

Obiektywy

day-night

Waldemar Górski
Arpo!

W projektowaniu systemów telewizji dozorowej, gdy rozważamy punkt kamerowy, jako jego podstawowy element traktuje się kamerę. I większość definiowanych przez projektanta, użytkownika bądź inwestora parametrów dotyczy właśnie kamery. Podawana jest rozdzielczość, czułość, parametry przetwornika CCD, warunki zasilania, dodatkowe funkcje i właściwości. Poniekąd bardzo słusznie, gdyż należy właściwie dobrać kamerę do wymaganych warunków pracy i określonego zastosowania. Lecz sama kamera nie funkcjonuje prawidłowo bez obiektywu. Jest to element, który ogniskuje światło docierające do przetwornika CCD kamery.

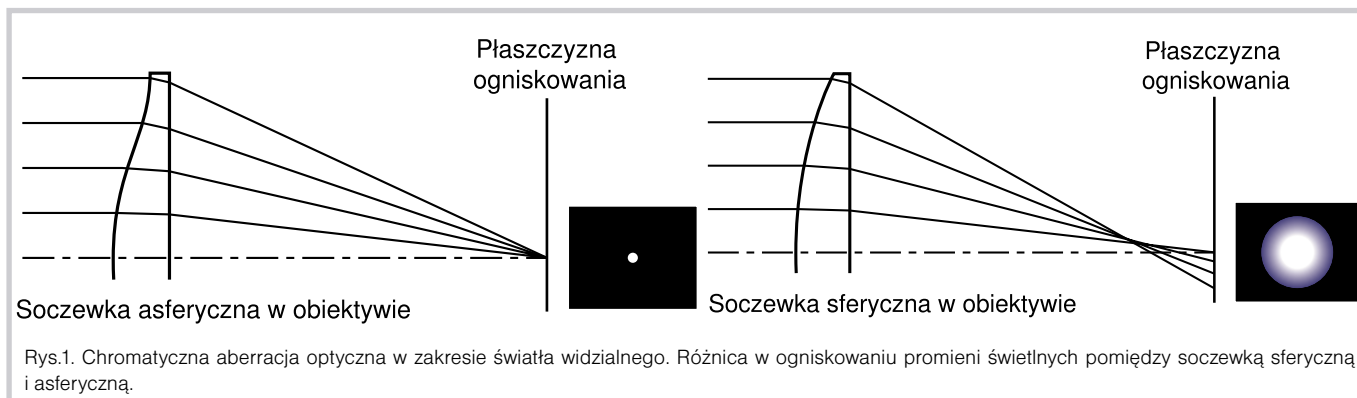
Oczywiste jest zatem, że jakość oraz parametry obiektywu mają istotny wpływ na uzyskany sygnał wyjściowy z kamery, czyli na obraz ostatecznie obserwowany na ekranie monitora. Niestety, bardzo często pomija się równie rzetelny dobór obiektywu. Dobiera się właściwe pola widzenia kamery, czyli odpowiednią ogniskową obiektywu – i to w wielu przypadkach wszystko. Definiuje się jeszcze niektóre niezbędne parametry, takie jak sposób sterowania przysłony oraz wielkość przetwornika, z jakim ma współpracować obiektyw. Dodatkowo podaje się jasność obiektywu, choć ten parametr jest często bezkrytycznie przepisany z danych katalogowych wyrobów danego producenta. I na tym kończy się wymienianie parametrów obiektywu. Poniekąd słusznie, gdyż stosując obiektywy renomowa-

nych producentów, w większości przypadków mamy pewność, że tak zdefiniowany obiektyw będzie gwarantował wysoką jakość obrazu z danej kamery. Ale czy na pewno? Chciałbym, aby poniższy tekst przybliżył to, jak istotny i trudny jest dobór obiektywu, przy uwzględnieniu parametrów, które znacznie rzadziej występują wśród podawanych danych katalogowych. A czasami są to nawet nie parametry wyrażone liczbowo, ale po prostu właściwości i rozwiązania technologiczne stosowane w obiektywach głównych producentów.

Jednym z podstawowych parametrów kamery jest jej czułość. Zależy ona bezpośrednio od ilości światła docierającego do przetwornika CCD. I tu sprawa jest klarowna. Im jaśniejszy obiektyw, tym więcej światła dociera do przetwornika i tym bardziej kamera

jest czuła. Należy tu jednak podkreślić dwa zagadnienia. Po pierwsze, zastosowanie obiektywu o lepszej jasności (np. F/1.0 zamiast F/1.4) powoduje zwiększenie czułości kamery (w tych samych zdefiniowanych przez producenta kamery warunkach dodatkowych – poziom sygnału, refleksyjność sceny itp. – nie analizujemy tu sposobu, w jaki producent definiuje czułość kamery, bo nie to jest tematem tego artykułu). W omawianym przykładzie – byłoby to dwukrotne zwiększenie czułości! Czyli kamera, dla której producent określił czułość następująco: 1 lx @ F/1.4, z innym obiektywem ma ten parametr znacznie lepszy: 0.5 lx @ F/1.0. I pamiętajmy, że jest to wciąż ta sama kamera! Po drugie, należy zauważyć, że ilość światła docierającego do przetwornika jest wielkością nieliniową – odwrotnie proporcjonalną do kwadratu jasności obiektywu. Widać to na powyższym przykładzie. Odniesieniem jest obiektyw o jasności F/1.0. Obiektyw F/1.4 charakteryzuje się dwukrotnie większym tłumieniem światła, ale obiektyw F/1.8 – tłumieniem 3,24 raza większym od obiektywu odniesienia. Dobierając zatem obiektyw, należy konieczne wziąć pod uwagę jego jasność.

Drugim najczęściej rozważanym parametrem kamery jest jej rozdzielczość. Nikt nie ma wątpliwości, że jest to parametr bardzo istotny.



Wyższa rozdzielczość to więcej szczegółów na obrazie. Na tym obserwowanym na żywo, ale też na zarejestrowanym i odtwarzanym. W dobie powszechnego stosowania rejestratorów cyfrowych o znakomitych parametrach, zapisany i odtwarzany obraz może być bardzo wysokiej jakości. Może być – gdy obróbce poddany zostanie obraz o wysokiej rozdzielczości. I tu ponownie należy zadać pytanie: czy rozdzielczość otrzymanego obrazu zależy wyłącznie od kamery? Nie. Także i w tym przypadku na ten parametr obrazu bezpośredni wpływ ma obiektyw. Należy zauważyć, że rozdzielczość podawana w danych katalogowych kamer jest wartością nominalną – nieuwzględniającą właściwości obiektywu. Czyli jest to najwyższa wartość możliwa do uzyskania. A co, jeśli

obiektyw będzie daleki od ideału? Na pewno nie wpłynie to na poprawę rozdzielczości obrazu. Dla zobrazowania tego zagadnienia w dalszej części artykułu skupię się na trzech właściwościach obiektywów.

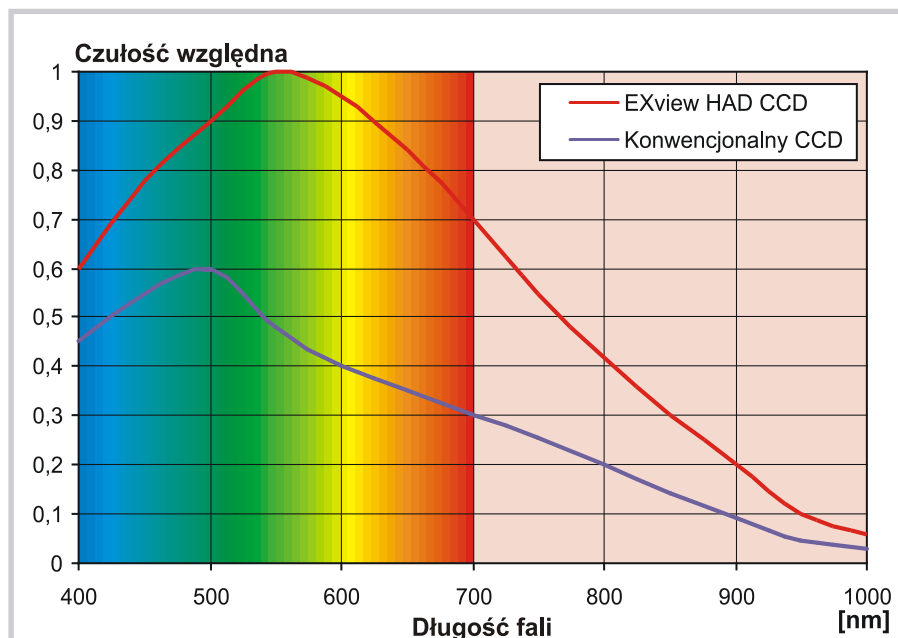
Obiektyw jest układem optycznym składającym się z kilku grup soczewek umieszczonych w cylindrycznej obudowie. Światło przenika przez wszystkie soczewki i dociera do przetwornika kamery. Część światła odbija się zarówno od soczewek, jak i od elementów wnętrza obudowy. I może odbijać się wielokrotnie – aż część promieni trafi na przetwornik CCD. Czym objawia się to zjawisko na obrazie? Są to miejscowe rozbłyski lub cienie. Można również obserwować zmniejszenie kontrastowości obrazu lub występowanie „zjaw”. Wszystkie te

efekty powodują zmniejszenie rozdzielczości obserwowanego obrazu. Doświadczeni producenci obiektywów minimalizują opisane zjawiska przez projektowanie elementów w sposób ograniczający odbicia oraz stosując zaawansowaną technologię – powlekając elementy układu optycznego i wewnątrz obudowy warstwami antyrefleksyjnymi. W wielu przypadkach są to powłoki wielowarstwowe.

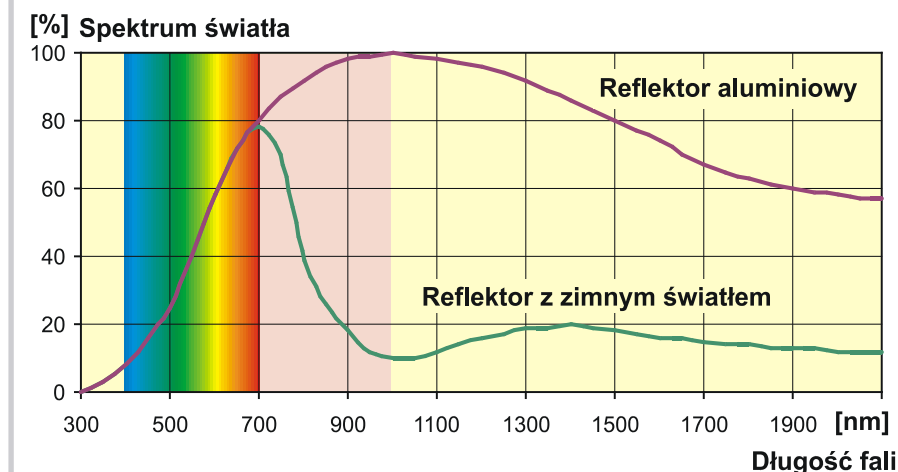
Falowa natura światła również może powodować zmniejszenie rozdzielczości obrazu. Jak wiadomo, soczewka jest to element, którego zadaniem jest odpowiednie załamanie promieni świetlnych. Jednakże światło nie składa się z promieni o jednej długości fali. Światło widzialne obejmuje zakres promieniowania o długościach fal od około 400 do około 700 nm. A promień świetlny o różnej długości fali jest załamany pod innym kątem (promienianie „krótkie” jest załamane bardziej niż „długie”). Ilustruje to rysunek 1. Czy można zminimalizować ten problem? Tak. Remedium stanowi zastosowanie soczewek o powierzchni asferycznej. Są to soczewki, których powierzchnia jest wprawdzie wycinkiem sfery, lecz nieznacznie odkształconym w kierunku krawędzi zewnętrznej soczewki. W dobrze zaprojektowanych obiektywach szczególny nacisk położono na wyrazistość w skrajnych częściach obrazu. W rezultacie uzyskano rozdzielczość nawet o około 50% wyższą w porównaniu z soczewkami klasycznymi. Jak przekłada się to na rozdzielczość obrazu? Otóż kamera o nominalnej rozdzielczości poziomej 570 linii, współpracująca z obiektywem bez soczewek asferycznych, może w skrajnym przypadku generować obraz o rozdzielczości około 400 linii. Jak zatem widać, utrata rozdzielczości będzie zauważalna gołym okiem.

Trzeci temat dotyczący rozdzielczości obrazu generowanego przez kamerę i jego związku z obiektywami będzie bezpośrednio nawiązywać do tytułu niniejszego artykułu. Dlaczego „Obiektywy day-night”? Dlaczego dzień-noc? Czyżby dotyczyło to zastosowania obiektywów z kamerami dualnymi (często określanymi jako kamery day-night)? Otóż nie. Powyżej czytelnik mógł zapoznać się z niektórymi aspektami pracy obiektywu w świetle widzialnym – czyli w dzień. Poniżej znajdzie wyjaśnienie, dlaczego należy rozważyć zastosowanie obiektywów nie tylko w dzień, ale i w nocy.

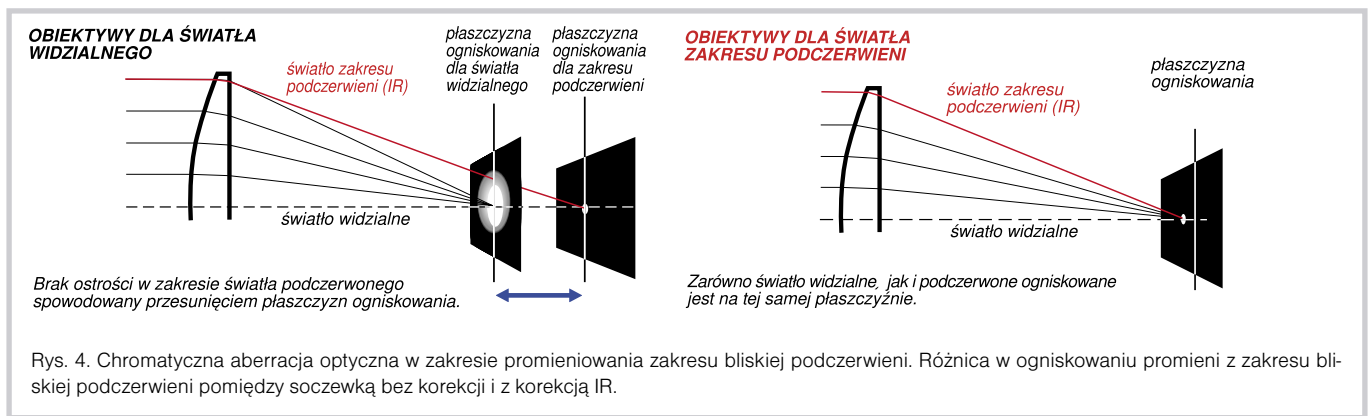
Każdy system telewizji dozorowej jest zaprojektowany do ciągłej, całodobowej pracy. W dzień, gdy natężenie światła słonecznego



Rys. 2. Porównanie charakterystyk widmowych czułości względnej przetwornika EXview HAD CCD oraz konwencjonalnego przetwornika CCD.



Rys. 3. Porównanie natężenia promieniowania względnego dla różnych rodzajów reflektorów halogenowych.



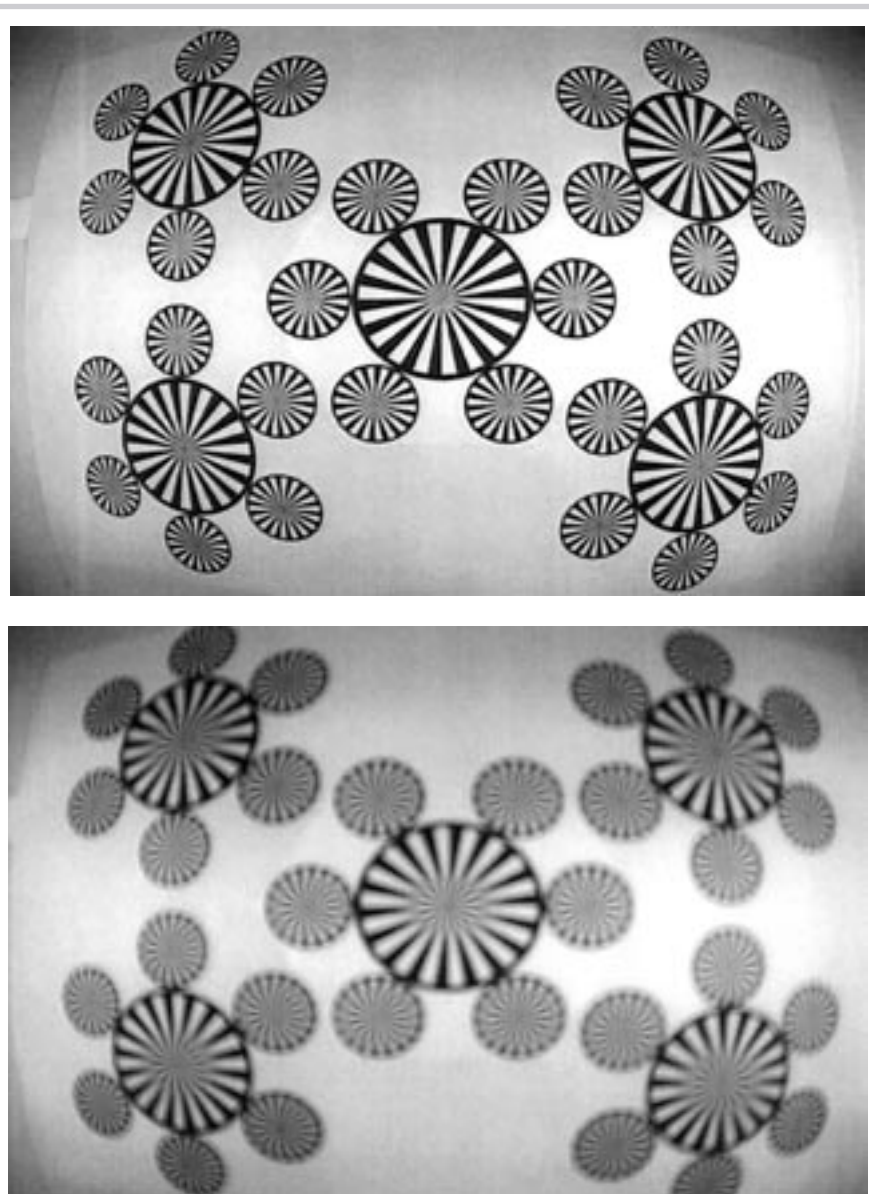
jest wystarczająco duże, nie ma potrzeby zwiększania czułości kamer lub też oświetlenia sceny sztucznymi źródłami światła. Lecz w nocy sytuacja jest odwrotna. Z powodu słabego oświetlenia (braku światła słonecznego) dąży się do maksymalnego zwiększenia czułości kamery oraz do oświetlenia obserwowanej sceny światłem sztucznym. Powiążemy te oba zjawiska.

Zwiększenie czułości kamery odbywa się poprzez zastosowanie doskonalszego przetwornika CCD. Wzrost czułości polega między innymi na poszerzeniu zakresu widma promieniowania, na które wrażliwe są elementy takiego przetwornika. Na rysunku 2 przedstawiono przykładową charakterystykę widmową czułości względnej przetwornika EXview HAD CCD. Nie rozważamy tu zwiększenia czułości tego przetwornika w paśmie światła widzialnego (obszar zaznaczony na wykresie „tęczą”). Jak zauważamy, istotnie znacząca część tej charakterystyki znajduje się w paśmie tzw. bliskiej podczerwieni (na rysunku jest to obszar zaznaczony kolorem różowym). Jest to promieniowanie o zakresie długości fal od około 700 do około 1000 nm. Zwiększenie czułości nie dotyczy klasycznych kamer kolorowych. Mają one bowiem filtr podczerwieni założony przed przetwornikiem CCD, który praktycznie całkowicie tłumi promieniowanie w paśmie bliskiej podczerwieni. Zwiększenie czułości dotyczy zatem pozostałych typów kamer wykorzystujących te przetworniki: monochromatycznych, ale również kamer dualnych. Należy nadmienić, że kamery dualne występują w dwóch odmianach: z mechanicznie usuwanym filtrem podczerwieni, która przy dużym natężeniu światła pracuje jak zwykła kamera kolorowa, a przy słabym świetle – jak kamera monochromatyczna; drugą wersję można nazwać elektroniczną, gdyż nie występuje tu mechanicznie usuwany filtr podczerwieni. Posiadają one stałą charakterystykę widmową i wyłączanie

elektroniczna obróbka sygnału z przetwornika CCD powoduje przełączanie trybów pracy kolor-mono. Kamery dualne elektroniczne charakteryzują się mniejszą czułością w trybie monochromatycznym niż kamery z mechanicznie

usuwanym filtrem, gdyż słabiej reagują one na promieniowanie z zakresu widmowego bliskiej podczerwieni.

Istotnym czynnikiem pracy systemu CCTV w nocy jest oświetlenie sceny. A oświetlane



Rys. 5. Efekt braku korekcji refrakcji dla zakresu bliskiej podczerwieni. Zdjęcie u góry – obraz odniesienia uzyskany przy zastosowaniu obiektywu z korekcją IR.

są nie tylko ulice i inne tereny zewnętrzne, ale również wszystkie pomieszczenia, wszystkie wnętrza. Jest to oczywiście oświetlenie sztucznymi źródłami światła. Jak wiadomo, źródło takie nie jest doskonałe i jego widmo stanowi tylko przybliżenie widma światła naturalnego (słonecznego). Ze względu na korzystne parametry, często wykorzystywanymi źródłami światła są lampy halogenowe. Rysunek 3 przedstawia przykładowe porównanie natężenia promieniowania względnego dla różnych rodzajów obecnie produkowanych reflektorów halogenowych. Jak zauważamy, na zakres bliskiej podczerwieni (oznaczonej kolorem różowym) przypada znacznie większe natężenie promieniowania, niż w zakresie światła widzialnego. Jest to o 50-90% większa wartość. Oczywiście można także zastosować specjalizowane oświetlacze podczerwieni, które w ogóle (lub prawie w ogóle) nie promieniają w zakresie światła widzialnego, a wyłącznie w zakresie podczerwieni (przeważnie generują one promieniowanie o długości fali ok. 850 nm). Jednakże w każdym z tych przypadków znaczna część

promieniowania przypada na zakres bliskiej podczerwieni, na który czułe są współcześnie stosowane przetworniki CCD, co w oczywisty sposób zwiększa czułość kamer.

Jak jednak zachowuje się obiektyw, którego pasmo pracy zostało poszerzone? Otóż w obiektywach bez korekcji refrakcji, dla zakresu bliskiej podczerwieni zachodzi zjawisko zilustrowane na rysunku 4. Promieniowanie o większej długości fali (podczerwień) jest załamywane przez soczewkę inaczej niż światło widzialne i ogniskowane w innym punkcie. Otrzymujemy przesunięcie płaszczyzn ogniskowania, co przejawia się utratą ostrości obserwowanego obrazu. A utrata ostrości to jednocześnie zmniejszenie rozdzielczości. Jak znaczne jest to zjawisko, przedstawiono na rysunku 5. Są to zdjęcia obrazów rzeczywistych z dwóch identycznych kamer monochromatycznych, pracujących wyłącznie z oświetlaczem podczerwieni. Jedna z nich ma założony obiektyw klasyczny, druga współpracuje z obiektywem z korekcją refrakcji dla zakresu bliskiej podczerwieni. Efektu końcowego nie trzeba komentować.

Przy oświetleniu sztucznym zawierającym zarówno promieniowanie podczerwone, jak i światło widzialne (np. o zmierzchu, świetle lub przy stosowaniu innych typów źródeł światła sztucznego) różnica w ostrości nie będzie tak duża, ale nadal zauważalna, szczególnie przy stosowaniu rejestratorów cyfrowych i kamer wysokiej rozdzielczości.

Dodatkowo obiektywy charakteryzują jeszcze tak ulotne i niemierzalne parametry, jak jakość i precyzja wykonania oraz niezmiennosc parametrów obiektywu w czasie. Dotyczy to zarówno optyki (np. niewymienione powyżej zniekształcenia „poduszkowe” obrazu), mechaniki (precyzja strojenia obiektywu i wygoda jego montażu), jak również stosowanych podzespołów elektrycznych (np. układ sterowania przysłony). I są to niebagatelne właściwości, które należy rozważyć, dobierając obiektyw, włącznie z wszystkimi innymi, podanymi powyżej.

W opracowaniu wykorzystano materiały firm Tamron, Pentax, Philips Lighting, Sony Semiconductor.