

Apsaugos sistemų jutiklių efektyvumo tyrimas

N. Bagdanavičius, A. Besakirskas, D. Eidukas, M. Janulis

Elektronikos inžinerijos katedra, Kauno technologijos universitetas

Studentų g. 50, LT-3031 Kaunas, Lietuva, tel. +370 37 351389, el. paštas nerijus.b@one.lt

Ankstesniame darbe [1] buvo ištirta nutolusio objekto teritorijos apsaugos sistema (NOTAS) bei pateikta šios sistemos struktūra.

Sistemos efektyvumą galima vertinti užduoties įvykdymo tikimybe ir apskaičiuoti taip:

$$E_{\Sigma} = P_{DP} \cdot P_{DAP} \cdot P_{RP} \cdot P_{CVP} \cdot P_{\bar{P}} \cdot P_{PR} \cdot P_{LP}; \quad (1)$$

čia P_{DP} , P_{DAP} , P_{RP} , P_{CVP} , $P_{\bar{P}}$, P_{PR} ir P_{LP} - detekcijos priemonių, duomenų analizės priemonių, ryšio priemonių, centrinio valdymo priemonių, atviro valdymo kontūro komponento, reakcijos priemonių ir pažeidimo lokalizavimo priemonių negendamumo tikimybės.

Integruotoje, centralizuotoje NOTAS gali būti naudojama 12 ar net daugiau grupių jutiklių [1]. Kai kurių iš jų galima ir nenaudoti. Panagrinėkime pagrindines jų grupes bei efektyvumą. Teritorijos perimetrui kontroliuoti dažniausiai naudojami infraraudonųjų spindulių pluoštelių užtvartų, ultragarsinių virpesių atspindžio ar kitu principu veikiančios daugelio tipų jutikliai [2]. Vienos iš pagrindinių jutiklių savybių yra kryptinė charakteristika, jautrumas, veikimo nuotolis ir kt. Tarkime, kad jas apibūdina aibė $\{L_j\}$ rodiklių ($j = \overline{1, L_j}$), kurių reikšmės $\{l_j\}$. Tokios priemonės techninį lygį galima išreikšti taip [3]:

$$Q = \sqrt{\sum_{j=1}^{L_j} (q_j \cdot \eta_j)^2}; \quad (2)$$

čia q_j - normuota j - ojo rodiklio reikšmė; η_j - j - ojo rodiklio reikšmingumo koeficientas. Nustatant skirtingų tipų jutiklių techninio lygio koeficientus $\{Q_i\}$, iš šių jutiklių rodiklių reikšmių sudaroma $\|L\|$ matrica:

$$L = \begin{pmatrix} l_{11} & l_{12} & \dots & l_{1j} & \dots & l_{1m} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ l_{i1} & l_{i2} & \dots & l_{ij} & \dots & l_{im} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ l_{n1} & l_{n2} & \dots & l_{nj} & \dots & l_{nm} \end{pmatrix}; \quad (3)$$

čia $i = \overline{1, n}$ - jutiklio tipo numeris. Iš (3) sudaroma rodiklių normuotų reikšmių matrica:

$$q = \begin{pmatrix} q_{11} & \dots & q_{1j} & \dots & q_{1m} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ q_{i1} & \dots & q_{ij} & \dots & q_{im} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ q_{n1} & \dots & q_{nj} & \dots & q_{nm} \end{pmatrix}; \quad (4)$$

čia $q_{ij} = \frac{l_{ij} - l_{\min j}}{l_{\max j}}$ - tiems rodikliams, kurių reikšmei

didėjant, jutiklio techninis lygis kyla, arba $q_{ij} = \frac{l_{\max j} - l_{ij}}{l_{\max j}}$ - tiems rodikliams, kurių reikšmei

didėjant, jutiklio techninis lygis krinta; $l_{\max j}$ ir $l_{\min j}$ - tai maksimali ir minimali jutiklių j - ojo rodiklio reikšmės.

Rodiklių reikšmingumo koeficientams nustatyti naudojami ekspertiniai metodai [4], sunumeruojant pagal svarbą rodiklius (svarbiausias – pirmas) ir suteikiant pirmajam balą

$$g_{j/u=1} = m + 1, \quad (5)$$

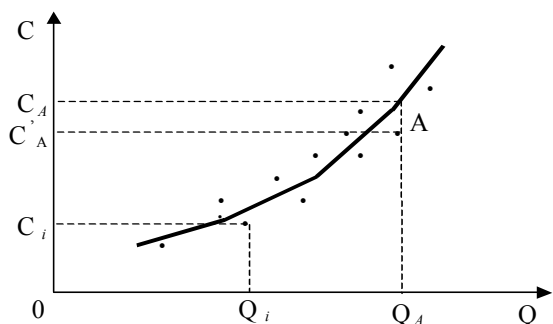
o tolesniems –

$$g_{j/u=2,3,\dots,m} = m - u + 1; \quad (6)$$

čia u - j -ojo rodiklio numeris. Reikšmingumo koeficientas

$$\eta_j = \frac{g_j}{\sum_{i=1}^m g_i}. \quad (7)$$

1 pav. grafike atidedamas kiekvieno tipo jutiklio techninio lygio koeficientas (Q_i) ir kitoje ašyje atidedama šio jutiklio ekonominio rodiklio (kainos) reikšmė (C_i).



1 pav. Techninio lygio ir kainos sąryšis

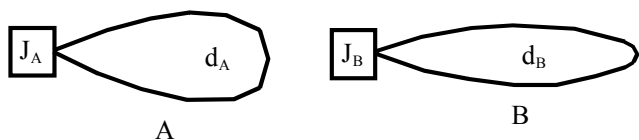
Aproksimavę $C(Q)$ priklausomybę teorine funkcija, gauname kreivę, kurią galima panaudoti bendrajam jutiklių efektyvumui įvertinti. Tarkime, kad pasirinkto (A) jutiklio techninis lygis - Q_A ; tada jo kaina turėtų būti lygi C_A , tačiau faktinė jo kaina - C'_A . Šio jutiklio efektyvumas

$$E_A = \begin{cases} 1 - \frac{C'_A - C_A}{C_A} K_T, & \text{kai } C'_A > C_A; \\ 1, & \text{kai } C'_A \leq C_A; \end{cases} \quad (8)$$

čia K_T - jutiklių efektyvumo kitimo spartą reguliuojantis koeficientas.

Jei, vertinant jutiklių efektyvumą, atsižvelgiama tik į funkcines jų galimybes (būtina užtikrinti efektyvumą, nepaisant kainos), tai tuo atveju galima naudoti kitą metodą.

Tarkime, kad A ir B tipų jutiklių kryptinės diagramos, esant ribiniam jų jautrumui, atrodo taip (2 pav.):



2 pav. Jutiklių kryptinės diagramos

Funkcinę jutiklių kokybę galėtų apibūdinti nurodytos diagramos plotas. Jei vartotojo poreikius tenkina plotas d_A , tai

$$E_B = \frac{d_B}{d_A}. \quad (9)$$

Jei funkcinis jutiklio efektyvumas apibūdinamas keletu rodiklių $\{L_j\}$, tai:

$$E_B = E_B^{(1)} \cdot E_B^{(2)} \cdot \dots \cdot E_B^{(L_j)} = \prod_{j=1}^{L_j} E_B^{(j)}. \quad (10)$$

Trimatėje koordinatinių sistemoje:

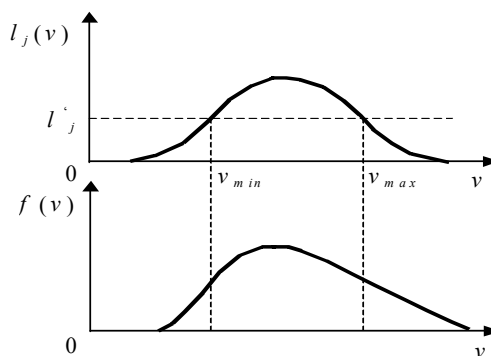
$$E_B = \frac{V_B}{V_A}; \quad (11)$$

čia V_A ir V_B - A ir B jutiklių kryptinių diagramų ribojami tūriai.

Kai l'_j - reagavimo lygis, o $l_j(v)$ - L_j rodiklio reikšmės priklausomybė nuo pažeidimą apibūdinančio rodiklio (judėjimo greičio) v , tai D -ojo jutiklio efektyvumas apskaičiuojamas taip:

$$E_D = 1 - \left\{ \int_0^{v_{\min}} f(v) dv + \int_{v_{\max}}^{\infty} f(v) dv \right\}. \quad (12)$$

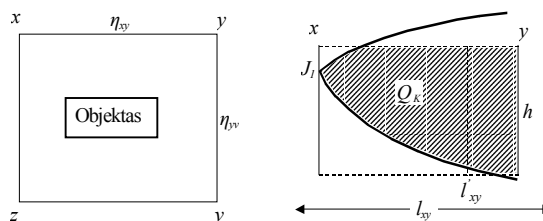
Jų grafinė priklausomybė pateikta 3 pav.



3 pav. Judėjimo greičių (v) pasiskirstymo funkcijos tankis $f(v)$ ir reagavimo lygis (l'_j)

Skaičiuojant bendrąjį jutiklių efektyvumą, galima naudoti ekonomines funkcijas: $C(E_B)$, $C(E'_B)$ arba $C(E_D)$, arba (8) analogiškas išraiškas.

(8) ÷ (11) skirtos jutiklio, kaip autonomiško įtaiso, efektyvumui apskaičiuoti, o (12) - jo efektyvumui apskaičiuoti, įvertinant elektroninės apsaugos sistemos (EAS) reagavimo lygį. Daugeliu atvejų jutiklių efektyvumas vertinamas juos panaudojus konkrečioje saugomo objekto (arba EAS) vietoje. Tarkime, kad saugomas objekto teritorijos perimetras pavaizduotas 4 pav. Čia pateikta ir xy sienos saugomo ploto parinkimo situacija.



4 pav. Saugoma teritorija

J_1 jutiklio panaudojimo efektyvumas yra:

$$E_{xy} = E_1 = \frac{Q_K}{h \cdot l_{xy}}; \quad (13)$$

čia h - būtinas užtvartos aukštis; Q_K - J_1 jutiklio saugomas būtinos saugoti sienos plotas. Šiuo atveju jutiklių lemiamas perimetro apsaugos efektyvumas:

$$E_p = E_{xy} \cdot E_{yv} \cdot E_{vz} \cdot E_{zx}. \quad (14)$$

Jei išibrovimo per skirtingas perimetro kraštines (xy , yv , ...) tikimybės (η_{xy} , η_{yv} , ..., η_i) nevienodos, tai

$$\sum_{i=1}^M \eta_i = 1; \quad (15)$$

$$E_{p\Sigma} = \prod_{j=1}^{N_v} E_{vj} \cdot \sum_{i=1}^M \eta_i E_i; \quad (16)$$

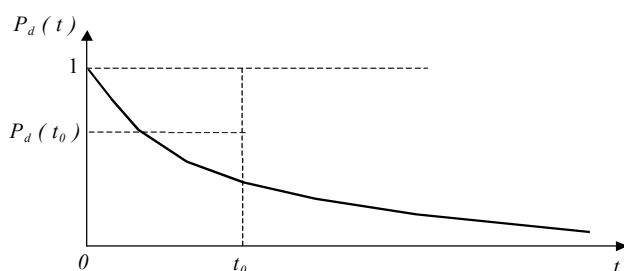
čia M – perimetro kraštinių skaičius, E_{vj} – j -ųjų vartų apsaugos efektyvumas; N_v – vartų skaičius.

Bendruoju atveju:

$$E_i \neq E_{xyi}; \quad (17)$$

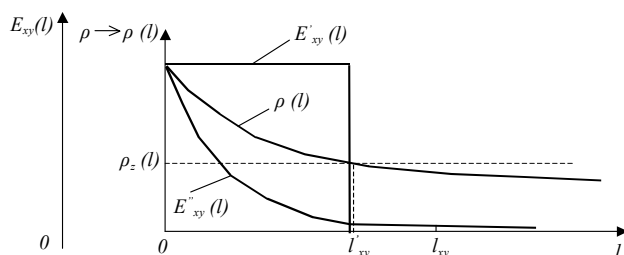
$$E_i = E_{xy} \cdot P_d(t_0) \cdot P_{np}; \quad (18)$$

čia $P_d(t_0)$ – tikimybė, kad saugojimo laikotarpį (t_0) jutiklis veiks; P_{np} – tikimybė, kad išibrovėlis nepereis xy užtvaro, nesužadinęs jutiklio pavojaus signalo. Iš negendamumo tikimybės kitimo grafiko (5 pav.) matyti, kad $P_d(t)$ nėra pastovus, o $P_d(t_0)$ yra vidutinis tikimybės lygis.



5 pav. Jutiklio negendamumo tikimybės kitimo grafikas

Didėjant l , signalo lygis ($\rho(l)$) J_1 jutiklyje mažėja (6 pav.).



6 pav. Signalų lygio kitimas

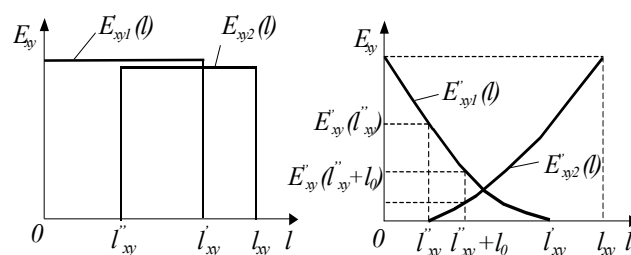
Jei $\rho_z(l)$ – minimalus priimtinas signalo lygis, tai xy plokštumos apsaugos efektyvumas iki l'_{xy} (4 pav.) bus $E'_{xy}(l) = const.$, o nuo l'_{xy} iki l_{xy} – $E_{xy} = 0$. Įvertinę tikimybinių $\rho(l)$ pobūdį, t.y. kad $E_{xy}(\rho(l)) = E'_{xy}(l)$, gauname:

$$E_{xy} = \begin{cases} \frac{\int_0^{l'_{xy}} E'_{xy}(l) dl}{l'_{xy}}, & \text{kai } l \leq l'_{xy}; \\ 0, & \text{kai } l > l'_{xy}, \end{cases} \quad (19)$$

arba

$$E_{xy} = \frac{\int_0^{l'_{xy}} E'_{xy}(l) dl}{l_{xy}}. \quad (20)$$

(19) ir (20) rodo, kad būtina įrengti antrąjį jutiklį (J_2). Įvertindami signalo lygį $E'_{xy}(l)$ ir $E''_{xy}(l)$ (6 pav.), gauname du bendro efektyvumo skaičiavimo variantus (7 pav.).



7 pav. Du efektyvumo kitimo variantai

Pirmajam variantui:

$$E_{xy} = \frac{2(l_{xy} - l'_{xy})E'_{xy}(l) + (2l'_{xy} - l_{xy})E''_{xy}(l)}{l_{xy}}; \quad (21)$$

čia

$$E''_{xy}(l) = 1 - [1 - E'_{xy}(l)]^2; \quad (22)$$

$$l''_{xy} = l_{xy} - l'_{xy}. \quad (23)$$

O antrajam variantui intervale $0 \div l''_{xy}$ efektyvumas

$$E_{xy}(0 \div l''_{xy}) = \frac{\int_0^{l''_{xy}} E''_{xy}(l) dl}{l''_{xy}}. \quad (24)$$

Toks pat jis yra ir $l'_{xy} \div l_{xy}$ intervale. Bet kuriuo (l_0) atstumu nuo l''_{xy} pirmojo jutiklio efektyvumas yra $E_{xy}(l''_{xy} + l_0)$, o antrojo – $E_{xy}(l'_{xy} - l_0)$. Bendras (abiejų jutiklių užtikrinamas atstumu $l''_{xy} + l_0$ nuo x taško) apsaugos efektyvumas

$$E_{xy}(l''_{xy} + l_0) = 1 - [1 - E_{xy}(l''_{xy} + l_0)] \cdot [1 - E_{xy}(l'_{xy} - l_0)]. \quad (25)$$

Vidutinis bendras apsaugos efektyvumas intervale $l''_{xy} \div l'_{xy}$ yra:

$$\hat{E}_{xyB}(l''_{xy} \div l'_{xy}) = \frac{\int_0^{l''_{xy}-l'_{xy}} E_{xyB}(l''_{xy} + l_0) dl_0}{l'_{xy} - l''_{xy}}. \quad (26)$$

Vidutinis apsaugos efektyvumas xy kryptimi:

$$\hat{E}_{xy} = \frac{2l''_{xy} E_{xy}(0 \div l''_{xy}) + (l'_{xy} - l''_{xy}) \hat{E}_{xyB}(l''_{xy} \div l'_{xy})}{l_{xy}}, \quad (27)$$

arba

$$\hat{E}_{xy} = \frac{l''_{xy} \int_0^{l''_{xy}} E_{xy}(l) dl + \int_0^{l'_{xy}} E_{xyB}(l''_{xy} + l_0) dl_0}{l_{xy}}. \quad (28)$$

Analogiškai galima tirti ir kitus jutiklių efektyvumo ar jų panaudojimo variantus.

Iš (21) arba (28) apskaičiuojama E_i , o paskui $E_{p\Sigma}$ ir tikimybė P_{DP} (1).

Žinant tikimybes, kad kitos EAS priemonės (DAP, RP ir kt.) įvykdys savo užduotis, galima rasti visos sistemos efektyvumą E_Σ , kai nėra papildomo šių priemonių valdymo arba kai jis numatytas.

Išvados

Sudarius bendrą nutolusio objekto teritorijos apsaugos sistemos modelį, matyti, kad visos sistemos efektyvumas priklauso nuo jos sudedamųjų dalių

efektyvumo. Todėl toliau turi būti nagrinėjamos atskiros jos dalys: jutikliai, reagavimo priemonės ir kt.

Norint įvertinti jutiklių efektyvumą, reikia žinoti jų savybes bei tas savybes apibūdinančius rodiklius, jų reikšmes. Žinant rodiklių reikšmes, sudaroma jų techninio lygio matematinė išraiška. Kai žinomas jutiklio techninis lygis, galima vertinti jo efektyvumą konkrečiomis naudojimo sąlygomis.

Ištyrus jutiklių efektyvumą ir sudarius jo įvertinimo išraišką, galima tirti keletą variantų: kai jutiklis naudojamas kaip atskiras elektroninis įtaisas, kai jis integruotas į bendrą sistemą ir kai naudojama keletas jutiklių.

Literatūra

1. **Eidukas D., Bagdanavičius N., Besakirskas A., Janulis M.** Apsaugos sistemų priemonių efektyvumo tyrimas // *Elektronika ir elektrotechnika*. – Kaunas: Technologija, 2003. – Nr. 3 (45). – P. 68 – 71.
2. **Žilys M.** Elektroninių apsaugos sistemų efektyvumo tyrimas: daktaro disertacija. – Kaunas: Technologija, 2000. – 109 p.
3. **Balaišis P., Eidukas D.** Elektroninių įtaisų patikimumas ir eksploatacija. Antroji knyga. Elektroninių įtaisų eksploatacija. – Kaunas: Technologija, 2000. – 264 p.
4. **Balaišis P., Eidukas D., Navikas D.** Elektroninių įtaisų patikimumas ir eksploatacija. Trečioji knyga. Optimumų paieška. – Kaunas: Technologija, 2001. – 190 p.

Pateikta spaudai 2003 05 12

N. Bagdanavičius, A. Besakirskas, D. Eidukas, M. Janulis. Apsaugos sistemų jutiklių efektyvumo tyrimas // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2003. – Nr. 5(47). – P. 56-59.

Parodyta, kad norint įvertinti elektroninių apsaugos sistemų (EAS) efektyvumą, reikia žinoti jos sudedamųjų dalių efektyvumus. Atskirų EAS dalių efektyvumo vertinimo galimybėms pailiustruoti pateikta keletas jutiklių efektyvumo skaičiavimo metodų (jutiklių, kaip atskirų elektroninių įtaisų, daugeliu rodiklių apibūdinamų jutiklių bei jutiklių, panaudotų teritorijos perimetro apsaugai). Parodyta, kaip keičiasi apsaugos efektyvumas, naudojant keletą jutiklių tam pačiam plotui saugoti bei įvertinant šių jutiklių negendamumo tikimybes. Il. 7, bibl. 4 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų kalbomis).

N. Bagdanavičius, A. Besakirskas, D. Eidukas, M. Janulis. Research of Efficiency of Security System Sensors // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2003. – No. 5(47). – P. 56-59.

It was shown, that in order to value the efficiency of electronic security system (ESS), you have to know efficiencies of its components. In order to instance evaluation possibilities of efficiency of individual ESS pieces, several calculation methods of efficiency of sensors (of sensors, as individual electronic devices, of sensors definable with many indexes and sensors, used by security of territory perimeter) were presented. It was shown, how is efficiency of security changing, by using several sensors for the same area secure and by evaluation chances of incorruptibility of these sensors. Ill. 7, bibl. 4 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, Russian, English).

Н. Багданавичюс, А. Бесакирскас, Д. Эйдукас, М. Янулис. Исследование эффективности датчиков систем охраны // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2003. – № 5 (47). С. 56-59.

Показано, что для оценки эффективности электронных систем охраны (ЭСО), нужно знать эффективность ее составляющих частей. Чтобы проиллюстрировать возможности оценки эффективности отдельных частей ЭСО, приведено несколько методов расчета эффективности датчиков указанной системы (самих датчиков, как отдельных электронных устройств, датчиков, охарактеризуемых несколькими показателями, а также датчиков, действующих в устройствах охраны периметра территорий). Показано, как изменяется эффективность охраны в зависимости от количества применяемых датчиков и вероятности безотказной их работы. Ил. 7, библи. 4 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).