

Jerzy MIKULSKI

Krzysztof ZYCH

PROJEKTOWANIE UNIWERSALNEGO PLANU ŚWIETLNEGO STACJI

Streszczenie. W artykule przedstawiono metodę projektowania planów świetlnych tworzonych z wykorzystaniem monitorów graficznych. Stosując odpowiedni aparat matematyczny, wykorzystujący elementy teorii mnogości oraz traktując plany świetlne jako struktury macierzowe stworzono szczegółowy opis powtarzaczy kostkowych reprezentujących urządzenia sterowania ruchem kolejowym. Dla każdego powtarzacza zdefiniowano zbiory atrybutów stałych oraz atrybuty zmienne. Stosowany opis matematyczny pozwala na ocenę poprawności zaprojektowanego planu świetlnego.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЦВЕТОГО ПЛАНА

Резюме. В статье представлено метод проектирования световых планов созданных с воспользованием графического монитора. Применяя соответствующий математический аппарат, использующий элементы теории множеств а также обращаясь к световым планам как матричным структурам, сделано подробное описание повторителей представляющих устройства управляющие железнодорожным движением. К каждому повторителю сформулировано множество постоянных атрибутов а также атрибуты непостоянные. Применяемое математическое описание позволяет оценить правильность запроектированного светового плана.

DESIGNING OF GENERAL-PURPOSE LIGHTING PANEL

Summary. The paper presents a method for designing the lighting panels composed of graphic display units. A detailed description of the repeaters representing the railway traffic control devices has been prepared.

Plan świetlny jest urządzeniem służącym do przekazywania informacji dyżurnemu ruchu o sytuacji ruchowej na stacji oraz o stanie urządzeń stacyjnych i liniowych (zajętość odcinków kontrolowanych, położenie zwrotnic, stan sygnalizatorów, stan blokad itp.), a także o sytuacjach awaryjnych (na przykład rozprucie zwrotnicy).

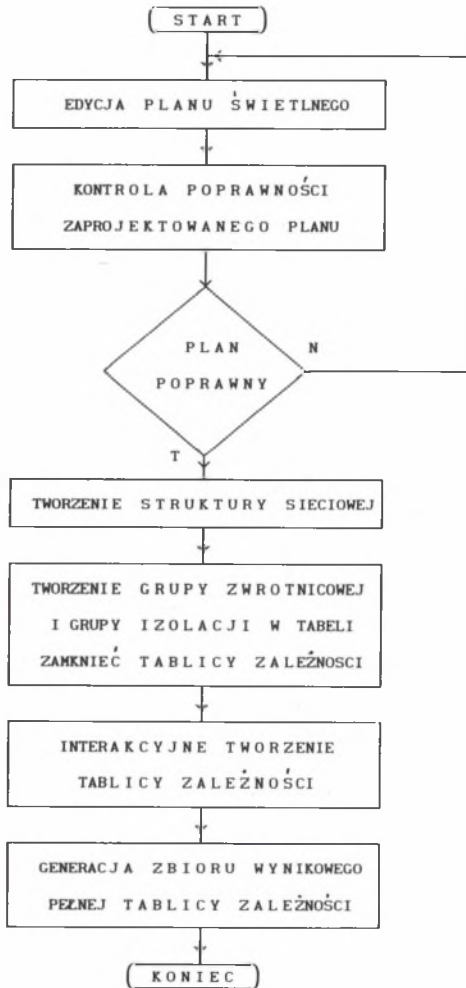
W konwencjonalnych urządzeniach przekąźnikowych, również w urządzeniach zablokowanych, stosowany jest z reguły plan świetlny w postaci kostkowej tablicy mnemonicznej, która dodatkowo wyposażona jest w przyciski sterownicze (kostkowy pulpit nastawczy).

Nowoczesnym rozwiązaniem przekazywania informacji z urządzeń zewnętrznych dyżurnemu ruchu jest zastosowanie komputerów wyposażonych w graficzne monitory kolorowe o wysokiej rozdzielczości i odpowiednio dużej przekątnej ekranu (rozdzielczość monitora, karty graficznej oraz sterownika musi być na tyle duża, aby obrazy przedstawiane na ekranie były jednoznaczne, gdyż od tych parametrów zależy wielkość i układ torowy stacji, którą można zobrazować bezpośrednio na ekranie monitora). Plany świetlne tworzone z wykorzystaniem monitorów graficznych, nazywane dalej planami sytuacyjnymi, mogą stanowić (oprócz normalnych funkcji sterująco-informacyjnych) uniwersalne narzędzie do symulacji ruchu kolejowego [3]. Ogólny algorytm tworzenia tablicy zależności przedstawia rys.1.

Projektowanie plan świetlnego i tablicy zależności składa się z kilku etapów:

- edycja planu świetlnego,
- kontrola poprawności zaprojektowanego planu,
- przetwarzanie elementów układu torowego i urządzeń srk przedstawionych na planie w matematyczny opis struktury sieciowej [2],
- tworzenie grupy zwrotnicowej i grupy izolacji w tabeli zamknięć tablicy zależności (dla wszystkich przebiegów),
- generacja pełnej tablicy zależności.

Projektowanie planu sytuacyjnego wymaga więc skonstruowania edytora umożliwiającego dowolne (ograniczone tylko liczbą symboli typowych elementów) wykreślanie układu torowego wraz z urządzeniami sygnalizacyjnymi. Najkorzystniejszym rozwiązaniem



Rys.1.Ogólny algorytm procesu tworzenia tablicy zależności

Fig.1.A general algorithm for designing the table of relations

jest przedstawienie planu świetlnego (na etapie projektowania) w postaci planu kostkowego. Umożliwia to stosowanie jako

symboli oznaczeń zbliżonych do tradycyjnych planów świetlnych¹, co ma szczególnie duże znaczenie dla użytkowników systemu korzystających uprzednio z przekaźnikowych pulpitów nastawczych. Ze względu na fakt rozdzielenia planu świetlnego od nastawnicy, w oznaczeniach symboli (zwanymi dalej powtarzaczami kostkowymi) pomija się oznaczenia przycisków sterowniczych.

Powtarzacze kostkowe mogą być reprezentowane przez zbiór powtarzaczy kostkowych:

$$PK = \{pk_{i,d} \mid i,d=1,2,\dots,d\}$$

gdzie: d - liczba zdefiniowanych powtarzaczy kostkowych.

Powtarzacze kostkowe ($pk_{i,d}$), które okazały się niezbędne dla projektowania planu świetlnego na potrzeby symulacji, przedstawia rys.2.

Dla każdego powtarzacza kostkowego można określić typ powtarzacza charakteryzujący przedstawiany na nim obiekt. W ten sposób według typów można wyróżnić następujące podzbiory powtarzaczy kostkowych:

- zbiór powtarzaczy odcinków kontrolowanych $PT \mid PT \subset PK$

$$PT = \{pt_j \mid j=1,2,\dots,nt\}$$

gdzie: nt - liczba powtarzaczy odcinków kontrolowanych: $nt=7$. Każdy powtarzacz pt_j jest skojarzony z dowolnym odcinkiem kontrolowanym $t_i \mid t_i \in T$.


- zbiór powtarzaczy rozjazdów zwyczajnych $PZ \mid PZ \subset PK$





$$PZ = \{pz_j \mid j=1,2,\dots,nz\}$$





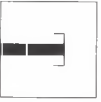
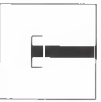




gdzie: nz - liczba powtarzaczy rozjazdów zwyczajnych: $nz=2$. Każdy powtarzacz pz_j jest skojarzony z dowolną zwrotnicą $z_i \mid z_i \in Z_0$.

¹W celu ujednoczenia opisu matematycznego wprowadzone zostały pewne modyfikacje w stosunku do tradycyjnych oznaczeń planów świetlnych.

- zbiór powtarzaczy rozjazdów krzyżowych pojedynczych
 $PY | PY \subset PK$
 $PY = \{py_j | j=1,2,\dots,ny\}$
 gdzie: ny - liczba powtarzaczy rozjazdów krzyżowych pojedynczych: $ny=4$. Każdy powtarzacz py_j jest skojarzony z dowolną zwrotnicą $z_i | z_i \in Z_1$.
- zbiór powtarzaczy rozjazdów krzyżowych podwójnych
 $PX | PX \subset PK$
 $PX = \{px_j | j=1,2,\dots,nx\}$
 gdzie: nx - liczba powtarzaczy rozjazdów krzyżowych pojedynczych: $nx=4$. Każdy powtarzacz px_j jest skojarzony z dowolną zwrotnicą $z_i | z_i \in Z_2$.
- zbiór powtarzaczy skrzyżowania $PW | PW \subset PK$
 $PW = \{pw_j | j=1,2,\dots,nw\}$
 gdzie: nw - liczba powtarzaczy skrzyżowań bezzwrotnicowych: $nw=2$. Każdy powtarzacz pw_j jest skojarzony z dowolnym skrzyżowaniem $k_i | k_i \in K$.
- zbiór powtarzaczy semaforów
 $PS = \{ps_j | j=1,2,\dots,ns\}$
 gdzie: ns - liczba powtarzaczy semaforów: $ns=8$. Każdy powtarzacz ps_j jest skojarzony z dowolnym semaforem $s_s^p | s_s^p \in S_s^p$.
- zbiór powtarzaczy tarcz ostrzegawczych
 $PO = \{po_j | j=1,2,\dots,no\}$
 gdzie: no - liczba powtarzaczy tarcz ostrzegawczych: $no=8$. Każdy powtarzacz po_j jest skojarzony z dowolną tarczą ostrzegawczą $s_o^p | s_o^p \in S_o^p$.
- zbiór powtarzaczy tarcz manewrowych
 $PM = \{pm_j | j=1,2,\dots,nm\}$
 gdzie: nm - liczba powtarzaczy tarcz manewrowych: $nm=8$. Każdy powtarzacz pm_j jest skojarzony z dowolną tarczą manewrową $s^m | s^m \in S^m$.
- zbiór powtarzaczy sygnalizatorów powtarzających
 $PR = \{pr_j | j=1,2,\dots,nr\}$
 gdzie: nr - liczba powtarzaczy sygnalizatorów powtarzających: $nr=8$. Każdy powtarzacz ps_j jest skojarzony z dowolnym sygnalizatorem powtarzającym: $s_p^p | s_p^p \in S_p^p$.

Id		
1		Kostka pusta
2		Powtarzacz odcinka kontrolowanego - prosty (położenie 1)
3		Powtarzacz odcinka kontrolowanego - prosty (położenie 2)
4		Powtarzacz odcinka kontrolowanego - prosty (położenie 3)
5		Powtarzacz odcinka kontrolowanego - łuk (położenie 1)
6		Powtarzacz odcinka kontrolowanego - łuk (położenie 2)
7		Powtarzacz odcinka kontrolowanego - łuk (położenie 3)
8		Powtarzacz odcinka kontrolowanego - łuk (położenie 4)
9		Powtarzacz zwrotnicy (położenie 1)
10		Powtarzacz zwrotnicy (położenie 2)










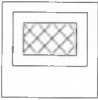
Id		
11		Powtarzacz rozjazdu zwyczajnego (położenie 3)
12		Powtarzacz rozjazdu zwyczajnego (położenie 4)
13		Powtarzacz rozjazdu zwyczajnego (położenie 5)
14		Powtarzacz rozjazdu zwyczajnego (położenie 6)
15		Powtarzacz rozjazdu zwyczajnego (położenie 7)
16		Powtarzacz rozjazdu zwyczajnego (położenie 8)
17		Powtarzacz skrzyżowania (położenie 1)
18		Powtarzacz skrzyżowania (położenie 2)
19		Powtarzacz rozjazdu krzyżowego podwójnego (położenie 1)
20		Powtarzacz rozjazdu krzyżowego podwójnego (położenie 2)

Id		
21		Powtarzacz rozjazdu krzyżowego pojedynczego (położenie 1)
22		Powtarzacz rozjazdu krzyżowego pojedynczego (położenie 2)
23		Powtarzacz rozjazdu krzyżowego pojedynczego (położenie 3)
24		Powtarzacz rozjazdu krzyżowego pojedynczego (położenie 4)
25		Powtarzacz zakończenia toru – kozioł oporowy (położenie 1)
26		Powtarzacz zakończenia toru – kozioł oporowy (położenie 2)
27		Powtarzacz obwodu torowego – peron (położenie 1)
28		Powtarzacz obwodu torowego – peron (położenie 2)
29		Powtarzacz semafora (położenie 1)
30		Powtarzacz semafora (położenie 2)

Id		
31		Powtarzacz semafora (położenie 3)
32		Powtarzacz semafora (położenie 4)
33		Powtarzacz semafora (położenie 5)
34		Powtarzacz semafora (położenie 6)
35		Powtarzacz semafora (położenie 7)
36		Powtarzacz semafora (położenie 8)
37		Powtarzacz tarczy manewrowej (położenie 1)
38		Powtarzacz tarczy manewrowej (położenie 2)
39		Powtarzacz tarczy manewrowej (położenie 3)
40		Powtarzacz tarczy manewrowej (położenie 4)

Id		
41		Powtarzacz tarczy manewrowej (położenie 5)
42		Powtarzacz tarczy manewrowej (położenie 6)
43		Powtarzacz tarczy manewrowej (położenie 7)
44		Powtarzacz tarczy manewrowej (położenie 8)
45		Powtarzacz tarczy ostrzegawczej (położenie 1)
46		Powtarzacz tarczy ostrzegawczej (położenie 2)
47		Powtarzacz tarczy ostrzegawczej (położenie 3)
48		Powtarzacz tarczy ostrzegawczej (położenie 4)
49		Powtarzacz tarczy ostrzegawczej (położenie 5)
50		Powtarzacz tarczy ostrzegawczej (położenie 6)

Id		
51		Powtarzacz tarczy ostrzegawczej (położenie 7)
52		Powtarzacz tarczy ostrzegawczej (położenie 8)
53		Powtarzacz sygnalizatora powtarzającego (położenie 1)
54		Powtarzacz sygnalizatora powtarzającego (położenie 2)
55		Powtarzacz sygnalizatora powtarzającego (położenie 3)
56		Powtarzacz sygnalizatora powtarzającego (położenie 4)
57		Powtarzacz sygnalizatora powtarzającego (położenie 5)
58		Powtarzacz sygnalizatora powtarzającego (położenie 6)
59		Powtarzacz sygnalizatora powtarzającego (położenie 7)
60		Powtarzacz sygnalizatora powtarzającego (położenie 8)

Id		
61		Powtarzacz stanu dwukierunkowej blokady samoczynnej (położenie 1)
62		Powtarzacz stanu dwukierunkowej blokady samoczynnej (położenie 2)
63		Powtarzacz stanu dwukierunkowej blokady samoczynnej (położenie 3)
64		Powtarzacz toru kierunkowego (położenie 1)
65		Powtarzacz toru kierunkowego (położenie 2)
66		Powtarzacz toru kierunkowego (położenie 3)
67		Powtarzacz toru kierunkowego (położenie 4)
68		Powtarzacz toru kierunkowego (położenie 5)
69		Powtarzacz toru kierunkowego (położenie 6)
70		Nastawnia

Rys. 2. Powtarzacze kostkowe

Fig. 2. Repeaters

- zbiór powtarzaczy obwodu torowego znajdującego się przy peronie,
 $PP = \{pp_j \mid j=1,2,\dots,np\}$
 gdzie: np - liczba powtarzaczy toru przyperonowego: $np=2$.
 Każdy powtarzacz pp_j jest skojarzony z dowolnym odcinkiem kontrolowanym znajdującym się przy peronie $t_i \mid t_i \in T$.
- zbiór powtarzaczy końca toru (kozioł oporowy),
 $PK = \{pk_j \mid j=1,2,\dots,nk\}$
 gdzie: nk - liczba powtarzaczy końca toru: $nk=4$.
 Każdy powtarzacz pk_j jest skojarzony z dowolnym odcinkiem kontrolowanym $t_i \mid t_i \in T$ pod warunkiem, że obwód ten znajduje się na odcinku zakończonym kozłem oporowym.
- PB - zbiór powtarzaczy torów kierunkowych (informujących jednocześnie o stanie blokad samoczynnych)
 $PB = \{pb_j \mid j=1,2,\dots,nb\}$
 gdzie: nb - liczba powtarzaczy torów kierunkowych: $nb=9$
 Każdy powtarzacz pb jest skojarzony z dowolną liniową (jednokierunkową lub dwukierunkową) blokadą samoczynną $b_i \mid b_i \in B$,
- PN - zbiór powtarzaczy położenia nastawni (jednoelementowy)
 Powtarzacz pn jest skojarzony z obiektem nastawni.
- PE - kostka pusta (zbiór jednoelementowy).

Zgodnie z tym podziałem prawdziwa jest zależność:

$$PK = PT \cup PZ \cup PX \cup PY \cup PS \cup PM \cup PO \cup PK \cup PP \cup PN \cup PB \cup PE$$

Plan świetlny w ujęciu matematycznym można traktować jako macierz dwuwymiarową, w której zakres indeksów wynika z liczby powtarzaczy kostkowych umieszczonych na planie. Każdy powtarzacz $pk_{i,d}$ umieszczony na planie jest określony jednoznacznie za pomocą macierzy:

$$PLAN = [plan_{i,j}]$$

gdzie: $i=0..n+1$,

$j=0..m+1$,

m - szerokość pulpitu,

n - wysokość pulpitu

której elementy przyjmują odpowiednio wartości:

$$\text{plan}_{ij} = \text{pk}_{id}$$

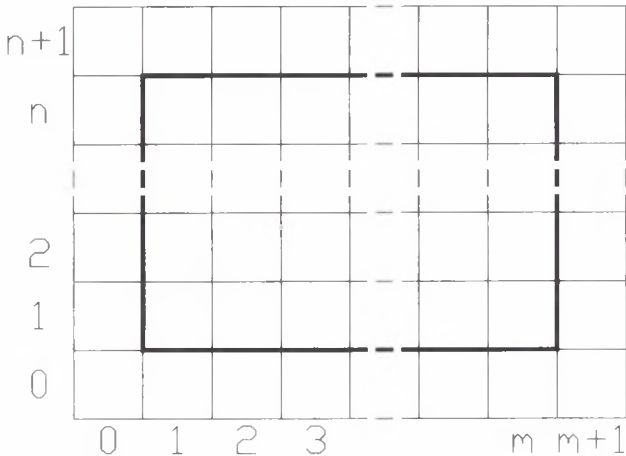
przy czym efektywnym obszarem planu jest zakres:

dla $i=1..n$,

$j=1..m$,

a pozostałe elementy pełnią jedynie funkcje pomocnicze niezbędne do testowania planu.

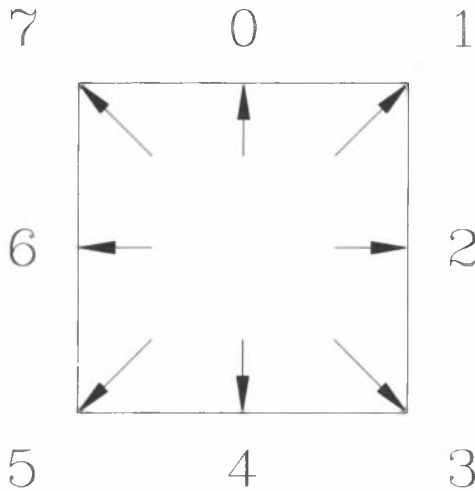
Sposób określania położenia powtarzaczy na planie kostkowym przedstawia rys.3.



Rys.3. Sposób określania położenia powtarzaczy na planie kostkowym

Fig.3. Determination of the arrangement of repeaters on a panel

W przedstawionym planie świetlnym przyjęto, że każdy powtarzacz obwodu torowego może być "połączony" z innym powtarzaczem torowym tylko przez osiem charakterystycznych punktów powtarzacza wskazanych na rys.4 (środek jednego z czterech boków lub jeden z czterech wierzchołków powtarzacza kostkowego), a nazywanych dalej punktami połączenia.



Rys.4. Oznaczenie boków powtarzaczy kostkowych
 Fig.4. Marking of repeaters' sides

Istnienie połączenia między powtarzaczami obwodów torowych można opisać funkcją:

$$P_1(pk_{id}^b)$$

dla $b = 0..7$

gdzie: b - umowny numer punktu połączenia powtarzacza kostkowego,

która przyjmuje odpowiednio wartości:

$P_1(pk_{id}^b) = 1 \iff$ może istnieć połączenie powtarzacza pk_{id} z innym powtarzaczem przez punkt "b",

$P_1(pk_{id}^b) = 0 \iff$ nie może istnieć połączenie powtarzacza pk_{id} z innym powtarzaczem przez punkt "b".

Przy takim założeniu zbiór możliwych połączeń każdego powtarzacza kostkowego pk_{id} z sąsiednim można opisać za pomocą funkcji połączeń:

$$WP(pk_{id})$$

której wartości wynikają z binarnej reprezentacji wartości funkcji $P_1(pk_{id}^b)$ dla kolejnych punktów $b = 0..7$:

- | | | | |
|---------|------------------|---------|------------------|
| - bit 0 | $P_1(pk_{id}^0)$ | - bit 4 | $P_1(pk_{id}^4)$ |
| - bit 1 | $P_1(pk_{id}^1)$ | - bit 5 | $P_1(pk_{id}^5)$ |
| - bit 2 | $P_1(pk_{id}^2)$ | - bit 6 | $P_1(pk_{id}^6)$ |
| - bit 3 | $P_1(pk_{id}^3)$ | - bit 7 | $P_1(pk_{id}^7)$ |

Wszystkie umieszczane na planie świetlnym powtarzacze muszą być jednoznacznie opisane, aby umożliwić przetwarzanie danych dla procedur tworzących tablicę zależności i dla głównego programu systemu sterowania. Każdy z powtarzaczy kostkowych musi mieć odpowiednie atrybuty umożliwiające jednoznaczne określenie jego typu (powtarzacz: zrotnicy, semafora itd.) i położenia oraz rodzaju przekazywanej informacji na planie (kontrola zajętości toru, sygnały sygnalizatorów itd.).

Każdy element macierzy PLAN (powtarzacz kostkowy umieszczony na planie) jest opisany za pomocą atrybutów stałych i zmiennych.

Atrybuty stałe są przydzielane powtarzaczom przed ich umiejscowieniem na planie w zależności od ich typu oraz położenia i nie ulegają zmianie podczas edycji. Do atrybutów stałych (charakteryzujących powtarzacz kostkowy) należą:

- identyfikator (id) - określający typ powtarzacza kostkowego, o wartościach zgodnych z kolejnymi numerami powtarzaczy podanymi na rys. 1.
- funkcja połączeń $WP(pk_{id})$.

Atrybuty stałe powtarzacza tworzą zbiór atrybutów stałych:

$$ATRST = \{atrst_i | i=1,2,\dots,as\}$$

gdzie: as - liczba atrybutów stałych (as = 2),
a jego elementami są odpowiednio:

$$ATRST = \{id, WP(pk_{id})\}$$

Atrybuty zmienne są tworzone (lub modyfikowane) na etapie projektowania planu świetlnego w celu rozróżnienia powtarzaczy tego samego typu. Liczba i rodzaje atrybutów zmiennych zależą od typu elementów przedstawianych na powtarzacz. Ponieważ powtarzacz najczęściej przedstawiają więcej niż jedno

urządzenie sterowania ruchem kolejowym, wygodne jest określenie zbioru atrybutów zmiennych oddzielnie dla poszczególnych urządzeń. Zbiory te są podstawą do określenia atrybutów zmiennych powtarzaczy kostkowych jako sumy zbiorów atrybutów zmiennych urządzeń przedstawianych na powtarzaczku. Zgodnie z tą zasadą można określić zbiory atrybutów zmiennych dla:

- odcinka kontrolowanego toru:

$$ATOT = \{nrt, dl, vdp, T(t_1), I(t_1), K(t_1), P(t_1), H(t_1)\}$$

gdzie:

- nrt - numer odcinka kontrolowanego,
- dl - długość odcinka kontrolowanego,
- vdp - prędkość dopuszczalna na odcinku kontrolowanym,
- $T(t_1)$ - funkcja określająca typ odcinka kontrolowanego która przyjmuje odpowiednio wartości:
 - $T(t_1) = 0$ ($t_1 \in T_{sz}$) \Leftrightarrow odcinek szlakowy,
 - $T(t_1) = 1$ ($t_1 \in T_t$) \Leftrightarrow odcinek stacyjny,
 - $T(t_1) = 2$ ($t_1 \in T_z$) \Leftrightarrow odcinek zwrotnicowy,
- $I(t_1)$ - funkcja określająca czy numer odcinka kontrolowanego jest zdefiniowany tylko na potrzeby generowania tablicy zależności, co oznacza, że w rzeczywistości nie istnieje (na potrzeby generowania tablicy zależności wymagane jest określenie nazw odcinków kontrolowanych dla wszystkich torów bez względu na to, czy taki odcinek istnieje),
 - $I(t_1) = 1 \Leftrightarrow$ odcinek kontrolowany t_1 istnieje,
 - $I(t_1) = 0 \Leftrightarrow$ odcinek kontrolowany t_1 nie istnieje,
- $K(t_1)$ - funkcja określająca kierunek ruchu pociągów na odcinku kontrolowanym t_1 ,
 - $K(t_1) = 0 \Leftrightarrow$ kierunek nieparzysty,
 - $K(t_1) = 1 \Leftrightarrow$ kierunek parzysty,
 - $K(t_1) = 2 \Leftrightarrow$ kierunek parzysty i nieparzysty,
- $P(t_1)$ - funkcja określająca przeznaczenie toru na odcinku kontrolowanym t_1
 - $P(t_1) = 0 \Leftrightarrow$ tory główne,
 - $P(t_1) = 1 \Leftrightarrow$ tory boczne,
 - $P(t_1) = 2 \Leftrightarrow$ tory specjalnego przeznaczenia,

- $H(t_i)$ - funkcja określająca rodzaj przewozów odbywających się na odcinku kontrolowanym t_i :
 $H(t_i) = 0 \Leftrightarrow$ tory przeznaczone wyłącznie dla pociągów towarowych,
 $H(t_i) = 1 \Leftrightarrow$ tory przeznaczone dla pociągów pasażerskich i towarowych.

- zwrotnicy reprezentującej rozjazd zwyczajny lub jedną część rozjazdu krzyżowego

$ATZW = \{nrn, cz, PZ(z_i), S(z_i), nrsp, PS(z_i)\}$

gdzie:

- nrn - numer napędu,
- cz - czas przestawiania zwrotnicy,
- $PZ(z_i)$ funkcja określająca położenie zasadnicze
 $PZ(z_i) = 1$ - położenie zasadnicze "na wprost",
 $PZ(z_i) = 0$ - położenie zasadnicze "na odgałęzieniu",
- $S(z_i)$ - funkcja określająca, czy istnieje napęd sprzężony z napędem zwrotnicy z_i ,
 $S(z_i) = 1 \Leftrightarrow$ istnieje napęd sprzężony z napędem zwrotnicy z_i ,
 $S(z_i) = 0 \Leftrightarrow$ nie istnieje napęd sprzężony z napędem zwrotnicy z_i ,
- nrs - numer napędu sprzężonego (jeżeli istnieje),
- $PS(z_i)$ funkcja określająca położenie zasadnicze napędu sprzężonego
 $PS(z_i) = 1$ - położenie zasadnicze "na wprost",
 $PS(z_i) = 0$ - położenie zasadnicze "na odgałęzieniu",

Pełny opis rozjazdów krzyżowych jest sumą zbiorów o indeksach odpowiednio:

$ATZW_{ab} \cup ATZW_{cd}$ - rozjazd krzyżowy podwójny,

$ATZW_a \cup ATZW_b$ - rozjazd krzyżowy pojedynczy.

- semafora:

$ATSM = \{nzsm, R(s_i)\}$

gdzie:

- nzsm - nazwa semafora,
- $R(s_i)$ - funkcja określająca, czy semafor pozwala na wyświetlanie sygnałów manewrowych,

$R(s_i) = 0 \Leftrightarrow$ semafor może wskazywać tylko sygnały pociągowe,

$R(s_i) = 1 \Leftrightarrow$ semafor może wskazywać sygnały pociągowe i manewrowe,

■ sygnalizatora powtarzającego:

ATSP = {nzsp}

gdzie:

- nzsp - nazwa sygnalizatora powtarzającego:

■ tarczy ostrzegawczej:

ATTO = {nzto}

gdzie:

- nzto - nazwa tarczy ostrzegawczej,

■ tarczy manewrowej:

ATTM = {nztm, $W(s_i^m)$ }

gdzie:

- nztm - nazwa tarczy manewrowej,

- $W(s_i^m)$ - funkcja określająca, czy przed tarczą manewrową znajduje się wskaźnik granicy przetaczania (W5).

$W(s_i^m) = 0 \Leftrightarrow$ sygnalizator nie jest punktem końcowym przebiegu dla przeciwnego kierunku,

$W(s_i^m) = 1 \Leftrightarrow$ sygnalizator jest punktem końcowym przebiegu dla przeciwnego kierunku,

■ peronu:

ATPR = {nrpr}

gdzie:

- nrpr - numer peronu,

■ nastawni:

ATNT = {nznt}

gdzie:

- nznt - skrót (2 lub 3 literowy) nazwy stacji,

■ torów kierunkowych (blokady samoczynnej):

ATBL = {nrbl}

gdzie:

- nrbl - numer blokady

Przedstawione zbiory atrybutów pozwalają na określenie atrybutów zmiennych dla następujących powtarzaczy kostkowych:

- powtarzacz odcinka kontrolowanego - zbiór APot = ATot,

- powtarzacz rozjazdu zwyczajnego
 - zbiór APZW = $ATOT \cup ATZW$,
- powtarzacz rozjazdu krzyżowego pojedynczego
 - zbiór APZW = $ATOT \cup ATZW_a \cup ATZW_b$,
- powtarzacz rozjazdu krzyżowego podwójnego
 - zbiór APZW = $ATOT \cup ATZW_{a,b} \cup ATZW_{c,d}$,
- powtarzacz skrzyżowania APSK = ATOT,
- powtarzacz semafora - zbiór APSM = $ATOT \cup ATSM$,
- powtarzacz sygnalizatora powtarzającego
 - zbiór APSP = $ATOT \cup ATSP$,
- powtarzacz tarczy ostrzegawczej - zbiór APTO = $ATOT \cup ATTO$,
- powtarzacz tarczy manewrowej - zbiór APTM = $ATOT \cup ATTM$,
- powtarzacz położenia peronu - zbiór APPR = ATPR,
- powtarzacz położenia nastawni - zbiór APNT = ATNT,
- powtarzacz torów kierunkowych (blokady samoczynnej):
 - zbiór APBL = ATBL,
- powtarzacz zakończenia toru kozłem oporowym
 - zbiór APKZ = ATOT,
- kostka pusta nie posiada atrybutów zmiennych.

Określając ogólnie dowolny z wyżej przedstawionych zbiorów jako zbiór atrybutów zmiennych:

$$ATRZM = \{atrzm_i \mid i=1,2,\dots,lz\}$$

gdzie: lz - liczba atrybutów zmiennych: $lz \in \{1..14\}$

można atrybuty stałe i zmienne opisać łącznie za pomocą zbioru atrybutów powtarzacza kostkowego:

$$ATRPK = ATRST \cup ATRZM$$

$$ATRPK = \{atrp_k_i \mid i=1,2,\dots,la\}$$

gdzie: la - liczba atrybutów: $la = as + lz$.

Zbiór atrybutów powtarzacza kostkowego może być reprezentowany w sposób uporządkowany przez wektor atrybutów:

$$WKTATR = [wktatr_i]$$

gdzie $i = 1..la$,

którego elementy przyjmują odpowiednio wartości:

$$\text{wktatr}_1 = \text{id}$$

$$\text{wktatr}_2 = \text{WP}(\text{pk}_{\text{id}})$$

a dla $i = \text{as}+1..la$ elementy wektora atrybutów przyjmują wartości w zależności od typu powtarzacza zgodne z tablicą 1.

Ponieważ każdy element macierzy PLAN reprezentuje powtarzacz kostkowy (pk_{id}), więc każdemu takiemu elementowi można przyporządkować wektor atrybutów.

W stanie początkowym wszystkie elementy macierzy mają atrybut stały kostki pustej i nie posiadają atrybutów zmiennych. Proces projektowania polega na modyfikacji wektorów atrybutów.

Przykładowy plan stacji skonstruowany przy użyciu opisywanych powtarzaczy przedstawiono na rys.5.

TESTOWANIE PLANU ŚWIETLNEGO

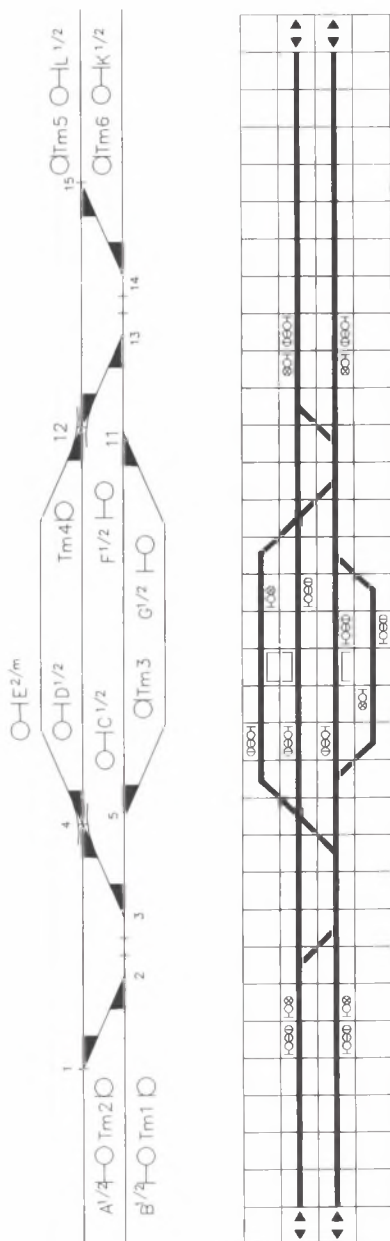
Podstawowym kryterium przyjętym do określenia poprawności zaprojektowanego planu świetlnego jest zgodność połączeń sąsiednich powtarzaczy (elementów kostkowych).

Warunkiem koniecznym poprawności zaprojektowanego planu świetlnego jest przyjmowanie tych samych wartości przez funkcję P_1 dla sąsiednich powtarzaczy. Oznacza to, że dla dowolnego elementu macierzy PLAN funkcja połączeń $\text{WP}(\text{pk}_{\text{id}})$ (górne indeksy w poniższych równaniach określają, którego powtarzacza dotyczy funkcja połączeń) musi spełniać następujące warunki:

$$\bigwedge_{\substack{\text{plan}_{ij} \\ i=1..n \\ j=1..m}} \text{WP}^{\text{plan}_{ij}}(\text{pk}_{\text{id}})^k = \text{WP}^{\text{plan}_{i+p, j+q}}(\text{pk}_{\text{id}})^l$$

gdzie: $k = 2^w$ dla $w = 0..7$ $q = -1$ dla $w \in \{3, 4, 5\}$
 $l = 2^v$ dla $v = (w+4) \bmod 8$ $q = 0$ dla $w \in \{2, 6\}$
 $p = -1$ dla $w \in \{5, 6, 7\}$ $q = 1$ dla $w \in \{0, 1, 7\}$
 $p = 0$ dla $w \in \{0, 4\}$
 $p = 1$ dla $w \in \{1, 2, 3\}$

przy dodatkowym założeniu, że w punkcie połączenia zbiegają się tylko dwa powtarzacze torowe.



Rys 5. Plan świetlny utworzony na bazie powtarzaczy kostkowych
 Fig 5. Lighting panel composed of repeaters

Jedynym przypadkiem, gdy jeden z warunków może nie być spełniony, jest określenie powtarzacza układu torowego jako toru kierunkowego.

Dodatkowo wymagane jest, aby dwa różne powtarzacze zwrotnic, sygnalizatorów i stanu samoczynnych blokad liniowych umieszczone na planie nie posiadały tych samych atrybutów zmiennych (muszą różnić się przynajmniej nazwą), a powtarzacze o tych samych atrybutach zmiennych muszą być powtarzaczami sąsiednimi.

Odcinki kontrolowane przedstawiane na planie świetlnym o tych samych atrybutach zmiennych (nazwach) muszą być ze sobą połączone, co gwarantuje, że nie mogą istnieć dwa różne kontrolowane odcinki torowe o tych samych nazwach.

Powtarzacze tarcz ostrzegawczych i sygnalizatorów powtarzających muszą mieć nazwę zgodną z nazwą semafora, którego dotyczą.

LITERATURA

- [1] Apuniewicz S.: Zasady modelowania matematycznego obiektów i procesów sterowania ruchem kolejowym, ZN Pol. Świętokrz., Kielce 1977, z 5.
- [2] Mikulski J., Zych K.: Model sieciowy układu torowego {niniejszy zeszyt}.
- [3] Mikulski J., Zych K., D. Bogacki: Symulacja ruchu pociągów {niniejszy zeszyt}.

Recenzent: Doc. dr inż. Zbigniew Ginalski

Wpłynęło do Redakcji 22.10.1993 r.

Abstract

The paper presents a method for designing the lighting panels composed of graphic display units. A detailed description of the repeaters representing the railway traffic control devices has been prepared. It is based on adequate mathematical principles,

including set theory and matrices. For each repeater, the set of invariable and variable parameters has been defined. The applied mathematical description allows to evaluate the designed lighting panel for its correctness. Problems presented in this article are grounded on results described in paper „A formal description of railway traffic control devices”.