

Mgr inż. A. Leszczyński,
Mgr inż. T. Byrczek
ZKM PW

ŁĄCZNIK SZYNOWY DO AUTOMATYZACJI TRANSPORTU GÓRNICZEGO

Streszczenie: Opisano łącznik szynowy, zasadę działania, układ połączeń i zastosowanie w automatyzacji urządzeń w kopalniach i innych. Artykuł uzupełniają fotografie czujnika, wyniki badań laboratoryjnych i eksploatacyjnych.

1. Wstęp

Automatyzacja transportu na nadszybiach i podszybiach wymaga pewnie działających urządzeń kontroli torów i zwrotnic. Jednym z podstawowych elementów takich urządzeń są łączniki szynowe. Ze względu na dużą ilość łączy (ok. 8 000 na dobę) zadanie to może spełnić tylko łącznik bezstykowy zabudowany dyskretnie w szynę, odporny na działanie mechaniczne i na warunki eksploatacyjne kopalni.

Łącznik szynowy LS-1 może znaleźć szerokie zastosowanie w urządzeniach transportu dołowego i powierzchniowego, obiegach wozów, układach kontroli zwrotnic, urządzeniach napełniania skipów w urządzeniach dźwigowych itp. Łącznik LS-1 opracowano wspólnie w Z-dzie APATOR i w ZKM PW. Przeprowadzono próby laboratoryjne i ruchowe na kopalniach, przygotowano również produkcję seryjną. Łącznik składa się z czujnika magnetycznego zabudowanego np. w szynę oraz z części łączeniowej.

Sygnał otrzymany bezpośrednio od czujnika przy przejechaniu kołem wozu wystarcza do wysterowania zestyku hermetycznego.

Zaletą jest tu brak styków zabudowanych w szynę i mechanicznych układów dźwigniowych.

2. Zasada działania łącznika

Najechnanie kołem wozu lub zbliżenie materiału ferromagnetycznego zmniejsza szczelinę powietrzną obwodu magnetycznego czujnika co powoduje zwiększenie napięcia na wyjściu z czujnika. Napięcie to po wyprostowaniu zasila cewkę sterującą zestyk hermetyczny powodując zamknięcie zestyku. Na biegu luzem, co ma miejsce przy szczelinie powietrznej maksymalnej na wyjściu czujnika mamy tkz napięcie progowe, które jest kompensowane przez układ łącznika opisany poniżej.

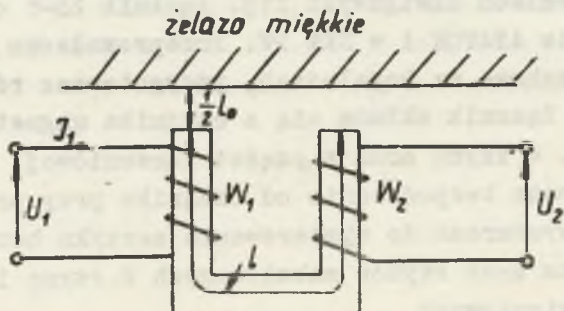
Łącznik szynowy odpowiada następującym danym technicznym:

- napięcie zasilania 42 V, 50 Hz
- prąd pobierany
 - dla szczeliny powietrznej 25 mm 0,5 A
 - dla szczeliny powietrznej 0 mm 0,1 A
- moc pobierana z sieci 20 VA
- działanie łącznika przy szczelinie maksymalnej ok. 15 mm
- wyjście, styki przełącznika - 3 przełączne: 1,5 A, 220 V, 50 Hz,

lub bezpośrednio z zestyku hermetycznego do sterowania elementów logicznych.

2.1. Podstawy fizyczne

Czujnik magnetyczny transformatorowy przedstawia obwód magnetyczny ze szczeliną powietrzną wg rys. 1, podłączony na napięcie zmienne sinusoidalne.



Rys. 1. Schemat czujnika

Przy rozpatrywaniu zmian napięcia ozujnika na wyjściu powodowanych zmianą szczeliny magnetyznej zakładamy obwód magnetyczny nienasycony i dla uproszczenia pomijamy wpływ strumienia magnetycznego rozproszenia. Rozpatrujemy przebiegi napięcia na wyjściu ozujnika magnetycznego na biegu luzem. Wartość napięcia U_2 będzie zależna od napięcia zasilania i wielkości szczeliny powietrznej, która ma wpływ na opór magnetyczny obwodu. Opór magnetyczny obwodu w którym zamyka się strumień magnetyczny jest sumą oporu obwodu żelaza i szczeliny powietrznej.

$$R_{\mu} = \frac{1}{\mu s} + \frac{l_0}{\mu_0 \cdot s} = \frac{1}{\mu s} \left(1 + \frac{\mu}{\mu_0} \frac{l_0}{l} \right) \quad (2.1)$$

gdzie:

l - średnia długość obwodu magnetycznego

l_0 - średnia długość szczeliny powietrznej

s - przekrój rdzenia

$\mu = \mu_r \cdot \mu_0$ - przenikalność magnetyczna żelaza

$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ H/m - przenikalność magnetyczna szczeliny powietrznej.

Czujnik magnetyczny ze szczeliną powietrzną, można zatem uważać za obwód magnetyczny z przenikalnością zastępczą

$$\mu_z = \frac{\mu}{1 + \frac{\mu}{\mu_0} \frac{l_0}{l}} \quad (2.2a)$$

Przy dużych wartościach μ przenikalność zastępcza będzie

$$\mu_z = \mu_0 \frac{l}{l_0} \quad (2.2b)$$

Strumień magnetyczny w obwodzie magnetycznym jest wprost proporcjonalny do amperozwojów i odwrotnie proporcjonalny do oporu magnetycznego

$$\phi = \frac{I_1 \cdot W_1}{R \mu} \quad (2.3)$$

gdzie:

I_1 - prąd płynący w uzwojeniu pierwotnym

W_1 - ilość zwojów uzwojenia pierwotnego.

Siła elektromotoryczna indukowana w obwodzie w którym czujnik

$$e_2 = U_2 = W_2 \frac{d\phi}{dt} \quad (2.4)$$

Przy sinusoidalnym przebiegu prądu w uzwojeniu pierwotnym

$$i_1 = I_m \sin(\omega t - \varphi) \quad (2.5)$$

Będzie

$$e_2 = W_1 \cdot W_2 \frac{1}{R \mu} \omega I_m \cos(\omega t - \varphi) \quad (2.6a)$$

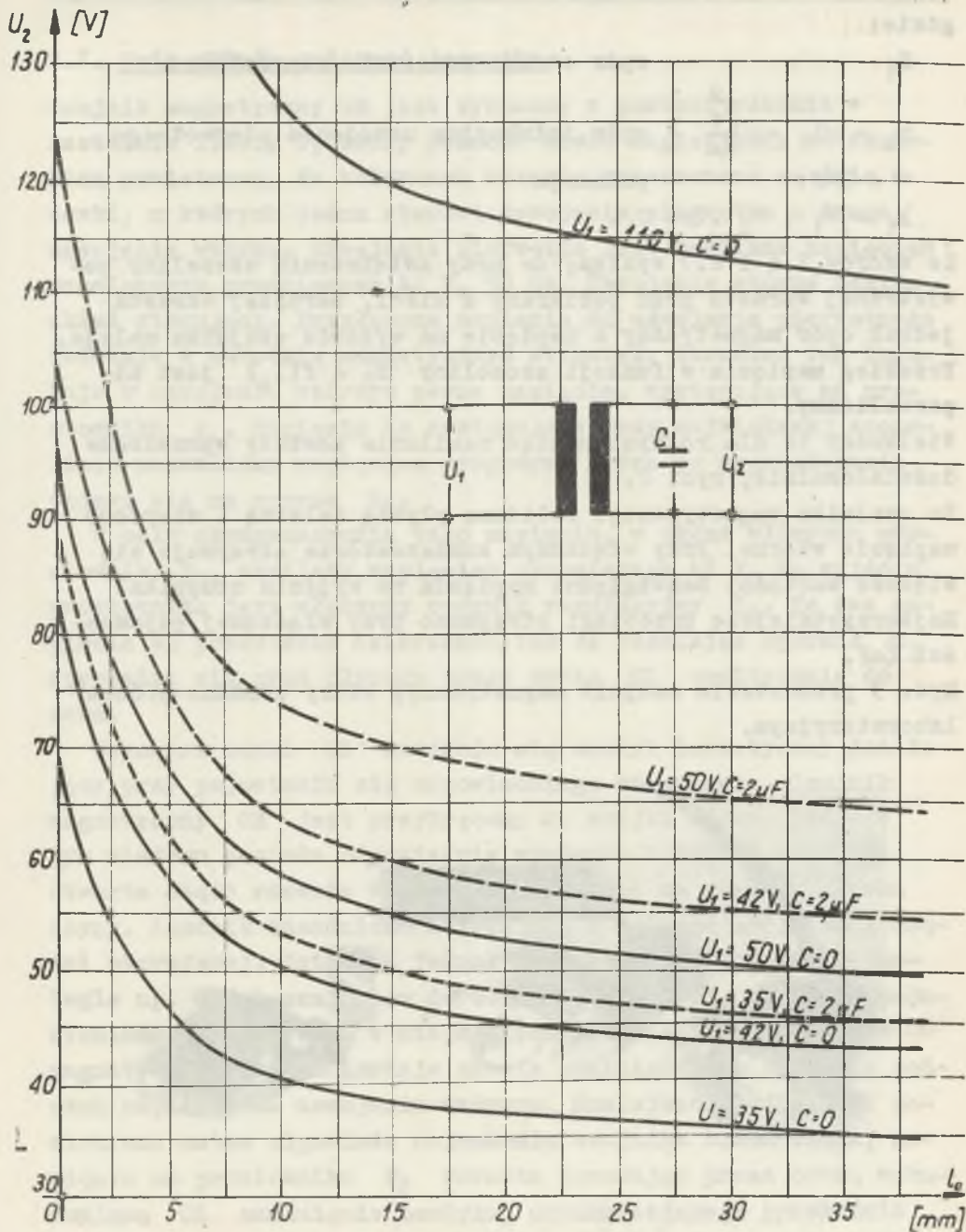
Dla wartości skutecznych, mamy:

$$E_2 = W_1 W_2 \frac{1}{R \mu} \omega \cdot I_1 \quad (2.6b)$$

Leż wartość prądu w uzwojeniu pierwotnym jest zależna od napięcia zasilania i impedancji uzwojenia, która zależy od wielkości szeliny

$$I_1 = \frac{U_1}{\sqrt{R_1^2 + x_1^2}} \quad (2.7)$$

$$E_2 = W_1 \cdot W_2 \cdot \frac{1}{R \mu} \cdot \omega \cdot \frac{U_1}{\sqrt{R_1^2 + x_1^2}} = k \frac{1}{R \mu \sqrt{R_1^2 + x_1^2}} \quad (2.8)$$



Rys. 2. Wykres napięcia w funkcji szczeliny $U_2 = f(\delta)$
 - - - - do obwodu wtórnego włączono kondensator $2 \mu F$
 — bez kondensatora

gdzie:

R_1 - opór czynny uzwojenia pierwotnego

$x_1 = \omega L_1 = \omega \frac{W_1^2}{R_1 \mu}$ - opór indukcyjny uzwojenia pierwotnego

$\omega = 2\pi f$ - pulsacja

$k_1 = W_1 \cdot W_2 \cdot \omega \cdot U_1$.

Ze wzorów 2.6 i 2.7 wynika, że przy zwiększeniu szczeliny powietrznej wzrasta prąd pobierany z sieci, bardziej wzrasta jednak opór magnetyczny a napięcie na wyjściu czujnika maleje. Przebieg napięcia w funkcji szczeliny $E_2 = f(l_0)$ jest hiperboliczny.

Wielkości te dla różnych napięć zasilania zostały sprawdzone doświadczalnie, rys. 2.

Do czujnika magnetycznego zbliżano płytkę żelazną i mierzono napięcie wtórne. Przy włączonym kondensatorze otrzymuje się większe wartości bezwzględne napięcia na wyjściu czujnika. Najkorzystniejsze przebiegi otrzymano przy włączonej pojemności $2\mu F$.

Rys. 3 przedstawia czujnik magnetyczny, który poddano próbom laboratoryjnym.



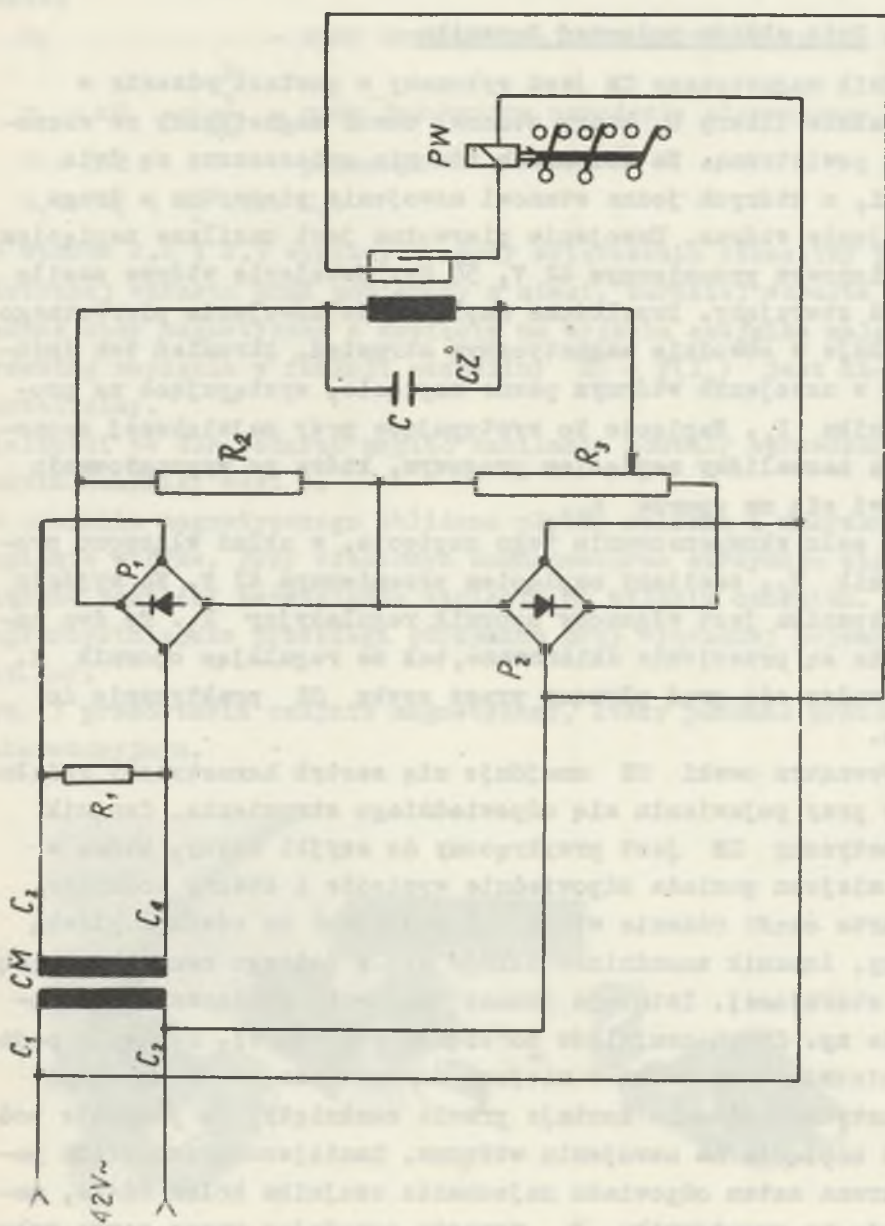
Rys. 3. Czujnik magnetyczny

2.2. Opis układu połączeń łącznika

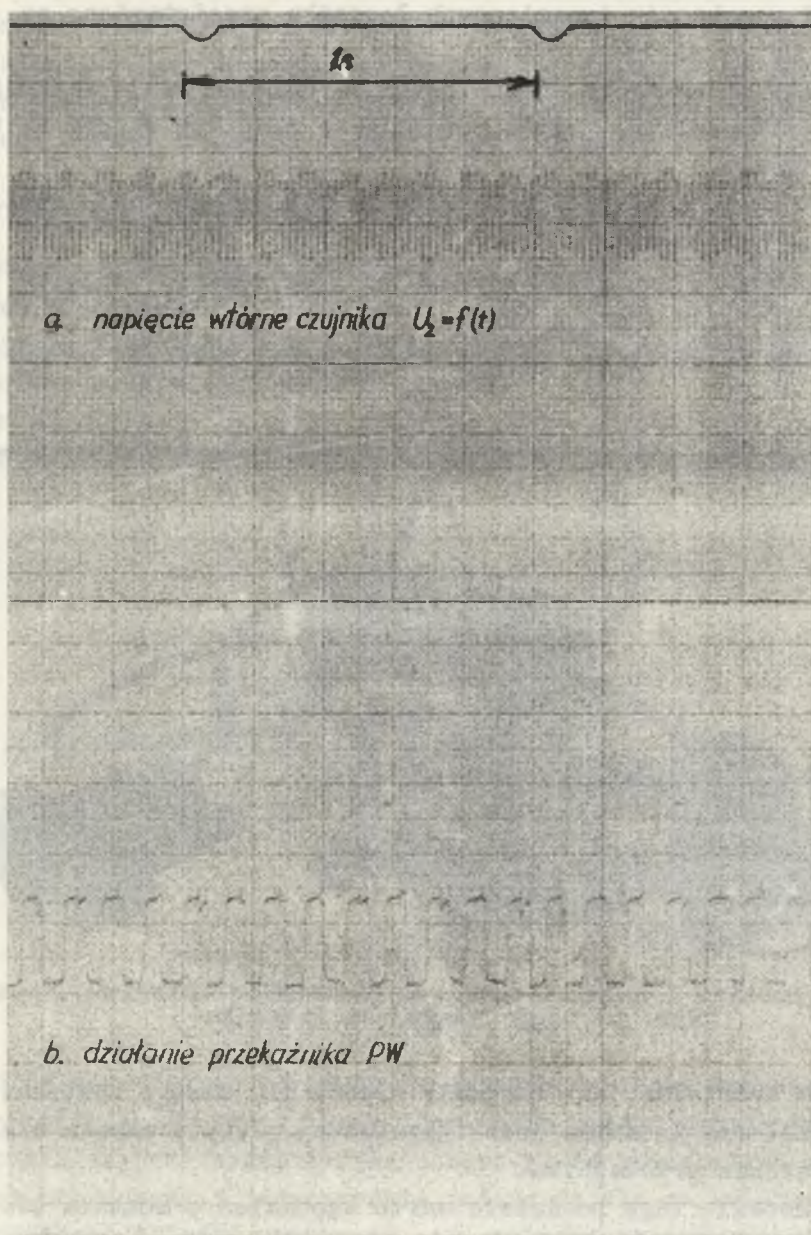
Czujnik magnetyczny CM jest wykonany w postaci rdzenia w kształcie litery U, który stanowi obwód magnetyczny ze szczeliną powietrzną. Na kolumnach rdzenia umieszczone są dwie cewki, z których jedna stanowi uzwojenie pierwotne a druga uzwojenie wtórne. Uzwojenie pierwotne jest zasilane napięciem znamionowym przemiennym 42 V, 50 Hz. Uzwojenie wtórne zasilą układ sterujący. Przyłożone napięcie do uzwojenia pierwotnego indukuje w obwodzie magnetycznym strumień. Strumień ten indukuje w uzwojeniu wtórnym pewne napięcie, występujące na prostowniku P_1 . Napięcie to występujące przy największej szczelinie nazwalimy napięciem progowym, które po wyprostowaniu pojawi się na oporze R_2 .

W celu skompensowania tego napięcia, w układ włączono prostownik P_2 , zasilany napięciem przemiennym 42 V. Na wyjściu prostownika jest włączony opornik regulacyjny R_3 . Te dwa napięcia są przeciwnie skierowane, tak że regulując opornik R_3 sprowadza się prąd płynący przez cewkę CZ praktycznie do zera.

Wewnątrz cewki CZ znajduje się zestyk hermetyczny działający przy pojawieniu się odpowiedniego strumienia. Czujnik magnetyczny CM jest przykręcony do szynki szyny, która w tym miejscu posiada odpowiednie wycięcie i otwory mocujące. Otwarta część rdzenia winna się znajdować na równi z główką szyny. Łącznik zasadniczo składa się z jednego czujnika i części sterującej. Istnieje jednak możliwość podłączenia równolegle np. dwóch czujników do części sterującej. Z chwilą pojawienia się koła wózka w miejscu zamocowania czujnika obwód magnetyczny rdzenia zostaje prawie zamknięty, co powoduje podskok napięcia na uzwojeniu wtórnym. Zmniejszona szczelina powietrzna zatem odpowiada najeohaniu czujnika kołem wózka, napięcie na prostowniku P_2 wzrasta powodując przez cewkę wzbudzającą CZ zamknięcie zestyku, uruchamiającego przekaźnik wyjściowy PW. W obwodach bezstykowego sterowania wykorzystuje się bezpośrednie wyprowadzenie łączenia na listwę zaciskową z zestyku hermetycznego. Zwiększa się przez to szybkość działania. Układ połączeń czujnika podano na rys. 4.



Rys. 4. Układ połączeń łącznika szynowego LS-1



Rys. 5. Przebiegi dynamiczne

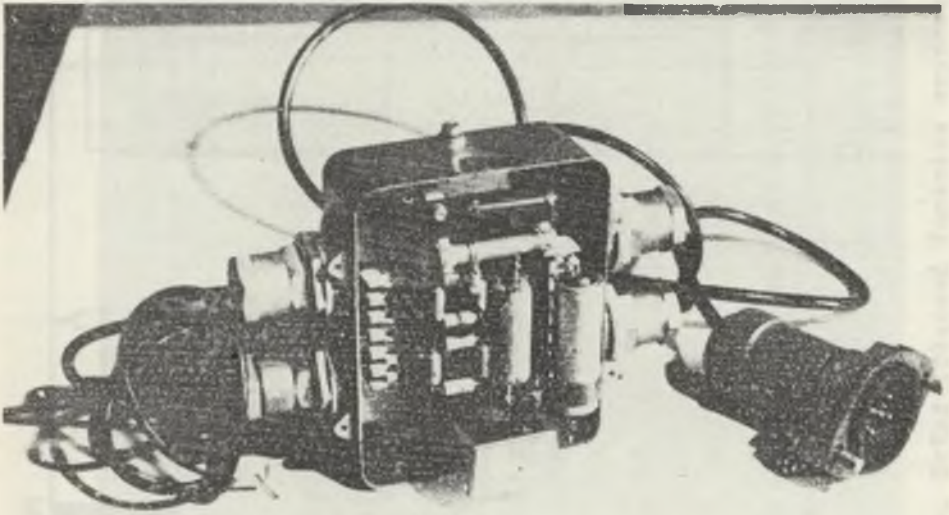
Przykład przebiegów dynamicznych łącznika przedstawiono na rys. 5.

Przemienne napięcie wtórne czujnika zmienia swoją wartość w funkcji szczeliny. Napięcie zasilania przy tym wynosi 42 V i jest stałe.

Rys. 5b pokazuje przebieg napięcia stałego załączanego prze-
kaźnikiem na opornik.

Czas narastania napięcia wtórnego przy najechaniu czujnika
kołem jest rzędu jednego okresu.

Maksymalna ilość łączeń przekaźnika wynosi 15 łączeń na se-
kundę.



Rys. 6. Część sterująca łącznika

Ilość zadziałań jest znacznie wyższa dla samego zestyku. Czas działania łącznika jest ograniczony głównie czasem własnym działania przekaźnika.

Na zakończenie tego rozdziału warto wspomnieć o montażu czuj-
nika w szynie.

Czujnik jest połączony przewodem czterożyłowym z częścią ste-
rującą przedstawioną na rys. 6.

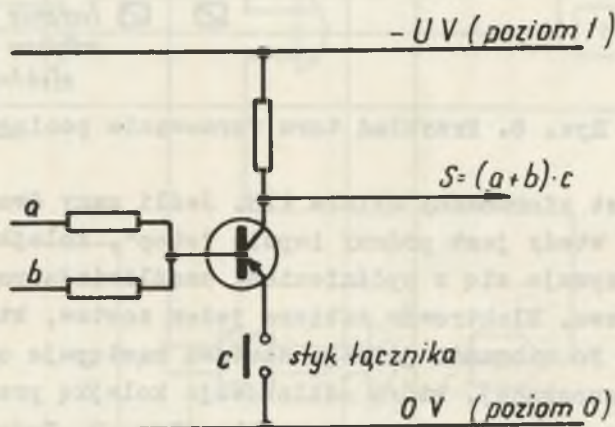
Część sterująca jest montowana w rozdzielni lub w indywidualnej obudowie (odległość maksymalna rzędu 1 km). Sam czujnik montuje się zewnątrz szyn, tak że obrzeże koła przy przejeździe wózka przechodzi nad nim. W tym miejscu wycina się nieco szynę do główki i wmontowuje czujnik.

3. Przykład zastosowania

Podano dwa przykłady zastosowania łączników szynowych w układach sterowania.

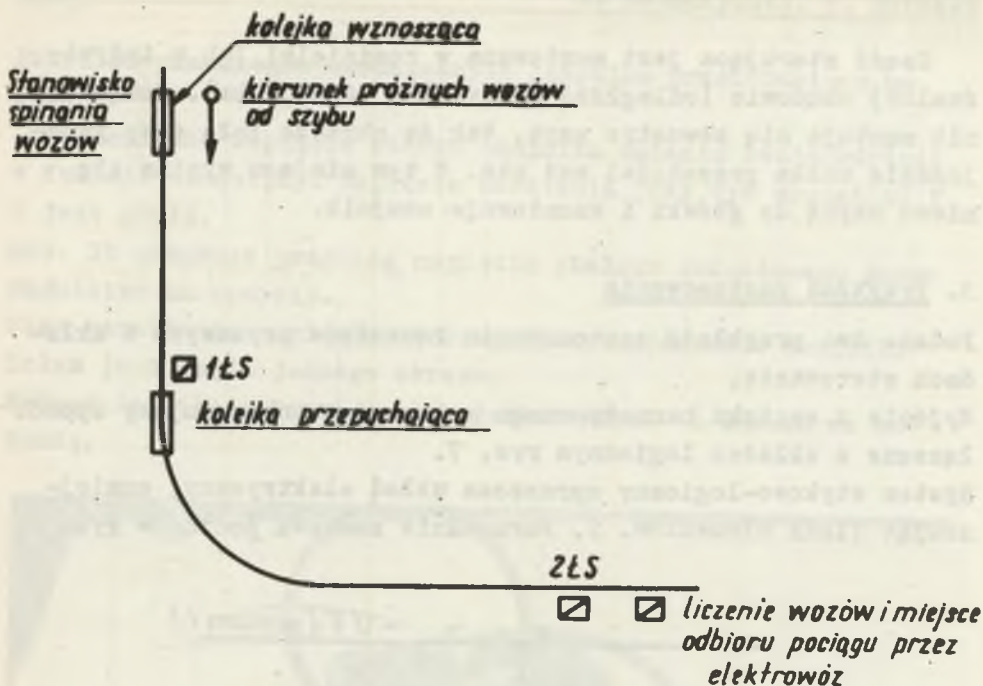
Wyjście z zestyku hermetycznego może być w interesujący sposób łączone z układem logicznym rys. 7.

System stykowo-logiczny upraszcza układ elektryczny, zmniejszając ilość elementów. 2. Formowanie zestawu pociągów rys. 8.



Rys. 7. Przykład połączenia zestyku łącznika z układem logicznym

Próżne wozy jadące od szybu są spinane. Kolejka wznosząca przepycha spięte wozy. Przy formowaniu całego składu działa łącznik szynowy sygnalizując obsłudze, że jeden skład pociągu jest uformowany i jednocześnie podaje impuls na kolejkę przepychającą. Kolejka uruchamia się, zabiera zestaw wagonów, przetacza go na miejsce odbioru przez elektrowóz. Łącznik 2ŁS przesyła impuls (przy dojechaniu składu) na stanowisko spinającego. Równocześnie jest formowany drugi zestaw pociągu, jeśli ten

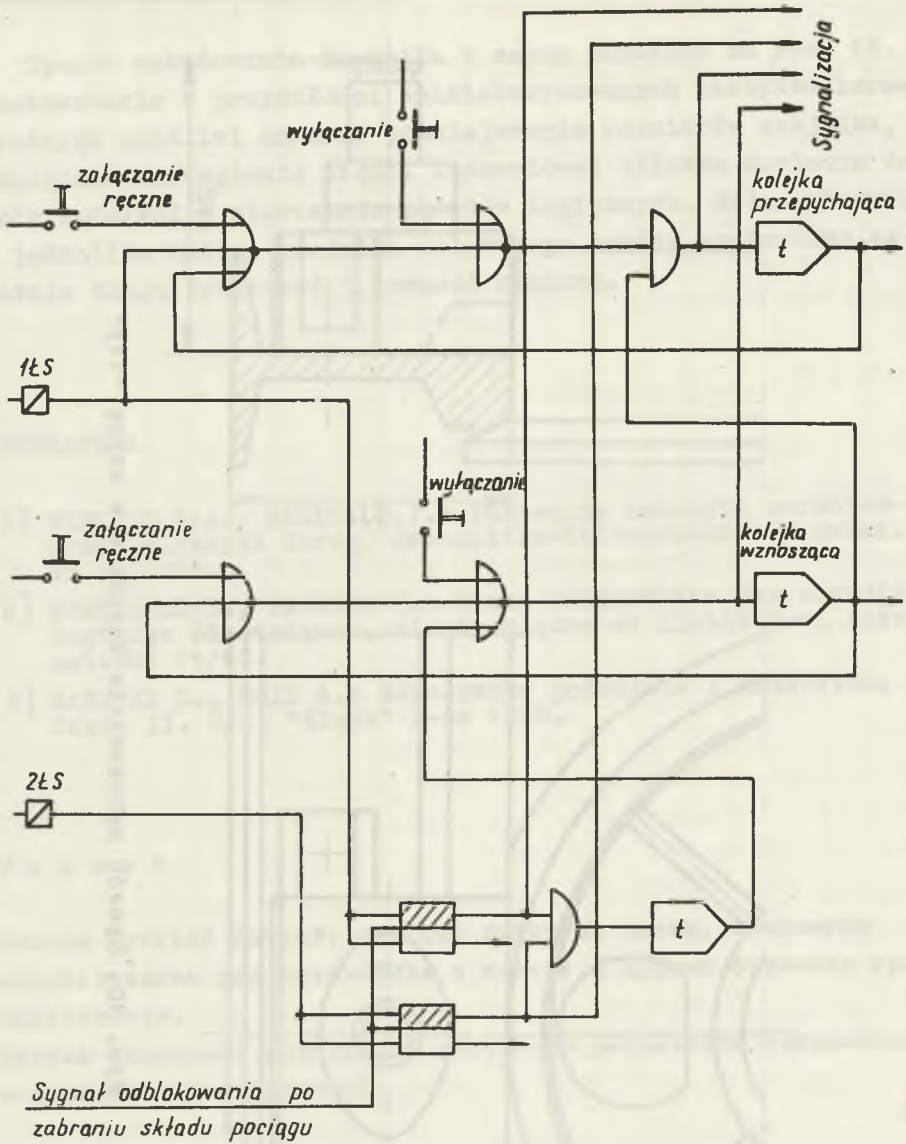


Rys. 8. Przykład toru formowania pociągów

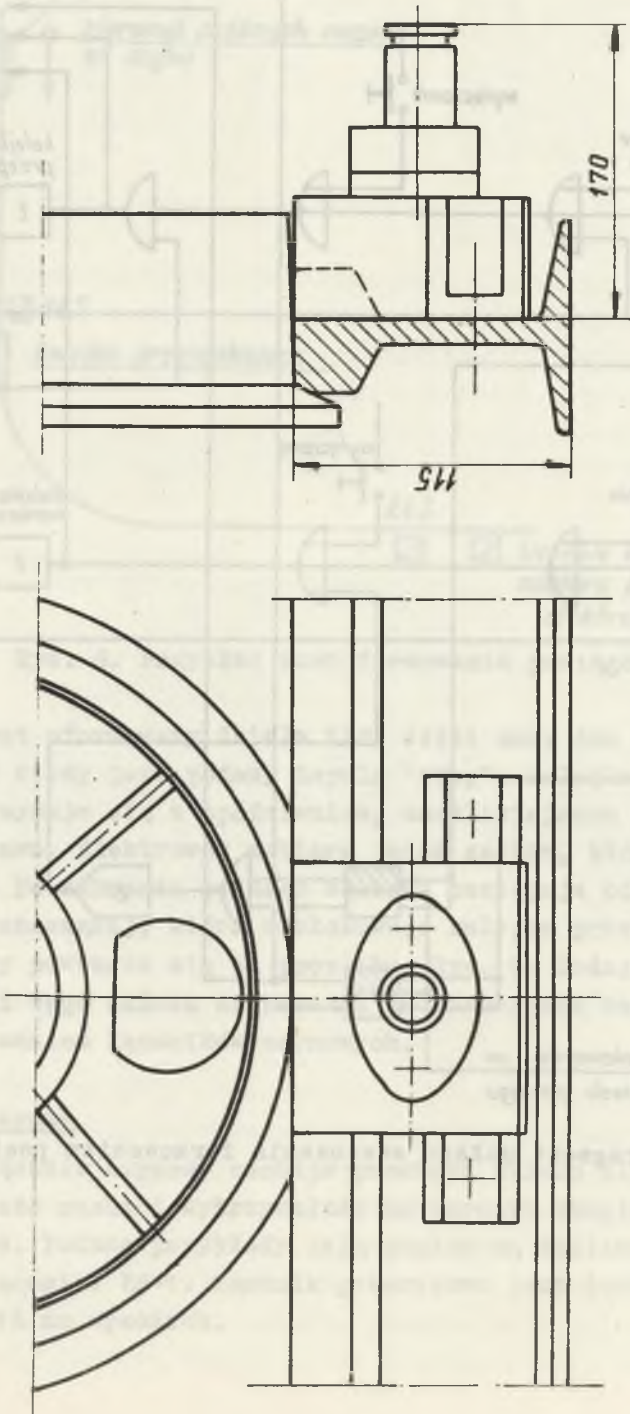
zestaw jest uformowany działa 1LS. Jeśli mamy dwa sygnały z 1LS i 2LS wtedy jest podany impuls "stop", kolejka przepychająca zatrzymuje się z opóźnieniem, umożliwiającym zejście całego zestawu. Elektrowóz zabiera jeden zestaw, który jest zliczony. Po zabraniu jednego zestawu następuje odblokowanie kolejki wznoszącej, która odblokowuje kolejkę przepychającą. Cykl pracy powtarza się od początku. Rys. 9. Podaje przykład realizacji tego układu sterowania na elementach bezstykowych z zastosowaniem łączników szynowych.

4. Zakończenie

Opisany łącznik szynowy cechuje prostota układu elektrycznego, duża pewność ruchu i wytrzymałość na warunki eksploatacyjne w górnictwie. Podane przykłady dają pogląd na możliwość zastosowania łącznika LS-1. Łącznik gabarytowo jest dostosowany od szyn 115 mm wysokich.



Rys. 9. Fragment układu sterowania formowaniem pociągów



Rys. 10. Sposób zabudowania łącznika w szynę "115"

Sposób zabudowania łącznika w szynę pokazano na rys. 10. Zastosowanie w przyszłości zminiaturyzowanych zestyków hermetycznych umożliwi znaczne pomniejszenie rozmiarów czujnika, względnie zastąpienie części łączeniowej układem scalonym daby korzyści w sterowaniu układów logicznych. Małe gabaryty i jednolita budowa czujnika zalewanego żywicą epoksydową zapewnia długą żywotność i pewność ruchową.

LITERATURA

- [1] BIELAZO I.A., MARUTA P.J.: Putlewyye datchyky zarubiezhnykh zheleznykh dorog. Awtomatika-Telemekhanika - Swiaz. Nr 10/1968.
- [2] BOUTEILLE D., PROVOST J.: Etude comparative des circuits logiques electriques, electroniques et fluidiques. Automatisme 11/68.
- [3] KAWECKI Z., MOIK A.: Nowoczesne podszybia i nadszybia. Część II. Wyd. "Śląsk" K-ce 1968.

Р е з ю м е .

Описан путевой датчик; принцип действия схема, соединения использование для автоматизации в шахтах и других отраслях промышленности.

Статья дополняют фотографии датчика и результаты лабораторных и промышленных испытаний.

S u m m a r y

Description of the rail-type magnetic proximity switch, its principle of action, connexions diagram and possibilities of using in automation in coal mines and other branches of industry. The photographs of the transmitter and results of laboratory and industrial tests are attached.

R é s u m é

On décrit détecteur le passage des roues, principe de fonctionnement, son circuit de connexion et applications pour d'automatisation dans les mines et dans les autres branches d'industrie. Article comprend les photos de détecteur, les résultats d'essais dans la laboratoire et dans l'industrie.