









**ZAGADNIENIA TECHNICZNE ODBUDOWY KRAJU**

**8**

**Inż. WAŁAW GÜNTHER**

**DOCENT POLITECHNIKI LWOWSKIEJ**

**MOTOR  
ELEKTRYCZNY**

**W DROBNYM PRZEMYSŁE**

**KOR. 4—**



# WYDAWNICTWO KSIĘGARNI POLSKIEJ

BERNARDA POŁONIECKIEGO WE LWOWIE.

## ZADANIA I POTRZEBY GOSPODARCZE.

Pod redakcją prof. Fr. Bujaka zaczyna wychodzić zbiór prac, odnoszących się do spraw krajowych, gospodarczych i społecznych. Przeznaczone dla publiczności wykształconej mają one zwracać uwagę na najważniejsze zagadnienia, szerzyć ich zrozumienie i torować drogi dla rozumnej i energicznej polityki krajowej oraz budzić zainteresowanie dla działań zbiorowych.

Będą one przedstawiały ukształtowania stosunków naszych pod wpływem wojny oraz będą się starały wskazywać sposoby działania i kierunki rozwoju i dlatego powinny się znaleźć w ręku każdego, komu losy kraju i przyszłość narodu leży na sercu.

1. Bujak Fr.: **Myśli o odbudowie.** Kor. 1. Jest to niejako wstęp do całego wydawnictwa, podający jego przewodnią ideę; autor omawia potrzebę przebudowy społeczeństwa, zwłaszcza jego psychicznego stosunku do życia gospodarczego.
2. Wygoda Benedykt: **Ustrój gospodarstw włościańskich w Galicyi.** Kor. 1-20. Autor z zapałem i gruntowną znajomością wykazuje konieczność kommasacyi gospodarstw włościańskich jako podstawy dla wszelkiej działalności nad podniesieniem rolnictwa oraz wskazuje sposoby zmiany ustawy kommasacyjnej.
3. Wygoda Benedykt: **Hodowla zwierząt domowych.** Kor. 1-20.
4. Wygoda Benedykt: **Uprawa roli.** Kor. 1-20. — Razem z zeszytem poprzednim prace te zawierają zarys ekonomiki rolniczej małej własności; zasługuje tem więcej na uwagę, że wyszedł z pod pióra wieloletniego powiatowego instruktora rolnictwa w Galicyi wschodniej, któremu nie obce są i stosunki w zachodniej części kraju.
5. Dziedzic Jan Tomasz: **Jak zakładać i prowadzić składnice i sklepy „Kółek rolniczych“?** Kor. 1-20. Gorący zwolennik działalności handlowej Zarządu głównego Tow. „Kółek rolniczych“, były kierownik składnicy „Kółek rolniczych“ w Białej a od szeregu lat dyrektor składnicy w Nowym Targu, przedstawia w sposób prosty, ale nie mniej interesujący i popularny, ale jeszcze słabiej, który w czasach obecnych może budzić zainteresowanie.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000231430



ZAGADNIENIA TECHNICZNE ODBUDOWY KRAJU.

8

Inż. WACŁAW GÜNTHER  
DOCENT POLITECHNIKI WE LWOWIE.

# MOTOR ELEKTRYCZNY

JEGO ZNACZENIE I ZASTOSOWANIE W DROBNYM PRZEMYSŁE.

L W Ó W 1917

NAKLAD I WŁASNOŚĆ KSIĘGARNI POLSKIEJ BERNARDA POŁONIECKIEGO

WARSZAWA: GEBETHNER I WOLFF.





~~II 1933~~



II - 347812

WYKONANO W ZAKŁADZIE DRUKARSKIM „GRAFIA”, LWÓW,  
ULICA CHORĄCZYŃNY LICZBA 27. — NUMER TELEFONU 1998.

BPK-B-442/2016

Akc. Nr. \_\_\_\_\_

~~420~~ 51



## **Wstęp.**

1. Motor elektryczny, przy swym dzisiejszym stanie udoskonalenia, zajmuje jedno z najpierwszych miejsc między różnymi rodzajami motorów; często bardzo, zawdzięczając jego specjalnym zaletom, popęd elektryczny nie da się zastąpić żadnym innym popędem. Dlatego też dziś w szeregu zagadnień technicznych należy zalety tego popędu przedstawić szerszemu ogółowi, i to nie tylko techników i przemysłowców; należy spopularyzować wielki wpływ rozpowszechnienia używalności energii elektrycznej dla celów przemysłowych na podniesienie ekonomiczne i kulturalne kraju, którego odbudowa musi odpowiadać wymaganiom bardziej nowoczesnym, niż stan poprzedni. Choć częściowe spełnienie tego zadania ma na celu niniejsza praca, a mianowicie zamierza ona objaśnić w krótkości działanie motoru elektrycznego i zwrócić uwagę na jego wielkie zalety dla drobnego przemysłowca.

## **Wiadomości podstawowe.**

2. Popęd motoryczny. Popędem wogóle w znaczeniu technicznym nazywamy wprowadzanie w ruch, czyli inaczej pędzenie za pomocą siły motorycznej różnego



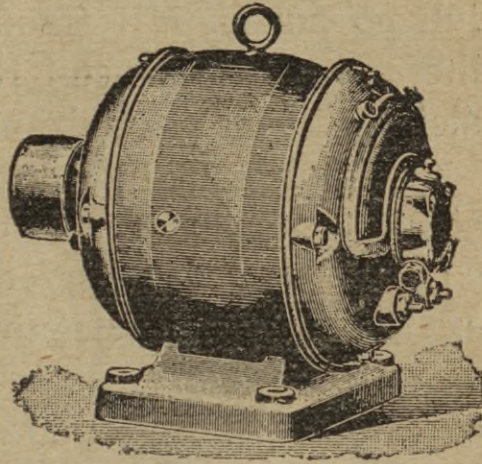
rodzaju maszyn, służących do przeróbki i obróbki materiałów; takimi maszynami są naprz.: wiertarki, służące do wiercenia otworów, strugarki, heblarki, tokarki, piły, gwinciarki, nitarki, szlifierki, młoty mechaniczne, zgrzeblarki, służące do przeróbki wełny, tkalnie, samoprząśnice i wiele innych, przeznaczonych do bardziej jeszcze specjalnych celów.

Mamy rozmaitego rodzaju popęd mechaniczny. — Mamy popęd parowy, za pomocą maszyny parowej, albo dziś powszechnie używanej turbiny parowej, pracujących łącznie z kotłem parowym. Mamy popęd naftowy, benzynowy, gazowy, za pomocą odpowiednich motorów naftowych, benzynowych, gazowych. — Mamy popęd pneumatyczny, za pomocą motorów o ściśnionem powietrzu. Mamy popęd wodny, wyzyskujący spadek wód, lub ściślej, ciśnienie wodne, którego prototypem jest koło młyńskie, formą zaś doskonałą — turbina wodna. Mamy wreszcie popęd elektryczny, za pomocą motoru elektrycznego. — Ten ostatni właśnie obchodzi nas tutaj, o pozostałych będziemy mówili tylko porównawczo.

3. Motor elektryczny wogóle; jego wielkość i moc. Zewnętrzny wygląd motoru elektrycznego jest tak powszechnie znany interesującym się choć trochę zagadnieniami technicznymi, że opisywać go specjalnie nie ma potrzeby. Nowoczesne typy motorów elektrycznych o mniejszych mocach mają często wygląd zewnętrzny, zbliżony do kształtu beczki o wypukłych dnach z otworami lub bez, w środku których umieszczone są łożyska, podtrzymujące wał, dźwigający na sobie tzw. twornik. Kadłub motoru, czyli osłona posiada zwykle odpowiednio wyrobione występy, albo część płaską, służące do przytwierdzenia



motoru za pomocą śrub do podłogi, fundamentu, ściany lub sufitu (pułapu). — Najcharakterystyczniejszą cechą motoru elektrycznego są druty izolowane, t. zw. przewody, którymi płynie prąd elektryczny, lub inaczej za pomocą których wprowadza się do motoru potrzebną energię elektryczną. Motor zużywa tę energię, zamieniając ją na pracę mechaniczną ruchu obrotowego.



Rys. 1.

Są motory małe i duże, zaczynając od najmniejszego motorka do wentylatora pokojowego, maszynki do siekania mięsa, lub robienia lodów i t. p., do pędzenia wiertarki dentystycznej, maszyny do szycia; idąc dalej do motoru już większego, przeznaczonego do pędzenia jednej obrabiarki, naprzykład tokarki; jeszcze większego, zdolnego pędzić kilka obrabiarek odrazu, a kończąc na wielkich motorach, używanych naprzykład w walcowniach żelaza.

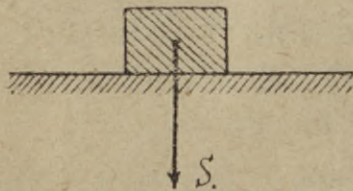
4. Mechaniczne pojęcia siły, pracy i mocy; jednostki tych wielkości. Mówimy, że motor większy jest silniejszy, lub właściwiej mocniejszy, mniejszy — słabszy; może być jednak jakiś motor choć rozmiarami nie wielki, jednak mocniejszy od innego o rozmiarach nawet większych.

Musi być więc jakiś sprawdzian do oznaczenia mocy motoru, musimy przyjąć, lub ustalić sobie jakąś miarę do określenia tej mocy, musimy mieć jakąś jednostkę mocy do jej mierzenia, jako wielkości. Taką prakty-



cznie przyjętą jednostką mocy jest k o Ń p a r o w y, zwany również mechanicznym, oznaczany z angielskiego HP (Horse power), lub z niemieckiego PS (Pferde Stärke), lub po polsku MK (Moc konia), i k i l o w a t, oznaczany literami początkowymi KW. W paru słowach należy ściślej wyjaśnić pochodzenie tych jednostek.

Nacisk, jaki wywiera każdy przedmiot na swoją podstawę, a właściwie siła tego nacisku, lub wprost mówiąc, siła, z jaką dany przedmiot ciąży ku ziemi, bywa mniejszą lub większą zależnie od wielkości przedmiotu i jego ciężaru gatunkowego. — Siła więc ta jest wielkością, dla określenia której potrzebną jest miara, lub jednostka siły. Za taką praktyczną jednostkę siły przyjmujemy jeden kilogram. Jest to więc siła, z jaką wywiera nacisk na swą podstawę ciężar jednego kg. Mogą być i inne siły, nie tylko siła ciężkości, na przykład siła naciągniętej sprężyny, siła przyciągania magnesu, siła mięśni; wszystkie te siły jednak mogą być mierzone, jako pojęcie ab-



Rys. 2.

strakcyjne, siłą 1 kg., jako jednostki. Graficznie siłę wyobrażamy, jak na załączonym rysunku, gdzie długość strzałki przedstawia w pewnej przyjętej skali wielkość siły, jej kierunek — kierunek działania siły, punkt początkowy strzałki — tak zwany

punkt zaczepienia siły. Siła jest więc pewną wielkością mechaniczną, mierzoną jednostką siły 1 kg.

Drugą wielkością mechaniczną jest p r a c a. — Jeżeli ciężar 1 kg., który leży naprz. na stole, spadnie z niego na ziemię, powiemy wtedy, że wykonał on pewną pracę w pojęciu mechanicznym. — W mowie potocznej pojęcie pracy schodzi się z pojęciem trudu. I rzeczywiście



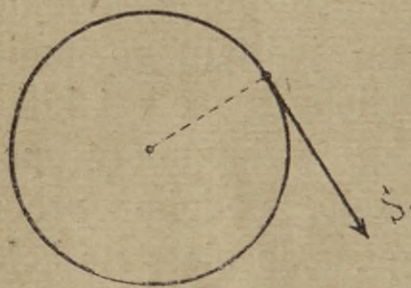
musimy zużyć pewien zasób trudu, żeby ów kg. dźwignąć z ziemi napowrót na wysokość stołu. Ta praca, zużyta przez nas pozostanie w tym kg., i w każdej chwili gotów on jest ją oddać z powrotem, spadając na ziemię, jak się tylko usunie przeszkodę, podtrzymującą go; praca ta jest w tym kg. jakby zachowana. — Jeżelibyśmy zsunęli ten kg. ze stołu na łopatkę małego koła wodnego, będącą na jednakowym poziomie ze stołem, to on swoim ciężarem, czyli swoją siłą ciężkości obróciłby to koło o pewien kąt i wykonałby przez to taką pracę, jaką posiadał w sobie zachowaną, leżąc na pewnej wysokości, na stole. — Gdybyśmy mieli kilka takich kg. i zsuwali je kolejno na znajdujące się w każdej chwili na jednym poziomie ze stołem łopadki koła, to koło obróciłoby się o kąt kilka razy większy; siła równa kilku kg. wykonałaby pewną, już większą ilość pracy na koło. Podobną pracę swą siłą ciężkości wykonuje woda, spadając stale na koło wodne. Widzieliśmy więc, że 1 kg., zsuwając się z wysokości stołu, przypuśćmy równej jednemu metrowi, do ziemi, t. j. do poziomu, gdzie dalej już poruszać się nie może, wykonuje pracę mniejszą, niż kilka kilogramów, zsuwając się z takiej samej wysokości. Podobnie 1 kg., zsuwając się z większej wysokości, przypuśćmy kilku metrów, wykona pracę większą, niż zsuwając się tylko z wysokości jednego metra. Widzimy więc stąd, że pojęcie mechaniczne pracy jest także wielkością, ponieważ praca może być większą lub mniejszą; pracę tę także musimy mierzyć; musimy mieć pewną jednostkę pracy. Taką jednostką jest jeden kilogrammetr, t. j. 1 mkg., praca, jaką odda 1 kg., posuwając się w kierunku działania siły, t. j. w kierunku swojej ciężkości na długość jednego metra; ogólniej zaś: jednostka pracy 1 mkg.



jest to praca, wykonana przez siłę 1 kg. na drodze równej 1 m. Są także inne jednostki pracy mechanicznej, o których mówić jednak tu nie będziemy. Praktyczną jednostką jest 1 mkg.

Tak więc praca 20 mkg. będzie to praca, wykonana przez siłę 5 kg. na drodze 4 m., lub praca 4 kg. na drodze 5 m., albo też 10 kg. na drodze 2 m. i t. d. — Dla otrzymania więc wielkości pracy mnożymy wielkość siły na długość drogi, przebytej w kierunku działania siły.

Jeżeli mamy koło, obracane przez jakąś siłę, to siła ta musi mieć zawsze kierunek obrotu, musi być stycz-



Rys. 3.

zną do obwodu koła w swym punkcie zaczepienia. Siła ta więc z obrotem koła musi zmieniać albo swój kierunek, albo też punkt zaczepienia na obwodzie koła; wytwarza ona t. zw. moment skręcający, którego wielkość zależy od wielkości siły i od jej odległości od punktu obrotu, t. j. od długości promienia koła, który się tu nazywa ramieniem działania siły i jest oznaczony na rys. 3 za pomocą kresek.

Praca, wykonana przez taką siłę podczas jednego obrotu koła, będzie się równała jej wielkości na drogę t. j. na długość obwodu koła. Przy wielokrotnym obrocie koła praca wykonana będzie tyle razy większą, ile razy koło obróciło się dokoła swej osi, t. j. ile zrobiło pełnych obrotów.

Tak więc ustaliliśmy sobie pojęcia mechanicznej siły i pracy. Są to rzeczy, wzięte wprost z życia codziennego, ale wymagające pewnego przyzwyczajenia w rozumowaniu do tego rodzaju mechanicznego tłumaczenia.



5. Koń parowy „HP“ i kilowat „KW“. Jednak na tem nie koniec. Rozumiemy już, że motor, obracając się i ciągnąc za sobą, czyli pędząc obrabiarkę, wykonuje pracę. Idzie nam nie tylko o wielkość, czyli ilość tej pracy, otrzymanej od motoru, ale i o czas, w jaki ten motor jest w stanie nam tę ilość pracy oddać. Słaby motor, pracując cały dzień może nam więcej oddać pracy, niż motor mocniejszy, ale pracujący krócej; motor bardzo mocny może przez krótszy czas nadrobić taką pracę, dla dokonania której motor słabszy musiałby być przez cały dzień czynnym. — Motor nie jest robotnikiem, który się męczy i potrzebuje odpoczynku; możemy go nie żałować i zmusić do pracy cały dzień, a wtedy motor mocniejszy przez ten dzień, przez każdą godzinę, przez każdą sekundę, pracując obok motoru słabszego, odda nam tyle razy więcej pracy, ile razy jest mocniejszy, ile razy jest większą jego moc. — Ta moc motoru musi być dostosowana do wielkości maszyny, którą motor ma pędzić; wiemy dobrze, że dużej maszyny słaby motor albo nie ruszy wcale z miejsca, albo nie będzie w stanie jej nadać potrzebnej ilości obrotów, bo duża maszyna wymaga dużej mocy, t. j. dużej ilości pracy w jednostce czasu, naprz. w jednej sekundzie, której to pracy mały motor w tym krótkim czasie wydobyć z siebie nie jest w stanie.

Dochodzimy więc do pojęcia trzeciej wielkości mechanicznej i na szczęście ostatniej, potrzebnej nam, a mianowicie do pojęcia mocy mechanicznej.

A więc mocą, lub inaczej także zwaną u nas dzielnością mechaniczną, będziemy nazywali tę ilość pracy, jaką możemy uzyskać od motoru w przeciągu jednostki czasu, t. j. sekundy.



Moc, jak poprzednie wielkości, musi mieć swą miarę; ustanowiono dla niej jednostkę 1 kilogrammetra na sekundę, 1 mkg/sek.; jest to moc, jaką otrzymamy od motoru, jeżeli co sekunda będzie nam oddawał pracę 1 mkg.

Jednostka ta w praktycznym użyciu jednak okazała się za małą, podobnie jak, na przykład, w handlu 1 gr., jako jednostka wagi, jest za mały, i wprowadzono jednostkę tysiąc razy większą, t. j. 1 kg. — Tak samo do pomiaru mocy maszyn używamy jednostkę 75 razy większą od 1 mkg/sek., czyli jednostkę, równą 75 mkg/sek. To jest właśnie ów k o Ń p a r o w y HP, określający nam moc motoru, zupełnie niesłusznie tak nazwany, może przez jakąś analogię siły motorycznej z siłą pociągową końską.

Oprócz konia parowego są i inne jednostki mocy, oparte na rozumowaniach ściśle teoretyczno-naukowych; taką inną miarą mocy, z którą się musimy ciągle spotykać, jest między innymi jednostka, zwana w a t na cześć angielskiego uczonego Watt'a. Jednostka ta w użyciu praktycznym okazała się również za małą, i wprowadzono jednostkę tysiąc razy większą, t. j. 1 kilowat, 1 KW, zupełnie podobnie, jak zamiast grama wprowadzono kilogram przy pomiarze ciężkości.

Mamy więc dwie jednostki praktyczne, dwie miary mocy: HP i KW. Możemy nimi dowolnie mierzyć moc motorów podobnie, jak długość mierzymy łokciem lub metrem, jak wagę, czyli ciężar mierzymy funtem lub kilogramem. Poznajmy jeszcze wzajemny stosunek tych dwóch jednostek; KW jest nieco większy od HP, o  $\frac{1}{3}$  mniej więcej — tak, że  $0,736 \text{ KW} = 1 \text{ HP}$ , lub odwrotnie  $1 \text{ KW} = 1,36 \text{ HP}$ . Ponieważ jest w a t tysiąc razy mniejszy, niż kilowat, więc:  $736 \text{ W} = 1 \text{ HP}$ .



Odróżniamy więc teraz trzy wielkości mechaniczne: siłę, mierzoną kilogramami; pracę, mierzoną kilogrammetrami, albo jeszcze praktyczniejszemi jednostkami — koniogodzina mi. Jedna koniogodzina na podstawie powyższego rozumowania przedstawia pracę, którą odda nam motor o mocy jednego konia przez godzinę. Jedna koniogodzina równa się więc 75 mkg. razy 3600, t. j. razy ilość sekund w godzinie, ponieważ 1 HP jest to 75 mkg. w jednej sekundzie, więc 1 koniogodzina =  $75 \times 3600$  mkg = 270000 mkg. Podobnie też mierzymy pracę kilowatgodzinami; jedna KWgodzina jest to praca, wykonana przez motor o mocy jednego kilowata w przeciągu jednej godziny, 1 KWgodzina = 367000 mkg. Odróżniamy wreszcie trzecią wielkość mechaniczną — moc, której miara jest, jak omówiliśmy wyżej, HP i KW.

6. Prąd elektryczny, napięcie i opór; amper, volt i om. Powiedzieliśmy już, że cechą charakterystyczną motoru elektr. są przewody, które pod postacią prądu elektrycznego doprowadzają do motoru potrzebną ilość energii, zamienianą przez niego na pracę mechaniczną ruchu obrotowego. Zrozumiałem jest, że zależnie od mocy motoru wogóle i od jego chwilowego obciążenia prąd elektryczny, za każdym razem doprowadzany, musi być większy, lub mniejszy, t. j. musi mieć większe lub mniejsze natężenie. Przewód elektryczny możemy tu porównać obrazowo z przewodem wodnym, na przykład z rurą wodociągową; im więcej wody w jednostce czasu, t. j. w jednej sekundzie, przez daną rurę płynąć będzie, tem większy będzie prąd wodny. Podobnie rzecz się ma z elektrycznością: im większa ilość elektryczności przez dany przewód, lub inaczej,



przez pewien przekrój danego przewodu w przeciągu jednej sekundy przepływać będzie, tem większy będzie prąd elektryczny, t. j. tem większe będzie jego natężenie. Musimy więc natężenie prądu, podobnie jak inne wielkości, tylko co poznane, mierzyć pewną miarą; musimy mieć dla niego pewną jednostkę. Taką jednostką praktyczną natężenia prądu jest jeden amper, 1<sup>a</sup>, jednostka, nazwana tak na cześć francuskiego uczonego Ampère'a. Jest to pewna ilość elektryczności, określona na podstawie całego szeregu rozumowań teoretycznych, która przez dany przekrój przewodu przepływa w przeciągu jednej sekundy. Podobnie wielkość prądu wodnego musielibyśmy mierzyć ustaloną ilością wody, przepływającej przez dany przekrój przewodu w jednej sekundzie.

Zdajmy sobie sprawę jeszcze z tego, że ta ilość wody, przepływającej przez dany przekrój rury wodociągowej w jednej sekundzie, zależy od wielkości siły, która tę wodę przez rurę przepycha, t. j. od siły, z jaką woda w rurze jest tłoczona; zależnie od tej siły woda w przewodzie płynąć będzie prędzej lub wolniej. Jeżeli z jednej strony rury poziomej za pomocą tłoka pompy będziemy wywierali nacisk na wodę, a z drugiej strony woda będzie miała swobodne ujście, to wytworzy się stały prąd wodny o wielkości, zależnej od siły naporu tłoka i od oporów tarcia wody o ściany przewodu. Dopóki tłok coraz to nowe ilości wody będzie tłoczył, i dopóki woda na przeciwnym końcu rury nie spotka oporu, równającego się naciskowi tłoka, dopóty prąd wodny będzie płynął. Jeżeli zaś woda, tłoczona w danym przewodzie, napotka na jego końcu na pewien opór, który jednak będzie mniejszy, niż napór tłoka na początku przewodu, wtedy bieg wody w rurze będzie musiał zwolnić, nie będzie on je-



dnak wstrzymanym zupełnie; woda, spotykając opór, ale mając napór od niego silniejszy, będzie mogła go przewyciężyć, lecz płynąć będzie z prędkością mniejszą; mniejsza więc ilość wody przez dany przekrój przewodu przepłynie w jednostce czasu; mniejszy będzie prąd wodny. W miarę tego, jak opór na końcu rury będzie wzrastał, prąd wodny będzie coraz to mniejszy; jeżeli opór zrówna się z naporem, prąd wodny, jak już powiedzieliśmy, ustanie. Widzimy więc, że wielkość prądu wodnego będzie zależała w pierwszym rzędzie od różnicy naporu na początku i oporu na końcu przewodu, albo wprost od różnicy ciśnienia z jednej i drugiej strony przewodu; im ta różnica będzie większa, tem większy będzie prąd w przewodzie i odwrotnie.

Zupełnie podobnie jak z prądem wodnym rzecz się ma i z prądem elektrycznym; aby w danym przewodzie powstał prąd elektryczny o pewnem natężeniu, muszą końce tego przewodu, między którymi ma on przepływać, znajdować się w innych stanach elektrycznych; na tych końcach musi być także różnica pewnego rodzaju ciśnienia elektrycznego, zwanego napięciem elektrycznem. To napięcie elektryczne, jakie posiada koniec przewodu, którym prąd elektryczny wchodzi, w porównaniu z końcem przewodu, którym prąd wychodzi, nazywa się także różnicą potencyału między tymi dwoma końcami. Im różnica potencyału między dwoma punktami przewodu będzie większa, tem większem będzie natężenie prądu elektrycznego, przepływającego między tymi dwoma punktami przewodu, o ile opór elektryczny tego kawałka przewodu zostanie niezmienny.

Widzimy, że jeszcze wchodzi tu w grę nieunikniona własność każdego przewodu stawiania oporu prądowi.



Opór elektryczny możemy tu do pewnego stopnia porównać z oporem tarcia o ściany w przewodzie wodnym, o którym wspominaliśmy na str. 12; im większy będzie przekrój przewodu wodnego lub elektrycznego, to znaczy, im przewód będzie grubszy, tem mniejszy będzie opór, jaki napotyka w nim prąd wodny lub elektryczny; zauważyć jednak należy, iż przy prądzie wodnym zależność ta nie występuje w tak prostym stosunku do przekroju przewodu, jak w wypadku prądu elektrycznego.

Opór elektryczny zależy nietylko od przekroju danego przewodu, t. j. jego grubości, ale także i od jego długości; im przewód jest dłuższy, tem większy jest jego opór; zależność ta wydaje się nam łatwo zrozumiałą. Natomiast daleko trudniejszą do wytłomaczenia z punktu widzenia fizycznego jest zależność oporu elektrycznego od rodzaju materiału, z jakiego dany przewód jest zrobiony; każdy materiał przy długości, równej 1 metr, i o przekroju 1 milim. kw., posiada swój właściwy opór elektryczny. Jak zapewne wiemy, najmniejszy opór elektryczny właściwy posiadają metale; one to stanowią właśnie tak zwane przewodniki elektryczności. Wśród metali zaś najmniejszy opór właściwy posiada srebro; nie o wiele gorzej od srebra przewodzi prąd elektryczny miedź, — dla tego też jako przewody elektryczne używa się prawie bez wyjątku drutów miedzianych; srebrne za drogo kosztowałyby\*). Przewody, używane do przesyłania prądu, pokryte są zwykle jakąś materią, nie przewodzącą elektryczności, n. p. gumą, lub owinięte bawełną,

\*) Obecnie podczas wojny, wobec niebywalej drożyzny miedzi i zajęcia jej przez państwa centralne, czynione są próby zastąpienia w niektórych wypadkach przewodów miedzianych innymi przewodami, n. p. z cynku; z wielu jednak względów ustępują one przewodom miedzianym.

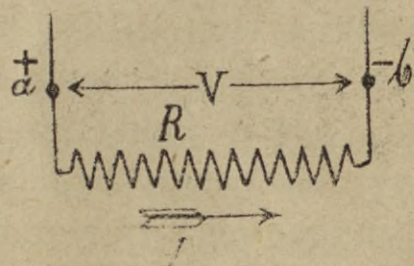


albo innym odpowiednim materiałem. Takie przewody nazywają się izolowane. O ile w niektórych wypadkach używa się przewodów gołych, to trzeba je umieszczać w miejscu, uniemożliwiającem wszelki do nich dostęp, na specjalnych izolatorach, n. p. porcelanowych takich, jakie widzimy na słupach telegraficznych lub telefonicznych.

Rozumiemy już zapewne, że napięcie elektryczne, lub różnica potencjału, które w zasadzie są jednym i tem samym, musi także mieć swą miarę, podobnie jak wszystkie inne wielkości. Taką jednostką, praktycznie przyjętą dla napięcia elektrycznego lub różnicy potencjału, jest 1 volt,  $1^v$ , nazwany tak na cześć włoskiego uczonego Volty.

Praktyczną jednostką oporu elektrycznego jest 1 om,  $1\Omega$ , nazwany tak od imienia niemieckiego uczonego Ohm'a. Określimy tu najlepiej tę jednostkę w ten sposób, jeżeli powiemy, że jeden om jest to taki opór, przez który będzie przepływał prąd o natężeniu jednego ampera, jeżeli na jego końcówki przyłożymy różnicę potencjału, równą jednemu voltowi.

Rys. 4 wyobraża nam tę zależność szkicowo; jeżeli na końcówkach oporu  $R$ , t. j. między punktami „a” i „b”, będzie panowała różnica potencjału  $V = 1^v$ , i natężenie prądu, płynącego wskutek tego przez ten opór, będzie się równało jednemu amperowi:  $J =$



Rys. 4.

$1^a$ , to wtedy wiemy, że opór ten równa się jednemu omowi:  $R = 1\Omega$ . Strzałka na rysunku wskazuje nam kierunek prądu; prąd wchodzi do oporu  $R$  przez końcówkę „a”, wychodzi końcówką „b”; końcówka „a” posiada za-



tem potencjał wyższy, niż końcówka „b“. Końcówkę o potencjale wyższym oznaczamy zwykle znakiem +, o potencjale niższym znakiem —, znaki te dają nam dostateczną orientację co do kierunku przepływu prądu.

Wielkości natężenia prądu, płynącego przez dany opór, i różnicy potencjału, przyłożonej na końcówki tego oporu, i wielkość samego oporu są związane między sobą zależnością:

$$J = \frac{V}{R},$$

która nosi nazwę prawa Ohm'a i która wyraża, że im większą różnicę potencjału przyłożymy na końcówki danego oporu, tem większy przez ten opór będzie płynął prąd, a także: im większy będzie ten opór, tem prąd, płynący przez niego będzie mniejszy. We wzorze powyższym zakładamy oczywiście, iż natężenie prądu  $J$  mierzymy amperami, różnicę potencjału  $V$  — voltami i opór  $R$  — omami.

7. Moc elektryczna; kilowat. Poznaliśmy więc oprócz oporu dwie wielkości elektryczne: natężenie prądu i napięcie; ustaliliśmy dla nich jednostki: amper i volt. Aby wyjaśnić teraz, w jaki sposób te dwie wielkości będą charakteryzowały nam moc motoru, przez który prąd o pewnym natężeniu pod pewnym napięciem będzie przepływał, musimy się zwrócić do innego jeszcze podobieństwa zjawisk, bardziej prostych, podobieństwa odmiennego zupełnie od poprzedniego, choć posługującego się tymi samymi przedmiotami.

\*Mówiliśmy już, że woda (str. 7), spadając z pewnej wysokości po łopatkach koła wodnego, wykonuje pracę mechaniczną, i że ilość tej pracy zależy będzie od wielkości działającej na wodę siły, w danym wypadku siły



ciężkości wody, i od drogi, jaką woda w kierunku działania tej siły przebędzie.

Uświadomiwszy sobie najważniejszą w danym przykładzie okoliczność, że siła, działająca na wodę, t. j. siła ciężkości jest tu bezpośrednio związana z samą istotą wody, a właściwiej cząsteczek wody, i że siła ta działa w kierunku pionowym — możemy powiedzieć bardziej ogólnie, że praca mechaniczna, wykonana przez spadającą wodę, zależy będzie od ilości wody i od różnicy poziomów, między którymi woda ta pracę wykonywać będzie. W podobny sposób uzmystowić sobie możemy i zjawisko prądu elektrycznego, czyli przebieg elektryczności w przewodzie, z istotą której związane są pewne siły, bardzo podobne do siły ciężkości cząsteczek wody.

Wielkość pracy, dokonanej przez prąd elektryczny, zupełnie podobnie zależy będzie od ilości elektryczności, która przepłynęła przez dany odcinek przewodu, i od różnicy potencjałów na końcach tego odcinka. Praca ta, jeżeli prąd przepływać będzie przez przewód unieruchomiony, całkowicie zużytą będzie na pokonanie oporu elektrycznego danego przewodu i ujawni się pod postacią ciepła — drut zostanie nagrany. Jeżeli zaś prąd przepływać będzie przez motor elektryczny, t. j. przez jego ruchome przewody, które stanowią t. z. uzwojenie i twornika motoru, praca prądu elektrycznego w przeważnej swej części zamienioną zostanie w motorze na pracę mechaniczną ruchu obrotowego.

Jeżeli zważymy, że w myśl tego, cośmy powiedzieli poprzednio, amper mierzy nam ilość elektryczności, która przepływa w jednostce czasu, t. j. w jednej sekundzie, a volt mierzy różnicę potencjału, to zrozumiemy, że iloczyn z amperów i voltów musi nam mierzyć tę moc



elektryczną, którą właśnie pod postacią prądu elektrycznego wprowadzamy do motoru, i która tam właśnie za pomocą całego szeregu zjawisk, zamieniana jest na moc mechaniczną ruchu obrotowego, mierzoną kołmi parowymi.

Jeżeli więc pomnożymy natężenie prądu, t. j. ilość amperów przez ilość voltów, t. j. różnicę potencjału, pod działaniem której prąd przepływa, to otrzymamy pewną ilość mocy elektrycznej. Ustanowiono tu jednostkę, o której się nawet nie domyślamy, że ją już znamy, a mianowicie 1 wat, jako iloczyn jednego ampera przez jeden volt; 1.000 takich watów jest 1 KW, o którym już mówiliśmy na str. 10 i który porównaliśmy z HP co do jego wielkości.

Zdając sobie sprawę z całej niedokładności użytego porównania wody z elektrycznością i zjawisk z nimi związanych, musimy je jednak uznać tu za wystarczające dla uzmysłowienia rzeczy, o które nam przedewszystkiem idzie.

8. Prąd stały, przemienny, trójfazowy. Aby przejść teraz do krótkiego streszczenia rodzajów popędu elektrycznego, musimy jeszcze kilka słów poświęcić gatunkom prądu elektrycznego, jakie mamy w handlu.

Mamy przedewszystkiem prąd t. z. stały; w tym więc wypadku między końcówkami naszej instalacji elektrycznej mamy zawsze stałe napięcie, t. j. stałą różnicę potencjału, jeżeli więc załączymy na nie jakiś stały opór, wynoszący np. pewną ilość omów, to przez cały ten czas będziemy mieli stałe natężenie prądu. Obrazowo moglibyśmy przedstawić to w sposób następujący: jeżeli byśmy co kilka sekund mierzyli natężenie prądu za pomocą specjalnie do tego celu służącego przyrządu, zwa-

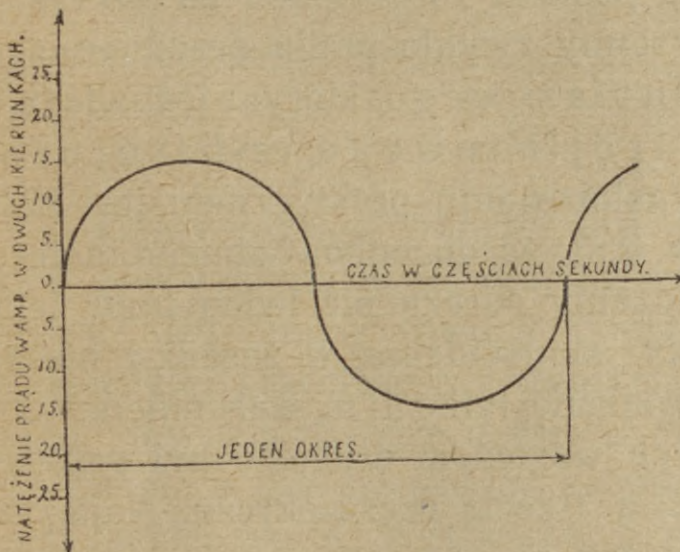


nego amperomierzem, i w pewnej przyjętej podziałce znaczyli na rysunku jego wielkość za pomocą punktów, położonych na pewnej wysokości od linii poziomej, zależnie od tej przyjętej podziałki i od odczytanej za każdym razem ilości amperów, to punkty te, oznaczając zawsze taką samą ilość amperów, leżałyby na jednakowej wysokości, i przez połączenie ich otrzymalibyśmy linię prostą, równoległą do poziomej osi czasu w sekundach (ryc. 5).



Rys. 5.

Mamy dalej prąd przemienny, którego natężenie, zależnie oczywiście od napięcia na końcówkach



Rys. 6.

naszej instalacji, przy załączeniu stałego nawet oporu, nie pozostaje stałe, ale przechodzi kolejno przez różne wartości: od największej w jednym kierunku, przez wartość równą zero, do największej swej wartości w drugim kierunku. Gdybyśmy

tutaj, podobnie jak w poprzednim wypadku, mierzył<sup>1</sup> na-



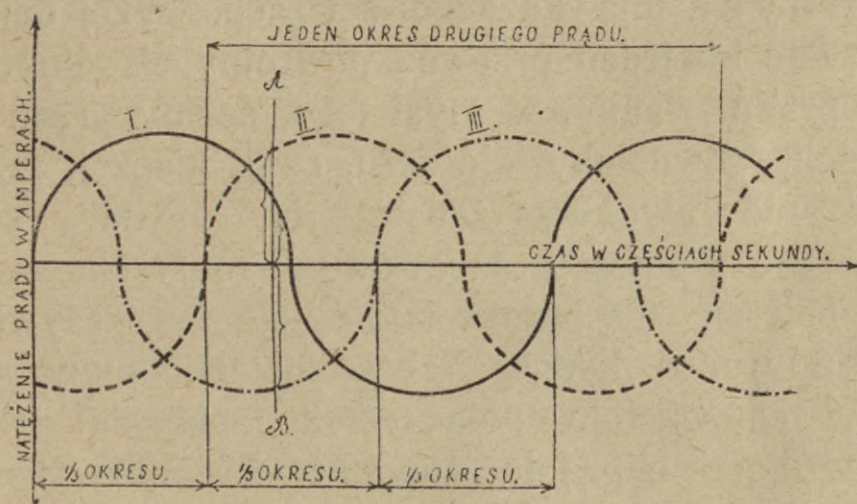
jężenie prądu co jakiś bardzo krótki czas i oznaczali tego wartości za pomocą punktów, to przy połączeniu tych punktów ze sobą, otrzymalibyśmy nie linię prostą, jak poprzednio, lecz krzywą (rys. 6.)

Ten rodzaj prądu, w handlu się znajdujący, jest zawsze sinusoidalny, nazwany tak z tego powodu, że owa charakteryzująca go krzywa linia, nazywa się w matematyce sinusoidą; ma ona bardzo wiele praktycznych zalet. Czas, który potrzebny jest, aby natężenie takiego prądu od wartości zera przeszło przez swą wartość największą, czyli t. z. maximum, dalej, zmniejszając się powróciło do wartości zero, przeszło w przeciwnym kierunku przez swoje maximum i znowu wróciło do wartości zero — nazywa się okresem. Zwykle stosowany w praktyce prąd przemienny posiada 50 okresów na sekundę, co znaczy, że w czasie jednej sekundy prąd ten przechodzi 50 razy przez swą wartość maksymalną w jednym kierunku i 50 razy przez swoje maximum w drugim kierunku, czyli, że posiada 100 drgnień na sekundę.

W praktyce używamy zwykle prądu przemiennego sinusoidalnego: a) jednofazowego, którym jest właśnie tylko co opisany, i b) trójfazowego, czyli trójprądu. Ten ostatni w zastosowaniu praktycznym jest najważniejszy i polega na tem, że do odpowiedniego motoru elektrycznego wprowadzamy odrazu nie jeden prąd, lecz trzy takie same prądy sinusoidalne, w zasadzie niezależne od siebie, a związane tylko tym warunkiem, aby przebieg każdego z nich względem drugiego był przesunięty w czasie o jedną trzecią część okresu. Najlepiej uzmysłowić to sobie można za pomocą rysunku (rys. 7). Jeżeli te trzy prądy przedstawimy za pomocą trzech sinusoid, to one muszą być rozłożone w ten sposób, aby



punkt początkowy okresu drugiej, t. j. punkt, który odpowiada chwili, kiedy prąd posiada wartość równą zero i ma zaraz zacząć wzrastać, przypadał dokładnie wtedy, kiedy prąd, przedstawiony za pomocą sinusoidy pierwszej, dobiegł już do jednej trzeciej swego okresu. Początek zaś okresu sinusoidy trzeciej ma przypadać na chwilę, kiedy prąd pierwszy dobiegł już do  $\frac{2}{3}$  swego okresu; prąd, przedstawiony za pomocą sinusoidy drugiej, dobiegnie w tej chwili do  $\frac{1}{3}$  swego okresu (patrz. rys.)



Rys. 7.

Zaletą takiego układu jest to, że w każdej chwili dwa prądy płyną w jednym kierunku, a pozostały trzeci równy jest sumie dwóch poprzednich i płynie wtedy w kierunku przeciwnym; wynika stąd, że w każdej chwili suma wszystkich trzech razem prądów równą jest zero. Można się o tem przekonać za pomocą rachunku, lub daleko łatwiej wprost z rysunku, przecinając trzy sinusoidy linią pionową  $AB$  i dodając do siebie odpowiednie odcinki z uwzględnieniem ich kierunków: w górę lub w dół od linii poziomej czasu. Gdyby te trzy prądy płynęły jedno-



cześniej jednym przewodem, to ponieważ o jednakowym natężeniu prądu, płynące w przeciwnym kierunku, znoszą się nawzajem, w przewodzie tym wszystkie te trzy prądy nawzajem takżeby się zniosły; sumaryczne, lub inaczej mówiąc, wypadkowe natężenie prądu w tym przewodzie równałoby się wtedy zeru.

Każdy prąd płynie w jakimś obwodzie zamkniętym; prąd, wykonując pracę, np. poruszając motor, musi mieć przewód, doprowadzający go od źródła prądu, i przewód odprowadzający. Gdyby zamiast odrębnych przewodów powrotnych dla każdego z trzech, wyżej opisanych prądów dać im jeden przewód powrotny wspólny, to natężenie prądu w nim, w myśl tego, cośmy przed chwilą powiedzieli, równałoby się zeru, czyli inaczej, przez ten przewód nie płynąłby żaden prąd. Można więc ten wspólny dla trójprądu przewód powrotny skasować zupełnie. Tak się też przeważnie dzieje w rzeczywistości; wystarcza tylko końce trzech gałęzi, zużywających trójprąd, odpowiednio połączyć ze sobą, a przewody odprowadzające odpadają zupełnie. Pochodzi stąd jedna z najbardziej ważnych zalet trójprądu, a mianowicie wielka oszczędność na drogich miedzianych przewodach; można nim przesłać pewną ilość energii za pomocą dwa razy mniejszej ilości przewodów, niżby to miało miejsce przy trzech prądach, nie związanych ze sobą wyżej opisanym warunkiem.

9. Zamiana energii elektrycznej na ciepło. Oprócz tej korzyści, obniżającej znacznie koszty nakładowe instalacji przy przesyłaniu prądu elektrycznego na odległość, zmniejszenie ilości przewodów powoduje stałą oszczędność na energii elektrycznej, która z biegiem czasu w sumie może przedstawiać wielkie bardzo kwoty.



Przesyłając prąd za pomocą przewodów mamy zawsze pewne straty energii; na str. 17 powiedzieliśmy już, iż prąd elektryczny, płynąc przez przewód, zużywa na pokonanie jego oporu elektrycznego pewną pracę; praca ta ujawni się całkowicie pod postacią ciepła. Przypomnijmy sobie rysunek 4; przepuszczając prąd o natężeniu  $J$  przez opór  $R$ , zużywamy pewną moc elektryczną, która jak wiemy, wyniesie ilość watów, równą iloczynowi z amperów, płynących przez ten opór, i różnicy potencjału na jego końcówkach, wyrażonej w voltach, czyli, oznaczając moc tę przez  $P$ , otrzymamy:  $P = J V$  watów. Przesyłając ów prąd przy tej różnicy potencjału przez pewien czas, naprz. przez jakąś ilość sekund, zużyjemy na to pewien zasób pracy, włożony pod postacią energii elektrycznej, którą na podstawie wyżej przytoczonych rozumowań, możemy wyrazić w liczbach za pomocą watsekund, watgodzin, klowatgodzin lub koniogodzin. Znaleziony doświadczalnie t. zw. mechaniczny równoważnik ciepła pozwala z wielką dokładnością obliczyć tę ilość ciepła, jaka się wywiąże przy zużyciu danej ilości energii elektrycznej, straconej w przewodzie na pokonanie jego oporu, należy tylko watsekundy zamienić na kalorye, t. j. jednostki ciepła. Ciepło to, wydzielone w odporze, będzie uchodziło całkowicie w otoczenie za pomocą promieniowania, jeżeli warunki ku temu będą sprzyjały (otwarte powietrze, dobra wentylacja), jeżeli zaś nie (przestrzeń zamknięta brak wentylacji), będzie się gromadziło stale, i dany przewód może się rozgrzać do tego stopnia ponad temperaturę otoczenia, iż nie tylko spali się jego izolacja, ale i sam może się stopić, albo nawet zapalić otaczające go przedmioty, krótko mówiąc, może wzniecić pożar.



Niekoniecznie energia elektryczna, zamieniana na ciepło, przepada dla nas bezużytecznie; na podstawie zasady, tylko co opisanej, zbudowane są piecyki elektryczne, elektryczne naczynia kuchenne i t. d., ale w wypadku przesyłania prądu na odległość, stanowi ona niepowetowaną stratę, a przy motorach elektrycznych działa nawet na szkodę, przyczyniając się do grzania motorów podczas ruchu, o czym zresztą będziemy mieli sposobność jeszcze mówić.

Moc elektryczną, straconą na wytworzenie ciepła w oporze, który nazywamy tu zwykle oporem owowym, możemy łatwo obliczyć, mając daną tylko wielkość tego oporu i natężenia prądu przez niego płynącego; moc, zużyta na pokonanie oporu, jakieśmy powiedzieli, wynosi:  $P = J V$ , ponieważ jednak na podstawie prawa Ohm'a (str. 16) mamy:  $V = J R$ , przeto daną moc, podstawiając w miejsce  $V$  ten jego wyraz, możemy określić także wzorem:

$$P = R J^2 \text{ watów,}$$

który zawiera w sobie tylko wielkości oporu i natężenia prądu; natężenie prądu  $J$  wyrażamy oczywiście w amperach, a opór  $R$  w omach.

10. Skuteczne natężenie prądu i skuteczna różnica potencjału. Ponieważ natężenie prądu i różnica potencjału przemienne mają w każdej chwili swego okresu inne wartości, przechodząc podczas swej zmienności od zera do maximum, od maximum do zera i t. d., mierzymy je przeto za pomocą tak zwanych wartości skutecznych; wartości te zależą od wartości maksymalnych i są dobrane w ten sposób, iż skuteczne natężenie prądu, wyrażone w amperach, przepływając przez jakiś opór, powoduje



wydzielenie takiej ilości ciepła, jaka wydzieliliby się, gdyby przez ten sam opór płynął prąd stały o natężeniu w amperach, równem ilości amperów skutecznego prądu przemiennego. Mówiąc o przemiennym napięciu, wynoszącej jakąś ilość voltów, lub o przemiennym natężeniu prądu o pewnej ilości amperów, mamy zawsze na względzie ich wartości skuteczne.

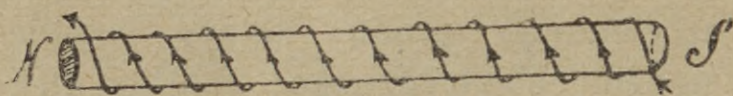
### **Budowa motoru elektrycznego i jego rodzaje.**

11. Stator i rotor motoru elektrycznego. Od gatunku używanego prądu zależy przede wszystkim rodzaj popędu elektrycznego; motory elektryczne dzielą się więc na dwa zasadnicze rodzaje: motory prądu stałego i motory prądu przemiennego. Pierwsze i drugie w głównych swych zarysach składają się z części podobnych, i dlatego można je w krótkości opisać razem.

Motor każdy składa się z dwóch głównych części: części stałej, przytwierdzonej do fundamentu, zwanej zwykle *stator*em, i części ruchomej, zwanej *rotor*em. Obie te części mechanicznie i elektrycznie mają odmienne przeznaczenie; mechanicznie część ruchoma daje potrzebny moment skręcający (str. 8), przenoszony na pędzoną maszynę; część stała służy do przytwierdzenia motoru i osadzenia łożysk dla części ruchomej. Elektryczna rola tych dwóch części jest bardziej złożoną, i w krótkości, wyłożyć ją jest bardzo trudno, gdyż sięga ona w teorię właściwej elektrotechniki, dlatego też musimy poprzestać na najbardziej ogólnikowym opisie.



12. Elektromagnesy i pole magnetyczne. Ruch, lub właściwiej moment skręcający (str. 8), zdolny pokonać pewien opór mechaniczny, powstaje w motorze elektrycznym wskutek tego, iż prąd elektryczny przechodzi przez jego ruchome przewody, znajdujące się w sferze działania magnesów elektrycznych, czyli t. zw. e l e k t r ó m a g n e s ó w, t. j. magnesów, wytwarzanych za pomocą prądu elektrycznego. Tę sferę działania elektromagnesów, t. j. tę przestrzeń, w której pod ich działaniem owe przewody mają się poruszać, nazywamy p o l e m m a g n e t y c z n e m. Musimy to bliżej w kilku słowach wyjaśnić.



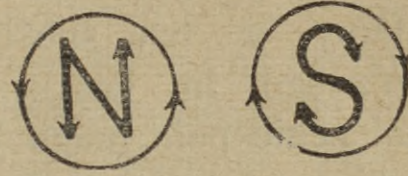
Rys. 8.

Elektromagnes powstanie, jeżeli dokoła drążka z żelaza miękiego nawiniemy prze-

wód izolowany, przez który będziemy przepuszczali prąd elektryczny. Drążek taki, prosty lub zgięty w kształcie podkowy, nabiera własności magnetycznych i posiada je dotąd, dopóki prąd płynie przez jego uzwojenie. Własności te mogą być, zależnie od ilości zwojów, znacznie silniejsze od tych, jakie posiada magnes naturalny. Wiemy o tem, że każdy magnes ma dwa biegdny: biegun północny, który oznaczamy zwykle literą N (Nord) i biegun południowy S (Sud). W elektromagnesie końce, na których powstaje biegun północny lub południowy, są ściśle określone przez kierunek prądu, płynącego w zwojach; o ile prąd płynie w kierunku, wskazanym na rysunku przez strzałki, to bieguny te powstają na końcach drążka odpowiednio tak, jak oznaczono na rysunku. Dla pamięci zamieszczamy rys. 9, który w mnemoniczny sposób przedstawia nam tę zależność kierunku

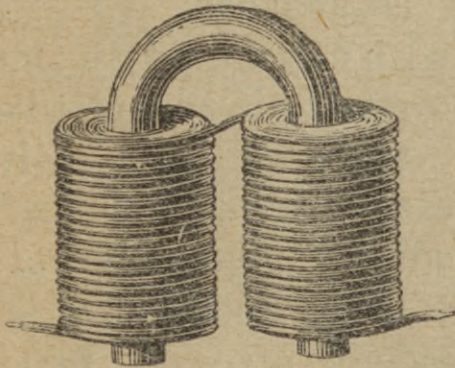


prądu wzbudzającego i powstawania odpowiednich biegunów elektromagnesu: jeżeli patrzymy się na biegun północny, oznaczony literą N, na której końcach dodamy strzałki, to strzałki te wskażą nam kierunek prądu wzbudzającego, oznaczony również strzałką na kole, otaczającym literę N i uzmysławiającym



Rys. 9.

zwoj elektromagnesu; podobnie litera S, zaopatrzona w strzałki na swych końcach, wskazuje nam kierunek prądu w zwoju wzbudzającym, gdy będziemy mieli przed sobą biegun południowy elektromagnesu. Uzwojenie elektromagnesów wykonuje się zwykle osobno i dopiero już gotowe w kształcie szpul lub cewek nakłada się na rdzenie biegunowe. Rys. 10 przedstawi taki elektromagnes; na zdzeń w kształcie podkowy nasunięte są poprzednio przygotowane cewki z drutu izolowanego; przez zwoje tych cewek prąd przepływać musi w tym kierunku, aby na jednym z końców rdzenia powstał biegun północny, a na drugim biegun południowy, t. j. płynąć musi w kierunku według tylko co wyłuszczonej zasady.

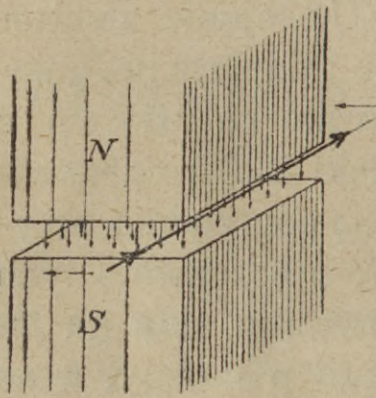


Rys. 10.

Elektromagnes może być silniejszy lub słabszy, to znaczy także, iż pole magnetyczne, wytworzone przez niego, może mieć większe lub mniejsze natężenie. Dla określenia więc natężenia pola magnetycznego, a właściwiej dla ustalenia dla niego pewnej miary, jako dla wielkości, która również musi być mierzona, wyobrażamy je sobie, jako złożone z wielkiej ilości linii



sił; te linie sił oznaczamy na rysunku za pomocą kresek ze strzałkami. Każda linia sił wychodzi z bieguna północnego i musi kończyć się na biegunie południowym; mamy w ten sposób określony kierunek pola magnetycznego. Im gęściejsze będą linie sił, tem większe jest natężenie pola magnetycznego; jeżeli linie sił, wychodząc z bieguna północnego i nie napotykając w bliskości bieguna południowego, będą się rozpraszały, to będzie się również rozpraszało pole magnetyczne, które one właściwie stanowią. O ile dwa różnoimienne bieguny będą się



Rys. 11.

znajdowały w zupełnej bliskości, to w szczelinie między nimi linie sił będą prawie wszędzie równoległe, i pole magnetyczne prawie wszędzie jednostajne (rys. 11). Nadmienić jednak należy, iż pole magnetyczne jest zjawiskiem ciągłym, linie sił zaś są tylko uzmysłowieniem pola magnetycznego, pozwalającym je ująć w pewne normy rachunkowe.

13. Działanie pola magnetycznego na prąd elektryczny. Oprócz powszechnie znanej własności przyciągania, magnes, a właściwie jego pole, posiada nader ważną dla nas jeszcze inną własność, a mianowicie własność oddziaływania na prąd elektryczny. Oddziaływanie to przejawia się w ten sposób, że, jeżeli w polu magnetycznym umieścimy przewód, przez który będzie płynął prąd elektryczny, to przewód ten zostanie odpychany w kierunku poprzecznym do kierunku linii sił magnetycznych.



Na rysunku poprzednim strzałki, umieszczone na lewo obok przewodu, wskazują na kierunek, w którym dany przewód będzie się poruszał pod działaniem pola magnetycznego, jeżeli przez niego będzie płynął prąd, w kierunku, wskazanym przez strzałki, umieszczone na samym przewodzie. Kierunek linii sił pola magnetycznego, kierunek prądu, płynącego w przewodzie, i kierunek ruchu tego przewodu pod działaniem pola są tu ściśle związane ze sobą.

Możemy te kierunki zapamiętać łatwo, przyjmując tak zwaną zasadę lewej ręki: jeżeli trzy palce, wielki, wskazujący i środkowy lewej ręki ustawimy prostopadłe względem siebie, t. j. w ten sposób, aby tworzyły kąt bryłowy prosty, to palec wskazujący wskaże nam kierunek pola magnetycznego, palec środkowy — kierunek prądu, a palec wielki — kierunek ruchu lub siłę odpychania przewodu, przez który prąd ten płynie. — Trzy strzałki na rysunku 12, oznaczone literami „P“ „J“ i „S“ wskazują odpowiednio te trzy kierunki, wzajemnie do siebie prostopadłe.



Rys. 12.

Jest to zasada, pozwalająca w bardzo prędkiej i prostej formie określić kierunek obrotu motoru elektrycznego, jest też bardzo często praktycznie stosowana.

14. Uzwojenia motoru elektrycznego; prąd główny i wzbudzający. Rozumiemy teraz, że przewody, nawinięte, przypuścimy, na część ruchową motoru i znajdujące się w polu jego magnesów, z chwilą,



gdy przepuścimy przez nie prąd, odpychane będą przez to pole w określonym kierunku; wskutek tego same się będą poruszały i uniosą ze sobą część ruchomą motoru, do której są przytwierdzone. Sposób w jaki są układane zwoje przewodów na ruchomej lub nieruchomej części motoru w celu wytworzenia pola magnetycznego lub uformowania t. zw. twornika, t. j. właśnie tej części, w której powstaje mechaniczny moment skręcający, bywa niekiedy zależnie od rodzaju motoru, bardzo skomplikowany i nazywa się odpowiednio uzwojenie pola magnetycznego lub twornika motoru. Rola więc elektryczna tych dwóch głównych części motoru polega: a) na wytworzeniu pola magnetycznego, które zależnie od rodzaju używanego prądu jest stałe, przemienne albo wirujące; powstaje ono wskutek przepływania prądu przez uzwojenie wzbudzenia, i b) na wytworzeniu odpowiedniego mechanicznego momentu skręcającego przez oddziaływanie pola na prąd płynący w uzwojeniu twornika. Prąd, płynący w tworniku, nazywa się prądem pracującym albo głównym, prąd, płynący w uzwojeniu wzbudzającym, nazywa się prądem wzbudzającym. — Która z tych dwóch części elektrycznych, t. j. wzbudzenie czy twornik będzie stałą lub ruchomą, t. j. która będzie statorem, a która rotorem, zależy to od rodzaju i budowy motoru elektrycznego.

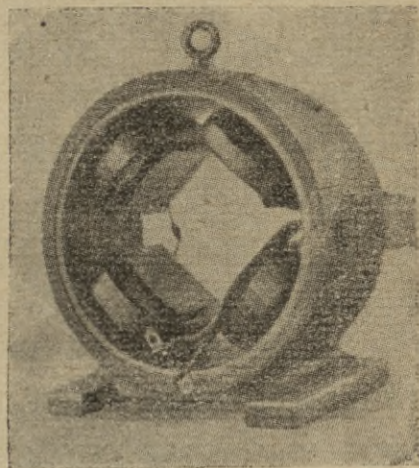
Mając dane motoru, t. j. znając rodzaj pola magnetycznego, jego natężenie, ilość biegunów, rodzaj uzwojenia twornika, ilość jego czynnych przewodów, normalną różnicę potencjału, przykładaną na końcówki motoru, jego rodzaj, budowę i t. d., można na podstawie wyżej objaśnionych zasad, ujętych tylko we wzory liczbowe, obliczyć ilość obrotów, moment skręcający i moc motoru;



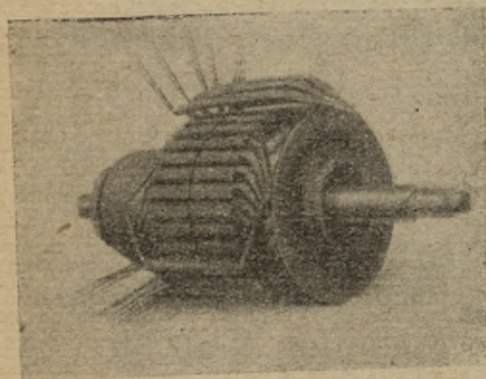
należy to jednak już do ścisłych studyów nad motorami elektrycznymi.

15. Przejdźmy obecnie do poszczególnych rodzaj motorów elektrycznych.

A. Motory prądu stałego mają stałe pole magnetyczne, wytworzone za pomocą elektromagnesów z wystającymi biegunami, wewnątrz osłony motoru umieszczonymi. Jak widzimy na rys. 13. osłona motoru czterobiegunowego posiada wewnątrz cztery rdzenie biegunowe, na które nakłada się już gotowe uzwojenia w kształcie szpul lub cewek; cewki te przytrzymywane są przez tak zwane nasady biegunowe. Przez zwoje cewek prąd wzbudzający przepływać ma w ten sposób, aby bieguny różnoimienne kolejno po sobie następowały, t. j.



Rys. 13.



Rys. 14.

w porządku: N; S; N; S. — Motory prądu stałego mają więc najprostsze uzwojenie wzbudzające, które jest wytwarzane w części stałej motoru. — Część ruchoma — twornik połączona jest z t. zw. kolektorem, mającym kształt walca i składającym się z miedzianych działek kolektora, poprzedzielanych materiałem izolującym. Rysunek 14. wyobraża twornik z kolektorem z częściowo nałożonymi

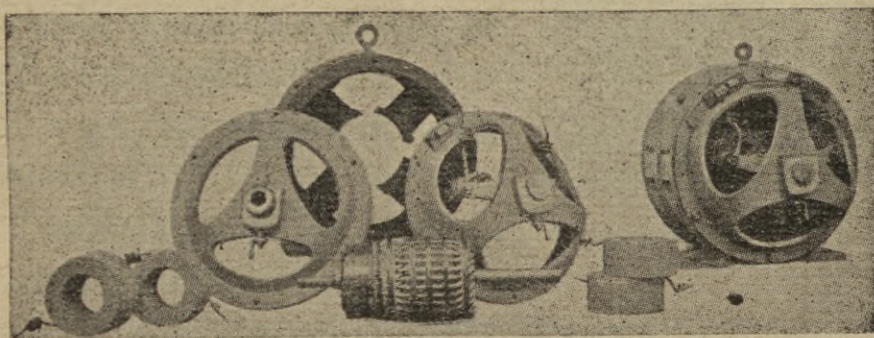


zwojami, których układanie nie zostało jeszcze ukończono; każdy taki zwój stanowi właściwie cewkę, składającą się z kilku zwoi poszczególnych; cewki te, przyszykowane poprzednio na szablonach, układa się, jak widzimy na rysunku, w odpowiednio wyrobione żłobki części żelaznej twornika.

Każda działka kolektora połączona jest z odpowiednimi zwojami twornika. Do twornika przez kolektor doprowadzany jest prąd za pomocą stale utwierdzonych metalowych lub węglowych szczotek, trących po kolektorze, obracającym się wraz z twornikiem. Zależnie od rodzaju uzwojenia twornika i ilości magnesów motor posiada jedną, dwie lub więcej par szczotek; w każdej parze oznaczamy znakiem  $+$  szczotki, przez które prąd doprowadzamy do motoru, i znakiem  $-$  szczotki, któremi prąd wychodzi; szczotki dodatnie są ze sobą połączone i stanowią końcówkę motoru  $+$ , podobnie połączone szczotki ujemne stanowią końcówkę  $-$ . Kolektor służy do nadania kierunku prądowi w zwojach twornika, zależnie od tego, czy dany przewód uzwojenia znajduje się pod biegunem północnym lub południowym magnesów, aby moment skręcający we wszystkich przewodach twornika otrzymać zawsze w tym samym kierunku w myśl zasady, wyłuszczonej na str. 29. Gdyby bowiem w danym przewodzie, który w miarę obrotu twornika przesunął się naprz. z pod bieguna północnego pod biegun południowy, prąd płynął wciąż jeszcze w tym samym kierunku, to przewód ten, w myśl wspomnianej zasady lewej ręki, znajdując się teraz w połu magnetycznym o kierunku przeciwnym, zostałby odpychany w kierunku odwrotnym i nie tylko nie przyczyniałby się do wytworzenia ogólnego momentu skręcającego w tworniku, ale hamowałby



nawet jego obrót; wtedy to właśnie działka kolektora, odpowiadająca temu przewodowi, podchodzi pod szczotkę o znaku odmiennym, i prąd w danym przewodzie zmienia w tej chwili swój kierunek na odwrotny; — przewód ten zostaje wydzielony przez to do innej części uzwojenia twornika, czyli do innej gałęzi, w której nowy kierunek płynącego w nim prądu jest zgodny zresztą przewodów tej gałęzi. Podobne zjawisko zachodzi jednocześnie i po drugiej stronie kolektora pod szczotką o znaku odmiennym, gdzie znowuż przeciwległy przewód jego uzwojenia dostaje się do tej jego części czyli gałęzi, z której wyżej opisany zostaje jednocześnie wydzielony. Podobne przemiany powtarzają się ciągle przy przesuwaniu się



Rys. 15.

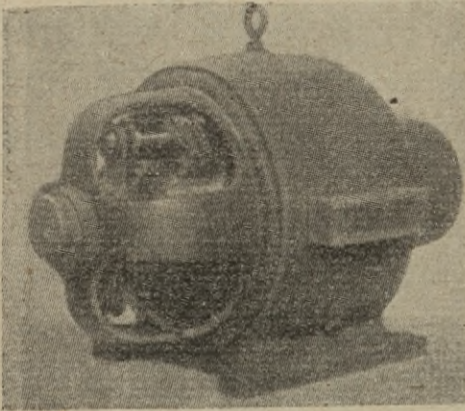
działek kolektora pod szczotkami podczas ruchu motoru i pozwalają nam w każdym przewodzie otrzymać prąd w kierunku potrzebnym, zależnie od tego, w sferze działania jakiego bieguna dany przewód w tej chwili się znajduje.

Na rys. 15 mamy przedstawione osobno wszystkie części składowe motoru elektrycznego prądu stałego czterobiegunowego 5-cio konnego, wykonanego przez firmę Vickers Sons & Maxim; widzimy tam osłonę z czterema



rdzeniami biegunowymi; osobno cztery cewki wzbudzące do nasadzenia na te rdzenie; twornik z kolektorem, osadzony na wale z czopami, które w motorze złożonym wchodzą w łożyska, i dwie przykrywy z otworami, mieszczące w sobie właśnie te łożyska, które podtrzymują za pomocą czopów wał z twornikiem i kolektorem; do jednej z przykryw przytwierdzone są szczotki.

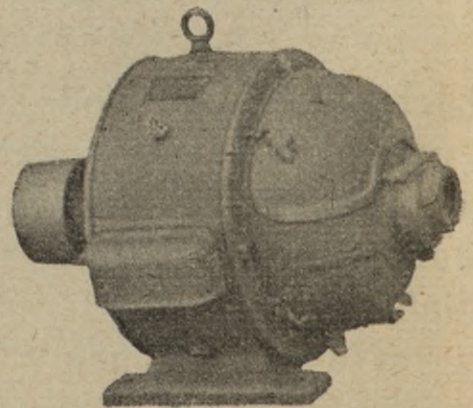
Na tymże rysunku obok z prawej strony widzimy ten sam motor złożony, czyli, jak mówimy z cudzoziem-



Rys. 16.

ską, zmontowany. Taki motor, w którym dostęp do szczotek i kolektora możliwy jest przez otwory w przykrywach, nazywa się motorem otwartym; pozwala to na lepszy dozór podczas ruchu i lepszą wentylację, zapobiegającą grzaniu się motoru. Rys 16 przedstawia taki motor, wykonany przez firmę A. E. G. w Bertinie (Allgemeine

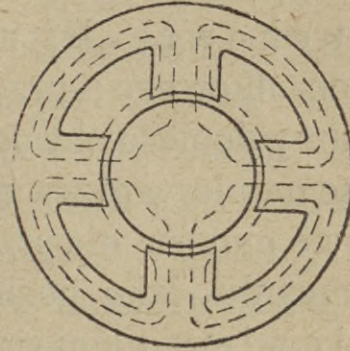
Elektrizitäts-Gesellschaft). Niekiedy używa się motorów zamkniętych, gdzie kolektor i szczotki muszą być chronione przed zanieczyszczeniami z zewnątrz; taki motor przedstawia nam rysunek 17, pochodzący z fabryki maszyn w Esslingen koło Stuttgartu; rys. 1 wyobrażał również mały motor zamknięty, wykonany przez firmę Siemens & Schuckert w Wiedniu.



Rys. 17.

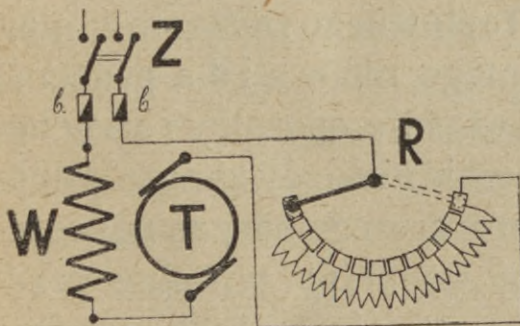


Na rys. 18 widzimy obraz przebiegu linii sił pola magnetycznego w motorze czterobiegunowym. Linie sił, wychodzące z każdego bieguna północnego, przechodząc przez szczelinę, dzielą się w tworniku na dwie części, z których każda, wychodząc z twornika i przechodząc drugi raz przez szczelinę, wchodzi do sąsiedniego bieguna południowego i zamyka się w osłonie motoru, tworząc w ten sposób zamknięty obwód magnetyczny. Na rysunku linie kreskowe oznaczają t. zw. średnią drogę linii sił. Oprócz linii sił, które tworzą obwód zamknięty przez twornik, widzimy tam jeszcze część linii rozproszonych, które, wbrew naszemu życzeniu, nie przechodzą przez twornik, lecz zamykają się w powietrzu nad twornikiem, nie wpływając w ten sposób na wytworzenie momentu skręcającego; to niekorzystne zjawisko występuje zawsze w większej lub mniejszej mierze.



Rys. 18.

Mamy trzy rodzaje elektromotorów prądu stałego.  
16. a) Motor szeregowy, w którym uzwojenie magnesów i twornika połączone są w szereg za sobą, t. j.



Rys. 19.

w którym ten sam prąd pracujący przechodzi kolejno przez jedno i drugie uzwojenie.

Rys. 19 przedstawia t. zw. układ połączeń motoru szeregowego. Po zamknięciu załącznika „Z”, za pomocą którego łączymy naszą



instalację motoryczną z siecią, z której czerpiemy prąd, obwód pozostaje jeszcze nie zamknięty, prąd nie płynie, i motor jeszcze nie rusza, dopóki korba opornicy rozruchowej „R” nie została ruszoną ze swego położenia początkowego; przesuwając korbę na pierwszy styk, zamykamy dopiero obwód. Prąd wchodzi do motoru, przepływając najpierw przez cały szereg oporów opornicy; do końcówek motoru nie przykładamy więc odrazu całej różnicy potencjału, jaką posiadamy do rozporządzenia w sieci, lecz dła wimy najpierw jej znaczną część w oporach rozruchowych. Postępować tak musimy z tego względu, że opór omowy motoru, t. j. w danym wypadku opór omowy jego twornika „T” i uzwojenia wzbudzającego „W” jest stosunkowo do normalnej różnicy potencjału, przykładanej na jego końcówki, tak mały, iż, gdybyśmy ją przyłożyli odrazu, przepuścilibyśmy według prawa Ohm’a (str. 16) tak wielkie natężenie prądu, że moglibyśmy przez to uszkodzić motor; wywiązana ilość ciepła przez to zbyt wielkie natężenie prądu w oporach motoru spowodowałaby nie tylko takie nagrzanie się przewodów uzwojeń, że ich izolacja mogłaby być uszkodzoną, ale nawet i same przewody mogłyby się stopić; motor spaliłby się.

Aby uniknąć więc nadmiernego i przez to niebezpiecznego prądu przy puszczeniu w ruch motoru, i z drugiej strony, aby uniknąć także zbyt raptownego ruszania z miejsca, co jest szkodliwym i dla samego motoru i dla pędzonej przez niego maszyny, używamy właśnie opornicy rozruchowej, której opory, przenoszące w sumie niekiedy znacznie opór samego motoru, załączamy z nim w szereg podczas puszczenia w ruch i wyłączamy stopniowo przez powolne przesuwanie korby opornicy na coraz dalsze styki w miarę tego, jak ilość obrotów motoru dochodzi do swej normalnej



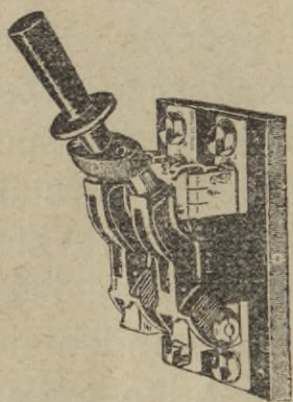
granicy. Możemy tak postępować bezpiecznie, ponieważ podczas ruchu w motorze, a właściwie w uzwojeniu jego twornika powstaje t. zw. siła przeciwelektromotoryczna, która przeciwdziała różnicy potencjału, przyłożonej na jego końcówki, i nie pozwala przez to na przepływanie prądu o nadmiernem natężeniu, jakby to wynikało z przytoczonego na str. 16 wzoru prawa Ohm'a, gdybyśmy mieli na względzie tylko przyłożoną różnicę potencjału i opór omowy motoru. Prawo to pod tą postacią zastosować więc możemy do motoru tylko wtedy, gdy on znajduje się w stanie spoczynku.

Ilość ciepła, stale wydzielająca się podczas ruchu motoru wskutek przepływania prądu pracującego przez jego uzwojenia, powoduje między innymi, jak już wspominaliśmy, grzanie się motoru i stanowi jedną ze stale występujących i nieuniknionych strat w motorze, t. j. stanowi tę część energii elektrycznej, doprowadzanej do motoru, która nie zostaje użytecznie dla nas zamienianą na pracę mechaniczną ruchu obrotowego, tylko wbrew naszej woli na ciepło. Dlatego też staramy się, aby uzwojenia twornika motoru i jego wzbudzenia szeregowego, przez które przepływa prąd główny, posiadały w sumie jak najmniejszy opór. Stosuje się to wogóle do każdego rodzaju motoru. Straty te, równe  $RJ^2$  (str. 24), gdzie pod  $R$  rozumiemy opory motoru, przez które płynie prąd główny, a pod  $J$  — natężenie tego prądu, nazywają się stratami w miedzi; oprócz nich posiada każdy motor jeszcze także nieuniknione straty w żelazie, o tem jednak obszerniej mówić tu nie możemy.

Aby uniknąć strat na oporze omowym w opornicy rozruchowej, normalna ilość obrotów motoru, stosownie do potrzeby pędzonej maszyny i użytego przeniesienia,



powinna być tak dobrana, aby w czasie zwykłego biegu korba opornicy rozruchowej znajdowała się na ostatnim styku, t. j. w położeniu, oznaczonem na szkicu (rys. 19) za pomocą kresek; opór rozruchowy jest wtedy wyłączony zupełnie; nie zawsze jednak to może mieć miejsce, gdyż ilość obrotów w motorze szeregowym regulowaną być może tylko za pomocą dławienia napięcia początkowego w opornicy rozruchowej, co, pomimo niekiedy wielkich z tego powodu strat na zużywanej energii, musimy stosować w razie potrzebnej innej, niż normalna ilości obrotów.



Rys. 20.

Rys. 20 przedstawia nam załącznik dwubiegunowy dla natężeń prądu do 130 amperów w położeniu załączonem. Za pomocą takiego załącznika jednym ruchem wyłącza się zupełnie całą instalację motoryczną z sieci; przyrząd więc ten może być nazwanym także wyłącznikiem. O ile puszczanie w ruch motoru powinno odbywać się powoli, stopniowo, o tyle wyłączanie motoru z sieci może być raptowne; po takim

wyłączeniu motor porusza się jakiś czas jeszcze wskutek rozpędu. Do raptownego wyłączania są przystosowane właśnie takie za- i wyłączniki, posiadające specjalne wkładki miedziane na sprężynach, które się naciągają przez odchylenie rączki wyłącznika i w pewnej chwili połączenie raptownie przerywają; unika się przez to powstawania iskier. Przy instalacjach motorycznych używanie dwubiegunowych załączników, w miejsce spotykanych niekiedy jednobiegunowych, jest bezwarunkowo wskazanem.



Dla zapobieżenia niebezpieczeństwu spalenia motoru, uszkodzenia instalacji, a nawet możliwości pożaru, spowodowanego wskutek złych i nieumiejętnych manipulacji przy puszczeniu w ruch motoru, naprz. przez włączenie załącznika „Z“ (rys. 19) bez poprzedniego cofnięcia korby opornicy rozruchowej „R“ na jej początkowe położenie, używa się t. zw. bezpieczników, oznaczonych na rys. przez „b“, wstawianych zawsze na samym początku instalacji motorycznej. Działanie ich polega na tem, że w razie jakiegoś przypadkowo większego natężenia prądu, niż to, na które motor i cała instalacja są obliczone, co może mieć miejsce także przy niedopuszczalnym przeciążeniu motoru, obwód prądu zostaje samorzutnie przerwany w ten sposób, iż część składowa bezpieczników, złożona z cienkich drucików, topi się wskutek wydzielonego w nich gwałtownie przez nadmierny prąd ciepła; stopki zostają „spalone“, a cała instalacja wraz z motorem ochroniona od wypadku; aby móżd daną instalację znowuż przyprowadzić do porządku, trzeba tylko założyć nowe stopki do bezpieczników.

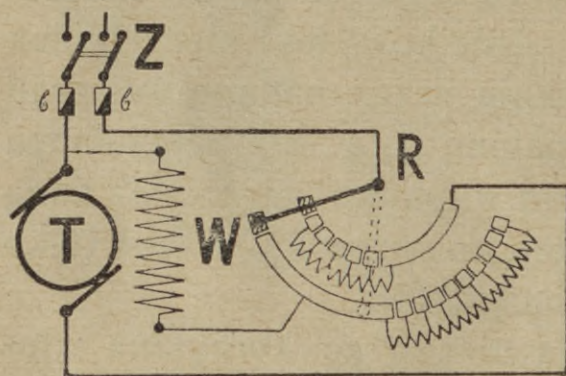
Motor szeregowy posiada niezawsze korzystne własności dla danych warunków ruchu, a mianowicie, nie będąc regulowanym, robi coraz mniejszą ilość obrotów w miarę tego, jak obciążenie jego rośnie, za to też jego moment skręcający rośnie razem z obciążeniem. Przy zmniejszającym się obciążeniu ilość obrotów stale rośnie tak, że przy biegu jałowym, t. j. przy biegu bez obciążenia, lub przy bardzo małym obciążeniu, może przekroczyć granicę bezpieczeństwa twornika ze względu na jego wytrzymałość mechaniczną. Tę własność motoru szeregowego nazywamy rozbieganiem się; staje się ona jednak groźną dopiero przy motorach o większych mocach.



W zastosowaniu do przemysłu drobnego z powodu tych własności motor szeregowy prądu stałego rzadko używanym bywa, mając głównie swe zastosowanie przy popędach elektrycznych kolei żelaznych i w maszynach do poruszenia ciężarów.

17 b) Motor uputowy; regulacja jego obrotów. W motorze upustowym prąd zasilający rozdziela się na dwie części, jakby na dwie gałęzie: jedna idzie do twornika przez szczotki i kolektor i stanowi prąd główny, a druga, w upuście do pierwszej, służy do wzbudzenia magnesów.

Do uzwojenia wzbudzającego „W” (rys. 21) przykładamy zwykle całą różnicę potencjału, jaką rozporząd-



Rys. 21.

zamy normalnie; z tego powodu uzwojenie to przeciwnie, niż przy motorze szeregowym, składa się z dużej ilości cienkich zwojów, aby jego opór omowy był odpowiednio duży, a natężenie prądu, przez nie płynącego, stosownie niewielkie. Po uskutecznieniu

tych samych manipulacji, co i przy układzie dla motoru szeregowego, t. j. przy poruszeniu korby opornicy z jej początkowego położenia po uprzednim włączeniu załącznika „Z”, obwód prądu zostaje zamknięty. Weźmy dla przykładu położenie korby, oznaczone na rysunku za pomocą kresek: prąd, wchodząc do korby przez zamknięty załącznik i bezpiecznik „b” z jednej z dwóch końcówek sieci, rozdziela się w tej korbie na dwie części; jedna o natężeniu większym przedstawia nam prąd pracujący,



który po przejściu przez opór opornicy rozruchowej i przez jej ostatni długi styk (wewnętrzne półkole styków), za pomocą przewodu idzie do szczotek i przez kolektor wchodzi do twornika „T“ (szczotki, kolektor i twornik oznaczone są na szkicu wspólnie zapomocą koła ze stycznymi z literą T w środku) i stamtąd znowuż przez kolektor i szczotki uchodzi podobną drogą do sieci; druga część jest to prąd wzbudzający, o natężeniu znacznie mniejszem, który od korby przechodzi na pierwszy długi styk opornicy pustowej (zewnętrzne półkole styków), wchodzi bezpośrednio przy tem położeniu korby do uzwojenia wzbudzającego i, przeszedłszy przez nie, dołącza się poza szczotkami motoru do prądu głównego, aby z nim razem wrócić do sieci. Obwód prądu głównego oznaczony jest na rys. liniami grubszymi od linii cienkich, wskazujących przebieg prądu wzbudzającego.

Motor prądu stałego wogóle posiada tę własność, że, im słabsze jest natężenie pola jego magnesów, tem do szybszego obrotu dąży jego twornik. W krótkości uzmysłowić to sobie można na podstawie następującego rozumowania: odpowiednio do mocy elektrycznej, włożonej do motoru i określonej iloczynem z natężenia prądu i różnicy potencyatu,  $P = V J$ , t. j. odpowiednio do obciążenia motoru, twornik musi wykonać w jednostce czasu pewną pracę mechaniczną ruchu obrotowego; do tego, jak wiemy (str 29), przewody twornika muszą przejść wpoprzek linii sił pola magnetycznego, czyli przeciąć pewną ilość tych linii; ta ilość linii sił, przeciętych przez przewody uzwojenia twornika w pewnym czasie, zależy od ilości pracy mechanicznej, jaką twornik w tym czasie ma oddać; o ile więc pole magnetyczne będzie słabsze, i, co na jedno wynosi, linie sił tego pola rzadsze, to twornik,



mając do oddania taką samą pracę mechaniczną w jednostce czasu, odpowiadającej danemu obciążeniu motoru, będzie musiał obracać się prędzej, aby przeciąć w tym samym czasie w rzadszem polu tę samą ilość linii sił, odpowiednią do danej pracy; twornik więc będzie musiał w rzadszem polu robić większą ilość obrotów w jednostce czasu, aby niejako nadażyć w porzecinaniu ilości linii sił, koniecznej przy danem obciążeniu motoru.

Mając teraz motor prądu stałego, w którego uzwojeniu wzbudzającym płynie prąd osobny, niezależny w zasadzie od prądu głównego, możemy przez zmniejszenie natężenia tego prądu wzbudzającego osłabić pole magnesów, a przez to powiększyć ilość obrotów motoru. Takim motorem jest właśnie motor upustowy; jego ilość obrotów regulujemy w górę od pewnej normalnej ilości zupełnie bez strat, osłabiając pole zapomocą opornicy upustowej. Oznaczona na rys. 21 zapomocą „R“ opornica, stanowiąc mechanicznie jedną całość i posiadając jedną korbę, elektrycznie składa się z dwóch części: z opornicy rozruchowej i opornicy upustowej.

Opornica rozruchowa służy podobnie, jak przy motorze szeregowym, do dławienia napięcia początkowego przy puszczaniu w ruch motoru, aby uniknąć zbyt gwałtownego uderzenia i niebezpiecznie dużego natężenia prądu na początku rozruchu; opory tej opornicy w miarę rozpędzania się motoru stopniowo wyłączamy, przesuwając korbę na dalsze styki. Przy stałym biegu motoru opory te całkowicie powinny być wyłączone, ponieważ w nich zamienia się bezpośrednio na ciepło ilość energii elektrycznej, stracona bezużytecznie; używanie więc tej opornicy powoduje stratę energii na puszczanie w ruch motoru, jest jednak konieczne z wyżej wymienionych względów; strata



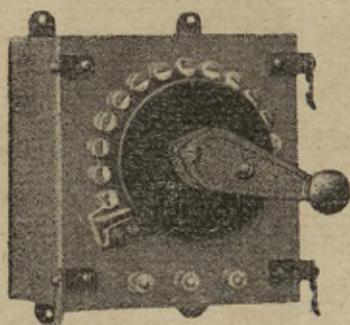
ta jest z resztą bardzo mała w porównaniu ze stratami na puszczenie w ruch przy innych rodzajach popędu.

Opornica upustowa, załączona w szereg z uzwojeniem magnesów, służy do regulowania obrotów motoru przez osłabianie pola magnetycznego; opory opornicy tej odwrotnie, niż poprzedniej, przy puszczeniu w ruch motoru powinny być całkowicie wyłączone, aby uzwojenie wzbudzające miało wtedy na swych końcówkach całkowite napięcie, a pole magnetyczne miało przez to swe największe natężenie, aby motor nie ruszał z miejsca odrazu z wielką ilością obrotów; dopiero po całkowitem wyłączeniu oporów opornicy pierwszej, t. j. rozruchowej, kiedy na końcówkach motoru panuje już całe właściwe jemu napięcie, można powiększać ilość jego obrotów przez stopniowe włączanie oporów opornicy upustowej; włączanie to nie powoduje powiększenia strat t. j. zwiększenia zużycia energii elektrycznej, bezpośrednio niezamienianej w motorze na energię ruchu obrotowego, czyli, innymi słowy, ilość obrotów reguluje się tu w górę zupełnie bez strat energii. Cała ta manipulacja, zawdzięczając odpowiedniemu połączeniu i zestawieniu mechanicznemu opornicy, skutecznia się przez proste przesuwanie korby ze styku na styk. Należy więc uważać, aby przy normalnym ruchu motoru korba opornicy znajdowała się zawsze już poza stykiem, odpowiadającym ostatniemu oporowi rozruchowemu, o ile opór ten nie jest przeznaczony także do regulacji obrotów w dół; na opornicach takich miejsce, gdzie się kończy opór rozruchowy, a zaczyna opór upustowy, bywa zwykle zaznaczone; na rys. 21 położenie korby, oznaczone za pomocą kresek, nie odpowiada jeszcze temu normalnemu położeniu przy stałym ruchu motoru, gdyż ostatni opór rozruchowy nie



został jeszcze wyłączony; położenie to odpowiada końcowemu okresowi rozruchu motoru.

Opornica upustowa do regulacji obrotów w górę przez osłabienie pola może być zbudowana także zupełnie oddzielnie od opornicy rozruchowej; motor upustowy posiada wtedy dwie opornice: jedną rozruchową, która może służyć niekiedy przy odpowiednim dostosowaniu także do regulacji obrotów w dół, oczywiście z odpowiednią stratą energii, i drugą, upustową. Obie te opornice mogą być dowolnie rozmieszczane; opornicę upustową naprz. można umieścić na samej maszynie, pędzonej przez motor, tuż pod ręką robotnika; podany na rys. 21 układ połączeń, przedstawiający jeden z najprostszych wypadków, zmieni się wtedy.



Rys. 22.

Rys. 22 wyobraża nam zwykłą opornicę rozruchową dla motorów o mniejszych mocach, wykonaną przez firmę Siemens & Schuckert w Berlinie.

Zaletą motoru upustowego jest względna i praktycznie zwykle wystarczająca niezależność jego ilości obrotów od obciążenia, to znaczy, że jeżeli motor ten będzie poruszał jakąś maszynę, naprz. pewną obrabiarkę, to niezależnie od jej obciążenia, t. j. od tego, czy dana obrabiarka będzie musiała w pewnym czasie wykonać większą lub mniejszą pracę, mając do czynienia naprz. z większym lub mniejszym kawałkiem materiału, tnąc płycej lub głębiej, dając przytem drobniejsze lub grubsze wióry itd., motor ten niezależnie od tego, nie będąc zupełnie regulowanym, o ile tylko jego dozwolona granica przeciążenia nie została znacznie przekroczoną, będzie daną maszynę



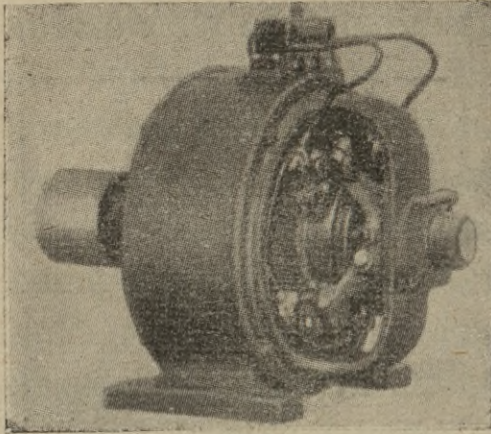
obracał zawsze prawie z tą samą niezmienną szybkością. Jak widzimy, pod tym względem motor upustowy zachowuje się wręcz odwrotnie, niż motor szeregowy. Mając więc te dwie wielkie zalety, t. j. możność bardzo łatwej w szerokim zakresie regulacyi obrotów, zwykle bez strat, i prawie stałą ilość obrotów, niezależną od obciążenia, motor upustowy prądu stałego przedewszystkiem nadaje się do drobnego przemysłu.

18. c) Motor sprzężony, t. j. szeregowo-upustowy (compound) posiada jednocześnie szeregowo i upustowe uzwojenie magnesów, które zależnie od warunków w jakich motor ma pracować, albo przeciwdziałają sobie przez to, że w ich zwojach, nasadzonych na jeden i ten sam rdzeń biegunowy, płyną prądy o kierunkach odwrotnych i wytwarzają jednocześnie pola magnetyczne o dwóch przeciwnych kierunkach, albo też uzwojenia te współdziałają ze sobą, mając zgodne kierunki swych prądów. W pierwszym wypadku pole, wytworzone przez uzwojenie upustowe, przeważa nad polem, wytworzonym przez uzwojenie szeregowo, to ostatecznie zaś, zmieniając się wskutek zmian natężenia prądu głównego, oddziaływa redukująco na pole upustowe i wskutek tego reguluje ilość obrotu takiego motoru, robiąc ją prawie idealnie stałą, t. j. niezależną od obciążenia; w drugim zaś wypadku motor taki łączy w sobie jednocześnie własności dwóch poprzednich rodzajów motorów, opisanych pod a) i b), t. j. motoru szeregowo i upustowego.

Opornica do puszczenia w ruch motoru sprzężonego i regulowania jego obrotów bywa podobną, jak przy motorze upustowym, posiada tylko zwykle urządzenie, które pozwala na zwieranie, wyłączanie lub przemianę kierunku prądu uzwojenia szeregowo, podczas puszczenia w ruch



motoru zależnie od jego specjalnych własności; układ połączeń jest kombinacją dwóch poprzednich układów, podanych przy opisie motoru szeregowego i upustowego. Nie mówimy o tem bliżej, gdyż motor sprzężony bywa tylko w wyjątkowych wypadkach używany, a w przemyśle



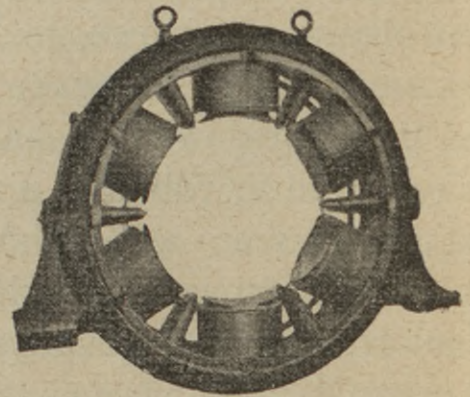
Rys. 23.

drobnym zupełnie prawie nie spotykany; jest on znacznie droższy od motoru upustowego, a dla potrzeb drobnego przemysłu ten ostatni posiada zalety przeważnie zupełnie wystarczające.

Wszystkie wyżej opisane typy motorów prądu stałego na zewnątrz mają wygląd przeważnie podobny, i trzeba specjalisty, aby mógł rodzaj danego typu określić. Rys. 23. przedstawia motor prądu stałego o mniejszych mocach, wykonany przez firmę Siemens & Schuckert w Berlinie.

Ze względów, o których tu bliżej mówić nie możemy, a które mają na celu usunięcie szkodliwego iskrzenia się szczotek na kolektorze, zwłaszcza przy dużej regulacji obrotów za pomocą osłabienia pola, motory upustowe i sprzężone posiadają

czasami oprócz biegunów głównych t zw. bieguny pomocnicze; rys. 24. przedstawia nam właśnie osłonę



Rys. 24.



takiego motoru o większej mocy z 6-ciomą biegunami głównymi i tylomaż pomocniczymi.

Przy wykonywaniu połączeń w instalacjach motorycznych prądu stałego, naprz. według układów podanych na rys. 19. i 21. należy zawsze pamiętać o tem, aby końcówkę sieci o potencyale wyższym, t. j. końcówkę  $+$  łączyć z końcówką motoru, oznaczoną również znakiem  $+$ , a końcówkę sieci o potencyale niższym, czyli końcówkę  $-$  z końcówką motoru ze znakiem  $-$ , a nie przeciwnie; to prawidłowe połączenie warunkuje odpowiednie kierunki prądu, płynącego we wszystkich uzwojeniach motoru, odpowiedni kierunek pola magnetycznego i odpowiedni wreszcie kierunek obrotu motoru.

19. B. Motory prądu przemiennego dzielą się na trójfazowe i jednofazowe \*).

a) Motory trójfazowe są najczęściej używane wskutek częściowo już opisanych zalet prądu trójfazowego; motory te z kolei dzielą się także na trzy typy.

a) Motor trójfazowy asynchroniczny (indukcyjny), jego rozruch i regulacja obrotów. Motor ten posiada stator bez wystających biegunów magnesów, jak motory prądu stałego. Jego uzwojenie wzbudzające, t. j. wytwarzające pole magnetyczne, ułożone jest w specjalnych żłobkach wewnątrz osłony i przypomina z wyglądu uzwojenie twornika motorów prądu stałego z tą tylko różnicą, iż w tworniku uzwojenie to ułożone jest na powierzchni zewnętrznej wypukłej, a w statorze motoru asynchronicznego na powierzchni wklęsłej, wewnętrznej osłony. Uzwojenie to składa się właściwie

\*) Motory dwufazowe obecnie są prawie zupełnie nie używane; w zastosowaniu do przemysłu drobnego można o nich zupełnie nie mówić.



z trzech uzwojeń, odpowiadających trzem fazom trójprądu. Każda faza wytwarza pole magnetyczne przemienne sinusoidalne; ponieważ te trzy przemienne sinusoidalne pola magnetyczne nie zmieniają się jednocześnie, lecz są przesunięte w czasie o jedną trzecią część okresu według trzech faz trójprądu, a mając swe uzwojenia poukładane obok siebie na powierzchni wewnętrznego obwodu osłony, są jednocześnie przesunięte i w przestrzeni o pewną część tego obwodu (podzielną przez trzy i zależną od ilości „biegunów“ uzwojenia), przeto, jak bliższe rozważanie okazuje, z kombinacji tych trzech pól sinusoidalnych, przesuniętych w ten sposób w czasie i w przestrzeni, powstaje jedno pole magnetyczne o stałym natężeniu, ale za to wirujące dookoła wewnętrznego obwodu osłony z prędkością, zależną od ilości okresów na sekundę trójprądu i ilości biegunów uzwojenia. To wirujące pole magnetyczne, ślizgając się po przewodach uzwojenia wstawionego wewnątrz osłony rotora, wzbudza (indukuje) w nim prąd, o kierunku takim, że w myśl zasady lewej ręki (str. 29) rotor pod wpływem tegoż samego pola jest zmuszony poruszać się w tym samym, co i pole kierunku; pole to, obracając się samo, niejako pociąga lub unosi za sobą rotor. Pole wirujące wytwarza więc moment skrecający, działając na uzwojenie rotora, w którym płynie prąd, wzbudzony (indukowany) przez toż samo pole, wskutek tego nie potrzeba żadnych końcówek dla doprowadzenia prądu do rotora; jego uzwojenie może być elektrycznie zupełnie niezależne od zewnątrz i nawinięte w dowolny sposób, aby tylko przedstawiało zamknięty w sobie obwód dla przebiegu prądu.

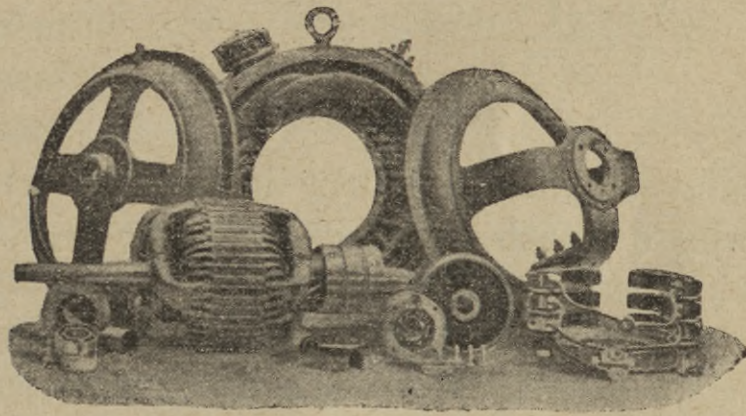
Uzwojenie rotora zwykle wykonuje się jednak także, jako trójfazowe; jego trzy fazy są albo połączone ze sobą



wewnątrz, i wtedy mamy motor o t. zw. z warty m rotorze, albo też końce ich z jednej strony są połączone wewnątrz, a z drugiej zaś strony wyprowadzone na zewnątrz i połączone odpowiednio z trzema pierścieniami, umieszczonymi na wale rotora obok tegoż uzwojenia; mamy wtedy motor o rotorze z pierścieniami; po pierścieniach tych ślizgają się szczotki, od których idą przewody do oporu rozruchowego.

Rys. 25. wyobraża wszystkie składowe części motoru indukcyjnego trójfazowego o rotorze z pierścieniami;

widzimy tu osobno osłonę — stator z uzwojeniem wzbudzającym bez wystających biegunów, jakieśmy widzieli przy motorze prądu stałego na rys.



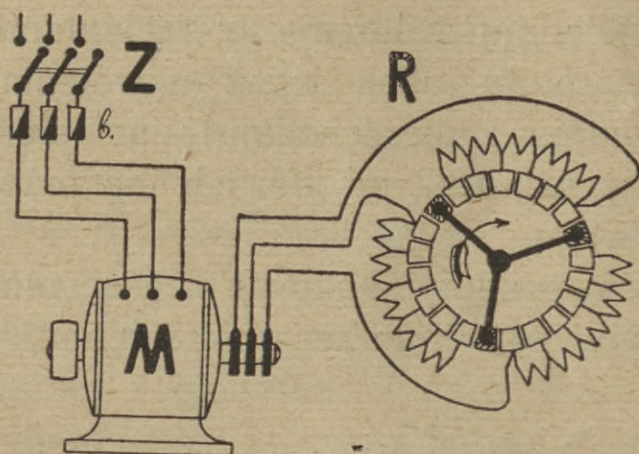
Rys. 25.

15., osobno rotor z pierścieniami, przykrywy, szczotki, koło pasowe i składowe części łożysk.

Motor indukcyjny ma tę własność, iż jego początkowy moment skręcający, t. j. moment, jaki posiada wtedy, kiedy rusza z miejsca, lub robi jeszcze małą ilość obrotów, jest zwykle znacznie mniejszy, niż normalny, tak że może nie wystarczyć do ruszenia motoru pod obciążeniem; z drugiej strony moment ten zależy od oporu uzwojenia rotora i jest tem większy, im większy jest ten opór; dlatego też możemy sztucznie powiększyć początkowy moment skręcający, włączając do uzwojenia rotora pod-



czas rozruchu opory dodatkowe, które następnie wyłączamy. Uskuteczniamy to za pomocą opornicy rozruchowej „R” (rys. 26.), po-

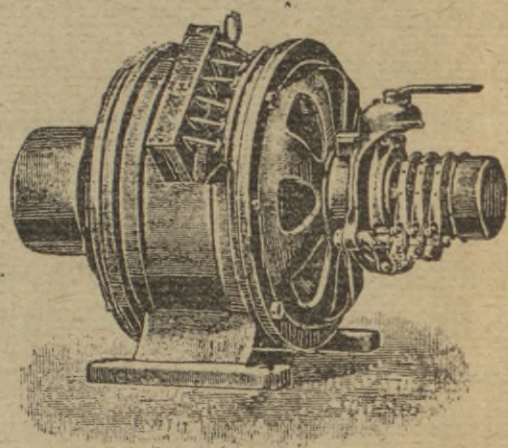


Rys. 26.

łączonej z końcówkami uzwojenia rotora przez szczotki i pierścienie, wspomniane poprzednio. Opornica ta składa się z trzech jednakowych oporów, odpowiadających trzem fazom uzwojenia rotora; opory te wyłą-

czamy stopniowo po trzy jednocześnie za pomocą jednej korby o trzech gałęziach w miarę tego, jak motor osiąga swą normalną ilość obrotów.

Przy normalnym więc biegu motoru, opór „R” pozostaje całkowicie wyłączony, i uzwojenia rotora zwarte za pomocą korby, znajdującej się na ostatnich stykach opornicy; aby szczotki nie tarły przez cały czas ruchu niepotrzebnie po pierścieniach i nie powiększały przez to stałe strat energii, motory te posiadają przeważnie urządzenie, które pozwala jednym poruszeniem dźwigni połączyć pierścienie między sobą wewnątrz, zewrzeć przez to w samym rotorze jego uzwojenia i jednocześnie odchylić szczotki od pierście-



Rys. 27.



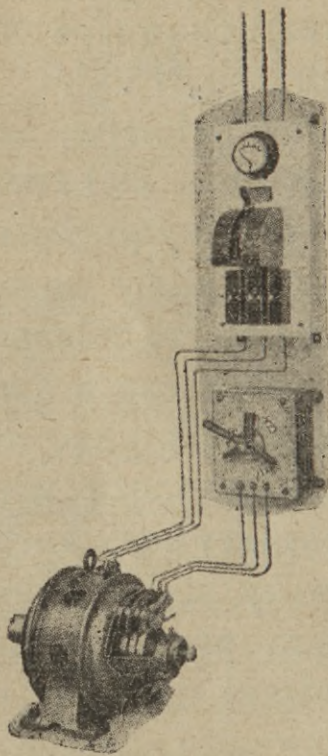
ni; dźwignia ta znajduje się na motorze koło łożyska po stronie pierścieni. Rys. 27. przedstawia właśnie taki motor ze zwieranym uzwojeniem rotora wewnątrz pierścieni, wykonany przez firmę Siemens & Schuckert w Wiedniu dla mocy od 0,5 do 4 HP; widzimy na nim sześć końcówek, wyprowadzonych na zewnątrz; trzy z nich należą do uzwojenia statora i łączą się przez bezpieczniki i załącznik ze siecią; pozostałe trzy należą właściwie do uzwojenia rotora, wychodzą one bowiem od szczotek i powinny być połączone z opornicą rozruchową, którą na poprzednim rysunku oznaczyliśmy przez „R“.

Chcąc uruchomić motor, sprawdzamy najpierw, czy szczotki leżą na pierścieniach i opornica „R“ (rys. 26.) znajduje się w swem początkowym położeniu, t. j. czy przypadkiem uzwojenia rotora nie są zamknięte; włączamy następnie załącznik „Z“ i wzbudzamy przez to w statorze pole magnetyczne wirujące; motor jednak pozostaje jeszcze w spokoju, ponieważ wzbudzany w tworniku prąd płynąć nie może, nie mając zamkniętego obwodu, nie może więc powstać i moment skręcający; dopiero, poruszywszy korbą opornicy „R“, przesuwając ją na pierwszy styk, zamykamy uzwojenie rotora; w tym ostatnim prąd już zaczyna płynąć, i motor rusza. Po osiągnięciu normalnych obrotów, zwieramy uzwojenia rotora wewnątrz pierścieni i podnosimy szczotki; motor ten pracuje wtedy zupełnie tak samo, jak motor o zwartym rotorze.

Opornica „R“ służy nie tylko do zwiększania początkowego momentu skręcającego, ale i do zabezpieczenia motoru od nadmiernego natężenia prądu podczas rozruchu tak samo, jak opornica rozruchowa przy motorze prądu stałego; jak zobaczymy później, opornica ta może służyć także i do regulacji obrotów. Na rysunku „Z“



wyobraża załącznik, podobny, jaki widzieliśmy na rys. 20. z tą tylko różnicą, iż tamten był dwubiegunowy, a tu mamy trzybiegunowy; „b“ oznacza trzy bezpieczniki, po jednym w każdej fazie. Jest to najprostszy układ połączeń instalacji motorycznych trójprądowych z opornicą rozruchową; połączenia te odznaczają się wielką przejrzystością pomimo trzech przewodów w miejsce dwóch, jak przy prądzie stałym.



Rys. 28.

Rys. 28 przedstawia taką instalację motoru trójfazowego asynchronicznego, wykonaną przez firmę „T-wo Elektryczne Alioth“ w Bazylei. Odpowiada ona układowi połączeń, wyobrażonemu szkicowo na rys. 26; widzimy tu ową opornicę „R“ z trzema szeregami styków i korbą z trzema odgałęzieniami, opornica ta umieszczona jest na ścianie pod t. zw. tabliczką rozdzielczą, zawierającą przyrządy, przez które prąd z sieci przechodzi do statora motoru, a mianowicie załącznik trójbiegunowy, przykryty osłoną, i bezpieczniki; oprócz tego znajduje się na tabliczce amperomierz, mierzący natężenie prądu w jednej z faz i wskazujący przez to obciążenie motoru w każdej chwili.

Nie możemy powiększyć oporu rotora za pomocą włączenia w jego uzwojenia opornicy przy puszczeniu w ruch takiego motoru, który nie posiada pierścieni, lecz tylko rotor o uzwojeniu zwartem wewnątrz; dlatego też motory te albo załączamy wprost, przykładając do nich

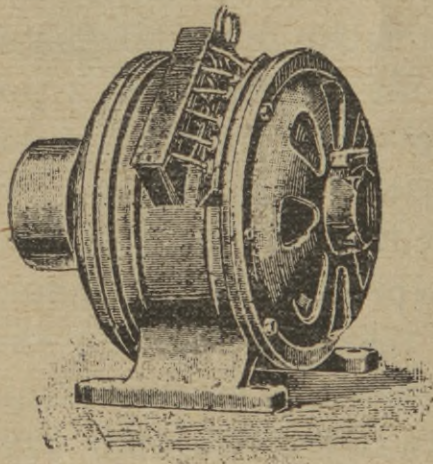


odrazu całą normalną różnicę potencjału, co ma miejsce tylko przy motorach o mniejszych mocach, albo też używamy innych sposobów. W pierwszym wypadku, przyłączeniu motoru wprost z siecią, w pierwszej chwili rozruchu płynie w nim prąd o natężeniu znacznie większem od normalnego, dopiero w miarę zwiększania się obrotów natężenie to spada do wartości normalnej podobnie, jakby to miało miejsce przy załączeniu wprost na sieć motoru prądu stałego z pominięciem opornicy rozruchowej, co narażałoby, jak wiemy, taki motor na spalenie; tutaj jednak przy motorze indukcyjnym to początkowe natężenie prądu nie osiąga takiej nadmiernej wielkości, tak że łączyć w ten sposób wprost z siecią możemy niekiedy motory o mocy, dochodzącej nawet do kilkudziesięciu koni; początkowe natężenie prądu nie przekracza wtedy 4 do 7 razy natężenia normalnego, za to też początkowy moment skrecający jest normalny lub nawet nieco większy. Przy takim puszczeniu w ruch motoru, stopki w bezpiecznikach, nie odpowiadające z reguły tyle razy większemu ponad normalny natężeniu prądu, zostałyby zawsze spalone, dlatego też używamy tutaj specjalnego rodzaju przełączników, które przy puszczeniu w ruch motoru wyłączają bezpieczniki; po osiągnięciu ruchu normalnego za pomocą takiego załącznika włącza się bezpieczniki z powrotem. Podobne urządzenie ma tę wadę, iż w razie zapomnienia, przełącznik może pozostać w położeniu, wyłączającym bezpieczniki, i motor będzie pracował bez zabezpieczenia. Podobne łączenie wprost motorów indukcyjnych odbija się też bardzo niekorzystnie na sieć wogóle, powodując w niej zaburzenia. Do puszczenia w ruch motorów indukcyjnych o zwartym tworniku używamy też niekiedy opornicy podobnej, jak na rysunku



26, wstawionej tylko przed uzwojeniem statora; opornica zniża napięcie przykładane do motoru podczas rozruchu, jest następnie stopniowo wyłączana; początkowy moment skręcający pozostaje jednak znacznie mniejszy od normalnego, i motor pod obciążeniem nie rusza.

Wśród innych sposobów puszczania w ruch motorów indukcyjnych o rotorze zwartym wymienić należy sposób, używany niekiedy przy motorach o mocy do 20 HP i polegający na powiększeniu oporu statora przez przełączanie jego uzwojenia w t. zw. gwiazdę i trójkąt; w takim motorze końcówki uzwojenia statora nie są wcale połączone ze sobą wewnątrz, tylko wszystkie wyprowadzone na zewnątrz tak, że każde z trzech uzwojeń, czyli każda z trzech faz posiada na zewnątrz po dwie końcówki, razem zatem sześć, trzy z nich, po jednej z każdej fazy, łączy się odpowiednio przez bezpieczniki i załącznik ze siecią, a pozostałe trzy ze specjalnem przełącznikiem, który oprócz tego połączony jest odpowiednio także i z pierwszemi trzema końcówkami motoru; przy puszczaniu w ruch nastawiamy przełącznik na gwiazdę, a przy ruchu normalnym przełączamy go na trójkąt. Przy takim



Rys. 29.

łączeniu początkowe natężenie prądu wynosi tylko  $1\frac{1}{2}$  wartości normalnej, początkowy zaś moment skręcający jest jednak tylko  $\frac{1}{3}$  momentu normalnego. Taki motor wyobrażony jest na rys. 29; jest to typ motoru, wykonywanego przez firmę Siemens & Schuckert dla mocy od 0,5 do 4 HP; posiada on, jak widzimy, zwarty rotor,



elektrycznie niezależny zupełnie od statora, uzwojenie zaś tego ostatniego ma sześć osobnych końcówek, wyprowadzanych na zewnątrz.

Jeżeliby rotor motoru indukcyjnego obracał się z taką samą szybkością, jak wirujące pole magnetyczne w statorze, powiedzieliśmy wtedy, iż rotor obraca się synchronicznie z polem; w rzeczywistości jednak tak nie jest, rotor dąży tylko do synchronizmu, do którego zresztą zbliża się bardzo przy nieobciążonym ruchu motoru, czyli, jak mówimy, podczas biegu jałowego; osiągnąć synchronizmu rotor nie może nigdy, ponieważ wtedy przewody jego uzwojenia nie przecinałyby linii sił pola, obracając się jednocześnie z tą samą prędkością wraz z tem polem, i moment skręcający wogóle nie mógłby powstać; w rzeczywistości rotor spóźnia się zawsze nieco za polem magnetycznem. Różnica ilości obrotów pola magn. i rotora w stosunku do ilości obrotów tegoż pola, wyraża nam t. zw. poślizg. W miarę obciążenia motoru poślizg rośnie; ponieważ zaś ilość obrotów pola pozostaje zawsze stałą, jako zależna tylko (str. 48) od ilości okresów trójprądu i ilości biegunów uzwojenia statora, więc ilość obrotów rotora musi się zmniejszać ze wzrostem obciążenia; im większą pracę motor będzie wykonywał, tem mniejszą będzie ilość jego obrotów. Jednakże ten spadek ilości obrotów ze wzrostem obciążenia praktycznie jest bardzo mały; wynosi on zwykle nawet mniej, niż przy motorze upustowym prądu stałego, gdy jego obrotów nie regulujemy, a mianowicie zaledwie 5%, przy przeciążaniu zaś motoru w dozwolonych granicach dochodzi niekiedy do 7%, co w praktyce w przemyśle drobnym przeważnie większej roli nie odgrywa; jako zaletę więc motoru trójfazowego asynchronicznego możemy podkreślić



podobnie, jak i przy motorze prądu stałego upustowym, jego względnie stałą ilość obrotów, niezależną od obciążenia.

Regulacja obrotów bez strat energii motoru indukcyjnego trójfazowego następuje bardzo wielkie trudności; wprowadzano tu rozmaite skombinowane sposoby, jak naprz. zmianę ilości biegunów w uzwojeniu statora przez specjalne przełączanie i inne. Wszystkie te sposoby powiększały znacznie kosztu motoru i rozpowszechnienia w praktyce nie znalazły; dlatego też obroty reguluje się zwykle za pomocą opornic rozruchowych: w motorze o tworniku zwartym za pomocą opornicy przed uzwojeniem statora, w motorze z pierścieniami za pomocą opornicy, włączanej w uzwojenie rotora; oba te sposoby regulacji obrotów działają w ten sposób, iż zwiększają poślizg, przez co rotor robi mniejszą ilość obrotów, oba też powodują stałe straty energii, zamienianej na ciepło w opornicach. Ze względu na moment skręcający prawie wyłącznie używanym bywa drugi sposób, przy zastosowaniu oczywiście motoru z pierścieniami, który pozwala na regulację obrotów nawet do 50% w dół.

Pomimo tej złej strony motoru asynchronicznego trójfazowego, odnoszącej się do regulacji jego obrotów, motor ten prawie powszechnie bywa stosowany w drobnym przemyśle tam, gdzie jest do rozporządzenia trójprąd, a zawdzięcza to swym zaletom, o których już była mowa, t. j. przeważnie wystarczającej niezależności jego obrotów od obciążenia i nadzwyczajnej prostocie budowy i wytrzymałości, spowodowanej brakiem wszelkich połączeń elektrycznych między statorem i rotorem.

20.  $\beta$ ) Motor trójfazowy synchroniczny może tylko wtedy spełniać czynność motoru, t. j. wytwa-



rzać moment skręcający, kiedy obraca się synchronicznie, to znaczy z pewną ściśle określoną ilością obrotów, zależną od jego budowy i od ilości okresów prądu zasilającego. Przed puszczeniem w ruch takiego motoru należy go zsynchronizować, a do tego potrzeba nadać mu odrazu przed jego załączeniem przepisaną ilość obrotów. Rozpędza się więc taki motor przed użyciem za pomocą jakiegoś innego motoru i dopiero później, już w ruchu, łączy się go z siecią w pewnej, ściśle określonej chwili, do uchwycenia której służy urządzenie, zwane synchronizatorem. Część ruchoma motoru synchronicznego, t. j. rotor służy do wytworzenia pola i składa się z magnesów z promiennowo wystającymi biegunami; do magnesów doprowadza się prąd stały za pomocą szczotek, ślizgających się po dwóch pierścieniach, podobnych, jak przy rotorze motoru asynchronicznego; potrzeba więc dla wzbudzenia osobnego źródła prądu stałego. Część stała motoru, t. j. stator, posiada uzwojenie twornikowe; podczas synchronicznego ruchu powstaje moment skręcający przez wzajemne oddziaływanie ruchomych magnesów i prądu płynącego w tem uzwojeniu. Z powodu tych trudności puszczenia w ruch i osobnego wzbudzenia prądem stałym, niezawsze będącym do dyspozycji, motor trójfazowy synchroniczny w zastosowaniu do przemysłu drobnego prawie zupełnie się nie nadaje.

21.  $\gamma$ ) Motor trójfazowy z kolektorem posiada stator, jak motor asynchroniczny, t. j. z trójfazowym uzwojeniem wzbudzającym bez wystających biegunów, a rotor bardzo zbliżony do twornika motoru prądu stałego. Puszczenie w ruch i regulacja obrotów uskutecznia się bez żadnych oporów, a więc i bez strat ener-



gii, tylko przez proste przesuwanie szczotek po kolektorze z ich początkowego, zerowego położenia. Regulacja obrotów odbywa się bardzo łagodnie pod względem stopniowania i leży w bardzo szerokich granicach; przy niektórych typach tych motorów dochodzi do 130%.

Motory te dzielą się z kolei na dwa rodzaje:  $\alpha\alpha$ ) motory trójfazowe z kolektorem szeregowym, w których uzwojenia statora i rotora połączone są z sobą w szereg, i  $\beta\beta$ ) motory trójfazowe z kolektorem upustowym, których te dwa uzwojenia połączone są ze sobą równolegle, t. j. jedno w upuście względem drugiego. Pierwszy z tych dwóch rodzajów motorów posiada własności, podobne do motoru prądu stałego szeregowego, drugi zaś — do motoru prądu stałego upustowego, pomijając oczywiście względy regulacji obrotów.

Oprócz dwóch powszechnych części każdego motoru, t. j. statora i rotora, motor trójfazowy z kolektorem posiada jeszcze czasami trzecią część składową, a mianowicie t. zw. transformator, służący do obniżania napięcia. Transformator taki załączony bywa albo przed statorem, t. j. przed całym motorem wogóle, albo też między uzwojeniem statora i rotora. Taki transformator służy niekiedy także do regulowania obrotów, do czego musi być wtedy specjalnie przystosowany i posiadać korbę ze stykami podobnie, jak opornica.

Motory te stosunkowo od bardzo niedawna znajdują się w handlu i, pomimo wielkich pokładanych w nich nadziei, większego zastosowania dotąd jeszcze nie posiadają, prawdopodobnie z powodu ich ceny, znacznie wyższej od motorów asynchronicznych; nadawałyby się bardzo do obrabiarek, wymagających zmiany ilości obrotów, i do pras drukarskich, które muszą pracować przy ilość-



ciach obrotów, leżących czasami w dosyć odległych granicach.

Motory prądu przemiennego wogóle, posiadające oprócz statora i rotora jeszcze transformator, obniżający napięcie, mają tę zaletę, iż mogą być zasilane prądem pod wysokim napięciem, podczas gdy w rotorze panuje zawsze tylko napięcie niskie; dla drobnego przemysłu ta zaleta nie odgrywa jednak żadnej roli, gdyż tam wogóle z wyższymi napięciami do czynienia mieć nie możemy.

22. b) Motory jednofazowe zasadniczo podzielić można na dwa rodzaje: motory bez kolektora i motory z kolektorem.

a) Motor jednofazowy indukcyjny nie posiada kolektora, budową swoją przypomina motor trójfazowy indukcyjny, t. j. asynchroniczny, różni się jednak od niego zasadniczo sposobem puszczania w ruch. Wzbudzone pole magnetyczne jest jednofazowe, a więc nie może być wirujące, i początkowy moment skręcający bez sztucznych sposobów powstać nie może; aby wytworzyć ten moment, stator posiada t. z. uzwojenie pomocnicze, które podczas ruchu normalnego jest niepotrzebne i zostaje wyłączone dla uniknięcia strat w jego oporze. W ten sposób wytworzony początkowy moment skręcający dochodzi jednak zaledwie do  $\frac{1}{3}$  momentu normalnego, i motor ten pod obciążeniem pełnym ruszyć nie może, używa się więc zwykle do takich motorków, które przeważnie bywają o mocach mniejszych, koła pasowego z umieszczonem w niem samorzutnem sprzęgłem, które dopiero przy pewnej ilości obrotów wprzęga koło, porywające za sobą pas i pędzoną maszynę. Regulacyi obrotów motory te nie posiadają zupełnie; podobnie, jak motor trójfazowy asynchroniczny, przy pewnem stałem napięciu na koń-



cówkach i stałej ilości okresów prądu zasilającego motory jednofazowe robią ilość obrotów, zbliżoną do synchronizmu, która stosunkowo nieznacznie zmniejsza się w miarę wzrastania obciążenia. Motory te znowuż podzielić możemy na dwa rodzaje, a mianowicie:  $\alpha\alpha$ .) motor jednofazowy indukcyjny ze zwartym rotorem, jest to właściwie motor tylko co opisany; jego początkowe natężenie prądu podczas rozruchu wynosi 2 do 2,5 wartości natężenia normalnego przy pełnem obciążeniu. Aby to początkowe natężenie prądu zmniejszyć i zwiększyć także początkowy moment skręcający, zastosowano opór rozruchowy, włączany do uzwojenia rotora zupełnie tak samo, jak i przy motorze trójfazowym. Jest to właśnie drugi rodzaj tych motorów, t. j.  $\beta\beta$ .) motor jednofazowy indukcyjny o rotorze z pierścieniami. Posiada on więc rotor podobny zupełnie do rotora motoru trójfazowego, tj. z trzema pierścieniami, które za pomocą szczotek połączone są z potrójną opornicą rozruchową, jak na rys. 26. Początkowe natężenie prądu dochodzi do podwójnej wartości natężenia normalnego, a początkowy moment skręcający wynosi połowę momentu normalnego. Obydwa rodzaje tych motorów muszą mieć specjalne przyrządy do puszczenia w ruch, połączone za pomocą przewodów z wspomnianem uzwojeniem pomocniczem i złączone niekiedy w jedną całość z załącznikiem.

Z wyglądu zewnętrznego motory jednofazowe indukcyjne podobne są zupełnie do motorów indukcyjnych trójfazowych, z tą tylko różnicą, że zamiast trzech przewodów, doprowadzających prąd, mają tylko dwa.

23.  $\beta$ ) Motory jednofazowe z kolektorem są droższe od poprzednich głównie z przyczyny posiada-



nia kolektora, za to mają bardzo duży początkowy moment skręcający, dochodzący do 2 i 2,5 wartości momentu normalnego, i łatwą, łagodnie stopniowaną, w szerokich granicach możliwą regulację obrotów. Spotykamy cały szereg tych motorów, różniących się drobnymi napozór, lecz w rzeczywistości ważnymi szczegółami połączeń i uzwojeń.

αα) Motor jednofazowy szeregowy, zasadniczo jest to motor szeregowy prądu stałego, do którego końcówek przyłożono w miejsce stałej prądu przemienną różnicę potencjału; posiada on jednak zwykle jeszcze dodatkowe t. zw. kompensacyjne uzwojenie wzbudzające, jeżeli zechcemy pominąć milczeniem oprócz tego jeszcze pewną różnicę w wyrobie rdzeni magnesowych. Puszczanie w ruch i regulacja obrotów uskutecznia się często za pomocą transformatora rozruchowego, a więc mamy tu oprócz statora i rotora jeszcze trzecią część składową — transformator podobnie, jak to miało miejsce przy motorach trójfazowych z kolektorem; transformator ten służy tutaj jednak do obniżania napięcia wogóle, do obniżania napięcia podczas rozruchu i do obniżania napięcia dla zmniejszenia ilości obrotów; regulacja obrotów odbywa się więc prawie bez straty energii. Pomijając wzgląd regulacji obrotów, motor jednofazowy szeregowy własnościami swymi zbliżony jest do motoru prądu stałego szeregowego, o charakterystycznych cechach którego była mowa na str. 39.

ββ.) Motor jednofazowy repulsyjny różni się od poprzedniego tem, że posiada szczotki na kolektorze bezpośrednio połączone ze sobą, t. j. zwarte, rotor więc elektrycznie niezależny jest zupełnie od statora podobnie, jak przy motorach indukcyjnych. Puszczanie w ruch, regulacja obrotów, a nawet i zmiana kierunku obrotu usku-



teczenia się przez proste przesuwanie szczotek po kolektorze podobnie, jak przy motorze trójfazowym z kolektorem. Początkowe natężenie prądu podczas rozruchu dochodzi czasem do podwójnej wartości natężenia normalnego; aby temu zapobiedz, motory nieco mocniejsze od 2—3 HP posiadają niekiedy opornice rozruchowe, które czasami służą także i do regulacji obrotów w dół, powodując oczywiście wtedy straty energii w oporze; w zasadzie jednak opornica rozruchowa jest tu niekonieczna. Motory jednofazowe repulsyjne spotykamy także z dwojakim rodzajem szczotek, jedne z nich są ruchome, przesuwalne po kolektorze, a drugie stałe, nieruchome (połączenie Deri'ego); przez odsuwanie szczotek ruchomych od stałych puszczamy w ruch motor i regulujemy jego obroty. Pod innymi względami ten rodzaj motoru, podobnie jak i poprzedni, własnościami swymi zbliżony jest do motoru prądu stałego szeregowego.

γγ) Motor jednofazowy szeregowo-repulsyjny (mieszany) jest właściwie kombinacją dwóch poprzednich rodzajów motorów, posiada na kolektorze dwie pary szczotek, w których jedna jest zwartą, podobnie jak u motoru pod ββ, a druga para szczotek załączona jest w szereg z uzwojeniem statora, jak w motorze szeregowym, podanym pod αα. W obwód statora i rotora włączone są odpowiednio pierwotne i wtórne uzwojenia specjalnego transformatora, regulowanego zapomocą korby ze stykami i służącego do puszczania w ruch motoru i regulacji jego obrotów. Zmiana kierunku obrotu uskutecznia się zapomocą przełącznika, który może służyć także jako załącznik i znajduje się w obwodzie rotora.

δδ) Motor jednofazowy indukcyjno-repulsyjny jest kombinacją motoru indukcyjnego i re-



pulsyjnego; jego rotor posiada kolektor z parą zwartych szczotek, jak motor repulsyjny, i oprócz tego trzy pierścienie, połączone zapomocą szczotek z taką samą opornicą, jak przy motorach indukcyjnych. Przy puszczeniu w ruch motor ten działa, jako motor repulsyjny, posiada więc duży początkowy moment skręcający; podczas biegu normalnego, po zwarcu opornicy, ma przebieg motoru indukcyjnego, wogóle więc własnościami swemi zbliżonym jest do motoru prądu stałego upustowego, o zaletach którego była mowa na str. 44. Używany tu bywa także niekiedy transformator rozruchowy.

εε) Motor jednofazowy podwójny (bliźniaczy) jest właściwie dwoma motorami repulsyjnymi, podanymi pod  $\beta\beta$ . (z połączeniem Deri'ego), połączonymi ze sobą. Na jednym i tym samym wale umieszczone są dwa tworniki, stanowiące jeden rotor motoru bliźniaczego; rotor ten obraca się w dwóch osłonach, połączonych także ze sobą i przytwierdzonych do jednej podstawy; stanowią one jeden stator motoru. Zawdzięczając pewnemu połączeniu i ustosunkowaniu tych dwóch uzwojeń wzbudzących w statorze, motor może być zasilany trójprądem, łączy więc w sobie zalety motoru jednofazowego repulsyjnego ze wszystkimi wygodami, płynąciami z zastosowania prądu trójfazowego. Tego rodzaju motory wyrabia dotąd tylko jedna firma, posiadająca na nie patent, a jest nią Brown, Boveri & C-ie w Badenie (Szwajcarya). Motory te od niedawna dopiero znajdują się w handlu; wyrabiane są dotąd o mocach nieco większych, niż zwykle używane w przemyśle drobnym, i dlatego nie spotykamy ich tam; w przemyśle fabrycznym zaś spotykamy już je nawet na obszarach ziem polskich.

24. Z a s t o s o w a n i e m o t o r ó w j e d n o f a z o w y c h



z o w y c h. Motory jednofazowe wogóle nie mają dotąd większego zastosowania w praktyce i używane są częściej tylko w wypadkach specjalnych, jak naprz. do popędu kolei elektrycznych; powodem tego są wielkie zalety trójprądu, o których już częściowo była mowa na str. 22., jak również i to, iż motor trójfazowy asynchroniczny w większości wypadków odpowiada przeważnie w zupełności żądanym warunkom. Prądu przemiennego jednofazowego, jako takiego, w handlu niema, załączanie zaś jednofazowych motorów na jedną z faz trójprądu, powoduje nierównomierne i szkodliwe obciążenia sieci i wogóle bardzo niechętnie przez to bywa stosowanym. Motory kolektorowe, wymienione pod  $\beta\beta$ . mają większe zastosowanie w przędzalniach i tkalniach w połączeniu ze specjalnem urządzeniem do samorzutnej regulacyi i zmiany ilości obrotów. W zastosowaniu do przemysłu drobnego, o ile spotykamy motory jednofazowe, to są to prawie wyłącznie motory indukcyjne lub z kolektorowych repulsyjne, jedne i drugie o mocach mniejszych, od części konia parowego do 3 HP. Z tych względów na poszczególnych rodzajach motorów jednofazowych nie zatrzymujemy się dłużej, jakeśmy to zrobili przy motorach prądu stałego i przy motorze trójfazowym asynchronicznym.

25. W y d a j n o ś ć m o t o r u e l e k t r y c z n e g o. Już niejednokrotnie była mowa o stratach energii podczas ruchu motoru elektrycznego, o jego stratach w miedzi i żelazie (str. 37); powodują one, jak wiemy, to, że energia elektryczna, doprowadzana do motoru, nie jest całkowicie zamieniana na energię mechaniczną ruchu obrotowego, czyli pracę mechaniczną, lecz pewna jej część zostaje stracona, zamieniając się niepowrotnie na ciepło. Wskutek tych strat moc mechaniczna, otrzymana na ob-



wodzie koła pasowego motoru, jest mniejszą od przyłożonej na końcówki motoru mocy elektrycznej; stosunek tych dwóch mocy, a właściwie stosunek pierwszej do drugiej przedstawia nam wydajność motoru, którą zwykle oznaczamy procentowo. Motor o wydajności  $\eta = 83\%$  znaczy, iż na 4 KW naprz., doprowadzone do końcówek motoru, otrzymujemy na kole pasowym motoru pod postacią mocy mechanicznej tylko  $4 \times 0,83 = 3,32$  KW, co po zamianie na konie parowe (str. 10.) daje nam  $3,32 \times 1,36 = 4,52$  HP. Dobre i oszczędne motory wogóle mają dużą wydajność; motory elektryczne pod tym względem przewyższają wszystkie inne; motory te o dużych mocach mają wydajność, przechodzącą niekiedy 94%, przy mocach małych wydajność ich wynosi od siedmdziesięciu kilku do ośmdziesięciu kilku procentów, czego nie można powiedzieć o żadnych innych rodzajach motorów.

26. Ilość obrotów motoru elektrycznego; używane sposoby przeniesienia popędu. Motory elektryczne wogóle robią normalnie stosunkowo dużą ilość obrotów; wchodzi tu w grę względy konstrukcyjne, natury elektrycznej przedewszystkiem. Motory o mniejszych ilościach obrotów są droższe, ponieważ wypadają stosunkowo do swej mocy większe, niż motory o większych ilościach obrotów. Wielka ilość obrotów korzystną więc jest ze względu na zaoszczędzenie miejsca i na koszt, nie zawsze zaś bywa odpowiednią, dla pędzonych maszyn, które wymagają zwykle ruchu powolniejszego. Wyżej opisane typy motorów o mocach do 8—10 HP robią normalnie od 600—2000 obrotów na minutę, małe motory asynchroniczne nawet jeszcze więcej. Przeważnie więc z tego powodu motory elektryczne nie mogą być łączone bezpośrednio z daną maszyną na-



wet tam, gdzie względy mechaniczne na toby pozwalały. Łączenie bezpośrednie byłoby najkorzystniejsze ze względu na zaoszczędzenie miejsca i zaoszczędzenie strat energii w przeniesieniu; są to jednak tylko wypadki większej ilości obrotów, wymaganych od maszyny, naprz. przy szlifierkach; zwykle jednak używać musimy przeniesienia. Rozróżniamy trzy rodzaje przeniesień najczęściej używanych. 1. Przeniesienie za pomocą kół zębatach; bywa ono zwykle dostarczane przez samą firmę, oferującą motor lub maszynę, i wskutek tego odpowiednio dostosowane; przy tym rodzaju przeniesienia uderzenia maszyny mogą źle oddziaływać na motor i odwrotnie. 2. Przeniesienie za pomocą tarcia, czyli tarciove; koło pędzące na motorze pokryte jest skórą, zawdzięczając której między nim a kołem pędzonym maszyny przy pewnym nacisku powstaje tarcie, wystarczające do poruszenia tego ostatniego; ten rodzaj przeniesienia ma tę dobrą stronę, że maszyna rusza z miejsca łagodnie w razie nawet raptownego ruszenia motoru, używa się go jednak do przeniesienia mniejszych mocy, do 8 HP, i w niektórych tylko wypadkach. 3. Najczęściej używanem bywa przeniesienie za pomocą pasa pędzianego; należy uważać, aby stosunek przeniesienia nie przekraczał granic odpowiednich. Stosowaną tu bywa czasami t. zw. rolka naprężająca, która utrzymuje pas zawsze w tem samym naprężeniu, a z drugiej strony zwiększając kąt opasania koła pędzącego, umożliwia większy stosunek przeniesienia, który w tych wypadkach dochodzi do 1 : 10, co znaczy, że maszyna pędzona przy takim przeniesieniu robi dziesięć razy mniej obrotów na minutę, niż motor.

27. Wybór motoru elektrycznego; popęd oddzielny i zbiorowy. Przy wyborze motoru elek-



trzyckiego należy się powodować warunkami miejscowymi i rodzajem ruchu pracowni. Warunki miejscowe przesądzają odrazu rodzaj motoru co do gatunku prądu; gdzie mamy do rozporządzenia tylko prąd stały, tam możemy użyć oczywiście tylko motoru prądu stałego, to samo odnosi się i do prądu przemiennego. Nadmienić tu jednak należy, iż prąd stały ze względu na pewne trudności i wielkie straty energii przy jego przesyłaniu na dalsze odległości coraz bardziej bywa zastępowany przez trójprąd; są miejscowości, gdzie prąd stały, znajdujący się w handlu obok trójprądu, z góry skazany jest na wymarcie (naprz. we Lwowie); mogąc więc wybierać między rodzajem prądu, należy mieć to zawsze na uwadze, aby później nie być narażonym na straty, spowodowane koniecznością wymiany motorów prądu stałego na trójprądowe; może się to zdarzyć naprzykład przy zmianie lokalu, co w przemyśle drobnym, mieszczącym się przeważnie w ubikacjach wynajętych, stosunkowo często miewa miejsce.

Co do rodzaju ruchu w pracowni wybór motoru zależy od rodzaju maszyn, ich wielkości, ilości i sposobu ich uruchomienia, które może być albo oddzielne, albo też zbiorowe. Przy p o p ę d z i e o d d z i e l n y m, t. j. takim, przy którym każda pędzona maszyna posiada oddzielny swój własny motor, razem z nią puszczany w ruch i razem zatrzymywany, możemy doskonale dostosować rodzaj i własności motoru do maszyny. Jest to bardzo ładny sposób uruchomienia, pod względem ruchu nadzwyczaj wygodny i oszczędny, bywa on też często stosowany; pod względem jednak kosztów zakładowych może być znacznie droższy od p o p ę d u z b i o r o w e g o, przy którym większa lub mniejsza ilość maszyn pędzo-



na jest przez jeden motor. Przy popędzie zbiorowym motor porusza stale wał pędniany, do którego za pomocą przeniesienia pasowego wprzega się wszystkie, część lub jedną z maszyn zależnie od potrzeby w danej chwili. Urządzenie takie, które może być zresztą w niektórych wypadkach wygodne, powoduje między innymi ciągłe straty na tarcia w łożyskach wału pędnianego, za to koszta zakładowe jednego motoru mocniejszego są znacznie mniejsze, niż całego szeregu motorów mniejszych, przy popędzie oddzielnym; jeden wał pędniany poruszać powinien oczywiście maszyny, które pod względem ruchu mają podobne wymagania. Te warunki ruchu, wymagane przez maszyny w przemyśle drobnym, mogą być różne i zależą od rodzaju maszyny i jej przeznaczenia; dla danego typu maszyny są one ściśle określone, i tutaj właśnie popęd elektryczny jest jedynym wśród innych, który w doskonały sposób prawie pod każdym względem do wymaganych warunków daje się przystosować. Idzie tu w pierwszym rzędzie o wielkość momentu skręcającego i o ilość obrotów przy różnych obciążeniach, które prawie przy wszystkich tych maszynach bywają nader zmienne. Do najtrudniejszych zagadnień należy regulacja obrotów, możliwość dowolnej ich zmiany. Te względy praktycznego zastosowania podkreślane już były przy opisie poszczególnych rodzajów motorów, tutaj jednak można wysnuć ostateczny wniosek: najidealniejszym pod względem wymagań drobnego przemysłu i taniości, jest prawie zawsze zwykły motor prądu stałego upustowy, pozwalający się regulować przeważnie bez strat energii w bardzo szerokich granicach bez uciekania się do sztucznych sposobów, mający prawie stałą ilość obrotów z rosnącym momentem skręcającym w miarę zapotrzebowania, t. j. w miarę



obciążenia; przy użyciu zaś trójprądu najtańszym i dobrym jest motor asynchroniczny (indukcyjny), który w razie potrzeby może mieć także stosunkowo szeroką skalę regulacji obrotów, pogodzić się tu jednak musimy w wypadku częstej potrzeby tej regulacji z dosyć znacznymi stratami energii, o ile nie zechcemy zastosować o wiele droższego motoru kolektrowego; pod innymi względami motor asynchroniczny o rotorze z pierścieniami odpowiada w zupełności zaletom motoru prądu stałego upustowego. Odnosi się to do wyboru samego rodzaju motoru; co do jego zaś typu, mocy, wykończenia, opornicy rozruchowej i t. p. przy wyborze wchodzi w grę jeszcze bardzo ważne inne czynniki, jak naprz. możność rozruchu pod pewnym obciążeniem lub nie; częste lub rzadkie puszczenie w ruch; możność przeciążania, na jak długo i do jakich granic; ruch ciągły i przerywany i wiele innych, z których niektóre częściowo poruszane już były przy opisie samych motorów. Ujęcie wszystkich warunków i wymagań danego ruchu i przeprowadzenie zupełnie odpowiedniego rozwiązania wogóle nie należy do rzeczy łatwych, dlatego też instalacje popędu elektrycznego powinien projektować i wykonać specjalista, inaczej, przy złym założeniu, właściciel może być narażony na ciągłe straty i nieodpowiednio wielkie zużycie prądu. Po dobrem rozważeniu wszystkich miejscowych warunków ruchu należy żądać odpowiednich ofert i cenników jednocześnie od kilku ze znanych firm światowych

28. Straty z powodu wadliwej instalacji. Weźmy prosty przykład choćby tylko pod jednym względem wadliwej instalacji, spotykany u nas bardzo często, może nawet w większości wypadków. Przypuśćmy, że do popędu maszyny naprz. prasy drukarskiej, która zależnie



od wielkości arkuszy i gatunku papieru robi na godzinę od 800 do 1200 odbitek, zastosowano motor prądu stałego upustowy. Przypomnijmy sobie układ połączeń, podany na rys. 21, i to, o czym była mowa na str. 43; warunkiem koniecznym oszczędnego ruchu jest, aby przy ilości obrotów motoru, odpowiadającej prędkości, przy której maszyna najczęściej jest w ruchu, korba opornicy znajdowała już na styku, wyłączającym ostatni opór rozruchowy, i aby dalsza regulacja obrotów w górę odbywała się za pomocą osłabiania pola; w większości wypadków daje się to praktycznie osiągnąć nawet przy zwykłym motorze upustowym, t. j. bez biegunów pomocniczych (str. 46.), regulowanym w górę do 15—20%. O ile jednak stosunek przeniesienia został dobrany niewłaściwy tak, że motor przy położeniu korby już na jednym z pierwszych styków opornicy rozruchowej będzie robił taką ilość obrotów, przy której wraz z maszyną najczęściej pracuje, to powstanie stąd strata energii ciągła przez cały czas ruchu motoru; motor będzie stale robił ilość obrotów mniejszą, niż ta, która mu jest właściwą, z powodu dławienia napięcia w załączonej części opornicy rozruchowej; w opornicy tej będzie zachodzić zjawisko zamiany energii elektrycznej na ciepło, które powinno mieć miejsce tylko podczas krótkiego okresu puszczenia w ruch motoru. Praktycznie to można poznać przez nadmierne grzanie się opornicy, o ile ta ostatnia nie była obliczoną stale na całkowite obciążenie, t. j. w razie przeznaczenia jej tylko dla rozruchu, a nie dla regulacji obrotów w dół; pracując w takich nieodpowiednich warunkach opornica w krótkim czasie może uleść zupełnemu zepsuciu, może się spalić.

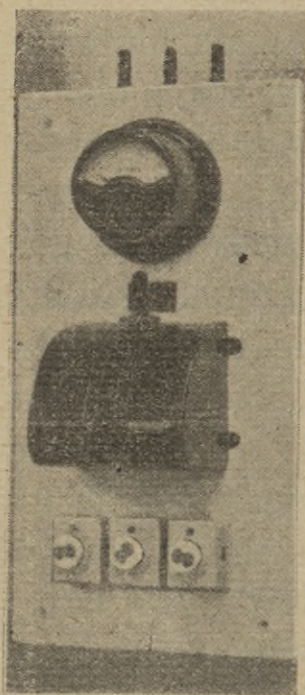
Obliczmy teraz, jakie to może powodować straty



w koronach. Te straty energii w watach wyniosą  $RJ^2$  watów (str. 24.), jeżeli przez  $R$  nazwiemy w omach załączoną część oporu rozruchowego, a przez  $J$  natężenie prądu w amperach. Weźmy dla przykładu dwukonny motor na 220 voltów i przypuśćmy, że opór  $R$  będzie równy 7 omów, co może odpowiadać położeniu korby na którymś z kilku styków od końca opornicy rozruchowej; przypuśćmy dalej, że motor przy pewnym obciążeniu będzie brał wtedy około 6 amperów, strata wyniesie:  $6^2 \times 7 = 36 \times 7 = 252$ , czyli okrągło 250 watów. O ile motor będzie pracował 10 godzin dziennie, to otrzymamy 2500 watogodzin, czyli 2,5 kilowatogodzin dziennie niepotrzebnie straconej energii elektrycznej, za którą przedsiębiorca płaci. Licząc 300 dni w roku, otrzymamy 750 kilowatogodzin na rok, co przy cenie prądu elektrycznego 30 hal. za kilowatogodzinę (obecnie we Lwowie) wyniesie rocznie 225 K. Jeżeli przedsiębiorca będzie miał w swym zakładzie kilka tak źle zainstalowanych motorów, naprz. 5, to strata jego z powodu niepotrzebnego wydatku na prąd rocznie wyniesie 1125 kor. Może to być przy większym obrocie kwota stosunkowo nieznaczna, jednak jest to pieniądz dla płacącego zupełnie stracony, i bardzo często opłaci się nawet większym kosztem złą instalację przerobić, niż stale mieć niepotrzebny wydatek. Przy obliczeniu tem przyjęto liczby bardzo oględnie, i śmiało można powiedzieć, iż w wielu wadliwych instalacjach rzecz się może przedstawiać znacznie gorzej; właściciel przedsiębiorstwa przez nieświadomość z powodu rzeczy dla niego nieuchwylnych zużywa znacznie więcej i tak już wogóle bardzo drogiego jeszcze prądu elektrycznego, niż potrzebuje, zupełnie podobnie, jakby płacił więcej za nadmierne zużycie paliwa wskutek nieumiejętnej obsługi przy innych rodzajach popędu.



29. Tabliczki rozdzielcze i mierniki. W lepszych instalacjach elektrycznych motory posiadają t. zw. tabliczki rozdzielcze, zrobione przeważnie z marmuru, z umieszczonymi na nich bezpiecznikami, załącznikiem przykrytym zwykle osłoną,



Rys. 30.

i ewentualnie także amperomierzem (str. 52.), mierzącym natężenie prądu i z powodu stałego zawsze napięcia w sieci dającym doskonały obraz każdorazowego obciążenia motoru. Jedną z takich tabliczek rozdzielczych widzieliśmy już na rys. 28 w zastosowaniu do motoru asynchronicznego; rys. 30 przedstawia podobną tabliczkę, mogącą służyć przy natężeniach prądu aż do 200 amperów, także dla motoru trójfazowego, wykonaną przez firmę Brown, Boveri & Cie w Badenie; ponieważ wszystkie trzy fazy w motorze są jednakowo obciążone, wystarcza przeto tylko jeden amperomierz wstawiony w jedną z nich.

Ilość zużytych watgodzin odczytuje się na miernikach, zwanych inaczej licznikami lub pospolicie zegarami; są one umieszczone przed całą instalacją elektryczną danego przedsiębiorstwa, są plombowane i pozostają pod kontrolą sprzedającego prąd, a więc centrali elektrycznej; według wskazań miernika następuje zapłata za zużytą energię elektryczną.

### Motor elektryczny w przemyśle drobnym.

30. Warunki dobrego wyzyskania instalacji motorycznych: duże jednostki mocy i cią-



głośność ruchu. Rzemieślnik lub drobny przemysłowiec, o ile chce pewne części swej pracy ręcznej zastąpić maszynową, lub przyspieszyć robotę za pomocą maszyny, do której popęd ręczny już nie wystarcza, albo jest niekorzystny, potrzebuje na początku rozwoju swojej pracowni motoru o mocy stosunkowo bardzo małej; najpierw zaledwie kilka, a później kilkanaście koni parowych wystarczy mu najzupełniej. Z drugiej zaś strony ów rzemieślnik, który tylko częściowo swą pracę ręczną zastępuje maszyną, nie stoi przy niej cały dzień, a tylko w pewnych okresach czasu, kiedy tego wymaga przebieg jego roboty; powstaje stąd, że jego maszyny i wogóle całe urządzenie motoryczne stosunkowo małą ilość godzin na rok są w użytku, a najpierwszymi warunkami oszczędności ruchu, t. j. warunkami ekonomicznego wyzyskania wogóle każdej instalacji motorycznej, są: założenie jej odrazu na większą skalę, czyli ustawienie większych jednostek, i ciągłość ruchu; w innym wypadku obsługa się nie opłaca i inwestycja wogóle nie jest należycie rentowną. Najlepiej będą tu mówiły liczby, wzięte z doświadczeń, porobionych przy badaniu instalacji wykonanych. Weźmy dla przykładu choćby także zakłady elektryczne i tylko kilka krańcowych danych.

W zakładzie elektrycznym\*) o popędzie parowym z trzema maszynami parowymi i dwoma kotłami parowymi, obliczonym na 78 kilowatów, koszt inwestycji wyniosły 1070 mk. na KW., a koszt utrzymania samego ruchu, t. j. koszt opału, smarów, obsługi, oprócz kosztów amortyzacji, wyniosły 16,3 fen. na KW godzinę. W zakładzie analogicznym, tylko z tą różnicą, że większym, t. j. skła-

\*) Über elektrische Antriebe von Werkzeugmaschinen. Dr. Ing. H. Kröner, Leipzig 1911.



dającym się z 3 maszyn parowych i 4 kotłów, obliczonych razem na 880 KW, koszt inwestycji wyniósł 431 mk. na KW, t. j. około  $2\frac{1}{2}$  razy mniej, niż w wypadku poprzednim, a koszt utrzymania ruchu — 9,45 fen. na KWgodz, t. j. prawie 2 razy mniej. Podobne porównanie dla popędu za pomocą motorów gazowych wypadnie wprawdzie nieco korzystniej, najkorzystniej wypadnie dla motorów Diesl'a, choć wogóle popędy te są droższe od parowego; jednak to nie zmienia postaci rzeczy, gdyż wiadomem jest, że im większe instalacje zakładamy, tem wypadają one taniej i są oszczędniejsze w ruchu w stosunku na jednostkę wytwarzanej energii.

Podobnie rzecz się ma z ciągłością ruchu. I tu liczby mówią same za siebie. W zakładzie parowym\*), obliczonym na 340 KW, który wytworzył w ciągu roku 600 tysięcy KWgodz., jedna KWgodz. kosztowała 7,55 fen.; w zakładzie zaś na 450 KW, a więc większym i przez to tańszym w ruchu, który jednak w ciągu roku wytworzył tylko 440 tysięcy KWgodz., jedna KWgodz. kosztowała 13 fen., a więc prawie 2 razy więcej. Widzimy, że dana instalacja da się wyzyskać dobrze tylko wtedy, jeżeli pracuje ciągle „pełną parą“, na takie zapotrzebowanie, na jakie jest obliczona, a nie na mniejsze. Różnice w kosztach jednostki energii w razie zapotrzebowania mniejszego są bardzo dotkliwe i rosną gwałtownie.

31. Stosunek drobnego przemysłowca do warunków ekonomicznego ruchu i rola w tem motoru elektrycznego. Czy drobny przemysłowiec wobec tego może zaryzykować ciągły ruch swojej własnej wytwórni energii, mając i ilość obstalunków zmienną i ro-

---

\*) Wyżej cytow. praca.



dzaj pracy, niewymagający ciągłego ruchu jego obrabiarek? Nie wytwarza on przecież takimi masami, aby podobnie, jak fabrykant, puścił w ciągły ruch każdą maszynę i postawił nad nią osobnego robotnika, któryby mu na zapas gromadził robotę. Musi on sam chodzić od jednej do drugiej ze swych nielicznych obrabiarek, puszczać je w ruch na jakiś czas, a zatrzymywać często na kilka godzin; obciążenie jego maszyn też nie jest równe, często dla jakiegoś małego drobiazgu musi być w ruchu cała maszyna, przeznaczona dla większych robót. Wynika stąd, że już w samym założeniu teoretycznym popęd mechaniczny dla drobnego przemysłowca jest stosunkowo kilka razy droższy, niż dla wielkiego fabrykanta; dużych ilości energii on nie potrzebuje, a mniejszych stale sam sobie ekonomicznie wytwarzać nie może, choćby tylko ze względu, iż jego zapotrzebowanie energii nawet w ciągu dnia nie jest stałe i równe. Historia rozwoju przemysłu wielkiego potwierdza w zupełności to założenie teoretyczne; szybki rozrost tego przemysłu, jego ześrodkowanie i możliwość wytwarzania większej ilości taniej energii, do której się przyłącza rozporządzanie olbrzymimi kapitałami, zdawało się, przesądzały zupełnie los przemysłu drobnego; zdawało się, że najmniejszy przejaw jego życia nie ostoi się wobec zaborczości przemysłu wielkiego. W tym to okresie właśnie, stosunkowo bardzo niedawnym, na pomoc dla przemysłu drobnego powstaje tani, lekki, dający się doskonale regulować i oszczędny w ruchu motor elektryczny, a przy łatwo dostępnej energii elektrycznej zapewnia mu w pewnych gałęziach może na zawsze możliwość istnienia obok przemysłu wielkiego. Tylko jedynie motor elektryczny pozwala drobnemu przemysłowcowi nie wytwarzać u siebie energii motorycznej, ale



kupować ją gotową w każdej chwili i w dowolnej ilości pod postacią energii elektrycznej. Energia ta wytwarza się w centralach elektrycznych odrazu na wielką skalę i ciągle, a więc w warunkach najkorzystniejszych, a setki i tysiące abonentów, połączonych z daną centralą drutami, może w każdej chwili dowolną ilość tej energii zużywać. Drobny więc przemysłowiec nie potrzebuje u siebie zakładać całej fabryki, na którąby się nigdy zdobyć nie mógł, lecz wystarczy mu tylko zainstalować u siebie tani motor elektryczny i połączyć się z siecią, zasilaną przez wytwórnię energii elektrycznej, t. j. centralę.

Motor elektryczny jest więc głównie motorem przemysłu drobnego; o ile jego zastosowanie do przemysłu wielkiego jest tylko jednym krokiem naprzód w udoskonaleniu, o tyle w przemyśle drobnym zastosowanie to było wprost punktem zwrotnym w ogólnym rozwoju ekonomiczno-społecznym; powstrzymało ono od zagłady całą klasę społeczną, nad przesądzonym losem której napróžno biadali już politycy i ekonomiści. Motor elektryczny nie wyklucza oczywiście tej przewagi, jaką zawsze będzie posiadał przemysł wielki nad drobnym, zawdzięczając swemu kapitałowi, możliwości hurtownego zakupu surowych materiałów, masowego gromadzenia i hurtownej sprzedaży swych produktów, ale tylko za pomocą motoru elektrycznego popęd mechaniczny został „zdemokratyzowany“, stał się dostępnym dla rzemieślnika i drobnego przemysłowca prawie na takich samych warunkach, jak i dla przemysłu wielkiego.

32. Warunki popędu mechanicznego, wymagane w drobnym przemyśle. Pomijając na razie sprawę kapitału zakładowego, jego rentowność wogóle i wysokość pożyczki, którą zwykle musi zaciągnąć dro-



bny przemysłowiec z chwilą, gdy postanowił zaprowadzić w swej pracowni popęd mechaniczny, w czym możliwość zastosowania motoru elektrycznego odgrywa bardzo często wprost decydującą rolę, — zastanówmy się obecnie bardziej szczegółowo, w jakim stosunku pozostaje on względem innych rodzajów popędu ze stanowiska technicznego i ekonomicznego.

Drobny przemysłowiec wymaga od popędu mechanicznego warunków nadzwyczajnych; jakieśmy już ogólnie widzieli warunkami tymi są:

1. zapotrzebowanie stosunkowo małej mocy;
2. stosunkowo mała ilość godzin używalności w ciągu roku;
3. bardzo zmienne obciążenie wogóle;
4. bardzo częste zatrzymywanie i puszczenie w ruch;
5. możliwie najłatwiejsza obsługa, zrozumiała i dostępna dla każdego.

Tym wszystkim warunkom jest w stanie odpowiedzieć tylko motor elektryczny. Wogóle motory o mocach małych są nieoszczędne w ruchu, to znaczy zużywają stosunkowo za dużo materiału opałowego na jednostkę pracy, t. j. na 1 HPgodz.; wydajność ich spada wtedy bardzo nisko. Ten wzgląd powoduje głównie, iż zależnie od rodzaju motoru najmniejsza ilość jednostek jego mocy jest ograniczona, poniżej pewnej mocy schodzić nie można. Nie tyczy się to prawie zupełnie motoru elektrycznego; są motory elektryczne, odpowiadające zupełnie swym wymaganiom, o mocach mniejszych od  $\frac{1}{20}$  HP, schodzą nawet do  $\frac{1}{100}$  HP; zaczynając od mocy, praktycznie stosowanej do popędu, naprz. od 0,5 HP, motory elektryczne pod względem wydajności pracują już w sposób zadowalający; wydajność tych motorów dochodzi już



do siedmdziesięciu kilku procent, czego zupełnie nie możemy powiedzieć o żadnym innym rodzaju, motoru o tak małej mocy.

Ta sprawa złęgo wyzyskania paliwa przy motorach o małych mocach łączy się bezpośrednio z zagadnieniem bardziej ogólnem, poruszonem już przy omawianiu wogóle celowości niewytwarzania małych ilości energii na miejscu, lecz kupowania jej już gotowej pod postacią prądu elektrycznego; tutaj jednak w połączeniu ze stosunkowo dużą wydajnością motoru elektrycznego o małych mocach ma to wyjątkowo ważne znaczenie.

33. **Popęd parowy.** Przejdźmy w krótkości główniejsze rodzaje popędu mechanicznego. Pod względem nas obchodzącym maszyna parowa zachowuje się bardzo źle; mamy wprawdzie maszyny parowe, od 0,5 HP począwszy, ale zużywają one pary, a co za tem idzie, i węgla na 1 konia i godzinę niewspółmiernie dużo; trudno tu przytoczyć dokładniejsze dane, ponieważ zależą one od rodzaju motoru parowego, jego wielkości i sposobu użycia pary (para przegrzana, ekspansya, kondensacya), można jednak powiedzieć, że maszyna parowa o małej mocy zużywa 3 do 4 razy więcej paliwa, niż maszyna o mocy, przy której ruch jej staje się racjonalnym ze względów ekonomicznych; za taką w przybliżeniu możemy uważać maszynę parową pewnych typów, posiadającą co najmniej kilkanaście koni parowych.

O turbinach parowych w zastosowaniu do przemysłu drobnego trudno jest nawet wspominać dłużej; są wprawdzie turbiny parowe o mocach, aż od 0,2 HP począwszy, ale pod względem oszczędności ruchu nie odpowiadają one nawet najbardziej pobłażliwem wymaganiom, pomijając już ich olbrzymie ilości obrotów. Wogóle popęd pa-



rowy już choćby z samego tylko względu na konieczność wytwarzania pary bądź w osobnym kotle parowym, bądź przy użyciu nawet lokomobili, t. j. połączenia maszyny parowej z kotłem w jedną całość, w zastosowaniu do przemysłu drobnego praktycznym być nie może; wchodzi tu w grę i lokal, wynajęty zwykle w domu mieszkalnym, i ustawowe przepisy bezpieczeństwa.

34. Popęd ropny, benzynowy, gazowy; zalety motoru elektrycznego. Daleko ekonomiczniej pod względem ruchu zachowują się w tych warunkach motory wybuchowe i spalinowe wogóle, nie dorównują jednak motorowi elektrycznemu. Także i tutaj motory ssąco-gazowe, o mocach wprawdzie już od 6 HP, lecz wymagające specjalnego generatora gazu i nadzwyczaj umiejętnej i starannej obsługi, i doskonałe wogóle motory Diesla, o mocy jednak dopiero od 10 HP, — nie nadają się do przemysłu drobnego.

Pozostają więc małe motory wybuchowe, które obok motoru elektrycznego mogą mieć zastosowanie w przemyśle drobnym. Porównamy je krótko, zwracając uwagę tylko na najgłówniejsze rzeczy. Mamy więc głównie motory gazowe, benzynowe lub benzolowe i ropne lub naftowe. Pomijając sprawę obsługi, która przy motorze elektrycznym sprowadza się prawie do zera, a przy tych motorach wymaga pewnej umiejętności i czasu, zwłaszcza na czyszczenie, naprz. przy motorach ropnych, z czem przemysłowiec drobny sam sobie poradzić nie może i musi wynajmować do tego specjalistę, co znacznie obciąża koszt utrzymania, podnieść tu w pierwszym rzędzie należy sprawę gazów spalania. Są one wprost niebezpieczne przy niektórych motorach wybuchowych; przy motorach ropnych naprz. odgrywają często decydującą



rolę, ustawienie tych motorów w jakiejś bardziej zaludnionej miejscowości z powodu gazów spalania jest dość trudne, a w miastach prawie niemożliwe. Z tem łączy się także i niebezpieczeństwo pożaru w razie nagromadzenia w bliskości jakiegoś łatwo zapalnego materiału, naprz. drewna. Motor elektryczny pod tym względem jest idealny w całym tego słowa znaczeniu, w nim nie spala się nic, nieznośne dla oddechania gazy i niebezpieczeństwo pożaru usunięte jest zupełnie.

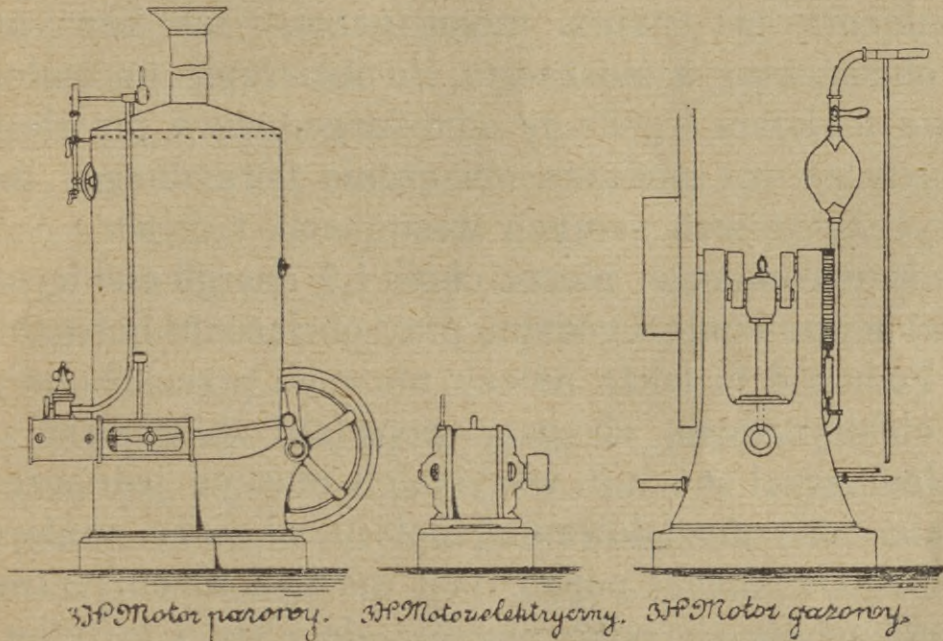
Przy popędzie elektrycznym odpada także zupełnie konieczność gromadzenia materiału opałowego, co również ze względu na niebezpieczeństwo, naprz. przy motorach benzynowych i ropnych, i ze względu na zaoszczędzenie miejsca w lokalu drobnego przemysłowca ma czasem duże znaczenie; pod tym względem do motoru elektrycznego zbliżonym jest motor gazu świetlnego, doprowadzanego przewodami podobnie, jak prąd elektryczny.

Do zalet bardzo ważnych motoru elektrycznego należy jego równy, spokojny i względnie cichy bieg, nie dościgniony dla hałaśliwego i stosunkowo nierównego w ruchu motoru wybuchowego. Brak wszelkich wstrząśnień w biegu motoru elektrycznego, który nie posiada ruchu posuwisto-zwrotnego, jak inne motory, a tylko ruch obrotowy, pozwala go umieścić wszędzie bez specjalnych fundamentów; z powodu jego stosunkowo bardzo małych rozmiarów i wygodnego kształtu można go przymocować za pomocą konsoli do zwykłej ściany, do sufitu, nawet go ukryć w samej maszynie pędzonej. Rys. 31., zaczerpnięty z książki Hammel'a\*), przedstawia szkice porów-

\*) Ing. Ludwik Hammel. Der Elektromotor im Kleingewerbe und Handwerk. Frankfurt a/M. 1910.



nawcze co do wielkości trzech motorów o mocach 3 HP, motoru parowego (lokomobili), gazowego i elektrycznego. Motory wybuchowe wymagają więc znacznie więcej miejsca, a z powodu swych wstrząśnień muszą mieć zwykle



Rys. 31.

specjalne fundamenty, na co, pomijając już koszt, potrzebna jest zgoda właściciela lokalu; z powodu hałasu na ustawienie motoru wybuchowego potrzebna jest także zgoda sąsiadów; są to okoliczności, decydujące w większości wypadków.

Pewną rolę odgrywa także woda ze względu na jej koszt i czasami ze względu na jej brak. Woda przy maszynach parowych potrzebna jest w dużych ilościach i miękka, przy motorach wybuchowych w ilościach mniejszych tylko do chłodzenia; motor elektryczny ani zasilania, ani chłodzenia wodnego nie potrzebuje wcale.

Co się zaś tyczy zmienności obciążenia, to motory wybuchowe daleko nie dorównują pod tym względem mo-



torowi elektrycznemu, który przy niedociążeniach i przeciążeniach nawet w bardzo szerokim zakresie bierze energii mniej więcej odpowiednio do swego obciążenia. Motory wybuchowe przy częściowym obciążeniu zużywają stosunkowo daleko więcej paliwa, niż przy obciążeniu normalnym; tak naprz. motor gazowy lub benzynowy przy obciążeniu, wynoszącym  $\frac{1}{4}$  obciążenia normalnego, zużywa na konia i godzinę odnośnego paliwa prawie dwa razy więcej, niż podczas obciążenia normalnego; motor elektryczny w tych samych warunkach, t. j. przy  $\frac{1}{4}$  obciążenia normalnego, bierze około 1,3 energii elektrycznej zużywanej na konia i godzinę przy obciążeniu normalnym.

Podnieść tu także należy możliwość przeciążania motoru elektrycznego, co przy popędzie zbiorowym przy rzadkiem uruchomieniu wszystkich maszyn jednocześnie pozwala na zainstalowanie motoru o mocy mniejszej, niżby tego wymagał popęd tych maszyn razem; z motorów wybuchowych tylko niektóre dają się i to tylko cokolwiek przeciążyć; ten wzgląd zresztą należy bezpośrednio do sprawy finansowej, t. j. do wysokości kapitału zakładowego i jego oprocentowania.

35. Wpływ ilości godzin dziennego ruchu na koszt ruchu wogóle przy motorach wybuchowych i elektrycznym. Przechodząc właśnie teraz do tej sprawy, trzeba zauważyć, że te widoczne zalety praktyczne motoru elektrycznego nie mogą być też decydującymi; przemysłowcowi wogóle do przekonania nie trafią, jeżeli on nie będzie miał mniej więcej dokładnych obliczeń kosztów ruchu danego popędu; przy większych nawet niewygodach i przy trudnościach do pokonania wybierze on zawsze popęd znacznie tańszy. Tu eż do pewnego stopnia słaba strona motoru elektrycz-



nego, spowodowana stosunkową jeszcze droższą prądu elektrycznego; tu leży także przyczyna, dlaczego motor elektryczny przy swych wyjątkowych zaletach w wielu wypadkach nie wyrugował jeszcze ostatecznie wszelkiego innego popędu. W drobnym przemyśle jednak na korzyść motoru elektrycznego działa w wielkim stopniu ten trudny do spełnienia dla każdego innego popędu warunek, który był już wymieniony na str. 77 pod 2, a nie poruszany dotąd bliżej, mianowicie taniość ruchu przy stosunkowo bardzo małej ilości godzin używalności w ciągu roku; z tem łączy się bezpośrednio wspomniana już bliżej zmienność obciążenia i częste zatrzymywanie i puszczenie w ruch.

Przy motorach wybuchowych koszta ruchu przy zmniejszającej się ilości godzin ruchu w ciągu roku rosną znacznie szybciej, niż przy motorach elektrycznych, przy których koszta te zmieniają się tylko nieznacznie; dotyczy to głównie motorów o mocach małych. Aby wykazać, w jakim stopniu koszta ruchu rosną w miarę zmniejszania się ilości godzin używalności przy różnych popędach, weźmy dla przykładu kilka danych z tablic, przytoczonych w dziełku Barth'a \*). Według jego obliczeń przy motorze gazu świetlnego o mocy 1 HP względnie 2 HP będącego w ruchu 10 godzin dziennie, licząc w roku 300 dni roboczych, koszt jednej koniogodziny wynosi 21,7 feng., względnie 15,7 feng.; przy takim samym motorze i w tych samych warunkach, pracującym jednak 5 godzin dziennie, koszta te wynoszą odpowiednio 29,8 i 20,2 feng., a przy dwugodzinnej pracy otrzymujemy odpowiednio 59,2 i 36,8 feng. na konia i godzinę. Ruch

\*) Friedrich Barth. Die zweckmässigste Betriebskraft. Leipzig 1910.



motoru benzynowego o mocy 1 HP względnie 2 HP, pracującego tak, jak poprzedni 300 dni na rok po 10 godzin dziennie, koszt jednej koniogodziny wypada 23,8 feng. względnie 18 feng., a przy ruchu tegoż motoru 5 godzin dziennie liczby te wypadną odpowiednio 31,9 i 22,8 feng. na konia i godzinę. W przeciwieństwie do tych stosunkowo dużych różnic ruch motoru elektrycznego trójfazowego o mocy 1 HP względnie 2 HP, licząc 300 dni roboczych w roku przy dziesięciogodzinnej pracy dziennej według wspomnianego źródła wynosi 20,8 feng. względnie 19,5 na konia i godzinę; przy 5 godzinnej pracy dziennej koszt ten wynosi odpowiednio 22 i 20,2 feng. na konia i godzinę, a przy 2 godzinnej pracy podnosi się zaledwie do 26,2 feng. względnie 22,6 feng. Dla motorów już nieco większych naprz. 4—5 HP różnice te zmniejszają się znacznie i stosunki przesuwają się na korzyść motorów wybuchowych, należy to przyznać, w powyższych obliczeniach jednak nie wzięto pod uwagę zmienności obciążenia, a także częstego zatrzymywania i puszczenia w ruch, które w rachunkowe, z góry przewidziane jakieś normy ująć się nie dadzą; ten wzgląd może wyrównać zupełnie koszty ruchu motoru elektrycznego z nieco mniejszymi kosztami motorów wybuchowych. Wyniki podobnych obliczeń dla każdego warunków wypadną odmiennie, zależnie od okoliczności miejscowych, głównie zaś od miejscowych cen materiałów opałowych i prądu elektrycznego.

36. Strona finansowa instalacji motorycznych: kapitał zakładowy i koszty ruchu. Cała strona finansowa wogóle, bez uwzględnienia oczywiście rzeczy, które w rachunku ująć się nie dadzą, a w wielu wypadkach mogą mieć duży wpływ na koszty,



dzieli się na dwie sprawy: wysokość kapitału zakładowego i kosztu ruchu; pierwsza z nich odgrywa ważną rolę w przemyśle drobnym i jest znacznie mniej ważną dla przemysłu wielkiego, druga natomiast jest sprawą pierwszej wagi, jak w jednym, tak i w drugim przemyśle.

Na kapitał zakładowy składa się koszt całej instalacji motorycznej, a więc: kupno motoru, jego sprowadzka, fundament, zmontowanie, przeprowadzenie odpowiednich urządzeń, a także wydatek na sam budynek lub lokal, gdzie się dana instalacja ma znajdować. Pod względem kapitału zakładowego motor elektryczny jest najidealniejszy; cena jego jest znacznie mniejsza, niekiedy 3 i więcej razy od cen motorów wybuchowych, jak już widzieliśmy (str. 80.) nie wymaga specjalnych fundamentów, dając się doskonale regulować, pozwala uniknąć w wielu wypadkach przekładni, pasów pędnianych i kół stopniowych, co ogromnie oszczędza zajmowane przez całe urządzenie miejsce. Małe wymiary motoru elektrycznego pozwalają prawie zawsze drobnemu przemysłowcowi zastosować go zupełnie bez powiększania i specjalnego urządzenia lokalu. W tym wypadku możnaby kosztów lokalu na sam motor nie liczyć zupełnie, aby jednak i ten czynnik wprowadzić do obliczeń, przyjmijmy jako koszt własnego budynku mniej więcej 100 kor. na 1 metr kwadratowy powierzchni, zajmowanej przez motor; jest to oczywiście kwota przyjęta tylko w przybliżeniu; w razie lokalu wynajętego koszt ten odpada.

Na kosztu ruchu składają się głównie:

1. oprocentowanie kapitału zakładowego;
2. amortyzacja całej inwestycji (instalacji motorycznej);
3. utrzymanie i naprawy;



4. oprocentowanie kosztów budynków, ich amortyzacja, utrzymanie i naprawy; czynsz roczny w razie lokalu wynajętego;

5. smary i przyrządy do czyszczenia;

6. materiał opałowy, względnie prąd elektryczny;

7. obsługa;

8. czynsz za mierniki.

Nie uwzględniono tu jeszcze wiele innych wydatków, jak: należytość za rewizję, koszt wody do chłodzenia, podatki, ubezpieczenia, kasa chorych, ogrzewanie i oświetlenie lokalu i t. p.

Oprocentowanie kapitału zakładowego należy wliczać do kosztów ruchu, gdyż kapitał ten, użyty gdzieindziej, przyniósłby odpowiedni zysk; przyjmuje się zwykle 5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Zalety motoru elektrycznego są tu oczywiście te same, co i pod względem kapitału zakładowego.

Po pewnym czasie motor i cała instalacja zużywa się tak, że nie przedstawia już swej pierwotnej wartości, w końcu posiada już tylko wartość starego metalu, dlatego też do kosztów ruchu musimy wstawić także pewne odsetki, licząc, aby cała instalacja zamortyzowała się w przeciągu kilkunastu lat, zależnie od używalności i od rodzaju popędu. Przy używaniu motoru 2 godziny dziennie przyjmujemy naprz. na amortyzację czas dłuższy, niż przy jego używaniu 10 godzin dziennie. Przyjmuje się zwykle od 5—10<sup>0</sup>/<sub>0</sub> kapitału zakładowego, co stanowi 20—10 lat amortyzacji. Taniość i wytrzymałość elektrycznych instalacji motorycznych odgrywa więc ważną rolę na korzyść przedsiębiorstwa.

Utrzymanie i naprawy też są różne zależnie od rodzaju popędu; przy motorach elektrycznych, przy których te wydatki są nadzwyczaj małe, możemy je przyjąć róż-



wne około  $1\frac{1}{2}\%$  od kosztów całej instalacji, przy motorach wybuchowych od  $1\frac{1}{2}\%$  do  $2\%$ .

Co do amortyzacji budynków, to rozkłada się ją zwykle na 25 do 50 lat, co odpowiada  $4-2\%$  ich kosztów; w obliczaniu przyjmować będziemy  $2\frac{1}{2}\%$ ; oprocentowanie kapitału, włożonego w budynki, przyjmiemy jak poprzednio  $5\%$ , na utrzymanie i naprawy można liczyć  $1\frac{1}{2}\%$ ; w sumie więc do kosztów ruchu należy wliczyć  $8\%$  kosztów budynków. W razie lokalu wynajętego miejsce tych odsetek zajmuje czynsz najmu lokalu. Także więc tutaj małe rozmiary motoru elektrycznego jeszcze raz wchodzi w grę.

Smary i przyrządy do czyszczenia kosztują przy motorze elektrycznym bardzo mało, wydatek ten możemy określić zaledwie na kilka koron rocznie, zależy on jednak także od ilości godzin rocznego ruchu; dla motorów wybuchowych wydatek ten jest większy, przechodzi niekiedy 100 kor. rocznie.

Co do materiału opałowego, względnie prądu elektrycznego, to już mówiliśmy o tem na str. 83, zaznaczając jednocześnie stosunkową drożyznę tego ostatniego; cena energii elektrycznej, sprzedawanej dla celów przemysłowych w Galicyi, zależy od miejscowości waha się bardzo, od 15 do 50 hal. za KWgodz.; z dwudziestukilku elektrowni miejskich, egzystujących w Galicyi i sprzedających energię\*), najtańszą jest elektrownia w Nowym Targu, wyzyskująca do popędu siłę wodną, obok pary. Przy tem wszystkim bierzemy oczywiście w rachubę warunki normalne przedwojenne, nie mając tu zupełnie moż-

\*) Inż. Kazimierz Drewnowski. Statystyka elektrowni miejskich w Galicyi za rok 1911. Lwów, 1912.



ności uwzględnienia ciągle zmieniających się dzisiaj cen wszystkich materiałów.

Sprawę obsługi motorów elektrycznego i wybuchowych omawialiśmy już wyżej (str. 79.), dla tych ostatnich musimy zawsze liczyć na obsługę pewną kwotę.

Czynsz za mierniki gazu świetlnego lub prądu elektrycznego ustalony jest w każdej miejscowości.

37. Przykład obliczenia instalacji motoru elektrycznego i gazowego o mocach 2 HP. Dla przykładu przeprowadźmy teraz obliczenie, jakie powinien zrobić z możliwie największą dokładnością każdy, decydujący się na zaprowadzenie w swej pracowni popędu mechanicznego; dla porównania weźmy motor elektryczny i motor gazu świetlnego, jako najczęściej mogące współzawodniczyć z sobą w miastach, które z natury rzeczy są zwykle najgłośniejszymi środowiskami także i przemysłu drobnego. Te dwa rodzaje popędu mechanicznego mają wiele wspólnych cech już z tego powodu, że gaz świetlny można zupełnie podobnie abonować dla celów przemysłowych, jak i prąd elektryczny. Zakładając te motory o mocy 2 HP, obliczmy kapitał zakładowy i kosztą ruchu dla jednego i drugiego.

#### Kapitał zakładowy.

Motor elektryczny 2 HP trójfazowy asynchroniczny.

Koszt zakupu motoru wraz z opornicą rozruchową i wszystkimi dodatkami, z przeprowadzeniem całej instalacji i zmontowaniem . 520 K. \*)

Do przeniesienia 520 K.

\*) Przyjmujemy tu liczby oczywiście w pewnym przybliżeniu tylko i według cen przedwojennych; obecnymi cenami powodować się tu nie można z powodu ich ustawicznej nadzwyczajnej zmienności; motor elektryczny, który przed wojną kosztował 500 K, dziś kosztuje około 1200 K, jeżeli wogóle możliwość jego kupienia i sprowadzka jest do osiągnięcia.



	Z przeniesienia	520 K.
Odpowiednia część kosztu budynku, licząc		
100 K na 1 m <sup>2</sup> . . . . .		50 „
		<u>570 K.</u>

Motor gazu świetlnego 2 HP.

Koszta zakupu motoru ze zmontowaniem i urządzeniem fundamentu, jak również z przeprowadzeniem całej instalacji gazowej, mniej więcej . . . . . 1800 K.

Odpowiednia część kosztu budynku, licząc		
100 K na 1 m <sup>2</sup> . . . . .		350 „
		<u>2150 K.</u>

### Koszta ruchu.

Koszta te rocznie dla tych dwóch wypadków w razie używania motorów 2 godziny dziennie wyniosą:

Motor elektr.    Motor gaz.

Oprocentowanie kapitału zakładowego 5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; jego amortyzacja przy motorze elektr. 5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, przy motorze gazowym 6<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; utrzymanie i naprawy dla motoru elektr. 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>0</sup>/<sub>0</sub>, gazowego 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>0</sup>/<sub>0</sub>; razem więc przy motorze elektrycznym 10<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>0</sup>/<sub>0</sub> od 520 K, przy motorze gazowym 12<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>0</sup>/<sub>0</sub> od 1800 K    54·60 K.    225— K.

Oprocentowanie kapitału zakładowego budynku 5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, jego amortyzacja 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>0</sup>/<sub>0</sub>, naprawa i utrzymanie 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>0</sup>/<sub>0</sub>, razem więc 8<sup>0</sup>/<sub>0</sub> . . . . .    4— „    28— „

Smary i przyrządy do czyszczenia . . . . .    3— „    50— „

Do przeniesienia    61·60 K.    303— K.



	Z przeniesienia	61·60 K.	303— K.
Obsługa . . . . .	—·— „		100— „
Czynsz za mierniki . . . . .	24— „		10·80 „
Prąd elektryczny, względnie gaz światlny . . . . .		279— „	134·40 „
Ogólny koszt roczny . . . . .		364·60 K.	548·20 K.

Koszt więc jednej koniogodziny wyniesie 30,38 hal. dla motoru elektrycznego i 45.68 hal. dla motoru gazowego.

Nieco inaczej przedstawia się ten rachunek, jeżeli założymy nie dwu- lecz 10 godzinną pracę dzienną; różnica polega głównie na większym zużyciu gazu, względnie prądu elektrycznego; współczynnik amortyzacyjny, obsługa i smary, też wypadną nieco wyższe:

	Motor elektr.	Motor gaz.
Oprocentowanie kapitału zakładowego 5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> ; jego amortyzacja przy motorze elektrycznym 6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> , przy gazowym 8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> ; naprawy i utrzymanie dla motoru elektrycznego 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> <sup>0</sup> / <sub>0</sub> , gazowego 2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> ; razem więc przy motorze elektrycznym 11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> <sup>0</sup> / <sub>0</sub> od 520 K, przy motorze gazowym 15 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> od 1800 K . . . . .	59·80 K.	270— K.
Oprocentowanie, amortyzacja i utrzymanie budynku, jak poprzednio . . . . .	4— „	28— „
Smary i przyrządy do czyszczenia . . . . .	6— „	80— „
Obsługa . . . . .	—·— „	150— „
Czynsz za mierniki . . . . .	24— „	10·80 „
Prąd elektryczny, względnie gaz światlny . . . . .	1395— „	672— „
Ogólny koszt roczny . . . . .	1488·80 K.	1210·80 K.



Koszt więc jednej koniogodziny wyniesie 24,81 hal. dla motoru elektrycznego i 20,18 hal. dla motoru gazowego.

W obliczeniach powyższych przyjęto cenę gazu 16 hal. za 1 m<sup>3</sup> i cenę energii elektrycznej 25 hal. za 1 KW godz.\*); motor gazowy dwukonny zużywa 0,70 m<sup>3</sup> gazu na konia i godzinę; motor elektryczny dwukonny zużywa 0,93 KWgodz. na konia i godzinę, co odpowiada 0,79% wydajności motoru; według tych przyjętych danych obliczono powyższe koszty roczne prądu i gazu: ilość koniogodzin rocznie przy dwugodzinnym ruchu dziennie, licząc 300 dni roboczych w roku, wynosi:  $2 \times 300 \times 2 = 1200$ ; zużycie energii elektrycznej:  $1200 \times 0,93 = 1116$  KWgodz.; koszt:  $1116 \times 0,25 = 279$  K. Podobnie gaz; jego zużycie roczne:  $1200 \times 0,70 = 840$  m<sup>3</sup>; koszt roczny  $840 \times 0,16 = 134,40$  K. Podobnie w drugim wypadku przy 10 godzinnym ruchu dziennie; ilość koniogodzin rocznie  $10 \times 300 \times 2 = 6000$ ; zużycie energii elektrycznej  $6000 \times 0,93 = 5580$  KWgodz.; koszt roczny  $5580 \times 0,25 = 1395$  K; dla gazu zaś: jego zużycie roczne  $6000 \times 0,70 = 4200$  m<sup>3</sup>; koszt roczny  $4200 \times 0,16 = 672$  K. W razie lokalu wynajętego w miejsce oprocentowania kosztu budynku, jego amortyzacji i utrzymania należy wstawić roczny koszt najmu lokalu.

Wyniki powyższe nie są naturalnie wszędzie i zawsze miarodajne, wskazują one jednak stanowczo, iż przy małej ilości godzin dziennego ruchu i przy małych jednostkach mocy motor elektryczny pod względem kosztu

\*) Są to ceny przedwojenne we Lwowie; wzięto je jako odpowiednie wyżej przyjętym cenom przedwojennym motorów i instalacji, nie uważając wogóle wszystkich cen obecnych za ostatecznie ustalone i normalne (obecnie we Lwowie 1 m<sup>3</sup> gazu kosztuje 22 hal., a 1 KWgodz. dla celów przemysłowych 30 hal.).



na jednego konia i godzinę wypada zawsze taniej; przy 10 godzinnym ruchu dziennie jest nieco droższy pod tym względem od motoru gazowego, prześciga go jednak znacznie pod względem wygody. W miarę zwiększania się mocy użytych motorów ta różnica kosztów powiększa się stopniowo na korzyść motoru gazowego; koszt ruchu motoru ropnego jest mniejszy od motoru gazowego.

Obliczenia podobne nie mogą oczywiście ująć w rachunkowe normy wszystkich okoliczności; nie wszystkie za i przeciw dadzą się ściśle ocenić na korony; liczymy naprz. pewną kwotę na naprawy i na obsługę, lecz nie możemy ocenić, ile jest warta pewność ruchu, i jakie koszty za sobą może pociągnąć jego przymusowa przerwa. Pod względem pewności ruchu motor elektryczny odpowiada najsurowszym wymaganiom, czego nie można powiedzieć wogóle o wszystkich motorach wybuchowych. W obliczeniach podobnych, jak już było wspomniane, nie sposób także uwzględnić w rachunku zmienności obciążenia, co wpłynęłoby znacznie obniżająco na koszty ruchu motoru elektrycznego. W wielu więc wypadkach wybór motoru elektrycznego pomimo nieco większych kosztów ruchu jest już z góry bardzo wskazanym. Jako dowód praktyczności motoru elektrycznego niechaj służą doświadczenia, porobione u obcych: w Berlinie od roku 1901 do 1911 ilość zainstalowanych motorów gazowych spadła z 1160 do 422, gdy tymczasem ilość motorów elektrycznych podwyższyła się o 3000 tak, iż ostatnio było około 33.000 motorów elektrycznych, zainstalowanych w tym mieście; przeciętna moc tych motorów wynosiła  $3\frac{1}{2}$  HP\*).

\*) F. H. Aspestrand. Elektromotorische Betriebe. Strelitz in Mecklenburg 1914.



38. Wpływ motoru elektrycznego na możliwość stopniowego rozwoju pracowni rzemieślniczej; jego zastosowanie w stolarstwie i tokarstwie. Przejdźmy obecnie do pobieżnego bardzo streszczenia zastosowania popędu elektrycznego do różnych gałęzi drobnego przemysłu, wskazując przytem na możliwość stopniowego rozwoju pracowni rękodzielniczej, zaczynając od ubikacyi z jednym oknem zwykłego rzemieślnika, a kończąc na przemysłowcu, posiadającym obszerniejszy zakład z produkcją, zbliżoną częściowo do fabrycznej. Możliwość takiego rozwoju ułatwia w wielkim stopniu motor elektryczny, pozwalając przy swych małych mocach i taniości bez wielkich nakładów stosować popęd mechaniczny do posiadanych już starych maszyn, a także dokupować stopniowo jeszcze brakujące najpotrzebniejsze obrabiarki, pędzone elektrycznie.

Weźmy dla przykładu stolarza, posiadającego małą pracownię, który w pewnej chwili wzmożonego ruchu budowlanego (jaki naprz. napewno mieć będziemy przy odbudowie kraju po wojnie) dostaje bezpośrednio od przedsiębiorcy zamówienie na większą ilość okien i drzwi; przedsiębiorcą ów obiecuje przytem stolarzowi, iż prawdopodobnie i w najbliższych następnych latach zapotrzebowanie jego będzie tak samo duże. Przyszłość stolarza i dobrobyt jego rodziny zależy od przyjęcia tego zamówienia i wykonania w oznaczonym czasie, podjąc się on jednak tej roboty nie może bez rozszerzenia i dostosowania swej pracowni do zwiększonej znacznie produkcji; musiałby on sobie sprawić odpowiednie obrabiarki, narazie najkonieczniejsze, jak: piłę, heblarkę, frezerkę do odpowiednich profili i wiertarkę, musiałby się przytem postarać o jakiś rodzaj popędu mechanicznego; i tu mo-



tor elektryczny odda mu najpierwszorządniejsze usługi; jedynie jemu zawdzięczając, bez wielkich wkładów na popęd, stolarz szybko będzie mógł dostosować swą pracownię możliwie nawet bez rozszerzenia lokalu; tu właśnie może się zdarzyć, iż stolarz ów przetrwanie próby i swoje dojście do dobrobytu będzie zawdzięczał jedynie motorowi elektrycznemu.

Nadmienić jednak należy, iż przemyślny stolarz, jak wogóle każdy rzemieślnik i przemysłowiec, nie będzie czekał, aż otrzyma większe zamówienia, którym w swej pracowni nie będzie mógł sprostać, lecz z góry już, przeczuwając pewne ułożenie się stosunków i wzmożenie zapotrzebowania, będzie się starał zawczasu odpowiednio przyszykować swoją pracownię do tych okoliczności, co przy pewnym uzdolnieniu fachowem, urobionej opinii i przy poparciu instytucyi, opiekujących się drobnym przemysłem w naszym kraju, dla każdego jest dostępne. Nie mając ani jednej maszyny, stolarz, zmuszony choćby tylko jednym większym zamówieniem, może na razie, stosując motor elektryczny, częściowo tylko przystosować swą pracownię; może sobie sprawić najpierw tylko jedną maszynę, naprz. frezerkę lub heblarkę, która mu całą robotę przyśpieszy i ułatwi; do takiej obrabiarki potrzeba motoru o mocy  $1\frac{1}{2}$  HP do 2 HP; w stosunku do większego zarobku może to być nakład, który już przy kilku następnych większych zamówieniach wróci się zupełnie. Zachęcony w ten sposób rzemieślnik będzie w dalszym ciągu dokupował coraz to inne potrzebne mu maszyny i pracownię swą stopniowo rozszerzał. Taki stopniowy i ostrożny ze względów finansowych rozwój małej pracowni rzemieślniczej jest możliwy tylko przy użyciu popędu elektrycznego.



Większy już zakład stolarski, posiadający piłę taśmową średniej wielkości, piłę tarczową (cyrkularną) mniejszą, strugarkę do obróbki mtaeryału z gruba, heblarkę, frezerkę, wiertarkę i toczydło do ostrzenia narzędzi, potrzebuje popędu o mocy około 8 HP. Ponieważ wszystkie te maszyny bardzo rzadko jednocześnie muszą być w ruchu, przeto wystarczy motor o 5 HP, który jednak, posiadając możność pracy przy przeciążeniu do 40<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, w przeciągu niezbyt długiego czasu będzie w stanie poruszać wszystkie maszyny jednocześnie, przy popędzie oczywiście zbiorowym. Zakładając motor wybuchowy, należałoby zastosować moc całych 8 HP na wypadek choć rzadkiego, lecz koniecznego jednoczesnego ruchu wszystkich maszyn, a wtedy podczas pracy jednej tylko obrabiarki, naprz. heblarki, wymagającej mocy około 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> HP, cały ośmio-konny motor będzie musiał być w ruchu i zużywać, jak już wiemy (str 82.), nie o wiele mniej paliwa, niżby zużywał pod pełnem obciążeniem 8 HP, poruszając wszystkie maszyny naraz; motor elektryczny zaś przy niepełnem obciążeniu zużywa prawie zupełnie odpowiednio mniejszą ilość energii; znane więc już zalety motoru elektrycznego, a mianowicie: możność przeciążania i ekonomiczne zużycie energii przy niedociążeniach, mają tu przy zastosowaniu popędu zbiorowego szczególną wagę. Względ ten wpływa w wielkim stopniu na wysokość kapitału zakładowego, co dla rzemieślnika ma pierwszorzędne znaczenie, w obliczeniach zaś kosztów ruchu takich, jak podane na str. 89. i nast., w rachunkowe normy ujętym być nie może.

Przykładów podobnych, jak ze stolarzem, przytoczyć można bardzo dużo. Pierwszy po nim idzie zbliżony po fachu tokarz, który przeważnie bardzo łatwo może do swej



starej nożnej tokarki zastosować popęd elektryczny. Wogóle przy maszynach służących do obróbki drewna, zastosowanie motoru elektrycznego rozprzestrzeniło się prędko, zawdzięczając temu, iż większość tych obrabiarek wymaga dużej ilości obrotów, i motor w wielu wypadkach może być bezpośrednio sprzęgnięty z maszyną. Ze względu na wióry i pył wskazanem jest używanie motoru zamkniętego.

39. Motor elektryczny w ślusarstwie i kuznictwie. Nie mniejsze usługi oddaje motor elektryczny i przy maszynach, służących do obróbki metali, a więc w ślusarstwie, w zakładach mechanicznych, w pracowniach reparacyjnych. Mamy tu do czynienia z obrabiarkami o nazwach w większej części podobnych, jak i w stolarstwie, odpowiednio dostosowanych tylko do obróbki odpowiednich materiałów, a więc mamy także piły, wiertarki, strugarki, tokarki, a dalej szlifierki, gwinciarki, nożyce, toczydła do ostrzenia narzędzi i t. p.; do pędzenia wszystkich nadaje się doskonale motor elektryczny. Korzyść z zastosowania popędu elektrycznego w małych pracowniach dała się odczuć przeważnie nie w możliwości wykonania pewnego zakresu robót stosunkowo mniejszym personelem, lecz głównie w większej dokładności, szybkości i wykończeniu roboty; robotnicy zostali zwolnieni od długiej i uciążliwej ręcznej obróbki metali i mogli za to więcej poświęcać czasu na dokładność wykończenia; zaczęto stosować do każdego robotnika większą skalę wymagań uzdolnień indywidualnych. Obecnie trudno sobie wyobrazić zakład mechaniczny w mieście bez częściowego choćby popędu elektrycznego. O ile wszystkie maszyny w pracowni razem lub niektóre z nich grupy nie wymagają większej mocy, to stosowano przeważnie popęd zbiorowy, w osta-



tnich jednak czasach zwrócono uwagę na popęd oddzielny, jako niezależniający obrabiarki jedną od drugiej, głównie zaś tam, gdzie niektóre z nich wymagają regulacji obrotów. Przy obróbce większych przedmiotów ogromne usługi oddają obrabiarki przenośne razem z motorem; duży i ciężki przedmiot obrabiany pozostaje zawsze w jednym i temsamym miejscu, a tylko maszyna wraz z motorem przenosi się na miejsce roboty; możliwe to jest bez żadnych trudności oczywiście tylko przy popędzie za pomocą motoru elektrycznego z odpowiednim urządzeniem przewodów dla prądu, wchodzi to jednak już w dziedzinę przemysłu większego. Wogóle bardzo wiele obrabiarek ręcznych daje się bardzo łatwo z małym nakładem kosztów dostosować do popędu elektrycznego; stopniowa i bezpieczna pod względem finansowym droga rozwoju zakładu, jest tu także bardzo ułatwiona, zawdzięczając tylko motorowi elektrycznemu.

Ze ślusarstwem łączy się poniekąd kuźnictwo, gdzie motor elektryczny nadał się doskonale do pędzenia wentylatorów dla podtrzymania ognia w piecu kuźniczym w miejsce t. zw. miechów kowalskich; stosując tu motor z regulacją obrotów, mamy doskonałe zmiany siły ciągu zależnie od potrzeby.

40. Tkalnie, przędzalnie, pracownie szewckie i krawieckie. Wymienić następnie należy tkalnie i przędzalnie, które w wielkiej mierze obecnie posługują się motorem elektrycznym, specjalnie nawet do ich potrzeb dostosowanym, z samorzutną regulacją obrotów, o czym już wspominaliśmy (str 64.). Tkalnie i przędzalnie mechaniczne należą, co prawda, obecnie do przemysłu wielkiego, dawniej jednak ta gałąź wytwórstwa stanowiła głównie przemysł domowy; mając dziś do dyspozycji motor elektryczny bardzo łatwy do zastosowania w domu,



wyroby przedziałniane, tkackie i trykotowe przemysłu domowego w pewnych swych działach i w pewnych miejscowościach mogłyby bez porównania łatwiej współzawodniczyć z podobnymi wyrobami przemysłu wielkiego, o ile miałyby w tych miejscowościach na usługi tani prąd elektryczny.

Pracownie szewckie zaczynają także z dobrym skutkiem stosować popęd elektryczny dla uruchomienia maszyn do szycia, do walcowania i wykrawania skóry; wszystkie one ułatwiają i przyśpieszają niezmiernie robotę ręczną. Używane są także całe urządzenia do szybkiego zelowania butów, pędzone elektrycznie; u nas jednak prawie nie spotykamy jeszcze w szewctwie drobnego przemysłu tych bardziej nowoczesnych zastosowań.

Podobnie w krawiectwie motor elektryczny znajduje zastosowanie przy maszynach do szycia, do pikowania, krojenia i t. p. Wyobraźmy sobie naprz., w jaki inny sposób w zakładzie krawieckim popęd nożny maszyny do szycia, szkodliwy dla zdrowia pracownic, możnaby zamienić na popęd mechaniczny, jak nie zapomocą małego motoru elektrycznego. Motorek taki da się przytwierdzić bardzo łatwo w ciągu kilku minut do każdej maszyny do szycia, jego moc wynosi od  $\frac{1}{16}$  HP do  $\frac{1}{6}$  HP, kosztuje około 100 K, da się nadzwyczaj łatwo zastosować w każdym domu nawet, gdzie jest tylko instalacja do światła elektrycznego, i zużywa na godzinę energii elektrycznej za kilka halerzy, licząc ją nawet po takiej cenie, jak dla światła.

41. Przemysł produktów spożywczych; masarnie i piekarnie „elektryczne“. Wielkie usługi oddał motor elektryczny w przemyśle produktów spożywczych, wprowadzając tu wyrób maszynowy, co ze



względów higienicznych jest nadzwyczaj ważnem, a może i koniecznem w przyszłości. W masarniach naprz. tylko motor elektryczny uprzystępniał popęd mechaniczny i dał możliwość zbudowania odpowiednich maszyn, jak naprz. maszyny do krajania, siekania i mieszania mięsa, do krajania łoju i tłuszczu, do mieszania przypraw, piły do dzielenia kości, no i szlifierki do ostrzenia noży. W masarniach takich robota odbywa się zwykle tylko kilka razy na tydzień i trwa zaledwie kilka lub kilkanaście godzin, już z tego samego powodu, jak widzimy na podstawie poprzednich rozumowań o ciągłości ruchu i jego oszczędności przytem, żaden inny rodzaj popędu, oprócz elektrycznego, ekonomicznie nadaćby się tutaj nie mógł. Motor używa się tu ze względu na otoczenia zwykle zamknięty, zapotrzebowanie mocy jest niewielkie, wystarcza zwykle motor czterokonny przy najczęściej używanym popędzie zbiorowym, tylko w bardzo dużych masarniach, gdzie robota idzie we wszystkich dniach tygodnia, a maszyny nie pracują jednocześnie, używa się popędu oddzielnego.

Zupełnie podobnie przedstawiają się rzeczy i w piekarniach „elektrycznych“, gdzie przy użyciu maszyn do mieszania, gniecienia i dzielenia ciasta, do mieszania i siania mąki, trzepania worków i t. p. otrzymujemy robotę daleko lepszą, prędszą, tańszą i mniej nużącą, niż ręczna, a w pierwszym rzędzie trzeba tu podkreślić najważniejsze względy higieniczne. Ruch nie ciągły, a okresowy, w pewnych tylko godzinach dnia lub nocy i tylko pewnych urządzeń maszynowych wskazuje tu na korzyści zastosowania popędu elektrycznego.

42. Zastosowanie motoru elektrycznego w drukarniach, litografiach i innych gałę-



ziach drobnego przemysłu; jego ogólnogospodarcze znaczenie. Należy wymienić w końcu drukarnie i litografie, które dziś bez motoru elektrycznego wprost obyćby się nie mogły; już wspominaliśmy (str 58.), że potrzebną tu jest koniecznie zmiana ilości obrotów; dawniej osiągnano ją tylko w kilku stopniach zapomocą kół pasowych stopniowych, co powodowało konieczność stosowania dużej ilości wałów, łożysk, pasów i kół pędzianych, zajmowało dużo miejsca i zaciemniało cały lokal; dopiero motor elektryczny ze swą regulacją obrotów usunął to zupełnie. Stosuje się tu obecnie prawie wyłącznie popęd oddzielny z odpowiednim przeniesieniem pasowem lub tarciovem; koło zamachowe prasy drukarskiej jest zwykle jednocześnie kołem pędzonem; przy przeniesieniu pasowem używa się często rolek naprężających pas; motor bardzo łatwo umieszcza się obok maszyny, prawie stanowi jedną z jej składowych części; hamowanie mechaniczne skutecznia się zwykle zapomocą poruszania korby, która jednocześnie przytem wyłącza motor, a także służy do puszczenia jego w ruch i regulacyi obrotów. Wspomnieć przytem należałoby i o maszynach rotacyjnych, prawie wyłącznie poruszanych elektrycznie, należą one jednak już do przedsiębiorstw znacznie większych, niż te, o które nam tu głównie chodzi. Popęd elektryczny w wielkim stopniu stosuje się także do uruchomienia maszyn do wyrobów papierowych, jak naprz. kopert, toreb, dalej maszyn introligatorskich, do zszywania książek i zeszytów, pras do wyciskania deseni i liter, nożyc do obcinania papieru i tektury i t. p.

Oprócz wyżej wymienionych wypadków, motor elektryczny znajduje także zastosowanie w większych pralniach przy maszynach do prania, do suszenia (centryfugi), do prasowania, w maglach i t. d., a dalej w fabrykach cu-



kierków, w kawiarniach, restauracjach, w cukierniach, nawet w gospodarstwie domowym; dalej w gabinetach lekarzy, dentystów i t. d., jednym słowem jeszcze w całym szeregu poszczególnych gałęzi przemysłu drobnego, domowego i rękodziela.

Bez motoru elektrycznego popęd mechaniczny ani dla rzemieślnika, ani dla drobnego przemysłowca często byłby zupełnie niedostępny, a czem jest rzemieślnik lub przemysłowiec, nie używający popędu mechanicznego, w porównaniu z drobnym przemysłowcem, wykonywującym część swej pracy zapomocą maszyny, wiadomem jest dobrze; z poszczególnych zaś drobnych przemysłowców składa się drobny przemysł krajowy. Na tem to polega wielkie znaczenie popędu elektrycznego dla drobnego przemysłu, a przez to może jeszcze większe dla gospodziej odbudowy naszego kraju.

43. Przemysł wielki, jego stopnie rozwoju i stosunek do przemysłu drobnego. Nie wynika stąd, aby znaczenie popędu elektrycznego dla przemysłu wielkiego było mniejsze; owszem, z chwilą, kiedy zastosowanie energii elektrycznej wkradło się w najodleglejsze dziedziny życia ludzkiego, poczynając od gospodarstwa domowego, a kończąc na elektrycznych środkach lokomocyi, — z tą chwilą wogóle niema gałęzi tak w małym, jak i wielkim przemyśle, w którejby niezmierna łatwość w użyciu tej energii nie była należycie ocenioną; przykład stanowi górnictwo, hutnictwo, przemysł żelazny wogóle i t. d.

Dla nas jednak ważnem jest tutaj wykazanie, jaką rolę odegrać może zastosowanie popędu elektrycznego w ratowaniu kraju od jego zagłady ekonomicznej, dla przywrócenia go do jakiej takiej narazie równowagi go-



spodarczej. Dlatego też bodaj w pierwszym rządzie idzie o przemysł drobny, jako bardziej niezależny od kapitału obcego, a stanowiący w walce z tym kapitałem skuteczny środek obronny.

Jeżeli ogarniemy pojęciem wszechświatowy przemysł wielki, przemysł olbrzym, którego ostatnim wyrazem są potężne kartele i syndykaty, jeżeli wyobrazimy sobie „życie“ i organizację tego przemysłu, przypominającą ustrój całych społeczeństw, a nawet ustrój państwowy, — to zdamy sobie łatwo sprawę z tego, że nie powstał on odrazu.

Przemysł taki podobnie, jak mocarstwa, posiada jakby swe ministerya; ministeryum handlu — jest jego wydział handlowy; spraw wewnętrznych — jego administracya ze wszystkimi stopniami stanowisk; posiada on nawet jakby ministeryum oświaty pod postacią swego wydziału studyów, ulepszeń i wynalazków; ministeryum spraw zewnętrznych — swój wydział prawny, który go broni na zewnątrz; swoje biura prasowe; swych agentów „dyplomatycznych“, stałych i podróżujących „komiwojażerów“, którzy bardzo często zbywają masami swój towar bez świadomości ostatnich kupujących skąd on pochodzi. Ten największy przemysł posiada nawet swoje ambasady pod postacią rozsianych po wszystkich krajach tak zwanych przedstawicielstw, które uchodzą niekiedy za niezależne przedsiębiorstwa miejscowe i noszą nazwy, nieprzypominające niczem ich pochodzenia; przemysł taki ma nawet swoje „kolonie“ — swoje zakłady filialne, budowane dla uniknięcia cła w krajach o niskiej kulturze przemysłowej, dokąd wysyła swych instruktorów, majstrów, a nawet robotników. Przemysł taki nie powstał więc odrazu, lecz musiał przechodzić długie okresy rozwoju; całe zmieniające się pokolenia pracowały nad jego



wytworzeniem. Pęczniał on i potężniał w walce konkurencyjnej z organizacjami sobie pokrewnymi, lecz mniejszymi i słabszymi, zabijał niemiłosiernie te ostatnie, lub wchłaniał swą wytrwałością i swym kapitałem. Powstawał on również z rzeszeń szeregu takich organizacji i organizacji mniejszych, które przez zlewanie się w jedno uzbrajały się do walki przeciw swym starszym siostrom, tworząc przeciw nim niby „koalicje“. Podobną drogą walki oczywiście powstawały i te organizacje mniejsze z jeszcze mniejszych organizacji przemysłowych drobnych; drobni przemysłowcy niezależni i rzemieślnicy podporządkowywali się organizacjom wyższym i, tracąc swą niezależność, a zyskując zabezpieczenie zarobku, zajmowali w ich ustroju odrazu odpowiednie stanowiska przemysłowo-społeczne.

Widzimy więc, że przemysł drobny był początkiem i podstawą przemysłu wielkiego. I dziś każde państwo, czy kraj nieuprzemysłowiony, a budzący się do przemysłu, wolny w swej polityce celnej i taryfowej, zabezpieczony od najazdu obcego kapitału i obcego doświadczenia, t. j. doświadczenia ludzi, nie mających nic z krajem wspólnego, a jedynie mających na celu chęć zysku,— państwo czy kraj taki skierować musi samorzutnie swe wysiłki także w kierunku rozwoju drobnego przemysłu, ale w tempie nierównie szybszem, niż szedł przemysł wielki wogóle, bo musi przejść przez wszystkie fazy jego rozwoju, licząc z początku przeważnie na swój wewnętrzny rynek zbytu i ograniczając się do walki z wytworami, przywożonymi z zewnątrz.

44. Rola przemysłu drobnego w gospodarczej odbudowie kraju i znaczenie przy tem motoru elektrycznego. W jakimż świetle przedstawiają się nasze stosunki wobec tych zagadnień? Dla ob-



cego kapitału zrujnowane wojną ziemie polskie stanowić mogą łup powojenny, wydany na pastwę jego najazdu, podobnie, jak ciche, pracowite, a bezbronne wsie nasze były zdane na łaskę i niełaskę pierwszego wkraczającego oddziału nieprzyjaciela. Nie możemy liczyć na to, abyśmy w najbliższej przyszłości mogli uzyskać kompletną niezależność ekonomiczną, abyśmy mogli na podstawie tylko własnych interesów prowadzić swoją politykę celną i taryfową, a jak wielką rolę polityka ta odgrywa w życiu państw, widocznem jest choćby stąd, iż więcej przecież o nią i o rynki zbytu toczy się obecna wojna, niż o nabytki terytorjalne.

W wyjątkowym zupełnie położeniu pod względem przemysłu do ostatnich dni znajdowało się Królestwo Polskie. Dziwnym zbiegiem okoliczności i zgoła niezrozumiałym i niewytłomaczonym z punktu widzenia obowiązku każdego państwa popierania swego rodzimego przemysłu, przez krótkowzroczność żądy państwowej jednolitości, zostało ono pozbawione, a raczej uwolnione od granicy celnej na olbrzymi wschód, ciągnący się daleko poza Europę, aż do brzegów oceanu Spokojnego i stanowiący z powodu swej niskiej kultury niewyczerpany, przez dziesiątki lat jeszcze nieprzebrany rynek zbytu. Przed zburzeniem równowagi europejskiej przemysł Królestwa Kongresowego obracał kapitałami, o które ubiegałby się gotów nawet największy przemysł zachodnio-europejski lub amerykański. Obecnie warunki się zmieniają. Nad wywozem wyrobów naszego przemysłu fabrycznego nie zastanawiamy się tutaj; pomijamy również względy osłabienia naszych zdolności wytwórczych z powodu ciężkiego losu, jaki zgotowała nam wojna; musimy się jednak bronić wszelkimi siłami od przywozu, musimy się starać



przedewszystkiem ograniczać go w takich przedmiotach, które przy pewnej organizacyi, przy pewnem uświadomieniu społecznem i poparciu całego narodu moglibyśmy wyrobić na miejscu własnymi siłami i bez angażowania obcego kapitału. Tu rozpoczyna się wielkie zadanie naszego przemysłu drobnego; musi się on obecnie starać o przystosowanie się jak najrychlejsze do zmienionych i względnie korzystnych dla niego obecnie warunków; musi sprostać wzmożonym zapotrzebowaniom, aby one przy podjętej odbudowie kraju nie przerosły jego zdolności wytwórczej. Na każdym więc dziś spoczywa obowiązek przyczynienia się do podniesienia i rozwoju obszernego przemysłu drobnego; musimy się starać z każdego naszego rzemieślnika zrobić drobnego przemysłowca, każdemu drobnemu przemysłowcowi dopomódz do rozszerzenia jego pracowni; musimy pomagać w zrzeszaniu się naszego drobnego przemysłu, w tworzeniu spółek zawodowych o coraz ściślejszej specjalności, w zakładaniu wspólnem większych pracowni o nowszych urządzeniach i z nowszym rodzajem maszyn o racjonalnym popędzie. Jeżeli wnikiemy teraz w techniczną stronę tej pracy od podstaw tworzenia podwalin dla naszego przemysłu średniego, jeżeli się spytamy, w jaki sposób rzemieślnik jest w stanie przedzierać się w drobnego przemysłowca, a drobny przemysłowiec nieznacznym nakładem kapitału może rozszerzyć swoją pracownię, zrobić ją bardziej nowożytną i przez to swe wyroby ulepszyć i obniżyć ich cenę dla konkurencyi z obcymi, — to mamy z punktu widzenia technicznego odpowiedź: jeżeli nie wyłącznie, to w bardzo znacznej mierze za pomocą motoru elektrycznego. Jest to rzeczywistość niezbyt powszechnie w stosunku do swej ważności u nas znana.



45. Źródła energii elektrycznej; centrale okręgowe; stan obecny pod tym względem u nas. Wobec tego więc jednym z ważnych warunków rozwoju drobnego przemysłu jest możność kupna i taniego kupna energii elektrycznej, a więc ilość istniejących elektrowni mniejszych, rozsianych w wielu miejscach kraju, lub elektrownie większe t. zw. okręgowe. Wiadomo bowiem, że w krajach szczęśliwszych pod względem przemysłu od naszego, a szczególnie tam, gdzie były do wyzyskania siły przyrody pod postacią wielkich spadków wód, przedewszystkiem więc w krajach górskich, jak Szwajcaria, północne Włochy i inne, od szeregu już lat powstały centrale elektryczne okręgowe, wytwarzające tanim kosztem z powodu popędu wodnego prąd trójfazowy pod wysokim napięciem, dochodzącem niekiedy do 110 tysięcy voltów, i przesyłające go na setki kilometrów, gdzie po odpowiednim przetransformowaniu napięcia na niższe bywa zużywany do rozmaitych celów. Stan u nas pod tym względem jest odmienny; poza większemi elektrowniami we Lwowie i Krakowie, zakładami w Sierszy jesteśmy na tem polu w zupełnem zaniedbaniu, a mamy do rozporządzenia w naszym kraju nie tylko wystarczające do tego siły wodne, lecz także równie tanie źródło energii, nadające się do wyzyskania w tym celu, a mianowicie gaz ziemny; mieliśmy wprowadzić gotowe już projekty okręgowych central wodnych, jak naprz. w Jazowsku, w Uniżu na Dniestrze i inne, do skutku jednak dotąd one nie deszły.

Nasz drobny przemysł może więc narazie korzystać tylko z central miejskich, sprzedających prąd dla celów przemysłowych, które w razie większego zapotrzebowania mogłyby się zdobyć na nowe większe inwesty-



cye; miejmy jednak nadzieję, że może z czasem i nasze ziemie na wzór innych pokryją się siecią przewodów elektrycznych, łączących między sobą centrale okręgowe; miejmy także nadzieję, że w razie wielkiego wzrostu zapotrzebowania motorów elektrycznych zaczniemy je w końcu wyrabiać u siebie.





## Pokrewna literatura w języku polskim.

1. Prof. *J. Blauth*. Maszyny i motory elektryczne.  
Stanisławów 1908.
2. Inż. *J. Flatau*. Elektryczność w zastosowaniu gospodarstwa domowego i drobnego przemysłu.  
Warszawa 1912.
3. *B. Gustawicz*. Podręcznik elektrotechniczny dla monterów, maszynistów i właścicieli urządzeń elektrycznych.  
Warszawa 1913.
4. Inż. *M. Pożaryski*. Projektowanie niewielkich urządzeń oświetlenia elektrycznego i przenoszenia siły.  
Warszawa 1911.
5. Prof. *Roessler*; tłóm. inż. *L. Rudowski* i inż. *M. Tepich*. Elektromotory o prądzie stałym.  
Warszawa 1906.
6. *E. Rosenberg*; tłóm. *Z. Straszewicz*. Elektrotechnika prądu silnego.  
Warszawa 1911.
7. Inż. *St. Sierkowski*. Podręcznik dla elektrotechników.  
Warszawa 1912.



8. Inż. *St. Wysocki*. Urządzenia elektryczne do siły i światła.

Warszawa 1914.

---

9. *Eug. Porębski*. Motory dla przemysłu drobnego i ich obsługa.

Lwów 1914.

10. Inż. *J. Weber*. Wybór motoru w przemyśle drobnym.  
Kraków 1912.

---



# Treść.

	Str.
1. Wstęp . . . . .	3
<b>Wiadomości podstawowe.</b>	
2. Popęd motoryczny . . . . .	3
3. Motor elektryczny wogóle; jego wielkość i moc . . . . .	4
4. Mechaniczne pojęcia siły, pracy i mocy; jednostki tych wielkości . . . . .	5
5. Koń parowy „HP“ i kilowat „KW“ . . . . .	9
6. Prąd elektryczny, napięcie i opór; amper, volt i om . . . . .	11
7. Moc elektryczna; kilowat . . . . .	16
8. Prąd stały, przemienny, trójfazowy . . . . .	18
9. Zamiana energii elektrycznej na ciepło . . . . .	22
10. Skuteczne natężenie prądu i skuteczna różnica potencjału . . . . .	24
<b>Budowa motoru elektrycznego i jego rodzaje.</b>	
11. Stator i rotor motoru elektrycznego . . . . .	25
12. Elektromagnesy i pole magnetyczne . . . . .	26
13. Działanie pola magnetycznego na prąd elektryczny . . . . .	28
14. Uzwojenia motoru elektrycznego; prąd główny i wzbudzający . . . . .	29
15. A. Motory prądu stałego . . . . .	31
16. a) Motor szeregowy . . . . .	35
17. b) Motor upustowy; regulacja jego obrotów . . . . .	40
18. c) Motor sprzężony . . . . .	45
19. B. Motory prądu przemiennego: a) Motory trójfazowe: α) Motor trójfazowy asynchroniczny (indukcyjny) . . . . .	47
20. β) Motor trójfazowy synchroniczny . . . . .	56



21. $\gamma$ ) Motor trójfazowy z kolektorem: $\alpha\alpha$ ) szeregowy; $\beta\beta$ ) upustowy . . . . .	57
22. b) Motory jednofazowe: $\alpha$ ) Motor jednofazowy indukcyjny: $\alpha\alpha$ ) ze zwartym rotorem; $\beta\beta$ ) o rotorze z pierścieniami . . . . .	59
23. $\beta$ ) Motor jednofazowy z kolektorem: $\alpha\alpha$ ) szeregowy; $\beta\beta$ ) repulsyjny; $\gamma\gamma$ ) szeregowo-repulsyjny; $\delta\delta$ ) indukcyjno-repulsyjny; $\epsilon\epsilon$ ) podwójny (bliźniaczy) . . . . .	60
24. Zastosowanie motorów jednofazowych . . . . .	63
25. Wydajność motoru elektrycznego . . . . .	64
26. Ilość obrotów motoru elektrycznego; używane sposoby przeniesienia popędu . . . . .	65
27. Wybór motoru elektrycznego; popęd oddzielny i zbiorowy . . . . .	66
28. Straty z powodu wadliwej instalacji . . . . .	69
29. Tabliczki rozdzielcze i mierniki . . . . .	72

### Motor elektryczny w przemyśle drobnym.

30. Warunki dobrego wyzyskania instalacji motorycznych: duże jednostki mocy i ciągłość ruchu . . . . .	72
31. Stosunek drobnego przemysłowca do warunków ekonomicznego ruchu i rola w tem motoru elektrycznego . . . . .	74
32. Warunki popędu mechanicznego, wymagane w drobnym przemyśle . . . . .	76
33. Popęd parowy . . . . .	78
34. Popęd ropny, benzynowy, gazowy; zalety motoru elektrycznego . . . . .	79
35. Wpływ ilości godzin dziennego ruchu na koszt ruchu wogóle przy motorach wybuchowych i elektrycznym . . . . .	82
36. Strona finansowa instalacji motorycznych: kapitał zakładowy i koszt ruchu . . . . .	84
7. Przykład obliczenia instalacji motoru elektrycznego i gazowego o mocach 2 HP . . . . .	88
38. Wpływ motoru elektrycznego na możliwość stopniowego rozwoju pracowni rzemieślniczej; jego zastosowanie w stolarstwie i tokarstwie . . . . .	93
39. Motor elektryczny w ślusarstwie i kuźnictwie . . . . .	96
40. Tkalnie, przędzalnie, pracownie szewckie i krawieckie . . . . .	97
41. Przemysł produktów spożywczych; masarnie i piekarnie „elektryczne“ . . . . .	98



42. Zastosowanie motoru elektrycznego w drukarniach, litografiach i innych gałęziach drobnego przemysłu; jego ogólnogospodarcze znaczenie . . . . . 99
43. Przemysł wielki, jego stopnie rozwoju i stosunek do przemysłu drobnego . . . . . 101
44. Rola przemysłu drobnego w gospodarczej odbudowie kraju i znaczenie przy tem motoru elektrycznego . . . . . 103
45. Źródła energii elektrycznej; centrale okręgowe; stan obecny pod tym względem u nas . . . . . 106
- 

B-98

S. 61



6. **Dr. A. Szczepański: Rozwój przemysłu w Galicyi. Kor. 1'20.**  
Znany i ceniony kierownik krajowego Biura statystyki przemysłowej daje tu głęboką syntezę swoich badań nad przemysłem galicyjskiem i kreśli wytyczne linie jego rozwoju w przyszłości.
7. **Dr. Edward Taylor: O istocie współdzielczości. Kor. 1'20.** Wobec coraz bardziej rosnącego znaczenia współdzielczości dla naszego społeczeństwa pożądane jest gruntowne wniknięcie w istotę tego pojęcia i w genezę tego ruchu, co właśnie jest przedmiotem niniejszej pracy wybitnego pracownika na polu kooperacyi w Galicyi.
8. **Zofia Wygodzina: Kobieta wiejska jako czynnik gospodarczy i kulturalny. Kor. 1'20.** Niniejsza praca ma na celu ugruntować przekonanie, że kobieta jest na wsi równorzędnym z mężczyzną czynnikiem gospodarczym i kulturalnym i skłonić społeczeństwo do wyciągnięcia nasuwających się z tego wniosków i wprowadzenie ich w pełnej mierze w życie.
9. **Józef Bek: Kooperatywy spożywcze. Kor. 1.**
10. **Dr. Paweł Łoziński. Czem się zajmuje i czego uczy towarzonawstwo? Kor. 1.**
11. **Dr. A. Szczepański: Przemysł żelazny Galicyi i warunki jego rozwoju. Kor. 1.**
12. **Józef Bek: Opieka nad sierotami. Kor. 1.**
13. **Bujak Fr. Rozwój gospodarczy Galicyi (1772—1914)**

**Dalsze prace w druku.**



**WYDAWNICTWO KS  
BERNARDA POŁONIE**

**ZAGADNIENIA TECHNIC**

popularne wydawnictwo o technicznej stronie odbudowy kraju.

**POLITECHNIKA KRAKOWSKA  
BIBLIOTEKA GŁÓWNA**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**II-347812**

Kdn. 524. 13. IX. 54

1. Górski Kazimierz. Przedsiębiorstwa miejskie. Cena K. 1·50.
2. Dr. Pomianowski K., prof.: Wodociągi. Cena 1·50.
3. Krzyczkowski D. prof.: Materiały budowlane. Cena K. 2·—
4. Rybczyński M. Kierownik kraj. biura hydrograficznego. Studnie. Cena K. 1·50.
5. Szaynok Wł., inż.: Rzeźnie. Cena 1·50.
6. A. Kühnel. Inżynier miejski we Lwowie. Drogi i ulice. Objaśnione 32 ilustracjami. Cena K. 2·—.
7. Dr. Jan Łopuszański prof. politechniki lwowskiej: Zakłady o sile wodnej. Objaśnione 38 ilustracjami. Cena K. 3·—.
8. Wacław Günther, doc. polit. lwow. Motory elektryczne.
9. Mieczysław Rybczyński, Kierownik kraj. biura hydrograficznego. Regulacja rzek. Cena K. 2·—.
10. Ignacy Drexler, docent politechniki lwowskiej. Odbudowanie wsi i miast na ziemi naszej. Cena K. 6·—.
11. Aleksander Wierzbicki, dyr. Biura melioracyjnego Wydz. Kraj. Melioracje rolne.

**Dalsze prace w druku.**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000231430







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**II-347812**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000231430