

Bożena Dąbrowska, Bogdan Michalak

MERA-PIAP

#### AUTOMATYZACJA PROCESU ROZRZĄDZANIA WAGONÓW TOWAROWYCH

Streszczenie. Automatyzację pracy górkę zrealizowano przy zastosowaniu mikroprocesorowego systemu sterowania urządzeniami stacji rozrządowej. System ten przyspiesza proces formowania pociągów towarowych, eliminuje straty spowodowane zderzeniami i wykolejeniami oraz przede wszystkim zwiększa bezpieczeństwo pracy kolejarzy.

#### 1. Wstęp.

Zapotrzebowanie na automatyzację procesu rozrządzenia zostało podyktowane wzrostem wymagań dotyczących zdolności przetwórczych stacji rozrządowych. Automatykacja pracy górkę pociąga za sobą konieczność wyposażenia stacji rozrządowej w szereg dodatkowych układów automatyki nie stosowanych przy sterowaniu ręcznym.

System sterowania ma za zadanie skierowanie danego odprzęgu na odpowiedni tor kierunkowy określony w karcie rozrządowej, tak, aby dojechał on do ostatniego stojącego odprzęgu na tym torze z prędkością bezpieczną, tzn. mniejszą niż 1,5 m/s. W związku z powyższym stacja rozrządowa musi być wyposażona w układ samoczynnego nastawiania zwrotnic i dwustopniowy układ hamulców torowych oraz inne układy towarzyszące. Do zrealizowania tego zadania stworzono mikroprocesorowy system sterowania pracą stacji rozrządowej. Zastosowanie techniki mikroprocesorowej wynika z faktu dużej niezawodności układów tego typu i prostej obsługi dla użytkowników.

#### 2. Charakterystyka systemu sterowania

Podstawą systemu jest opracowany w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów MERA-PIAP w Warszawie zestaw urządzeń mikroprocesorowych INTEL DIGIT-PI, którego jednostkę centralną oparto na mikroprocesorze 8080 firmy INTEL.

Zestaw mikroprocesorowy wraz z oprogramowaniem podstawowym i użytkowym stanowi system sterowania, który realizować będzie następujące funkcje: kontrola rozpięcia odpręgów i ich identyfikacja, sterowanie zwrotnicami w strefie podziałowej górkę, sterowanie jednym hamulcem odstępowym i dwoma hamulcami docelowymi, pomiar wolnej długości torów kierunkowych, sygnalizacja świetlna i dźwiękowa przebiegu procesu rozrządzenia, sporządzanie wynikowej karty rozrządowej i wydruk wolnych długości torów kierunkowych.

Cechą charakterystyczną zaprojektowanego systemu mikroprocesorowego jest wysoka niezawodność.

### 3. Urządzenia stacji rozrządowej

Warunkiem koniecznym do zrealizowania zaprojektowanych funkcji systemu jest dostarczenie do jednostki centralnej odpowiednich sygnałów z obiektu stanowiących podstawę do jego działań logicznych oraz wykonanie poleceń będących wynikiem tych działań. Stacja rozrządowa musi być wyposażona w odpowiednie urządzenia automatyki, które zapewnią przepływ informacji pomiędzy jednostką centralną a obiektem. Rola i zadania poszczególnych urządzeń objętych systemem sterowania zostaną omówione w kolejności zgodnej z zadaniami przy ruchu odprzęgu.

Identyfikator odprzęgów - wykrywanie odprzęgów i zliczanie liczby osi w nim. Stanowią go cztery czujniki w torze i układ elektroniczny w nastawni.

Odcinek pomiarowy V1 - pomiar prędkości początkowej. Stanowią go dwa czujniki w torze.

Urządzenie licznikowe zajętości zwoznic EOL-1 - kontrola zajętości zwoznic, przekazywanie informacji o ruchu odprzęgu, kontrola liczby osi w odprzęgu. Stanowią je jeden czujnik wjazdowy i dwa czujniki wyjazdowe w torze przy każdej zwoznicy i kasetka elektroniczna w nastawni.

Radarowy układ sterowania hamulcem odstępowym SHT-11 - sterowanie hamulcem odstępowym wg kryterium żądanej prędkości wyjazdu, kontrola odpedzeń na hamulcu. Stanowią go radarowy miernik prędkości i czujnik czynowy oraz kasetka elektroniczna w nastawni.

Odcinek pomiarowy V2 - pomiar prędkości wjazdu na hamulec odstępowy.

Odcinek pomiarowy V3 - pomiar prędkości wyjazdowej z hamulca odstępowego.

Odcinek pomiarowy parametrów biegowych odprzęgów V4 - klasyfikacja odprzęgów i pomiar prędkości wjazdu na hamulec docelowy. Stanowią go trzy czujniki na prostym odcinku toru przed hamulcem docelowym.

Radarowy układ sterowania hamulcem docelowym SHT-10 - sterowanie hamulcem docelowym wg zasady "strzał do celu". Skład urządzeń jak w SHT-11.

Odcinek pomiarowy V5 - pomiar prędkości wyjazdu z hamulca docelowego. Stanowią go dwa czujniki za hamulcem docelowym.

Pulpit operatora systemu rozrządowego - sygnalizacja stanu wszystkich urządzeń i manipulatory do sterowania ręcznego i interwencyjnego.

Na rys. 1 zostały przedstawione wzajemne powiązania pomiędzy wymienionymi urządzeniami oraz zaznaczono kierunki przepływu informacji.

#### 4. Konfiguracja mikroprocesorowego zestawu INTEL DIGIT-PI.

Elementy składowe zestawu to: szafa INTEL DIGIT-PI, drukarka DZM 180 KSR, monitor ekranowy MV 1664, czytnik CT 2100, dziurkarka DT 105, dalekopis kolejowy T-100 oraz pulpit symulacyjny stacji i makieta sygnałów.

Szafa INTEL DIGIT-PI składa się z jednej kasety pakietów mikroprocesorowych oraz z sześciu kaset z pakietami sprzężenia zestawu mikroprocesorowego z obiektem.

W kasecie mikroprocesorowej znajdują się pakiety, które sterują przebiegiem danych na magistrali wewnętrznej, zapewniają możliwość wykonania instrukcji programu, realizują funkcje sprzężenia magistrali wewnętrznej z magistralą zestawu i urządzeniami zewnętrznymi oraz pakiet sterujący wraz z pulpitem technicznym. Ponadto kaseata mikroprocesorowa zawiera pakiet pamięci RAM o pojemności 4 k bajtów i pakiety pamięci PROM o pojemności 16 k bajtów, w całości wykorzystane przez oprogramowanie użytkowe.

W pozostałych sześciu kasetach szafy INTEL DIGIT-PI zamontowano pakiety sprzęgające zestaw mikroprocesorowy z układami automatyki i pomiarów stacji rozrządowej. W celu odpowiedniego przepływu informacji zastosowano trzy typy pakietów.

**P a k i e t y w e j ś c i o w e:**

PI-01 - pakiet 8-wejściowy dla sygnałów cyfrowych statycznie-przerywających. Do tych pakietów podłączono czujniki szynowe, niektóre przyciski sterujące z pulpitu operatora górki, przełączniki trybu pracy górki, identyfikator oraz przyciski przestawiania zwrotnic.

PI-23 - pakiet 16-wejściowy dla sygnałów cyfrowych statycznych. Pakiety te przekazują do mikroprocesora informację o położeniu napędów, o zajętości odcinków zwrotniczych, o ręcznym zaprogramowaniu adresów odpręgów z pulpitu, o wyborze numeru toru do pomiaru wolnej długości, o ciśnieniu oleju, o pracy maszynowni hydraulicznej oraz sygnały kontroli zasilania kaset elektronicznych w nastawni.

PC-01 - pakiet 16-wejściowy dla sygnałów impulsowych. Zastosowane w systemie do zliczania liczby osi odpręgów znajdujących się na identyfikatorze.

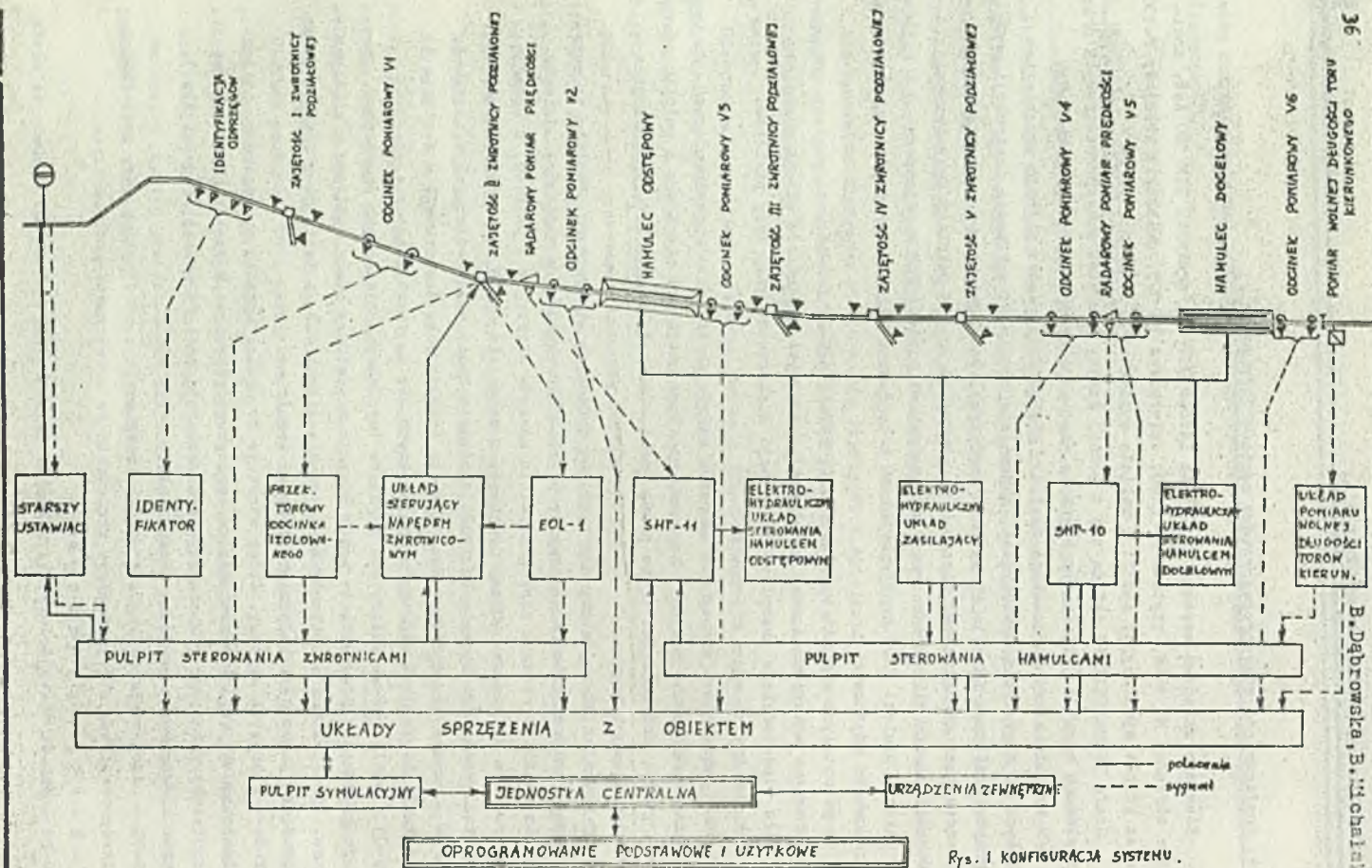
PC-03 - pakiet 16-wejściowy dla sygnałów impulsowych zadawanych programowo, generuje przerwanie po uzyskaniu przez licznik wewnętrzny stanu zadanego z mikroprocesora. Wykorzystane w systemie do zliczania liczby osi, a także do zliczania czasu przejazdu przez odcinki pomiarowe przed hamulcami.

PE-04 - komutator stykowy, który komutuje 16 źródeł sygnału analogowego, stałonapięciowego na wejście przetwornika analogowo-cyfrowego. W systemie zastosowano dwa komutatory połączone równolegle, które komutują pomiary wolnej długości dla 32 torów kierunkowych na jeden przetwornik.

PE-03 - przetwornik analogowo-cyfrowy integracyjny, sprzęgający toru pomiarowe z mikroprocesorem, który generuje przerwanie po zakończeniu przetwarzania.

**P a k i e t y w y j ś c i o w e:**

PO-21 - pakiet 16-wyjściowy dla sygnałów dwustanowych cyfrowych. Pakiety te służą



Rys. 1 KONFIGURACJA SYSTEMU.

do sterowania z mikroprocesora urządzeń dwustanowych takich, jak: diody świecące, lampki, wyświetlacze siedmiosegmentowe na pulpicie operatora oraz przekaźniki nastawcze napędów zwrotnicowych a także wzmacniacze dwustanowe elektroniki pomiaru wolnej długości torów kierunkowych.

#### 5. Oprogramowanie podstawowe i użytkowe systemu.

Oprogramowanie podstawowe zajmuje obszar 4 k bajtów pamięci stałej PROM. Zapewnia ono pracę zestawu mikroprocesorowego w pełnym zakresie aplikacji. Oprogramowanie podstawowe stanowią następujące części: inicjacja i restart automatyczny, monitor przerwań, monitor operatorski, programy obsługi pakietów, sprzężenia z obiektem, koordynator zadań czasu rzeczywistego PI-80 oraz testy urządzeń zestawu mikroprocesorowego.

Oprogramowanie użytkowe zgodnie z wymaganiami koordynatora zadań ma strukturę wielozadaniową. Koordynator zarządza zadaniami uwarunkowanymi czasem rzeczywistym lub innymi zdarzeniami (przerwania) zachodzącymi w sterowanym procesie. W systemie sterowania pracą stacji rozrządowej przyjęto zarządzanie zdaniami wg regulaminu priorytetów bezwzględnych, tzn. że w chwili zgłoszenia się zadania o priorytecie wyższym niż priorytet zadania aktualnie wykonywanego następuje jego przerwanie, zawieszenie i przekazanie sterowania do zadania o wyższym priorytecie. Na podstawie funkcji, jakie ma realizować system kierowania pracą stacji rozrządowej, wyodrębniło siedem zadań, które wraz z procesorem przerwań i restartem użytkowym stanowią oprogramowanie użytkowe.

Restart użytkowy (RESET) - program, który przygotowuje odpowiednie obszary pamięci RAM. Ponadto realizuje warunki początkowe dla poszczególnych zadań. Po wykonaniu - przekazuje sterowanie do koordynatora zadań.

Procesor przerwań - stanowią go programy obsługi przerwań z obiektu i z pulpitu operatorskiego. Programy te zapamiętują w odpowiednich tablicach przesłane informacje i zgłaszają do wykonania zadania, po czym przekazują sterowanie do koordynatora, który spośród zgłoszonych zadań uruchomi zadanie o najwyższym priorytecie.

Poszczególne zadania oprogramowania użytkowego zostaną omówione w kolejności zgodnej z przyjętymi priorytetami w systemie sterowania pracą stacji rozrządowej. Zadanie sterowania pracą górki (ZTRYB) - jest to zadanie nadrzędne sterujące pozostałymi zadaniami. Uruchamiane jest przez program koordynatora na podstawie przerwania, które pojawia się w wyniku zmiany położenia przełączników "ROZRZĄDZANIE" lub "PROGRAM" znajdujących się na pulpicie operatora stacji. W zależności od położenia obu przełączników program zadania ustawia odpowiednie wskaźniki określające tryb pracy górki rozrządowej, tym samym wysterowuje odpowiednie zadania. Operator stacji rozrządowej poprzez odpowiednie położenie przełączników wydaje polecenia do systemu, np. wczytania karty rozrządowej z taśmy papierowej lub wprowadzenia ręcznego z dalekopisu, rozrządzenia składu pociągu automatycznie lub ręcznie, zatrzymania

rozrządzenia w dowolnej chwili, zmiany karty rozrządowej w trakcie zarządzania, otrzymania wydruku wynikowej karty rozrządzenia, otrzymania wydruku pomiarów wolnej długości torów kierunkowych, sterowania zwrotnicami i hamulcami podczas sterowania ręcznego itp.

Zadanie hamowania odpręgów (ZHAMY) - ma zapewnić wyhamowanie odpręgu znajdującego się na torze kierunkowym z maksymalną prędkością 1,5 m/s. Program tego zadania określa prędkość dla każdego odpręgu zaadresowanego na dwa określone w tym systemie numery torów, na których znajdują się hamulec odstępowy i dwa hamulce docelowe. Na podstawie zmierzonych czasów przejazdu przez odcinki pomiarowe V1 i V2 zadanie określa prędkość i poprzez pakiet PO-21 zadaje tę wartość do układu SHT-11, który odpowiednioysterowuje hamulec odstępowy. Przyysterowaniu hamulców docelowych prędkość zadana do układu SHT-10 zadanie oblicza na podstawie czasów przejazdu przez odcinki pomiarowe V4 i V5 przy uwzględnieniu wolnej długości danego toru kierunkowego.

Zadanie identyfikacji i modyfikacji odpręgów (ZDIDE) - wykrywa wszystkie błędy rozpięcia, a jednocześnie dopuszcza do stosowania kartę rozrządową wg wagonów w składzie lub wg odpręgów. Ponadto na bieżąco uaktualnia dane o odpręgach w odpowiednich tablicach systemu.

Zadanie samoczynnego nastawiania zwrotnic (ZSNZZ) - zapewnia skierowanie odpręgu na właściwy tor kierunkowy zgodnie z danymi w karcie rozrządowej. Program kontroluje poprawnośćysterowania zwrotnic oraz bada stan zwrotnicy, która ma byćysterowana, tzn. zwolnienie jej przez odpręg poprzedni. Kontrola poprawnościysterowania zwrotnicy polega na liczeniu osi odpręgu na czujniku wjazdowym i na jednym z czujników wyjazdowych zwrotnicy. Pojawienie się impulsów na niezadany czujnik wyjazdowy oznacza, że dany odpręg został skierowany mylnie w wyniku błędnego zadziałania urządzeń zwrotnicowych. Ten odpręg jest "mylnikiem". Zadanie to podejmuje wówczas działania mające na celu skierować mylnik na tor zapasowy (określony w systemie). Zliczenie tej samej liczby osi na czujniku wjazdowym i wyjazdowym zgodnej z liczbą osi w karcie rozrządowej oznacza zwolnienie tej zwrotnicy przez odpręg. W przypadku niezwolnienia zwrotnicy przez odpręg, gdy występuje koniecznośćysterowania zwrotnicy dla następnego odpręgu, program uznaje ten stan za odpędzenie odpręgów. Drugi odpręg jest mylnikiem i jest kierowany tak jak pierwszy. Od tego momentu oba odpręgi traktowane są jako jeden. Zadanie to uruchamiane jest cyklicznie co 100ms, jeżeli stan przełącznika ROZRZĄDZANIE jest w pozycji RZECZ lub AUTO.

Zadanie pomiarów wolnej długości torów kierunkowych (ZWDLU) - program na podstawie trzech ostatnich pomiarów danego toru kierunkowego bada, czy odpręg jest w ruchu, czy się zatrzymał. Jeżeli wszystkie trzy pomiary są identyczne, to przyjmujemy, że ostatni wagon na torze kierunkowym zatrzymał się i wartość tego pomiaru zapisywana jest jako pozycja ostatniego wagonu. Pomiar wolnej długości odbywa się cyklicznie co 600 ms przez cały czas pracy systemu, aby dane o wolnej długości były dostępne na bieżąco dla zadaniaysterowania hamulców docelowych i dla zadania obsługi wyświetlaczy.

Zadanie obsługi wyświetlaczy cyfrowych (ZIKYS) - uruchamiane jest cyklicznie co 400 ms. Program obsługuje 16 wyświetlaczy: siedem wyświetlaczy z numerami torów kierunkowych dla trzech kolejnych odpręgów przed identyfikatorem i dla czterech tuż za identyfikatorem (w tym trzy wyświetlacze są podwójne do wyświetlania wolnej długości odpowiedniego toru kierunkowego), jeden wyświetlacz wolnej długości toru kierunkowego wybranego z tastatury, dwa wyświetlacze liczby osi: oczekiwanych z karty i zliczanych przez identyfikator, trzy wyświetlacze ośmiiodiodowe informujące o zamknięciu zwrotnicy. Ponadto zadanie to bada cyklicznie stan sygnałów kontroli zasilania kaset elektronicznych EOL-1, SHT-10 i 11, pomiaru wolnej długości, pracy maszynowni hydraulicznej i ciśnienia oleju.

Zadanie czytania karty rozrządowej i wydruków końcowych (ZDIAL) - program tego zadania przekazuje dane o odpręgach z karty rozrządowej do systemu. Na podstawie danych odbywa się rozrządzenie składu pociągu. Karta rozrządowa napisana jest na taśmie papierowej lub pisana ręcznie na dalekopisie<sup>3</sup> zawiera następujące dane o odpręgach: numer kolejny odpręgu, oznaczniki, numer toru kierunkowego i liczbę osi. Po wczytaniu karty istnieje możliwość korekty danych (pisząc poprawki na dalekopisie). Zadanie umożliwia również wydruk karty rozrządowej wynikowej. Wydruk ten zawiera: identyfikatory odpręgu, numer kolejny odpręgu, oznaczniki, żądany numer toru kierunkowego, wynikowy numer toru kierunkowego oraz rzeczywistą liczbę osi. Jest to zadanie o najniższym priorytecie i uruchamiane jest cyklicznie (zapętłone samo w sobie). Poza tym program tego zadania wpisuje na dalekopisie uwagi o pracy systemu mikroprocesorowego i urządzeń stacyjnych współpracujących z zestawem PI.

## 6. Uwagi końcowe.

Przedstawiony mikroprocesorowy system sterowania jest pierwszym eksperymentem w dziedzinie automatyzacji pracy stacji rozrządowej PKP. Zestaw mikroprocesorowy INTEL DIGIT-PI, został zrealizowany w oparciu o sprzęt produkcji krajowej. Badawczo-rozwojowy charakter pracy nad tym systemem tłumaczy fakt, że sterowanie dotyczy wszystkich zwrotnic strefy podziałowej, ale tylko jednego hamulca odstępowego i dwóch hamulców kierunkowych. Obecnie trwają prace nad uruchomieniem przedstawionego systemu na obiekcie. Pierwsze doświadczenia wskazują na trudności w zakresie kompatybilności elektrycznej zaprojektowanego zestawu mikroprocesorowego. W przyszłości, w oparciu o wnioski zebrane w trakcie uruchamiania przedstawionego systemu planuje się rozszerzenie sterowania tak, aby hamowanie odbywało się automatycznie na wszystkich torach kierunkowych stacji rozrządowej.

Nowoczesne stacje rozrządowe Polskich Kolei Państwowych wyposażone są w maszyny cyfrowe o dużej mocy obliczeniowej. Maszyny te kierują pracą całej stacji, a więc przetwarzają dane o składach przybyłych, przygotowują kartę rozrządową dla każdego składu, przygotowują dokumenty końcowe dla pociągów formowanych z wagonów stojących

na torach kierunkowych oraz prowadzą całą statystykę i dokumentację stacyjną. Ważnym ogniwem informacyjnym dla systemu kierowania pracą całej stacji rozrządowej będzie przedstawiony mikroprocesorowy system sterowania strefą podziałową górki. System kierowania będzie otrzymywał od systemu sterowania górką dane o wynikach rozrządzenia, tzn. stopień realizacji zadanej karty rozrządowej i wszystkich odchyłek od niej oraz wartości pomierzonych wolnych długości wszystkich torów kierunkowych po zakończeniu rozrządzenia.

Recenzent: Prof.dr inż. Henryk Kowalowski  
Wpłynęło do Redakcji do 30.03.1984r.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОРТИРОВКИ ТОВАРНЫХ ВАГОНОВ

### Р е з ю м е

Разработана управляющая часть (оборудование и программное обеспечение) системы автоматической сортировки вагонов на сортировочной горке. Сортировка вагонов является одним из основных элементов, имеющих решающее значение для эффективности товарного железнодорожного транспорта. Представленная система имеет возможность перехода на полуавтоматическую или ручную работу, что может осуществляться в случае аварии некоторых устройств или спелтребований (нетипичные грузы и т.д.)

## AUTOMATION OF MARSHALLING YARDS

### S u m m a r y

The automation of marshalling yards has been realized using a microprocessor system for control purposes. The system speeds up forming of goods trains, eliminates deteriorations resulting from collisions and derailments and most of all increases work safety.