

Mgr inż. ALEKSANDER LESZCZYŃSKI
ZKM PW -- Gliwice

ELEMENTY AUTOMATYZACJI MASZYN WYCIĄGOWYCH Z NAPĘDEM ASYNCHRONICZNYM

Streszczenie: Omówiono istniejące rozwiązania maszyn wyciągowych asynchronicznych. Opiszano niektóre elementy automatyzacji. W zakończeniu nakreślono tendencje automatyzacji wyciągów asynchronicznych.

1. Wstęp

Maszyny wyciągowe z napędem asynchronicznym znalazły zastosowanie w krajowym przemyśle górnictwym, głównie do obsługi szybów pomocniczych. Pracują one także w wielu przypadkach jako główne wyciągi wydobywcze.

Rok rocznie uruchamia się szereg wyciągów asynchronicznych dla wydobywania, głębiania, obsługi szybów pomocniczych na powierzchni i na dole. Moc ich osiąga wartość do 1000 kW, a istnieje u nas pogląd, że około 1600 kW jest dla maszyn asynchronicznych granicą ze względu na konstrukcję przekładni.

Silnik asynchroniczny ma mniej korzystne charakterystyki napędowe w porównaniu z układem Leonarda. Jednak zaletą napędu asynchronicznego jest prostota (jedna maszyna wyciągowa w miejsce trzech w systemie Leonarda). Zatem cena wyciągu asynchronicznego i budynku jest znacznie niższa.

W porównaniu z zaletami, wady przedstawiają się następująco:

- instalacja wymaga jednej maszyny, ale trzeba stosować styczniki rewersyjne i aparaturę rozruchową; jeżeli nie ma strat w czasie przerw, to występują one przy rozruchu i hamowaniu.
- silnik trójfazowy normalnie zbudowany ma wysokie obroty, wymaga stosowania przekładni. Jeżeli chce się trzymać prędkość zredukowaną, zachodzą komplikacje w sterowaniu.

Właściwości wyciągów asynchronicznych ograniczają ich stosowanie do:

- dużych głębokości lub odpowiednio długiego cyklu jazdy,
- szybów o słabym ruchu, gdzie czasy przerw są długie,
- głębienia szybów.

Postęp w dziedzinie hamowania dynamicznego i sterowania obniżoną frekwencją rozszerza zakres stosowania wyciągów asynchronicznych. Rozwój w ostatnich latach elementów półprzewodnikowych dużej mocy rokuje perspektywy polepszenia własności regulacyjnych napędów asynchronicznych.

Konstrukcja maszyn wyciągowych jest u nas dziedziną nową. Zakłady Konstrukcyjno-Mechanizacyjne PW zajmują się nią od kilkunastu lat. Na podstawie ich dokumentacji wykonuje się maszyny w ZUT - Zgoda oraz w Rybnickiej Fabryce Maszyn, do których część elektryczna jest dostarczana przez fabryki przemysłu elektrotechnicznego.

Ze względu na moc, maszyny wyciągowe z napędem asynchronicznym dzielą się na dwie grupy:

- maszyny niskonapięciowe do 160 kW,
- maszyny wysokonapięciowe, powyżej 160 kW.

Poniżej opisano własności techniczne znormalizowanych maszyn wyciągowych produkowanych obecnie i niektóre elementy automatyzacji oraz nakreślono tendencje automatyzacji maszyn wyciągowych.

2. Charakterystyka techniczna maszyn wyciągowych

Norma RN-55/MG-62011 obejmuje maszyny asynchroniczne o prędkości ciągnięcia do 4 m/sek. Maszyny wyciągowe w niniejszej normie oznaczono jako: jednobębnowe - B, dwubębnowe - BB, z kołem pędnym - K.

W tablicy 1 zestawiono dane techniczne typowych maszyn wyciągowych. Tablica obejmuje maszyny obecnie produkowane o prędkości ciągnięcia do 9,4 m/sek i mocy do 1000 kW. Konstrukcja tych maszyn jest dopracowana pod względem funkcjonalnym, dostosowana do różnorodnych warunków zabudowy i gwarantuje niezawodność ruchu. Mają one szybko działające zespoły hamulcowe,

Tablica 1

Dane techniczne niektórych maszyn z napędem asynchronicznym

Średnica na- wojowa mm	Prędkość m/s	Udźwig kg	Silnik napędowy			Prze- kład- nia reduk- cja	Typ maszyny
			Moc kW	Obroty 1/min	Napięcie V		
1500	2	1800	52	1000	500	36,8	K-1500
	3	1500	64	1500	500		B-1500 BB-1500
2000	2	2300	65	490	500	25,3	K-2000
	3	1750	75	735	500		B-2000
	4	2300	130	985	500		BB-2000
2500	2	3750	160	730	500		K-2500
	3	3500	200	980	6000		B-2500 BB-2500
3000	4	4600	315	485	6000	19,3	K-3000
	6		400	740	6000		B-3000 BB-3000
3500	4	6500	400	485	6000		K-3500
	6	6000	500	740	6000		B-3500 BB-3500
4000	8	4000	500	365	6000	9,63	K-4000
	6	5000	500	485	6000	16,44	BB-4000
	10	5400	1000	490	6000	10,19	BB-4000/G 2 silni- ki po 500 kW
2000	8	4000	500	365	6000	6,34	WL4-2000 wieloli- nowa
1250 min 5800 max	8	3600	630	740	6000	16,44	BOB-5500

przekładnie zębate konstrukcji zamkniętej i nowoczesne wyposażenie elektryczne. W maszynach \varnothing 2000 zastosowano już obiegowe smarowanie przekładni. Napęd silnikiem asynchronicznym pierścieniowym, od 2 do 8 par biegunów. Jak wynika z tablicy 1, przekładnie mają redukcję od 36,8 do 6,34.

Maszyny małej mocy o napięciu 500V, z silnikiem pierścieniowym, mają rewersję silnika pierścieniowego stycznikami. Rozruch oraz regulację obrotów oporami metalowymi typu D48-12. Stosowane początkowo nastawniki do zwierania oporów ustępują miejsca stycznikom. Ma to swoje uzasadnienie dla maszyn sterowanych zdalnie i maszyn wyposażonych w pulpity. Poza nielicznymi przypadkami maszyn do głębinienia, wyposażonych w hamowanie dynamiczne, maszyny wyciągowe niskonapięciowe mają możliwości hamowania mechanicznego, generatorowego, oporowego i przeciwprądem.

Maszyny wyciągowe wysokonapięciowe (wg tablicy 1) mają do rewersji styczniki wysokiego napięcia 320 A, 6000 V firmy Merlin - Gerlin. Dla rozruchu i regulacji prędkości jazdy znalazły zastosowanie opory metalowe i płynowe (cieczowe).

Opornik płynowy ma jednak szereg niedogodności:

- wymaga instalacji chłodzenia wodnego (lub innego),
- występuje niebezpieczeństwo zamarzania elektrolitu,
- potrzeba oddzielnego izolowania elektrod,
- czułe wahania oporu dla tej samej pozycji dźwigni sterowniczej w funkcji temperatury, koncentracji elektrolitu i stanu elektrod,
- wymaga niekiedy stosowania serwomotoru.

Nowoczesne oporniki płynowe mają zależność między oporem minimalnym a maksymalnym 1:80, a nawet 1:150. Polepsza to warunki ich pracy i daje możliwości hamowania przeciwprądem.

Opornik metalowy ze stycznikami, stanowi konstrukcję wygodniejszą w eksploatacji, a zastosowanie 8 do 9 stopni rozruchowych gwarantuje wystarczającą płynność regulacji. Postęp w dziedzinie konstrukcji styczników wirnikowych daje możliwość stosowania oporników metalowych dla mocy powyżej 1000 kW do 1600 kW.

Opornik płynowy znalazł początkowo zastosowanie do maszyn wysokonapięciowych o mocach od 315 kW, tj. w maszynach B-3000, K-4000, WL-4/2000, BCB-5500 itp. Rozwój konstrukcji krajowych styczników wirnikowych typu SE: 600 A i 1000 A ograniczył stosowanie oporników płynowych praktycznie tylko do maszyn BCB-5500, 630 kW. Choć i te ostatnie są wykonane z opornikami metalowymi, w szczególności dla warunków tropikalnych.

Często maszyny wysokonapięciowe mają rozruch czasowy samoczynny z korekcją prądową.

Dotychczas w krajowych maszynach wysokonapięciowych znalazły zastosowanie następujące rodzaje hamowania:

- Hamowanie mechaniczne (opisane szczegółowiej poniżej).
- Hamowanie oporowe przy dojeździe dla ciągnięcia urobku.
- Hamowanie generatorowe dla momentu ujemnego (opuszczanie) i prędkości większej od synchronicznej (jest to możliwe praktycznie przy zwartym wirniku).
- Hamowanie przeciwprądem. Związane ze znacznymi stratami energii i łatwe do regulacji tylko przy dużych oporach. Nachylenie krzywych $M = f(n)$ jest dość duże i słabe wahania momentu powodują duże wahania prędkości. Wartość momentu jest znaczna zarówno przy dużej prędkości, jak i na postoju, stąd zawsze ryzyko jazdy w odwrotnym kierunku.
- Hamowanie dynamiczne, jest stosowane w maszynach powyżej 400 kW. Silnik w okresie zwalniania lub przy opuszczaniu nadwagi jest odłączony od sieci i włącza się do jego stojana prąd stały. Hamowanie dynamiczne daje zwiększoną dokładność regulacji w porównaniu z hamowaniem przeciwprądem. Wymaga jednak dodatkowego źródła prądu stałego. Stosowany do tego celu generator prądu stałego jest zastępowany wzmacniaczem magnetycznym, wysterowanym w funkcji różnicy prędkości istniejącej i zadanej od krzywek. Układ hamowania prądem stałym przedstawiono na rys. 1.

Na rysunku 1 oznaczono:

- 1 - wyłącznik mocy,
- 2 - transformator prądowy,
- 3 - styczniki wysokiego napięcia,

- 4 - blokadę przed włączeniem wysokiego napięcia do obwodu prądu stałego,
- 5 - silnik napędowy,
- 6 - opory rozruchowe,
- 7 - styczniki rozruchowe,
- 8 - przekaźniki rozruchowe,
- 9 - wzmacniacz hamowania dynamicznego,
- 10 - wzmacniacz wstępny,
- 11 - wzmacniacz regulatora elektropneumatycznego,
- 12 - regulator elektropneumatyczny,
- 13 - przekładnia,
- 14 - maszyna wyciągowa,
- 15 - potencjometr indukcyjny (wartość zadana),
- 16 - tachogenerator (wartość istniejąca),
- 17 - hamulec pneumatyczno-ciężarowy,
- 18 - stanowisko sterownicze.

Rysunki 2 do 9 przedstawiają niektóre maszyny z napędem asynchronicznym z produkcji bieżącej. Wszystkie wyposażono w pulpity sterownicze. Nowe rozwiązania mają pulpity z selsynowymi wskaźnikami głębokości, elektropneumatyczne sterowanie hamulców, zdalne przeniesienie pomiarów i podnoszenie hamulca bezpieczeństwa. Pozwala to na dowolne usytuowanie pulpitu i na łatwą realizację sterowania zdalnego.

3. Elementy automatyzacji

Maszyny o sterowaniu zdalnym i automatycznym wymagają elementów sterowniczych elektrycznych, elektropneumatycznych i pomiarowych. Poniżej opisano kilka rozwiązań tych urządzeń, które znalazły zastosowanie w maszynach wyciągowych.

3.1. Regulator elektropneumatyczny

Sterowanie zdalne i automatyczne hamulca manewrowego maszyny wymaga zastosowania regulatora elektropneumatycznego. Otrzymuje się wtedy na wyjściu zmienne ciśnienie w funkcji natężenia prądu przepływającego przez cewkę sterującą. Cewka jest często

sterowana w funkcji różnicy między wartością istniejącą a wartością zadaną.

Regulator elektropneumatyczny pokazano na rys. 10. Działanie jego jest następujące: Przy zwiększaniu prądu w cewce następuje stopniowe zamykanie zaworu c. W komorze k zwiększa się ciśnienie, które przesunie tłok do dołu, zamykając zasilanie, a obwód pneumatyczny hamulca manewrowego łączy z wydmuchem. Powoduje to spadek ciśnienia regulowanego. Sprężyna f jest tak wyregulowana, że przesuną tłok ku górze, gdy ciśnienie w komorze k zaniknie. Przy zaniku prądu w cewce, ciśnienie regulowane jest największe. Wtedy dopływ i wydmuch jest zamknięty. Spadek ciśnienia w cylindrze hamulców, a więc w strefie regulatora elektropneumatycznego powoduje samoczynne przesunięcie tłoka ku górze, otwierając zasilanie i stabilizując tym samym ciśnienie regulowane, dzięki większej dolnej powierzchni tłoka od górnej. Przy hamowaniu manewrowym ciśnienie w cylindrze hamulca jest regulowane regulatorem elektropneumatycznym w funkcji prądu cewki sterującej. Wtedy powietrze przez ogranicznik ciśnienia B do cylindra manewrowego hamulca przepływa swobodnie. W czasie hamowania bezpieczeństwa luzownik opada, przerywając obwód sterowania cewki regulatora elektropneumatycznego (nie pokazano na rysunku). Pod działaniem ciężaru suwak zaworu bezpieczeństwa C zostaje przestawiony. Komora hamulca bezpieczeństwa łączy się z kanałem wydmuchowym powietrza do atmosfery. Ciężar hamulca opada, powodując hamowanie bezpieczeństwa. Jednocześnie działadwustopniowy ogranicznik ciśnienia B. Po zwolnieniu rygla luzownika, powietrze dostające się na tłok ogranicznika przestawia go, zamykając dopływ powietrza do hamulca manewrowego. Przy dalszym narastaniu ciśnienia nad tłokiem otwiera się dolny kanał przepływowy, przez który następuje dopełnienie powietrza do cylindra manewrowego, zwiększając siłę hamowania.

Otrzymuje się dwustopniowe hamowanie, które ma szczególne znaczenie przy maszynach z kołem pędnym. Czas zwłoki reguluje się przez zmianę objętości zbiornika H i dławienie przepływów.

Dane techniczne zespołu sterującego są następujące:

- ciśnienie powietrza zasilającego do 6 atn,
- średnica przepływowa 1,25 cala,
- natężenie cewki sterującej do 150 mA,
- napięcie prądu stałego 12 V,
- napięcie luzownika 220 V, 50 Hz.

Opisany zespół sterowniczy jest prosty konstrukcyjnie, jednakże nie daje możliwości dowolnego programowania procesu hamowania. W maszynach sterowanych ręcznie wyodrębnia się bowiem dwa rodzaje hamowania:

- hamowanie manewrowe,
- hamowanie bezpieczeństwa.

Sterowanie zdalne i automatyzacja wyciągów wymaga programowania momentu hamującego przy dojeździe oraz hamowania postojowego - "stop" (statyczna pewność nie mniejsza od 3). Sygnał sterowania mechaniczny hamowania manewrowego jest oczywiście zamieniony na elektryczny. System sterowania uniwersalny wyodrębnia następujące rodzaje hamowania:

- hamowanie manewrowe,
- hamowanie dojazdowe (wstępne) i hamowanie "Stop",
- hamowanie bezpieczeństwa.

Uniwersalny system sterowania hamulców automatycznych maszyn wyciągowych jest obecnie przedmiotem opracowania prototypowego.

3.3. Napęd hamulców

W przedstawionych wyżej maszynach od 1959 r. znalazły powszechne zastosowanie osiowe napędy hamulców pneumatyczno-ciężarowe (typu HOP-C) lub pneumatyczno-sprężynowe (typu HOP-S). Opracowanie obejmuje serię pięciu wielkości napędów hamulcowych - osiowych (rys. 13). Tłok bezpieczeństwa jest jednocześnie cylindrem manewrowym. Tłok manewrowy jest samoczynnie odwodzony zaworem membranowym, przy spadku ciśnienia regulowanego. Hamowanie manewrowe odbywa się pod naporem powietrza na górny wewnętrzny tłok manewrowy.

Sumowanie sił przy hamowaniu bezpieczeństwa nie zachodzi. Na drąg pionowy przenosi się zawsze większa z sił działania obciążnika i tłoka manewrowego. Szczegółowe przebiegi hamowania są zależne od systemu sterującego.

3.4. Wzmacniacz magnetyczny do hamowania dynamicznego

Opracowany przed paru laty wzmacniacz magnetyczny w Katedrze Maszyn Elektrycznych Politechniki Śląskiej, wyprodukowany przez przemysł elektrotechniczny znajduje zastosowanie w układach maszyn wyciągowych do 1000 kW. Wymagana do hamowania dynamicznego moc wynosi około 4% mocy silnika napędowego.

Wzmacniacz pracuje w układzie wg rys. 14 i daje na wyjściu wg charakterystyki sterowania:

- prąd stały ok. 100 A,
- napięcie stałe 220 V.

Do zasilania wzmacniacza magnetycznego zastosowano dwa transformatory suche 20 kVA, 500/231 V. Transduktor główny 3-fazowy tworzą 3 jednofazowe wzmacniacze magnetyczne. Stała czasowa uzwojenia sterującego, przy załączeniu wynosi 0,44 s, a przy wyłączaniu 1,24 s, zdjętych przy napięciu znamionowym. Wzmacniacz magnetyczny łącznie z prostownikami i transformatorami jest zabudowany w szafie rozdzielczej 1000x750x2000 mm.

4. Tendencje automatyzacji maszyn wyciągowych

Pierwsze maszyny wyciągowe, wyposażone w pulpity przed około dziesięć laty stanowiły postęp w sterowaniu. Z biegiem czasu wynikła sprawa sterowania maszyną z nadszubyia przez sygnalistę, który oprócz maszyny wyciągowej będzie mógł obsługiwać urządzenia przyszybowe. Sterowanie zdalne wymagało dużej elastyczności zabudowy pulpitów, wprowadzono więc rekonstrukcję:

- sterowania elektropneumatycznego hamulca manewrowego,
- układu zdalnego podnoszenia hamulca bezpieczeństwa,
- selsynowego wskaźnika głębokości,
- zdalnego pomiaru ciśnienia w układzie pneumatycznym,
- układu sterowania elektrycznego.

W nowych rozwiązaniach maszyn wyciągowych pulpit sterowniczy ma powiązanie z maszyną tylko elektryczne. Pozwala to na uniwersalne usytuowanie stanowiska maszynisty - miejscowe lub zdalne, np. w nowych maszynach BB-3000.

Zastosowanie rozruchu samoczynnego oraz elektropneumatycznego sterowania dało możliwości rozwiązania regulatora jazdy. Porównuje on wartości: istniejącą od tachogeneratora z wartością zadaną potencjometra indukcyjnego od krzywek. Jeśli wartość istniejąca jest większa od zadanej, przyhamowuje on maszynę hamulcem manewrowym. Regulator jazdy obejmuje:

- napęd tachogeneratora wartości istniejącej,
- napęd tachogeneratora prędkości jazdy (tachometr),
- koła krzywkowe z potencjometrami indukcyjnymi wartości zadanej,
- aparat śledzący sterowany w funkcji drogi,
- selsyny nadawcze wskaźnika głębokości,
- korektor poślizgu liny maszyn z kołem pędnym,
- wyłączniki krańcowe.

Dalszym krokiem sterowania zdalnego jest automatyzacja wyciągów. Pulpit na nadszybiu zostaje zastąpiony skrzynką sterowniczą z przyciskami sterującymi, łącznikiem programującym jazdę i selsynowym wskaźnikiem głębokości. Sygnalista naciska przycisk START (lub urządzenie załadowcze uruchamia przekaźnik START), a kierunek jazdy wybiera sama maszyna. Rozpoczyna się rozruch automatyczny, np. w funkcji czasu z korekcją prądową. Maszynę nadzoruje regulator jazdy oraz układ zabezpieczeń - łączników magnetycznych w szybie, zdublowany w aparacie śledzącym. Początek hamowania jest zadawany przez drogę w szybie, może być jednak korygowany w funkcji obciążenia. Przy mniejszym obciążeniu trzeba rozpocząć hamowanie wcześniej niż przy dużym obciążeniu. Po nadaniu sygnałów początek hamowania do obwodu wirnika zostaje włączony całkowity opór. Porównuje się wartość prędkości istniejącej z zadaną. Układ może wybrać hamowanie mechaniczne, hamowanie dynamiczne lub ponowny rozruch w zależności czy wartość istniejąca prędkości hamowania jest mniejsza lub większa od zadanej. Przy dojeździe do ozna-

czonego poziomu z prędkością pełzającą, maszyna zostaje wstępnie przyhamowana, a następnie włącza się hamowanie "stop". Silnik napędowy zostaje odłączony od sieci. Cały cykl jazdy nadzoruje regulator jazdy.

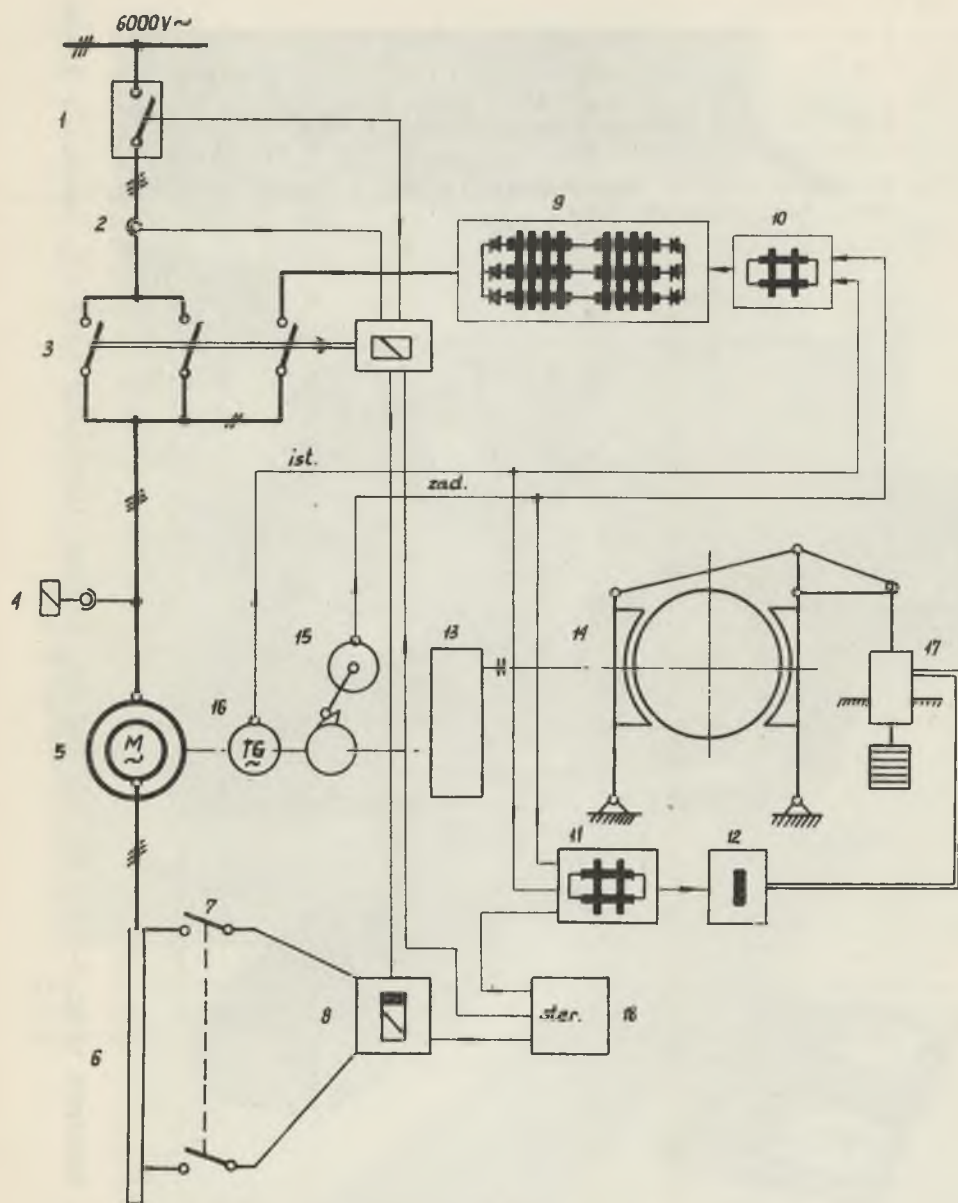
Wygodnym rozwiązaniem jest obsługa maszyny przez sygnali-
stów za pomocą przyciskowego sterowania. Układ blokowy takiej
maszyny BB-3000 automatycznej podano na rys. 15. Jazda auto-
matyczna maszyny ma zastosowanie przy ciągnięciu urobku, jaz-
da ludzi odbywa się przy sterowaniu ręcznym.

Automatyzacja, oprócz znanych ogólnie zalet zwiększa pew-
ność ruchu. Wprowadza się cały szereg zabezpieczeń, często
zdublowanych, których nie było przy sterowaniu ręcznym. Z re-
guły wchodzi jeszcze regulator jazdy, który ze względu na
przepisy nie byłby wymagany. Należy przypuszczać, że duża do-
kładność dojazdu klatek (naczyni wydobywczych) do poziomów
wprowadzi w przyszłości elementy cyfrowe w sterowaniu maszyn
wyciągowych.

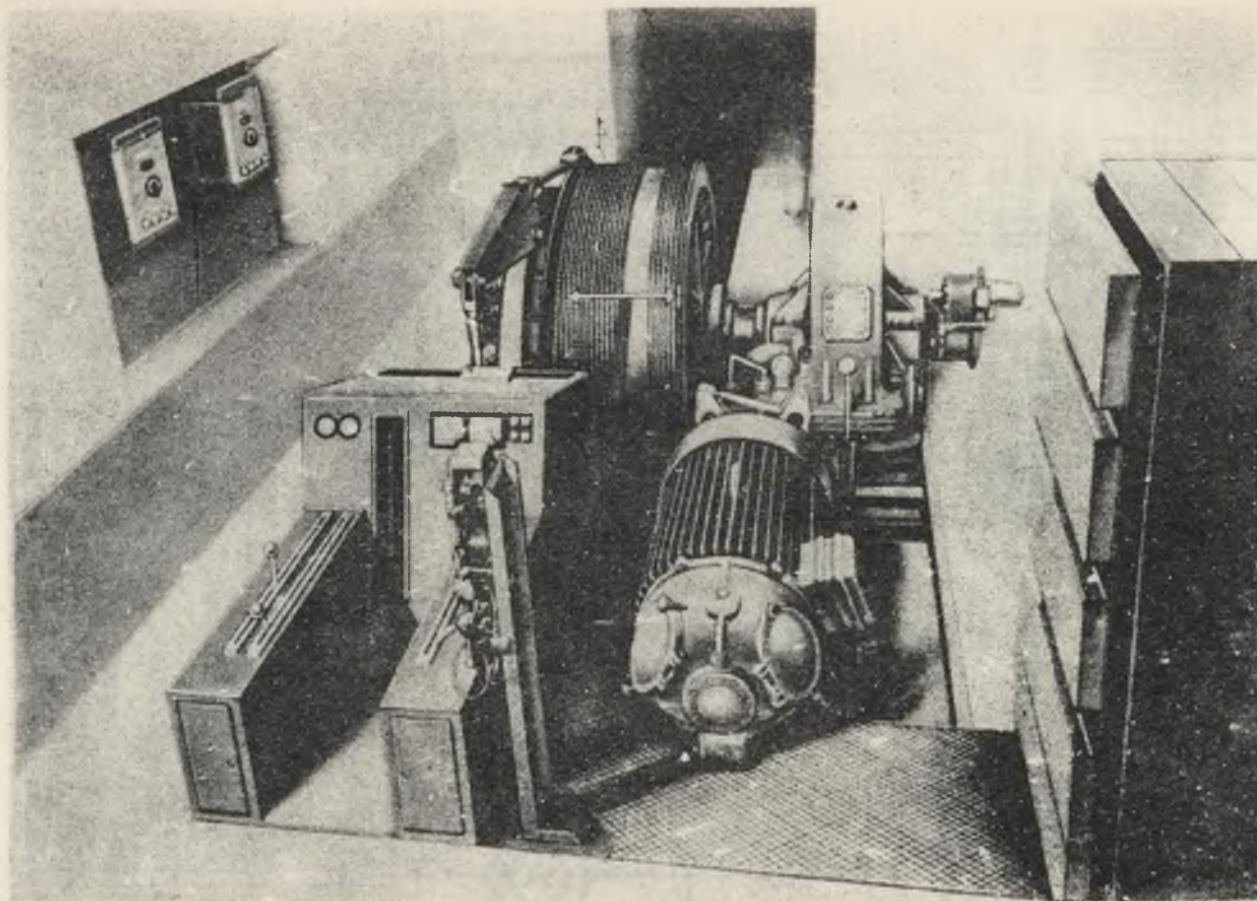
LITERATURA

- [1] E. Kosonooki, I. Manitius, Wł. Sztwiertnia - Napędy Elek-
tryczne Maszyn wyciągowych. PWN. Kraków 1957 r.
- [2] Theodor Taeger, Walter Meinhard, Helmut Rehm - Schaltung
und Regelung neuzeitlicher elektrischer Fördermaschinen.
Glückauf H.49/50 1957, str.1530/53.
- [3] Revue de l'Industrie Minerale (troisième partie) Numero
special 5 aout 1959.
- [4] B. Picquet - Damesme, Quelques nouveautes dans l'équipement
des machines d'extraction. Techniques CEM, N 47, 1961.
- [5] M.N. Wasilewski - Asynchronnyj Priwod Szachtnych Podziemnych
Maszin. Wyd. 2. 1960.
- [6] T. Duda - Elektropneumatyczny zespół sterowniczy w zasto-
sowaniu do maszyn wyciągowych. Praca ZKM-PW. Wyd. "Śląsk".
Katowice 1964.
- [7] O. Popowicz - Górnictwo T. IX. Transport Kopalniany cz. 4.
Wyciągi Szybowe. WGH Katowice 1960.

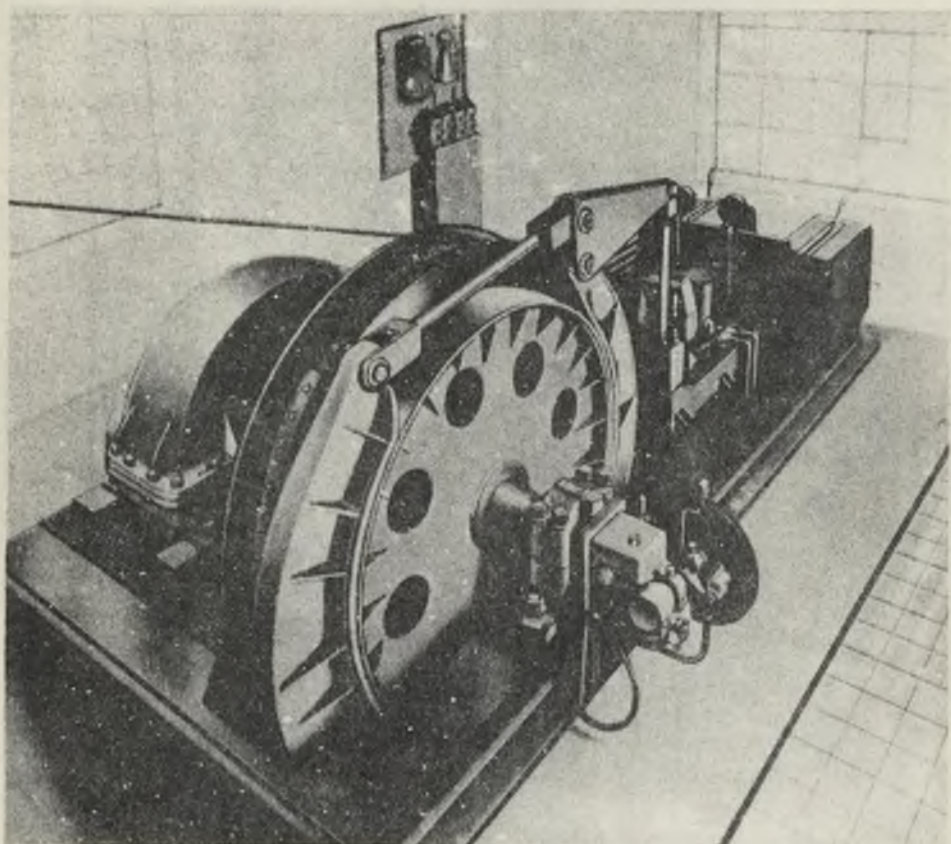
- [8] J. Orlacz - Regulatory ciśnien w hamulcach maszyn wyciągowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Górnictwo z. 12.
- [9] T. Zmysłowski, J. Orlacz - Nowe rozwiązania w hamulcowych instalacjach maszyn wyciągowych. Zjazd Górnictwa. AGH 1965.
- [10] T. Zmysłowski - Maszyny wyciągowe z napędem asynchronicznym. Wyd. ZKM-PW 1962.
- [11] Dokumentacja ZKMPW.



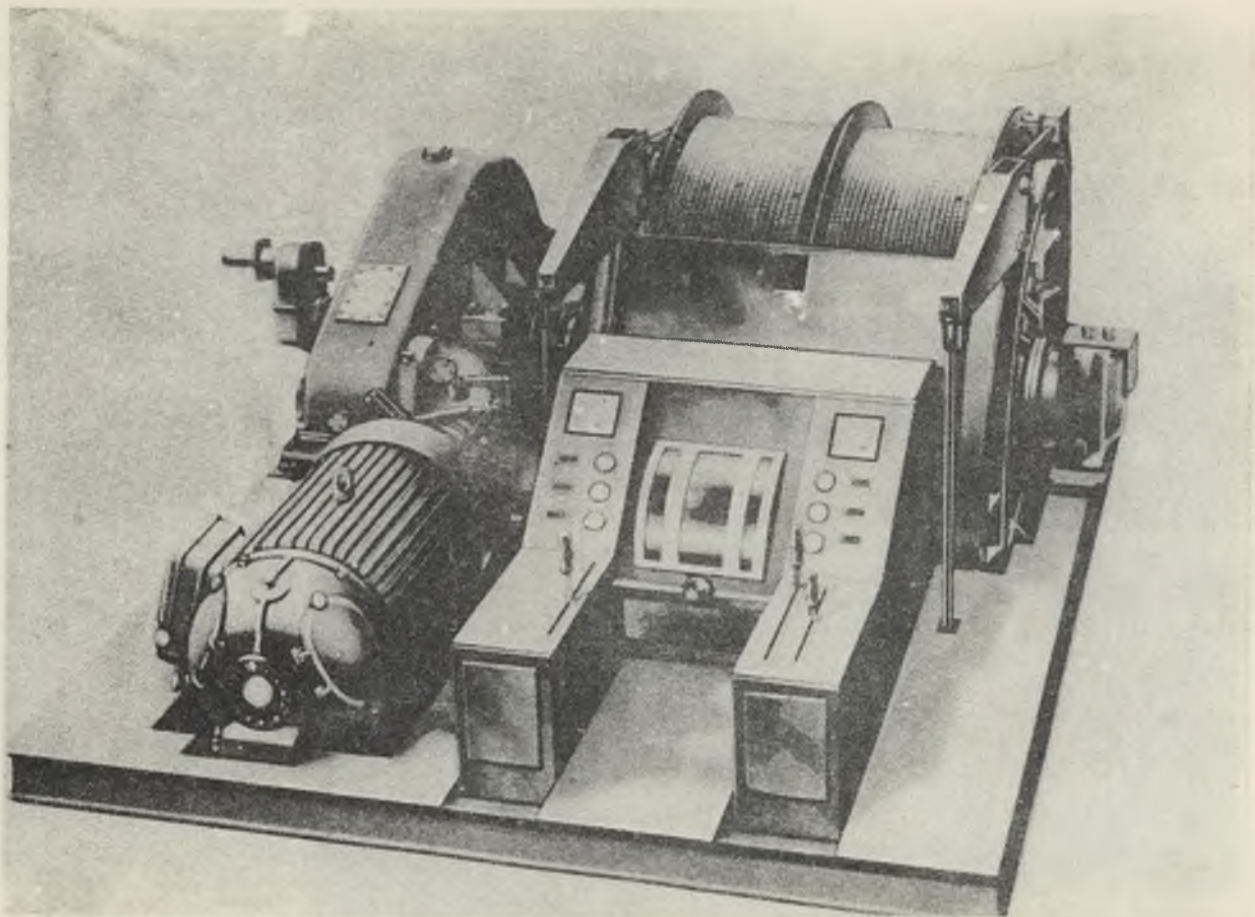
Rys. 1. Układ blokowy maszyny z hamowaniem prądem stałym



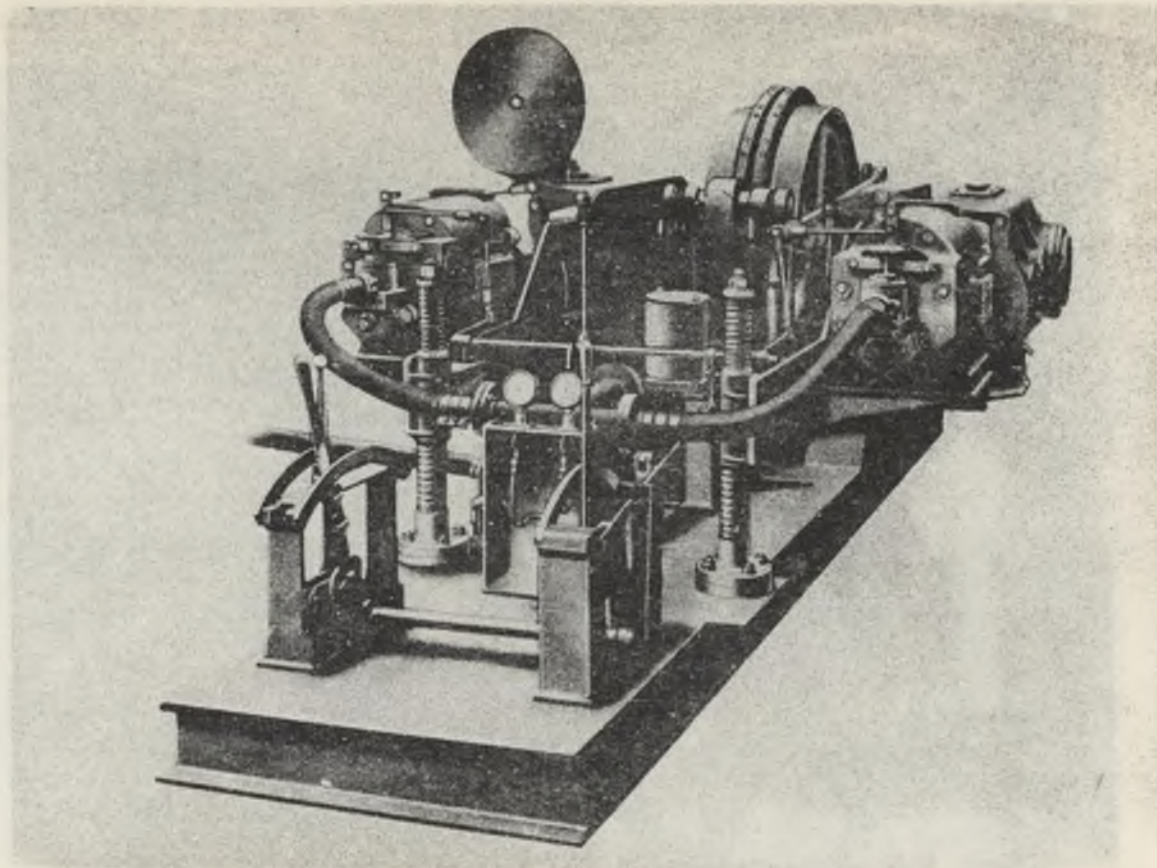
Rys. 2. Maszyna typu B-2000 moc do 130 kW, ciężar użyteczny 2000 kg, prędkość jazdy 2 do 4 m/s



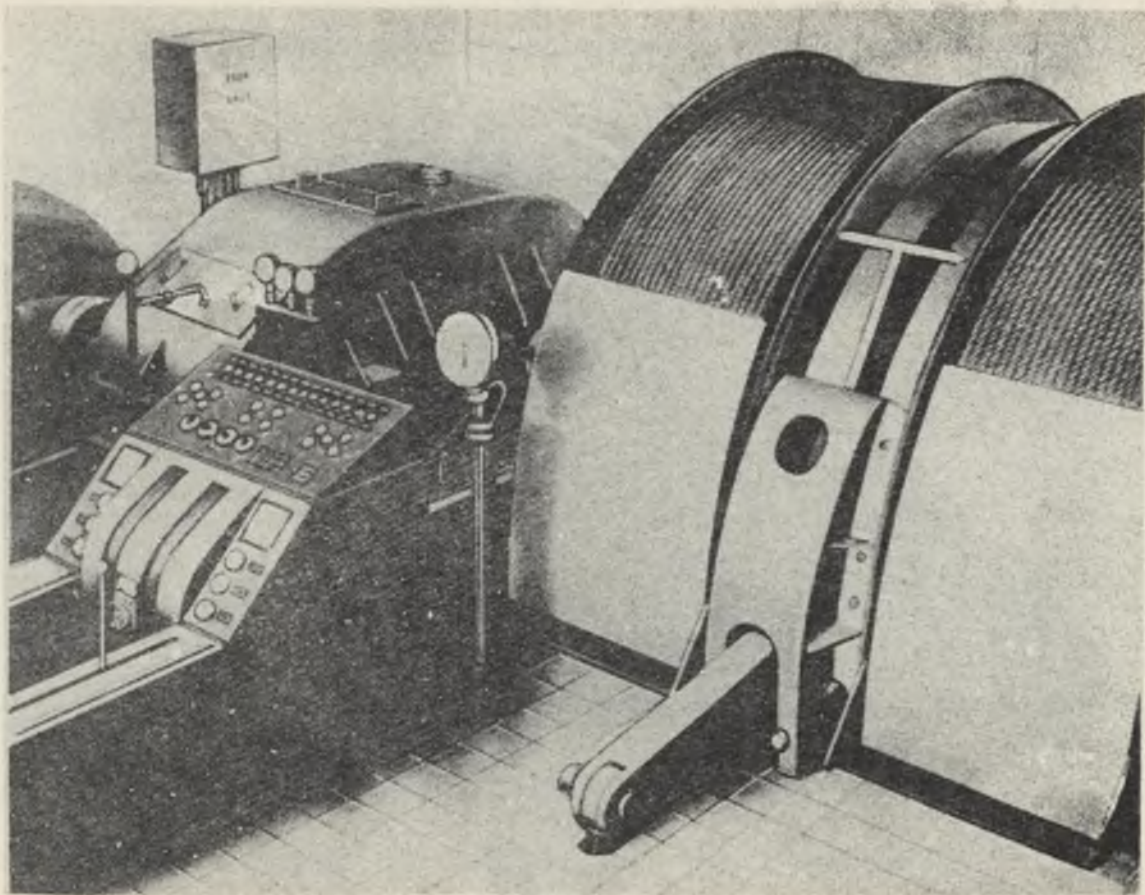
Hys. 3. Maszyna typu K-2000, moc 130 kW, ciężar użyteczny 2000 kg, prędkość jazdy 2-4 m/s. Maszyna o zwartej konstrukcji daje dużą elastyczność jej zabudowy. Maszyna ta znalazła wykonania jako sterowana zdalnie



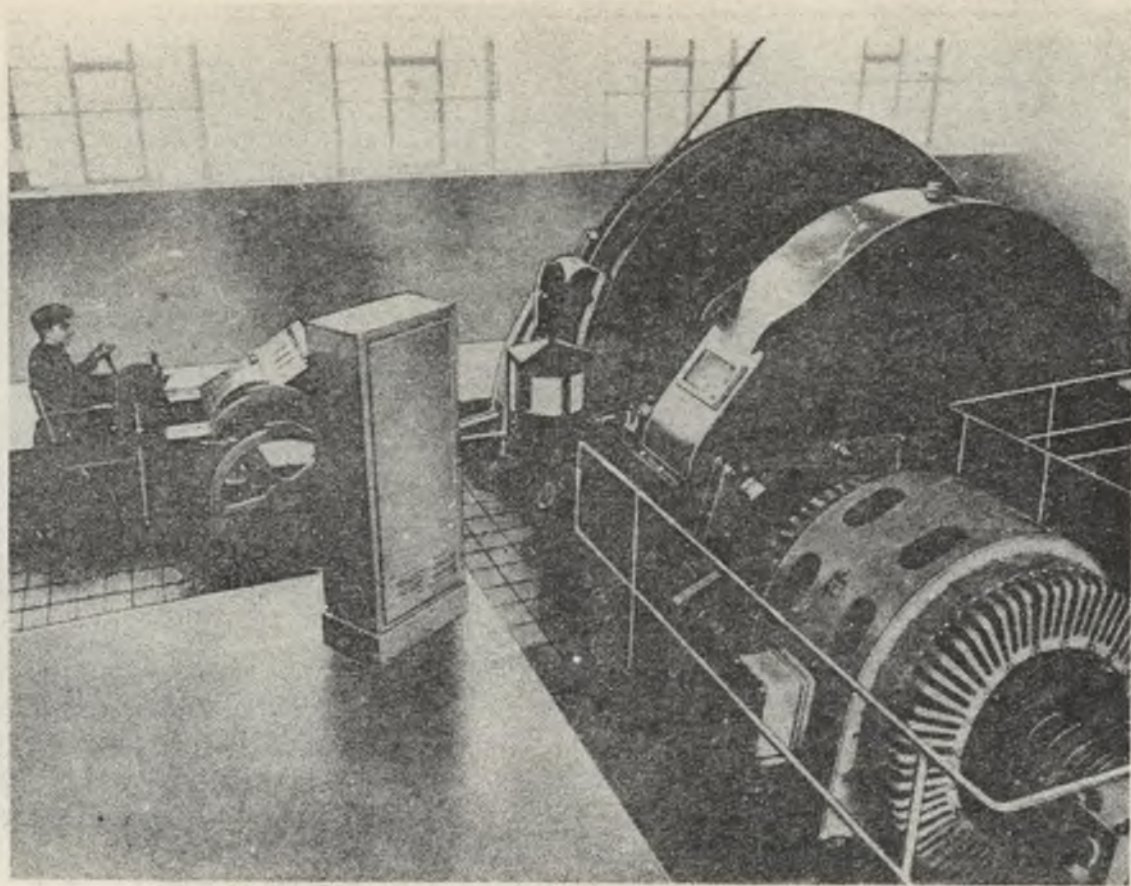
Rys. 4. Maszyna typu BB-2000, moc do 130 kW, ciężar użyteczny 2000 kg, prędkość jazdy 2-4 m/s



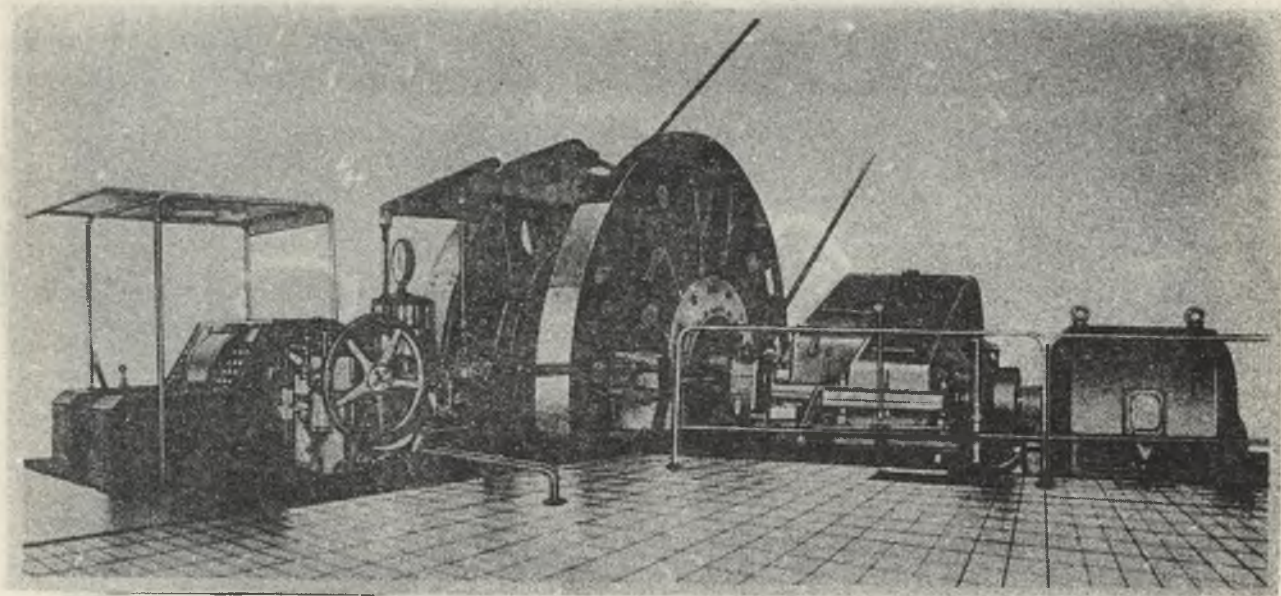
Rys. 5. Maszyna typu K-1400 pneumatyczna dla kopalń gazowych.
Moc do 2x50 KM, ciężar użyteczny 1500 kg, prędkość jazdy 2 m/s



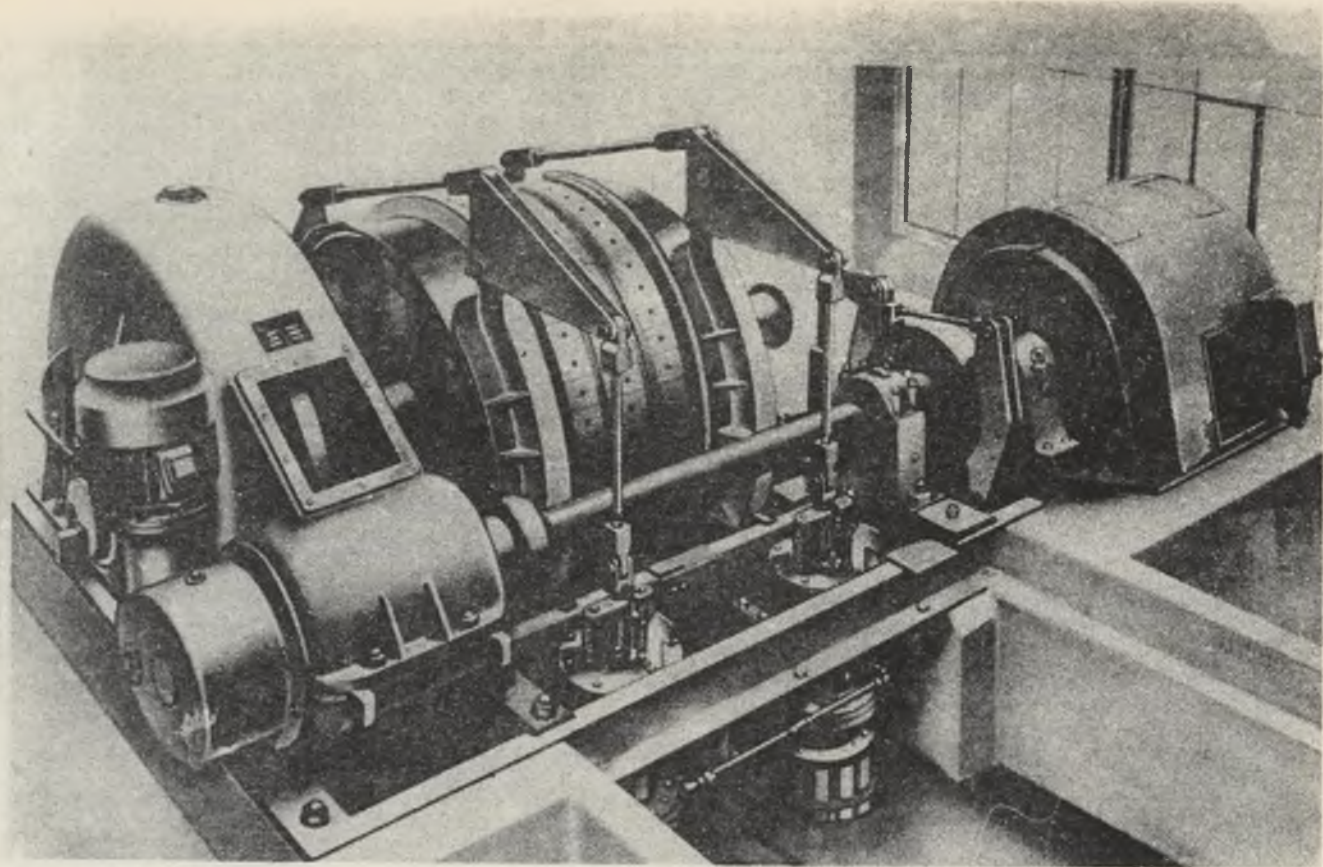
Rys. 6. Maszyna typu BB-3000, moc do 400 kW. Ciężar użyteczny 4000 kg, prędkość jazdy 4-6 m/s. Jedną z pierwszych maszyn, która znalazła szerokie zastosowanie w górnictwie węgla i rud. Kilkadziesiąt maszyn tego typu pracuje w kopalniach od 1956 r.



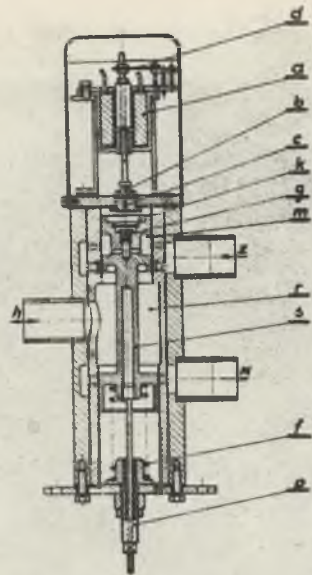
Rys. 7. Maszyna K-4000, moc do 500 kW, prędkość jazdy 8 m/s. Ciężar użyteczny 5000 kg.
Maszyna jest również wykonywana jako sterowana zdalnie



Rys. 8. Maszyna bobinowa BCB-5500, moc 630 kW, kubły o pojemności 2 m³, prędkość jazdy średnia 8 m/s. Powszechnie stosowana do głębenia szybów. Od 1962 r. wykonano ich ok. 60. Może być łatwo przerobiona na koło pędne o średnicy 4000 mm dla prędkości jazdy 9,4 m/s; ciężar użyteczny 4000 kg

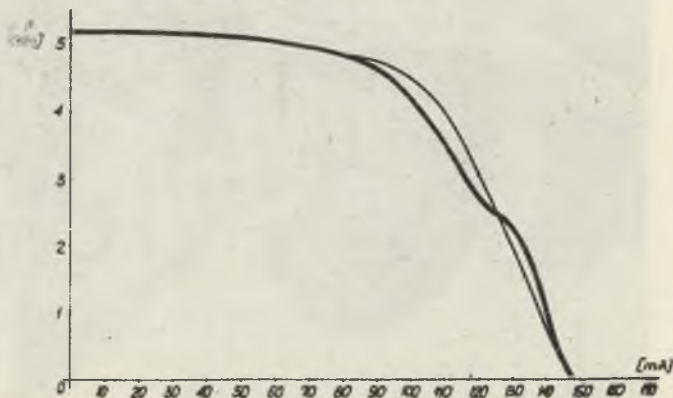
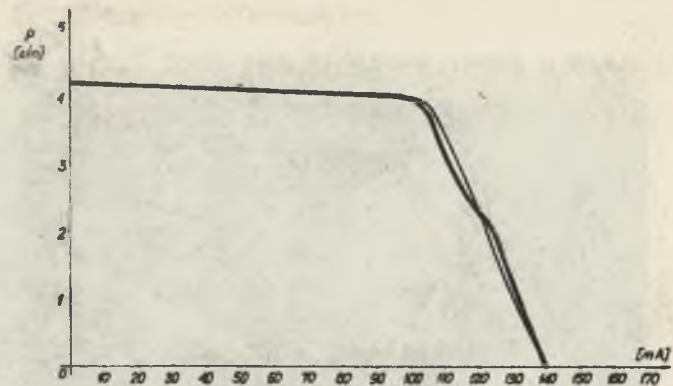


Rys. 9. Maszyna WL-4, moc 500 kW, ciężar użyteczny 5000 kg, prędkość jazdy 8 m/s

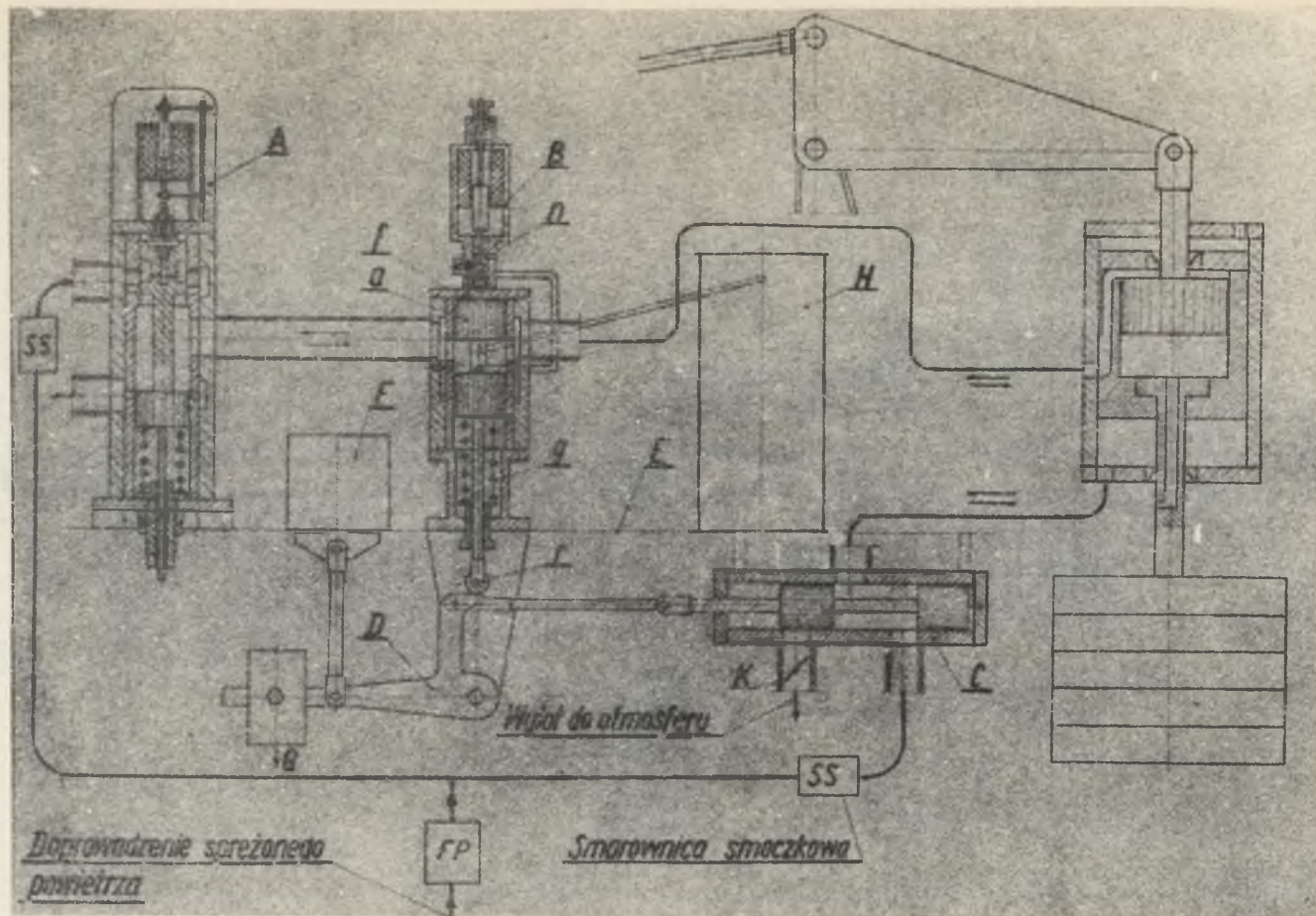


Rys. 10. Regulator elektro-pneumatyczny

a - cewka sterująca, b - kulka zaworu,
 c - zawór, d - sprężyna regulacyjna,
 g - kanał doprowadzający ciśnienie
 sterujące do komory k, k - komora ciś-
 nienia sterującego, f - sprężyna,
 h - wyjście powietrza do cylindra hamul-
 ca manewrowego, m - przestrzeń dopływowa,
 p - napinak śrubowy sprężyny, r - komora
 rozdzielcza, s - suwak sterujący, w - wy-
 dmuch powietrza, z - zasilanie

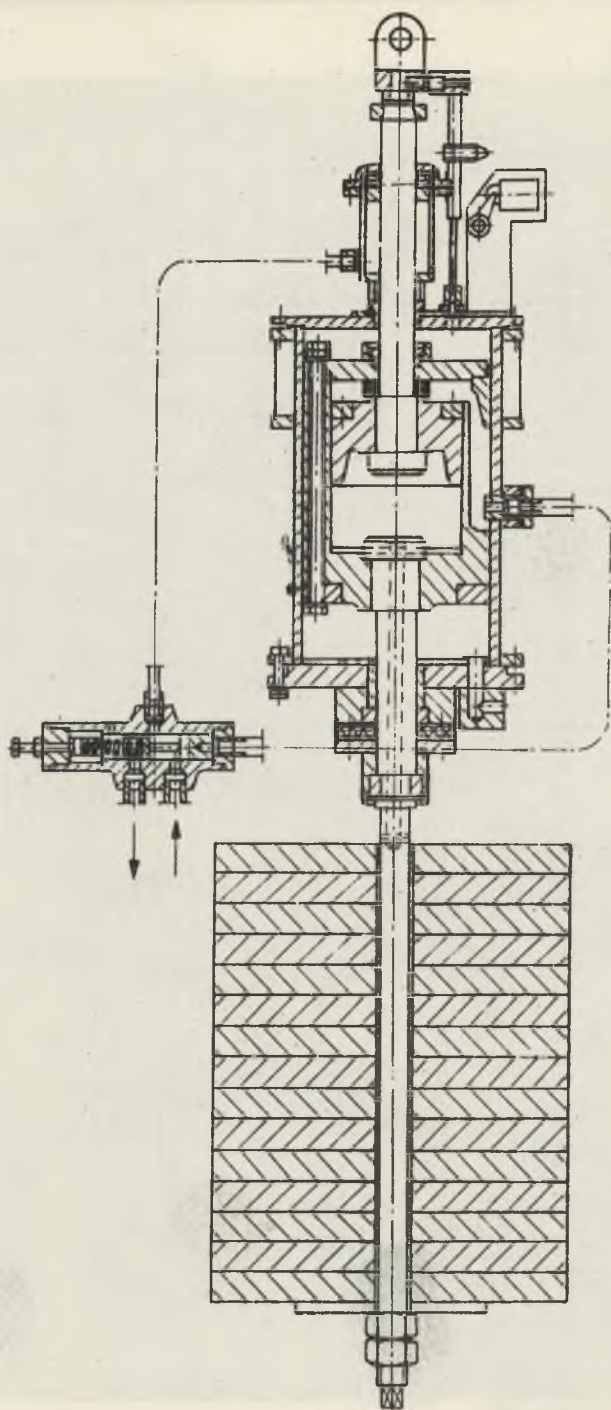


Rys. 11. Charakterystyka statyczna regula-
 tora, natężenie prądu cewki w funkcji ciś-
 nienia

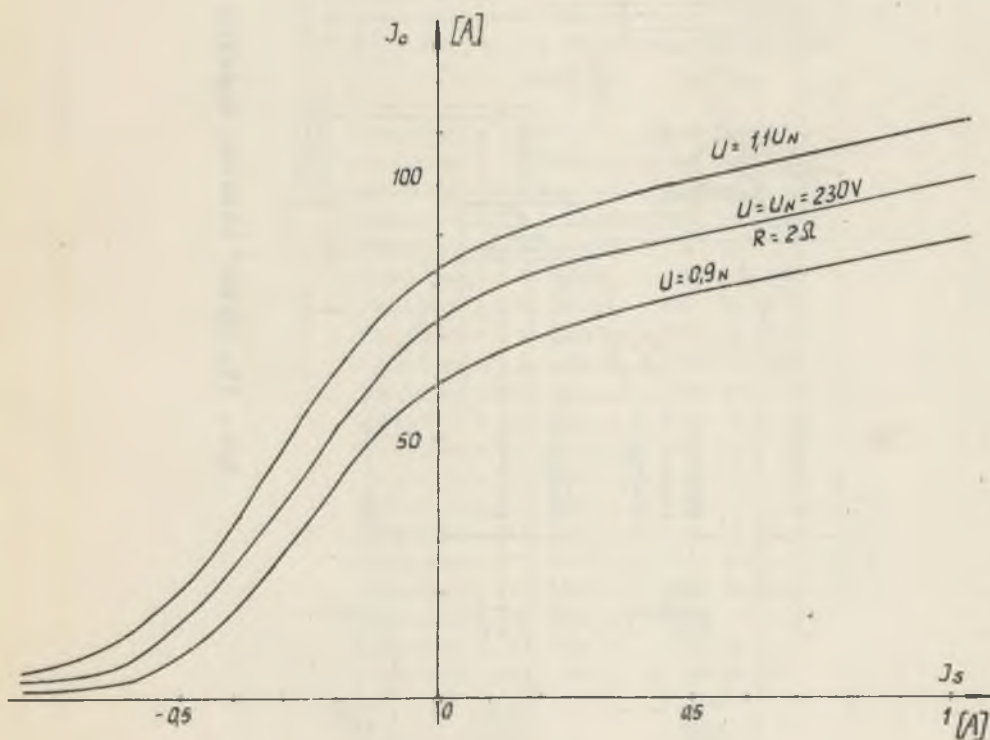
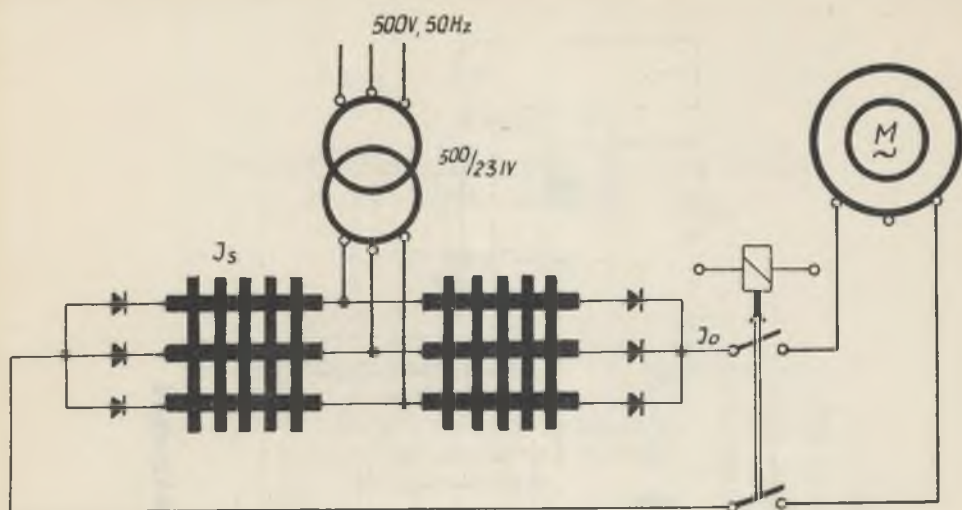


Rys. 12. Elektro-pneumatyczny zespół sterowniczy

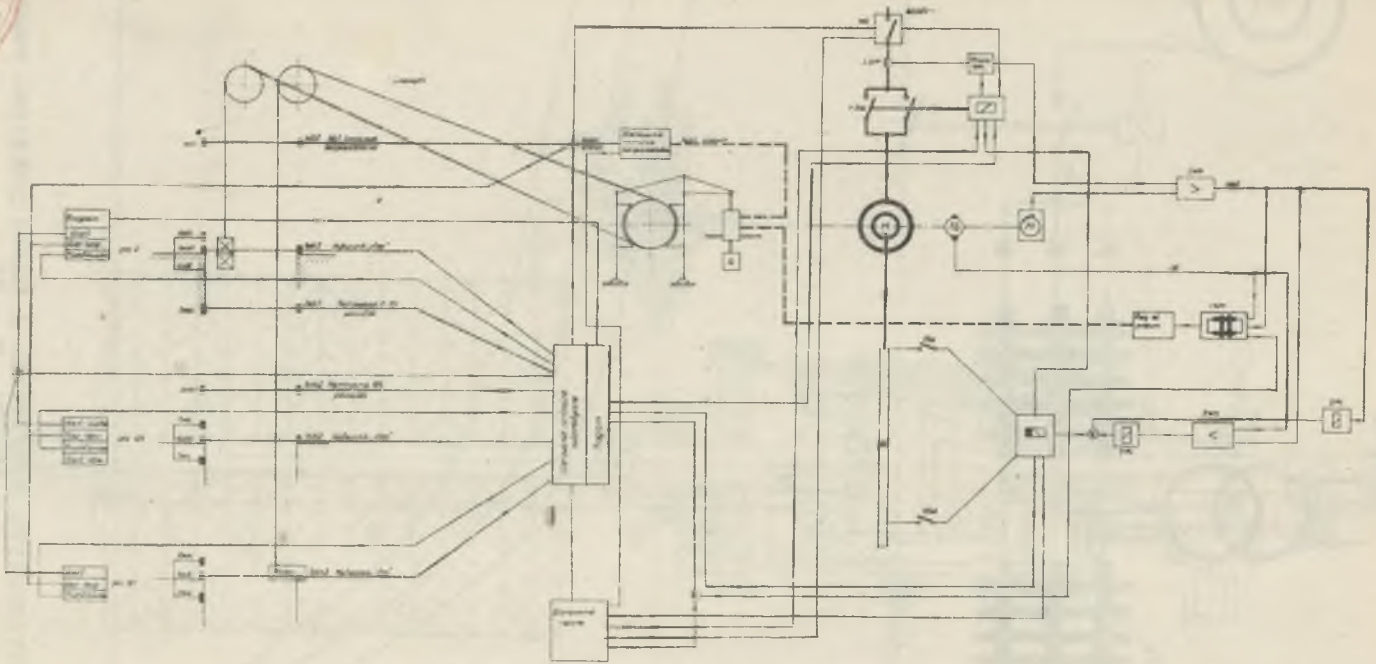
A - elektropneumatyczny regulator ciśnienia, B - dwustopniowy ogranicznik ciśnienia (cewka), C - trójdrożny suwak bezpieczeństwa, D - dźwignia z ciężarkiem, E - kadłub zespołu, F - luzownik elektromagnetyczny 220 V, G - ciężar, H - zbiornik o zmiennej pojemności



Rys. 13. Napęd hamulców typ HOP-c



Rys. 14. Charakterystyka sterowania i układ połączeń wzmacniacza 40 kVA, $R = 2 \Omega$



Rys. 15. Układ blokowy maszyny automatycznej