

4. Napięcie międzydziałkowe.

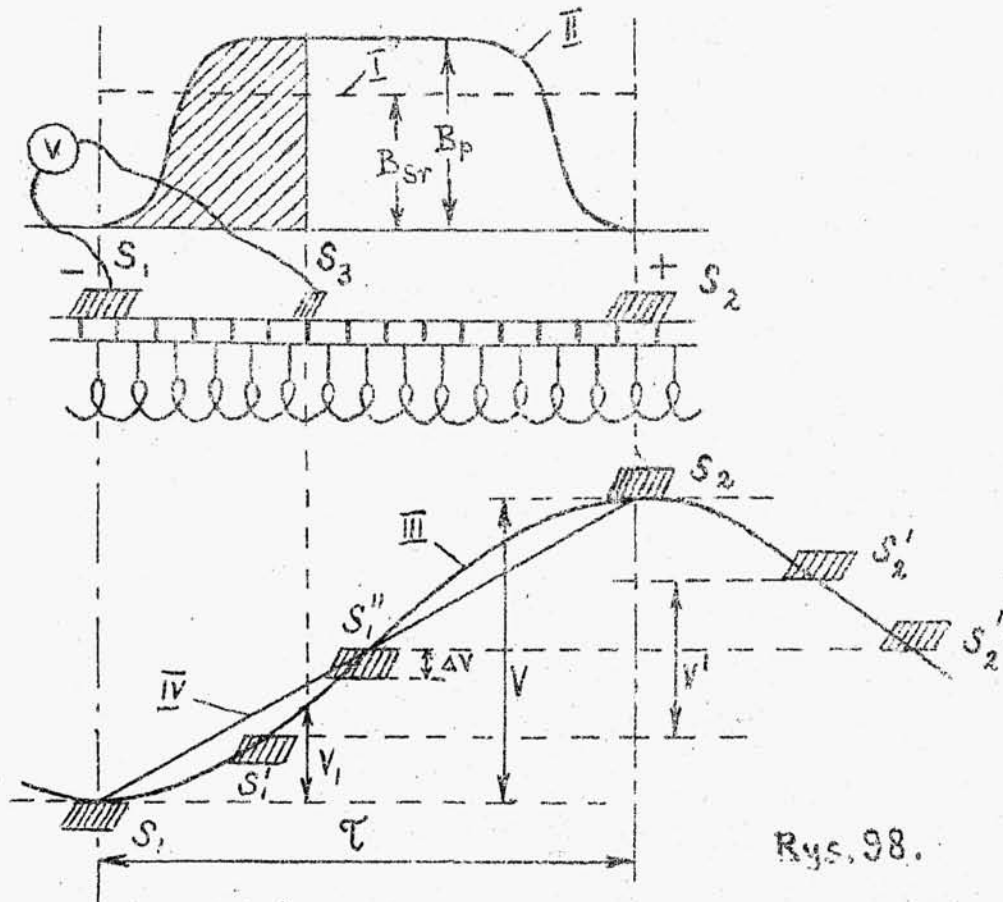
W uzwojeniu pętlicowym każda zwojnica jest połączona z dwoma sąsiednimi działkami komutatora, wobec czego różnica potencjałów między temi działkami jest równa sile elektromotorycznej jaka indukuje się w jednej zwojnicy. Ponieważ każda zwojnica uzwojenia przy ruchu przecina strumień o różnej gęstości, zależnie od położenia zwojnicy względem biegunów, więc siła elektromotoryczna w niej powstająca jest wielkością zmienną o charakterze zbliżonym do krzywej rozplywu indukcji magnetycznej w szczelinie powietrznej.

W uzwojeniu szeregowym między dwoma sąsiednimi wycinkami komutatora znajduje się "p" zwojnic, a więc między temi działkami napięcie będzie "p" razy większe. Jest to zupełnie zrozumiałe, bowiem uzwojenia szeregowe używane są do napięć, które w stosunku do natężenia prądu lub ilości obrotów maszyny są dość znaczne.

Gdyby indukcja magnetyczna w szczelinie powietrznej miała przebieg pokazany na rys.98 /krzywa I/ wówczas między każdymi dwoma sąsiednimi /w uzwojeniu pętlicowym/ działkami komutatora byłaby stała różnica potencjałów, którą, między jedną ze szczotek a kolejnymi działkami komutatora, przedstawiałaby linja IV, rys.98.

Zmienność indukcji magnetycznej w szczelinie

powietrznej przy biegu jałowej maszyny zachodzi według krzywej II, a wykres siły elektromotorycznej lub napięcia między jedną ze szczotek, a kolejnymi działkami komutatora przedstawia krzywa III, którą nazywamy krzywą potencjalną komutatora.



Rys. 98.

W celu otrzymania krzywej potencjalnej między dwoma różnoimiennymi szczotkami umieszczamy trzecią niewielką szczotkę S_3 ; między jedną ze szczotek maszyny np. S_1 a szczotką dodatkową S_3 włączamy woltomierz. Posuwając szczotkę dodatkową w prawo otrzymujemy na woltomierzu

różne wskazania, których wartości w pewnej skali w układzie współrzędnych wyznaczają krzywą potencjalną komutatora.

Krzywa III wskazuje, że różnica potencjałów między różnymi parami wycinków komutatora jest różna, wobec czego do dalszych rozważań wprowadzimy pojęcie średniego $/e_{sr}/$ i maksymalnego $/e_{max}/$ napięcia międzydziałkowego.

Obliczmy obie te wielkości.

Wiedząc, że między dwoma różnoimiennymi kolejnymi szczotkami w uzwojeniu równoległym znajduje się wycinków komutatora, możemy napisać

$$e_{sr} = \frac{E}{K/2p} = \frac{2Ep}{K}$$

gdzie E - siła elektromotoryczna maszyny, K - liczba wycinków komutatora, p - liczba par biegunów.

Ponieważ pola objęte krzywami I i II są równe, rys. 93, zatem możemy napisać

$$B_p \cdot b_i \cdot l_i = B_{sr} \cdot \tau \cdot l_i$$

skąd

$$B_{sr} = B_p \frac{b_i}{\tau} \approx \alpha \cdot B_p$$

gdzie $\alpha = 0,4 - 0,8$

W tym samym stosunku w jakim są do siebie indukcje magnetyczne - średnia $/B_{sr}/$ i maksymalna $/B_p/$, będą i napięcia międzydziałkowe, a więc

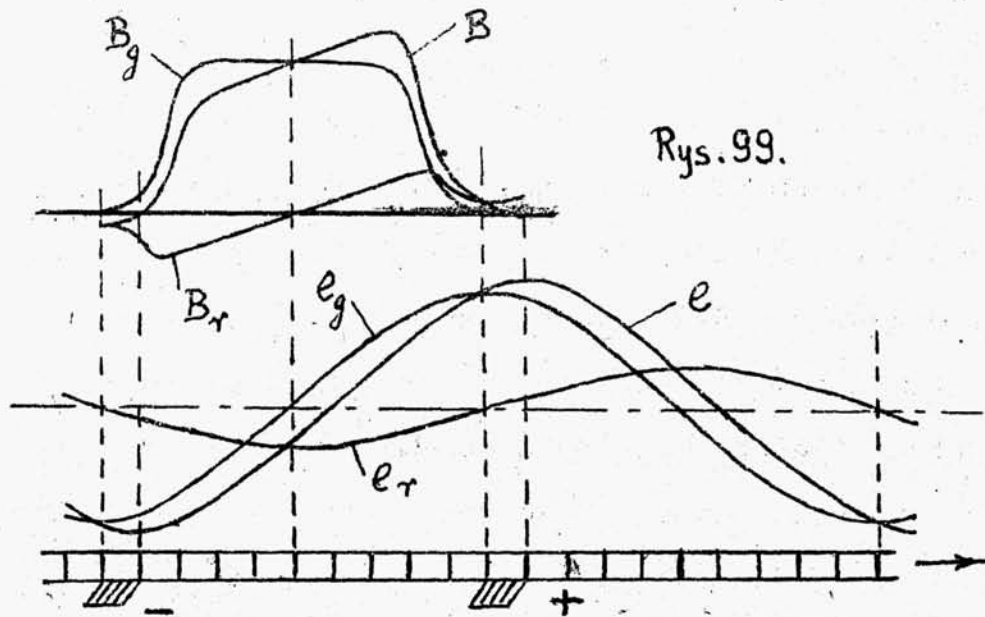
$$\frac{B_{sr}}{B_p} = \frac{e_{sr}}{e_{max}} = \alpha$$

skąd

$$e_{\max} = \frac{e_{sr}}{\alpha} = \frac{2 \cdot E_p}{\alpha \cdot K} \quad 79a$$

Przy obciążeniu maszyny skutkiem reakcji twornika pole jest zdeformowane /rys.99, krzywa B/ wobec czego wzrasta stosunek $\frac{1}{\alpha}$ między indukcją maksymalną B_p a średnią B_{sr} w szczelinie powietrznej. Wzrosnąć również stosunek $\frac{e_{\max}}{e_{sr}}$, który przy obciążeniu waha się w granicach 1,3 - 2,4, a przy biegu jałowym 1,3 - 1,5.

Potencjalną komutatora dla maszyny obciążonej przedstawia krzywa e, rys.99.



Jest ona przesunięta względem krzywej e_g , odpowiadającej potencjalnej komutatora przy biegu jałowym, w kierunku ruchu twornika, o długość odpowiadającą przekreśnieniu się linii obojętnej.

Krzywa e_r przedstawia krzywą potencjalną, którą otrzymalibyśmy gdyby bieguny magnesów nie były wzbudzone, a przez uzwojenie twornika przepływałby normalny prąd obciążenia maszyny; inaczej jest to krzywa potencjalna wywołana polem reakcji twornika.

Krzywą e otrzymujemy przez sumowanie krzywych e_g i e_r

Jeżeli szczotki różnoimienne znajdują się w położeniu S_1 i S_2 , rys. 98, to różnica potencjałów pomiędzy nimi jest równa różnicy wysokości punktów S_1 i S_2 na krzywej potencjalnej, czyli równa się pełnemu napięciu maszyny V .

Gdy szczotki przesuniemy ze strefy obojętnej np. w położenie S'_1 i S'_2 to różnica potencjałów będzie już mniejsza i równa V' , a gdy szczotki zajmą położenie S''_1 i S''_2 pod środkami biegunów wówczas różnica potencjałów między szczotkami jest równa zeru.

W maszynie z zwojeniem szeregowym napięcia między wycinkami dodają się do siebie z tym samym znakiem, a więc i tu można stosować te same wzory dla określenia średniego lub maksymalnego napięcia międzydziątkowego co przy uzwojeniu równoległym.

W przypadku uzwojeń wielokrotnych lub szeregowo-równoległych sprawa się komplikuje. Przy tych ostatnich między wycinkami x i $x+a$ znajduje się "p" sekcji.

a więc napięcie między dwoma wycinkami jest "p" razy większe niż napięcie jednej sekcji twornika, lecz sekcje z wycinkami, leżącymi między wycinkami x i $/x+a/$ należą do innych gałęzi twornika i gdy uzwojenie nie posiada połączeń ekwipotencjalnych to napięcia tych sekcji nie znajdują się w żadnym określonym stosunku do potencjału wycinka x lub też wycinka $/x+a/$ i w tym przypadku krzywa potencjalna ma przebieg nieustalony.

Gdy mamy symetryczne uzwojenie szeregowo-równoległe z połączeniami ekwipotencjalnymi lub wielokrotnie z połączeniami wyrównawczymi, wówczas dla określenia napięcia międzydziałkowego możemy stosować te same wzory co i dla zwykłego uzwojenia równoległego.

Przy przesuwaniu szczotek względem linii obiegowej różnica potencjałów między zewnętrznymi krawędziami jednej szczotki wzrasta i osiąga największą (ΔV , rys. 98) wartość gdy szczotka znajdzie się na środku pod biegunem i to w maszynie nieobciążonej. Przy obciążeniu skutkiem deformacji pola to miejsce przesuwa się cokolwiek w kierunku ruchu twornika.

Dla uzwojenia, rozmieszczonego równomiernie na obwodzie twornika, krzywa potencjalna jest krzywą całkową krzywej indukcji magnetycznej i w ten sposób np. różnica potencjałów między szczotkami S_1 i S_3 równa V_1 jest proporcjonalna do zakreśkowanej części powierzchni, ograniczonej

krzywą II i podstawą S_1 i S_3 , rys. 98 - część górna.

Wynika to z tego, że różnica potencjałów między dowolnymi dwoma punktami komutatora S_1 i S_3 równa się sumie sił elektromotorycznych, indukowanych w sekojach twornika, znajdujących się między tymi punktami. Wielkości tych sił elektromotorycznych są proporcjonalne do rzędnych krzywej II, wziętych w odpowiednich punktach obwodu twornika.

Można udowodnić, że krzywa potencjalna będzie sinusoidą o ile rozpyw indukcji magnetycznej w szczelinie powietrznej zachodzić będzie według sinusoidy.

W maszynach elektrycznych rozpyw indukcji w szczelinie nie jest sinusoidalny, jednakże krzywa potencjalna komutatora jest bardzo zbliżona do sinusoidy.

Jak wyżej zaznaczyliśmy, izolacja między działkami komutatora zwykle nie dochodzi do samej jego powierzchni, a kończy się głębiej, a to w tym celu aby komutator zużywał się równomiernie. Skutkiem tego między działkami znajdują się puste przestrzenie, które zapelniają się pyłem ze ścierających się szczotek. Pył ten jest przewodnikiem, zatem zwierać będzie ze sobą działki komutatora.

Ta okoliczność ogranicza wielkość napięcia międzydziałkowego, które nie może przekraczać pewnej określonej granicy.

Przy większych wartościach napięcia międzydzielkowego, prąd zwarcia dzielki dochodzi do takich wielkości, że rozżarza pył, znajdujący się między wycinkami, powodując t.zw. o g i e ń k o m u t a t o r o w y, czyli wprost między dwoma kolejnymi różnemiennymi szczotkami powstaje jakby łuk elektryczny wzdłuż obwodu, co może powodować poważne uszkodzenie komutatora.

Jak wykazały liczne doświadczenia najwyższe napięcie między wycinkami, dopuszczalne ze względu na ognienie, nie jest wartością stałą lecz zależy od wielu warunków. Okazało się, że dopuszczalna granica napięcia międzydzielkowego jest tem wyższa, im grubsza jest izolacja między dzielkami, im większa jest szybkość obrotowa komutatora, im większa jest oporność omowa, części uzwojenia twornika, włączonej między sąsiednimi wycinkami i im czystszy jest komutator / jeśli nie był nieczem smarowany/. Dalej można powiedzieć, że wszelkie czynniki, które wpływają na polepszenie komutacji tem samem powiększają dopuszczalną wartość napięcia.

Według Arnolda dopuszczalne napięcie międzydzielkowe przy zastosowaniu miki o grubości 0,8 mm wynosi

dla maszyn o małych mocach	50 V
dla maszyn o mocy mniejszej od 100 kW...	35 V
dla średnich maszyn o mocy ponad 100kW...	30 V
dla maszyn wielkich ponad 1000 kW	28 V

Maszyny o bardzo małych mocach wysokiego napięcia, używane do wytwarzania prądu anodowego na radiostacjach nadawczych, miewają napięcie międzydziałkowe, dochodzące do 100 V.

Należy pamiętać, że w maszynach bez uzwojenia kompensacyjnego i bez biegunów zwrotnych wskutek zniekształcenia pola magnetycznego największe napięcie międzydziałkowe wypada około 50 % wyższe podczas obciążenia niż przy biegu luzem.

Napięcie międzydziałkowe jest jedną z głównych przyczyn niemożności budowy maszyn elektrycznych prądu stałego na wysokie napięcie.