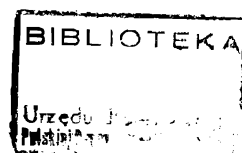


URZĄD PATENTOWY



RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

OPIS PATENTOWY 1102p 7/100

Nr 2714.

Kl. 21 c 49.

Siemens-Schuckertwerke
Gesellschaft mit beschränkter Haftung
(Siemensstadt pod Berlinem, Niemcy).

Napęd zapomocą silników asynchronicznych.

Zgłoszono 17 marca 1921 r.

Udzielono 27 sierpnia 1925 r.

Pierwszeństwo: 18 listopada 1919 r. (Niemcy).

We wszystkich wypadkach, w których przy rozruchu motorów elektrycznych moment obciążenia jest nieznany, a równocześnie przyspieszenie należy nadawać wielkim masom, pożądana jest znajomość przyspieszenia i zwalniania mas w celu utrzymania pewnego wykresu ruchu lub uniknięcia nadmiernych wartości przyspieszenia i zwalniania.

Wypadek taki zachodzi np. w urządzeniach wyciągowych, w których ciężar przy spuszczeniu wytwarza rozpęd. Aby utrzymać pewien rozkład ruchu, potrzebne jest stale jednakowe przyspieszenie niezależnie od kierunku ruchu i wielkości ciężaru. Nadmiernego przyspieszenia lub zwalniania należy unikać ze względów bezpieczeństwa,

aby wykluczyć niebezpieczne naprężenia lub ślizganie się lin wyciągowych w systemie Köpego. Również i w ruchu kolejowym dobrze jest kontrolować przyspieszenie, względnie zwalnianie, np. przy ruszaniu pod górę, a przede wszystkim przy hamowaniu na spadkach. Kontrola taka jest możliwa w znanym układzie połączeń Leonarda do prądu stałego, gdzie każdemu położeniu dźwigni sterowniczej odpowiada określona mniej więcej prędkość silnika napędowego. Inaczej się rzecz ma w tych rodzajach napędu, w których do rozruchu używa się oporników w obwodzie głównym, jak np. w silnikach asynchronicznych. Tutaj położenie dźwigni sterowniczej nie określa prędkości, która zależy w znacznym

Stopniu od wielkości i kierunku obciążenia. Przyspieszenie lub zwalnianie nie poddaje się przeto kontroli. Obsługa silnika może być jeno z trudnością regulować. Nawet znajomość natężenia prądu lub w silnikach asynchronicznych zapotrzebowania mocy nie pozwala orjentować się należyte co do istniejącego przyspieszenia lub zwalniania. Zapotrzebowanie bowiem prądu jest wyłącznie miarą momentu obrotowego, wytworzonego przez silnik. Rzeczywiste zaś przyspieszenie podczas rozruchu jest proporcjonalne do różnicy momentu obrotowego silnika i momentu obrotowego ciężaru, będzie więc mniejsze, równe lub większe od przyspieszenia, wywołanego przez prąd w silniku, zależnie od tego, czy ciężar podnoszony jest dodatni, równy zeru lub ujemny. Odwrotnie, w wypadku hamowania zwalnianie rzeczywiste jest większe, równe lub mniejsze od zwalniania, odpowiadającego momentowi hamującemu prądnicy, zależnie od tego, czy ciężar hamowany jest dodatni, równy zeru lub ujemny.

Wynalazek niniejszy wyzyskuje do określania rzeczywistego przyspieszenia lub zwalniania silników asynchronicznych pobór i wydatek mocy ze strony innego silnika asynchronicznego, całkowicie sprzężonego w sposób elektryczny z silnikiem głównym i wprowadzającego w ruch masy zamachowe. W tym celu uzwojenia statora i rotora silnika pomocniczego łączy się odpowiednio lub nakrzyż z uzwojeniami statora i rotora silnika głównego.

Napięcia i częstotliwości, występujące w silniku pomocniczym, są przeto zarówno w statorze, jak i w rotorze, zupełnie takie same, jak w silniku głównym, a więc w granicach, ustalonych przez zdolność przeciążenia, silnik pomocniczy musi kopjować wszelkie ruchy silnika głównego. Ponieważ silnik pomocniczy porusza wyłącznie masy zamachowe, więc podczas rozruchu wszelki przyrost prędkości jest połączony z poborem mocy, zależnym tylko od przy-

śpieszenia. Składowa mocna (watowa) prądu, pobieranego przez silnik pomocniczy, po potrąceniu nieznacznej części na pokrycie strat własnych, jest więc miarą przyspieszenia jego mas. Ponieważ jednak silnik pomocniczy kopjuje wszystkie ruchy silnika głównego, przeto prąd mocny (watowy), pobierany przezeń, jest również miarą rzeczywistego przyspieszenia silnika głównego, niezależnie od kierunku i wielkości obciążenia tego silnika, gdyż prąd silnika kopjującego również jest niezależny od tych wielkości. Wobec tego można uwioczyć przyspieszenie i zwalnianie przez zastosowanie watomierza lub, jeżeli nie chodzi o wielką dokładność, amperomierza. Przyrządy te włącza się w ten obwód silnika pomocniczego, który zasilą się prądem o częstotliwości sieci.

Na fig. 1 przedstawiony jest przykład wykonania wynalazku. *a* oznacza silnik asynchroniczny trójfazowy, zasilany od sieci *b* i poruszający koło linowe *c* urządzenia wyciągowego. Jego prędkość reguluje się oporem *d*. Zgodnie z wynalazkiem do statora i rotora tego silnika jest przyłączony inny mały silnik asynchroniczny *e* z masą rozpędową *f*, przyczem celem obniżenia napięcia pomiędzy silnik *e* i stator silnika wyciągowego *a* jest włączony transformator *g*. Do mierzenia mocy, doprowadzanej do silnika kopjującego *e*, służy watomierz *h*, którego wskazania pozwalają określać przyspieszenie silnika wyciągowego i dokonywać regulacji silnika od ręki.

Można również urządzić samoczynne regulowanie przyspieszenia silnika wyciągowego, jeżeli zamiast zwykłego watomierza zastosuje się przekładnik o układzie watomierzowym, działający na silnik służebny (serwomotor), który bądź zmienia opór poślizgowy *d* silnika wyciągowego, bądź też oddziałuje na swobodę ruchu dźwigni sterowniczej. Przekładnik zaczyna działać, skoro przyspieszenie maszyny wyciągowej odchyli się od określonej wartości. Prze-

każnik nastawia się na żądane przyspieszenie przez dobranie oporu dodatkowego cewki bocznikowej, przez zmianę naprężenia sprężyny lub przez przestawienie styku. To ustawienie przekąznika, a więc i wielkość rzeczywistego przyspieszenia, można zmieniać podczas biegu w zależności od przebytej drogi, np. zapomocą tarczy krzywoliniowej, poruszanej od wskaźnika głębokości. W ten sposób można samoczynnie osiągnąć dowolny wykres ruchu o zmien-
nem przyspieszeniu.

Zamiast przekąznika z silnikiem służebnym można do regulowania przyspieszenia zastosować, zgodnie z wynalazkiem niniejszym, także silnik asynchroniczny, którego stator ma uzwojenia nieskojarzone. Ten silnik k włącza się, jak wskazuje fig. 2, w szereg z silnikiem kopjującym. Zachowuje się on jak transformatorek prądu, odpowiada więc cewce dławikowej, włączonej przed silnik kopjujący. Moment obrotowy tego silnika szeregowego winien równoważyć mechaniczny moment obrotowy, związany z regulacją oporników lub położenia dźwigni sterowniczej, przy pewnem przyspieszeniu, a więc i pewnem natężeniu prądu w obwodzie silnika kopjującego. Potrzebny do tego moment obrotowy silnika szeregowego zależy nietylko od natężenia prądu, ale i od napięcia, zużytego w silniku i wyznaczonego przez wielkość oporu rotora l ; moment ten można więc wytworzyć w prosty sposób przez zmianę tego oporu. Przy natężeniach prądu, a więc i przyspieszeniach, różniących się od tych wartości, na które aparat został nastawiony, moment obrotowy silnika szeregowego, przy niezmiennym oporze rotora l , będzie przeważał nad momentem obrotowym urządzenia regulującego, lub będzie mu ustępował.

Jeżeli silnik szeregowy ma regulować na inne stałe przyspieszenie silnika głównego, to trzeba zmienić albo mechaniczny moment obrotowy, który przedstawia opory lub dźwignię sterowniczą, albo moment obroto-

wy silnika szeregowego k , wytwarzany przy pewnem natężeniu prądu. Ta ostatnia zmiana osiąga się poprostu przez zmianę oporu l w obwodzie rotora.

Przejdzie z jednego przyspieszenia na inne można przeto skutecznie przez prostą zmianę oporu; wobec tego i teraz jest możliwy rozruch samoczynny wedle dowolnego wykresu. Wynalazek pozwala również uniknąć przeholowania w regulowaniu przyspieszenia. Tak np. przy użyciu opisanego przekąznika silnikowego wyzyskuje się w tym celu zależność momentu obrotowego silnika szeregowego od oporu, który się zmienia przy rozpoczęciu ruchu regulującego samoczynnie.

Wynalazek można zastosować również i do regulacji zwalniania przy hamowaniu silnika głównego. Jeżeli bowiem silnik główny, przy zatrzymaniu go i po odłączeniu od sieci, przekształcimy na prądnicę hamującą przez wzbudzenie uzwojeń jego statora lub rotora prądem stałym (jak np. przy pomocy baterji m na fig. 2) i przez włączenie uzwojeń rotora względnie statora na opory hamujące, to silnik kopjujący, wskutek połączenia elektrycznego uzwojeń jego statora i rotora z uzwojeniami silnika głównego, również stanie się maszyną synchroniczną, która pracuje równolegle z silnikiem głównym i posiada taką samą, jak i on, prędkość. Ponieważ masa zamachowa silnika kopjującego usiłuje utrzymać swój ruch, więc przy zwalnianiu wszelkie zmniejszenie prędkości jest połączone z oddaniem mocy, odpowiadającej zwalnianiu. Wytworzony prąd hamujący jest więc miarą rzeczywistego zwalniania. Wskutek tego można, jak i poprzednio, uwidocznić zwalnianie zapomocą watomierza lub amperomierza w obwodzie silnika kopjującego. Możliwa jest również i samoczynna regulacja zwalniania, a mianowicie przez oddziaływanie zapomocą urządzenia regulującego na ruch dźwigni sterowniczej lub na zmianę oporów hamujących silnika głównego.

Przez użycie regulatora przyspieszenia wedle wynalazku można osiągnąć zupełnie samoczynny rozruch na modłę sterowania przyciskowego. W urządzeniach wyciągowych np. trzeba tylko rozpocząć rozruch przez włączenie silnika wyciągowego w pożądanym kierunku i wyzwolenie urządzenia regulującego, zamkniętego w stanie spoczynku. Dalszy rozruch odbywa się samoczynnie, stosownie do nastawionego uprzednio przyspieszenia, aż do osiągnięcia całkowitej prędkości, poczem osobne urządzenie zamyka regulator przyspieszenia. Do zatrzymania silnika zapomocą wzbudzenia prądem stałym, rotor odłącza się przy pomocy występu na wskaźniku głębokości od oporów rozruchowych i włącza się na źródło prądu stałego (baterję m na fig. 2). Równocześnie odłącza się stator od sieci i włącza go na opory hamujące. Za opory hamujące mogą służyć także opory rozruchowe. Ponieważ w tym wypadku prąd hamujący płynie w kierunku przeciwnym do prądu przyspieszenia, przeto kierunek obrotu urządzenia regulującego trzeba odwrócić w sposób mechaniczny lub elektryczny przy wyzwoleniu urządzenia regulującego.

Ponieważ silnik kopjujący dokładnie naśladuje ruchy silnika wyciągowego, więc można go równocześnie użyć do obracania tachografu i urządzeń, zabezpieczających od nadmiernej prędkości.

Silnik kopjujący, który, jak opisano wyżej, służy do wskazywania przyspieszenia i zwalniania silników asynchronicznych, może być użyty również i do określania wielkości i kierunku momentu obciążenia. Takie określenie jest ważne np. przy obsłudze stawidła w urządzeniach wyciągowych. Gdy bowiem obsługujący odrazu spostrzeże podług dźwigni sterowniczej, że ciężar opuszczany jest znaczny, to może on zapobiec rozbiegowi silnika przez szybkie przełożenie dźwigni sterowniczej przy rozruchu w położenie zwarcia rozrusznika. Oczywiście musi się on wtedy pogodzić z uderzeniami

i ślizganiem się liny z powodu zbyt wielkiego przyspieszenia.

Dobrze jest znać wielkość i kierunek momentu obciążenia i wówczas, gdy silnik asynchroniczny wskutek doprowadzenia doń prądu stałego stanie się maszyną synchroniczną, by zapobiec przekroczeniu przez silnik prędkości synchronicznej, tudzież by go wykorzystać do elektrycznego hamowania przy zwalnianiu. W pierwszym wypadku jest pożądané, aby silnik, pracujący jako prądnica synchroniczna, zwracał energję do sieci bez przesunięcia faz. Do tego jednak potrzeba różnego wzbudzenia przy różnem obciążeniu. Gdy więc wzbudzenie nie jest dopasowane do obciążenia, to zachodzi niebezpieczeństwo, że moment obciążenia przeważy moment synchronizujący maszyny i maszyna rozbiegnie się. W drugim znów wypadku, przy elektrycznem hamowaniu (zwalnianiu), energja hamowania, którą maszyna ma wytworzyć, jest dla jednej i tej samej drogi hamowania różna zależnie od wielkości i od kierunku nadmiaru obciążenia, podlegającego hamowaniu. Wytworzona energja hamowania zależy od wielkości oporu hamującego i wielkości wzbudzenia. Ponieważ zawsze będzie się pracować z tym samym oporem hamującym, który zmniejsza się zapomocą stawidła proporcjonalnie do zmniejszenia prędkości, to, by otrzymać tę samą drogę hamowania, należy dopasować wzbudzenie do wielkości i kierunku obciążenia.

Wedle wynalazku wielkość i kierunek nadmiaru obciążenia określa się przez określenie różnicy między poborem mocy przez silnik kopjujący i poborem mocy przez silnik napędowy. Moc, pobierana przez silnik kopjujący podczas rozruchu, odpowiada w każdej chwili różnicy między momentem obrotowym M_m silnika napędowego i momentem obciążenia M_q tego silnika. Moc, pobierana z sieci przez silnik napędowy, jest miarą momentu obrotowego M_m , wytwarzanego przez ten silnik. Różnica obu

mocy jest więc miarą momentu obrotowego obciążenia M_q . Moment ten może być wyznaczony w ten sposób, że prądy, odpowiadające obu mocom, działają na oś obrotową przyrządu w kierunkach przeciwnych, przy czym są one sprowadzone do wartości, nadających się do porównania, zapomocą transformatorów prądu, które i tak są potrzebne. Moment wypadkowy, działający na oś obrotową przyrządu, będzie wtedy równy

$$(M_m - M_q) - M_m - M_q,$$

skoro obciążenie q jest dodatnie. Dla obciążenia ujemnego otrzymujemy znak odwrotny. Gdy obciążenie $= 0$, to znaczy gdy ciężar podnoszony jest równy opuszczanemu $M_q = 0$ i na przyrząd nie działa żaden moment obrotowy. Jako przyrządu pomiarowego można użyć watomierza z dwoma układami cewek, jak to bywa przy pomiarze mocy w sieci trójfazowej, nierównomiernie obciążonej. Przyrząd ten wskazuje natychmiast przy rozpoczęciu rozruchu wielkość i kierunek nadmiaru obciążenia.

Na fig. 3 rysunku przedstawiony jest odpowiedni przykład wykonania. Z sieci trójfazowej b czerpie moc motor asynchroniczny a , obracający koło wyciągowe c , którego prędkość reguluje się oporem d . Do oznaczenia wielkości i kierunku nadmiaru obciążenia q uzwojenia statora i rotora silnika napędowego a są połączone z uzwojeniami statora i rotora silnika kopującego e z masą zamachową f . Dalej mamy watomierz h z dwoma układami cewek i i k , które działają na wspólną oś l . Układ i jest włączony w przewody od sieci do silnika kopującego, układ drugi w przewody do silnika napędowego. Oba układy są tak włączone, iż ich momenty obrotowe działają na oś l w kierunkach przeciwnych. Różnicę momentów obrotowych, proporcjonalną do wielkości ciężaru q , pokazuje skazówka o na skali p . Kierunek obciążenia poznaje się po kie-

runku odchylenia skazówki. Postępuje się wtedy odpowiednio do wskazania, stałego podczas całego okresu rozruchu. Napięcie wzbudzające prądu stałego, odpowiadające wyrównanemu obciążeniu, zmniejsza się przy odchyleniu skazówki, która odpowiada kierunkowi pędzonego ciężaru, i wzmacnia się przy odchyleniu, odpowiadającym ciężarowi pędzącemu. To nastawianie napięcia wzbudzającego dokonywa się ręcznie lub samoczynnie zapomocą silnika służebnego.

Do samoczynnego regulowania napięcia wzbudzającego prądu stałego można użyć dwóch motorów asynchronicznych r i s , jak wskazuje fig. 4. Jeden z nich włączony jest w szereg z częścią silnika kopującego, zasilaną od sieci b za pośrednictwem transformatora g . Drugi włącza się przez stator silnika wyciągowego a za pośrednictwem transformatora prądu t . Oba silniki działają w kierunkach przeciwnych na wspólną oś u , na której jest osadzone koło zębate v . Koło to przedstawia opór w , regulujący wzbudzenie prądu stałego, dostarczanego przez maszynę prądu stałego n . Jeżeli silnik wyciągowy a ma podnieść ciężar dodatni, to przeważa moment obrotowy silnika przekąźnikowego s , połączonego z a , i zmienia nastawienie wzbudzenia dopóty, dopóki ten nadmiar momentu nie zostanie zrównoważony przez odwrotny moment obrotowy, powstający wskutek naprężenia sprężyny x , odchylonej od jej położenia średniego. Jeżeli zaś mamy do czynienia z ciężarem pędzącym, to przeważa moment obrotowy silnika przekąźnikowego, połączonego z silnikiem kopującym, i zmienia wzbudzenie w kierunku przeciwnym, również aż do zrównoważenia przez sprężynę y , coraz więcej naprężaną przy naciąganiu. Wyrównanie momentów obrotowych względem siebie, tudzież względem przeciwdziałających momentów sprężyn dokonywa się łatwo przez zmianę oporów w obwodach rotorów obu motorów przekąźnikowych.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Napęd zapomocą silników asynchronicznych, znamienny tem, że do stwierdzenia (wyznaczenia) przyspieszenia i zwalniania silników służy pobór i wydatek mocy silnika asynchronicznego pomocniczego, zaopatrzonego w masy rozmachowe i sprzężonego z silnikiem głównym w sposób elektryczny przez podwójne zasilanie prądem.

2. Napęd według zastrz. 1, znamienny tem, że wielkość przyspieszenia i zwalniania wskazują przyrządy pomiarowe, których wskazania zależą od mocy lub też natężenia prądu silnika asynchronicznego pomocniczego.

3. Napęd według zastrz. 1, znamienny tem, że przekątnik, którego działanie zależy od mocy lub prądu wiatowego silnika pomocniczego, reguluje samoczynnie wielkość przyspieszenia lub zwalniania silnika głównego przez oddziaływanie na mechanizm sterowniczy.

4. Napęd według zastrz. 1 i 3, znamienny tem, że przekątnik wywiera wpływ na ruchliwość dźwigni sterowniczej.

5. Napęd według zastrz. 1 i 3, znamienny tem, że przekątnik przedstawia opory regulacyjne silnika głównego.

6. Napęd według zastrz. 1 i 3, znamienny tem, że za przekątnik służy silnik asynchroniczny, połączony w szereg z silnikiem pomocniczym.

7. Napęd według zastrz. 1, 3 i 6, znamienny tem, że moment obrotowy silnika asynchronicznego, połączonego w szereg, nastawia się przez zmianę oporu jego rotora.

8. Napęd według zastrz. 1 i 3—7, znamienny tem, że organy włączające i sterownicze urządzenia silnikowego po ukończeniu pewnej czynności przygotowują się do następnej samoczynnie.

9. Napęd według zastrz. 1, znamienny tem, że silnik pomocniczy używa się równocześnie do napędu urządzeń bezpieczeństwa.

10. Napęd zapomocą silników asynchronicznych, znamienny tem, że silnik pomocniczy z masami rozmachowymi, sprzężony według zastrz. 1 z silnikiem napędowym na drodze elektrycznej, używa się do stwierdzenia wielkości i kierunku nadmiaru obciążenia.

11. Napęd według zastrz. 10, znamienny tem, że do wyznaczenia wielkości i kierunku nadmiaru obciążenia służy różnica poboru mocy silnika napędowego i silnika pomocniczego.

12. Napęd według zastrz. 10 i 11, znamienny tem, że wielkość i kierunek nadmiaru obciążenia określa się przy pomocy przyrządu pomiarowego, w którym oś obrotowa znajduje się pod działaniem różnicy poboru mocy silnika napędowego i pomocniczego.

13. Napęd według zastrz. 10—12, znamienny tem, że wzbudzenie prądem stałym silnika napędowego podczas ruchu synchronicznego i hamowania przy zwalnianiu podlega wpływowi przekątnika, zależnego od działania różnicy poboru mocy przez silnik napędowy i pomocniczy.

14. Napęd według zastrz. 10, 11 i 13, znamienny tem, że za przekątnik służą dwa silniki asynchroniczne, z których jeden jest połączony w szereg z uzwojeniem silnika pomocniczego, zasilanem od statora silnika głównego, drugi zaś dołączony jest zapomocą transformatorów prądu do przewodów, doprowadzających prąd z sieci do silnika głównego.

Siemens-Schuckertwerke
Gesellschaft mit beschränkter
Haftung.

Zastępca: I. Myszczyński,
rzecznik patentowy,

Fig. 1

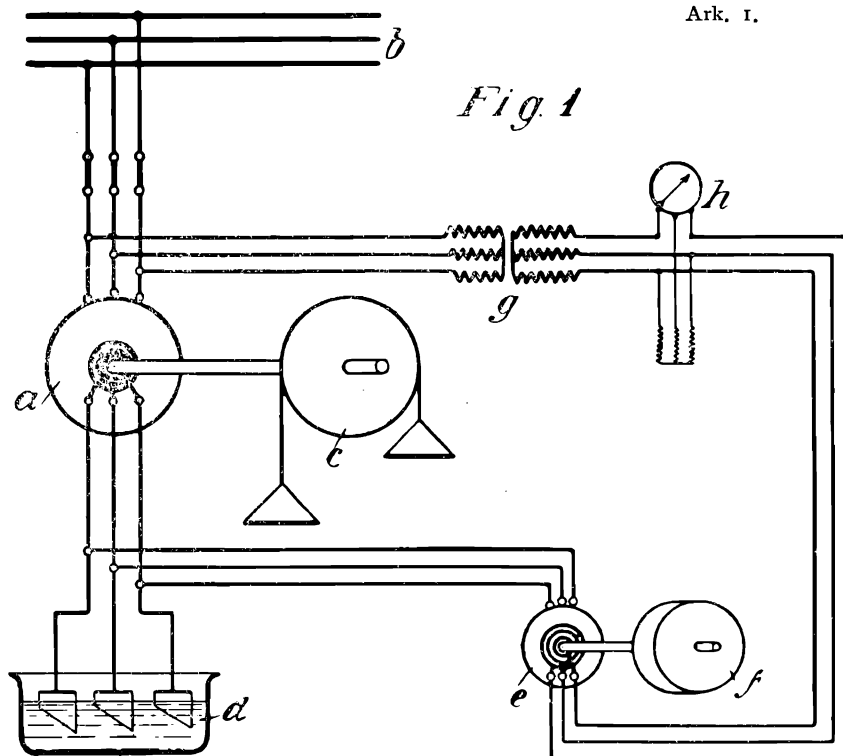


Fig. 2

