

Rozdział VI.

SPOSOBY POPRAWIENIA KOMUTACJI.

1. Zwiększenie oporu zwartych zwojnic.

Iskrzenie pod szczotkami spowodowane jest nierównomierną gęstością prądu na powierzchni stykowej szczotki. Ta nierównomierność wywołuje dodatkowy prąd komutacji i_s , powstały od elektromotorycznej siły komutacji zwartych sekcji.

Komutacja będzie wtedy prawidłowa, kiedy gęstość prądu na całej powierzchni stykowej szczotki będzie jednokowa, a to osiągamy przez możliwie całkowite usunięcie dodatkowego prądu komutacji i_s .

Wiemy, że wartość tego prądu wynosi

$$i_s = \frac{e_k}{r_s}$$

Zmniejszyć prąd i_s możemy przez zmniejszenie elektromotorycznej siły komutacji e_k lub przez zwiększenie oporu r_s zwojnicy zwartej.

Opór zwartej zwojnicy zwiększamy przez zastosowanie szczotek węglowych zamiast dawniej używanych metalowych.

Opór szczotek metalowych jest bardzo mały tak, że przy niewielkich nawet wartościach siły komutacji mamy znaczne iskrzenie na komutatorze.

Opór samych szczotek węglowych, jak również i opór przy przejściu prądu między temi szczotkami, a komutatorem jest znacznie większy niż przy szczotkach metalowych.

Szczotki metalowe stosowane są obecnie tylko do maszyn na niskie napięcie /do kilkunastu woltów/, budowanych np. do celów elektrochemicznych, a to dlatego, aby uniknąć dużego spadku napięcia na szczotkach i między nimi a komutatorem.

Do tychże celów oprócz szczotek metalowych używane są szczotki brązowe-węglowe, które składają się z mieszaniny węgla i brązu. Posiadają one formę szczotek węglowych, a połysk metalowych; odznaczają się wielką twardością. Szczotki te często używa się przy pierścieniach ślizgowych silników asynchronicznych.

W maszynach z biegunami zwrotnymi kwestja szczotek jest mniej paląca, w każdym razie jest jeszcze dość ważna, gdyż z nią jest związany opór przejścia, a także strata napięcia na tym oporze, czyli t.zw. n a p i ę c i e p r z e j ś c i a.

Napięcie przejścia zależy od materiału szczotki i komutatora, od gęstości prądu w szczotce, od kierunku

prądu, od temperatury powierzchni przejściowej, od ciśnienia szczotki na komutator, od szybkości obwodowej i od rodzaju prądu t.j. czy prąd jest stały czy zmienny. Następnie wielki wpływ na opór przejściowy wywierają wstrząśnienia, którym podlegają oprawki szczotek i sama maszyna, a więc budowa łożysk i konstrukcja uchwyty szczotkowych.

Dla kierunku prądu od metalu do węgla /szczotki dodatnie dla prądnic, a ujemne dla silników/ opór przejścia i napięcie przejścia jest większe niż dla odwrotnego kierunku prądu od węgla do metalu. Tem się objaśnia, że przy przeciążeniu prądnicy szczotki ujemne, jako posiadające mniejszy opór przejściowy, najpierw zaczynają ikrzeć, potem zaś szczotki dodatnie.

Oliwienie i polerowanie komutatora wywołuje zmniejszenie pracy tarcia i często niewielkie powiększenie oporu przejścia. Jednakże daje to rezultaty dobre tylko przy szczotkach metalowych. Przy szczotkach węglowych oliwienie powoduje czernienie komutatora, oraz łatwiej może nastąpić zwarcie między poszczególnymi wyłinkami.

Co się tyczy ciśnienia szczotek na komutator to przy powiększeniu ciśnienia napięcie przejściowe zmniejsza się początkowo szybko, później zaś coraz wolniej. Objawia się to prawdopodobnie tem, że przy powiększaniu ciśnienia powiększa się powierzchnia styku szczotki z komutatorem,

a zatem zmniejszają się straty na przejściu prądu, rosną zaś straty na tarcie, a więc jeżeli przyjmiemy pod uwagę ogólną sumę strat komutatorowych wówczas pewne określone ciśnienie da rezultaty najlepsze. Okazuje się, że ciśnienie szczotek na komutator średnio powinno wynosić około $0,12 \text{ kg/cm}^2$. Przy ustalaniu ciśnienia szczotki na komutator należy się liczyć z tem, że wogóle małe napięcie przejścia pogarsza warunki komutacji.

Co do gęstości prądu to szczotkę nieraz można obciążyć aż do żarzenia się węgla, a jednak pod szczotką może nie być iskier. Z drugiej strony niekiedy pomimo małego obciążenia szczotki silnie iskrzą, zdarza się to zwykle gdy szczotki drgają. Pojawienie się więc iskier pod szczotkami może być wywołane nie tylko przez przyczyny elektryczne, ale i mechaniczne. Przy określaniu więc dopuszczalnej gęstości prądu musimy przyjąć, że mechaniczne przyczyny, wywołujące iskrzenie, sprowadzone są do minimum, przez odpowiednią budowę maszyn i konstrukcję uchwyty szczotkowych.

W maszynach z biegunami zwrotnymi, gdzie komutacja zachodzi prawidłowo, gęstość prądu pod szczotkami określają własności szczotek oraz czernienie komutatora jako też i wymiary szczotek.

Szczotki miękie zanieczyszczają komutator, i to tem więcej im mocniej cisną na niego tak, że komutator

pokrywa się warstwą węgla co szczególnie daje się zauważyć przy znacznych natężeniach prądu. Jak wyżej wspominaliśmy zanieczyszczenie komutatora może być przyczyną ognia komutatorowego, szczególnie przy dużych napięciach międzydziałkowych. Straty na przejściu prądu i na tarcie są mniejsze przy szczotkach miękkich niż przy twardych /szczotki miękkie mają opór właściwy mniejszy od twardych/ dlatego też szczotki miękkie nadają się do maszyn niskiego napięcia, a twardsze gatunki do maszyn wysokiego napięcia, z wyjątkiem może przetwornic jednomaszynowych, przetwarzających prąd zmienny na stały, gdzie przy nawet dość wysokich napięciach stosuje się szczotki stosunkowo miękkie, gdyż maszyny te budowane bywają na wielkie moce i w przeciwnym razie komutator przyjmowałby zbyt wielkie wymiary.

Przy miękkich szczotkach obsługa komutatora musi być znacznie lepsza, aby komutator pozostawał stale czysty. Twarde szczotki czynią komutator błyszczącym i polepszają go.

Ponieważ opór właściwy węgla maleje wraz ze wzrostem gęstości prądu, więc rozkład prądu w szczotkach jednakowej biegunowości zawsze bywa trochę niepewny, szczególnie gdy prąd ulega wahaniu. Im więcej szczotek posiada maszyna, tem większe różnice mogą powstać w prądach oddzielnych szczotek, a zatem mniejszą trzeba wybrać średnią gęstość prądu dla wszystkich szczotek.

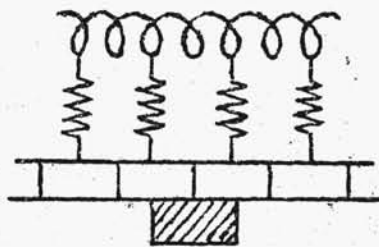
Z tej samej przyczyny nie można wybierać zbyt dużej powierzchni styku dla jednej szczotki, gdyż wtedy prąd rozkłada się nierównomiernie. Małe szczotki lepiej dostosowują się do nierówności niż duże, a oprócz tego szczotki małe chłodzą się lepiej niż większe.

Dopuszczalna strata napięcia między szczotką a komutatorem bywa zwykle ograniczona częściowo przez czernienie komutatora i jednocześnie następowanie matowego stanu powierzchni szczotki, częściowo zaś przez iskrzenie. Najniższe napięcie, przy którym powierzchnia szczotki może stać się matowa, wynosi 2,5 wolta, a napięcie, przy którym jeszcze nie występują iskry, wynosi dla kierunku węgiel-metal 3 wolty, a dla kierunku metal-węgiel - 3,5 wolta. Liczby te mogą ulegać pewnym wahaniom zależnie od mocy maszyny.

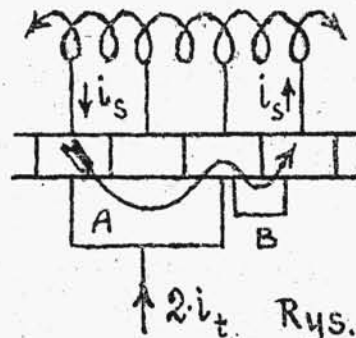
Dopuszczalna gęstość prądu, jaka bywa używana i wielkość napięcia przejścia, oraz współczynniki tarcia podane są w tablicy na str.39. W tej tablicy liczby wyrażające napięcie przejścia dotyczą straty napięcia na dwóch szczotkach razem - dodatniej i ujemnej.

W silnikach komutatorowych prądu zmiennego, gdzie komutacja zachodzi w trudnych warunkach, niezależnie od stosowania szczotek węglowych, zwiększamy opór zwartych zwojnic przez zwiększenie oporu przewodów, łączących zwojnice z działkami komutatora, rys.117.

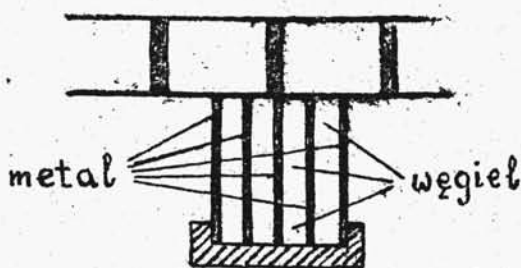
Zwiększenie oporu obwodu dla prądu i_s możemy jeszcze dokonać w ten sposób, że obok głównej szczotki A, rys.118 umieszczamy dodatkową mniejszą szczotkę B odizolowaną od szczotki głównej i w ten sposób dodatkowy prąd komutacji będzie miał do przejścia drogę o oporze już znacznie większym.



Rys.117.



Rys.118.



Rys.119.

Ponieważ dodatkowy prąd komutacji przechodzi przez szczotkę równoległe do powierzchni stykowej, zaś prąd twornikowy prostopadle, rys.105, byłoby idealną rzeczą spreparować szczotki z

takiego materiału, aby opór jego w kierunku prostopadłym do powierzchni stykowej był niewielki, a znaczny w kierunku równoległym.

Własność tę w pewnym stopniu mają szczotki węglowe-metalowe. Składają się one z cienkich blaszek metalowych, między którymi znajdują się warstwy węgla, rys.119.

W szczotkach "Boudreaux" blaszki są brązowe, a w szczotkach "Endruweit" miedziane.

2. Przesuwanie szczotek.

Drugim sposobem zmniejszenia dodatkowego prądu komutacji jest zmniejszenie elektromotorycznej siły komutacji zwartych sekcji przez wytworzenie w nich pewnej elektromotorycznej siły o kierunku przeciwnym do pierwszej. Tę wytworzona siłę, potrzebą do skompensowania siły komutacji nazywać będziemy elektromotoryczną siłą kompensującą i oznaczać przez e_p .

Gdy zwarta zwojnica w danej chwili znajduje się w strefie obojętnej między biegunami N i S, przytem kierunek ruchu rozpatrywanej sekcji jest — od N do S, rys. 120, to kierunek siły komutacji $/e_k/$ zwartej zwojnicy jest zgodny z kierunkiem sił elektromotorycznych twornika wytworzonych przez biegun N; inaczej kierunek siły komutacji w zwartej zwojnicy jest taki, jaki był kierunek sił elektromotorycznych twornika $/E_g/$ przed zwarciem.

Z tego wynika, że elektromotoryczna siła kompensująca $/e_p/$ powinna mieć kierunek siły elektromotorycznej twornika $/E_g/$, jaka zjawi się w zwojnicy, gdy ta opuści strefę obojętną. Inaczej mówiąc zwarta zwojnica musi być pod działaniem magnetycznego strumienia następnego w kierunku