривани от системата за контрол, то това са частични откази, които не влияят съществено на пълната работоспособност на ЕС. Това дава основание изразите за K_{Γ} и K_{Π} да бъдат опростени до вида:

$$K_{\Gamma} \approx \frac{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt}, \quad (6)$$

$$K_{\Pi} \approx \frac{\int_0^{\infty} t \cdot f_{IP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt}. \quad (7)$$

За изразяване на K_{PIII} , характеризиращ Блоквата СТО с минимални аварийни и пълни профилактични възстановявания, използваме означенията: K_{Sp} - относителен дял на времето, в което ЕС е в работоспособно състояние; K_{SCO} - относителен дял на времето, в което ЕС пребивава в състояние на скрит отказ ($K_{SCO} \approx 0$); K_{SJO} - относителен дял на времето, в което тя пребивава в състояние на явен отказ ($K_{SJO} \approx 0$); K_{SIP} - относителен дял на времето, в състояние на профилактично възстановяване и K_{SAB} - относителен дял на времето, в състояние на аварийно възстановяване. При което, за стационарен режим $K_{Sp} = K_{\Gamma}$ (6), а останалите две по-значими величини могат да бъдат записани във вид:

$$K_{SAB} = \frac{T_{BAB}}{T_{CP} + T_{BIP} + T_{BAB}}, \quad (8)$$

$$K_{SIP} = \frac{T_{BIP}}{T_{CP} + T_{BIP} + T_{BAB}}. \quad (9)$$

Това дава основание за коефициента на разходите и пропуснатите ползи да се запише изрази

$$K_{PIII} = \frac{\frac{C_{SAB} \cdot T_{BAB}}{T_{CP} + T_{BIP} + T_{BAB}} + \frac{C_{SIP} \cdot T_{BIP}}{T_{CP} + T_{BIP} + T_{BAB}}}{1 - K_{\Pi}} = \frac{(T_{CP} + T_{BIP} + T_{BAB})(C_{SIP} + C_{SAB})}{T_{CP}}, \quad (10)$$

където: C_{SIP} и C_{SAB} са сумарни величини, отчитащи като загубите за единица време от престоя на ЕС, така и разходите, направени за нейния ремонт (C_{SAB}) или за профилактиката ѝ (C_{SIP}).

За математическото очакване на относителния профит P от експлоатацията на ЕС, отчетен за единица време, може да се запише

$$P = K_{S_p} (K - K_{P_{III}}) = K_{\Gamma} \left[K - \frac{(T_{CP} + T_{B_{IP}} + T_{B_{AB}})(C_{S_{AB}} + C_{S_{IP}})}{T_{CP}} \right], \quad (11)$$

Като, както неравенството $K < K_{P_{III}}$ и равенството $K = K_{P_{III}}$, така и малката стойност на разликата $K - K_{P_{III}}$ са индикатор за неефективно избрана СТО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обект на изследване в тази статия бяха някои способности за подобряване на надеждностните показатели на електронните системи в етапа на тяхната експлоатация. Формулирана е нова стратегия за техническо обслужване, при която пълно възстановяване на работоспособността се извършва само по време на превантивните профилактични дейности. Възникналите откази по време на експлоатацията на електронните системи се отстраняват с минимален разход на време и средства. Обърнато е специално внимание на особеностите и приложимостта на така предложената стратегия за техническо Предложени са изрази, оценяващи ползата от прилагането ѝ в практиката.

REFERENCES

- [1]. Георгиев А. С. Стратегии за техническо обслужване на електронните системи. Електронно списание „Компютърни науки и комуникации” ISSN:1314-7846 брой 1, 12.2012 г. стр. 58-66.
- [2]. Тошков А. З., *Оптоелектроника и оптични комуникации*, Бургас „Форос солна офсет”, ISBN 954-9370-22-5, Бургаски свободен университет, 2005 г. 104 стр.
- [3]. Пранчов Р. Б., П. Славейков, А. С. Георгиев. Отчет по договор №353/88 на тема: “Изследване надеждността на уплътнителни телефонни системи UTC100”, с ръководител доц. ктн. Р.Б.Пранчов, заявител Комитет по съобщения и информатика, НИС ВМЕИ-София, С., 1989.
- [4]. Georgiev A. Sl., N. G. Georgieva. ‘Markovsky model of the reliability of the autonomous system for transformation of the wind’s energy’. *Annual School Lectures, Volume 22, Sofia, 2000. ISSN 0861-0797 p.7-12.*
- [5]. Георгиев А.С., Н. Г. Георгиева, Д. Ковачев и А. З. Тошков. ‘Оптимизиране на резервирането в електронните системи’. Национална конференция с международно участие “Електроника ’2002”, София, 17-18.10.2002. Сборник с доклади - стр. 247-252.
- [6]. Georgiev A. Sl. ‘Bridge Systems and their Reliability Analysis’. *International Scientific Journal “Acta Universitatis Pontica Euxinus” published by aegis of Tehnical University of Varna - Bulgaria and Ovidius University of Constanta - Romania, ISSN 1312-1669, Volume1, 2002 pp. 108-113. http://www.univ-ovidius.ro/imim/Acta_Pontica_Euxinus_Vol_1_No1.pdf*
- [7]. Георгиев А. С., Н. Г. Георгиева, Т. Папанчев, К. Тенекеджиев и Н. Д. Николова. Научноизследователски проект „Изследване надеждността и изготвяне на съответната надеждностна документация за система за мониторинг на състоянието и за оповестяване”, с ръководител доц. д-р. инж. Георгиев А.С, заявител ДИКС Интертрейд ООД гр. София, 25.10.2010.