

Hamowanie elektrodynamiczne szybkich lokomotyw elektrycznych

W artykule uzasadniono konieczność stosowania hamowania elektrodynamicznego w lokomotywach elektrycznych przewidzianych do prowadzenia szybkich pociągów pasażerskich. Dokonano również przeglądu i oceny sposobów realizacji tego hamowania oraz omówiono niektóre metody automatycznej regulacji sił hamowania.

Wstęp

Hamowanie elektrodynamiczne, stosowane od dawna w tramwajach i w kolejach miejskich obsługiwanych przez zespoły trakcyjne, nieczęsto było stosowane w lokomotywach elektrycznych, a to ze względu na małą skuteczność tego hamowania w odniesieniu do całego pociągu oraz mniejszą niż dla hamulca powietrznego niezawodność działania. Zaden zresztą hamulec lokomotywy, którego działanie jest zależne od przyczepności, nie może być odpowiednio skutecznym dla zahamowania pociągu. Przy realizowaniu, podczas hamowania z wysokich prędkości jazdy, wymaganej średniej wartości opóźnienia, moce hamowania elektrodynamicznego wypadałyby bardzo duże, rzędu kilkudziesięciu tysięcy kW, a więc znacznie przekraczające wartości mocy, koniecznych dla osiągnięcia największych prędkości jazdy, z danym ciężarem pociągu. Ponadto realizacja takich mocy nie byłaby możliwa ze względu na ograniczenie sił hamujących przyczepnością lokomotywy. Z czasem w lokomotywach, których prędkości konstrukcyjne nie przekraczały około 150 km/h, hamulca wspomagającego podstawowy hamulec powietrzny i zasadniczo miało na celu zmniejszenie zużycia żeliwnych wstawek klocków hamulcowych i obręczy kół zwłaszcza podczas jazdy na długich spadkach. Wynikła przy tym dodatkowa korzyść przez zmniejszenie stopnia zapylenia pyłem żeliwnym, który jest bardzo szkodliwy dla maszyn elektrycznych. W miarę wzrostu prędkości jazdy pociągów powyżej 160 km/h, hamowanie elektrodynamiczne lokomotyw stało się konieczne, przy czym wzrosła rola tego hamowania. Stało się ono hamulcem równorzędnym z powietrznym, a nawet podstawowym w zakresie wysokich prędkości jazdy, głównie dzięki wyeliminowaniu niebezpieczeństwa nadmiernego zużycia klocków i obręczy, przy jednoczesnym zwiększeniu efektu hamowania pozwalającym na hamowanie nie tylko lokomotywy, lecz i wagonów oraz dzięki możliwości automatyzacji i optymalizacji procesu hamowania. Automatyczna regulacja umożliwia kształtowanie charakterystyk hamowania odpowiednio dla uzyskania stałej wartości

pożądaney wielkości, którą może być np. prędkość czy najczęściej stała siła hamowania. Niewątpliwą zaletą hamowania elektrycznego w porównaniu z mechanicznym jest stabilność jego charakterystyk.

Sposoby hamowania elektrodynamicznego

Niezależnie od systemu trakcji elektrycznej, istnieją dwa sposoby hamowania elektrodynamicznego: oporowe i z odzyskiem energii elektrycznej. Prócz tego są możliwe układy skojarzone wymagające automatycznego przełączania z hamowania odzyskanego na oporowe.

Na podstawie przeglądu istniejących nowoczesnych rozwiązań szybkobieżnych lokomotyw elektrycznych należy stwierdzić, że niezależnie od systemu zasilania, w większości przypadków stosuje się hamowanie oporowe. Ma to swoje uzasadnienie tak konstrukcyjne, jak i ekonomiczne. Na liniach głównych, z reguły nizinnych, przewidzianych do kursowania szybkich pociągów pasażerskich, obsługujących trakcję na prąd stały, mogą często zdarzać się sytuacje, w których, w przypadku odzyskowego hamowania lokomotywy, brak będzie odbiorcy na oddawaną do sieci energię elektryczną. Budowa więc złożonego i drogiego układu dla hamowania odzyskowego w takich przypadkach nie jest uzasadniona.

Ponadto przy ruchu dalekobieżnym z dużymi prędkościami udział energii odzyskanej na tle średniego zużycia energii byłby nieznaczny. Należy przy tym brać pod uwagę dodatkowe ograniczenie przy hamowaniu odzyskowym, jakim jest poziom napięcia sieci, o którego układ hamulcowy powinien być przystosowany. W efekcie powoduje to zmniejszenie przedziału prędkości, w którym może być zastosowane odzyskowe hamowanie elektryczne.

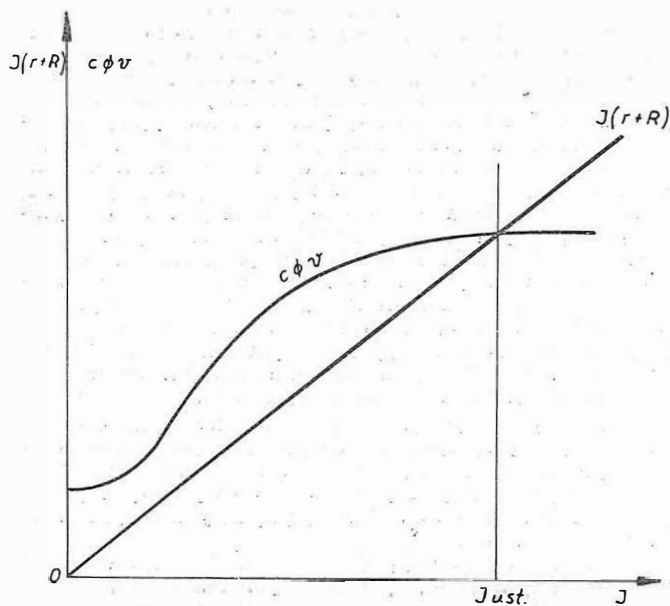
Hamowanie oporowe, zależnie od sposobu wzbudzenia silników trakcyjnych pracujących jako prądnice podczas hamowania, dzieli się na hamowanie ze samowzbudzeniem, ze wzbudzeniem obcym lub ze wzbudzeniem szeregowo-bocznikowym. Niezależnie od sposobu wzbudzenia, hamowanie oporowe może być stosowane w dużym

zakresie prędkości przez dobór takich wartości oporności hamowania, przy których popłyną prądy odpowiednie dla danych prędkości jazdy.

Hamowanie ze samowzbudzeniem prądnicy szeregowych

Jest to najstarszy, a zarazem najprostszy sposób hamowania elektrycznego. Przed rozpoczęciem hamowania, po odłączeniu silników trakcyjnych od sieci, konieczne jest dla pracy prądnicy przełączenie końcówek uzwojeń wzbudzenia silników, względnie przełączenie zacisków ich tworników. Po dokonaniu tego, obwód prądnicy zostaje zamknięty przez oporniki.

Przebieg samowzbudzenia prądnicy jest zależny głównie od charakterystyki magnesowania i wielkości szczeliny powietrznej. Szybkość wzrostu prądu wzbudzenia zależy z kolei od różnicy SEM $E = c\Phi v$ i spadku napięcia



Rys. 1. Charakterystyka SEM prądnicy szeregowej w okresie samowzbudzenia

na opornościach obwodu hamowania $I(r+R)$, czyli od różnicy rzędnych na rysunku 1. Równanie pracy obwodu hamowania w postaci różniczkowej przedstawia się następująco:

$$L \frac{dI}{dt} = c\Phi v - I(r+R)$$

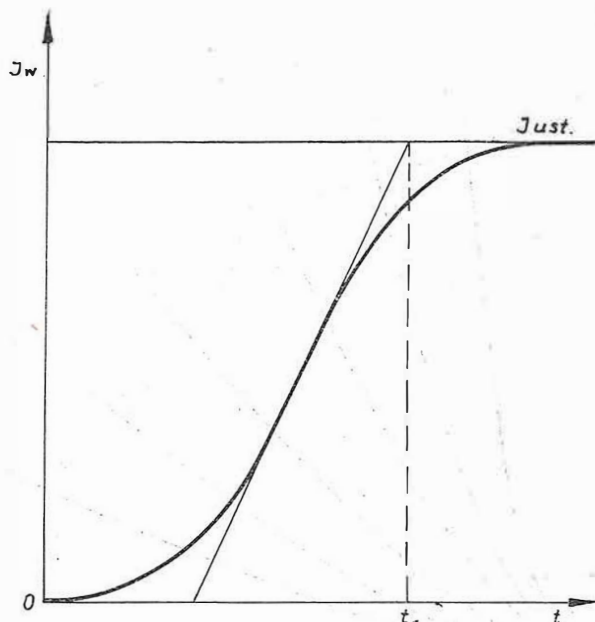
gdzie:

- L — indukcyjność silnika,
- r — oporność wewnętrzna silnika,
- R — oporność zewnętrzna obwodu hamowania
- v — prędkość pojazdu,
- I — prąd w obwodzie
- $c\Phi$ — stała strumienia magnetycznego silnika

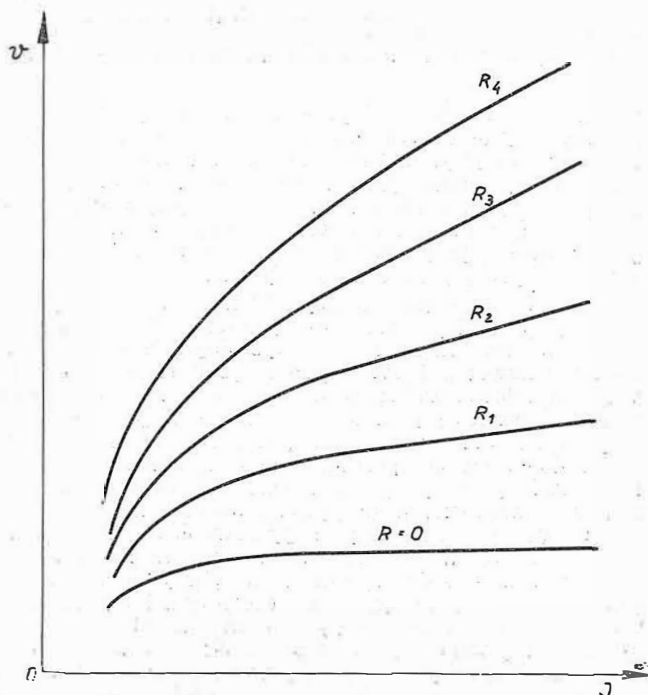
Na rys. 1 jest widoczny przebieg zmian wartości SEM $E = C\Phi v$ prądnicy w funkcji prądu oraz spadku napięcia na oporach czynnych obwodu hamowania. W punkcie przecięcia prostej spadku napięcia z krzywą $c\Phi v$, prąd I ma wartość ustaloną.

$$I = I_{ust} = \frac{c\Phi v}{r+R}$$

Wynika z tego, że wartość I_{ust} jest tym większa, im większa jest prędkość jazdy v , a przy stałej prędkości jazdy tym większa, im mniejsza wartość oporności hamowania R . Na rys. 2 jest przedstawiony przebieg prądu samowzbudzenia prądnicy szeregowej, w funkcji czasu t . O wartości czasu samowzbudzenia decyduje odcinek t_1 . Ponieważ prędkość narastania prądu, a więc i czas samowzbudzenia, zależy od prędkości v i od wartości oporności hamowania R , przeto zależy również od ustalonej wartości prądu. Aby nie przekraczać dopuszczalnej wartości prądu przy wysokich prędkościach jazdy, konieczne jest właściwe doboru wartości oporności R , a to z kolei powoduje wzrost czasu samowzbudzenia, co oczywiście jest niekorzystne. Czas ten bowiem może osiągać nawet 2s, a w takim przypadku, od momentu wszczęcia hamowania



Rys. 2. Przebieg wzrostu prądu samowzbudzenia prądnicy szeregowej.



Rys. 3. Pęk charakterystyk $v = f(I)$ dla różnych stałych wartości oporności

z prędkości np. 200 km/h, pociąg przebiegnie około 110 m bez hamowania, z praktycznie stałą prędkością. Jeżeli lokomotywa ma s silników trakcyjnych pracujących na 1 wspólny opór hamowania R , tworzących x gałęzi równoległych po y silników w każdej, to równanie napięcie dla obwodu silnika (dla stanu statycznego) po uproszczeniu ma postać

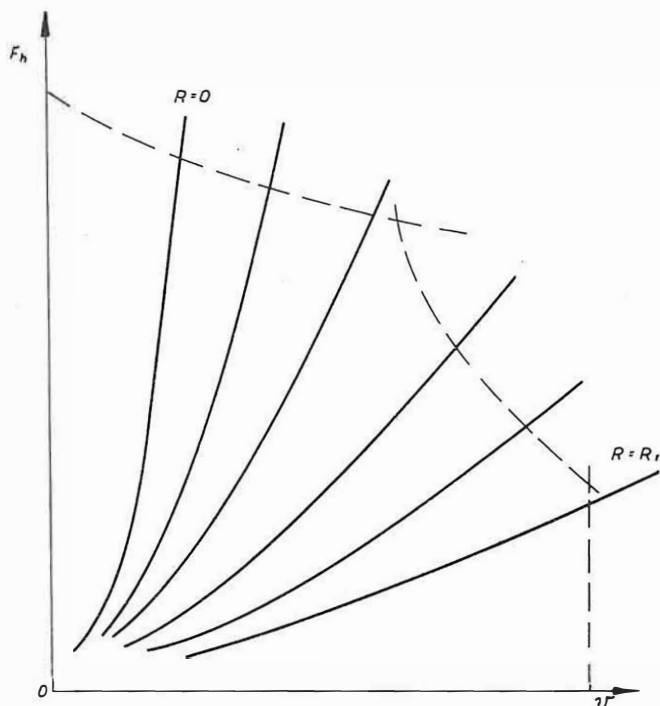
$$c\Phi v = I \left(r + \frac{x}{y} R \right),$$

skąd

$$v = \frac{I}{c\Phi} \left(r + \frac{x}{y} R \right).$$

Jeżeli wyrażenie w nawiasie ma wartość stałą, to $v \approx \frac{I}{c\Phi}$.

Na rys. 3 jest podany pęk charakterystyk $v = f(I)$ dla różnych stałych wartości R , a na rys. 4 są narysowane statyczne charakterystyki sił hamowania $F_h = f(v)$. Rze-



Rys. 4. Przebieg sił hamowania w funkcji prędkości jazdy, dla różnych wartości oporności
czywiste charakterystyki odbiegają mniej lub bardziej od

statycznych, zależnie od przebiegu zmian prądu w czasie. Różnice te są tym mniejsze, im większa jest oporność obwodu prądnicy i im większa jest bezwładność hamowanego pojazdu. Zjawiska dynamiczne nie mają przeto istotnego wpływu na kształt charakterystyk w zakresie hamowania z dużych prędkości jazdy. Jedynie w przypadku utraty przyczepności zjawiska te ujawniają się wyraźnie, potęgując efekt poślizgu kół.

Realizowanie dopuszczalnej siły hamowania przy wysokiej prędkości prądem o dużej wartości wzbudza SEM, której wartość może przekraczać napięcie znamionowe silników nawet o 100%. Łączenie prądnic w szereg jest więc niecelowe. Prócz tego w połączeniu szeregowym wartość oporności podczas hamowania wypada znacznie większa niż dla rozruchu, co pociąga konieczność stosowania dodatkowych oporników. Podczas hamowania prądnice powinny być połączone równolegle lub w grupy szeregowo równoległe. W przypadku lokomotyw C_0-C_0 prądu stałego stosuje się trzy grupy równoległe, po dwa silniki w każdej. W celu wyrównania nieuniknionych różnic obciążeń, stosuje się tak zwane „krzyżowanie uzwojeń” (p. rys. 5), polegające na szeregowymłączeniu tworników prądnic jednej grupy, z uzwojeniami wzbudzenia prądnicy grup następnych. Jakakolwiek zmiana obciążenia w jednej grupie, powoduje odpowiednią zmianę wartości strumienia w pozostałych dwóch grupach, dzięki czemu osiąga się większą stateczność pracy maszyn i praktycznie równomierny rozkład obciążeń.

Hamowanie oporowe z samowzbudzeniem prądnic, nie wymagające stosowania dodatkowych maszyn, nieznacznie tylko wpływa na wzrost kosztów lokomotyw. Zasadniczą jednak wadą tego prostego sposobu hamowania jest, jak już omówiono, długi czas samowzbudzenia prądnic. Czas ten jest długi, zwłaszcza gdy hamowanie rozpoczyna się przy zboczniowych uzwojeniach wzbudzenia, a więc przy małych wartościach strumienia. Nie do pominięcia jest również problem pogarszania się warunków komutacji podczas hamowania zwłaszcza w zakresie wysokich prędkości, gdy przy dużym obciążeniu prądowym i dużym napięciu, wzrost napięć międzywycinkowych może spowodować powstanie ognia okrężnego. Hamowanie oporowe samowzbućne nie znalazło szerszego zastosowania w lokomotywach na duże prędkości głównie ze względu na przekroczenie przez prądnice podczas hamowania parametrów określonych dla pracy silnikowej przez konstruktora przy pracy silnika na pełnym polu, natomiast stosowanie układów samowzbućnych przy osłabionym polu nie jest praktycznie możliwe ze względu na niestabilność pracy — praca na prostoliniowej części charakterystyki magnesowania.

Hamowanie oporowe prądnicami ze wzbudzeniem obcym

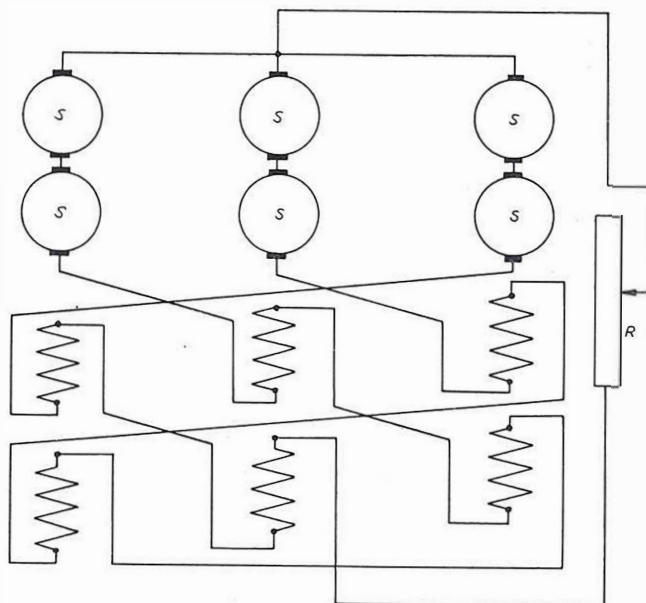
Wady hamowania oporowego z samowzbudzeniem prądnicy, na tle bardzo korzystnych cech uzyskiwanych w przypadku obcego wzbudzenia prądnic stały się przyczyną coraz częstszego stosowania rozwiązań hamowania elektrodynamicznego oporowego, ze wzbudzeniem obcym szczególnie w pojazdach szybkich.

W celu przejścia z pociągowej pracy lokomotywy na pracę hamowania, silniki trakcyjne zostają odłączone od sieci i z ich obwodu wyłącza się uzwojenia wzbudzenia. Uzwojenia wzbudzenia silników po połączeniu w szereg, zostają załączone na zasilanie z obcego źródła, którym może być bateria akumulatorów, wzbudnica lub specjalny układ wzbudzenia. Układ taki może być zasilany napięciem uzyskiwanym na przykład na oporze hamowania, z odpowiednim układem regulacji. Obce źródło musi być przewidziane na duże wartości prądów (przy niskim napięciu) równe co do rzędu prądom obciążenia. Tworniki silników trakcyjnych pracujących jako prądnice, łączy się z opornikami hamowania, które przejmują wytworzoną energię elektryczną. Ze względu na zwiększenie stopnia niezawodności działania hamowania, wzbudzenie nie powinno być zależne od napięcia sieci trakcyjnej. W lokomotywach na bardzo duże prędkości, hamowanie jest całkowicie niezależne od sieci (zasilanie wzbudzenia z baterii) lub częściowo zależne w tej postaci, że przy awarii sieciowego zasilania wzbudzenia, układ jest automatycznie przełączany na awaryjne hamowanie elektryczne, przy czym do wzbudzenia silników służy specjalna bateria akumulatorów. Układy, w których wzbudzenie silnika uzyskuje się z opornika hamowania z udziałem specjalnego układu regulacji, celem wyeliminowania większej zwłoki przy samowzbudzaniu się, są zaopatrzone w dodatkowe urządzenia umożliwiające zasilanie uzwojeń wzbudzenia z baterii do chwili wzbudzenia się układu.

Prawie poziomy przebieg charakterystyki $U = f(I)$ prądnicy, jest przyczyną, że ich praca w połączeniu równoległym nie jest korzystna, z uwagi na nierównomierność obciążeń. Najkorzystniejsze efekty uzyskuje się przez zamknięcie obwodu każdej prądnicy własnym opornikiem hamowania.

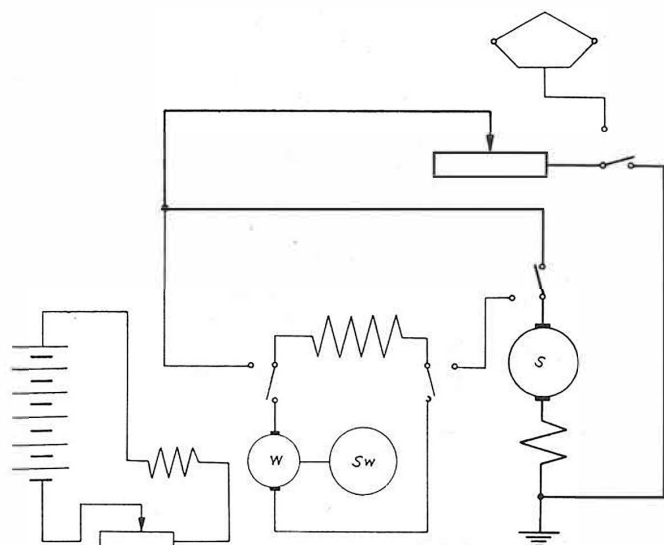
Regulacja siły hamującej może być dokonywana albo przez zmianę wartości oporności opornika R w obwodzie prądnicy, albo przy $R = \text{constans}$, przez zmianę prądu w obwodzie wzbudzenia (rys. 6). Mogą być również stosowane obydwa sposoby, mianowicie kilka stopni siły hamowania osiąga się przez zmianę wartości oporności R , a kilka przez zmianę wzbudzenia.

Przy stałej wartości prądu wzbudzenia, SEM jest proporcjonalna do prędkości jazdy, a więc do prędkości obrotowej tworników. W przypadku stałej wartości oporności hamowania, prąd jest proporcjonalny do prędkości obrotowej, a także praktycznie proporcjonalny do momentu hamującego M_h . Charakterystykę $M_h = f(v)$ dla różnych stałych wartości prądu wzbudzenia tworzy pęk prostych, a charakterystykę siły hamującej $F_h = f(v)$ sta-

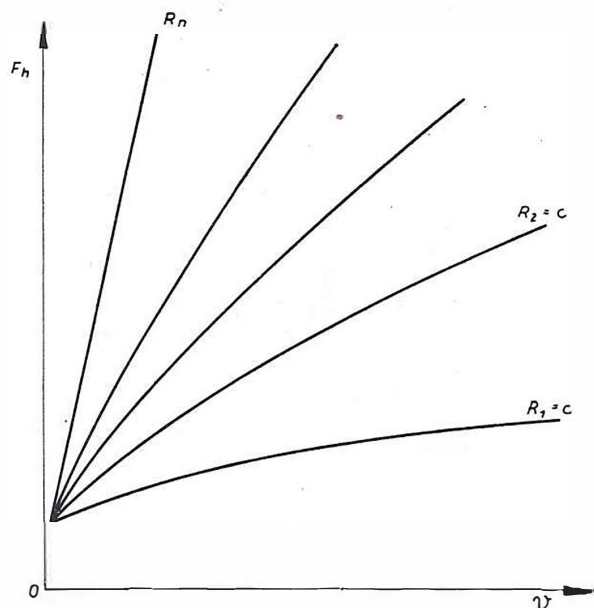


Rys. 5. Schemat łączenia silników podczas hamowania

nowi pęk krzywych, widocznych na rys. 7 nieznacznie odchylających się od prostych na skutek wpływu reakcji twornika. Silniki trakcyjne pracujące w układzie hamowania oporowego jako prądnice ze wzbudzeniem obcym, wzbudzają się praktycznie w momencie przejścia na pracę prądnicową, osiągając pełną wartość prądu hamowania w czasie nie większym niż 0,2 s. Brak t.z.w. „czasu mar-



Rys. 6. Schemat układu dla hamowania oporowego ze wzbudzeniem obcym. (S — silnik, SW — silnik wzbudnicy, W — wzbudnica).



Rys. 7. Zależność siły hamowania od prędkości jazdy prądnicy obcowzbudnej, przy różnych stałych wartościach oporności.

twego”, jaki jest konieczny w przypadku samowzbudzania prądnic, stanowi jedną z istotnych zalet tego systemu.

Hamowanie oporowe w przypadkach wzbudzenia mieszanego

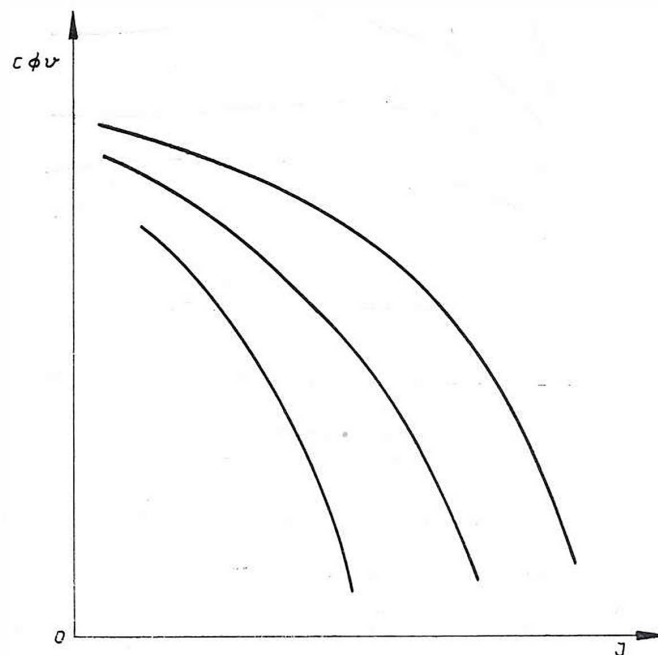
W klasycznych układach pojazdów trakcyjnych małej mocy są spotykane rozwiązania hamowania oporowego prądnicami ze wzbudzeniem mieszanym, obcym i własnym, o przepływach skierowanych przeciwnie. Na rys. 8 jest przedstawiony pęk wypukłych charakterystyk sił elektromotorycznych w funkcji prądu prądnicy z przeciwwzbudzeniem, dla różnych wartości prądów wzbudzenia obcego. Charakterystyki prędkości w funkcji prądu $v =$

$= f(I)$ w przypadkach różnych stałych wartości przepływu obcego i stałej oporności, określone z wzoru

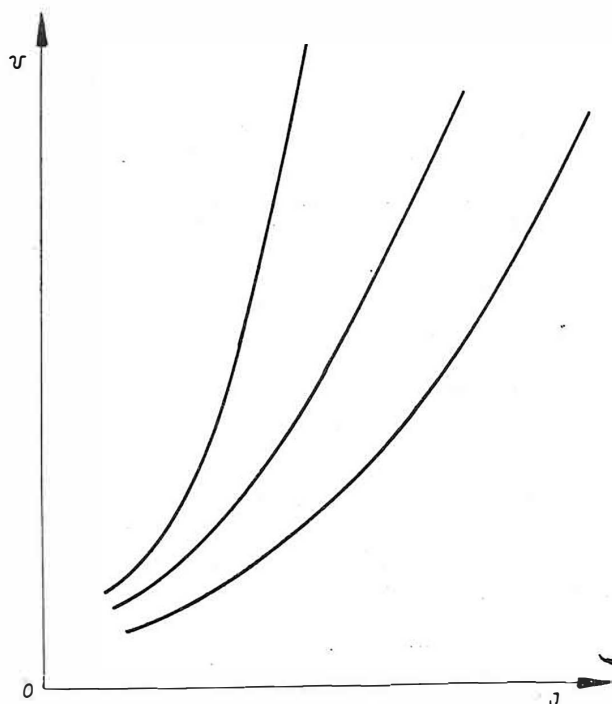
$$v = \frac{I(r+R)}{c\Phi}$$

są przedstawione na rys. 9, a na rys. 10, charakterystyki $F_h = f(v)$. Przez odpowiedni dobór wartości oporności i przepływu obcego, można jedną charakterystyką objąć stosunkowo szeroki zakres prędkości od najwyższych, do niskich.

Podobne efekty uzyskuje się przez zastosowanie wzbudnicy z przeciwwzbudzeniem prądem hamowania. Schemat takiego układu jest przedstawiony na rys. 11. Wzbudnica ma uzwojenie obce i przeciwwzbudne, przez które przepływa prąd obciążenia I . Ze wzrostem wartości prądu I , maleje prąd wzbudzenia I_w , dzięki czemu uzyskuje się podobne charakterystyki do przedstawionych na rys. 10.

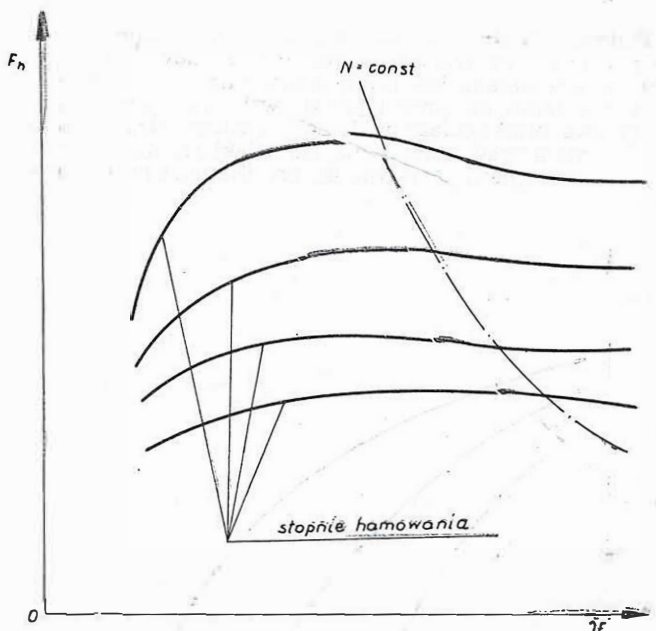


Rys. 8. Charakterystyki SEM w funkcji prądu prądnicy z przeciwwzbudzeniem.

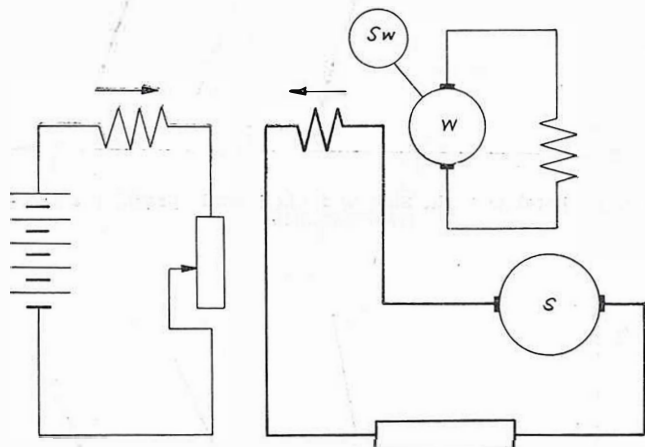


Rys. 9. Charakterystyki $v = f(I)$ dla różnych stałych wartości R

Cały proces hamowania elektrodynamicznego, z płynną w tych przypadkach regulacją siły hamującej, może być przeprowadzony przy kilku stopniach regulacji wzbudzenia obcego i przy kilku stopniach regulacji oporników hamowania. Układy hamowania z mieszanym wzbudzeniem nie znalazły szerszego zastosowania w pojazdach na duże prędkości, natomiast są one stosowane w lokomotywach posiadających hamowanie odzyskowe, bowiem przy sto-



Rys. 10. Przebieg siły hamowania w funkcji prędkości jazdy przy różnych wartościach przepływu i stałych opornościach



Rys. 11. Schemat układu hamowania elektrodynamicznego z zastosowaniem wzbudnicy z przeciwwzbudzeniem

sowaniu lokomotyw na trasach górzystych przy umiarkowanych prędkościach zależność tego hamowania od sieci nie ma istotniejszego znaczenia.

Regulacja siły hamowania

W rozwiązaniach hamowania elektrodynamicznego lokomotyw szybkojezdnych dąży się do realizowania możliwie stałych wartości siły hamowania F_h zwłaszcza w zakresie wysokich prędkości jazdy, oraz do automatyzacji przebiegu procesu hamowania. Utrzymywanie $F_h = \text{const}$ nie jest zadaniem łatwym, gdyż podczas hamowania, ze spadkiem prędkości obrotowej dla układu obcego wzbudzenia z obwodem magnetycznie nienasyconym, wartość momentu maleje zgodnie z równaniem

$$M = c \Phi^2 n.$$

W celu zachowania stałej wartości momentu pożądane jest w miarę spadku prędkości zwiększanie wartości strumienia Φ w stosunku do $1/\sqrt{n}$, przynajmniej w zakresie prostoliniowej części charakterystyki magnesowania.

W starszych rozwiązaniach wykorzystano w tym celu związek między mocą hamowania P_h i prędkością jazdy v (km/h)

$$P_h = \frac{F_h v}{367} \text{ (KW)}.$$

Ponieważ

$$P_h = \frac{U_t^2}{R}$$

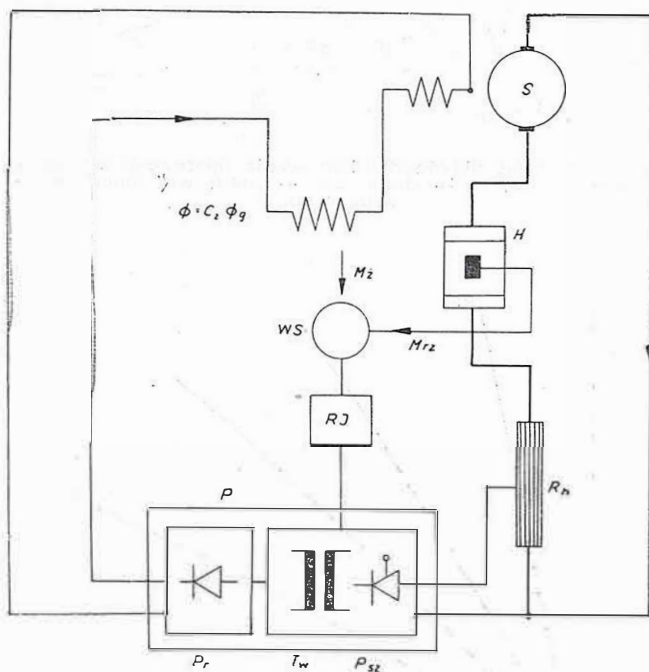
przeto z porównania obu wzorów

$$U_t^2 = \frac{F_h R}{367} v,$$

a przy stałej wartości F_h i R

$$U_t = c \sqrt{v}.$$

Chcąc uzyskać $F_h = \text{const}$, porównuje się rzeczywistą wartość napięcia twornika U_t , z pożądaną wartością napięcia proporcjonalną do $\sqrt{v}$, uzyskaną na prądniczy tachometrycznej, napędzanej od zestawu kołowego. Do re-



Rys. 12. Uproszczony schemat hamowania elektrodynamicznego z zastosowaniem przekształtnika

gulacji siły hamowania zostało wykorzystane przeto napięcie prądniczy tachometrycznej. W układzie regulacji zasadniczym organem jest wzmacniacz magnetyczny sterowany napięciem z prądniczy tachometrycznej i nastawnych oporników, które spełniają rolę organu zadającego pożądaną wartość. Wzmacniacz magnetyczny reguluje prąd wzbudzenia, nastawiając go stale na wartość porównywalną z wartością pożądaną, wynikającą z chwilowej prędkości jazdy. W wyniku tego sposobu regulacji uzyskuje się praktycznie niewiele zmienny przebieg charakterystyki hamowania w zakresie wysokich prędkości jazdy.

Znane są inne układy regulacji umożliwiające utrzymanie stałej lub nieco się zmieniającej siły hamującej, na przykład przez utrzymanie stałej wartości iloczynu prądu wzbudzenia i prądu twornika lub, co jest mniej korzystne, stałej sumy tych prądów.

W rozwiązaniach nowych, w obwodzie szeregowo połączonych podczas hamowania uzwojeniach wzbudzenia, stosuje się odpowiedni przekształtnik. Schemat takiego układu jest przedstawiony na rys. 12. Przekształtnik P składa się z tyrystorowego przerywacza prądu stałego P_s , transformatora T_r i prostownika krzemowego P_r . Przekształtnik jest sterowany ze specjalnego regulatora RI , którego działanie jest uzależnione od różnicy momentów: rzeczywistego M_{rz} i zadanego M_z .

Przez zastosowanie układu regulacyjnego, możliwy jest dobór momentu hamującego oraz utrzymywanie stałej wartości wybranej siły hamowania w dużym zakresie prędkości lokomotywy, np. od 200 do około 100 km/h. Żądana wartość momentu hamującego może być zadana z nastawnika hamulcowego lub może ją zadać regulator przyspieszeń. Rzeczywistą wartość momentu hamującego M_{rz} , zgodnie z wzorem

$$M = \Phi k I_t$$

uzyskuje się przez wymnożenie przy pomocy hallotronu H prądu twornika I_t przez strumień magnetyczny Φ , przy czym uzyskana wartość napięcia Halla U_H jest zależna od momentu rzeczywistego M_{rz} . Z węzła sumującego WS, sygnał proporcjonalny do różnicy $\Delta M = M_{rz} - M_z$ zostaje podany do regulatora RI, w którym zostaje przetworzony na sygnał impulsowy o częstotliwości zależnej od ΔM . Impulsy te sterują tyrystorami przekształtnika P , zasilanego napięciem od opornika R_h dzięki czemu napięcie wyjściowe U_{wzb} wywołuje odpowiedni prąd wzbudzenia I_{wzb} . Wytworzony tym prądem strumień główny Φ_g indukuje w twornikach silników S określoną SEM, która w załączonym oporze wywołuje prąd twornika. W wyniku tego, w silnikach powstaje moment hamujący, proporcjonalny do strumienia Φ i do prądu twornika I_t .

Zakończenie

Krótkie scharakteryzowanie kilku sposobów hamowania elektrodynamicznego pozwala stwierdzić, że tak z punktu widzenia możliwości różnych rozwiązań, pewności działania, jak i uzyskiwania pożądanych charakterystyk przebiegów sił hamowania w funkcji prędkości jazdy, najbardziej korzystne jest hamowanie ze wzbudzeniem obcym, niezależnym od sieci trakcyjnej. Wszystkie nowe rozwiązania cechują prócz tego urządzenia elektroniczne, których celem jest między innymi automatyzacja oraz optymalizacja przebiegu procesów hamowania. Właściwe współdziałanie hamowania elektrodynamicznego z hamulcem powietrznym klockowym lub tarczowym, zapewnia uzyskanie odpowiednich wymaganych dróg hamowania w sposób niezawodny.

Literatura

1. Podoski J. — Zasady trakcji elektrycznej. WKiŁ 1967.
2. Praca zbiorowa — Przystosowanie kolei do zwiększonych szybkości i dużych przewozów. WKiŁ 1969.
3. Joachimsthaler A. — Das Zusammenwirken der Druckluftbremse und der elektrische Bremse bei der E10. Die Lokomotivtechnik 1964 nr 6.
4. Gierth E. — Die Serienlokomotive der Baureihe 103. El. Bahnen 1970 nr 6.