

## Kineskopo ekrano testinio vaizdo spalvų analizė

M. Vaitkūnas, A. Dosinas, V. Bartkevičius

Taikomosios elektronikos katedra, Kauno technologijos universitetas,

Studentų g. 50, LT-51368 Kaunas, Lietuva, tel. +370 37 300270, el. p. kat0102@ktu.lt

### Įvadas

Automatizuotose spalvotųjų televizorių, monitorių bei jų mazgų derinimo arba kontrolės sistemose kineskopo ekrane generuotas testinis vaizdas dažnai nuskaitymas spalvotojo vaizdo kameromis su matriciniais jutikliais [1,2]. Tokiu atveju dėl kineskopo švytalo ir kameros jautriųjų elementų optinių spektrų sanklotos (spektrų efekto) [3] bei dėl vaizdo kaukinio kineskopo ekrane ir kameros fotoelementų matricos rastrų tarpusavio interferencijos (rastrų efekto) [4] susidaro specifinės testinio vaizdo parametrų įvertinimo paklaidos. Abiejų šių efektų pasireiškimo pobūdis bei jų sukeltos testinio vaizdo parametrų įvertinimo paklaidos labai priklauso nuo naudojamos vaizdo kameros optinės sistemos didinimo. Jis lemia vaizdo kameros jautriųjų elementų ir į juos projektuojamų švytalo aikštelių žingsnių santykį, nusakantį bendrą sistemos skiriamąją gebą.

### Vaizdo analizė esant įvairiam didinimui

Esant dideliame didinimui, viena kineskopo švytalo aikštelė projektuojama bent į keletą ar keliolika kameros jautriųjų elementų. Tokiu atveju vaizdo ekrane struktūra atkurama visiškai, jei tik tiksliai atpažįstama kiekvienos švytalo aikštelės spalva. Tai įmanoma pasiekti [3,5], jei tik švytalo aikštelių ir spalvotosios kameros jautriųjų elementų spektrinės charakteristikos nėra labai nesuderintos. Žinant švytalo ir kameros spektrų sanklotos koeficientus, visada galima surasti pirminius spalvų signalus [4]. Turint ekrane detalią generuoto vaizdo struktūrą, išreikštą švytalo aikštelėmis, tolesnis jo apdorojimas paverčiamas kiekvienos iš trijų pagrindinių spalvų (R, G ir B) švytinčių sričių geometrinę charakteristiką bei šių sričių tarpusavio išsidėstymo analize. Esmine didelio didinimo taikymo greitaveikėse automatizuotose kontrolės ar derinimo sistemose kliūtimi laikoma labai didelė reikalingos apdoroti informacijos apimtis. Be to, norint vienu metu dideliu didinimu kontroliuoti visą ekraną, tenka naudoti keletą lygiagrečiai veikiančių vaizdo kamerų.

Esant mažam didinimui, kai į vieną vaizdo kameros elementą projektuojama ne mažiau kaip viena švytalo aikštelių triada, pagrindinė charakteristika, apibūdinančia stebimą sritį, tampa jos spalva bei švytėjimo intensyvumas. Analizuojant tik vaizdo elemento spalvą, tikslinga nevertinti spalvos intensyvumo, kuris yra sąlygotas švytalo

žadinimo intensyvumo ir kameros jautrumo. Čia galima pasinaudoti XYZ spalvų atvaizdavimo sistema, kurioje kiekvienai spalvai apibūdinti iš principo pakanka dviejų koordinatėjų –  $X$  ir  $Y$ . Perėjimas iš RGB spalvų sistemos į XYZ spalvų erdvę yra tiesinė transformacija:

$$\begin{aligned} X &= t_{rX}R + t_{gX}G + t_{bX}B, \\ Y &= t_{rY}R + t_{gY}G + t_{bY}B, \\ Z &= t_{rZ}R + t_{gZ}G + t_{bZ}B. \end{aligned} \quad (1)$$

Čia  $X$ ,  $Y$  ir  $Z$  – spalvos koordinatės XYZ spalvų erdvėje, o  $R$ ,  $G$  ir  $B$  – spalvos koordinatės RGB spalvų erdvėje. Koeficientai prie  $R$ ,  $G$  ir  $B$  sudaro transformacijos iš vienos spalvų erdvės į kitą matricią:

$$T = \begin{vmatrix} t_{rX} & t_{gX} & t_{bX} \\ t_{rY} & t_{gY} & t_{bY} \\ t_{rZ} & t_{gZ} & t_{bZ} \end{vmatrix}. \quad (2)$$

Mažas didinimas naudotinas analizuojant ekrano charakteristikas, apibūdinančias globalias jo savybes (spalvų grynumą, švytėjimo intensyvumo tolygumą ir pan.), tačiau jį sunku taikyti tiriant smulkių vaizdo detalių atvaizdavimo tikslumą apibūdinančias charakteristikas.

Praktikoje didinimas dažniausiai būna vidutinis, kai visas kineskopo ekrano vaizdas registruojamas viena kamera, kurios rastras yra artimas tiriamojo kineskopo rastrui, o vienas kameros jutiklio jautrusis elementas registruoja spinduliavimą iš daugiau nei vienos švytalo aikštelės.

### Vaizdo registravimo ypatumai esant vidutiniam didinimui

Spalvotųjų kineskopų kontrolės ar derinimo sistemose vaizdui registruoti paprastai taikomos vaizdo kameros su vaizdo skaidymo į tris spalvų dedamąsias prizme. Tokiose kamerose visų trijų išėjimų (kanalų r, g ir b) signalai atspindi tą patį ekrano vaizdo elementą. To principo laikėmės ir modeliudami kameros išėjimo signalus.

Siekiant įvertinti didinimo įtaką nuskaityto vaizdo savybėms bei vidutinio didinimo sąlygomis gauto signalo ypatumus, buvo modeliuojami kameros išėjimo signalai.

Laikant, kad ekranas švyti tolygiai balta šviesa, buvo sumodeliuoti signalai, atsižvelgiant į realią spektrinių charakteristikų sanklotą ir laikant, kad kameros spalvų kanalai jautrūs tik „savos“ spalvos švytalams. Tokie signalai realiai gali būti gauti kameros išėjimo signalus transformuojant matrica, atvirkštine sanklotos koeficientų matricai [4].

Modeliavimo rezultatai parodė, kad apertūrai neapimant visos triados dar galima nustatyti, kurios spalvos švytalo aikštelė vyrauja ir pagal tai atkurti detalią vaizdo struktūrą. Didėjant apertūrai, signaluose atsiranda ir nuolatinės dedamosios, apibūdinančios bendrą nagrinėjamos vaizdo dalies spalvą. Kintamosios dedamosios, priklausančios nuo apertūros padėties švytalo aikštelių atžvilgiu ir apibūdinančios smulkia geometrinę vaizdo struktūrą, mažėja. Šį efektą galima kiek susilpninti, naudojant transformuotus signalus su eliminuota spektrų sanklota.

Esant švytalų ir kameros kanalų spektrinių charakteristikų sanklotai, didinimą galima laikyti pakankamu atskiroms švytalo aikštelėms išskirti, kai kameros jutiklio apertūra apima ne daugiau kaip dvi švytalo aikšteles. Jei sanklota panaikinama optiniais filtrais ar transformuojant signalus, jutiklio apertūra gali būti padidinta iki triados pločio.

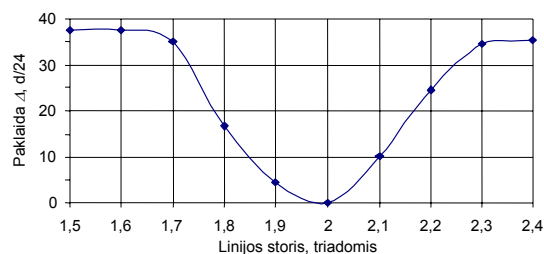
### Linijų nesuvesties vertinimas

*Koordinatės vertinimas.* Tiriant rastrų bei spektrų efektų įtaką linijos koordinatės įvertinimo tikslumui buvo modeliuojamas kineskopo ekrano fragmentas su pasirinkto pločio vertikalia balta linija. Modeliuojant vaizdo kameros kanalų išėjimo signalus, jos jautrusis elementas (nuskaitymo apertūra) buvo laikomas spindulio  $r_c$  skrituliu su cilindrine svorine funkcija. Linijos vaizdo dedamųjų R, G ir B centrų koordinatės  $C_R, C_G$  ir  $C_B$  buvo skaičiuojamos svorio centro metodu. Šių svorių centrų nesutapimai, atsiradę dėl vienokių ar kitokių priežasčių, yra nesuvestį kineskopo ekrane įvertinanti paklaida  $\Delta$ . Švytalo aikštelių kineskopo ekrane išdėstymo struktūra yra tokia, kad žalios spalvos atžvilgiu raudonos spalvos svorio centras bus pasislinkęs švytalo aikštelės žingsniu  $d$  į dešinę, o mėlynos spalvos svorio centras – į kairę. Dėl to atsirandanti sisteminė paklaida, vertinant paklaidą  $\Delta$ , buvo eliminuojama.

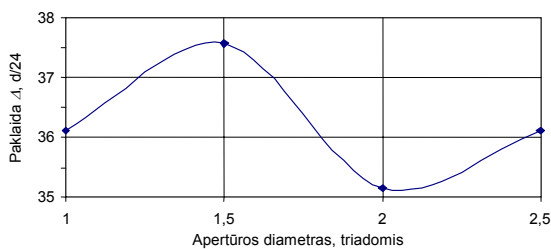
Modeliuojant nuskaitymą gauta, kad linijos dedamųjų R, G ir B centrų koordinatės įvertinamos be paklaidos, kai linijos plotis artimas sveikam spalvų triadų skaičiui (1 pav., a). Kitais atvejais gaunama nesuvesties įvertinimo paklaida, kuri gali siekti iki pusantro švytalo aikštelės pločio (1 pav. paklaida įvertinta santykiniais diskretizacijos žingsniais, lygiais 1/24 švytalo aikštelės žingsnio  $d$ ).

Tomis pačiomis sąlygomis tiriant apertūros skersmens (kameros didinimo) įtaką koordinatės įvertinimo paklaidai (1 pav., b), gauta, kad nagrinėtame apertūros kitimo diapazone jos įtaka įvertinimo paklaidai gerokai mažesnė už linijos pločio įtaką. Paklaida yra minimali, kai linijos storis artimas sveikam triadų skaičiui, ir pasiekia maksimalią vertę, kai linijos storis skiriasi nuo sveiko triadų skaičiaus daugiau kaip trečdaliu triados pločio.

*Spalviniai metodai.* Buvo tirta, kaip nuskaityto vaizdo elemento koordinatė XYZ spalvų sistemoje priklauso nuo vaizdo ekrane formos ir optinės sistemos didinimo.



(a)



(b)

**1 pav.** Paklaidos  $\Delta$  priklausomybė nuo linijos storio, kai apertūros skersmuo 1,5 triados (a); paklaidos  $\Delta$  priklausomybė nuo apertūros skersmens, kai linijos storis 1,5 triados (b)

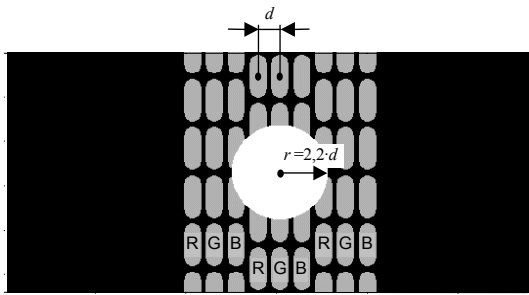
Modeliuojant buvo naudojamas vertikalios linijos ekrane modelis (2 pav., a), laikant, kad visų linijų formuojančių švytalo aikštelių švytėjimo intensyvumas yra vienodas. Horizontalia kryptimi buvo nukaitomos įvairaus pločio linijos. Buvo parinkta pastovaus jautrumo skritulio formos jutiklio apertūra. Jutiklio jautriojo elemento apertūros spindulio  $r$  santykis su švytalo aikštelių žingsniu  $d$  nusako sistemos optinį didinimą. Modeliuojant didinimas buvo imamas toks, kad santykis  $r/d$  kistų nuo 1,2 iki 3,5.

Gautieji R, G ir B signalai (2 pav., b) buvo normalizuojami ir perskaičiuojami į XYZ spalvų erdvę, naudojant (1) formulę. Transformacijai buvo naudojama transformacijos koeficientų matrica (2), suderinta PAL/SECAM standarto televizijos imtuvams ir atitinkanti standartinę baltos šviesos šaltinį D65 [6,7]:

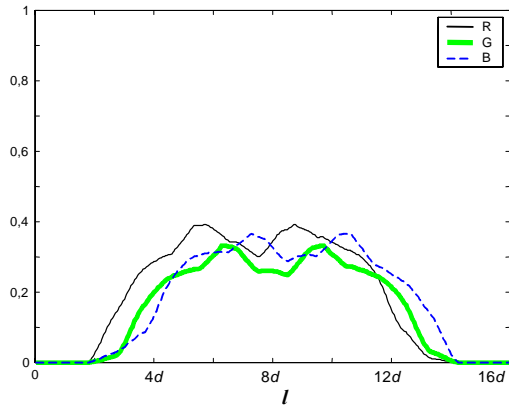
$$T_{D65} = \begin{vmatrix} 0,4306 & 0,3415 & 0,1783 \\ 0,2220 & 0,7066 & 0,0713 \\ 0,0202 & 0,1296 & 0,9391 \end{vmatrix}. \quad (3)$$

Gautųjų vaizdo signalų, atvaizduotų  $X$  ir  $Y$  koordinatėse, pavyzdys pateiktas 2 pav., c. Čia taškai  $Mr$ ,  $Mg$  ir  $Mb$  atitinka vaizdo kameros signalus, kai ekrane šviečia tik vienos spalvos – raudonos, žalios arba mėlynos – švytalas. Taškas  $C_w$  atitinka baltos šviesos šaltinį. Iš pavyzdžio matyti, kaip nuskaitant baltą, idealiai suvestą liniją ekrane,  $X$  ir  $Y$  spalvų koordinatėse brėžiama tam tikros formos kreivė. Šios kreivės forma priklauso nuo didinimo ir mažai priklauso nuo nuskaitymo trasos padėties linijos atžvilgiu.

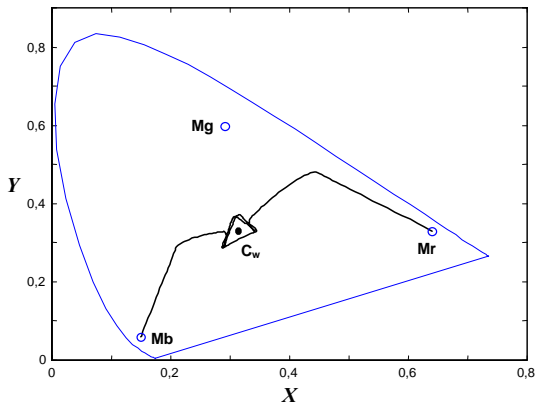
Vienai iš linijos spalvų dedamųjų pasislinkus į šoną nuo linijos nominaliosios padėties (3 pav., a), pasikeičia XYZ spalvų erdvėje brėžiamos kreivės forma (3 pav., c). Iš gautųjų modeliavimo rezultatų matyti, kad kreivės formos pokytis priklauso nuo to, kurios spalvos linijos dedamoji yra paslinkta nominaliosios padėties atžvilgiu.



(a)



(b)

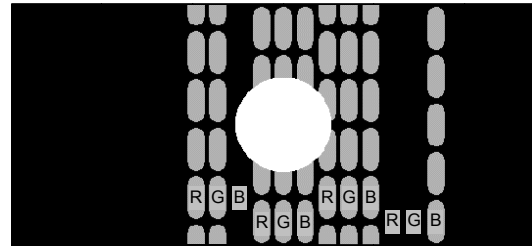


(c)

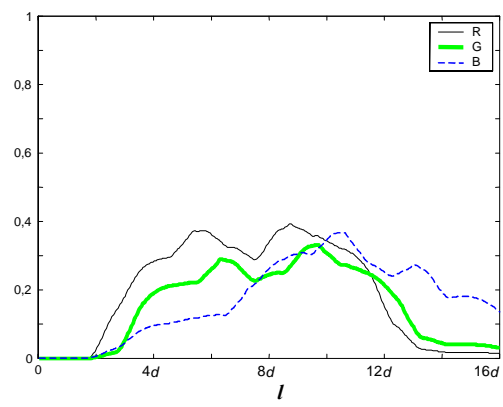
**2 pav.** Idealiai suvestos vertikalios linijos modelis (a), kameros išėjimo signalai, nuskaitant liniją horizontalia kryptimi (b) ir linijos nuskaitymo kreivė XYZ spalvų sistemoje (c)

Ši savybė galioja tik esant mažiems (ne didesniems už pačios linijos plotį) linijos dedamųjų poslinkiams. XYZ erdvėje galima išskirti tris sritis –  $Q1$ ,  $Q2$  ir  $Q3$ , ribojamas tiesių, einančių iš centro taško  $C_w$  per taškus  $Mr$ ,  $Mg$  ir  $Mb$ , kuriose dėl skirtingų spalvų linijos dedamųjų poslinkio ekrane keičiasi brėžiamos kreivės forma.

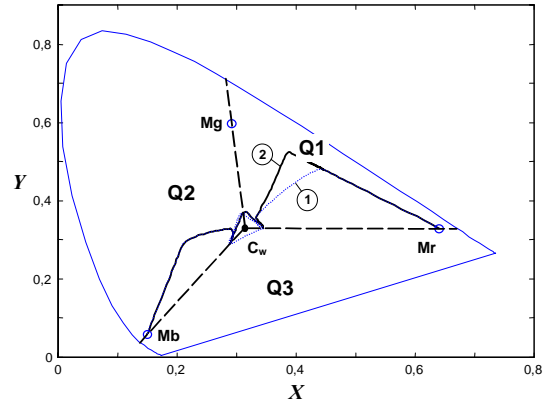
Kai jautraus elemento apertūros spindulys neviršija  $2d$ , mėlynai linijos dedamajai pasislinkus ekrane ne mažiau kaip per vieną triadą, kreivė, brėžiama X ir Y spalvų koordinatėse, pasislenka link žalios spalvos taško  $Mg$  srityje  $Q1$ . Pasislinkus raudonos spalvos linijos dedamąją, kreivė pasislenka link žalios spalvos taško  $Mg$  srityje  $Q2$ .



(a)



(b)



(c)

**3 pav.** Nesuvestos vertikalios linijos modelis (a), kameros išėjimo signalai, nuskaitant liniją horizontalia kryptimi (b) ir linijos nuskaitymo kreivė XYZ spalvų sistemoje (c). Kreivė (1) atitinka suvestos linijos atvejį, kreivė (2) – nesuvestos linijos atvejį

Kai apertūros spindulys didesnis už  $2d$ , mėlynos linijos dedamosios poslinkis lemia kreivės poslinkį taško  $Mg$  kryptimi srityje  $Q1$  ir kartu taško  $Mb$  kryptimi srityje  $Q2$ . Raudonos linijos dedamosios poslinkis lemia kreivės poslinkį taško  $Mg$  kryptimi srityje  $Q2$  ir kartu taško  $Mr$  kryptimi srityje  $Q1$ .

Turint tokią informaciją, galima nustatyti, ar kineskopo ekrane yra spalvų nesuvestis ir kokio ji pobūdžio. Esant dideliems linijų poslinkiams ekrane minėtasis algoritmas netinka ir tada linijų padėtį ekrane, tenka vertinti svorio centro metodu. Mažėjant sistemos didinimui, kreivės XYZ erdvėje pokyčiai tampa ne tokie ryškūs ir sunkiau įvertinami.

## Išvados

Kai vaizdas kineskopo ekrane registruojamas viena kamera ir kai jos regos lauke kineskopo rastro žingsnis yra artimas kameros rastro žingsniui (vidutinis didinimas), kameros išėjimo signaluose galima išskirti dvi dedamąsias: nuolatinę, apibūdinančią bendrą nagrinėjamos vaizdo dalies spalvą, ir kintamąją dedamąją, apibūdinančią detalią geometrinę vaizdo struktūrą ir priklausančią nuo kameros apertūros padėties švytalo aikštelių atžvilgiu. Didėjant kameros nuskaitymo apertūrai ( mažėjant optinės sistemos didinimui) nuolatinė dedamoji didėja, o kintamoji – mažėja.

Analizuojant vaizdo kamera nuo kineskopo ekrano nuskaitytą vaizdą, jo parametrų įvertinimo tikslumą galima padidinti tiesine transformacija kompensuojant kineskopo švytalo aikštelių ir kameros jautriųjų elementų spektrinių charakteristikų sanklotos įtaką.

Testinio vaizdo linijos koordinatės įvertinimo paklaida būna minimali, kai linijos plotis artimas sveikam ekrano švytalo triadų skaičiui. Nuskaitymo apertūros skersmens įtaka šios koordinatės vertinimo tikslumui yra nedidelė.

Iš XYZ spalvų sistemos koordinatėse brėžiamos kreivės galima nustatyti, ar nuskaityta linija yra suvesta ir koks yra nesuveities pobūdis.

## Literatūra

1. **Chuang C. Hong R., Tsai J.** Novel Method for CRT Display ITC Measurement // Proceedings of the 5<sup>th</sup> Asian Symposium on Information Display. ISBN 957-97347-9-8. – 1999. – P. 239 – 243.
2. **Verikas A., Bačauskienė M., Dosinas A., Bartkevičius V., Gelžinis A., Vaitkūnas M., Lipnickas A.** Intelligent Deflection Yoke Magnetic Field Tuning // Journal of Intelligent Manufacturing. ISSN 0956-5515. – Kluwer Academic Publishers, 2004. – Vol. 15. No. 3. – P. 275 – 286.
3. **Vaitkūnas M., Dosinas A., Bartkevičius V.** Spalvų spektrų įtakos kineskopo testinio vaizdo parametrų vertinimui modeliavimas // Elektronika ir elektrotechnika. ISSN 1392-1215. – Kaunas: Technologija, 2003. – Nr. 4(46). – P. 34 – 38.
4. **Vaitkūnas M., Dosinas A., Bartkevičius V.** Skiriamosios gebos įtaka televizinio vaizdo parametrų vertinimui // Elektronika ir elektrotechnika. ISSN 1392-1215. – Kaunas: Technologija, 2004. – Nr. 4(53). – P. 28 – 32.
5. **Adaškevičius R., Jokužis V.** 3 CCD kameros panaudojimas kineskopų kompleksų justavimo įrenginyje // 12-osios mokslinės – techninės konferencijos „Lietuviškas spalvinis kineskopas“ pranešimų medžiaga. – Panevėžys: Nevėžio spaustuvė, 2003. – P. 144-149.
6. **Hunt R.** The reproduction of Colour. 6th Edition. – Fountain Press, 1995. – 814 p.
7. **Berns R.S., Gorzynski M.E., Motta R.J.** CRT Colorimetry. Part II: Metrology // Color Research and Application. – 1993. – Vol. 18. No. 5. – P. 315 – 325.

Pateikta spaudai 2005 03 21

**M. Vaitkūnas, A. Dosinas, V. Bartkevičius. Kineskopo ekrano testinio vaizdo spalvų analizė // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2005. – Nr. 6(62). – P. 57–60.**

Nagrinėjami veiksniai, turintys įtakos testinio vaizdo spalvotojo kineskopo ekrane parametrų įvertinimui, kai automatizuotose kineskopų ar jų mazgų derinimo sistemose testinis vaizdas nuskaitytas spalvotojo vaizdo kamera. Tirtas atvejis, kai kameros regos lauke kineskopo rastro žingsnis yra artimas kameros rastro žingsniui ir dėl to signalė atsiranda dvi dedamosios: nuolatinė dedamoji, apibūdinanti bendrą nagrinėjamos vaizdo dalies spalvą, ir kintamoji dedamoji, apibūdinanti detalią vaizdo struktūrą. Nagrinėtos šių dedamųjų panaudojimo vaizdo parametrų vertinti galimybės. Pateiktos nesuveities įvertinimo priklausomybės nuo testinės linijos storio ir nuskaitymo apertūros, kai analizuojama geometrinė vaizdo struktūra ir spalva. Il. 3, bibl. 7 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

**M. Vaitkūnas, A. Dosinas, V. Bartkevičius. Analysis of the CRT Test Patterns Colours // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2005. – No. 6(62). – P. 57–60.**

Investigation of some factors making influence on evaluation of the colour CRT screen test patterns parameters is presented, when colour video cameras are used for acquisition of the test patterns in automated CRT adjustment systems. One particular case was examined, when a step of CRT raster is close to a step of cameras raster, and therefore two components of cameras output signal are produced – the permanent one, that represents overall colour of the acquired picture part, and the variable component, that describes detailed structure of screen picture. The possibilities of using those components in evaluation of the test pattern parameters are analysed. The misconvergence dependence on pattern line width and size of cameras reading aperture are presented, while the geometrical structure and the colour of pattern are analysed. Ill. 3, bibl. 7 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian).

**M. Вайткунас, А. Досинас, В. Барткавичюс. Анализ цветов тестового изображения кинескопа // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2005. – № 6(62). – С. 57–60.**

Рассматриваются факторы, влияющие на оценку параметров тестового изображения кинескопа в случае, когда в автоматизированных системах контроля и наладки кинескопов или их узлов, тестовое изображение считается цветной видеокамерой. Исследуется случай, когда шаг раstra кинескопа в поле зрения видеокамеры соизмерим с шагом раstra видеокамеры, вследствие чего в сигнале камеры возникает постоянная составляющая, характеризующая общую цветность рассматриваемого участка изображения и переменная составляющая, описывающая детальную геометрическую структуру. Рассматриваются возможности использования этих составляющих для оценки параметров сведения линий тестового изображения. Представлены зависимости оценки сведения от ширины линии и размеров считывающей апертуры посредством анализа геометрической структуры и цвета изображения. Ил. 3, библи. 7 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз).