

Stanisław Bubak¹, Zbigniew Wadowski²**ROZWÓJ ŚWIATŁOWODOWEGO SYSTEMU
TELETRANSMISYJNEGO ZE KRAKÓW S.A.****1. Wstęp**

Od czasu uzyskania samodzielności ekonomicznej poszczególnych podmiotów w energetyce zawodowej wzrastają potrzeby szybkiego i niezawodnego przekazywania danych telemetrycznych (rozliczenia z innymi podmiotami rynku energii: inne zakłady energetyczne, producenci energii, spółki przesyłowe), sygnalizacji, telemekhaniki i fonii pomiędzy stacjami elektroenergetycznymi a punktami dyspozytorskimi. Ponadto nowoczesne systemy zarządzania poszczególnymi elementami Zakładów Energetycznych wymusiły budowę nowych sieci teleinformatycznych oraz sieci łączy telefonicznych zarówno administracyjnych, jak i dyspozytorskich. Sieci te docelowo ulegną połączeniu w jedną zintegrowaną sieć teleinformatyczną.

Wszystkie te uwarunkowania wymuszają od służb telekomunikacyjnych poszczególnych Zakładów Energetycznych zapewnienie łączy niezawodnych, o bardzo dużej pojemności i elastyczności. Warunki te mogą spełnić tylko łącza cyfrowe. Po analizie wszelkich rozwiązań w Zakładzie Energetycznym Kraków S.A. zdecydowano się na budowę sieci transmisyjnej opartej o łącza światłowodowe i sprzęt systemu SDH uzupełniony sprzętem systemu PDH.

2. Sieć światłowodowa

Zakład Energetyczny Kraków S.A. podjął budowę nowoczesnej sieci transmisyjnej w 1996 roku. Budowa sieci została oparta na przewodach światłowodowych zainstalowanych na liniach elektroenergetycznych WN 110 kV lub ułożonych obok doziemnych linii kablowych WN oraz kablach wciąganych do miejskiej sieci kanalizacji teletechnicznej.

¹ Energoprojekt Kraków S.A.

² Zakład Energetyczny Kraków S.A.

Główne ciągi w sieci ZE Kraków S.A. zbudowane zostały na liniach napowietrznych 110 kV przy użyciu przewodów odgromowych z wbudowanymi włóknami światłowodowymi (OPGW) w miejsce istniejących przewodów odgromowych (AFL). Połączenia z bramek stacyjnych do budynków wykonano kablami światłowodowymi z wykorzystaniem istniejących na stacjach kanałów kablowych.

Przewody OPGW pochodzą z dostaw firm Alcoa Fijikura, Nokia lub Alcatel, natomiast kable z Fabryki Kabli Ożarów a ostatnio z Tele-foniki Myślenice. Na początku budowy sieci stosowano 12 lub 24-ro włóknowe przewody światłowodowe natomiast w ostatnich aplikacjach zwiększono ilość włókien nawet do 48. Wszystkie włókna światłowodowe są przystosowane do transmisji z długością fali 1330 i 1500 nm.

Plan sieci światłowodowej ZE Kraków S.A. w powiązaniu z sąsiednimi dystrybucjami pokazano na rysunku 1.

3. Wybór systemu teletransmisyjnego

Przy wyborze systemu teletransmisyjnego wzięto pod uwagę bieżące potrzeby teletransmisyjne (w 1996 roku) oraz przewidywane potrzeby w przyszłości. Rozważano dobór sprzętu PDH i SDH. Zakładano, że na potrzeby technologiczne wystarczy przepływność 2 Mbit/s, natomiast trudno było przewidzieć przepływności konieczne dla przyszłościowych wymagań (sieci telefoniczne z integracją usług, sieci komputerowe WAN). Dodatkowo brano pod uwagę analizy cenowe sprzętu. Po analizach techniczno-ekonomicznych podjęto decyzję o budowie sieci opartej o sprzęt SDH STM-1 uzupełniony na relacjach dosyłowych sprzętem PDH o przepływności 8 Mbit/s. W tym okresie była to odważna decyzja. Zakład Energetyczny Kraków był pierwszym zakładem w kraju w którym zastosowano sprzęt hierarchii SDH. Taką decyzję ułatwił fakt, że cena sprzętu PDH 34 Mbit/s była niższa tylko o ok. 10-15% w stosunku do sprzętu SDH a możliwości teletransmisyjne sprzętu PDH były o wiele niższe.

Na dostawcę sprzętu wybrano po przeprowadzonych przetargach firmę NOKIA.

4. Opis rozwoju sieci

W roku 1996 rozpoczęto budowę sieci teletransmisyjnej na terenie miasta Krakowa. W pierwszym etapie uruchomiono pierścień SDH wewnątrz Zakładu Energetycznego obejmującego trzy węzły. Po jednym w konfiguracji DXC (*Digital Cross-Connect*) w „budynku B” – stanowisko głównej zakładowej centrali PABX i w „budynku ZDM” – stanowisko gdzie zbiegają się wszelkie informacje telemetryczne i dyspozytorskie. Jeden w konfiguracji ADM (Add Drop Multiplexer) – „budynek A” – stanowisko serwerów i ruterów sieci komputerowej oraz siedziba Zarządu spółki. Do tego pierścienia dołączono cztery węzły w konfiguracji TM (Terminal Multiplexer) – trzy w siedzibach Rejonów Dystrybucyjnych (Krowodrza, Podgórze, Nowa Huta) oraz jeden w stacji 220/110 kV Wanda (jedno z miejsc wyjściowych sieci teletransmisyjnej do połączeń krajowych). Dodatkowo stacje elektroenergetyczne 110/15 kV Łęg i Czyżyny wyposażono w sprzęt PDH 8 Mbit/s pracujące jako gałęzie dosyłowe do węzła SDH w stacji Wanda. Sprzęt ten transmituje pomiędzy tymi stacjami również sygnały zabezpieczeń linii WN. W roku tym uruchomiono również system zarządzania i monitoringu sieci PDH i SDH. Stanowisko dyspozytorskie tego systemu zostało uruchomione w „budynku B”.

Składało się ono z dwóch komputerów: jeden dla zarządzania i monitorowania sieci SDH i drugi dla sieci PDH. W późniejszym terminie zarządzanie siecią PDH zostało przeniesione do komputera PC nadzorującego sieć SDH stosując odpowiednie oprogramowanie.

W roku 1997 podjęto rozbudowę sieci o węzły PDH w Rejonie Dystrybucji Nowy Sącz, stacji Naściszowska, Posterunku Energetycznym Łącko i stacji Tarnów Południe, należącej do Zakładu Energetycznego Tarnów. Wydzierżawiono 3 kanały E1 (2 Mbit/s) od Zakładu Energetycznego Tarnów (pomiędzy stacjami Tarnów Południe - Klikowa) i od TEL-ENERGO (pomiędzy stacjami Klikowa - Wanda). W/w łącza umożliwiały transmisję z RD Nowy Sącz oraz sygnałów nadzoru urządzeń PDH.

Na przełomie lat 1997/1998 postanowiono rozbudować sieć SDH STM-1 o węzły w Rejonach Dystrybucji Nowy Sącz, Zakopane, Nowy Targ oraz stacjach elektroenergetycznych 110/15 kV Niedzica i Szaflary. W rejonach węzły uruchomiono w konfiguracji TM, w stacji Niedzica w konfiguracji ADM zaś w stacji Szaflary w konfiguracji DXC.

W roku 2000 Zakład Energetyczny Kraków zdecydował się na budowę odcinka sieci łączącej dwie istniejące „wyspy” SDH STM-1 – „krakowską” i „podhalańską”. Zdecydowano się, ze względu na zwiększenie potrzeb transmisyjnych sieci komputerowej, na zastosowanie sprzętu SDH STM-4. Zainstalowano węzły w następujących obiektach: stacja 110/15 kV Rabka (w konfiguracji ADM), stacja 110 kV Huta Skawina (ADM), ZDM Kraków (ADM) oraz rozbudowano węzeł STM-1 w stacji 110/15 kV Szaflary do poziomu STM-4 (DXC). Zrealizowano również trakt dosyłowy PDH 8 Mbit/s pomiędzy stacją Huta Skawina a Elektrownią Skawina.

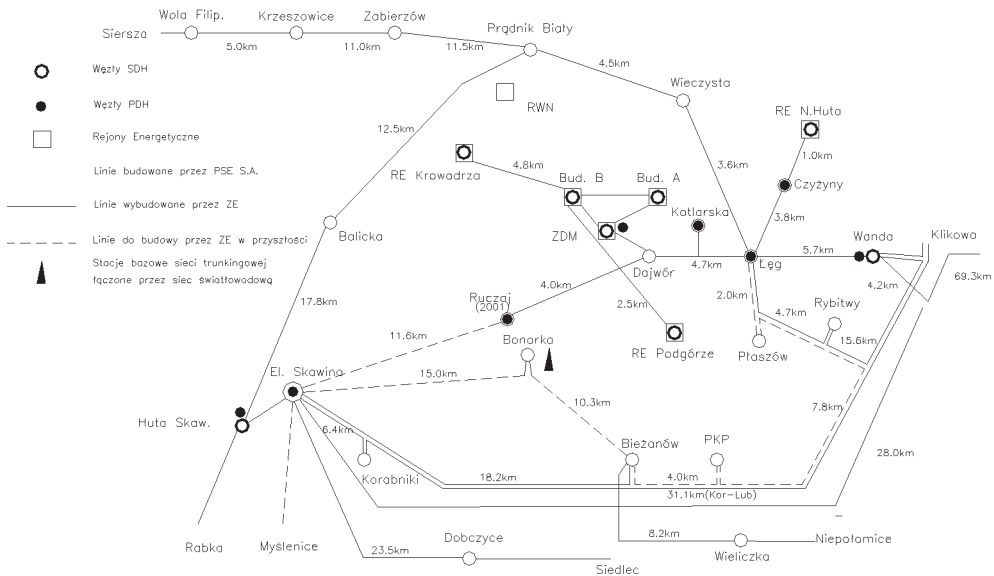
W roku 2001 włączono do systemu sieci światłowodowej stację Kotlarska i Ruczaj oraz zainstalowano na niektórych liniach zabezpieczenia odcinkowe linii 110 kV wykorzystując do tego celu dedykowane włókna. Postanowiono również połączyć elektrownie Rożnów i Czchów przewodem światłowodowym zawieszonym na podporach linii 30 kV.

Sieć światłowodową na terenie miasta Krakowa przedstawia rysunek 2, natomiast schemat struktury całej sieci ZE Kraków S.A. przedstawia rysunek 3.

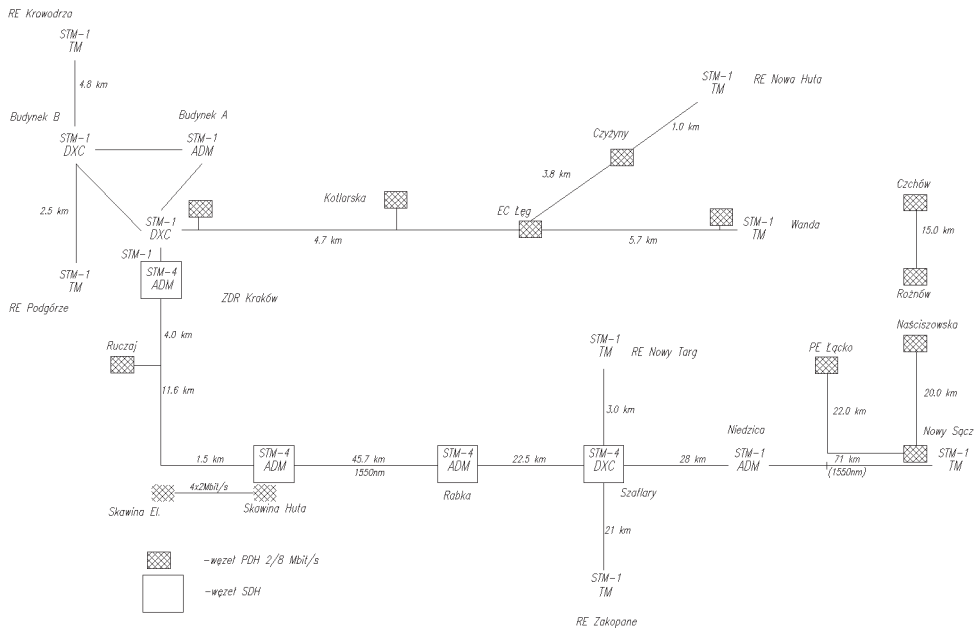
5. System zarządzania i monitoringu

System zarządzania i monitoringu światłowodowej sieci teletransmisyjnej ZE Kraków S.A. oparty jest o dwa oddzielne systemy dla sieci PDH i SDH. Dla sieci PDH system posługuje się protokołem Q1, a dla sieci SDH protokołem Q3. Oba systemy łączy jeden program Nokia Management System (NMS). W początkowym etapie instalacji urządzeń światłowodowych zainstalowany został system zarządzania w oparciu o komputer PC Pentium 75. Na komputerze tym zaimplementowano system NMS/10 w wersji C3.5 A. Dla obsługi węzłów SYNFO NET wersji C 3.0 uruchomiono programy: SNM w wersji 3.21 i SAM C3.20 oraz dodatkowo do konfiguracji węzłów PDH oprogramowanie MACRO STE i PAM C 1.0. Dla celów nadzoru sieci PDH zainstalowany został komputer systemu TMS 4 typu PC 386 z zaimplementowanym programem TMC 03B. Interfejsy użytkownika wymienionych systemów były bardzo kłopotliwe dla administratorów sieci.

W następnym etapie, po wybudowaniu sieci w rejonie Podhala powstała wyspa SDH, która nie mogła być objęta zainstalowanym systemem zarządzania ze względu na wyższy poziom oprogramowania zainstalowanych węzłów (SYNFO NET C 3.21) oraz brak odpowiednio szybkich łączy dla przesyłania protokołu Q3. Dopiero w obecnej chwili, po uruchomieniu



Rys. 2. Sieć światłowodowa na terenie miasta Krakowa



Rys. 3. Schemat strukturalny systemu światłowodowego

łączy światłowodowych pomiędzy wyspami w oparciu o sprzęt STM-4 system zarządzania został kompleksowo zmodernizowany. Wersje oprogramowania wszystkich węzłów całej sieci ZE Kraków SDH zostały podniesione do poziomu C 3.60 i objęte jednym systemem zarządzania NMS/10 wersji C4.1. System ten został zainstalowany jako całkowicie nowe sta-

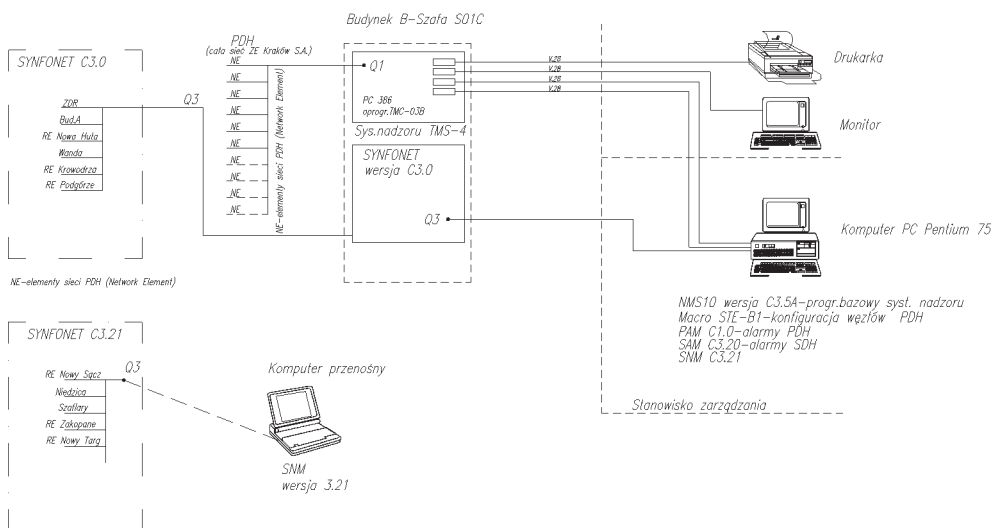
nowisko oparte o komputer PC Pentium III odpowiednio wyposażony. Na tym samym stanowisku zainstalowano oprogramowanie (MF Manager oraz PAM) i sprzęt dla nadzoru węzłów sieci PDH (karty montowane do slotów ISA płyty głównej PC (Polling card i Q1 interface card).

Zainstalowany system zarządzania umożliwia realizację następujących funkcji:

- graficzne odwzorowanie struktury sieci
- konfiguracje elementów sieci
- konfiguracje układu sieci teletransmisyjnej
- administrację sieci
- zbieranie i analiza alarmów
- zarządzanie i kontrola jakości pracy sieci

Dodatkowymi elementami uzupełniającymi system zarządzania są komputer przenośny (Laptop) i Terminal Serwisowy. Laptop pozwala na lokalne serwisowanie i zarządzanie węzłami SDH. Terminal Serwisowy jest on elementem przenośnym, pozwala na lokalne i zdalne serwisowanie i konfigurowanie węzłów sieci PDH. Przy zastosowaniu w poszczególnych węzłach PDH modułu TMS-Adaptor możliwe jest równoczesne komunikowanie się za pomocą Terminala Serwisowego oraz pracę systemu nadzoru.

Konfigurację systemu zarządzania w pierwszym etapie oraz obecnym przedstawiają rysunki nr 4, 5, 7.

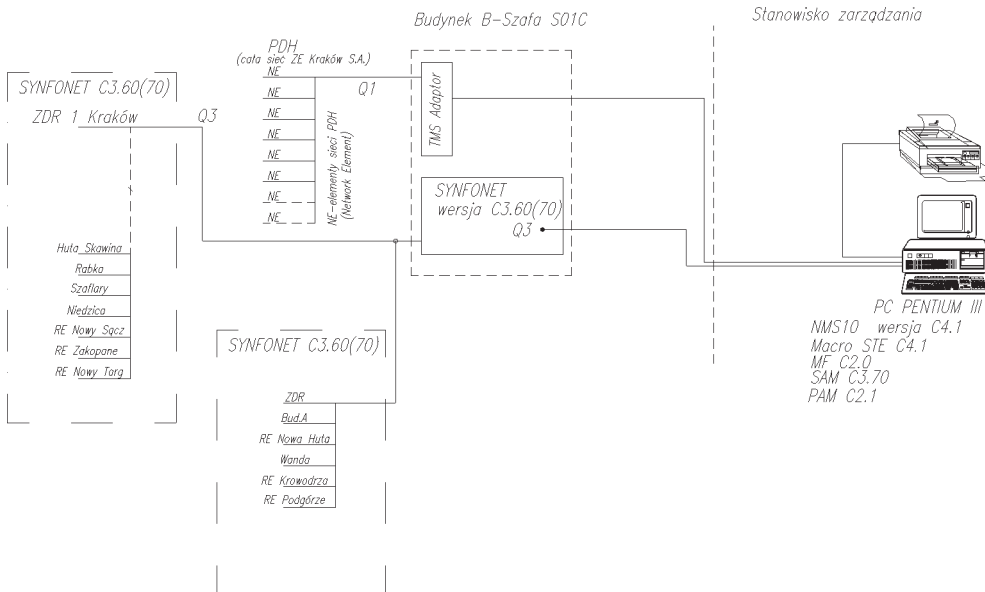


Rys. 4. System zarządzania. Stan wyjściowy

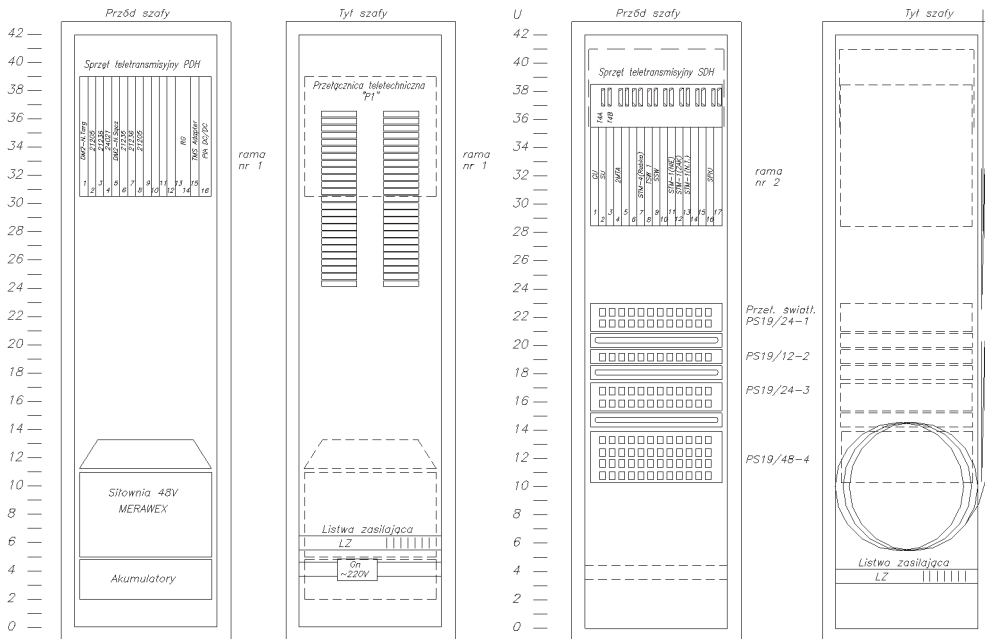
6. Konstrukcja mechaniczna

Zarówno sprzęt SDH jak również sprzęt PDH jest umieszczony w ramach 19" szaf dostępnych. Sprzęt ma budowę modułową typu „plug-in”. Konstrukcja ramy umożliwia różne konfigurowanie modułów. Ramy łącznie z modułami i okablowaniem są w pełni kompatybilne EMC pod warunkiem wykonania odpowiedniego uziemienia sprzętu i kabli. Przykładowe

rozmieszczenie modułów urządzeń teletransmisyjnych i sposób montażu w szafie z ramami 19” pokazano na rysunku 6.

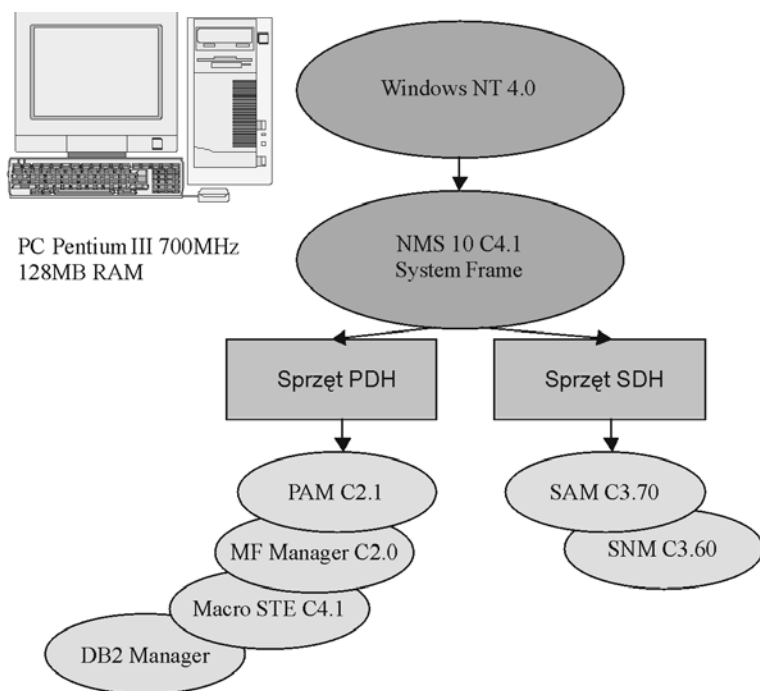


Rys. 5. System zarządzania. Stan końcowy



U=44,45mm
Szafa o wym.2063x600x600mm /wys.x szer.x głęb./

Rys. 6.



Rys. 7. Struktura systemu zarządzania siecią SDH i PDH

7. Zasilanie sprzętu teletransmisyjnego

Sprzęt teletransmisyjny firmy NOKIA jest przystosowany do zasilania napięciem 20÷72 V (DC) prądu stałego. Poszczególne panele ze sprzętem teletransmisyjnym są wyposażone w jeden zasilacz DC/DC przetwarzający napięcie zasilające na napięcia wymagane przez sprzęt transmisyjny. Awaryjność zasilaczy firmy NOKIA jest mniejsza od awaryjności sprzętu teletransmisyjnego i w związku z tym zrezygnowano z zastosowania zasilaczy redundacyjnych.

W celu zachowania całkowitej odrębności transmisji światłowodowej od istniejących środków łączności przyjęto, że węzły teletransmisji światłowodowej będą zasilane z wydzielonych źródeł.

Dla zapewnienia w/w warunku początkowo stosowano System gwarantowanego Zasilania napięciem 48 V (DC) prądu stałego firmy ELECTRONIC DESIGN PS-Gliwice. System zawiera dwa zasilacze ~220V AC/48 V DC, baterię akumulatorów oraz układ kontroli ładowania baterii, sygnalizacji pracy zasilaczy i stanu baterii. Cały system zmontowany jest w oddzielnej szafie.

W następnych etapach prac sprzęt ten zastąpiono siłownią prądu stałego 48 V typu SI48-10AK2 prod. MERA WEX Gliwice, która posiada również dwa zasilacze, baterię akumulatorów oraz układ kontroli ładowania baterii, sygnalizacji pracy zasilaczy i stanu baterii. Siłownia była montowana w kasetach 19" i można było ją umieścić w tej samej szafie dostępowej w której montowany był sprzęt teletransmisyjny.

W przyszłościowych pracach przewiduje się zastosowanie również siłowni prod. MERAWEX lecz w zmodernizowanej wersji.

8. Przełącznice optyczne

Kable światłowodowe zostały wprowadzone do przełącznic optycznych, w których są umieszczone spawane włókna zakończone złączami optycznymi. Początkowo stosowano złącza typu E-2000 prod. DIAMOND, a następnie złącza typu E-2000 APC. Przełącznice optyczne firmy OPTOMER-Lódź zostały umieszczone w szafach urządzeń transmisyjnych. W szafach tych zgromadzono również zapasy kabli światłowodowych. Taka lokalizacja zapewnia bezpieczne i pewne połączenie przełącznic optycznych z urządzeniami liniowymi.

9. Przełącznice teletechniczne

Obwody kart dostępowych multiplekserów PCM oraz obwody E1 (2 Mbit/s) zostały zakończone na przełącznicach teletechnicznych. Przełącznice te zbudowane w oparciu o sprzęt firmy KRONE (łączówki LSA-PLUS, gniezdniki, nakładki opisowe) zlokalizowano w części tylnej szaf teletechnicznych łącznie ze sprzętem teletransmisyjnym.