

NO 12 71/24



POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 45676

Kl. 21 c, 45/01

Instytut Elektrotechniki *)

Warszawa, Polska

Stycznik z elektromagnesem napędowym impulsowym na prąd zmienny

Patent trwa od dnia 21 grudnia 1960 r.

Styczniki z elektromagnesem napędowym na prąd zmienny dotychczasowej budowy, to jest z rdzeniem i zworą wykonanymi ze znitowanych wykrojów z cienkiej blachy transformatorowej, wyposażone w pierścienie do tłumienia drgań, mają szereg znanych wad. Posiadają mianowicie niedostateczną trwałość mechaniczną, wynikającą z łatwego rozbijania cienkich blach rdzenia i zwory w czasie każdego załączenia, zwłaszcza w dużych stycznikach, a także ze zjawiska pęknięcia pierścieni tłumiących. Odznaczają się poza tym stosunkowo dużym ciężarem nieruchomego rdzenia i ruchomej zwory. Duży ciężar jest konieczny do otrzymania odpowiedniej siły przyciągania ze względu na to, że nie jest możliwe stosowanie wysokiej indukcji w stali, ponieważ ze wzrostem indukcji znacznie wzrasta prąd magnesujący, a także straty w stali wywołane histerezą i prądami

wirowymi oraz straty w miedzi uzwojenia, a z tymi stratami — temperatura rdzenia i uzwojeń, którą ograniczają przepisy. Duży ciężar elektromagnesu powoduje, że i ciężar stycznika jest duży, ponieważ ciężar elektromagnesu stanowi nieraz do 70% ciężaru całego stycznika, a poza tym duży ciężar zwory zwiększa tendencję do odskoków styków przy załączaniu. W elektromagnesach o takiej budowie występują stosunkowo znaczne drgania zwory w stanie przyciągniętym, pomimo zastosowania pierścieni tłumiących i ewentualnej szczeliny przeciwdrganiowej. Drgania te, nawet przy zupełnie prawidłowo dobranych pierścieniach tłumiących, są powodowane przez okresową zmianę punktu działania wypadkowej siły przyciągania między zworą i rdzeniem z częstotnością odpowiadającą podwójnej częstotliwości prądu zasilającego uzwojenie elektromagnesu, przy czym wartość tej siły wypadkowej zmienia się w tym samym okresie od pewnego maksimum do minimum, które jest co najmniej dwukrotnie mniejsze. Drgania te powodują drgania styków

*) Właściciel patentu oświadczył, że współtwórcami wynalazku są docent inż. Jakub Elbaum i mgr inż. Janusz Hilgier.

i części mechanizmu przyspieszając ich niszczenie oraz wywołując przykry szum, utrudniający pracę ludzką, zwłaszcza w pomieszczeniach, w których zainstalowano większą liczbę styczników. Drgania te znacznie wzrastają przy każdym spadku napięcia w sieci, przy czym szum zamienia się nieraz w głośne warczenie. Często występuje też klejenie się zwory elektromagnesu stycznika wskutek magnetyzmu szczątkowego, wzrastające stopniowo w miarę zużywania się przy pracy powierzchni zwory i rdzenia, o ile zastosowano szczelinę dodatkową przeciw klejeniu się.

Elektromagnesy te pobierają stosunkowo znaczną moc przy bardzo niskim współczynniku mocy (0,1—0,3). Każdy elektromagnes pobiera wprawdzie niezbyt wielką moc, jednakowoż w skali ogólnej stanowi to poważne zużycie energii elektrycznej bez wykonywania żadnej pracy użytecznej, a jedynie na utrzymywanie przyciągniętych zwró setek tysięcy elektromagnesów. Energia ta zamienia się w ciepło, którego wydzielanie w elektromagnesie jest niezmiernie szkodliwe dla jego izolacji, a zatem powoduje konieczność zużywania znacznych ilości miedzianego drutu nawojowego tylko ze względu na ciągłe nagrzewanie, a poza tym powoduje podgrzewanie innych części stycznika, co w całym szeregu konstrukcji, zwłaszcza styczników w obudowach, utrudnia utrzymanie przepisanego przyrostu temperatury. Koszt materiałów używanych do wykonania rdzenia i zwory elektromagnesu z nakrzesmionych blach jest wysoki. Cienka nakrzesmiona blacha transformatorowa jest droga, a ilość jej zużywana na wykonanie elektromagnesu — stosunkowo duża, także ze względu na znaczne odpady.

Technologia wykonania elektromagnesów o stosowanej dotychczas konstrukcji jest kosztowna. Wykrawanie twardych i kruchych blach transformatorowych, ich izolowanie, składanie, nitowanie, frezowanie żłobków pod pierścienie tłumiące, szlifowanie, wykonywanie i mocowanie pierścieni tłumiących z uwzględnieniem specjalnych zabiegów przeciw ich pękaniu stanowią najtrudniejsze i najkosztowniejsze zabiegi przy produkcji styczników. Korpusy cewek z prostokątnym otworem wymagają kosztownych form do prasowania. Nawijanie uzwojeń na nieokrągłym korpusie wymaga ograniczenia prędkości obrotów nawijarki i powoduje pewne pogorszenie izolacji międzyzwojowej na „załamaniach”, a więc wymaga znacznej liczby izolacyjnych przekładek międzywarstwowych.

Wymienione przyczyny powodują, że koszt elektromagnesu stanowi w wielu stycznikach połowę, a nieraz i znacznie większą część kosztu całego stycznika.

W celu uniknięcia niektórych wad styczników z elektromagnesem napędowym na prąd zmienny, a zwłaszcza drgań zwory i znacznego ciągłego poboru mocy wytwarza się tak zwane styczniki remanentacyjne o budowie w zasadzie identycznej ze zwykłymi, lecz działające w taki sposób, że w końcu ruchu zwory prąd w uzwojeniu elektromagnesu zostaje wyłączony i zwora jest utrzymywana w stanie przyciągniętym dzięki magnetyzmowi szczątkowemu. Zwolnienie zwory zostaje wywołane przez dodatkowy impuls prądu rozmagnesowującego. W tych stycznikach w pewnej mierze klejenie się zwory zostaje zlikwidowane, a zjawisko wywołujące je zostaje zużytkowane do działania elektromagnesu.

Jednakowoż opisany efekt zostaje w stycznikach remanentacyjnych osiągnięty kosztownymi środkami, a mianowicie: zastosowaniem na rdzeń i zworę bardzo kosztownej blachy o specjalnej charakterystyce magnetycznej w celu powiększenia indukcji szczątkowej, a także zastosowaniem do przerywania prądu zasilającego elektromagnes specjalnego łącznika, albo specjalnego, złożonego i kosztownego układu elektrycznego umożliwiającego przerywanie prądu w uzwojeniu za każdym razem z bardzo wysoką dokładnością w odpowiedniej fazie, a to w celu zapewnienia dostatecznej wartości indukcji magnetycznej w chwili wyłączenia prądu, z czym związana jest dostateczna wartość indukcji szczątkowej i siły, z którą zwora będzie utrzymywana po wyłączeniu zasilania.

Styczniki remanencyjne nadają się tylko do małej częstości działania. Wymienione cechy budowy styczników remanencyjnych stanowią ich poważną wadę, powodują, że styczniki te są droższe od zwykłych, a poza tym złożony układ sterowania nimi często zawodzi, zwłaszcza przy spadku napięcia w sieci. Mała częstość działania znacznie ogranicza zastosowanie stycznika.

Stycznik z elektromagnesem napędowym na prąd zmienny impulsowy według wynalazku pozwala usunąć wszystkie wady wymienione dla styczników zwykłych i nie ma wymienionych powyżej wad stycznika remanencyjnego.

Istotą wynalazku jest zastosowanie elektromagnesu napędowego z rdzeniem i zworą wykonanymi z jednolitej stali pospolitej jakości

albo dowolnej innej, lub żeliwa, przy czym znaczne, wynikające z tego, powiększenie strat w rdzeniu i zworze zostaje wykorzystane do sterowania wartością indukcji magnetycznej w chwili wyłączenia prądu zasilającego. Powiększenie strat powoduje znaczne przesunięcie fazowe między prądem zasilającym elektromagnes i strumieniem magnetycznym, dzięki czemu w chwili, gdy prąd zasilający przechodzi przez zero, strumień magnetyczny ma wartość bliską maksymalnej.

Po przeciągnięciu zwory przez elektromagnes lub tuż przed końcem jej ruchu, prąd zasilający elektromagnes zostaje wyłączony przez przycisk lub inny łącznik sterowniczy, albo za pomocą styków pomocniczych stycznika, po czym zwora jest utrzymywana w stanie przyciągniętym przez magnetyzm szczątkowy. Dostateczna wartość strumienia magnetycznego, a więc i siły przyciągania w tym stanie jest zapewniona dzięki temu, że łuk prądu zmiennego gaśnie przy naturalnym przejściu prądu przez zero, albo bardzo blisko tej chwili, a wtedy, jak wyżej wspomniano, strumień magnetyczny ma wartość bliską maksymalnej, a więc i magnetyzm szczątkowy pozostaje duży bez potrzeby stosowania specjalnych materiałów magnetycznych.

Dzięki wyłączaniu zasilania w elektromagnesie stycznika według wynalazku można znacznie podwyższyć indukcję magnetyczną, a więc zmniejszyć przekrój i ciężar rdzenia i zwory. Wykorzystując zjawisko niewielkiej głębokości przenikania zmiennego strumienia magnetycznego w głąb masywnego rdzenia, można jeszcze bardziej zmniejszyć ciężar i powiększyć siłę przyciągania po wyłączeniu prądu przez zastosowanie wydrążonego rdzenia, najlepiej w postaci cienko — lub grubościennej rury stalowej. W ten sposób ciężar stali elektromagnesu może być kilkakrotnie mniejszy niż w stycznikach zwykłych.

Ciężar miedzi na uzwojenie elektromagnesu stycznika według wynalazku zależy tylko od znamionowej częstotliwości pracy i może być do niej w przybliżeniu proporcjonalny. Ciężar ten dla niewielkich znamionowych częstotliwości pracy stycznika może być kilkakrotnie mniejszy niż dla styczników zwykłych, dla największych zaś stosowanych częstotliwości może być nieco mniejszy niż dla styczników zwykłych. Stycznik jest poza tym zupełnie nieczuły na znaczne nawet spadki napięcia.

Rdzeń i zwora elektromagnesu stycznika we-

dług wynalazku mogą być wykonywane z jednej części, skręcane, spawane lub zgrzewane z kilku części, np. z rur i płaskowników, prasowane, odkuwane, odlewane lub wytwarzane z zastosowaniem dowolnej innej technologii.

Kolumny rdzenia mogą być okrągłe, dzięki czemu można zastosować korpusy cewek o otworze okrągłym nie wymagające kosztownych form do prasowania i ułatwiające oraz przyspieszające nawijanie uzwojenia.

Elektromagnes stycznika według wynalazku jest kilkakrotnie tańszy od zwykłego, dzięki czemu koszt stycznika według wynalazku może zostać znacznie obniżony. Jednocześnie trwałość cieni tłumiących, a może być jeszcze zwiększona większa, gdyż nie zawiera on blach, ani pierścieni tłumiących, a może być jeszcze zwiększona przez nawęglenie i utwardzenie powierzchni rdzenia i zwory.

Dzięki zastosowaniu masywnego rdzenia elektromagnes stycznika według wynalazku nie wymaga zastosowania specjalnego łącznika, ani żadnego specjalnego układu do wyłączania prądu zasilającego w ściśle określonej fazie prądu i zupełnie wystarcza przerywanie obwodu przez dowolny łącznik elektryczny, gdyż dla elektromagnesu stycznika według wynalazku nie ma znaczenia, by faza prądu przy wyłączeniu była za każdym razem dokładnie ta sama. Wynika to z wyżej wspomnianego faktu, że w elektromagnesie stycznika według wynalazku występuje, dzięki dużym stratom mocy w zastosowanym rdzeniu i zworze, znaczne przesunięcie fazy między prądem a strumieniem magnetycznym. Chwilowa wartość strumienia magnetycznego w chwili wyłączania prądu, to znaczy w chwili gdy wartość prądu przechodzi przez zero, jest proporcjonalna do sinusa kąta między prądem a strumieniem. Dla dużych kątów (około 60°) wartość sinusa zmienia się zaledwie o 1% przy zmianie kąta o 1° , a więc rozrzut czasów wyłączania o $\pm 5^\circ$ fazowych powoduje zmianę strumienia w chwili wyłączania zaledwie o $\pm 5\%$.

Taka zmiana strumienia powoduje znacznie mniejszą zmianę indukcji szczątkowej, a więc i stosunkowo niewielką zmianę siły przyciągania zwory po wyłączeniu zasilania. Dokładność wyłączania w granicach $\pm 5^\circ$ od naturalnego przejścia wartości prądu przez zero zapewnia każdy łącznik niskonapięciowy, jak na przykład zwykły przycisk używany do sterowania stycznikami, albo styki pomocnicze dowolnego stycznika, albo dowolny mikrołącznik.

Do zwalniania zwory elektromagnesu stycznika według wynalazku stosuje się impuls prądu zmiennego o wartości ograniczonej przez opornik, albo impuls z naładowanego kondensatora, przy czym tolerancja wartości prądu może wynosić kilkaset %.

Gdy odpowiednio opornik ograniczający impuls jest wbudowany do przycisku sterowniczego lub do układu odpowiedniej automatyki, to sterowanie stycznikiem może być realizowane jednym tylko przewodem, którym mogą być do uzwojenia elektromagnesu wysyłane zarówno większe impulsy prądu na zamykanie stycznika, jak i mniejsze — na jego otwieranie.

Fig. 1 przedstawia wykres wektorowy prądów w uzwojeniu oraz strumienia magnetycznego elektromagnesu stycznika według wynalazku w stanie, gdy zwora jest przyciągnięta. Wektor oznaczony I_M przedstawia wartość prądu magnesującego, czyli składową bierną prądu w uzwojeniu, wektor I_{Fe} — wartość prądu pokrywającego straty w stali, czyli składową czynną prądu w uzwojeniu, I przedstawia całkowity prąd w uzwojeniu, zaś I' — ten sam prąd w zwykłym elektromagnesie, w którym nie ma dużego przesunięcia fazy między prądem i strumieniem magnetycznym. Wektor oznaczony przez $\emptyset$ przedstawia strumień magnetyczny w rdzeniu i zworze elektromagnesu. Kąt oznaczony przez α przedstawia przesunięcie fazowe między prądem w uzwojeniu i strumieniem. Wektor oznaczony przez $\emptyset_0$ jest rzutem $\emptyset$ na oś prostopadłą do kierunku I , czyli przedstawia wartość chwilową $\emptyset$ w chwili gdy wartość chwilowa prądu w uzwojeniu elektromagnesu stycznika według wynalazku wynosi 0, przy czym $\emptyset_0 = \emptyset \sin \alpha$. Wektor oznaczony przez $\emptyset^1_0$ jest rzutem $\emptyset$ na oś prostopadłą do I' , czyli przedstawia wartość analogiczną do $\emptyset_0$, lecz dla elektromagnesu stycznika zwykłego. Z wykresu wynika, że $\emptyset_0$ jest kilkakrotnie większe od $\emptyset^1_0$, z czym związana jest znacznie większa wartość magnetyzmu szczytkowego po wyłączeniu prądu w chwili jego przejścia przez zero, a poza tym z wykresu wynika, że gdy wskutek wpływu łącznika przerywającego prąd I zasilający elektromagnes nastąpi zgászenie łuku nieco przed naturalnym przejściem prądu przez zero, nastąpi powiększenie kąta α o kilka stopni. Jak już wspomniano dla kątów α nie mniejszych od 60° zmiana kąta o $\pm 1^\circ$ powoduje zmianę wartości $\sin \alpha$, a więc w tym przypadku także i wartości $\emptyset_0$ nie więcej niż o $\pm 1\%$, a zatem zastosowanie zupełnie dowolnego łącznika do

przerwywania prądu zasilającego może spowodować co najwyżej wzrost magnetyzmu szczytkowego o kilka procent.

Fig. 2 przedstawia przykład schematu sterowania jedнопроводового stycznikiem według wynalazku za pomocą przycisku, przy czym a , b , c oznaczają zaciski sieci, do której dołączone są styki główne stycznika według wynalazku, przez M oznaczono uzwojenie elektromagnesu tego stycznika, przez p — pojedynczy przewód sterowniczy, przez Z — przycisk zamykający do podawania impulsu na zamykanie stycznika, przez R — opornik ograniczający impulsy na otwieranie stycznika, a przez W — przycisk zamykający do podawania impulsu na otwieranie stycznika. O oznacza zacisk sieci sterowniczej prądu zmiennego o potencjale różnym od c .

Po naciśnięciu przycisku Z otrzymuje się obwód zasilania elektromagnesu od zacisku sieci c poprzez uzwojenie M , przewód sterowniczy p , styki przycisku Z — do zacisku sieci sterowniczej O . Gdy elektromagnes przyciągnie zworę, zwalnia się nacisk na przycisk Z , który powraca do położenia otwartego, przerywając obwód zasilania. Zwora jest utrzymywana przez magnetyzm szczytkowy. W celu otwarcia stycznika naciska się przycisk W . Otrzymuje się wtedy obwód rozmagnesowania od zacisku c poprzez uzwojenie M , przewód sterowniczy p , opornik ograniczający R , styki przycisku W do zacisku sieci sterowniczej O . Gdy zwora odpadnie puszcza się przycisk W , który powraca do położenia otwartego i przerywa obwód rozmagnesowania, po czym stycznik jest gotów do następnego zadziałania.

Fig. 3 przedstawia przykład wykonanego elektromagnesu stycznika według wynalazku. Zwora tego elektromagnesu, oznaczona przez 1, jest wykonana z płaskownika stalowego. Kolumny rdzenia, pokazane jedna w przekroju podłużnym 2, a druga w widoku 5, są wykonane z rury stalowej i przyspawane od wewnątrz (szew oznaczono przez 6) do jarzma 4, wykonanego z płaskownika stalowego. Uwidocznione w przekroju uzwojenie 3 jest wykonane z miedzianego drutu nawojowego izolowanego emalią z przekładkami papierowymi. Jest ono otąśmowane, nasyczone lakierem izolacyjnym i osadzone na kolumnie bez korpusu izolacyjnego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Stycznik z elektromagnesem napędowym impulsowanym na prąd zmienny utrzymującym zworę przyciągniętą dzięki magnetyz-

- mowi szczątkowemu, znamieny tym, że w celu uzyskania dużego kąta przesunięcia fazowego pomiędzy prądem i strumieniem magnetycznym elektromagnesu, wzbudzany przez ten prąd, a przez to zapewnienia dużego i niezmiennego magnetyzmu szczątkowego, rdzeń i zwory elektromagnesu są wykonane z masywnych elementów z materiału ferromagnetycznego.
2. Stycznik według zastrz. 1, znamieny tym, że jako materiał ferromagnetyczny do wykonania rdzenia i zwory elektromagnesu jest w nim zastosowana pospolita stal w stanie nieulepszonym, lub stal o zwiększonej zawartości węgla, albo stal stopowa, lub żeliwo, przy czym elementy rdzenia są połączone przez zgrzewanie, spawanie lub skręcanie, albo cały rdzeń jest odkuty lub odlany, albo wyprasowany.
 3. Stycznik według zastrz. 1, znamieny tym, że w celu zmniejszenia ciężaru elektromagnesu i kosztu uzwojenia, kolumny rdzenia mają postać rur (2, 5) przyspawanych (6) do płaskiego jarzma (4), albo cały rdzeń jest wykonany z wygiętej rury.

4. Stycznik według zastrz. 1, znamieny tym, że w celu zmniejszenia ciężaru elektromagnesu i powiększenia trwałości mechanicznej, powierzchnie zetknięcia jego rdzenia i zwory, wykonanych ze stali, są ulepszone termicznie na przykład przez nawęglenie i utwardzenie.
5. Stycznik według zastrz. 1—4, znamieny tym, że w celu przerywania zasilania elektromagnesu w pobliżu chwili zetknięcia zwory z rdzeniem, jest wyposażony w zewnętrzny zwykły przycisk sterowniczy (Z) lub w zwykły mikrołącznik wbudowany do stycznika, albo do przerywania tego zasilania służy sterownik lub inny łącznik sterowniczy.
6. Stycznik według zastrz. 5, znamieny tym, że do sterowania zamykaniem i otwieraniem zwory elektromagnesu posiada jeden wspólny przewód sterowniczy (p) i dwa przyciski (Z, W) w wbudowanym opornikiem (R), ograniczającym wartość prądu rozma-gnesowującego rdzeń elektromagnesu (fig. 2).

Instytut Elektrotechniki

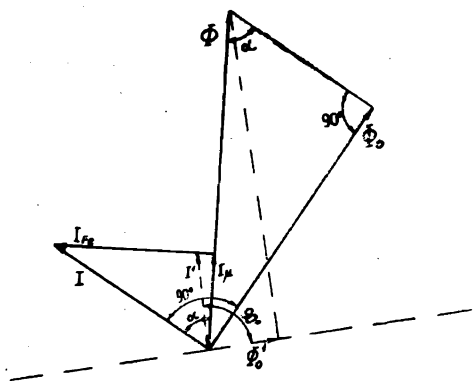


Fig. 1

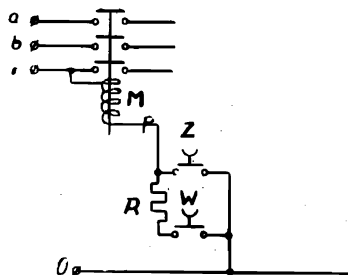


Fig. 2

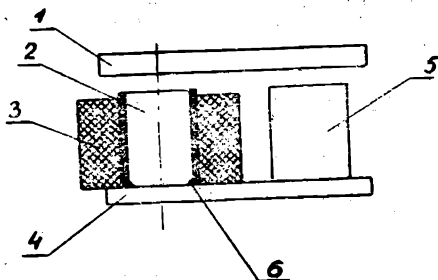


Fig. 3