

mgr inż. Bożena GUZIUK-DĄBROWSKA
Przemysłowy Instytut Automatyki
i Pomiarów MERA-PIAP
Warszawa

ZINTEGROWANE SYSTEMY STEROWANIA PRACĄ STACJI ROZRZĄDOWEJ PKP

W artykule przedstawiono zintegrowany mikroprocesorowy system Automatyycznego Sterowania Rozrzędem (ASR), który został wdrożony w 1987 roku na stacji rozrządowej w Lublinie. System ten został wykonany i oprogramowany w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów w Warszawie przy współpracy Centrum Naukowo-Technicznego Kolejnictwa w Warszawie.

1. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU ASR

System Automatyycznego Sterowania Rozrzędem realizuje automatyzację grawitacyjnego procesu rozrządzania wagonów towarowych w strefie podziałowej górki w oparciu o urządzenia automatyki rozrządu oraz współpracuje z Systemem Kierowania Pracą Stacji (SKPS). Automatyczne sterowanie rozrzędem musi zapewnić, aby każdy staczany odpręg (grupa wagonów) dojechał do miejsca swojego przeznaczenia, zgodnie z zadaną kartą rozrządową, z bezpieczną prędkością (nie większą niż 1,5 m/s).

Z uwagi na wielofunkcyjność procesu rozrządzania system ASR został podzielony na następujące autonomiczne podsystemy zbudowane w oparciu o niezależne zestawy mikroprocesorowe (rys. 1):

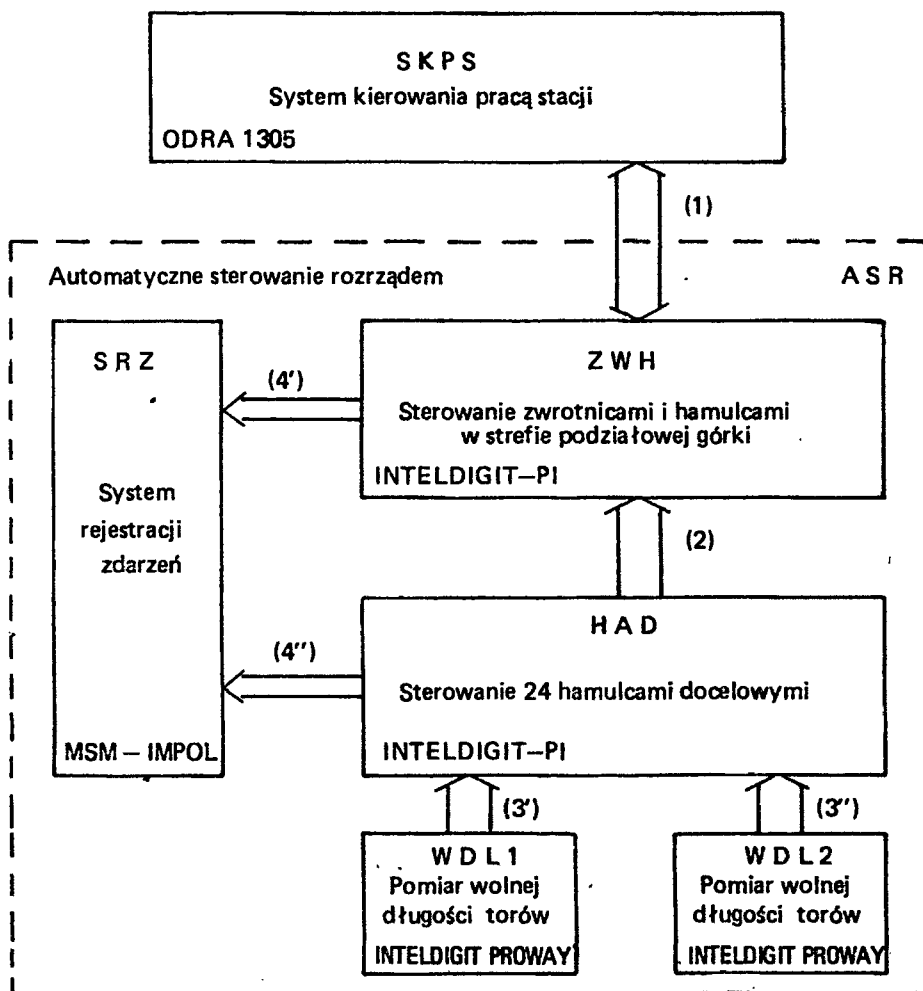
ZWH – sterowanie zwrotnicami i hamulcami odstępowymi oraz współpraca z systemem SKPS i operatorem rozrządu,

HAD – sterowanie 24 hamulcami docelowymi,

WDL – pomiar wolnej długości torów docelowych,

SRZ – rejestracja zdarzeń o przebiegu rozrządzania.

System ASR w powyższej konfiguracji zapewnia kompleksową automatyzację procesu rozrządzania pod warunkiem wzajemnego sprzężenia funkcjonalnego systemów ASR i SKPS. Integracja pracy systemów sterowania polega na wzajemnej wymianie informacji poprzez łącza transmisji szeregowej. Wykorzystywane są następujące połączenia systemów (patrz rys. 1):



Rys. 1. Konfiguracja zintegrowanych systemów ASR i SKPS.

- SKPS z ASR za pośrednictwem ZWH, do przesyłania informacji w obu kierunkach (łącze nr 1),
- HAD z ZWH do przesyłania stopnia zapełnienia torów docelowych na żądanie podsystemu ZWH (łącze nr 2),
- WDL1 i WDL2 z podsystemem HAD do przesyłania zmian wolnych długości torów docelowych (łącza nr 3' i 3''),
- ZWH i HAD z podsystemem SRZ do rejestracji zdarzeń zachodzących podczas eksploatacji podsystemów ZWH i HAD oraz do retransmisji na monitor ekranowy komunikatów dla operatora rozrządu (łącza nr 4' i 4'').

Łącza o numerach 1, 2, 4', 4'' są łączami transmisji szeregowej pracującymi w pętli napięciowej (V 24), natomiast łącza 3' i 3'' pracują w pętli prądowej (0 ÷ 20 A) ze względu na znaczną odległość zestawów HAD i WDL (około 600 metrów).

Zintegrowane systemy sterowania pracą stacji zapewniają pełną automatyzację procesu rozrządzenia pod warunkiem, że urządzenia automatyki rozrządu oraz sprzęt mikroprocesorowy działają poprawnie. W przypadku niezdolności któregośkolwiek z nich do pracy została zapewniona autonomiczność pracy pozostałych podsystemów (z uwagi na hierarchiczną konfigurację systemu ASR). Możliwość pracy autonomicznej poszczególnych podsystemów jest istotna ze względu na efektywne wykorzystanie aktualnie działających urządzeń automatyki na górcie rozrządowej, które w istotny sposób zmniejszają zakres czynności operatora rozrządu.

Niezależna praca podsystemów WDL1 i WDL2 umożliwia ręczne lub półautomatyczne hamowanie odpręgów przez operatora rozrządu w oparciu o wyświetlane na pulpicie operatora wartości wolnych długości torów docelowych.

Podsystem HAD realizuje automatyczne hamowanie docelowe odpręgów pod warunkiem przesyłania przez systemy WDL1 i WDL2 aktualnych wolnych długości torów kierunkowych, niezależnie od działania podsystemu ZWH.

Podsystem ZWH realizuje swoje podstawowe funkcje sterujące, tzn. samoczynne nastawianie zwrotnic i hamowanie odstępowe, niezależnie od pracy podsystemów HAD i WDL oraz SKPS, przy czym, w przypadku braku łączności z systemem SKPS, niezbędną w systemie ZWH kartę rozrządową do nastawiania dróg przebiegu operator rozrządu będzie musiał wprowadzać ręcznie. W przypadku braku łączności z podsystemem HAD, przesłana z SKPS karta rozrządowa będzie niezgodna z aktualnym stopniem zapełnienia torów docelowych i będzie wymagała poprawek.

Dotychczasowe doświadczenia ruchowo—eksploatacyjne wykazały, że należy do minimum ograniczyć zakres czynności operatora rozrządu. Wszystkie dodatkowe czynności związane z obsługą podsystemów sterowania są pracochłonne i w znacznym stopniu opóźniają proces formowania pociągów na górcie. Na przykład czas potrzebny na wprowadzenie karty rozrządowej przez operatora z klawiatury jest dłuższy niż sam proces rozrządzenia przeciętnego składu wagonów.

W związku z powyższym integracja pracy systemów ASR i SKPS ma istotne znaczenie w eksploatacji automatycznego sterowania rozrządem. W celu sporządzenia karty rozrządowej zgodnej ze stanem faktycznym na górcie, żądanie karty przez system ASR jest poprzedzone wysłaniem do systemu SKPS aktualnych informacji o stopniu zapełnienia torów i zamkniętych torach kierunkowych.

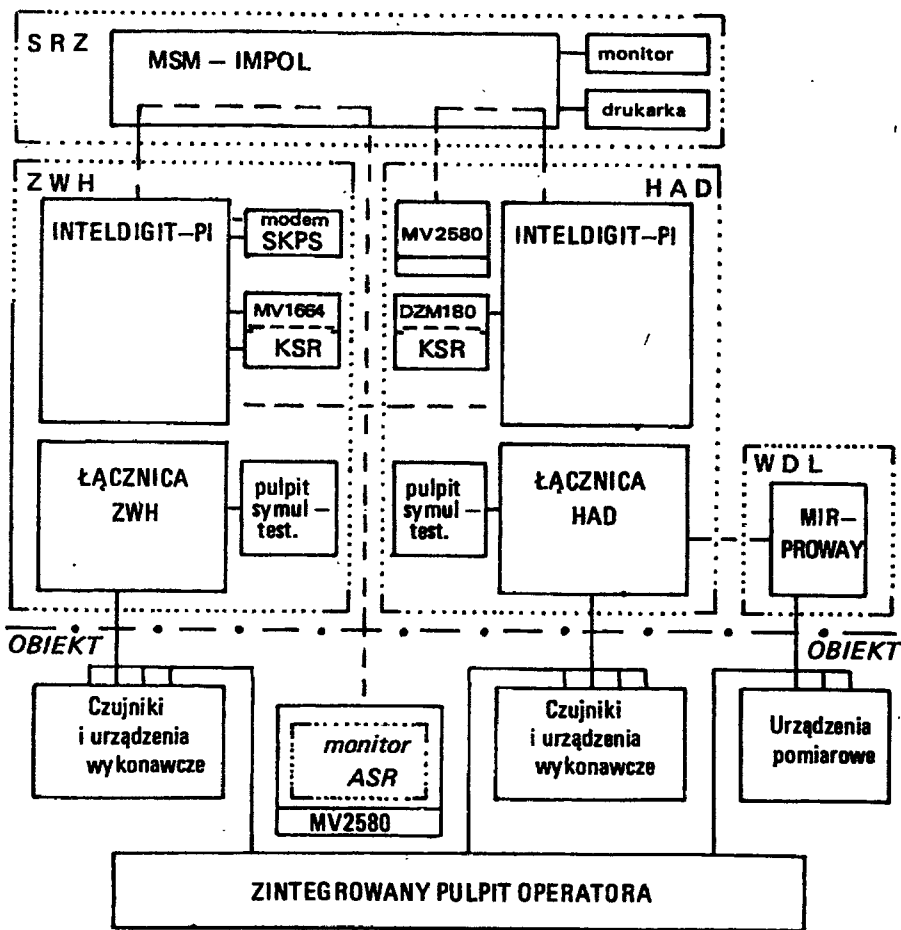
Ponadto system SKPS otrzymuje dane o realizacji rozrządzenia oraz o przestawieniach wagonów dokonanych po zakończeniu rozrządzenia, co umożliwi panowanie nad sytuacją w grupie torów kierunkowych stacji rozrządowej.

System ASR poza kartą rozrządową otrzymuje z systemu SKPS sytuację pociągową „na przybyciu”, co znacznie ułatwia operatorowi zażądania właściwej karty rozrządowej.

Wzajemna wymiana informacji pomiędzy systemami ASR i SKPS jest możliwa jedynie w przerwach między kolejnymi rozrządami pociągów z uwagi na ograniczenia czasowe występujące w systemach mikroprocesorowych w czasie realizacji funkcji sterujących procesem rozrządzenia.

2. KONFIGURACJA SPRZĘTOWA SYSTEMU ASR

System ASR został zbudowany w oparciu o zestawy urządzeń mikroprocesorowych, których jednostką centralną stanowi procesor INTEL 8080. Konfiguracja sprzętowa zintegrowanego systemu ASR została przedstawiona na rys. 2.



Rys. 2. Konfiguracja sprzętowa systemu ASR.

Zestawy podsystemów WDL1 i WDL2 wykonano w wersji INTEL DIGIT-PROWAY. Każdy jednokasetowy zestaw obsługujący po 12 torów docelowych wyposażony jest w następujące pakiety: jednostkę centralną (MM80), pamięci RAM 4 kB (ML30), pamięci EPROM 8 kB (ML40), dwa interfejsy szeregowo (MI24), 16 wejść dwustanowych statycznych (MC01), 16 wyjść dwustanowych (MC21).

Zestawy WDL1 i WDL2 umieszczone są w pomieszczeniu przy grupie torów kierunkowych i realizują następujące funkcje:

- przetwarzanie binarnych wartości odległości na torach kierunkowych otrzymanych z generatorowego urządzenia pomiarowego,
- wybór toru do pomiaru wolnej długości,
- wyświetlenie wartości wolnych długości wszystkich torów na dwucyfrowych wskaźnikach siedmiosegmentowych na pulpicie operatora rozrządu,
- przesyłanie zmian wartości wolnych długości łączem transmisji szeregowo do zestawu HAD.

Podsystemy HAD i ZWH zostały zbudowane w oparciu o zestawy typu INTEL DIGIT-PI, które zostały umieszczone w nastawni rozrządowej obok pomieszczenia, gdzie znajduje się pulpit operatora. Zestaw systemu HAD ma następującą konfigurację:

- kaseata mikroprocesorowa z pakietami jednostki centralnej, pamięci RAM 4 kB i EPROM 16 kB, kontroli oraz urządzeń zewnętrznych,
- cztery kasetki sprzężenia z obiektem zawierające pakiety:
 - a) wejściowe dla sygnałów dwustanowych statycznych (PI23; 5 szt.) i statyczno-przerwywających (PI01; 13 szt.) oraz dla sygnałów analogowych (PE04 i PE03 po 2 szt.),
 - b) wyjściowe dla sygnałów dwustanowych (PO21; 3 szt.),
 - c) transmisji szeregowo (PS106; 3 szt.),
- monitor MV1664 i klawiatura KSR.

Oprogramowanie systemu HAD zajmuje obszar 10 kB pamięci typu EPROM i wykorzystuje 4 kB pamięci RAM. Programy systemu HAD realizują następujące funkcje:

- pomiar czasów przejazdu na dwóch 10-metrowych oczujnikowanych odcinkach kontrolnych przed hamulcami docelowymi,
- zadawanie prędkości wyjazdu odpręgu z hamulca na podstawie aktualnej wolnej długości toru i zmierzonych czasów przejazdu,
- kontrola zwalniania odcinka hamulcowego,
- kontrola przycisków hamulca w pulpicie operatora rozrządu,
- kontrola stanu uniesienia i spoczynku (luzowania) hamulców,
- kontrola pracy hydraulicznych maszynowni hamulców docelowych,
- kontrola poprawności pracy radarowego systemu sterowania hamulcami docelowymi (SHT),

- informowanie operatora rozrządu o pracy automatycznego systemu hamowania (odprzeg w strefie oddziaływania systemu HAD),
- informowanie operatora rozrządu o pracy zestawu HAD,
- żądanie wolnych długości torów od systemów WDL1 i WDL2 oraz informowanie operatora o poprawności pracy tych systemów.

Oprogramowanie użytkowe realizujące te funkcje składa się z monitora przerwań oraz procedur wykonywanych cyklicznie w jednej pętli programowej.

System ZWH został zbudowany w oparciu o zestaw typu INTELDIGIT-PI o następującej konfiguracji:

- kasetę mikroprocesorową jak w systemie HAD, przy czym posiada ona 3 pakiety pamięci RAM po 4 kB i 3 pakiety pamięci EPROM po 16 kB,
- sześć kaset sprzężenia z obiektem zawierających następujące pakiety:
 - a) wejść dla sygnałów dwustanowych statycznych (PI23;7 szt.) i statyczno-przerywających (PI01;12 szt.) oraz dla sygnałów analogowych stałonapięciowych (PE04 i PE03 po 1 szt.),
 - b) wyjść dla sygnałów dwustanowych (PO21;7 szt.),
 - c) transmisji szeregowej (PS106;2 szt.),
- monitor ekranowy MV1664 i klawiatura KSR.

Dodatkowo system ZWH jest wyposażony w monochromatyczny, semigraficzny monitor ekranowy MV2580 umieszczony obok pulpitu operatora. Monitor ten jest źródłem informacji o pracy systemu ZWH oraz jest wykorzystywany do konwersacyjnej obsługi przez operatora rozrządu.

Podsystem SRZ rejestruje zdarzenia zachodzące w czasie eksploatacji systemu ASR oraz retransmituje komunikaty generowane przez system ZWH na monitor ekranowy przy pulpicie operatora. System SRZ, tzw. „czarna skrzynka”, rejestruje informacje o przebiegu rozrządania, uwagi i komunikaty o stanie urządzeń obiektu i zestawów mikroprocesorowych oraz rejestruje wszelkie ingerencje operatora rozrządu w trakcie pracy systemów ZWH i HAD. Informacje te, zapisywane w pamięci typu CMOS RAM z podtrzymaniem bateryjnym, pozwalają na odtworzenie przebiegu rozrządania i ustalenie przyczyn ewentualnego wypadku na stacji.

System SRZ zbudowany jest w oparciu o jedną kasetę systemu MSM-IMPOL wyposażoną, poza pakietami jednostki centralnej, w dwa moduły pamięci typu CMOS RAM z własnym podtrzymaniem bateryjnym o pojemności 8 kB oraz dwa moduły z dwoma interfejsami transmisji szeregowej. Informacje przesyłane z systemów HAD i ZWH obsługiwane są przerwaniowo za pomocą oddzielnych interfejsów szeregowych. Retransmisja informacji na monitory ekranowe realizowana jest również przez dwa oddzielne kanały transmisji szeregowej. Na rejestrację zdarzeń zarezerwowano po 8 kB pamięci dla każdego systemu.

Oprogramowanie systemu SRZ zostało napisane w języku assemblera INTEL 8080 pod systemem CP/M.

3. OPROGRAMOWANIE SYSTEMU ZWH

System ZWH realizuje podstawową funkcję systemu ASR, tzn. steruje pracą górkę rozrządowej w strefie podziałowej zgodnie z zadaną przez system SKPS kartą rozrządową. Na podstawie informacji o ruchu i właściwościach biegowych staczanych odpręgów, dostarczanych do systemu przez czujniki szynowe i w oparciu o istniejące urządzenia automatyki rozrządu wykonuje następujące funkcje:

- zliczanie osi na czujnikach wjazdowych i wyjazdowych zwrotnic,
- śledzenie stanu zajętości zwrotnic w oparciu o odcinki izolowane,
- rejestracja zmian położeń zwrotnic,
- rejestracja użycia przycisków indywidualnego przestawiania zwrotnic z pulpitu operatora,
- identyfikacja odpręgów na czujnikach rozlokowanych tuż za szczytem górkę,
- samoczynne nastawianie zwrotnic,
- kontrola pracy hydraulicznej maszynowni hamulców odstępowych,
- pomiar czasów przejazdu na dwóch oczujnikowanych 5—metrowych odcinkach kontrolnych przed hamulcem odstępowym,
- kontrola zwolnienia odcinka hamulcowego,
- kontrola przycisków hamulca odstępowego w pulpicie operatora,
- kontrola stanu uniesienia i spoczynku (luzowania) hamulca odstępowego,
- zadawanie prędkości wyjazdu z hamulca odstępowego do radarowego systemu sterowania (SHT),
- odczyt prędkości wjazdu odpręgu na hamulec i prędkości w momencie luzowania z systemu (SHT),
- informowanie operatora pulpitu o pracy systemu automatycznego hamowania odstępowego,
- informowanie operatora o wyłączeniu zwrotnic z samoczynnego nastawiania,
- awaryjna identyfikacja odpręgów na czujnikach pierwszej zwrotnicy podziałowej,
- wprowadzanie karty rozrządowej i poprawek do niej z tastaury na pulpicie operatora,
- obsługa wyświetlaczy na pulpicie operatora, które ilustrują przemieszczania się odpręgów,
- obsługa zleceń operatorskich z klawiatury w pulpicie,
- wyświetlanie informacji o pracy systemu ZWH i stanie urządzeń automatyki na monitor ekranowy przy pulpicie,
- współpraca z systemem SKPS.

Jak widać z powyższego, system ZWH spełnia w zintegrowanym systemie ASR rolę jednostki nadrzędnej, tzn. zapewnia dialog operatora rozrządu z systemem ASR oraz realizuje wymianę informacji z systemem SKPS.

Oprogramowanie systemu ZWH stanowią: oprogramowanie podstawowe PI—80 oraz

oprogramowanie użytkowe, sterujące procesem rozrządzenia wagonów. Program systemu PI-80 zajmuje obszar 4 kB pamięci i składa się z następujących modułów: restart systemu, monitor operatorski, monitor przerwań, testy urządzeń zestawu PI, wielozadaniowy koordynator czasu rzeczywistego oraz podprogramy i procedury pomocnicze do obsługi pakietów wejść i wyjść, klawiatury, monitora itp.

Oprogramowanie użytkowe systemu ZWH zajmuje łącznie obszar pamięci o pojemności 43 kB, w tym około 8,5 kB pamięci typu RAM. Zawiera ono programy obsługi przerwań, bibliotekę podprogramów do obsługi zadań użytkowych oraz sześć zadań, którymi zarządza koordynator według zaprojektowanych priorytetów.

Całość oprogramowania została napisana w języku asemblera INTEL 8080. Programy źródłowe poszczególnych modułów systemu ZWH zostały zapisane na dysku elastycznym 5,25" pod systemem MS DOS komputera typu IBM PC.

Postać wynikowa oprogramowania użytkowego (heksadecymalne rekordy zgodne ze standardem INTEL 8080) została wygenerowana przy wykorzystaniu programu asemblera skrośnego ASM85 oraz programu łączącego LOD85 firmy MICROTEC. Programy użytkowe systemu ZWH w postaci wynikowej zostały na trwałe zapisane w 16 układach pamięci EPROM.

4. WNIOSKI Z DOTYCHCZASOWEJ EKSPLOATACJI SYSTEMU ASR

Aktualnie eksploatowany mikroprocesorowy system Automatycznego Sterowania Rozrzędem na stacji Lublin – Tatary jest rozwiązaniem prototypowym, zarówno ze względu na sprzęt jak i algorytmy sterowania. Wykonany został w oparciu o zróżnicowany sprzęt mikroprocesorowy (zestawy typu INTELDIGIT-PI, INTELDIGIT-PROWAY oraz MSM-IMPOL). Z uwagi na sześcioletni okres eksploatacji uruchomieniowo-badawczej oraz brak możliwości dalszej rozbudowy i modyfikacji zachodzi konieczność wymiany wykorzystywanego sprzętu mikroprocesorowego. Dotychczasowe doświadczenia ruchowo-eksploatacyjne potwierdziły ogólną prawidłowość założeń techniczno-programowych dla systemu ASR. Jednocześnie wykazują one, że w celu zapewnienia kompleksowej automatyzacji procesu rozrządzenia należy usprawnić i rozszerzyć wzajemne sprzężenie funkcjonalne systemów ASR i SKPS, co przyczyni się do zwiększenia efektów eksploatacyjnych zastosowanych urządzeń automatyki rozrządu oraz ograniczy do minimum zakres czynności związanych z obsługą rozrządu.

W związku z powyższym w MERA-PIAP w Warszawie na zamówienie Wschodniej Dyrekcji Kolei Państwowych w Lublinie jest realizowana nowa wersja systemu ASR. Opracowywany system będzie spełniał wymagania funkcjonalne systemu dotychczas eksploatowanego, przy niezmienionych urządzeniach automatyki rozrządu (w tym również system pomiaru wolnej długości torów kierunkowych). Systemy ZWH i HAD (dwa zestawy INTELDIGIT-PI oraz MSM-IMPOL) zostaną zastąpione dwukasetowym zestawem typu INTELDIGIT-PROWAY (z dwoma modułami jednostki central-

nej MM16 z procesorem INTEL 8086) oraz mikrokomputerem typu IBM PC/AT stanowiącym jednostkę nadrzędną systemu ASR. Systemy ZWH i HAD zachowują nadal możliwość pracy autonomicznej.

Celem wprowadzenia nadrzędnej jednostki centralnej (system LTB) do systemu ASR jest odciążenie podsystemów ZWH i HAD, zbierających dane pomiarowe i sterujących obiektem, od przetwarzania danych związanych z operatorską obsługą systemu ASR oraz odciążenie od współpracy z SKPS. Przesunięcie realizacji powyższych funkcji do oddzielnego podsystemu LTB pozwoli na ich właściwe rozwiązanie, usprawni i ułatwi pracę operatora rozrządu, a w konsekwencji przyczyni się do sprawniejszego rozrządzenia pociągów.

W nowej konfiguracji sprzętowej system ASR będzie realizował graficzną prezentację przebiegu rozrządzenia na kolorowym monitorze ekranowym, co zasadniczo ułatwi operatorowi śledzenie automatycznego rozrządzenia.

W związku z wymianą sprzętu ulegnie również zmianie oprogramowanie. Całość oprogramowania zostanie napisana w języku C, w różnych implementacjach: Turbo C, Microsoft C (system nadrzędny LTB) oraz Aztec C (systemy ZWH i HAD), co w znacznym stopniu zwiększy efektywność tworzenia oprogramowania, modyfikalność i przenośność programów. Oprogramowanie użytkowe będzie pracowało pod kontrolą systemu operacyjnego czasu rzeczywistego SIRTOS, opracowanego w MERA-PIAP dla zestawów INTEL DIGIT-PROWAY z procesorem INTEL 8086.