

Przywrócenie całkowitej sprawności technicznej maszyn wiąże się z dwoma zagadnieniami: przywróceniem sprawności mechanicznej oraz sprawności układów sterowania.

Brygady remontowe ówczesnego ZG Jarosław opanowały wykonywanie remontów mechanicznych; zorganizowano dostawy części zamiennych od krajowych producentów i do dnia dzisiejszego utrzymanie sprawności mechanicznej nie stwarza większych kłopotów.

Inaczej było z pneumatycznymi układami sterowania maszyn. Dostawy części zamiennych stały się niemożliwe z powodu zaprzestania ich produkcji. Jediną możliwością modernizacji układów sterowania motosprężarek była ich całkowita zamiana na sterowanie oparte na PLC.

W 1994 roku przystąpiono do wykonania prototypowego układu sterowania dla motosprężarki GMVH-8 nr I w tłoczni gazu Jarosław I, opartego na sterowniku PLC. Po zrealizowaniu modernizacji pierwszej maszyny i pozytywnych wynikach testów nowego układu sterowania (sprawdzano zdolność ruchową maszyny, równomierność obciążenia itd.) planem modernizacji objęto kolejno motosprężarki w największych obiektach systemowych tj. w tłoczniach gazu Jarosław I i Maćkowie. W dalszej kolejności zmodernizowano tłocznie gazu Lubaczów i Mirosław.

Modernizacją w poszczególnych tłoczniach objęte zostały także układy związane z motosprężarkami: elektryczne rozdzielnie NN obsługujące napędy elektryczne maszyn, pole zaworowe, systemy p.poż. i systemy eksplozymetryczne, pomiary bilansowe tłoczni, kotłownie, stacje redukcyjno-pomiarowe i inne elementy infrastruktury technicznej. Wyremontowane zostały pomieszczenia dyspozytorskie, gdzie zainstalowano komputerowe stacje operatorskie oraz tablice synoptyczne wizualizujące stan tłoczni.

System monitoringu i sterowania tłoczni gazu

W tłoczniach gazu TJO Jarosław pracuje obecnie 18 motosprężarek typu GMVH. Motosprężarka GMVH jest kombinacją 4-, 6-, 8- lub 12- cylindrowego silnika gazowego i od dwóch do pięciu poziomych cylindrów sprężarkowych. Paliwem silnika jest gaz, który w suwie sprężania zostaje wymieszany w odpowiedniej proporcji z powietrzem płuczającym. Powietrze płuczające o wymaganym ciśnieniu dostarczane jest przez turbodoładowarkę napędzaną gazami spalinowymi z silnika.

Rozruch silnika odbywa się poprzez wstrzyknięcie do cylindrów sprężonego powietrza poprzez zawory rozruchowe, sterowane dystrybutorem powietrza rozruchowego. Główne części ruchome silnika (korbowody, łożyska itp.) smarowane są olejem pod ciśnieniem wytwarzanym przez pompę zębatą z głównego układu smarowania. Cylindry silnika chłodzone są mieszanką wodno-glikolową z tzw. gorącego układu chłodzenia, zaś powietrze płuczające przed wlotem do cylindrów chłodzone jest z niezależnego obiegu chłodzenia.

Podstawowym zadaniem zespołu sprężarkowego jest sprężanie gazu ziemnego o ciśnieniu ssania około 2,8 MPa do ciśnienia tłoczenia około 5,3 MPa.

Zastosowany w tłoczniach system automatycznego sterowania objął całość urządzeń związanych z pracą motosprężarki - zarówno silnik gazowy wraz z cylindrami sprężarkowymi, jak i urządzenia wchodzące w skład obiegów pomocniczych: obiegu wodnego, smarowania, powietrza rozruchowego, gazu paliwowego, powietrza płuczającego, spalin.

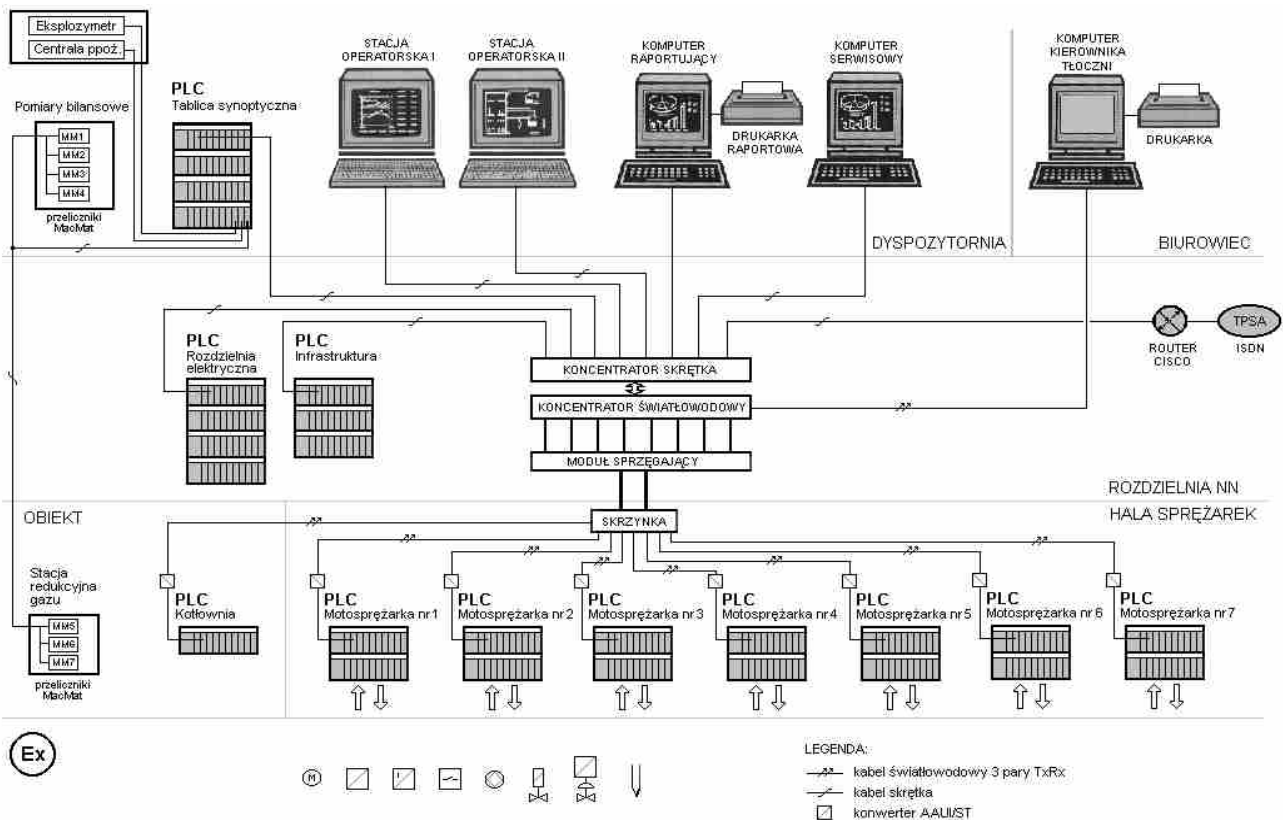
System sterowania motosprężarek GMVH ma za zadanie prowadzenie ich ruchu. Przez ruch maszyny rozumiemy: automatyczny rozruch motosprężarek i automatyczne podejmowanie obciążenia przez motosprężarkę, automatyczne zdejmowanie obciążenia, wyłączenie normalne, wyłączenie awaryjne oraz automatyczna obsługa wszystkich stanów blokadowych.

Ponieważ tłocznia gazu zakwalifikowana jest do kategorii zagrożenia wybuchem Z2, to w części obiektowej zastosowano aparaturę w wykonaniu iskrobezpiecznym Ex (i).

Najpełniejsze informacje o pracy motosprężarek i całej tłoczni dostępne są na komputerowych stacjach operatorskich. Oprogramowanie wizualizacyjne pozwala na bieżące monitorowanie procesu, generowanie raportów, sygnalizację stanów alarmowych, akwizycję danych i ich obróbkę statystyczną.

Konfiguracja systemu cyfrowego

Na rysunku nr 1 przedstawiono przykładową konfigurację systemu cyfrowego tłoczni gazu Maćkowiec.



Rysunek 1. Konfiguracja systemu cyfrowego w tłoczni gazu Maćkowiec

W skład systemu wchodzi w chwili obecnej jedenaście sterowników FANUC GE 90. Siedem sterowników zabudowanych na hali tłoczni w szafach sterujących maszyn (szafy z nadmuchiem powietrza, posiadające atest KD Barbara) obsługuje motospężarki. Kolejne sterowniki PLC to: zabudowany w rozdzielni elektrycznej sterownik nadzorujący pracę napędów elektrycznych motospężarek, zabudowany również w rozdzielni sterownik obsługujący pole zaworowe i dodatkowe obiekty infrastruktury technicznej tłoczni, sterownik sterujący tablicą synoptyczną zabudowany w pomieszczeniu dyspozytorni oraz sterownik w budynku kotłowni.

Komunikacja pomiędzy sterownikami odbywa się za pomocą sieci ETHERNET. Zastosowano dwa typy kabli (w zależności od środowiska):

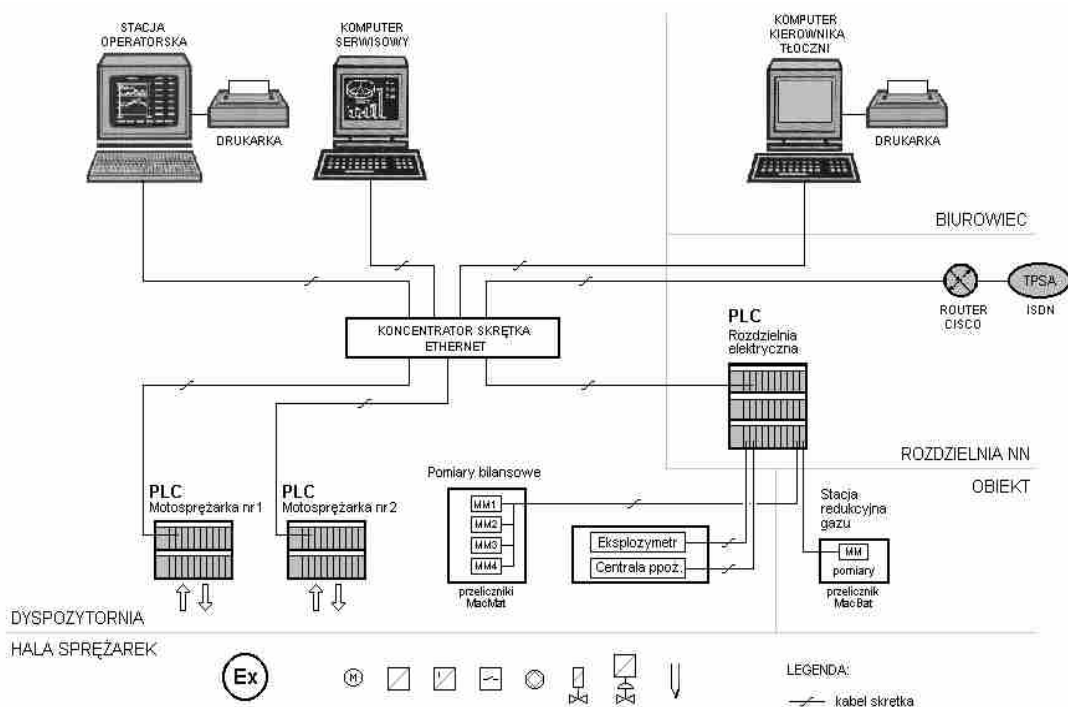
kabel miedziany (skrętkę UTP) - środowisko biurowe (w pomieszczeniach rozdzielni i dyspozytorni)

światłowody - środowisko przemysłowe (między szafami sterującymi motospężarek a dyspozytornią)

W skład systemu cyfrowego wchodzi dwie stacje operatorskie złożone z komputera Digital DPW266I, kolorowego monitora 21", klawiatury i myszki oraz drukarki.

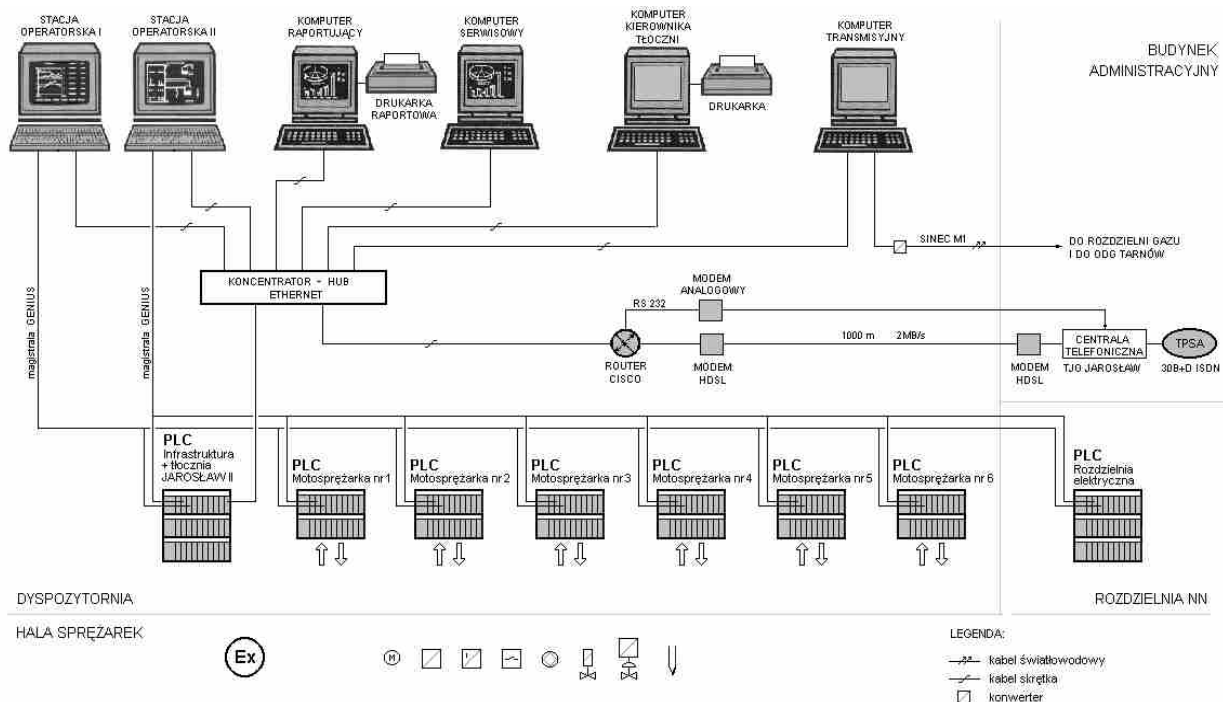
Konfiguracja systemu cyfrowego w każdej tłoczni jest inna. Wynika to nie tylko z różnej ilości motospężarek występujących na każdej z tłoczni, lecz także np. ze względów topograficznych takich jak odległość dyspozytorni od hali maszyn.

System cyfrowy tłoczni gazu Lubaczów (rysunek 2) skonfigurowany został podobnie jak tłoczni Maćkowice, z tą jednak różnicą, że z uwagi na bliskość dyspozytorni od hali maszyn sterowniki motosprężarek zabudowane są w szafach znajdujących się w dyspozytorni. Dzięki temu szafy te, znajdujące się w strefie bezpiecznej, nie wymagają nadmuchu powietrza.



Rysunek 2. Konfiguracja systemu cyfrowego w tłoczni gazu Lubaczów

System cyfrowy tłoczni Jarosław I obejmuje sterowniki zabudowane w pomieszczeniu pomocniczym dyspozytorni (ze względu na niewielką odległość hali maszyn od budynku dyspozytorni) oraz sterownik rozdzielni NN (rysunek 3). Komunikacja między poszczególnymi elementami systemu cyfrowego odbywa się tu po magistrali komunikacyjnej GENIUS. Każdy ze sterowników wyposażony jest w dwa moduły komunikacyjne, co tworzy dwie niezależne sieci GENIUS, zapewniając redundancję połączenia sieciowego.



Rysunek 3. Konfiguracja systemu cyfrowego w tłoczni gazu Jarosław

Doświadczenia eksploatacyjne zmodernizowanych układów sterowania motosprężarek

W chwili obecnej, po 7-letniej już eksploatacji zmodernizowanych maszyn dysponujemy dużą ilością spostrzeżeń i doświadczeń dotyczących ich pracy w nowym, automatycznym układzie sterowania. Można więc porównać pracę maszyn w poprzednim i obecnym systemie.

1. Podstawową zaletą wprowadzenia automatycznego systemu sterowania motosprężarek jest znaczne poprawienie ich zdolności ruchowej. Zapłon silników jest obecnie praktycznie każdorazowy i niezawodny, co w poprzednim układzie automatyki sprawiało najwięcej kłopotów. Poprawiły się także inne parametry eksploatacyjne, między innymi stałość obrotów motosprężarki w funkcji zmian obciążenia.

2. Nieporównywalnie lepszy jest dostęp do informacji o parametrach pracy maszyn. W zastosowanym systemie informacje o pracy motosprężarki dostępne są na szafie obiektowej przy motosprężarce oraz w dyspozytorni: na komputerowych stacjach operatorskich i na tablicy synoptycznej (w ścianę sterowni wbudowana została tablica wyposażona w lampki, wskaźniki i przyciski, na której naniesiono schemat technologiczny tłoczni tj. wszystkie motosprężarki wraz z przedpolem tłoczni czyli filtrami i polem zaworowym).

W ten sposób informacje o pracy maszyn dostępne są aż z trzech różnych źródeł (podczas gdy przed modernizacją praca motosprężarki mogła być śledzona wyłącznie na szafie obiektowej przy maszynie).

3. W obecnym układzie automatyki operator ma możliwość wyboru rodzaju i formy przedstawianej informacji. Informacje na stacjach operatorskich prezentuje się w następujący sposób:

- informacje w postaci obrazu schematu technologicznego całej instalacji lub węzła z aktualnymi wartościami zmiennych; informacja taka jest określana jako obraz synoptyczny
- informacje dotyczące układów regulacji w postaci obrazu elewacji regulatora analogowego
- informacje w postaci komunikatów dotyczących fazy pracy programów sekwencyjnych
- informacje w postaci trendów bieżących i historycznych
- informacje w postaci listy alarmów
- informacje mające charakter raportu z drukarki
- informacje diagnostyczne systemu.

4. Automatyczny system sterowania umożliwił znaczne uproszczenie obsługi maszyn. W poprzednim układzie sterowanie motosprężarką odbywało się przy pomocy przycisków umieszczonych w elewacji szafy obiektowej przy maszynie. Obecny system automatyki został zaprojektowany tak, by operator nie musiał podejmować decyzji i działań dotyczących obsługi poszczególnych faz pracy motosprężarki (tzn. rozruchu, obciążania, kontroli blokad, wyłączenia normalnego i awaryjnego). Do pamięci sterownika wpisany został program zbudowany w oparciu o algorytmy opracowane na podstawie instrukcji pracy motosprężarki i uzgodnień z producentem tych maszyn. Poszczególne fazy pracy motosprężarki wykonywane są w sposób automatyczny. Sterownik zaprogramowany został tak, że po wciśnięciu któregośkolwiek z przycisków START, OBCIĄŻANIE, STOP, AWARIA (na ekranie stacji operatorskiej, tablicy synoptycznej lub lokalnej szafie pomiarowej) zaczyna wykonywać uprzednio zaprogramowaną sekwencję działań. Jednocześnie sterownik śledzi wartości wszystkich parametrów powodujących blokadę motosprężarki i w przypadku ich przekroczenia powoduje zainicjowanie algorytmu wyłączenia awaryjnego.

5. System sterowania automatycznego motosprężarek poprawił znacznie komfort obsługi tych maszyn. Dotychczas operator pracował bezpośrednio na hali maszyn w niesprzyjających warunkach (hałas ponad 100 dB). Obecnie operator obsługuje wszystkie maszyny z pomieszczenia dyspozytorni.

6. Zastosowany w tłoczniach gazu system automatyki musi cechować duże bezpieczeństwo i niezawodność. W związku z tym:

a) Zaprojektowano system rozproszony, oparty na programowalnych sterownikach przemysłowych. Sterowanie motosprężarkami odbywa się ze stacji operatorskich, lecz w przypadku odłączenia czy awarii stacji każdy sterownik może samodzielnie realizować algorytm sterowania, bez interwencji operatora.

b) W przypadku całkowitego wyłączenia stacji operatorskiej motosprężarki mogą być sterowane z dyspozytorni z tablicy synoptycznej lub z lokalnej obiektowej szafy pomiarowej.

c) Ze względu na okablowanie zaprojektowano sieć w topologii gwiazdy (oprócz tłoczni gazu Jarosław). Jest to rozwiązanie, które posiada punkt centralny koncentracji wszystkich sygnałów. Sieć taka odporna jest na uszkodzenia okablowania - awaria nie wpływa na funkcjonowanie sieci, lecz tylko jednego urządzenia.

d) Wszystkie połączenia magistralne są redundowane.

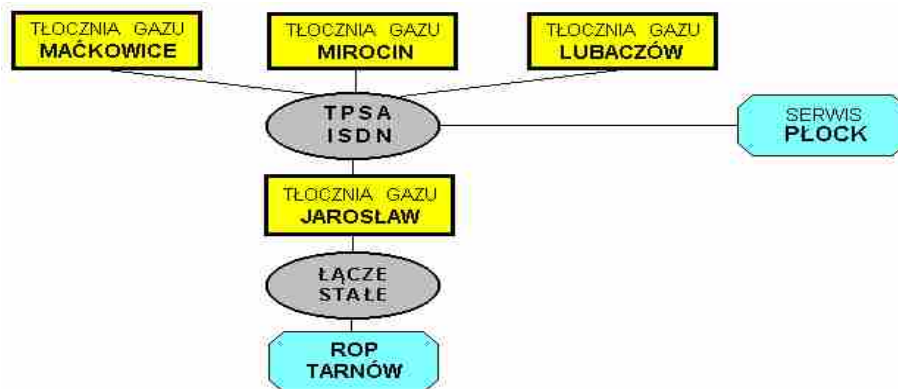
7. Automatyczny system sterowania umożliwia zwiększenie czytelności wszystkich parametrów pracy motosprężarki dzięki możliwości zobrazowania wielkości analogowych w postaci trendów bieżących i historycznych. Dla zmiennych analogowych, które mają być pamiętane na dysku komputera w postaci trendów, określono wstępnie strefy nieczułości. Zmiany parametrów sięgające powyżej strefy nieczułości są notowane na dysku w postaci trendów. Okno trendów bieżących przedstawia dane gromadzone przez okres jednej doby. Okno trendów historycznych umożliwia dostęp do danych zgromadzonych na dysku i ich analizę w dowolnym wycinku czasowym w ramach jednego miesiąca wstecz.

8. Wskutek gromadzenia danych w postaci trendów historycznych możliwe jest analizowanie pracy motosprężarek w czasie przeszłym. Jest to szczególnie przydatne przy wykrywaniu przyczyn zatrzymania awaryjnego czy występowania blokad. Możliwość odtworzenia zmiennych w czasie przeszłym pozwala na dokładną analizę sytuacji nienormalnej pracy maszyny.

9. Aby nie dopuszczać do wystąpienia stanów awaryjnych zastosowany został mechanizm alarmowania umożliwiający wykrywanie wszelkich nieprawidłowości w pracy motosprężarki. W przypadku wystąpienia alarmu daje on komunikaty na ekranie monitora i sygnalizację dźwiękową w sterowni. System tworzy listę alarmów w zbiorze alarmów historycznych, która jest utrzymywana przez okres jednej doby. W większości przypadków samoczynne zadziałanie blokad i awaryjne wyłączenie motosprężarki realizowane jest poprzez zadziałanie sygnalizatorów dwustanowych. Jednak dzięki ciągłym pomiarom kluczowych zmiennych decydujących o prawidłowej pracy maszyny możliwe stało się ustawienie dodatkowych progów technologicznych i przedblokadowych, które alarmują operatora o nieprawidłowościach mogących spowodować zatrzymanie awaryjne maszyny. Operator przyjmując nadchodzące alarmy ma więc możliwość wcześniejszego zainterweniowania i niedopuszczenia do zadziałania blokady.

10. Dzięki zastosowaniu automatycznego systemu sterowania możliwe stało się odczytywanie zmiennych wyliczanych, które dawniej trzeba było analizować i przeliczać po zebraniu i spisaniu wybranych parametrów. System prezentuje takie zmienne wyliczane, jak wydajność, moc czy też czas pracy motosprężarek. Na wykresach trendów historycznych system potrafi wyliczyć średnią każdego parametru w wybranym wycinku czasowym, jego odchylenie standardowe, wartość minimalną i maksymalną. Możliwa jest więc obróbka statystyczna zmiennych i tworzenie raportów, co nie było dostępne w dotychczasowym układzie automatyki.

11. Zastosowany system automatyki tłoczni umożliwia także przesyłanie wybranych danych do jednostki nadrzędnej dla TJO Jarosław, tj. do Regionalnego Oddziału Przesyłu w Tarnowie (rysunek 4). Dzięki zainstalowaniu routera i łączy ISDN TPSA do monitoringu systemów możliwe stało się przesyłanie wybranych parametrów pracy tłoczni, np. pomiarów bilansowych czy też położenia głównych kurków pola zaworowego. Łączy te umożliwiają także zdalną diagnostykę sytuacji awaryjnych i nietypowych. Możliwe staje się więc dostosowanie oprogramowania przez naszą firmę do zaistniałych sytuacji bez konieczności wyjazdu do tłoczni. Pozwala to skrócić do minimum czas reakcji na awarię i zapewnia lepsze przygotowanie ekipy serwisowej do wyjazdu.



Rysunek 4. Struktura komunikacji tłoczni gazu TJO Jarosław

12. Zastosowany system wizualizacyjny jest systemem otwartym, pozwalającym na łatwą rozbudowę. W latach 1994-2001 tłocznie modernizowane były stopniowo, a oprogramowanie, początkowo tworzone dla jednej motosprężarki, kolejno rozszerzane o następne maszyny i o obiekty towarzyszące występujące na tłoczniach. Zastosowany system wizualizacji i monitoringu umożliwia łatwą rozbudowę i pozwala w elastyczny sposób dostosowywać się do wymagań i życzeń użytkowników.

13. System automatycznego sterowania i monitoringu w tłoczniach gazu nie tylko steruje pracą samych maszyn, ale kontroluje także inne, towarzyszące obiekty. Monitorowana jest praca rozdzielni elektrycznej NN. Na stacjach operatorskich zbierane są informacje dotyczące pola zaworowego, pracy kotłowni, stacji redukcyjno-pomiarowej, oświetlenia tłoczni itp. Ważne jest też ciągle monitorowanie stężenia gazu (eksplozymetry) oraz zagrożenia pożarowego (czujki ppoż. i ręczne ostrzegacze pożarowe). Zarówno system eksplozymetryczny, jak i przeciwpożarowy posiadają własne centrale uruchamiające sygnalizację świetlną i akustyczną niezależnie od pracy stacji operatorskich. Jednak to, że informacje dostępne są także dla operatora w postaci alarmów na monitorze stacji operatorskich pozwala na bardzo szybkie zlokalizowanie zagrożenia.

14. Zastosowany system cyfrowy umożliwia łatwe sprawdzenie działania wszystkich torów pomiarowych, sygnalizacyjnych, regulacyjnych i sterujących maszyn. Podczas postępu motosprężarki można uruchomić program o nazwie DIAGNOSTYKA. Program ten umożliwia sprawdzenie funkcjonalne komunikacji stacji operatorskiej ze sterownikiem, sprawdzenie działania sterownika oraz urządzeń obiektowych. Program ten pozwala na przywołanie na ekran monitora obrazu sterownika oraz obrazów jego poszczególnych modułów. Dzięki temu można śledzić stan każdej ze zmiennych wejściowych, kontrolując pracę czujników i przetworników, a także przesterowywać wyjścia z systemu cyfrowego, sprawdzając obiektowe elementy wykonawcze.

15. Dzięki temu, że stacja operatorska znajduje się w sterowni i wszystkie informacje o stanie maszyn i całej tłoczni są dostępne w jednym miejscu, operator może znacznie szybciej zareagować na zaistniałą sytuację awaryjną.

Podsumowanie. Zastosowany w TJO Jarosław system automatycznego sterowania i wizualizacji pracy motosprężarek GMVH znacznie poprawił niezawodność i komfort obsługi maszyn. Wszystkie wymienione powyżej korzyści związane ze zmodernizowaniem układów sterowania motosprężarek GMVH w pełni potwierdzają słuszność podjętych decyzji dotyczących zastosowania sterowników PLC do sterowania tymi maszynami.