

전동기 제어와 응용(3)

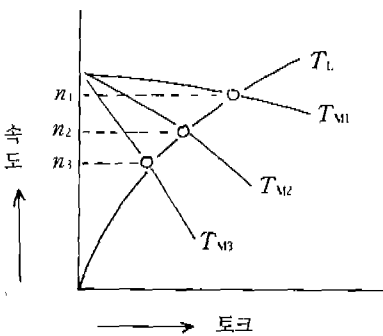
역/박 한 종(당협회 출판위원)

2.1 전동기의 속도제어

[1] 전동기의 속도제어 종류

전동기를 조정하여 그 「속도-토크」 특성을 변화시키는 것을 전동기의 속도제어라고 한다. 여기서 전동기를 조정함으로써 그림 2·1과 같이 T_{M1} , T_{M2} , T_{M3} 의 3개의 「속도-토크」 특성이 만들어진다고 하고 T_L 을 부하의 토크 특성이라 하면 전동기의 속도제어에 의해 n_1 , n_2 , n_3 의 세가지 속도가 얻어진다.

전동기의 속도제어에는 다음과 같은 종류가 있다.

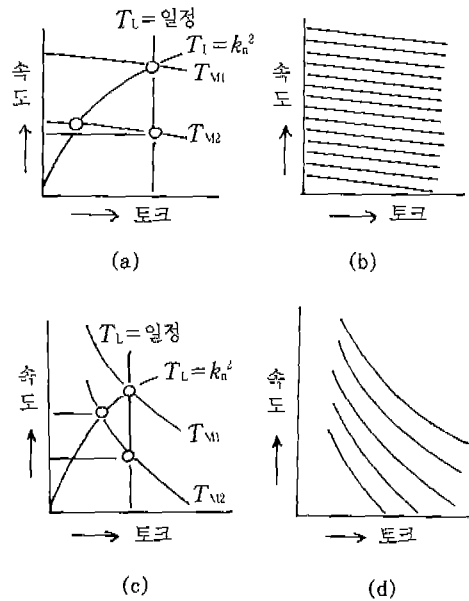


<그림 2-1> 「속도-토크」 특성의 변화

(i) 다단 정속도특성

여러 단의 정속도 특성으로 전환시킬 수 있는 것 (그림 2·2 (a))

예: 극수전환 유도전동기



<그림 2-2> 각종 속도제어

(ii) 가감 정속도특성

광범위하게 많은 정속도 특성이 얻어지는 것(그림 2·2 (b)).

예: 최저속이 영 가까이까지 내려가는 것…… 워드 레오너드, 정지 레오너드, 셀비우스, 초분권 교류정류자 전동기.

· 최저속에 한계가 있는 것…… 직류분권 전동기의 계자제어, 분권 교류정류자 전동기, 크레이머, 전자 커플링.

(iii) 다단 변속도 특성

여러 단의 변속도 특성이 얻어지는 것(그림 2-2 (c)).

예 : 약계자(弱界磁)탭블이 직류직권 전동기, 조정단수가 생긴 유도전동기의 저항제어.

(iv) 가감 변속도 특성

광범위하게 많은 변속도 특성이 얻어지는 것(그림 2-16 (d))

예 : 권선형 유도전동기의 2차저항제어(단수가 많은 것 또는 수저항기 사용), 직류 직권전동기의 전자 저항제어.

[2] 속도제어에서의 정 토크와 정 출력

부하의 「속도-토크」 특성도 부하 자체의 조정에 의해 변화한다. 예를 들면 권상기의 권상하중을 바꾸면 그림 2-3의 T_{L1} , T_{L2} , T_{L3} 와 같이 하중에 따라 몇 개의 토크 특성이 만들어진다.

그림의 T_{M1} , T_{M2} 는 속도제어된 전동기의 토크 특성이며, 각 상태에서의 운전점은 각각의 교점이 되는 것은 이미 기술한 바와 같다.

(1) 정 토크 특성부하의 속도제어

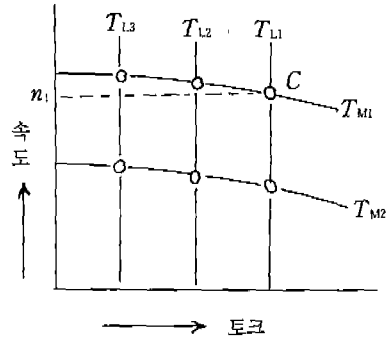
전술한 바와 같은 부하시에는 부하의 최대 토크 특성 T_{L1} 에 대해서 정격 최고속도 n_1 로 운전할 수 있는 점 C를 전동기의 정격 토크로 하고 속도제어를 하여 속도를 내리더라도 C점과 같은 정격 토크를 낼 수 있으면 된다. 이와 같이 속도제어를 하더라도 토크가 바뀌지 않는 것을 정 토크 특성의 속도제어라고 한다.

(2) 정출력 특성부하의 속도제어

다음과 같은 특성의 부하도 있다.

- ① 동일한 압연기로 작은 것을 압연할 때는 고속도로 압연하고 큰 것은 천천히 해도 되지만 천천히 할 때는 압연폭이 커지므로 토크가 많이 소요된다.
- ② 공작기로 워크 지름의 대신에 관계없이 동일한 주속으로 가공코자 하는 경우 바이트의 절선방향의 힘이 같다고 하면 워크 지름이 작은 것은 고속도로 토크 소, 지름이 큰 것은 저속도로 토크 대가 된다.
- ③ 권취기로 동일한 속도로 나오는 물품을 동일한 장력으로 감을 때 감기시작은 릴의 지름이 작으므로 토크가 작아도 되지만 고속으로 돌려야 한다. 감기

가 진행하면 직경이 커지고 토크가 커지므로 속도를 늦추어야 한다.



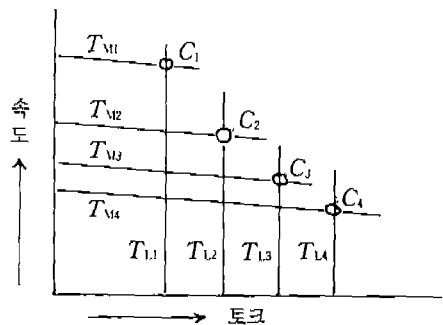
<그림 2-3> 정 토크의 속도제어

④ 하역기계에서 무거운 것은 천천히, 가벼운 것은 빠르게 작업시키고자 할 때는 고속이나 저속이나 동일한 동력이 필요하다.

상기 4종류와 같은 부하가 요구하는 「속도-토크」 특성을 그려 보면 그림 2-4의 $T_{L1} \sim T_{L4}$ 와 같은 그룹이 되며 이것을 구동하는 전동기는 고속일 때 정격 토크 소, 저속일 때 정격 토크 대, 즉 속도제어를 하더라도 정격출력이 변하지 않는 것이 필요해진다. 이와 같은 특성을 정출력의 속도제어라고 한다. 그림의 $C_1 \sim C_4$ 는 각 속도에서의 운전점이다.

(3) 2승 토크 특성부하의 속도제어

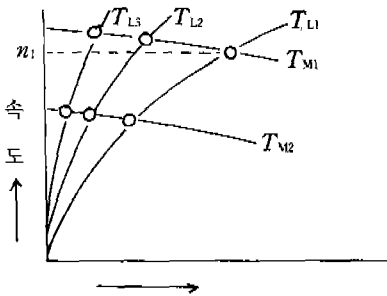
팬이나 펌프로 밸브를 개폐하면 그 개소에 따라



<그림 2-4> 정 출력의 속도제어

그림 2.5의 T_{L1} , T_{L2} , T_{L3} 와 같이 몇 개의 2승 토크가 그려지게 된다. 그림의 T_{M1} , T_{M2} 는 속도제어 된 전동기의 「속도-토크」 특성이다.

이와 같이 2승 토크 특성부하하는 정 토크의 속도 제어 전동기를 사용하면 충분히 운전 가능하며 감속 시에는 토크에 여유가 생긴다.

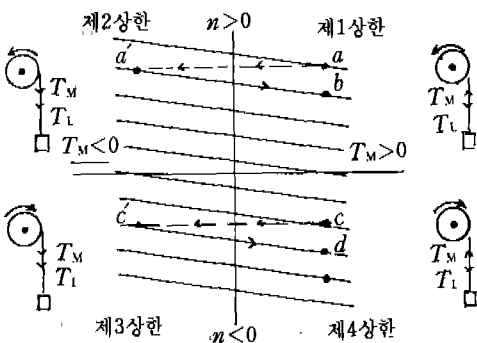


<그림 2.5> 2승토크 특성부하를 정토크전동기로 제어

정 토크의 속도제어 전동기의 자기통풍냉각식의 것은 정 토크 부하에 사용한 경우 감속시에 냉각이 나빠져 장시간 사용할 수 없는 경우가 있지만 2승 토크 부하는 감속시에는 전류가 감소하여 발열이 적어지므로 연속해서 사용할 수가 있다.

[3] 정전·역전 및 구동 토크·제동 토크 표시방법

지금까지의 「속도-토크」 특성곡선은 좌표의 하나의 상한만으로 생각하였다. 보통의 부하는 이것만으로 충분하지만 권상기 등에서는 4가지 상한을 생각할 필요가 있다.



<그림 2.6> 「속도-토크」특성의 4상한 표시

속도 n 과 전동기 토크 T_M 에 대해서 반시계방향을 정으로 하고 그림 2.6과 같이 4상한으로 표시하면 제1상한은 전동기가 하중을 감아 올리고 있는 상태를 표시하고 제4상한은 감아 내리는 상태를 표시한다.

제4상한은 회전방향이 반대이므로 $n < 0$ 이다. 또 전동기의 토크는 하중이 자중으로 낙하하는 것을 역방향의 힘, 즉 반시계방향의 토크를 내어 제동하면서 정속도로 시계방향으로 회전하고 있는 것이므로 $T_M > 0$ 이며, 전동기는 발전기로서 작용하고 있다.

제3상한은 예를 들면 하중을 상당히 작게 하면 권상기 기어 등의 마찰 때문에 자중만으로는 강하하지 않게 되어 전동기가 감아 내리는 방향으로 토크를 내어 감아 내리는 경우로, $T_M < 0$, $n < 0$ 으로 전동기로서 작용하고 있다.

제2상한의 상태는 평형시에는 없지만 과도적으로는 이와 같은 상태가 있을 수 있다. 즉, 제1상한 권상의 상태로 처음 고속의 a 점으로 회전하고 있던 것을 급하게 저속의 b 점으로 하려고 해도 관성 때문에 급하게는 변속할 수 없으며 그 과도상태에서 전동기는 2점에서 제2상한의 a' 점으로 옮겨 발전작용을 제공하고 GD^2 가 갖는 에너지를 방출하여 감속, b 점으로 안정되는 것이다.

그리고 제4상한 감아 내리기로 c 점에서 저속운전하고 있던 것을 급하게 고속의 b 점으로 하려고 해도 관성때문에 상기한 바와 같이 $c \rightarrow c' \rightarrow d$ 를 경과하여 과도적으로 제3상한의 운전이 행하여지게 된다.

2.2 각종 전동기의 속도제어방식

각종 전동기 각각의 특성이나 속도제어방식에 대해서는 생략하기로 하고 본고에서는 전동기의 제어와 응용면으로 각종 전동기에 공통된 방식에 대해서 언급하기로 한다.

전동기에는 유도전동기, 직류전동기, 동기전동기, 교류정류자 전동기 등이 있는데 전동기 단독으로 속도 제어 할 수 있는 것과 다른 기기와 조합해서 속도 제어 할 수 있는 것이 있다. 이들 전동기의 속도제어 방식을 우선 간단히 알아 보기로 한다.

[1] 3상유도전동기

3상유도전동기는 고정자 1차권선의 전류에 의해 생기는 회전자계가 회전자를 끌음으로서 전압을 발생하고 회전자 2차도체에 전류를 흘려 회전자계와 이 2차전류에 의해 토크를 발생하는 것으로서 농형과 권선형이 있다.

농형은 구조가 간단, 견고하고 또 염가이기 때문에 정속도로 회전시켜 두면 되는 부하에 널리 사용된다. 3상 200V 50/60Hz 4극 6극으로 37kW 정도 이하의 것은 저압 일반용 전동기로서 많이 생산, 사용되고 있다.

또 3상 3000V급인 고압의 것도 37kW 정도부터 150kW 정도까지의 것이 생산되고 있다. 저압 440V, 고압 6600V의 전동기도 증가하고 있는데 이 경우는 150~200kW 이하가 저압으로 제작된다.

시동시 토크가 많이 필요하고 가속이 끝나면 곧 정지하는 것 같은 부하, 예를 들면 롤러 테이블, 수문의 승강, 호이스트 등에는 시동시 최대 토크가 되도록 2차 저항을 크게 한 고정형 농형이 사용된다.

[2] 농형 3상유도전동기의 속도제어

(1) 극수전환

고정자에 극수가 상이한 수종의 권선을 감아 두고 전환하는 방법으로서 다만 정속도 특성이 되며 엘리베이터, 윈치 등에 사용된다.

(2) 주파수 변화법

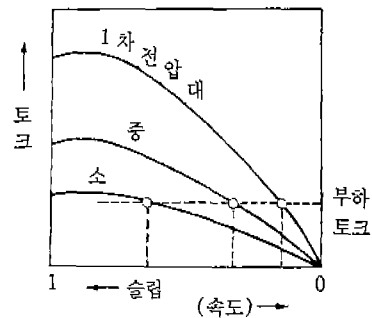
1차 주파수를 변화시켜 속도를 바꾸는 방법으로서 주파수와 전압을 대강 비례시켜 변화시킬 수 있는 가변주파수 전원이 필요하다.

이 전원으로서의 교류발전기를 레오너드 제어하는 방식(회전형)과 사이리스터에 의한 컨버터와 인버터를 조합시킨 것(정지형)이 사용된다. 새로 제작되는 것은 거의가 뒤의 것이다.

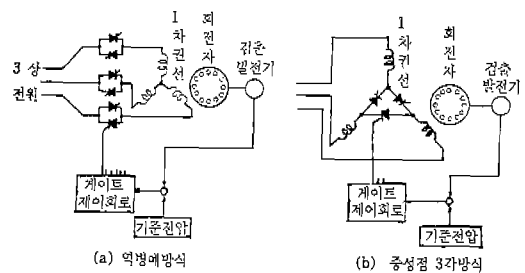
롤러 테이블과 같이 많은 동종 기계를 일제히 속도제어할 때나 고속도 스핀들 모터와 같이 구조상 농형이 요망될 때 사용되고 있는데 정지형을 전원으로 하는 것은 브러시리스 속도제어의 대표적인 것으로서 대용량의 것까지 이용이 기대되고 있다.

(3) 1차전압 제어

농형 권선의 저항을 높게 설계하여 1차 전압을 변화시키면 그림 2·7과 같이 속도 토크 특성이 변화하므로 속도제어를 할 수 있다. 1차 전압 조정에는 그림 2·8(a) 또는 (b)와 같이 사이리스터를 사용하여 그 게이트를 제어한다. 이것만으로는 변속도 특성이므로 그림과 같이 자동속도제어회로를 부속시킨다. 이것은 방법이 간단하여 일반용 소용량 가감속도 전동기로서 사용되지만 감속할수록 회전자 저항손이 크며 효율이 나쁘다고 하는 결점이 있다.



<그림 2·7> 1차전압변화에 의한 속도토크 특성

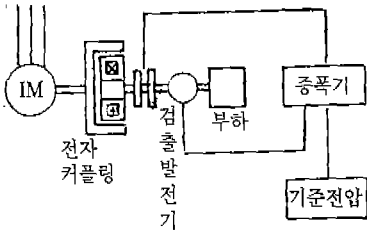


<그림 2·8> 1차전압 사이리스터 제어

(4) 전자 커플링방식

유도전동기와 부하간에 전자 커플링을 설치하여 그 직류여자를 바꾸어 많은 「속도-토크」 특성을 얻는 것이다. 커플링만으로는 가감변속도이므로 그림 2·9와 같이 자동속도제어장치를 부속시켜 가감정속도특성으로 하고 있다. 이 방식은 속도를 내릴

때 커플링 내의 손실이 많고 효율이 나쁘지만 간편한 방법이다.

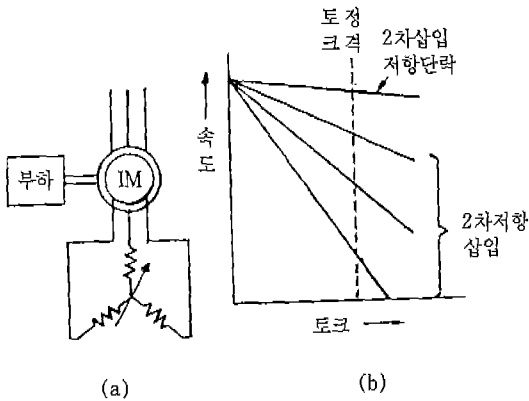


<그림 2-9> 전자 커플링

[3] 권선형 유도전동기의 속도제어

(1) 2차저항 제어

그림 2-10(a)와 같이 2차 단자간에 저항을 삽입하고 그것을 가감해서 속도제어를 한다. 그림(b)와 같이 저항을 단락한 최고속도에서는 정속도 특성이지만 기타는 변속도로서 가감변속도의 부류에 들어갈 것이다.



<그림 2-10> 2차저항제어

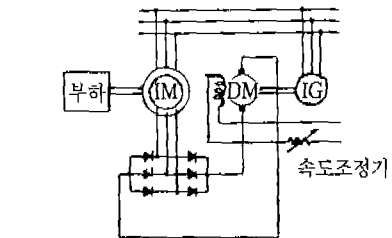
저항에 의한 손실이 있어 효율은 나쁘지만 간단, 염가이고 시동 토크나 전류의 특성이 좋기 때문에 팬, 펌프, 권상기, 크레인, 압연기, 압연보기 등에 널리 사용된다.

(2) 2차여자 제어

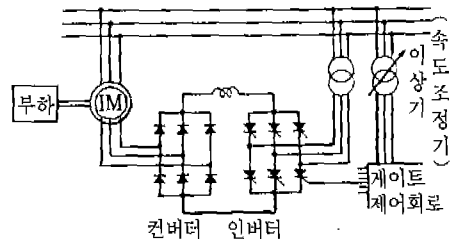
권선형 3상유도전동기에 2차저항을 삽입하는 대신 그 저항강화에 동등한 기전력을 슬립링간에 가하여 속도제어를 하는 방법을 유도전동기의 2차여자법이라고 하며, 부하전류에 관계없이 2차전압을 가할 수 있으므로 가감정속도 특성이 얻어진다.

옛날에는 교류정류자기나 회전변류기를 2차여자에 사용했지만 가격, 성능, 보수 등과 같은 면에서 완전히 쇠퇴하여 버렸다. 그러나 실리콘 정류기나 사이리스터가 실용화됨에 따라 재차 클로즈업되기 시작한 것이다. 2차여자법에는 셸비우스법과 크레머법이 있다.

셸비우스법은 2차저항 손실에 상당하는 전력을 전원에 반송하는 방식으로 그림 2-11이 실리콘 정류기와 전동발전기를 사용한 셸비우스방식이다. 또한 그림 2-12는 전동발전기 대신 사이리스터를 사용한 것으로서 정지 셸비우스방식이라고 한다. 동일 전류에 대한 전동기의 기계적 출력은 감속과 함께 감소하므로 정 토크의 속도제어법이며, 펌프, 블로어, 컴프레서, 인쇄기 등에 널리 사용되고 있다.

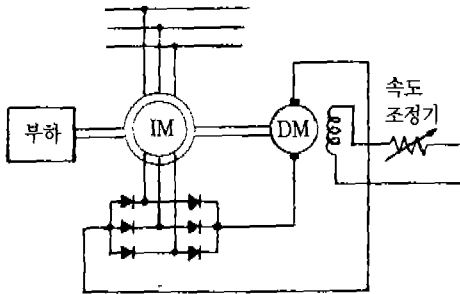


<그림 2-11> MG인버터에 의한 셸비우스방식



<그림 2-12> 정지 셸비우스방식

크레머법은 2차전력을 동력으로 하여 주전동기에 가하는 방식으로서 그림 2·13은 실리콘 정류기와 직류전동기를 사용한 정지 크레머방식이다. 셀비우스와 동일한 이유로 가감속속도 특성이지만 2차전력이 동력으로 이용되므로 정출력 특성이 된다. 압연기, 준설선의 주 펌프, 스윙 윈치, 커터, 전동발전기의 구동용 등에 사용된다. 또한 감속시의 효율이 셀비우스 보다 좋기 때문에 비교적 고속으로 속도제어 범위가 20~30%의 것이나 펌프 등 정 토크 특성 이하의 부하에도 사용된다.



<그림 2·13> 크레머방식

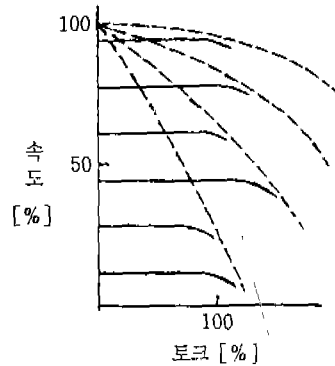
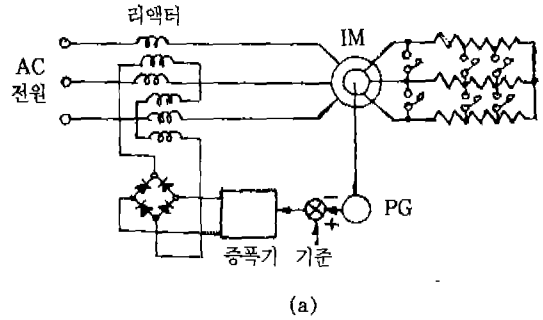
(3) 1차전압 제어

권선형의 2차에 저항을 접속하여 수하특성을 크게 하고 1차에 가포화 리액터를 삽입, 그 가포화 리액터의 여자를 가감하여 리액턴스 강하를 바꾸어 속도를 제어하는 것이다. 그대로는 심한 변속도 특성이 되므로 그림 2·14(a)와 같이 자동속도 제어회로를 부속시킨다. 그림에 나타나 있듯이 2차저항을 속도 설정과 링크하여 여러 단으로 변화시켜 그림(b)와 같이 광범위한 속도와 토크가 얻어지도록 한 것이다. 원활한 속도제어가 되기 때문에 로프웨이나 권상기에 이용되지만 2차저항 손실은 크다.

가포화 리액터 대신 사이리스터를 사용하여 그 위상제어에 의해 속도제어를 할 수도 있다. 이 방법은 그림 2·8에 준하는 것이다.

(4) 극수 전환

권선형의 극수변환법은 엘리베이터 등에 사용되는 데 2차권선의 극수도 변환시키기 위해 그 속도면 슬



점선 : IM 단독
실선 : 리액터자동제어

(b)

<그림 2·14> 자동속도제어회로를 부속시킨 1차전압제어

립링이 6개 필요하다.

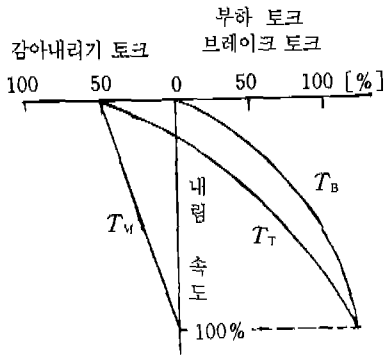
(5) 제동방식과 조합한 제어

권선형 유도전동기는 보통의 방법으로는 감아 내리의 저속제어나 감아 올리기 경부하시의 저속제어가 안되므로 제동방식과 조합시키는 방법이 사용된다. 즉, 감아 내릴 때에는 와전류 제동기나 2차 주파수로 돌리는 전동유압 압상제동기에 의해 부하 토크가하여 그림 2·15(a)와 같이 감아내리기 속도제어를 한다.

또 권상시에 경부하에서도 저속을 얻기 위해 전술한 제동기로 전동기의 토크를 흡수하여 그림 2·15(b)와 같이 속도를 내리는 방법도 사용된다.

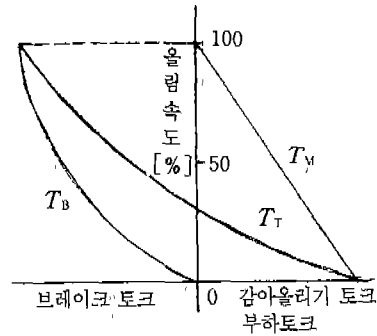
감아 내릴 때 1차권선을 직류여자하고 발전출력을 2차저항으로 흡수시키는 발전제동방식을 사용하는 일도 많다.

[4] 기타의 유도전동기



T_M : 전동기가 내는 감아내리기 방향 토크
 T_B : 브레이크의 흡수 토크
 T_T : 합성한 제동 토크

(a) 감아내리기 제어



T_M : 전동기가 내는 권상 방향 토크
 T_B : 브레이크의 흡수 토크
 T_T : 합성한 감아올리기 토크

(b) 감아올리기 제어

<그림 2·15> 브레이크와 조합한 속도제어

단상 유도전동기는 가정용, 농사용 등과 같은 소용량기에 사용되는데 속도제어를 하고자 할 때는 전압조정, 리액터 삽입, 탭 전환 등에 의한다.

2상 유도전동기는 소용량 서보 모터로서 사용되는 것이 대부분이다. <다음호에 계속...>

경제신어 <經濟新語>

계파트 조항(條項) 미국 하원의 '87년 종합무역법안에 포함된 「흑자감소조항」으로, 보호주의 색채가 짙은 조항이라고 알려졌다. 이를 제안했던 민주당의 계파트 하원의원의 이름에서 유래했다. 대미흑자 30억달러 이상, 대미수출(석유제품 제외)이 미국으로부터의 수입(석유제품 제외)를 75% 이상 상회하는 나라를 「과잉 흑자국」으로 규정하고, USTR(미국통상대표부)이 해당국의 무역관행을 「불공정」하다고 판단했을 경우, 양국간 교섭에 들어간다. 6개월내에 합의되지 않으면 불공정이라 판단되는 대상의 무역액과 같은 금액의 보복조치를 취한다. 더우기 불공정한 과잉무역 흑자국이라 인정된 후 1년이 지나도 대미흑자가 10% 감소되지 않는 경우, USTR은 수

입규제나 통상협정의 일시정지로 연간 10%의 흑자를 줄인다. '92년까지 매년 해당국의 흑자감소 상황을 체크, USTR은 해마다 10%의 흑자감소 조치를 부과한다.

경기과열(景氣過熱) over-heating super heating 투자 등 수요의 과잉으로 공급파의 균형이 무너져서 물가가 마구 상승, 인플레이현상을 빚어내고 경제활동이 비정상적으로 활발해지는 상태이다. 바꾸어 말하면 호황의 말기적 증상으로서 마치 보일러가 과열로 인하여 과열하는 것처럼 경기도 과열로 인해 붕괴한다. → 경기순환