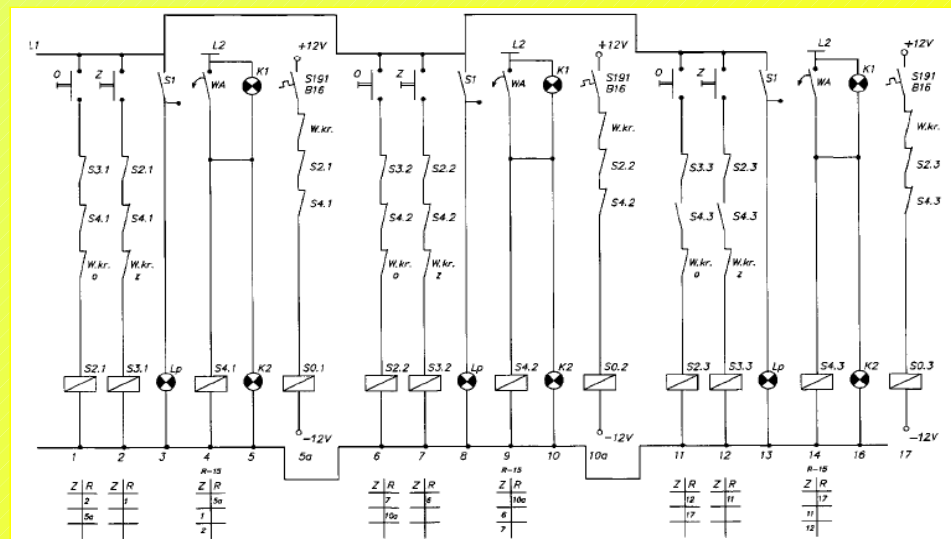


HYDROENERGETYKA

UKŁADY AUTOMATYKI MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ



Ryszard Myhan
WYKŁAD 6

ZABEZPIECZENIA I AUTOMATYKA

- ▶▶ Elektrownia może posiadać pełną automatyzację z regulacją pracy turbozespołu w zależności od ilości wody będącej w dyspozycji dla osiągnięcia maksymalnej produkcji energii elektrycznej.
- ▶▶ Funkcja ta jest realizowana na podstawie:
 - pomiaru poziomu wody górnej
 - i przepływu w danej chwili.

PRACA NA SIEĆ WYDZIELONĄ

▶▶ W przypadku pracy na sieć wydzieloną, trzeba tak regulować otwarcie przełyku, aby stabilizować obroty turbiny – w celu utrzymywania stałej częstotliwości generatora.



Stosuje się wtedy regulator prędkości, który w małych elektrowniach może wykorzystywać odśrodkowy czujnik prędkości obrotowej.

WSPÓŁPRACA ELEKTROWNI Z SIECIĄ

▶▶ Natomiast przy współpracy elektrowni z siecią częstotliwość jest utrzymywana przez sieć.

▶▶ Zadaniem regulatora jest taka **zmiana otwarcia przełyku**, aby poziom górnej wody był wysoki i **zbyt** się **nie zmieniał**.



Stosuje się **regulator mocy**, współpracujący z czujnikiem poziomu górnej wody.

PROCESY RUCHOWE

▶▶ Procesy ruchowe w MEW wyposażonych w jeden turbozespół można podzielić na cztery grupy:

A. Procesy związane z uruchomieniem turbozespołu

- procesy pomocnicze poprzedzające uruchomienie turbozespołu z postoju ruchowego
 - uruchomienie olejowych układów zasilających urządzenia sterujące;
 - uruchomienie układów smarowania łożysk;
 - zwolnienie hamulców turbozespołu.
- doprowadzeniem prędkości kątowej turbozespołu do wartości bliskiej synchronicznej.
- proces synchronizacji prądnicy (synchroniczne).
- procesy związane z obciążaniem mocą czynną.

PROCESY RUCHOWE

B. Procesy związane z obciążaniem turbozespołu mocą czynną

- otwarcie aparatu kierowniczego lub łopatek wirnika turbiny do wartości, przy której turbozespół wytworzy zadaną moc czynną.

C. Procesy związane z obciążaniem turbozespołu mocą bierną (procesy te występują wyłącznie w prądnicach synchronicznych)

- nastawienie odpowiedniego prądu wzbudnicy.

D. Procesy związane z zatrzymaniem turbozespołu

- proces zdejmowania z turbozespołu mocy czynnej polegający na zmniejszaniu natężenia przepływu wody przez turbinę do natężenia przepływu biegu jałowego;
- proces zdejmowania z turbozespołu mocy biernej polegający na zmniejszaniu prądu wzbudzenia prądnicy do wartości odpowiadającej napięciu znamionowemu biegu luzem (tylko synchroniczne);
- wyłączenie wyłącznika głównego prądnicy;
- zmniejszenie do zera przepływu wody przez turbinę (zamknięcie aparatu kierowniczego turbiny);
- zahamowanie turbozespołu i zablokowanie aparatu kierowniczego.

PROCESY RUCHOWE

- ▶▶ Procesy ruchowe w MEW wyposażonych w więcej niż jeden turbozespół ujmują dodatkowo:
 - E. Proces wyboru turbozespołu, który ma być uruchomiony lub zatrzymany;
 - F. Proces rozdziału obciążeń czynnych między pracującymi turbozespołami.

ZAKRES AUTOMATYZACJI

▶▶ Automatyizacja elektrowni może obejmować:

- awaryjne odstawianie turbozespołów w sytuacji:
 - zaniku napięcia w sieci,
 - nagłego spadku poziomu wody górnej,
 - zalania hali maszynowni w czasie klęski żywiołowej,
 - wystąpienia stanu awaryjnego turbozespołu.
- kontrolę pracy turbozespołów oraz sygnalizację stanów awaryjnych,
- regulację otwarcia łopat kierownicy turbiny w funkcji poziomu wody górnej,
- automatyczne ponowne załączanie turbozespołów po uzyskaniu warunków poprawnej pracy.

1. Układ sterowania zamknięć wlotowych wody do turbiny.

- ❑ Jako zamknięcia wlotowe wody do turbiny mogą być stosowane zawory motylowe lub zasuwy.
- ❑ Zadaniem układu jest zapewnienie automatycznego i ręcznego otwierania i zamykania tych urządzeń w procesie uruchamiania i zatrzymywania turbozespołów.
- ❑ Ponadto układ powinien zapewnić samoczynne zamknięcie zaworu motylowego lub zasuwy (grawitacyjnie lub hydraulicznie) w przypadku działania zabezpieczeń na odstawienie turbozespołów.

2. Układ sterowania aparatu kierowniczego turbiny.

- Zadaniem układu jest zapewnienie automatycznego i ręcznego otwierania i zamykania łopatek kierownicy turbiny w procesach ruchowych:
 - uruchomienia turbozespołu,
 - obciążania turbozespołu mocą czynną,
 - zatrzymania turbozespołu,
 - wyboru turbozespołu i rozdziału obciążeń.
- W układzie mogą być zastosowane siłowniki hydrauliczne lub elektryczne.

3. Układ sterowania łopatek wirnika turbiny.

- ❑ Wykonanie i zadanie układu jest podobne jak układu sterowania aparatu kierowniczego turbiny, lecz dotyczy sterowania łopatek wirnika turbiny.

4. Automatyczny regulator prędkości kątowej turbiny

- ❑ Zadaniem regulatora jest zapewnienie:
 - utrzymania wymaganej częstotliwości turbozespołu przy biegu jałowym i w procesie synchronizacji prądnicy synchronicznej;
 - płynnej zmiany obciążenia mocą czynną;
 - stabilnej pracy turbozespołu we wszystkich stanach ruchowych.

5. Układ automatycznej regulacji napięcia prądnicy synchronicznej.

- Układ ten powinien zapewnić regulację napięcia prądnicy pracującej przy biegu jałowym, w procesie synchronizacji oraz regulację napięcia i mocy biernej przy pracy na sieć wydzieloną lub przy współpracy z innymi prądnicami lub siecią energetyczną.
- Regulator napięcia powinien być wyposażony w ograniczniki regulacji (minimalnego i maksymalnego prądu wzbudzenia) zapewniające bezpieczną pracę prądnicy w całym zakresie obciążeń.

6. **Automatyczny synchronizator prądnicy asynchronicznej.**

- Zadaniem regulatora jest:
 - doprowadzenie częstotliwości i napięcia prądnicy do takich wartości jakie ma sieć energetyczna.
 - załączenie prądnicy do współpracy z drugą turbiną lub siecią energetyczną.

7. Układ automatycznego sterowania procesami rozruchowymi turbozespołu.

- Zadaniem tego układu jest automatyczne zbieranie informacji o stanie procesu rozruchu i na podstawie tych informacji generowanie krok po kroku, według przyjętego algorytmu, impulsów sterujących do układów realizujących poszczególne operacje rozruchowe.
- Układ może być wykonany w technice przekaźnikowej, półprzewodnikowo-bezstykowej bądź z zastosowaniem mikroprocesorów.

8. Układ automatycznego sterowania procesami odstawiania turbozespołu.

- Wykonanie i zadania układu są podobne jak układu sterowania procesami rozruchowymi, lecz dotyczą procesów odstawiania turbozespołu.

9. Układ automatycznej regulacji poziomu wody.

- Zadaniem układu jest automatyczne sterowanie obciążeniem turbozespołów w MEW zapewniające utrzymanie poziomu wody górnej lub wody dolnej na zadanej wartości.

10. Autooperator.

- Jest stosowany w MEW przy więcej niż jednym turbozespołe i realizuje następujące czynności:
 - automatyczny wybór momentu czasowego i turbozespołu który ma być uruchomiony (lub zatrzymany);
 - automatyczny rozdział mocy czynnej obciążenia i ewentualnie mocy biernej pomiędzy pracujące turbozespoły.

11. Układ sygnalizacji zanieczyszczenia krat na wlocie do turbiny.

12. Układ zabezpieczeń turbozespołu.

13. Układ programujący pracę szczytową.

- Układ współpracuje z zegarem przełączającym taryfę opłat za energię elektryczną i wysyła impulsy sterujące do układów uruchomienia i zatrzymania turbozespołu
- Jest też wyposażony w podukład blokujący uruchomienie i inicjujący zatrzymanie MEW w przypadku, gdy poziom wody w zbiorniku jest za niski.

ZAKRES AUTOMATYZACJI

▶▶ Zakres automatyzacji procesów rozruchowych

- Zakres automatyzacji określa procesy objęte automatyzacją.
- Może więc być zakres automatyzacji ograniczający się jedynie do któregoś z wymienionych procesów, do automatyzacji kilku z nich lub obejmujący wszystkie procesy.
- Rozróżnia się przy tym:
 - niezbędny technicznie zakres automatyzacji;
 - oraz tzw. uzasadniony zakres automatyzacji.

ZAKRES AUTOMATYZACJI

- Zarówno niezbędny technicznie jak i uzasadniony zakres automatyzacji zależą głównie od następujących czynników:
 - funkcji MEW;
 - rodzaju obsługi MEW;
 - liczby hydrozespołów;
 - rodzaju turbin i prądnic.

ZAKRES AUTOMATYZACJI – FUNKCJE MEW

- Wyróżnić można następujące funkcje MEW:
 - a1** - MEW może pracować wyłącznie przy współpracy z lokalną siecią energetyczną, przy czym rozliczenie energii z siecią odbywa się według taryfy niezależnej od pory doby (**MEW pracuje przepływowo**);
 - a2** - jak w **a1**, lecz rozliczenie energii z siecią energetyczną odbywa się według taryfy uzależniającej cenę energii od pory doby (**MEW może pracować szczytowo**);
 - a3** - jak w **a1**, lecz MEW pełni dodatkowo rolę rezerwowego źródła zasilania na okoliczność braku dostaw energii do lokalnej sieci z systemu energetycznego;
 - a4** - jak **a2**, lecz podobnie jak w **a3** MEW pełni rolę dodatkowego źródła zasilania;
 - a5** - MEW pracuje na sieć wydzieloną.

ZAKRES AUTOMATYZACJI – FUNKCJE MEW

- ▶▶ Mała elektrownia wodna może pełnić funkcję **a2** lub **a4** tylko wówczas, gdy będzie miała górny zbiornik o dostatecznie dużej pojemności wody (warunek konieczny).
- ▶▶ Funkcje **a1** i **a2** mogą pełnić MEW wyposażone zarówno w prądnice synchroniczne jak i asynchroniczne (w takim przypadku nie ma potrzeby stosowania droższych prądnic synchronicznych).
- ▶▶ Funkcje **a3**, **a4** i **a5** mogą być pełnione wyłącznie przy istnieniu w MEW prądnic synchronicznych.

ZAKRES AUTOMATYZACJI – RODZAJE OBSŁUGI

- Rozróżnia się MEW z następującymi rodzajami obsługi:
 - b1** - MEW z tzw. **dyżurem domowym** (obsługa mieszka w pobliżu MEW i jest przywoływana w razie potrzeby przez układ sygnalizacji);
 - b2** - MEW z tzw. **nadzorem okresowym** (obsługa nie może być przywołana – pojawia się okresowo w celu dokonania niezbędnych zabiegów ruchowych);
 - b3** - MEW ze stałą obsługą.

STOPNIE AUTOMATYZACJI

- Rozróżnia się zasadniczo następujące stopnie automatyzacji :
 1. **MEW niezautomatyzowane** – są to MEW wyłącznie z ręcznym sterowaniem procesów od **A** do **F** w warunkach pracy normalnej i z automatycznym wyłączaniem turbiny i generatora (procesy **D3** i **D5**) w warunkach awaryjnych (przy zadziałaniu zabezpieczeń turbozespołu).
 2. **MEW półautomatyczne** – są to MEW, w których poza zautomatyzowaniem procesów jak w p1. są też zautomatyzowane niektóre z procesów od **A** do **F**.
 3. **MEW automatyczne** – są to MEW w których zautomatyzowano wszystkie procesy od **A** do **F**.

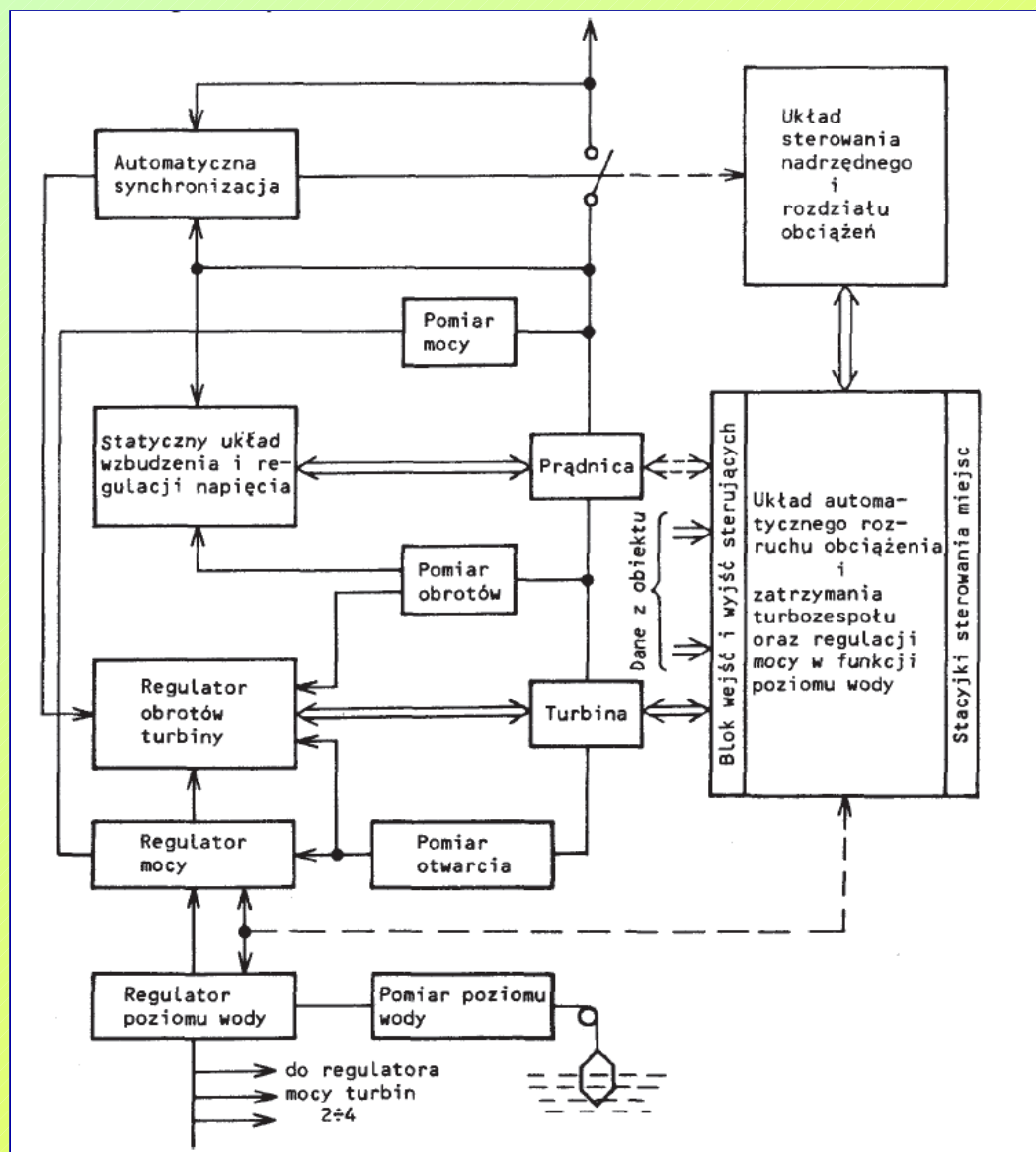
WYBÓR ZAKRESU AUTOMATYZACJI

- MEW powinna być bezwzględnie zautomatyzowana w zakresie niezbędnym technicznie – wymagają tego względy bezpieczeństwa pracy MEW oraz warunki techniczne narzucone tym elektrowniom.
- Dla MEW bezobsługowych z nadzorem okresowym, minimalny dopuszczalny zakres automatyzacji jest jednocześnie zakresem maksymalnym (maksymalnie możliwym).
- Dla MEW z obsługą stałą lub dyżurem domowym, współpracujących z lokalną siecią energetyczną, niezbędny technicznie minimalny zakres automatyzacji sprowadza się wyłącznie do automatyzacji procesów zatrzymania (odstawienia) turbozespołu w przypadku zadziałania zabezpieczeń.

ROZWIĄZANIA TECHNICZNE AUTOMATYZACJI

- Stosowane mogą być trzy podstawowe rodzaje rozwiązań technicznych automatyzacji MEW:
 - układy przekaźnikowe;
 - układy bezstykowe;
 - układy mikroprocesorowe.
- ✓ Najprostsze i najtańsze są układy przekaźnikowe, natomiast ich wadą jest dość znaczna zawodność, powodowana głównie korozją i odkształcaniem styków.
- ✓ Układy bezstykowe, wykonane z elementów scalonych w technologii TTL, są pewne i niezawodne w działaniu, lecz znacznie droższe od układów przekaźnikowych.
- ✓ Układy mikroprocesorowe cechuje duża uniwersalność doboru struktur i duża liczba realizowanych funkcji – ich koszt jest porównywalny z układami bezstykowymi z elastycznym programowaniem.

ROZWIĄZANIA TECHNICZNE AUTOMATYZACJI



Schemat blokowy układu automatycznego sterowania i regulacji mocy w funkcji poziomu wody MEW z prądnicami synchronicznymi.

UWAGA:

Dla elektrowni z prądnicami asynchronicznymi schemat znacznie się upraszcza – nie ma potrzeby stosowania statycznego układu wzbudzenia i automatycznego synchronizatora, a w miejsce regulatora prędkości kątowej jest stosowany znacznie prostszy nastawnik otwarcia aparatu kierowniczego turbiny.

AUTOMATYKA ZABEZPIECZENIOWA

Proponuje się zastosowanie następujących zabezpieczeń:

1. Zabezpieczenie nadczęstotliwościowe (działające przy podwyższeniu częstotliwości powyżej wartości nastawionej). Przekazniki nadczęstotliwościowe $f >$ należy nastawić na 51 Hz, zaś ich człony czasowe na 0,5 s.
2. Zabezpieczenie podczęstotliwościowe (działające na obniżenie częstotliwości poniżej wartości nastawionej). Przekazniki podczęstotliwościowe $f <$ należy nastawić na 49 Hz, a ich człony czasowe na 0,5 s.
3. Zabezpieczenie nadnapięciowe. Przekazniki nadnapięciowe $U >$ należy ustawić na 231 V, a ich człony czasowe na 10 s.
4. Zabezpieczenie podnapięciowe. Przekazniki podnapięciowe $U <$ winny być ustawione na 198 V, zaś człony czasowe na 10 s.

AUTOMATYKA ZABEZPIECZENIOWA

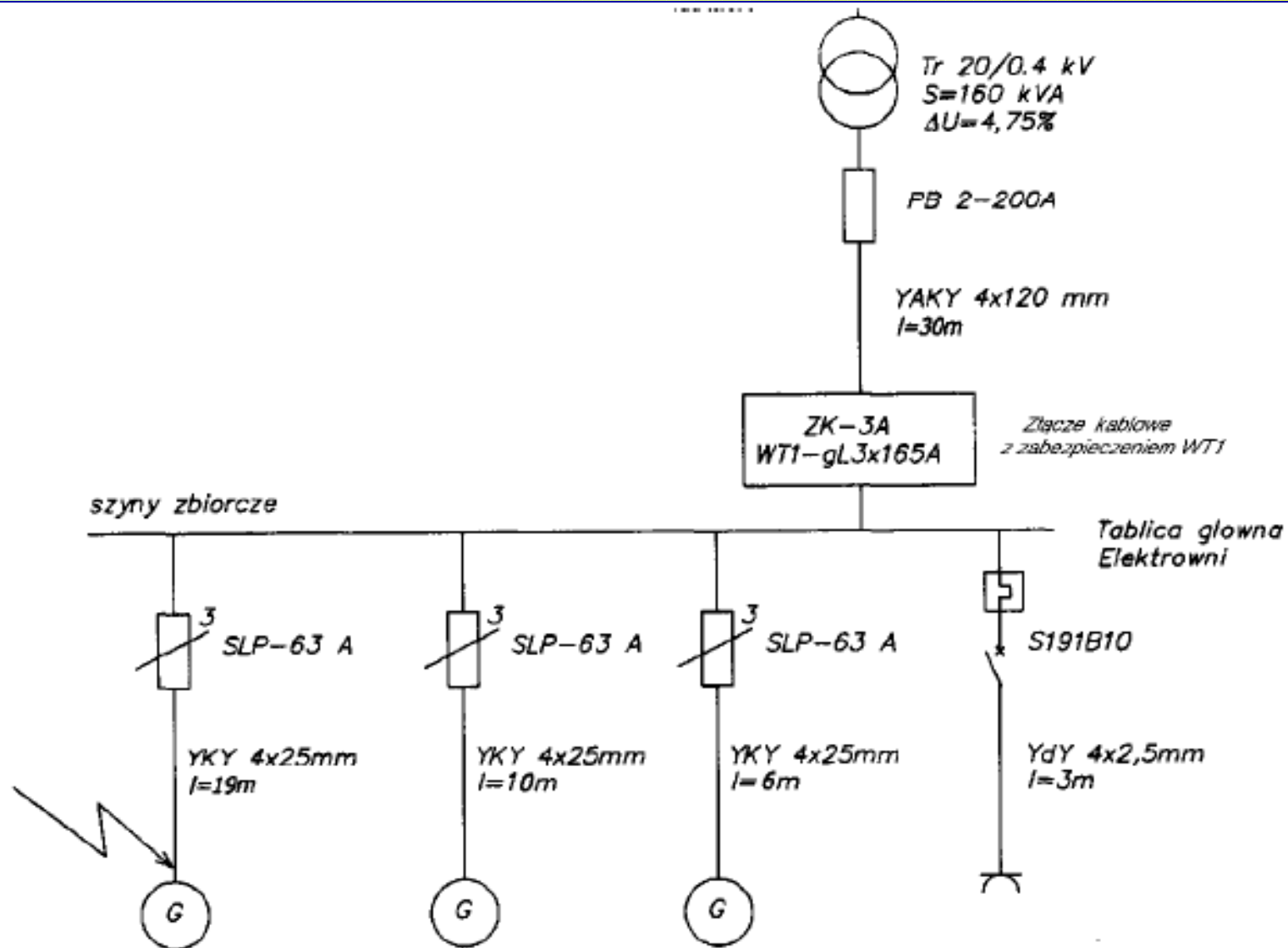
Proponuje się zastosowanie następujących zabezpieczeń:

5. Zabezpieczenie od zaniku napięcia na szynach n/n. Przekąźnik reagujący szybciej przy dużych zanikach napięcia $U \ll$ należy nastawić na $0,8 U_N$, a czas opóźnienia $0,3$ s.
6. Oddzielne zabezpieczenia w polach każdego z generatorów działające na wyłączenie chronionego generatora:
 - a) Zabezpieczenie termiczne przeciążeniowe generatora - działa na przeciążenie mocą czynną, a jego nastawa jest ograniczona mocą turbiny napędzającej generator.
 - b) Zabezpieczenie od przeciwnego kierunku wirowania pola oraz asymetrii obciążenia - działa w przypadku wystąpienia asymetrii prądów stojana.

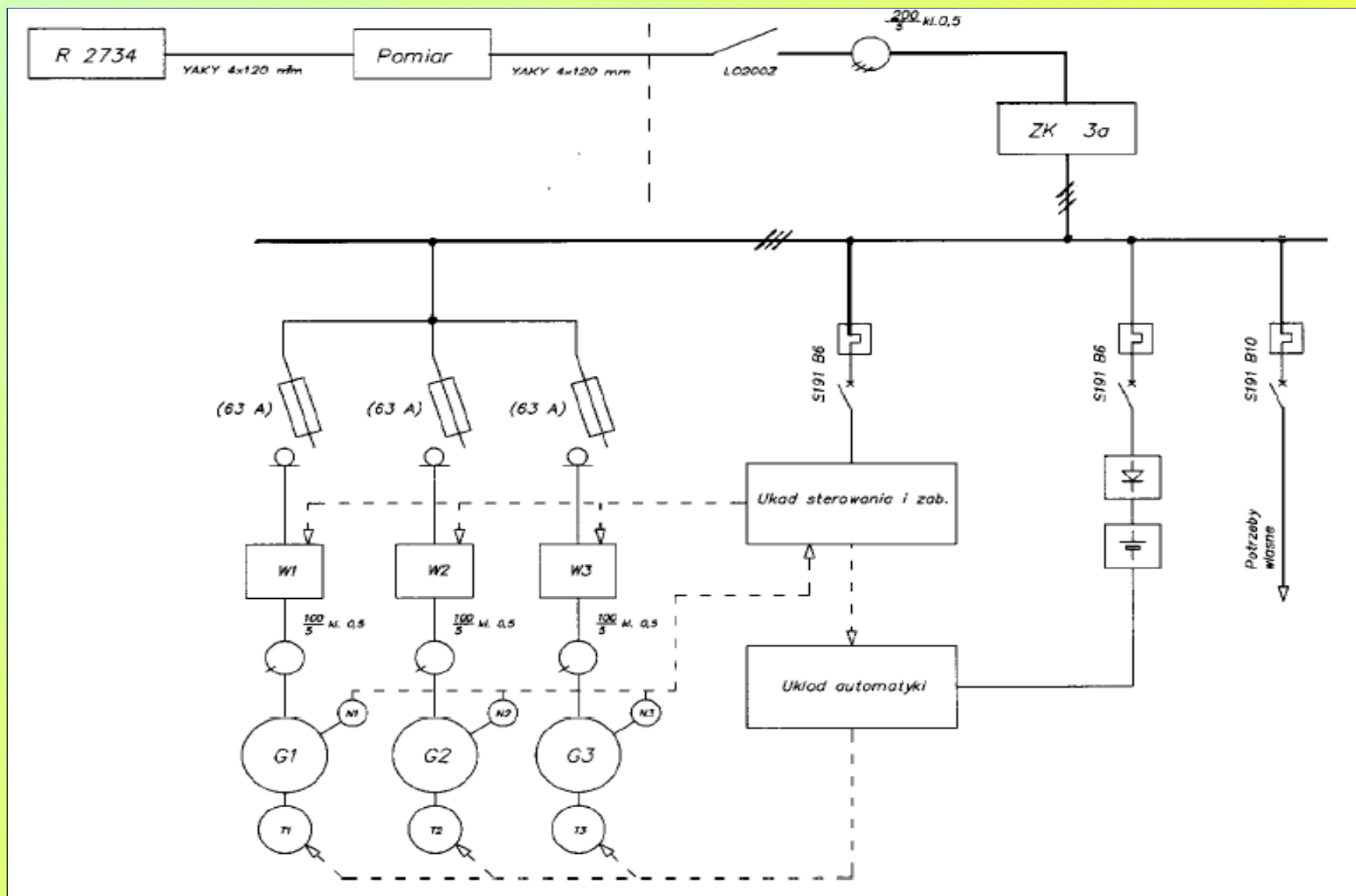
AUTOMATYKA ZABEZPIECZENIOWA

- c) Zabezpieczenie od poboru energii z sieci - działa na pobór energii z sieci przez generator (jest to zabezpieczenie kierunkowo – mocowe).
- d) Zabezpieczenie kontrolujące prędkość obrotową z blokadą załączenia - działa przy nieprawidłowych obrotach i blokuje załączenie generatora.
- e) Zabezpieczenia mechaniczne w polach generatora, działające na wyłączenie generatora:
 - zabezpieczenie od obrywu pasa;
 - zabezpieczenie stanu otwarcia i zamknięcia przetyku turbiny - są to wyłączniki krańcowe;
 - zabezpieczenie zamknięcia i zahamowanie turbiny po zadziałaniu wyłącznika głównego;
 - zabezpieczenie przed zwyżką obrotów turbiny - jest to tzw. zabezpieczenie bezwładnościowe.

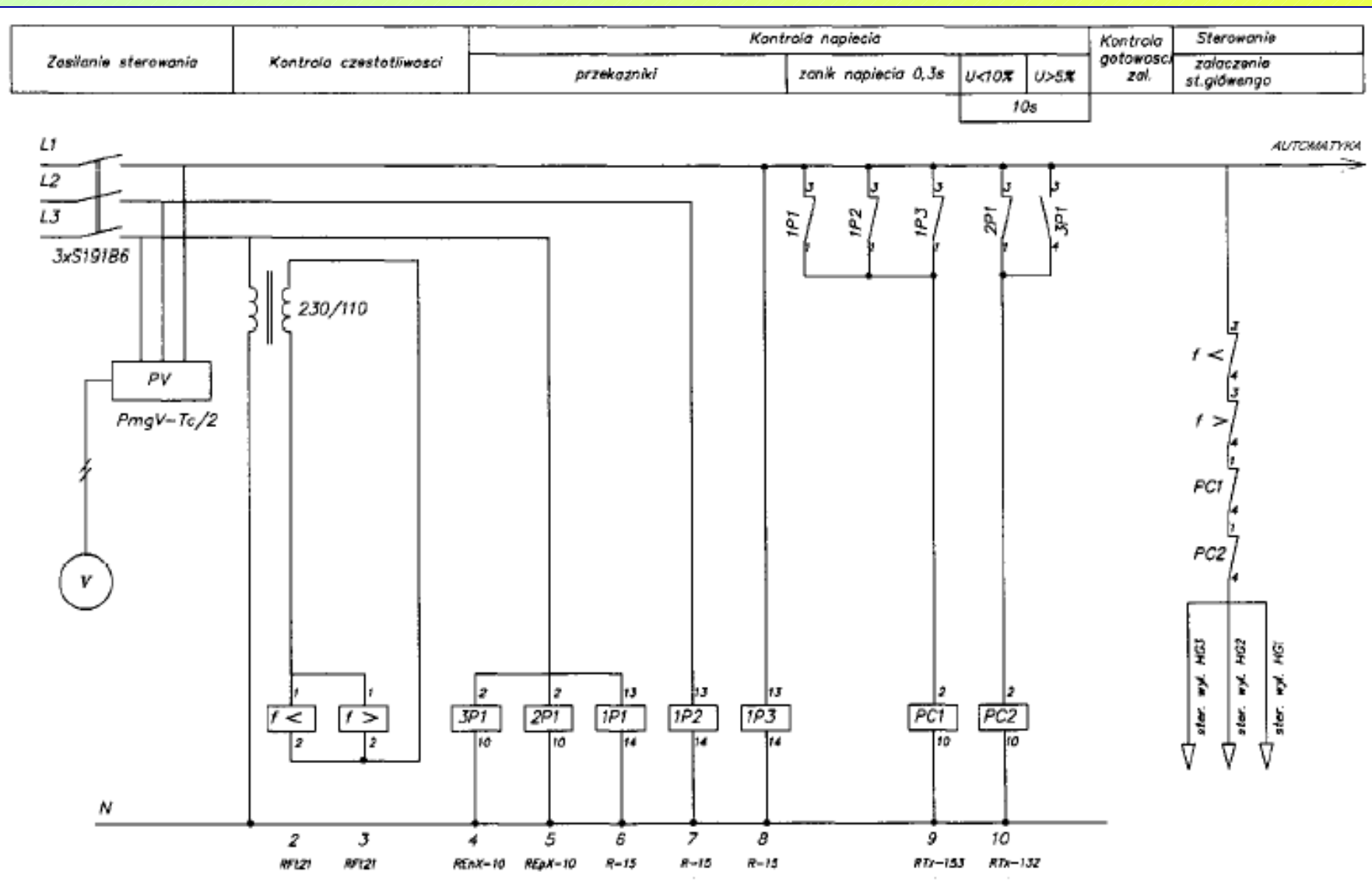
SCHEMAT SIECI MEW



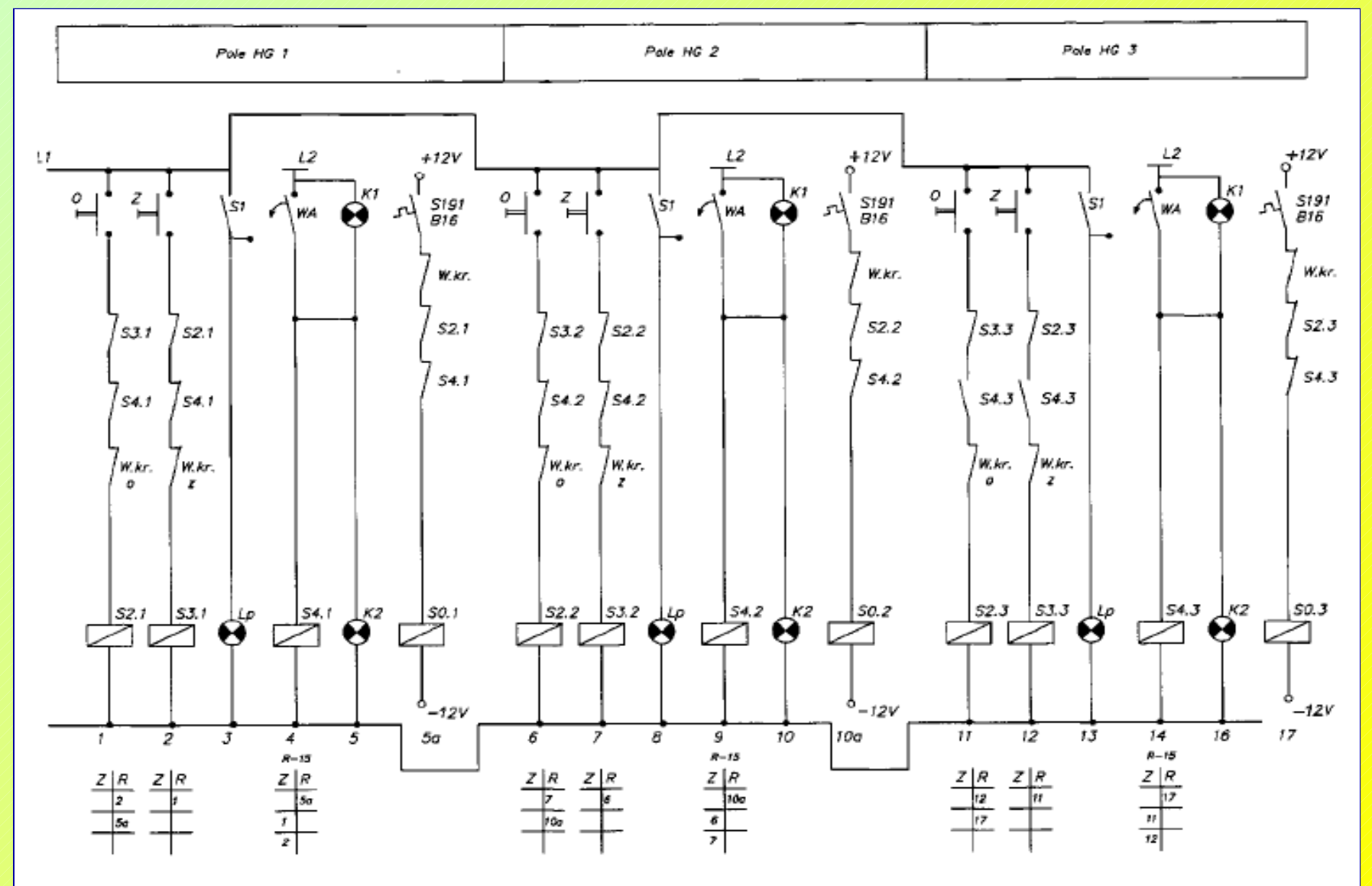
SCHEMAT STRUKTURY ZASILANIA MEW



OGÓLNY SCHEMAT UKŁADU STEROWANIA



SCHEMAT STEROWANIA OTWARCIEM PRZEŁYKU



SCHEMAT STEROWANIA WYŁĄCZNIKAMI

