

# ELEKTROTECHNIKA.

## OD REDAKCYI.

Na skutek propozycji Koła Elektrotechników, istniejącego od lat kilku przy Sekcyi Technicznej T. P. P. i H., numer niniejszy zawiera tytułem próby wydawany zwykle co miesiąc dział elektrotechniczny w postaci oddzielnego arkusza, z którego sporządzone będą odbitki do użytku Koła Elektrotechników. O ile taki układ okaże się odpowiednim, dział „Elektrotechnika“ będzie w tejże postaci wychodził i nadal co miesiąc.

Dla zmniejszenia kosztów okładki i odbitek, okładkę stanowią wyróżniające się niebieską barwą kartki z ogłoszeniami, które, jako szczególnie poczytne wśród elektrotechników, powinny zachęcić ich dostawców i ześrodkować ogłoszenia tej dziedziny przemysłu i handlu.

Numer niniejszy działu „Elektrotechnika“ zawiera, prócz treści zwykłej, Odezwę Zarządu Koła Elektrotechników i „Program Zjazdu Elektrotechników w Warszawie“.

## Motory i maszyny unipolarne.

Podał Z. Straszewicz, inż., w Warszawie.

Motory i dynamomaszyny unipolarne, czyli jednobiegunowe, mają złą sławę. Wielu elektrotechników uważałoby motor unipolarny za coś w rodzaju perpetuum mobile, i pogląd taki nie jest wcale tak powierzchowny, jakby się to na pierwszy rzut oka wydawać mogło. Pomiędzy pojęciami temi istnieje pewna analogia, jeżeli nie pokrewieństwo.

Większa część wynalazców perpetuum mobile czasów przeszłych i obecnych usiłuje zaprzężyć do poruszania mechanizmu siłę ciężenia. Tak więc perpetuum mobile jest to maszyna, która ma pracować w ziemskim czyli newtonowskim polu sił i ma czerpać z tego pola energię. Ziemskie pole ciężenia jest szczególnym wypadkiem ogólniejszego pojęcia, któremu odpowiada nazwa „pole sił“.

Polem sił nazywamy przestrzeń, w której na pewne ciała działają siły. W polu ziemskim siły działają na ciała, posiadające masę, t. j. na wszystkie ciała znane; w polu elektrostycznym siły działają na ciała naelektryzowane, w polu magnetycznym — na ciała magnetyczne. Pole sił powstaje zawsze w okolicach pewnego ciała centralnego i stanowi jego atrybut, czyli dopełnienie. Pole ziemskie istnieje w okolicach kuli ziemskiej, pole magnetyczne w okolicach magnesu, i t. d.

Weźmy bardzo drobne ciało  $\alpha$ , podlegające działaniu pewnego pola, i umieścimy je w pewnym punkcie  $A_1$  tego pola. Na ciało  $\alpha$  działa wówczas siła  $P_1$ , zupełnie określona co do wielkości i kierunku. Jeżeli przeniesiemy  $\alpha$  w inny punkt  $A_2$ , to będzie nań działała siła  $P_2$ , wogóle różna od  $P_1$  co do wielkości i kierunku. Krótko mówiąc, każdemu punktowi pola odpowiada pewna siła, która działa lub działałaby na ciało  $\alpha$ . Wyobrażamy sobie te siły, jako coś należącego do punktów pola, lub związanego z nimi, i tym sposobem w wyobraźni naszej całe pole wypełnia się chaosem sił, posiadających najrozmaitsze kierunki.

Weźmy teraz zamiast ciała  $\alpha$  inne ciało  $\alpha'$ . Umieściwszy je w punkcie  $A_1$ , przekonamy się, że działa nań siła  $P_1'$ , różniąca się od  $P_1$  co do wielkości, lecz zgodna co do kierunku. Tak samo w punkcie  $A_2$  na ciało  $\alpha'$  będzie działała siła  $P_2'$ , różna od  $P_2$  tylko pod względem wielkości, i t. d. Oznaczmy stosunek  $\frac{P_1'}{P_1}$  przez  $m_1$ , a więc  $P_1' = m_1 P_1$ . W tym samym stosunku stoją do siebie siły  $P_2'$  i  $P_2$ , t. j.  $\frac{P_2'}{P_2} = m_1$ , czyli

$P_2' = m_1 P_2$ , i t. d. Tak samo dla trzeciego ciała  $\alpha''$  znajdziemy  $P_1'' = m_2 P_1$ ,  $P_2'' = m_2 P_2$ , i t. d. Te wielkości  $m_1, m_2, \dots$  są charakterystycznymi dla ciał  $\alpha', \alpha'' \dots$ ; możemy je nazwać *masami* tych ciał. Wyraz masa ma tutaj znaczenie ogólniejsze, niż w mechanice klasycznej. Chodzi tu wogóle o stopień, w którym dane ciało podlega działaniu pola. Ciało  $\alpha$ , którego używaliśmy do porównania, posiada oczywiście masę 1. Dla różnych punktów pola szczególnie charakterystyczne są siły, które w tych punktach działają na masę jednostkową.

Do owego chaosu sił, o którym poprzednio była mowa, można wprowadzić pewien ład i porządek. W tym celu

umieścimy ciało  $\alpha$  lub inne w punkcie  $A_1$  i następnie przesuńmy je w kierunku siły do nieskończonego blizkiego punktu  $A_2$ . Tutaj na  $\alpha$  działa nowa siła, różniąca się wogóle pod względem kierunku nieskończenie mało od poprzedniej. Przesuńmy  $\alpha$  w kierunku tej nowej siły do nieskończonego blizkiego punktu  $A_3$  i t. d. Tym sposobem  $\alpha$  zatoczy pewną linię, zwaną *linią sił*. Siła, należąca do jakiegoś punktu tej linii działa zawsze w kierunku stycznej do niej. Przez każdy punkt pola przechodzi jedna linia sił, i przebieg tych linii jest okolicznością wielce charakterystyczną dla danego pola. Myśląc o liniach sił, wytwarzamy sobie pewne zmysłowe wyobrażenie pola. W polu ziemskim linie sił są prostymi, stanowiącymi przedłużenie promieni ziemskich.

Wyjdźmy z jakiegokolwiek punktu  $A$  i wędrujmy po linii sił, przez ten punkt przechodzącej. Spotykając będziemy na swej drodze punkty, do których należą siły rozmaitej wielkości, i możemy nareszcie dojść do takiego punktu  $B$ , w którym siła staje się równą zeru, t. j. w którym już żadna siła na ciało  $\alpha$  nie działa. Nic nam teraz już nie wskazuje dalszego przebiegu linii, i niema żadnej racji dążyć teraz w jednym kierunku a nie w innym. Musimy uznać punkt  $B$  za koniec linii sił, jeżeli zaś istnieje jeden koniec, to musi istnieć i drugi, i mówimy o linii takiej, że jest *otwartą*. Otwartymi są np. linie sił w polu ziemskim. Jeden koniec każdej z nich znajduje się w nieskończoności, a drugi — w środku kuli ziemskiej.

Możliwy jest i taki wypadek, że wyszedłszy z punktu  $A$  i wędrując wciąż po linii sił, dojdziemy znowu do punktu  $A$ . Wówczas nazywamy linię sił *zamkniętą*.

Pola sił dają się podzielić na dwie kategorie. Pola, należące do pierwszej z nich, nazwiemy *jednowartościowymi*. W polu jednowartościowym pomiędzy ciałem  $\alpha$  i ciałem centralnym nie może zachodzić wymiana energii. Ciało  $\alpha$ , poruszając się w takim polu, nie może czerpać energii z ciała centralnego, ani mu swej energii oddawać. Tak więc  $\alpha$  zachowuje stałą ilość energii, jeżeli tylko nie zachodzi wymiana pomiędzy niem i jakimś ciałem trzecim.

Urządźmy się tak, aby ciało  $\alpha$  mogło się swobodnie poruszać po linii sił w polu jednowartościowym od punktu  $A_1$  do punktu  $A_2$ . Jeżeli przy tem siła działa w kierunku ruchu, to ruch będzie przyspieszony, i  $\alpha$ , doszedłszy do  $A_2$ , uzyska siłę żywą  $w$ . Ponieważ ta siła żywa, czyli energia cynetyczna, nie może pochodzić z ciała centralnego, musimy więc przyjąć, że w punkcie  $A_1$  ciało  $\alpha$  miało pewną energię potencjalną  $V_1$ . Na drodze z  $A_1$  do  $A_2$  część tej energii przeszła w siłę żywą  $w$ , pozostałą resztę oznaczmy przez  $V_2$ . Wynika stąd, że  $V_1 - V_2 = w$ .

Moglibyśmy ciało  $\alpha$  zaprzężyć do poruszania stosownego mechanizmu, i wówczas na drodze z  $A_1$  do  $A_2$  zyskalibyśmy pracę  $w = V_1 - V_2$ , jeżeli  $\alpha$  zatrzyma się w  $A_2$ . Ciało  $\alpha$  posiada w punkcie  $A_2$  energię potencjalną  $V_2$ . Chcąc je przenieść z  $A_2$  do  $A_1$ , potrzeba oczywiście wykonać pracę  $w = V_1 - V_2$ .

Nie trudno byłoby dowieść, że przesuując ciało  $\alpha$  z  $A_1$  do  $A_2$ , lub z  $A_2$  do  $A_1$ , jakąś inną drogą, zawsze zyskujemy lub wykładamy pracę  $= V_1 - V_2$ . Każdemu punktowi w polu jednowartościowym odpowiada pewna ilość energii potencjalnej, jaką ma lub miałyby w nim ciało  $\alpha$ . Przeniesienie ciała  $\alpha$  z punktu  $A_1$  do  $A_2$  znaczy tyle, co zmniejszyć jego energię potencjalną z  $V_1$  na  $V_2$ .

Energia potencjalna, odpowiadająca danemu punktowi, stanowi ważną charakterystykę tego punktu. Ilość jej zależy zresztą nie tylko od położenia punktu w polu, ale i od masy ciała (w znaczeniu wyżej podanem), które się w nim znalazło. Jeżeli pewne ciało posiada  $m$  razy większą masę od  $\alpha$ , to jego energia potencjalna w punkcie  $A_1$  jest równa  $m V_1$ , w punkcie  $A_2$  równa  $m V_2$  i t. d. Jeżeli ciało  $\alpha$  posiada masę jednostkową, to odpowiadające mu energie potencjalne  $V_1, V_2 \dots$  nazywamy potencjałami punktów  $A_1, A_2 \dots$

W polu jednowartościowym perpetuum mobile jest niemożliwe. Perpetuum mobile ma to być mechanizm, dostarczający nieograniczonej ilości pracy. Ciało  $\alpha$  nie może czerpać energii z ciała centralnego, a więc nie może jej dostarczać w ilościach nieograniczonych. Przechodząc z punktu  $A_1$  do  $A_2$ , dostarczy ono pracy  $V_1 - V_2$ , lecz aby je przemieścić do położenia poprzedniego, potrzeba tę samą ilość pracy wyłożyć.

W polu jednowartościowym nie może istnieć zamknięta linia sił. Aby to okazać, przypuśćmy na chwilę, że linia taka istnieje. Można w takim razie zbudować mechanizm, w którym ciało  $\alpha$  obiega wciąż tę linię sił, w kierunku, w którym siły działają. Tym sposobem  $\alpha$  w ciągu całego obiegu może dostarczać pracy, a powtórzywszy ten obieg dowolną ilość razy, otrzymalibyśmy dowolną ilość pracy. Stoi to w oczywistej sprzeczności z twierdzeniem poprzedzającym.

Do pól jednowartościowych należy ziemskie pole ciężkości, pole elektrostatyczne i pole magnetyczne, wytworzone przez magnes.

Pola, należące do kategorii drugiej, nazwiemy *wielowartościowymi*. W polu wielowartościowym może odbywać się wymiana energii pomiędzy ciałem  $\alpha$  i ciałem centralnym. Ciało  $\alpha$  może czerpać energię z ciała centralnego, lub mu jej udzielać. W polu takim mogą istnieć zamknięte linie sił, a więc można zbudować mechanizm, w którym ciało  $\alpha$  obiega taką linię i dostarcza nieograniczonej ilości pracy. Nie stoi to w żadnej sprzeczności z zasadą zachowania energii, gdyż  $\alpha$  czerpie przytem energię z ciała centralnego. W tem przedstawieniu rzeczy analogia pomiędzy mechanizmem tego rodzaju i perpetuum mobile jest widoczna.

Z rozważań powyższych nie wynika wcale, aby w polu wielowartościowym miały istnieć koniecznie zamknięte linie sił, ale jasnym być powinno, że jeżeli w pewnym polu zamknięte linie istnieją, to pole jest niewątpliwie wielowartościowe.

I w polu wielowartościowym przypisujemy każdemu punktowi pewien potencjał; tutaj jednak pojęcie to musi ulec pewnej modyfikacji przynajmniej z punktu widzenia, który zajęliśmy w rozważaniach niniejszych. Oznaczmy potencjał punktu  $A_2$  przez  $V_2$  i przesuńmy z tego punktu ciało  $\alpha$  o masie jednostkowej do punktu  $A_1$ . Przypuśćmy, że wyłożyliśmy na to przesunięcie pracę  $w$ . Gdyby to się działo w polu jednowartościowym, to ciało  $\alpha$  miałyby w  $A_1$  energię potencjalną  $V_2 + w$  i potencjał tego punktu byłby  $= V_2 + w$ . W polu wielowartościowym nie wyłączony jest wypadek, że praca  $w$  częściowo lub całkowicie przeszła na ciało centralne, wówczas energia potencjalna ciała  $\alpha$  w punkcie  $A_1$  jest mniejsza od  $V_2 + w$ , lub równa  $V_2$ . Tem nie mniej okazało się korzystne ze względu na rachunkowe traktowanie sprawy uważać, że potencjał w punkcie  $A_1$  jest zawsze  $= V_2 + w$ .

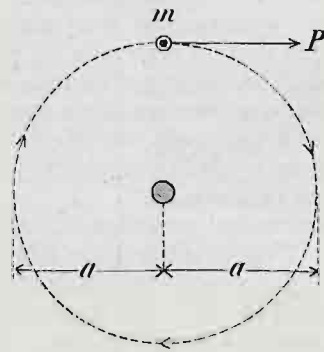
Weźmy teraz punkt  $A$  o potencjale  $V$  na linii sił zamkniętej pola wielowartościowego. Przesuwajmy z tego punktu ciało  $\alpha$  po linii sił, w kierunku odwrotnym do kierunku siły. Będziemy musieli wykonywać przy tem pracę, i gdy  $\alpha$  dojdzie znowu do punktu  $A$ , to cała praca, wyłożona na ten obieg, wyniesie, dajmy na to,  $W$ . Kierując się zasadą, tylko co wypowiedzianą, musimy przyjąć, że teraz potencjał punktu  $A$  wynosi  $V + W$ . Jeżeli ciało  $\alpha$  jeszcze raz obiegnie całą linię sił w tym samym kierunku, to zastanie w punkcie  $A$  potencjał  $V + 2W$  i t. d. Wogóle potencjał punktu  $A$  wynosi  $V + nW$ , gdzie  $n$  oznacza ilość dokonanych obiegów. Wynika stąd,

że potencjał punktu w polu wielowartościowym jest wogóle funkcją *wielowartościową* położenia, lub współrzędnych, punktu, gdy tymczasem w polu jednowartościowym jest to funkcja jednowartościowa. Ta okoliczność tłumaczy nazwy, używane w wykładzie niniejszym.

Przedstawicielem pól wielowartościowych jest pole magnetyczne, wytworzone przez przewodnik prądu elektrycznego. Jeżeli przewodnik idzie na znacznej przestrzeni w linii prostej, to linie sił są okręgami kół, położonych w płaszczyznach prostopadłych do linii przewodnika. Środki tych kół leżą na linii przewodnika. Stąd już widać, że pole takie jest niewątpliwie wielowartościowym.

Na rys. 1 zacięzione kółko ma przedstawiać przekrój przewodnika prądu, idącego prostopadle do płaszczyzny papieru, a linia przerywana — jedną z linii sił o promieniu  $a$ . Umieścimy masę magnetyczną  $m$  w jakimkolwiek punkcie tej linii; na  $m$  będzie wówczas działała siła  $P$  w kierunku stycznej do linii sił. Wiadomo, że ta siła  $P = \frac{2im}{a}$ , gdzie  $i$  oznacza natężenie prądu w przewodniku. Pozwólmy teraz masie  $m$  krążyć po linii sił w kierunku, w którym działa siła. Siła ta będzie wykonywała pracę, a zatem możemy od masy  $m$  otrzymywać pracę, jeżeli zaprzęgniemy ją do poruszania stosownego mechanizmu. Otrzymamy w ten sposób *motor unipolarny*.

Spróbujmy obrachować pracę, której nam dostarczy taki motor. Masa  $m$  w ciągu jednego obrotu przebywa drogę  $2\pi a$ , a więc siła  $P$  wykonywa pracę  $P \cdot 2\pi a$ , czyli  $\frac{2im}{a} \cdot 2\pi a = 4\pi m i$ . Jeżeli  $m$  odbywa na sekundę  $n$  obro-



Rys. 1.

tów, to motor nasz dostarczy w ciągu tego czasu  $4\pi m i n$  pracy. Warto zauważyć, że praca ta nie jest zależna od promienia  $a$ . Sprawność naszego motoru nie zależy od promienia koła, które obiega masa  $m$ .

Jak wiemy, masa  $m$  czerpie energię z ciała centralnego, t. j. z przewodnika, ten zaś otrzymuje energię ze źródła, które zasila obwód prądem. Oznaczmy siłę elektrowzbudzącą tego źródła przez  $E$ ; wypadnie wówczas, że dostarcza ono do całego obwodu co sekundę ilość energii  $E i$ . Część tej energii wychodzi na ogrzewanie obwodu; część ta wynosi  $i^2 R$ , gdzie  $R$  oznacza opór obwodu. Reszta dopływa do masy  $m$  i idzie na poruszanie naszego motoru. Musi więc istnieć równanie  $E i = i^2 R + 4\pi m i n$ , lub  $E = i R + 4\pi m n$ ; wynika stąd, że  $i = \frac{E - 4\pi m n}{R}$ . Wprowadziwszy oznaczenie  $4\pi m n = e$ , otrzy-

mamy  $i = \frac{E - e}{R}$ .

Wzór ten jest godny uwagi. Wielkość  $e$  odejmuje się od siły elektrowzbudzącej  $E$ , jest więc sama siłą elektrowzbudzącą. Ze znaku wnosimy, że działa ona w kierunku odwrotnym do  $E$ , t. j. masa  $m$ , wirując naokoło przewodnika, wytwarza w nim siłę elektrowzbudzącą odwrotną do siły elektrowzbudzącej źródła prądu. Wzór  $e = 4\pi m n$  zasługuje również na chwilę zastanowienia.

Za jednostkę mas magnetycznych przyjęto masę taką, która przyciąga (lub odpycha) masę równą sobie z siłą jednostkową z odległości 1 cm.

Pole magnetyczne szacujemy według siły, która w nim działa (lub mogłaby działać) na masę jednostkową. Jeżeli

w pewnym miejscu pola na masę taką działa siła znaczna, to mówimy, że w tem miejscu pole jest silne; jeżeli owa siła jest słaba, to uważamy pole za słabe. Przyjął się przytem pod wieloma względami dogodny zwyczaj przypisywania polu pewnej gęstości linii sił. Jeżeli pole jest silne, to wyobrażamy sobie, że linie sił są w niem gęste, jeżeli pole jest słabe, to uważamy, że linie sił są rzadkie. Ten sztuczny sposób zapatrywania się na sprawę jest dogodny pod względem rachunkowym i nadaje naszym obrazom zmysłowym pola dużą wyrazistość.

Umieścimy masę magnetyczną jednostkową w jakimś punkcie pola magnetycznego. Na masę tę działa tutaj pewna siła  $H$ . Wyobrażamy sobie teraz powierzchnię, przechodzącą przez obrany punkt i prostopadłą do linii sił, i mówimy, że w danym miejscu przez  $1 \text{ cm}^2$  tej powierzchni przechodzi  $H$  linii sił. Jeżeli w pewnym miejscu na masę jednostkową działa siła jednostkowa ( $H=1$ ), to wypadnie, że w tem miejscu na  $1 \text{ cm}^2$  przypada jedna linia sił. Tak np. gdyby w punkcie, w którym umieściliśmy masę  $m$  na rys. 1, znajdowała się masa jednostkowa, to działałaby na nią siła  $H = \frac{2i}{a}$ , a zatem tyle linii sił przechodzi przez  $1 \text{ cm}^2$  płaszczyzny, przeprowadzonej przez przewodnik i ów punkt.

Wyobraźmy sobie magnetyczną masę jednostkową w punkcie  $A$ . Masa ta wytwarza naokoło siebie pole magnetyczne. Linie sił tego pola są liniami prostymi, wychodzącymi jak promienie z punktu  $A$ . Zatoczmy w wyobraźni kulę o promieniu  $1 \text{ cm}$  naokoło punktu  $A$ , jako środka. Powierzchnia tej kuli jest wszędzie prostopadła do linii sił. Gdybyśmy w którymkolwiek punkcie tej powierzchni umieścili inną masę jednostkową, to działałaby na nią (stosownie do wyżej podanej definicji takiej masy) siła jednostkowa. Wynika stąd, że na  $1 \text{ cm}^2$  powierzchni owej kuli wypadła jedna linia sił. Powierzchnia ta ma  $4\pi \text{ cm}^2$ , a więc masa jednostkowa wydaje wszyskiego  $4\pi$  linii sił. Masa  $m$  razy większa, czyli masa  $m$ , wydaje oczywiście  $4\pi m$  linii sił.

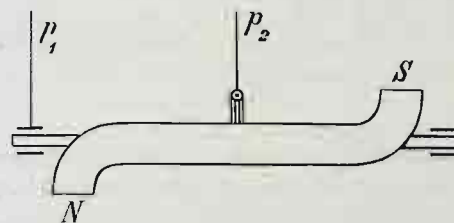
Po tej niezbędnej dysgresji powróćmy do naszego wzoru  $e = 4\pi m n$ . Możemy teraz przypisać mu następujące znaczenie fizyczne. Masa  $m$ , jak widzieliśmy, wydaje  $4\pi m$  linii sił. Jeżeli przyjmiemy, że linie sił nie zmieniają kierunku w przestrzeni, to wypadnie, że każda z tych linii w ciągu jednego obrotu masy raz jeden przecina przewodnik, a więc na jeden obrót przypada  $4\pi m$  przecięć, a na sekundę, t. j. na  $n$  obrotów,  $4\pi m n$  przecięć. Możemy więc powiedzieć, że siła elektrowzbudzająca, którą wywołuje w przewodniku masa  $m$ , jest równa ilości przecięć pomiędzy liniami sił i przewodnikiem na sekundę.

Siła elektrowzbudzająca  $e = 4\pi m n$  nie zależy wcale od siły elektrowzbudzającej źródła  $E$ , ani od prądu, płynącego w przewodniku. Gdyby  $E$  stało się równem zero, a masa  $m$  wirowało z poprzednią szybkością w poprzednim kierunku, to i wówczas w przewodniku powstawałaby siła elektrowzbudzająca  $e = 4\pi m n$ . Natężenie prądu znajdziemy, wstawimy we wzorze  $i = \frac{E - 4\pi m n}{R}$  zamiast  $E$  zero. Wypadnie,

że teraz  $i = -\frac{4\pi m n}{R}$ . Znak minus wskazuje, że teraz prąd płynie w kierunku odwrotnym do poprzedniego. Skutkiem tego i linie sił w polu mają teraz kierunki odwrotne; tak np. w położeniu, wyobrażonem na rys. 1, siła działa na  $m$  nie w prawo, lecz w lewo. Aby masa  $m$  mogła wirować w danym kierunku, potrzeba przewyciężyć działanie siły, t. j.

wykonywać pracę. Do masy  $m$  doprowadzamy energię, a masa ta oddaje ją ciału centralnemu, t. j. przewodnikowi, a mianowicie wywołuje w nim prąd elektryczny. Tym sposobem dochodzimy do pojęcia o *dynamomaszynie unipolarnej*. Jest to oczywiście maszyna prądu stałego. Prąd stały powstaje tu odrazu w przewodniku, podlegającym indukcji, gdy tymczasem w dynamoszynach zwykłych indukcya wywołuje w przewodnikach prąd zmienny, który dopiero skutkiem komutacji, przy pomocy kolektora i szczotek, zamienia się na stały.

Każdy magnes zawiera masy magnetyczne północne i południowe. Możemy uważać, że pierwsze z nich są ześrodkowane w biegunie północnym, a drugie w południowym. Gdyby magnes rzeczywisty wirował naokoło przewodnika, to biegun północny wywoływałby pewną siłę elektrowzbudzającą w jednym kierunku, a południowy — taką samą siłę w kierunku odwrotnym. Suma tych sił byłaby równa zero, nie otrzymalibyśmy więc wcale prądu. Dlatego też wydaje się na pierwszy rzut oka, że motor unipolarny i dynamomaszyna unipolarna nie dają się w praktyce urzeczywistnić. Proste urządzenie, przedstawione schematycznie na rys. 2, ma okazać, że przyrządy takie są możliwe.



Rys. 2.

Widzimy tu magnes o przekroju kolistym, zagięty u biegunów. Może on obracać się w dwóch łożyskach, które zaznaczono na dwóch końcach. Lewa połowa tego magnesu jest włączona w obwód elektryczny, a mianowicie jeden z przewodników ( $p_1$ ), idących od źródła prądu, łączy się z lewym łożyskiem, a drugi  $p_2$  — ze szczotką, opartą na cylindrycznej powierzchni magnesu. Gdy przepuścimy prąd, to tylko biegun północny ( $N$ ) znajdzie się na zamkniętej linii sił, leżącej w płaszczyźnie prostopadłej do osi, magnes więc będzie wirował, tworząc motor unipolarny.

Na rysunku naszym końce magnesu są zagięte. Chciano w ten sposób dobitniej przedstawić działanie motoru, zagięcie to jednak nie jest konieczne. Widzieliśmy poprzednio, że sprawność motoru nie zależy od odległości pomiędzy masą magnetyczną i przewodnikiem, czyli drogą prądu, a więc bez tych zagięć otrzymalibyśmy motor tej samej sprawności.

Połączmy teraz ze sobą przewodniki  $p_1$  i  $p_2$ , pomijając źródło zewnętrzne prądu, i obracajmy magnes za pomocą siły zewnętrznej. W obwodzie powstanie prąd, t. j. otrzymamy maszynę unipolarną. Wynik byłby ten sam, gdyby magnes pozostawał w spokoju, a naokoło niego wirował obwód zewnętrzny, t. j. połączone przewodniki  $p_1$  i  $p_2$ . Wyobraźmy sobie pole naszego magnesu, jako złożone z linii sił, przebiegających od  $N$  do  $S$ , i uważajmy ruch któregośkolwiek krótkiego elementu obwodu zewnętrznego. Okaże się wówczas, że w ciągu całego obrotu kierunek tego elementu i kierunek jego ruchu nie ulegają zmianie względnie do kierunku linii sił. Jest to właśnie cecha charakterystyczna i zasadnicza maszyny unipolarnej.

## Nowe dynamoszyny unipolarne.

Najprostszą dynamoszyną o prądzie stałym jest t. zw. prądnica *jednobiegunowa* (fr. dynamo unipolaire) lub lepiej *równobiegunowa* (fr. dynamo homopolaire). Pierwszą taką maszynę zbudował FARADAY w 1831 r. Jak wiadomo, składała się ona z krążka miedzianego, osadzonego na osi poziomej pomiędzy biegunami zwykłego magnesu w kształcie podkowy; jeden koniec drutu, tworzącego obwód zewnętrzny, ślizgał się na obwodzie krążka, drugi zaś na osi. Przy wprowadzeniu krążka w szybki ruch, powstaje w nim siła elektromotoryczna i w obwodzie zewnętrznym zaczyna krążyć prąd elektryczny. Maszynka taka daje jednak napięcie, wynoszące

zaledwie bardzo nieznaczny część 1 v. Można wprawdzie otrzymać wyższe napięcie, stosując bardzo silne pole magnetyczne i nadając wielką ilość obrotów krążkowi o znacznej średnicy, ale i wtedy nawet nie otrzymamy napięcia, odpowiadającego wymaganiom praktycznym. Wielu uczonych, nie wyłączając takich jak SIEMENS, FERRARIS, TESLA, pracowało nad zbudowaniem prądnicy równobiegunowej do celów technicznych. Trudności były jednak tak wielkie, że maszyny tego rodzaju nie znalazły szerszego zastosowania w praktyce, z wyjątkiem chyba niskonapięciowych prądnic do procesów elektrochemicznych. Ponieważ mianowicie