ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Nr 59 ELEKTRYKA 13 1962

WIESŁAW GABRYŚ

Katedra Napędu Elektrycznego

CZYNNIKI UBOCZNE W EKSPLOATACJI, KONSTRUKCJI I POMIARACH AMPLIDYN

Streszczenie. W pracy omówiono czynniki uboczne wpływające ujemnie na własności eksploatacyjne oraz na dokładność i porównywalność pomiarów amplidyn. Wskazano na powiązania między czynnikami ubocznymi i rozwiązaniami niektórych szczegółów konstrukcyjnych oraz podano praktyczne sposoby eliminacji wpływu tych czynników na parametry ruchowe i wyniki pomiarów.

1. W s t ę p

Zagadnienie czynników ubocznych w konstrukcji i eksploatacji maszyn elektrycznych i aparatów budzi zainteresowanie zwykle wtedy, kiedy czynniki te wywierają ujemny wpływ na pracę i właściwości ruchowe danego urządzenia. Zagadnienie to występuje również w technice pomiarowej, kiedy czynniki te utrudniają uzyskanie poprawnych wyników lub ich właściwą ocenę.

Uwzględnienie czynników ubocznych w pomiarach zależy w dużej mierze od ich charakteru. Można by tu wprowadzić pewien podział np. na "pomiary eksploatacyjne" i "pomiary porównawcze".

Zadaniem pomiarów eksploatacyjnych byłoby doświadczalne ustalenie rozmaitych wskaźników służących za podstawę do oceny badanej maszyny i urządzenia w określonych warunkach ruchu. Pomiary takie nie są oczywiście pozbawione charakteru porównawczego, ponieważ z reguły zmierzone parametry konfrontuje się z analogicznymi wielkościami, przyjętymi jako kryteria oceny (np. dane znamionowe, wymagania przepisów, wskaźniki innej maszyny).

Pomiary porównawcze miałyby natomiast na celu nie tylko określenie wskaźników, lecz również możliwie jednoznaczne

wskazanie przyczyn uzyskanych wyników. Eliminacja czynników ubocznych w tego rodzaju pomiarach jest więc sprawą zasadniczą.

W ogólności przyczyną omawianych zjawisk ubocznych może być albo obiekt mierzony (niejednokrotnie włącznie z warunkami otoczenia), bądź też sam układ pomiarowy. Niniejszy referat dotyczy tylko tych czynników, których źródłem może być badany obiekt, w naszym przypadku - amplidyna.

Referat nie zajmuje się tymi czynnikami ubocznymi, dla których dysponujemy wzorami analitycznymi i które są uwzględniane w toku normalnych przeliczeń projektowych narówni z takimi czynnikami jak przepływ sterujący, przepływ poprzeczny czy też straty w miedzi itp. Zaliczymy do nich trzy następujące:

- oddziaływanie podłużne θ_{Fe} histerezowe i od prądów wirowych żelaza twornika
- oddziaływanie podłużne θ_{zk} zezwojów komutujących w osi poprzecznej
- oddziaływanie podłużne θ_{α}, spowodowane wychyleniem szczotek poprzecznych z osi obojętnej o kąt α.

Czynniki powyższe są obszernie omówione i ujęte ilościowo w dostępnej literaturze, np. [1, 2, 3, 5, 6, 7, 8].

2. Charakterystyka najważniejszych czynników ubocznych i sposoby ich eliminacji

W eksploatacji i przy pomiarach amplidyny napotykamy - w porównaniu z normalną maszyną prądu stałego - na znacznie większą ilość różnych czynników ubocznych. Zniekształcające działanie tych czynników uwydatnia się przy tym dużo wyraźniej i czasami bywa przyczyną znacznych błędów pomiarowych rzędu kilkudziesięciu, a niekiedy kilkuset procentów. Wynika to z zasady działania amplidyny, a przede wszystkim z faktu, że wypadkowy przepływ magnesujący w osi podłużnej jest bardzo mały w stosunku do niektórych jego składowych w tej osi (np. przepływu twornika i uzwojenia kompensacyjnego) oraz w stosunku do przepływu w osi poprzecznej. Dlatego też bardzo istotny wpływ na wyniki pomiarów amplidyny będą miały te wszystkie czynniki, które powodują jakiekolwiek oddziaływanie magnetyczne w osi podłużnej.

Drugą przesłanką natury konstrukcyjnej zwiększającą podatność amplidyny na działanie czynników ubocznych jest istnienie styku szczotkowego i związanej z nim nieliniowej oporności przejścia w niskonapięciowym obwodzie poprzecznym.

Jako trzecią przesłankę o analogicznym działaniu - również natury konstrukcyjnej - wymienić należy małą szczelinę pod biegunami, sprzyjającą powstawaniu znacznych asymetrii magnetycznych przy jakichkolwiek niedokładnościach w obróbce i montażu.

Czynniki uboczne wywołujące oddziaływania magnetyczne w osi podłużnej można podzielić na dwie zasadnicze grupy.

Do pierwszej z nich zaliczymy wszystkie te czynniki, które wywołują oddziaływania magnetyczne o zwrocie niezależnym od kierunku wirowania amplidyny.

Druga grupa obejmie czynniki, których oddziaływania zmieniają zwrot ze zmianą kierunku wirowania.

Scharakteryzujemy najpierw czynniki grupy pierwszej, podając zarazem najprostsze sposoby ich zwalczania.

a) Oddziaływanie podłużne na skutek całkowitych lub częściowych zwarć międzywycinkowych lub międzyzwojowych twornika

Należy tu brać pod uwagę zarówno wewnętrzne zwarcia międzyzwojowe w uzwojeniu twornika których usunięcie wymaga wymiany uszkodzonych zezwojów, jak również, co zdarza się częściej, całkowite lub częściowe zwarcia między wycinkami komutatora, na skutek przypadkowego zmostkowania izolacji między niektórymi wycinkami (krople cyny między chorągiewkami, zadziory i zawalcowania miedzi, przewodzący pył miedziowęglowy itp.).

Oddziaływanie magnetyczne pojedynczego zwoju zwartego ma charakter pulsujący (patrz p.4 - przypisy) i można w nim wyodrębnić dwie składowe: jedną będącą wynikiem wirowania w polu podłużnym i drugą na skutek wirowania w polu poprzecznym.

Zezwój zwarty, wirując tylko w polu podłużnym amplidyny (np. przy rozwartym obwodzie poprzecznym) działa rozmagnesowująco w osi podłużnej oraz domagnesowująco w osi poprzecznej. Wirowanie tego zwoju w polu poprzecznym daje natomiast efekt rozmagnesowujący w obu osiach. Ponieważ strumień poprzeczny jest około 20 do 40 razy większy od podłużnego, więc decydujące znaczenie dla zachowania się amplidyny będzie mieć oddziaływanie na skutek wirowania w polu poprzecznym.

Przy zupełnym zwarciu choćby jednego zezwoju amplidyna praktycznie nie wzbudza się pomimo przyłączenia napięcia sterującego. Zwarcia częściowe (zmostkowanie izolacji międzywycinkowej cienką warstwą materiału przewodzącego lub półprzewodzącego) mogą spowodować spadek SEM wyjściowej np. o 50 lub więcej procentów.

Istnienie pojedynczych zwarć międzyzwojowych najłatwiej stwierdzić przez pomiar spadków napięć międzywycinkowych na nieruchomym komutatorze, zasilanym ze źródła prądu stałego. Aby usunąć praktycznie oddziaływania pojedynczych zwojów należy izolację międzywycinkową doprowadzić do takiego stanu, by różnice w pomierzonych tą metodą spadkach napięć nie przekraczały 5% ich wartości średniej.

b) Oddziaływanie na skutek zabrudzenia izolacji międzywycinkowej na powierzchni komutatora

Występowaniu tego zjawiska mogą sprzyjać rozmaite czynniki natury konstrukcyjnej, np. zbyt cienka izolacja międzywycinkowa, zbyt głęboko wyskrobana mika, "tłuste" szczotki itp. W efekcie powstają również częściowe zwarcia zezwojów twornika, tylko w tym wypadku oporności zwarcia są dużo większe niż poprzednio, a więc oddziaływania magnetyczne poszczególnych zezwpjów są dużo mniejsze. Tym razem natomiast wszystkie zezwoje biorą udział w rozmagnesowywaniu osi podłużnej i to praktycznie w jednakowym stopniu. Wypadkowe oddziaływanie jest więc analogiczne do oddziaływania uzwojenia klatkowego [6, 7, 9] lub prądów wirowych w żelazie twornika (można je rozpatrywać jako oddziaływanie typu unipolarnego).

Sposób wykrycia: ponieważ zabrudzenie izolacji międzywycinkowej rozkłada się na ogół równomiernie wzdłuż obwodu komutatora, więc nie można go wykryć poprzez porównywanie spadków napięć między sąsiednimi wycinkami. Dobre wyniki daje natomiast bezpośrednia obserwacja napięcia biegu jałowego amplidyny uruchomionej ze starannie wyczyszczonym komutatorem. Jeżeli po upływie pewnego czasu stwierdzimy obniżenie się napięcia wyjściowego np. do 90 - 70% wartości początkowej, to mamy do czynienia z oddziaływaniem od zabrudzenia.

Podczas doświadczenia należy zwrócić uwagę na staranne dotarcie szczotek poprzecznych, tak by wykluczyć równoczesną zmianę położenia szczotek w stosunku do osi obojętnej na skutek docierania.

Dla celów pokazowych można sztucznie powiększyć i przyśpieszyć efekt rozmagnesowujący przez lekkie posmarowanie komutatora parafiną (szczotki zaczynają mazać powierzchnię komutatora i napięcie wyjściowe szybko maleje).

Środki zaradcze. Doraźne usuwanie mostków przewodzących poprzez mechaniczne czyszczenie lub "wypalanie" dużym prądem obciążenia może dać poprawę chwilową i nie usuwa wahań napięcia podczas dłużej trwających pomiarów.

Trwałą poprawę można osiągnąć zmianą gatunku szczotek na mniej mażące).

Bardzo dobre wyniki daje również płytsze niż w zwykłych maszynach wyskrobywanie mikanitu międzywycinkowego, np. do głębokości 0,3 - 0,4 mm oraz pogrubienie go do wartości 1 - 1,5 mm. Ten ostatni sposób leży oczywiście w gestii konstruktorów i nie może mieć zastosowania w trakcie eksploatacji.

W badaniach prototypów, a w szczególności przy wykonywaniu niektórych pomiarów porównawczych wskazane jest przetoczenie i przeszlifowanie komutatorów bez późniejszego wyskrobywania mikanitu. Na uzyskanej tym sposobem zupełnie gładkiej powierzchni komutatorów zabrudzenia są dużo mniejsze, osadzają się wolniej (efekt samooczyszczania) i dają się bardzo łatwo usunąć (grubość mostków przewodzących a więc i ich przewodność jest w tym przypadku teoretycznie równa zeru).

c) Remanent magnetyczny

Jeżeli SEM remanentu magnetycznego nie jest zbyt duża (5 - 10% napięcia znamionowego), to jej wpływ na wyniki pomiarów nie jest istotny w założeniu, że interesują nas parametry amplidyny, odpowiadające napięciom bliskim znamionowego.

Utrzymanie napięcia remanentu w powyższych granicach umożliwia (wyjąwszy przypadki specjalne - patrz dalej) uzwojenie demagnesujące.

Dokładniejszą eliminację wpływu remanentu na wyniki uzyskujemy przy wykonywaniu odczytów napięcia dla dwóch zwrotów magnesowania amplidyny przy czym dla jednego zwrotu należy magnesować amplidynę według wzrastającej, a dla drugiego - według malejącej gałęzi pętli histerezy. Jako wynik pomiaru przyjmujemy średnią arytmetyczną z obu odczytów.

Po bardzo silnym namagnesowaniu amplidyny (np. przy 6-8 krotnym przeciążeniu uzwojenia sterującego) możliwe jest otrzymanie napięcia remanentu kilkakrotnie większego od normalnego. Strumień remanentu wykazuje przy tym znaczną trwałość i nie da się zmniejszyć przy pomocy prądu demagnesującego normalnej wielkości. Powiększając stopniowo prąd w uzwojeniu demagnesującym stwierdzamy stałe zwiększanie się napięcia remanentu. Uzwojenie demagnesujące przy normalnym zasilaniu daje tu zatem efekt odwrotny.

Tego rodzaju stan magnetyczny można by określić mianem "nadremanentu". Możliwość jego powstawania w amplidynie wynika z bardzo małej szczeliny pod biegunami.

Skuteczny sposób zniszczenia "nadremanentu" polega na tym, że w wirującej maszynie, przy zerowym prądzie sterującym i

zwartym obwodzie poprzecznym powiększamy raptownie prąd demagnesujący do ok. 5-6 krotnej wartości znamionowej i stopniowo zmniejszamy do zera. To samo postępowanie przy rozwartym obwodzie poprzecznym nie daje praktycznie efektu.

d.) Oddziaływanie podłużne przepływów twornika i uzwojenia kompensacyjnego

Oddziaływanie to ujawnia się podczas obciążenia obwodu wyjściowego amplidyny przy niedokładnym zrównoważeniu przepływów uzwojenia kompensacyjnego i twornika. Dokładne nastawienie żądanego stopnia kompensacji obu przepływów uzyskuje się poprzez regulację opornika nastawczego, bocznikującego uzwojenie kompensacyjne, którego liczba zwojów jest dobrana z pewnym nieznacznym nadmiarem w stosunku do liczby zwojów twornika.

Należy podkreślić, że cały szereg czynników ubocznych może spowodować mniejsze lub większe zachwianie tej równowagi.

Pomijając ewentualne przypadki awaryjne spowodowane niestarannym wykonaniem styku opornika nastawczego, należy tu wymienić przeciążenia prądowe, napięciowe (zmiany nasyceń w różnych częściach obwodu magnetycznego) i jako najistotniejsze wahania temperatury uzwojenia kompensacyjnego (współczynnik temperaturowy opornika nastawczego wykonanego z konstantanu lub chromonikieliny możemy pominąć).

Takie zmiany w stopniu skompensowania dają się odczuć tym dotkliwiej, im większa część prądu płynie przez opornik nastawczy.

W zasadzie prąd ten nie powinien przekraczać 2 do 3% prądu znamionowego.

Jeżeli chcemy stworzyć możliwość strojenia kompensacji w szerszym zakresie, możemy to uczynić przez wykonanie jednego lub dwu zaczepów w skrajnej cewce uzwojenia kompensacyjnego (dzięki możliwości odwracania i wyłączania zwojów objętych zaczepami uzyskujemy przy jednej przełączanej cewce 3 stopnie zgrubnej regulacji; regulację dokładną realizujemy przy pomocy opornika).

Można również wykonać bocznik kompensacji z drutu miedzianego, a więc o tym samym współczynniku temperaturowym co uzwojenie kompensacyjne . Koncepcja taka zdaje jednak egzamin tylko w bardzo małych amplidynach, w których cieplne stałe czasowe uzwojenia i bocznika są mniej więcej jednakowe.

W różnych pomiarach, a wszczególności przy pomiarach porównawczych różnych odmian konstrukcyjnych i uzwojeniowych tej samej maszyny można zupełnie wyeliminować wpływ oddzia-

ływania uzwojenia kompensacyjnego przez zastąpienie pomiarów pod obciążeniem pomiarami biegu jałowego i zastosowaniem odpowiednich wzorów przeliczeniowych. Np. dla oceny porównawczej współczynników wzmocnienia mocy K_{w1} i K_{w2}, możemy się w takim przypadku posłużyć zależnością

$$\frac{K_{w1}}{K_{w2}} = \left(\frac{U_{do1}}{U_{do2}} \right)^2 \qquad (1)$$

gdzie U_{do1} i U_{do2} są to napięcia biegu jałowego zmierzone przy tej samej wartości prądu sterującego (I_s = const).

e) Sprzężenie elektryczne (potencjometryczne) obwodu podłużnego i poprzecznego podczas obciążenia

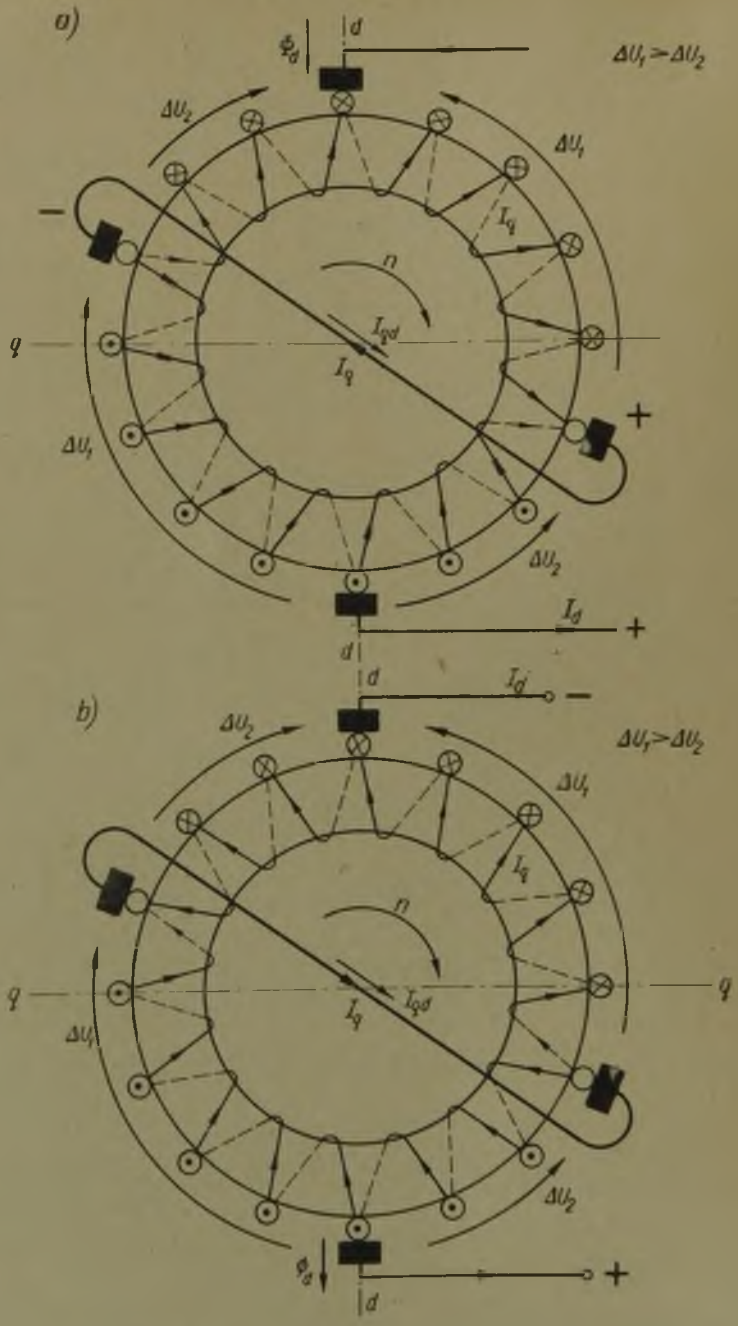
Sprzężenia tego nie należy utożsamiać z oddziaływaniem podłużnym θ_α prądu poprzecznego I_q, pojawiającym się już przy biegu jałowym na skutek wychylenia szczotek poprzecznych z osi obojętnej (patrz punkt 1 oraz punkt 2 g).

Opisane tu sprzężenie potencjometryczne powstaje tylko przy obciążeniu, a mianowicie wtedy gdy odstępy między krawędziami poszczególnych rzędów szczotek, a więc i oporności odcinków uzwojenia między sąsiednimi rzędami szczotek nie są sobie równe.

Na rys.1 pokazano zwrot prądu dodatkowego I_{qdod} pojawiającego się w obwodzie poprzecznym na skutek sprzężenia elektrycznego przy wysunięciu szczotek poprzecznych w kierunku wirowania. Zwrot prądu dodatkowego jest tu przeciwny do zwrotu prądu poprzecznego I_q. Prąd dodatkowy zmniejsza więc oddziaływanie podłużne spowodowane wychyleniem szczotek poprzecznych, natomiast w osi poprzecznej działa rozmagnesowująco.

Przy wychyleniu szczotek przeciwko wirowaniu oba składowe prądy I_q i I_{qdod} mają zwroty zgodne, a zatem prąd dodatkowy domagnesowuje amplidynę w obu osiach.

Przy niewielkich wychyleniach szczotek z położenia wzajemnie prostopadłego wpływ prądu I_{qdod} można pominąć, jednak przed wykonaniem dokładniejszych pomiarów porównawczych pod obciążeniem wskazane jest zmierzyć jego wartość i stwierdzić zwrot. W tym celu obwód podłużny nieruchomego twornika zasilamy prądem stałym z obcego źródła i w zamkniętym obwodzie mierzymy prąd dodatkowy.



Rys.1. Sprzężenie potencjometryczne między obwodem poprzecznym i podłużnym w amplidynie obciążonej:
a) uzwojenie lewokrętne, b) uzwojenie prawokrętne

Dokładny sposób eliminacji wpływu $I_{q\,dod}$ na wyniki pomiarów wymaga ustawienia rzędów szczotek w równych odstępach bądź też wykonania zastępczych pomiarów przy biegu luzem i przeliczenia wyników odpowiednimi wzorami (patrz p. "d" wzór 1).

f) Oporność przejścia szczotek poprzecznych

Nieliniowość oporności szczotek poprzecznych może być przyczyną znacznej rozbieżności między wynikami obliczeń i pomiarów. Wynika to nie tylko z wahań oporności R_q w funkcji prądu I_q, lecz również może w większej mierze ze zmian oddziaływania podłużnego θ_{zk} zezwojów komutujących, które wzrasta przy maleniu oporności przejścia szczotek (oba efekty częściowo przeciwdziałają sobie).

Podczas dokładniejszych pomiarów porównawczych wskazane jest bezustanna kontrola spadku napięcia na szczotkach poprzecznych, co łatwo wykonać poprzez pomiar napięcia między dwiema szczotkami na tym samym sworzniu, z których jedna jest odizolowana i nie przewodzi prądu. Pomierzony spadek wprowadzamy do sprawdzanych wzorów obliczeniowych.

Jeżeli wahania prądu poprzecznego nie są zbyt duże (np. ± 50% wartości przeciętnej) przy ocenie wyników pomiarów wystarczy operować średnią wartością oporności przejścia w danym przedziale prądu.

Całkowita eliminacja nieliniowości oporu szczotek wymagałaby wykonywania wszystkich pomiarów porównawczych przy stałym I_q, co może mieć zastosowanie tylko w bardzo specjalnych padaniach (np. przy badaniu oddziaływania zezwojów komutujących w zależności od gatunku szczotek).

Radykalnym zabiegiem konstrukcyjnym, zmniejszającym wpływ omawianej nieliniowości na parametry ruchowe amplidyny jest zastosowanie uzwojenia poprzecznego stojana (wszystkie amplidyny krajowe są w takie uzwojenia wyposażone). Projektowanie tego uzwojenia stanowi odrębne zagadnienie [4, 5, 6, 10].

Z pośród czynników ubocznych grupy drugiej, tzn wywołujących oddziaływania podłużne, których zwrot zależy od kierunku wirowania omówimy bliżej trzy następujące.

g) Geometrycznie niemierzalne wychylenie szczotek poprzecznych z osi obojętnej

Występuje ono bądź jako skutek niedokładnego dotarcia szczotek,, bądź też w wyniku luzów między oprawkami i szczotkami. Luzy te sprzyjają skośnemu ustawianiu się szczotek w oprawkach. W rezultacie obserwujemy niejednokrotnie znaczne

oddziaływanie podłużne, nie dające się jednak wyliczyć, ponieważ powstały w ten sposób kąt wychylenia szczotek jest geometrycznie niemierzalny. Wielkość i zwrot tego oddziaływania można w przybliżeniu oszacować przez dwukrotny pomiar napięcia biegu jałowego z równoczesnym odwróceniem przy jednym z pomiarów krawędzi szczotek w oprawkach (krawędź zbiegająca przy pierwszym pomiarze staje się nabiegającą przy pomiarze drugim).

Połowa różnicy pomierzonych w ten sposób napięć wyjściowych jest w przybliżeniu proporcjonalna do omawianego oddziaływania.

Likwidacja tego "utajonego" wychylenia szczotek zależy w dużej mierze od poprawnej konstrukcji i starannego wykonania oprawek szczotkowych w osi poprzecznej.

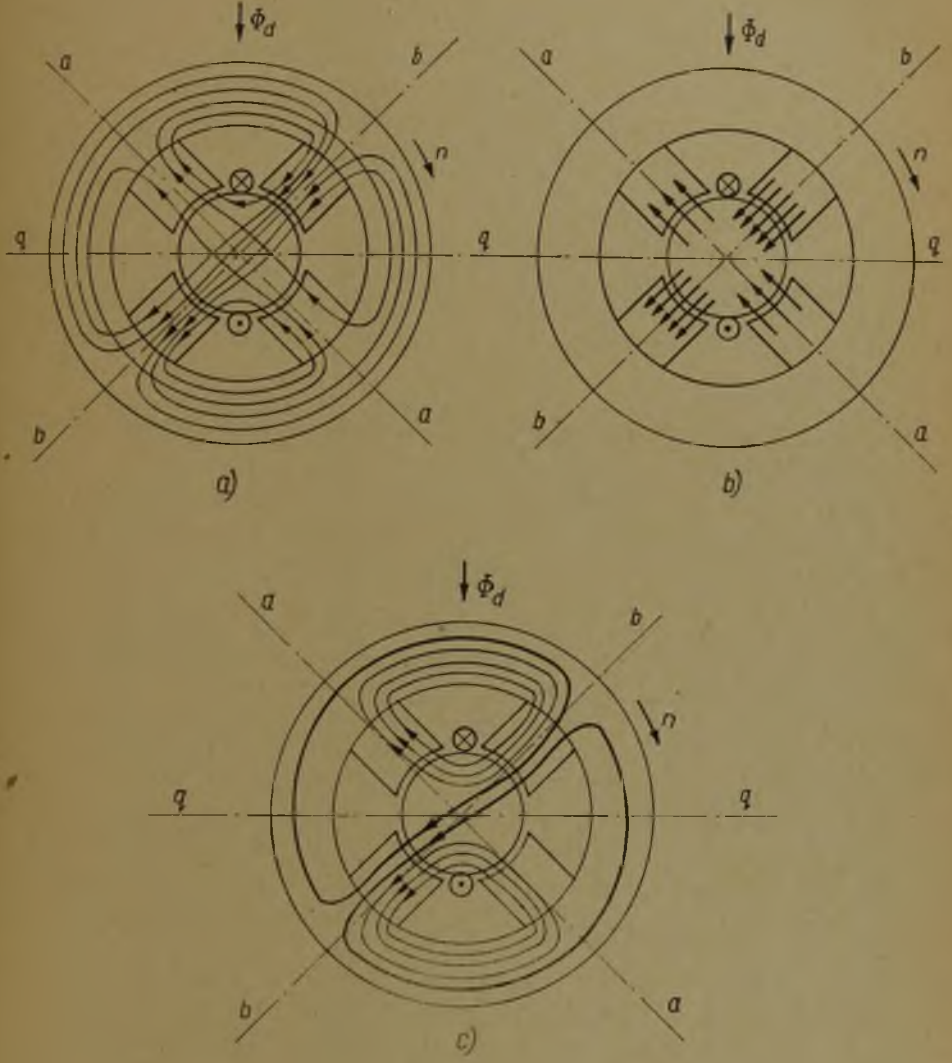
h) Strumień skośny wynikający z asymetrii obwodu magnetycznego [4, 11]

Strumień skośny powstaje w wyniku nierównych oporności magnetycznych wzdłuż osi symetrii połówek biegunów, czyli wzdłuż przekątnych, nachylonych pod kątem 45° do głównych osi magnatycznych amplidyny.

Sposób wykreślania uproszczonego obrazu strumienia skośnego, wzbudzonego przepływem poprzecznym twornika objaśnia rys.2, na którym przyjęto, że oporność magnetyczna wzdłuż przekątnej a ÷ a, jest większa od oporności wzdłuż przekątnej b ÷ b.

Z uwagi na oddziaływanie opisane w p. g) wykrycie i oszacowanie strumienia skośnego, spowodowanego asymetrią magnetyczną, natrafia na trudności. Oba zjawiska mogą współdziałać lub przeciwdziałać sobie w magnesowaniu osi podłużnej, przy czym oba zmieniają zwrot przy zmianie kierunku wirowania.

Stosunkowo najpewniej można wyodrębnić strumień skośny w amplidynach posiadających uzwojenie poprzeczne stojana. W tym celu wykonujemy dwa pomiary porównawcze. Pierwszy polega na tym, że w amplidynie z obwodem poprzecznym zwartym (uzwojenie poprzeczne stojana nieczynne) ustawiamy szczotki poprzeczne tak, by uzyskać jednakowe napięcia wyjściowe dla obu kierunków wirowania. Strumień skośny jest wtedy skompensowany dzięki odpowiedniemu wychyleniu szczotek. W pomiarze drugim włączamy uzwojenie poprzeczne i ponownie mierzymy wartości napięcia przy obu kierunkach wirowania. Stwierdzenie nierówności napięć wyjściowych stanowi dowód istnienia strumienia skośnego, ponieważ można przyjąć, że wychylenia



Rys.2. Powstawanie strumienia skośnego w amplidynie: a) linie indukcji strumieni składowych, b) linie indukcji w szczelinie, c) linie strumienia wypadkowego

szczotek poprzecznych wskutek przypadkowych zmian w ustawianiu się są praktycznie takie same w obu porównawczych pomiarach. Siłą magnetomotoryczną dla ujawnionego w ten sposób strumienia skośnego jest przepływ uzwojenia poprzecznego stojana.

Prawdopodobieństwo występowania strumienia skośnego rośnie przy zmniejszaniu grubości szczeliny pod biegunami. Strumień ten jest jednym z czynników wyznaczających dolną granicę grubości szczeliny.

i) Wpływ zmian wielkości prądu poprzecznego na oddziaływania w osi podłużnej o zwrocie zależnym od wirowania

Zjawisko to może zupełnie zniekształcić wyniki pomiarów w pewnych specjalnych przypadkach.

Jako przykład mogą posłużyć pomiary, mające na celu zbadanie zależności współczynnika wzmocnienia od oporności wtrąconej w obwód poprzeczny amplidyny. Jeżeli podczas pomiaru szczotki poprzeczne będą wychylone w kierunku wirowania, to wtrąceniu oporności towarzyszy zmniejszenie oddziaływania rozmagnesowującego w osi podłużnej, a więc wzrost strumienia sterującego. W rezultacie wzmocnienie zmaleje nieznacznie.

Przy szczotkach wychylonych w kierunku przeciwnym ubytek wzmocnienia, wywołany wtrąceniem tego samego oporu będzie dużo większy (strumień sterujący zmaleje).

Analogiczne błędy pomiarowe można popełnić przy doświadczalnym badaniu wpływu liczby zwojów lub objętości uzwojenia poprzecznego na współczynnik wzmocnienia.

Praktyczną eliminację wszystkich oddziaływań o zwrocie zależnym od kierunku wirowania wymienionych w punktach g, h, i możemy osiągnąć w ten sposób, że przed wykonaniem każdego pomiaru porównawczego ustawiamy szczotki poprzeczne tak, by dla obu kierunków wirowania amplidyny otrzymać jednakowe wartości napięć wyjściowych.

Przy niedużych asymetriach napięć wyjściowych (rzędu 10-15%) można zrezygnować z przesuwania szczotek poprzecznych, jednak jako wyniki pomiarów należy przyjmować średnie arytmetyczne z obu wartości napięć zmierzonych przy dwóch kierunkach wirowania. Opisane postępowanie nazwiemy symetryzacją statyczną amplidyny względem kierunku wirowania.

Należy dodać, że symetryzacja statyczna pozwala w większości przypadków na uzyskanie prawidłowych wyników pomiarowych również w stanach nieustalonych (np. przy sprawdzaniu wzorów na zastępczą stałą czasową). Wyjątek stanowi badanie wpływu prądów wirowych stojana na parametry dynamiczne amplidyny.

Na przykład niesymetria oporów magnetycznych wzdłuż przekątni a + a i b + b (rys.2) jest przyczyną oddziaływań transformatorowych podłużnych od prądów wirowych stojana indukowanych na skutek zmian strumienia poprzecznego (sprzężenie zwrotne wg pochodnej między obwodem poprzecznym i podłużnym). Oddziaływania te zmieniają zwrot przy zmianie kierunku wirowania i nie dadzą się skompensować wychylaniem szczotek poprzecznych. W takim przypadku niezbędne jest zastosowanie dodatkowej symetryzacji dynamicznej, którą można osiągnąć przez umieszczenie na połówkach biegunów zezwojów zwartych i przez wyregulowanie ich oporności tak, aby funkcja przejścia amplidyny była identyczna dla obu kierunków wirowania.

W przypadku amplidyn produkcji krajowej (stojany blachowane) badania prądów wirowych stojana i zagadnienie symetryzacji dynamicznej mają znaczenie drugorzędne i dlatego nie będziemy ich tu bliżej analizować.

3. W n i o s k i

Zwrócenie uwagi na czynniki uboczne zniekształcające wyniki pomiarowe i stosowanie sposobów eliminacji tych czynników według zaleceń omówionych w punkcie 2 jest bardzo istotne w badaniach prototypowych amplidyn, pozwala bowiem na poprawną ocenę różnych zmian konstrukcyjnych, bądź też na prawidłowe porównywanie amplidyn różnych typów i serii.

Powiązanie między zjawiskami ubocznymi i rozwiązaniami niektórych szczegółów konstrukcyjnych wskazanych w referacie powinny być przedmiotem skrupulatnej analizy konstrukcyjnej.

W eksploatacji amplidyn mogą omówione czynniki uboczne dać znać o sobie w rozmaity sposób (np. zanik napięcia, samowzbudzenie się, niesymetria napięć, kołysania itp.) mają one przy tym na ogół odmienny charakter niż w normalnych maszynach prądu stałego i mogą się objawiać w sposób niezrozumiały nawet dla inżynierów o dużym doświadczeniu w dziedzinie maszyn prądu stałego.

4. P r z y p i s y

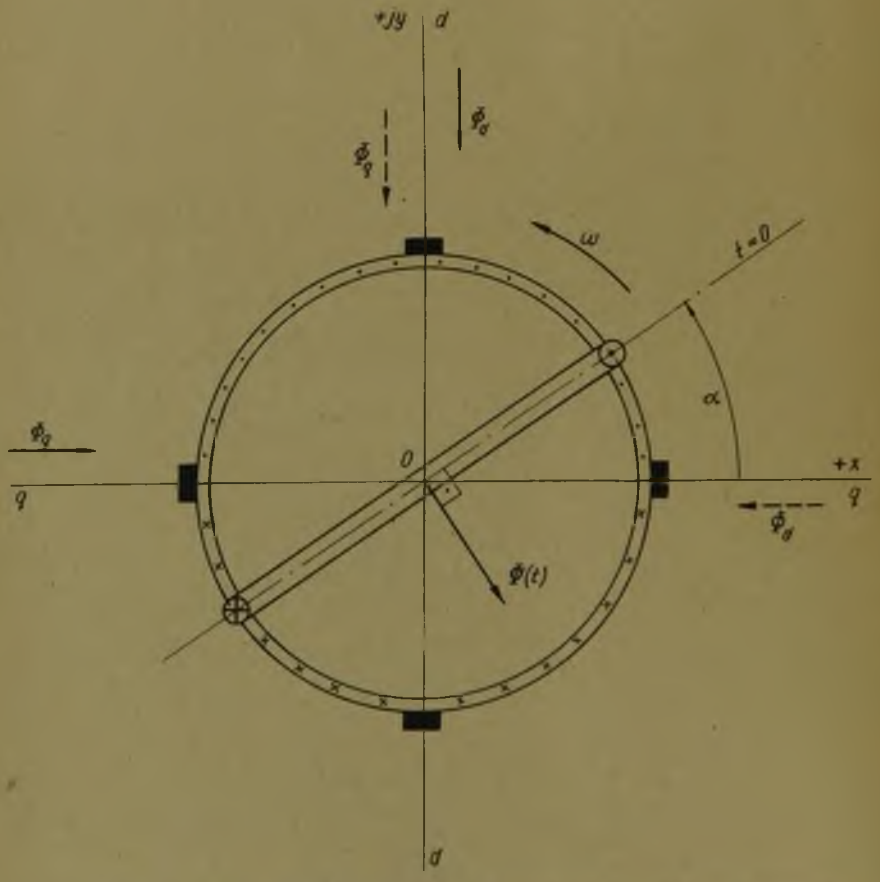
Uproszczone przedstawienie wektorowe oddziaływania zwoju zwartego wirującego w polu stałym.

Zakładając chwilowo, że nie ma strumienia poprzecznego ($\Phi_q \approx 0$) a pole nieruchomego strumienia podłużnego Φ_d jest

jednorodne, możemy (przy oznaczeniach i nałożeniu osi x, jy d ↑ d, q ↑ q jak na rys.3) napisać następującą funkcę dla przebiegu czasowo-przestrzennego strumienia $\hat{\Phi}(t)$ zwoju zwartego:

$$\hat{\Phi}(t) = -j\,\Phi_m \cdot \sin(\omega t + \alpha - \varphi) \cdot e^{j(\omega t+\alpha)} \qquad (1)$$

gdzie oznaczają: φ - przesunięcie fazowe między SEM rotacji i prądem zwoju ($tg\varphi = X_z/R_z$), α - kąt odpowiadający chwili $t = 0$, $\omega = 2\pi f = \pi n/30$ prędkość kątowa wirnika i zarazem (przy $p = 1$) pulsacja prądu, Φ_m - maksymalna wartość strumienia oddziaływania.



Rys.3. Przybliżone wyznaczenie strumienia oddziaływania zwoju zwartego

Dla uproszczenia przyjęto przy tym $\phi_d \gg \phi_m$, tak że wpływ oddziaływania na zniekształcenie pola jest pomijalny. Stosując podstawienie $\sin\omega t = \frac{1}{2j}(e^{j\omega t} - e^{-j\omega t})$ możemy funkcję (1) przedstawić w "czystej" postaci zespolonej:

$$\phi(t) = 0{,}5\phi_m \cdot e^{j\varphi} + 0{,}5\,\phi_m \cdot e^{j(2\omega t + \pi + 2\alpha - \varphi)} \qquad (2)$$

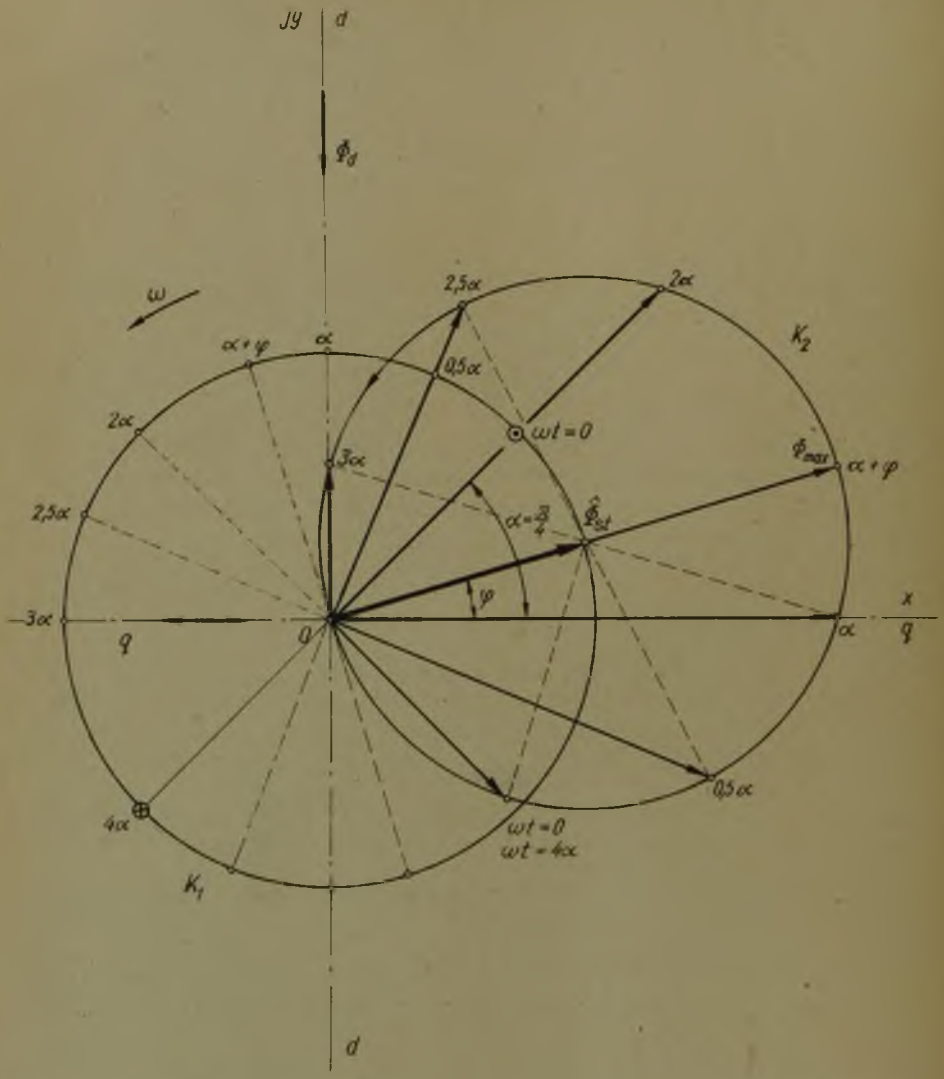
Pierwszy człon wyrażenia (2) odpowiada stałemu wektorowi średniej wartości strumienia oddziaływania, a drugi człon składowej zmiennej, wirującej z podwójną prędkością 2ω. Wektor stały $\hat{\phi}_{st} = 0{,}5\,\phi_m \cdot e^{j\varphi}$ wyznacza zarazem środek koła, po którym wędruje grot wektora wypadkowego $\hat{\phi}(t)$. Wzajemne usytuowanie kilku położeń tego wektora oraz odpowiadających im położeń zwoju zwartego dla $\omega t = 0$, $0{,}5\alpha$, α, $\alpha + \varphi$, 2α, $2{,}5\alpha$ i 3α pokazano na rys.4 (na kole K_1 położenia zwoju, na kole K_2 - położenia wektora, przyjęto $\alpha = 45^\circ$).

Efekt magnesujący amplidynę daje składowa stała $\hat{\phi}_{st}$. Na podstawie rys.3 i 4 stwierdzamy rozmagnesowanie w osi podłużnej i domagnesowanie w osi poprzecznej.

Jeżeli osie $q \div q$ i $d \div d$ obrócimy na rys.3 w prawo o 90°, tak, że $q \div q$ padnie na oś jy (przerywane strzałki ϕ_d i ϕ_q), przy czym założymy chwilowo $\phi_d \approx 0$, to dla strumienia zwoju wirującego w polu stałym ϕ_q obowiązują nadal wzory (1) i (2), a więc wektor $\hat{\phi}_{st}$ jest usytuowany jak poprzednio. Obecnie jednak strumień oddziaływania ϕ_{st} rozmagnesowuje amplidynę w obu osiach.

Wartość chwilowa składowej zmiennej zależy od kąta α. Jeżeli na obwodzie wirnika rozmieścimy symetrycznie dowolną liczbę jednakowych zwojów zwartych, to suma składowych zmiennych strumieni oddziaływania będzie równa zeru i pozostanie tylko nieruchoma składowa stała, dla której można napisać wyrażenie $\sum\hat{\phi}(t) = 0{,}5\,z \cdot \phi_m \cdot e^{j\varphi}$, przy czym z jest liczbą zezwojów zwartych (np. przy $z = 2$ podstawiamy kolejno do wzoru (2) α_1 i $(\alpha_1 + 0{,}5\pi)$ otrzymując po zesumowaniu $\hat{\phi}(t) = \phi_m \cdot e^{j\varphi}$, a przy $z = 3$ kładziemy α_1, $\alpha_1 + \frac{\pi}{3}$, $\alpha_1 + \frac{2\pi}{3}$ otrzymując po zesumowaniu $\hat{\phi}(t) = 1{,}5\,\phi_m \cdot e^{j\varphi}$).

Przy rozważaniu oddziaływania pochodzącego od częściowego zwarcia wszystkich zezwojów na obwodzie twornika lub od prądów wirowych żelaza ($z \to \infty$) można więc praktycznie pominąć składową zmienną wirującą (zakładamy praktyczną symetrię).



Rys.4. Przybliżony wektorowy obraz strumienia oddziaływania zezwoju zwartego wirującego w polu podłużnym

W rozważaniach uściślonych strumienie Φ_d i Φ_q należy traktować jako wypadkowe (tzn zawierające składowe od strumienia oddziaływania). Przeprowadzone powyżej rozważania przybliżone wystarczają w zupełności do jakościowego ujęcia zjawiska.

LITERATURA

1. A l a b i e w M.I - Cpytnoje opriedielenie komutacjonnoj rieakcji w elektromaszinnych usilitielach s popiereczno m polem i w maszinach postojannowo toka. Elektriczestwo 1952, Nr 2

2. A n d r z e j e w s k i F. - Dwustopniowy wzmacniacz (amplidyna) ze stosunkiem biegunów 1:1 w obu stopniach wzmocnienia. Zeszyty Naukowe Pol. Wrocławskiej 1954, Nr 3.

3. E p s t e i n I.S. - Osobiennosti projektirowania amplidynow. Elektriczestwo 1945, nr 12.

4. G a b r y ś W. - Wpływ niektórych danych uzwojeniowych na parametry maszyn prądu stałego z polem poprzecznym. Rozprawa doktorska. Gliwice, czerwiec 1961. Swiatłokopie w Bibliotece Głównej Politechniki Śl.

5. G o g o l e w s k i Z., G a b r y ś W. - Maszyny prądu stałego , rozdz. 13.3. Warszawa, PWT, 1960.

6. P a s z e k W. - Analiza i pomiary oddziaływania podłużnego zezwojów komutujących twornika w maszynie prądu stałego ze szczególnym uwzględnieniem amplidyny. Sesja Naukowa Politechniki Śląskiej, Gliwice 1955.

7. P a s z e k W. - Analiza stanów nieustalonych amplidyny. Zeszyty Naukowe Politechniki Śl. Elektryka Nr 4.

8. P e ł c z e w s k i W. - Wzmacniacze elektromaszynowe. Warszawa 1959.

9. G o g o l e w s k i Z., G a b r y ś W. - Badanie oddziaływania magnetycznego wirującego uzwojenia klatkowego przy pomocy uzwojenia prądu stałego. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej 1962, Elektryka Nr 12.

10. G o r i a i n o w F.A. - Elektromaszinnyje usilitieli bolszoj moszcznosti. Elektroprivod i awtomatizacja promyszlennych ustanowok. GEI, Moskwa 1960.

11. L o o c k e G. - Elektrische Maschinenverstärker. Berlin 1958.

ВЛИЯНИЕ ПОСТОРОННЫХ ФАКТОРОВ НА КОНСТРУКЦИЮ, ЭКСПЛУАТАЦИЮ И ИЗМЕРЕНИЯ АМПЛИДИНА

Содержание

Автором рассматриваются посторонные явления имеющие отрицательное влияние на работу амплидин и точность их измерений. Он показывает связь этих факторов с конструктивными решениями некоторых детальных вопросов и дает практические способы устранения этих влияний на параметры работы и на измерения.

LES FACTEURS SECONDAIRES DANS LA CONSTRUCTION, EXPLOITATION ET LES MESURES DES AMPLIDINES

Resumé

L'auteur décrit les phenomènes secondaires, qui ont des effets negatifs sur les qualités du regime des amplidines et sur la précision de leurs mesures. Il demontre les conséquences de ces effets pour la construction et donne procédés de leurs eliminations.