

WIESŁAW GABRYŚ, WŁADYSŁAW SZTWIERTNIA
WŁODZIMIERZ WOJCIOWICZ, JERZY ZYGMUNT
Katedra Napędu Elektrycznego

BADANIA I ROZRUCH
KRAJOWEJ AUTOMATYCZNEJ MASZYNY WYCIĄGOWEJ
2400 kW, 45 obr/min w układzie Leonarda
ze sterowaniem amplidynowym.

Streszczenie. W pracy podano zasadę sterowania automatycznego oraz wyniki najistotniejszych pomiarów i obserwacji dokonanych podczas rozruchu automatycznej maszyny wyciągowej o mocy 2400 kW napędzanej w układzie Leonarda ze sterowaniem amplidynowym. Układ napędowy i sterowanie automatyczne opracowano w Biurze Projektów PW w Gliwicach. Rozruch maszyny przeprowadzono przy współudziale pracowników naukowych Politechniki Śląskiej.

1. Zasada sterowania automatycznego

Uproszczony schemat sterowania automatycznego pokazano na rys. 1. W schemacie tym uwzględniono tylko obwody niezbędne do wyjaśnienia zasady sterowania automatycznego, pomijając cały szereg blokad (np.: IB - inne blokady na rys. 1) oraz obwodów sygnalizacji i zabezpieczeń typowych dla układów napędowych maszyn wyciągowych (np. odzwbudzenie awaryjne).

Rozpatrywany układ Leonarda składa się z dwóch prądnic sterujących po 1350 kW, 325 V połączonych szeregowo i zasilających silnik wyciągowy 650 V, 2400 kW, 45 obr/min pracujący przy stałym wzbudzeniu 220 V, 160 A.

Układ współpracuje z hamulcem pneumatycznym uruchamianym przez luzownik elektrohydrauliczny.

Jako wzbudnicę prądnic zastosowano amplidynę krajową 10 kW, 230 V wyposażoną w 4 uzwojenia sterujące oraz uzwojenie rozregulowujące (9-10).

Poszczególne uzwojenia sterujące amplidyny wykorzystano w następujący sposób:

- (3-4) - jako uzwojenie podstawowe, zasilane przez styki przekaźników kierunkowych 3RA lub 4RA z 50-stopniowych dzielników napięcia 2NS lub 3NS regulowanych mechanicznym regulatorem jazdy (krzywkami),
- (5-6) - jako uzwojenie ujemnego sprzężenia napięciowego zasilane z dzielnika 26R, 27R,

- (7-8) - jako uzwojenie stabilizacyjne, zasilane z szeregowo połączonych transformatorów 1TS i 2TS,
- (1-S) - jako uzwojenie dodatniego sprzężenia prądowego, zasilane spadkiem napięcia na uzwojeniu biegunów pomocniczych i kompensacji silnika,
- (2-S) - jako uzwojenie ujemnego sprzężenia prądowego z progiem zadziałania zrealizowanym na potencjometrze 37R, 38R.

Sterowanie automatyczne odbywa się za pośrednictwem układu przekaźnikowo-stycznikowego (przekaźniki RA i styczniki SE) współpracującego ze sterownikiem krzywkowym KA napędzanym przez wał silnika wyciągowego i z ośmioma bezstykowymi łącznikami magnetycznymi 1M zainstalowanymi w górnej części szybu i reagującymi na pojawienie się naczynia wydobywczego w konkretnym miejscu przewodu szybowego.

Rozmieszczenie łączników magnetycznych wzdłuż wysokości szybu oraz zaznaczenie funkcjonalne długości "anten" naczynia wydobywczego pokazano po prawej stronie rys. 1 (w stanie zahamowanym obwody magnetyczne łączników 1,2 1M są zamknięte przez anteny krótsze, a łączników 3,4 1M przez "anteny" dłuższe naczynia wydobywczego).

Program łączy sterownika KA oraz łączników magnetycznych w funkcji drogi naczynia wydobywczego uwidoczniony jest na rys.2.

Przekaźniki kierunkowe 3RA i 4RA spełniają podstawową rolę w uruchomieniu, zatrzymaniu i wybraniu właściwego kierunku jazdy. Rozruch maszyny następuje przez załączenie jednego z przekaźników kierunkowych w miejscu oznaczonym przez PT lub PN na schemacie 1 (sygnał wyjściowy urządzenia załadownego na podszybiu).

Zatrzymanie maszyny następuje pod wpływem impulsu łączników magnetycznych 11M lub 21M zainstalowanych na nadszybiu. Na skutek zamknięcia styków tych łączników następuje zadziałanie przekaźników 16RA lub 19RA, które z kolei przerywają obwód cewki pracującego przekaźnika kierunkowego.

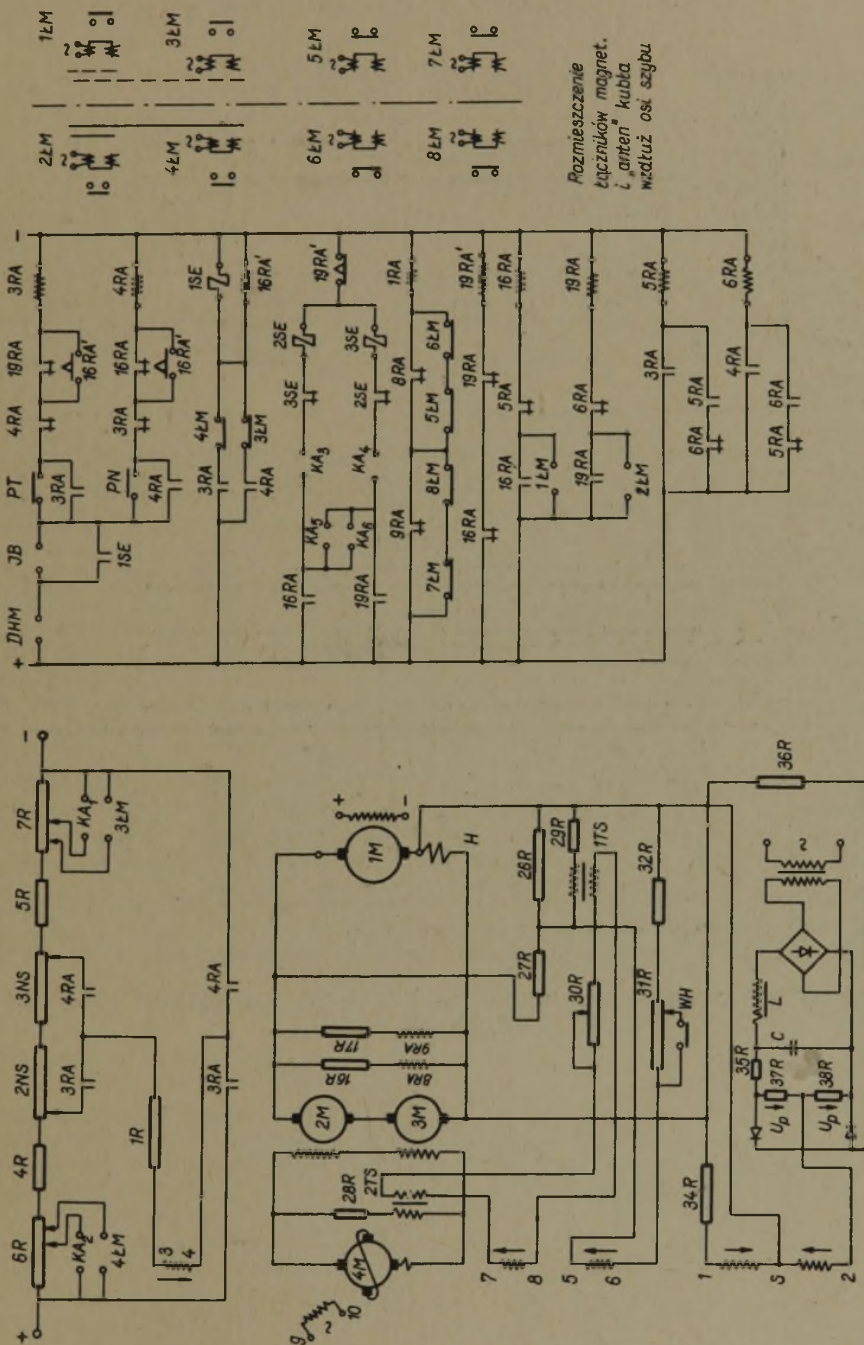
Przekaźniki 16RA i 19RA podtrzymują impuls łączników 11M, 21M w przypadku przejechania poziomu zerowego i minięcia przez krótszą "antenę" składu nadajnika 11M lub 21M.

Dodatkowe przekaźniki zwłoczne 16RA' i 19RA' uwzględniają odpowiednie opóźnienie układu hamulczego oraz wybieg układu napędowego.

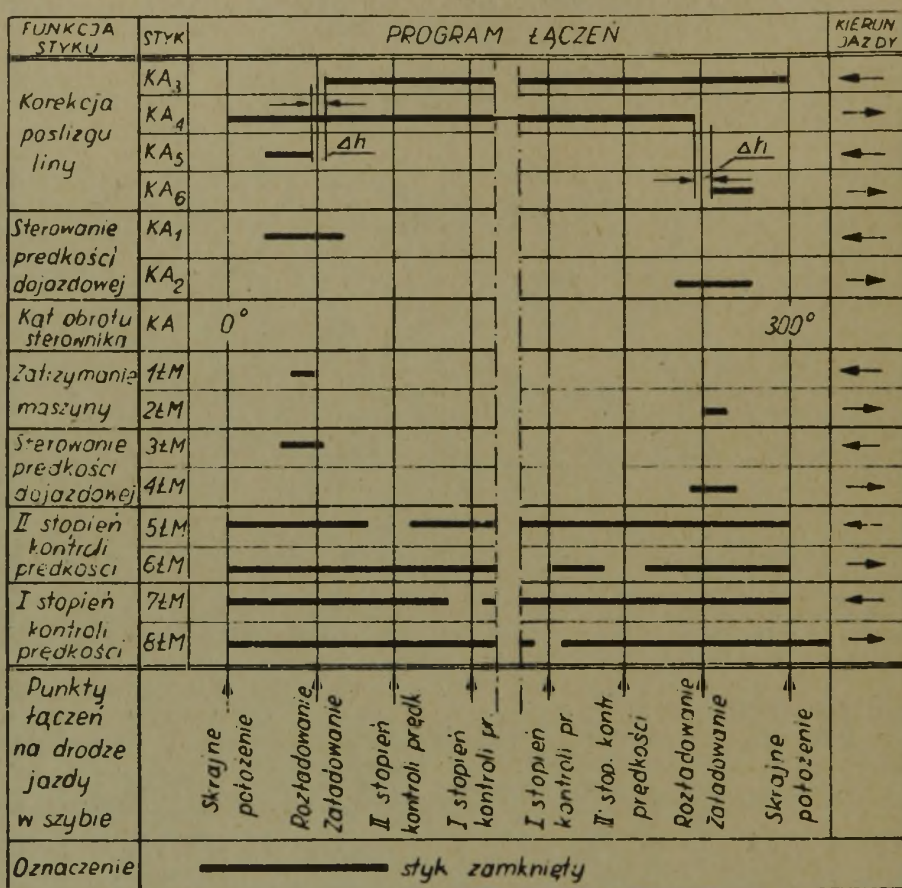
W obwód cewki stycznika 1SE załączającego luzownik elektrohydrauliczny włączone są styki przekaźników 3RA, 4RA i łączników 41M i 31M. Styki 3RA lub 4RA załączają stycznik przez co następuje odhamowanie maszyny, natomiast łączniki 41M lub 31M przerywają (dodatkowymi stykami biernymi) obwód cewki 1SE, powodując nieco wcześniejsze działanie układu hamulczego, przed przzerwaniem obwodu sterującego przez 3RA lub 4RA.

Przekaźniki 5RA i 6RA kasują położenie przekaźników 16RA i 19RA z poprzedniego cyklu.

Przekaźnik 1RA, który w stanie beznapięciowym powoduje zadziałanie hamulca bezpieczeństwa, jest członem wykonawczym u-



Rys. 1. Ideowy schemat sterowania automatycznego maszyny wyciągowej 2400 kW, 45 obr/min



Rys. 2. Program łączeń sterownika K A oraz łączników bezstykowych LM

kładu kontrolującego prędkość hamowania. Kontrola ta polega na sprawdzeniu wartości napięcia na tworniku silnika (przełączniki 8RA i 9RA) w wybranym przez łączniki 7LM, 5LM lub 8LM, 6LM miejscu w szybie. Hamowanie jest prawidłowe, jeżeli przełączniki 8RA-i 9RA odpadają przed otwarciem się biernych styków powyższych łączników.

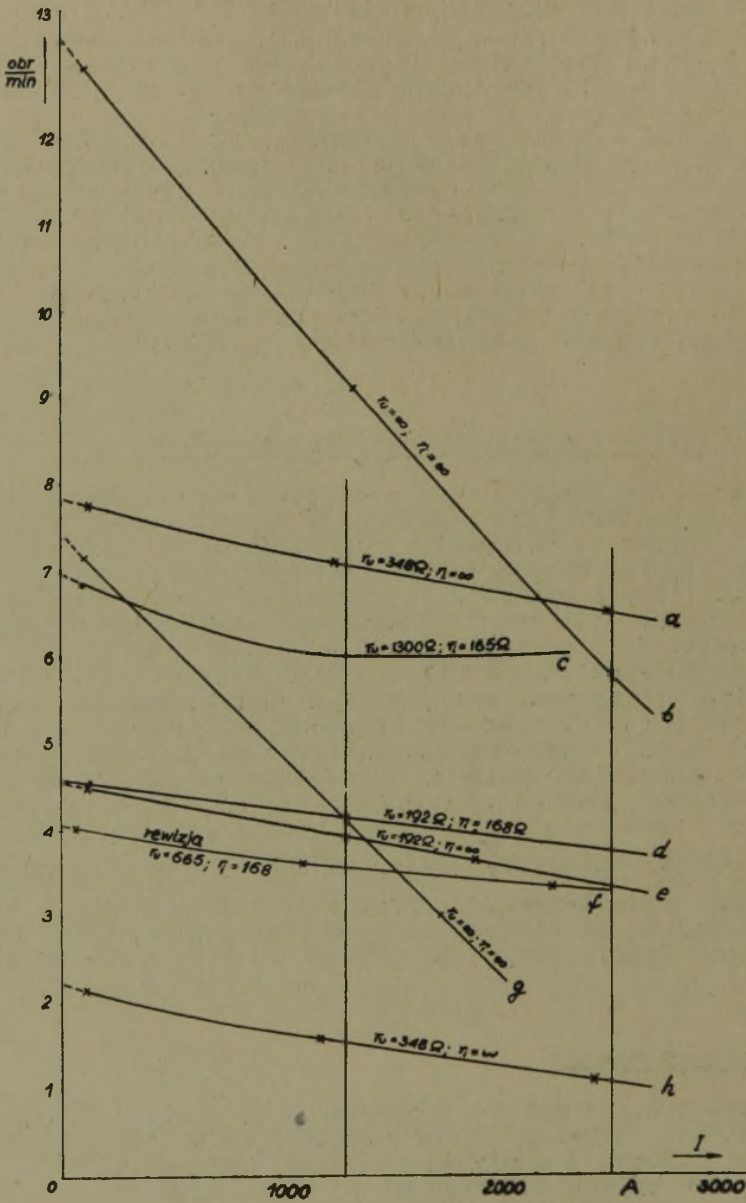
Styczniki 2SE i 3SE sterują nawrotnie silnik asynchroniczny korekcji położenia wskaźnika głębokości (regulatora jazdy). W obwód cewek w/w. styczników włączono styki sterownika KA sprzężonego mechanicznie z regulatorem jazdy i wskaźnikiem głębokości oraz styki przełączników 16RA i 19RA, dzięki czemu następuje porównanie wzajemnego położenia regulatora jazdy i naczynia w szybie w stanie zahamowanym po dojeździe. W przypadku przekroczenia nastawionej tolerancji tych położenia na skutek poślizgu liny, następuje samoczynna korekcja położenia regulatora jazdy.

2. Charakterystyki statyczne i dokładność dojazdu

Jednym z najistotniejszych zadań podczas rozruchu był wybór odpowiedniej charakterystyki statycznej, zapewniającej wymaganą dokładność dojazdu, w założeniu jednostopniowego hamowania mechanicznego. Wyniki bezpośrednich pomiarów charakterystyk statycznych dla różnych nastawień sprzężeń zwrotnych pokazano na rys. 3. Na rysunku tym zwraca uwagę duże nachylenie charakterystyki w układzie otwartym ($r_1 = \infty$, $r_2 = \infty$ - krzywe b i g), spowodowane oddziaływaniem tworników obu prądnic sterujących. W związku z tym dostateczne usztywnienie charakterystyki wymagało dużych przepływów w obwodach sprzężeń zwrotnych. W początkowej fazie rozruchu sztywną charakterystykę próbowano uzyskać przez dobór odpowiednio silnego dodatniego sprzężenia prądowego przy obecności słabego (pomocniczego) sprzężenia napięciowego, a więc zasadniczo w układzie kompensacyjnym ($r_1 = 165$ omów, $r_2 = 1300$ omów). Pomiary wykazały, że tą drogą można uzyskać bardzo płaską charakterystykę (krzywa c na rys. 3), jednak silnie uzależnioną od szeregu przypadkowych czynników ubocznych z których przede wszystkim należy wymienić dwa następujące:

a) Remanent magnetyczny

Dodatnie sprzężenie wzmacnia remanent, a więc przy przypadkowym powiększeniu strumieni remanentu następuje znaczny wzrost prędkości dojazdowej i naczynie zatrzymuje się za daleko. Przy rozmagnesowaniu układu obserwujemy zjawisko odwrotne - skip nie dojeżdża.



Rys. 3. Charakterystyki statyczne układu Leonarda 2400 kW 45 obr/min przy różnych nastawieniach oporności sprzężeń zwrotnych

b) Nagrzewanie się uzwojenia kompensacyjnego silnika

Jeżeli sprzężenie prądowe nastawimy prawidłowo w stanie zimnym to po nagrzaniu się silnika prąd w obwodzie sprzężenia wzrośnie i skip będzie przejeżdżał poziom zerowy. Przy nastawieniu w stanie nagrzany wystąpi zjawisko odwrotne.

Przeprowadzone próby dojazdu automatycznego wykazały, że usztywnienie charakterystyki statycznej poprzez zastosowanie jako głównego dodatniego sprzężenia prądowego umożliwiło nastawienie dojazdu z dokładnością zaledwie ok. ± 50 cm, a ponadto stan ten nie był trwały i maszyna ulegała rozregulowaniu po dłuższej pracy (kilkadziesiąt wyciągów).

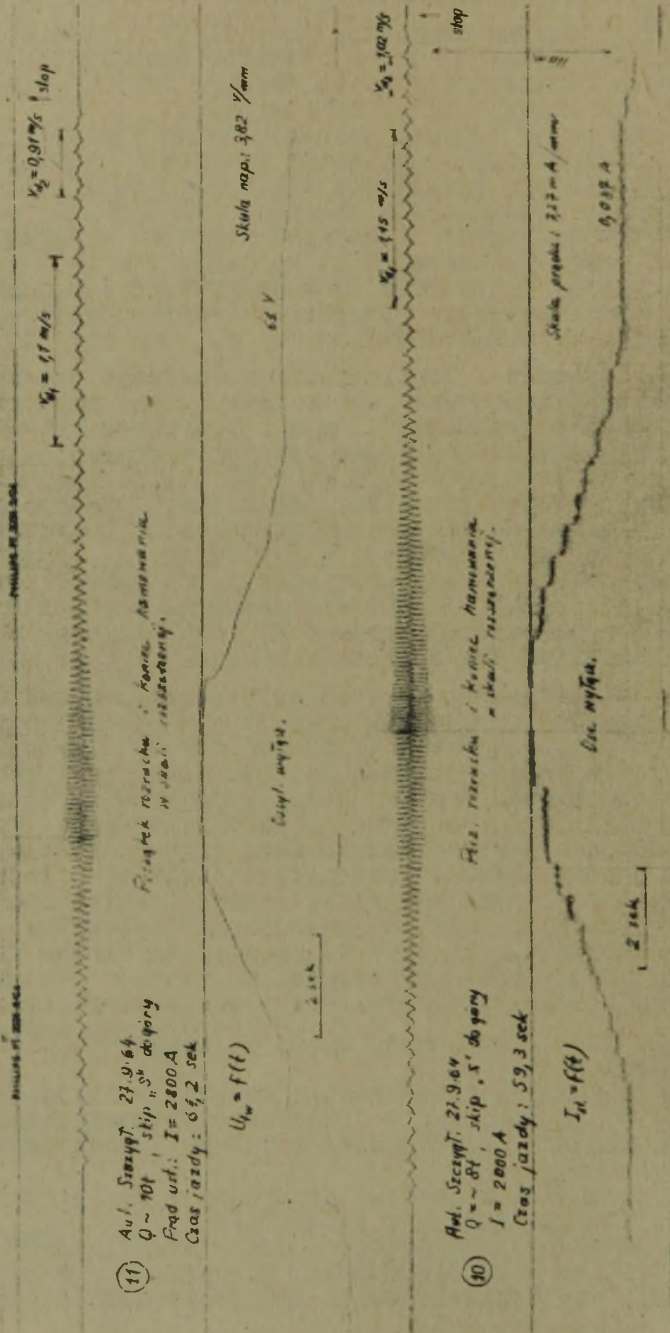
W trakcie pomiarów wytypowano charakterystykę uzyskaną przez znaczne powiększenie ujemnego sprzężenia napięciowego o parametrach zbliżonych do parametrów krzywej a) na rys. 3 ($r_u = 363$ om, $r_i = 147$ omów). Współczynnik forsowania wynosi wtedy około 5. Ponieważ amplidyna jest silnie nieskompensowana, więc przy prędkości maksymalnej 10 m/s i powyższej wartości współczynnika forsowania podstawowe uzwojenie sterujące jest przeciążone prądowo 10,5 razy (630 mA : 60 mA). Aby uniknąć silnych wahań wypadkowego przepływu amplidyny, spowodowanych ewentualnym działaniem styków zwierających opornik nastawczy w obwodzie sprzężenia napięciowego - pozostawiono sprzężenie ciągłe, rezygnując z dalszego usztywnienia charakterystyki przy niskich prędkościach. W obwodzie ujemnego sprzężenia pozostawiono jedynie mechaniczny styk (WH) uruchamiany po zadziałaniu hamulca. Styk ten zmniejsza oporność r_u do wartości ok. 60 omów, w celu skutecznego tłumienia prądu remanentu.

Na rys. 4 pokazano oscylogramy prądu sterującego i napięcia twornika silnika przy obciążeniach 8 i 10 ton w początkowej fazie rozruchu oraz końcowej fazie dojazdu (osc. 10 i osc. 11). Przebiegi te rejestrowano z równoczesną rejestracją zmiennego napięcia tachoprądniczki sprzężonej z wałem silnika. Częstotliwość tego napięcia jest dokładną miarą prędkości naczynia wydobywczego. Jednemu obrotowi prądniczki odpowiada droga w szybie równa 0,43 m. Z rys. 4 wynika, że przy obciążeniu prędkość dojazdowa wynosi 1,1 m/s po przesunięciu dzielnika NS na zero (zejście z krzywek). Jazda z tą prędkością odbywa się na drodze ok. 5 m, a następnie pod wpływem dwukrotnego skokowego obniżenia napięcia sterującego kolejno przez styk KA_1 lub KA_2 oraz łącznik 3IM lub 4IM prędkość spada do wartości 0,9 m/s i ustala się na drodze ok. 0,8 m.

Po zadziałaniu hamulca i przerwaniu obwodu sterującego wybieg wynosi ok. 0,3 m (hamowanie jednostopniowe przy stosunkowo łagodnym zwiększeniu docisku szczęk dzięki luzownikowi elektrohydraulicznemu).

Analogiczne prędkości dojazdowe zmierzone przy biegu jałowym wynoszą odpowiednio 1,26 m/s i 1,07 m/s.

Różnice w prędkościach dojazdowych maszyny obciążonej i przy biegu jałowym są więc niewielkie, a różnice w drogach wybiegu praktycznie niedostrzegalne na zarejestrowanych przebiegach.



Rys. 4. Oscylogramy napięcia, prądu sterującego i prędkości przy rozruchu i dojeździe automatycznym maszyny 2400 kW, 45 obr/min

Bezpośrednie obserwacje znaków na linie wykazały, że największy rozrzut rzeczywistych punktów zatrzymania w różnych warunkach obciążenia i nagrzania mieści się w przedziale ± 8 cm w stosunku do położenia optymalnego. Jest to dla maszyny składowej dokładność zadowalająca (nie ma przesypów przy załadunku).

Z dalszego powiększenia ujemnego sprzężenia zrezygnowano z uwagi na dopuszczalne przeciążenia prądowe uzwojeń sterujących amplidyń i także na możliwość pojawienia się nadmiernych przebiegów w początkowej fazie rozruchu.

3. Osobliwości projektowania i nastawienia ujemnego sprzężenia prądowego z progami zadziałania

Wybór progu zadziałania. Próg zadziałania ujemnego sprzężenia prądowego można nastawić według dwóch zasadniczo różnych koncepcji:

a) Nastawienie powyżej prądu zadziałania zabezpieczenia nadmiarowego. Ujemne sprzężenie gra wtedy rolę dodatkowej ochrony przed dużymi prądami zwarcia w przypadku niezadziałania zabezpieczenia nadmiarowego. Normalna praca układu jest możliwa tylko na pierwszej usztywnionej części charakterystyki statycznej.

b) Nastawienie poniżej prądu zadziałania zabezpieczenia nadmiarowego. W tym przypadku maszyna może pracować również na opadającej części charakterystyki.

Podczas rozruchu wybrano alternatywę b), przyjmując:

prąd zadziałania odcięcia ok. 4000 A,

prąd zadziałania zabezpieczenia ok. 6500 A,

prąd zwarcia przy pełnym wzbudzeniu ok. 9000 A.

Praca na opadającej części charakterystyki w zakresie od 4000 do 6000 A jest stosowana w początkowej fazie rozruchu: dzięki stosunkowo powolnemu wzrostowi prądu głównego na tej części charakterystyki silnik zdąży osiągnąć pewną prędkość nie powodując zadziałania zabezpieczenia nadmiarowego.

Źródło napięcia porównawczego. Wybór źródła zasilania progu ujemnego sprzężenia ma decydujące znaczenie dla poprawnego działania układu progowego. Np.: zasilanie tego układu przy pomocy dzielnika napięcia przyłączonego do szyn napięcia sterowniczego p.s. 220 V spowodowało przepływ pasożytniczego prądu sterującego w uzwojeniu (2-S) zamykającego się przez oporności układów kontrolujących stan izolacji obwodów sterowniczych.

Dla uniknięcia tego prądu odcięto galwanicznie układ progowy od pozostałych obwodów przy pomocy dodatkowego transformatora (rys. 1).

Stwierdzono przy tym, że napięcie porównawcze musi być stawnie wygładzone, ponieważ chwilowe wartości tego napięcia

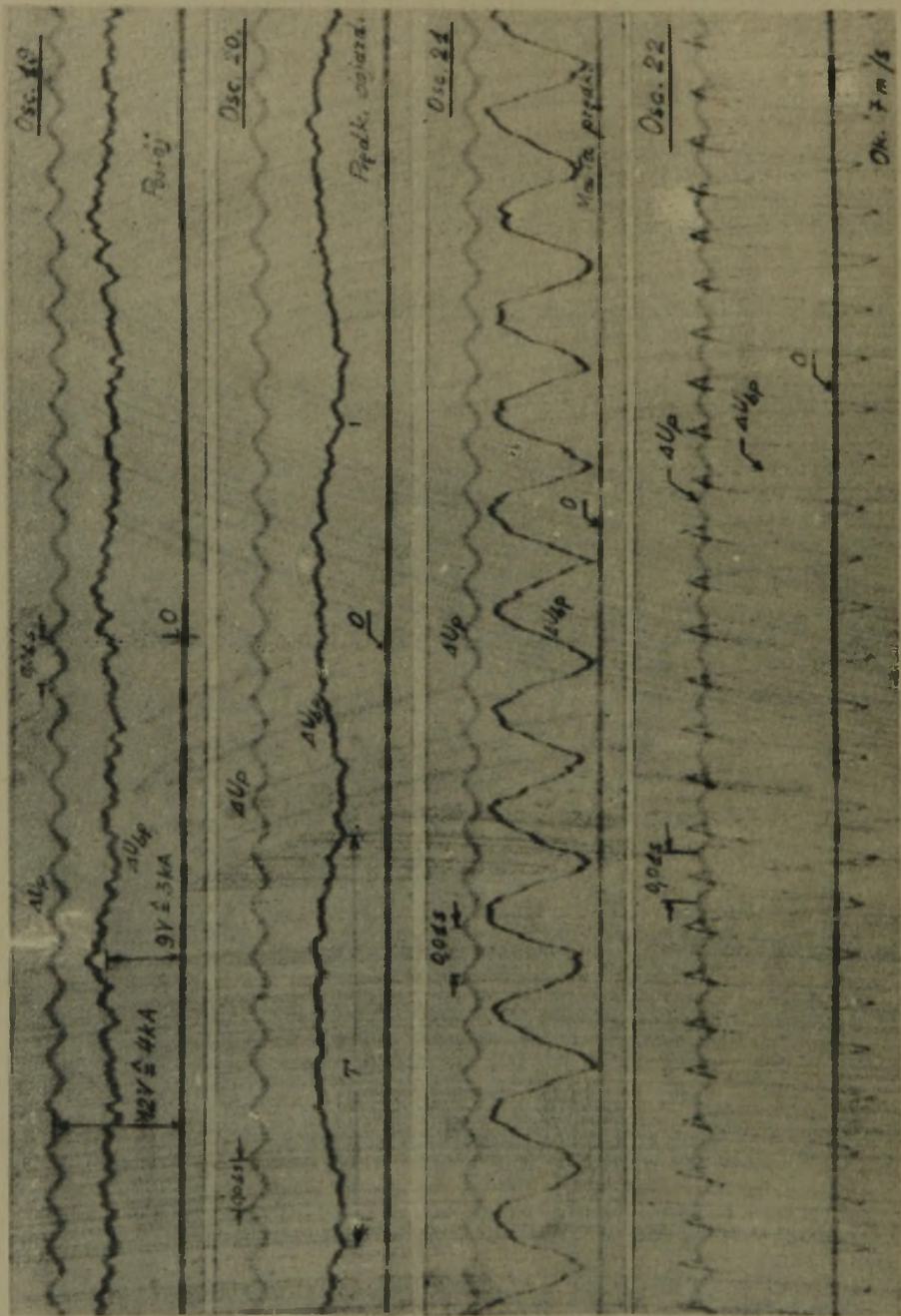


Fig. 5. Oscylogramy spadku napięcia na uswojeniu b. pom. silnika oraz napięcia prądowego przy różnych prędkościach

niższe od spadku $R_p I$ powodują przepływ impulsów prądowych, działających rozmagnesowująco na pierwszej usztywnionej części charakterystyki i pogorszenie dokładności dojazdu. Wyglądzenie napięcia porównawczego uzyskano przez zastosowanie filtra L,C (rys. 1).

Pomiar prądu głównego. Stwierdzono nieprawidłowość pomiaru prądu głównego przy pomocy spadku napięcia na uzwojeniu biegunów pomocniczych i kompensacji silnika ΔU_{bp} . Spadek ten zawiera jako składową zmienną napięcie indukowane w uzwojeniu biegunów pomocniczych i kompensacji na skutek pulsacji żłobkowej strumienia poprzecznego. Częstotliwość i amplituda tego napięcia rosną proporcjonalnie do prędkości silnika.

W związku z tym układ progowy nastawiony prawidłowo w stanie zahamowanym zaczyna "przepuszczać" (przy tym samym obciążeniu) w miarę wzrostu prędkości silnika. W ten sposób w układzie regulacji pojawia się dodatkowe nieliniowe sprzężenie prądowe pochylające charakterystykę statyczną przy większych prędkościach.

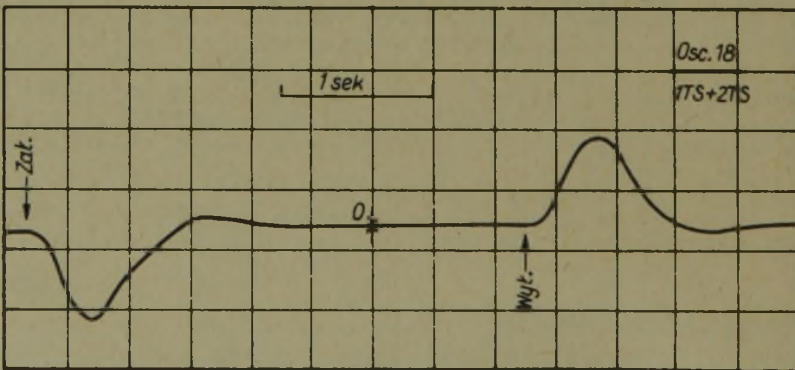
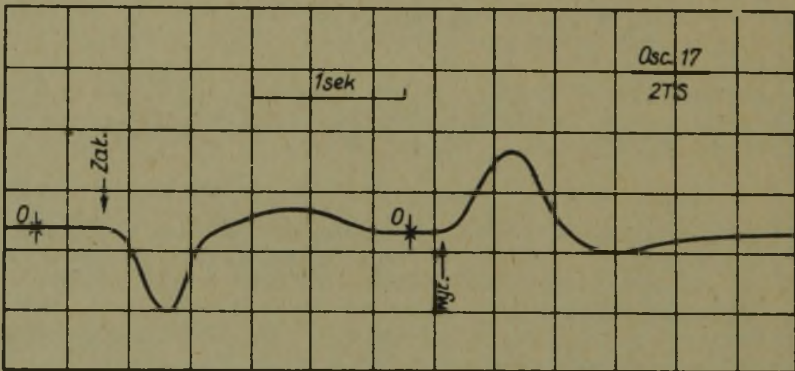
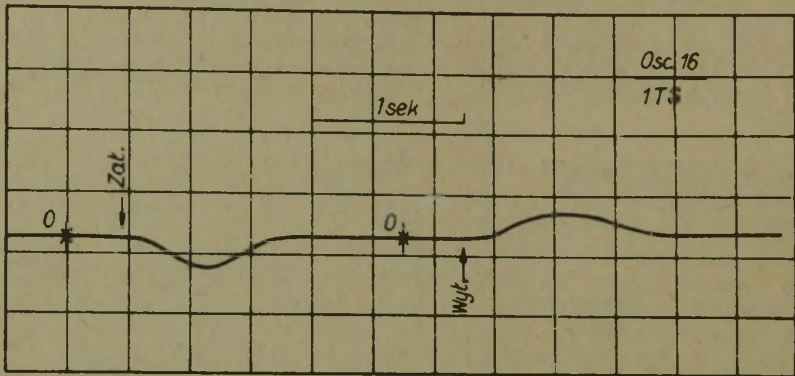
Opisane zjawisko ilustrują oscylogramy 19, 20, 21 i 22 pokazane na rys. 5, na których można zaobserwować zależność składowej zmiennej spadku ΔU_{bp} od prędkości przy obciążeniu ok. 3000 A.

Napięcie porównawcze ΔU_p ma pulsację niewielką i utrzymuje się na stałym poziomie. W stanie zahamowanym (osc. 19) i przy prędkości dojazdowej (osc. 20) indukowane napięcie jest na tyle małe, że układ progowy działa prawidłowo i nie wpływa na sztywność charakterystyki. W rezultacie można było pozostać przy istniejącym rozwiązaniu pomiaru prądu głównego za pośrednictwem spadku napięcia ΔU_{bp} .

Prostowniki blokujące. Dużą uwagę należy zwracać na prądy wsteczne prostowników blokujących napięcie progowe. Zaobserwowano, że przy zastosowaniu diod germanowych o zbyt dużych prądach znamionowych (rzędu kilku amperów) prądy wsteczne są na tyle duże, że ich przepływu w uzwojeniu sterującym (2-S) nie można pominąć. Jest to przepływ nieliniowy dodatni, proporcjonalny do różnicy $(\Delta U_p - R_p \cdot I)$ na pierwszej części charakterystyki statycznej. To dodatkowe sprzężenie współdziała z dodatnim liniowym sprzężeniem prądowym zwiększając wyraźnie tendencję układu do samowzbudzania się.

4. Sprawdzenie stabilności

Sprawdzenie stabilności przeprowadzono doświadczalnie, zmieniając w szerokim zakresie oporności obwodów sprzężeń zwrotnych w różnych stanach układu (praca, postój, bieg jałowy), zarówno przy załączonych, jak i odłączonych transformatorach stabilizacyjnych.



Rys. 6. Przebiegi prądu w uzwojeniu stabilizacyjnym amplitudyny

Przeprowadzone obserwacje wykazały, że przy zamkniętym obwodzie głównym układ jest dostatecznie stabilny zarówno w stanie pracy jak i w stanie zahamowanym przy zmianie oporności w obwodach sprzężeń od wartości maksymalnych do wartości:

$$r_u = 60 \text{ omów}, \quad r_i = 124 \text{ omy}$$

(r_u i r_i są to całkowite oporności obwodów sprzężeń napięciowego i prądowego).

Układ jest stabilny przy działaniu obu sprzężeń łącznie z każdego oddzielnie, zarówno przy załączonych, jak i odłączonych transformatorach stabilizujących.

Zaobserwowano również niestabilne zachowanie się układu w następujących przypadkach:

a) Przy próbach zwierania (mostkowania) układu progowego celem gaszenia remanentu,

b) Przy rozłączeniu obwodu głównego na zacisku H silnika. W tym przypadku dodatnie sprzężenie prądowe przekształca się w dodatnie sprzężenie napięciowe powodując samowzbudzenie się prądnic przy biegu jałowym.

c) Przy rozłączeniu obwodu głównego w dowolnym punkcie poza punktami przyłączenia potencjometru (26R-27R) od strony silnika i przy wartości $r_u = 62$ omy (postój). W tym przypadku występują kołysania od tłumione przy biegu jałowym prądnic. Wynika stąd, że zapas stabilności układu przy otwartym obwodzie głównym jest znacznie mniejszy niż w stanie normalnej pracy.

W trakcie badania stabilności stwierdzono stosunkowo nikły wpływ transformatorów stabilizacyjnych na poprawę stabilności i zmniejszenie przeregulowań. Dostrzegalne działanie stabilizacyjne wykazuje przy tym tylko transformator 2TS (na zaciskach amplitudny).

Na rys. 6 pokazano oscylogramy prądu w uzwojeniu (7-8) amplitudny przy zasilaniu każdym z transformatorów oddzielnie (osc. 16 i 17) i oboma łącznie (osc. 18) z których wynika, że sygnały sterujące 1TS są pomijalnie małe w porównaniu z sygnałami 2TS (układ jest stabilny również przy nieprawidłowym przyłączeniu transformatora 1TS).

Przebiegi te uzyskano przy raptownym załączaniu i wyłączaniu prądu w uzwojeniu 3-4 amplitudny (600 V na zaciskach prądnic, obwód główny rozarty).

5. Niezawodność pracy maszyny

Niezawodność automatycznej pracy układu zależy przede wszystkim od pewności działania poszczególnych maszyn i aparatów. Na podstawie obserwacji poczynionych podczas rozruchu i dalszej pracy można uznać za stosunkowo najmniej pewne następujące elementy:

a) Łączniki magnetyczne z wyjściem stałoprądowym. Zaobserwowano bardzo dużą wrażliwość tych łączników na zmiany temperatury odbiornika, powodujące przypadkowe zadziałania. Radikalną poprawę dało dopiero zastosowanie łączników z wyjściem zmiennoprądowym.

- b) Styki bierne przekaźników typu RA (niepewny docisk),
- c) Styki szczotkowe w obwodzie poprzecznym amplitudyny,
- d) Diody germanowe (prądy wsteczne w układzie progowym).

Elementy te były przyczyną kilku zakłóceń ruchowych, usuwanych doraźnie przez personel techniczny kopalni. W sumie jednak dotychczasową pracę należy ocenić jako bezawaryjną.

6. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów i obserwacji eksploatacyjnych można wyciągnąć ogólny wniosek, że układ Leonarda ze sterowaniem amplitudynowym posiada dużo zalet, które można wykorzystać przy automatyzacji napędów maszyn wyciągowych. Należy tu wymienić:

- możliwość uzyskiwania bardzo płaskich charakterystyk dojazdowych przy stosowaniu dużych współczynników forsowania i co za tym idzie wystarczająco dokładnego zatrzymywania się przy hamowaniu jednostopniowym,
- dobre własności dynamiczne (stabilność, małe przeregulowania),
- prostota układu i wynikające stąd duże prawdopodobieństwo bezawaryjnej pracy.

Przy projektowaniu następnych analogicznych układów jest wskazane wypróbowanie następujących zmian i udoskonaleń w stosunku do układu prototypowego:

- a) Zwiększenie dokładności dojazdu poprzez stopniowe zmniejszenie oporności w obwodzie ujemnego sprzężenia napięciowego w okresie dojazdu,
- b) Zasilanie ujemnego sprzężenia prądowego z oporności biegunów pomocniczych prądu (stała frekwencja pulsacji żłobkowej).
- c) Zaopatrzenie układu w amplitudynę rezerwową,
- d) Wprowadzenie układów zliczających do sprawdzania poprawnego działania przekaźników kontroli prędkości hamowania,
- e) Pozostawienie hamowania jednostopniowego przy powiększeniu siły nacisku hamulca zatrzymanej maszyny (zmiana konieczna w napędach maszyn wieżowych z przeciwwagą).

f) Celem zmniejszenia obciążenia prądowego uzwojeń amplitudyny oraz powiększenia czułości układu należy przeanalizować możliwość sumowania sygnału zadającego i ujemnego napięciowego sprzężenia zwrotnego w jednym uzwojeniu sterującym.

Rękopis złożono w Redakcji we wrześniu 1965 r.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПУСК В ХОД АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДЪЕМНОЙ
МАШИНЫ 2400 КВТ. 45 ОБОР/МИН. СИСТЕМА ЛЕОНАРДА
С ЭЛЕКТРОМАШИНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Резюме

В статье приведен принцип автоматического управления, а также результаты наиболее существенных измерений и наблюдений, произведенных во время пуска в ход автоматической подъемной машины мощностью 2400 квт, приводимой в действие в системе Леонарда с эму с поперечным полем. Приводная система и автоматическое управление разработано Бюро Проектов Угольной Промышленности в Гливицах. Пуск в ход машины был проведен при соучастии научных работников Силезского Политехнического Института.

TESTING AND STARTING UP OF THE HOME AUTOMATIC
HOISTING MACHINE 2400 kW, 45/r/min IN THE LEONARD'S
SYSTEM WITH THE AMPLIDYNE CONTROL

Summary

Description of the automatic control principle and results of the fundamental measurements and observations during the starting up of the automatic hoisting machine of 2400 kW driven in the Leonard's system with the amplidyne control. The drive system and automatic control was elaborated in the Biuro Projektów Przemysłu Węglowego Gliwice. The machine was accelerated in cooperation with the scientific workers of the Politechnika Śląska.