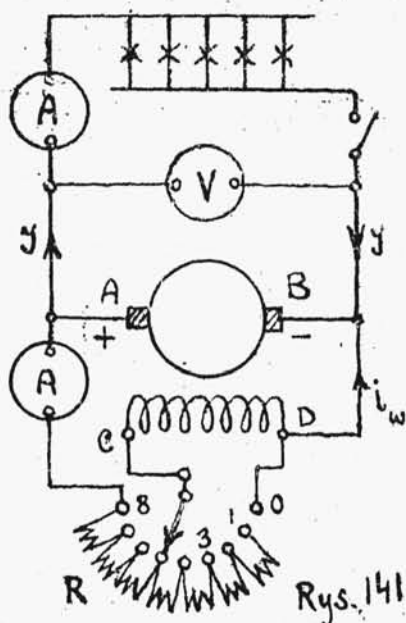


2. Prądnicą bocznikową.

W prądniccy samowzbudnej bocznikowej uzwojenie elektromagnesów przyłączone jest równoległe do uzwojenia twornika, a więc na końcówkach uzwojenia wzbudzającego istnieje pełne napięcie maszyny. Pierwszą taką maszynę zbudował Siemens w roku 1880.

Rys. 141 przedstawia schemat prądnicy bocznikowej z regulatorem napięcia R.



Rys. 141.

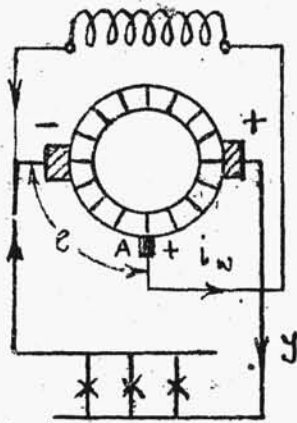
Prąd z twornika prądnicy bocznikowej rozgałęzia się na prąd w elektromagnesach /zwykle 2-3% całkowitego prądu twornika/ i prąd w obwodzie zewnętrznym. Po uruchomieniu prądnicy zwykle obwód zewnętrzny jest otwarty. Wówczas prąd płynie tylko w obwodzie wzbudzenia, utworzo-

ny z twornika, uzwojenia elektromagnesów i opornika R, regulującego ten prąd.

Ponieważ na końcówkach uzwojenia wzbudzającego istnieje pełne napięcie, zatem w myśl tej reguły, aby prąd wzbudzenia był niewielki - opór uzwojenia elektro-

magnesów musi być znaczny, a więc uzwojenie ma dużo zwojów z drutu stosunkowo cienkiego /1-2 mm średnicy/.

Gdy maszyna jest zbudowana na bardzo niskie napięcie /kilka woltów/ wówczas samowzbudzenie jest trudniejsze i elektromagnesy zasilamy z obcego źródła prądu stałego. Natomiast przy napięciach przekraczających 250 woltów w celu otrzymania na uzwojeniu elektromagnesów napięcia niskiego /poniżej 250 woltów/ stosujemy albo regulatory napięcia o znaczniejszym oporze, albo też stosujemy t.zw. w z b u d z e n i e c z ę ś c i o w e.

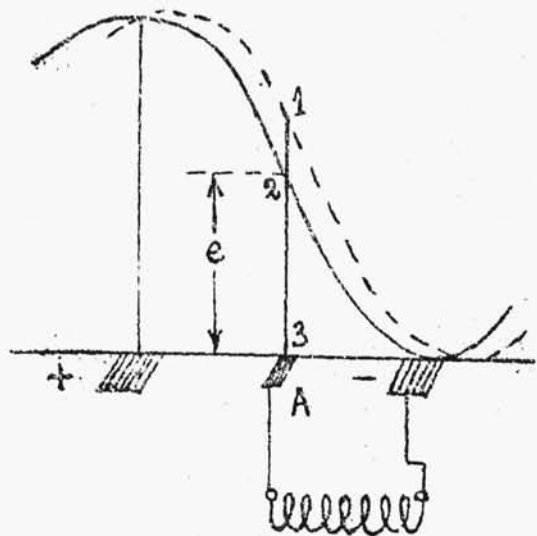


Rys.142.

Na rys.142 pokazany jest sposób wzbudzenia częściowego, podany przez Syers'a. Między dwoma sąsiednimi różnoimieniami szczotkami prądnicy umieszczona jest dodatkowa szczotka A w miejscu odpowiadającemu wielkości napięcia, jakie ma być na końcówkach uzwojenia wzbudzającego.

Przy wzroście obciążenia maszyny napięcie na uzwojeniu elektromagnesów wzrasta, o czym można się przekonać z rysunku 143, gdzie pokazana jest część krzywej potencjalnej. Przy biegu jałowym /krzywa I/ na końcówkach uzwojenia wzbudzenia istnieje napięcie, którego wielkość wyraża

odcinek 2-3, a przy obciążeniu skutkiem reakcji twornika krzywa potencjalna zostanie przesunięta /krzywa II/ i na



Rys. 143.

końcówkach uzwojenia wzbudzenia będzie wówczas napięcie większe i równe odcinkowi 1-3, skutkiem tego wzrosnie i prąd wzbudzenia.

Wadą tego sposobu wzbudzania jest to, że dodatkowa szczotka A zwiera zwojnice, w których indukują się

znaczne siły elektromotoryczne, zatem szczotka ta posiada skłonność do iskrzenia.

A. Smowzbudzenie prądnicy bocznikowej.

Gdy wprowadzimy w ruch wirowy twornik prądnicy, to w uzwojeniu twornika powstanie niewielka siła elektromotoryczna pod wpływem magnetyzmu szczątkowego w rdzeniach elektromagnesów. Ta niewielka siła elektromotoryczna wywoła w zamkniętym obwodzie uzwojenia elektromagnesów niewielki prąd. Gdy połączenie uzwojenia ze szczotkami będzie odpowiednie, to powyższy prąd wzmocni strumień magnetyczny elektromagnesów, przez co powiększy się siła

elektromotoryczna, wzniecona w tworniku i t.d.

Ważną jest rzeczą wiedzieć, jak długo wzrastać będzie siła elektromotoryczna przy biegu luzem.

Oznaczmy przez i_t - prąd w obwodzie uzwojenia wzbudzenia w chwili t , przez E_t - siłę elektromotoryczną w tworniku w chwili t , przez R - oporność omową całego zamkniętego obwodu elektromagnesów w czasie samowzbudzenia, a więc łącznie z opornością twornika, przez L - indukcyjność tego obwodu.

Wtedy prąd w tym obwodzie w chwili t czynić musi zadość równaniu

$$i_t R = E_t - L \frac{di_t}{dt} \quad 119.$$

Strumień magnetyczny w zależności od prądu w elektromagnesach zmienia się według krzywej II, rys. 144. Załóżmy narazie, że strumień zmienia się według prostej linii I, wtedy

$$\phi_t = C_1 i_t$$

gdzie C_1 oznacza stały współczynnik, zależny od oporności magnetycznej obwodu magnetycznego: im ta oporność jest mniejsza, tem C_1 jest większe.

Siła elektromotoryczna w tworniku jest proporcjonalna do wielkości strumienia magnetycznego, jeżeli więc C_2 - będzie współczynnikiem proporcjonalności, to:

$$E_t = C_2 \phi_t$$

Stała C_2 jest proporcjonalna do szybkości wirowania twornika. Zapomocą ostatnich dwóch zależności możemy w równanie 119 wstawić odpowiednie wartości na i_t i E_t , wówczas przybierze ono postać

$$\frac{E_t}{C_1 C_2} R = E_t - L \frac{1}{C_1 C_2} \cdot \frac{dE_t}{dt}$$

skąd

$$dE_t = \frac{1}{L} \cdot E_t \cdot C_1 C_2 - R \cdot dt$$

Przyrost siły elektromotorycznej może istnieć tylko wtedy, gdy:

$$dE_t > 0$$

a to ma miejsce przy:

$$C_1 C_2 - R > 0$$

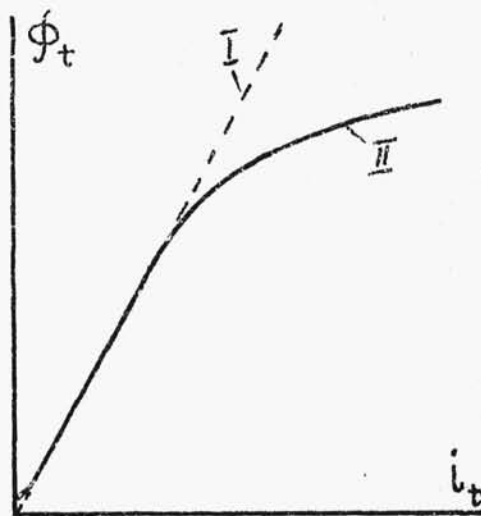
Uwzględniając wyżej

podany wpływ oporności obwodu magnetycznego na czynnik C_1 i szybkości wirowania na czynnik C_2 , z ostatniej nierówności

$$C_1 C_2 > R$$

wypada, że prądnicą wzbudzi się tylko wtedy, gdy oporność obwodu magnetycznego będzie mała, szybkość wirowania twornika znaczna i oporność elektryczna obwodu elektromagnesów niewielka, aby istniała nierówność

Z tych wywodów nie widać narazie co kładzie kres wzrastaniu siły elektromotorycznej, gdyż, póki $C_1 C_2 > R$



Rys. 144.

pryrość siły elektromotorycznej jest zawsze dodatni. Dla wyjaśnienia okoliczności, przy których siła elektromotoryczna, wniecona w tworniku przestaje rosnąć, należy zwrócić uwagę na to, że powyższe rozumowania opierały się na założeniu prostoliniżnej zależności Φ_t od i_t . W rzeczywistości zaś wykres $\Phi_t = f(i_t)$ zakina się ku dołowi skutkiem wzrostu oporności magnetycznej obwodu, w którym przebiega coraz większy strumień magnetyczny. Powoduje to zmniejszenie się współczynnika C_1 skutkiem czego w pewnej chwili zajdzie równość

$$C_1 C_2 = R$$

wtedy $dE_t = 0$ i dalszy wzrost siły elektromotorycznej ustaje.

Największą wartość siły elektromotorycznej prądnicy wzbudzonej możemy wyznaczyć graficznie z dwóch zależności funkcyjnych

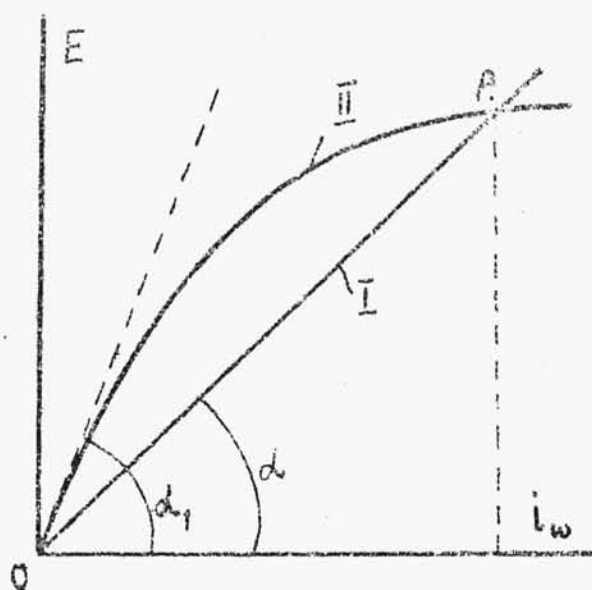
$$E_t = f(i_w) \quad \text{oraz} \quad E = i_w R$$

Pierwsza zależność, rys.145, będzie to charakterystyka biegu jałowego drugie równanie, na zasadzie prawa Ohma, przedstawia zależność ustalonej siły elektromotorycznej od stałego prądu wzbudzenia. W chwili równowagi, t.j. kiedy ustaje wzrost siły elektromotorycznej, mamy

$$E_t = E = i_w R$$

czyli siła elektromotoryczna całkowicie pokrywa omowy spadek napięcia w obwodzie wzbudzenia.

Z tego wynika, że prowadząc prostą I, rys. 145, pod kątem α , przy czym $\tan \alpha = \frac{E}{I_w} = R$ mamy zależność $E = I_w R$



Rys. 145.

Ustalony prąd i usta-

łona siła elektromotoryczna muszą czynić zadość obu wykresom, więc szukana ich wielkość wskazuje punkt A przecięcia się obu linii.

Jak widać z rysunku ze zwiększeniem się kąta α punkt przecięcia A obniża się, czyli przy zwiększaniu oporu uzwojenia wzbudzenia, siła elektromoto-

ryczna, jaką maszyna może wytworzyć, obniża się. W szczególności, gdy prosta I będzie styczną do krzywej II ($\alpha = \alpha_1$) prądnica wogóle się nie wzbudzi.

Z tych wszystkich rozważań wynika, że dla wzbudzenia się prądnicy niezbędne są następujące warunki:

1/ istnienie magnetyzmu szczątkowego, czyli przed pierwszym uruchomieniem maszyny należy na chwilę przyłączyć uzwojenie do obcego źródła prądu stałego,

2/ duża siła koercji magnesów, a więc duży magnetyzm szczątkowy, dlatego magnesy są wykonane z twardszych gatunków żelaza,

3/ właściwy kierunek prądu w elektromagnesach, przy którym prąd ten sprzyja wzrostowi strumienia magnetycznego,

4/ dostateczna szybkość wirowania twornika /taka, jak wskazana na tabliczce cechowej maszyny/,

5/ kierunek prądu w uzwojeniu wzbudzającym musi być odpowiedni, aby prąd wytworzony siłą elektromotoryczną, powstałą od magnetyzmu szczątkowego, wzniecał strumień zgodny ze strumieniem magnetyzmu szczątkowego i przewyższał jego wartość,

6/ mała oporność magnetyczna obwodu magnetycznego /nie za szeroka szczelina powietrzna/,

7/ niewielka oporność obwodu elektrycznego uzwojenia wzbudzenia, a więc dobrze doszlifowane i przyciśnięte szczotki, dobre kontakty we wszystkich złączach i odpowiednia oporność regulatora napięcia.

B. Charakterystyka biegu jałowego.

.....

Charakterystyka biegu jałowego prądnicy bocznikowej prawie nie różni się od charakterystyki biegu jałowego prądnicy obcowzbudnej; może być doświadczalnie otrzymana dwoma sposobami.

Przy pierwszym sposobie uzwojenie elektromagnesów zasilamy prądem z obcego źródła według schematu, przedstawionego na rys. 132.

W drugim sposobie uzwojenie wzbudzające pozostaje przyłączone równolegle do twornika, a prąd wzbudzenia zmieniany przy pomocy opornika regulacyjnego. W tym przypadku badana prądnica ściśle mówiąc nie pracuje przy biegu jałowym, gdyż jest obciążona prądem wzbudzenia.

Ponieważ prąd ten jest nieznaczny, przeto charakterystyki biegu jałowego, zdjęte jednym i drugim sposobem, praktycznie różnić się nie będą.

C. Charakterystyka obciążenia.

Gdy będziemy włączać coraz więcej lamp w obwodzie prądnicy, oporność tego obwodu maleje i przez to prąd rośnie. Napięcie zaś na zaciskach prądnicy spada. Składają się na to różne przyczyny.

Z przepływu prądu na rys.141 widzimy, że

$$V = E - [(J + i_w) R_t + 2\Delta V]$$

W miarę wzrostu prądu J zwiększa się spadek napięcia w tworniku $(J + i_w) R_t$, rośnie nieco również i spadek napięcia $2\Delta V$ na styku szczotek. Ponadto siła elektromotoryczna E nie zachowuje swej wartości, a zmniejsza się pod wpływem reakcji twornika i malejącego prądu w elektromagnesach, skutkiem spadania napięcia na zaciakach, a więc i na uzwojeniu wzbudzenia.

Przez to, w miarę zwiększania się prądu napięcie spada coraz więcej, tak, że tym samym przyrostem prądu odpowiadają coraz większe spadki napięcia. Przy normalnem obciążeniu w prądnicach bez biegunów zwrotnych napięcie spada od 15 - 20%, a z biegunami zwrotnymi od 10 do 15%.

Napięcie prądnicy bocznikowej można przy obciążeniu utrzymać stałym przesuwając rączką opornika R, rys.141, w obwodzie elektromagnesów. Chcąc podwyższyć napięcie zmniejszamy oporność opornika i wtedy prąd w elektromagnesach wzrasta, a zatem wzrasta strumień magnetyczny, co powoduje wzrost siły elektromotorycznej. Obniżyć napięcie na zaciskach prądnicy bocznikowej można tylko niewiele, np. od napięcia normalnego do 0,6 normalnej wartości; przy próbach dalszego obniżania napięcia spada ono zupełnie.

Charakterystyka obciążenia prądnicy bocznikowej w niczem nie różni się od charakterystyki obciążenia prądnicy obcowzbudnej.

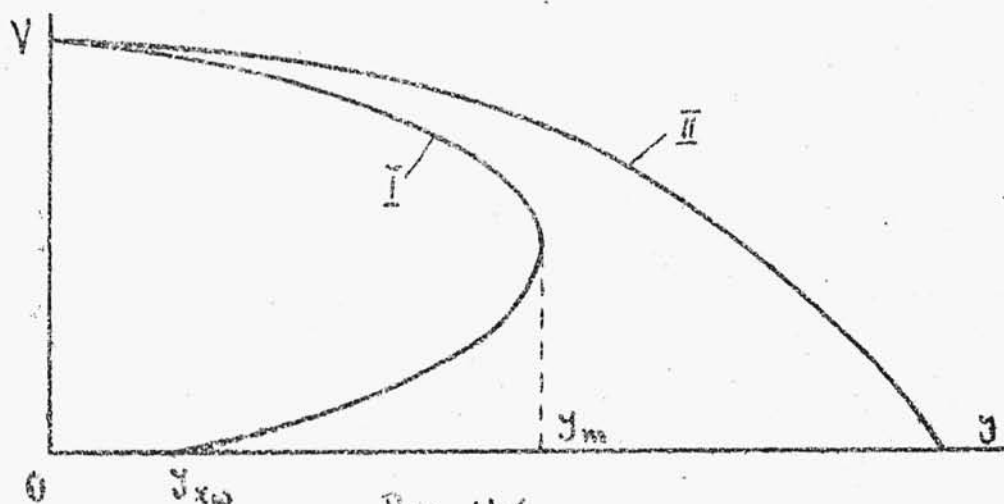
D. Charakterystyka zewnętrzna.

Przy zdjęciu tej charakterystyki możemy posilkować się schematem przedstawionym na rys.141.

Na rys.146 pokazana jest charakterystyka zewnętrzna prądnicy bocznikowej /krzywa I/ zjęta doświadczalnie. Krzywa II wyobraża taką samą charakterystykę dla

prądniczy obcowzbudnej.

Porównyując krzywe I i II widzimy, że spadek napięcia w prądniczy bocznikowej jest większy niż w obcowzbudnej; dzieje się to dlatego, że w maszynie bocznikowej prąd wzbudzenia nie jest stały, a maleje ze wzrostem obciążenia.



Rys. 146.

W stanie zwarcia napięcie prądniczy bocznikowej $V \approx 0$ i prąd wzbudzenia $i_w = \frac{V}{R_w} = 0$, mówimy wtedy, że prądnicza jest rozmagnesowana.

Przy zwarcia prąd twornika /prąd zwarcia/ nie jest równy zero, a ma pewną wartość J_{zw} , pochodzącą od siły elektromotorycznej, wywołanej magnetyzmem szczątkowym.

Z rys. 146 widzimy, że przy zmniejszaniu oporu zewnętrznego prąd maszyny początkowo wzrasta, następnie osiągnąwszy pewną maksymalną wielkość J_m zaczyna maleć, przy dalszym zmniejszaniu oporu zewnętrznego.

Doświadczenie wykazuje, że maksymalny prąd J_m , określony przez odpowiednią próbę wypada nieco większy od obliczonego teoretycznie; tłumaczy się to tem, że w rzeczywistości w miarę zgęszczania się strumienia magnetycznego, reakcja twornika rośnie niezupełnie proporcjonalnie do natężenia prądu, wobec wzrostu oporności magnetycznej żelaza. Przy znacznych zatem obciążeniach reakcja jest nieco słabsza niż wypadłoby to z zasady proporcjonalności.

Charakterystykę zewnętrzną możemy wyznaczyć na podstawie charakterystyki biegu jałowego /krzywa E/, rys.147, oraz zależności napięcia na zaciskach od prądu w elektromagnesach /krzywa V/. Według prawa Ohma;

$$i_w = \frac{V}{R_w}$$

skąd

$$R_w = \frac{V}{i_w} = \operatorname{tg} \alpha = \text{const.}$$

gdzie R_w - oznacza tu oporność uzwojenia elektromagnesów, łącznie z oporem regulatora napięcia.

Pomiędzy krzywą E i prostą V znajduje się charakterystyczny trójkąt a-b-c, którego boki mają następujące znaczenie:

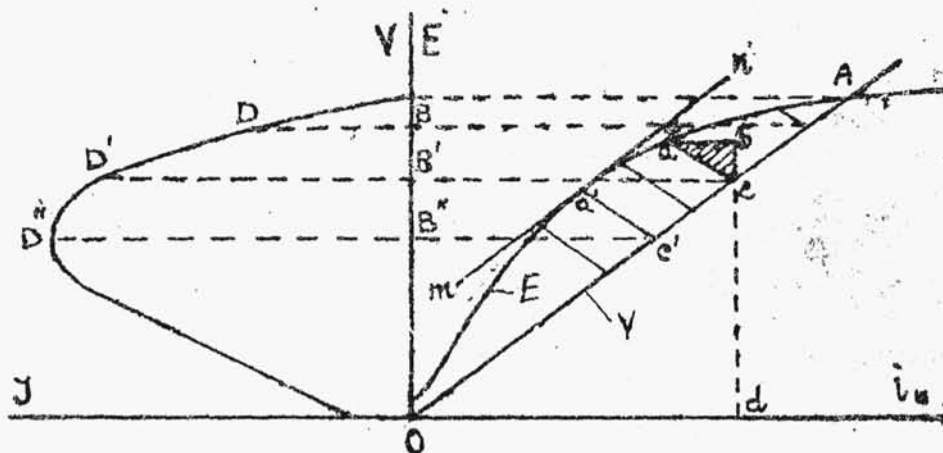
$$\text{Bok } bc = J + i_w / R_t + 2 \Delta v$$

co stanowi spadek napięcia w uzwojeniu twornika i na stykach szczotek z komutatorem.

Bok ab przedstawia prąd kompensujący całkowitą reakcję /pole poprzeczne i podłużne/ twornika. Wielkość tego prądu przedstawia się w sposób następujący

$$ab = \frac{J + i\omega/Z_r}{Z_w}$$

gdzie Z_r - oznacza liczbę zwojów z prądem twornikowym, odpowiadającą pełnej reakcji twornika, a Z_w - liczba zwojów uzwojenia wzbudzenia.



Rys. 147.

Wobec tego

$$ac = \frac{J + i\omega}{Z_w} \cdot \sqrt{\frac{R_t + r}{Z_w^2} + \frac{Z_r}{Z_w^2}}$$

gdzie

$$r = \frac{2 \Delta V}{J + i\omega}$$

uważać będziemy w przybliżeniu za wielkość stałą.

Wówczas odcinek ac może być uważany za proporcjonalny do prądu twornika, a więc wyraża ten prąd w pewnej skali. Odpowiadające temu prądowi napięcie na zaciskach prądnicy wyraża odcinek cd , a głąb elektromoto-

Wówczas odcinek bd .

Przy zmianie obciążenia prądnicy zmienia się długość odcinka ac , ale kierunek jego pozostaje stały, gdyż stały jest stosunek boków ab i bc , według poprzednich rozważań. W miarę zwiększania obciążenia prądnicy odcinek ac przesuwają się w dół od punktu A , który odpowiada biegowi jałowemu prądnicy, o ile prąd wzbudzenia uważać będziemy za nieznaczny; wówczas w przybliżeniu odcinek ac wyrażać będzie prąd obciążenia.

Z rys. 147 wynika, że przeciążenie prądnicy jest ograniczone. Największy możliwy prąd wyraża odcinek ac' poprowadzony z punktu, w którym prosta mn , równoległa do prostej DA , jest styczną do krzywej siły elektromotorycznej E .

Jeżeli po osiągnięciu tego prądu będziemy w dalszym ciągu włączali w obwód zewnętrzny np. lampy w równoległym układzie, to prąd nie wzrośnie, lecz zmaleje, gdyż odcinek ac przesunie się na wykresie poniżej maksymalnej wielkości.

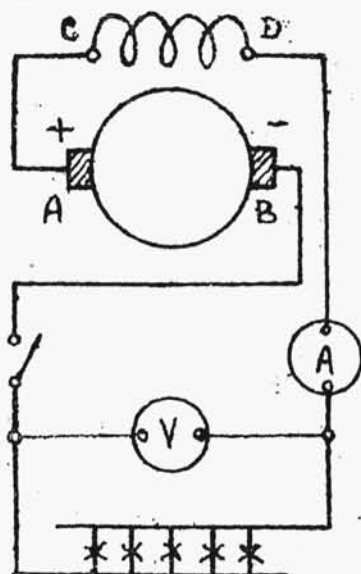
Prowadząc przez punkty c, c', c'' i t.d. proste poziome i odkładając na nich od osi pionowej $/EV/$ odcinki $DB, D'B', D''B'$ i t.d. proporcjonalne do odcinków $ac, ac',$ i t.d. i równe różnym prądom obciążenia, otrzymamy krzywą wyznaczoną przez punkty D, D', D'' i t.d., będącą charakterystyką zewnętrzną.

Praktyczne znaczenie posiada tylko część górna charakterystyki, według której zachodzi zwykle normalna praca prądnicy.

Wszystko to, co wyżej było powiedziane o charakterystyce regulacyjnej prądnicy obcowzbudnej ma zastosowanie i dla prądnicy bocznikowej.

3. Prądnica głównikowa.

w prądnicy głównikowej, rys. 148, twornik, uzwojenie elektromagnesów i opór zewnętrzny, tworzą jeden obwód zamknięty, w którym przebiega ten sam prąd elektryczny.



Rys. 148.

ktryczny.

Przy wyłączonych odbiornikach mamy prąd przerywany i napięcie na zaciskach prądnicy równa się sile elektromotorycznej, wywołanej magnetyzmem szczątkowym.

Przy zmniejszaniu oporności obwodu zewnętrznego prądnica zaczyna się wzbudzać,

natężenie prądu rośnie początkowo powoli, potem zaś prędkiej. Mamy tu narazie stan nieustalony, tak, że szeregu punktów przejściowych osiągnąć na stałe nie można. Ze wzrostem prądu obciążenia rośnie działanie magnesujące