

*mgr inż. DANIELA BOROWICZ*

*mgr inż. RYSZARD SAWWA*

*Przemysłowy Instytut  
Automatyki i Pomiarów MERA-PIAP*

*Warszawa*

*mgr inż. JERZY ŚWITAŁA*

*Janikowskie Zakłady Sodowe*

*Janików*

## **STABILIZACJA PROCESU PRODUKCYJNEGO JAKO PIERWSZY ETAP AUTOMATYZACJI KOMPLEKSOWEJ PRODUKCJI SODY W J.Z.S.**

*Artykuł omawia pierwszy etap prac związanych z wdrożeniem układu automatyzacji kompleksowej produkcji sody kalcynowanej w Janikowskich Zakładach Sodowych. Na bazie procesu technologicznego produkcji sody omówiono zakres prowadzonych prac w ramach przygotowania obiektu do podłączenia komputera, w I etapie – stabilizacja procesu.*

### **1. Opis procesu technologicznego**

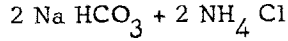
#### **1.1. Podstawowe węzły technologiczne i ich powiązania**

Metodę otrzymywania sody z soli kuchennej, stosowaną w Janikowskich Zakładach Sodowych, opracował w roku 1861 Ernest Solvay. Strukturalny schemat produkcji sody metodą Solvay'a pokazano na rys.1.

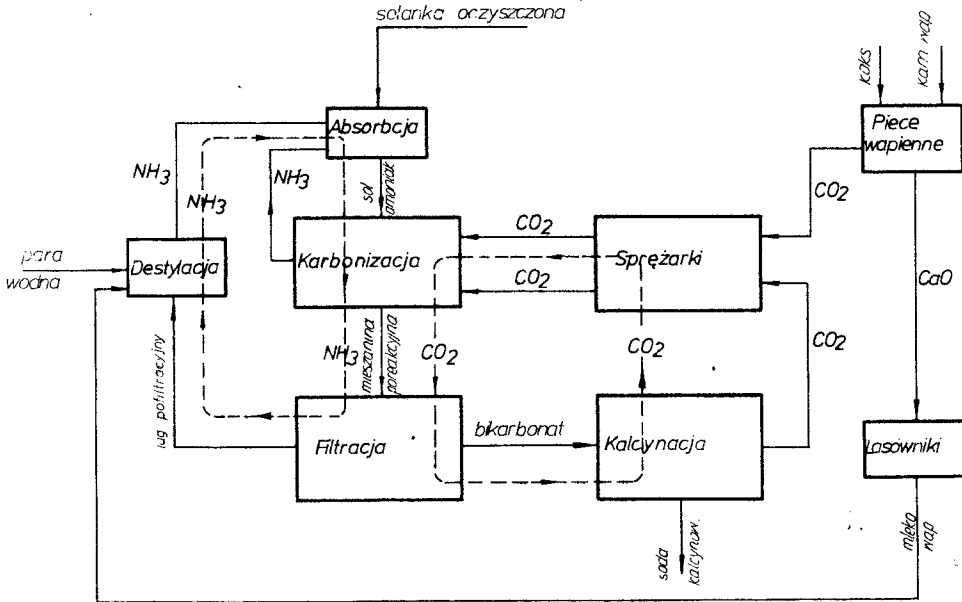
Solanka surowa, otrzymywana w wyniku wyplukiwania soli w kopalni, doprowadzana jest do oddziału oczyszczania solanki, gdzie strąca się zanieczyszczenia, głównie sole wapnia i magnezu. Solanka oczyszczona przechodząc przez oddział absorpcji, gdzie jest poddawana działaniu gazów, zawierających amoniak i nieznaczne ilości dwutlenku węgla tworzy solankę amoniakalną. Gazy zawierające amoniak pochodzą z destylacji ługu pofiltracyjnego.

Reakcje chemiczne absorpcji amoniaku przez solankę są egzotermiczne, dlatego zachodzi konieczność chłodzenia kolumn absorpcyjnych. Solanka

amoniakalna przechodzi następnie przez oddział karbonizacji, gdzie poddawana jest działaniu dwutlenku węgla. W wyniku reakcji chemicznych, zachodzących w kolumnach karbonizacyjnych otrzymuje się:



Uproszczony schemat strukturalny procesu produkcji sody



Rys. 1

Proces chemiczny karbonizacji jest egzotermiczny i wymaga chłodzenia. Główny produkt kolumn karbonizacyjnych  $\text{NaHCO}_3$  tzw. bikarbonat lub kwaśny węglan sodu, łatwo krystalizuje i tworzy zawiesinę wodną w prze-reagowanej cieczy. Odfiltrowania bikarbonatu dokonuje się w obrotowych filtrach próżniowych na oddziale filtrów. Odfiltrowany bikarbonat poddaje się prażeniu na oddziale kalcynacji, otrzymując sodę kalcynowaną oraz dwutlenek węgla. Uzyskany dwutlenek węgla o dużym stężeniu (do ok. 96%) jest zasysany na stację sprężarek, skąd po częściowym zmieszaniu z gazem o mniejszym stężeniu (ok. 40%), wyprodukowanym w oddziale pieców wapiennych, dostarcza się go do kolumn karbonizacyjnych. Na oddziale pieców wapiennych wypala się kamień wapienny, otrzymując wapno palone

i gaz zawierający dwutlenek węgla. Wapna palonego używa się do otrzymywania mleka wapiennego na oddziale lasowników. Produkcja mleka wapiennego polega na gaszeniu wapna wodą i otrzymaniu w ten sposób  $\text{Ca OH}_2$ . Ta reakcja chemiczna jest egzotermiczna, nie wymaga jednakże specjalnego chłodzenia wystarczy chłodzenie naturalne. Mleko wapienne używane jest na oddziale destylacji do rozkładu chlorku amonu.

W wyniku reakcji chemicznej odzyskuje się po oddestylowaniu amoniak i nieznaczne ilości dwutlenku węgla zawarte w ługu pofiltracyjnym.

Wykorzystując własność rozpuszczalności amoniaku w wodzie, gazy wylotowe z oddziałów absorpcji, destylacji i karbonizacji przemywa się wodą w odpowiednich płuczkach gazowych lub skrubkach a następnie wodą z przemycia przerabia się na oddziale małej destylacji w celu odzyskania amoniaku (i niewielkiej ilości dwutlenku węgla).

## 1.2. Główne strumienie materiałowe i energetyczne oraz podstawowe obiegi zamknięte

W procesie produkcyjnym sody kalcynowanej można wyróżnić następujące, główne strumienie materiałowe i energetyczne: solanka, amoniak, kamień wapienny i koks, woda, energia cieplna i elektryczna.

Analizując schemat strukturalny procesu można wyodrębnić dwa podstawowe obiegi zamknięte (patrz rys.1):

recykł dwutlenku węgla, obejmujący oddziały karbonizacji, filtracji i kalcynacji,

recykł amoniaku obejmujący oddziały absorpcji, karbonizacji, filtracji i destylacji.

W recykłach zachodzi wzajemne oddziaływanie węzłów produkcyjnych za pomocą strumieni materiałowych i energetycznych.

Z punktu widzenia automatyzacji, zakłady produkcji sody amoniakalnej można zaliczyć do klasy obiektów quasistacjonarnych, o parametrach wolnozmiennych.

Opracowanie nowoczesnego układu sterowania dla zakładu tego typu, lub jego wybranych węzłów technologicznych, wymaga zastosowania dwóch głównych części układu:

systemu stabilizacji parametrów technologicznych procesu,

systemu sterowania nadrzędnego w stosunku do warstwy stabilizacji, utrzymującego proces na poziomie optymalnym.

Do opracowania wymienionych systemów konieczna jest znajomość schematu strukturalnego obiektu, jego charakterystyk dynamicznych i statycznych oraz charakterystyk zakłóceń.

## 2. Stabilizacja procesu i jej zadania z punktu widzenia powiązań i oddziaływań międzywęzłowych

Etap stabilizacji procesu jest podstawowym etapem w przedsięwzięciu automatyzacji kompleksowej z zastosowaniem techniki cyfrowej. Układy automatycznej regulacji warstwy stabilizacji mają za zadanie istotne zmniejszenie amplitudy zmian parametrów i wskaźników technologicznych oraz nastawianie ich wartości średniej na poziomie narzuconym przez warstwę optymalizacji.

Podstawowym węzłem technologicznym w procesie produkcji sody jest karbonizacja. Jednym z istotnych wskaźników technologicznych charakteryzujących jakość pracy węzła karbonizacji jest wartość  $U_{Na}$  (stopień wykorzystania jonu sodowego). Analiza zmian wartości  $U_{Na}$  pozwala na określenie jakości prowadzenia procesu, ponieważ wskaźnik ten ujmuje istotne powiązania węzła karbonizacji z innymi węzłami technologicznymi. Np. zmniejszenie wartości  $U_{Na}$  powoduje straty ekonomiczne polegające na: stratach energetycznych w węźle destylacji, zmniejszeniu wydajności aparatury technologicznej, obniżeniu gatunku sody, stratach materiałowych przy przemywaniu na filtrach.

Innym ważnym wskaźnikiem jest wielkość kryształów bikarbonatu. Wskaźnik ten ma bezpośredni wpływ na pracę węzła filtracji. Zmniejszenie kryształów powoduje:

- wzrost zawartości chlorków,
- zwiększenie intensywności płukania bikarbonatu,
- wzrost wilgotności bikarbonatu,
- zwiększone straty na filtrach,
- zwiększenie zużycia energii cieplnej w węzłach kalcynacji i destylacji,
- zmniejszenie wydajności filtrów.

Z powyższego widać, że wskaźniki technologiczne, charakteryzujące pracę danego węzła wskazują również jak pracują inne węzły. Uzyskanie stabilności tych wskaźników, a potem zapewnienie optymalnej wartości w oparciu o kryterium ekonomiczne całego zakładu, w aspekcie powiązań między węzłami, może być zrealizowane tylko wtedy, jeżeli zostanie zachowana właściwa kolejność wykonywania zadań przedsięwzięcia automatyzacyjnego.

### 3. Zadania stabilizacji procesu w ramach układu automatyzacji kompleksowej

Precyzując zadania układu stabilizacji procesu wzięto pod uwagę następujące zalecenia i ograniczenia.

Układ, oprócz stabilizacji podstawowych parametrów procesu, musi zabezpieczyć pomiary wszystkich parametrów, na podstawie których, opracowane informacje o przebiegu procesu, umożliwią centralne kierowanie przebiegiem produkcji.

Nowe rozwiązania układowe i aparaturowe dotyczą w 95 % węzłów technologicznych objętych recyklem  $\text{CO}_2$ .

Zatwierdzenie układu do realizacji, poprzedziła analiza ekonomiczna, oraz szeroka dyskusja w gronie specjalistów. W układzie przewidziano rozdzielenie funkcji sterowania pomiędzy lokalne układy regulacyjne, zainstalowane w DL (Dyspozytornie Lokalne), a także sterowanie w systemie doradczym w oparciu o informacje przesyłane z obiektu do DC Dyspozytornia Centralna.

Komputer, którego wprowadzenie do procesu jest przewidziane w dalszych etapach pracy, wypełnia główne zadanie optymalnego, wieloparametrowego sterowania podstawowymi węzłami recyklu  $\text{CO}_2$  (karbonizacja, filtracja), przy czym jest to sterowanie nadrzędne, komputer zmienia wartości zadane regulatorów lokalnych węzła karbonizacji i filtracji. Takie rozwiązanie pozwala na normalną pracę układów, przy ewentualnej awarii komputera, lub na przejście z innych powodów na sterowanie lokalne. Wartości zadane regulatorów po odłączeniu komputera, pozostają na poziomie wartości zadanej w momencie jego odłączenia.

### 3.1. Nowa struktura organizacji służby dyspozytorskiej i jej rola w kierowaniu procesem

Utworzenie Dyspozytorni Centralnej (DC), zwiększenie sieci Dyspozytorni Lokalnych poprzez utworzenie nowych (kalcynacja węglowa, filtracja kalcynacji węglowej i filtracja kalcynacji parowej) i całkowitą przebudowę (karbonizacja) lub modernizację istniejących, stwarza nowe możliwości oddziaływania na proces. Wykorzystanie tej możliwości, wymaga określenia na nowo zadań personelu zarządzającego produkcją na różnych szczeblach, personelu tworzącego pion dyspozytorski.

Struktura pionu jest następująca:

Dyspozytor Centralny - Dyspozytorzy Lokalni - Aparatowi Węzłów.

Personel pionu dyspozytorskiego jest całkowicie uwolniony od czynności administracyjnych i związanych z nimi obiegiem dokumentów, jego naczelnym zadaniem jest operatywne kierowanie produkcją.

Dyspozytor Centralny jako szef pionu dyspozytorskiego, poza ustalaniem właściwego reżimu technologicznego, koordynuje pracę poszczególnych węzłów produkcyjnych, odpowiednio dopasowując ich obciążenia. Do pomocy ma Pomocnika Dyspozytora z którym razem przebywa w DC.

Dyspozytorzy Lokalni poszczególnych węzłów technologicznych są podporządkowani Dyspozytorowi Centralnemu z punktu widzenia kierowania produkcją, administracyjnie natomiast, należą do danego Oddziału Produkcyjnego, który obsługują.

Łączność pomiędzy DC i odpowiednimi DL jest zapewniona poprzez instalowanie głośnomówiącej sieci telefonicznej, niezależnie od sieci wewnętrznej zakładu.

W celu zapewnienia ciągłej łączności pomiędzy DC i DL, Dyspozytorzy Lokalni winni przebywać stale w DL.

Aparatowi Węzłów podlegają Dyspozytorowi Lokalnemu w zakresie kierowania produkcją. Dotyczy to wykonywania poleceń odnośnie ruchu urządzeń.

Prace konserwacyjne i drobne remonty napraw aparatury technologicznej, wykonywane są na polecenie Mistrzów Zmianowych, przy czym zadania ruchowe mają bezwzględny priorytet.

Operatywne kierowanie produkcją przez Dyspozytora Centralnego i podległy mu personel, jest możliwe jedynie wówczas, jeżeli ilość i jakość przesyłanych informacji, oraz dysponowane środki wykorzystania tych informacji, pozwolą na szybką i właściwą ocenę stanu procesu.

### 3.2. Przygotowanie pomiarowe obiektu dla celów automatyzacji kompleksowej i podłączenia komputera

Etap stabilizacji przewiduje przekazywanie do DC wyników pomiarów, które ułatwiają szybką i właściwą ocenę stanu procesu w poszczególnych ważnych punktach zakładu.

Informacje przesłane do DC na podstawie których Dyspozytor analizuje przebieg procesu, można podzielić na 3 grupy:

pomiary o charakterze bilansowym, stanowiące ocenę tempa produkcji oraz zużycia surowców i materiałów pomocniczych,

parametry charakteryzujące wzajemne oddziaływanie węzłów technologicznych, pozwalające wykryć nieprawidłowości procesu "wąskie gardło produkcji",

parametry fizyko-chemiczne procesu, umożliwiające kontrolę prawidłowego przebiegu głównych reakcji chemicznych.

Na podstawie odpowiedniego zestawu wyżej podanych informacji, Dyspozytor może podejmować decyzje dotyczące zmiany reżimu pracy w poszczególnych węzłach technologicznych, może obserwować zmiany obciążenia poszczególnych węzłów i dostosować je do siebie, realizacja natomiast pozostaje na poziomie DL. Z tego względu, 95 % pomiarów przesyłanych do DC, wchodzi również w zakres wyposażenia DL poszczególnych węzłów. Realizacja Dyspozytorni Centralnej, jej wyposażenie w aparaturę analogową i cyfrową stanowi nowe rozwiązanie, nie istniejące dotychczas w zakładzie.

Opracowane w I etapie przygotowanie obiektu do automatyzacji kompleksowej, zabezpiecza przekazywanie pomiarów nie tylko do rejestracji, wskazań i sygnalizacji analogowej, ale również, przygotowuje obiekt do podłączenia komputera dla celów sterowania w systemie on-line węzłami karbonizacji i filtracji, a następnie optymalnego sterowania całym zakładem w systemie off-line.

Układ stabilizacji wprowadził bardzo istotne zmiany w stosunku do dotychczasowego sposobu sterowania procesem produkcyjnym szczególnie w recykle  $\text{CO}_2$ .

Wprowadzone obwody sterowania, poza stabilizacją parametrów powodują np. znaczne zwiększenie stężenia  $\text{CO}_2$  w gazie dolnym doprowadzanym do kolumn karbonizacyjnych, zwiększając wykorzystanie jonu sodowego, co w rezultacie ma wpływ na zmniejszenie zużycia surowców i poprawę gatunku sody kalcynowanej.

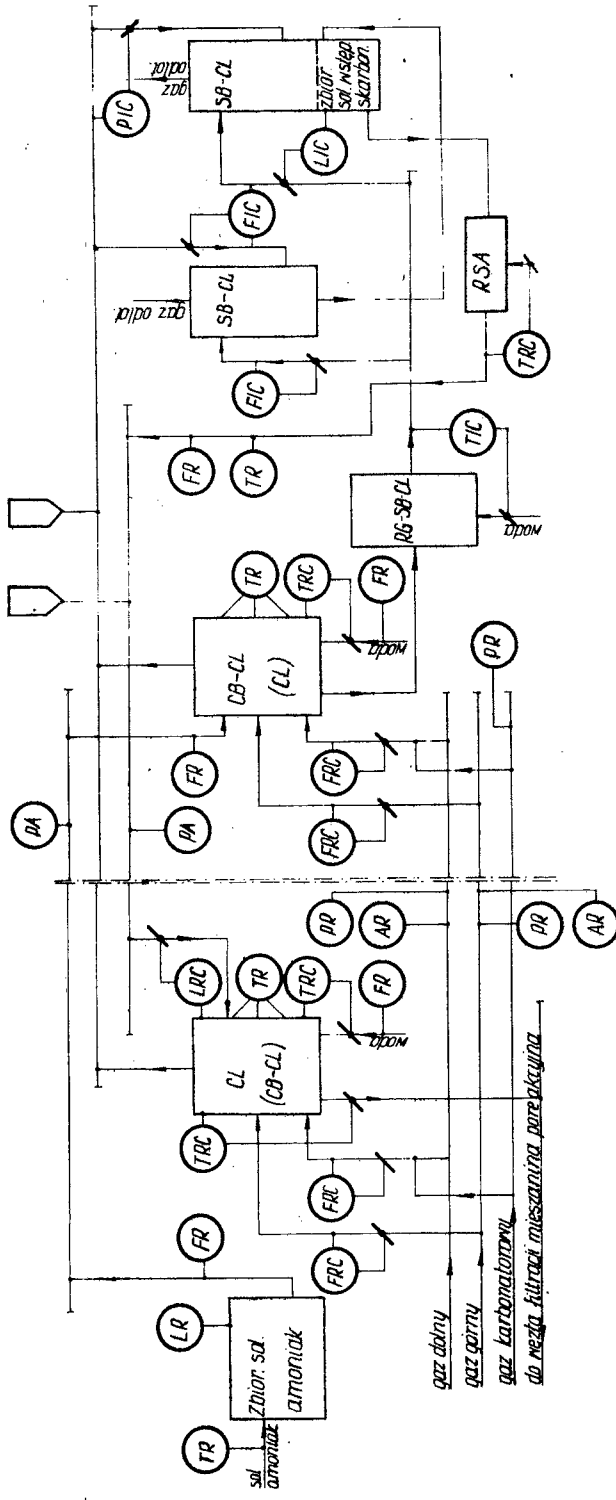
Na ogólną liczbę 130 obwodów regulacyjnych realizowanych w etapie stabilizacji, 100 obwodów jest wyposażane w stacyjki operacyjne do współpracy z komputerem (70 w węźle karbonizacji, pozostałe w węźle filtracji). Schematy blokowe regulacji i pomiarów dla węzła karbonizacji i filtracji pokazano na rys. 2 i 3; obejmują one 80 % wyposażenia instalowanego w ramach etapu stabilizacji. Pozostałe 20 % wyposażenia zostanie zainstalowane głównie na oddziale kalcynacji węglowej, pieców wapiennych oraz na stacji sprężenia gazu.

Na rys. 4. pokazano schematycznie układy pomiarowe i regulacyjne pozostałych węzłów recykle  $\text{CO}_2$  wchodzących w zakres układu stabilizacji. Układy rozwiązano w oparciu o Krajowy System Automatyki i Pomiarów POLMATIK, zabezpieczający rozwiązanie nowoczesne, dostosowane do współpracy z komputerem.

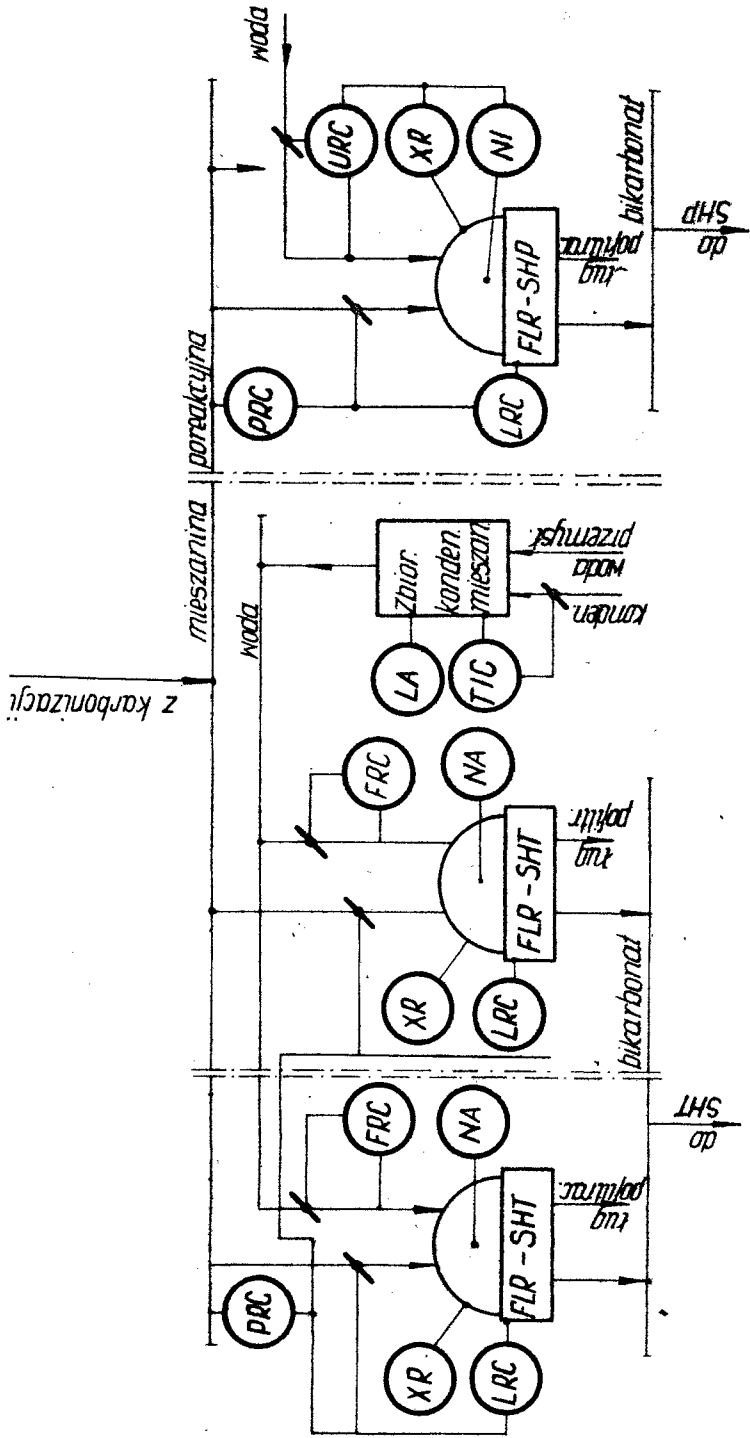
#### Wykaz oznaczeń (do rys. 2, 3, 4)

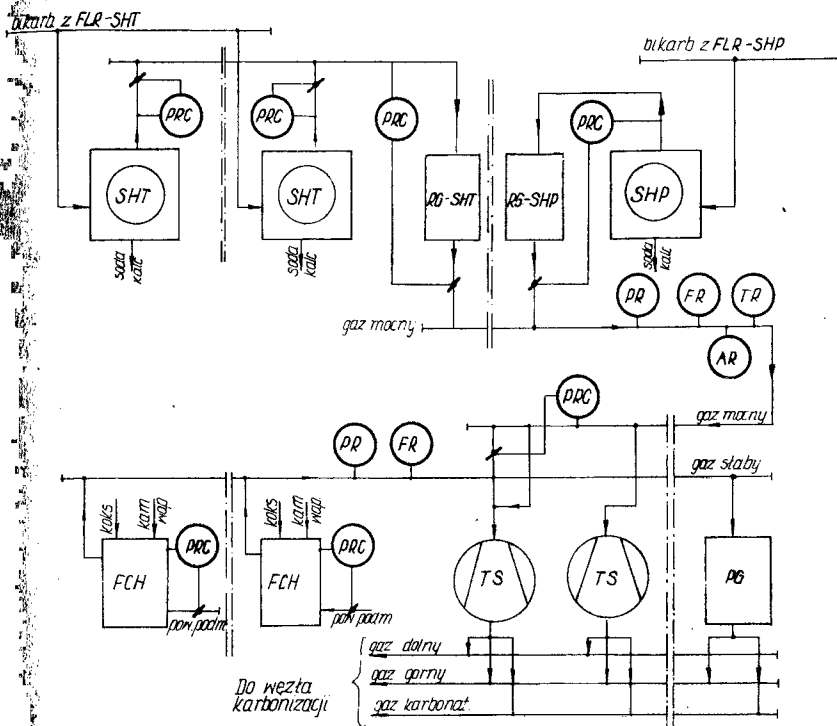
FCH	-	piec wapienny
TS	-	turbosprężarka
PG	-	kompresor
SHT	-	kalcynator węglowy
SHP	-	kalcynator parowy
RG-SHT	-	chłodnica gazu
CL	-	kolumna osadcza
CB-CL	-	karbonator
RG-SB-CL	-	chłodnica solanki
SB-CL	-	plucznik solanki
FLR-SHT	-	filtr kalcynacji węglowej
FLR-SHP	-	filtr kalcynacji parowej





Rys.2





Rys.4

Oznaczenia obwodów pomiarowych i regulacyjnych na rysunkach, są zgodne z polską normą PN-70/M-42007.

#### Literatura

- [1] Doświadczalny układ automatyzacji kompleksowej produkcji sody w IZS - Etap I. Stabilizacja procesu. Założenia techniczno-ekonomiczne, Etap II. Centralny układ sterowania i przetwarzania danych z zastosowaniem komputera. Założenia techniczno-ekonomiczne. Sprawozdanie MERA-PIAP, nr arch.1616.
- [2] Technologia sody. Red.prof.dr E.Pischinger. Warszawa 1958.PWT.