

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN

MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

ROK XXX

ZESZYT 2

21.II.1954



KRAJOWA KONFERENCJA W SPRAWIE MASZYN I NAPĘDÓW ELEKTRYCZNYCH

Jakkolwiek silnik elektryczny od dawna zdobył przodujące i niemal wyłączne miejsce pośród maszyn napędowych, formy jego zastosowania przechodzą ciągłą ewolucję zarówno pod względem coraz lepszego dostosowania samej maszyny elektrycznej do specjalnych wymagań napędu, jak i pod względem coraz doskonalszego rozwiązywania układów sterowniczych i regulacyjnych.

Plan 6-letni rozwoju gospodarczego i budowy podstaw socjalizmu w Polsce postawił przed wszystkimi gałęziami przemysłu wielkie zadania, których realizacja, dotychczasowa i przyszła, możliwa jest jedynie na podstawie najbardziej nowoczesnej i wysokiej techniki. Mechanizacja zaś procesów produkcyjnych, automatyzacja obsługi i kontroli i związane z nimi usprawnienie napędów elektrycznych są podstawowym czynnikiem postępu technicznego, czynnikiem prowadzącym do zmniejszenia wysiłku fizycznego człowieka.

Nakłada to na przemysł elektrotechniczny obowiązek dostarczania innym przemysłom odpowiednio dobrego wyposażenia elektrycznego. Nowoczesne bowiem napędy maszyn wyciągowych, urządzeń hutniczych, ciężkich obrabiarek, maszyn włókienniczych, papierniczych, cukrowniczych czy innych przeważnie nie dają się rozwiązać wyłącznie za pomocą typowych silników elektrycznych, lecz wymagają od konstruktorów wciąż nowych odmian maszyn. To samo dotyczy aparatury elektrycznej.

W szeregu przypadków korzystamy przy rozwiązywaniu tych zagadnień ze szczodrej pomocy Związku Radzieckiego zarówno w formie dostawy gotowych urządzeń, jak w postaci dokumentacji i pomocy technicznej. Nie zmniejsza to jednak naszego obowiązku rozwijania — opierając się na tej pomocy — własnej twórczości technicznej i własnej produkcji urządzeń napędowych. Toteż w przededniu krystalizowania się naszego następnego planu, planu 5-letniego, konieczne jest podsumowanie dotychczasowych osiągnięć i naszkicowanie perspektywy przyszłych zadań, odpowiadających wskazaniom partii i rządu.

Taki cel przyświeca organizowanej przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich wspólnie z Instytutem Elektrotechniki krajowej konferencji w sprawie maszyn i napędów elektrycznych.

Zacieśnienie w ramach narady technicznej kontaktu między projektantami i użytkownikami napędów elektrycznych z jednej strony, a konstruktorami i wytwórcami maszyn elektrycznych z drugiej strony, przy jak najszerszym korzystaniu z prac instytutów naukowo-badawczych, przyczyni się niewątpliwie do skoordynowania potrzeb z możliwościami ich pokrycia przez przemysł.

Zagadnienie napędu elektrycznego jest zbyt obszerne, aby można je w całości zamknąć w ramach jednej narady. Dlatego program obecnej konferencji został celowo ograniczony do tematu maszyn elektrycznych jako części składowej układu napędowego. Zagadnienie aparatury elektrycznej, wchodzącej w skład tego układu, potraktowane zostało tylko ubocznie. Wymaga ono oddzielnych narad, z których dwie już się odbyły — Krajowa konferencja automatyki i miernictwa elektrycznego i Konferencja wyłącznikowa.

Krajowa konferencja w sprawie maszyn i napędów elektrycznych odbędzie się 19—20.IV.54 w Warszawie, w lokalu Naczelnej Organizacji Technicznej (ul. Czackiego 3/5). Referaty, przygotowane do dyskusji na tej konferencji, są ogłoszone w niniejszym zeszycie.

SPIS RZECZY

Kopczyński Z. Zadania przemysłu maszyn i aparatów elektrycznych w świetle uchwał IX Plenum KC PZPR.

Lando J. Zagadnienia rozwojowe napędu elektrycznego.

Herink W., Morsztyn K., Schmidt J., Wieczorek J. Przemysł maszyn elektrycznych w Polsce Ludowej — osiągnięcia i zamierzenia.

Schmidt J. Szereg mocy w nowoczesnych seriach maszyn prądu zmiennego.

Pelczewski W. Zastosowanie wzmacniaczy elektromaszynowych w układach napędowych.

Szklarski L. Prace naukowe dotyczące nowych typów napędów, wykonywane w ZEUG AGH.

Gluziński W. Napęd elektryczny w górnictwie węglowym.

Kardaszewicz J., Grzybowski W. Potrzeby hutnictwa w dziedzinie specjalnych maszyn elektrycznych.

Mystkowski A. Silniki elektryczne w obrabiarkach.

Szrajer H. O krajową produkcję napędów maszyn papierniczych.

Grunwald Z. Napędy elektryczne urządzeń dźwigowych.

Browkin J., Brodziak J. C. Maszyny i napędy elektryczne stosowane w przemyśle cukrowniczym.

Mokrosz E. Maszyny i napędy elektryczne w przemyśle chemicznym.

Rybicki Z. Zagadnienie doboru silników elektrycznych do napędu maszyn rolniczych.

Straszewski A. Zakład maszyn i napędów elektrycznych Instytutu Elektrotechniki.

Smoluchowski W. Organizacja projektowania złożonych układów napędowych.

Wydawnictwa nadesłane.

Przegląd dokumentacyjny elektrotechniki.

СОДЕРЖАНИЕ

Копчинский З. Задачи электромашиной и электроаппаратной промышленности в освещении постановлений IX Пленума ЦК ЛОПР.

Ляндо Е. Проблемы развития электрического привода.

Херинк В., Морштын К., Шмит Е., Вечорек Е. Электромашиная промышленность Народной Польши — достижения и намерения.

Шмит Е. Ряд мощностей в современных сериях машин переменного тока.

Пелчевский В. Применение электромашиных усилителей в приводных системах.

Шклярский Л. Научные работы Горно-Металлургической Академии по вопросам новых типов приводов.

Глюзинский В. Электрический привод в каменноугольной промышленности.

Кардашевич Е., Гжибовский В. Нужды металлургической промышленности в области специальных электрических машин.

Мыстковский А. Электрические двигатели для металлообрабатывающих станков.

Шраер Х. Отечественное производство приводов бумажных машин.

Грунвальд З. Электрический привод подъемных устройств.

Бровкин Я., Бродзяк Я. С. Электрические машины и приводы применяемые в сахарной промышленности.

Мокрош Е. Электрические машины и приводы в химической промышленности.

Рыбицкий З. Вопросы подбора электрических двигателей для привода сельскохозяйственных машин.

Страшевский А. Отделение электрических машин и приводов в Электротехническом Институте.

Смолюховский В. Организация проектирования сложных приводных установок.

Поступившие публикации.

Библиографический Обзор Электротехники.

CONTENTS

Kopczyński Z. Tasks of the electrical machine and apparatus industry as reflected by the resolutions of the IX Plenum of the Central Committee of the Polish United Workers' Party.

Lando J. Problems of development of electric drives.

Herink W., Morsztyn K., Schmidt J., Wieczorek J. The electric machine industry in People's Poland — its achievements and intentions.

Schmidt J. Power rating in modern series of A. C. machines.

Pelczewski W. The use of electric machine amplifiers in drive systems.

Szklarski L. Scientific work of the Mining and Metallurgical Academy referring to new types of drives.

Gluziński W. Electric drive in the coal mining industry.

Kardaszewicz J., Grzybowski W. Metallurgical industry requirements for special electric machines.

Mystkowski A. Electric motors for machine tool drive.

Szrajer H. Home production of paper machine drives.

Grunwald Z. Electric drives for hoisting equipment.

Browkin J., Brodziak J. C. Electric machines and drives as used in the sugar industry.

Mokrosz E. Electric machines and drives in the chemical industry.

Rybicki Z. The problem of selecting electric motors for farm machinery drives.

Straszewski A. Electric machines and drives department of the Electrotechnical Institute.

Smoluchowski W. Organising designing of complex drive systems.

Publications received.

Electrical Bibliographic Review.

Każdy naukowiec, inżynier, technik, racjonalizator musi wiedzieć, co zostało opublikowane w prasie światowej na temat jego pracy; informują go o tym KARTY DOKUMENTACYJNE Centralnego Instytutu Dokumentacji Naukowo-Technicznej.

Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej
Warszawa, Al. Niepodległości 188

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN

MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Redaktor naczelny inż. Tadeusz Czaplicki. — Redaktorzy działów inżynierowie: Stanisław Andrzejewski, Janusz Gniewiewski, Leszek Zienkowski, Tadeusz Żarnecki

Rok XXX

Warszawa, 21 lutego 1954 r.

Zeszyt 2

MGR INŻ. ZDZISŁAW KOPCZYŃSKI

Podsekr. Stanu
Ministerstwa Przemysłu Maszynowego

Zadania przemysłu maszyn i aparatów elektrycznych w świetle uchwał IX Plenum KC PZPR

Realizacja zadań, nakreślonych przez IX Plenum Komitetu Centralnego PZPR na dwa końcowe lata Planu Sześcioletniego, ma zapewnić szybsze podniesienie stopy życiowej ludności pracującej miast i wsi. IX Plenum w trosce o realizację tych zadań wytyczyło równocześnie plan nowego rozstawienia sił i środków w rozwoju gospodarki narodowej w okresie lat 1954—1955. W ramach tego planu od ofensywy na froncie uprzemysłowienia przechodzimy do ofensywy na całym froncie gospodarki narodowej. Oznacza to, że utrzymując nadal zasadę dalszego rozwoju przemysłu, przyspieszamy jednocześnie rozwój produkcji rolniczej oraz tych gałęzi przemysłu, które bezpośrednio zaspokajają potrzeby ludności miast i wsi. Ustalona przez IX Plenum linia rozwojowa gospodarki narodowej, utrzymując założone dotychczas tempo rozwoju środków produkcji, zwiększa równocześnie tempo rozwoju środków konsumpcyjnych.

W tym układzie zadań przemysł maszyn i aparatów elektrycznych stanowi jeden z ważnych elementów rozwoju przemysłu środków produkcji oraz artykułów powszechnego użytku. Bez zapewnienia odpowiedniego rozwoju przemysłu elektrotechnicznego nie jest możliwy ani rozwój produkcji pod względem ilościowym i pod względem rozszerzenia asortymentów, ani wprowadzenia postępu technicznego w innych dziedzinach gospodarki narodowej. Problemy wzrostu produkcji na obecnym etapie oraz inne zadania produkcyjne, jak i wdrażanie postępu technicznego wynikające z zadań IX Plenum dla całego naszego przemysłu socjalistycznego, związane są bezpośrednio z przemysłem elektrotechnicznym, wykazując równocześnie wszystkie jego osiągnięcia oraz braki.

Dotychczasowe osiągnięcia przemysłu elektrotechnicznego

W bilansie dotychczasowych wyników przemysł maszyn i aparatów elektrycznych osiągnął w roku 1953 poziom czterokrotnie wyższy niż w roku 1949 oraz sześciokrotnie wyższy niż w roku 1938 przy wzroście wydajności o 90% w stosunku do

Tablica I. Wzrost produkcji przemysłu elektrotechnicznego

Nazwa produkcji	Jednostki	Rok 1949 %	Rok 1952 %	Rok 1953 %	Plan roku 1954 %
Maszyny wirujące	tys. szt.	100	192	243	292
w tym silniki asynchroniczne normalne	MW	100	340	380	483
Transformatory	tys. szt.	100	178	226	266
w tym o mocy > 10 MVA	MW	100	242	300	346
Piecze i suszarnie elektryczne przemysłowe	MVA	100	216	280	300
Piecze i suszarnie elektryczne przemysłowe	szt.	100	630	1130	1600
Spawarki wirujące	MVA	100	586	1210	1780
Aparaty rozdzielcze i zabezpieczenia wys. nap.	szt.	100	608	750	750
Aparaty rozdzielcze i zabezpieczenia nisk. nap.	t	100	730	992	854
Przełączniki	szt.	100	253	330	400
Przyrządy pomiarowe	t	100	376	410	466
Sprzęt instalacyjny	t	100	530	618	670
	szt.	100	660	967	1520
	szt.	100	368	376	344
	t	100	165	212	280

roku 1949. Tabl. I rzuca światło na dynamikę wzrostu produkcji w ważniejszych gałęziach przemysłu elektrotechnicznego w roku 1953 w porównaniu z rokiem 1949 oraz zadania planowe 1954 r.

Oprócz poważnego ilościowego wzrostu produkcji przemysłu elektrotechnicznego opracował i uruchomił produkcję szeregu nowych wyrobów nieprodukowanych poprzednio w kraju

a) W dziedzinie maszyn i transformatorów do najważniejszych z nich należą: silniki ognioszczelne, silniki do samotoków, silniki do elektrowciągów, silniki do lokomotyw dolowych, wyposażenie elektryczne samochodów, spawarki wirujące, prądnice do galwanizacji, prostowniki rtęciowe, duże piece komorowe, piece indukcyjne, turbogenerator na 2,5 MVA, transformator olejowy na 40 MVA, transformator trójzwojowy na 31,5 MVA, przewoźne stacje transformatorowe dla górnictwa, transformator na 25 MVA, 110 kV z regulacją pod obciążeniem. Nastąpiło również znaczne rozszerzenie zakresu produkcji maszyn elektrycznych przez podniesienie górnej granicy mocy maszyn prądu zmiennego do 4500 kW i stałego do 1500 kW. Równocześnie w dziedzinie silników asynchronicznych uruchomiono produkcję 32 odmian silników na podstawie radzieckiej dokumentacji licencyjnej, która daje znaczne zaoszczędzenie miedzi.

b) W dziedzinie aparatów elektrycznych należy wymienić: wyłącznik powietrzny na 6 kV, 250 MVA (projektowana lecz nie sprawdzona moc zwarcia 400 MVA), przekładniki prądowe i napięciowe na 110 kV, odgromniki polskiej konstrukcji 0,5—30 kV dla prądu zmiennego i 0,8 kV dla prądu stałego (wg konstrukcji nagrodzonej nagrodą państwową), watomierze, mierniki izolacji i inne przyrządy pomiarowe, liczniki 3-fazowe, styczniki 3-biegowe na 40 A prądu zmiennego, wyłączniki samoczynne niskiego napięcia na 200 i 400 A, przekładniki gazowo-podmuchowe, nadprądowe i inne, nastawniki młoteczkowe, sterowniki, luzowniki, wyposażenie szeregu maszyn górniczych np. kombajnu węglowego, aparaturę stycznikową i przekładnikową prądu stałego do automatyki napędów, wyposażenie wind okrętowych (sterowniki i luzowniki) oraz wyłączniki samoczynne na 400 A prądu stałego dla przemysłu okrętowego.

Dotychczasową dynamikę przemysłu elektrotechnicznego — mimo poważnego wzrostu produkcji pod względem ilościowym dla całego przemysłu — cechuje nierównomierność w rozwoju poszczególnych gałęzi, co hamującą wpływa na rozwój innych dziedzin przemysłu, oraz niedostateczna jakość szeregu wyrobów elektrotechnicznych. Stan taki wymaga poważnej mobilizacji sił i środków materialnych dla wyrównania dotychczasowej dysproporcji w rozwoju tego przemysłu.

A. Przemysł maszyn elektrycznych

W zakresie bardziej typowych maszyn wirujących małej i średniej mocy zdolność produkcyjna pokrywa na ogół zapotrzebowanie krajowe, umożliwiając nawet eksport. Istnieją jednak niedobory w pokryciu zapotrzebowania krajowego w asortymencie maszyn specjalnych, jak np. silniki na dużą liczbę włączeń, silniki cichobieżne, silniki uniwersalne, maszyny o częstotliwości wyższej od przemysłowej, wzmacniacze maszynowe itd. Poważny niedobór ilościowy występuje również w produkcji maszyn synchronicznych i maszyn prądu stałego większych mocy. Przemysł krajowy nie uruchomił dotychczas produkcji największych maszyn, silników prądu stałego do maszyn wyciągowych oraz wielkich silników walcowniczych. W zakresie silników trakcyjnych produkcja silników tramwajowych i silników do lokomotyw dolowych całkowicie pokrywa potrzeby krajowe, natomiast nie są pokryte potrzeby trakcji dalekobieżnej. Nieopanowana jest również dziedzina maszyn najmniejszych tzw. „ułamkowych”.

W dziedzinie transformatorów przemysł krajowy może w zasadzie pokryć ilościowo zapotrzebowanie transformatorów małej i średniej mocy (do 8 MVA), natomiast w zakresie dużych transformatorów obecna zdolność produkcyjna — mimo poważnego wzrostu produkcji — nie dorównywa potrzebom naszej

energetyki. Górną granicę obecnie osiąganą przez nasz przemysł elektrotechniczny w produkcji transformatorów stanowią jednostki o mocy 31,5 MVA i napięciu 110 kV.

Dział grzejnictwa przemysłowego — mimo szybkiego tempa wzrostu produkcji — nie zaspokaja w pełni potrzeb krajowych ani pod względem ilościowym, ani pod względem asortymentowym, zwłaszcza w zakresie indywidualnie wykonywanych jednostek specjalnych. Wielka różnorodność potrzebnych typów nie pozwala dotychczas pokrywać zapotrzebowania na duże piece, którego spiętrzenie w latach ostatnich jest znacznie większe niż w innych dziedzinach.

W zakresie prostowników rтעיowych — po opanowaniu w roku 1954 produkcji prostowników pojedynczo-zaworowych (wg licencji radzieckiej) — przemysł krajowy będzie mógł w najbliższych latach pokrywać pod względem typów podstawowe potrzeby trakcji i przemysłu, jednak pod względem ilościowym obecne możliwości produkcyjne są niewystarczające.

B. Przemysł aparatów elektrycznych

Obecny zakres produkcji przemysłu aparatów elektrycznych jest wąski i niewystarczający na potrzeby naszej gospodarki. We wszystkich niemal grupach są dotkliwe luki, szczególnie w aparaturze wysokiego napięcia, miernikach i przekładnikach elektrycznych.

Obecny asortyment wyłączników wysokiego napięcia obejmuje trzy wielkości wyłączników pełnoolejowych, jeden wyłącznik małoolejowy o skomplikowanej i przestarzałej konstrukcji oraz jeden wyłącznik powietrzny niezupełnie wykonany pod względem konstrukcyjnym. Przygotowane obecnie uruchomienie produkcji według dokumentacji radzieckiej wyłączników małoolejowych na 6 kV i wyłączników powietrznych na 110 kV oraz wyłączników małoolejowych krajowej konstrukcji na 30 kV nie zaspokoi jeszcze całkowicie potrzeb, choć będzie poważnym osiągnięciem.

W zakresie przekładników należy również dla pokrycia potrzeb naszej gospodarki narodowej rozszerzyć produkcję na przekładniki małoolejowe, przekładniki suche 2-rdzeniowe oraz przekładniki na małe prądy znamionowe o dostatecznej wytrzymałości dynamicznej. Uzupełnienia wymaga również produkcja ochronników przeciwprzepięciowych mimo bardzo poważnego osiągnięcia w tej dziedzinie.

W dziedzinie aparatów niskiego napięcia produkcja opiera się w dużym stopniu na typach Siemens, przestarzałych i pracochłonnych, oraz na różnych przypadkowo wybranych typach zagranicznych.

Produkcja aparatury przeciwwybuchowej dla przemysłu węglowego i chemicznego jest w chwili obecnej dopiero w zaczątku. Brak jest zupełny produkcji aparatury do automatyzacji napędów hutniczych.

Poważny wzrost ilościowy produkcji aparatów elektrycznych nie pokrywa jeszcze potrzeb kraju w szeregu produkowanych asortymentów; a głównie w dziedzinie mierników i przekładników elektrycznych. Należy stwierdzić, że — wskutek niewłaściwej polityki biur projektowych i mylnie pojmowanej przez nie oszczędności — nie jest wyzyskana nasza zdolność produkcyjna w zakresie opanowanych już wyłączników typu ATK400; zastępowanie ich w eksploatacji wyłącznikami ręcznymi jest niewłaściwe i powoduje reklamacje.

Dla szeregu typów aparatów niskiego napięcia oraz mierników elektrycznych przemysł opracował już dokumentację, lecz nie uruchomił ich produkcji z powodu niewystarczającej przepustowości narzędziowni i działów technologicznych w zakładach produkcyjnych.

Produkcja sprzętu instalacyjnego w ramach przemysłu elektrotechnicznego uległa w ostatnich latach poważnemu zahamowaniu. Rezultatem tego jest ostry deficyt sprzętu instalacyjnego bakielitowego (wyłączniki pakietowe, gniazda wtykowe, wtyczki, nasadki grzejnikowe), sprzętu porcelanowego (bezpieczniki, pierścienie rozgałęźne, złącza świecznikowe), oraz sprzętu żeliwnego. Niedobór ten jest tym dotkliwszy, że dotychczas nie produkujemy bezpieczników automatycznych, patronów bezpiecznikowych zwłoczących, sprzętu instalacyjnego przeciwwybuchowego i innych artykułów elektrotechnicznych z dziedziny sprzętu instalacyjnego pilnie potrzebnych w budownictwie zarówno przemysłowym, jak i mieszkaniowym.

Dla poprawy istniejącej sytuacji Centralny Zarząd Przem. Maszyn Elektrycznych uruchomił w roku 1953 dwa nowe zakłady, z których jeden jest przystosowany do produkcji wyrobów bakielitowych, jak wyłączniki i przełączniki, gniazda wtykowe, wtyczki, nasadki grzejnikowe, sprzęt hermetyczny bakielitowy, drugi do produkcji aparatury teatralnej, sprzętu sygnalizacyjnego i in.

C. Zagadnienie jakości produkcji

Przy omawianiu obecnego stanu przemysłu maszyn, aparatów elektrycznych i sprzętu instalacyjnego nie można pominąć jego niedomagań w zakresie jakości produkcji. Zbyt często spotyka się wyroby niewłaściwej jakości wskutek niedbałego wykonania i niedopatrzenia kontroli. Jakość niektórych wyrobów nie jest w pełni zadowalająca z punktu widzenia rozwiązania konstrukcyjnego czy technologicznego albo pewności ruchu. Można wymienić szereg przykładów z dziedziny maszyn elektrycznych: transformatorów oraz aparatów elektrycznych, jak prostowniki rтעיowe 6-anodowe, małe transformatory, silniki dźwigowe, nie które odmiany pieców elektrycznych, wyłączniki wysokiego napięcia, przekładniki napięciowe na 60 i 110 kV i wiele innych, które wymagają podniesienia jakości.

Droga do poprawienia obecnego stanu rzeczy prowadzi przez kontrolowanie i znowelizowanie dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej, przez dalszą rozbudowę laboratoriów przylabrycznych i systematyczne poddawanie próbom prototypów i wprowadzonych już do produkcji wyrobów w samych zakładach bądź w Instytucie Elektrotechniki, przez podnoszenie kwalifikacji robotników i personelu inżyniersko-technicznego, przez zaostrzenie dyscypliny technologicznej, przez opracowanie brakujących instrukcji kontroli i warunków technicznych odbioru wreszcie przez wzmocnienie kontroli surowców, kontroli międzyoperacyjnej i końcowej oraz zapewnienie odpowiedniego wyposażenia kontroli fabrycznej. Pomocą w tej dziedzinie na odcinku produkcji aparatów elektrycznych będzie budowana już zwarciośnia niskonapięciowa Instytutu Elektrotechniki.

D. Baza techniczna przemysłu

Analizując stan faktyczny przemysłu elektrotechnicznego należy zwrócić uwagę na jego podstawowe organy techniczne — biura konstrukcyjne, laboratoria badawcze, stacje probiercze. Jaki jest ich obecny zakres prac? Biura konstrukcyjne mają za zadanie opracowywanie nowych typów własnej konstrukcji, przystosowywanie dokumentacji licencyjnej, udoskonalanie konstrukcji bieżąco produkowanych asortymentów na podstawie własnych prac i pomysłowych racjonalizatorskich. Organy badawcze mają szczególnie ważne znaczenie dla produkcji elektrotechnicznej, gdzie ściśle obliczenie przy konstruowaniu nie zawsze jest możliwe i gdzie dopiero badania laboratoryjne wskazują często właściwą drogę. Zadaniem laboratoriów badawczych — poza pracami naukowo-badawczymi, mającymi na celu posunięcie naprzód danej dziedziny wiedzy elektrotechnicznej i postępu technicznego — jest jakościowe badanie nowych konstrukcji zarówno w toku ich opracowywania jak po ich zakończeniu, wreszcie systematyczne badanie produkcji bieżącej.

Stopień rozwoju biur konstrukcyjnych w przemyśle elektromaszynowym i elektroaparatowym jest nierówny. Personel biur konstrukcyjnych przemysłu elektromaszynowego wynosi około 4,5% ogółu pracowników zatrudnionych w tej gałęzi przemysłu, gdy odpowiedni wskaźnik dla przemysłu elektroaparatowego (łącznie ze sprzętem instalacyjnym) sięga zaledwie 1,5%. Według danych radzieckich wskaźniki te powinny wynosić około 6—7% a więc biura nasze, a zwłaszcza biura konstrukcyjne przemysłu aparatowego winny być poważnie wzmocnione pod względem kadrowym.

Sytuacja powyższa znajduje swe odzwierciedlenie w wynikach pracy: biura konstrukcyjne przemysłu maszynowego mają już dość poważne osiągnięcia w postaci własnych rozwiązań, jak turbogenerator na 2 MW, silniki ognioszczelne i inne, transformator 110-kilowoltowy trójzwojowy z regulacją pod obciążeniem oraz szereg adaptacji licencyjnych, jak np. radzieckich silników serii A, natomiast biura aparatowe nie mogą się dotychczas poszczycić poważniejszymi sukcesami, szczególnie w dziedzinie wyłączników wysokiego napięcia poza sporadycznymi przypadkami, jak np. konstrukcja wyłącznika małoolejowego 30-kilowoltowego. Taki stan rzeczy tłumaczy się nie tylko szczupłością aparaturowej kadry konstrukcyjnej, ale również jej mniejszymi kwalifikacjami w stosunku do kadry maszynowców, co znowu znajduje swe odzwierciedlenie w łącznej liczbie inżynierów zatrudnionych w obu przemysłach: w przemyśle elektromaszynowym w biurach konstrukcyjnych inżynierowie stanowią 1,9% całej załogi przemysłu elektrotechnicznego, w przemyśle zaś aparatowym łącznie z przemysłem sprzętu instalacyjnego wskaźnik ten wynosi zaledwie 0,9%.

Obecny stan liczbowy i organizacyjny biur konstrukcyjnych — zarówno centralnych, jak i przylabrycznych — winien w zależności od specjalności i zakresu zadań ulec poważnej reorganizacji i wzmocnieniu.

Zadania przemysłu elektrotechnicznego

Na tle nakreślonych wyżej osiągnięć i braków przemysłu maszyn i aparatów elektrycznych oraz w świetle zadań ustalonych przez IX Plenum KC PZPR w zakresie rozwoju gospo-

darki narodowej wylaniają się zadania przemysłu elektrotechnicznego ściśle związanego z każdą dziedziną naszej gospodarki. Zadania te to przede wszystkim rozszerzenie dotychczasowych asortymentów dla zmniejszenia znacznego importu w tej dziedzinie oraz podniesienie jakości w opanowanej już produkcji, co pozwoli nam nie tylko pokrywać potrzeby krajowe, ale również rozwijać poważnie eksport. Zmniejszenie importu jednych artykułów elektrotechnicznych przy równoczesnym zwiększeniu eksportu w innych będzie poważnym osiągnięciem gospodarczym.

Konkretnie zadania i perspektywy rozwojowe w poszczególnych gałęziach przemysłu elektrotechnicznego należy bliżej rozpatrzeć z osobna.

A. Maszyny elektryczne i transformatory

1) Należy zakończyć odbudowę i rozbudowę oraz pełne zagospodarowanie zakładu produkującego najcięższe maszyny zgodnie z ustalonym projektem technicznym, co jest równoznaczne z opanowaniem produkcji maszyn i aparatury trakcyjnej, dużych maszyn prądu stałego, a przede wszystkim turbogeneratorów na 25 MW.

2) Musimy ostatecznie opanować konstrukcję i produkcję dużych transformatorów na 110 kV, a w następnym planie perspektywnym na 220 kV. Musimy uruchomić własną produkcję przełączników zaczepowych pod obciążeniem i przepustów 110-kilowoltowych, co pozwoli na zlikwidowanie importu w tej dziedzinie. Produkcja transformatorów w okresie najbliższych 5 lat winna być co najmniej podwojona, aby mogła pokryć obecne potrzeby oraz zabezpieczyć rosnące w tym zakresie zapotrzebowanie energetyki. Zadanie to może być spełnione jedynie pod warunkiem szybkiej budowy nowej fabryki transformatorów, której miejsce jest już ustalone.

3) Należy stworzyć ośrodek produkcyjny małych i średnich maszyn prądu stałego o mocy od 1 do 200 kW łącznie ze spawarkami wirującymi. Obecna produkcja tych maszyn jest rozproszona w trzech zakładach i nie ma warunków rozwojowych. Stworzenie na jednym z tych trzech zakładów — przez jego rozbudowę — samodzielnego działu maszyn prądu stałego pozwoli rozwinąć produkcję do poziomu zaspokajającego potrzeby krajowe, które na rok 1960 są oceniane w wysokości 500% obecnej produkcji.

4) Musimy wyzyskać w pełni swą zdolność produkcyjną w zakresie małych silników asynchronicznych, opartych na licencyjnej dokumentacji radzieckiej serii A, przez zmechanizowanie tej produkcji w zakładzie nowostworzonym.

5) Konieczna jest rozbudowa produkcji prostowników rtęciowych pod względem zarówno asortymentowym, jak i ilościowym. Wstępne zestawienie potrzeb trakcji elektrycznej oraz przemysłu wskazuje, że zapotrzebowanie przekroczy zdolność produkcyjną obecnego jedynego zakładu i że należy przystąpić do opracowania projektu technicznego wytwórni prostowników, opartego na technologii radzieckiej, dla wybranego typu prostownika RMNW, a następnie do budowy takiej wytwórni w pobliżu Zakładu Trakcji Elektrycznej Instytutu Elektrotechniki, gdzie projektowane są laboratoria do badania prostowników.

6) Rozwój spawalnictwa, podyktowany dążeniem do postępu technicznego, wymaga od przemysłu elektrotechnicznego — zgodnie z potrzebami kraju — znacznego rozszerzenia asortymentu urządzeń spawalniczych. Niezbędne jest planowe rozwiązanie zagadnienia zarówno od strony konstrukcyjnej, jak i produkcyjnej. Produkcja urządzeń spawalniczych, w postaci zgrzewarek punktowych, liniowych, stykowych oraz półautomatów i automatów (tych ostatnich na podstawie licencyjnej dokumentacji radzieckiej) powinna być ześrodkowana w wyspecjalizowanym zakładzie wytwórczym, korzystającym ze współpracy biura konstrukcyjnego Instytutu Spawalnictwa. Natomiast wytwarzanie zwykłych spawarek łukowych — transformatorowych i wirujących — powinno pozostać w odpowiednich fabrykach transformatorów względnie maszyn prądu stałego, jako produkcja pokrewna.

7) Rosnące potrzeby gospodarki narodowej w dziedzinie silników ulamkowych (wynikające z rozwoju produkcji artykułów powszechnego użytku) oraz małych maszyn specjalnych (silniki uniwersalne i przetwornice do celów radiowych, sygnalizacyjnych itp.) stawiają przed przemysłem elektromaszynowym problem utworzenia nowego ośrodka produkcyjnego. Charakter technologii, wymagający specjalnego wyposażenia produkcyjnego, jak również stały rozwój produkcji, wskazują na niewłaściwość dorywczego lokowania produkcji poszczególnych wyrobów w obecnych fabrykach nastawionych na produkcję dużych jednostek. Produkcja silników ulamkowych powinna być ześrodkowana w specjalnie wydzielonej wytwórni.

8) Niezbędne jest ześrodkowanie produkcji dużych pieców elektrycznych w jednym z zakładów wytwarzających obecnie piece elektryczne dla zabezpieczenia rosnących potrzeb kraju

w tym zakresie. Wymaga to jednak przystosowania pomieszczeń w tym zakładzie oraz zainstalowania odpowiednich urządzeń transportowych i probierczych.

9) Należy uruchomić wielkoseryjną produkcję elektrycznego sprzętu samochodowego, łącznie ze świecami samochodowymi dla zlikwidowania importu w tej dziedzinie. Zagadnienie wymaga specjalnej opieki i koordynacji ze strony CZPME przy ścisłej współpracy z przemysłem motoryzacyjnym.

B. Aparatura wysokiego i niskiego napięcia oraz aparatura precyzyjna

1) Niezbędne jest zakończenie budowy zakładu wyłączników wysokiego napięcia w terminie ostatecznym do końca 1955 r. i opanowanie w tym zakładzie produkcji wyłączników 110-kilowoltowych oraz innych wyłączników przygotowanych obecnie do produkcji; uruchomienie produkcji napędów pneumatycznych i silnikowych do wyłączników wysokiego napięcia z równoczesnym rozszerzeniem asortymentu; opanowanie w innym zakładzie — zgodnie z dotychczasowym jego profilem — produkcji przekładników napięciowych na 110 kV, jak również przekładników prądowych i napięciowych małoolejowych na 20, 30 i 60 kV oraz odgromników o obciążalności 0000.

W obu zakładach produkujących aparaturę wysokiego napięcia należy zorganizować właściwą pracę kontroli technicznej oraz wyposażać je w urządzenia kontrolne.

2) Celem wydawnego podniesienia produkcji styczników potrzebne jest zorganizowanie taśmowego systemu produkcji styczników suchych na jednym z obecnych zakładów przy jednoczesnym ujednoliceniu profilu produkcyjnego w tym zakresie.

3) Należy wydatnie powiększyć produkcję aparatury ogniostycznej do poziomu potrzeb przemysłu węglowego i chemicznego z równoczesnym opanowaniem wszystkich asortymentów w tym zakresie oraz całkowitym wyeliminowaniem importu.

4) Dla rozwoju produkcji urządzeń do specjalnych napędów hutniczych, górniczych itp. należy jeszcze w roku 1954 wyodrębnić nowy zakład dostosowany do produkcji aparatów nisk. nap.

5) Należy w pełni wyzyskać naszą obecną zdolność produkcyjną w dziedzinie aparatury dźwigowo-trakcyjnej dla pokrycia obecnych potrzeb w związku z produkcją trolejbusów i wózków akumulatorowych.

6) Należy uruchomić jeszcze w 1954 r. produkcję mierników w nowoprzystosowanej fabryce przyrządów pomiarowych.

7) Winniśmy jeszcze w roku 1954 zorganizować w jednym z zakładów aparatury wysokiego napięcia oddział produkcji urządzeń automatyki przemysłowej i przełączników przez wyzyskanie zarówno wolnej powierzchni produkcyjnej, jak i kadr inżyniersko-technicznych tego zakładu, doświadczonych w zakresie aparatury precyzyjnej.

C. Sprzęt instalacyjny

1) Dla szybkiego zlikwidowania ostrych braków w zakresie sprzętu instalacyjnego należy natychmiast przystąpić do lepszego wyzyskania obecnej zdolności produkcyjnej w zakładach, które dotychczas produkują ten sprzęt, oraz przyspieszyć jeszcze w 1954 roku w nowowyznaczonym zakładzie masową produkcję bakielitowego sprzętu instalacyjnego. Droga do osiągnięcia powyższego celu prowadzi przez powiększenie zmianowości w pracy maszyn produkcyjnych, a przede wszystkim pras bakielitowych, oraz wprowadzenie postępu technicznego w produkcji, a więc podgrzewanie proszku bakielitowego przy zastosowaniu pieców elektrycznych wysokiej częstotliwości oraz zwielokrotnienie form. Podgrzewanie proszku bakielitowego skracając czas procesu technologicznego, a więc pozwala lepiej wyzyskać deficytowe prasy hydrauliczne do bakielitu.

3) Należy zorganizować w jednym z dotychczasowych zakładów oddział samodzielny nastawiony na produkcję patronów bezpiecznikowych, i wyodrębnić go w dalszej przyszłości jako oddzielny zakład sprzętu instalacyjnego.

3) Należy zorganizować w dalszej perspektywie nową fabrykę, nastawioną na produkcję urządzeń grzejnych do użytku domowego dla zapalenia dotychczasowej luki oraz wznovienia produkcji dawnej fabryki „Gródek”.

4) Należy przekazać przemysłowi sprzętu instalacyjnego odlewnię żeliwną o zdolności produkcyjnej około 4000 t z możliwością rozbudowy do 8000 t rocznie dla wykonywania odlewów do produkcji sprzętu instalacyjnego żeliwnego wraz z ich obróbką i montażem, jak również do produkcji sprzętu grzejnego i oświetleniowego.

5) Praktyka dotychczasowa dowodzi, że rozwój przemysłu porcelany elektrotechnicznej nie jest zsynchronizowany z rozwojem przemysłu elektrotechnicznego, przy czym jakość produkcji tej porcelany jest niedostateczna. Wykonaniu szeregu nowych asortymentów stoi na przeszkodzie brak elementów porcelanowych. W świetle tych faktów wydaje się rzeczą celową przeprowadzenie odpowiednich zmian organizacyjnych zmierzających

jących do silnego powiązania fabryk porcelany elektrotechnicznej z przemysłem sprzętu instalacyjnego oraz aparatów wysokiego napięcia.

D. Zadania rozwojowe Instytutu Elektrotechniki

Zadania przemysłu elektromaszynowego i aparatuowego w okresie najbliższych lat winny mieć odzwierciedlenie w pracach Instytutu Elektrotechniki, którego czołowym zadaniem jest doprowadzenie przemysłu elektrotechnicznego do właściwego poziomu technicznego. Instytut Elektrotechniki winien odgrywać — w ramach współpracy z przemysłem elektrotechnicznym — przodującą rolę przy wprowadzaniu do produkcji nowych asortymentów i ulepszaniu asortymentów dawnych, jak również winien stale czuwać nad poprawieniem jakości produkcji.

Prace i studia Instytutu Elektrotechniki powinny objąć wszystkie dziedziny produkcji elektrotechnicznej od strony wyrobów gotowych, jako też podstawowych materiałów stosowanych w tej produkcji. Ujmując syntetycznie prace Instytutu, można je scharakteryzować jako dwa zasadnicze kierunki prac ściśle ze sobą zespolone — prace naukowo-badawcze oraz prace konstrukcyjno-doświadczalne.

Obecne komórki naukowo-badawcze Instytutu Elektrotechniki obejmują swym zakresem obszerny wycinek elektrotechniki silnoprądowej, mając tu poważne osiągnięcia, nie mniej jednak szereg dalszych dziedzin produkcji elektrotechnicznej winien znaleźć specjalne odbicie w pracach Instytutu. Do dziedzin, na których winna być skoncentrowana uwaga Instytutu dla zabezpieczenia właściwej linii rozwojowej przemysłu, należą:

a) technika wysokich napięć z czołowym zadaniem budowy zwarciowni;

b) maszyny wirujące i napęd elektryczny — dział opierający się na laboratorium maszynowym;

c) trakcja elektryczna, prostowniki, aparatura wysokonapięciowa prądu stałego; jest to dziedzina o szerokim zasięgu zagadnień z uwagi na szybki rozwój elektryfikacji transportu oraz konieczność zaspokojenia potrzeb górnictwa, hutnictwa i chemii;

d) elektrotermia przemysłowa, przy czym głównym zadaniem Instytutu jest pomoc przemysłowi w pełnym opanowaniu grzejnictwa elektrycznego dla potrzeb hutnictwa, przemysłu metalowego, przemysłu tworzyw plastycznych; niezbędne jest zorganizowanie w Instytucie laboratorium badawczego dla przemysłowych pieców elektrycznych;

e) elektroautomatyka — ściśle wiążąca się z postępem mechanizacji i elektryfikacji przemysłu;

f) technika precyzyjna, obejmująca dwa zasadnicze kierunki zagadnień — mierników elektrycznych oraz przekładników energetycznych;

g) sprzęt instalacyjny — zagadnienie nowe w pracach Instytutu, wymagające poważnego nasilenia i oparcia na podstawach naukowych;

h) elektrotechnika morska — bardzo ważne zagadnienie z uwagi na rozwój naszego przemysłu okrętowego;

i) elektrotechnika dla potrzeb bytowych — zagadnienie wiążące się z podnoszeniem stopy życiowej ludności drogą elektryfikacji urządzeń gospodarstwa domowego; produkcja tych urządzeń jest dopiero w początkach swego rozwoju i nie ma dotychczas odpowiedniego zaplecza naukowo-badawczego; niezbędne więc jest stworzenie w możliwie krótkim terminie odpowiedniej komórki w Instytucie, która mogłaby korzystać z laboratoriów służących do badania sprzętu instalacyjnego.

Prace Instytutu w podanych wyżej zasadniczych kierunkach powinny opierać się na dobrze zorganizowanych laboratoriach. Obecne laboratoria poszczególnych komórek naukowo-badawczych nie wystarczają i muszą w wielu przypadkach ulec znacznemu rozszerzeniu lub zgoła powstać od nowa (np. zwarciownie). Jest rzeczą konieczną, aby rozbudowa komórek i laboratoriów badawczych Instytutu Elektrotechniki była ściśle skoordynowana z planami długoplanowymi przemysłu elektrotechnicznego i energetyki; z drugiej zaś strony zakres rozbudowy placówek Instytutu musi być uzgodniony z planowanym zakresem prac innych pokrewnych placówek badawczych, jak Instytut Energetyki, Instytut Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Instytut Spawalnictwa i inne. Dotychczasowa budowa zakładów Instytutu Elektrotechniki z tendencją odpowiedniego wyprzedzenia w stosunku do rozwoju przemysłu elektrotechnicznego jest zgodna z planem perspektywicznym w tej dziedzinie i zapewni wykonanie zadań postawionych przed Instytutem.

E. Zaopatrzenie przemysłu elektrotechnicznego

Poważnym zagadnieniem w rozwoju przemysłu elektrotechnicznego jest zapewnienie mu odpowiedniej bazy zaopatrzeniowej. Przemysł elektrotechniczny zużywa surowce i półfabrykaty,

które obejmują liczne i różnorodne asortymenty, pochodzące w wielu przypadkach z innych resortów, jak przemysł hutniczy, chemiczny, włókienniczy, papierniczy, ceramiczny itd. Specjalne wymagania, stawiane przez przemysł elektrotechniczny w stosunku do surowców i materiałów, nie zawsze są właściwie rozumiane przez tamte przemysły i mimo pewnych wysiłków w latach ostatnich, zmierzających do polepszenia obsługi przemysłu elektrotechnicznego, na wielu odcinkach stan nadal jest niezadowolający.

W liczbie zasadniczych surowców, których jakość musi być podniesiona, należy wymienić przede wszystkim blachę transformatorową. Przeciętna stratność tych blach jest stosunkowo wysoka: przekracza 1,3 W/kg; ponadto blachy są nierównomiernej grubości, faliste i chropowate. Główną przyczyną niskiej jakości tych blach jest przestarzałość urządzeń do walcowania cienkiej blachy w przemyśle hutniczym. Przez zastosowanie procesu walcowania na zimno na nowoczesnych walcarkach i przy użyciu uszlachetniającej obróbki termicznej, jak to się praktykuje w ZSRR, można osiągnąć stratność poniżej 0,9 W/kg.

Poważną przeszkodą w produkcji ochronników przeciwprzepięciowych jest niedostateczna dostawa karborundu pod względem zarówno ilości, jak i jakości. Rozwiązanie tego zagadnienia jest sprawą bardzo pilną z uwagi na rosnące zapotrzebowanie krajowe, jak również możliwości eksportowe w dziedzinie ochronników.

Nie jest również rozwiązana dotychczas dostawa termobimetalu do produkcji przekładników termicznych w wyłącznikach niskiego napięcia, co w poważnym stopniu utrudnia wykonywanie zadań produkcyjnych w zakresie wyłączników. Opanowanie produkcji termobimetalu przez przemysł metali niezbędny jest podstawą rozwoju produkcji małych wyłączników samoczynnych.

Drugą podstawową kwestią w pracy i rozwoju przemysłu elektrotechnicznego jest zaopatrzenie go w materiały izolacyjne — papiery, preszpany, lakiery, tłoczywa termoutwardzalne, mikanity, izolację warsztatową. Zaspokojenie rosnących potrzeb przemysłu elektrotechnicznego w tej dziedzinie wiąże się ściśle ze zorganizowaniem mocnego ośrodka produkcji materiałów izolacyjnych.

Poważnym również problemem dla przemysłu elektrotechnicznego jest stworzenie ośrodka, zaopatrującego ten przemysł w odlewy żeliwne, albowiem odlewnie podległe CZPME mogą pokryć zapotrzebowanie tego przemysłu tylko w 50%. Rozwiązaniem tego zagadnienia byłoby np. przydzielenie przemysłowi elektrotechnicznemu osobnej odlewni do pokrywania jego potrzeb w zakresie odlewów cienkościennych.

Z innych materiałów surowcowych, które odgrywają ważną rolę w zaopatrzeniu przemysłu elektrotechnicznego i muszą być zapewnione w ramach planowanego rozwoju tego przemysłu należy wymienić miedź w postaci drutów nawojowych oraz pręty, blachy żaroodporne, odkuwki, odlewy stalowe, pręty aluminiowe oraz narzędzia handlowe.

F. Kadry i postęp techniczny

Pod względem kadrowym przemysł elektrotechniczny, choć dysponuje obecnie w stosunku do innych przemysłów stosunkowo dużą liczbą inżynierów, wymaga w dalszym ciągu poważnego zasilania kadrami inżynierskimi. Wynika to ze szczególnych cech tego przemysłu oraz olbrzymich zadań w zakresie uruchomienia nowych asortymentów, konieczności zdecydowanej poprawy jakości produkcji i znacznie szybszego wprowadzania postępu technicznego. Obecne zapotrzebowanie inżynierów specjalistów będzie zrealizowane pod warunkiem dokonania koniecznych zmian w zasadach szkolenia inżynierów, co wiąże się ściśle z kierunkiem szkolenia inżynierów elektromechaników.

Niezależnie od zadań na odcinku wzrostu produkcji, rozszerzenia jej asortymentu i podniesienia jakości stoją przed przemysłem elektrotechnicznym — w świetle uchwał IX Plenum — zadania obniżenia kosztów produkcji oraz wzrostu wydajności pracy. Kluczem do rozwiązania w pełni tych wszystkich zagadnień jest wprowadzenie w zakładach przemysłu elektrotechnicznego na większą skalę i w szybszym tempie postępu technicznego. Zakłady przemysłu elektrotechnicznego muszą postawić przed sobą, jako czołowe zadanie, unowocześnienie technologii, zaostrenie dyscypliny technologicznej i ściśle przestrzeganie jej, wyzyskanie w jak największym stopniu posiadanej, wzorowej opracowanej dokumentacji licencyjnej radzieckiej, zawierającej przodującą technologię.

Stałe i nieustanne podnoszenie poziomu technicznego w przemyśle elektrotechnicznym jest możliwe przy nieustannym podnoszeniu kwalifikacji zawodowych robotników, techników i inżynierów. Spełnienie tych wszystkich postulatów jest zasadniczym warunkiem wykonania wielkich i zaszczytnych zadań, które postawiła Partia i Rząd przed przemysłem elektrotechnicznym.

PROF. MGR INŻ. JERZY LANDO

Politechnika Warszawska
Instytut Elektrotechniki

Zagadnienia rozwojowe napędu elektrycznego

608.1.004.2:621.34

Treść. Prawidłowo zaprojektowany napęd elektryczny umożliwia zwiększenie wydajności procesów wytwórczych przy jednoczesnym zmniejszeniu fizycznej pracy człowieka. Rozwój napędu elektrycznego od napędu grupowego przez napęd osobny do zelektryfikowanych zespołów produkcyjnych i napędów automatyzowanych. Trudności zaopatrzeniowe i organizacyjne hamujące rozwój napędu automatyzowanego. Napęd elektryczny jako odrębna dyscyplina naukowa wymaga właściwie zorganizowanych studiów wyższych w tej specjalności.

Проблемы развития электрического привода. Правильно спроектированный электрический привод делает возможным повышение производительности промышленных процессов при одновременном уменьшении физического труда человека. Развитие электрического привода от группового к одиночному, а затем переход к электрифицированным производственным агрегатам и автоматическим приводам. Затруднения в области снабжения и организации, тормозящие развитие автоматизированного привода. Электрический привод, как отдельная научная область, требует специальных исследований на высоком уровне.

Problems of development of electric drives. Correctly designed electric drives make possible an increase in the performance of production processes, with a concurrent reduction of the amount of physical human effort. Progress of electric drives — from group drives to individual drives and, further, to electrified production sets and fully automatic drives. Difficulties in supply and in organisation, which handicap the development of fully automatic drives. Electric drives as a distinct branch of education require, in fact, a properly organised system of specialist training at academic level.

1. Rola napędu elektrycznego w gospodarce narodowej.

Jedną z najważniejszych dziedzin stosowania energii elektrycznej jest napęd elektryczny, w którym energia elektryczna zamienia się w energię mechaniczną, przekazywaną mechanizmom napędzanym. Duża wydajność przedsiębiorstw przemysłowych, przy równoczesnym obniżaniu kosztów wytwarzania, jest możliwa tylko przy jak najdalej posuniętej mechanizacji procesów produkcyjnych. Dość uświadomić sobie, iż równoważnikiem ciężkiej pracy fizycznej jednego człowieka w ciągu 8 godzin jest w przybliżeniu 1 kWh energii elektrycznej, której koszt wynosi kilkanaście lub kilkadziesiąt groszy.

Według danych statystycznych w wysoko zelektryfikowanych dziedzinach przemysłu moc zainstalowanych silników elektrycznych, przeliczona na jednego robotnika grupy produkcyjnej, wynosi średnio 3–5 kW. Można zatem z pewnym przybliżeniem przyjąć, że odpowiadające tej średniowiecznemu zużyciu energii elektrycznej w ciągu 8-godzinowego dnia roboczego wynosi 24–40 kWh. Oznacza to, że przy tak daleko posuniętej elektryfikacji procesów produkcyjnych jeden robotnik kieruje mechanizmami, których praca w czasie jednej zmiany jest równoważna pracy fizycznej 24–40 ludzi. W wypadkach szczególnych, np. przy obsłudze złożonych — całkowicie zelektryfikowanych i automatyzowanych — zespołów produkcyjnych stosunek ten może być znacznie wyższy.

Rozwój elektryfikacji procesów wytwarzania i powstawanie w związku z tym coraz bardziej doskonałych maszyn wytwórczych prowadzi do szybkiego wzrostu wydajności pracy. Rozpatrując więc zagadnienia właściwego rozwiązania napędowego poszczególnych maszyn wytwórczych, byłoby błędem opierać się jedynie na wskaźnikach energetycznych, obrazujących zużycie energii elektrycznej na jednostkę produkcji. Wskaźniki te mają niewątpliwie ogromne znaczenie i walka o ich zmniejszenie (szczególnie w zakładach przemysłowych z przestarzałymi urządzeniami produkcyjnymi i często niewłaściwymi rozwiązaniami napędowymi) jest poważnym czynnikiem wyzwalania dodatkowych rezerw energetycznych w przemyśle, kryterium jednak decydującym przy ocenie jakości napędu elektrycznego pozostaje przede wszystkim wpływ tego napędu na wydajność pracy maszyn roboczych oraz na ogólne koszty wytwarzania.

Koszt jednostki wytwarzanych dóbr materialnych można określić wzorem:

$$A = \frac{a + b + c + d}{B},$$

gdzie a — koszt surowca, d — koszty ogólne,
 b — „ robocizny, B — łączna ilość wypro-
 c — „ energii elektrycznej, dukowanych dóbr.

W miarę wzrostu produkcji B wzrasta mniej więcej proporcjonalnie wartość zużytego surowca a ; natomiast wzrost kosztów robocizny b oraz kosztów ogólnych d jest znacznie wolniejszy. Koszt energii elektrycznej c odgrywa mniejszą rolę i jest zawarty zazwyczaj w granicach 3–7% sumy wszystkich składników kosztów wytwarzania.

Gospodarcza rola prawidłowo zaprojektowanego napędu elektrycznego sprowadza się zatem przede wszystkim do oddziaływania na wzrost ilości produktu B , co oczywiście pociąga za sobą obniżenie kosztów wytwarzania A . Właściwie zaprojektowany i dostosowany do warunków pracy maszyny roboczej napęd elektryczny ma zasadniczy wpływ na przebieg procesów wytwarzania, na ilość i jakość produkcji, na coraz większe eliminowanie pracy mięśni ludzkich z procesów wytwórczych. Taka jest podstawowa rola napędu elektrycznego w gospodarce narodowej.

2. Rozwój napędu elektrycznego, jego definicja i zadania.

Idea zastosowania energii elektrycznej do nadawania ruchu różnym mechanizmom powstała jeszcze na początku ubiegłego wieku, bezpośrednio po sformułowaniu przez Faradaya zasady

przetwarzania energii elektrycznej w mechaniczną, co stanowiło teoretyczną podstawę prób skonstruowania silnika elektrycznego. Pierwszy silnik elektryczny o ruchu obrotowym, wykorzystany do celów praktycznych, był zbudowany przez rosyjskiego uczonego Jacobi. Użyto go w roku 1838 do napędu kół łopatkowych nadających ruch niewielkiej łodzi poruszającej się po Nowie. Niedoskonałość samego silnika, jak również trudności, wynikłe z konieczności zasilania go z baterii ogniw galwanicznych, stały na przeszkodzie szerszemu zastosowaniu tego pomysłu.

Była to jednak niewątpliwie pierwsza, historycznie stwierdzona próba zastosowania napędu elektrycznego do celów praktycznych. Poważniejszy rozwój napędu elektrycznego rozpoczął się znacznie później, a mianowicie pod koniec ubiegłego wieku w miarę doskonalenia konstrukcji prądnic i silników prądu stałego. Jednakże trudności przesyłania na większe odległości energii elektrycznej w układach prądu stałego stanowiły nadal pewną zaporę w szerszym stosowaniu silnika elektrycznego do poruszania mechanizmów produkcyjnych. W tym okresie dominujące stanowisko zajmuje nadal maszyna parowa; nieliczni jeszcze zwolennicy napędu elektrycznego muszą staczać ciężkie walki z zakorzenionym poglądem, iż jedynym pewnym i oszczędnym silnikiem napędowym jest silnik parowy.

Punktem przełomowym w tej walce o wprowadzenie napędu elektrycznego jest zastosowanie trójfazowego prądu zmiennego oraz wynalezienie silnika indukcyjnego (Doliwo-Dobrowolski). Od tej chwili napęd elektryczny zaczyna skutecznie konkurować z maszyną parową, następnie coraz bardziej ją usuwać na drugi plan, aż wreszcie — poczynając od okresu bezpośrednio po pierwszej wojnie światowej — staje się niemal jedynym rodzajem napędu przemysłowego.

W miarę swego bujnego rozwoju po roku 1920 napęd elektryczny osiągnął jedną ze swoich podstawowych form — formę napędu osobnego (odinochny priwod, separate drive, commande individuelle). Od tej chwili zaczyna się niemal rewolucyjne oddziaływanie napędu elektrycznego na kinematykę i konstrukcję maszyn wytwórczych i mechanizmów, biorących pośrednio udział w procesach wytwarzania (np. urządzenia transportowe). Silnik napędowy zaczyna się niejako „zrastać” z maszyną napędzaną, przechodząc w następną — doskonalszą — formę napędu wielosilnikowego, przy którym poszczególne elementy danej maszyny wytwórczej są napędzane odrębnymi silnikami elektrycznymi (nowoczesne obrabiarki, papiernice, zespoły walcownicze itd.).

Jakie jest nowoczesne określenie zadań napędu elektrycznego? Podstawowym zadaniem napędu elektrycznego jest poruszanie wszelkiego rodzaju mechanizmów wykonawczych (maszyn lub urządzeń produkcyjnych i współdziałających z produkcją). Wszelka maszyna lub urządzenie wytwórcze składa się z szeregu elementów; część tych elementów znajduje się w ruchu, wykonując ten lub inny rodzaj pracy, niezbędnej dla przebiegu procesów wytwórczych. Napędowy silnik elektryczny, wykorzystując energię elektryczną, służy w ogromnej większości przypadków jedynie do nadawania ruchu maszynom wytwórczym lub ich elementom, sam zaś nie bierze bezpośredniego udziału w procesie wytwarzania. W miarę swego rozwoju napęd elektryczny przechodził ewolucję od urządzenia niemal niezależnego od maszyny produkcyjnej przez jeden z elementów podstawowych tej maszyny aż do dzisiejszych rozwiązań, kiedy stanowi on często organiczną całość z maszyną produkcyjną, z którą jest konstrukcyjnie powiązany.

Łącznie z napędzaną maszyną produkcyjną napęd elektryczny tworzy układ bardziej złożony, a mianowicie tzw. zelektryfikowany zespół produkcyjny. W zasadzie napęd elektryczny zespołu produkcyjnego składa się z trzech zasadniczych elementów: 1) silnika elektrycznego, 2) połączenia między silnikiem i maszyną produkcyjną i 3) aparatury sterującej. Docho-
dzimy zatem na tej drodze do bardziej wszechstronnego określe-

nia napędu elektrycznego jako zespołu maszyn elektrycznych i aparatury sterującej stanowiących łącznie z maszyną wytwórczą i elementami łączącymi (sprzęgła, przekładnie itp.) właściwy zelektryfikowany zespół produkcyjny.

Wylaniają się tutaj od razu nowe niezwykle ważne i cenne funkcje przemysłowego napędu elektrycznego. Napęd elektryczny nie tylko nadaje ruch maszynie produkcyjnej, lecz staje się organem, który kieruje pracą tej maszyny lub jej poszczególnych elementów. Tą drogą osiąga się wyższą formę napędu — automatyzację procesów produkcyjnych — przez stosowanie mniej lub bardziej skomplikowanych układów obejmujących jeden lub więcej silników elektrycznych wraz z aparaturą sterującą.

Rozwój i udoskonalenie układów napędowych, a w szczególności układów częściowo lub całkowicie zautomatyzowanych, coraz szersze stosowanie elementów automatyki — zarówno stycznikowo-przekładnikowej (działania przerywanego), jak i elektro-nowo-jonowej, a w szczególności elektromaszynowej w postaci wzmacniaczy maszynowych (działania ciągłego) — umożliwiło doskonałe opanowanie szeregu takich procesów produkcyjnych, które ze względu na szybkość przebiegu, dokładność obróbki, warunki pracy — były nie do zrealizowania jeszcze przed niewielu laty. Z drugiej strony coraz większe powiązanie maszyn wytwórczych z elementami ich napędu doprowadza często do konieczności równoległego rozwijania konstrukcji mechanicznej i projektu napędu; projektujący napęd elektryczny staje się niejako współkonstruktorem maszyny napędzanej.

Mówiąc o doskonalszej formie napędu elektrycznego — napędzie zautomatyzowanym, nie można pominąć jego roli w zagadnieniu automatyzacji procesów produkcyjnych jako całości, albowiem w poważnej większości wypadków automatyzacja ruchu zelektryfikowanych maszyn i urządzeń, wytwarzających lub przerabiających określone dobra materialne lub też maszyn biorących tylko pośredni udział w procesach wytwarzania (urządzenia transportowe, pompy, wentylatory, sprężarki itp.), sprowadza się w swej istocie do automatyzacji napędu elektrycznego tych maszyn, gdyż silnik elektryczny jest obecnie niemal jedynym środkiem do nadania im ruchu. Nawet w procesach cieplnych lub chemicznych ten rodzaj automatyki jest często podstawą automatyzacji procesu produkcyjnego jako całości. Przykładem może być kotłownia elektrycznej ciepłej, gdzie określone przebiegi takich parametrów, jak temperatura i ciśnienie pary osiągane są w sposób automatyczny, jako wynik oddziaływania na prędkości obrotowe silników elektrycznych napędzających wentylatory podmuchowe, wentylatory wyciągowe, ruszty mechaniczne; automatyzacja wielkiego pieca jest powiązana z napędem elektrycznym urządzenia do ładowania pieca, z napędem dmuchawy; w fabrykach chemicznych automatyzacja ruchu niektórych kategorii pomp, sprężarek, wentylatorów, wirówek jest zasadniczym składnikiem automatyzacji ruchu całych działów fabrykacji.

3. Zagadnienie nowoczesnego napędu elektrycznego w Polsce.

Podstawą materialną dla realizacji nowoczesnych rozwiązań napędu elektrycznego są przemysł elektromaszynowy i elektroaparatowy, a w pewnym stopniu również przemysł produkujący elementy elektronowe.

Obecna produkcja przemysłu elektromaszynowego w poważnym stopniu pokrywa zapotrzebowanie do rozwiązywania prostszych układów napędowych nie wymagających całkowitej automatyzacji, a przede wszystkim automatyzacji o przebiegu ciągłym (przy użyciu wzmacniaczy maszynowych). Jednak i na tym odcinku są jeszcze poważne luki asortymentowe, jak np. silniki dla dużej liczby załączeń, nowoczesne silniki zdwigowe prądu zmiennego i stałego, nowoczesne silniki prądu stałego o małym GD² wolnobieżne silniki prądu stałego do bezpośredniego sprzężenia z maszynami wyciągowymi, silniki synchroniczne wielkiej mocy o prędkości obrotowej poniżej 200 obr./min. (do napędu sprężarek tłokowych). Poważną luką produkcyjną, uniemożliwiającą rozwijanie nowoczesnych napędów z automatyką elektromaszynową, jest brak wzmacniaczy maszynowych zarówno z polem poprzecznym, jak i samowzbudnych; produkcja ta jednak już w niedługim czasie będzie uruchomiona. Brak jest również szerszej produkcji elementów więzi synchronicznej, tzw. selsynów, odgrywających coraz większą rolę w nowoczesnym zautomatyzowanym napędzie.

Znacznie większe niedobory asortymentowe wykazuje jednak przemysł elektroaparatowy; nawet dla bardziej złożonych układów napędu, opartego na automacie elektromagnetycznej działania przerywanego (stycznikowo-przekładnikowej), brak jest nie raz w produkcji seryjnej szeregu podstawowych elementów, przez

co utrudnione jest, a niekiedy niemożliwe, zaprojektowanie kompletnego napędu nawet przy posiadaniu wszystkich niezbędnych elementów maszynowych.

Przemysł produkujący lampy elektronowe — jak dotąd — w ogóle nie zaspokaja potrzeb nowoczesnego napędu (w szczególności napędu obrabiarek): tak podstawowy element automatyki elektronowej napędu elektrycznego, jak tyratron, nie jest jeszcze objęty obecnym programem produkcji przemysłu technicznego.

Mimo uwypuklonych wyżej w sposób ramowy poważnych braków w produkcji elementów, niezbędnych często do realizacji nowoczesnych układów napędowych, można zaryzykować twierdzenie, że nawet istniejące w tej dziedzinie możliwości oparte na obecnej już opanowanej produkcji, nie są w pełni wykorzystywane. Na ten niemożliwy i wysoce szkodliwy stan rzeczy składają się okoliczności natury zarówno technicznej, jak i (przynajmniej w części) organizacyjnej.

Mamy w Polsce dziesiątki najbardziej wartościowych i nowoczesnych radzieckich dokumentacji różnorodnych rozwiązań napędowych, dostarczanych różnym przemysłom i zakładom w ramach pomocy dla naszej gospodarki. Mamy więc do dyspozycji gotowe i często już pracujące układy napędowe, jak i ich schematy, opisy, instrukcje, rysunki montażowe. Ten wielki kapitał techniczny, będący owocem pracy i wieloletniego doświadczenia najlepszych fachowców Związku Radzieckiego, pozostaje prawie w całości w obiegu zainteresowanego zakładu przemysłowego, w najlepszym razie trafia do centralnych biur projektowych danej gałęzi przemysłu (np. Biprohut, Biprochem itp.). Natomiast szereg rzesze naszych fachowców w dziedzinie techniki napędowej nie zna tych materiałów, nie studiują ich, a tym samym nie wykorzystują ich przy projektowaniu nowych rozwiązań napędowych, gdzie często można by przejąć fragmenty już posiadanej dokumentacji radzieckiej, a nieraz nawet całość rozwiązań.

Brak w Polsce centralnej organizacji zajmującej się projektowaniem złożonych układów napędowych, gdzie winno się gromadzić lub przynajmniej inwentaryzować całą rozporządzalną w kraju dokumentację napędową i prowadzić dokładną techniczną ewidencję wszystkich pracujących układów, niezmierznie utrudnia rozwój projektowania napędu elektrycznego, a tym samym istotny postęp techniczny w tej tak niezmierznie ważnej dla naszej gospodarki dziedzinie. To rozproszenie wysiłków w projektowaniu złożonych układów napędowych lub ich części, fragmentaryczne i zupełnie niedostateczne wyzyskanie istniejącej dokumentacji radzieckiej, nieprzenoszenie osiągnięć, doświadczenia i istniejących rozwiązań z jednej gałęzi przemysłu do innych, brak centralnej organizacji projektowania napędów elektrycznych (na wzór np. radzieckiej centralnej organizacji „Elektropriwod”) powoduje niepełne wyzyskanie istniejących możliwości realizacji szeregu rozwiązań napędowych, opartych na już produkowanych w kraju elementach. W miarę dalszego rozwoju produkcji maszyn i aparatury, stanowiącej elementy coraz bardziej złożonych układów napędowych, w miarę dalszego pogłębiania elektryfikacji i automatyzacji procesów produkcyjnych brak centralnej organizacji projektowania napędów elektrycznych w szczególności napędów zautomatyzowanych, będzie coraz dotkliwszy i szkodliwszy dla naszej gospodarki narodowej.

Zadania, które stoja przed przemysłem elektrotechnicznym konstruktorami, placówkami naukowo-badawczymi i projektantami w związku z rozwojem w latach najbliższych nowoczesnego przemysłowego napędu elektrycznego, dadzą się streścić w następujących postulatach:

1) zwiększenie rozpiętości mocy silników elektrycznych w górę do wielu tysięcy kilowatów (być może nawet powyżej 10 000 kW) i w dół do drobnych ułamków kilowata (silniki ulamkowe, mikrosilniki) przy równoczesnym uzupełnieniu szeregu brakujących asortymentów i modernizacji niektórych istniejących cych serii;

2) dalsze zbliżenie silnika napędowego do maszyny wytwórczej (przy małych i średnich mocach), a więc dysponowanie silnikami, dającymi się łatwo wbudować w mechanizm, wytwórczy lub dobudować doń; przypadkiem krańcowym będą wszelkiego rodzaju narzędzia elektryczne, gdzie silnik napędowy wraz z narzędziem stanowią nierozłączną całość;

3) zwiększenie rozpiętości prędkości na wałach silników od kilku obrotów do kilkunastu i więcej tysięcy obrotów na minutę;

4) zwiększenie zakresu elektrycznej regulacji prędkości dla pracy ciągłej napędów do wartości 1:100 lub nawet 1:150 przez stosowanie w charakterze elementów regulacji przede wszystkim wzmacniaczy maszynowych, a także sterowania i zasilania elektronowo-jonowego;

5) szerokie stosowanie zautomatyzowanych napędów jako podstawowego elementu całkowitej automatyzacji procesów wytwarzania.

Zalety techniczne, gospodarcze i społeczne automatyzacji, a w szczególności elektroautomatyzacji (gdyż w tym kierunku zagadnienie to wyraźnie zdążyło) procesów wytwarzania są w chwili obecnej już tak bezsporne, że ten kierunek rozwojowy nowoczesnego napędu elektrycznego należy uznać za całkowicie przesądzony.

4. Nauczanie w dziedzinie napędu elektrycznego.

W miarę rozwoju techniki napędowej i pogłębiania się związanych z tym zagadnień zarówno teoretycznych, jak i praktycznych, rozrasta się problematyka naukowa w tej dziedzinie, różniąc się w sposób dość zasadniczy od dotychczasowego ujmowania szeregu zagadnień naukowych, związanych z teorią i eksploatacją maszyn elektrycznych, w dyscyplinie „maszyn elektrycznych”. Nadto — w myśl wyżej sformułowanych definicji — każdy układ napędowy obejmuje zagadnienia związane nie tylko z pracą samych maszyn elektrycznych, lecz również z ich współpracą z mniej lub bardziej skomplikowaną aparaturą elektryczną przy dodatkowym uwzględnieniu powiązań, które wynikają z charakterystyki mechanizmu napędzanego i właściwości procesów technologicznych, przebiegających przy współudziale tych mechanizmów.

Wszystkie te czynniki razem wzięte spowodowały konieczność traktowania nauki o napędzie elektrycznym jako zupełnie osobnej dyscypliny, obejmującej swym zakresem ogromną liczbę zagadnień nowych. Na okoliczność tę zwrócono szczególną uwagę w Związku Radzieckim, gdzie w miarę postępu w elektryfikacji kraju zaczęto wyodrębniać dziedzinę napędu elektrycznego, stwarzając już w roku 1922 specjalną katedrę, zajmującą się zagadnieniem stosowania silnika elektrycznego w przemyśle. Od tego czasu powstało tam kilkadziesiąt katedr kształcących specjalistów-napędowców; co najmniej w kilkunastu dalszych ośrodkach naukowych (przede wszystkim instytutach naukowo-badawczych resortów gospodarczych) rozwijają się na szeroką skalę zakrojone prace poświęcone nowym rozwiązaniom napędowym, przede wszystkim w dziedzinie układów zautomatyzowanych.

W wyniku pracy ośrodków naukowych zajmujących się teorią i praktycznym zastosowaniem napędu elektrycznego powstała w Związku Radzieckim obszerna literatura, poświęcona zagadnieniom teorii i praktyki napędu elektrycznego i w znacznym stopniu oderwana od klasycznego ujmowania zagadnień elektromaszynowych w dotychczasowej literaturze światowej.

Patrząc wstecz można stwierdzić, że ojczyzną naukowego traktowania zagadnienia napędu elektrycznego jest Związek Radziecki, gdzie powstało co najmniej kilkanaście kapitalnych dzieł z tej specjalności. Dopiero w ostatnich latach w krajach zachodnio-europejskich lub anglosaskich zaczęto realizować pierwsze próby syntetycznego ujęcia tego zagadnienia, jednakże dotąd nie ma jeszcze ani jednej pozycji w literaturze tych krajów, która omawiałaby w sposób tak wyczerpujący i wszechstronny zagadnienie napędu elektrycznego, jak to widzimy w literaturze radzieckiej.

Również w Polsce dyscyplina naukowa „napęd elektryczny”, traktowana jako zamknięte i odrębne zagadnienie naukowe, stała się przedmiotem zainteresowania i znalazła swój wyraz organizacyjny w postaci nowoutworzonych katedr lub zakładów dopiero w latach ostatnich, w miarę pogłębiania naszych stosunków z wyższym szkolnictwem technicznym Związku Radzieckiego.

Obecnie napęd elektryczny figuruje jako wyraźny kierunek specjalizacyjny na kursie magisterskim, na dotychczasowym zaś kursie inżynierskim stanowi jedną z podstawowych dyscyplin w dziale specjalizacji określonej niezbyt szczęśliwie nazwą „ele-

ktrotechnika przemysłowa”. Ze względu na stosunkowo krótki czas, który minął od chwili zorganizowania w naszym szkolnictwie technicznym odpowiednich katedr lub zakładów, liczba specjalistów-napędowców jest jeszcze nieznaczna i nie znajduje się we właściwym stosunku do potrzeb zelektryfikowanych przemysłów, biur projektowych, organizacji montażowych oraz placówek naukowo-badawczych. Domaganie się w coraz większym zakresie specjalistów z napędu elektrycznego przez komórki zainteresowane i duża liczba chętnych do kształcenia się w tym kierunku (zazwyczaj znacznie przekraczająca liczbę planowanych miejsc) są najlepszym dowodem zarówno atrakcyjności tego kierunku studiów, jak i rosnących w tej mierze wymagań ze strony przemysłu.

Należy zwrócić w tym miejscu uwagę na szereg trudności powstających przy kształtowaniu profilu technicznego magistrów i inżynierów, specjalizujących się bezpośrednio lub pośrednio w dziedzinie napędu elektrycznego i mających w przyszłości pełnić funkcje bądź inżyniera ruchu w zakładzie zelektryfikowanym, bądź inżyniera projektującego napęd elektryczny, wreszcie inżyniera pracownika naukowo-badawczego. We wszystkich tych przypadkach absolwent musi mieć — poza gruntownymi wiadomościami z dziedziny maszyn elektrycznych — gruntowne przygotowanie w zakresie aparatury elektrycznej i elektroniki. Tymczasem w licznych wypadkach suma wiadomości, dotyczących stosowania aparatury elektrycznej, jej cech charakterystycznych, przydatności do pracy w tych lub innych układach, jest najzupełniej niewystarczająca. Tak samo na ogół niewystarczające są wiadomości absolwentów z dziedziny elektroniki stosowanej, będącej podstawą szeregu zautomatyzowanych napędów jako całości lub też ich fragmentów. Niestety, nawet w zakresie maszyn elektrycznych w niektórych przypadkach absolwenci nie mają wcale lub też mają zupełnie niedostateczne wiadomości z teorii i działania tak podstawowych elementów nowoczesnej automatyki, jak wzmacniacze maszynowe, selsyny, wzmacniacze magnetyczne. Te usterki, wynikające częściowo z niezupełnego dopasowania programów nauczania w dyscyplinach pokrewnych z wymaganiom i koniecznym programem nauczania osób specjalizujących się w napędzie elektrycznym, mogą być, oczywiście, z łatwością usunięte.

Napęd elektryczny jako dyscyplina naukowa jest przedmiotem charakteru wybitnie laboratoryjnego. Jak nie można sobie wyobrazić nauczania w dziedzinie maszyn elektrycznych bez własnego laboratorium, tak wartość nauczania studentów specjalizujących się w napędzie elektrycznym niepomniernie obniża się, jeśli oni nie przejdą przez laboratorium, umożliwiające praktyczne zapoznanie się z pracą silników napędowych i układów złożonych (łącznie z podstawową aparaturą elektryczną) przy korzystaniu ze sprzętu naturalnego lub modelowego. Tymczasem laboratoria napędu elektrycznego są u nas jeszcze w początkowej fazie organizacji. Katedry i zakłady tej specjalności muszą skupić największy wysiłek, aby w możliwie niedługim czasie skompletować swoje wyposażenie laboratoryjne, gdyż jest to niezbędny warunek dla podniesienia poziomu nauczania i ugruntowania wiadomości inżynierów specjalizujących się w napędzie elektrycznym.

Mimo piętrzących się jeszcze dzisiaj trudności można być pewnym, iż dalszy szybki rozwój przemysłu elektrotechnicznego, pogłębianie się prac naukowo-badawczych, skupionych w kilku ośrodkach politechnicznych i w Instytucie Elektrotechniki oraz właściwe rozwiązanie organizacyjne prac projektowych pozwolą już w niedługim czasie na prawidłowe ustawienie zagadnienia napędu elektrycznego zgodnie z jego rolą i znaczeniem dla nowoczesnej, socjalistycznej techniki.

MGR INŻ. WŁADYSŁAW HERINK
MGR INŻ. KAROL MORSZTYN
MGR INŻ. JERZY SCHMIDT
DR INŻ. JERZY WIECZOREK
Centr. Biuro Konstrukcyjne Maszyn Elektr.

Przemysł maszyn elektrycznych w Polsce Ludowej — osiągnięcia i zamierzenia

621.312:621.313(083.9)(438)

Treść. Osiągnięcia i zamierzenia przemysłu maszyn elektrycznych w dziedzinie maszyn prądu zmiennego i stałego, jako części napędów elektrycznych.

Электромашинная промышленность Народной Польши — достижения и намерения. Достижения и намерения электромашинной промышленности в области машин переменного и постоянного тока, как составных частей электрического привода.

The electric machine industry in People's Poland — its achievements and intentions. Achievements and intentions of the electric machine industry with reference to A. C. and D. C. machines as components of electric drives.

1. Wstęp.

Trzyletni plan odbudowy kraju i sześcioletni plan budowy podstaw socjalizmu, oparty na wprowadzeniu do przemysłu nowej techniki, nałożyły na przemysł maszyn elektrycznych poważne zadania, tym poważniejsze, że od planowanego zwiększenia produkcji maszyn elektrycznych zależy rozwój innych gałęzi gospodarki narodowej.

Z drugiej strony szereg fabryk maszyn elektrycznych (P.T.E., Skoda, Stocznia Gdańska) uległ całkowitemu zniszczeniu w czasie wojny. Należało więc stworzyć aparat produkcyjny przez rozbudowę i podniesienie wydajności pozostałych fabryk oraz budowę dużych nowoczesnych fabryk, potrzebnych nie tylko do ilościowego zwiększenia produkcji, lecz przede wszystkim do rozszerzenia asortymentu na wielkie nie produkowane dotąd

w kraju maszyny elektryczne potrzebne przemysłom kluczowym — górnictwu, hutnictwu i chemicznemu.

Aby wykonać i przekroczyć zaplanowane zadanie należało zmobilizować wszystkie środki prowadzące do zwiększenia produkcji. Obejmowały one:

- 1) uporządkowanie rynku pod kątem widzenia zmniejszenia liczby asortymentów i ujednolicenia typów;
- 2) modernizację i rozbudowę fabryk pod kątem widzenia zwiększenia produkcji oraz przechodzenia z produkcji jednostkowej i małoseryjnej na produkcję seryjną i wielkoseryjną;
- 3) wprowadzenie do wszystkich fabryk nowoczesnych metod technologicznych;
- 4) opracowanie nowoczesnej — jednolitej dla wszystkich fabryk — dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej, opartej na najnowszych zdobyczach techniki, zwłaszcza na doświadczeniu Związku Radzieckiego;
- 5) potężny rozwój współzawodnictwa pracy i racjonalizatorstwa oraz stałe podnoszenie poziomu technicznego podstawowych kadr naszego przemysłu.

Zmniejszenie w pierwszych latach powojennych liczby typów — konieczne dla zwiększenia serii produkowanych maszyn, zwłaszcza normalnych — było operacją dotkliwą dla niektórych gałęzi przemysłów-użytkowników, dało jednak całej gospodarce narodowej doraźnie olbrzymie korzyści w postaci szybkiego zwiększenia produkcji i skrócenia terminów wykonania.

Powołanie do życia Centralnego Biura Konstrukcyjnego Maszyn Elektrycznych oraz rozbudowa szeregu przyfabrycznych biur konstrukcyjnych spowodowały możliwość opracowania — dzięki otrzymanej ze Związku Radzieckiego pomocy w postaci nowoczesnej dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej — nowych serii maszyn o znacznie korzystniejszych parametrach techniczno-ekonomicznych oraz pokuszenia się o opracowanie oryginalnych projektów całych serii i szeregu wielkich maszyn indywidualnych, co w okresie gospodarki kapitalistycznej było ze względów zasadniczych zupełnie wykluczone. Ze mobilizacją wymienionych wyżej czynników dała spodziewane korzyści, świadczy to, że przemysł maszyn elektrycznych wykonał ze znacznymi nadwyżkami nie tylko plan 3-letni, ale i pierwszą połowę planu 6-letniego i to w zakresie zarówno produkcji, jak i konstrukcji.

Referat niniejszy ma na celu zapoznanie ogółu użytkowników z dotychczasowym dorobkiem oraz zamierzeniami na najbliższą przyszłość w dziedzinie budowy maszyn prądu zmiennego i stałego, stanowiących główne części napędów.

2. Maszyny prądu zmiennego.

Maszyny prądu zmiennego można podzielić na trzy grupy zależnie od średnicy zewnętrznej blach stojana, a mianowicie:

- a) maszyny małe o średnicy blach do ~ 500 mm i mocy do ~ 100 kW przy 4 biegunach, produkowane w wielkich lub małych seriach;
- b) maszyny średnie o średnicy blach od ~ 500 do ~ 1000 mm i mocy od ~ 100 do ~ 1000 kW, produkowane w małych seriach;
- c) maszyny duże o średnicy blach ponad 1000 mm produkowane indywidualnie.

Silniki indukcyjne małe o średnicy blach do 500 mm. Maszyny małe produkowane były przed wojną w trzech istniejących również obecnie zakładach oraz w szeregu drobnych fabryczek, których produkcja nie odgrywała większej roli, według dokumentacji licencyjnej zagranicznej lub własnej.

Podstawowa seria silników budowanych według licencji zagranicznej obejmowała silniki wentylowane i zamknięte o mocach od 0,2 do 55 kW przy 4 biegunach, pierścieniowe i zwarte jednoklatkowe. Serię tę charakteryzowało daleko idące zróżnicowanie wielkości i mocy spowodowane koniecznością przystosowania się do walki konkurencyjnej. Zakres mocy podany wyżej pokrywało 10 średnie blach (obecnie 6). Pociągało to za sobą potrzebę ogromnej liczby modeli oraz wariantów obróbkowych. Szereg mocy był bardzo gęsty lecz nierównomierny. Wirniki klatkowe miały w większości przypadków pracochłonne uzwojenia z miedzi, lutowane na twardo. Wentylacja w tych silnikach była osiowa, co powodowało większe zużycie blachy. Duży współczynnik zapelnienia żłobków, dochodzący do 0,9, powodował trudności w nawijaniu i wymagał dużego nakładu pracy. Wyzyskanie miedzi było słabe i gęstość prądu mała.

Inna seria o podobnym zakresie mocy, produkowana przez drugi zakład według dokumentacji własnej, skonstruowana była na odmiennych zasadach. W poszukiwaniu najkorzystniejszych wymiarów dla każdego typu zrezygnowano zupełnie z wariantów długości żelaza, co spowodowało ogromny wzrost liczby odlewów i części. Dla osiągnięcia dobrego momentu rozruchowego zastosowano w małych nawet silnikach uzwojenie dwuklatkowe skomplikowanego kształtu, pochłaniającego bardzo dużo robocizny.

Niskie wskaźniki ekonomiczne obu tych serii spowodowały konieczność ich rewizji i zastąpienia jednolitą nowoczesną serią. Jako pierwszy krok w tym kierunku skreślono w obu seriach mniej poszukiwane wykonania i rozrzedzono szereg mocy. Wprowadzono podział produkcji między fabryki zarówno z punktu widzenia gabarytów, jak i odmian, aby umożliwić produkcję wielkoseryjną. Równocześnie, po stworzeniu CBKME, rozpoczęto opracowanie dokumentacji na nową — oryginalną — serię. Po otrzymaniu — w ramach pomocy technicznej ze Związku Radzieckiego — dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej dla silników serii A i AO okazało się, że seria radziecka ma znacznie lepsze współczynniki techniczno-ekonomiczne i że jest korzystniejsza pod względem technologicznym. Zdecydowano więc, że silniki o mocy do 100 kW przy 1000 obr./min. produkowane będą według dokumentacji radzieckiej. Seria ta wchodzi obecnie stopniowo do produkcji, jako seria SBjd względnie SZjd i będzie na szereg lat podstawą produkcji tej wielkości silników w różnych odmianach.

Seria powyższa obejmuje zakres mocy 0,6 do 100 kW przy 4 biegunach w wykonaniu wentylowanym chronionym od wody kapiącej i zamkniętym. Silniki wentylowane mają przepływ powietrza chłodzącego odśrodkowy. Rolę wentylatora pełnią skrzynka odlana wraz z pierścieniami zwierającymi klatki wirnika. Silniki zamknięte mają kadłub żebrowy chłodzony przewietrzaniem zewnętrznym. Seria obejmuje 7 średnic dobranych tak, żeby ograniczyć do minimum ilość odpadków przy tłoczeniu. Każdą wielkość ma 2 długości żelaza w silnikach przewietrzanych i 1 w zamkniętych.

Szereg mocy jest sztywny dla wszystkich liczb biegunów dla silników zarówno wentylowanych, jak i zamkniętych i obejmuje następujące moce: 0,6 — 1,0 — 1,7 — 2,8 — 4,5 — 7,0 — 10 — 14 — 20 — 28 — 40 — 55 — 75 — 100. Mimo zastosowania sztywnego szeregu mocy współczynnik wyższości poszczególnych typów jest duży i równomierny, gdyż współczynnik narastania mocy (1,7 — 1,33) jest zbliżony do stosunku mocy tego samego silnika przy sąsiedniej liczbie biegunów.

Podstawowym wykonaniem serii jest silnik z wirnikiem zwartym do bezpośredniego włączenia do sieci. Szerokie rozpowszechnienie silników zwartych o mocach do 100 kW, wzorem Związku Radzieckiego, będzie wymagać dostosowania do tych warunków rozruchu aparatury, a także i sieci. Silniki pierścieniowe będą stosowane tylko wtedy, gdy nieodzowna jest regulacja obrotów.

Wirnik ma uzwojenie w postaci klatki z aluminium, odlewanej pod ciśnieniem wraz z pierścieniami zwierającymi i skrzynką wentylatora. Daje to dużą oszczędność miedzi i poważne korzyści technologiczne.

Stojan ma uzwojenie jedno- lub dwuwarstwowe o niskim współczynniku zapelnienia żłobka (0,6 — 0,7), co zmniejsza koszty robocizny. Uzwojenie wykonane jest z drutu izolowanego emalią i bawełną. Jako izolację żłobkową stosuje się preszpazn z ceratką. Poważne korzyści technologiczne osiąga się przez nieskomplikowane kształty odlewów, uproszczenie obróbki oraz unifikację części i wykrojników. Wały mają dość dużą średnicę dla zwiększenia wytrzymałości mechanicznej. Stosunek prądu rozruchowego do znamionowego jest korzystny, wynosi bowiem 4—6 dla silników chronionych, a 4—6,5 dla zamkniętych, przy momencie rozruchowym 1,3—2 dla mniejszych silników chronionych, a 1—1,3 dla większych. Dla silników zamkniętych analogiczne wielkości wynoszą 1,3—2 dla mniejszych, 1,1—1,5 dla większych. Przeciężalność wynosi 1,9—2,7 dla silników chronionych, 1,9—3,0 dla zamkniętych.

Silniki powyższej serii odznaczają się małym zużyciem miedzi i żelaza. Oszczędność na żelazie czynnym wynosi w porównaniu z silnikami dotąd produkowanymi ok. 10%, na miedzi zaś 30—40%.

Na podstawie serii SBjd i SZjd przewiduje się wprowadzenie w okresie późniejszym do produkcji jeszcze następujących jej wariantów, opartych również na dokumentacji radzieckiej: silniki zwarte o zwiększonym poślizgu korzystne tam, gdzie potrzebny jest częsty rozruch (np. napęd nawrotny obrabiarki), silniki z przełączalną liczbą biegunów do napędów, w których wymagana jest ekonomiczna praca przy zmiennej liczbie obrotów.

Silniki pierścieniowe będą budowane tylko dla mocy ponad 10 kW i tylko ze stałe przylegającymi szczotkami. Pierścienie umieszczone będą w nich na zewnątrz poza łożyskami.

Również na podstawie wymienionej serii opracowuje się serię silników zwartych budowy wzmocnionej dla górnictwa i przemysłu chemicznego. Opracowana dotychczas część tej serii obejmuje 6 typów silników o mocy poniżej 10 kW. Silniki te mają budowę zamkniętą z chłodzeniem żebrowym i wentylatorem zewnętrznym. Tarcze, pokrywy łożyskowe i skrzynka zaciskowa szczelna są wyposażone w śruby z trójkątnymi łbami.

Na te same serie będą oparte szlifierki i polerki, które zastąpią dotychczasowe przestarzałe typy. Będą to silniki w obudowie specjalnej, zamknięte, gładkie, z przedłużonym wałkiem do osadzenia tarczy szlifierskiej lub polerskiej o średnicy 200–300 mm. Seria szliferek przewiduje ogółem 8 odmian o mocy 0,6–1,0–1,7–2,8 kW przy ~ 1500 i 3000 obr./min., a seria polerek — 4 odmiany o mocy 1,7 i 2,8 kW przy ~ 1500 i 3000 obr./min. Zarówno szlifierki, jak i polerki będą stanowiły znaczny postęp w stosunku do dotąd produkowanych, jeżeli uwzględnić wszystkie wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy.

Produkowane dotąd silniki dźwigowe były właściwie silnikami normalnymi dostosowanymi do pracy dźwigowej tylko przez zmianę uzwojenia. Ich moment rozruchowy i przeciążalność nie przekraczały zwykle 2,2–2,5 przy 5-krotnym prądzie rozruchowym. GD² było duże, a stała czasowa, kilkakrotnie większa od stałej czasowej silników dźwigowych nowej serii, przekraczała dane wynikające z norm GOST. Nowa seria silników dźwigowych oparta na serii SBjd i SZjd będzie mieć przy P 25% następujące moce:

silniki zwarte i pierścieniowe 6-biegunowe 1–1,7–2,8–4,5
— 7–10–14–20–28 kW,

silniki zwarte 8-biegunowe 7–10–14–20 kW,

silniki pierścieniowe 8-biegunowe 7–10–14–20–28–40 kW,

silniki pierścieniowe 16-biegunowe 40–55–75–100–125 kW.

Silniki te będą miały dwa jednakowe czopy końcowe do przeniesienia pełnej mocy. Pierścienie ślizgowe będą wykonywane z brązu i umieszczane wewnątrz obudowy. Celem zwiększenia przeciążalności oraz dopuszczalnej liczby włączeń zastosowana będzie w większości silników izolacja klasy B. Pozwoli to prawdopodobnie na zwiększenie liczby włączeń do ok. 150–200 na godzinę w porównaniu z dotychczasową 60. Moment rozruchowy silników zwartych wynosić będzie 2,7–3,9 momentu znamionowego przy prądzie rozruchowym równym 3,0–5,3 prądu znamionowego. Przeciążalność silników zwartych leży w granicach 2,5–3,3, a mechaniczna stała czasu rozruchu waha się od 0,04 do 0,07 sek. Silniki nowej serii dźwigowej wejdą do produkcji zapewne w r. 1955. W opracowaniu znajduje się również niewielka seria obejmująca 4 typy silników zwartych budowy zamkniętej o mocach od 0,1 do 0,4 kW przy 4 biegach.

Poza powyższymi podstawowymi seriami produkują się szereg odmian silników o specjalnym przeznaczeniu. Należy tu przede wszystkim seria typowych silników ognioszczelnych dla potrzeb górnictwa i częściowo przemysłu chemicznego oraz dość już liczna grupa specjalnych silników ognioszczelnych do maszyn górniczych: wrębiarek, ładowarek, przenośników itp. Cała ta ostatnia grupa stanowi oryginalny dorobek naszych własnych biur konstrukcyjnych.

W dalszej kolejności wymienić można: silniki do maszyn do szycia, silniki do elektrowciągów, silniki do napędu samotoków, do wirówek cukrowniczych, silniki do pomp głębinowych, specjalne silniki do obrabiarek do drzewa.

Silniki indukcyjne średnie o średnicy blach 500–1000 mm. Silniki tej wielkości produkowane były przeważnie na podstawie licencji zagranicznej jako silniki przewietrzane (w kilku wariantach ochrony) oraz jako silniki zamknięte. Silniki przewietrzane miały wentylację własną promieniową symetryczną, pierścienie ślizgowe z brązu wewnątrz obudowy, szczotki stale przylegające lub też podnoszone, uzwojenie stojanów jednowarstwowe przy niskim napięciu, a przy wysokim cewki U trudne technologicznie i wymagające wysokokwalifikowanych wykonawców. Seria ta miała dużą liczbę średnic niepowiązanych z normalnymi wymiarami arkusza blach; stopniowanie mocy było gęste, współczynnik narastania mocy wynosił 1,15–1,2. Te wszystkie okoliczności powodowały bardzo dużą różnorodność części składowych oraz dużą pracochłonność produkcji. Dokumentacja tej serii pochodziła z lat 1925–28, była więc przestarzała, toteż jej wskaźniki techniczno-ekonomiczne były niekorzystne, gęstości prądu małe, ilość odpadków blach bardzo znaczna, zużycie miedzi duże, np. w silnikach 6-biegunowych o mocy 200–500 kW zużycie miedzi w stojanie wynosiło ok. 1,5–1,0 kg/kW.

Dokonana po wojnie racjonalizacja tej serii spowodowała ograniczenie liczby wariantów drogą skreślenia pewnej liczby typów i wykonania, co dało doraźne korzyści. Następnie podjęto dalej idącą modernizację tej serii, skierowaną przede wszystkim na obniżenie pracochłonności, a również na zaoszczędzenie materiałów, przede wszystkim miedzi. Osiągnięto to przez wprowadzenie uzwojeń dwuwarstwowych dla wysokiego napięcia oraz daleko idącą normalizację części składowych, co dało ok. 30% oszczędności miedzi. W ten sposób powstała zmodernizowana seria SCUF (wg katalogu M2) będąca podstawą obecnej produkcji silników indukcyjnych. Seria ta obejmuje silniki budowy okapturzonej o mocach od ~ 60 do 1100 kW (przy 4 biegach)

na napięcia znamionowe 380–500–3000 i 6000 V przy liczbie biegów od 2 do 16, z wirnikami pierścieniowymi lub zwartymi jedno- lub dwuklatkowymi.

Silniki zamknięte o mocy do ok. 370 kW (przy 4 biegach) są produkowane jako silniki z chłodzeniem powierzchniowo-żebrowym. Dokumentacja zagraniczna dla tej serii pochodzi z lat 1932–35. Seria ta jest więc bardziej nowoczesna i poza skreśleniem niektórych mniej poszukiwanych odmian nie była rewidowana.

W tym stanie rzeczy przed CBKME stanęło po raz pierwszy w kraju zadanie samodzielnego opracowania nowoczesnej serii maszyn o średnicy blach 500–1000 mm. Wymagało ono rozstrzygnięcia szeregu zagadnień podstawowych, jak rodzaj wentylacji, rodzaj izolacji, szereg mocy itp. Korzyści technologiczne, jak mniejsza robocizna przy tłoczeniu blach, możliwość uniknięcia specjalnych wentylatorów zdecydowały na korzyść wentylacji promieniowej.

Wybór właściwego współczynnika narastania mocy był w naszych warunkach zagadnieniem nowym, a prawidłowe ustalenie go wpływa wydatnie na koszt produkcji i eksploatacji. W nawiązaniu do serii SBjd oraz do tendencji istniejących w Związku Radzieckim nasuwało się i tu zagadnienie sztywnego szeregu mocy. W wyniku rozważań przyjęto dla tej serii sztywny szereg mocy, a mianowicie szereg normalny R₁₀ 100–125–160–200–250–315–400–500–630–800–1000 kW.

Jednym z podstawowych założeń przy projektowaniu nowej serii było wprowadzenie dla wysokiego napięcia uzwojeń dwuwarstwowych z izolacją ciągłą miko-papierową, zapewniającą dużą pewność ruchu przy równoczesnej możliwości mechanizacji produkcji. Przesłanki te zdecydowały o wprowadzeniu izolacji ciągłej do silników wysokonapięciowych.

Nowa seria silników średniej mocy obejmuje silniki okapturzone, pierścieniowe i zwarte, w obudowie żeliwnej. Pierścienie ślizgowe są umieszczone w wentylowanej osłonie poza łożyskami, co zapewnia ich wygodną obsługę w eksploatacji. Pierścienie wykonane są ze stali węglowej, szczotki stale przylegają. Wirniki pierścieniowe nie mają oddzielnych wentylatorów. Rolę wentylatora grają stalowe skrzydła, wlotowane w skuwki wirnika, co daje równocześnie znaczne zwiększenie powierzchni chłodzenia uzwojenia wirnika. Odpowiednie ukształtowanie kanałów powietrznych umożliwia dobre wyzyskanie materiałów czynnych, przede wszystkim miedzi.

Seria oparta na znormalizowanym szeregu średnic, powiązanych z normalnymi wymiarami blach, rozwiązana jest w 4 średnicach (w dotychczasowej serii było ich 6). Trzy długości żelaza dla każdej wielkości silnika pozwalają dostosować się do sztywnego szeregu mocy przy jednoczesnym zachowaniu dobrych współczynników techniczno-ekonomicznych dla każdego z nich. Przewidziano liczby biegów 4–6–8–10–12, przy czym blachy dla 6–8 i 10–12 biegów są jednakowe. Napięcia znamionowe silników wynoszą 380–500–3000 i 6000 V, przy najmniejszej mocy silników 3-kilowoltowych 125 kW, a 6-kilowoltowych 250 kW, uwarunkowanej najmniejszą grubością przewodu w uzwojeniu stojana 1 mm. Uzwojenia niskiego napięcia będą dwuwarstwowe w izolacji klasy A nasycane lakierem; wysokiego napięcia — dwuwarstwowe w izolacji klasy B kompaundowane. Przeciążalność silników jest wysoka i nie spada poniżej 2. Wartości cos ϕ i sprawności odpowiadać będą normom GOST, a charakterystyka sprawności będzie płaska. Zmniejszenie ilości odpadków blachy oraz duże gęstości prądu i dobra wentylacja dadzą dużą oszczędność materiałów czynnych. Oszczędność żelaza czynnego w porównaniu ze zmodernizowaną serią SCUF będzie wynosić 5–20%, a miedzi 10–20%. Zmniejszenie robocizny osiągnięto drogą daleko idącej normalizacji części, np. liczba modeli kadłubów spadła z 22 do 11, liczba modeli tarcz — z 14 na 4 itd., oraz przez uproszczenie kształtów odlewów i powierzchni obrabianych.

Silniki indukcyjne duże o średnicy blach ponad 1000 mm. Silniki tej wielkości były po wojnie projektowanie i produkowanie jednostkowo na podstawie nielicznych wzorów, pochodzących z dokumentacji licencyjnej zagranicznej. Są to silniki budowy otwartej względnie chronionej lub zamkniętej z wentylacją przelotową, o konstrukcji spawanej, z wentylacją promieniową symetryczną. Uzwojenia stojana wykonywane są jako jednowarstwowe spawane. Serię tę racjonalizowano przez skreślenie niektórych typów i wykonania oraz rozrzedzenie szeregu mocy. Zapoczątkowano również stopniowe przejście na uzwojenia dwuwarstwowe z izolacją opieką. Jednostkami rektordowymi w tym dziale produkcji są: silnik o mocy ciągłej 3500 kW 10-biegunowy na 6 kV, przewidziany do napędu walcowników, silnik o mocy 1550 kW 24-biegunowy na 6 kV do napędu ścieraków papierniczych (średn. blach stojana ok. 2300 mm) oraz silnik o mocy 3500 kW 6-biegunowy. Ponadto wyprodukowano szereg silników walcowniczych mniejszej mocy.

W opracowaniu znajduje się obecnie nowa seria maszyn indukcyjnych dużej mocy, która będzie oparta na znormalizowanym szeregu średnic zewnętrznych przy zastosowaniu również sztywnego szeregu mocy R_{10} : 1250—1600—2000—2500—3150—4000 kW. Przewidziano następujące liczby biegunów 6—8—10—12—16—20—24—32 oraz napięcie robocze 6 kV. Silniki na 3 kV będą miały uzwojenie 6-kilowoltowe przełączalne na 2 gałęzie równoległe. Jako wykonanie normalne przewidziano typ otwarty, jako wykonanie specjalne — silnik z wentylacją przelotową. Silniki te będą miały wentylację promieniową symetryczną, łożyska stojakowe z panewkami wylanymi białym metalem i ewentualnie ze sztucznym chłodzeniem oleju; łożysko i kadłub będą ustawione na wspólnej płycie fundamentowej.

Lepsze niż w poprzedniej serii wyzyskanie materiału powinno dać w nowej serii oszczędności żelaza i miedzi dochodzące do 30%. Przejście na uzwojenia dwuwarstwowe z izolacją ciągłą oraz szeroka normalizacja części powinny zapewnić tej serii znaczne korzyści technologiczne oraz poważnie zmniejszyć koszty robocizny. W nowej serii będzie uwzględniona tendencja do szerokiego stosowania silników zwartych jedno- i dwuklatkowych do bezpośredniego włączania na sieć.

Silniki synchroniczne. Tendencja do poprawy $\cos \varphi$ sieci spowodowała ostatnio znaczne zapotrzebowanie silników synchronicznych o mocy od kilkuset do kilku tysięcy kilowatów. Silniki te stosuje się obecnie już i do ciężkich warunków napędu, np. do kompresorów tłokowych.

Przed wojną silniki synchroniczne produkowane były według dokumentacji licencyjnej zagranicznej. Ze względu na jej fragmentaryczność przystąpiono obecnie do opracowania całkowitej nowej serii maszyn synchronicznych, powiązanej z serią maszyn asynchronicznych, przewidując jak najdalej idące wyzyskanie w obu seriach tych samych części składowych, wykojników i narzędzi.

Seria silników synchronicznych będzie mieć również uzwojenia stojana dwuwarstwowe z izolacją ciągłą, wirniki zaś zwężone miedzią profilową na kant. Pieńki biegunowe będą przy małych mocach maszyn, przy większych z blachy, gwiazdy wirnika ze staliwa lub też spawane z blach o grubości 20—50 mm, łożyska tarcowe przy średnicach blach do 1000 mm, powyżej stojakowe. Przewidujemy, że nowa seria da w porównaniu z serią przedwojenną oszczędność materiałów czynnych ok. 30 do 40% oraz obniżenie robocizny również tego rzędu.

Nowa seria będzie mieć moce pozorne według następującego szeregu: 100—125—160—200—250—315—400—500—630—800—1000—1250—1600—2000—2500—3150 kVA. Wszystkie silniki będą przystosowane do pracy przy przewzbudzeniu i $\cos \varphi = \approx 0,85$, co pozwoli na trwałe oddawanie do sieci mocy biernej wynoszącej ok. 50% mocy pozornej silnika. Moce czynne silników utworzą więc ten sam szereg, co moce pozorne, ale o jeden stopień niższy, a mianowicie 80—100—125—160—200... 2000—2500 kW. Przewidziano następujące liczby biegunów wystarczające nawet dla wolnobieżnych kompresorów tłokowych: 6—8—10—12—16—20—24—28—32—40.

Jako wzbudnice przewidziano wykonane na odpowiednie napięcie normalne maszyny prądu stałego napędzane oddzielnym silnikiem asynchronicznym lub też sprzężone za pomocą sprzęgła i ustawione na wspólnej z silnikiem synchronicznym płycie fundamentowej. Dokumentacja serii silników synchronicznych będzie opracowana tylko do szczybla projektu technicznego włączenia; projekty robocze będą opracowywane dla konkretnych maszyn dopiero w miarę napływu zamówień do fabryk.

Specjalne maszyny prądu zmiennego. W zakresie specjalnych maszyn synchronicznych zapoczątkowano produkcję prądnic na częstotliwość 2000 Hz przeznaczonych do pieców indukcyjnych oraz 10 000 Hz do hartowania powierzchniowego. Konstrukcja i produkcja tego rodzaju prądnic jest dla nas zupełnie nowym zagadnieniem. Maszyny takie nie były w Polsce przed wojną ani konstruowane, ani wyrabiane. Samo opracowanie strony obliczeniowej jest bardzo trudne, ponieważ trzeba stosować zupełnie inne metody niż przy maszynach na normalne częstotliwości. Prądnice takie wymagają w wielu przypadkach specjalnego materiału nawojowego (np. linek z izolowanych drutów) i specjalnych blach krzemowych grubości 0,1—0,15 zamiast 0,35—0,5 mm. Opracowano prototypy trzech różnych maszyn tego rodzaju np. typ na 10 kVA przy 10 000 Hz oparty na zasadzie maszyny unipolarniej. Wszystkie prądnice dla częstotliwości ponad 1000 Hz pracują przy częstotliwości pulsacji zębów.

Dalsze maszyny prądu zmiennego. Dla uzupełnienia całości trzeba wspomnieć o turbogeneratorach, aczkolwiek nie stanowią one zwykle części urządzeń napędowych. Przy współpracy z Instytutem Elektrotechniki grupa konstruktorów jednej z fabryk opracowała turbogenerator o mocy 2 MW przy

3000 obr./min. Jego produkcja jest ukończona; wykonano go całkowicie w kraju.

Produkcja turbogeneratorów większej mocy ma być u nas oparta na licencji radzieckiej. Przewiduje się wykonanie w najbliższych latach dla potrzeb przemysłu jednostek o mocy 4000 i 6300 kVA oraz o mocy 25 MW dla potrzeb energetyki. Będzie to wszystko jednostki najnowszej serii radzieckiej, odznaczające się dobrymi własnościami technologicznymi, oszczędnym zużyciem materiałów, jak również dobrymi wskaźnikami eksploatacyjnymi i dużą pewnością ruchu. W dalszej kolejności przewidziane jest podjęcie produkcji jednostek o mocy 50 i 100 MW z chłodzeniem wodorowym.

3. Maszyny prądu stałego.

Maszyny prądu stałego są znacznie trudniejsze oraz kłopotliwsze w eksploatacji od maszyn prądu zmiennego. Jednak tam, gdzie chodzi o ekonomiczną regulację obrotów silników w szerokich granicach, elektrolizę i galwanizację, trakcję, a częściowo i spawanie, maszyny prądu stałego odgrywają dominującą rolę, a zastosowanie nowego rodzaju maszyn prądu stałego — wzmacniaczy (amplidy, rototrolo) wzrasta gwałtownie.

Małe maszyny prądu stałego o mocy ok. 1—30 kW przy ~ 1000 obr./min. Maszyny te produkowane były przed wojną na podstawie przestarzałej dokumentacji zagranicznej sprzed 30 lat. Wykorzystanie materiałów czynnych było w nich słabe, technologia produkcji trudna, a zastosowanie nie zawsze dogodne. W latach 1937/38 sporządzono nową dokumentację na maszyny małe o mocy od 1 do 30 kW przy ~ 1000 obr./min. W serii tej materiały czynne były już wyzyskane dobrze, a unifikacja części wspólnych dla poszczególnych maszyn posunięta daleko. Seria ta obejmowała maszyny budowy chronionej i zamkniętej, przy czym moc maszyn zamkniętych stanowiła ok. 45% mocy maszyn chronionych. Wentylacja w maszynach chronionych była osiowa, tłoczna, uzyskiwana przy pomocy wentylatora odśrodkowego. Maszyny zamknięte posiadały zewnętrzne chłodzenie kadłuba przy pomocy powietrza wprawionego w ruch przez wentylator zewnętrzny. Szereg mocy w tej serii był gęsty, a współczynnik narastania wahał się w granicach od 1,55 do 1,2, wskutek czego seria obejmowała 13 wielkości mechanicznych, rozwiązanych na podstawie średnic wirników. Współczynnik wypełnienia żłobków wirnika oraz uzwojeń biegunów był wysoki, co znacznie zwiększało koszty robocizny.

Produkcja maszyn tej serii w kraju napotykała duże trudności. Brak dokumentacji technologicznej i różnice w jakości materiałów, zwłaszcza magnetycznych, powodowały 10—15-procentowy niedobór strumienia; pociągało to za sobą obniżenie napięcia prądnic lub zwiększenie prędkości obrotowej silników. Wobec tego trzeba było zmienić dane nawojowe maszyn, wskutek czego moc obniżyła się o $\sim 30\%$ w stosunku do danych katalogowych licencjodawcy. W takim samym stosunku pogarszał się, oczywiście, również stopień wyzyskania materiałów czynnych.

Po wojnie uruchomiono produkcję maszyn tej serii w zakresie poprzednio posiadanej dokumentacji. Dla umożliwienia jednak produkcji seryjnej rozrzedzono serię opuszczając co drugą wielkość mechaniczną. Liczbę wielkości mechanicznych ograniczono bez widocznej szkody dla użytkowników do 8, a liczbę średnic blach wirnika do 7. Współczynnik narastania szeregu mocy powstałej w ten sposób serii Pa waha się w granicach od 2 do 1,3. Wydłużono prócz tego pakiety blach poszczególnych maszyn, nie zmieniając wymiarów gabarytowych, i w ten sposób otrzymano wartości strumienia magnetycznego a więc i moce, przewidziane w dokumentacji licencyjnej. Oznacza to podwyższenie mocy maszyn produkowanych w kraju nieraz o 43%. Bliższe dane maszyn tej serii, produkowanych obecnie, można znaleźć w katalogu M8 z 1952 r.

Seria maszyn Pa jest stosunkowo nowoczesna i zaspokaja dobrze potrzeby odbiorców, wobec czego w najbliższej przyszłości nie przewiduje się jej modernizacji. Otwarta pozostaje jeszcze sprawa odmian kolnierzykowych tej serii, ale jak dotąd nie ma żadnych żądań co do opracowania ich. Uwaga powyższa obejmuje również odmiany dźwigowe oraz do pracy dorywczej i przerywanej. Rozmowy na ten temat z przemysłem obrabiarkowym nawiązano dość dawno, jednak dotąd nie skonkretyzowano ich, choć niewątpliwie zapotrzebowanie takich silników o małym GD^2 do obrabiarek i napędów dźwigowych istnieje. Ze skonkretyzowanych przez użytkowników wymagań wynika, że istnieją możliwości rozwiązania tego zagadnienia przez oparcie się na serii Pa pod względem zarówno konstrukcyjnym, jak i produkcyjnym.

Dopiero w dalszej przyszłości zamierzone jest opracowanie nowej oryginalnej serii małych maszyn prądu stałego, opartej

na sztywnym szeregu mocy i znormalizowanych średnicach blach wirnikowych.

Srednie maszyny prądu stałego o mocy od 40 do 400 kW (przy 1000 obr./min.). Maszyny średniej mocy są jeszcze częściowo wykonywane obecnie, według przedwojennej dokumentacji licencyjnej zagranicznej pochodzącej z lat 1925—27. Seria ta miała jednak charakter ciągły tylko dla mocy od 40 do 180 kW przy 1000 obr./min. i obejmowała w tym zakresie 6 typów rozwiązanych za pomocą 4 średnic wirników. Powyżej tych mocy istnieje dokumentacja niekompletna. Seria obejmuje maszyny półotwarte z wentylacją promieniowo-osłową tłoczącą, na łożyskach ślizgowych. Przez zmianę tarcz możliwe jest otrzymanie maszyn zamkniętych. Moc tak wykonanych maszyn zamkniętych wynosi załedwie ok. 25% mocy maszyn chronionych. Współczynnik narastania mocy waha się od 1,6 do 1,15, szereg jest więc stosunkowo gęsty. Stopień wyzyskania materiałów czynnych jest mały. Seria jest przestarzała i wymaga nowego opracowania, które zmierza w dwu kierunkach:

1) opracowuje się tzw. „małą racjonalizację” obecnej serii, polegającą na wzmoczeniu wentylacji maszyn przez zmianę wentylacji tłoczącej na ssącą, co powinno zwiększyć stopień wyzyskania materiałów czynnych; równocześnie będzie zmodernizowana budowa tych maszyn stosownie do potrzeb użytkowników;

2) w stadium wstępnym znajduje się opracowanie całkowitej nowej serii maszyn, której postawiono następujące wymagania: a) nowoczesność konstrukcji, b) pewność ruchu, trwałość oraz niskie koszty eksploatacji, c) małą pracochłonność oraz daleko idącą unifikację części we wszystkich odmianach, d) niski koszt materiałów czynnych i konstrukcyjnych.

Na podstawie projektowania przyjęto, jak w maszynach prądu zmiennego, sztywny szereg mocy R_{10} , o współczynniku narastania 1,26 oraz znormalizowany szereg średnic blach wirnika, zapewniający najkorzystniejsze wyzyskanie arkusza blachy. W zakresie mocy od 40 do 400 kW przewiduje się tylko 3 średnice wirnika. Każdej średnicy będą odpowiadać 4 długości, co pozwoli ograniczyć do minimum liczbę wykrojników. Przewiduje się wykonywanie tylko jednego rodzaju prądnice, mianowicie budowy okapturzonej na łapach. W celu zmniejszenia liczby odmian uzwojeńcowych prądnice będą wykonywane najwyżej na dwie — możliwie duże — prędkości obrotowe. Silniki będą czterech rodzajów budowy: okapturzone i zamknięte z wewnętrzną wentylacją obiegową i z przewietrzaniem zewnętrznym na łapach, oraz kołnierzone okapturzone i zamknięte z wewnętrzną wentylacją obiegową, jednak bez przewietrzania zewnętrznego. Będą one wykonane na możliwie największą liczbę różnych prędkości obrotowych. Granicę prędkości obrotowej dla poszczególnych typów silników określi warunek wykorzystania pełnego zakresu regulacji prędkości przy osłabieniu pola w stosunku 1:3.

Duże maszyny prądu stałego o mocy ponad 400 kW przy 1000 obr./min. W okresie przedwojennym duże maszyny prądu stałego, pomijając kilka nielicznych wyjątków, nie były produkowane. Odziedziczona z tego okresu dokumentacja największej wyprodukowanej jednostki dotyczyła maszyny o średnicy wirnika 870 mm i mocy ok. 500 kW przy 750 obr./min. Ciężar jej wirnika wynosił ok. 3 t, stojana ok. 4 t, $GD^2 \approx 2 \text{ tm}^2$.

Prace nad skonstruowaniem i wykonaniem dużych maszyn prądu stałego trzeba więc zacząć od początku. Oparto się tutaj na potrzebach naszego najważniejszego w tej grupie maszyn odbiorcy — przemysłu górnictwa, który potrzebował szeregu dużych maszyn do swoich urządzeń wyciągowych, a równocześnie gotów był współdziałać z przemysłem maszyn elektrycznych w opracowaniu zagadnienia.

Na podstawie otrzymanych z górnictwa danych, dotyczących warunków wydobywczych na różnych kopalniach, obliczono parametry elektrycznych maszyn wyciągowych. Na tej podstawie opracowano projekt typizacji danych elektrycznych tych maszyn, który po rozpatrzeniu przez odpowiednie instancje został przez Ministerstwo Górnictwa zatwierdzony. Do zatwierdzonych w ten sposób danych powinny stosować się zarówno kopalnie przy opracowywaniu swych inwestycji szybowych, jak i biura projektowe i konstrukcyjne przy opracowywaniu projektów całości oraz konstrukcje poszczególnych elementów maszyn wyciągowych.

Typizacja ustaliła:

- 1) typowe moce silników wolnobieżnych prądu stałego bezpośrednio napędzających maszyny wyciągowe na 1100, 1600 i $2 \times 1100 \text{ kW}$ w dwóch silnikach umieszczonych po obu stronach maszyny wyciągowej;
- 2) napięcie silników napędowych ma wynosić 650 V, zasilane z przetwornicy Warda-Leonarda;
- 3) prędkość obrotowa silnika napędowego ma wynosić najmniej 45, średnio 50, najwięcej 55 obr./min.;

4) przetwornica zasilająca w układzie Warda-Leonarda ma być bezpośrednio napędzana przez silnik synchroniczny prądu zmiennego wysokiego napięcia (6 kV), przy następujących warunkach: a) moce przetwornic pozostawia się do ustalenia projektantowi, jednak zaleca się stosować moce 1200 i 1750 kW przy $\sim 750 \text{ obr./min.}$; b) napięcie prądnicy przetwornicy ustala projektant; c) przetwornica ma tworzyć sprzężony w jednej osi układ: silnik synchroniczny — prądnica prądu stałego — wzbudnica; d) koło zamachowe L'ignera nie będzie stosowane; e) przetwornica ma być projektowana na współczynnik przeciążalności 2,2.

W ten sposób stworzono na podstawie harmonijnego porównania obu zainteresowanych stron podstawę do długotrwałej pracy na omawianym polu. Przemysł maszynowy miałby ułatwione zadanie, gdyby wszystkie przemysły, zainteresowane w dostawach maszyn o podobnym charakterze, postąpiły analogicznie i doprowadziły do obopólnego ustalenia poglądów w postaci konkretnych projektów długofalowych lub założeń.

W zagadnieniu dużych maszyn prądu stałego typizacja parametrów maszyn elektrycznych wyciągowych była podstawą prac. Opierając się na niej oraz na istniejących w kraju podobnych maszynach różnych firm zagranicznych, opracowano dokumentację i wykonano prototypy prądnice o mocy znormalizowanej 1200 i 1750 kW. W opracowaniu jest dokumentacja silnika wolnobieżnego o mocy 1600 kW przy 50 obr./min.

Opracowana dokumentacja prądnice o mocy 1200 i 1750 kW dotyczy maszyn o średnicy wirnika 1500 mm, ciężarze wirnika ok. 6 t, stojana ok. 7 t, GD^2 ok. 5 tm^2 . Prądnice te są budowy półotwartej. Twornik jest wentylowany przelotowo. Wentylator dodatkowy o wydajności ponad 500 $\text{m}^3/\text{min.}$, napędzany silnikiem o mocy ok. 10 kW, wzmagą własny ciąg prądnicy, pochodzący od wirującego twornika. Komutator ma chłodzenie naturalne. Konstrukcja maszyny jest spawana, kadłub jest dzielony.

Silnik wolnobieżny o mocy 1600 kW przy 50 obr./min., jest na nasze stosunki olbrzymem. Średnica tego wirnika wynosi 4100 mm, ciężar wirnika ok. 20 t, stojana ok. 40 t, GD^2 ok. 300 tm^2 .

Porównanie wymiarów i ciężarów tych maszyn z danymi największej maszyny wykonanej przed wojną najlepiej uwidoczniła postępowanie w tej dziedzinie. Trzeba w związku z tym podkreślić, że skonstruowanie tego rzędu jednostek wymagało opracowania i opanowania po raz pierwszy w Polsce szeregu zagadnień, jak np. obliczenia mechanicznego części tych maszyn, obliczenia mechanicznego i termicznego komutatorów itp.

Nowopowstała fabryka wielkich maszyn elektrycznych przedstawiona jest specjalnie na budowę tego rodzaju jednostek, co powinno nas uniezależnić w tej dziedzinie od importu z zagranicy.

W ślad za przemysłem węglowym inne przemysły, a przede wszystkim hutnictwo powinno wykorzystywać w większej mierze istniejące możliwości produkcyjne tej fabryki.

W związku z zagadnieniem maszyn wyciągowych z silnikami wolnobieżnymi przemysł węglowy powinien wziąć pod uwagę ewentualność przejścia na szybkie silniki napędowe, które w Związku Radzieckim są stosowane prawie wyłącznie. Szereg takich maszyn importowanych pracuje już i u nas. Zagadnienie to ma wielkie znaczenie gospodarcze, gdyż wiąże się z przejściem ze średnicy wirnika 4100 mm na 1500 mm. Wynikają z tego ogromne oszczędności miedzi, stali i robocizny.

Maszyny specjalne prądu stałego. Coraz większego znaczenia w skomplikowanych urządzeniach napędowych nabierają wzmacniacze maszynowe, które dotąd nie były produkowane w kraju. Dla zapalenia tej luki opracowano — opierając się na elementach produkowanych maszyn innych typów — pierwszy typ amplityny o mocy 1,8 kW, o współczynniku wzmocnienia ok. 16 000, przeznaczony do urządzeń sterowniczego pieca łukowego. Prototyp tej maszyny jest już wykonany i badany jest obecnie w laboratorium maszyn elektrycznych jednej z politechnik. Spodziewamy się pozytywnego wyniku tych badań, po czym typ ten będzie mógł być przekazany do normalnej produkcji, a uzyskane doświadczenie będzie wykorzystane przy następnych amplitynach.

W ślad za wymienioną wielkością będzie opracowany projekt amplityny o mocy 4 kW. Przewiduje się również konieczność opracowania w przyszłości dalszych wzmacniaczy o mocy 1 i 10 kW.

W opracowaniu znajduje się dokumentacja na silniki specjalne do kolejek wiszących na szynach dla przemysłu chemicznego. Początkowo zgłoszona moc tych silników wynosiła 0,5 kW przy uzasadnionych i możliwych do spełnienia ograniczeniach gabarytowych. Wkrótce jednak okazało się, że silniki potrzebne są kilku innym zakładom przemysłu chemicznego, przy czym

zaczęto stawiać mniej uzasadnione żądania powiększenia mocy bez zmiany gabarytów przy równoczesnym przejściu z konstrukcji okapturzonej na zamkniętą. W wyniku rozmów na ten temat trzeba było przystąpić do opracowania nie jednej maszyny, ale kilku odmian silników dla różnych prędkości od 600 do 1000 obr./min., o mocach od 0,33 do 0,75 kW, z zastosowaniem izolacji klasy B, z dobudowanymi hamulcami elektromagnetycznymi lub bez nich. Uzgodnienie tak rozszerzonego projektu było trudne i długotrwałe, gdyż każdy z użytkowników dążył do otrzymania silnika z parametrami dla siebie najbardziej dogodnymi, nie koniecznie uzasadnionymi lokalnymi warunkami pracy. Dokumentacja ta jest już częściowo opracowana, a prototypy znajdują się w produkcji.

Inne maszyny prądu stałego. Dla uzupełnienia obrazu na odcinku maszyn prądu stałego należy wymienić jeszcze inne typy maszyn, których produkcja już jest opanowana lub znajduje się w trakcie uruchamiania. Nie zawsze stanowią one część składową napędu, ilustrują jednak dotychczasowy dorobek przemysłu maszynowego. Należą tu: a) silniki tramwajowe, b) silniki do lokomotyw dolowych, c) silniki do lokomotyw dalekobieżnych, d) spawarki wirujące na 300 i 500 A, e) prądnice do oświetlenia wagonów, f) prądnice i rozruszniki samochodowe, g) prądnice galwanizacyjne na 250, 500, 1000 i 2000 A, h) maszyny w wykonaniu morskim dla jednostek pływających.

W niedalekiej przyszłości planowane jest uruchomienie produkcji silników do trolejbusów i wagonów silnikowych.

4. Zakończenie.

Obowiązująca w krajach demokracji ludowej planowa gospodarka wymaga ścisłego powiązania poczynań konstrukcyjnych i produkcyjnych z uzasadnionymi potrzebami użytkownika. W tym celu potrzebne jest nawiązanie trwałego i rzeczowego kontaktu na odcinku zagadnień technicznych między konstruktorem, producentem i użytkownikiem. Kontakt ten powinien cechować:

a) świadomość wspólnej odpowiedzialności za wybór właściwszego z punktu widzenia gospodarki ogólnonarodowej rozwiązania problemu;

b) zrozumienie przez konstruktora i producenta rzeczowych

i uzasadnionych potrzeb użytkownika, opartych na istotnych wymaganiach ruchowo-eksploatacyjnych;

c) dostosowanie wymagań użytkownika do istniejących lub przewidywanych planami możliwości konstrukcyjnych i produkcyjnych.

Niektóre przemysły, jak np. górnictwo, są w stałym kontakcie z przemysłem maszyn elektrycznych i uzgadniają swe potrzeby co do całej gamy potrzebnych im doraźnie i długofalowo maszyn; ułatwia to właściwe ustalenie typów, istotnych szczegółów konstrukcyjnych, normalizację maszyn i ich elementów oraz układanie planów prac konstrukcyjnych i produkcyjnych.

Natomiast szereg innych przemysłów zgłasza swe potrzeby w sposób doraźny, często zbyt późno w stosunku do wymaganego terminu ich realizacji, nie biorąc pod uwagę, że opanowanie produkcji nowego wyrobu wymaga odpowiednio długiego czasu na opracowanie konstrukcji i technologii, wykonanie narzędzi, badanie prototypu i ewentualne jego poprawki.

Jest rzeczą konieczną, aby wszystkie przemysły — w zrozumieniu własnych interesów — opracowały jak najrychlej swe potrzeby długofalowe nowych odmian maszyn elektrycznych, co umożliwi uwzględnienie ich w planach konstrukcyjnych i produkcyjnych przemysłu maszyn elektrycznych.

Jednym z głównych zadań krajowej konferencji w sprawie maszyn elektrycznych i napędów będzie realne zbliżenie konstruktora i producenta do użytkownika oraz znalezienie takich form współpracy, które dalyby w wyniku użytkownikowi — najwłaściwsze pod względem techniczno-ruchowym i eksploatacyjnym maszyny, konstruktorowi — jasne i wyraźne sprecyzowanie założeń do jego prac, zakładom zaś produkcyjnym — możliwości przygotowania się do produkcji.

Podany tu w skrócie dorobek przemysłu maszyn elektrycznych w okresie planu 3-letniego oraz w pierwszej połowie planu 6-letniego pozwala na stwierdzenie, że opierając się na zdobytym doświadczeniu i pomocy Związku Radzieckiego przemysł ten będzie mógł w najbliższych latach rozwiązać z powodzeniem wszelkie zagadnienia konstrukcyjne i produkcyjne w dziedzinie nie tylko maszyn małych i średnich, ale również i największych, potrzebnych naszej gospodarce narodowej.

MGR INŻ. JERZY SCHMIDT
Centr. Biuro Konstr. Maszyn Elektr.

Szereg mocy w nowoczesnych seriach maszyn prądu zmiennego

621.316.728:621.313.3

Treść. Analiza doboru najwłaściwszego współczynnika narastania mocy w seriach maszyn elektrycznych. Główne czynniki wpływające na wartość tego współczynnika: liczba biegunów, napięcie, koszty wytwarzania, koszty eksploatacji.

Ряд мощностей в современных сериях машин переменного тока. Анализ наиболее подходящего выбора коэффициента возрастания мощности в серии электрических машин. Главные факторы, влияющие на величину этого коэффициента: число полюсов, напряжение, стоимость постройки и эксплуатации.

Power rating in modern series of A. C. machines. Survey of the problem of selecting the most satisfactory power increment factor in electric machine series. Chief factors influencing the value of this factor: number of poles, voltage, cost of generation, running costs.

1. Wstęp.

W nowoczesnych seriach maszyn elektrycznych zaznacza się tendencja stosowania tzw. sztywnego szeregu mocy, tj. konstruowania silników na pewne z góry określone wartości mocy znamionowej, jednakowo dla wszystkich napięć i prędkości obrotów. Moce te tworzą wówczas pewien szereg liczb — mniej lub więcej zbliżony do postępu geometrycznego o stałym lub zmiennym wykładniku, zwanym współczynnikiem narastania szeregu. Współczynnik ten określa charakter szeregu i jego gęstość; wartość jego jest ściśle związana z konstrukcją maszyn i, jak wynika z dalszych rozważań, nie może być dobrana dowolnie. Rozpatrzmy kolejno wpływ różnych czynników konstrukcyjnych na wartość współczynnika narastania szeregu mocy, biorąc za podstawę rozważań głównie zakres mocy od 100 do 1000 kW.

2. Liczba biegunów.

Stosowane obecnie najczęściej liczby biegunów tworzą następujący szereg: 2, 4, 6, 8, 10, 12, (14), 16, (18), 20, (22), 24, (26), (28), (30), 32, (34), (36), (38), 40.

Po wykluczeniu liczb w nawiasach, jako rzadko stosowanych, kolejne stosunki dwóch sąsiednich liczb tworzą szereg:

$$2-1,5-1,33-1,25-1,2-1,33-1,25-1,2-1,33-1,25.$$

Jeżeli odrzucić z tego szeregu liczby 2 i 1,5, odpowiadające silnikom dwu- i czterobiegunowym, to pozostałe liczby wahają się dokoła liczby 1,26, przy czym największe odchylenia w górę i w dół wynoszą:

$$\frac{1,33}{1,26} = 1,05 \quad \text{ i } \quad \frac{1,2}{1,26} = 0,95,$$

a więc nie przekraczają 5%.

Ponieważ moce silników o jednakowych wymiarach geometrycznych są w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalne do liczb biegunów, więc dla zachowania sztywnego szeregu mocy należy przyjąć współczynnik narastania mocy równy 1,26. Wówczas liczby tego szeregu będą powtarzać się przy wszystkich liczbach biegunów, a współczynnik wyznaczania poszczególnych wielkości będzie się zawierał w granicach od 0,95 do 1,05; liczby te są bliskie granicy rozsięgu wykonania.

Wynikający z tego rozumowania stosunek mocy silników dwu- i czterobiegunowych, wyższy znacznie od 1,26, nie zawsze może być w praktyce osiągnięty ze względu na konieczność doprowadzenia z tej samej konstrukcji znacznie zwiększonych strat.

Poza tym należy wziąć pod uwagę, że o budowie i wymiarach silników dwubiegunowych o mocy ponad ~ 150 kW decydują względy czysto mechaniczne (krytyczna liczba obrotów, wytrzymałość bandaży).

Po wykluczeniu silników dwubiegunowych nie popełnimy jednak większego błędu, rozszerzając sztywny szereg mocy o wykładnik 1,26 również na silniki czterobiegunowe.

3. Napięcie znamionowe.

Silniki o mocy do ~ 100 kW buduje się obecnie wyłącznie na niskie napięcie nie przekraczające 500 V, przy czym górną granicę mocy tych silników stanowi prąd roboczy ok. 500 A, co odpowiada ok. 315–400 kW; dla napięć wysokich 3 i 6 kV dolna granica mocy określona jest najmniejszą grubością przewodu l mm, co przy jednorzędowym ułożeniu przewodów w żłobku i najmniejszej szerokości przewodu 6 mm daje dolną granicę mocy dla gęstości prądu 5 A/mm²:

$$1 \times 6 \times 5 \times 3 \times \sqrt{3} = 155 \text{ kVA przy } 3 \text{ kV,}$$

$$1 \times 6 \times 5 \times 6 \times \sqrt{3} = 316 \text{ kVA przy } 6 \text{ kV}$$

Odpowiada to najmniejszym mocom na wałę:

ok. 125 kW przy 3 kV,

ok. 250 kW przy 6 kV.

Jeżeli zasada sztywnego szeregu mocy ma być zachowana przy wszystkich napięciach znamionowych, wówczas współczynnik narastania szeregu musi być równy zmianie mocy przy przejściu z jednego napięcia na drugie. Zmiana ta jest uwarunkowana większą grubością izolacji międzyzwojowej i żłobkowej przy wyższych napięciach, co wyraża się liczbowo obniżeniem współczynnika zapelnienia żłobka stojana przy wzroście napięcia. Współczynnik ten zależy od rodzaju uzwojenia. Aby zbadać to zagadnienie, obliczono współczynnik zapelnienia żłobka stojana przy różnych napięciach znamionowych dla pewnej serii maszyn asynchronicznych z nowoczesnym uzwojeniem dwuwarstwowym i otrzymano następujące wartości:

przy 500 V współcz. zapeln. $\eta_1 = 0,36$ do $0,43$, średnio $\eta_1 = 0,4$,
 „ 3000 V „ „ „ $\eta_3 = 0,29$ do $0,36$, „ „ $\eta_3 = 0,32$,
 „ 6000 V „ „ „ $\eta_6 = 0,24$ do $0,28$, „ „ $\eta_6 = 0,26$.

Przy użyciu więc modelu o tych samych głównych wymiarach dla różnych napięć znamionowych stosunek mocy przy 0,5 i 3 kV wyniesie w przybliżeniu

$$\frac{P_1}{P_3} \cong \frac{0,4}{0,32} = 1,25$$

i podobnie przy przejściu z 3 na 6 kV

$$\frac{P_3}{P_6} \cong \frac{0,32}{0,26} = 1,23.$$

Obie liczby są bardzo zbliżone do stosunku narastania szeregu R_{10} (1,26). Potwierdzenie tych liczb można znaleźć również na

Tablica I

Seria]	$\frac{P_{0,5}}{P_3}$	$\frac{P_3}{P_6}$
Radziecka AM	$1,09 \div 1,41$	$1,2 \div 1,48$
Szwajcarska 1930 r.	$1,09 \div 1,37$	$1,08 \div 1,41$
Szwajcarska 1937 r.	$1,22 \div 1,52$	—

innej drodze, a mianowicie przez porównanie mocy katalogowej silników na różne napięcia, budowanych dotychczas przez różne zakłady.

W tabl. I podane są wartości stosunku mocy silników na różne napięcia dla radzieckiej serii AM oraz dwóch serii szwajcarskich w granicach mocy od 100 do 1000 kW.

4. Koszty wytwarzania.

Wybór tej lub innej wartości współczynnika narastania mocy szeregu ma również wyraźne znaczenie gospodarcze i wpływa zarówno na koszty wytwarzania maszyn, jak i na koszty ich eksploatacji. Rozpatrzmy oba te zagadnienia.

Wzrost współczynnika mocy w serii zmniejsza liczbę odmian maszyn według wielkości, a to obniża koszty opracowania konstrukcyjnego i technologicznego oraz oprzyrządowania serii. Toteż fabryki dążą z reguły do możliwie najrzadszego szeregu mocy, łatwo jest jednak wykazać, że rozrzedzanie szeregu ma granice z punktu widzenia kosztów wytwarzania.

Wzrost rozrzedzenia serii pociąga za sobą wzrost współczynnika przewymiarowania silników, a więc wzrost mocy zainstalowanej. Współczynnik wzrostu mocy zainstalowanej wyraża się [2] wzorem

$$(1) \quad x = \frac{2k}{1+k},$$

jeżeli zapotrzebowanie silników jest równomierne w rozważanym zakresie mocy, a k oznacza stosunek dwóch sąsiednich

mocy w szeregu. Przy $k = 1,26$ mamy $x = \frac{2 \cdot 1,26}{1 + 1,26} = 1,12$,

tzn. moc instalowana jest przy zastosowaniu szeregu mocy R_{10} o ~ 12% większa, niż byłaby wówczas, gdyby szereg mocy był bezstopniowy, tj. gdyby istniała możliwość zainstalowania w każdym wypadku silnika o mocy równej mocy wymaganej.

Dokładniejsze określenie współczynnika przewymiarowania silników asynchronicznych możliwe jest na podstawie analizy zapotrzebowania silników. Niech $N = f(P)$ oznacza krzywą zapotrzebowania (w sztukach) w danym zakresie mocy, wówczas współczynnik przewymiarowania wyraża się wzorem

$$(2) \quad x = \frac{P_n \int_{P_{n-1}}^{P_n} f(P) dP}{\int_{P_{n-1}}^{P_n} P \cdot f(P) dP}.$$

Opierając się na tym wzorze oraz na rzeczywistej krzywej zapotrzebowania silników w naszym kraju w latach ostatnich, obliczono dla zakresu mocy od 100 do 1000 kW podane w tabl. II wartości x dla współczynników narastania odpowiadających

Tablica II

Szereg	R_{15}	$R_{11}^*)$	R_{10}	R_5
k	1,16	1,24	1,26	1,58
x	1,085	1,12	1,14	1,33
x'	1,075	1,11	1,12	1,23

*) Szereg R_{11} wprowadzono do tablicy, ponieważ był on podstawą dotychczasowej produkcji maszyn w tym zakresie.

różnym szeregiem. x' oznacza w tej samej tablicy wartości obliczone ze wzoru przybliżonego (1), przy czym widać, że dla niezbyt dużych wartości k ($k \leq 1,26$) błąd, spowodowany założeniem równomiernego zapotrzebowania silników, jest niewielki.

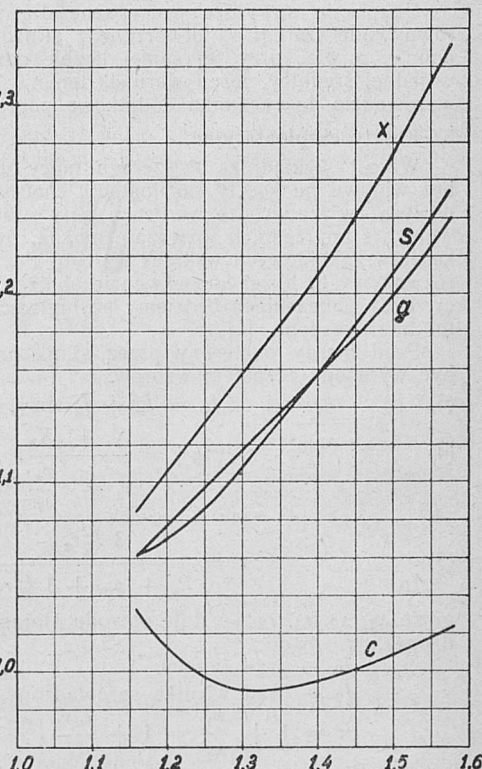
Wzrost współczynnika przewymiarowania x powoduje, oczywiście, większe obciążenie fabryki wskutek wzrostu mocy zama-

wianych silników, a więc wzrostu ciężaru i kosztów materiałów oraz robocizny. Aby określić wzrost ciężaru silników, możemy posilkować się bądź zależnościami empirycznymi, bądź przesłankami teoretycznymi. W pierwszym przypadku można za przykładem autorów radzieckich [2] określić prawo wzrostu ciężaru silnika w funkcji jego mocy

$$G = f(P)$$

i na tej podstawie obliczyć wzrost ciężaru, odpowiadający danej wartości x . Do mniej ścisłych, lecz wystarczająco dokładnych w praktyce liczb dojdziemy, posilkując się sformułowanymi przez Vidmara prawami wzrostu ciężaru maszyn elektrycznych, czyli zakładając, że ciężar silnika wzrasta proporcjonalnie do potęgi $3/4$ mocy, powierzchnia zaś jego

proporcjonalnie do P . Oznaczając przez g wzrost ciężaru, a przez S wzrost powierzchni, otrzymamy tabl. III (por. rys. 1).



Rys. 1

Tablica III

k	1,16	1,24	1,26	1,58
x	1,085	1,12	1,14	1,33
g	1,06	1,09	1,10	1,24
S	1,04	1,06	1,07	1,16

Przyjmijmy teraz następujący rozkład kosztów wytwarzania silnika przy $k = 1,24$:

materiał $m = 60\%$,
 robocizna wraz z proporcjonalnymi narzutami $r = 25\%$,
 pozostałe koszty ogólne $o = 15\%$.

Przyjmując za 100 koszty wytwarzania maszyn przy $k = 1,24$, możemy obliczyć względne koszty silnika dla różnych współ-

czynników narastania mocy w założeniu, że koszty materiału wrażliwie proporcjonalnie do ciężaru maszyny, koszty robocizny — proporcjonalnie do powierzchni oraz że pozostałe koszty ogólne są proporcjonalne do liczby odmian zawartych w serii. Otrzymamy wówczas liczby podane w tabl. IV.

Widać stąd, że cena silnika (c) osiąga wartość najmniejszą przy wartości $k = 1,3$, a więc szereg mocy R_{10} jest korzystny również ze względu na koszty wytwarzania maszyn. Jedno-

Tablica IV

Szereg	R_{15}	R_{11}	R_{10}	R_5
k	1,16	1,24	1,26	1,58
m	58,3	60	60,6	68,2
r	24,5	25	25,2	27,3
o	20,4	15	13,6	6,8
c	103,2	100	99,4	102,3

cznie widać, że dalsze rozrzedzanie szeregu poza szereg R_{10} , np. drogą opuszczenia co drugiej wielkości (szereg R_5 o wykładniku 1,58) nie jest korzystne z punktu widzenia kosztów wytwarzania, ponieważ wzrost kosztów materiału i robocizny, spowodowany przez przewymiarowanie silników, jest większy od korzyści wynikających z rozrzedzenia szeregu i od płynącego stąd zmniejszenia kosztów oprzyrządowania.

Obliczenie powyższe jest ważne dla przypadku, kiedy porównywane szeregi są utworzone z silników, zbudowanych podobnie, a więc przy tej samej liczbie odmian długości żelaza w jednej średnicy; jeżeli warunek ten nie jest spełniony, należy wprowadzić do rachunku dodatkowe poprawki.

5. Koszty eksploatacyjne.

Wzrost wykładnika k szeregu mocy nie pozostaje również bez wpływu na koszty eksploatacji, choć wzrost kosztów zakładowych związanych ze wzrostem ceny silnika jest niewielki, jak wynika z poprzednich rozważań; można również pominąć wzrost kosztów zakładowych wskutek wzrostu ciężaru silnika, natomiast rozważymy tu bliżej konsekwencje obniżenia współczynnika mocy. Przy obliczeniach będziemy posługiwać się przy tym wzorami arytmetycznymi: [1].

Prąd bierny pobierany przez silnik przy napięciu U może być wyrażony zespołem wzorów:

$$(3) \quad I_b = I_o + I_2 \sin \psi,$$

$$(4) \quad \operatorname{tg} \psi = \frac{X_1 + cX_2}{r_1 + c \frac{r_2}{s}},$$

$$(5) \quad s = \frac{3 I_2^2 r_2}{P_2 + p_m + 3 I_2^2 r_2},$$

gdzie x_1, x_2, r_1, r_2 — stałe obwodu stojana i wirnika (sprowadzone),

I_o — prąd jałowy,

I_2 — prąd wirnika sprowadzony do stojana,

$$c = 1 + \frac{x_1}{x_o} = 1 + \frac{I_o x_1}{U},$$

P_2 — moc na wałę silnika,

p_m — straty mechaniczne silnika.

Założmy, że silnik o mocy znamionowej P_n jest obciążony mocą

$$P_y = y \cdot P_n.$$

Rozważania ograniczymy do zakresu

$$0,7 < y < 1,3,$$

dla którego zakładamy, że poślizg s_y jest proporcjonalny do obciążenia silnika na wałę:

$$s_y = y \cdot s_n,$$

gdzie s_n — poślizg przy obciążeniu znamionowym.

Dla silnika obciążonego na wałę mocą znamionową P_n prąd znamionowy

$$I_n = \frac{P_n}{\eta \cos \varphi U \sqrt{3}}.$$

Składowa bierna prądu znamionowego

$$I_{bn} = I_n \cdot \sin \varphi_n = \frac{P_n \operatorname{tg} \varphi_n}{\sqrt{3} U \cdot \eta},$$

a moc bierna

$$P_{bn} = \frac{P_n \operatorname{tg} \varphi_n}{\eta}.$$

Dla prądu jałowego mamy równanie przybliżone [4]:

$$(6) \quad I_o = I_n \left(\sin \varphi_n - \frac{\cos \varphi_n}{2 \mu} \right),$$

gdzie μ — przeciążalność momentem; stąd

$$I_o = \frac{P_n}{\sqrt{3} U \eta} \left(\operatorname{tg} \varphi_n - \frac{1}{2 \mu} \right),$$

$$I_n \sin \psi_n = I_{bn} - I_o = \frac{P_n}{2 \sqrt{3} U \eta \mu}.$$

Dla silnika pracującego przy dowolnym obciążeniu $P_y = y \cdot P_n$ składowa bierna prądu stojana z równania (3) wynosi

$$(7) \quad I_{by} = I_o + I_{2y} \sin \psi_y = \frac{P_n}{\sqrt{3} U \eta} \left(\operatorname{tg} \varphi_n - \frac{1}{2 \mu} \right) + I_{2y} \sin \psi_y.$$

Przy obliczeniu wartości iloczynu $I_{2y} \sin \psi_y$ ograniczymy jak wyżej zakres rozważań do wartości

$$0,7 < y < 1,3,$$

uwzględniając przy tym, że w tym zakresie poślizg s zmienia się proporcjonalnie do obciążenia na wałę silnika:

$$\frac{s_y}{s_n} = \frac{P_y}{P_n} = y.$$

W ogólnym wzorze (5) dla poślizgu s silnika trójfazowego pominiemy straty mechaniczne $p_m = 0$; wtedy

$$I_2^2 = \frac{P_2 s}{3 r_2 (1 - s_n)}.$$

Dla obciążenia znamionowego można napisać:

$$I_{2n}^2 = \frac{P_n s_n}{3 r_2 (1 - s_n)},$$

a dla obciążenia mocą $P_y = y \cdot P_n$

$$I_{2y} = \frac{P_y \cdot s_y}{3 r_2 (1 - s_y)},$$

albo

$$\left(\frac{I_{2y}}{I_{2n}} \right)^2 = \frac{P_y}{P_n} \cdot \frac{s_y}{s_n} \cdot \frac{1 - s_n}{1 - s_y} = y^2,$$

czyli

$$(8) \quad \frac{I_{2y}}{I_{2n}} = y.$$

Z drugiej strony z zależności ogólnej (5)

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{x_1 + cx_2}{r_1 + c \frac{r_2}{s}},$$

wynika dla obciążenia znamionowego

$$\sin \psi_n = \frac{x_1 + cx_2}{\sqrt{(x_1 + cx_2)^2 + \left(r_1 + c \frac{r_2}{s_n} \right)^2}},$$

i dla obciążenia dowolnego mocą P_y

$$\sin \psi_y = \frac{x_1 + cx_2}{\sqrt{(x_1 + cx_2)^2 + \left(r_1 + c \frac{r_2}{s_y} \right)^2}}.$$

Dzieląc przez siebie te wartości otrzymamy

$$(9) \quad \frac{\sin \psi_y}{\sin \psi_n} = \sqrt{\frac{(x_1 + cx_2)^2 + \left(r_1 + c \frac{r_2}{s_n} \right)^2}{(x_1 + cx_2)^2 + \left(r_1 + c \frac{r_2}{s_y} \right)^2}} \approx \frac{r_1 + c \frac{r_2}{s_n}}{r_1 + c \frac{r_2}{s_y}} \approx \frac{C \frac{r_2}{s_n}}{C \frac{r_2}{s_y}} = \frac{s_y}{s_n} = y.$$

Ponieważ w rozważanym zakresie od 70 do 130% obciążenia znamionowego poślizg jest bardzo mały (rzędu kilku procentów) i można pominąć zarówno wpływ indukcyjności wobec opo-

rów czynnych, jak i opór stojana r_1 wobec wyrazu $c \frac{r_2}{s}$, wynika stąd przy uwzględnieniu zależności (8) i (9):

$$\frac{I_{2y} \sin \psi_y}{I_{2n} \sin \psi_n} = \frac{I_{2y}}{I_{2n}} \cdot \frac{\sin \psi_y}{\sin \psi_n} = y^2,$$

czyli

$$I_{2y} \sin \psi_y = y^2 I_{2n} \sin \psi_n = \frac{y^2 \cdot P_n}{2 \sqrt{3} \cdot U \cdot \eta \cdot \mu}.$$

Tę wartość podstawiamy do równania (7) dla składowej biernej prądu stojana przy dowolnym obciążeniu

$$I_{by} = \frac{P_n}{\sqrt{3} U \eta} \left(\operatorname{tg} \varphi_n - \frac{1}{2\mu} \right) + \frac{y^2 P_n}{2\sqrt{3} U \eta \mu} = \frac{P_n}{\sqrt{3} U \eta} \left[\operatorname{tg} \varphi_n - \frac{1}{2\mu} (1 - y^2) \right].$$

Stąd moc bierna

$$P_{by} = \frac{P_n}{\eta} \left[\operatorname{tg} \varphi_n - \frac{1}{2\mu} (1 - y^2) \right]$$

i względne zużycie mocy biernej, przypadające na 1 kW mocy czynnej,

$$(10) \quad z = \frac{P_{by}}{P_y} = \frac{1}{\eta y} \left[\operatorname{tg} \varphi_n - \frac{1}{2\mu} (1 - y^2) \right] \frac{\text{kVAr}}{\text{kW}}.$$

Wzór (10) pozwala określić zużycie mocy biernej silnika przy dowolnym obciążeniu w granicach $0,7 < y < 1,3$ na podstawie wartości katalogowych $\cos \varphi$, η i μ z dostateczną dla praktyki dokładnością. Na rys. 2 podane są obliczone według wzoru (10) wartości względnej mocy biernej dla silników średniej wielkości, dla których przyjęto sprawność 90% i przeciętność $\mu = 2,2$, względna moc wzrasta przy częściowych obciążeniach tym szybciej, im niższy jest współczynnik mocy silnika przy obciążeniu znamionowym.

Posiłkując się dalej obliczonymi uśrednionymi wartościami współczynnika przewymiarowania x , otrzymamy dla różnych wartości współczynnika na-

Rys. 2

$$y = \frac{P_y}{P_n}$$

rastania mocy w szeregu tablicę V. Wartości z podano w niej dla $\cos \varphi = 0,8$. Z podanych liczb wynika, że np. przejście z szeregu $k = 1,26$ na szereg o połowę rzadszy $k = 1,58$ spowodowałoby wzrost zużycia mocy biernej wszystkich silników o $\sim 10\%$, a więc

Tablica V

Współcz. narastania mocy	k	1,0	1,16	1,26	1,58
Współcz. przewymiarow. silnika	x	1,0	1,085	1,14	1,33
Współcz. niedociążenia silnika	$y = \frac{1}{x}$	1,0	0,92	0,877	0,75
Zużycie mocy biernej	z	0,815	0,84	0,86	0,94

o wartość, która mogłaby poważnie zaważyć na bilansie energetyki. Z drugiej strony widać, że zastosowanie w nowych seriach proponowanego sztywnego szeregu $k = 1,26$ spowoduje w stosunku do dotychczasowego gęstszego stopniowania mocy, odpowiadającego mniej więcej $k = 1,16$, wzrost użycia mocy biernej tylko o ok. 2%, a więc nie odbije się w uchwytyni sposób na bilansie energetycznym. Z punktu widzenia zużycia mocy biernej należy wobec tego również uznać, że współczynnik narastania mocy szeregu równy 1,26 jest wybrany prawidłowo.

6. Związek pomiędzy szeregiem mocy a wymiarami konstrukcyjnymi.

Jeżeli rozważymy ustroje geometrycznie podobne, dla których jako podstawowy wymiar przejmujemy średnicę zewnętrzną stojana D_1 , to można założyć według Vidmara

$$P_1 = C_1 D_1^4 \text{ i } P_2 = C_1 D_2^4, \text{ gdzie } C_1 - \text{wielkość stała,}$$

skąd:

$$\frac{D_2}{D_1} = \sqrt[4]{\frac{P_2}{P_1}}.$$

Przy współczynniku narastania szeregu mocy $\frac{P_2}{P_1} = 1,26$

współczynnik narastania szeregu średnic $\frac{D_2}{D_1}$ powinien wynosić ok. 1,06; szereg taki byłby oczywiście zbyt gęsty i powodowałby zbyt wielki nakład na narzędzia, toteż w praktyce rozwiązanie tego rodzaju, przy którym każdej mocy odpowiadałaby inna średnica, nie jest stosowane. Dla zakresu mocy od 100 do 1000 kW wchodzi w grę szereg znormalizowanych średnic, wynikający z rozmiarów arkusza blachy i warunku minimum odpadków, a mianowicie:

560 — 650 — 740 — 850 — 990.

Współczynnik narastania tego szeregu wynosi średnio ok. 1,15. Jeżeli w rozwiązaniu konstrukcyjnym przyjmujemy przy tym x długości żelaza dla jednej średnicy, to

$$\frac{D_2}{D_1} = \sqrt[4]{\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^x} = 1,15,$$

a stąd

$$x = \frac{4 \lg 1,15}{\lg 1,26} = \frac{4 \cdot 0,06}{0,1} = 2,4.$$

Przy zastosowaniu trzech długości żelaza szereg jest nieco za gęsty, czemu możemy zaradzić opuszczając jedną średnicę np. 560. W wielu wypadkach korzystne może być zastosowanie czterech długości żelaza tak, aby przez opuszczenie co drugiej można stworzyć w serii równomierny szereg mocy wielkości uprzywilejowanych o współczynniku narastania ok. 1,56; taki szereg mocy wymagać będzie szeregu średnic o wykładniku

$$\frac{D_2}{D_1} = \sqrt[4]{\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^x} = \frac{P_2}{P_1} = 1,26.$$

Znormalizowany szereg średnic poniżej 1000 mm nie mógłby być przy tym zastosowany, natomiast dla średnic większych od 1 m trzeba by utworzyć szereg zbliżony do szeregu liczb normalnych

1250 — 1600 — 2000 — 2500 — 3150 — 4000 itd.

Wadą takiego rozwiązania jest okoliczność, że moce uprzywilejowane w jednym szeregu np. przy 750 obr./min. przestają być uprzywilejowanymi przy 600 lub 1000 obr./min., np. przy uprzywilejowaniu długości żelaza a' i c .

	a	b	c	d	a'	b'	c'	d'
1000 obr./min.	100—(125)—160—(200)—250—(315)—400—(500)							
750 "	—(100)—125—(160)—200—(250)—315—(400)							
600 "	— — — — 100—(125)—160—(200)—250—(315)							

Fakt ten potwierdza tezę, że prawidłowe rozwiązanie sztywnego szeregu mocy serii średniej możliwe jest tylko dla współczynnika narastania 1,26.

7. Silniki indukcyjne o mocy poniżej 100 kW.

Silniki o mocy do 100 kW tudowane są przeważnie jako 2-, 4-, 6- i 8-biegowe. Wynikający ze stosunku tych liczb biegów sztywny szereg mocy powinien mieć współczynnik narastania, wahający się w granicach od 2 do 1,33, a więc wyższy, niż dla zakresu od 100 do 1000 kW.

Produkowana obecnie u nas według dokumentacji radzieckiej nowa seria silników do 100 kW ma następujący sztywny szereg mocy:

0,6—1,0—1,7—2,8—4,5—7—10—14—20—28—40—55—75 kW.

Współczynnik narastania mocy tego szeregu zmienia się w granicach od 1,66 (w dolnej części) do 1,37 (przy największych mocach), co odpowiada w przybliżeniu powyższemu przesłankom.

8. Inne rodzaje maszyn elektrycznych.

Dotychczasowe rozważania, które dotyczyły silników indukcyjnych, jako najczęściej stosowanych, mogą być rozszerzone i na inne maszyny elektryczne.

Dla silników synchronicznych pozostają słuszne wszystkie rozważania dotyczące liczb biegów, napięć, kosztu wytwarzania itp., natomiast odpadają względy związane z zużyciem mo-

cy biernej. Przewymiarowanie silnika synchronicznego nie powoduje wzrostu zużycia mocy biernej, lecz może być nawet korzystne gospodarczo. Jeżeli silnik pracuje przy przewzbudzeniu. Z punktu widzenia kosztów wytwarzania współczynnik 1,26 jest korzystny również dla silników synchronicznych, jednak z punktu widzenia energetycznego można by dla tych maszyn zgodzić się nawet na dalsze rozrzedzenie szeregu. Zagadnienia szeregu mocy generatorów synchronicznych, jako całkiem szczególnego, omawiać tu nie będziemy.

Oddzielne zagadnienie stanowi szereg mocy maszyn prądu stałego i to zarówno ze względu na znacznie wyższy niż dla silników asynchronicznych nakład materiału, robocizny i oprzyrządowania, jak i znacznie mniejsze zapotrzebowanie ilościowe. Ta ostatnia okoliczność utrudnia zdobycie dostatecznie dokładnych danych statystycznych i ustalenie krzywej zapotrzebowania a jako punktu wyjścia dla rozważań o charakterze gospodarczym. Dlatego przeniesienie na zakres maszyn prądu stałego wniosków z niniejszych rozważań, opartych na zjawiskach występujących przy silnikach indukcyjnych, możliwe jest tylko z dużymi zastrzeżeniami.

9. Zastosowanie sztywnego szeregu mocy do maszyn napędzanych.

Punktem wyjścia dotychczasowych rozważań był sztywny szereg mocy silników asynchronicznych; zastosowanie do tych silników zasady sztywnego szeregu mocy jest korzystne z punktu widzenia użytkownika, gdyż silniki sztywnego szeregu są w istocie rzeczy silnikami o stałej wartości momentu obrotowego. Ponieważ w większości wypadków o wymiarach mechanizmu napędowego decyduje właśnie moment, przeto zasada sztywnego szeregu mocy umożliwia daleko idącą normalizację mechanizmów napędzanych np. skrzynek przekładniowych.

Współczynnik narastania 1,26 jest nieco wyższy od przeważnie przed wojną stosowanych wartości i pociąga za sobą, jak podano wyżej, wzrost mocy instalowanej oraz obniżenie współczynnika mocy. Jednak należy się liczyć z tym, że współczynnik wzrostu mocy instalowanej okażą się w praktyce niższe

od obliczonych teoretycznie ze względu na to, że konstruktorzy mechanizmów napędzanych będą mogli w wielu wypadkach dostosować ich wydajność do zadanej z góry mocy silnika napędowego. Zasada sztywnego szeregu mocy odpowiadającego liczbom normalnym R_{10} pozwoli na uporządkowanie zagadnienia mocy maszyn napędzanych; konstruktor, znając z góry szereg mocy silników, będzie musiał z konieczności dostosować swoje maszyny do mocy szeregu, co przyczyni się w wydajny sposób do ich normalizacji. Dlatego też żądanie wprowadzenia w produkcję sztywnego szeregu mocy i związanego z tym radykalnego uporządkowania katalogów wyszło w Związku Radzieckim nie od konstruktorów, lecz od użytkowników.

10. Wnioski.

Zastosowanie sztywnego szeregu mocy o zwiększonym wykładniku powinno zapewnić w produkcji maszyn elektrycznych, a przede wszystkim silników indukcyjnych poważne korzyści gospodarcze, a mianowicie:

- a) uporządkowanie produkcji i zmniejszenie nakładów na narzędzia,
- b) uproszczenie katalogów i ułatwienie korzystania z nich,
- c) wzrost tendencji normalizacyjnych w dziedzinie maszyn napędzanych.

Współczynnik narastania szeregu powinien wynosić w zakresie średnich mocy 1,26, w zakresie małych mocy (poniżej ok. 100 kW) wartość jego może być większa.

Przewidziane jako normalne w naszym przemśle szeregi mocy (w kW) 0,6—1,0—1,7—2,8—4,5—7—10—14—28—40—55—75 oraz 100—125—160—200—250—315—400—500—630—800—1000 są bliskie gospodarczo najkorzystniejszych wartości.

LITERATURA

- [1] Schmidt J. Analityczna teoria silnika indukcyjnego (Przegl. Elektr., 1952, z. 12, str. 484).
- [2] Liwysz S. O współczynniku narastania szkalę moszczności (Wiestn. Elektrom., 1948, zes. 4).
- [3] Zilbierszej M. K. Woprosu o współczynniku narastania szkalę moszczności (Wiestn. Elektrom., 1948, zes. 9).
- [4] Syromiatnikow I. A. Praca silników asynchronicznych (PWT, 1953).

DR INŻ. WŁADYSŁAW PEŁCZEWSKI

Zastosowanie wzmacniaczy elektromaszynowych w układach napędowych

62.316.7.077:621.34

Treść. Krótka charakterystyka wzmacniaczy elektromaszynowych. Porównanie zautomatyzowanych układów napędowych mających sterowanie przełącznikowo-stycznikowe z układami ze wzmacniaczami elektromaszynowymi. Przykłady zastosowania wzmacniaczy elektromaszynowych w układach napędowych. Obecny stan prac nad automatyzacją układów napędowych przy zastosowaniu wzmacniaczy elektromaszynowych oraz widoki na przyszłość.

Применение электромашинных усилителей в приводных системах. Краткая характеристика электромашинных усилителей. Сравнение автоматических приводных систем, снабженных релейно-контакторным управлением, с системами, в которых применены электромашинные усилители. Примеры применения электромашинных усилителей в приводных схемах. Нынешнее положение работ по автоматизации приводных систем с применением электромашинных усилителей и виды на будущее.

The use of electric machine amplifiers in drive systems. Brief characteristics of electric machine amplifiers. Comparison between automatic drive systems with combined relay and contactor control, and electric machine amplifiers. Instances of employing electric machine amplifiers in drive systems. Present state of research over drive system automatization by means of electric machine amplifiers, and prospects for the future.

1. Celowość stosowania wzmacniaczy elektromaszynowych w układach napędowych.

Automatyka w miarę swego rozwoju objęła swym zasięgiem także dziedzinę napędu elektrycznego. Przez automatyzację układów napędowych uzyskano lepsze wyzyskanie urządzeń, podwyższono wydajność pracy oraz zwiększono bezpieczeństwo i pewność ruchu.

Z punktu widzenia stosowanych układów automatyzacji spotyka się w układach napędowych systemy automatyzacji zarówno otwartej, jak i zamkniętej. W pierwszym z nich przebieg czynności wykonywanych przez układ nie ma wpływu na sterowanie i regulację układu. Natomiast w drugim wielkość regulowana oddziaływa wstecz na urządzenie regulacyjne i powoduje takie zmiany w przebiegu regulacji, które umożliwiają utrzymanie stałości warunków pracy układu niezależnie od wpływów zewnętrznych. Takie powiązanie czynności wykonawczych z rozkazodawczymi uzyskuje się tu dzięki zastosowaniu sprzężeń zwrotnych.

Wzmacniacze elektromaszynowe ze względu na swe właściwości znajdują zastosowanie w układach pracujących w systemie automatyzacji zamkniętej, pozwalają bowiem na ciągłą, dokładną, czułą i szybką regulację określonej wielkości w układzie, przy czym może to być zarówno wielkość charakteryzująca pracę układu (np. napięcie, prąd, prędkość obrotowa lub moment), jak i pewna cecha produkowanego przez maszynę roboczą wytworu (np. jego grubość itp.).

Wzmacniacze elektromaszynowe są to specjalne — zwykle nieduże — maszyny prądu stałego, zbudowane pod kątem wi-

dzienia uzyskania możliwie dobrych właściwości wzmacniania mocy doprowadzonej do ich obwodu wejściowego. Zdolność wzmacniania najczęściej charakteryzuje się tzw. statycznym współczynnikiem wzmocnienia mocy μ , równym stosunkowi zmian mocy ΔP_{wy} na wyjściu ze wzmacniacza do zmian mocy ΔP_{we} na wejściu doń:

$$\mu = \frac{\Delta P_{wy}}{\Delta P_{we}}$$

Tu ΔP_{wy} i ΔP_{we} są to zmiany mocy, odpowiadające ustalonym warunkom pracy przed zadziałaniem i po zadziałaniu układu regulacyjnego. Prędkość przebiegu procesów przejściowych określają stałe czasu poszczególnych obwodów wzmacniacza. Główną rolę odgrywają tu stałe czasu uwożeń sterujących.

We współczesnych wzmacniaczach elektromaszynowych uzyskano znaczne współczynniki wzmocnienia — rzędu 10 000 i większe, a stałe czasu ich obwodów sterujących są rzędu kilkunastu setnych sekundy. Duży współczynnik wzmocnienia zapewnia czułość układu oraz zmniejsza moc występującą w obwodach sterowania. Małe stałe czasu w połączeniu z możliwością stosowania wzmoczonego wzbudzenia pozwalają na poważne skrócenie czasu przebiegu procesów przejściowych w samym wzmacniaczu oraz w układzie napędowym.

W dzisiejszej technice znanych jest kilka odmian wzmacniaczy elektromaszynowych, z których najważniejszymi są amplidyna, rototrol, „magnicon” i „regulex”.

Amplidyna, zwana inaczej wzmacniaczem z polem poprzecznym, ma dwa układy szczotek, przy czym jeden

z nich jest zwarty. Prąd płynący przez uzwojenie sterujące umieszczone w stanie wytwarza pole magnetyczne, które indukuje w przewodach uzwojenia wirującego twornika siły elektromotoryczne; siły te wywołują z kolei przepływ prądu w obwodzie szczotek zwartych, zwierających zezwoje, które znajdują się w strefach magnetycznie obojętnych. Ten prąd wytwarza strumień poprzeczny twornika, nieruchomy w przestrzeni, który ze swej strony indukuje siły elektromotoryczne w przewodach uzwojenia twornika. Ich suma daje określone napięcie między szczotkami należącymi do drugiego układu (umieszczonymi tak, że zwierają zezwoje przechodzące pod środkami biegunów). Przy odpowiednim wykonaniu maszyny moc, którą można pobrać z tych szczotek do obwodu wyjściowego wzmacniacza, jest znacznie większa od mocy doprowadzonej na wejściu wzmacniacza do uzwojenia sterującego.

Amplidyna jest wzmacniaczem dwustopniowym, gdyż moc doprowadzona do uzwojenia sterującego jest wzmocniona najpierw w obwodzie szczotek zwartych, a następnie w obwodzie szczotek, do których przyłączono odbiorniki zasilane przez amplidynę.

Zwykle amplidyna ma kilka uzwojeń sterujących oraz uzwojenie kompensacyjne konieczne dla jej prawidłowej pracy. Poza tym dla tłumienia drgań napięcia na zaciskach, a tym samym dla przyspieszenia jego ustalania się podczas regulacji, stosuje się uzwojenia stabilizujące. Obwód magnetyczny amplidyny musi być ukształtowany w specjalny sposób, żeby stworzyć dogodną drogę przepływu dla strumienia poprzecznego oraz ze względu na konieczność odpowiedniego rozmieszczenia uzwojeń.

Rototrol, zwany inaczej wzmacniaczem samowzbudnym, pozwala na uzyskanie znacznych współczynników wzmocnienia dzięki wyzyskaniu własności samowzbudnej prądnicy prądu stałego, pracującej przy oporności obwodu wzbudzenia, która jest równa krytycznej lub większej od niej i ma dodatkowo uzwojenie wzbudzające, które można zasiląć z obcego źródła. Wtedy, doprowadzając stosunkowo małą moc do obwodu tego uzwojenia, można uzyskać wzbudzenie się maszyny do znacznego napięcia, a zatem spowodować oddawanie znacznej mocy do obwodu zewnętrznego połączonego z zaciskami rototrola. Najlepsze warunki pracy, odpowiadające największemu współczynnikowi wzmocnienia, uzyskuje się wtedy, kiedy dobrana oporność obwodu uzwojenia wzbudzającego samowzbudnego jest równa oporności krytycznej.

Najczęściej spotyka się rototrole z uzwojeniem samowzbudnym szeregowym, ponieważ wykazują one dogodniejszy przebieg ustalania się napięcia na zaciskach przy stanach przejściowych niż rototrole z uzwojeniem samowzbudnym bocznikowym. Dla spotęgowania własności wzmacniania wykonuje się także rototrole dwustopniowe, w których dzięki wyzyskaniu sztucznie wytworzonej asymetrii magnetycznej otrzymuje się w jednej maszynie dwa stopnie wzmocnienia.

Amplidyny i rototrole są wzmacniaczami maszynowymi najczęściej spotykanymi. Wspomniany wyżej „magnicon” jest odmianą amplidyny i znajduje zastosowanie w urządzeniach do samoczynnej regulacji napięcia i mocy biernej prądnic synchronicznych. „Regulex” znajdował dawniej zastosowanie w układach Leonarda, gdzie dzięki silnemu nasyceniu swego obwodu magnetycznego pozwalał na uzyskiwanie wzmoczonego wzbudzenia.

Początkowo w układach napędowych stosujących automatyzację zamkniętą sterowano podobnie jak w przypadku automatyzacji otwartej sterowanie przekąźnikowo-stycznikowe. W związku z postępem w dziedzinie technologii produkcji w różnych gałęziach przemysłu powstała konieczność zwiększenia liczby włączeń lub nawrotów na jednostkę czasu, rozszerzenia zakresu regulacji obrotów, dokładnego utrzymywania nastawionych prędkości obrotowych, oraz osiągnięcia większej czułości i szybkości działania urządzeń regulacyjnych i sterujących. Również poważny wzrost mocy niektórych silników napędowych pociągnął za sobą potrzebę podwyższenia wymagań stawianych układom napędowym. Wszystkie te okoliczności spowodowały, że sterowanie przekąźnikowo-stycznikowe w wielu przypadkach nie mogło zapewnić takiej pracy układów, jaka była pożądana z punktu widzenia nowoczesnej technologii produkcji oraz dążenia do najlepszego wyzyskania urządzeń. Dotyczyło to zarówno układów Leonarda, jak i układów, w których oddziaływano bezpośrednio na silniki napędowe (np. na strumień w silniku bocznikowym prądu stałego przy regulacji obrotów).

Rozpatrując — jako typowy — układ Leonarda, można stwierdzić, że główne wady sterowania i regulacji przekąźnikowo-stycznikowej, które spowodowały w szeregu przypadków konieczność stosowania innych rozwiązań, były następujące:

1) Regulacja napięcia w prądnicy głównej odbywała się skokami, a nie w sposób ciągły. Wynikało to ze sposobu sterowania,

polegającego na włączaniu lub zwieraniu stopni oporowych w obwodach układu. Np. przy rozruchu silnika głównego — w miarę wzrastania jego prędkości — następowało zwieranie stopni oporowych w obwodzie wzbudzenia prądnicy (w układach małej mocy) albo wzbudnicy lub podwzbudnicy (w układach średniej i większej mocy). W związku z tym prąd pobierany przez silnik osiągał największą dopuszczalną wartość w chwili zwierania poszczególnych stopni oporowych, a następnie maleł aż do chwili, kiedy został zwarty następny stopień. Zatem średni prąd i moment rozruchowy były mniejsze niż w przypadku, kiedy przy zastosowaniu płynnej regulacji napięcia prądnicy głównej można by automatycznie utrzymywać przez cały czas rozruchu stałą wartość prądu silnika, równą największej dopuszczalnej.

Poza tym regulacja skokami nie pozwalała na dokładne ustawienie wymaganej prędkości obrotowej silnika w przypadku, gdy odpowiadała ona oporności w obwodzie wzbudzenia pośredniej między dwoma stopniami regulacyjnymi. Również dokładne utrzymanie wymaganej prędkości obrotowej było utrudnione. Przy zmianach obciążenia, warunków zasilania, temperatury otoczenia i uzwojeń oraz na skutek wpływu szeregu innych czynników zewnętrznych prędkość wirowania silnika nie pozostaje stałą. Można wprowadzić dla przeciwdziałania temu zewrzeć lub wtrącić następny stopień oporowy w obwodach regulacyjnych, ale przy stosunkowo niedużej liczbie tych stopni trudno jest uzyskać tę samą prędkość, co przy poprzednich warunkach pracy. Dążenie do utrzymania możliwie stałej prędkości silnika zmusza albo do zwiększenia liczby stopni oporowych, albo do stosowania specjalnych regulatorów, co podraża i komplikuje układ.

2) Zakres regulacji prędkości w układzie Leonarda ze sterowaniem przekąźnikowo-stycznikowym jest ograniczony i wynosi przeciętnie 1:10 przy regulacji przez zmianę napięcia prądnicy głównej oraz 1:20 do 1:30 przy zastosowaniu dodatkowego osłabiania strumienia magnetycznego w silniku. Dalsze rozszerzanie zakresu regulacji obrotów napotyka poważne trudności, wynikające z małej sztywności charakterystyki mechanicznej $n = f(M)$ przy małej prędkości oraz występującego wtedy wpływu spadków napięć w obwodach tworników prądnicy głównej i silnika.

3) Układy Leonarda większej mocy oraz pracujące w cięższych warunkach wymagają stosowania dość kosztownej i skomplikowanej aparatury. Poza tym styczniki większej mocy odznaczają się nieraz dłuższym własnym czasem działania, co odbija się ujemnie na prędkości sterowania i regulacji całego układu.

4) Przy znacznej liczbie włączeń i nawrotów na godzinę oraz przy częstych zmianach warunków pracy styczniki i przekąźniki pracują w ciężkich warunkach. Pociąga to za sobą konieczność starannej konserwacji, dobrego dozoru, częstych przeglądów oraz czyszczenia i wymiany styków, co stwarza nieraz trudności natury eksploatacyjnej.

W miarę wzrostu wymagań dotyczących sterowania i regulacji układów Leonarda wprowadzano różne rozwiązania mające na celu poprawienie warunków pracy przez częściowe usunięcie wymienionych wyżej wad. No, dla zwiększenia zakresu regulacji prędkości stosowano zespoły z prądnicami dodatkowymi, których zadaniem było kompensowanie spadków napięcia w obwodzie tworników prądnicy głównej i silnika. Dzięki temu osiągnęto uszczelnienie charakterystyk $n = f(M)$. Dla zmniejszenia ceny i wielkości aparatury sterowniczej i regulacyjnej zaczęto w układach większej mocy stosować podwzbudnice. Jednak te i tym podobne rozwiązania należało raczej zaliczyć do kategorii półśrodków, gdyż nie dawały one radykalnej poprawy warunków pracy. Taka poprawa osiągnięto dopiero przy wprowadzeniu układów zautomatyzowanych ze wzmacniaczami, wśród których najważniejszymi są: elektronowo-ionowe, magnetyczne (inaczej zwane transduktorami) oraz elektromaszynowe. Analiza techniczno-ekonomiczna wykazała, że te ostatnie mają szerokie możliwości zastosowania w przemyśle, gdy wymagana moc na wejściu wzmacniacza jest rzędu kilkuset watów lub wyższa, wtedy bowiem mogą one skutecznie konkurować z innymi odmianami wzmacniaczy. Dlatego właśnie w układach napędowych spotyka się liczne rozwiązania z amplidynami lub rototrolami.

Zależnie od rodzaju układu napędowego wzmacniacze elektromaszynowe znajdują zastosowanie jako: 1) prądnice główne w układach Leonarda mniejszej mocy (rzędu kilku kilowatów), 2) wzbudnice w układach Leonarda średniej mocy (rzędu setek kilowatów), 3) podwzbudnice w układach Leonarda większej mocy (rzędu tysięcy kilowatów), 4) prądnice dodatkowe albo wzbudnice lub podwzbudnice dodatkowe, 5) prądnice zasilające serwowo-prądnice prądu stałego, 6) elementy pośrednie potęgujące nadchodzące impulsy oraz przekazujące je dalej.

Czułość wzmacniaczy elektromaszynowych, ich szybkość działania, znaczne współczynniki wzmocnienia, możliwość regulacji

ciągłej, duża przeciążalność — pozwalają na poważne uproszczenie schematu układów przy jednoczesnym poprawieniu warunków pracy i rozszerzeniu granicznych możliwości. Np. w układzie Leonarda przy zastosowaniu wzmacniaczy elektromaszynowych uzyskuje się:

1) Możliwość wykonania — dzięki samoczynnej płynnej regulacji — szybkiego rozruchu, hamowania i nawrotu przy określonych, praktycznie stałych wartościach prądu silnika. Jednocześnie wzmacniacze elektromaszynowe pozwalają na silne zwiększanie wzbudzenia prądnicy, co bardzo wydawnie skraca czas rozruchu, hamowania oraz nawrotu i w ogóle czas trwania procesów przejściowych, a więc poważnie zwiększa wydajność produkcji. Dotyczy to zwłaszcza urządzeń pracujących przy częstych zmianach kierunku obrotów (np. zginiacze w walcownikach).

2) Możliwość zwiększenia średniej prędkości układu, a zatem i wydajności produkcji przez zastosowanie płynnej regulacji obrotów z zachowaniem warunków najkorzystniejszych dla danego procesu technologicznego.

3) Możliwość rozszerzenia zakresu regulacji prędkości do 1:125 lub nawet 1:150 na skutek usztywnienia charakterystyk mechanicznych $n = f(M)$ przy niskich napięciach prądnicy głównej.

4) Zmniejszenie wielkości aparatury sterowniczej i pomocniczej, wynikające z niewielkich mocy w obwodach sterowniczych. Np. przy mocy na wyjściu wzmacniacza równej 10 kW i współczynniku wzmocnienia 10 000 moc na wejściu wynosi tylko 1 W. Dzięki zredukowaniu mocy w obwodach sterujących aparatura wypada nie tylko tańsza, ale czulsza i dokładniejsza.

Podane wyżej główne zalety układów Leonarda ze wzmacniaczami elektromaszynowymi sprawiły, że nadają się one bardzo dobrze do napędu licznych urządzeń produkcyjnych w wielu gałęziach przemysłu. Jako najważniejsze przykłady zastosowań można tu wymienić:

a) Napęd wielosilnikowy maszyn papierniczych, drukarskich, wielostopniowych wałeczek o ruchu ciągłym itp. Można tu uzyskać dogodną i ciągłą regulację prędkości podstawowej oraz utrzymywanie jej stałości w razie potrzeby, a także utrzymywać określone stosunki prędkości między poszczególnymi elementami maszyny napędzanej. Również w tych układach można zapewnić regulację naciągu wyrobu, oraz narzucać w sposób ciągły przebieg procesów technologicznych stosownie do jakości wyrobu (np. zależnie od grubości taśmy walcowanej).

b) Napęd urządzeń wielkiej mocy, pracujących w ciężkich warunkach (częste nawroty, hamowania, rozruchy), jak np. wałeczki nawrotne lub górnicze maszyny wyciągowe. Dzięki zastosowaniu wzmacniaczy elektromaszynowych osiąga się bardzo poważne skrócenie czasu procesów przejściowych oraz możliwość najlepszego wyzyskania układu.

c) Napęd niektórych obrabiarek, wymagających szerokiego zakresu regulacji prędkości. Poza tym w przypadku obrabiarek o ruchu nawrotnym (np. strugarki podłużne) można dzięki stosowaniu układów Leonarda ze wzmacniaczami bardzo wydawnie zwiększyć wydajność maszyny.

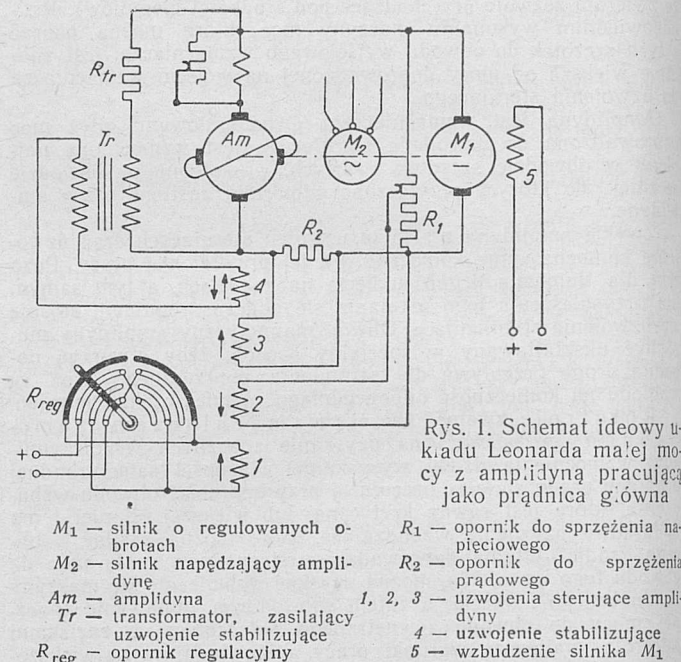
Wzmacniacze elektromaszynowe znajdują zastosowanie nie tylko w klasycznych odmianach układu Leonarda, ale także w szeregu specjalnych urządzeń napędowych. Jako typowe przykłady można tu wymienić: a) urządzenia do przesuwania elektrod w piecach łukowych stosownie do przebiegu procesów wewnątrz pieca; b) układy samoczynnego przekazywania kąta obrotu; c) układy zasilające silniki asynchroniczne zwarte, przeznaczone do pracy przy dużej liczbie obrotów i mających regulację prędkości uzyskiwaną przez zmianę częstotliwości zasilającej; d) urządzenia do samoczynnej regulacji współczynnika mocy lub mocy biernej silników synchronicznych; e) regulatory poślizgu dla silników asynchronicznych pierścieniowych współpracujących z kołem zamachowym.

Poza tym układy ze wzmacniaczami mogą znaleźć i znajdują szereg innych zastosowań.

2. Przykłady zastosowania typowych układów napędowych ze wzmacniaczami elektromaszynowymi.

Zasadę działania układu Leonarda małej mocy z amplitdyną spełniającą rolę prądnicy głównej można wyjaśnić przy pomocy rys. 1. Amplitdyna Am ma trzy uzwojenia sterujące 1, 2 i 3 oraz jedno stabilizujące — 4. Uzwojenie 1 jest zasilane z obcego źródła prądu przez opornik regulacyjny R_{reg} , przy którego pomocy nastawia się natężenie i kierunek prądu odpowiednio do wymaganych warunków pracy. Napięcie pobierane z opornika R_1 i doprowadzone do uzwojenia 2 jest proporcjonalne do napięcia na zaciskach twornika. Uzwojenie 3 połączono z zaciskami opornika R_2 , a więc jest zasilane napięciem proporcjonalnym do prądu pobieranego przez silnik. Mamy tu zatem dwa sprzężenia zwrotne — napięciowe

(uzwojenie 2) i prądowe (uzwojenie 3). Zależnie od sposobu połączenia uzwojeń 2 i 3 ich przepływy mogą działać zgodnie lub przeciwnie względem przepływu uzwojenia 1. Na rys. 1 pokazano strzałkami przypadek, kiedy uzwojenie 2 daje sprzężenie zwrotne napięciowe ujemne, a uzwojenie 3 — sprzężenie zwrotne prądowe dodatnie. Wtedy uzwojenie 2 zapewnia utrzymanie praktycznie stałego napięcia na zaciskach silnika, a więc w przybliżeniu stałej liczby obrotów. Uzwojenie 3 pozwala na rozszerzenie zakresu regulacji obrotów, jeżeli jest tak dobrane, że samoczynnie kompensuje spadki napięć w obwodzie tworników am-



plidyny i silnika i w ten sposób usztywnia przebieg charakterystyki $n = f(M)$.

Układ z rys. 1 pozwala na silne i skuteczne zwiększenie wzbudzenia przy rozruchu. W chwili włączenia uzwojenia 1, napięcie na zaciskach amplitdyny, a zatem i prąd w uzwojeniu 2 równa się zeru. W związku z tym działa pełny przepływ uzwojenia 1, który powoduje szybkie wzbudzenie się amplitdyny. Do silnika zaczyna dopływać prąd i w związku z tym przepływ magnetyczny uzwojenia 3 wymaga dodatkowo wypadkowy przepływ, powodując ze swej strony wzrost napięcia amplitdyny. Dzięki temu silnik, na którego tworniku napięcie zjawia się szybko, wykonuje rozruch w znacznie krótszym czasie niż w przypadku, gdyby napięcie stopniowo wzrastało do wartości odpowiadającej pracy ustalonej. W miarę wzrostu napięcia na zaciskach silnika wzrasta przepływ uzwojenia 2, co powoduje stopniowe zmniejszanie przepływu wypadkowego i przeciwdziała nadmiernemu wzrostowi napięcia amplitdyny. Po pewnym czasie, gdy silnik osiągnie wymaganą liczbę obrotów, nastawioną przez dobór oporności R_{reg} , ustala się napięcie na zaciskach i warunki pracy układu. Przy silnym zwiększaniu i zmniejszaniu wzbudzenia wystąpią nieuniknione drgania napięcia na zaciskach amplitdyny. Jednak wahania te są szybko tłumione przez strumień wytworzony przez uzwojenia stabilizujące, zasilane z wtórnej strony transformatora Tr napięciem proporcjonalnym do pochodnej napięcia amplitdyny względem czasu.

Hamowanie w powyższym układzie również będzie przebiegać szybko i skutecznie w wyniku wspólnego działania uzwojeń 2 i 3.

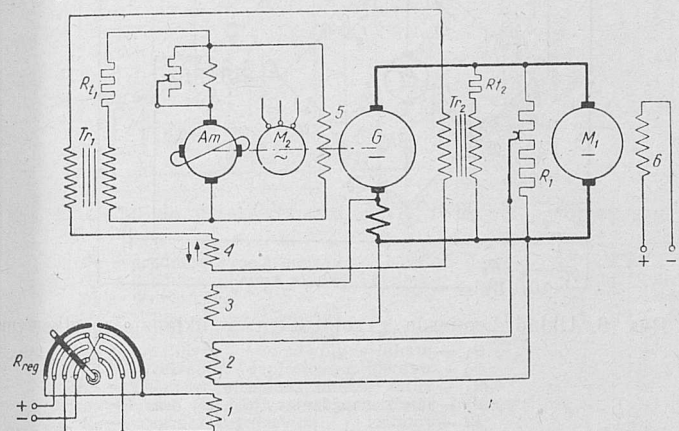
Nie zawsze warunki pracy układu wymagają stosowania obu uzwojeń sterujących 2 i 3. Często zdarza się, że wystarczy jedno z nich, np. przy czynnym jedynie uzwojeniu 2 będzie utrzymane stałe napięcie na zaciskach silnika. Po wprowadzeniu modyfikacji, polegającej na zasilaniu uzwojenia 2 nie z opornika R_1 , lecz z zacisków prądnicy tachometrycznej sprzęgniętej mechanicznie z silnikiem, można utrzymać z dużą dokładnością stałą prędkość obrotową silnika niezależnie od zmian obciążenia i innych warunków zewnętrznych.

W przypadku, kiedy obciążenie silnika ulega częstym i gwałtownym zmianom, stosuje się czasem uzwojenie 3 połączone tak, żeby zapewniało prądowe ujemne sprzężenie zwrotne. Rozmagnesowujące działanie tego uzwojenia pozwoli utrzymać stałą wartość prądu pobieranego przez silnik (oczywiście, prędkość obrotowa będzie teraz wyraźnie maleć przy wzroście obciążenia, gdyż przepływ uzwojenia 3, przeciwdziałając stałemu przepły-

wowiu uzwojenia 1, powoduje obniżanie się napięcia na zaciskach amplityny przy wzroście obciążenia silnika). Ten sam układ pozwala na samoczynny rozruch przy stałym prądzie pobieranym przez silnik, a zatem przy stałym momencie napędowym.

Rys. 2 przedstawia ideowy schemat układu Leonarda średniej mocy z amplityną Am pracującą w roli wzbudnicy. Uzwojenie 2 zapewnia napięciowe sprzężenie zwrotne ujemne, a uzwojenie 3 — prądowe sprzężenie zwrotne dodatnie. Przyłączono je do uzwojenia biegunów zwrotnych prądnicy G , dzięki czemu nie ma potrzeby stosowania opornika analogicznego do R_2 na rys. 1 w obwodzie głównym. Uzwojenie 1 jest, jak poprzednio, zasilane stałym napięciem przez opornik R_{reg} , którego oporność dobiera się stosownie do wymaganych warunków pracy. Uzwojenie stabilizujące 4 połączone tu z uzwojeniami wtórnymi transformatorów Tr_1 i Tr_2 , dzięki czemu reaguje ono na wahania napięcia na zaciskach zarówno amplityny, jak i prądnicy głównej G , co zapewnia bardzo skutecznie tłumienie wahań.

Układ z rys. 2 daje podobne możliwości samoczynnej regulacji jak układ z rys. 1. Możliwość uzyskania silnego zwiększania



Rys. 2. Układ Leonarda z amplityną pracującą jako wzbudnica

- | | |
|--|---|
| G — prądnica główna | R_1 — opornik dla sprzężenia napięciowego |
| M_1 — silnik o obrotach regulowanych | R_{reg} — opornik regulacyjny |
| M_2 — silnik napędzający prądnice G oraz amplitynę | 1, 2, 3 — uzwojenia sterujące amplityny |
| Am — amplitudyna | 4 — uzwojenie stabilizujące |
| Tr_1, Tr_2 — transformatory stabilizujące | 5 — uzwojenie wzbudzające prądnicy G |
| R_{f1}, R_{f2} — oporniki w obwodach stabilizujących | 6 — uzwojenie wzbudzające silnika M_1 |

wzbudzenia prądnicy głównej jest tu szczególnie ważna ze względu na bezwładność elektromagnetyczną prądnicy głównej. W początkowym okresie rozruchu napięcie amplityny wzrasta do wartości znacznie większej od wymaganej przy pracy normalnej, dzięki czemu prąd wzbudzenia prądnicy głównej, a zatem i jej napięcie osiągają szybciej swe wartości odpowiadające tej pracy niż w przypadku, gdyby nie stosowano wzmożonego wzbudzenia.

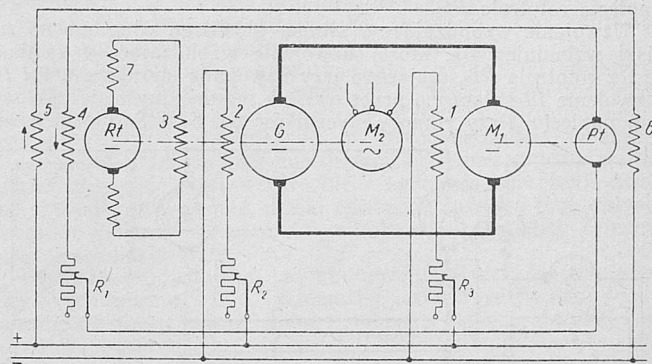
Jeżeli wymagane jest dokładne zatrzymywanie silnika (np. w układach Leonarda napędzających górnicze maszyny wyciągowe) można tak dobrać dane uzwojenia 2, żeby przepływ jego znośił magnetyzm szczątkowy.

W układach większej mocy stosuje się amplityny jako podwzbudnice. Ma to na celu zmniejszenie prądów występujących w obwodach sterowniczych.

Podobne zadania jak amplityny mogą w układach zautomatyzowanych Leonarda spełniać również rototrole. Na rys. 3 pokazano schemat ideowy, w którym rototrol Rt zasilą uzwojenie wzbudzające 3 prądnicy głównej G . Poza tym prądnica ma uzwojenie wzbudzające 2 połączone przez opornik R_2 ze źródłem o stałym napięciu. Uzwojenie sterujące rototrola 5 oraz uzwojenie wzbudzające 6 prądnicy tachometrycznej Pt są również zasilane z tego samego źródła. Uzwojenie sterujące rototrola 4 połączone przez opornik R_1 z zaciskami twornika prądnicy tachometrycznej. Warunki pracy są tak dobrane, że suma oporności uzwojenia szeregowego rototrola 7 oraz uzwojenia 3 (wraz z ewentualnie dodanym opornikiem dla dostrojenia — nie pokazanym na schemacie) jest równa oporności krytycznej. Przez odpowiedni dobór oporności R_1 , R_2 i R_3 uzyskuje się potrzebną prędkość obrotową silnika, przy czym wtedy przepływy uzwojeń 4 i 5 dokładnie znoszą się i prąd w obwodzie uzwojenia 3 znajduje się w stanie równowagi chwilowej. Wartość tego prądu odpowiada takiemu wypadkowemu przepływowi uzwojeń 2 i 3, przy którym sil-

nik M_1 wiruje z wymaganą prędkością. Jeżeli liczba obrotów silnika, a więc i prędkość tachometrycznej, ulegnie zmianie, nastąpi zakłócenie równowagi między przepływami uzwojeń 4 i 5. Wywoła to z kolei zmiany napięcia na zaciskach rototrola oraz prądu w uzwojeniu wzbudzającym 3 prądnicy i napięcie jej osiąga nową wartość, odpowiadającą poprzedniej prędkości obrotowej silnika przy nowych zmienionych warunkach pracy.

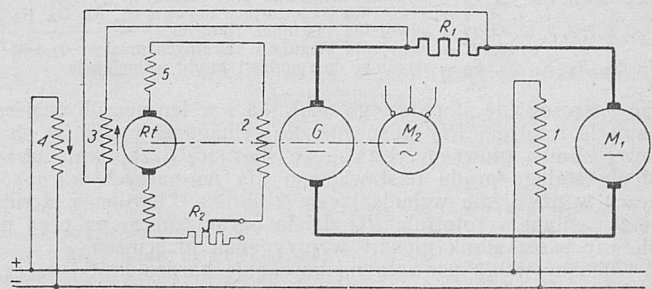
Na rys. 4 podano schematycznie układ Leonarda, w którym rozruch odbywa się przy stałej wartości prądu pobieranego przez silnik (a zatem przy stałym momencie). Rototrol pracuje tu jako wzbudnica, zasilając uzwojenie wzbudzające 2 wzbudnicy, przez opornik regulowany R_2 tak nastawiony, żeby suma oporności uzwo-



Rys. 3. Układ Leonarda z rototrolem utrzymujący samoczynnie stałą prędkość obrotową

- | | |
|--|--|
| G — prądnica główna | 2, 3 — uzwojenia wzbudzające prądnicy G |
| M_1 — silnik układu Leonarda | 4, 5 — uzwojenie sterujące rototrola |
| M_2 — silnik napędzający prądnice i rototrol | 6 — uzwojenie wzbudzające prądnicy tachometrycznej |
| Rt — rototrol | 7 — uzwojenie wzbudzające szeregowo rototrola |
| Pt — prądnica tachometryczna | |
| R_1, R_2, R_3 — oporniki regulacyjne | |
| 1 — uzwojenie wzbudzające silnika M_1 | |

jenia szeregowego 5 oraz oporności zewnętrznej (tzn. uzwojenia 2 i opornika R_2) była równa oporności krytycznej. Uzwojenie 3 zasilą się z zacisków opornika R_1 napięciem proporcjonalnym do prądu pobieranego przez silnik. Zatem uzwojenie 2 zapewnia prądowe ujemne sprzężenie zwrotne. Uzwojenie 4 połączone ze źródłem o stałym napięciu. Natężenie prądu w uzwojeniu 4 reguluje się przy pomocy nie pokazanego na rysunku opornika. Przy odpowiednim doborze oporności układu można dla wymagane poboru prądu przez silnik uzyskać przepływ wypadkowy uzwojeń 3 i 4 równy zeru. Wtedy prąd dopływający do uzwojenia



Rys. 4. Układ Leonarda z rototrolem, utrzymujący samoczynnie stały prąd i moment w czasie rozruchu

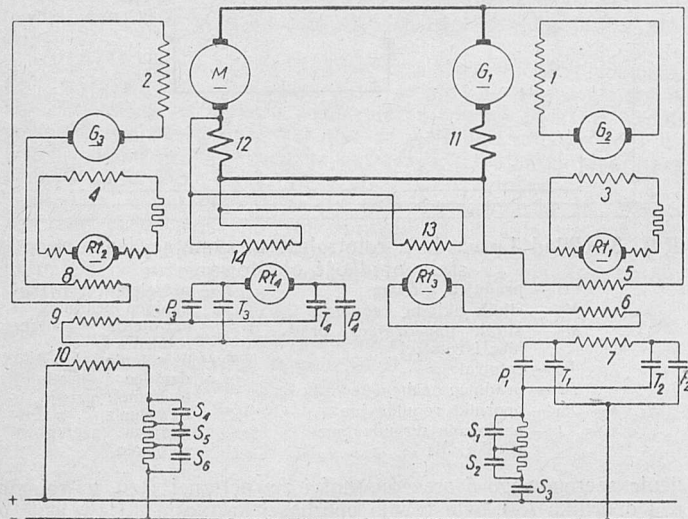
- | | |
|---|---|
| G — prądnica główna | R_2 — opornik regulacyjny |
| M_1 — silnik układu Leonarda | 1 — uzwojenie wzbudzające silnika M_1 |
| M_2 — silnik napędzający prądnice G oraz rototrol | 2 — uzwojenie wzbudzające prądnicy G |
| Rt — rototrol | 3, 4 — uzwojenia sterujące rototrola |
| R_1 — opornik dla sprzężenia prądowego | |

2 znajduje się w stanie równowagi chwilowej. Gdy prąd silnika w okresie rozruchu osiągnie wartość inną niż wymagana, następuje zachowanie powyższej równowagi, gdyż wypadkowy przepływ uzwojeń 3 i 4 przestanie być równy zeru i napięcie na zaciskach rototrola, a zatem i prąd w uzwojeniu 2 ulegną zmianie, przy czym zmiany te będą takie, że napięcie na zaciskach osiągnie wartość odpowiadającą przy nowych warunkach pracy poprzedniej wartości prądu pobieranego przez silnik.

Na rys. 5 przedstawiono układ napędowy z rototrolem dla walcarki nawrotnej. Rototrol Rt_1 pracuje jako podwzbudnica prądnicy głównej G_1 , zasilając uzwojenie wzbudzające 3 wzbudnicy G_2 . Rototrol Rt_1 ma trzy uzwo-

jenia sterujące 5, 6 i 7. Uzwojenie 7 połączone przez opornik regulacyjny z siecią o stałym napięciu. Przy pomocy styczników S_1 i S_2 można zwierać poszczególne stopnie oporowe i w ten sposób nastawiać wymagane napięcie rototrola Rt_1 , a zatem i wzbudnicy G_2 oraz prądnicy G_1 . Styczniki P_1 i P_2 zamyka się przy wirowaniu silnika w jedną stronę (przedni bieg), a T_1 i T_2 przy wirowaniu w drugą stronę (tylny bieg). Dzięki uzwojeniu 5 uzyskuje się napięciowe ujemne sprzężenie zwrotne i w czasie pracy napięcie prądnicy pozostaje w przybliżeniu stałe, co w przybliżeniu odpowiada stałej prędkości obrotowej. Uzwojenie 6 zasilane z rototrola Rt_3 jest uzwojeniem prądowego sprzężenia zwrotnego i przy nadmiernym wzroście obciążenia ogranicza prąd pobierany przez silnik przez zmniejszenie napięcia rototrola Rt_1 .

Uzwojenie wzbudające 2 silnika głównego włączono na zaciskach wzbudnicy G_3 , której uzwojenie wzbudające 4 zasilane jest z rototrola Rt_2 , mającego trzy uzwojenia sterujące 8, 9 i 10. Uzwojenie 10 połączone przez opornik regulacyjny z siecią o stałym napięciu. Przy pomocy styczników S_4 , S_5 i S_6 można zwię-



Rys. 5. Układ Leonarda z rototrolami przełączony do pracy nawrotnej

- G_1 — prądnica główna
- G_2 — wzbudnica prądnicy G_1
- G_3 — wzbudnica silnika M
- M — silnik układu Leonarda
- Rt_1, Rt_2, Rt_3, Rt_4 — rototrole
- P_1, P_2, P_3, P_4 — styczniki włączane przy ruchu w przód
- T_1, T_2, T_3, T_4 — styczniki włączane przy ruchu w tył
- 1, 2, 3, 4 — uzwojenia wzbudające maszyn G_1, M, G_2, G_3
- 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 — uzwojenia sterujące rototrolami
- 11, 12 — uzwojenia biegunów zwrotnych maszyn G_1 i M
- $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ — styczniki do regulacji prądu wzbudzenia

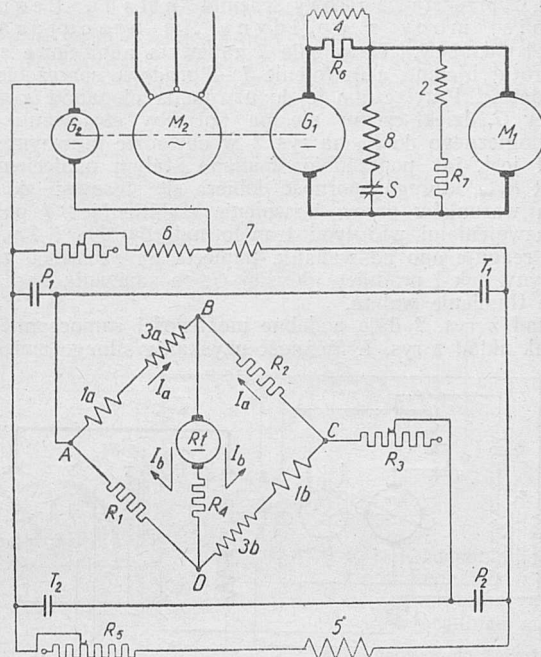
rać poszczególne stopnie tego opornika i w ten sposób dobierać napięcie rototrola Rt_2 stosownie do wymaganej prędkości obrotowej silnika głównego. Uzwojenie sterujące 8 zapewnia utrzymanie stałego prądu nastawionego dla normalnych warunków pracy w uzwojeniu wzbudającym 2 silnika. Uzwojenie sterujące 9 zasilane z rototrola Rt_4 działa ograniczając na prąd pobierany przez silnik główny w przypadku przeciążeń.

Opisany układ pozwala na uzyskanie bardzo krótkiego czasu nawrotu.

Na rys. 6 podano układ Leonarda z rototrolem w układzie mostkowym, spotykany w większych obrabiarkach pracujących przy okresowej zmianie kierunku ruchu (typowym przykładem mogą tu być strugarki podłużne). Prądnica główna G_1 ma tu uzwojenie wzbudające 1 podzielone na dwie połowki $1a$ i $1b$. Również uzwojenie szeregowe samowzbudne rototrola składa się z dwóch jednakowych części $3a$ i $3b$. Uzwojenie $1a$ połączone szeregowo z $3a$, a uzwojenie $1b$ z $3b$ i włączono je do przeciwnych gałęzi mostka. Oporności R_1 i R_2 dwóch pozostałych gałęzi mostka są jednakowe i równe oporności gałęzi z uzwojeniami. Napięcie stałe ze wzbudnicy bocznikowo-szeregowej, doprowadzone do punktów A i C przez opornik regulowany R_3 , powoduje przepływ przez uzwojenia $1a$ i $3a$ oraz $1b$ i $3b$ prądu I_a . Twornik rototrola wraz z jego uzwojeniem i opornikiem R_4 włączono między punkty B i D .

Uzwojenie szeregowe 3 wytwarza strumień magnetyczny w rototrolu i między punktami B i D zjawia się napięcie, które powoduje przepływ prądu I_b przez uzwojenia $1a$ i $3a$ oraz $1b$ i $3b$. Napięcie ustalone na zaciskach prądnicy G_1 zależy od przepływu, wytwarzanego przez algebraiczną sumę $I_a + I_b$.

Rototrol ma dwa uzwojenia sterujące: 2, dzięki któremu uzyskuje się sprzężenie zwrotne napięciowe ujemne, oraz 4, zapewniające sprzężenie zwrotne prądowe dodatnie. Uzwojenie 2 reguluje na zmiany napięcia prądnicy G_1 , a uzwojenie 4 pozwala

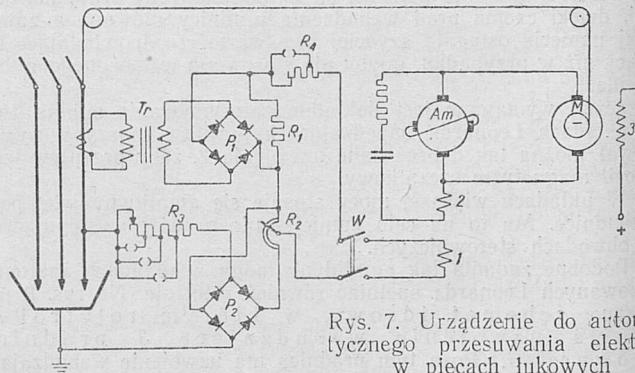


Rys. 6. Układ Leonarda z rototrolem w układzie mostkowym

- G_1 — prądnica główna
- G_2 — wzbudnica
- M_1 — silnik układu Leonarda
- M_2 — silnik napędzający G_1, G_2 oraz Rt
- Rt — rototrol
- P_1, P_2 — styczniki-włączane przy ruchu w przód
- T_1, T_2 — styczniki włączane przy ruchu w tył
- S — stycznik włączający uzwojenie 8
- $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_7$ — oporniki regulacyjne
- R_6 — opornik dla sprzężenia zwrotnego prądowego
- $1a, 1b$ — uzwojenia wzbudające prądnicy G_1
- 2, 4 — uzwojenia sterujące rototrola
- $3a, 3b$ — uzwojenia szeregowe samowzbudne rototrola
- 5 — uzwojenie wzbudające silnika M_1
- 6 i 7 — uzwojenia wzbudające wzbudnicy G_2
- 8 — uzwojenie wzbudające prądnicy G_1

na skompensowanie spadku napięcia w obwodzie tworników silnika i prądnicy, co usztywnia charakterystykę $n = f(M)$ i umożliwia rozszerzenie zakresu regulacji.

Przy pomocy opornika R_3 dobiera się napięcie na zaciskach prądnicy, a przy pomocy opornika R_5 — prąd wzbudający



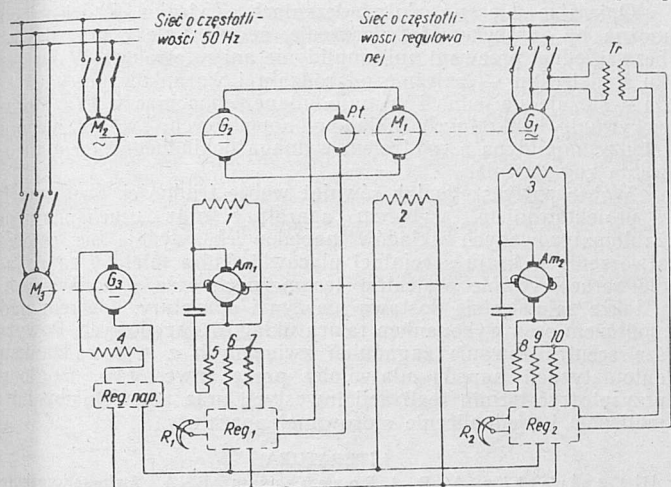
Rys. 7. Urządzenie do automatycznego przesuwania elektrod w piecach łukowych

- Am — amplitudyna
- M — silnik obcowzbudny prądu stałego
- P_1, P_2 — układy prostowników
- R_1, R_2, R_3, R_4 — oporniki
- Tr — przekładnik prądowy
- W — wyłącznik
- 1 — uzwojenie sterujące amplitudyny
- 2 — uzwojenie stabilizujące
- 3 — uzwojenie wzbudające silnika M

w uzwojeniu 5 silnika i w ten sposób ustala się wymaganą prędkość obrotową silnika. Wzajemny stosunek przepływów uzwojeń sterujących rototrola uzyskuje się przez odpowiedni dobór oporników R_6 i R_7 .

Opornik R_4 pozwala na takie dopasowanie oporności w obwodzie zewnętrznym rototrola, żeby oporność obwodu uzwojenia samowzbudnego szeregowego była równa krytycznej, gdyż wtedy uzyskuje się największą czułość układu.

Styczniki P_1 i P_2 oraz T_1 i T_2 są włączane lub wyłączane przez wyłączniki krańcowe w obrabiarkę i powodują zmiany kierunku prądu wzbudzenia prądnicy, a zatem zmianę biegunowości jej zacisków i kierunku wirowania silnika M_1 . Uzwojenie δ prądnicy jest włączane przez stycznik S przy zmianie kierunku wirowania oraz przy zatrzymywaniu ruchomych elementów obrabiarki. Jest ono włączone tak, że osłabia strumień magnetyczny



Rys. 8. Układ do przetwarzania częstotliwości z prądnicą synchroniczną

- G_1 — prądnicą synchroniczną
 G_2 — prądnicą główną układu Leonarda
 G_3 — wzbudnica
 M_1 — silnik układu Leonarda
 M_2, M_3 — silniki napędowe prądu zmiennego
 Am_1, Am_2 — amplitudyny
 Tr — przekładnik napięciowy
 Reg_1 — układ regulacji częstotliwości
 Reg_2 — układ regulacji stosunku napięcia do częstotliwości
 R_1, R_2 — oporniki regulacyjne
 1 — uzwojenie wzbudzające prądnicy G_2
 2 — uzwojenie wzbudzające silnika M_1
 3 — uzwojenie wzbudzające prądnicy G_1
 4 — uzwojenie wzbudzające wzbudnicę G_3
 $6, 7, 9, 10$ — uzwojenia sterujące amplitudyn
 $5, 8$ — uzwojenia stabilizujące

w prądnicy głównej, a zatem przyśpiesza zwalnianie układu; znosząc magnetyzm szczątkowy umożliwia dokładne zatrzymanie obrabiarki w określonym położeniu.

Jako przykład zastosowania wzmacniaczy elektromaszynowych w różnych urządzeniach specjalnych przedstawiono na rys. 7 schemat ideowy układu napędowego do przesuwania elektrod w piecach łukowych. Silnik obcowzbudny M , którego zadaniem jest unoszenie lub opuszczanie elektrody jednej z faz, zasilamy z amplitudyny Am . Kierunek oraz prędkość obracania się wirnika powyższego silnika zależą od biegunowości i wartości napięcia na zaciskach amplitudyny. Amplitudyna ma uzwojenie sterujące 1 oraz stabilizujące 2. Uzwojenie 1 połączono poprzez wyłącznik W i oporniki R_1 i R_2 z prostownikami P_1 i P_2 . Spadki napięć na opornikach R_1 i R_2 mają kierunki przeciwne. Prostowniki P_1 są po stronie prądu zmiennego zasilane z przekładnika prądowego Tr , dzięki czemu prąd wyprostowany płynący przez opornik R_1 ma natężenie proporcjonalne do natężenia prądu dopływającego do elektrody. Natomiast prąd płynący przez opornik R_2 jest proporcjonalny do napięcia między elektrodą a dnem kadzi. Przy pracy pieca w wymaganych warunkach napięcie wypadkowe doprowadzone do uzwojenia sterującego amplitudyny równa się zeru, a zatem amplitudyna jest niewzbudzona i wirnik silnika przeznaczanego do przesuwania elektrod jest nieruchomy.

Jeżeli nastąpi odchylenie od normalnej pracy pieca, powstaje zakłócenie równowagi między spadkami napięć na opornikach R_1 i R_2 i amplitudyna wzbudza się, co z kolei wywołuje obrót wirnika silnika M i przesunięcie elektrody w takim kierunku, żeby warunki pracy pieca powróciły do stanu poprzedniego. Urządzenie odznacza się czułością i szybkością działania, czemu już po bardzo krótkim czasie piec wraca do normalnej pracy. Każdą z faz pieca zaopatruje się w opisane urządzenie.

Obok opisanych układów z amplidyną stosuje się też podobne układy z rototrolami do regulacji położenia elektrod.

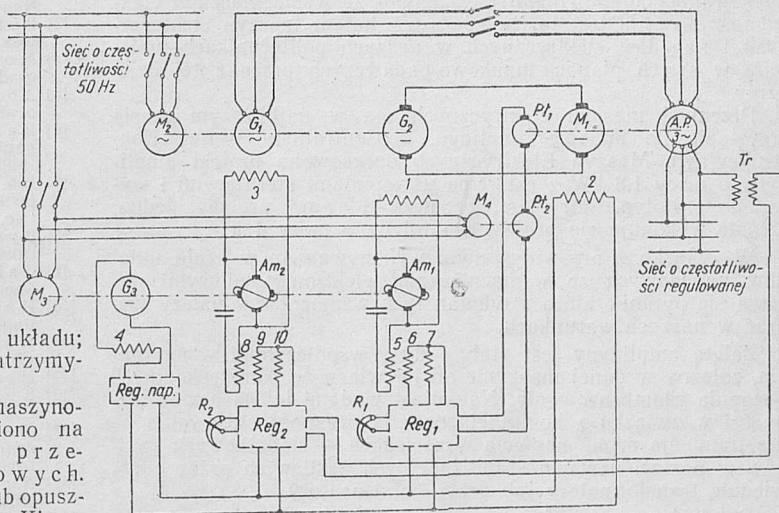
Na rys. 8 i 9 podano schematy urządzeń do zasilania silników asynchronicznych z wiatrych, których obroty reguluje się przez zmianę częstotliwości (najczęściej chodzi tu o uzyskanie pred-

kości obrotowych wyższych od 3000 obr./min.). Urządzenia przetwornicowe przedstawione na rys. 8 i 9 zapewniają płynną regulację częstotliwości oraz napięcia zasilającego, a także utrzymanie stałego stosunku tego napięcia do częstotliwości i stałej wartości nastawionej częstotliwości.

Rys. 8 podaje sieć o regulowanej częstotliwości; tu do sieci włącza się silniki asynchroniczne, których prędkość obrotowa ma być regulowana; sieć jest zasilana z prądnicy synchronicznej G_1 , napędzanej silnikiem prądu stałego M_1 , który należy do układu Leonarda. Uzwojenie wzbudzające 1 prądnicy G_2 układu Leonarda ma uzwojenie wzbudzające połączone z ciskami amplitudyny Am_1 o dwu uzwojeniach sterujących (6 i 7) oraz jednym stabilizującym (5). Regulując napięcie amplitudyny uzyskuje się zmianę napięcia prądnicy, co z kolei wpływa na zmianę prędkości obrotowej silnika M_1 , a zatem i częstotliwości w sieci zasilanej przez prądnicę synchroniczną.

Całość aparatury przeznaczonej do regulacji częstotliwości oznaczono na rysunku schematycznie przez regulator Reg_1 . Uzwojenie sterujące 6 jest zasilane stałym prądem nastawianym przy pomocy opornika R_1 , a uzwojenie 7 jest połączone z zaciskami prądnicy tachometrycznej $P.t.$, sprzęgniętej mechanicznie z silnikiem M_1 . Uzwojenie 7 zapewnia sprzężenie zwrotne szybkościowe ujemne, dzięki czemu nastawiona przy pomocy opornika R_1 prędkość obrotowa silnika M_1 i prądnicy synchronicznej pozostaje stała.

Druga amplitudyna Am_2 zasila uzwojenie wzбудzajace prądnicę synchroniczną G_1 . Zadaniem jej jest utrzymywanie — niezależnie od obciążenia — stałego stosunku napięcia na zaciskach prądnicy synchronicznej do częstotliwości. Amplitudyna Am_2 ma dwa uzwojenia sterujące 9 i 10 oraz jedno stabilizujące 8.



Rys. 9. Układ do przetwarzania częstotliwości z przetwornicą asynchroniczną

- | | | | |
|------------------|--|-------------|--|
| A_p | — asynchroniczna przetwornica częstotliwości | Reg_1 | — układ do regulacji częstotliwości |
| G_1 | — prądnica synchroniczna | Reg_2 | — układ do regulacji stosunku napięcia do częstotliwości |
| G_2 | — prądnica główna układu Leonarda | R_1, R_2 | — oporniki regulacyjne |
| G_3 | — wzbudnica | 1 | — uzwojenie wzbudzające prądnicy G_2 |
| M_1 | — silnik układu Leonarda | 2 | — uzwojenie wzbudzające silnika M_1 |
| M_2, M_3, M_4 | — silniki napędowe prądu zmiennego | 3 | — uzwojenie wzbudzające prądnicy G_1 |
| P_{t1}, P_{t2} | — prądnice tachometryczne | 4 | — uzwojenie wzbudzające wzbudnicy G_3 |
| Am_1, Am_2 | — amplitdyny | 5, 8 | — uzwojenia stabilizujące |
| $Reg. nap$ | — regulator napięcia wzbudnicy G_3 | 6, 7, 9, 10 | — uzwojenia sterujące |

Uzwojenie 9 jest zasilane prądem o stałej wartości przez opornik regulacyjny R_2 , przy którego pomocy nastawia się wymagany stosunek napięcia prądnicy synchronicznej do częstotliwości. Uzwojenie 10 jest połączone przez urządzenie regulacyjne Reg_2 i transformator Tr z zaciskami prądnicy G_1 . Powyższe sprzężenie zwrotne zapewnia samoczynną regulację prądu w uzwojeniu wzbudzającym 3 prądnicy synchronicznej, dzięki której stosunek napięcia na jej zaciskach do częstotliwości pozostaje stały.

Na rys. 9 przedstawiono schemat analogicznego urządzenia z asynchroniczną przetwornicą częstotliwości Ap , której wirnik jest napędzany przez silnik prądu stałego M_1 pracujący w układzie Leonarda. Regulacja obrotów silnika M_1 , a zatem i częstotliwości w sieci zasilanej przez przetwornicę Ap odbywa się

przez zmianę napięcia na zaciskach prądnicy głównej układu Leonarda G_2 . Stałość obrotów silnika M_1 utrzymuje się w taki sam sposób, jak opisano dla układu z rys. 8. Regulacja stosunku napięcia do częstotliwości na zaciskach wyjściowych przetwornicy asynchronicznej A_p odbywa się przez zmianę prądu w uzwojeniu wzbudzącym 3 prądnicy synchronicznej G_1 podobnie jak w układzie z rys. 8.

Podane wyżej przykłady wybrano jako typowe. Bynajmniej nie wyczerpują one możliwości stosowania wzmacniaczy elektromaszynowych w układach napędowych, gdyż znany jest poza tym szereg innych rozwiązań z amplidynami lub rototrolami. Cenne własności wzmacniaczy maszynowych pozwalają przypuszczać, że zakres ich zastosowania będzie się rozszerzał.

3. Nasze możliwości i widoki stosowania zautomatyzowanych układów napędowych.

Modernizacja starych oraz budowa nowych urządzeń przemysłowych stwarzają dla zautomatyzowanych układów napędowych ze wzmacniaczami elektromaszynowymi szerokie możliwości zastosowania. Obecnie pracuje już w kraju szereg takich układów, otrzymanych głównie ze Związku Radzieckiego. Jednocześnie w toku są prace naukowo-badawcze, których zadaniem jest stworzenie podstaw dla projektowania i wykonywania w kraju układów napędowych ze wzmacniaczami elektromaszynowymi. Wymienić tu można wykonanie modeli amplidyny przez katedrę prof. Nowackiego na Politechnice Wrocławskiej oraz katedrę prof. Szklarskiego w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Instytut Elektrotechniki w Warszawie pracuje nad stosowaniem wzmacniaczy elektromaszynowych w układach napędowych i wykonuje próbny model rototrola. Dowodem zainteresowania zagadnieniami związanymi ze wzmacniaczami elektromaszynowymi jest to, że większość katedr maszyn elektrycznych i napędów elektrycznych w naszych politechnikach umieściła w swych planach naukowo-badawczych prace z tej dziedziny.

Przemysł maszyn elektrycznych ma w najbliższym czasie przystąpić do budowy amplidyn. W Centralnym Biurze Konstrukcyjnym Maszyn Elektrycznych opracowano projekt amplidyny o mocy 1,8 kW z czterema uzwojeniami sterującymi i wykonano prototyp, który jest obecnie poddawany próbom. Jednocześnie wykonuje się projekt amplidyny o mocy 4 kW.

W związku z przewidywanym wykonywaniem w kraju układów napędowych ze wzmacniaczami elektromaszynowymi nasuwa się pytanie, którą z odmian tych wzmacniaczy należy wybrać w naszych warunkach.

Zaletą amplidyny jest stały i duży współczynnik wzmocnienia, zależny w danej maszynie od jej własności konstrukcyjnych i stopnia skomponowania. Natomiast wadami jej są pewne trudności w związku z komutacją oraz konieczność stosowania — dla tłumienia drgań napięcia w zaciskach — dodatkowych środków w postaci uzwojeń stabilizacyjnych zasilanych przez odpowiednie transformatory lub przez kondensatory.

Rototrol z uzwojeniem szeregowym samowzbudnym nie wymaga stosowania uzwojeń stabilizacyjnych ze względu na swą naturalną zdolność szybkiego ustalania się napięcia na zaciskach. Opanowanie komutacji w nim nie nastręcza na ogół większych trudności (dotyczy to zwłaszcza rototrola jednostopniowego). Natomiast wadą rototrola jest zmienność współczynnika wzmocnienia, którego wartość zależy od dostrojenia obwodu

uzwojenia samowzbudnego i osiąga maksimum przy oporności tego obwodu równej krytycznej. W związku z tym przy pracy rototrola należy liczyć się ze zmianami współczynnika wzmocnienia, wywołanymi przez nagrzewanie się uzwojeń oraz wpływy zewnętrzne. Przy budowie rototrolu występują trudności natury materiałowej w związku z dążeniem do uzyskania możliwie małego magnetyzmu szczątkowego.

Opierając się na doświadczeniach Związku Radzieckiego można by zaryzykować twierdzenie, że nie należy przyznawać bezwzględnej przewagi ani amplidynie ani rototrolowi. W Związku Radzieckim — zależnie od rodzaju i warunków pracy układu — stosuje się jedną i drugą odmianę wzmacniaczy. Przy opracowywaniu konkretnych układów napędowych kwestia wyboru między amplidyną a rototrolem wymaga dokładnego przeanalizowania zagadnienia.

Wobec powyższego jak również wobec trudności, związanych z projektowaniem, wyborem aparatury oraz uruchamianiem zautomatyzowanych układów napędowych, wydaje się celowe stworzenie w kraju specjalnej placówki, która miałaby za zadanie opracowywanie projektów technicznych oraz wykonawczych, a także zajęłaby się dostawą maszyn i aparatury, dozorem nad montażem oraz wykonaniem takich układów napędowych. Powyższe centralizowanie zagadnień związanych z wprowadzaniem automatyzacji napędu ułatwiłoby pracę inwestorów, mogłoby przyspieszyć termin realizacji inwestycji oraz umożliwiłoby normalizację i ujednolicenie stosowanej aparatury.

LITERATURA

- [1] Czelustkin A. B. i Rozenbaum E. A. Awtomatizieskoje uprawlenie prokatnymi stanami. Metallurgizdat, Moskwa, 1950.
- [2] Okorokow N. W. Elektropriwlnyje pieczy czornoj mietalurgii. Gos. Nauczno-technicz. Izdatelstwo, Moskwa, 1950.
- [3] Popow W. K. Osnovy elektropriwoda. Goseniergoizdat, Leningrad-Moskwa, 1951.
- [4] Morozow D. P. Osnovy elektropriwoda. Goseniergoizdat, Leningrad-Moskwa, 1950.
- [5] Adkins B. Amplidyne Regulating Systems (Journ. of the Inst. of Electr. Eng., 1947).
- [6] Barski S. Z. O możliwości kompaundowania priwodnowo dwigatela w riewiersitnoij schiemie Leonarda (Wiestn. Elektropromysl., 1949).
- [7] Babyszew W. T. Sowremiennyje tiendenci i zadacz i w oblasti elektrooborudowanija mietalloorieuszuszczich stankow (Elektriczestwo, 1946).
- [8] Byczkow W. P. Kwadradicznaja sistiema s primienienjem elektromaszynnowo usilitiela (Elektriczestwo, 1952).
- [9] Caldwell G. A., Formhals W. H. Electrical Drives for Wide Speed Ranges (Trans. A.I.E.E., 1942).
- [10] Harris W. R. Regulating Systems for the Steel Industry (Westingh. Eng., 1952).
- [11] Harris W. R. Industrial Applications of Rototrol Regulators (Trans. A.I.E.E., 1946).
- [12] Helot M. Rototrol (Bull. de la Soc. Franc. des Electr., 1949).
- [13] Kubler E. Verstärker- und Regelmachines für Gleichstrom (ETZ, 1951).
- [14] Marianowski D. I. Elektromaszynnye usilitieli w sistemach awtomatizieskogo uprawlenia i reguliowanija elektropriwodow (Elektriczestwo, 1948).
- [15] Nowacki P. Automatyzacja procesów wytwórczych (Przegl. Elektr. 1953, z. 1, str. 2-5).
- [16] Szklarski L. Zastosowanie wzmacniaczy maszynowych do sterowania maszyn wyciągowych w układzie Leonarda (Przegl. Elektr. 1952, z. 12, str. 475-484).
- [17] Smoluchowski W. O amplidynie (Wiad. Elektr., 1953).
- [18] Sequenz H. Verstärkermaschinen (E. u. M., 1952).
- [19] Szapiro I. L. Sowremiennyj elektropriwod prodolnostrogielnowo stanka (Wiestn. Elektroprom., 1948).
- [20] Pełczewski W. Zasada działania amplidyny (Przegl. Elektr. 1953, z. 4, str. 139-146).

PROF. DR INŻ. L. SZKLARSKI
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Zakład i Katedra Elektryfikacji Urządzeń
Górnictw

Prace naukowe dotyczące nowych typów napędów, wykonywane w ZEUG AGH

W Zakładzie Elektryfikacji Urządzeń Górniczych A.G.H. wykonuje się kilka prac z dziedziny nowych typów napędów elektrycznych. Niektóre z nich są dopiero w stadium opracowania teoretycznego, inne natomiast są już wykonywane na instalacjach laboratoryjnych, przy czym można się liczyć z przeniesieniem tych doświadczeń w najbliższej przyszłości bezpośrednio do warunków ruchowych. Do tego będzie niezbędna pomoc Instytutu Elektrotechniki.

W Zakładzie są wykonywane m. inn. wymienione niżej prace.

1. Zastosowanie wzmacniaczy maszynowych do sterowania maszyn wyciągowych w układzie Leonarda

Do wykonania tej pracy Zakład musiał zbudować kilka typów amplidyn. Jedną z nich oddano jako prototyp do produkcji przemysłowej.

Doświadczenia wykonywano na instalacji laboratoryjnej Zakładu Elektryfikacji Urządzeń Górniczych. Instalacja o mocy silnika roboczego 25 kW imitowała maszynę wyciągową.

Nie mając własnego oscylografu pętlowego, Zakład korzystał z pomocy Instytutu Elektrotechniki, który oddał do dyspozycji swój oscylograf wraz z personelem laboratoryjnym. Przy pomocy tego oscylografu wykonano szereg ważnych pomiarów.

Chcąc przenieść swe doświadczenia do warunków ruchowych Zakład porozumiewał się z Oddziałem Projektowania Urządzeń Elektrycznych w Warszawie co do współudziału w wykonaniu jednego z projektów instalacji wyciągowej. Dotychczas nie przewiduje się wykonania w kraju nowej instalacji, do której można by zastosować wzmacniacze maszynowe.

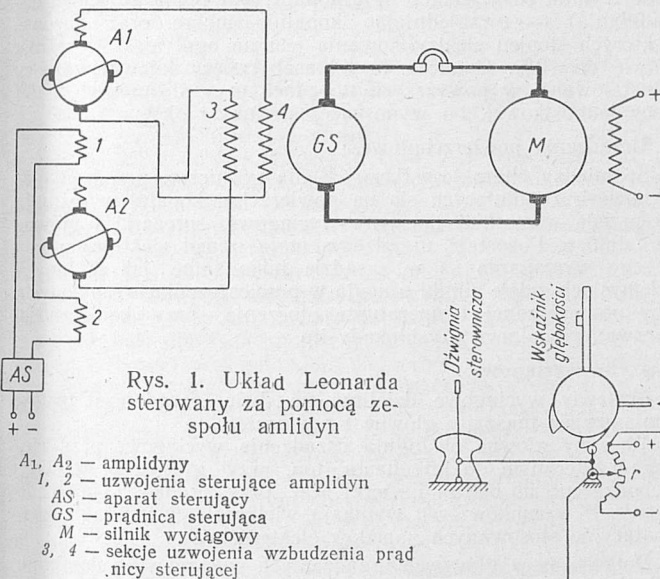
W ramach prac tej samej kategorii są prowadzone badania teoretyczne i laboratoryjne nad możliwością zastąpienia układów Leonarda drugiego stopnia układami sterowanymi za pomo-

ca zespołu wzmacniaczy (rys. 1). Układ taki został opracowany przez autora.

Przy bezpośrednim zasilaniu uzwojenia wzbudzenia prądnicy układ Leonarda większej mocy wymaga do sterowania wzmacniacza maszynowego stosunkowo dużej mocy. Tak np. instalacja z prądnicą sterującą o mocy ok. 2000 kW wymaga wzmacniacza o mocy powyżej 20 kW. Ponadto należy liczyć się z ciągłym wzrostem mocy instalacji wyciągowych produkcji krajowej, dzięki czemu moc prądnic sterujących w krótkim czasie przekroczy podaną wyżej wartość.

Amplidyny wykonywane obecnie przez nasz przemysł mają moc kilku kilowatów. Nie ma specjalnych trudności w wykonaniu amplidyn o mocy rzędu 10 kW, przy większych jednak mocach napotyka się znaczne trudności z komutacją; za granicą produkowane są amplidyny o mocy do 25 kW. Dla prądnic więc sterujących większych mocy moce wzmacniaczy maszynowych są niewystarczające do bezpośredniego zasilania uzwojenia wzbudzenia prądnicy.

Wobec powyższego układy Leonarda większej mocy wykonują się jako dwustopniowe, przy czym wzmacniacz maszynowy



steruje wzbudnicę, ta zaś zasilą uzwojenie wzbudzenia prądnicy sterującej. Jednak tego rodzaju układy z amplidyną, choć zasadniczo rozwiązują zagadnienie, mają wiele wad, między innymi mają zbyt małą skuteczność, powiększającą koszty instalacyjne itd. Stosowane są również układy z rototrolem w układzie mostkowym. Układy te są dość stateczne, lecz aparat sterujący trzeba konstruować na znaczną moc, co częściowo niweczy korzyści stosowania wzmacniaczy maszynowych. Pochodzi to stąd, że w układzie mostkowym sekcje uzwojeń wzbudzenia prądnicy sterującej łączy się w szereg z sekcjami uzwojeń sterujących rototrola, a więc przez aparat sterujący przepływa całkowita moc obwodu wzbudzenia prądnicy sterującej. Natomiast proponowany układ może się składać z kilku amplidyn małej mocy, przy czym uzwojenia sterujące wszystkich amplidyn są połączone w szereg tworząc jeden obwód, obwody zaś wyjściowe są niezależne i każda amplidyna zasilą jedną sekcję uzwojenia wzbudzenia prądnicy sterującej. Należy jednak przestrzegać, żeby sekcje, na które dzieli się uzwojenie wzbudzenia prądnicy sterującej, jak najmniej różniły się pomiędzy sobą pod względem elektrycznym. Po ukończeniu prac laboratoryjnych celowe byłoby wypróbowanie układu w warunkach ruchowych.

Prócz prac wymienionych wyżej, wykonuje się również projekt i model prądniczki ograniczającej. Prądniczki takie mają zastosowanie łącznie ze wzmacniaczami maszynowymi w układach zautomatyzowanych i służą do samoczynnego ograniczania obciążenia silnika roboczego bez zadziałania zabezpieczenia nadmiarowego.

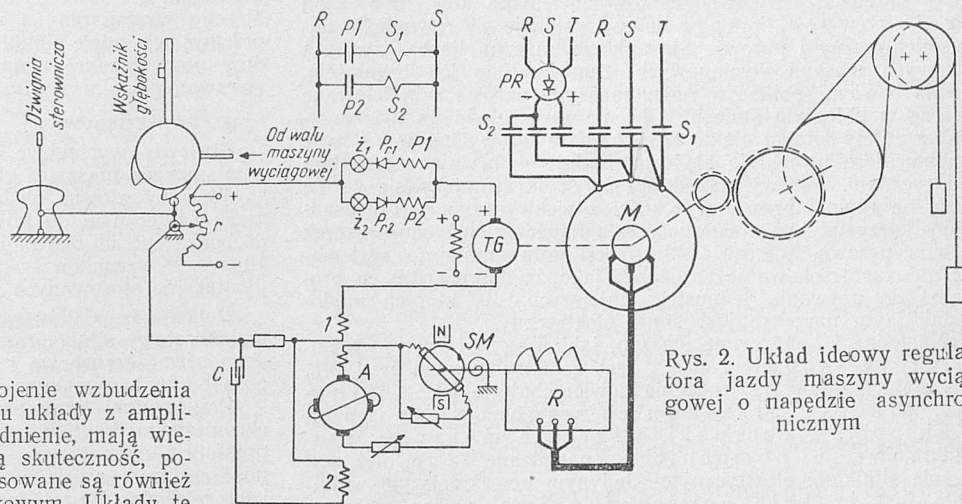
2. Opracowanie regulatora jazdy do sterowania maszyn wyciągowych o napędzie asynchronicznym

Autor opracował regulator jazdy, działający na zasadzie statycznego zamkniętego systemu regulacji. Regulacja asynchronicznego silnika wyciągowego odbywa się za pomocą obrotowej

opornicy płynowej, sterowanej przy pomocy serwomotoru. Serwomotor oparty jest na zasadzie przyrządu pomiarowego z ruchomą cewką.

Układ dokonuje porównania przebiegu prędkości zadanej z przebiegiem prędkości rzeczywistej na drodze elektrycznej. Prędkość zadana (rys. 2) charakteryzuje się pozycją suwaka dzielnika napięć r , prędkość zaś rzeczywistą podaje prądnica tachometryczna TG . W układzie tym napięcie na zaciskach dzielnika napięć jest proporcjonalne do prędkości zadanej, a siła elektromotoryczna na zaciskach prądnicy tachometrycznej — do prędkości rzeczywistej. Obie wielkości są włączone przeciwobnie. W obwód ten włącza się uzwojenie sterujące I amplidyny A . Napięcie na szczotkach wyjściowych amplidyny będzie więc wprost proporcjonalne do różnicy pomiędzy prędkością zadaną a rzeczywistą. Do szczotek wyjściowych amplidyny włączona jest ramka serwomotoru SM , dzięki czemu osiąga się prostą proporcjonalność między różnicą prędkości a wychyleniem opornicy sterującej.

Przy rozruchu prędkość rzeczywista zawsze jest nieco mniejsza niż zadana. Przy biegu ustalonym zamyka się obwód wirnika silnika za pomocą stycznika (nie pokazanego na rys. 2), dzięki czemu opornica rozruchowa jest zupełnie wyłączona i silnik wyciągowy pracuje na charakterystyce własnej. Gdy rozpoczyna się okres zwalniania, prędkość zadana zaczyna maleć. Dzięki bezwładności układu prędkość rzeczywista pozostaje jeszcze prawie bez zmiany przez krótki okres czasu, powstaje więc znowu różnica pomiędzy prędkością zadaną a rzeczywistą, przy czym w okresie zwalniania znak tej różnicy jest ujemny. Dzięki temu wyłącza się przełącznik spolaryzowany P_1 , co powoduje wyłączenie się stycznika S_1 i odłączenie stojana silnika M od sieci. W chwilę potem zadziała przełącznik spolaryzowany P_2 ,



- A — amplidyna
 $1, 2$ — uzwojenia sterujące amplidyny
 C — kondensator stabilizacyjny
 M — silnik wyciągowy
 P_1, P_2 — przełączniki spolaryzowane
 Pr_1, Pr_2 — prostowniki
 Z_1, Z_2 — opory (żarówki)
 R — opornica płynowa

- r — dzielnik napięć zadający prędkość
 S_1 — stycznik pracy silnikowej
 S_2 — stycznik hamowania dynamicznego
 SM — serwomotor
 TG — prądnica tachometryczna
 PR — prostownik hamowania dynamicznego

co powoduje włączenie źródła prądu stałego PR do uzwojenia stojana silnika wyciągowego i umożliwia hamowanie dynamiczne. W tym okresie silnik sterowany jest za pomocą tej samej opornicy, co przy rozruchu. Dla powiększenia stateczności układu zastosowano dodatkowe sprzężenie zwrotne pojemnościowe.

Jak pokazały pomiary laboratoryjne, dokładność sterowania tego układu jest znaczna. Przy zadanej prędkości równej ok. 50% wartości znamionowej, przy zmianie obciążenia silnika asynchronicznego prawie od biegu jałowego do obciążenia znamionowego liczba obrotów wahała się w granicach od 530 do 510, czyli w granicach 4%, przy czym dokładność może być znacznie powiększona przez podwyższenie napięcia na dzielniku napięć i przez powiększenie prądu wzbudzenia prądnicy tachometrycznej. Układ może być sterowany ręcznie lub też samoczynnie.

Po ukończeniu prac doświadczalnych należałoby przenieść ten układ na jedną z kopalń. W tym celu prowadzone są pertraktacje z filią Biura Projektów Maszyn Górniczych w Krakowie.

Prace Zakładu są dotowane przez Wydział IV Polskiej Akademii Nauk.

MGR INŻ. WŁADYSŁAW GLUZIŃSKI

Napęd elektryczny w górnictwie węglowym

621.34:622.33

Treść Kopalniane urządzenia maszynowe — powierzchniowe i dołowe. Zakres elektryfikacji powyższych urządzeń. Napęd elektryczny maszyn wyciągowych, sprężarek i głównych wentylatorów. Zagadnienie modernizacji napędów dla pomp głównego odwadniania, urządzeń transportowych oraz górniczych maszyn przodkowych.

Электрический привод в каменноугольной промышленности. Машинные устройства в копиях — на поверхности и под землей. Пределы электрификации этих устройств. Электрический привод подъемных машин, компрессоров и главных воздухоудов. Вопросы модернизации приводов для насосов главного водоотлива, для транспортных устройств и забойных машин.

Electric drives in the coal mining industry. Surface and underground mining plant and equipment. The scope of electrification of such plant and equipment. Electric drives for winders, compressors and mine fans. The problem of modernising drives for the main drainage pumps, conveyor equipment and coal face machines.

1. Wstęp.

W historycznym rozwoju maszynowych urządzeń kopalnianych pierwszymi formami energii stosowanymi w górnictwie przed energią elektryczną były energie pary i sprężonego powietrza. Utrzymują się one dotychczas ze względu na różnorodność wymagań górniczych. Szybki jednak rozwój napędu elektrycznego, dostosowujący się w szerokim zakresie nawet do tak swoistych warunków, jakie panują na dole kopalni, spowodował powszechne wprowadzenie silnika elektrycznego do napędu maszyn i urządzeń kopalnianych.

Wystarczy nadmienić, że moc czynnych napędów elektrycznych na naszych kopalniach w urządzeniach powierzchniowych i dołowych sięga już wielu setek tysięcy kilowatów, przy czym stopień elektryfikacji wyrażający się stosunkiem mocy elektrycznej do mocy ogólnej wynosi ok. 76%. Liczba ta jest tym więcej godna uwagi, że dotychczas utrzymuje się w ruchu duże maszyny o napędzie parowym, jak maszyny wyciągowe i turbosprężarki oraz stosuje się na dole sprężone powietrze. Świadczy ona o szerokim wprowadzeniu silnika elektrycznego do górnictwa.

W urządzeniach powierzchniowych jedynie dla maszyn wyciągowych i sprężarek stosuje się równolegle napęd elektryczny i parowy. Stosunkowo znaczna liczba czynnych parowych maszyn wyciągowych tłumaczy się ich trwałością, można bowiem spotkać w ruchu maszyny parowe zainstalowane jeszcze w ubiegłym stuleciu. Obecnie ze względu na niezaprzeczalne zalety silnika elektrycznego maszyny wyciągowe główne i pomocnicze projektuje się oraz buduje wyłącznie z napędem elektrycznym. Parowy napęd sprężarek utrzymujący się co do mocy na równi prawie wysokości z elektrycznym jest uzasadniony korzystniejszym energetycznie napędem dużych sprężarek turbiną parową. Wzrost elektryfikacji dołu zmniejsza systematycznie zapotrzebowanie sprężarek jako źródła energii, co prowadzi do używania jednostek mniejszych, dla których najdogodniejszym napędem jest silnik elektryczny.

Następna z kolei grupa maszyn, jakimi są główne wentylatory kopalniane, jest zelektryfikowana w 100%. Pozostałe maszyny i urządzenia powierzchniowe jak sortownice, płuczki, przesuwnice wagonowe, podnośniki, pompy, czerpaki, wszelkie maszyny warsztatowe i pomocnicze napędzane są również wyłącznie silnikami elektrycznymi. Jedynym poważniejszym wyjątkiem jest trakcja powierzchniowa, wobec stosowania jej głównie do przetoku, przy którym nie ma wyraźnych korzyści z lokomotyw elektrycznych. Dla przewozów o zasięgu rozleglejším jak dowóz piasku podszadkowego przechodzi się stopniowo na trakcję elektryczną. Główna magistrala piaskowa, mająca obsługiwać całą nieckę węglową, będzie całkowicie zelektryfikowana.

Zupełne opanowanie napędu przez silnik elektryczny dotyczy i części urządzeń dołowych, a mianowicie głównego odwadniania i przewozu głównego. Użycie silnika elektrycznego do napędu pomp odwadniających w górnictwie datuje się od pierwszego okresu jego pojawienia się. Obecnie całkowicie zelektryfikowane odwadnianie w naszych kopalniach stanowi ok. 40% mocy instalowanej na dole. Główny przewód dołowy opanowany jest przez lokomotywy elektryczne z górnym przewodem ślizgowym z wyjątkiem kilku kopalń gazowych używających jeszcze lokomotyw dyżłowskich i lokomotyw na sprężone powietrze.

Sytuacja ulega zmianie w miarę przesuwania się przez transport oddziałowy i pomocniczy do robót przodkowych. Maszyny do urabiania, ładowania i transportu przodkowego oraz pomocniczego mają napęd zarówno powietrzny, jak i elektryczny. Powodem tego są trudne warunki eksploatacyjne dla maszyn i urządzeń elektrycznych w kopalniach bardzo mokrych ze względu na izolacyjnych oraz w kopalniach gazowych ze względu na obecność metanu, co powoduje konieczność stosowania kosztownego sprzętu ogniowego.

Pewne niezaprzeczalne zalety silnika powietrznego, wprowadzonego do robót górniczych razem z pierwszymi maszynami,

jak prostota budowy, większa odporność na ciężkie warunki pracy i wymagana mniejsza fachowość obsługi w porównaniu z silnikiem elektrycznym, odgrywają w miarę rozwoju mechanizacji dołowej coraz mniejszą rolę. Jeżeli dodać do tego nieekonomiczność dołowego napędu powietrznego, przy którym zużywa się ok. 7 razy więcej energii niż przy napędzie elektrycznym, to zrozumiałe jest intensywne elektryfikowanie kopalni.

Gwałtowny wzrost w ostatnich latach mechanizacji robót dołowych z zastosowaniem napędu elektrycznego spowodował, że współczynnik elektryfikacji dołu kopalni (bez pomp głównego odwadniania) — uwzględniając kopalnie mokre oraz gazowe, w których stopień elektryfikowania jest na ogół niski — wzrósł prawie do 70%. Oznacza to kilkaset tysięcy kilowatów mocy zainstalowanej w powyższych napędach przy stosunkowo małej mocy jednostkowej, bo wynoszącej średnio 15 kW.

2. Urządzenia powierzchniowe.

Spomiędzy charakterystycznych dla górnictwa urządzeń maszynowych znajdujących się na powierzchni kopalni wyróżniają się przede wszystkim maszyny wyciągowe, sprężarki i główne wentylatory. Pozostałe urządzenia mają napęd elektryczny, dla którego wymagania są w zasadzie takie same, jak w innych przemysłach, gdzie silniki pracują w pomieszczeniach zapyłonych, przy podwyższonej temperaturze otoczenia, przy konieczności sterowania zdalnego czy blokady itp.

Maszyny wyciągowe.

Maszyny wyciągowe dzielimy na dwie zasadnicze grupy, a mianowicie maszyny główne i pomocnicze.

Maszyny główne obsługują urządzenia wyciągowe przy ciężarze użytecznym do kilkunastu ton, przy głębokości wyciągu dochodzącego do 600 m i więcej oraz przy prędkości jazdy do 18 m/s. Z warunków tych wynikają wielkości i wymagania eksploatacyjne stosowanych napędów elektrycznych.

Dotychczas w głównych urządzeniach wyciągowych dominuje małoobrotowy silnik prądu stałego w układzie Warda-Leonarda. Jego pewność ruchowa i dogodność regulacji czynią go dotychczas bezkonkurencyjnym.

Przyczynami hamującymi szersze stosowanie silnika asynchronicznego do głównych maszyn wyciągowych są, mimo jego prostoty i niższej ceny, przede wszystkim niedostateczna pewność ruchu ze względu na niewypóbowany w naszych warunkach regulator jazdy i konieczność stosowania przekładni.

Maszyny pomocnicze i szybikowe przewidywane są przy ciężarach użytecznych do kilku ton, głębokości podnoszenia do ~ 450 m i prędkości jazdy nie przekraczającej 6 m/s. Do ich napędu stosuje się wyłącznie silniki asynchroniczne. Inny napęd nie miałby zresztą gospodarczego uzasadnienia, choć silnik asynchroniczny bynajmniej nie jest najlepszym rozwiązaniem dla napędów wymagających wolnych obrotów przy jednoczesnej ich regulacji. Wykonanie przekładni dla mocy kilkuset kilowatów nie jest jednak problemem nie do rozwiązania, a poza tym ograniczenie prędkości jazdy poniżej 6 m/s zwalnia od konieczności stosowania niepewnego regulatora jazdy.

Rozwój maszynowych urządzeń kopalnianych dla zrealizowania wielkiego planu wydobywania objął i maszyny wyciągowe jako podstawowe urządzenia produkcyjne wydobywające urobiony węgiel. Dla niezależnienia się w tym zakresie od firm zagranicznych, które dotychczas dostarczały elektryczne maszyny wyciągowe, krajowy przemysł maszyn elektrycznych podjął się opracowania i produkcji potrzebnych napędów elektrycznych oraz wyposażenia w aparaturę elektryczną.

Na wzór innych urządzeń, gdzie tendencją przemysłu węglowego jest szeroko zakrojona unifikacja, ustalono wspólnie z przemysłem elektrycznym typowe wielkości maszyn, które mogłyby pokryć większość potrzeb górnictwa w tym zakresie. A więc dla głównych maszyn wyciągowych wybrano wolnoobrotowe silniki prądu stałego o mocach 1100, 1600 i 2×1100 kW przy ~ 50 obr./min. Silniki te mają być zasilane napięciem 650 V z przetwornic Warda-Leonarda napędzanych silnikami synchronicznymi o znamionowym napięciu 6000 V. Zalecane moce przetwornicy wynoszą 1200 i 1750 kW przy 750 obr./min.

Dla maszyn szybkowych wybrano serię złożoną z dwunastu silników asynchronicznych pierścieniowych w granicach mocy od 40 kW do 310 kW. Napięcie silników przyjęto zasadniczo 500 V z dopuszczeniem dla czterech pierwszych (mniejszych) wielkości napięcia 380 V. Dwa ostatnie największe silniki mają napięcie 6000 V. Jako synchroniczną liczbę obrotów dla poszczególnych silników przyjęto 500, 750 i 1000.

Należy przy tym podkreślić, że zagadnienie normalizacji w dziedzinie maszyn wyciągowych jest trudne do rozwiązania wobec tendencji stosowania raczej produkcji jednostkowej, nawet dla małych maszyn, w celu ściślejszego dostosowania się do istniejących warunków górniczych, z których np. głębokości szybu nie można znormalizować.

Przyjmując jako normalne pewne prędkości jazdy oraz znormalizowane ciężary użyteczne można określić grupy maszyn zapewniające żądane godzinne wydobywanie przy danych głębokościach szybu.

Rozwijające się w tym kierunku prace pozwalają przypuszczać, że — mimo ewentualnego wprowadzania poprawek w proponowanych szeregach mocy silników — założenia unifikacyjne umożliwiły uzyskanie niewątpliwych oszczędności zarówno w pracach konstruktorskich, jak i w produkcji.

Sprężarki.

Następne z kolei co do mocy maszyny na kopalni to sprężarki. Stanowią one zarówno bardzo poważną pozycję w sumarycznej mocy zainstalowanej, jak i w mocach jednostkowych. W ruchu powierzchniowym znajdują się sprężarki o wydajnościach od kilku do kilkudziesięciu tysięcy metrów sześć. Na godzinę zassanego powietrza, a w skrajnym wypadku nawet o wydajności 100 000 m³/h w pojedynczej maszynie wymagającej do napędu turbiny ok. 10 000 kW. Sprężarki o wydajnościach od kilkunastu tysięcy metrów sześć. na godz. wzwyż budowane są zwykle jako turbosprężarki ustawiane w stacjach centralnych i napędzane z reguły turbinami parowymi. Podyktowane jest to lepszym dostosowaniem turbiny do dużych mocy turbosprężarek przy szybkich obrotach wynoszących od 3000 do 9000 obr./min. Napęd turbosprężarek silnikiem elektrycznym możliwy jest tylko dla jednostek mniejszych przy jednoczesnym stosowaniu przekładni, która stanowi dodatkowy element niekorzystny ruchowo.

Bezpośredni napęd silnikiem elektrycznym stosowany jest przede wszystkim do sprężarek tłokowych oraz sprężarek rotacyjnych. Potrzebne moce silników wynoszą średnio od kilkuset do ~ 2000 kW, przy czym do sprężarek tłokowych używane są silniki z liczbą biegunów od 8 do 24, do sprężarek zaś rotacyjnych zwykle silniki 12-biegunowe.

Wspomniany wpływ elektryfikacji dołu oraz ustawianie sprężarek przy szybach bocznych, gdzie nie ma kotłowni, powoduje znaczne rozszerzenie stosowania napędu elektrycznego. Na jego odpowiedni wybór zwraca się przy tym baczna uwaga wobec dużych stosunkowo mocy przy stałym obciążeniu i wielogodzinnej ciągłej pracy. Należy przy tym zaznaczyć, że dobór odpowiedniego silnika elektrycznego do napędu sprężarki nie jest bynajmniej elektryfikacją, której celem jest m. in. wyeliminowanie nieekonomicznego napędu powietrznego na dole, a więc ograniczenie stosowania sprężarek.

Zgodnie z dążeniem do poprawiania współczynnika mocy w zakładach przemysłowych nowe sprężarki przewidywane są z silnikami synchronicznymi, umożliwiającymi pracę przy pojemnościowym współczynniku mocy. Ponieważ nowe instalacje nie są na większą skalę przewidywane, powstaje problem modernizacji dotychczas pracujących starszych sprężarek z silnikami asynchronicznymi przez synchronizowanie silników pierścieniowych lub ich wymianę na silniki synchroniczne. Z tych względów z uznaniem należy przyjąć przygotowywanie przez krajowy przemysł maszyn elektrycznych serii silników synchronicznych o mocach od 80 do 2500 kW i liczbie biegunów od 6 do 40, umożliwiających ich stosowanie do wolnobieżnych sprężarek tłokowych. Projektowane silniki mają być przystosowane do pracy przy przewzbudzeniu ze współczynnikiem mocy pojemnościowym ok. 0,85, co pozwala na oddawanie do sieci mocy biernej w wysokości ok. 50% mocy pozornej silnika. Umożliwiłoby to w ramach całego przemysłu węglowego uzyskanie bardzo poważnych korzyści ekonomicznych.

Wentylatory.

Główne wentylatory należą do maszyn o zasadniczym znaczeniu dla ruchu kopalnianego, stanowią one bowiem o bezpieczeństwie załogi, znajdującej się w wyrobiskach podziemnych. Nieprzewidziane zatrzymanie się głównego wentylatora grozi przerwaniem pracy całej dołowej załogi i zmusza do wyjazdu wszystkich ludzi na powierzchnię.

Napęd głównych wentylatorów jest obecnie całkowicie zelektryfikowany, przy czym w większości używane są silniki asyn-

chroniczne pierścieniowe. Moc ich wynosi od kilkudziesięciu do kilkuset kilowatów. Mimo stosunkowo nieznacznej mocy w porównaniu z innymi maszynami kopalnianymi silniki wentylatorowe odgrywają poważną rolę w gospodarce elektroenergetycznej ze względu na swój całoroczny nieprzerwany ruch (8760 h).

Zadania, które wentylator ma do spełnienia, a głównie konieczność dostosowania się do zmiennych warunków górniczych przez zmianę wydajności, stawiają napędowi elektrycznemu specjalne wymagania. Stosowanie wentylatorów odśrodkowych zmuszało — dla uzyskania częstych zmian wydajności — do użycia nieekonomicznego dławienia wentylatora lub regulacji przez zmianę obrotów. Oba sposoby nie należą do korzystnych i dogodnych w ruchu. Instalowanie wentylatorów o większej wydajności — z uwagi na późniejszą rozbudowę kopalni — prowadzi często do nieodpowiedniego doboru silnika, który pracuje niedociążony ze złym współczynnikiem mocy, przeciążanie zaś silnika zagraża ciągłości ruchu.

Regulację obrotów wentylatora odśrodkowego wykonywa się zwykle sposobami mechanicznymi przez zmianę kół pasowych czy przekładni. Zmiany obrotów na drodze elektrycznej były zawsze korzystniejsze, bądź przy pomocy silników o przylączanej liczbie biegunów, bądź — w wypadku ciągłej regulacji — przez stosowanie silników komutatorowych lub specjalnych układów. Użycie w tych przypadkach silnika synchronicznego, który wobec nieprzerwanej pracy wentylatora byłby szczególnie celowy ze względów ekonomicznych, nie było możliwe. Dopiero wprowadzenie wentylatorów osiowych, umożliwiających zmianę wydajności przez przestawianie łopatek i pracujących przy stałej liczbie obrotów, zmieniło radykalnie sytuację. Z produkowanych obecnie w kraju ośmiu wielkości wentylatorów osiowych tylko do dwóch najmniejszej wielkości, z silnikami o mocy 105 i 125 kW, przewidziane są do napędu silniki asynchroniczne. Pozostałe wentylatory napędzane będą wyłącznie silnikami synchronicznymi. Moce ich mieszczą się w granicach od 400 do 1250 kVA przy 750 i 500 obr./min. i bezpośrednim sprzężeniu z wentylatorem. Znamionowe napięcie silników 6000 V.

Zadaniem producenta maszyn będzie odpowiednie dostosowanie charakterystyk silników do napędu wentylatorów z uwzględnieniem między innymi takich warunków, jak zapewnienie prawidłowego rozruchu asynchronicznego przy spadkach napięć do ~ 15% napięcia znamionowego oraz możliwość dwukierunkowej pracy wentylatorów, której wymagają przepisy górnicze, przy wyzyskaniu możliwie pełnej mocy silnika. Przewzbudzanie ma umożliwić uzyskanie pojemnościowego $\cos \varphi = \sim 0,85$.

3. Urządzenia dołowe.

W grupie dołowych urządzeń maszynowych z napędem elektrycznym należy wymienić przede wszystkim główne odwadnianie, trakcję z lokomotywami przewodowymi, następnie wszelkie urządzenia transportowe w oddziale i przodku górniczym, obejmujące głównie różnego rodzaju przenośniki taśmowe, zgrzeblowe, wstrząsane, kołowroty oraz przodkowe maszyny do urabiania i ładowania, jak wrębiarki, kombajny, ładowarki zgarniako- we, wstrząsane itp.

Napęd elektryczny pomp głównego odwadniania, choć należy do najstarszych w górnictwie, nasuwa jeszcze szereg problemów związanych z modernizacją napędu i wprowadzeniem nowych typów pomp.

Duże zalety szeregowego silnika prądu stałego w trakcji spowodowały powszechne wprowadzenie do głównego przewoźu kołowego na dole lokomotyw elektrycznych (z górnym drutem ślizgowym), rugując inne rozwiązania. Jedynie dla przekopów bliższych przodka, a zwłaszcza w kopalniach gazowych stosowane są lokomotywy akumulatorowe. Główne drogi przewoźowe obsługują wyłącznie lokomotywy przewodowe. W kopalniach gazowych przeprowadza się w powyższych przekopach zstępujący prad świeżego powietrza.

Uporządkowanie problemu dołowej trakcji elektrycznej nastąpiło przez znormalizowanie lokomotyw dołowych i ograniczenie ich do trzech typów z silnikami 220-woltowymi o mocy $2 \times 17 = 34$ kW, $2 \times 23 = 46$ kW oraz $2 \times 41,5 = 83$ kW. Przewidziana jest poza tym budowa ognioszczelnych lokomotyw kombinowanych przewodowo-akumulatorowych, co umożliwi doprowadzenie ich bliżej robót górniczych, gdzie drutu ślizgowego nie wolno zainstalować.

Napędy przenośników oraz typowych maszyn górniczych w przodku zasługują na bliższe omówienie, gdyż szczególne warunki, istniejące na dole kopalń, stawiają im specjalne wymagania natury zarówno mechanicznej, jak i eksploatacyjnej.

Główne odwadnianie.

Owadnianie kopalni obok przewietrzania jest najważniejszym zadaniem maszynowego ruchu kopalni. Chociaż w wydobywaniu węgla bywają przerwy, urządzenie głównego odwadnia-

nia wobec stałego dopływu wody musi być niezawodne. Dopływ ten waha się w naszych warunkach od $\sim 0,5$ do $25 \text{ m}^3/\text{min}$. Oznacza to, że dla kopalń głębokich i mokrych wypompowana woda często wielokrotnie przewyższa w tonażu ilość wydobytego węgla.

Ponieważ od pewności pracy urządzeń odwadniających zależy bezpośrednio bezpieczeństwo kopalni, a poza tym silniki pomp odwadniających należą do największych w zakładzie, zagadnienie doboru właściwego napędu należy do bardzo istotnych.

Stosownie do wielkości używanych pomp wirowych moce asynchronicznych silników napędowych wahają się od kilkudziesięciu do półtora tysiąca kilowatów. Są one zasadniczo 4-biegowe. Jedynie część pomp o mniejszych wydajnościach oraz pomp na bardzo duże wysokości tłoczenia ma silniki 2-biegowe. Napięcia zgodnie z unifikacją napięć dolowych wynoszą 500 V dla silników do 200 kW i 6000 V dla silników powyżej 200 kW.

Pomijając zagadnienia chłodzenia silników w podwyższonej na ogół temperaturze pompowni, dużą wilgotność wymagającą użwojeń asfaltowych, a czasem i suszenia silników w czasie postoju, na pierwszy plan wysuwa się problem zastosowania do napędu pomp silnika asynchronicznego zwartego, zamiast przewidywanego dotychczas najczęściej silnika pierścieniowego.

Za zastosowaniem silnika zwartego do napędu pomp przemawiają zarówno względy techniczne, jak i gospodarcze. Oprócz prostoty w obsłudze i dużej pewności ruchowej pozwala on na bezpośrednie łącznie do sieci bez specjalnej aparatury rozruchowej. Prostość rozruchu powiększa poza tym możliwość zautomatyzowania napędu pomp.

Zagadnienie powyższe, będące jednym z ogniw modernizacji maszynowych urządzeń górniczych, miałoby znaczne szanse na rozwiązanie w szerszym zakresie dopiero przy rozpowszechnieniu silników zwartych do napędu pomp.

Jedyną właściwie przeszkodą ze strony technicznej jest obawa przed nadmiernym spadkiem napięcia, występującym przy rozruchu, zwłaszcza większych pomp. Zadaniem zatem naszego przemysłu maszyn elektrycznych byłoby odpowiednie rozwiązanie konstrukcji dużych silników zwartych tak, aby przy małym prądzie rozruchowym uzyskać dogodny dla pomp przebieg momentu. Stosowane zwykle silniki głębokożłobkowe (względnie 2-kłatkowe) musiałyby mieć prąd rozruchowy $I_r = \sim 3,5 I_n$ przy momencie rozruchowym ok. 1 Mn i maksymalnym 1,5 Mn.

W przypadku uruchamiania większej pompy z silnikiem zasilanym z małej kopalnianej elektrowni, przy znacznym obciążeniu sieci innymi odbiorami lub przy długim kablu szynowym o niedostatecznym przekroju, można by dla uniknięcia nadmiernych spadków napięcia zastosować przy rozruchu środki zmniejszające prąd rozruchowy, np. przełącznik gwiazda — trójkąt względnie transformator rozruchowy.

Duże moce silników asynchronicznych pierścieniowych do pomp odwadniających kierują uwagę na problem poprawy współczynnika mocy dla odbiorów dolowych. Względny ruchowy przemawiają przeciw stosowaniu na dole silników synchronicznych, rozważa się więc możliwość synchronizowania większych silników asynchronicznych. Omawiany szeroko na łamach technicznej prasy radzieckiej i stosowany w przemyśle od kilku lat sposób synchronizowania silników pierścieniowych przez zasilanie wirnika z prostownika po przerobieniu szczotek na stałe przylegające, mógłby przy praktycznym rozwiązaniu przynieść bardzo poważne korzyści na skalę państwową. W wypadku zasilania pomp o stałym momencie odpadłaby obawa wypadnięcia silnika z synchronizmu wraz z jego skutkami oraz zbędny stałby się przełącznik automatyczny do zwierania użwojenia wirnika.

Ze względu na konieczność używania przy odwadnianiu zatopionych kopalń pomp z wałem pionowym umieszczonych w szybie opracowywany jest zespół pompowy, który ma być wbudowany wraz z silnikiem i aparaturą łączeniową i pomiarową w ramę żelazną, zawieszoną na linach. Zespół znajduje się ponad poziomem wody. Dla dwóch typów zespołów proponowane są silniki zwarte z wałem pionowym, budowy zamkniętej, z dodatkowym chłodzeniem wodnym, o mocy 550 kW i 320 kW, na 1500 obrotów synchronicznych i na napięciu 6000 V. Rozwiązanie konstrukcyjne powyższych silników, których rozruch powinien być możliwie prosty i jak najdalej zautomatyzowany, stawia przed konstruktorami maszyn nowe zadanie.

Z innych rozwiązań silników z wałem pionowym na uwagę zasługują pompy głębinowe zanurzone całkowicie w wodzie i używane dotychczas w stacjach wodociągowych do wody użytkowej oraz do odwadniania szybów. Zespoły powyższe są pochodzenia zagranicznego.

Właściwe rozwiązanie silnika przewidzianego do pracy w wodzie umożliwiłoby wprowadzenie powyższych pomp nie tylko dla uzyskania wody do picia, ale i do stałego odwadniania kopalni,

pompy bowiem powyższe wymagają bardzo mało miejsca, odpada przy nich budowa ciężkich fundamentów, a poza tym zespołowi przystosowanemu do pracy z całkowitym zanurzeniem nie grozi uszkodzenie wskutek nagłego dopływu wody. Jednocześnie przez zastosowanie zdalnego sterowania silnikiem, przy którym aparatura łączeniowa i sterownicza może być umieszczona na innym poziomie lub na powierzchni kopalni, odpada dla kopalń gazowych problem ognioszczelności urządzenia.

Przenośniki i maszyny przodkowe.

Napędy tych maszyn, których moc przy napięciu 500 V i 1500 lub 1000 obr./min. waha się od kilku do kilkudziesięciu kilowatów, stanowią najliczniejszą grupę na dole kopalni i należą do urządzeń biorących bezpośredni udział w urabianiu, ładowaniu i transporcie urobku z przodka do dróg głównego przewozu. Zagadnienie doboru do nich właściwego silnika wiąże się z szeregiem szczególnych warunków występujących w górnictwie. Należą do nich przede wszystkim: ograniczenie miejsca w wyrobiskach dolowych, niedostateczne oświetlenie, zapylenie węglem, podwyższenie temperatury, wilgotność oraz w kopalniach gazowych obecność wybuchowego metanu.

Wynikają z tego wymagania ogólne, jak możliwie małe wymiary silników, budowa zwarta i bardzo odporna na uszkodzenia mechaniczne. Budowa zamknięta, wzmocniona lub ognioszczelna. Izolacja przede wszystkim klasy B.

4. Wnioski.

Szczegółowe warunki czysto górnicze, wpływające na dobór silników, a wynikające z eksploatacji w wyrobiskach podziemnych, uzupełniają się jeszcze dalszymi warunkami ruchowymi, jak przeciążanie maszyn roboczych, trudności we właściwym ustawieniu napędu, nieodpowiednie smarowanie, zanieczyszczanie napędzanych urządzeń itd. Prowadzi to z reguły do przewymiarowania silników, zwłaszcza jeżeli normalne nie mają odpowiedniego momentu rozruchowego i największego. Stosowanie większych jednostek powoduje — oprócz podwyższenia kosztów inwestycyjnych, dodatkowych trudności transportowych i montażowych — znaczne obniżenie współczynnika mocy i sprawności, a więc pogarsza poważnie ogólną gospodarkę energetyczną.

Ponieważ ze względów ruchowych stosowanie silników pierścieniowych należy możliwie ograniczać, używając ich tylko do niektórych koniecznych urządzeń, jak maszyny szybikowe, większe kołowroty oraz linociągi, tym większą uwagę powinno się zwracać na dobór odpowiednich silników zwartych.

W górnictwie silniki te umożliwiają ekonomiczne rozwiązanie budowy wzmocnionej i ognioszczelnej. Poza tym dają one również jedyną właściwie praktyczną możliwość zdalnego sterowania maszynami roboczymi i szerokiego wprowadzania automatyzacji w zmechanizowanych obecnie procesach górniczych. Zalety te okupione są utratą możliwości regulowania obrotów i doboru dowolnego momentu rozruchowego. Stąd też dla silników zwartych, mających tylko jedną charakterystykę, najistotniejszym problemem jest dostosowanie ich do warunków rozruchowych.

Silniki do takich maszyn górniczych, jak wrębiarki, kombajny, ładowarki itp., gdzie są one nieodłączną częścią maszyny, stanowią mniej liczną grupę i muszą być z zasady rozwiązywane indywidualnie. Kształty zewnętrzne, najczęściej skrzynkowe, są dostosowywane do uzyskanego miejsca w konstrukcji maszyny o ograniczonych z zasady wymiarach, charakterystyki zaś elektryczne dopasowuje się do charakteru pracy.

Zgeneralizowane wymagania mogą być postawione w stosunku do silników nie budowanych razem z maszyną. Należą do nich przede wszystkim silniki do napędu różnego rodzaju przenośników — taśmowych, zgrzeblowych ciężkich i lekkich, stałowo-członowych, wstrząsanych itp. Znaczna liczebność, jak również ważność transportu ciągłego w ruchu dolowym, przemawiają za takim uogólnieniem.

Z dotychczasowego doświadczenia z silnikami stosowanymi w ruchu dolowym wynikają następujące wymagania techniczne co do strony elektrycznej i mechanicznej:

- nowa seria silników do napędu przenośników powinna mieć budowę wzmocnioną;
- najwłaściwsze moce silników do pracy ciągłej wynoszą 6 — 11 — 15 — 18 — 23 — 32 i 38 kW dla silników 4-biegowych oraz 15 i 23 kW dla silników 6-biegowych;
- moment rozruchowy co najmniej $1,8\text{--}2,2 M_n$; ze względu na spadki napięć w sieci dolowej pożądany jest większy;
- moment największy co najmniej $2,2 M_n$;
- moment największy co najmniej $2,2 M_n$;
- prąd rozruchowy nie większy niż $5 \cdot I_n$;
- izolacja klasy B;
- kształt silnika najlepiej wydłużony przy małej wysokości;

h) obudowa zewnętrzna o konstrukcji spawanej lub zapewniającej większą odporność mechaniczną niż budowa dotychczasowa;

i) mufa, względnie skrzynka przyłączowa dla kabli opancerzonych lub oponowych umieszczona na górze silnika z możliwością zmiany kierunku doprowadzania kabla;

k) łatwa wymiennosc omawianych silników między sobą, jak i silników budowy wzmocnionej na ognioszczelne;

l) ograniczona liczba typów i wielkości łożysk.

Z rozważanych wyżej ogólnie zagadnień dotyczących napędów elektrycznych w górnictwie, na pierwszy plan wysuwają się następujące problemy i prace:

1) kontynuowanie prac nad silnikami prądu stałego i przetwornicami w układzie Warda-Leonarda do napędu dużych maszyn wyciągowych oraz prac nad asynchronicznymi napędami

maszyn pomocniczych wraz z wyposażeniem aparaturowym w celu uniezależnienia się od importu;

2) opracowanie i wprowadzenie do produkcji odpowiedniej serii silników synchronicznych, umożliwiających ich zastosowanie do napędu sprężarek i wentylatorów;

3) umożliwienie zastosowania dużych silników zwartych do napędu pomp głównego odwadniania i opracowanie silników do pomp z wałem pionowym;

4) przemysłowe opracowanie metody synchronizowania dużych asynchronicznych silników pierścieniowych bez większych nakładów finansowych;

5) przygotowanie odpowiedniej serii silników niskiego napięcia dla maszyn dołowych, a szczególnie do napędu przetworników.

MGR INŻ. JERZY KARDASZEWICZ
MGR INŻ. WACŁAW GRZYBOWSKI

Biprolut

Potrzeby hutnictwa w dziedzinie specjalnych maszyn elektrycznych

621.313.13:669:338.984.3(43B)

Treść. Warunki pracy silników elektrycznych w przemyśle hutniczym i stawiane im wymagania. Dotychczasowa produkcja maszyn elektrycznych w kraju nie wystarcza do pokrywania większości potrzeb naszego hutnictwa. Dla modernizacji napędu elektrycznego w polskim hutnictwie przy pomocy dostaw konieczne jest nie tylko udoskonalenie obecnie wytwarzanych maszyn, lecz również rozszerzenie asortymentu produkcji. Wymienione są maszyny i urządzenia pilnie potrzebne hutnictwu, których produkcja w kraju powinna być przynajmniej częściowo podjęta w planie sześciolletnim.

Нужды металлургической промышленности в области специальных электрических машин. Условия работы электрических двигателей в металлургической промышленности и предъявляемые им требования. Производство электрических машин в стране в настоящее время недостаточно для удовлетворения большинства требований отечественной металлургии. Чтобы модернизировать в ней устройства электрического привода при помощи местных поставок, необходимо не только усовершенствовать производство, но и расширить его ассортимент. Указаны машины и устройства, которых производство должно быть налажено в стране еще в период 6-летнего плана.

Metallurgical industry requirement for special electric machines. Working conditions of electric motors as used in the metallurgical industry, and the provisions they have to comply with. The production of electric machines in Poland has hitherto been inadequate to meet the major part of the metallurgical industry's demand. It is essential, in order to modernise electric drives in the Polish metallurgical industry by supplying it with the requisite equipment, not only to improve the design of machines produced, but also to augment the range of machines. The author specifies the types of machines and equipment urgently required by the mining industry and the output of which should be started, if only in part, within the scope of the Six-Year Plan.

1. Wstęp.

Warunki pracy silników elektrycznych w hutnictwie są w większości przypadków znacznie cięższe, niż w innych przemysłach. Stąd wynikają szczególnie duże wymagania w stosunku do silników pod względem zarówno budowy mechanicznej, jak i właściwości elektrycznych.

Znaczny stopień zapylenia, a niekiedy i zawilgocenia powietrza w halach produkcyjnych zmusza do instalowania silników zamkniętych z chłodzeniem powierzchniowym. Większe silniki (napęd walcarek) lub zespoły maszyn elektrycznych (przetwornice, wzbudnice) ustawia się w specjalnych pomieszczeniach oddzielonych od hal produkcyjnych. Silniki te mają najczęściej przewietrzanie obce przy pomocy osobnego wentylatora, zasysającego powietrze z zewnątrz przez filtr. Powietrze po przejściu przez silnik uchodzi swobodnie, powodując w otoczeniu nadciśnienie, co zapobiega dostawaniu się pyłu z zewnątrz do pomieszczenia maszyn elektrycznych. Dla dużych maszyn stosuje się z reguły przewietrzanie w obiegu zamkniętym z chłodnicą wodną.

Budowa silnika i ułożyskowanie wirnika muszą być odporne na wstrząsy i uderzenia, pochodzące od urządzeń napędzanych. Szczególną cechą niektórych urządzeń hutniczych (walcarki, nożyce) jest znaczna zmienność obciążenia, co wymaga stosowania silników o przeciążalności $M_{\max}/M_n \cong 3$. W cięższych przypadkach stosuje się silnik wraz z kołem zamachowym i regulatorem poślizgu.

Specjalnie przystosowanych silników elektrycznych wymaga napęd urządzeń pomocniczych walcowni (samotoki, linie, stoły podnośne itp.), gdzie liczba łączy na godzinę dochodzi do 600—1000, często z hamowaniem przeciwwrędem.

Dodatkowym pogorszeniem warunków pracy jest wysoka temperatura otoczenia dla silników instalowanych przy piecach lub narażonych na promieniowanie gorącego materiału.

Z przedstawionych warunków pracy wynika, że do napędu urządzeń hutniczych w większości przypadków należy stosować silniki o specjalnej konstrukcji, przystosowane do trudnych wymagań ruchu hutniczego.

2. Silniki asynchroniczne.

Silniki asynchroniczne dzięki swym ogólnie známym zaletom — prostota konstrukcji, niski koszt, łatwość obsługi i konserwacji, duża pewność ruchu — są stosowane w hutnictwie zarówno do napędu urządzeń wspólnych wszystkim gałęziom przemysłu (pompy, wentylatory, obrabiarki itp.), które nie będą tu omawiane, jak również do napędu specjalnych urządzeń hutniczych (walcarki, samotoki, mechanizmy pomocnicze walcowni, suwnice hutnicze itp.).

Do napędu walcarek są używane duże silniki asynchroniczne o mocy 400—3500 kW. Główną ich wadę stanowią trudności

związane z regulacją prędkości, a więc zasadniczym terenem zastosowania napędu asynchronicznego są zespoły walcownicze nieregulowane, nienawrotne o stałym na ogół programie pracy, np. walcownie duże trio, klatki wstępne walcowni średnich i drobnych, walcownie grubej blachy itd. Udarowy charakter pracy tych walcarek zmusza do stosowania silników o specjalnie wzmocnionej budowie mechanicznej, zwiększonej szczeliny powietrznej i dużej przeciążalności (2,2—3). Dla zmniejszenia szczytów obciążenia pokrywanych przez silnik stosuje się często koła zamachowe, a napęd wyposaża się w płynowe samoczynne regulatory poślizgu, powodujące załamanie się charakterystyki mechanicznej po przekroczeniu dopuszczalnej wartości momentu obciążenia.

W okresie realizacji planu trzyletniego krajowy przemysł maszyn elektrycznych w ścisłej współpracy z hutnictwem opracował i wykonał serię asynchronicznych walcowniczych silników pierścieniowych o mocy 600—3500 kW. Cała seria ma prędkość synchroniczną 750 obr./min. i wymaga dwustopniowych przekładni zębatych dla sprzęgania z walcarkami. W tabl. I podano cechy charakterystyczne tych maszyn. Poza tym w opracowaniu znajduje się silnik walcowniczy o mocy 2200 kW i prędkości synchronicznej 500 obr./min. Przemysł maszyn elektrycznych zebrał więc poważny zasób doświadczenia w tej dziedzinie.

Tablica I. Walcownicze silniki pierścieniowe asynchroniczne

Typ	Moc (kW)	Liczba obrotów na minutę	$\cos \varphi$	Sprawność (%)	$M_{\text{szczyt.}}/M_N$	$M_{\text{max. dop.}}/M_N$
MSp 288 ef sp	600	743	0,88	94	2,7	2
MSp 288 h sp	850	743	0,87	93,5	2,7	2
MSp 328 i sp	1200	744	0,87	94	2,7	2
MSp 348 k sp	2000	744	0,88	94,5	2,7	2
MSDp 348 o sp	3500	744	0,89	95	2,7	2

Trzeba stwierdzić, że krajowe asynchroniczne silniki walcownicze zdały na ogół egzamin w naszych hutach. Najczęściej stawiane im zarzuty dotyczące sposobu lutowania połączeń czolowych wirnika, gdyż w kilku wypadkach powstały zwarcia na skutek wytopienia się tych połączeń. Ten sam słaby punkt wykazują również niektóre silniki, pochodzące z importu.

W jednym wypadku zwarcie powstało w wyniku uszkodzenia izolacji między obu warstwami uzwojenia, w czole wirnika, jako skutek zapylenia. Należy starannie izolować ten element uzwojenia.

Silniki walcownicze zainstalowane w nowych walcowniach są początkowo niedociążone, lecz w miarę nabierania wprawy przez załogę wydajność walcowni wzrasta i zwiększa się obciążenie głównych silników napędowych, co obostrza warunki ich pracy.

Osobną grupę z punktu widzenia napędowego stanowią urządzenia do pracy przerywanej z dużą liczbą łączeń na godzinę. Są to przeważnie urządzenia pomocnicze walcowni, jak samotoki, przesuwacze, stoły podnośne itp. oraz suwnice specjalne. Warunki pracy silników napędzających te urządzenia są szczególnie ciężkie z uwagi: a) na znaczną liczbę łączeń dochodzącą do 600, a niekiedy nawet do 1000 na godzinę; b) na duży moment zamachowy urządzeń napędzanych; c) na wymagany krótki czas rozruchu i hamowania.

Jak wiadomo, podczas rozruchu w obwodzie wirnika silnika asynchronicznego wydziela się ciepło Q_w równe energii kinetycznej mas wirujących napędu przy założeniu, że moment statyczny oporu jest równy zeru. W wypadku hamowania przeciwnie ilość ciepła wydzielanego w obwodzie wirnika zwiększa się trzykrotnie w porównaniu z okresem rozruchu. Ilość ciepła wydzielanego w uzwojeniu stojana Q_s można w przybliżeniu obliczyć z następującego wzoru:

$$Q_s = Q_w \cdot \frac{R_1}{R_2'}$$

gdzie R_1 — oporność rzeczywista jednej fazy stojana,

R_2' — oporność rzeczywista jednej fazy wirnika sprowadzona do strony stojana.

Straty stałe w czasie rozruchu i hamowania można pominąć.

Jeżeli w obwód wirnika silnika pierścieniowego włączymy na stałe opornik, większa część ciepła będzie się wydzielać poza silnikiem. Wynika stąd, że w tych samych warunkach pracy przerywanej silnik pierścieniowy z włączonym opornikiem poślizgowym będzie znacznie mniej obciążony cieplnie od silnika zwartego. Stosowanie silników zwartych do napędów pracujących z dużą liczbą łączeń na godzinę ogranicza się więc do mniejszych jednostek (gdzie nie opłaca się stosować silników pierścieniowych), przy czym silniki te muszą mieć dobre chłodzenie i wysoką klasę izolacji. Jest oczywiste, że przy liczbie łączeń na godzinę nie przekraczającej 100 ÷ 200, gdy nie jest konieczne hamowanie przeciwnie, często korzystniej będzie zastosować silniki zwarte nawet przy średnich jednostkach z uwagi na prostotę budowy i sterowania.

Omówimy kolejno trzy grupy silników asynchronicznych do pracy przerywanej: 1) specjalne silniki zwarte do napędu indywidualnego samotoków, 2) silniki zwarte dźwigowe, 3) silniki pierścieniowe dźwigowe.

Szczególne warunki pracy silników samotokowych (częste nawroty, duży moment zamachowy i w większości przypadków brak obciążenia statycznego) powodują, że wielkość ich określa się nie według mocy znamionowej, lecz według momentu rozruchowego. Poślizg przy momencie szczytowym jest większy od jedności dla zapewnienia krótkiego czasu hamowania przeciwnie. Budowa mechaniczna silnika jest specjalnie dostosowana do połączenia z rolką samotoku. Silniki te często pracują w podwyższonej temperaturze otoczenia (przy piecach) lub są narażone na promieniowanie gorącego materiału.

Przemysł krajowy produkuje obecnie trzy wielkości silników samotokowych o momentach rozruchowych 1,5, 3 i 5 kGm, z izolacją klasy A i B. Duża ich liczba pracuje już na różnych hutach. Wadą tej serii jest zbyt niska klasa izolacji, co było powodem spalania się pewnej liczby silników. W przyszłości należy zwiększyć silników samotokowych produkować z izolacją klasy B, a w miarę możliwości z izolacją szklaną, ograniczając stosowanie silników z izolacją klasy A tylko do lekkich warunków pracy. Ponadto dla pełnego pokrycia potrzeb hutnictwa należy jak najszybciej rozpocząć produkcję opracowywanej obecnie serii o momentach rozruchowych zwiększonych do 9 kGm.

Silniki zwarte dźwigowe do pracy przerywanej produkowane w kraju nie zdały egzaminu w warunkach hutniczych. Nadmierne grzanie się oraz wypadki spalania się silników powodujące przerwy w ruchu i straty w produkcji zmusiły niektórych użytkowników do stosowania specjalnych środków, jak obce chłodzenie, instalowanie hamulców mechanicznych dla zmniejszenia liczby hamowań przeciwnie, a nawet do wymiany silników zwartych na pierścieniowe. Z tych względów stosowanie silników zwartych ogranicza się obecnie do napędów o lżejszym charakterze pracy. Dla zwiększenia zakresu pracy należy budować silniki o możliwie małym momencie zamachowym i zwiększonej oporności wirnika z zastosowaniem izolacji klasy B i BC.

Wobec braku krajowych silników prądu stałego do pracy przerywanej przemysł hutniczy stosuje obecnie do napędów

o dużej liczbie łączeń na godzinę wyłącznie silniki asynchroniczne pierścieniowe. Przy bardzo dużej liczbie łączeń na godzinę w obwód wirnika włącza się stały opór poślizgowy, co pozwala osiągać pożądaną charakterystykę mechaniczną z dużym momentem dla $s = 1$ oraz zmniejsza obciążenie cieplne silnika w czasie rozruchu. Ponadto sterowanie jest wtedy równie proste, jak w przypadku silników zwartych. Wadą skutecznego sterowania silnika w tym układzie jest duży moment szczytowy rzędu 3 M_N .

Krajowe silniki dźwigowe, jakkolwiek pracują w większości przypadków zadowalająco, ustępują jednak wyraźnie zagranicznym konstrukcjom w tej dziedzinie. Przede wszystkim moment zamachowy wirnika jest bardzo duży, co prowadzi czasem do paradoksalnej sytuacji, kiedy silnik pracuje głównie na rozpęd własnych mas bezwładnych. Różnicę pod tym względem między silnikami krajowymi i zagranicznymi wskazuje jasno następujące porównanie: silnik krajowy typu SZUDe 1710b o mocy 70 kW przy $P = 25\%$ oferowany na 360 łączeń na godzinę ma moment zamachowy wirnika 160 kGm²; silnik importowany typu HOR 1862-10D o mocy 64 kW przy $P = 65\%$ i największej liczbie łączeń na godzinę 600 ma moment zamachowy wirnika 23,5 kGm². Tak duży moment zamachowy silnika krajowego jest spowodowany częściowo nieodpowiednim kształtem wirnika (stosunek L/D jak w silnikach do pracy ciągłej) oraz niską klasą izolacji (A), gdy za granicą powszechnie stosuje się izolację klasy B i BC.

Z drobniejszych usterek można wymienić zdarzające się uszkodzenia łożysk oraz przebiecia na pierścieniach podczas hamowania przeciwnie. Usunięcie tych wad zwiększy znacznie pewność ruchu silników. Dodatkową niedogodnością dla użytkowników jest brak wyczerpujących danych katalogowych.

W ostatnich czasach hutnictwo sprowadziło z zagranicy pewną liczbę silników specjalnie przystosowanych do napędu urządzeń w bardzo ciężkich warunkach pracy. Silniki te cechuje niezwykle niski moment zamachowy wirnika, osiągnięty przez wydłużenie go i zastosowanie wyższej klasy izolacji. Dla zapewnienia lepszego oddawania ciepła zastosowano oprócz chłodzenia powierzchniowego intensywne krążenie powietrza wewnątrz silnika. Ciekawym szczegółem jest oddalenie obu łożysk od pakietu wirnika, co niewątpliwie wpływa korzystnie na ich pracę.

Projektując nową serię silników do pracy przerywanej w hutnictwie, należy zerwać z dotychczasową praktyką stosowania silników o budowie mechanicznej zbliżonej do konstrukcji silników do pracy ciągłej. Silniki nowej serii winny mieć wzmocnioną budowę mechaniczną i ułożyskowanie, możliwie mały moment zamachowy i wysoką klasę izolacji. Moment szczytowy rzędu 3 M_N .

Dla zmniejszenia liczby produkowanych typów należy zlikwidować różnice między silnikami o różnych względnych czasach włączenia i porzucić na podaniu mocy i obrotów znamionowych tego samego silnika dla $P = 25\%$, 40% i 60%.

Projektując nowe silniki na dużą liczbę łączeń na godzinę należy pamiętać, że ochrona ich od przeciążeń jest niemożliwa (brak aparatury o odpowiedniej charakterystyce) oraz że silniki te instalowane są często w miejscach uniemożliwiających kontrolę nagrzania w czasie pracy. Celowe więc będzie przewidywanie pewnej rezerwy cieplnej w silniku w stosunku do znamionowych warunków pracy. Warunkiem postępu w dziedzinie budowy silników na dużą liczbę łączeń na godzinę jest poddawanie nowych typów szczegółowym badaniom laboratoryjnym, których program należy uzgodnić z hutnictwem. Na podstawie wyników badań należy następnie podać w katalogach zdolność pracy silnika (moc) w zależności od liczby łączeń na godzinę i momentu zamachowego urządzenia napędzanego.

Ponadto fabryki produkujące silniki powinny utrzymywać ścisły kontakt z użytkownikami i kontrolować silniki na miejscu pracy dla dalszego ulepszania konstrukcji.

3. Silniki synchroniczne.

Stosowanie silników synchronicznych rozpowszechnia się coraz bardziej za granicą głównie dlatego, że jest to najtańszy sposób poprawy współczynnika mocy. Poza tym silniki synchroniczne wykazują szereg cennych zalet w porównaniu z asynchronicznymi: a) wyższą sprawność, b) mniejszy wpływ spadku napięcia na moment, c) mniejszy ciężar, szczególnie przy niskich obrotach, d) stałą liczbę obrotów niezależnie od obciążenia, e) większą sztywność.

Wszystkie te względy oraz doświadczenia poczynione w ostatnich latach w ZSRR przemawiają za jak najszerszym zastosowaniem silników synchronicznych również i u nas. W chwili obecnej pracuje w hutnictwie niewielka liczba silników synchronicznych pochodzenia zagranicznego średniej i wielkiej mocy (do 5000 kW), napędzających dmuchawy i przetwornice na prąd stały. Ponadto przemysł krajowy opracowuje na zamówienie

wienie hutnictwa silnik synchroniczny o mocy 1300 kW na 1500 obr./min. do napędu sprężarek wirujących.

W przyszłości będziemy dążyć do wyposażenia w silniki synchroniczne większości napędów o pracy ciągłej i stałych obrotach: a) pompy, b) sprężarki wirujące, dmuchawy, c) niektóre walcarki o stałej liczbie obrotów i znacznej długości walcowanego materiału. W tym celu należy opracować nową serię silników synchronicznych, ponieważ dotychczasowa jest wyraźnie przestarzała. Silniki te powinny odpowiadać następującym warunkom: a) możliwość włączania wprost na pełne napięcie sieci, b) możliwość kilku rozruchów następujących bezpośrednio po sobie, c) moment rozruchowy ok. $2 M_N$, d) prąd rozruchowy ok. $(4 \div 5) I_N$, e) przeciążalność ok. $2 M_N$.

W pierwszym etapie należy rozpocząć produkcję silników normalnych o mocy 150–250 kW na napięciu 380 i 500 V oraz 200–2000 kW na napięciu 6000 V, przy prędkości 500–1500 obr./min. Rozruch silników, zwłaszcza dla mniejszych mocy, winien odbywać się ze stałe przyłączoną wzbudnicą bez specjalnej aparatury synchronizacyjnej.

Do napędu walcarek byłaby pożądana w późniejszym etapie seria specjalna silników wolnoobrotowych o mocy 500 do 2000 kW.

4. Silniki prądu stałego.

Duże silniki prądu stałego są używane w hutnictwie wyłącznie do napędu walcarek nawrotnych i nienawrotnych, lecz wymagających regulacji prędkości.

W napęd nawrotny wyposaża się zgniatacze, tj. walcownie wlewków, ciężkie walcownie szyn oraz niektóre walcownie zimnej taśmy stalowej. Wszystkie te zespoły są napędzane w układzie Leonarda lub Leonarda-Ilgnera. Ciężkie walcownie nawrotne wymagają silników o mocy 3000–7500 kW z dużą przeciążalnością (robocza 2,25, wyłączeniowa 2,75) o prędkości podstawowej 40–60 obr./min. (bezpośrednie sprzężenie z walcarką) i bardzo mocnej budowie mechanicznej. Ze względu na zmienną prędkość stosuje się zawsze przewietrzanie obce w obiegu zamkniętym lub półzamkniętym. Zapotrzebowanie krajowego hutnictwa na te silniki jest ograniczone i podejmowanie ich produkcji w kraju nie wydaje się konieczne.

Inaczej ma się sprawa z silnikami nienawrotnymi, przystosowanymi do napędu regulowanych walcarek średnich i drobnych, walcujących kształtowniki, pręty, drut, bednarę, zimną taśmę stalową itp. Zmienna prędkość pozwala na realizację na jednym zespole szerokiego asortymentu produkcji, dzięki czemu zwiększony koszt napędu opłaca się sowicie.

Krajowe hutnictwo zainstalowało po wojnie kilkanaście silników walcowniczych prądu stałego produkcji zagranicznej i zebrało dodatnie doświadczenie eksploatacyjne. Należy się spodziewać coraz szerszego stosowania silników walcowniczych prądu stałego i dlatego pożądaną jest opracowanie niewielkiej serii tych maszyn o zakresie mocy 600–2000 kW i prędkościach znamionowych 100–300 obr./min. Napięcie znamionowe powinno wynosić 750 V, a przeciążalność 2–2,2. Wzmocniona budowa mechaniczna, należyte usztywnienie czoła użwojeń, izolacja kl. B i ulepszone warunki komutacji winny sprostać trudnym warunkom ruchu walcowniczego. Wspólne źródło prądu stałego zasilą zwykle kilka silników walcowniczych, toteż regulacja prędkości w zakresie 1–2,5 winna odbywać się przez zmianę strumienia silnika. Należy przypuszczać, że uruchomienie produkcji tych maszyn w kraju będzie możliwe, gdyż jedna z fabryk krajowych opracowuje silnik walcowniczy prądu stałego o mocy 800 kW, a jednostki wykonywane dla górnictwa mają zbliżone warunki pracy.

Silniki prądu stałego średniej i małej mocy są szeroko rozpowszechnione w hutnictwie radzieckim i amerykańskim. Główne ich zalety to łatwość regulacji prędkości i możność otrzymania charakterystyki szeregowej, pożądaną szczególnie dla napędów o częstych rozruchach, nawrotach i znacznych przeciążeniach. Charakterystyka szeregową pozwala na ograniczenie prądów przeciążeniowych i skrócenie czasu trwania operacji jawowych.

Małe i średnie silniki prądu stałego bądź zasilają się z sieci i wyposaża w sterowanie stycznikowo-oporowe, bądź stosuje się w układzie Leonarda, co daje korzyści przy napędach nawrotnych o bardzo dużej liczbie łączów (ok. 1000 na godzinę), o szerokim zakresie regulacji prędkości oraz w wypadku konieczności stworzenia specjalnych charakterystyk mechanicznych (np. charakterystyki załamanej, ograniczającej moment szczytowy silnika).

Wszystkie napędy hutnicze prądu stałego małej i średniej mocy można podzielić na dwie zasadnicze grupy: napędy o warunkach pracy zbliżonych do normalnych napędów dźwigowych (mechanizmy wielkiego pieca, suwnice specjalne itp.) i napędy o bardzo trudnych warunkach pracy, charakteryzujących się bar-

dzo częstymi nawrotami, udarowym charakterem przeciążeń, wysoką temperaturą otoczenia oraz obecnością w powietrzu wilgoci i pyłu (mechanizmy pomocnicze i operacyjne zgniataczy i walcowni dużych).

Dla pierwszej grupy napędów przemysł zagraniczny produkuje zwykle silniki dźwigowe prądu stałego budowy zamkniętej o wzbudzeniu szeregowym, bocznikowym i mieszanym.

Drugą grupę napędów wyposaża się w specjalne silniki hutnicze, które odznaczają się mocną budową mechaniczną i specjalnie solidnym ułożyskowaniem. Są one wykonywane wyłącznie w obudowie zamkniętej z przewietrzaniem przelotowym (króćce do przyłączania do sieci powietrznej). Stojan dzieli się w płaszczyźnie poziomej, co umożliwia rewizję wirnika i usuwanie drobnych usterek na miejscu pracy. Izolacja klasy B i przeciążalność prądowa 300% umożliwiają sprostanie trudnym warunkom pracy. Silniki hutnicze mają silnie wydłużone wirniki dla zmniejszenia ich momentów zamachowych, dzięki czemu skracają się czas rozruchu.

Nowe projektowane w kraju napędy hutnicze zaopatrywano dotąd niemal wyłącznie w silniki asynchroniczne. Brak odpowiednich maszyn prądu stałego i aparatury wykluczał możliwość wyboru. Wydaje się rzeczą pożądaną wprowadzenie do produkcji krajowej niewielkiej serii silników dźwigowych prądu stałego, która pokrywałaby nie tylko zapotrzebowanie hutnictwa, lecz również potrzeby innych przemysłów. Powinny to być maszyny budowy zamkniętej o wzmocnionej konstrukcji mechanicznej i zmniejszonych momentach zamachowych. Silniki dźwigowe winny być zwojone na napięcie znamionowe 440 V przy czym praca na 220 V odbywałaby się z obniżoną prędkością i przy zmniejszonej mocy. Moce dla tych silników należałoby podawać dla $P = 25, 40$ i 60% .

Uruchomienie produkcji specjalnych silników hutniczych prądu stałego nie wydaje się konieczne, gdyż zapotrzebowanie naszego hutnictwa jest ograniczone i winno być raczej pokrywane z importu.

5. Urządzenia zasilające prąd stałego.

Duże zalety napędów z regulowaną prędkością oraz napędów z charakterystyką szeregową sprawiają, że hutnictwo coraz chętniej i szerzej stosuje silniki prądu stałego. Tendencje i postępy w tym kierunku obserwuje się w obcych krajach od dawna, natomiast w polskim hutnictwie znacznie słabiej.

W związku z tym problem przetwarzania prądu zmiennego na stały staje się dla hutnictwa coraz ważniejszy. Zagadnienie to można rozwiązać przy pomocy prostowników lub przetwornic wirujących. Głównymi zaletami prostownika są: wyższa sprawność zwłaszcza przy zmiennym obciążeniu, niższy koszt, łatwiejsza obsługa i konserwacja oraz mniejsza kubatura pomieszczenia. Za granicą prostowniki są bardzo szeroko stosowane w hutnictwie dla sieci 220- i 440-woltowych oraz jako źródło prądu stałego dla dużych silników walcowniczych, nienawrotnych, pracujących w sposób ciągły i wymagających regulacji prędkości.

W Europie stosuje się prostowniki rtęciowe, żelazne wieloanodowe ze stałe działającą pompą próżniową. Regulacja napięcia odbywa się przez zmianę zaczerw transformatora (z reguły bez obciążenia) oraz opóźnianie momentu zapłonu łuku drogą zmiany napięcia na siatkach sterujących. Przemysł amerykański propaguje prostowniki jednoanodowe, które łączą się w zespoły (ignitrony). Jednostki o mocy do 500 kW są wykonywane bez pomp próżniowych; zadowalająca próżnia utrzymuje się przez kilka lat, po czym należy naczynie regenerować.

Zespoły prostowników jednoanodowych zmniejszają koszt rezerwy, gdyż wystarczy mieć w magazynie zapasowe naczynia zamiast całych prostowników wieloanodowych.

W hutach krajowych pracuje kilkanaście jednostek prostownikowych dużej mocy (1000–3000 kW) o napięciu wyprostowanym 600–750 V, zasilających silniki walcownicze. Są to wyłącznie prostowniki rtęciowe, żelazne, wieloanodowe. Najstarsza z tych instalacji pracuje zupełnie zadowalająco od roku 1938, pozostałe zainstalowano po wojnie. Po okresie początkowych trudności rozruchowych pracują one (z wyjątkiem jednego obiektu) poprawnie.

W naszych warunkach duże trudności powstają w wypadku konieczności usuwania uszkodzeń i usterek. Zakłady Wytwórcze Prostownikowych zebrały już pewne doświadczenie i wykonały zupełnie zadowalająco kilka napraw hutniczych urządzeń prostownikowych. Konieczne jest jednak pełne przeszkolenie specjalistów i takie przygotowanie wymienionych zakładów, żeby wszelkie remonty prostowników dużej mocy i ich osprzętu pomocniczego mogły być wykonywane w kraju. Ponad to należy podjąć w kraju produkcję prostowników średniej mocy (do 500 kW) o napięciach 220 i 440 V do zasilania sieci prądu stałego.

Wobec niewielkiego zapotrzebowania zespołów dużej mocy (powyżej 1000 kW) ze strony hutnictwa podjęcie produkcji tych jednostek w kraju będzie celowe dopiero po ustaleniu zapotrzebowania dla innych przemysłów.

Głównymi wadami prostownika rtęciowego są: zniekształcenie krzywej napięcia sieci prądu zmiennego, trudności związane z szerokością i płynną regulacją napięcia wyprostowanego i indukcyjny współczynnik mocy, wahający się w granicach 0,85—0,95. Zmiana napięcia wyprostowanego przez przełączanie zaczepów na transformatorze jest możliwa tylko skokami i z reguły bez obciążenia. Regulacja napięcia przez opóźnianie momentu zapłonu łuku zmianą potencjału na siatkach sterujących pociąga za sobą pogorszenie współczynnika mocy (proporcjonalnie do uzyskanej obniżki napięcia) i zwiększa skłonność prostownika do zapłonów zwrotnych. Przy obecnym stanie techniki prostownik nie może zastąpić przetwornicy wirującej tam, gdzie jest potrzebna szeroka, płynna i częsta regulacja napięcia stałego oraz gdzie celowe jest stosowanie odzyskowego hamowania silników. Toteż hutnictwo będzie stosować, poza prostownikami, również przetwornice wirujące dla takich urządzeń, jak napęd główny zgniataczy, napęd walcowni nawrotnej zimnej taśmy stalowej, operacyjne napędy pomocnicze ciężkich walcowni duo i trio, napęd wyciągu skipowego wielkiego pieca itp.

Pokrycie w kraju zapotrzebowania na przetwornice wirujące o mocy do 2000 kW jest celowe i możliwe, gdyż poza hutnictwem również przemysł węglowy jest odbiorcą tych maszyn, a zakłady krajowe mają już doświadczenie produkcyjne w tej dziedzinie. Należy opracować dokumentację dla serii generatorów prądu stałego, która zaspokoiłaby potrzeby hutnictwa i górnictwa. Jako napięcie znamionowe można zaproponować 750 V; przeciążalność robocza ma wynieść 2—2,2. Należy dążyć do zastąpienia wszędzie, gdzie to jest możliwe, napędowego silnika asynchronicznego przez synchroniczny.

6. Wzmacniacze maszynowe.

Amplidyna została wprowadzona w hutnictwie przed kilkunastu laty i znalazła wszechstronne zastosowanie. Obecnie zarówno amplidyna, jak i inne wzmacniacze maszynowe są używane do sterowania napędów we wszystkich niemal oddziałach huty. Spotykamy je przy piecach łukowych w układzie napędowym elektrod, w zespołach Leonarda, gdzie sterują napięcie prądu i prąd wzbudzenia silników walcowniczych, jako samoczynne regulatory poślizgu silników asynchronicznych, współpracujących z kołem zamachowym, wreszcie w walcowniach zimnej taśmy stalowej jako regulatory naciągu i w wielu innych napędach.

Zasada działania i konstrukcja amplidyny były już omawiane w Przeglądzie Elektrotechnicznym*). Główne zalety wzmacniacza maszynowego to wysoki współczynnik wzmocnienia, ograniczający do minimum sztywność regulowanego układu, mała bezwładność elektromagnetyczna zwiększająca prędkość regulacji, duża przeciążalność, pozwalająca na intensywne forsowanie stanów przejściowych, i duża pewność ruchu. Na biegunach amplidyny można umieścić kilka uzwojeń sterowniczych, co pozwala uzależnić sterowany proces od kilku czynników jednocześnie.

Wprowadzenie wzmacniaczy maszynowych umożliwiło także osiągnięcia, jak nawrót zgniatacza napędzanego dwoma silnikami o mocy 6000 k.m., od prędkości +50 obr./min. do prędkości -50 obr./min. w ciągu 1,2 s czy budowę ciągłej walcowni zimnej taśmy stalowej, pracującej z prędkością 120 km/h z zachowaniem stałości naciągu w granicach $\pm 5\%$.

Krajowy przemysł maszyn elektrycznych wykonał w ścisłej współpracy z Biurem Projektowania Urządzeń Przemysłu Hut-

*) Por. Pełczewski W. Zasada działania amplidyny (PE, 1953, z. 4, str. 139—146).

niczego prototyp amplidyny o mocy 1,8 kW, na 220 V, 1500 obr./min. mającej 4 uzwojenia sterownicze. W opracowaniu znajduje się dokumentacja na amplidynę o mocy ok. 4 kW. Podjęcie produkcji tych wzmacniaczy po dodatnim wyniku prób laboratoryjnych umożliwi hutnictwu nowoczesne rozwiązanie wielu problemów napędowych. Ważne jest jednak niezmienne, żeby jednocześnie z produkcją amplidyny rozpocząć wytwarzanie wszystkich elementów pomocniczych automatyki elektromaszynowej, a mianowicie transformatorów stabilizacyjnych, prostowników suchych, oporników itd.

W wypadku rozszerzenia asortymentu produkowanych w kraju silników prądu stałego na moce powyżej 1500 kW niezbędne będzie wprowadzenie do produkcji trzeciej wielkości amplidyny (ok. 7 kW).

7. Wyposażenie pomocnicze napędów.

Modernizacja napędu elektrycznego wymaga — oprócz wprowadzenia nowych typów maszyn elektrycznych — produkcji specjalnej aparatury sterowniczej.

Oto najpilniejsze potrzeby hutnictwa w tej dziedzinie:

- 1) styczniki o obciążalności znamionowej 40, 100, 200 A oraz przekaźniki pomocnicze i czasowe na prąd zmienny, wytrzymujące do 1000 łączeń na godzinę;
- 2) luzowniki hamulcowe silnikowe, wytrzymujące do 1000 łączeń na godzinę;
- 3) przełączniki do zmontowania na wale silnika, których pozycja zależna jest od kierunku obrotów, np. typu Alnico;
- 4) aparatura na prąd stały — wyłączniki szybkie, styczniki, przekaźniki zwłoczne;
- 5) urządzenia sterownicze do automatycznego rozruchu silników synchronicznych.

8. Wnioski.

Produkowany dotąd w kraju asortyment maszyn elektrycznych zmuszał hutnictwo do pokrywania większości swych potrzeb w tej dziedzinie z importu. Dla umożliwienia przemysłowi hutniczemu oparcia nowoczesnych oraz technicznie i ekonomicznie poprawnych projektów z zakresu napędu elektrycznego na dostawach krajowych, konieczne jest nie tylko udoskonalenie obecnie wytwarzanych maszyn, lecz również rozszerzenie asortymentu produkcji. Przede wszystkim należy podjąć produkcję maszyn i urządzeń pilnie potrzebnych hutnictwu, których dostawa powinna być przynajmniej częściowo zrealizowana w Planie 6-letnim.

Do tej grupy należą:

- a) silniki asynchroniczne do pracy przerywanej, o obniżonym momencie zamachowym, przystosowane do pracy z dużą liczbą łączeń na godzinę;
- b) nowe wielkości silników samotokowych o większych momentach rozruchowych i wyższej klasie izolacji;
- c) silniki synchroniczne niskiego napięcia o mocy 150 ÷ 250 kW przystosowane do rozruchu z przyłączoną wzbudnicą;
- d) silniki synchroniczne wysokiego napięcia o mocy 200 ÷ 2000 kW;
- e) wzmacniacze maszynowe o mocy 1,8 kW i 4 kW wraz z wyposażeniem pomocniczym;
- f) luzowniki hamulcowe silnikowe;
- g) aparatura do sterowania i automatyzacji napędów.

W drugim etapie należy rozszerzyć asortyment produkcji o następujące maszyny:

- a) silniki walcownicze synchroniczne, małoobrotowe;
- b) silniki walcownicze prądu stałego o mocy do 2000 kW;
- c) przetwornice wirujące o mocy do 2000 kW, napędzane silnikami asynchronicznymi i synchronicznymi;
- d) prostowniki rtęciowe średniej mocy (do 500 kW) dla napięć 220 V i 440 V.

MGR INŻ. A. MYSTKOWSKI

Silniki elektryczne w obrabiarkach

621.313.13:621.7

Treść. Zalety i wady silników asynchronicznych i silników prądu stałego. Wymagania stawiane silnikom w zależności od ich przeznaczenia. Silniki napędu głównego — stała moc, duży moment rozruchowy, dobre wyważenie wirników; silniki napędów pomocniczych — stały moment; silniki sterownicze — małe wymiary. Braki w asortymentach obecnej produkcji: silniki na dużą liczbę przełączeń, silniczki do pracy w zwarciu, silniki do wbudowania w kadłub obrabiarki, silniki do pracy w położeniu poziomym i pionowym. Wymagania konstruktora obrabiarek co do charakterystyk i zakresu regulacji silników prądu stałego. Celowość wprowadzenia do produkcji wzmacniaczy maszynowych.

Электрические двигатели для металлообрабатывающих станков. Преимущества и недостатки асинхронных двигателей и двигателей постоянного тока. Требования предъявляемые двигателям в зависимости от их назначения. Двигатели главного привода — постоянная мощность, большой пусковой момент, надлежащая балансировка ротора; двигатели вспомогательного привода — постоянный момент; двигатели для управления — малые размеры. Ассортимент нынешнего производства требует пополнения следующими типами двигателей: на большое число переключений, для работы при коротком замыкании, для помещения в корпусе станка, для работы в горизонтальном и вертикальном положении. Требования конструктора станков относительно характеристики и пределов регулирования двигателей постоянного тока. Целесообразность расширения производства двигателей на машинные усилители.

Electric motors for machine tool drives. Advantages and disadvantages of asynchronous and D. C. motors. Requirements to be fulfilled by motors, according to the nature of work which they are to perform. Main drive motors — constant power, high starting torque, correct rotor balance; auxiliary drive motors — constant moment; control motors — small dimensions. Deficiencies in the range of motors at present available:

motors for a wide range of variable speeds, fractional horsepower motors to operate under short-circuit conditions, motors for accommodation in machine tool casings, horizontal and vertical-shaft motors. Demands by machine tool designers as regards D. C. motor characteristics and control range. Rationality of introducing machine amplifiers.

1. Wstęp.

Od czasu, kiedy w budowie obrabiarek zwyciężył napęd indywidualny, przemysł obrabiarkowy stał się jednym z poważniejszych odbiorców maszyn elektrycznych. Jak wiadomo, do napędu obrabiarek stosuje się przeważnie asynchroniczne silniki zwarte prądu trójfazowego; jedynie do napędu strugarek podłużnych i bardzo dużych tokarek, zwłaszcza pionowych (tak zwanych karuzelówek) stosuje się silniki bocznikowe prądu stałego pracujące w układzie prądnic-silnik. Ostatnio w krajach przodującej techniki coraz częściej spotyka się obrabiarki z tzw. napędem elektronowym, to znaczy wyposażone w silnik lub silniki prądu stałego, zasilane z tyratronowych układów lampowych.

Przyjmuje się ogólnie, że z punktu widzenia przydatności silnika do napędu obrabiarki silniki asynchroniczne mają następujące zalety: 1) prosta konstrukcja i związana z tym niska cena silnika, 2) łatwość konserwacji, 3) prostota obsługi, 4) prędkość obrotowa silnika praktycznie biorąc niezależna od obciążenia, 5) możliwość zainstalowania silnika w każdym warsztacie, ponieważ każdy warsztat jest przyłączony do sieci prądu trójfazowego o jednakowej (w Europie) częstotliwości 50 okr./sek. i o napięciu międzyfazowym prawie zawsze 380 V. Jedyną wadą tego typu silników jest niemożność regulowania obrotów w sposób ciągły w przeciwstawieniu do silników bocznikowych prądu stałego, które dla napędu obrabiarek mają tę zaletę, że pozwalają na bezstopniową regulację obrotów. Natomiast jako wady silników prądu stałego uważa się: 1) bardziej skomplikowaną, a więc i droższą budowę, 2) trudniejszą konserwację, 3) konieczność stosowania rozruszników lub skomplikowanych układów sterujących, 4) brak sieci prądu stałego w warsztatach obróbki mechanicznej.

Opinia powyższa jest zasadniczo słuszną, jednakże często podaje się niewłaściwą hierarchię wymienionych wyżej zalet i wad. Ponadto opinia ta jest zbyt ogólnikowa, jeśli wziąć pod uwagę wielką różnorodność przeznaczeń silnika w obrabiarence. Silniki elektryczne w obrabiarkach należy rozpatrywać w zależności od ich przeznaczenia. Możemy tu wyodrębnić trzy zasadnicze grupy: 1) silniki napędu głównego tzn. nadające przedmiotowi lub narzędziu ruch roboczy, 2) silniki napędów pomocniczych (posuw roboczy lub szybki przesuw zespołów obrabiarki, napęd pomp olejowych i do chłodziwa, napęd mechanizmów zaciskowych itp.) i 3) silniczki sterownicze (serwomotorki). Omówimy kolejno te trzy grupy.

2. Silniki napędu głównego.

Moc i obroty. W zależności od wielkości i typu obrabiarki stosuje się do napędu głównego silniki o mocy od paru setów do 100 kW. Przy stosowaniu silników asynchronicznych jednobiegowych żadaną gamę prędkości roboczych uzyskujemy przez skrzynki napędowe z kołami przesuwymi i ewentualnie sprzęgłami wielopłytowymi. Prędkości robocze w zależności od przeznaczenia i rodzaju obrabiarki wahają się mniej więcej w granicach od 1:6 do 1:50, utrzymując się częściej bliżej tej wyższej granicy. Jeżeli konstruktor zdecyduje się na zastosowanie silnika asynchronicznego wielobiegowego, wybór jego pada zazwyczaj na silnik dwubiegowy o stosunku obrotów 1:2, ponieważ tylko taki silnik pozwala na uzyskanie poprawnego szeregu geometrycznego prędkości roboczych. W przypadku stosowania silników o ciągłej zmianie obrotów można bądź cały zakres prędkości pokryć zmianą obrotów silnika, bądź też zastosować uproszczoną skrzynkę napędową o dwóch, trzech czy czterech biegach. Jeśli wybierzemy to drugie rozwiązanie, potrzebny nam będzie silnik o regulacji obrotów w zakresie równym pierwiastkowi drugiego, trzeciego, lub czwartego stopnia z żadanego zakresu prędkości roboczych obrabiarki. Tak np. do tokarki o zakresie prędkości wrzeciona 1:50 można by zastosować silnik o regulowanych obrotach w tym właśnie zakresie lub w zakresie 1: $\sqrt[4]{50} \approx 1:7$ w połączeniu ze skrzynką napędową dającą dwa biegi również w stosunku 1:7. Przy trzybiegowej skrzynce wystarczy zakres obrotów silnika 1: $\sqrt[3]{50} \approx 1:3,7$, biegi zaś zmieniane mechanicznie muszą być uszeregowane w tym samym stosunku. Wreszcie przy czterobiegowej skrzynce potrzebny zakres regulacji obrotów silnika wyniesie 1:2,7.

Korzyści stosowania silnika o ciągłej zmianie obrotów są następujące: 1) potanie i uproszczenie konstrukcji części mechanicznej obrabiarki przez wyeliminowanie wielobiegowej skrzynki napędowej, 2) uproszczenie obsługi przy zmianie biegów i umożliwienie prostego rozwiązywania automatycznej zmiany biegów, 3) możliwość dobrania każdorazowo najkorzystniejszej prędkości skrawania. Korzyści te przemawiają za stosowaniem silników prądu stałego; niestety, wadą takiego napędu poza

wspomnianymi na wstępie jest to, że regulacji obrotów silnika w szerszym zakresie towarzyszy zmiana jego mocy.

Jakież więc wymagania co do mocy napędowej w funkcji liczby obrotów stawia silnikowi obrabiarka? Zależy to, oczywiście, od rodzaju obrabiarki. Mimo wielkiej różnorodności tych rodzajów możemy podzielić je na trzy grupy.

Grupę pierwszą stanowią obrabiarki o prostoliniowym ruchu roboczym (strugarki). Utarło się mniemanie, że w tego rodzaju obrabiarkach potrzebna moc napędowa jest proporcjonalna do prędkości skrawania, że — innymi słowy — silnik napędowy powinien dawać stały moment obrotowy, a zatem najodpowiedniejsza będzie tu regulacja obrotów silnika regulacją napięcia na zaciskach twornika. Tego rodzaju regulacja jest najłatwiejsza do zrealizowania, jednak, niestety, założenie nie jest słuszne, albowiem przy skrawaniu w grę wchodzi nie tyle mechaniczna wytrzymałość noża, ile termiczna (spalanie się ostrza); z tego powodu większe prędkości skrawania stosuje się przy mniejszym przekroju wióra, wskutek czego opór skrawania maleje ze wzrostem prędkości skrawania, a moc napędowa wrażliwa wolniej niż prędkość. Jeżeli jednak do napędu strugarki zastosujemy układ prądnic-silnik z mieszaną regulacją obrotów silnika napędowego (napięciem i wzbudzeniem), a moc układu dobierzemy odpowiednio do wymagań przy najniższych obrotach, to będziemy mogli przy najwyższych obrotach dość dobrze wyzyskać rozporządzalną moc napędową. Przy pokryciu całego zakresu prędkości jedynie regulacją napięcia trzeba będzie zastosować silnik napędowy, z którego przy najwyższych obrotach będzie można wyzyskać w najlepszym przypadku niecałe 50% mocy.

Nie są to jeszcze zbyt rażące dysproporcje między mocą rozporządzalną, a mocą wyzyskiwaną, a jeśli weźmiemy dodatkowo pod uwagę ciężkie warunki pracy napędu ze względu na częste nawroty dużych mas przedmiotu, stołu i mechanizmu napędowego (warunki, którym najlepiej potrafi sprostać układ prądnic-silnik), zrozumiałe staje się, że układ ten spotyka się bardzo często właśnie przy napędzie większych strugarek. Z uwagi jednak na stosowane obecnie w strugarkach znaczne zakresy regulacji prędkości roboczych (1:20 i więcej), omawiany układ bez automatycznej stabilizacji obrotów już nie wystarcza i okazuje się konieczne stosowanie takiej stabilizacji najczęściej przez użycie wzmacniacza maszynowego.

Przy okazji należy zwrócić uwagę na przeoczany czasami fakt, że wprowadzić najekonomiczniejszą obróbkę na strugarce jest taka, przy której wyzyskujemy pełną długość skoku stołu, często jednak musimy strugać na dużym przedmiocie stosunkowo krótki odcinek, a więc przy projektowaniu układu napędowego do strugarki należy przewidzieć możliwość parokrotnie częstszych nawrotów silnika, niż wynikałoby to z największej długości stołu strugarki.

Grupę drugą stanowią obrabiarki, w których obrotowy ruch roboczy wykonuje przedmiot (tokarki poziome i pionowe). Jeśli chodzi o zależność mocy od prędkości skrawania, wyżej podane rozważania mają tu zastosowanie w całej rozciągłości, ponieważ jednak w tej grupie obrabiarek uzyskujemy tę samą prędkość skrawania, niezależnie od średnicy przedmiotu, przy różnych prędkościach obrotowych wrzeciona czy stołu, przeto jest rzeczą zrozumiałą, że prawie w całym zakresie obrotów będziemy wyzyskiwali tę samą maksymalną moc napędową. Jedynie przy najmniejszej prędkości obrotowej, mniej więcej — zgodnie z doświadczeniem — w zakresie 1: $\sqrt[4]{R}$ (R — całkowita rozpiętość zakresu obrotów), nie będzie wyzyskiwana pełna moc obrabiarki. Ciągła zmiana liczby obrotów przy stałej mocy możliwa jest jedynie przez osłabienie pola, a ze względu na mały zakres takiej regulacji wymaga to stosowania dodatkowo mechanicznej zmiany biegów. Jeśli jednak mechaniczna zmiana biegów musi mieć więcej niż trzy — cztery stopnie, to stosowanie napędu silnikiem prądu stałego zazwyczaj już się nie opłaca.

Stosowanie do tego rodzaju obrabiarek nowoczesnych, skomplikowanych elektrycznych układów napędowych (rototrolowy, amplitudowy, jonowy itp.), pokrywających cały zakres regulacji obrotów wrzeciona, prowadzi z konieczności do przewymiarowania silników. Jeśli dla przykładu rozpatrzmy tokarkę o zmienności liczby obrotów wrzeciona 1:30, wymagającą napędu o stałym momencie w zakresie 1: $\sqrt[4]{30} \approx 1:2,3$, a powyżej tego zakresu — o stałej mocy, i zastosujemy tu silnik o regulacji wzbudzeniem 1:3, a regulacji napięciem 1:10, łatwo sprawdzić, że przy największej prędkości obrotowej silnik ten będzie miał moc z górą czterokrotnie za dużą. Takie przewymiarowanie silnika odbija się już poważnie na jego sprawności oraz na wy-

miarach gabarytowych, które staramy się utrzymać możliwie małe zwłaszcza w tokarkach, gdzie zazwyczaj silnik jest wmontowany w nodze łoża.

W przykładzie powyższym nie brano pod uwagę pogorszenia się chłodzenia silnika przy mniejszej liczbie obrotów; uwzględnienie tego faktu jeszcze bardziej utrudni zastosowanie takiego układu.

Do trzeciej grupy obrabiarek zaliczymy te, w których obrotowy ruch roboczy wykonuje narzędzie (wiertarki, frezarki). Ponieważ w tych obrabiarkach większą prędkość obrotową stosuje się przy narzędziu o mniejszej średnicy, a więc słabszym wytrzymałościowo, przeto ze wzrostem prędkości obrotowej wyznaczana moc maleje, a zatem do tych obrabiarek jeszcze mniej niż w przypadku drugiej grupy byłoby właściwe stosowanie silników z regulacją liczby obrotów przy stałym momencie obrotowym.

Pozostaje więc do dyspozycji jedynie napęd silnikami asynchronicznymi ze zmianą liczby obrotów wrzeczona przy pomocy odpowiednio rozbudowanej skrzynki przekładniowej lub napęd silnikami prądu stałego z regulacją obrotów wzbudzeniem z dodatkami skrzynki napędowej o paru zakresach biegów zmieniających mechanicznie.

Z rozważań powyższych wynika, że przemysł obrabiarkowy w zakresie silników prądu stałego specjalnie interesują silniki o możliwie szerokiej regulacji obrotów wzbudzeniem (przynajmniej 1:3). Stosowanie w tym celu dodatkowego wzbudzenia szeregowego, powodującego pewne złagodzenie charakterystyki mechanicznej, jest dopuszczalne, ponieważ dziesięć- czy nawet w pewnych wypadkach kilkunastoprocentowy spadek liczby obrotów od biegu luzem do pełnego obciążania nie stanowi jeszcze poważnej wady napędu.

Z silników asynchronicznych w obrabiarkach stosuje się przeważnie silniki na 1500 obr./min. W wielu wypadkach konstruktor wolałby zastosować silnik na 3000 obr./min., jednakże prowadzi to często do powstawania drgań w obrabiarence, spowodowanych niezbyt dokładnym dynamicznym wyważeniem wirnika silnika. Gdyby przemysł maszyn elektrycznych produkował silniki o dobrze wyważonych wirnikach, wzrosłoby znacznie stosowanie silników o 3000 obr./min., choćby ze względu na ich mniejsze wymiary.

Moment rozruchowy. Jak wiadomo, część momentu rozruchowego idzie na pokonanie oporów tarcia napędzanego mechanizmu, reszta — na pokonanie oporów bezwładności mechanizmu, a więc na nadanie mu przyspieszenia. Zbyt mały moment rozruchowy przedłuża czas rozruchu, powodując duże obciążenie termiczne silnika, uniemożliwiające częstsze jego włączanie, zbyt duży zaś moment obciąża nadmiernie elementy skrzynki napędowej. Ponieważ obrabiarkę uruchamia się zawsze w stanie luzu, przeto na ogół nie spotykamy trudności rozruchowych. Jednakże w obrabiarkach przeznaczonych do obróbki dużych przedmiotów, obciążających całym swym ciężarem bądź ślizgowe łożyska wrzeczona (tokarki do wałców hutniczych, do kołowych zestawów wagonowych i parowozowych itp.), bądź prowadnice stołu (duże karuzelowki), opory tarcia w świeżo zamontowanej i nie dotartej jeszcze maszynie, zredukowane na wał silnika, mogą dać moment oporowy dochodzący do połowy wartości momentu znamionowego silnika napędowego. Uwzględniając jeszcze możliwość pewnego spadku napięcia w sieci warsztatowej musimy uważać 50—60% momentu znamionowego jako nieprzekraczalne minimum dla momentu rozruchowego silnika. Tymczasem Polskie Normy Elektrotechniczne gwarantują jedynie 30% momentu znamionowego.

Moment bezwładności wirnika. W przeważającej większości przypadków moment bezwładności mechanizmów napędowych obrabiarki jest wystarczająco duży dla zapewnienia odpowiednio równomiernego biegu przy występujących podczas skrawania wahaniach obciążenia. Jeżeli nawet w pewnych przypadkach, jak np. we frezarkach przeznaczonych do skrawania frezami z płytkami z węglików spiekanych, dodaje się koło zamachowe dla zapewnienia bardziej spokojnej pracy freza, to koło to ze zrozumiących względów osadzamy bezpośrednio na wrzeczonie; zwiększenie momentu bezwładności wirnika w tym wypadku zupełnie nie rozwiązuje sprawy. Natomiast w obrabiarkach, w których występują częste nawroty ruchu roboczego przez zmianę kierunku obrotów silnika, staramy się, dla ułatwienia nawrotów, zmniejszyć do minimum moment bezwładności układu kinematycznego. Z tego rodzaju zagadnieniem spotykamy się przede wszystkim w napędach strugarek. Tymczasem właśnie stosowane do takiego napędu silniki prądu stałego krajowej produkcji odznaczają się dużym GD^2 . Należałoby więc przejść do konstrukcji silników o wirnikach dłuższych, lecz mniejszej średnicy.

Częstość włączeń. Częstość włączeń, którą dopuszczają znormalizowane silniki asynchroniczne, jest na ogół wystarczająca przy eksploatacji obrabiarek. Jednakże do napędu tokarek, na których przewidywane jest nacinanie gwintów, byłoby bardzo pożądane mieć do dyspozycji silniki pozwalające na większą liczbę nawrotów na godzinę (około 200). Konstruktorzy silników elektrycznych wypowiadają opinię, że silniki na taką liczbę przełączeń będą się odznaczać dużymi wymiarami gabarytowymi. Ułatwieniem w znalezieniu właściwego rozwiązania będzie, być może, to, że częste nawroty silnika stosuje się na tokarkach jedynie przy toczeniu gwintów, a więc przy operacji wymagającej mocy napędowej kilkakrotnie mniejszej od mocy znamionowej silnika.

3. Silniki napędów pomocniczych.

Napędy pomocnicze można podzielić na dwie grupy: napędy mechanizmów o stałej prędkości (szybkie przesuwu suportów, belek suportowych, napęd pompek hydraulicznych, transportów w liniach obróbkowych itp.) oraz napędy posuwów roboczych.

Do napędów o stałej prędkości nadają się najlepiej silniki asynchroniczne zwarte. W napędach posuwów roboczych oddzielne silniki stosuje się zasadniczo tylko do posuwów minutowych, niezależnie od prędkości ruchu roboczego. Można tu stosować bądź silniki asynchroniczne w połączeniu ze skrzynkami posuwów, bądź — jak w napędach głównych — układy napędowe o bezstopniowej regulacji obrotów. W tym ostatnim wypadku odpadają wymagania co do zachowania stałej mocy silnika, ponieważ do napędu posuwów wystarcza na ogół napęd o stałym momencie. Dodatkową trudnością w porównaniu z napędami głównymi jest znacznie szerszy zakres potrzebnej regulacji obrotów (około 1 : 100). Najbardziej do tego celu nadaje się napęd tyratronowy. W produkcji krajowej jeszcze nie spotykamy tego rodzaju napędu; w opracowaniu konstrukcyjnym znajduje się frezarka ciężka z tyratronowym układem napędu posuwów. Rozwiązanie takie, poza uproszczeniem konstrukcji samej obrabiarki, ma jeszcze tę ważną zaletę, że pozwala na proste i wygodne zautomatyzowanie cyklu operacyjnego na danej obrabiarence.

W grupie silników do posuwów minutowych należy również wspomnieć o silnikach do napędu posuwów we frezarkach — kopiarkach o kopiowaniu elektrycznym. Stosuje się tu zupełnie małe silniki asynchroniczne (przeważnie poniżej 1 kW), przystosowane do bardzo dużej liczby przełączeń (do kilku tysięcy na godzinę). Dla sprawnego działania kopiarki silniki te powinny mieć wystarczająco duży moment rozruchowy, aby czas pełnego rozruchu był rzędu 0,01 s. Tego rodzaju silniki pracują z dodatkowym chłodzeniem obcym. U nas na razie nie przewiduje się produkcji tego rodzaju obrabiarek, jednak rozwijający się przemysł obrabiarkowy już wkrótce może stanąć przed decyzją podjęcia ich produkcji.

Do posuwów na obrót z reguły stosuje się mechaniczne sprzężenie posuwu z napędem głównym. Nasz przemysł obrabiarkowy rozpoczyna obecnie próby stosowania do tego rodzaju posuwów silników asynchronicznych pierścieniowych w układzie tzw. „wału elektrycznego”. Pomyślnie wyniki tych prób mogą stworzyć nowe możliwości w konstrukcji ciężkich obrabiarek, jeżeli w dodatku przemysł maszyn elektrycznych będzie mógł dobrać do tego celu odpowiednie silniki o mocy 1 do 6 kW, podając przy ich charakterystyce dopuszczalną wartość momentu wyrównawczego przy pracy w układzie wału elektrycznego oraz praktycznie osiągalny zakres regulacji obrotów.

4. Silniczki sterownicze.

Są to małe silniczki (o mocy kilkudziesięciu watów), służące np. do zdalnego sterowania oporników regulujących obroty silnika głównego. Oczywiście, specjalnie ważne są tu możliwe małe wymiary silniczków.

Konstruktorzy obrabiarek oczekują również małych silniczków prądu zmiennego, pozwalających na włączanie ich przy zatrzymanym wirniku. Silniczki te — pod względem czynności wykonywanych przez nie w obrabiarkach — można podzielić na dwie grupy:

1) silniczki, które przy zatrzymanym wirniku będą włączone do sieci przez szereg godzin, np. do napięcia kabla, nawiniętego na bęben, a doprowadzającego prąd do suportów tokarek czy szlifierek o długich łożach; 2) silniczki podlegające kilkuset (500 do 1000) włączeniom na godzinę na czas od ułamka sekundy do kilku sekund, stosowane do włączania sprzęgła w skrzynce posuwów strugarki; potrzebny moment od 20 do 100 kGcm. W silniczkach pierwszej grupy wymiary gabarytowe nie grają zasadniczo wielkiej roli, natomiast w drugiej grupie zależy na utrzymaniu możliwie małych wymiarów bez konieczności stosowania chłodzenia obcego.

Należy jeszcze wspomnieć, że przemysłowi obrabiarkowemu potrzebne są prądnice tachometryczne.

5. Dezyderaty przemysłu obrabiarkowego.

1. Podawanie w katalogach silników następujących wartości:
a) minimalnego momentu obrotowego w zakresie charakterystyki rozruchu, b) rzeczywistej 15-sekundowej przeciążalności silnika, a w silnikach asynchronicznych zwartych — momentu krytycznego.

2. Zapewnienie minimalnego momentu obrotowego w okresie rozruchu równego co najmniej 50% momentu znamionowego.

3. Zapewnienie co najmniej 200% przeciążalności silników prądu stałego — bocznikowych i obcowzbudnych.

4. Wprowadzenie do produkcji silników prądu stałego o wystarczająco sztywnej charakterystyce mechanicznej przy regulacji osłabieniem pola w zakresie co najmniej 1 : 3.

5. Zmniejszenie momentu bezwładności wirnika w stosunku do spotykanych obecnie wartości w silnikach prądu stałego.

6. Wprowadzenie do warunków odbioru silników o prędkości powyżej 1000 obr./min. sprawdzania wyważenia statycznego i dynamicznego wirnika.

7. Pozostawienie przynajmniej pewnych wielkości silników asynchronicznych zwartych (w zakresie od 10 do 100 kW), uzwojonych na napięcie 380/660 V.

8. Opracowanie silników asynchronicznych zwartych na dużą liczbę przełączeń.

9. Przystąpienie do produkcji silniczków małych (o mocy 20 do 100 W), silniczków włączanych przy zatrzymanym wirniku oraz prądniczek tachometrycznych.

10. Opracowanie konstrukcji uzwojonych pakietów stojana i wirnika (przynajmniej dla silników asynchronicznych zwartych o mocy do 10 kW), pozwalającej wmontować bez trudu takie pakiety bezpośrednio w kadłub obrabiarki.

11. Przekonstruowanie silników na łapach tak, aby mogły opracować również w pionowym położeniu wałka. Dla silników okapturzonych, przeznaczonych do pracy w pionowym położeniu wałka, wprowadzenie specjalnych kadłubów, chroniących te silniki od wody i wpadania z boku drobnych wiórów.

12. Przystąpienie do produkcji wzmacniaczy maszynowych (amplidy nowych lub rototrolowych).

MGR INŻ. HENRYK SZRAJER

○ krajową produkcję napędów maszyn papierniczych

621-5:676.1/2:338.455(438)

Treść. Wzrost zapotrzebowania maszyn papierniczych w Polsce Ludowej wywołuje konieczność rozpoczęcia produkcji układów napędowych. Działanie papiernicy i wymagania w sprawie napędu. Napęd przewijarki i wymagania regulacyjne. Widoki rozwoju i postulaty organizacyjne.

Отечественное производство приводов бумажных машин. Рост потребления бумажных машин в Народной Польше указывает на необходимость приступить к производству приводных систем. Действие бумажной машины и ее требования в отношении привода. Привод перемоточной машины и условия ее регулирования. Перспективы развития производства и организационные указания.

Home production of paper machine drives. The increased demand, in Poland, for paper machinery is making it imperative to proceed with the production of drive systems. Principles of operation of paper machines and the type of drive required. Paper reeling machines and control requirements. Prospects of development and organisational suggestions.

1. Wstęp.

Napędy elektryczne do maszyn papierniczych, tj. do papiernic, zasadniczych maszyn do wyrobu papieru, jak i do większych maszyn wykańczających jak nawijarki, przewijarki, gładziarki, krajalnice i przekrawacze, dotychczas nie były produkowane w kraju. W okresie międzywojennym (1918–1939) brak było bodźca i warunków do zapoczątkowania tego rodzaju produkcji, zapotrzebowanie bowiem ze strony słabo rozwiniętego przemysłu papierniczego było niewielkie: w latach 1929–1939 zainstalowano u nas 4 napędy wielosilnikowe do papiernic. Dla słabo rozwiniętego i zależnego od zagranicy krajowego przemysłu maszyn i aparatury elektrycznej było to przedsięwzięcie mało pociągające i zresztą przekraczające znacznie nasze możliwości. Głównymi dostawcami były firmy zagraniczne i tylko w jednym przypadku dostawca zagraniczny wykonał część zamówienia w fabryce żychlińskiej.

Po wyzwoleniu sytuacja zmieniła się radykalnie przynajmniej pod jednym względem: zapotrzebowanie napędów wielosilnikowych do papiernic tylko w okresie Planu Sześcioletniego osiągnęło liczbę prawie trzykrotnie większą niż w przedwojennym dziesięcioleciu. Krajowy przemysł elektrotechniczny, słabo rozwinięty przed wojną i bardzo zniszczony w czasie wojny, nie był w stanie pokryć zapotrzebowania i prawie wszystkie niezbędne nam napędy do maszyn papierniczych musieliśmy importować.

W latach przyszłych należy spodziewać się dalszego wzrostu zapotrzebowania omawianych napędów. Wniosek ten wypływa z porównania wskaźnika zużycia papieru na głowę mieszkańca w chwili obecnej u nas ze wskaźnikami dla innych przodujących krajów. Z niechybnym wzrostem naszego zużycia papieru wiąże się dalsza modernizacja i rozbudowa przemysłu papierniczego. Obok tego przemysłu wystąpi jako nowy nabywca napędów także powstała po wojnie Fabryka Maszyn Papierniczych w Cieplicach — w miarę rozwijania eksportu swoich wyrobów.

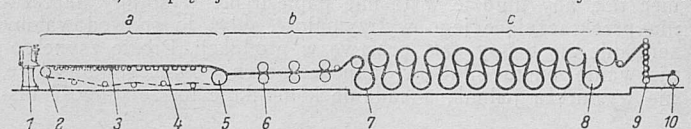
Istnieje zatem w zakresie napędów papierniczych pilna potrzeba uniezależnienia się od importu, tym przykrzejszego, że nie pokrywanego przez kraje demokracji ludowej.

Poniższy opis napędów niektórych maszyn papierniczych ma na celu zaznajomienie polskiego przemysłu elektrotechnicznego, ich przyszłego producenta, z problemem.

2. Napęd wielosilnikowy papiernic.

Rys. 1 przedstawia schemat papiernicy, który ma służyć jedynie do objaśnienia zasady działania tych maszyn. Oczywiście, istnieją również papiernice innych typów.

Do kadzi masowej pompuje się masę papierniczą, będącą zawieszoną w wodzie włókien celulozy, włókien ścieru, wypełniaczy, kleju i barwników*). W następnej kadzi, za kadzią masową, masę papierniczą rozcieńcza się wodą tak, by zawartość wody wynosiła 97,5 do 99,5%. W dalszym ciągu masa przepływa przez wirolapki, rafki itp., mające za zadanie usunięcie z niej zanieczyszczeń. Następnie masa przepływa do kadzi wlewowej i przez wlew wypływa na sito papiernicze. Sito papiernicze wykonane jest z cienkiego drutu z brązu fosforowego i ma kształt taśmy bez końca, rozpiętej na dwóch wałach: wale czołowym i wale



Rys. 1. Schemat papiernicy

a — część sitowa b — prasy c — część susząca
1 — wlew 4 — skrzynki ssące 8 — cylinder chłodzący
2 — wał czołowy 5 — wał ssący 9 — gładzik
3 — wałki rejestrowe 6 — prasy 10 — nawijarka
7 — cylindry suszące

ssącym, przy czym napędzany jest wał ssący. Wał ssący wirując pociąga za sobą sito, które dzięki temu przebiega z jednostajną prędkością pod wlewem.

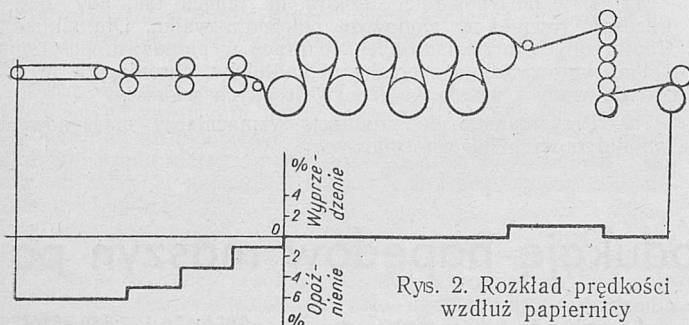
Na sicie spłisniają się włókna zawarte w masie papierniczej i kształtuje się taśma papieru, a równocześnie przez sito przecieka część wody, częściowo grawitacyjnie, częściowo wskutek ssania wywieranego przez wirujące pod sitem wałki (tzw. rejestrowe), skrzynki ssące i wał ssący. Podciśnienie w skrzynkach ssących i wale ssącym wytwarzane jest przy pomocy pomp.

Z walem ssącym taśmę papieru, zdjętą z sita, przenosi się na filc; na filcach taśma przechodzi przez dwie lub więcej pras. Każda prasa składa się z dwóch wałów, z których dolny wykonany jest z dziurkowanej blachy i obciążony gumą. Górny wał granitowy, stonitowy lub metalowy dociskany jest ciężarkami.

*) Masę celulozową otrzymuje się drogą chemiczną przez roztrawianie drewna, względnie odpowiednich roślin jednorocznych, i usunięcie ligniny i innych składników. Włókno celulozowe jest najcenniejszym składnikiem papieru z punktu widzenia wytrzymałości mechanicznej. Ścier otrzymuje się drogą mechanicznego ścierania drewna przy pomocy wirującego kamienia. Ścieranie nie uwalnia włókien celulozy od ligniny i nie usuwa jej. Z 1 m³ drewna otrzymuje się zatem więcej ścieru niż masy celulozowej, jednak od papieru włókna ścieru wnoszą gorsze własności wytrzymałościowe. Stosunek procentowy masy celulozowej, ścieru i innych składników w masie papierniczej jest różny w zależności od przeznaczenia papieru.

mi lub pneumatycznie. W dolnym wale pierwszej, niekiedy i drugiej, prasy stosuje się ssanie. Napędza się dolny wał. Zadaniem pras jest wyciśnięcie z taśmy papieru wody, mocniejsze spłśnienie w niej włókien i pewne wygładzenie powierzchni.

Za prasami taśma papieru wchodzi w część suszącą utworzoną z kilku grup cylindrów suszących. Cylindry suszące są to walce żeliwne o średnicy od 1200 do 1800 mm, o polerowanej powierzchni, wewnątrz puste i ogrzewane od środka parą o ciśnieniu 2–2,5 at. Razem z taśmą papieru biegną filce, dociskające papier do gorącej powierzchni cylindrów. Za cylindrami suszącymi taśma przechodzi przez cylindry chłodzące, chłodzone od wewnątrz przepływającą wodą. Każda grupa cylindrów jest oddzielnie napędzana.



Rys. 2. Rozkład prędkości wzdłuż papiernicy

Za cylindrami suszącymi następuje gładzik, składający się z 3–10 wałów ze staliwa kokilowego o polerowanej powierzchni umieszczonych jeden nad drugim. Taśma papieru przewija się między wałami. Napędza się najniższy wał, pozostałe obracają się przez tarcie między papierem a ich powierzchnią. Za gładzikiem papier już gotowy, schodzący z papiernicy w postaci taśmy bez końca, nawija się w zwoje na nawijarkę napędzaną oddzielnie.

Prędkości przesuwu papieru mieszczą się — w zależności od jego rodzaju i grubości — w granicach od 20 do 700 m/min. Dla uniknięcia nieporozumień trzeba zaznaczyć, że poszczególne papiernice przystosowane są do produkowania tylko kilku lub kilkunastu rodzajów papieru o różnej gramaturze (ciężarze 1 m²), a nie wszelkich możliwych.

Jak wynika z powyższego opisu, papiernica właściwie nie jest jedną maszyną, lecz jest raczej zespołem produkcyjnym, na który składa się szereg maszyn, spełniających różne zadania. Łączy te maszyny w jedną całość taśma papieru i napęd. Oczywiście, maszyny tworzące poszczególne sekcje papiernicy muszą biec tak, aby nigdzie w taśmie papieru nie wystąpiły naprężenia przekraczające jego wytrzymałość, gdyż to spowodowałoby zerwanie się taśmy, tzn. przerwę w produkcji. Proste zsynchronizowanie biegu silników, napędzających poszczególne sekcje, nie wystarcza jednak, a zadanie komplikuje to, że długość taś-

wę wyparowania wody — papier ma tendencję do kurczenia się. Przeważnie jednak mocne naprężenie taśmy w części suszącej nie dopuszcza do podłużnego kurczenia się papieru. Stąd wniosek, że między sitem a częścią suszącą prędkość obrotowa poszczególnych sekcji musi stopniowo wzrastać, a od pierwszej grupy cylindrów suszących do gładzika — w miarę występowania kurczenia się — maleć. To stopniowanie prędkości w górę przed częścią suszącą i ewentualne w dół w części suszącej jest różne w zależności od rodzaju i gramatury biegnącego na papiernicy papieru. Mierzy się je w stosunku do prędkości pierwszej grupy cylindrów suszących i podaje w procentach. A zatem wszystkie sekcje przed pierwszą grupą cylindrów suszących biegną w stosunku do niej „z opóźnieniem”, niektóre zaś za nią, np. gładzik, mogą biec „z wyprzedzeniem”.

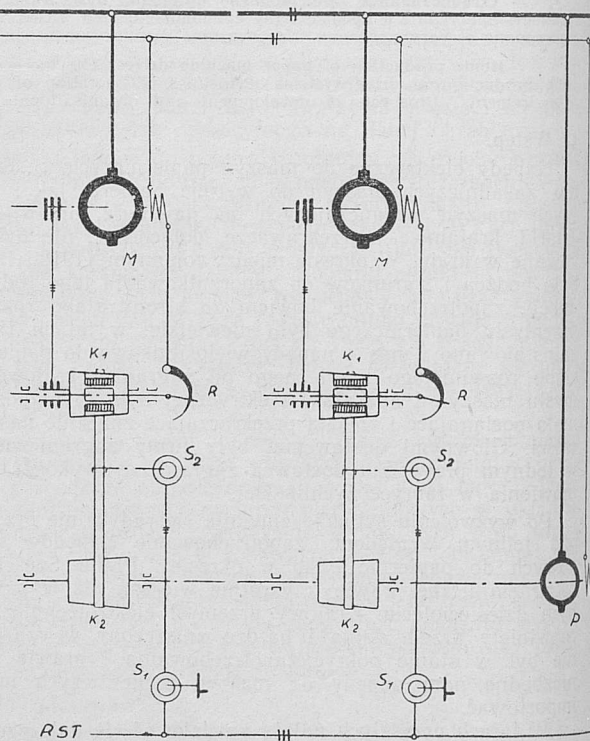
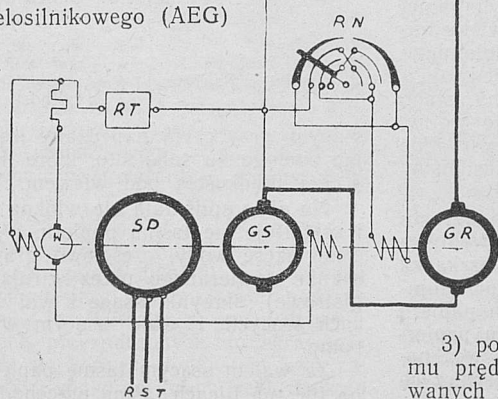
Rys. 2 pokazuje przykładowo rozkład prędkości wzdłuż papiernicy przy produkcji papieru gazetowego. Podane procenty opóźnienia i wyprzedzenia są wartościami średnimi. Taką schodkową linię nazywa się ogólnie „poziomem prędkości”, gdyż zachowując dla danego rodzaju papieru swój charakter może ona — w zależności od stanu papiernicy i napędu i w niemożliwym stopniu od umiejętności obsługi — przesuwać się w górę lub w dół. Innymi słowami, w pierwszym przypadku — pomijając, oczywiście, zerwania — więcej będzie schodziło w jednostce czasu gotowego papieru z papiernicy, w drugim mniej.

Z powyższego wynikają następujące najważniejsze wymagania, które proces technologiczny stawia napędowi papiernicy:

- 1) poziom prędkości papiernicy w czasie produkcji nie powinien podlegać wahaniom;
- 2) raz nastawione stosunki prędkości sąsiednich sekcji, tzw. „ciągi”, nie powinny zmieniać się samorzutnie;

Rys. 3. Schemat napędu wielosilnikowego (AEG)

- SP — silnik przetwornicy
- GS — prądnicą stałego napięcia
- GR — prądnicą dodatkową
- W — wzbudnica
- RT — regulator Tirrilla
- RN — regulator napięcia prądnicą dodatkową
- M — silniki sekcyjne
- R — regulator wzbudzenia
- K₁ — silniki reluktancyjne w kołach stożkowych
- K₂ — koła stożkowe
- P — silnik prowadzący
- S₁, S₂ — napęd selsynowy pa-sków



my i jej naprężenie zmieniają się w trakcie przebiegania przez papiernicę. Między sitem a pierwszą grupą cylindrów suszących, gdzie papier jest jeszcze bardzo wilgotny i jego wytrzymałość niewielka, naprężenie taśmy jest mniejsze, natomiast wzdłuż części suszącej — wraz ze wzrostem suchości i wytrzymałości — naprężenie taśmy zwiększa się.

Między sitem a pierwszą grupą cylindrów suszących — wskutek wspomnianego naprężenia, a przede wszystkim wskutek ściskania w prasach — taśma mokrego jeszcze papieru stopniowo wydłuża się, natomiast w części suszącej — w mia-

3) powinna istnieć możliwość nastawiania dowolnego poziomu prędkości produkcyjnej w zadanych granicach, uwarunkowanych założonym dla danej papiernicy programem produkcji;

4) musi istnieć możliwość nastawiania odpowiedniego stosunku prędkości poszczególnych sekcji względem siebie — dla dostosowania go do wyrabianego rodzaju papieru — w ramach założonego dla danej papiernicy programu produkcji;

5) niezbędna jest możliwość pędzenia zarówno poszczególnych sekcji, jak i całej papiernicy, z tzw. prędkością pomocniczą dla zmiany sit, filców, kontroli, napraw itp.;

6) napęd musi działać niezawodnie ze względu na wielkie straty, powstające wskutek przerw w produkcji.

Punkt 1) i 2) wymagają wyjaśnienia: wahania poziomu prędkości, a zatem i prędkości sita, powodują, że wypływająca

z wlewu na sito stała ilość masy papierniczej rozkłada się na sieć bądź cieńszą, bądź grubszą warstwę, co jest równoznaczne z nierównomierną gramaturą papieru, której wahania nie mogą przekraczać tolerancji przewidzianych dla danego rodzaju papieru.

Samorzutna zmiana wyregulowanego stosunku prędkości sąsiednich sekcji powoduje powstawanie zwisu z jednej strony i zwiększenie naprężenia taśmy z drugiej strony, co prowadzi do zrywania się papieru.

Najważniejszymi źródłami wspomnianych zaburzeń są:

a) wahania częstotliwości w sieci, która zasilą silnik przetwornicy przetwarzającej prąd zmienny na stały;

b) zmiany obciążenia poszczególnych silników sekcyjnych, powstające z różnych przyczyn, jak np. zmiana docisku pras, zmniejszenie lub zwiększenie ssania, uszkodzenie łożyska lub gromadzenie się kondensatu w którymś z cylindrów suszących.

Przed omówieniem stosowanych obecnie elektrycznych napędów wielosilnikowych wypada — dla całości obrazu — wspomnieć o napędzie parowym, historycznie najstarszym. Ten rodzaj napędu wypierany przez szereg lat przez napęd elektryczny, odzyskuje nieco terenu, odkąd pojawiły się maszyny i turbiny parowe z regulacją liczby obrotów. Dla naszych warunków nie wchodzi on w rachubę.

Napędy elektryczne można podzielić na dwie grupy: pierwsza klasyczna, której charakterystyczną cechą jest regulacja z zastosowaniem przekładni różnicowych — mechanicznych lub elektrycznych; druga — z regulacją elektronową, której rozwój zapoczątkowany został po wojnie.

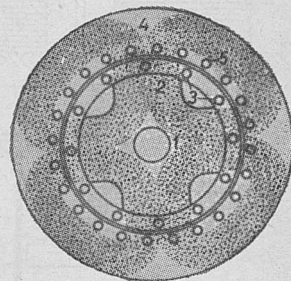
Na rys. 3 pokazany jest schemat napędu wielosilnikowego (AEG) najbardziej typowy dla grup pierwszej. Silniki sekcyjne są zasilane z przetwornicy w układzie z prądnicą dodatkową. Przez zmianę napięcia zasilającego w

rym jest działający jako elektryczna przekładnia różnicowa silnik reluktancyjny. Źródłem wielkości wzorcowej jest silnik, tzw. „przewodzący”, o takiej samej charakterystyce co silniki sekcyjne i zasilany tym samym napięciem przetwornicy.

Właściwą dla każdego silnika wartość wielkości wzorcowej nastawia się przez przesunięcie paska na kołach stożkowych. Budowę silnika reluktancyjnego przedstawia schematycznie rys. 5. Silnik składa się z dwóch części, z których zewnętrzna, twornik, wykonywana jest jak stojan maszyny trójfazowej. Część wewnętrzna ma dzięki odpowiedniemu wykrojowi blach wystające bieguny. Ponieważ w odróżnieniu od twornika, który stale wiruje (wskutek czego też nazwa stojan mogłaby wwołać myl-

Rys. 5. Schemat silnika reluktancyjnego

- 1 — koło biegunowe
- 2 — pierścienie
- 3 — pręty uzwojenia klatkowego
- 4 — twornik
- 5 — uzwojenie twornika



ne wyobrażenie), część wewnętrzna wykonuje ruch obrotowy tylko wtedy, kiedy występuje odchylenie prędkości, właściwsza będzie dla niej nazwa koło biegunowe zamiast wirnik. Bieguny nadają maszynie właściwości silnika synchronicznego, choć nie ma wzbudzenia prądem stałym. Koło biegunowe ma dodatkowe uzwojenie klatkowe, którego zadaniem jest zapobiec wypadnięciu silnika z synchronizmu, a także zwiększyć szybkość regulacji, o czym jeszcze będzie mowa.

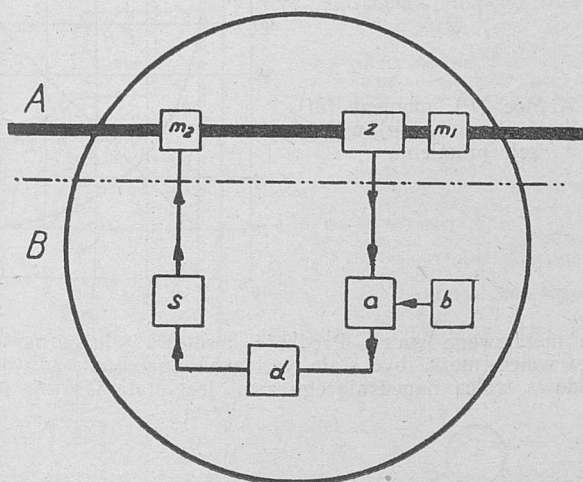
Zasada działania silnika reluktancyjnego jako przekładni różnicowej elektrycznej w omawianym układzie jest następująca: do uzwojenia twornika tworzącego mechanicznie całość z kołem stożkowym doprowadzone jest napięcie, występujące na pierścieniach ślizgowych silnika sekcyjnego, dzięki czemu powstaje w nim wirujące pole magnetyczne. Prędkość wirowania tego pola odzwierciedla prędkość wirowania silnika sekcyjnego. Koło stożkowe razem z twornikiem jest napędzane paskiem i wiruje z prędkością wzorcową, dobrą dla danego silnika sekcyjnego, jednak w kierunku odwrotnym do kierunku wirowania pola magnetycznego. A zatem jeżeli wartość rzeczywista prędkości wirowania silnika sekcyjnego jest równa wartości wzorcowej, pole magnetyczne stoi w przestrzeni nieruchomo i na koło biegunowe nie działa żaden moment obrotowy. Jeżeli natomiast wartość rzeczywista różni się od wartości wzorcowej, pole magnetyczne przebiega jakiś kąt i zabiera ze sobą koło biegunowe. Ruch obrotowy koła biegunowego o pewien kąt przenosi się na szczotki ślizgające się po stykach opornika, włączonego w obwód wzbudzenia silnika sekcyjnego. Koło biegunowe silnika reluktancyjnego razem z trzymadłem szczotkowym spełniają więc zadanie napędu organu regulacyjnego, którym jest opornik w obwodzie wzbudzenia. Wielkością wyjściową regulatora jest wartość oporu nastawiona na oporniku. Wartość oporu na oporniku wpływa na wzbudzenie regulowanego silnika sekcyjnego, w kierunku zniweczenia odchylenia jego prędkości wirowania od wartości wzorcowej.

Nastawienie ciągów między poszczególnymi sekcjami papiernicy odpowiednich dla produkowanego rodzaju papieru (p. 4 wymagań technologicznych) dokonywa się przez przesuwanie pasków na kołach stożkowych, co równoznaczne jest z narzuceniem poszczególnym silnikom sekcyjnym odpowiednio zrózniczkowanych prędkości wzorcowych.

Napędy wielosilnikowe w wykonaniu innych firm różnią się od opisanego jedynie w pewnych szczegółach, np. w stosowaniu przetwornicy w układzie Warda-Leonarda, zamiast układu z prądnicą dodatkową.

Z ważniejszych innych różnic należy wymienić mechaniczne przekładnie różnicowe zamiast silniczków reluktancyjnych, względnie przekładnie różnicowe elektryczne innego rodzaju, mianowicie regulatory toczne. Interesującym ulepszeniem do przekładni różnicowych mechanicznych jest dodatkowy mechanizm hydrauliczny, którego schemat pokazany jest na rys. 6. Jego zadaniem jest uchwycenie — dodatkowo do mierzonej w przekładniku wielkości odchylenia Δn rzeczywistej prędkości obrotowej silnika od prędkości wzorcowej — jeszcze prędkości

narastania tego odchylenia, a więc $\frac{\Delta n}{\Delta t}$, dzięki czemu, jak wiadomo, uzyskuje się znaczną poprawę działania regulacji zarówno przez zmniejszenie maksymalnej amplitudy odchylenia w



Rys. 4. Schemat blokowy samoczynnej regulacji

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| A — obiekt regulacji | a — detektor odchylenia |
| B — regulator | b — źródło wartości wzorcowej |
| z — wielkość regulowana | d — wzmacniacz |
| m ₁ — źródło zakłóceń | s — napęd |
| m ₂ — organ regulacyjny | |

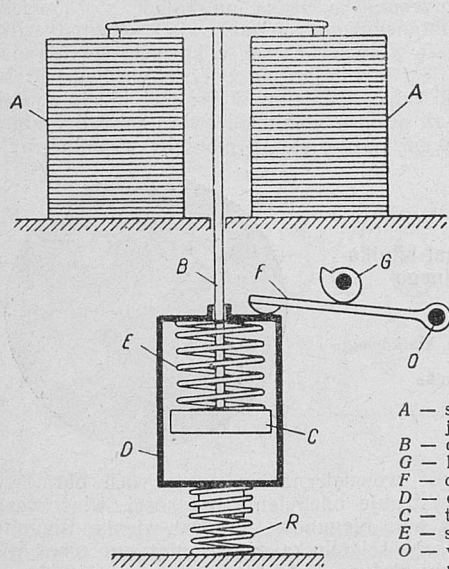
granicach od 0 do 440 V uzyskuje się zmianę poziomu prędkości papiernicy (p. 3 wymagań technologicznych); prędkość pomocnicza może być dowolnie niska (p. 5 wymagań technologicznych).

Wahaniem poziomu prędkości papiernicy w czasie jej biegu przeciwdziała regulator napięcia, systemu Tirrila, który utrzymuje stałe napięcie w granicach $\pm 0,5\%$, przy wahaniami częstotliwości sieci w granicach 48—52 Hz (p. 1 wymagań technologicznych).

Utrzymaniu stałości odpowiednio nastawionego stosunku prędkości poszczególnych sekcji, tzw. „równobieżności”, służy samoczynna regulacja, której schemat blokowy pokazany jest na rys. 4, schemat zaś elektryczny na rys. 3 (p. 2 wymagań technologicznych). Przedmiotem regulacji jest sekcja papiernicy i napędzający ją silnik sekcyjny, którego prędkość obrotową, tj. wielkość regulowaną, mierzy się w sposób ciągły. Uzwojenie twornika silnika ma 3 zaczepty przesunięte względem siebie o 120 st. elektr. i wyprowadzone do pierścieni ślizgowych. W ten sposób przekształcenie regulowanej wielkości — prędkości (dla łatwiejszego przeniesienia jej) na odzwierciedlającą ją wielkość — napięcie o odpowiadającej częstotliwości odbywa się w tworniku. Porównanie rzeczywistej wartości wielkości regulowanej z wielkością wzorcową odbywa się w detektorze odchylenia, któ-

czasie przechodzenia do nowego stanu ustalonego, jak i przez skrócenie samego czasu przejścia.

Na rys. 6 *A* oznacza grafitowe stopy oporowe włączone w obwód wzbudzenia silnika: ich opór zależy od nacisku wywieranego na nie przez poprzeczkę drążka *B*. Krzywka *G* jest



Rys. 6. Mechanizm hydrauliczny (Harland)

- A* — stopy grafitowe jako opory
- B* — drążek
- G* — krzywka
- F* — dźwignia
- D* — cylinder
- C* — tłok
- E* — sprężyna
- O* — wałek przekładni różnicowej

osadzona na wałku przekładni różnicowej i przenosi jego ruch obrotowy na dźwignię *F*. Cylinder *D*, w którym przesuwają się tłoki *C*, jest wypełniony olejem. Wykrycie przez przekładnię odchylenia prędkości silnika od wzorcowej powodują obrót wałka przekładni i krzywki *G*, która naciska na dźwignię *F* obracającą się około punktu *O*. Dźwignia *F* naciska z kolei na cylinder *D*. Wskutek ruchu cylindra *D* występują dwie siły działające na drążek *B*: jedna wskutek ściśnięcia sprężyny *E*, druga wskutek różnicy ciśnień działających na tłoki *C*, gdyż ruch cylindra powoduje powstanie podciśnienia z jednej strony, a zwiększenie przestrzeni i nadciśnienie z drugiej strony tłoka. Te dwie siły dodają się w swoim działaniu na drążek *B*. Pierwsza siła jest proporcjonalna do różnicy między prędkością rzeczywistą a wzorcową, natomiast druga jest funkcją prędkości powstawiania tej różnicy. Zanim pierwsza siła zmieni się wyczuwalnie, druga może zwiększyć się wielokrotnie. Występuje zatem wy-

przedzające działanie siły będącej funkcją $\frac{\Delta n}{\Delta t}$, która już w zarodku przeciwdziała powstawianiu różnicy prędkości. Wskutek stopniowego zanikania różnicy ciśnień po obu stronach tłoka po ustaleniu się układu na stopy grafitowe działa trwale tylko siła proporcjonalna do Δn .

Porównanie silniczka reluktancyjnego z przekładnią różnicową mechaniczną (jako elementów różnicowych regulatora) pod względem łatwości wykonania i trwałości w eksploatacji wypada na korzyść pierwszego. Należałoby się tylko zastanowić, czy mechaniczna przekładnia różnicowa, uzupełniona mechanizmem hydraulicznym (wyżej opisanym) nie jest korzystniejszym rozwiązaniem dla sprawności regulacji niż silnik reluktancyjny. Wydaje się, że uzwojenie klatkowe w kole biegunowym silnika reluktancyjnego jest tym elementem, który pozwala na wprowadzenie wielkości proporcjonalnej do pochodnej $\frac{\Delta n}{\Delta t}$, gdyż moment obrotowy, powstający dzięki niemu, jest proporcjonalny do $\frac{d\Phi}{dt}$. Jeżeli tym prostym środkiem uda się osiągnąć ten sam skutek, to porównanie i pod tym względem wypadnie na korzyść silnika reluktancyjnego. Należy się jednak zastrzec, że ostateczna ocena powinna się opierać na wynikach odpowiednich doświadczeń.

3. Napęd nawijarki.

Gotowy papier schodzi z papiernicy w postaci taśmy bez końca. Dla dalszego manipulowania papierem konieczne jest nawinięcie go w zwoje określonego ciężaru lub średnicy. Zadanie to spełnia nawijarka, która odbiera taśmę papieru schodzącą z papiernicy. Na maszynach wykańczających, jak np. kalandr, który wygładza i nadaje połysk powierzchni papieru, i krawalnicą, na której taśma szerokości papiernicy ulega podziałowi na kilka węższych pasm, wykonywane operacje połączone są z odwinięciem i ponownym nawinięciem taśmy papieru.

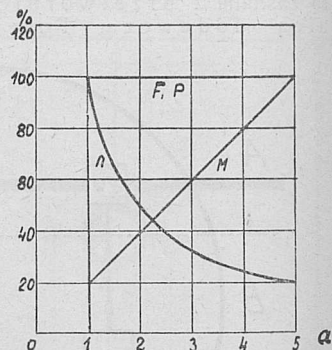
Technologia wykańczania i przeróbki papieru wymaga, żeby zwoj nawinięty był odpowiednio ściśle, co będzie spełnione, jeżeli taśma papieru będzie naprężana siłą stałą w ciągu całego okresu nawijania. Podobnie taśma papieru wchodząca do maszyny powinna być odpowiednio i jednostajnie naprężana, z czego wynika, że odwijany zwoj wymaga jednostajnego hamowania. Prędkość, z którą taśma wchodzi do maszyny i z którą schodzi z maszyny, powinna być dostosowana do rodzaju i gramatury papieru, lecz w trakcie operacji stała. W trakcie nawijania zwoju promień zwoju zmienia się od najmniejszego (wewnętrznego) r_w do największego (zewnętrznego) r_z ; przy odwijaniu przebieg jest odwrotny. Z założeń — siła naprężająca $F = \text{const.}$, prędkość taśmy $v = \text{const.}$, promień zwoju r zmieniający się w granicach od r_w do r_z — oblicza się wielkości określające

warunki pracy napędu: moc $P = \frac{F \cdot v}{60 \cdot 75} = \text{const.}$, moment

$$M = F \cdot r = C_M \cdot r, \text{ liczbę obrotów na minutę } n = 716 \cdot \frac{P}{M} =$$

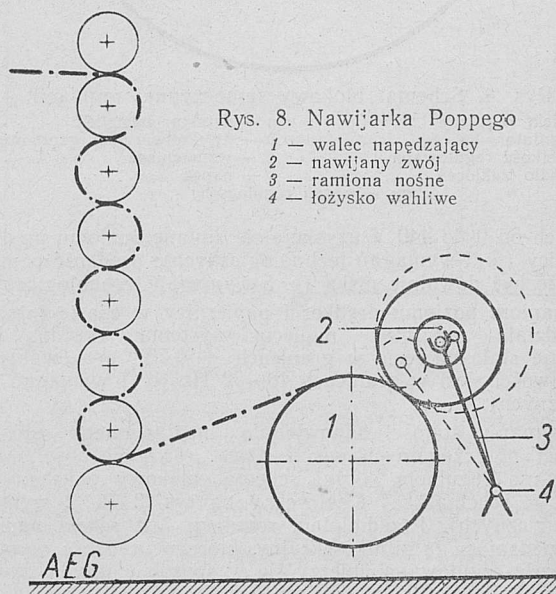
$= 716 \frac{P}{F \cdot r} = \frac{C_n}{r}$. Jeżeli chwilową wartość promienia zwoju oznaczymy jako wielokrotność wewnętrznego promienia przez $\frac{r}{r_w} = a$, to otrzymamy przebieg P , M i n w funkcji a przedstawiony na rys. 7.

Najprostsze rozwiązanie problemu nawijania zwoju przedstawia nawijarka Poppego pokazana schematycznie na rys. 8. Jak widać z rysunku, zwoj jest napędzany na obwodzie za po-



Rys. 7. Moc (P), moment (M) i prędkość obrotowa (n) w funkcji promienia

mocą metalowego wałka. Prędkość obrotowa silnika napędzającego wałek może być stała w trakcie nawijania. Prędkość obwodowa wałka napędzającego zwoj jest stała i równa prę-



Rys. 8. Nawijarka Poppego

- 1 — wałek napędzający
- 2 — nawijany zwoj
- 3 — ramiona nośne
- 4 — łożysko wahliwe

kości obwodowej zwoju papieru. Z równania dla prędkości obwodowej $v = 2 \pi r \cdot n$ wynika, że

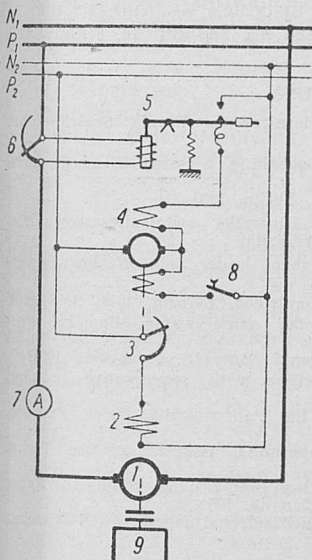
$$n = \frac{v}{2 \pi r} = \frac{C_n}{r},$$

gdzie n oznacza prędkość obrotową zwoju. Niestety, ten sposób nawijania dla niektórych papierów, zwłaszcza cienkich, nie nadaje się, gdyż, jak widać z rysunku, moment przenoszony jest przez tarcie walca napędzającego o papier, czego te papiery nie znoszą. Dla takich papierów trzeba stosować napęd drąg lub walca przechodzącego przez środek zwoju, przy czym prędkość obrotowa silnika musi maleć po hyperboli ze wzrostem promienia zwoju.

Na rys. 9 pokazany jest uproszczony schemat napędu nawijarki elektrycznej, której zasada działania opiera się na następującej zależności:

$$F = \frac{60 \cdot 75 \cdot P}{v} = \frac{60 \cdot 75 \cdot 1,36 \cdot U (I - I_0)}{1000 \cdot v} = C_F \cdot I,$$

gdzie F — siła naprężająca papier, P — moc pobierana przez silnik, v — prędkość nawijania, U — napięcie sieci zasilającej silnik, I — prąd silnika, I_0 — prąd silnika przy biegu maszyny bez obciążenia, tj. bez papieru. Oznacza to, że dla utrzymania stałego naprężenia taśmy papieru podczas nawijania zwoju potrzebna jest samoczynna regulacja, sterująca prędkością obrotową silnika tak, aby wartość pobieranego prądu była stała. Silnik nawijarki przyłączony jest do sieci zasilającej napęd maszyny, z którą pracuje nawijarka np. papiernicy lub kalandra. Prędkość początkowa nawijarki jest ta sama co i maszyny, z którą pracuje. W obwodzie twornika silnika znajduje się opornik regulowany, służący do nastawiania stałej na czas nawijania wartości naprężenia papieru. Cewka regulatora obrotów silnika przyłączona jest do zacisków wymienionego wyżej opor-



Rys. 9. Schemat napędu nawijarki

- 1 — silnik nawijarki
- 2 — uzwojenie wzbudzące
- 3 — opornik w obwodzie wzbudzenia
- 4 — serwowmotor
- 5 — przełącznik prądowy jako detektor odchylenia
- 6 — opornik do nastawiania naprężenia papieru
- 7 — amperomierz
- 8 — kontakt do cofania opornika w obwodzie wzbudzenia
- 9 — nawijanym zwojem
- 10 — sieć zasilająca sterowanego napięcia
- P_1, N_1 — sieć zasilająca sterowanego napięcia
- P_2, N_2 — sieć wzbudzenia niezmiennego napięcia

nika. Gdy naprężenie papieru, a więc i prąd silnika, przekroczy zadaną wartość, napięcie na oporniku wzrośnie, moment cewki regulatora przewymierzy moment sprężyny i spowoduje zmniejszenie wartości oporu nastawionego na oporniku w obwodzie wzbudzenia silnika, wskutek czego liczba obrotów silnika zmniejszy się.

4. Napęd przewijarki.

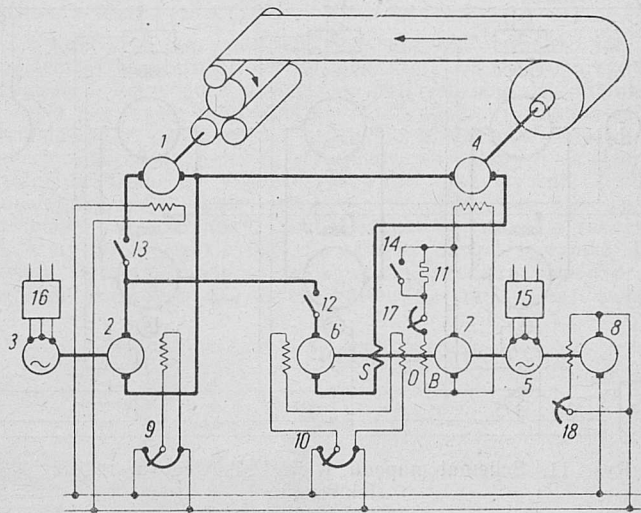
Przy odwijaniu ze zwoju taśmy papieru występuje problem odzyskiwania energii elektrycznej. Taśma papieru spływająca ze zwoju powinna wchodzić do maszyny ze stałym naprężeniem dostosowanym do rodzaju papieru. Najczęściej stosowanym sposobem do uzyskania naprężenia papieru jest umieszczenie hamulca ciernego na wale odwijanego zwoju. Sposób ten połączony jest ze znacznymi stratami energii zamienianej na ciepło tarcia w hamulcu. Dla uniknięcia tych strat stosuje się w napędach większych maszyn hamowanie z odzyskiem energii.

Rys. 10 pokazuje uproszczony schemat napędu przewijarki z hamowaniem prądnicowym systemu ASEA. Nawijany zwoj napędzany jest za pośrednictwem walca nośnego przez silnik 1, zasilany z prądnicy 2 w układzie Leonarda. Odwijany zwoj hamowany jest przez prądnice 4. Odzyskiwana moc (w kW):

$$P = \frac{F \cdot v \cdot \eta}{60 \cdot 75 \cdot 1,36} = \frac{U \cdot I}{1000},$$

gdzie F — oznacza siłę naprężającą taśmę, v — jednostajną prędkość taśmy, η — sprawność hamowania, U — napięcie, I — prąd prądnicy hamującej. Wartość naprężenia taśmy powinna być stała w czasie przewijania, co da się osiągnąć przy pomocy regulacji utrzymującej $I = \text{const.}$, gdyż z powyższego

równania widać, że $F = C_F \cdot I$. Regulację osiągnięto przez zastosowanie do wzbudzenia prądnicy hamującej specjalnej wzbudnicy mającej trzy uzwojenia magnesujące: B — bocznikowe samowzbudne, O — przyłączone do sieci wzbudzenia o napięciu stałej wartości i S — przez które przepływa prąd prądnicy hamującej. Przepływ uzwojeń F i G są zgodne, przepływ uzwojenia S przeciwdziała tamtem. Wskutek malejącego promienia odwijanego zwoju przy stałej prędkości obwodowej wzra-



Rys. 10. Schemat napędu przewijarki (ASEA)

- 1 — silnik napędzający zwoj nawijany
- 2 — prądnica przetwornicy Warda-Leonarda
- 3 — silnik trójfazowy prądu zmiennego przetwornicy Warda-Leonarda
- 4 — prądnica hamująca
- 5 — silnik trójfazowy prądu zmiennego
- 6 — prądnica dodatkowa
- 7 — wzbudnica regulacyjna z uzwojeniami B, O, S
- 8 — wzbudnica stałego napięcia
- 9 — regulator wzbudzenia do nastawiania prędkości nawijania
- 10 — regulator wzbudzenia do nastawiania napięcia taśmy przez hamowanie
- 11 — opór szeregowy
- 12, 13, 14 — styczniki
- 15, 16 — wyłączniki silników
- 17, 18 — oporniki w obwodach wzbudzenia
- B — uzwojenie bocznikowe samowzbudne
- O — uzwojenie obcowzbudne z sieci wzbudzenia
- S — uzwojenie szeregowe obcowzbudne z prądnicy hamującej

sta prędkość obrotowa prądnicy hamującej, a przy niezmiennym wzbudzeniu wzrosłoby jej napięcie i prąd. Wzrost natężenia prądu przepływającego przez uzwojenie S wzbudnicy powoduje odpowiednie zmniejszenie jej wzbudzenia, a więc i zmniejszenie napięcia prądnicy hamującej i w następstwie powrót do pierwotnej wartości prądu. Opornik 10 służy do nastawiania wartości prądu generatora hamującego, a zatem i naprężenia papieru.

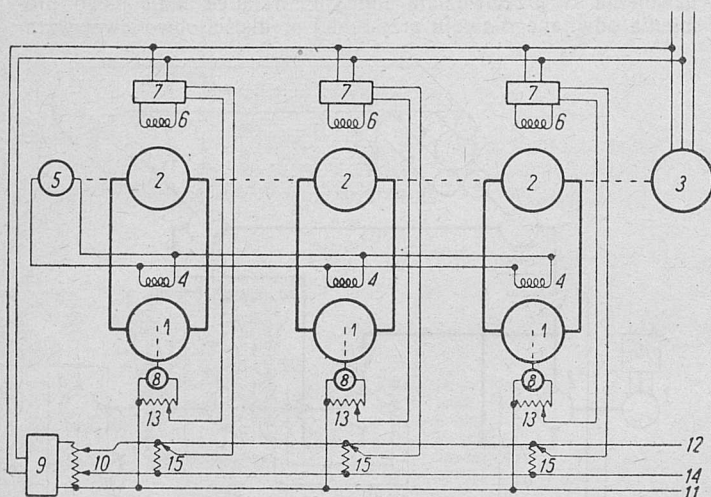
Ponieważ w czasie rozruchu i zatrzymywania przewijarki prądnica hamująca nie działa, dla otrzymania naprężenia papieru w tych okresach dodana jest maszyna 6, połączona z nią w szereg. Ze schematu widać, że nastawiając opornikiem 10 wartość prądu hamującego nastawiamy równocześnie wzbudzenie maszyny 6. Wzbudzenie tej maszyny jest tak dobrane, że kiedy prądnica hamująca stoi lub obraca się bardzo wolno, maszyna 6 działa jako prądnica i zasila prądnice hamującą, pracującą jako silnik i wytwarzającą na wale moment potrzebny do naprężenia taśmy.

5. Regulacja elektronowa.

Rozwój elektroniki przemysłowej umożliwił opracowanie napędów maszyn papierniczych z regulacją „elektronową”. Na rys. 11 pokazany jest uproszczony schemat takiego napędu. Na wałach silników sekcyjnych 1 osadzone są prądnice tachometryczne 8, wytwarzające napięcie proporcjonalne do prędkości obrotowej silników. Każdy silnik sekcyjny zasilany jest z oddzielnej prądnicy 2 w układzie Leonarda. Prądnice są napędzane w grupach po 3 lub 4 silnikami synchronicznymi 3. (Na rysunku dla uproszczenia pokazana jest tylko jedna grupa prądnicy z silnikami).

Wspólna wzbudnica dla wszystkich silników sekcyjnych 5 zasila uzwojenia magnesów 4. Prostownik i stabilizator napięcia 9, zasilany z sieci prądu zmiennego, daje przez potencjometr 10 stałe i stabilizowane napięcie na przewody 11 i 12. Za pomocą poten-

cjometrów 13 otrzymuje się dla każdego silnika nieco inne napięcie wzorcowe, co umożliwia nastawienie i zmianę ciągów między sekcjami. W potencjometrach 13 napięcia wzorcowe porównywane są z napięciami prądnic tachometrycznych, odpowiadającymi rzeczywistym prędkościom obrotowym silników. Ewentualne odchylenia, wzmacnione we wzmacniaczu 7, wpływają



Rys. 11. Schemat napędu wielosilnikowego z regulacją elektronową

- | | |
|---|---|
| 1 — silnik sekcyjny | 7 — wzmacniacz |
| 2 — prądnica przetwornicy Warda-Leonarda | 8 — prądniczki tachometryczne |
| 3 — silnik napędzający prądnice przetwornic | 9 — prostownik i stabilizator napięcia |
| 4 — uzwojenia wzbudzające silników sekcyjnych | 10, 13 — potencjometry |
| 5 — wzbudnica | 11, 12, 14 — szyny |
| 6 — uzwojenia wzbudzające prądnice Warda-Leonarda | 15 — potencjometry do nastawiania prędkości pomocniczej |

na wzbudzenie 6 prądnicy 2 w kierunku przywrócenia właściwej prędkości obrotowej silnika. Poziom prędkości całej papiernicy nastawia się przy pomocy potencjometru 10. Do nastawiania prędkości pomocniczej dla poszczególnych sekcji służą potencjometry 15.

Przy rozpoczynaniu produkcji wielosilnikowych napędów papiernic pierwszorzędnego znaczenia nabiera zagadnienie, czy należy wzorować się na rozwiązaniach „klasycznych”, czy też zastosować regulację elektronową. Własnego doświadczenia z napędami o regulacji elektronowej przemysł nasz nie ma. Z publikacji w zagranicznych czasopiśmie fachowych można wysnuć następującą porównawczą ocenę: zastosowanie

regulacji elektronowej do napędu papiernic nie dało, jak dotychczas, oczekiwanych korzyści, mianowicie znacznego podwyższenia osiągalnych prędkości produkcyjnych papiernic. Porównanie pod względem prostoty obsługi wypadła zdecydowanie na korzyść napędu „klasycznego”. Słabym punktem układów z regulacją elektronową są same lampy, mające ograniczoną trwałość. Niezbędne jest okresowe zapobiegawcze sprawdzanie lamp. Wymiana poszczególnych lamp pociąga za sobą konieczność ponownego dostrajania obwodów, przy czym w razie zepsucia się lampy podczas pracy maszyny stosuje się prowizoryczne strojenie, a dokładne odkłada się do najbliższego dłuższego postoju. Regulacja elektronowa jest wrażliwa na wpływy uboczne i wymaga stosowania przewodów ekranowanych, cała zaś aparatura musi być zamknięta w szczelnym pomieszczeniu, które można wentylować tylko powietrzem filtrowanym o temperaturze regulowanej z wahaniami nie przekraczającymi 3–60°C.

6. Wnioski.

Przedstawiona w wielkim skrócie problematyka napędów maszyn papierniczych doprowadza do wniosku, że zapoczątkowanie produkcji napędów w kraju będzie wymagało obszernych prac przygotowawczych: a) badawczych i doświadczalnych, b) projektowych i konstrukcyjnych, c) organizacyjnych.

Nieodzownym warunkiem do osiągnięcia wyników pozytywnych jest ścisła współpraca przemysłu papierniczego, przemysłu budowy maszyn i aparatury elektrycznej i właściwych instytutów badawczych. Na ten warunek należy zwrócić szczególną uwagę, gdyż doświadczenie uczy, że częstokroć — gdy nieodzowna jest współpraca kilku instytucji — trudności uboczne natury organizacyjnej są większe niż zasadnicze, stanowiące jądro problemu technicznego.

LITERATURA

- Szwarczajtajn E. Przemysł papierniczy w Planie Sześcioletnim, Warszawa, 1953, PWT.
- Schiller F. Der Antrieb der Papiermaschine, Siemens-Zeitschrift, 1939, 9–10.
- AEG, Elektrizität in der Papierindustrie, Berlin, 1933.
- Oldenburg R., Sartorius G. Dynamika awtomatyzeszkowo regulowania, Moskwa, 1949. Gosenergoizdat.
- Philipp H. Elektrotechnische Aufgaben in der Zellstoff- und Papierindustrie, Das Papier, 1950, 23–24.
- Stiel W. Elektrische Papiermaschinenantriebe, Leipzig, 1924, S. Hirzel.
- Ejdlin I. Ja. Kinetika i dynamika namatywanja, Bumażn. Promysl., 1951, 1.
- Ejdlin I. Ja. Plotnost' namotki bumagi, Bumażn. Promysl., 1951, 2.
- Cardell R. Paper Rewinding Machine with regenerative braking, ASE-Journal, 1948, 9.
- Shipstone B. A. Electronics and the Papermachine Drive, Proceed. of the Techn. Section, 1949, Part 1.
- Spence W. Electric Drives in Papermills, Proceed. of the Techn. Section, 1951, Part 3.
- Elison W. L. Operation of Electronic-Amplidyne controlled Paper Machine, Pulp and Paper Mag. of Canada, 1951, 3.
- Grasl H. Drehzahlregelung und Gleichlaufschaltungen, ELIN-Zeitschr., 1952, 1–2.

MGR INŻ. ZDZISŁAW GRUNWALD
Zjednoczenie Urzędów Dźwigowych

Napędy elektryczne urządzeń dźwigowych

621.34:521.876

Treść. Opis działania i schematy elektryczne urządzeń dźwigowych. Taśmowiec węglowy i most przeładunkowy. Zasady sterowania i blokad. Postulaty pod adresem krajowego przemysłu elektrotechnicznego.

Электрический привод под'ёмных устройств. Описание действия и схемы электрических под'ёмных устройств. Угольный ленточный транспортер и перегрузочный мост. Принципы управления и блокировки. Пожелания по адресу отечественной электротехнической промышленности

Electric drives for hoisting equipment. Description of operation and electric diagrams for hoisting equipment. Coal belt conveyor and handling bridge. Principles of steering and blocking. Hints for the Polish electrical engineering industry.

1. Wstęp.

W wielu dziedzinach naszej gospodarki narodowej transport stanowi ok. 30% kosztów wytwarzania. Od pracy urządzeń dźwigowych i transportowych zależy nie tylko zakres wykonywanych planów produkcyjnych, ale i możliwość wykonania szeregu procesów technologicznych, toteż rozbudowa urządzeń dźwigowych postępuje równolegle z rozbudową przemysłu i ośrodków masowego przeładunku (np. porty). Dotyczy to również wyposażenia elektrycznego zwłaszcza urządzeń, które pod względem wielkości i rodzaju wykonania nie były dotychczas budowane w kraju*).

Zatrzymamy się tu na dwu charakterystycznych przykładach urządzeń uruchomionych w dwu ostatnich latach: taśmowcu węglowym w Szczecinie i moście przeładunkowym w Częstochowie,

*) Artykuł niniejszy dotyczy napędów elektrycznych dźwigowych w dużych urządzeniach przeładunkowych, stanowiąc pierwszą część omawianego materiału. Część druga, dotycząca napędów elektrycznych w transporcie osobowym pionowym, będzie podana osobno i obejmie układy szkieletowego wyciągu osobowego, schodów ruchomych oraz przenośnik pociągowy.

rozumiejąc tu przez napęd dźwigowy zespół wyposażenia silnikowego i aparatury. Ujęcie takie jest podyktowane ścisłym powiązaniem pracy silników elektrycznych z aparaturą, której układ decyduje o warunkach pracy całego napędu.

2. Taśmowiec węglowy w Szczecinie (rys. 1).

Taśmowiec szczyński stanowi zespół urządzeń dźwigowych i przenośnikowych, zapewniający zarówno dużą wydajność, jak i dobre warunki przeładunkowe. Składa się on z przyciągarki wagonów, wywrotnicy wagonowej, przenośników taśmowych i więzy załadunkowej (rys. 3).

Podstawiane wagonu z węglem wycha na wywrotnicę tzw. „koń elektryczny”; stąd węgiel podaje się przenośnikami na więź załadunkową, a dalej kieruje się do jednego z dwóch wysięgników; na każdym wysięgniku wisi teleskop, zakończony obrotową głowicą wsuwaną w luk statku.

Ciekawym rozwiązaniem przyciągarki wagonów jest wymieniony wyżej „koń elektryczny”; jest to ciężki wózek umieszczony we wnętrzu między szynami. Po podstawieniu dwóch wagonów z węglem „koń” wyjeżdża z wnętrza, opiera się o zderzaki

węglarek i wpycha wagony na wywrotnicę. Następnie wraca szybko (3 m/s) do pozycji wyjściowej, zwalniając bieg przed wjazdem do wnętrza i przed zatrzymaniem się. Pełny cykl trwa ok. 3 min. i jest zautomatyzowany łącznie z hamowaniem przeciwpądowym stopniowanym w zależności od drogi. Ze względu na płaski przebieg charakterystyk hamowania przeciwpądowego $M = f(n)$ dokładny dobór prędkości powracającego „konia” jest dość trudny do osiągnięcia na drodze wyłącznie elektrycznej. Pomocą jest tu przeciwwaga, ściągająca „konia” do wnętrza.

Zasadniczą częścią taśmowca jest wieża załadowcza, stanowiąca urządzenie przesuwne wzdłuż pomostu. Na wieży znajdują się pomieszczenia maszynowni-rozdzielni oraz dwóch kabin operacyjnych. W zależności od wyładunku węgla lewym lub prawym teleskopem sterowanie odbywa się z odpowiedniej kabiny sterowego, położonej na wprost ładowanego statku.

O wielkości obiektu świadczy moc zainstalowana, która w strefie samej wieży przekracza kilkakrotnie moc dużej suwnicy.

Napędy elektryczne poszczególnych mechanizmów przedstawione są na rys. 2, gdzie wyodrębniono grupę silników sterowniczych z obu kabin operacyjnych oraz dwie grupy silników sterowanych z jednej kabiny od wiodącej kierunku wyładowania na jedną ze stron pomostu. Wszystkie układy są samoczynne stycznikowo-przełącznikowe. Sposób sterowania — za pomocą sterowników i przycisków — widoczny jest z rys. 4, przedstawiającego wnętrze kabiny operacyjnej taśmowca.

Mechanizmy urządzeń rzadko włączanych oraz przenośników taśmowych pracujących w sposób ciągły są napędzane silnikami indukcyjnymi kaskowymi o mocach 5—100 k. m. Będą to taśma skośna, blacha zsympowa, taśma wysięgu, zasuwka zbiornika i zasuwka teleskopu oraz ruchy teleskopem — podłużny, poprzeczny, podnoszenie i obrót. Mechanizmy urządzeń ciężkich i wymagających zarówno dużych momentów rozruchowych, jak i częstszego włączania przy ruchach nastawczych, są napędzane silnikami indukcyjnymi pierścieniowymi o mocy 30 i 100 k. m. Są to jazda wieży oraz podnoszenie i zmiana wysięgu.

Poza napędami samej wieży pokazano również sterowanie taśmą główną i taśmą wywrotnicy potrzebne ze względu na zastosowaną blokadę poszczególnych mechanizmów, uniemożliwiającą powstanie zwalnia węgla w przypadku zatrzymania się którejś z taśm. Sterowniki silników, uruchamianych bądź z pierwszej, bądź z drugiej kabiny sterowego, są zosokowane wzajemnie, uniemożliwiając więc jednocześnie sterowanie z obu kabin. Poza napędami taśm zastosowano silniki przeznaczone do pracy dorywczej 15-, 30- lub 60-minutowej. Różni się to od normalnie stosowanych u nas silników dźwigowych, dobieranych do pracy przerywanej 25- lub 40-procentowej.

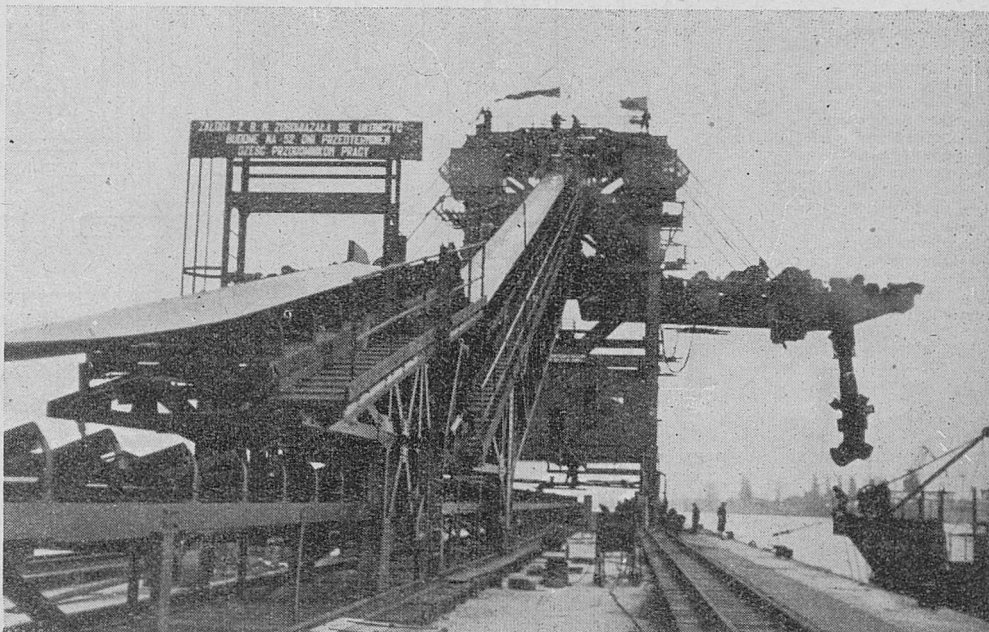
W mechanizmie podnoszenia wysięgu na uwagę zasługuje uzależnienie pracy napędu od stanu wysunięcia wysięgu. Wysięgnik wysunięty może być opuszczany i podnoszony w granicach kąta 15° od poziomu. Jest to położenie pracy wysięgnika (rys. 2, wysięgnik lewy). W położeniu spoczynkowym wysięgnik może być podniesiony do kąta 75° (rys. 2, wysięgnik prawy), co jest jednak uwarunkowane uprzednim wciągnięciem go. Powyższe warianty pracy są uzależnione od działania wyłączników krańcowych zmiany i podnoszenia wysięgu; błędne ruchy są uniemożliwione dzięki zastosowaniu uzależnionego układu połączeń.

Przy sterowaniu mechanizmami taśmowca na szczególną uwagę zasługuje zastosowanie takich układów sterowniczych, które uniezależniają napęd od sposobu uruchamiania sterownika przez sterowego. Szybsze lub wolniejsze przejście na dalsze położenie sterownika nie wpływa na przebieg rozruchu silnika, ustalony nastawieniem przełączników pomocniczych. Dotyczy to również i przejścia z pozycji pracy na pozycję hamowania, dzięki czemu zabezpieczono się od zbyt dużych prądów i szkodliwych szarpnięć mechanizmami. Sposób sterowania w podobnym układzie pokazano na rys. 5, gdzie poza normal-

nie spotykanymi elementami wyposażenia widoczne są przełączniki specjalne — nurnikowy (P) i czasowe (C).

Zasada działania urządzeń jest następująca: uruchamiając mechanizm przedstawiamy rączkę sterownika w krańcowe położenie; silnik rusza, a zwarcie pierwszego stopnia opornika możliwe jest dopiero po opadnięciu prądu rozruchowego do $0,85 I_n$ oraz zadziałaniu przełącznika nurnikowego P. Dalsze zwiernie stopnia opornika następuje w miarę działania kolejnych przełączników czasowych C.

Wyjaśnia to praca według następujących obwodów: już na położeniu O sterownika włącza przełącznik UV, który przytrzymuje się i doprowadza napięcie do dalszych obwodów sterowania. Na pierwszym położeniu „naprzód” włączony zostaje transformator Tr, dzięki czemu zadziałają przełączniki czasowe C, przerywając obwody cewek styczników wirnikowych A. Jednocześnie włączane są stycznik luzownika oraz stycznik kierunkowy „naprzód”: silnik rusza, a styki wirnikowe sterownika otrzymują napięcie. Na drugim położeniu włącza się przełącznik P, który przy prądzie $0,85 I_n$ zamyka obwód stycznika 1A; zwiernie się stopień oporu wirnikowego i rozwiera obwód przełącznika czasowego 2C, dzięki czemu po nastawionej zwłoce



Rys. 1. Taśmowiec węglowy w Szczecinie

czasowej zamyka się obwód stycznika 2A. Dalsze czynności rozruchu powtarzają się analogicznie, przy czym działają przełączniki 3C i 4C oraz styczniki 3A i 4A.

Ze względu na zastosowanie przełączników czasowych elektromagnetycznych prądu stałego zastosowano je z prostowników stykowych. Przełączniki te mają płytkę brązową, wstawioną w szczelinę obwodu magnetycznego między rdzeń i zworę. Po odłączeniu cewki strumień magnetyczny zanika przez pewien czas zależny od samoindukcji obwodu. Stwarza to zwłokę czasową w zwolnieniu zwory przełącznika, zależną od grubości płytki (regulacja zgrubna widoczna na rys. 6) oraz od nacisku sprężyny regulacyjnej przy zworze przełącznika (regulacja drobna). Otrzymane czasy wynoszą 0,10—10 s i są wystarczające do sterowania rozruchem silników dźwigowych.

Przełącznik nurnikowy, warunkujący zwarcie pierwszego stopnia opornika wirnikowego, ma trzy cewki: jedną prądową i dwie napięciowe. Cewką napędową w przełączniku jest cewka napięciowa, włączona na sieć szeregowo z cewką stycznika wirnikowego. Cewka prądowa, włączona w obwód główny silnika napędowego, powoduje zarówno włączenie drugiej cewki napięciowej, jak i włączenie cewki stycznika (po opadnięciu prądu do $0,85 I_n$ oraz podczas działania cewek napięciowych). Zadziałanie stycznika powoduje zbrojenie cewek napięciowych przełącznika, który zostaje wyłączony. Zatem praca przełącznika jest dorywcza i ogranicza się do kilku sekund, w czasie których prąd opada do wartości ustalonej warunkami rozruchu na pierwszym stopniu sterowania. Przełączniki przystosowane są do dużej liczby włączeń na godzinę, obsługując napęd różnych mechanizmów i różne rodzaje hamowania.

W wyniku zastosowania podanych wyżej układów sterowania czynności sterowego ograniczają się do manipulowania szeregiem małych sterowników (widocznych na rys. 3) i nadzorowania pracy poszczególnych mechanizmów.

Należy podkreślić wodoszczelność niektórych elementów wyposażenia elektrycznego oraz zastosowanie specjalnego nasy-

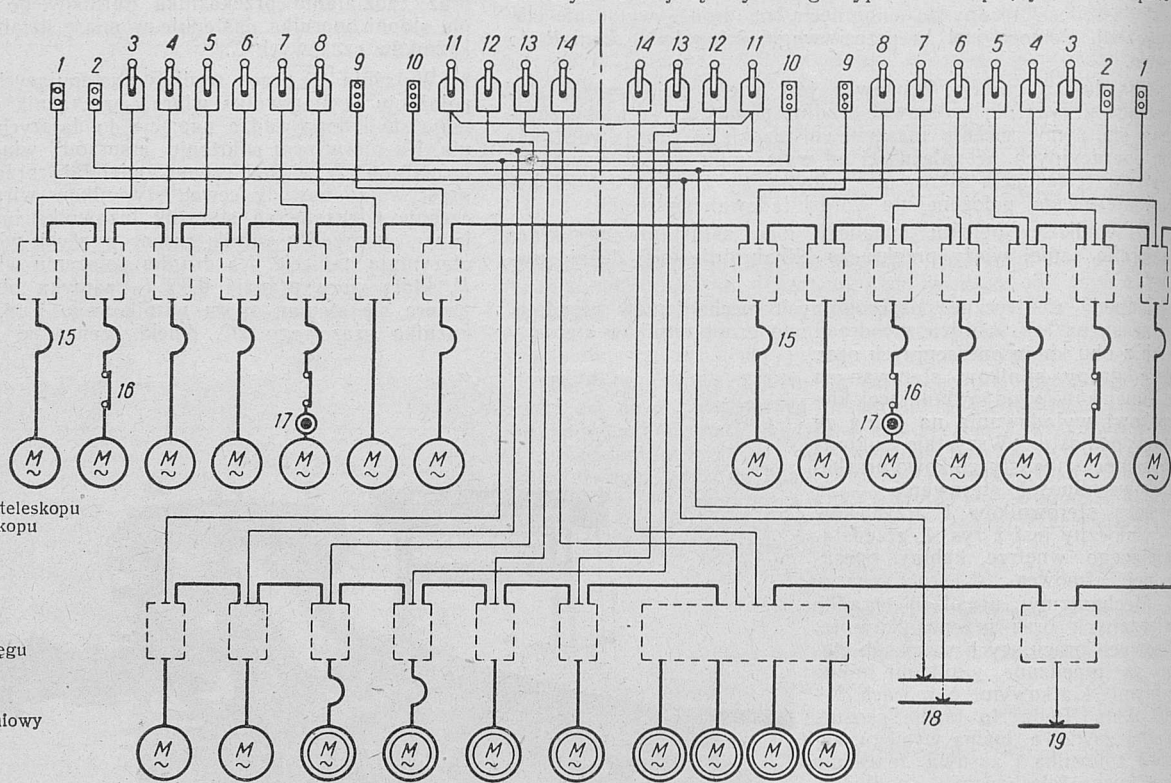
w porcie. Podobne zainteresowanie wśród inżynierów budzą również same urządzenia mechaniczne i napędy elektryczne war-
te bliższego poznania.

3. Most przeładunkowy w Hucie im. B. Bieruła.

Drugim z kolei obiektem dźwigowym, który można również zaliczyć do największych tego typu w Europie, jest most prze-

Rys. 2. Napęd mechanizmów taśmowca szczecińskiego

- 1 — taśma wyrotnicy
- 2 — taśma główna
- 3 — podłużny ruch teleskopu
- 4 — obrót teleskopu
- 5 — poprzeczny ruch teleskopu
- 6 — podnoszenie teleskopu
- 7 — zasuw teleskopu
- 8 — zasuw zbiornika
- 9 — taśma wysięgu
- 10 — taśma skośna
- 11 — blacha zypowa
- 12 — zmiana wysięgu
- 13 — podnoszenie wysięgu
- 14 — jazda wieży
- 15 — kabel giętki
- 16 — rolki naciągowe
- 17 — odbierak pierścieniowy
- 18 — odbieraki
- 19 — odbieraki główne

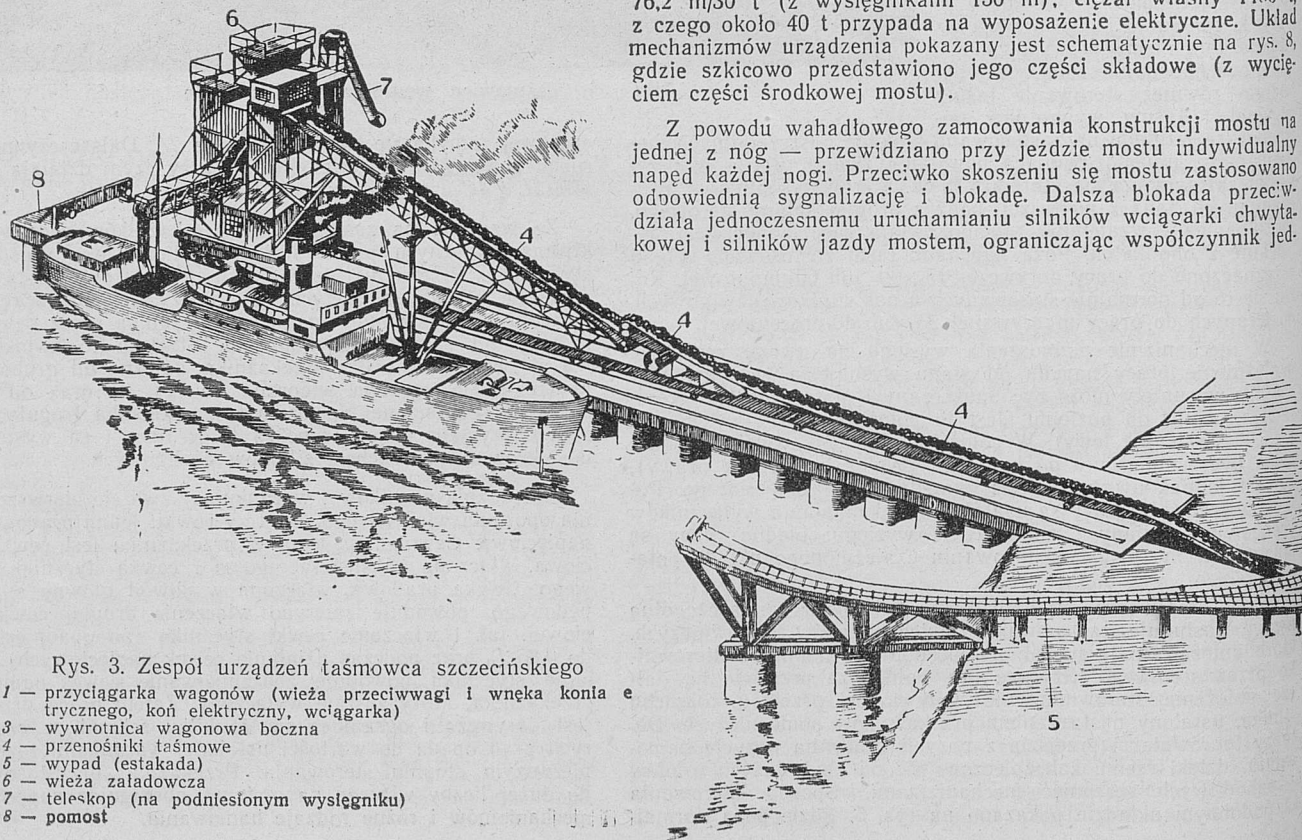


cenia uzwojeń, dostosowanego do pracy w ciężkich warunkach nadmorskich.

Opisane wyżej urządzenie przeładunkowe pracuje nienagannie od dwóch lat, wykazując wiele zalet eksploatacyjnych i stanowiąc przedmiot zainteresowania wśród załogi rudowęglowców

ładunkowy na składowisku rud w Hucie im. B. Bieruła w Częstochowie (rys. 7 i 7a). W porównaniu z taśmowcem szczecińskim — w znacznej części importowanym — most przeładunkowy stanowi urządzenie wykonane całkowicie w kraju. O wielkości obiektu mogą świadczyć jego rozmiary i nośność: 76,2 m/30 t (z wysięgnikami 130 m); ciężar własny 1400 t, z czego około 40 t przypada na wyposażenie elektryczne. Układ mechanizmów urządzenia pokazany jest schematycznie na rys. 8, gdzie szkicowo przedstawiono jego części składowe (z wycięciem części środkowej mostu).

Z powodu wahadłowego zamocowania konstrukcji mostu na jednej z nóg — przewidziano przy jeździe mostu indywidualny napęd każdej nogi. Przeciwko skoszeniu się mostu zastosowano odpowiednią sygnalizację i blokadę. Dalsza blokada przeciwdziałała jednocześnie uruchamianiu silników wciągarki chwytakowej i silników jazdy mostem, ograniczając współczynnik jed-



Rys. 3. Zespół urządzeń taśmowca szczecińskiego

- 1 — przyciągarka wagonów (wieża przeciwwagi i wnęka konia elektrycznego, koń elektryczny, wciągarka)
- 2, 3 — wyrotnica wagonowa boczna
- 4 — przenośniki taśmowe
- 5 — wypad (estakada)
- 6 — wieża załadunkowa
- 7 — teleskop (na podniesionym wysięgniku)
- 8 — pomost

lacji i unieruchomienie napędów wszystkich mechanizmów mostu.

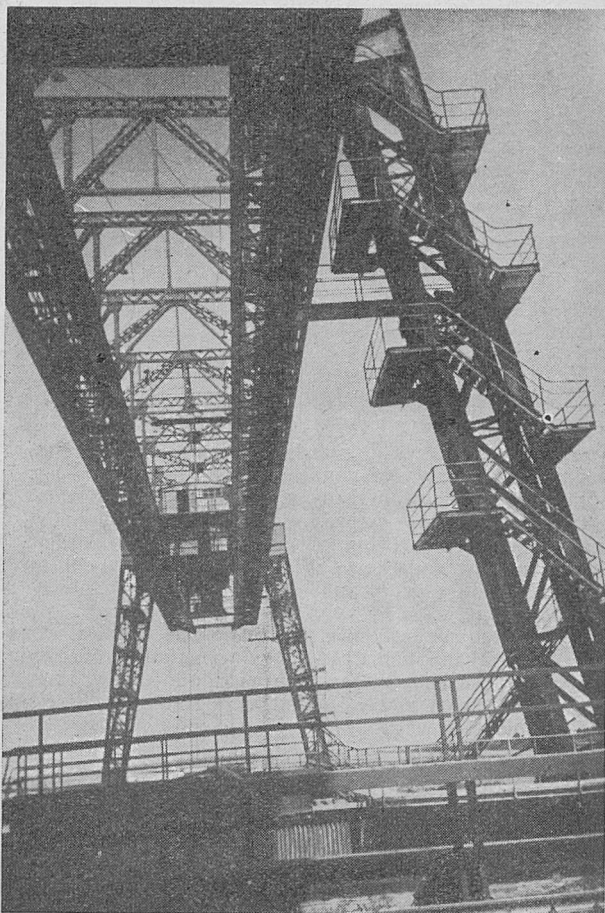
Urządzenia przeciwko skoszeniu się mostu zabezpieczają konstrukcję od zbytniego wyprzedzenia jednej z nóg podczas jazdy mostem. W tym celu w miejscu obrotowego połączenia nogi stałej z mostem zamocowano 6 wyłączników krańcowych dźwigniowych (po 3 w każdą stronę skoszenia). Wyłączniki te działają przy kącie skreślenia $0,5^{\circ}$ – 4° – $4,5^{\circ}$. Działanie pier-

mi — zastosowany układ zależności styczników kierunkowych, sterowników i przekaźników pomocniczych.

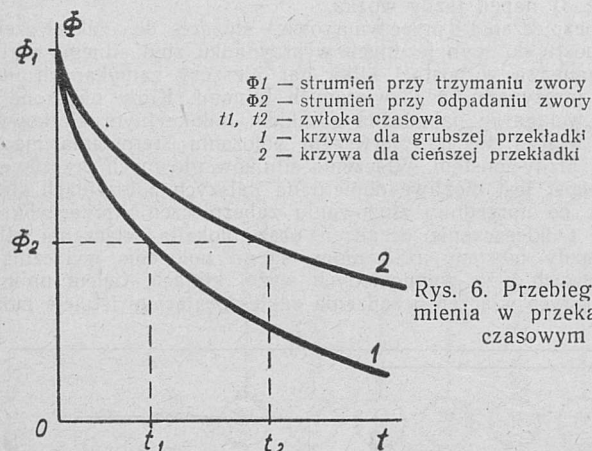
Napęd jazdy wózkiem wymaga specjalnego układu ze względu na znaczny ciężar wózka (ok. 135 t) oraz wyjątkowo dużą prędkość (4,5 m/s), która musi być samoczynnie zmniejszana z chwilą wjeżdżania wózka na wysięgniki mostu. Osiągnięto to przez zastosowanie specjalnego rodzaju luzowania hamulca, a mianowicie użyto elektrohydraulicznego luzownika o silniku przyłączanym bądź do stojana bądź do wirnika silnika napędowego. Układ taki pokazany jest na rys. 10.

Ponieważ intensywność luzowania zależy od prędkości wirowania pompki w luzowniku, przeto przy przyłączeniu luzownika do wirnika silnika napędowego otrzymamy dzięki mniejszej częstotliwości (poślizgowej) słabsze luzowanie. Jest to tzw. stan półluzowania o intensywności, ustalonej wtrąceniem pełnego oporu w obwód wirnika silnika napędowego (dla zwiększenia poślizgu) oraz zastosowaniem przy luzowniku dodatkowych sprężyn wyrównawczych*). Przelączenie luzownika ze stojana na wirnik następuje dzięki przekaźnikom dźwigniowym wózka, uruchamianym kulakami wzdłuż toru. Przelączniki te (PN i PW) pokazane są na rys. 10; ich poszczególne 3 bieguny spełniają następujące czynności: odłączają luzowni od stojana (PN2, PW2), przyłączają go do wirnika (PN1, PW1) oraz wtrącają pełny opór wirnikowy (PN3, PW3). Poza tym pokazano wyłączniki krańcowe jazdy wózka (KN i KW) oraz blokadę kolejności zwierania stopni opornika i blokadę styczników stojanowych i wirnikowych (przeciwko skutkom „przyklejania się” styczników wirnikowych).

Powyższe zmniejszenie prędkości ma również swój wpływ na ograniczenie wahań chwytaka przy zatrzymywaniu się wózka nad kanałami zsympowymi.

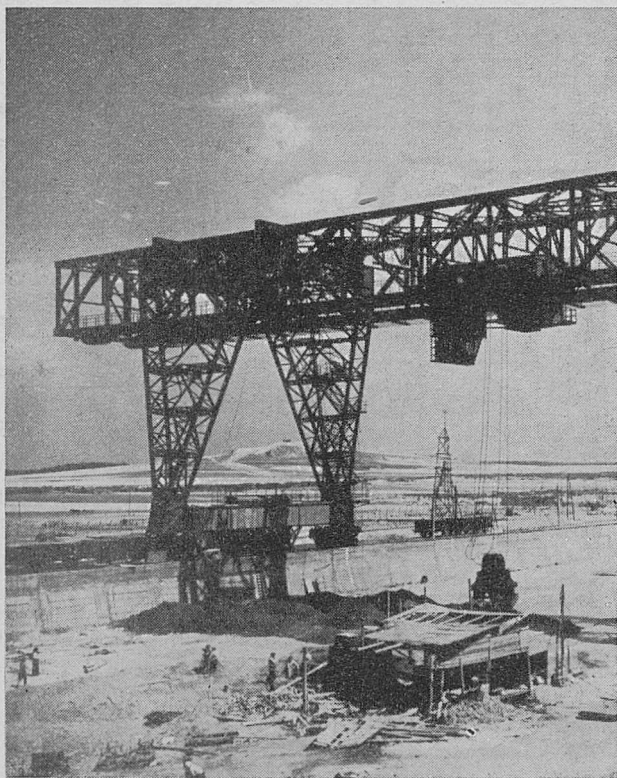


Rys. 7 i 7a. Most przeladunkowy w Hucie im. B. Bieruta



Rys. 6. Przebieg strumienia w przekaźniku czasowym

szego wyłącznika oznacza, że nogi mostu nie są wyrównane; zadziałanie drugiego sygnalizowane jest zapaleniem się lampki i ostrzeżenie, że most jest skoszony do dopuszczalnych w pracy rozmiarów (wyprzedzenie jednej z nóg wynosi ok. 5 m). Dźwigowy powinien zatrzymać nogę, która wyprzedziła, lub zwolnić jej bieg, aż do chwili zgaśnięcia lampki kontrolnej, co następuje przy kącie skreślenia mniejszym od $0,5^{\circ}$. Jeśli dźwigowy nie wyrówna nóg mostu, to przy kącie $4,5^{\circ}$ zadziała trzeci wyłącznik krańcowy i odłączy silniki napędowe obu nóg. Dalejsza pra-



ca możliwa jest dopiero po sprowadzeniu sterowników do położenia zerowego i przestawieniu przelącznika blokującego (na tablicy pomiarowej) na położenie „wyrównanie”. Wtedy uruchomienie którejkolwiek nogi mostu możliwe jest jedynie w kierunku wyrównania. Po tym wyrównaniu (gaśnięcie lampka sygnałowa) przelącznik blokujący przestawia się z powrotem na „pracę normalną”. Osiągnięcie podanego sposobu pracy napędu umożliwia — poza wymienionymi wyłącznikami krańcowymi

4. Wnioski.

Na podstawie opisanych wyżej przykładów napędów i wyposażenia elektrycznego nowoczesnych urządzeń dźwigowych wymaga się potrzeba przeglądu naszych obecnych możliwości krajowych w stosunku do potrzeb, dyktowanych zarówno wymaga-

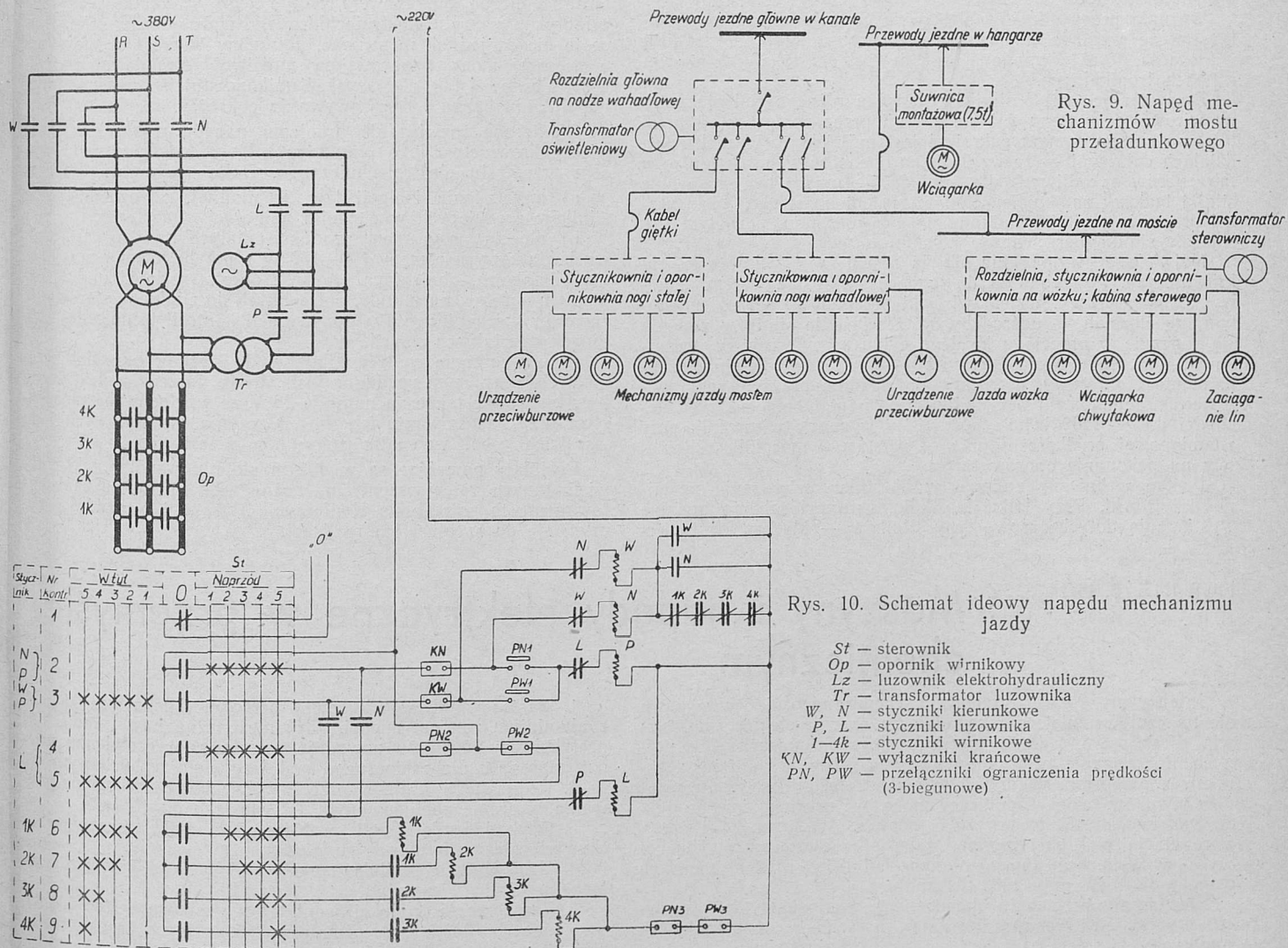
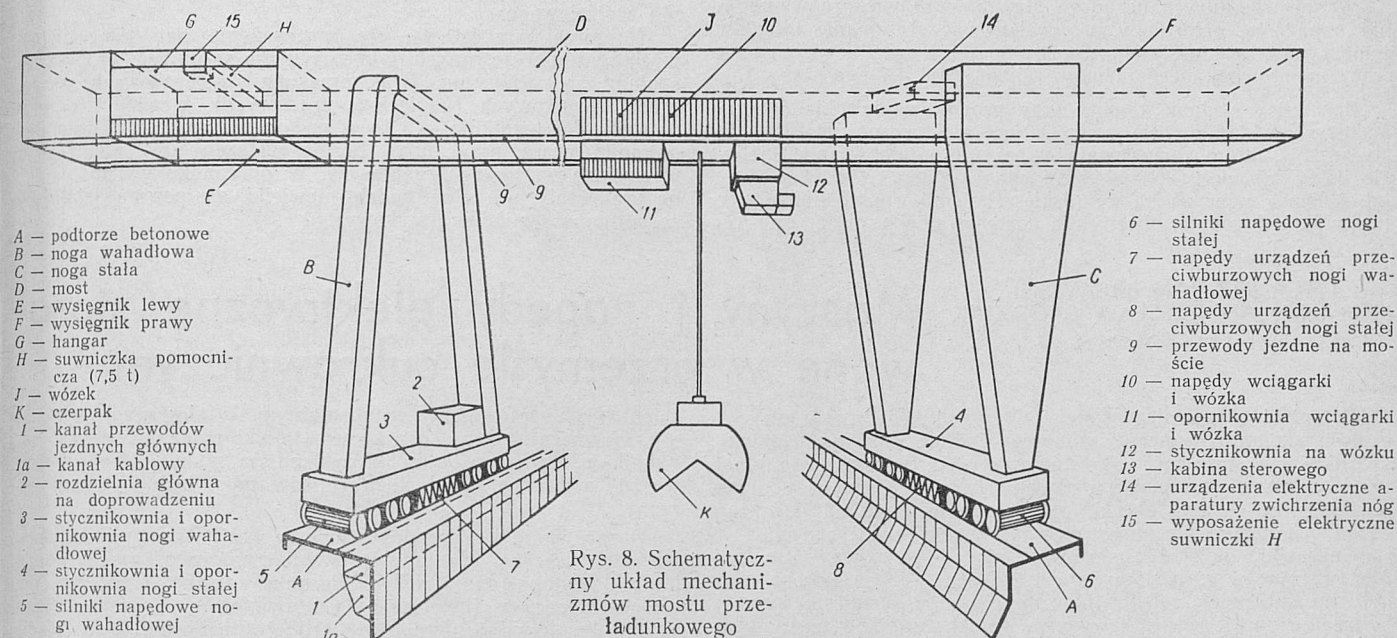
*) Por. Grunwald Z. Hamowanie i regulacja prędkości w elektrycznych napędach dźwigowych (Przegl. Elektr., 1951, z. 1/2/3, str. 99–107).

riami technologicznymi, jak i obserwowanym postępowaniem technicznym w tej dziedzinie.

Stosowane przy mniejszych napędach silniki indukcyjne klatkowe powinny być przystosowane do 120, a nie jak dotychczas do 60 włączeń na godzinę.

Oddzielnym zagadnieniem jest wykonanie silników indukcyjnych klatkowych, cichobieżnych w zastosowaniu do wyciągów pionowych osobowych.

Potrzebne są silniki dźwigowe indukcyjne pierścieniowe, w wykonaniu 4-biegowym, co w szeregu mechanizmów byłoby



pożądane ze względu na mniejsze momenty obrotowe i związane z tym mniejsze wymiary elementów mechanicznych. Poza tym górna granica mocy silników dźwigowych indukcyjnych pierścieniowych może być w najbliższym czasie nie wystarczająca do wyposażenia wielkich obiektów transportowych.

W sprawie dużych urządzeń stawiających większe wymagania napędowe, należałoby przedyskutować stosowanie układów z maszynami prądu stałego, choćby do celów regulacyjnych przy pracy negatywnej mechanizmów (hamowanie prądem stałym).

Zasadnicze jednak kłopoty przy projektowaniu układów napędowych wylaniają się z aparaturą elektryczną. Dotyczy to styczników, które dopuszczają włączanie silników mocy jedynie do 95 kW przy 240 włączeniach na godzinę. Zarówno moc, jak i liczba włączeń są za niskie. Przebudowie powinien ulec luzownik elektrohydrauliczny dla dostosowania go do pracy o re-

gulowanych — czasie, skoku i sile luzowania. Brak jest właściwego wykonania sterownika wielopozycyjnego (wykonanie obecne należy uważać za niewystarczające).

Jednokierunkowe wyłączniki krańcowe dźwigniowe są często niewystarczające; potrzebne są wyłączniki zarówno dwukierunkowe, jak i dźwigniowe bez samoczynnego powrotu do położenia wyjściowego.

Najgorzej przedstawia się wyposażenie napędów dźwigowych automatyzowanych, gdzie czynione są dopiero próby z zespołami sterowniczymi. Brak przełączników czasowych, prądowych, nurnikowych (napięciowo-prądowych), łączników programowych, taktowników — i to w wykonaniu gwarantującym nie naganną pracę przy dużej liczbie włączeń na godzinę oraz w ciężkich warunkach ruchowych. W przypadku wykonania ich na prąd stały potrzebny będzie niewielki, ale pewnie działający zespół prostownikowy (stykowy).

MGR INŻ. JAN BROWKIN
MGR INŻ. JAN CZESŁAW BRODZIAK
Instytut Cukrownictwa

Maszyny i napędy elektryczne stosowane w przemyśle cukrowniczym

Przemysł cukrowniczy należy do przemysłów „sezonowych” o dość skomplikowanej gospodarce wodnej, sokowej, cieplnej, próżniowej i gazowej. Podstawowym warunkiem racjonalnej pracy cukrowni jest ciągły i równomierny przepływ soku przez poszczególne działy fabryki, co jest uzależnione od pewności ruchu i urządzeń mechanicznych i napędów elektrycznych.

Cukrownie polskie zastosowały napęd elektryczny po raz pierwszy już w r. 1881, w latach zaś 1911—15 niektóre z nich były już całkowicie zelektryfikowane. Obecnie stosuje się prawie wyłącznie napęd jednostkowy przy pomocy silników, zasilanych z własnych turbogeneratorów 3-fazowych o napięciu 400 V. Liczba silników elektrycznych zainstalowanych w większej cukrowni przekracza 300 sztuk.

Warunki pracy silników elektrycznych w cukrowni są niekorzystne ze względu na wysoką temperaturę otoczenia i dużą wilgotność, toteż wymagana jest tu izolacja taka, jak w warunkach tropikalnych.

Przeważająca część silników napędza różnego rodzaju pompy wirowe, przy czym zużycie energii przez pompy w ogólnym bilansie energetycznym cukrowni jest największe. W niektórych działach cukrowni — ze względu na obecność w powietrzu pyłu lub oparów szkodliwych dla silników — muszą być stosowane silniki budowy zamkniętej. Pod względem konstrukcji elektrycznej przeważają silniki klatkowe na 1500 obr./min; poza tym stosuje się silniki pierścieniowe i komutatorowe.

Największe wymagania stawia napęd w irówkach cukrowniczych. Potrzebne są do tego celu silniki z wałem pionowym, sprzężonym z wałem wirówki przegubowo sprzęgłem stałym lub ciernym — odśrodkowym. Obciążenie silników zmienia się znacznie w przeciągu każdego cyklu pracy wirówki: początkowo — w ciągu około 1 minuty — silnik musi rozwinąć wielki moment obrotowy, potrzebny do nadania przyspieszenia wirówce, której moment bezwładności po napełnieniu cukrzycą dochodzi do $\sim 1200 \text{ kGm}^2$; później — w czasie wirowania przy znamionowej prędkości silnika — wystarcza moc kilku kilowatów na pokonanie oporów tarcia.

Postęp techniczny zmierza w kierunku zwiększenia wydajności wirówki. Przy kilku lub kilkunastu cyklach na godzinę wystarczają dotychczasowe typy silników — klatkowych i pier-

ścieniowych przeważnie w normalnym katalogowym wykonaniu. Nowoczesne wysokosprawne wirówki przeznaczone są jednak do pracy przy 20 do 30 cyklach na godzinę. Napęd elektryczny właściwy dla tych warunków musi być dopiero stworzony.

Opracowanie i wyprodukowanie w kraju typowych silników wirówkowych jest dla przemysłu cukrowniczego sprawą ważną i pilną. Wstępne kroki w tym kierunku zostały już poczynione: we współpracy z Instytutem Cukrowniczym i cukrowniami (gdzie dokonywano pomiarów i prób) opracowano w Instytucie Elektrotechniki zagadnienie wyboru właściwego rodzaju silnika, a następnie projekt konstrukcji silnika klatkowego z przełączalną liczbą biegów. Prototyp jego wykonała już jedna z fabryk przemysłu elektrotechnicznego i próby są w toku. Prace te nie są jednak ukończone, potrzebny bowiem będzie silnik o większej mocy, zapewniający możliwość stopniowania prędkości obrotowej tak, aby uzyskać najkorzystniejsze warunki przy napełnianiu bębna i odwirowywaniu cukrzycy.

Ostateczne rozwiązanie problemu napędu wirówek zgłasza więc cukrownictwo jako pierwszy czołowy dezyderat pod adresem przemysłu elektrotechnicznego. Dalsze postulaty dotyczą:

- a) zagadnienia izolacji tzw. tropikalnej, odpowiedniej dla silników pracujących w cieplej i wilgotnej atmosferze;
- b) objęcia programem produkcji małych silników trójfazowych klatkowych o mocy 100—150 W z przybudowaną przekładnią ślimakową, obniżającą prędkość obrotową do kilku lub kilkunastu obrotów na minutę, potrzebnych do zdalnego sterowania zaworów mechanicznych, automatyzacji kontroli technicznej i do innych specjalnych napędów;
- c) wytwarzania małych silników do napędu narzędzi przenośnych, przy czym pożądane jest, aby te narzędzia elektryczne były budowane także na napięcie 36 V ze względów bezpieczeństwa przy zastosowaniu ich do czyszczenia rur kotłowych i do wszelkich robót wewnątrz zbiorników żelaznych.

Postulaty powyższe są w dużym stopniu wspólne także dla wielu innych gałęzi przemysłu, można więc sądzić, że zaakcentowanie tych potrzeb na Konferencji Maszyn i Napędów przyczyni się do szybkiej ich realizacji.

MGR INŻ. E. MOKROSZ

Maszyny i napędy elektryczne w przemyśle chemicznym

Intensywny rozwój przemysłu chemicznego, który wysuwa się na czołowe miejsce jako odbiorca energii elektrycznej, stawia coraz nowe zadania przed przemysłem maszyn elektrycznych. Rozwiązanie tych zadań wymaga ścisłej współpracy techników z przemysłu chemicznego i elektrotechnicznego. Przykładem wyników takiej współpracy może być uruchomienie produkcji transformatorów piecowych o mocy 26 MVA, na 30000/210 V z regulacją pod obciążeniem, dalej silników przeciwybuchowych w wykonaniu wzmocnionym, silników asynchronicznych o mocy 3500 kW przy 1000 obr./min.

Dezyderaty przemysłu chemicznego w stosunku do przemysłu maszyn elektrycznych można streścić w następujących punktach:

1. Zastosowanie w silnikach przeciwybuchowych klatek z aluminium zamiast miedzi, gdyż nieznaczna nawet zawartość acetyleny w powietrzu powoduje powstawanie acetylenku miedzi, materiału niebezpiecznego pod względem wybuchowym.
2. Poddawanie silników przeciwybuchowych próbie nagrzewania w stanie zahamowanym (w czasie 5 do 10 sek.).
3. Wybudowanie stacji pobierczej silników przeciwybuchowych z atmosferą różnych gazów.
4. Uruchomienie produkcji przełączników do silników z przełączalną liczbą biegów.
5. Rozszerzenie produkcji wentylatorów, spawarek (do 500 A), przewoźnych stacji transformatorowych, suchych transformatorów (od 50 do 630 kVA).

6. Zacieśnienie współpracy między przemysłem maszyn elektrycznych i przemysłem chemicznym na odcinku lakierów izolacyjnych (m. in. odpornych na smary) i szcotek do maszyn węglowych (rozszerzenie asortymentu i poprawa jakości).

7. Wprowadzenie napięcia 1000 V jako normalnego napięcia znamionowego silników.

8. Uruchomienie produkcji narzędzi elektrycznych na napięcie 24/42 V oraz suchych transformatorów na to napięcie (o mocy od 0,32 kVA do 3,2 kVA).

9. Dalsza normalizacja mechanicznych wielkości silników i ich podstawowych wymiarów, jak rozstawienie otworów w łapach, wysokość osi, średnica i długość czopa.

10. Uruchomienie produkcji dużych silników synchronicznych (od 1 do 3 MW) wolnobieżnych (100 — 150 obr./min), do sprężarek tłokowych.

11. Rozszerzenie zakresu stosowania silników asynchronicznych synchronizowanych.

12. Rozbudowanie produkcji małych silników uniwersalnych i silników jednofazowych dla pokrycia potrzeb automatyki.

DR ZYGMUNT RYBICKI
Instytut Mechanizacji
i Elektryfikacji Rolnictwa

Zagadnienie doboru silników elektrycznych do napędu maszyn rolniczych

W związku z rozwojem mechanizacji rolnictwa istnieje konieczność rozwiązania zagadnienia napędu urządzeń rolniczych. Zagadnienie to, aczkolwiek nie nowe, rozwiązywane jest w różnych krajach w sposób różnorodny, zależny w dużej mierze od asortymentu wyrabianych w danym kraju silników elektrycznych. Dobór odpowiedniego silnika do maszyny rolniczej uzależniony jest nie tylko od mocy pobieranej przez maszynę oraz od czasu pracy maszyny, ale również od momentów rozruchowych, na które składają się momenty bezwładności i zwiększone opory tarcia przy rozruchu.

Nierównomierność pracy maszyny rolniczej powoduje często konieczność stosowania silników elektrycznych o znacznie większej przeciążalności niż to przewidują przepisy dla silników normalnych do pracy ciągłej. Tak np. przy młocarniach zdarza się często, że obsługa przez pośpiech podaje za dużo snopów zboża na kłepisko młocarni, wskutek czego młocarnia zatrzymuje się, gdyż silnik o zwykłej przeciążalności jest za słaby do pokonania oporów chwilowej forsownej młócki. Rezultatem tego jest zapchanie się kłepiska i konieczność ręcznego opróżnienia go oraz ponownego uruchamiania młocarni.

Decydującym momentem przy wyborze silnika winien być rodzaj pracy, do której ma być użyty. Z tego względu silniki elektryczne do maszyn rolniczych, pracujących w warunkach polowych, na otwartym powietrzu, winny być budowy zamkniętej, do maszyn zaś pracujących w zamkniętych pomieszczeniach — budowy okapturzonej, jeżeli przy procesie technologicznym nie wytwarza się dużo kurzu, mogącego nadmiernie zanieczyszczać silniki.

Ważne jest również z punktu widzenia procesów technologiczno-rolniczych, żeby między biegiem jałowym a obciążeniem nie było zbyt dużej różnicy prędkości obrotowych, gdyż w przeciwnym wypadku np. w młocarniach zwiększa się znacznie ilość uszkodzonego ziarna. Część stateczna krzywej $M = f(n)$ powinna mieć przebieg o charakterze możliwie pionowym.

Z elektrycznego punktu widzenia istotna jest wielkość prądów rozruchowych, co wiąże się z doбором odpowiedniego typu silnika. Jakkolwiek silniki klatkowe są najdogodniejsze, jednak dla większych mechanicznych urządzeń rolniczych, gdzie moc silnika wynosi powyżej 8 kW, należy stosować silniki pierścieniowe. Wynika to stąd, że podstawce typu rolniczego są na ogół małej mocy i duży prąd rozruchowy silników klatkowych byłby dla nich niewłaściwy.

Większe transformatory na podstawcach — rzędu około 100 kVA — spotyka się tylko w gospodarstwach rolnych, w których procesy technologiczne są w znacznej mierze zelektryfikowane.

Sprawa dobrego współczynnika mocy jest zagadnieniem trudnym do rozwiązania, gdyż siatka mocy silników wykonywanych przez fabryki krajowe jest dość rzadka, wobec czego dobór

silników dokładnie dopasowanych do mocy maszyn rolniczych jest bardzo utrudniony. Z tego powodu wypadnie często dobrać silnik o mocy większej niż potrzeba dla danego napędu, a zatem silnik jako niedociążony będzie pracował przy nieco mniejszym współczynniku mocy oraz nieco mniejszej sprawności. Gdyby okazało się, że dla maszyny rolniczej pewnego typu nie udaje się dobrać silnika o mocy najodpowiedniejszej, a liczba tych maszyn w użyciu byłaby znaczna, to należałoby zastanowić się nad przekonstruowaniem maszyny rolniczej, biorąc pod uwagę względy nie tylko natury czysto rolniczej, ale również ekonomiczno-energetyczne, dla dopasowania mocy maszyny do mocy katalogowej silnika elektrycznego.

Spadek napięcia w sieciach typu wiejskiego jest dość znaczny i dochodzi zazwyczaj do 15%, co należy brać pod uwagę przy doborze silnika. Dla ciągników elektrycznych do orki w polu należałoby — na zasadzie dotychczasowego doświadczenia — stosować silniki na napięcie 1000 V dla większych mocy rzędu 30 kW, dla ciągników zaś typu ogrodowego — napięcie 380 V lub 220 V (jednofazowe).

Dla uniknięcia różnorodności typów i wielkości silników elektrycznych należy, szczególnie w przypadku maszyn pracujących okresowo, stosować do kilku maszyn silniki przenośne o mocy dopasowanej do wielkości urządzeń rolniczych, jednak tak, aby różnica między największym i najmniejszym obciążeniem silnika nie była zbyt duża. Wynika z tego konieczność stosowania takich silników tylko do maszyn o podobnym zapotrzebowaniu mocy. Dla zmniejszenia liczby silników można stosować przełączanie z trójkąta w gwiazdę. W tym wypadku moc silnika będzie określona przez moc największego urządzenia mechanicznego, które silnik winien napędzać; najmniejsza moc urządzenia napędzanego będzie wynosiła wtedy $1/3$ mocy największej.

Przeciążalność silników powinna wynosić około 2,2—2,4. Silniki powinny mieć możliwie najmniejsze wymiary i ciężar, gdyż umieszcza się je zazwyczaj na urządzeniach rolniczych typu przewoźnego lub przenośnego. Silniki do ciągników elektrycznych powinny być budowy zamkniętej o normalnej przeciążalności 1,75. Przy większej przeciążalności w razie zawadzenia plugiem o kamień lub o wyjątkowo związłą glebę mogłoby nastąpić połamanie łańcucha.

Do ciągników elektrycznych typu ogrodowego należałoby stosować silniki jednofazowe na napięcie 220 V o mocy około 3 kW z fazą pomocniczą do rozruchu, wyłączaną samoczynnie. Kondensatory w fazie pomocniczej — jakkolwiek mają wiele cennych zalet — zajmują zbyt wiele miejsca.

W celu ustalenia założeń konstrukcyjnych i ekonomicznych przystąpiono do opracowania powyższych zagadnień w możliwie najszerszym zakresie. Ponieważ wiąże się to ze żmudnymi i długotrwałymi badaniami i pomiarami, ostateczne ich rozwiązanie nie może nastąpić zbyt prędko.

MGR INŻ. ALEKSANDER STRASZEWSKI

Zakład maszyn i napędów elektrycznych Instytutu Elektrotechniki

Zakład Maszyn i Napędów Instytutu Elektrotechniki jest obok katedr wyższych uczelni jednym z ośrodków prac naukowo-badawczych w dziedzinie maszyn elektrycznych i napędów elektrycznych. W porównaniu z katedrami wyższych uczelni Zakład wyróżnia się ściślejszym powiązaniem z przemysłem, jest bowiem z nim połączony organizacyjnie w ramach resortu przemysłu maszynowego. Zadaniem Zakładu jest wytyczanie

nowych kierunków rozwojowych na podstawie wykonanych prac naukowo-badawczych oraz udzielanie pomocy zakładom wytwórczym i biurom konstrukcyjnym przez krytyczną ocenę ich prac, opartą na badaniach laboratoryjnych.

W dziedzinie maszyn elektrycznych Zakład na podstawie badań w cukrowniach opracował wymagania techniczne, a następnie projekt techniczny silnika dwubiegowego do napędu

wirówek na 20 szarż na godzinę. Z zagadnień wentylacji maszyn elektrycznych, jednego z podstawowych problemów obliczeniowo-konstrukcyjnych, Zakład opracował kilka metod pomiarów wentylacyjnych i wprowadził je do programu badań prototypowych. Z nowych serii maszyn elektrycznych Zakład zajął się silnikami indukcyjnymi zamkniętymi dużej mocy. Na podstawie prac teoretycznych wykonano badania na modelach i gotowych maszynach, opracowano projekt modelu i wytyczne konstrukcyjne. W ramach Zakładu zostały opracowane: metoda wyznaczania najekonomiczniejszych wymiarów silników indukcyjnych, metoda szybkiego wyznaczania współczynnika mocy oraz przeciążalności silnika na podstawie danych ze stanu jałowego i zwarcia. Wykonano pracę o poprawianiu cos ϕ przez synchronizację silników asynchronicznych. Zakład opiniuje nowe konstrukcje maszyn projektowanych w kraju oraz bada prototypy maszyn elektrycznych we własnym laboratorium lub na stacjach probierczych zakładów wytwórczych. Tematyka prac Zakładu z dziedziny maszyn elektrycznych związana jest w chwili obecnej z problemami konstrukcyjnymi bez głębszego wchodzenia w szczegóły technologii wykonania produkcyjnego.

W dziedzinie napędów elektrycznych tematyka prac Zakładu jest dosyć różnorodna. Przeważają zagadnienia napędu obrabiarek do metali. Zakład pracuje nad elektrycznymi metodami modelowania maszyn roboczych, przygotowując się w ten sposób do łatwiejszego odwzorowywania ich przy projektowaniu i badaniu układów napędowych.

Grupa działów maszyn elektrycznych współpracuje zasadniczo z biurami konstrukcyjnymi i zakładami wytwórczymi podległymi Centralnemu Zarządowi Przemysłu Maszyn Elektrycznych, natomiast grupa działów napędowych współpracuje z szeregiem przemysłów, stosujących u siebie napęd elektryczny. We współpracy z Centralnym Biurem Konstrukcyjnym Maszyn Elektrycznych Zakład opracował dla Głównego Instytutu Górniczego projekt wstępny układu napędowego maszyny wyciągowej; na podstawie tego układu G. I. G. sporządził projekt techniczny.

Na zlecenie różnych przemysłów — budowlanego, spożywczego, papierniczego, leśnego i obrabiarkowego — opracowano nowoczesne oszczędne napędy maszyn budowlanych, wirówek cukrowniczych, papiernic, traków i szeregu obrabiarek.

Zgodnie z wytycznymi Polskiej Akademii Nauk bieżąca tematyka prac Zakładu nastawiona jest na opanowanie nowoczesnych układów napędu zautomatyzowanego. Dla pełnego wyzyskania możliwości technologicznych obrabiarek — celem

zwiększenia ich wydajności oraz uproszczenia układu kinematycznego przez zastosowanie elektrycznej regulacji obrotów — Zakład pracuje nad zagadnieniem stabilizacji obrotów i sterowania przy pomocy wzmacniaczy elektromaszynowych oraz aparatury tyratronowej. Obecnie Zakład ogranicza się do opracowania projektów wstępnych nowoczesnych układów napędowych, do doboru maszyn wchodzących w skład układu oraz do nakreślenia wytycznych zastosowania danego układu w przemyśle. Nie ustalono dotychczas właściwych form organizacyjnych, które umożliwiłyby Zakładowi bardziej aktywne włączenie się w opracowanie projektu technicznego i realizację w przemyśle wstępnych opracowań układów napędowych.

W roku 1954 Zakład Maszyn i Napędów IEL przeniósł się do nowego specjalnie wybudowanego gmachu laboratoryjnego w Międzyzlesiu. Nowe laboratorium umożliwi znaczne rozszerzenie zakresu prac Zakładu przez podniesienie górnej mocy maszyn badanych w Zakładzie z obecnych 50 kW do 500 kW, powiększy możliwości dokonywania badań wentylacyjnych oraz badań w specjalnych warunkach „klimatycznych”. Wydzielone laboratorium napędowe oraz elektronowe pozwolą na nowe badania układów napędowych.

Dla pogłębienia i rozszerzenia współpracy Zakładu z przemysłem maszyn elektrycznych celowe byłoby powiększenie możliwości Zakładu w dziedzinie konstrukcji nowych maszyn przez stworzenie biura konstrukcyjnego i warsztatu prototypowego. Dzięki takiemu posunięciu organizacyjnemu modele i prototypy niektórych nowych maszyn elektrycznych mogłyby być całkowicie wykonane w Instytucie Elektrotechniki, co powiększyłoby możliwości realnej pomocy Zakładu dla przemysłu.

Należy oczekiwać, że zakłady wytwórcze maszyn elektrycznych potraktują nową inwestycję Zakładu — laboratorium w Międzyzlesiu — jako obiekt budowany dla obsługi przemysłu i pomogą w jego wyposażeniu w szereg maszyn specjalnych, jak hamownice, wzmacniacze elektromaszynowe, maszyny zasilające w nienormalnym wykonaniu, sprzęgła elektromagnetyczne, regulatory i inne.

Nowy warsztat pracy Zakładu i powiększające się w przyszłości kadry pracowników naukowo-technicznych Zakładu pozwolą na skuteczną walkę o zajęcie przez Instytut przodującej roli w wytyczaniu dla przemysłu elektrotechnicznego nowych dróg rozwojowych. Przykład pracy i wielkie osiągnięcia zakładów naukowych tego samego typu w Związku Radzieckim powinny być tutaj zachętą do jeszcze więcej wydajnej i owocnej pracy.

MGR INŻ. WILHELM SMOLUCHOWSKI
Oddział Projektowania Urządzeń Elektrycznych CBKME

Organizacja projektowania złożonych układów napędowych

Szybko wzrastające uprzemysłowienie kraju stwarza coraz większe zapotrzebowanie urządzeń elektrycznych. Braki poszczególnych gałęzi przemysłu w tej dziedzinie są nie tylko ilościowe, dające się stosunkowo łatwo zaspokoić przez zwiększenie produkcji fabryk przemysłu elektrycznego w zakresie istniejącego asortymentu towarowego. Znacznie poważniejsze trudności przedstawia opanowanie zadań, wynikających z konieczności nadążania za postępem technicznym. Postęp ten jest olbrzymi zwłaszcza w dziedzinie unowocześnienia procesów wytwórczych drogą stosowania specjalnych układów napędowych, zapewniających np. samoczynną regulację pewnych nastawianych wielkości lub samoczynny przebieg pewnych działań.

W tej niezmiernie ważnej dziedzinie jesteśmy bardzo zafascynowani w porównaniu z osiągnięciami krajów przodującej techniki. Nowoczesne wyposażenie elektryczne w zakresie napędu różnego rodzaju maszyn wytwórczych jest u nas jeszcze rzadkością i przeważnie bywa w całości sprowadzane z zagranicy. Przyczyną tego stanu rzeczy jest brak organizacji, której zadaniem byłoby opracowywanie urządzeń napędowych, obejmujące wszystkie kolejne etapy ich powstawania — od projektu aż do próbnego uruchomienia gotowego wyposażenia elektrycznego włącznie.

Należy podkreślić, że chodzi tu o produkcję prototypową, często o charakterze eksperymentalnym. Ponadto trzeba uwzględnić, że każdy złożony układ napędowy zawiera znaczną część maszyn i aparatów normalnych, produkowanych seryjnie w zakładach przemysłu elektrycznego. Pozostałe — często nieliczne i niewielkie rozmiarami — specjalne elementy układu, dostosowane każdorazowo do indywidualnych warun-

ków, stanowią właśnie główną przeszkodę przy realizacji całości urządzenia: fabryki przemysłu kluczowego są nastawione na seryjną produkcję wyrobów o dokładnie ustalonej dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej, tak, że wykonywanie pojedynczych sztuk nietypowych przedmiotów zakłada ich normalny tok pracy; zakłady zaś przemysłu terenowego są najczęściej niedostatecznie wyposażone w odpowiednie siły fachowe i potrzebne środki produkcji; import zaś — gdyby nawet pominąć kwestię uzależnienia się od zagranicy — częstokroć nie wchodzi w rachubę ze względu na odmowę firm obcych do starczania tylko niektórych części całego urządzenia.

Dalszą trudność stanowi brak specjalistów w dziedzinie nowoczesnych — nieraz skomplikowanych i trudnych do zaprojektowania — elektrycznych układów napędowych. W biurach projektowych poszczególnych gałęzi przemysłu jest zbyt mało inżynierów-elektryków, którzy mogliby opanować praktykę i teorię, rozsianą szeroko w fachowej elektrotechnicznej literaturze światowej. Rezultatem tego stanu rzeczy jest nie tylko niemożność opracowywania przez te biura własnych projektów bardziej skomplikowanego elektrycznego wyposażenia napędu i wynikająca stąd potrzeba stworzenia biura centralnego, skupiającego fachowców, ale także często niezdolność poszczególnych przemysłów do przyjęcia określonej koncepcji układu napędowego, a skutkiem tego niechęć do wzięcia na siebie odpowiedzialności za podział dostawy na części zamawiane oddzielnie na podstawie projektu, zleconego innej instytucji, a montowane i zestrzajane ze sobą znowu przez innych wykonawców. Użytkownicy podkreślają, że warunkiem ułożenia zamówienia na takie pierwsze raz w kraju realizowane urządzenia elektryczne jest powierzenie jednej instytucji całokształ-

tu dostawy, przy czym zamawiający zobowiązuje się podać tej instytucji tylko warunki techniczne, które muszą być spełnione przez maszynę napędzaną, pozostawiając dostawcy wybór rodzaju napędu, jego zaprojektowanie, wykonanie i dostarczenie elementów napędu z odpowiednich fabryk, ich skompletowanie, zmontowanie i wypróbowanie.

Takie skupienie czynności w jednym ośrodku dyspozycyjnym jest korzystne także dla dostawcy, gdyż zapewniona jest przez to ścisła koordynacja projektowania z wykonawstwem, szczególnie potrzebna przy realizacji złożonych układów napędowych, dostosowanych indywidualnie do danych warunków i po raz pierwszy w kraju wykonywanych.

Rozważania na temat struktury organizacyjnej instytucji zajmującej się całością dostawy napędu elektrycznego przekraczająby ramy niniejszego komunikatu, natomiast warto rozpatrzyć działalność wchodzącego w jej skład biura projektowania układów napędowych.

Biuro to musiałoby zachowywać ścisłą łączność w czterech kierunkach: z przemysłami, dla których sporządzać będzie projekty, z Instytutem Elektrotechniki (ewent. również z politechnikami), z przemysłem elektrycznym i z działami wykonawczymi tj. warsztatem prototypów, jego biurem konstrukcyjnym oraz z brygadą montażową, oddziałem pomiarów i prób itd.

Od przemysłów obsługiwanych (użytkowników) biuro projektowe powinno otrzymywać wiadomości o powstających potrzebach lub niekiedy samo im te potrzeby sugerować. Następnie wspólnie ustalane byłyby wymagania techniczne, stanowiące zarazem założenia do projektu, dyskutowane alternatywy rozwiązania i przyjmowane przez KOPI użytkownika gotowe projekty w różnych etapach wykonania.

Instytut Elektrotechniki powinien zajmować się zasadniczą koncepcją układu, wyborem właściwego systemu, podbudową teoretyczną zagadnienia na podstawie literatury zagranicznej i opracowania swe udostępniać biurowi projektowemu.

Łączność z przemysłem elektrycznym, jego centralnymi zarządami, poszczególnymi fabrykami i biurami konstrukcyjnymi, opracowywanymi dokumentację na nowe rodzaje produkcji w tych fabrykach, jest podstawowym warunkiem pracy biura projektowego. Powinno ono stosować w jak najszerszej mierze wykonania typowe już istniejące i dopiero zamierzone, nie objęte jeszcze katalogami, musi więc stale orientować się w zakresie produkcji zakładów wytwórczych i w prowadzonych pra-

cach konstrukcyjnych. Biuro projektowe powinno sygnalizować przemysłowi pojawianie się nowych potrzeb, konieczność wprowadzania nowych asortymentów, a tylko w przypadkach, gdzie chodzi o jednostkowe wykonanie nie wytwarzanych dotąd artykułów lub o konieczne przeróbki i dostosowanie istniejących konstrukcji do specjalnych zastosowań, kierować prace do warsztatów prototypowych.

Wydaje się nie ulegać wątpliwości, że stworzenie tego rodzaju organizacji przyspieszy w dużym stopniu modernizację procesów technologicznych w przemyśle i przyczyni się do postępu technicznego w tej dziedzinie.

Przechodząc od tych perspektyw na przyszłość do istniejącego stanu rzeczy, można stwierdzić, że zaczątek takiego biura projektowego już istnieje. Jest nim Oddział Projektowania Urządzeń Elektrycznych, powstały w roku 1951 przy Centralnym Biurze Konstrukcyjnym Maszyn Elektrycznych, które przejęło wówczas od Centrali Handlowej Przemysłu Elektrotechnicznego utworzone w r. 1948 Biuro Projektowania Urządzeń Elektrycznych. Mimo szczupłego stanu osobowego OPUE wykonał już szereg projektów, w tym kilkadziesiąt większych opracowań. Tematyka ich obejmuje napędy maszyn wyciągowych szybikowych i głównych dla górnictwa (we współpracy z Biurem Konstrukcji Maszyn Górniczych i Centralnym Biurem Konstrukcji Maszynowych), urządzenia przełączające zespoły Leonarda do zasilania silników wyciągowych, kilka napędów hutniczych, m. in. napęd zginiaczca doświadczalnego dla Akademii Górniczo-Hutniczej, szereg napędów dźwigowych i transportowych, a wśród nich wyposażenie elektryczne do schodów ruchomych, projekty napędów wirówek cukrowniczych. Opracowywane były też tematy z zakresu przemysłu papierniczego, napędy obrabiarzek, wentylatorów kopalnianych, układy automatyczne dla pewnych procesów technologicznych oraz inne zagadnienia dotyczące np. poprawy współczynnika mocy, normalizacji itp. Przy wykonywaniu tych prac Oddział utrzymuje stały kontakt z Centralnym Zarządem Przemysłu Maszyn Elektrycznych i jego fabrykami oraz z Instytutem Elektrotechniki.

W miarę wzrostu potrzeb użytkowników z poszczególnych gałęzi przemysłu nie wydaje się jednak możliwe, aby Oddział w dotychczasowym nielicznym składzie i bez możliwości oparcia się na produkcji specjalnych elementów mógł sprostać swym zadaniom. Dlatego należałoby rozważyć słuszność koncepcji utworzenia nowej organizacji o zakresie pracy, omówionym w pierwszej części niniejszego komunikatu.

Wydawnictwa nadesłane

NOWACKI PAWEŁ, dr inż. LINIE DALEKOSIĘŻNE. 1953. Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 209, cena 22 zł. — Spis rzeczy: Ogólna charakterystyka przewodów i układów przewodowych. Obliczanie oporności czynnej linii. Obliczanie pojemności linii. Obliczanie oporności indukcyjnej linii. Obliczanie upływności linii. Przewody wiążkowe. Teoria linii dalekosiężnych. Równowaga układów elektroenergetycznych. Zagadnienia przepięciowe. Tablice pomocnicze. — Informacje wydawnicze: W książce omówiono zasady projektowania linii dalekosiężnych (wyznaczanie parametrów, obliczenia mechaniczne), podano uniwersalny wykres kołowy umożliwiający analizę różnych zagadnień ruchowych i rozważano zagadnienia równowagi i ochrony przepięciowej. Książka przeznaczona jest dla inżynierów i magistrów inżynierów oraz dla studentów szkół wyższych.

KAHL TADEUSZ, mgr inż. ZASADY PROJEKTOWANIA SIECI ELEKTROENERGETYCZNYCH NISKICH I ŚREDNICH NAPIĘĆ. 1953. Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 377, rys. 230, cena 17 zł. — Spis rzeczy: Dokumentacja techniczna i założenia projektowe. Wstęp. Dokumentacja techniczna. Założenia projektowe. — Zasady projektowania sieci elektroenergetycznych. Zasady ogólne. Wybór napięcia. Wybór rodzaju sieci. Wybór układu sieci. Zabezpieczenia. Ochrona przepięciowa. Punkty zasilające. Wybór materiału przewodowego. Obliczanie przekrojów przewodów. — Projektowanie linii napowietrznych. Uwagi ogólne. Przewody. Izolatory. Słupy. Poprzeczniki. Obstrżenia i skrzyżowania. Konstrukcje ściennie i dachowe. Przyłącza. Trasowanie linii. — Projektowanie linii kablowych. Kable ziemne. Skrzyżowania i zbliżenia linii kablowych. Trasowanie linii kablowych. — Przykład projektowania. Projekt sieci w mieście. — Informacje wydawcy: Książka zawiera podstawowe zasady projektowania sieci i linii elektrycznych napowietrznych i kablowych wraz z omówieniem pracy układów sieciowych w różnych fazach rozbudowy. Ponadto w książce omówiono kolejność i zakres wy-

konywania dokumentacji technicznej. Książka zatwierdzona przez CUSZ jako podręcznik dla kl. IV wydz. sieci napowietrznych i wych. sieci kablowych technikum energetycznego.

Zeszyty naukowe Politechniki Warszawskiej. Nr 4. ELEKTRYKA, zeszyt drugi. 1953. Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Naukowe. Format A5, 124 str., cena 12 zł. — Spis rzeczy: Smoliński A. Wielkości charakteryzujące materiały ferromagnetyczne. — Paszkowski B. Zagadnienie trwałości lamp elektronowych o katodzie tlenkowej. — Czechowski A. Projektowanie obwodów drgań w lampowych piecach indukcyjnych. — Palczewski A. Optymalne warunki pracy układów antylokalnych. — Dział informacyjny.

Ministerstwo Przemysłu Maszynowego. Centralny Zarząd Zbytu. Katalog T-3. ŁĄCZNICE RĘCZNE. Czerwiec 1953. Format A5, str. 30, rys. 11. — Spis rzeczy: Ogólne wiadomości o łącznicach. Łącznice miejscowej baterii (MB). Łącznice centralnej baterii (CB) z sygnalizacją kłapkowo-wskaźnikową. Łącznice centralnej baterii (CB) z sygnalizacją lampkową.

Ministerstwo Przemysłu Maszynowego. Centralny Zarząd zbytu. Katalog T-9. ŁĄCZNICE MIĘDZYMIASTOWE. Sierpień 1953. Format A5, str. 38. — Spis rzeczy: Ogólna charakterystyka central międzymiastowych. Centrale międzymiastowe typu uniwersalnego. Centrale międzymiastowe końcowe typu popularnego.

Ministerstwo Przemysłu Maszynowego. Centralny Zarząd Zbytu. Katalog M-3. SILNIKI TRÓJFAZOWE INDUKCYJNE SERII SZUB i SZJB. Maj 1953. Format A5, str. 28. — Spis rzeczy: Uwagi ogólne. — Dane mechaniczne. Silniki z wałem poziomym. Silniki kolnierkowe z wałem pionowym. — Dane elektryczne. Dane wspólne dla silników pierścieniowych i klatkowych. Rozruch, przeciążalność i regulacja obrotów silników pierścieniowych. Rozruch i przeciążalność silników klatkowych. — Wyposażenie. Koła pasowe. Części do montażu. Rozruszniki. — Uwagi dla zamawiających. — Część tablicowa.

MAJKOWSKI KONSTANTY. PODSTAWY TEORETYCZNE TECHNIKI OŚWIEŚLENIOWEJ. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Str. 316. Cena 24 zł. — Spis rzeczy: Wiadomości wstępne. Wielkości i jednostki świetlne. Obliczanie średnich światłości i strumienia świetlnego. Obliczanie natężenia oświetlenia określonego punktu. Obliczanie natężenia oświetlenia płaszczyzny na podstawie strumienia świetlnego. Zarys fotometrii. Teoretyczne współczynniki sprawności odbłyśników i kloszy oraz jasność ich powierzchni. Lustra paraboliczne i soczewki pryzmatyczne. Pojęcia dotyczące dziennego oświetlenia wnętrz. Wstępne wiadomości z zakresu kolorimetrii. Słowniczek podstawowych wielkości świetlnych. — Informacja wydawcy: Podręcznik zatwierdzony decyzją Ministerstwa Szkół Wyższych i Nauki do użytku w szkołach wyższych. — Z przedmowy autora: Wytycznym postulatem przy opracowywaniu tej książki było zredagowanie jej w ten sposób, aby mogła służyć studentom szkół inżynierskich i była dostępna dla uczniów techników elektrycznych, a więc by mogła być użyteczna dla inżyniera i dla technika. Całość jest oparta na wiadomościach z matematyki, fizyki i chemii, przewidzianych w programie szkół licealnych.

MECHANIK, Poradnik Techniczny, Tom II, Część IV. Opracował prof. dr inż. Wacław Moszyński. Wyd. 3 całkowicie przerobione. 1952, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B6, str. 742, cena 85,50 zł. — Spis rzeczy: Wiadomości wstępne. Wytrzymałość zmęczeniowo-kształtowa metali stosowanych w budowie maszyn. Tolerancje i pasowania w budowie maszyn. — Połączenia. Połączenia nitowe. Połączenia spójnościowe: spawane, zgrzewane i lutowane. Połączenia włączane i skurczowe. Połączenia klinowe i sworzniowe. Połączenia gwintowe. Połączenia sprężyste. Połączenia rurowe. Zawory. — Łożyskowanie. Łożyska ślizgowe. Łożyska toczne. Kądluby. Osie i waly. Łączenie wałów, sprzęgła. Hamulce. — Napędy. Napędy ciernie. Napędy cięgnowe. Kinematyka ząbków. Wytrzymałościowe obliczanie przekładni. Budowa przekładni napędowych. Obliczanie wytrzymałościowe i kształtowanie elementów mechanizmów korbowych, dźwigniowych, zapadkowych, jazymowych i krzywkowych. Zasady konstruowania maszyn pod względem łatwości obsługi. — Informacja wydawcy: Poradnik Techniczny Mechanik jest przeznaczony dla inżynierów i techników mechaników pracujących na polu naukowym i w dziedzinie wytwórczości oraz dla studentów wydziałów mechanicznych wyższych szkół technicznych.

MICHAJŁOW W.W. PROJEKTOWANIE APARATÓW ELEKTRYCZNYCH WYSOKIEGO NAPIĘCIA. Tłum. mgr inż. J. Elbaum i mgr inż. P. Głowacki. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Str. 240, rys. 75, cena 10,20 zł. — Spis rzeczy: Zasady obliczeń. Zasady obliczeń cieplnych. Siły elektrodynamiczne. Obwody magnetyczne w aparatach wysokiego napięcia. Izolacja. — Projektowanie aparatów. Izolatory, odłączniki i bezpieczniki. Wylączniki, Napędy. Odgromniki. Przekładniki napięciowe. Przekładniki prądowe. Dławiki i kondensatory. — Informacja wydawcy: Książka zatwierdzona do użytku szkolnego pismem Centralnego Urzędu Szkolenia Zawodowego nr VIII-PD5M/18/1/53 z dnia 13.VI.53 w charakterze książki pomocniczej.

NIEUPOKOJEW WITALIJ, mgr inż. APARATY TELEFONICZNE. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Str. 210, cena 27 zł. — Spis rzeczy: Podstawowe zjawiska elektroakustyczne w komunikacji telefonicznej. Zasadnicze części składowe aparatów telefonicznych. Warunki najlepszej pracy aparatu telefonicznego w układzie antylokalnym. Aparaty telefoniczne MB zwykle. Aparaty telefoniczne CB zwykle. Aparaty telefoniczne specjalne. Najprostsze urządzenia abonenckie. Wypożyczenia dodatkowe i specjalne aparatów telefonicznych. Uwagi końcowe. — Informacja wydawcy: W książce omówiono zasady porozumienia telefonicznego, zasady działania aparatów telefonicznych oraz ich budowę i użytkowanie. Poza tym podany jest w niej szczegółowy przegląd aparatów telefonicznych spotykanych w kraju z uwzględnieniem aparatów o przeznaczeniu specjalnym. Książka przeznaczona jest dla techników i inżynierów telekomunikacji oraz dla słuchaczy szkół wyższych.

PFLIER PAUL M., dr inż. POMIARY ELEKTRYCZNE WIELKOŚCI MECHANICZNYCH. Tłum. mgr inż. J. Plebański i mgr inż. K. Szpotafiński. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Str. 264, cena 25,50 zł. — Spis rzeczy: Podstawy miernictwa elektrycznego. Zalety elektrycznych przyrządów pomiarowych. Właściwości elektrycznych przyrządów pomiarowych. — Zamiana wielkości mechanicznych na elektryczne. Zależności fizyczne między właściwościami

mi mechanicznymi a elektrycznymi. Wytwarzanie wielkości elektrycznej przez wielkość mechaniczną. Wpływ czynników mechanicznych na obwód elektryczny. — Metody pomiarowe. Pomiar przebytej drogi. Pomiar siły. Pomiar prędkości. Pomiar przyspieszeń, drgań i wstrząsów. Pomiar czasu. — Informacja wydawcy: Książka zawiera podstawy miernictwa elektrycznego, podaje zasady zamiany wielkości mechanicznych na elektryczne oraz metody pomiarów: drogi, sił, prędkości, przyspieszeń, drgań, wstrząsów oraz pomiarów czasu. Książka przeznaczona jest dla techników i inżynierów oraz studentów wyższych szkół technicznych.

ROŚCISZEWSKI ST., inż. TYMCZASOWE INSTALACJE ELEKTRYCZNE W BUDOWNICTWIE. Biblioteka Ochrony Pracy. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Str. 96, rys. 41, cena 6,40 zł. — Spis rzeczy: Bezpieczne sposoby wykonania instalacji. Bezpieczne sposoby budowy i ruchu urządzeń elektrycznych. — Informacja wydawcy: Książka przeznaczona jest dla mistrzów, elektromonterów i ich pomocników pracujących w budownictwie.

SACHAROW P. W. TECHNOLOGIA PRODUKCJI APARATÓW ELEKTRYCZNYCH. Tłum. zbiorowe pod red. mgr inż. Z. Woynarowskiego. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Str. 319, rys. 209, cena 19,10 zł. — Spis rzeczy: Charakterystyka i cechy szczególne produkcji aparatów elektrycznych. Charakterystyczne cechy przemysłu aparatów elektrycznych. Charakterystyka technologii wytwarzania i materiały używane do produkcji. — Technologia części przewodzących i obwodów magnetycznych. Styki i połączenia stykowe. Cewki wielokoprowe, sztywne i podatne połączenia elektryczne. Cewki z drutu nawojowego. Oporniki i elementy oporowe. Obwody magnetyczne. — Technologia części izolacyjnych. Części o izolacji warstwowej. Części otrzymywane z materiałów izolacyjnych i drewna za pomocą obróbki mechanicznej. Części z mas plastycznych. Części ceramiczne. — Technologia wykończania i montażu. Przygotowanie powierzchni, powłoki metaliczne i lakierowe. Technologia montażu. — Informacja wydawcy: W książce omówiono procesy technologiczne produkcji różnych aparatów elektrycznych z uwypukleniem tych charakterystycznych szczegółów wykonania i montażu, które różnią się od zwykłych procesów technologicznych budowy maszyn. Na tle podkreślenia ścisłej zależności między zagadnieniami technologicznymi a konstrukcyjnymi książka podaje również zasady technologicznego konstruowania części i zespołów aparatów elektrycznych. Książka przeznaczona jest dla pracowników inżynierino-technicznych zatrudnionych przy projektowaniu i produkcji aparatów elektrycznych. Książka została zatwierdzona w charakterze książki pomocniczej dla technikum elektrycznego i elektroenergetycznego, a w szczególności dla Wydziału Budowy Aparatury Elektrycznej.

ZAGÓRSKI JÓZEF. TERMODYNAMIKA TECHNICZNA. Tom drugi. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Str. 175, rys. 154, cena 15 zł. — Spis rzeczy: Gaz rzeczywisty jako czynnik termodynamiczny. Parowa. Gazy wilgotne. — Wymiana ciepła. Wymiana ciepła w ciałach jednorodnych. Wymiana ciepła pomiędzy płynem a ciałem stałym przez zetknięcie się. Wymiana ciepła pomiędzy dwoma ciałami rozdzielonymi ciałem trzecim. Wymienniki ciepła. — Spalanie. Paliwa. Teoria spalania. Tablice wykresów t-s, t-s, i-s, J-d. — Informacja wydawcy: Książka pomocnicza zatwierdzona decyzją Ministerstwa Szkolnictwa Wyższego z dnia 25.IV.1953 r. Nr Gm-I-16/72/53 do użytku w szkołach wyższych.

TOMASZEWSKI ALEKSANDER, mgr inż. ZARYS METROLOGII WARSZTATOWEJ. Podstawy teoretyczne i środki miernicze do pomiarów długości i kątów. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 431, rys. 470, cena zł 53,50. — Spis rzeczy: Wiadomości podstawowe. Zagadnienia błędów. Wzorce kontrolne i użytkowe. Pomiar interferencyjny. Tolerancje i pasowania oraz sprawdziany i przeciw sprawdziany. Przyrządy miernicze. Przybory i pomoce miernicze. Sprawdzanie narzędzi mierniczych. — Informacja wydawcy: Praca podaje teoretyczne podstawy warsztatowych pomiarów długości i kątów; zawiera opis działania i zasady konstrukcji środków mierniczych stosowanych do tych pomiarów oraz podaje sposoby ich sprawdzania. Omawia również tolerancje i pasowania wałków, otworów, łożysk tocznych i gwintów. Książka przeznaczona jest dla średniego i wyższego personelu kontroli technicznej, ponadto może stanowić pomoc do nauki dla studentów wyższych szkół technicznych o kierunku mechanicznym.

PRZEGŁĄD DOKUMENTACYJNY ELEKTROTECHNIKI

opracowany przez OŚRODEK DOKUMENTACJI ELEKTROTECHNIKI

Dodatek do miesięcznika PRZEGŁĄD ELEKTROTECHNICZNY

Rocznik 6

Warszawa, luty 1954 r.

Nr 2

Gwiazdkami obok porządkowych liczb artykułów, oznaczone są publikacje znajdujące się w bibliotece Instytutu Elektrotechniki

Elektrownie

- 57* 621.311.21.001 (44+494) D1
Brügger W. F.: **Elektrownia Châtelot**. „Das Kraftwerk Chatelot”. Bull. SEV, Zürich, dwutyg., Nr 23, 15 list. 52, s. 921; A4, 12 str., 11 rys., 5 fot. — Opis elektrowni wodnej na pograniczu szwajcarsko-francuskim. Ukończenie budowy w 1953 r. Sprzyjające warunki naturalne. Wykonanie sztucznego kanału-tunelu między jeziorem a rzeką. Opis i rysunki konstrukcji betonowych. Turbiny Francisca, opis części maszynowej. Zainstalowanie rozdzielni napowietrznej 150 kV na dachu elektrowni. Rozdzielnia wnekowa i transformatory na poziomie generatorów. Układ połączeń rozdzielni (szyny sekcjonowane na 150 i 60 kV). Urządzenia sterujące, urządzenia telefonii nośnej. Bilans ekonomiczny elektrowni.

Maszyny elektryczne

- 58* 621.313.226:621.316.7 D1
Vallini A.: **Wzmacniacze maszynowe**. „Gli amplificatori rotanti”. Energia elettr., Milano, mies., t. 30, Nr 1, stycz. 53, s. 12; A4, 11,5 str., 13 rys., 4 wyk., 1 tabl., 15 poz. bibl. — Określenie pojęcia „wzmacniacz maszynowy”. Zasadnicze różnice w stosunku do wzmacniaczy elektronowych. Klasyfikacja wzmacniaczy maszynowych. Maszyna z dwoma komutatorami a jednym twornikiem (Magnavolt). Maszyna z wzbudzeniem wirnika i stojana (amplidyna, magnicon). Maszyny samowzbudne (rototrol, regulex). Niektóre zastosowania wzmacniaczy maszynowych. Ogólne charakterystyki wzmacniaczy maszynowych.

- 59* 621.313.32/33.013.23 D1
Ku Y. H.: **Teoria pola wirującego oraz ogólna analiza maszyn synchronicznych i indukcyjnych**. „Rotating-Field Theory and General Analysis of Synchronous and Induction Machines”. Proc. Inst. El. Engrs., London, 3 zesz. w roku, cz. 4, t. 99, Nr 4, grud. 52, s. 410; A4, 18,5 str., 17 rys., 3 wyk., 75 poz. bibl. — Ogólne równania maszyn synchronicznych. Składowe symetryczne. Zależności dla maszyny współpracującej z siecią. Określenie wykresu wektorowego maszyny z biegunami wystającymi, w stanie ustalonym. Teoria pola wirującego i teoria dwóch reakcji. Prądy zwarcia i momenty w stanie przejściowym. Obwód zastępczy maszyny synchronicznej. Ogólne równania pracy maszyny indukcyjnej. Obwody zastępcze. Praca maszyny synchronicznej przy obciążeniu oscylującym.

- 60* 621.313.322.-185.4:621.311.21 D1
Johnson E. M., Holder C. P.: **Projektowanie szybkobieżnych prądnic prądu zmiennego z biegunami wystającymi dla elektrowni wodnych**. „The design of high-speed salient-pole A. C. generators for water-power plants”. Proc. Inst. El. Engrs. London, dwumies., t. 99, cz. 2, Nr 71, paźdz. 52, s. 479; A4, 15,0 str., 7 rys., 5 wyk., 13 poz. bibl. — Uwagi ogólne. Własności wytrzymałościowe żelaza wirnika. Sposoby umocowania biegunów. Konstrukcja uzwojenia wzbudzającego. Uzwojenie tłumiące. Wentylatory. Konstrukcja mechaniczna i uzwojenie stojana. Łożyska prądnice do turbin wodnych. Granice osiągalnej mocy prądnice. Znaczenie momentu zamachowego prądnicy. Dyskusja.

- 61* 621.313.323.029.3 D1
Caro D. E.: **Teoria działania silnika na częstotliwość akustyczną**. „The theory of the operation of a phonic motor”. Proc. Inst. El. Engrs. London, dwumies., t. 99, cz. 4, Nr 2, kw. 52, s. 51; A4, 12,5 str., 2 rys., 6 wyk., 3 tabl. — Zasada działania jednofazowego silnika synchronicznego na częstotliwość akustyczną i jego zastosowanie w telekomunikacji i automatyce. Praca silnika przy zasilaniu ze źródła o stałej wartości prądu oraz o stałej wartości napięcia. Stateczność pracy. Określenie wielkości charakterystycznych silnika na podstawie pomiarów. Silniki dwu- i trójfazowe.

- 62* 621.313.333:621.311.18 D1
Ferguson R. W.: **Silniki do napędu potrzeb własnych w elektrowniach**. „Powerhouse auxiliary motors”. Westinghouse Engr., Pittsburgh, dwumies., t. 12, Nr 2, marz. 52, s. 67; A4, 4 str., 3 fot., 1 rys., 1 tabl. — Ogólny schemat technologiczny elektrowni parowej. Charakterystyki silników do napędu urządzeń potrzeb własnych. Wymagania stawiane silnikom do napędu pomp. Silniki do napędu wentylatorów i dmuchaw. Zasadnicze

rodzaje budowy silników, stosowanych w elektrowniach. Silniki budowy całkowicie zamkniętej. Wentylacja silników. Znaczenie pewności ruchu urządzeń.

Transformatory

- 63* 621.314.212:621.316.926 D1
Kamber W.: **Model cieplny transformatorów olejowych**. „Das thermische Abbild für Oeltransformatoren”. Bull. Oerlikon, Zürich, dwumies., Nr 292, maj 52, s. 13; A4, 8 str., 1 fot., 2 rys., 3 wyk., 2 tabl., 8 poz. bibl. — Opis zasady działania i konstrukcji nowoczesnego zabezpieczenia termicznego olejowych transformatorów, które w odróżnieniu od termicznego przekaznika reaguje na wartość temperatury uzwojenia, a nie jak przekazników ww na przyrost temperatury. Omówienie możliwości wykorzystania tego rodzaju zabezpieczenia w celu uruchamiania wentylatorów chłodzących z zewnątrz transformator. Teoretyczne rozważania na temat przebiegu procesu nagrzewania uzwojeń transformatora, jak i wskazanie sposobu pomiaru stałej czasu uzwojenia transformatorów.

- 64* 621.314.214.3:621.317.75 D1
Rossier Cl.: **Zastosowanie oscylografu katodowego do badań transformatorów z zaczepami**. „L'utilisation de l'oscillographe pour l'etude de l'appareillage des transformateurs à gradins”. Bull. Sécheron, Genewa, 1 zesz. w roku, Nr 23F, 1952, s. 24; A4, 7 str., 8 fot., 1 rys., 6 wyk., 2 poz. bibl. — Ogólny opis zastosowania i konstrukcji transformatorów, przy których możliwa jest regulacja pod obciążeniem. Bliższe omówienie trzech zasadniczych elementów sterujących transformatora regulowanego pod obciążeniem, a mianowicie: pulpitu sterującego, przełącznika zaczepów i przełącznika do odpowiedniego przełączenia uzwojeń. Zestawienie i omówienie oscylogramów przedstawiających przebiegi napięcia w funkcji czasu w trakcie wykonywania przełączeń uzwojeń transformatora (stany niestabilne).

- 65* 621.314.22.08:621.3.076.12 D1
Métraux A.: **Przekładnik i sposoby kompensacji w urządzeniach na 380 kV**. „Messwandler und Kompensationsmittel in 380-kV-Anlagen”. Bull. SEV, Zürich, dwutyg., t. 44, Nr 4, luty 53, s. 162; A4, 6,5 str., 2 rys., 2 fot., 4 wyk., 10 poz. bibl. — Zagadnienie izolacji w przekładnikach prądowych i napięciowych w urządzeniach dla 380 kV. Przekładnik prądowy w wykonaniu firmy Oerlikon. Krzywe uchybów przekładników omawianych w funkcji napięcia. Sposoby kompensacji mocy biernej w urządzeniach na 380 kV (transformator o charakterze pojemnościowym). Charakterystyki przekładni i uchybu kąтового. Dyskusja nad właściwościami przekładników, zagadnieniem izolacji i badania odporności na przebiecie.

- 66* 621.314.22.08:621.317.79.023.3 D1
Friedrich J.: **Przekładniki i urządzenia pomiarowe wysokiego napięcia**. „Hochspannungs-Messwandler und Messeinrichtungen”. Elektrizitätswirtsch., Frankfurt a/M, dwutyg. r. 52, Nr 3, luty 53, s. 50; A4, 3 str., 2 rys., 6 fot., 1 wyk. — Przekładniki pomiarowe w technice mierzenia. Klasy dokładności, uchyby prądowe i kątowe. Wykonanie przemysłowe różnych przekładników: Multavi — Hartmanna — Brauna, cęgi Dietza, przekładniki napięciowe na wysokie napięcia, zespoły przekładnikowe. Przekładnik z izolacją gazową. Pomiary przy zastosowaniu przekładników. Mostek Scheringa (układ pomiarowy, wskaźnik zerowy — galvanometr wibracyjny).

- 67* 621.314.224.3 D1
Goldstein I.: **Nowy typ przekładnika prądowego magnesowanego wstępnie przy podwyższonej częstotliwości**. „Eine neue mit erhöhter Frequenz vormagnetisierter Stromwandler”. Bull. SEV, Zürich, dwutyg., Nr 8, 19 kw. 52, s. 316; A4, 2,5 str., 2 rys., 1 wyk., 6 poz. bibl. — Rozwój konstrukcji przekładników prądowych w Ameryce. Magnesowanie wstępne przekładników prądem o częstotliwości potrójnej (180 Hz). Charakterystyki magnesowania. Nowy układ połączeń i uzwojenia przekładników prądowych (uzwojenie dzielone, magnesowanie potrójną częstotliwością, rdzenie pomocnicze). Wypadkowa indukcja w rdzeniu. Zastosowanie przekładników prądowych nowej konstrukcji w sieciach wysokiego napięcia w USA.

- 68* 621.314.25.001 D1
Parton J. E.: **Ogólna teoria przetwarzania liczby faz**. „A general theory of phase transformation”. Proc. Inst. El. Engrs. London,

dwumies., t. 99, cz. 4, Nr 2, kw. 52, s. 12; A4, 12 str., 8 rys., 1 wykr., 13 poz. bibl. — Zarys historyczny zagadnienia. Teoria przetwarzania liczby faz za pomocą transformatora o polu pulsującym. Ogólne zależności dla transformatora o określonej liczbie słupów. Przykłady rozwiązań przetwarzania liczby faz z 2 na 3 w układzie Scotta i Leblanca. Porównanie obu rozwiązań. Układy transformatorów do współpracy z prostownikami wielofazowymi.

Kable

69* 621.315.211.2.027.3:621.315.614.6 D1
Brinkmann K., Manderwald E.: **Dielektryczne suszenie izolacji papierowej kabli wysokiego napięcia.** „Dielektrische Trocknung der Papierisolation von Hochspannungskabeln“. ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 73, Nr 14, lip. 52, s. 449; A4, 2 str., 1 rys., 3 wykr., 8 poz. bibl. — Własności hygroskopijne izolacji papierowej. Straty dielektryczne w papierze kablowym. Suszenie izolacji metodą dielektryczną. Generator wielkiej częstotliwości. Badania przebiegu napięcia wzdłuż kabla. Metoda sprawdzenia wyników suszenia dielektrycznego.

70* 621.315.211.3.001.4 D1
Badania ciśnieniowych kabli olejowych. „Untersuchungen an Öldruckskabeln“. ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 73, Nr 13, lip. 52, s. 435; A4, 0,5 str., 1 tabl. — Omówienie artykułów na temat badania kabli olejowych. Odporność na wpływy temperatury i trwałe próby napięciowe. Zestawienie wyników prób, przeprowadzonych na trzech kablach olejowych.

Materiały izolacyjne

71* 621.315.617.3.001.5:621.3.048.81 D1
Heap H. R.: **Próby lakierów impregacyjnych.** „Testing of impregnating varnishes“. Beama J., London, mies., t. 59, Nr 180, czerw. 52, s. 172; A5, 8,5 str., 6 rys., 10 wykr., 1 tabl. — Opis i wyniki prób impregnacji izolacji cewek dla lakierów różnego typu przeprowadzone na modelu cewki. Cewka badana. Typy stosowanych lakierów impregacyjnych. System przeprowadzania suszenia i impregnacji cewki. Stopień wysuszenia izolacji po impregowaniu. Wnikanie lakieru oraz stopień wypełnienia lakierem szczelin powietrznych w izolacji. Starzenie pod wpływem wilgoci i temperatury impregowanej izolacji.

Izolatory

72* 621.315.62.001.4 D1
Reverey G.: **Badanie izolatorów bez ich uszkodzenia.** „Die zerstörungsfreie Prüfung von Isolatoren“. ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 73, Nr 14, lip. 52, s. 451; A4, 4,5 str., 2 rys., 6 fot., 2 wykr., 9 poz. bibl. — Znaczenie izolatorów w sieciach wysokich napięć. Badania mechaniczne, badania nasiąkalności, wpływu zmian temperatury i innych właściwości izolatorów. Nowe metody badania, nie powodujące uszkodzeń izolatorów: metoda pojemnościowa i pomiaru stratności, metoda przy zastosowaniu wielkiej częstotliwości, metody prądowe i ultradźwiękowe. Wyniki prześwietlania izolatorów porcelanowych.

Włazniki

73* 621.316.53.022:621.315.5 D1
Cafilisch Ch.: **Zagadnienia styków wieloprądowych.** „Probleme um Starkstromkontakte“. Bulletin SEV, Zürich, dwutyg., Nr 26, 27 grud. 52, s. 1078; A4, 4,5 str., 5 fot., 1 rys., 9 poz. bibl. — Własności jakie powinien mieć metal używany na styki. Różne typy styków wieloprądowych i bezprądowych: ślizgowe odcinające. Zastosowanie do odłączników, przełączników zaczepów w transformatorze itp. Sposób wyznaczania oporu przejścia styku i napięcia na oporze styku w zależności od materiału, docisku i temperatury. Elementy stykowe wyłączników olejowych wielkiej mocy oraz wyłączników maszyn wirujących. Przykłady konstrukcji. Skład stopów używanych na styki.

Regulacja

74* 621.316.7:621.214.3:621.34:621.944.5 D1
Regulacja walcarek blachy na zimno w układzie tandem przy pomocy wzmacniacza magnetycznego. „Magamp regulation of a tandem cold-reduction mill.“ Westinghouse Engr., Pittsburgh, dwumies., t. 12, Nr 2, marz. 52, s. 65; A4, 3 str., 3 fot., 5 rys., 1 wykr. — Rozwój konstrukcji i zastosowania wzmacniaczy magnetycznych w układach sterujących silnikami wielkiej mocy. Porównanie różnych systemów regulacji walcarek do blachy na zimno. Zasadnicze typy urządzeń regulacyjnych. Ogólny schemat i działanie układu z wzmacniaczem magnetycznym. Wyniki prób, przeprowadzonych na układzie. Inne możliwości zastosowania wzmacniaczy magnetycznych.

75* 621.316.7.013.8:621.314.3:621.313.332 D1
Barkle J. E., Valentine C. E., Carleton J. T.: **Regulacja maszyn synchronicznych przy użyciu wzmacniaczy magnetycznych.** „Magamp Regulation for Synchronous Machines“. Westinghouse Engr.,

Pittsburgh, dwumies., t. 12, Nr 6, list. 52; s. 204; A4, 3 str., 1 rys., 2 wykr. — Porównanie regulacji wzbudzenia maszyny synchronicznej przy użyciu wzmacniacza magnetycznego z dotychczasowymi sposobami regulacji. Schemat blokowy układu regulacyjnego z wzmacniaczem magnetycznym, opis działania układu. Charakterystyki układu regulacyjnego. Korzyści zastosowania wzmacniacza magnetycznego.

76* 621.316.7.078 D1
Moore R. W.: **Zastosowania przemysłowe układów regulacyjnych ze sprzężeniem zwrotnym.** „Industrial applications of feedback control systems“. Westinghouse Engr., Pittsburgh, dwumies., t. 12, Nr 6, list. 52, s. 178; A4, 6 str., 1 fot., 4 rys., 2 wykr., 2 tabl., 4 poz. bibl. — Znaczenie i rola sprzężenia zwrotnego w układach regulacyjnych. Schemat blokowy układu regulacji napięcia ze sprzężeniem zwrotnym i jego działanie. Podstawowe pojęcia, charakteryzujące pracę układu ze sprzężeniem zwrotnym. Rodzaje układów regulacyjnych ze sprzężeniem zwrotnym. Przykłady: układ do regulacji prędkości, położenia, ograniczenia prądu. Elementy układów: wzmacniacze, źródła impulsów, urządzenia regulacyjne.

77* 621.316.7.078:621.34:669.15 D1
Harris W. R.: **Układy regulacyjne w przemyśle stalowym.** „Regulating systems for the steel industry“. Westinghouse Engr., Pittsburgh, dwumies., t. 12, Nr 6, list. 52, s. 187; A4, 8 str., 5 fot., 8 rys., 4 wykr., 1 tabl. — Znaczenie automatycznej regulacji urządzeń napędowych w przemyśle stalowym. Wzrost wydajności urządzeń zautomatyzowanych. Wymagania, stawiane układom regulacyjnym w przemyśle stalowym. Napędy elektryczne walcarek do blachy na zimno. Samoczynna regulacja maszyn w układzie Leonarda przy zastosowaniu wzmacniaczy magnetycznych. Napędy zgniataczy. Ogólny schemat napędu walcarki nawrotnej. Napędy główne i pomocnicze. Specjalne układy regulacyjne.

78* 621.316.718.025:621.34:621.87 D1
Wickerham W. R.: **Sterowanie dźwignów na prąd zmienny w układzie zależnym od obciążenia.** „Load-O-Matic A-C Crane-Hoist Control“. Westinghouse Engr., Pittsburgh, dwumies., t. 12, Nr 2, marz. 52, s. 56; A4, 6 str., 1 fot., 5 rys., 4 wykr. — Charakterystyczne cechy nowego układu sterowania dźwignów na prąd zmienny, wprowadzającego regulację prędkości podnoszenia w zależności od obciążenia. Detektor obciążenia. Układ zasilania silnika napięciem niewyównanym. Ogólny schemat układu sterującego. Działanie układu przy opuszczaniu (bez ciężaru, przy połowie i pełnym obciążeniu) i przy podnoszeniu. Charakterystyki regulacyjne. Korzyści ruchowe nowego układu.

Urządzenia zabezpieczające

79* 614.82:621.316.91 D1
Boll G.: **Zagadnienie dopuszczalnego napięcia dotyku i napięcia krokowego w urządzeniach powyżej 1 kV.** „Zur Frage der zulässigen Berührungs- und Schrittspannungen in Anlagen über 1 kV“. ETZ, Wuppertal, 2 tyg., r. 73, Nr 8, kw. 53, s. 253; A4, 4 str., 2 wykr., 5 tabl., 11 poz. bibl. — Definicja napięcia dotyku i napięcia krokowego na dopuszczalnym poziomie. Wrażliwość ciała ludzkiego na prądy o częstotliwości technicznej. Wartości dopuszczalne prądu, płynącego przez ciało ludzkie w funkcji czasu. Wrażliwość zwierząt na prąd elektryczny. Dopuszczalne napięcie krokowe. Szczególne uwagi o uziemionych punktach zerowych. Zestawienie dopuszczalnych napięć krokowych w zależności od czasu trwania.

80* 621.316.991.001.2(44) D1
Koch W.: **Nowe badania nad uziemieniami we Francji.** „Neuere Untersuchungen über Erdungen in Frankreich“. ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 73, Nr 8, kw. 52, s. 257; A4, 1,5 str., 2 tabl., 5 poz. bibl. — Omówienie artykułów technicznych pism francuskich na temat doświadczeń nad uziemieniami. Zestawienie oporności ciała ludzkiego przy różnych napięciach i przy różnych rodzajach podłogi. Zestawienie oporności różnych materiałów podłogi. Oporności uziemiaczy. Badanie urządzeń uziemających w stacjach wysokich napięć (220 kV).

81* 621.315.1:621.315.668.1:621.316.932 D1
Rybkin P. A.: **Zagadnienie ochrony odgromowej elektrycznej linii przesyłowej przy pomocy koordynujących zastrzałów.** „K woprosu o grozozaszcziele linii elektropriedaczii koordinirujuszczimi podkosami“. Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 7, lip. 51, s. 72; A4, 3,5 str., 4 rys., 1 wykr., 2 tabl., 1 poz. bibl. — Ochrona odgromowa linii na drewnianych słupach. Konstrukcja i sposób zamocowania zastrzałów z uziemieniem. Udarowa wytrzymałość linii na 110 kV. Ochrona przy pomocy opisanych zastrzałów jest skuteczniejsza niż przy pomocy ochronników wydmuchowych.

Miernictwo elektryczne

82* 621.317.1:621.398.2/3 D1
Loeb J.: Nowoczesne teorie sygnału i informacji. Zastosowanie do sterowania zdalnego i pomiarów. „Les théories modernes du signal et de l'information. Applications à la télécommande et aux mesures”. Rev. gen. Electr., Paris, mies., t. 61, Nr 11, list. 52, s. 499; A4, 17,5 str., 4 rys., 12 wykr., 22 poz. bibl. — Definicje sygnału w komunikacji na odległość. Sygnał analityczny. Teoria (modulacja częstotliwości wytwarzania sygnału analitycznego, sygnały w ograniczonym widmie). Czwórnik jako filtr. Sygnały ilościowe (rodzaje, ich analiza matematyczna). Rodzaje dróg, po których sygnały są przesyłane (z zakłóceniem lub bez zakłóceń). Wpływ zakłóceń na przesyłane sygnały. Pojemność drogi. Systemy nadawania sygnałów (kodowanie). Zastosowanie sygnalizacji w elektrotechnice i mechanice. Serwomechanizmy (np. regulator Watta i inne). Pomiary w fizyce i elektrotechnice. Przy stosowanie aparatury do celu pomiaru. Analiza prawdopodobieństwa wartości zmierzonej.

83* 621.317.734:621.3.089.6 D1
Turner L. B.: Dwa elektronowe mierniki oporności lub przewodności. „Two electronic resistance or conductance meters”. Proc. Inst. El. Engrs, London, t. 99, Nr 69, czerw. 52, s. 209; A4, 7 str., 10 rys., 2 wykr., 2 tabl., 2 poz. bibl. — Dłgólnie znane metody pomiaru oporności małych i średnich. Megomierze elektronowe o szerokim zakresie pomiarowym (10^4 do $10^{10}\Omega$). Lampowy układ pomiarowy przyrządu. Układ połączeń mikroomomierza lampowego. Wygląd zewnętrzny przyrządu (płyta czołowa, wskaźnik, regulatory, przełączniki zakresów). Wzorcowanie przyrządu, kontrola dokładności, stateczność. Możliwości udoskonalenia przyrządu. Czułość przyrządu przy zmienionym układzie lampowym.

84* 621.317.785.089.6:621.3.082.5 D1
Pedley D.: Optyczne urządzenie porównujące do cechowania liczników elektrycznych. „An optical comparator for testing electricity meters”. Metropolitan-Vickers Gaz., Manchester, t. 24, Nr 404, marz. 53, s. 339; A4, 4 str., 3 rys., 2 fot., 1 poz. bibl. — Zalety i wady metody stroboskopowej cechowania liczników. Nowe urządzenie optyczne na zasadzie stroboskopowej do badania liczników. Schemat urządzenia pomiarowego (zasilanie licznika badanego i wzorcowego, układ optyczny, wzmacniacz, przekładnik prądowy). Precyzyjny licznik typu EC jako wzorzec szybkości. Wielozakresowy przekładnik precyzyjny. Sposób przeprowadzania badań.

Kondensatory

85* 621.319.4 D1
Elsner H.: Metalowo-papierowe kondensatory. „Metall-papier-Kondensatoren”. Bull. SEV, Zürich dwutyg., t. 43, Nr 18, wrzes. 52, s. 721; A4, 6 str., 4 rys., 2 wykr., 2 fot., 1 tabl., 5 poz. bibl. — Klasyczne kondensatory papierowe, zwijane z folii aluminiowej i bibulki. Historyczny rozwój budowy i produkcji kondensatorów metalowo-papierowych. Nowoczesne metody produkcji kondensatorów metalowo-papierowych przez metalizowanie powierzchni. Budowa kondensatorów. Sposoby łączenia. Zestawienie właściwości kondensatorów oraz ich charakterystyki (stratność, oporność skrośna). Badanie kondensatorów metalowo-papierowych. Zalety kondensatorów. Zastosowanie.

Oświetlenie elektryczne

86* 621.32:535.241.42.001.24:628.962 D1
Burnham R.: Analiza obliczeń natężenia oświetlenia dla opraw do pośredniego oświetlenia. „An Appraisal of Illumination Calculations for Luminaires Indirect Luminaires”. Illum. Engng., New York, mies., t. 48, Nr 4, kw. 53, s. 197; A4, 4 str., 1 fot., 3 wykr., 1 tabl. — Przyczyny zbyt niskich wartości natężeń oświetlenia przy oświetleniu pośrednim otrzymywanych za pomocą zwykłych sposobów obliczania. Rzeczywiste współczynniki odbicia. Realistyczna ocena współczynnika obniżenia sprawności oświetlenia. Porównanie obliczonych różnymi metodami natężeń oświetlenia z wartościami zmierzonymi. Podsumowanie wyników.

87* 621.32:628.972.7.003 D1
Taylor G. J., Bradley R. D.: Analiza kosztów i wygody widzenia oświetleń przemysłowych. „Cost and comfort appraisal of industrial lighting systems”. Illum. Engng., New-York, mies., t. 48, Nr 4, kw. 53, s. 213; A4, 17 str., 1 fot., 1 wykr., 2 tabl., 31 poz. bibl. — Referat zgłoszony na konferencję (amer.) Stowarzyszenia Inżynierów Oświetleniowców we wrześniu 52 w Chicago. Analiza własności świetlnych oraz kosztów założenia, eksploatacji i utrzymania dla 19 rodzajów opraw świetłokowych podzielonych na trzy grupy (o rozsyłe światła bezpośrednim, przeważnie bezpośrednim i rozproszonym). Zestawienie dla natężeń oświetlenia 540 lx. Wykresy kosztów dla różnych współczynników odbicia sufitów i ścian. Uwagi o zastosowaniu różnych ty-

pów opraw przy innych poziomach natężenia oświetlenia. Wnioski. Dyskusja.

88* 621.227.43:621.3.032.43 D1
Lemmers A. E., Brooks W.W.: Nowa konstrukcja lampy fluoryzującej i stabilizatora dla szybkiego startu. „New fluorescent lamp and ballast design for rapid starting”. Illum. Engng., New-York, mies., t. 47, Nr 11, list. 52, s. 589; A4, 11 str., 6 wykr., 4 poz. bibl. — Referat zgłoszony na konferencję (amerykańska) Stowarzyszenia Inżynierów Oświetleniowców we wrześniu 1952 r. w Chicago. Wady dotychczasowych systemów o szybkim starcie i możliwości ich usunięcia. Związek między podgrzewaniem katod a napięciem startu. Obecne lampy i powody ich wad. Charakterystyka ulepszeń konstrukcyjnych nowych lamp. Wymagania dotyczące ogrzewania katody i ich wpływ na konstrukcję stabilizatorów. Nowa konstrukcja katody upraszczająca stabilizator. Podsumowanie. Dyskusja.

89* 621.396.823:621.327.43 D1
Iser F.: Zaburzenia wysokiej częstotliwości przez lampy fluoryzujące. „Hochfrequenzstörungen durch Leuchtstofflampen”. Nachrichtentechnik, Leipzig, Nr 2, luty 52, s. 51; A4, 2 str., 6 wykr. — Zaburzenia wielkiej częstotliwości, między innymi zakłócenia w odbiorze radiowym, spowodowane wyładowaniami w lampach fluoryzujących. Opis zaburzeń i metody badania. Wpływ uziemienia i rodzaju układu połączeń. Sposoby zmniejszenia zaburzeń. Lampy fluoryzujące w laboratoriach pomiarowych.

90* 621.327.43:628.972 D1
Rjabow M. S.: Oświetlenie wysokich domów lampami fluoryzującymi. „Beleuchtung von Hochhäusern mit Leuchtstofflampen”. Elektrotechnik (Berlin), Leipzig, mies., Nr 4, kw. 52, s. 148; A4, 2,4 str., 1 wykr., 2 rys., 2 tabl., 1 poz. bibl. — Zagadnienie oświetlenia lampami fluoryzującymi budowanych obecnie w Moskwie wysokich domów. Analiza wymagań stawianych oświetleniu pomieszczeń biurowych i sal wykładowych. Zalecane typy lamp fluoryzujących i opraw oraz normy natężenia oświetlenia.

Trakcja elektryczna

91* 621.315.66:621.332.3 D1
Rurowe konstrukcje wsporcze dla sieci trakcyjnej. „Tubular steel structures for overhead lines”. Rlw. Gaz., London, tyg., t. 98, Nr 6, luty 53, s. 155, A4, 1 str., 1 fot. — Opis doświadczalnej konstrukcji wsporczej kolejowej sieci trakcyjnej, wykonanej z rur stalowych spawanych. Wykonany prototyp zawieszenia bramowego poddano próbom, które dały dobre wyniki. Nowa konstrukcja jest znacznie lżejsza i, mimo większego kosztu na jednostkę ciężaru, daje oszczędności ok. 25–30% w stosunku do dotychczas stosowanych rozwiązań. Również koszty konserwacji są niższe.

92* 621.332.2.001.24 D1
Süßerkrüb M.: Sposób obliczeń zakotwień dla sieci jezdnej. „Berechnungsverfahren für die Ermittlung von Höchstspannweiten für Fahrleitungen”. Elektr. Bahnen, München, mies., t. 24, Nr 2, luty 53, s. 25; A4, 7 str. — Warunki obliczenia odstępu słupów oraz obliczenia parcia wiatru na sieć jezdnią. Rozważania nad elastycznością sieci. Szereg wzorów teoretycznych. Obliczenie sił w przewodach. Na podstawie rozważań teoretycznych możliwe jest zwiększenie odstępu słupów sieci ponad odległość obecnie stosowaną.

93* 621.335.2:625.282(494) D1

Nowa lokomotywa szwajcarskich kolei państwowych. „Eine neue Lokomotive der Schweizerischen Bundesbahnen”. Bull. SEV, Zürich, dwutyg., Nr 23, 15 list. 52, s. 949; A4, 2,5 str., 2 fot., 1 rys. — Postęp w kolejnictwie szwajcarskim od czasu zastąpienia parowozu elektrowozem. Przykłady lokomotyw na linii gotthardzkiej. Nowy typ elektrowozu Ae 6/6. Mały ciężar własny przy dużej przyczepności. Szkic napędu trzysiosewego elektrowozu. Łatwość pokonywania wzniesień i krzywizn na dużej szybkości i przy dużym obciążeniu. Dodatnie wyniki jazdy próbnych, dobre działanie urządzeń sterujących i sygnalizacyjnych.

94* 621.335.2.024 D1
Lokomotywy Co-Co kolei francuskich. „French national railway Co-Co locomotives”. Railway Gaz., London, tyg., t. 98, Nr 8, luty 53, s. 209; A4, 2 str. 4 fot. — Opis budowy i wyposażenia lokomotyw francuskich prądu stałego serii 7100 o mocy godzinnej 4800 KM. Budowa wózków i pudła lokomotywy oraz wyposażenie elektryczne, jak silniki, rozrząd, zabezpieczenie oraz własności ruchowe. Lokomotywa posiada 6 silników szeregowych, skompensowanych o dużym stopniu osłabiania wzbudzenia (73%), zawieszonych elastycznie. Obwody wysokiego napięcia zabezpieczone wyłącznikiem szybkim. Lokomotywa przewidziana dla ruchu mieszanego.

95* 621.335.4:621.316.26 D1
Schulze W.: Podstacja typu kolumnowego do zasilania tramwajów i trolejbusów. Budowa i doświadczenia eksploatacyjne. „Um-

formwerk für Obus- und Strassenbahn in Säulenbauweise. Aufbau und Betriebserfahrungen". Verkehr Techn., Berlin, mies., r. 6, Nr 3, marz. 52, s. 63; A4, 4 str., 3 fot., 3 rys. — Opis podstacji do zasilania wielostronnej sieci komunikacji miejskiej zaopatrzonej w prostowniki rtęciowe 325 kW. Schemat połączeń. Opis budowy. Urządzenia chłodzenia i przewietrzania. Eksploatacja tego typu urządzeń jest zadowalająca.

96* 621.335.43:621.316.26 D1
Gibert-Croiset: Podstacje przelazowe dla miejskiej komunikacji w Paryżu. „Sub-stations mono-groupes sur remorques routières pour la Régie Autonome des Transports Parisiens”. Rev. Electr. Mecan., Paris, kwart., Nr 92, stycz.-luty-marz. 53, s. 42; A4, 7 str., 4 fot., 4 rys. — Stosowanie podstacji ruchomych i gospodarcze uzasadnienie tego systemu w podmiejskiej komunikacji trolejbusowej w Paryżu. Schemat podstacji 500 kW z prostownikiem rtęciowym. Sterowanie i zabezpieczenia. Sygnalizacja. Opis urządzenia do przewozu.

Korozja

97* 620.19.013:621.357.7/8:669.717:669.57 D1
Wpływ środowiska na zjawiska korozji elektrochemicznej. „L'influence du milieu sur les phénomènes de corrosion pas couple d'origine électrochimique”. Rev. Alumin., Paris, mies., t. 29, Nr 184, stycz. 52, s. 29; A4, 1,5 str., 1 tabl. — Opis wyników badań różnicy potencjałów między elektrodami z cynku i aluminium w zależności od rodzaju elektrolitu. Ustalono, że przy PH mniejszym od 9,5 powłoka ochronna cynku pokrywa aluminium, dla większych wartości PH — aluminium pokrywa cynk. Zestawienie wyników w formie tablicy.

Napędy elektryczne

98* 621.3.025:621.34:629.123 D1
Arnemo H.: Zastosowanie prądu zmiennego do zasilania napędów pomocniczych na statkach handlowych. „Raisons de l'utilisation du courant alternatif pour l'alimentation des auxiliaires de navires de commerce”. Asea Rev., Västerås, dwumies., t. 24, Nr 3, maj 52, s. 54; A4, 4 str. — Postępy w zastosowywaniu prądu zmiennego do zasilania napędów urządzeń pomocniczych na statkach. Zalety urządzeń napędowych na prąd zmienny: mniejsze koszty inwestycyjne, większa prostota silników i prądnic, mniejszy koszt konserwacji i obsługi, łatwość zabezpieczenia, łatwość transformacji napięcia. Wnioski.

99* 621.34:621.96/97 D1
Blaschke H.: Wybór silnika do napędu maszyny z kołem zamachowym. „Wahl des Elektromotors für den Antrieb einer Schwungradmaschine”. Elektrotechnik (Berlin), Leipzig, mies., r. 6, Nr 1, stycz. 52, s. 23; A4, 6,5 str., 7 wyk., 2 poz. bibl. — Dane charakteryzujące obciążenie silnika przez maszynę roboczą. Równanie energetyczne cyklu pracy. Rozdział obciążenia na silnik i koło zamachowe. Obliczenie podstawowych wielkości układu napędowego. Sprawdzenie nagrzewania się silnika przy pracy.

100* 621.34:662.932.68 D1
Widen S.: Wyposażenie napędowe rusztu ruchomego. „Driving equipment for travelling grate stoker”. ASEA J., Västerås, mies., t. 25, Nr 4/5, kw.-maj 52, s. 70; A4, 3 str., 1 fot., 3 rys., 1 tabl. — Wpływ warunków pracy rusztu (grubość warstwy paliwa, prędkość posuwu) na pracę urządzenia napędowego. Zasadniczy układ napędowy: silnik komutatorowy prądu zmiennego z przekładnią zębatą. Regulacja prędkości posuwu rusztu. Konstrukcja mechaniczna urządzenia. Ogólny schemat instalacji.

101* 621.34:676.2.052 D1
Cardell R.: Elektryczny napęd sekcyny maszyn papierniczych. „Electrical sectional drive of paper machines”. ASEA J., Västerås, mies., t. 25, Nr 6, czerw. 52, s. 75; A4, 9 str., 7 fot., 2 rys. — Warunki pracy silników w napędzie sekcynym maszyn papierniczych. Ogólny schemat układu. Regulacja wzbudzenia prądnic głównej. Regulator prędkości obrotowej. Sposób uzyskania bardzo małej (pelzającej) prędkości. Wyposażenie silnikowe maszyny papierniczej. Napęd nawijarki papieru. Wyposażenie pomocnicze. Maszyny papiernicze o dużym zakresie regulacji prędkości. Zalety napędu sekcynowego.

102* 621.34:677.051.434 D1
Jansö A.: Indywidualny napęd zgrzeblarek do bawełny. „Individual drive of revolving flat cards for cotton”. ASEA J., Västerås, mies., t. 25, Nr 11/12, list.-grud. 52, s. 131; A4, 6,5 str.,

13 fot., — Zasada działania zgrzeblarki i jej podstawowe wyposażenie napędowe: silnik elektryczny i aparatura. Korzyści napędu indywidualnego zgrzeblarek. Podstawowe problemy napędu indywidualnego w związku z charakterem pracy zgrzeblarki. Konieczność pracy nawrotnej. Zabezpieczenie silnika przed przeciążeniem. Sprzężenie silnika ze zgrzeblarką.

103* 621.34:688.74 D1
Melichar H.: Napędy elektryczne maszyn scenicznych. „Elektrische Antriebe für die Bühnenmaschinen”. Siemens Z., Erlangen, t. 26, Nr 6, wrz. 52, s. 278; A4, 3 str., 3 fot., 3 rys. — Ogólna charakterystyka urządzeń teatralnych z punktu widzenia ich napędu elektrycznego. Wymagania stawiane napędowi. Schemat i działanie napędu urządzeń oświetleniowych. Napędy horyzontu i zapadni. Napęd sceny obrotowej w układzie Leonarda.

Elektrotermia

104* 621.265.2:669.14 D1
Wielki piec łukowy. „Large electrode furnace”. Electr. Rev., London, tyg., Nr 12, marz. 53, s. 613; A5, 3 str., 4 fot. — Opis stanowiska 20 t pieca łukowego produkcji wysokogatunkowej stali. Budowa pieca od strony mechanicznej i elektrycznej, zasilanie pieca. Omówiona aparatura sterująca i pomiarowa.

105* 621.365.41 D1
Hänlein W.: Elektrycznie ogrzewane piece na wysokie temperatury. „Elektrisch beheizte Öfen für hohe Temperaturen”. Elektrowärme Technik, Mindelheim, dwumies., Nr 2/3, maj 53, s. 61; A4, 2,5 str., 6 fot. — Metody otrzymywania wysokich temperatur. Budowa pieca z molibdenowymi elementami grzejnymi do 1800°C, piece z wolframowymi elementami grzejnymi do 2400°C, piece próżniowe do 2000°C.

106* 621.365.5:669 D1
Kegel K.: Obróbka metali prądami o częstotliwości wyższej niż przemysłowa. „Metallbehandlung mit erhöhter Frequenz”. Elektrowärme Technik, Mindelheim, dwumies., Nr 2/3, maj 53; A4, 1,5 str., 2 fot. — Zastosowania prądów o częstotliwości wyższej niż przemysłowa do poszczególnych rodzajów obróbki cieplnej metali w granicach od 50 Hz — 1000 KHz. Rodzaje urządzeń do hartowania, lutowania, topienia stali i metali nieelastycznych, ich zalety i wady.

107* 621.365.5:669.14 D1
Asten W.: Indukcyjny piec niskiej częstotliwości w odlewniach żelaza. „Der Niederfrequenz-Induktions-ofen in Eisengiessereien”. Elektrowärme Technik, Mindelheim, dwumies., Nr 2/3, maj 53, s. 50; A4, 4 str., 3 fot. — Rozwój zastosowań pieców indukcyjnych niskiej częstotliwości. Zalety stosowania tych pieców w odlewniach żelaza. Warunki pracy pieca. Sterowanie pieca i aparatura sterująca. Różne zastosowania pieca. Niektóre wskazniki.

108* 621.365.52.023:669.011 D1
Wälchli R.: Grzejnictwo metali przy pomocy wielkiej częstotliwości (indukcyjnej). „Die Hochfrequenz-Erwärmung von Metallen”. Bull. SEV, Zürich, dwutyg., Nr 25, 12 grud. 52, s. 1015; A4, 12,5 str., 18 fot., 8 rys., 2 poz. bibl. — Artykuł monograficzny z podkładem teoretycznym. Cel — wykazanie polepszenia jakości i obniżenia kosztu grzania. Konieczność użycia wielkiej częstotliwości (rzędu 10⁶ Hz) ze względu na zależność strat histerezy i prądów wirowych od częstotliwości. Wpływ nasłórkowości. Opis układów generujących i przykłady ich wykonania. Regulacja, zabezpieczenia przed zwarcie z metalem grzanym. Zastosowanie grzania indukcyjnego do lutowania i spawania, hartowania, ulepszenia, topienia itp. Wyznaczanie mocy w KW/cm² potrzebnej przy poszczególnych procesach. Szybkość procesu topienia.

109* 621.365.92:663 D1
Harm A.: Nagrzewanie pojemnościowe w przemyśle tytoniowym i w wytwórniach papierosów. „Dielektrische Heizung in der Tabak und Zigarettenindustrie”. Elektrowärme Technik, Hannover, dwumies., Nr 1, kw. 53, s. 11; A4, 4 str., 10 rys. — Opis zjawisk zachodzących w dielektryku podczas działania prądów wielkiej częstotliwości. Dodatnie znaczenie dużego współczynnika stratności dielektrycznej w procesie suszenia. Opis badań nad suszeniem tytoniu metodą pojemnościową i zastosowań metody w wytwórniach papierosów. Wyniki badań. Wady i zalety metody w powyższych zastosowaniach.

Niniejszy Przegląd Bibliograficzny zawiera jedynie część analiz dokumentacyjnych publikacji z zakresu elektrotechniki. Pełna dokumentacja ukazuje się w postaci kart dokumentacyjnych, wydawanych przez Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej (Warszawa, Al. Niepodległości 188). CIDNT przyjmuje prenumeratę kart dokumentacyjnych, która może obejmować zarówno całą dokumentację naukowo-techniczną, jak i działy lub poszczególne zagadnienia i tematy techniczne. Cena karty dokumentacyjnej wynosi w prenumeracie 10 groszy.

CIDNT wykonuje za zwrotem kosztów fotokopie i mikrofilmy publikacji objętych przeglądem bibliograficznym jak i kartami dokumentacyjnymi.

Warunki prenumeraty PRZEGŁĄDU ELEKTROTECHNICZNEGO na 1954 r.

I. Prenumerata normalna

Prenumerata normalna wynosi: roczna 108 zł, półroczna 54 zł, kwartalna 27 zł.

Zgłoszenia na prenumeratę normalną przyjmują wyłącznie urzędy pocztowe oraz listonosze miejscy i wiejscy w tym rejonie doręczeń, gdzie zamieszkuje prenumerator.

Termin zgłaszania prenumeraty normalnej na okres roczny, półroczny lub kwartalny upływa z dniem 10 każdego miesiąca, poprzedzającego okres prenumeraty.

II. Prenumerata ulgowa

Prenumerata ulgowa wynosi: roczna 54 zł, półroczna 27 zł, kwartalna 13,50 zł.

Z prenumeraty ulgowej mogą korzystać w 1954 r. jedynie członkowie stowarzyszeń naukowo-technicznych zrzeszonych w NOT oraz członkowie klubów techniki i racjonalizacji przy zamawianiu zbiorowym przez koła zakładowe.

Członkowie stowarzyszeń nie zrzeszeni w kołach zakładowych korzystają z prenumeraty ulgowej przy zamawianiu zbiorowym przez oddziały stowarzyszeń.

Prenumeratę można zgłaszać na okres kwartalny, półroczny i roczny.

Koła zakładowe i oddziały stowarzyszeń przekazują zamówienia zbiorowe w podanych niżej terminach do PPK „Ruch”, Warszawa, Centralna Ekspedycja, ul. Srebrna 12, wpłacając jednocześnie należność do PKO na konto nr I-14000/110.

Terminy zgłaszania prenumeraty ulgowej w kołach zakładowych i oddziałach Stowarzyszeń:

na I kwartał 1954 r.	— do 30 listopada 1953 r.
„ II „ „	— do 28 lutego 1954 r.
„ III „ „	— do 31 maja 1954 r.
„ IV „ „	— do 31 sierpnia 1954 r.

Terminy powyższe powinny być ściśle przestrzegane.

Wydawnictwa nadesłane

KLIMIENKO K. I. SPOSOBY PODNIESIENIA WYDAJNOŚCI PRACY W PRZEMYSLE MASZYNOWYM ZSRR. Tłum. inż. E. Koch. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 172, cena zł 10,90. — Spis rzeczy: Przedmowa. Wydajność pracy w przemyśle maszynowym w okresie pięciolatek stalinowskich i Wielkiej Wojny Narodowej. Perspektywy dalszego wzrostu wydajności pracy w przemyśle maszynowym ZSRR. Rezerwy wzrostu wydajności pracy związane z udoskonaleniem środków wytwarzania. Udoskonalenie konstrukcji produkowanych maszyn i związane z tym możliwości wzrostu wydajności pracy. Udoskonalenie technologii a wzrost wydajności pracy. Zmniejszenie zużycia materiałów produkcyjnych. Udoskonalenie organizacji pracy i wytwarzania oraz socjalistycznych form pracy. Wydajność pracy, koszt własny i rentowność przemysłu maszynowego. — Informacje wydawcy: W książce omówiono zagadnienie wzrostu wydajności pracy w przemyśle maszynowym i wskazano na wpływ, jaki wywierają na ten wzrost poszczególne czynniki techniczne i organizacyjno-techniczne oraz ruch współzawodnictwa pracy i racjonalizatorstwo. Książka przeznaczona jest do użytku techników i inżynierów oraz wszystkich osób zajmujących jakiegokolwiek stanowiska kierownicze w przemyśle maszynowym, od najniższych stanowisk począwszy, a także dla aktywistów partyjnych i związkowych z terenu zakładów przemysłu maszynowego.

MATALIN A. A., kandydat nauk techn. PODSTAWY WYMIAROWE I TECHNOLOGICZNE. Tłum. mgr inż. W. Wasiljew. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 150, rys. 99, cena zł 11,90. — Spis rzeczy: Obecny stan zagadnienia podstaw w budowie maszyn. Błędy ustalania przedmiotów w typowych uchwytach. Wymiarowanie rysunków z uwzględnieniem technologii mechanicznej obróbki części. Opracowanie konstrukcji dokładnych przyrządów z uwzględnieniem podstaw obróbkowych, stosowanych przy wykonaniu tych przyrządów. — Informacje wydawcy: W książce podano klasyfikację podstaw stosowanych przy konstruowaniu, obróbce i montażu dokładnych wyrobów oraz wytyczne racjonalnego wymiarowania rysunków. Poza tym książka zawiera opis badań nad dokładnością zamocowania części w uniwersalnych uchwytach, stosowanych w budowie maszyn oraz przykłady konstruowania i wykonania dokładnych przyrządów w warunkach produkcji wielkoseryjnej. Książka przeznaczona jest dla konstruktorów i technologów oraz dla studentów wydziałów mechanicznych wyższych uczelni technicznych.

BRUINS D. H. OBRABIARKI DO METALI. Tłum. mgr inż. Pietrkiewicz 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 305, rys. 526, cena zł 19. — Spis rzeczy: Zadania, klasyfikacja i konstrukcja obrabiarek do metali. Napędy ruchów obrotowych. Obrabiarki do obróbki płaszczyzn. Obrabiarki do obróbki powierzchni obrotowych. Obrabiarki do obróbki otworów. Obrabiarki do nacinania gwintów. Obrabiarki do kół zębatych. Obrabiarki do obróbki powierzchni kształtowych. — Informacje wydawcy: Książka zawiera opisy budowy i działania obrabiarek do metali, zasady ich konstrukcji oraz przykłady typowych obliczeń, stosowanych przy projektowaniu obrabiarek. Przeznaczona jest dla mistrzów i techników pracujących w warsztatach obróbki skrawaniem oraz może służyć jako pomoc dla studentów wydziałów mechanicznych technologicznych wyższych szkół technicznych. Zatwierdzona do użytku szkolnego jako podręcznik zastępczy dla techników mechanicznych.

KOSMACZEW I. G. i LIEBIDIEW N. A. OSTRZARKA ANODOWO-MECHANICZNA KONSTRUKCJI N. A. LIEBIDIEWA. Tłum. Z. Kościółek. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 43, rys. 19, tabl. 3, cena 2,30 zł. — Spis rzeczy: Przeznaczenie i charakterystyka ostrzarki. Schemat elektryczny. Napęd i posuw tarczy szlifierskiej. Uniwersalne imaki nożowe. Napęd imaka nożowego. Dopływ elektrolitu. Technologiczny proces ostrzenia noży. Wady i usterki szlifowania anodowo-mechanicznego. Instrukcja obsługi ostrzarki anodowo-mechanicznej N. A. Liebidiewa. Wykaz piśmiennictwa. — Informacje wydawcy: W broszurze podano zasadę działania, opis oraz instrukcję obsługi ostrzarki anodowo-mechanicznej konstrukcji N. A. Liebidiewa. Broszura przeznaczona jest dla wykwalifikowanych robotników i techników.

MICHNOWSKI J., inż. i KOZŁOWSKI T., inż. KSIĄŻECZKA GALWANIZERA. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B6, str. 78, rys. 11, cena zł 2,50 — Spis rzeczy: Wypadki i zachorowania w galwanizerniach. Bezpieczeństwo i higiena pracy w galwanizerniach. Wskazówki bezpieczeństwa pracy w galwanizerniach. Ważniejsze materiały używane w galwanizerniach. — Informacje wydawcy: Książeczka omawia bezpieczne metody pracy w galwanizerniach i podaje opisy urządzeń sprzętu ochronnego oraz wskazówki jak ratować poszkodowanych. Praca przeznaczona jest dla pracowników galwanizerskich, dla inżynierów, techników i inspektorów ochrony pracy oraz dla personelu technicznego i niższego personelu sanitarnego tych zakładów, w których są galwanizernie.

PRZEGŁĄD TECHNICZNY, organ główny NOT, nr 1/54, zawiera następujące artykuły: Szyr E. Tezy IX Plenum Partii stawiają nowe, poważne zadania nauce i technice. — Hempel S. Myśl inżynierska na tle budowy Pałacu Kultury i Nauki. — Rakowski M. O postępie technicznym i ekonomicznym. — Planeta N. Powłoki galwaniczne w budowie maszyn. — Lutosławski J. Wyroby metalowe powszechnego

użytku. — Olszewski E. Odrodzenie w Polsce. Stan nauki i praktyki technicznej. — Nowiny techniczne z prasy zagranicznej. — Gawin B. O należyte planowanie nakładów książki technicznej. — Sprawy organizacyjne NOT i stowarzyszeń. — Krytyka i bibliografia. — Biuletyn Centralnego Instytutu Dokumentacji Naukowo-Technicznej. — Przegląd Dokumentacyjny Zagadnień Dokumentacji.

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

Nowości wydawnicze

- ADAMSKI C.: **Odlewnicze brązy i mosiądze krzemowe. Technologia i zastosowanie**, s. 78, zł 6.90
- BARROW A. I.: **Technologia narzędzi skrawających**. Tłum. z ros. Z. Kościółek i W. Natanson, s. 310, zł 16.70 (w oprawie)
- BIELAWSKI S.: **Napęd elektryczny**, s. 315, zł 14.60. Zatwierdzono do użytku szkolnego przez CUSZ
- BLÜMKE F.: **Autopompy i motopompy pożarnicze**, s. 172, zł 11.80
- BŁĄŻEWSKI S.: **Pomiary twardości metali**, s. 168, zł 15.50 (w oprawie)
- BORKOWSKI W.: **Produkcja na jednowrzecionowych automatach tokarskich**, s. 202, zł 20.80 (w oprawie)
- BUJOK A.: **Łutowanie twarde**, s. 124, zł 8.20
- CHMIELEWSKI H.: **Logarytmiczny suwak rachunkowy**, wyd. 3 rozszerzone, s. 48, zł 3.60
- CHUDZYŃSKI S.: **Regenerat kauczuku**, s. 88, zł 5.80
- CIAŚ W.: **Jakość stali obrabianej cieplnie**, s. 76, zł 5.—
- CZYRSKI W.: **Spawanie stali stopowych**, s. 223, zł 26.— (w oprawie)
- HENNEL S., ROZPĘDEK S.: **Wysokowydajne toczenie nożem Kolesowa**, s. 56, zł 4.50
- HILBERT H.: **Tłocznictwo**. Tom II. Tłum. z niem. Z. Kazubiński, s. 211, zł 20.— (w oprawie)
- KACZMAREK J.: **Podstawy doboru warunków skrawania przy toczeniu metali**. Instytut Obrabiarek i Obróbki Skrawaniem, s. 94, zł 20.30
- Kalendarzyk elektrotechniczny 1954 — 1955**. Praca zbiorowa pod red. naczelną B. KONORSKIEGO. Stowarzyszenie Elektryków Polskich. Wyd. 9, przedruk z klisz wydania 8, s. 947, zł 60.— (w oprawie)
- Katalog aparatury naukowej i pomiarowej produkowanej przez ZSRR i Kraje Demokracji Ludowej**. Część 2. Polska Izba Handlu Zagranicznego, s. 337, zł 30.—
- KIELCEW W. W., TESNER P. A.: **Sadza. Własności, produkcja i zastosowanie**. Tłum. z ros. J. Bruss, s. 176, zł 13.80
- Klasyfikacja dziesiąta**. Wydanie skrócone. Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej, s. 164, zł 38.50 (w oprawie)
- KOSTECKI T.: **Zasady automatyzacji i kontroli procesów produkcyjnych**, s. 280, zł 22.50
- KRIZE S. N.: **Obliczanie transformatorów zasilających małej mocy i dławików stosowanych w filtrach**. Tłum. z ros. J. Grabowski, s. 38, zł 2.50
- LEWICKI T.: **Części maszyn w zarysie**. Wyd. 2 zmienione, s. 126, zł 10.50
- ŁOSIEW S. M.: **Turbiny parowe i urządzenia kondensacyjne. Teoria, konstrukcja i eksploatacja**. Tłum. z ros. K. Smolaga i H. Weberman, s. 228, zł 47.— (w oprawie)
- MADEJ R.: **Oszczędna gospodarka parą w przemyśle**, s. 151, zł 15.80
- MALINOWSKI I.: **Stanisław Zawadzki 1743—1806. „Mistrzowie Architektury Polskiej”**. Instytut Urbanistyki i Architektury, s. 114, zł 9.30
- MAZUR M.: **Nagrzewanie promiennikowe**, s. 176, zł 14.70 (w oprawie)
- MICHEL K.: **Urządzenia teletransmisyjne telefonii naturalnej**, s. 415, zł 39.— (w oprawie)
- MOSZYŃSKI W.: **Wykład elementów maszyn. Część II — Łożyskowanie**. Wyd. 3 przejrzone i uzupełnione, s. 287, zł 30.—
- NAZAREWSKI J.: **Ruch racjonalizatorski w przemyśle maszyn elektrycznych**, s. 163, zł 10.50
- OCHĘDUSZKO S.: **Teoria maszyn cieplnych. Część 2**, s. 379, zł 42.— (w oprawie)
- ORZETCHOWSKI S.: **Stale narzędziowe. Wiadomości wstępne i katalog**, s. 144, zł 12.20
- OSTROWSKI W.: **Lokalizacja i planowanie terenów przemysłowych**, s. 468, zł 40.70 (w oprawie)
- PERZYNA F.: **Dokładność obrabiarek do metali i sposoby jej uzyskania**, s. 172, zł 16.50
- Przepisy bezpieczeństwa pracy w eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych sieci miejskich i wiejskich**. Wyd. 2, s. 106, zł 10.—
- RZĘCKI M.: **Użytkowanie butli z gazami w przemyśle**, s. 116, zł 8.80
- SADOWSKI A.: **Wyglądanie powierzchni metali luźnymi materiałami ściernymi**, s. 110, zł 8.—
- ŻYDANOWICZ J.: **Obliczanie elektryczne sieci elektroenergetycznych**, s. 334, zł 15.50. Zatwierdzono do użytku szkolnego przez CUSZ

Do nabycia w księgarniach technicznych Domu Książki i u kolporterów zakładowych