

Badania powierzchni świetlnej kostkowych pulpitów nastawczych

Streszczenie. W artykule opisano budowę pulpitów nastawczych służących do sterowania ruchem kolejowym. Pulpity kostkowe zawierają elementy rozmieszczone w kostkach o typowych kształtach. Zaprezentowane zostały wyniki doświadczeń związanych z pomiarem luminancji i barwy pulpitów przy wykorzystaniu wprowadzanych źródeł LED oraz stosowanych żarówek 24V. Brak precyzyjnych wytycznych dotyczących barw stosowanych odnośnie tła i elementów sygnalizacyjnych sprawia, że przy różnych konfiguracjach kostek i źródeł otrzymywana barwa odbiega od oczekiwanej.

Abstract. In this article topological operation tables used to steer and control railway traffic are submitted. Tables contain elements set in typically shaped cubes. The article describes results of experiments connected with measurement of luminance and colour of operation tables with normally used 24V bulbs and with introduced LEDs. The lack of precised directives about colours used for background and signal elements makes that with different configurations of cubes and sources achieved colour is different that predicted. **Measurements of illuminating surface at topological operation tables.**

Słowa kluczowe: pulpity kostkowe, barwa, luminancja, sterowanie ruchem kolejowym.

Keywords: topological operation tables, colour, luminance, railway traffic control.

doi:10.12915/pe.2014.01.68

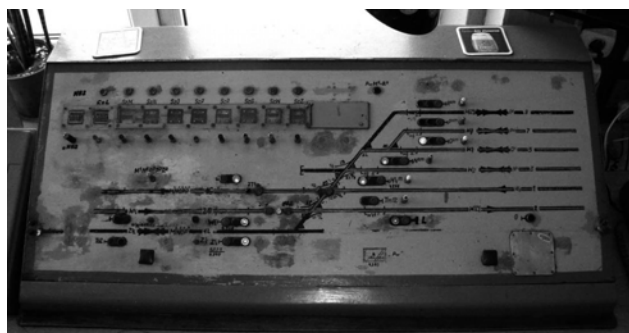
Wstęp

Pulpity nastawcze są urządzeniami sterowania ruchu kolejowego (srk). Umożliwiają wprowadzanie do systemu srk poleceń przez personel sterowania ruchem oraz nadawanie personelowi przez system komunikatów o stanie urządzeń i sytuacji ruchowej. Pulpity zawierają elementy sterownicze i mogą zawierać elementy sygnalizacyjne. Pulpity były i są budowane na posterunkach ruchu wyposażonych w urządzenia srk zawierające układy przekaźnikowe lub urządzenia komputerowe.

Pulpity mogą być wykonane w różny sposób. Na potrzeby artykułu i ze względu na kryterium budowy można je podzielić na kostkowe, komputerowe i pozostałe. Pulpity kostkowe zostaną szerzej omówione w następnym punkcie.

Pulpit nastawczy komputerowy (np. WT EPN [1]) stanowi komputer z monitorem klawiaturą i/lub myszką (ew. zastępowanymi przez digitajzer) służący personelowi sterowania ruchem do ww. celów. Pulpity tego typu stosuje się do współpracy personelu z urządzeniami zależnościami przekaźnikowymi lub komputerowymi.

Pulpity zaliczone do grupy pozostałych mogą być drewniane lub blaszane. Wykonywane są specjalnie dla danego posterunku [2]. Lico pulpitu jest wówczas zazwyczaj malowane jednolitym kolorem (np. seledynowym), na którym nanosi się szkic torów (rys. 1). Przez otwory wprowadza się w odpowiednich miejscach elementy sygnalizacyjne i sterownicze: lampki, liczniki, mierniki, przełączniki, przyciski i inne.



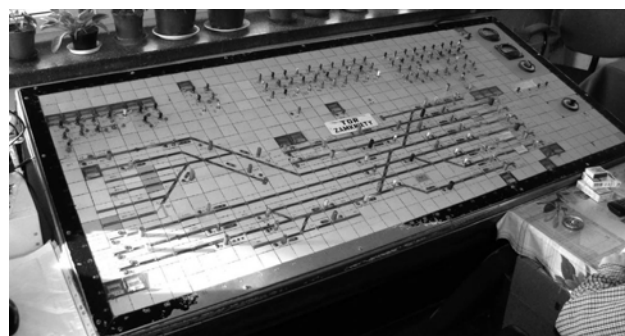
Rys.1. Przykładowy drewniany pulpit nastawczy

W dalszej części artykułu zostanie przedstawiona budowa pulpitów kostkowych oraz wyniki doświadczeń przeprowadzonych na Wydziale Transportu Politechniki

Warszawskiej z wykorzystaniem pulpitu kostkowego i niezarowych źródeł światła.

Pulpity kostkowe

Pulpit kostkowy składa się z metalowej kratownicy umocowanej wewnątrz drewnianej skrzyni lub zabudowanej w biurku (rys. 2).



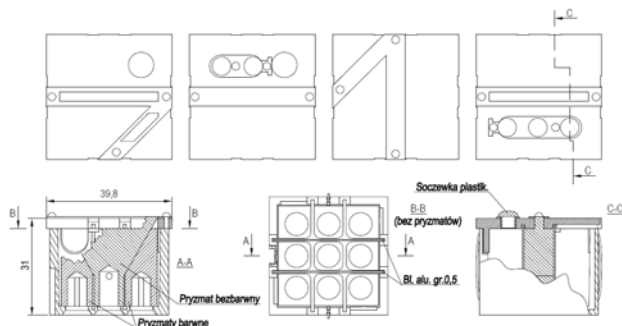
Rys.2. Przykład kostkowego pulpitu nastawczego

Kratownica jest skonstruowana w taki sposób, że od wierzchu można w nią wsunąć kostki. Od spodu na przecięciach płaskowników kratownicy przynitowane są okrągłe podkładki z czterema otworami. Do otworów mocuje się od spodu śrubami, o ile dana kostka tego wymaga, oprawki żarówek lub elementy przełączne (zawierające przyciski i oprawki na żarówki, rys.3).



Rys.3. Spód kratownicy z elementami przełącznymi i oprawkami

Kostki są to prostopadłościowe, wysuwane elementy lica pulpitu. Kostkę wysuwa się, gdy zachodzi potrzeba wymiany źródła światła znajdującego się w oprawce pod kostką. Lico kostki wykonane jest z niebieskiego lub zielonego plastiku i ma wymiary 39,8mm x 39,8mm. W zależności od potrzeb są w nim wykonane otwory na przycisk lub pryzmaty i soczewki, będące w połączeniu ze źródłami światła elementami sygnalizacyjnymi (rys. 4).



Rys.4. Niektóre typy stosowanych kostek i ich przekroje

Pulpity kostkowe produkowano w Zakładach Wytwórczych Urzędów Sygnalizacyjnych (ZWUS) według opracowanych typowych rozmiarów i typowych wykonań, bądź na specjalne zamówienie. Kostki również produkowano w oparciu o ujednolicone typy, reprezentujące odpowiednie powtarzacze wskazań semaforów, stanów odcinków izolowanych, blokad oraz innych elementów i układów biorących udział w procesie sterowania ruchem kolejowym. Możliwe było również zamówienie nietypowych wykonań kostek.

Pulpity kostkowe są dość powszechnie stosowane na sieci kolejowej w Polsce i w innych krajach. Nowe pulpity i elementy do istniejących są produkowane nadal, pomimo stopniowego zastępowania ich pulpitami komputerowymi.

Barwa i luminancja elementów sygnalizacyjnych

Pulpity kostkowe były i są przystosowane do umieszczania w nich źródeł światła będących żarówkami teletechnicznymi. Kolorowe światło uzyskiwane jest dzięki zabarwieniu plastiku, z którego wykonane są właściwe pryzmaty lub plastikowe soczewki umieszczone w lico kostki (rys. 4).

Pomimo znacznej unifikacji kształtu lica pulpitu kostkowych obejmującej zasady projektowania i zastosowanie typowych symboli na kostkach nie sprecyzowano dotąd wymagań, co do luminancji i współrzędnych trójchromatycznych stosowanych elementów sygnalizacyjnych. Wielkości te są dobierane a następnie weryfikowane heurystycznie. Barwa światła wydostającego się przez układ pryzmatów zależy od wykorzystanego źródła (żarówki bądź diody), napięcia zasilającego to źródło oraz stopnia zużycia układu optycznego kostki (płowienie i matowienie pryzmatów).

Należy dostrzec problem utrzymania jednakowych współrzędnych trójchromatycznych dla różnych rozwiązań i ustandaryzowania wartości luminancji, tak by barwa zawsze mogła zostać właściwie zinterpretowana przez personel. Szczególnie jest to istotne obecnie, gdy do pulpitu wprowadzane są nie stosowane dotąd nieżarowe źródła światła.

W dalszej części przedstawiono wyniki pomiarów luminancji i barwy elementów sygnalizacyjnych pulpitu w zależności od różnych źródeł i układów optycznych zastosowanych w kostkach.

Pomiary

Pomiary wykonano dla stosowanej dotąd w pulpitych żarówki teletechnicznej 24V 80mA oraz dla LED dostosowanych do umieszczenia w pulpicie poprzez fabrycznie wykonaną oprawkę zawierającą układ opornika i prostownika. Wykorzystano diody koloru białego, pomarańczowego, czerwonego i zielonego. Źródła kojarzono z bezbarwnymi i kolorowymi pryzmatami w taki sposób, by w przypadku diody kolorowej pryzmat był bezbarwny bądź o kolorze określonym dla diody. Źródła umieszczano w kostkach zawierających powtarzacze:

- zwrotnicy starszego wykonania,
- zwrotnicy nowszego wykonania,
- semafora.

Dzięki temu możliwe było sprawdzenie luminancji i barwy istniejących rozwiązań (kostek podświetlanych żarówkami) oraz możliwych (i sensownych) modyfikacji związanych z wprowadzeniem źródeł LED. Poprzez zastosowanie starszej i nowszej kostki przedstawiono możliwe różnice wynikające z odmiennego wykonania i różnego stopnia zużycia kostek.

Zdecydowano się na ograniczenie pomiarów do ww. kostek, ze względu na to, że zawierają one najczęściej spotykane filtry: czerwony, zielony, pomarańczowy i bezbarwny. Zrezygnowano natomiast z badania filtrów niebieskich wykorzystywanych w powtarzaczach tarcz manewrowych oraz filtrów czerwonych, pomarańczowych i białych wykorzystywanych w powtarzaczach świateł zabraniających w semaforach, tarczach ostrzegawczych i tarczach manewrowych. Jest to związane z tym, że żarówki wykorzystywane do podświetlania takich filtrów zasilane są potencjometrycznie z żył zasilających komory sygnalizatora (por. np. schemat A4 zamieszczony w [3]). W związku z powyższym ich napięcia znamionowe są inne (np. 6V).

W trakcie pomiarów lampki pulpitu zasilano wykorzystując następujące napięcie:

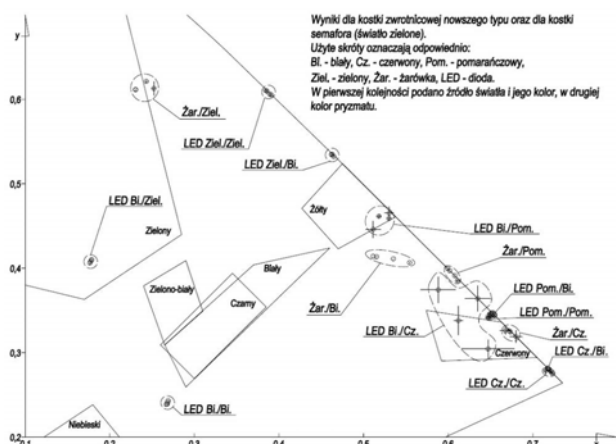
- 24V prądu stałego, (zgodnie ze schematami E1-P5 zamieszczonym w [3], E-B3 w [4], B07 i B08 w [5], E-B14 w [6]),
- 24V prądu przemiennego, (zgodnie ze schematem E1-P3 zamieszczonym w [3] i zgodnie z [7]),
- 18V prądu przemiennego, (zgodnie ze schematem E1-P3 zamieszczonym w [3]),
- 14V prądu przemiennego, (zgodnie ze schematem E1-P3 zamieszczonym w [3]).

Operator pulpitu (dyżurny, nastawniczy) ma możliwość selektywnego wyboru wartości napięcia zasilającego lampki: 24V w ciągu dnia, 18V wieczorem i 14V w nocy. Dzięki temu luminancja elementów sygnalizacyjnych powinna być dostosowywana do pory dnia. Pomieszczenia personelu sterowania ruchem są w porze nocnej słabo oświetlane ze względu na potrzebę obserwacji terenu i przemierzających się pociągów przez okna.

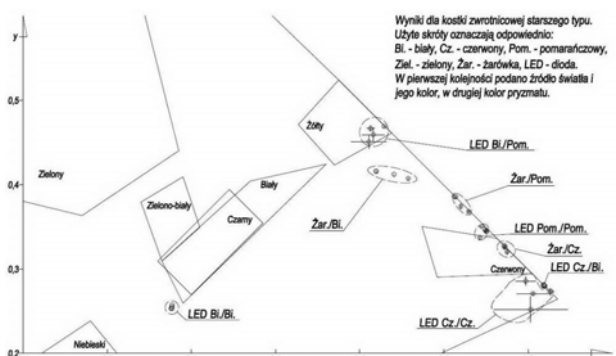
Pomiary wykonywano w zaciemnionym pomieszczeniu zawierającym odpowiednio przygotowany pulpit nastawczy. Jedną z kostek została wyposażona od spodu w oprawkę żarówek połączoną elektrycznie poprzez przełączniki z ww. źródłami napięć. Kostkę wyjęto a w jej miejscu umieszczano ww. kostki wtypowane do badań. Do pomiarów luminancji i współrzędnych trójchromatycznych wykorzystano kolorometr Chroma Meter CS-200 ustawiając go w odległości 75cm mierzonej pomiędzy osią mocowania przyrządu do statywu a licem pulpitu. Jest to odległość, w jakiej powinny znajdować się oczy stojącego operatora, ustalona na podstawie materiałów do projektowania urządzeń srk [8]. Oś obiektywu znajdowała się w osi badanego źródła. Zastosowano pole pomiarowe miernika wynoszące 0,1°.

Uzyskane wyniki

Dla każdego przypadku wykonano po trzy pomiary luminancji i współrzędnych trójchromatycznych. Wyniki uśredniono a następnie współrzędne barw naniesiono na wykres krzywej barw w układzie X, Y, Z wg. [9] (rys. 5 i 6). Uzyskane wartości luminancji i współrzędnych przedstawiono w tabelach 1, 2 i 3.



Rys.5. Wyniki dla kostki nowszych



Rys.6. Wyniki dla kostki starszej

Symbolika elementów sygnalizacyjnych pulpitu

Interpretację uzyskanych wyników należy poprzedzić informacją na temat znaczenia poszczególnych symboli i ich barw jako elementów sygnalizacyjnych stosowanych na pulpitych kostkowych.

Rozjazdy i tory są odwzorowane na pulpicie w postaci szczeliny o zmiennej barwie. Ciemna (nie podświetlona) szczelina jest komunikatem o niezajętości danego odcinka toru. Podświetlenie szczeliny światłem białym oznacza, że po torze tym odbywać się będzie jazda. Jest to stan zamknięcia bądź utwierdzenia tego toru jako elementu przebiegu realizowanego w danej chwili. Szczelina podświetlona światłem czerwonym jest komunikatem oznaczającym, że na torze (przy utwierdzonej lub nie drodze) stoi pojazd szynowy. Kolor czerwony może również oznaczać, że nastąpiła usterka urządzeń kontroli zajętości danego toru wywołana np. pęknięciem szyny. W przypadku powtarzacza zwrótnicy stosowane jest jeszcze podświetlenie szczeliny barwą pomarańczową, co określa, w którą stronę jest ona przestawiona. Jeżeli zwrótnica jest zamknięta bądź utwierdzona w przebiegu, barwa pomarańczowa zastępowana jest białą. Jeżeli na zwrótnicy stoi pojazd – czerwona.

Powtarzacze semaforów zawierają okrągłe filtry barwy czerwonej, zielonej i białej. Światło czerwone oznacza ustawiony sygnał „Stój”, zielone – sygnał zezwalający na jazdę pociągu, białe migające – „Sygnał zastępczy”, białe ciągle – „Jazda manewrowa dozwolona”. W tak wykonanej wizualizacji sygnału zezwalającego nie ma rozróżnienia na barwę zieloną i pomarańczową (stosowane w sygnalizatorach przytorowych [10]), gdyż wszystkie sygnały zezwalające dla jazd pociągowych reprezentuje barwa zielona [11].

Interpretacja wyników

Występują różnice współrzędnych trójchromatycznych pomiędzy światłem uzyskiwanym żarówką zastosowaną pod pryzmatem (soczewką) określonej barwy, diodą białą skojarzoną z tym samym pryzmatem i diodą o barwie tego pryzmatu zastosowaną pod pryzmatem bezbarwnym (białym).

Współrzędne opisujące barwę diody białej i żarówki znajdującej się w szczelinie bezbarwnej kostki zajmują skrajne położenia w stosunku do obszaru współrzędnych zalecanego normą [9]. Współrzędne te nie mieszczą się w tym obszarze.

Tabela 1. Wyniki dla kostki zwrótnicowej starszego typu

Napięcie	Param.	Źródło	LED bi.	Żar.	LED cz.	Żar.	LED cz.	LED bi.	LED pom.	Żar.	LED pom.	LED bi.
		Szczelina	biała	biała	biała	czerw.	czerw.	czerw.	biała	pomar.	pomar.	pomar.
		Barwa oczekiwana	biała			czerwona			pomarańczowa			
		Jm	Kostka starszego typu									
24V DC	Lv	cd/m ²	2181,5	2709,4	3303,6	367,47	6,87	1,01	4692,9	116,30	25,61	24,72
	x	[-]	0,2757	0,5196	0,7193	0,6715	0,7059	0,5694	0,6553	0,6129	0,6493	0,5290
	y	[-]	0,2536	0,4166	0,2807	0,3285	0,2713	0,3433	0,3447	0,3868	0,3465	0,4701
24V AC	Lv	cd/m ²	1868,4	2671,7	2914,2	315,02	6,51	1,15	3856,4	133,28	23,41	22,85
	x	[-]	0,2770	0,5194	0,7196	0,6728	0,7265	0,5721	0,6560	0,6139	0,6426	0,5219
	y	[-]	0,2536	0,4166	0,2804	0,3272	0,2735	0,3533	0,3440	0,3860	0,3382	0,4676
18V AC	Lv	cd/m ²	1394,0	774,0	2082,2	114,25	4,46	1,01	2680,9	40,47	16,09	15,55
	x	[-]	0,2768	0,5408	0,7193	0,6722	0,7030	0,4868	0,6546	0,6202	0,6451	0,5108
	y	[-]	0,2557	0,4131	0,2807	0,3263	0,2526	0,3478	0,3454	0,3750	0,3510	0,4514
14V AC	Lv	cd/m ²	996,3	252,62	1592,6	40,02	3,44	0,57	1933,0	11,72	12,69	12,37
	x	[-]	0,2770	0,5577	0,7184	0,6752	0,6972	0,4703	0,6529	0,6294	0,6503	0,5161
	y	[-]	0,2579	0,4081	0,2816	0,3209	0,2862	0,3842	0,3470	0,3687	0,3453	0,4601

Tabela 2. Wyniki dla kostki zwrotnicowej nowszego typu

Napięcie	Param.	Źródło	LED bi.	Żar.	LED cz.	Żar.	LED cz.	LED bi.	LED pom.	Żar.	LED pom.	LED bi.	
		Szczelina	biała	biała	biała	czerw.	czerw.	czerw.	biała	pomar.	pomar.	pomar.	
		Barwa oczekiwana	biała			czerwona			pomarańczowa				
		Jm	Kostka nowszego typu										
24V DC	Lv	cd/m ²	2949,9	3650,2	2557,9	126,12	97,18	3,97	6316,7	390,93	57,66	25,45	
	x	[-]	0,2680	0,5112	0,7191	0,6721	0,7212	0,6121	0,6545	0,5992	0,6479	0,5181	
	y	[-]	0,2398	0,4151	0,2809	0,3266	0,2788	0,3389	0,3455	0,4008	0,3442	0,4627	
24V AC	Lv	cd/m ²	2313,2	2979,9	1950,2	109,64	74,15	3,98	5198,9	317,89	48,91	21,77	
	x	[-]	0,2667	0,5153	0,7192	0,6735	0,7206	0,5883	0,6542	0,6019	0,6496	0,5300	
	y	[-]	0,2394	0,4147	0,2808	0,3255	0,2794	0,3754	0,3458	0,3980	0,3438	0,4600	
18V AC	Lv	cd/m ²	1810,6	1008,9	1419,8	38,02	57,49	2,77	3730,0	110,03	33,03	14,95	
	x	[-]	0,2685	0,5352	0,7182	0,6675	0,7153	0,6349	0,6527	0,6078	0,6482	0,5303	
	y	[-]	0,2419	0,4122	0,2818	0,3270	0,2796	0,3650	0,3471	0,3922	0,3439	0,4664	
14V AC	Lv	cd/m ²	1387,6	294,16	1096,2	11,69	43,73	1,47	2669,0	35,39	25,02	10,25	
	x	[-]	0,2690	0,5544	0,7181	0,6800	0,7227	0,6471	0,6526	0,6109	0,6500	0,5114	
	y	[-]	0,2439	0,4076	0,2819	0,3200	0,2763	0,3053	0,3474	0,3862	0,3466	0,4471	

Tabela 3. Wyniki dla kostki semafora

Napięcie	Param.	Źródło	LED ziel.	Żar.	LED ziel.	LED bi.	
		Szczelina	biała	ziel.	ziel.	ziel.	
		Barwa oczekiwana	zielona				
		Jm	Kostka semafora				
24V DC	Lv	cd/m ²	1476,44	562,24	708,01	1549,0	
	x	[-]	0,4819	0,2305	0,3908	0,1786	
	y	[-]	0,5174	0,6130	0,6068	0,4111	
24V AC	Lv	cd/m ²	925,69	553,44	665,58	1288,2	
	x	[-]	0,4648	0,2306	0,3889	0,1785	
	y	[-]	0,5336	0,6130	0,6079	0,4108	
18V AC	Lv	cd/m ²	650,20	131,14	446,66	982,22	
	x	[-]	0,4629	0,2433	0,3858	0,1775	
	y	[-]	0,5362	0,6227	0,6112	0,4091	
14V AC	Lv	cd/m ²	425,50	37,66	281,80	704,18	
	x	[-]	0,4619	0,2522	0,3844	0,1765	
	y	[-]	0,5359	0,6144	0,6120	0,4073	

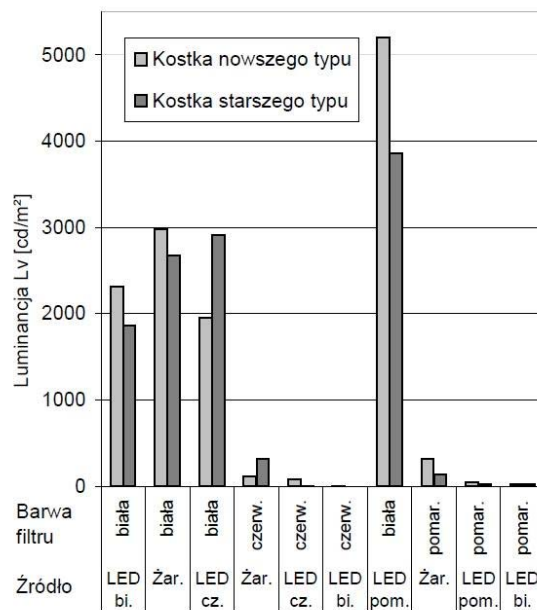
Barwa światła żarówki skojarzonej z pryzmatem czerwonym mieści się w obszarze zaznaczonym na wykresie, natomiast zastosowanie diod czerwonych w połączeniu z pryzmatem białym lub czerwonym daje w efekcie barwy światła o współrzędnych przesuniętych w stronę krańca wykresu. Światło to jest bliskie fioletowi.

Występują dość duże różnice w barwie pomarańczowej uzyskiwanej żarówką, diodą pomarańczową lub diodą białą. Zastosowana dioda biała w szczelinie z pryzmatem pomarańczowym daje w efekcie światło żółte. Umieszczenie diody pomarańczowej w szczelinie z pryzmatem białym lub pomarańczowym dało światło o zbliżonej do siebie barwie, która jednak daje wrażenie czerwonej. To mogłoby stać się powodem błędnego zinterpretowania takiego sygnału jako zajętości rozjazdu bądź usterki urządzeń kontroli zajętości zamiast informacji o jego położeniu.

Duże różnice w barwie wystąpiły również w przypadku światła zielonego. Dioda biała umieszczona pod soczewką zieloną dała światło mieszczące się w zakresie barwy określonym na wykresie jako zielony. Podobnie jest w przypadku skojarzenia żarówki z tą soczewką. Zastosowanie diody zielonej w połączeniu z soczewką bezbarwną dało światło kolorem zbliżone do żółtego.

Lepszy efekt daje zastosowanie diody zielonej w połączeniu z soczewką zieloną, jednak wówczas wartości współrzędnych nadal są odległe od zaznaczonego pola.

Występują znaczne różnice luminancji różnych barw przy zastosowaniu tych samych źródeł i przy zastosowaniu różnych źródeł. Przy napięciach 24V najsilniej świeci dioda pomarańczowa w połączeniu z pryzmatem bezbarwnym, najslabiej dioda biała w połączeniu pryzmatem czerwonym. Dla przykładu przedstawione zostały poniżej dwa wykresy luminancji. Pierwszy z nich (rys. 7) przedstawia luminancje przebadanych elementów sygnalizacyjnych kostek zwrotnicowych dla napięcia 24V DC. Drugi (rys. 8) przedstawia porównanie luminancji dla pryzmatu bezbarwnego kostki zwrotnicowej nowszego typu w przypadku zastosowania żarówki i diody białej, dla rozpatrywanych napięć.

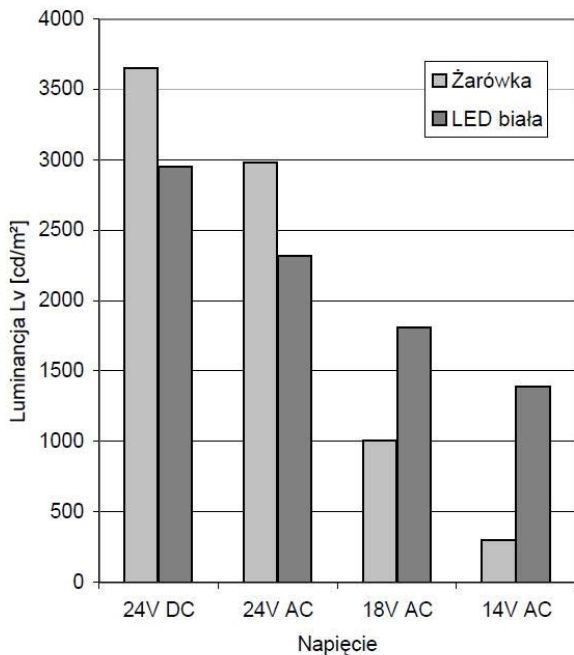


Rys. 7. Luminancje przebadanych elementów sygnalizacyjnych kostek zwrotnicowych dla napięcia 24V DC

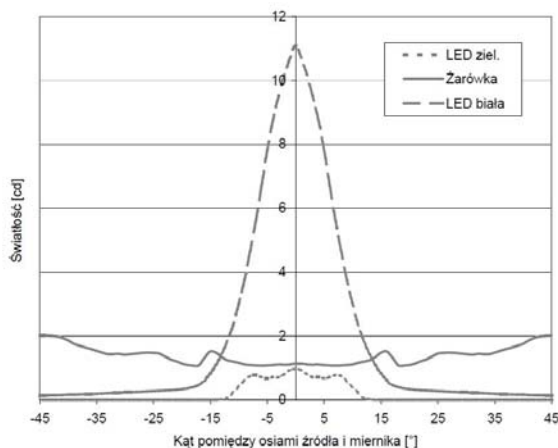
Podsumowanie i wnioski

Uzyskane wyniki skłaniają do refleksji nad sposobami modernizacji pulpitu nastawczych polegających na

wymianie źródeł światła i elementów lica bez analizy jakości takiego rozwiązania. Najstosowniej wydaje się wymienianie wszystkich kostek stanowiących lico pulpitu na nowe i wszystkich żarówek na diody, jeżeli istnieje chęć wymiany części z nich. Przebudowę powinien jednak poprzedzić dobór filtrów kostek i źródeł LED np. w oparciu przeprowadzenie pomiarów współrzędnych trójchromatycznych i o normę [9]. Oczywiście takie rozwiązanie, choć zapewni jednolitość barw elementów sygnalizacyjnych i lica, jest dość kosztowne. Można również zaproponować wymianę na diody jedynie tych żarówek, które sygnalizują to samo, np. utwierdzenie przebiegu, położenia zwrotnic itp.



Rys. 8. Luminancje dla filtru bezbarwnego kostki zwrotnicowej nowego typu przy skojarzeniu z diodą białą i żarówką



Rys. 9. Rozsył strumienia świetlnego przez żarówkę teletechniczną i badane LED

Problemy, które występują przy wymianie w pulpitych kostkowych żarówek na diody, związane są z odmiennymi parametrami tych źródeł: innym widmem promieniowania i innymi wielkościami kątów rozsyłu strumienia świetlnego. Układy optyczne kostek nie są dostosowane do widma diod ani do emitowanych przez nie strumieni, zawężonych

względem strumieni emitowanych przez żarówki. Dla przykładu na wykresie na rysunku 9 przedstawiono porównanie rozsyłu strumienia świetlnego dla żarówki i badanych diod białej i zielonej.

Ogólnie nie zaleca się wymiany żarówek na diody nie poprzedzając jej analizą jakości rozwiązania.

Eksploatowane kostki należy okresowo myć i płucać ich wnętrze z pyłu. Dzięki temu ich pryzmaty przepuszczają więcej światła.

Dla żarówek znajdujących się w pulpitych nastawczych, a pracujących w rzeczywistych obwodach elektrycznych, należałoby ustalić empirycznie tętnienia napięcia podczas przełączeń zestyków i ich potencjalny wpływ na źródła diodowe.

W ramach dalszej części badań proponuje się opracowanie innych, nieuwzględnionych w niniejszym artykule przypadków – np. innych barw diod i soczewek. Opisywane zagadnienia mogą stać się tematem pracy dyplomowej.

LITERATURA

- [1] Politechnika Warszawska Wydział Transportu Zakład Sterowania Ruchem Kolejowym: DTR 2001/WT PW/01 Elektroniczny pulpit nastawczy typu WT EPN. Dokumentacja techniczno-ruchowa. Warszawa 2001.
- [2] MONAT. Katalog wyrobów i usług. Wydanie 1/2011 (2).
- [3] Szeniawski Z., Makala J. i in.: ALBUM SCHEMATÓW PRZEKAŹNIKOWYCH URZĄDZEŃ ZABEZPIECZENIA RUCHU KOLEJOWEGO TYPU E Aktualizacja 1989. Centralne Biuro Projektowo-Badawcze Budownictwa Kolejowego. Warszawa 1989.
- [4] Kosiński A. i in.: ALBUM SCHEMATÓW PÓLSAMOCZYNNIEJ BLOKADY LINIOWEJ TYPU Eap. Centralne Biuro Projektowo-Badawcze Budownictwa Kolejowego. Warszawa 1994.
- [5] Kempy J. i in.: ALBUM SCHEMATÓW SAMOCZYNNIEJ BLOKADY LINIOWEJ typu Eac 95. Wydanie 1. Kolejowe Zakłady Automatyki S.A. Karków 1997.
- [6] Adamczyk K., Najmoła S., Stępień W., Szczygielska E. i in.: ALBUM SCHEMATÓW SAMOCZYNNIEJ BLOKADY LINIOWEJ TYPU Eac. Centralne Biuro Projektowo-Badawcze Budownictwa Kolejowego. Warszawa 1990.
- [7] Miksza E., Olendrzyński W., Zubkow A.: ZBLOKOWANY SYSTEM STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM NA STACJACH TYPU IZH111. WKiŁ, Warszawa 1979.
- [8] Kozłowski J. i in.: MATERIAŁY POMOCNICZE DO PROJEKTOWANIA URZĄDZEŃ ZABEZPIECZENIA RUCHU KOLEJOWEGO. Biuro Projektów Kolejowych. Część A i B. Łódź 1978.
- [9] ISO 3864-4-2011. Graphical symbols - Safety colours and safety signs - Part 4: Colorimetric and photometric properties of safety sign materials.
- [10] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.: Ie-1 (E-1) Instrukcja sygnalizacji. Warszawa 2007.
- [11] Dąbrowa-Bajon M., Karbowski H., Grochowski K.: Zasady projektowania systemów i urządzeń sterowania ruchem kolejowym. WKiŁ. Warszawa 1981.
- [12] Czyżewski D., Zalewski S.: Laboratorium fotometrii i kolorimetrii. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2007.
- [13] Felhowski W., Staniach W.: Kolorymetria trójchromatyczna. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa 1973
- [14] Oleszyński T.: Miernictwo techniki świetlnej. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa 1957.
- [15] Helbig E.: Podstawy fotometrii. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa 1975

Autor: mgr inż. Juliusz Karolak, Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Zakład Sterowania Ruchem, Zespół Naukowo-Dydaktyczny Sterowania Ruchem Kolejowym, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, E-mail: jka@wt.pw.edu.pl.