



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

223331
(11) (B1)

[22] Přihlášeno 22 03 82
[21] (PV 1957-82)

[40] Zveřejněno 31 12 82

[45] Vydáno 15 03 86

[51] Int. Cl.³
G 02 B 27/17
H 01 J 37/26

(75)

Autor vynálezu

FRANK LUDĚK RNDr., VAŠINA PETR RNDr., BRNO

(54) Způsob a zapojení pro automatické vyhodnocování ostrosti obrazu v raastrovacím elektronově optickém systému

1

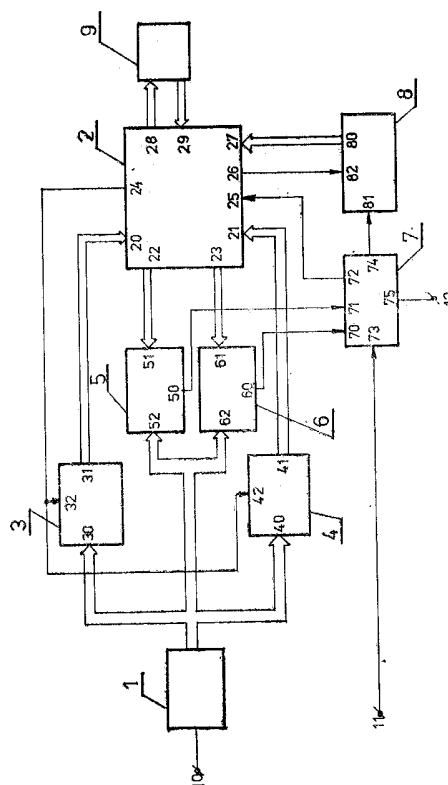
Vynález se týká vyhodnocování ostrosti elektronově optického obrazu v raastrovacím elektronově optickém systému pomocí digitální řídicí jednotky.

Podstatou způsobu je, že ostrost obrazu se zjišťuje na ostrosti kontrastní hrany v obraze, která se měří velikostí podílu druhé mocniny kontrastu hrany, určeného rozdílem maximální a minimální hodnoty digitálního obrazového signálu a doby přechodu rastrujícího elektronového svazku přes kontrastní hranu v obraze.

První vstup zapojení tvoří analogově číslicový převodník výstupem spojený se dvěma špičkovými detektory a dvěma komparátory s procesorem. Druhý vstup je veden přes hradlovací obvod účelně spojený s výstupní svorkou, s čítačem, procesorem a komparátory. Datové vstupy a výstupy procesoru jsou spojeny s řídicím mikroprocesorovým systémem.

Vynález je určen k využití v raastrovacích elektronově optických systémech, například v elektronovém litografu.

2



Vynález se týká způsobu a zapojení pro automatické vyhodnocování ostrosti obrazu v rastrovacím elektronově optickém systému, určeného pro použití v proceduře automatického zaostřování obrazu.

Procedura automatického zaostřování obrazu v rastrovacím elektronově optickém systému pomocí digitální řídicí jednotky, například řídicího mikroprocesorového systému, je v podstatě tvořena čtyřmi kroky: sejmutím a digitalizací obrazu, vyhodnocením ostrosti obrazu, rozhodnutím o stavu zaostření optické soustavy a určením optimálního stavu, nastavením optické soustavy do vypočteného stavu. Tyto kroky se opakuji ve smyčce až do okamžiku, kdy je stav optické soustavy rastrovacího elektronově optického systému prohlášen za zaostřený. Z uvedených kroků je nejproblematictější druhý v pořadí. Objektivní zaostřovací metody, které lze jediné automatizovat, mohou být pro univerzální použití založeny pouze na vyhodnocení a optimalizaci přenosové funkce rastrovacího elektronově optického systému. Přenosovou funkci lze vypočítat, známe-li rozložení obrazové intenzity jak v rovině objektu, tak v rovině obrazu. První z obou informací však není k dispozici a je tedy třeba se uchýlovat k různým aproximacím. Příslušné výpočetní metody pro vyhodnocování přenosové funkce zahrnují provedení dvourozměrných ortogonálních transformací, jsou v principu pomalé, náročné na kapacitu počítače a přitom jen přibližné. V této situaci je jediným východiskem vzdát se naprosté univerzálnosti procedury automatického zaostřování obrazu a soustředit se na zaostřování obrazů objektů s určitými vlastnostmi. Jen nepatrné omezení na použitelnost metody nám přinese předpoklad výskytu kontrastních „ostrých“ hran v zobrazovacím objektu. Ostatně i subjektivní zaostřovací metoda založená na vizuálním hodnocení ostrosti obrazu se obvykle aplikuje na místo v obraze odpovídající nějaké hraně v zobrazovaném objektu.

Vyhodnocování ostrosti elektronově optického obrazu lze za uvedeného předpokladu redukovat na vyhodnocení ostrosti hrany nebo hran v obraze. Tento technicky náročný problém se řeší několika způsoby. Nejčastěji používaný způsob zahrnuje digitalizaci obrazu, jeho uložení do obrazové paměti a určení ostrosti počítačovým zpracováním obsahu paměti. Touto cestou dosáhneme nejlepších výsledků, avšak klade vysoké nároky na kapacitu paměti a rychlost procesoru. Bez použití specializovaného procesoru je tato metoda příliš pomalá. Jinou možností je vyhodnocovat ostrost elektronově optického obrazu on-line v průběhu snímání obrazu, tj. zpracováním obrazového signálu v reálném čase. Ostrost hrany, tj. gradient obrazového signálu na hraně, má ovšem dvě navzájem kolmé složky a v reálném čase lze vyhodnocovat ostrost pouze ve směru vychylování. Je tedy třeba stří-

dvě vychylovat ve dvou navzájem kolmých směrech. Ostrost hran v obraze se zpravidla vyhodnocuje podle velikosti časové derivace obrazového signálu a předpokládá se, že se uplatní hlavně změny obrazového signálu na zobrazovaných hranách. Tento předpoklad je oprávněný pouze při zobrazování s velmi vysokým poměrem signálu k šumu. V obraze s výraznou šumovou složkou se její podíl po derivaci obrazového signálu ještě zvýší, takže derivovaný obrazový signál závisí více na amplitudě šumu než na ostrosti hran. Právě u rastrovacích elektronově optických systémů se setkáváme s poměrně vysokým obsahem šumu v obraze.

Tuto problematiku řeší způsob automatického vyhodnocování ostrosti obrazu v rastrovacím elektronově optickém systému, jehož podstatou je, že ostrost obrazu se zjišťuje na ostrosti kontrastní hrany v obraze, která se měří velikostí podílu druhé mocniny kontrastu hrany, určeného rozdílem maximální a minimální hodnoty digitálního obrazového signálu, a doby přechodu rastrovacího elektronového svazku přes kontrastní hranu, přičemž jako kontrastní hrana v obraze se měřením vyhledává taková změna digitálního obrazového signálu, kdy hodnota digitálního obrazového signálu postupně přejde přes první a pak bezprostředně přes druhou rozhodovací úroveň, anebo přejde přes obě rozhodovací úrovně v opačném pořadí, přičemž první rozhodovací úroveň je umístěna v dolní a druhá rozhodovací úroveň v horní polovině rozsahu hodnot digitálního obrazového signálu a rozdíl obou rozhodovacích úrovní je přibližně roven polovině rozsahu hodnot digitálního obrazového signálu.

Realizaci tohoto způsobu umožňuje zapojení, jehož podstatou je, že jeho vstup tvoří analogově číslicový převodník, jehož vstup je spojen se vstupní svorkou a jehož výstup je spojen jednak s prvními vstupy dvou špičkových detektorů a jednak s druhými vstupy dvou komparátorů, jejichž první vstupy jsou spojeny s prvním a druhým výstupem procesoru, jehož první a druhý vstup je spojen s výstupy špičkových detektorů, jejichž druhé vstupy jsou spojeny se čtvrtým výstupem procesoru, jehož třetí vstup je spojen s prvním výstupem hradlovacího obvodu spojeného prvním a druhým vstupem s výstupy komparátorů, zatímco jeho třetí vstup je spojen se vstupní svorkou, třetí výstup je spojen s výstupní svorkou a druhý výstup je spojen s hodinovým vstupem čítače, jehož druhý vstup a výstup je spojen se třetím výstupem a čtvrtým vstupem procesoru, jehož řídicí vstup a datový výstup je spojen s řídicím mikroprocesorovým systémem.

Hlavní předností způsobu vyhodnocování ostrosti elektronově optického obrazu podle vynálezu je, že umožňuje pracovat s obrazem při poměru signálu k šumu větším

než 2:1, což je hodnota u jiných metod velmi obtížně dosažitelná. Speciální procesor potřebný pro realizaci způsobu podle vynálezu vykonává pouze malý počet jednoduchých operací a může být proto konstruován jako jednoduchý a rychlý. Může vyhodnotit řádově 200 000 hran za sekundu. Zařízení k realizaci způsobu podle vynálezu je nesrovnatelně levnější než použitý počítač pro realizaci některého z dosavadních způsobů.

Pro objasnění popíšeme podrobněji postup vytvoření digitálního údaje o ostrosti hrany v obraze. Po nastartování snímkového vychylovacího cyklu probíhá v prvním přeběhu řádku obrazu v každém z obou na sebe kolmých směrů nastavování rozhodovacích úrovní. Obrazový signál je digitalizován — vzhledem k obvyklému poměru signálu k šumu v rastrovacích elektronově optických systémech stačí digitalizace s nízkým rozlišením, například digitalizace v rozsahu čtyř bitů; pak lze použít velmi rychlý převodník z diskretních součástek. Během přeběhu je uschovávána minimální a maximální hodnota digitálního obrazového signálu. Na konci přeběhu jsou obě hodnoty přivedeny na vstup jednoduchého aritmetického procesoru, který vykoná svoji první operaci. Ta sestává z odečtení maximální a minimální hodnoty digitálního obrazového signálu a porovnání rozdílu s přednastavenou mezí. Je-li rozdíl menší než mez, operace nepokračuje. V opačném případě operace pokračuje výpočtem rozhodovacích úrovní, z nichž první je rovna minimální hodnotě zvětšené o čtvrtinu rozdílu maximální a minimální hodnoty a druhá maximální hodnotě zmenšené o čtvrtinu rozdílu. Jestliže je v jednom přeběhu proveden výpočet rozhodovacích úrovní, pak v dalším přeběhu v totéž směru vychylování je možné kromě nového nastavování rozhodovacích úrovní provádět měření doby trvání hrany, tj. doby přechodu digitálního obrazového signálu mezi oběma rozhodovacími úrovněmi. Měření doby trvání hrany se startuje každým průchodem rozhodovací úrovní. Jestliže následující průchod rozhodovací úrovní se týká téže úrovně, je měření anulováno. Jestliže následuje průchod druhou rozhodovací úrovní, je měření považováno za platné. Tím jsou z měření vyloučeny změny signálu typu „špiček“ připisované obrazovému šumu. Po naměření doby trvání hrany ve formě digitálního údaje je tento údaj přiveden na vstup procesoru, který vykoná svoji druhou operaci. Ta spočívá ve výpočtu druhé mocniny rozdílu maximální a minimální hodnoty digitálního obrazového signálu a dělení výsledku dobou trvání hrany. Výsledkem je digitální údaj o ostrosti hrany v obraze, který je veden do další řídicí elektroniky, například mikroprocesorového systému pro automatické zaostřování obrazu. V principu umožňuje tento způsob vyhodnotit více než

deset hran během jednoho řádku obrazu rastrovaného v televizní normě.

Praktický příklad zapojení pro realizaci způsobu podle vynálezu je na přiloženém výkresu.

Zařízení je tvořeno rychlým analogově číslicovým převodníkem 1, jehož vstup je spojen se vstupní svorkou 10 a jehož výstup je připojen k prvním vstupům 30, 40 dvou špičkových detektorů 3, 4, přičemž jejich výstupy 31, 41 jsou připojeny k prvním dvěma vstupům 20, 21 procesoru 2, jehož první dva výstupy 22, 23 jsou připojeny k prvním vstupům 51, 61 komparátorů 5, 6, jejichž druhé vstupy 52, 62 jsou připojeny k výstupu analogově číslicového převodníku 1, přičemž výstupy 50, 60 komparátorů 5, 6 jsou připojeny k prvním dvěma vstupům 70, 71 hradlovacího obvodu 7, jehož první výstup 72 je připojen ke třetímu vstupu 25 procesoru 2, zatímco třetí vstup 73 je spojen se druhou vstupní svorkou 11 hodinových pulsů. Třetí výstup 75 je spojen s výstupní svorkou 12 a druhý výstup 74 je připojen k hodinovému vstupu 81 čítače 8, jehož druhý vstup 82 a výstup 80 jsou připojeny ke třetímu výstupu 26 a čtvrtému vstupu 27 procesoru 2, jehož čtvrtý výstup 24 je připojen ke druhým vstupům 32, 42 špičkových detektorů 3, 4 a jehož datový výstup 28 a řídicí vstup 29 jsou spojeny s řídicím mikroprocesorovým systémem 9.

Za provozu pracuje zařízení takto: analogově číslicový převodník 1 převádí vstupní obrazový signál do digitální podoby. Digitální obrazový signál je přiváděn ke dvěma špičkovým detektorům 3, 4, které jsou na konci každého přeběhu řádku obrazu nulovány. První detektor 3 zadržuje maximální hodnotu a druhý detektor 4 minimální hodnotu digitálního obrazového signálu. Na konci přeběhu řádku obrazu jsou zadržené hodnoty přivedeny do procesoru 2, v němž je odstartována první operace procesoru 2. Procesor 2 odečte hodnoty vstupující z obou špičkových detektorů 3, 4 a rozdíl porovná s pevnou přednastavenou mezí. Není-li rozdíl menší než mez, jsou vypočteny rozhodující úrovně pro oba komparátory 5, 6. Po nastavení rozhodovacích úrovní nastává v dalších snímaných přebězích řádků obrazu měření dob trvání hran a opětné nastavování rozhodovacích úrovní. Jestliže komparátory 5 a 6 mají výstupy v takovém stavu, že obrazový signál se podle nich nachází mezi oběma rozhodovacími hladinami, pak hradlovací obvod 7 propouští hodinové pulsy ze vstupní svorky 11 k čítači 8. Hradlovací obvod 7 dále sleduje, v jakém pořadí měnily komparátory 5 a 6 svůj stav. Jestliže například začalo čítání změnou stavu prvního komparátoru 5, pak je hrana detekována pouze tehdy, je-li čítání ukončeno změnou stavu druhého komparátoru 6 a naopak. V jiném případě se nenastartuje druhá operace procesoru 2. Druhou operaci procesoru 2 startuje hradlovací obvod 7 po

zjištění hrany výše uvedeným způsobem pomocí výstupu 72. Procesor 2 pak čte údaj čítače 8, tj. dobu trvání hrany. Je-li tato doba delší než 1/4 doby trvání jednoho přeběhu řádku obrazu, je měření považováno za chybné a hrana není dále zpracovávána. V opačném případě vypočte procesor 2 ostrost hrany a provede výstup výsledku do

řídícího mikroprocesorového systému 9. Na výstupní svorku 12 se vede puls signalizující zjištění hrany.

Způsob a zařízení podle vynálezu lze použít pro automatické zaostřování obrazu v rastrovacím elektronovém mikroskopu nebo elektronovém litografu.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob automatického vyhodnocování ostrosti obrazu v rastrovacím elektronově optickém systému, vyznačený tím, že ostrost obrazu se zjišťuje na ostrosti kontrastní hrany v obraze, která se měří velikostí podílu druhé mocniny kontrastu hrany, určeného rozdílem maximální a minimální hodnoty digitálního obrazového signálu, a doby přechodu rastrujícího elektronového svazku přes kontrastní hranu, přičemž jako kontrastní hrana v obraze se měřením vyhledává taková změna digitálního obrazového signálu, kdy hodnota digitálního obrazového signálu postupně přejde přes první a pak bezprostředně přes druhou rozhodovací úroveň, anebo přejde přes obě rozhodovací úrovně v opačném pořadí, přičemž první rozhodovací úroveň je umístěna v dolní a druhá rozhodovací úroveň v horní polovině rozsahu hodnot digitálního obrazového signálu a rozdíl obou rozhodovacích úrovní je přibližně roven polovině rozsahu hodnot digitálního obrazového signálu.

2. Zapojení k provádění automatického vyhodnocování ostrosti obrazu v rastrovacím elektronově optickém systému podle bodu 1, vyznačené tím, že jeho vstup tvoří

analogově číslicový převodník (1), jehož vstup je spojen se vstupní svorkou (10) a jehož výstup je spojen jednak s prvními vstupy (30, 40) dvou špičkových detektorů (3, 4) a jednak s druhými vstupy (52, 62) dvou komparátorů (5, 6), jejichž první vstupy (51, 61) jsou spojeny s prvním a druhým výstupem (22, 23) procesoru (2), jehož první a druhý vstup (20, 21) je spojen s výstupy (31, 41) špičkových detektorů (3, 4), jejichž druhé vstupy (32, 42) jsou spojeny se čtvrtým výstupem (24) procesoru (2), jehož třetí vstup (25) je spojen s prvním výstupem (72) hradlovacího obvodu (7) spojeného prvním a druhým vstupem (70, 71) s výstupy (50, 60) komparátorů (5, 6), zatímco jeho třetí vstup (73) je spojen se vstupní svorkou (11), třetí výstup (75) je spojen s výstupní svorkou (12) a druhý výstup (74) je spojen s hodinovým vstupem (81) čítače (8), jehož druhý vstup (82) a výstup (80) je spojen se třetím výstupem (26) a čtvrtým vstupem (27) procesoru (2), jehož řídicí vstup (28) a datový výstup (29) je spojen s řídicím mikroprocesorovým systémem (9).

