

중전기기산업의 경쟁력 향상

요즘 세상은 온통 세계화 물결이 구석구석에 까지 스며들고 있다. 우리가 피부로 느낄 수 있는 것은 당장 수입품의 국내시장 잠식에서나, 또는 과거에는 백화점의 수입품 전용코너 같은 데서나 볼 수 있던 수입품이 이제 백화점의 구석구석은 물론 1층 전체가 온통 수입품 전용층으로 바뀌어 가는데서 느낄 수 있다.

이렇게 식품, 의류, 가구류, 가전제품 등 가정용 제품이 수입품의 주류를 이루고 있는 것 같으나 전기다리미, 전기면도기, 토스터, 주스믹스, 커피메이커 등은 전년대비 60% 이상 수입이 증가하고 있고, 전압조정기는 43%, 발전기는 36%, 차단기가 29%의 수입증가를 보이고 있어 우리 중전기제품도 알게 모르게 수입품에 시장잠식을 당하고 있다.

중전기기는 내수의 60%가 수입되고 있다는 사실을 감안할 때 우리기술과 제품이 얼마나 경쟁력이 없는가는 따져볼 필요조차 없을 것이다. 더욱이 올해부터 정부조달시장이 개방되면 서서히 우리 중전기기도 내수시장에서의 경쟁력을 잃어갈 것으로 예상되고 있다.



글 / 이 우 공
(통상산업부 전기공업과장)

다행히도 중전기기분야는 단체수의계약품목을 포함하여 변압기 및 정지형 변환기류, 개폐기 및 차단기류, 배전반 및 제어반류, 전선 및 케이블류 등은 정부조달시장 개방에서 당분간 예외로 되어 있으며 이 품목들이 한전이 구매하는 총물량의 85% 이상을 점유하고 있다는 데서 안도할 수 있겠으나, 최근들어 중국으로부터 품질종교 값싼 제품들이 우리시장을 서서히 파고 들고 있다는 사실을 주목해야 할 것이며 이에 대한 대비책이 무엇보다도 중요하다고 하겠다.

중국은 우리가 생각하는 기술후진국이 아니라 기술은 우리보다 훨씬 앞서 있으나 단지 상업화기술이 다소 뒤지고 있다는

사실이며, 근래에 미국 WH사의 중국 현지공장 가동으로 중국은 물론 일본이 중국 WH사 제품의 품질과 경제성을 높이 평가하고 있으며, '95년과 '96년에 일본이 동남아국가들 상대로 조사한 자료에 의하면 가격, 품질 및 성능면에서 중국이 1위를 차지하고 있으며, 우리나라의 경우 전선류, 금구류 등은 품질과 성능면에서는 1위, 가격면에서는 1~2위 수준이며 그외의 중전기기에 있어서는 전반적으로 2~3위의 수준으로 평가하고 있으나 가격에는 다소 회의적인 반응을 보이고 있다.

우리나라는 내수기반이 약한 데다가 수출업이 없는 기업이 성장할 수 없는 구조이기 때문에 기술개발을 통한 제품의 품질향상, 고부가가치화, 소형·경량화가 동남아 시장을 노릴 수 있는 시급한 과제라 할 수 있다.

또 이제부터의 무역전쟁은 국가간의 관세 무세화정책인데 이 부분은 정보통신기기에 대한 무세화협상이 이미 상당부분 진행되고 있어 곧이어 또다른 분야의 관세 무세화협상이 진행될 것으로 예상되고 있다.

이러한 국내외적 여건을 고려하여 통상산업부에서는 '95 4월

<표 1> 우리나라 중전기기 수급동향

단위 : 백만불

구분	'92	'95	'96 전망
수요	내수	3,686	4,963
	수출	538	957
계	4,224	5,920	6,638
공급	생산	2,495	3,100
	수입	1,729	2,820

<표 2> 주요기기 수출현황

단위 : 백만불, %

구분	변압기	변환장치	배전제어장치	전기용접기	전동기	발전기	전동공구	차단기	전압조정기
'95	369 (20.2)	115 (57.2)	86 (4.1)	65 (249)	59 (-1.1)	49 (19.3)	43 (20.8)	33 (35.6)	31 (75.7)
'96	336 (13.5)	168 (92.0)	115 (61.9)	43 (-21.7)	46 (-6.2)	43 (10.2)	32 (-7.1)	36 (29.3)	27 (2.9)

주. ()내는 전년대비 증가율

에 중전기기업의 고도화 추진을 위하여 「2000년대의 중전기산업 발전전략」을 수립하여 시행하고 있다. 그러나 이 중전기산업 발전전략이 차질없이 수행되기 위하여는 정부의 지원도 필요하겠지만 무엇보다도 한국전력의 적극적인 참여와 지원이 필요하며, 중전기업체들의 적극적 기술개발 의욕과 관심이 필요하다.

그러나 중전기업체들은 자기들의 어려움을 극복하기 위하여 함께 단합하여 난국을 돌파하려는 의지가 아주 약하고 정부에 지원을 요청하지도 않을뿐만 아니라 정부가 업체들을 도우려 해도 업체가 동참하지 않는 기이한 현상이 나타나고 있다. 한가지 예를 들면 현재 우리나라에서 생산되는 중전기는 반드시 개발시험이나 성능시험을 받아야 하지만, 수입되는 일부 중전기는 시험도 받지않고 수입면장으로 대체하는 경우가 많다. 이러한 경우 우리제품이 외국 수입제품에 비해 시험을 받는 직·간접비용 만큼 경쟁력이 떨어지게 된다. 이 제도의 개선을 위하여는 수입품도 우리제품과 동등하게 시험을 받도록 하여야 하며, 이를 위해서 시험할 수 있는 설비를 갖추어야 하

고 또 시험기관의 확충 및 기술인력 보강이 필요하다.

여러분들도 잘 알고 있겠지만 통상산업부가 이분야에 대한 예산확보가 여의치 않아 정부와 한전 그리고 업계가 공동으로 이 사업을 추진할 계획을 수립하고 업계의 참여를 요청하였으나 중전업체들은 그 필요성을 인식하면서도 참여를 기피하고 있는 실정이다.

상황이 이러하다면 정부인들이 누가 업계의 손을 끌고 가려 할 것인가?

정부나 한전이 전기업체에게 무엇을 어떻게 도와주어야 하는가?

우리 중전기기업계가 이대로 가다가는 2000년이 오기전에 엄청난 시련기를 맞을 것으로 예상되고 있다. 이러한 예측은 최근 몇년동안에 나타나고 있는 우리나라 중전기 무역동향을 살펴보면 쉽게 이해할 수 있다. 즉, 여기서 중전기기의 수출입동향을 살펴보면 우리나라 중전기산업의 현주소를 이해할 수 있을 것이다.

'95년 우리나라 중전기기의 총 수입액은 28억2천만불이었고 수출은 9억5천6백만불로 수입이 수출의 3배 정도나 되며 내수는 49억6천3백만불로 수입이 내수

의 56.8%를 점유하고 있다.

표 1에서 보다시피 '92년에는 수입이 내수의 46.9%에서 '95년에는 56.8%로 늘어났으며, 생산대 수입비중을 보면 '92년도 수입이 생산의 69.3%에서 '95년에는 90.7%로 늘어났으며, '96년에는 수입비중이 96.5%로 늘어날 전망이어서 우리 중전기산업에 심각한 변화가 일어나고 있다. 물론 수출이 늘지않은 것은 아니다. 수출도 '95년에는 전년대비 29%나 늘어났고 '96년에도 20% 수준은 늘어날 것으로 전망되지만 수입액이 수출액의 3배나 되기 때문에 금액으로 보면 수출과 수입의 격차가 엄청나게 벌어지고 있다.

생산과 내수의 증가상태를 보면 내수는 연평균 10%가 증가되는 반면에 생산은 연평균 7.5% 증가에 불과하여 중전기산업의 투자가 얼마나 저조한지 별도의 투자자료를 보지 않아도 짐작할 수 있다.

'95년 중전기기중 수출이 가장 많은 품목을 금액상으로 보면 변압기가 3억6천9백만불로서 가장 많으며, 다음이 변환장치가 1억5백만불이었고 배전제어장치가 8천6백만불, 전기용접기가 6천5백만불 그리고 전동기가 5천9백만불, 발전기가 4천9백만불

등으로 나타나고 있으며, 수출증가율이 가장높은 품목은 변환장치가 92%로 가장높고 배전제어장치가 62%, 차단기가 29% 등으로 나타나고 있다(표 2).

수입은 배전제어장치가 4억5천7백만불, 전기로 및 가열기가 4억2천백만불, 전동기가 3억3천2백만불, 전기용접기가 3억2천만불, 변압기가 2억7천8백만불 그리고 발전기도 2억6천8백만불이 수입되었다(표 3).

수입증가율이 가장높은 품목은 변환장치가 42%로 가장높고 발전기가 36%, 전동공구도 21%나 된다.

중전기기의 '95년 무역수지 적자는 18억6천3백만불로 전년보다 4억2천백만불이 늘어났으며, 적자폭은 연평균 16.1%나 증가하고 있다.

이러한 상황을 극복하기 위하여는 우리 중전기업체도 전문화, 계열화를 추진하여야 할 것이며, 업체의 M&A가 조속히 이루어져야 할 것으로 본다. 즉, 내수에 비하여 생산업체수가 너무 많고 한 업체가 다품종기기를 생산하므로서 출혈경쟁에다 전문성까지 약화되어 결과적으로 제품의 품질, 성능, 생산성 등이 저하되고 투자여력이 부족하여 신제품이나 고부가가치 제품의 개발 등 기술개발 투자가 잘 되지않고 있다.

중소기업이 기술개발을 하면 망한다는 말은 공공연한 말이 아니다. 중전기기의 특성상 아무리 좋은 제품을 만든다 해도 구매기관이 구입해 주지 않으면 그만이다. 따라서 중전기기는 수요자가 어떻게 요구하느냐에 따

<표 3> 주요기기 수입현황

단위 : 백만불, %

구분	배전제어장치	전기로 가열기	전동기	전기용접기	변압기	발전기	자극, 자석	변환장치	전동공구
'95	457 (41.1)	421 (40.6)	332 (2.8)	320 (49.0)	278 (25.0)	268 (63.9)	183 (30.9)	136 (-3.1)	59 (14.6)
'96	380 (1.9)	213 (-42.2)	305 (8.2)	277 (13.9)	350 (9.9)	278 (36.3)	159 (5.1)	157 (41.9)	60 (21.1)

주. ()내는 전년대비 증가율

라서 기술개발이 될 수 있고 안될 수도 있다. 즉, 수요자가 최신기술로 구매사양서를 작성한다면 업체는 그 구매사양에 맞추어야 하기 때문에 기술은 발전할 수 밖에 없으며, 구매자가 낙후된 기술로 구매사양을 작성하면 그 제품은 낙후된 기술로 밖에 제작 공급할 수 없다. 또한 구매도 한전이 중전기 총생산량의 60%를 점하고 있어 한전이 기술개발을 유도하여 한전과의 협력연구나 독자적으로 기술개발을 한 제품에 대한 판로 확보 문제를 해결해 주어야 할 것이다.

우리나라 중전기 업체들이 개방화 시대에 대응하여 경쟁력을 높이기 위하여는 각 업체들이 위에서 지적한 문제들을 어떻게 해결해 가느냐에 달려있다. 정부나 한전이 기술개발자금을 적극 지원하여 기술개발을 극대화하는 일도 중요하지만 개발된 제품을 정부기관 등이 우선구매를 해주고 시장의 협소함과 기술개발 투자액의 회수기간이 장기간인 점을 고려하여 적정이윤을 보장해 주는 일이며, 업체의 과당경쟁을 막기 위하여는 제도적 장치를 강구하고 각 분야별 업체수의 축소가 필요하다. 또 단체수의 제약제도를 조속히 보

완하고 중소기업의 경쟁력을 확보하여 내수에서 수출 중심의 중소기업으로 전환해 가야 할 것이다.

통상산업부도 중전기기의 경쟁력 확보를 위하여

- 기술개발을 촉진하고 기술 인프라를 구축하고
- 수입기기도 국산기기와 마찬가지로 시험·검사를 받도록 할 예정이며
- 외국정부 또는 전문검사기관에 시험·검사의 상호 인증협력을 구축해 나아가고
- 국내 시험·검사설비의 신·증설 및 노후설비 교체도 추진하며
- 전문기술인력 양성·확보를 위한 훈련센터를 건설하고
- 국산개발 대상품목의 선정 및 생산전문화를 유도하며
- 제품의 규격화 및 표준화도 추진해 갈 것이다.

우리 중전기 업체들도 국제 경쟁에서 이기기 위하여 정부와 한전의 기술개발 지원자금과 산업인프라를 효율적으로 활용하고 신상품과 고부가가치제품개발에 주력하여 경제성과 기술력을 향상시켜 나아가야 할 것이다.

직류전동기의 기술적 특성과 사용형태(상)

* 글/남 기 범(한국전력기술인협회 기술진흥실 과장)

목 차

- 1. 머리말
- 2. 직류전동기의 특성곡선
 - 가. 속도특성곡선
 - 나. 토크특성곡선
 - 다. 속도토크특성곡선
- 3. 전동기별 속도 토크 특성과 용도
 - 가. 타여자 전동기의 특성과 용도
 - 나. 분권전동기의 특성과 용도
 - 다. 직권전동기의 특성과 용도
 - 라. 복권전동기의 특성과 용도
- 4. 직류전동기의 손실, 효율, 온도상승, 정격 및 제어장치 비교
 - 가. 손실의 종류
 - 나. 효율
 - 다. 온도상승
 - 라. 정격
 - 마. 전동기 제어장치의 장·단점 비교
- 5. 직류전동기의 특성에 따른 업종별 사용분포
 - 가. 전동기 종류별 사용분포
 - 나. 업종별, 부하특성별 전동기 사용분포
- 6. 전동기의 사용형태 및 최근동향
 - 가. 전동기의 사용형태나, 공장동력의 최근동향
- 7. 맺음말

1. 머리말

산업기술이 발전하면서부터 전동기는 고도화, 정밀화, 대형화 추세로 전환되고 있다. 또한 특수용도와 목적에 따라 무수히 다양한 종류의 전동기를 취급하게 되며, 때로는 원하지 않더라도 사용을 해야만 하는 특수용도의 전동기도 있을 것이다.

일부 현장에서는 24시간 또는 수개월을 계속해서 운전해야만 하는 특수한 곳도 있는가 하면 고도의 속도제어를 요하는 곳, 10,000rpm 이상의 회전속도를 요하는 곳, 또한 출력에 비하여 설치장

소가 협소하여 최소의 규모를 원하는 곳 등 다양한 사양이 필요한 가운데, 어떤 이유로든 본의아니게 전동기가 운전중에 정지되는 일은 최소한 막아야 한다.

따라서 전기설비의 무정전 상태에서도 예방진단이 필요하지만 전동기의 기본원리 이해와 실무경험이 무엇보다도 중요하다고 생각된다.

본고에서는 전기실무를 담당하고 있는 사람이라면 누구나 익히 잘 알고 있을 유도전동기(일명 범용전동기)가 아닌 직류전동기에 관해서 알아보도록 한다.

한국전력과 본 협회가 공동으로 수요관리 투자 계획 수립 및 수요예측의 정도향상을 위하여 각 부문별 End-Use에 관한 Micro-Data의 축적과 전동기 효율 개선방안을 수립하기 위하여 전동기 꺾수, 용량 및 그 사용행태에 대한 실증적 자료조사를 한 바 있는 “전동기 보급실태 조사”에서는 우리나라의 업종별, 부하종류별 직류전동기의 사용행태가 잘 나타나 있다.

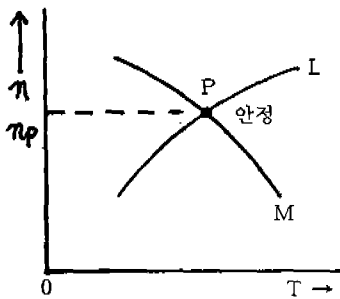
필자는 이 글을 읽는 분들이 조금이나마 도움이 될 수 있도록 “전동기 보급실태 조사”에서 나타난 직류전동기의 사용현황과 동향을 일부 발췌하여 자료로 인용하였다.

아울러 “전동기 보급실태 조사” 연구업무를 담당했던 실무자의 한 사람으로써 '94년도 여름, 뜨거운 불볕더위에도 아랑곳 하지 않고 “전동기 보급실태 조사” 업무에 많은 관심과 협조를 아끼지 않으셨던 산업현장의 전기관계담당자 여러분께 감사의 말씀을 드리며 혹, 전동기의 사용행태에 관하여 좀더 자세한 자료가 필요하신 분들은 본 협회 기술진흥실로 연락주시기 바랍니다.

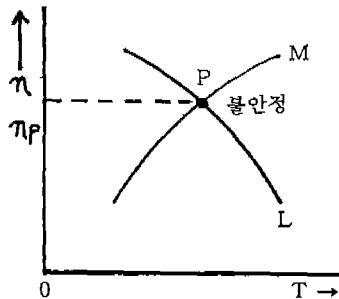
2. 직류전동기의 특성곡선

가. 속도특성곡선(Speed Characteristic Curve)

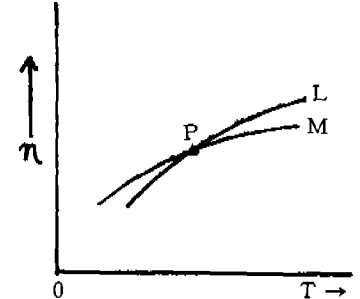
이것은 단자전압 $V[V]$ 및 계자회로의 전저항 $r[\Omega]$ 을 일정하게 유지했을 때 부하전류 $I[A]$ 의



(a) 속도 특성곡선



(b) 토크 특성곡선



(c) 속도-토크 특성곡선

<그림 1> 직류전동기의 속도·토크 특성곡선

함수로 회전속도 $n[rps]$ 를 나타낸 곡선이다. 즉, 예를들어 어느 원인에 의해서 전동기의 속도가 n_p 보다 상승하였다면 전동기의 토크는 부하가 요구하는 토크보다 적으므로 감속되어 점 P로 되돌아오게 되고, 만일 속도가 n_p 보다 강하였다면 전동기의 토크가 부하의 토크보다 크기 때문에 가속되어 점 P에 되돌아오게 된다.

따라서 그림 1에서 (a)의 점 P는 안정운전이 이루어지는 안정점이 된다.

나. 토크특성곡선(Torque Characteristic Curve)

이것은 단자전압 $V[V]$ 및 계자전류의 전저항 $r[\Omega]$ 을 일정하게 유지했을 때, 토크 $\tau[N \cdot m]$ 를 부하전류 $I[A]$ 의 함수로 나타낸 곡선이다.

즉, 예를들어 어떤 원인으로 n_p 보다 속도가 상승하였다면 전동기의 토크가 부하토크보다 크기 때문에 속도가 점점 상승하게 되고 n_p 보다 속도가 강하면 이번에는 전동기의 토크가 부하의 토크보다 적기 때문에 점점 속도가 떨어져서 정지하게 된다.

따라서 두 경우 모두 점 P에 머물 수 없기 때문에 그림 1에서 (b)의 점 P는 불안정점이 된다.

다. 속도·토크 특성곡선(Speed Torque Characteristic Curve)

이것은 $V[V]$, $r[\Omega]$ 를 일정하게 유지했을 때 속

도 n 과 토크 τ 의 관계를 나타낸 곡선이다.

즉, 전동기 M 및 부하 L 의 양곡선이 매우 접근된 것으로 전압의 변동으로 전동기의 특성이 약간 이동하여도 교점 P 가 현저하게 이동하여 불안정하게 된다.

따라서 상기의 결과를 간단히 줄여서 말하면,

전동기의 회전속도를 N , 전동기와 부하의 토크를 각각 T_M, T_L 이라 하면, $\frac{dT_L}{dN} > \frac{dT_M}{dN}$ 인 경우에는 안정운전이 이루어지고 $\frac{dT_M}{dN} > \frac{dT_L}{dN}$ 일 경우에는 불안정한 상태이다.

3. 전동기별 속도 · 토크 특성과 용도

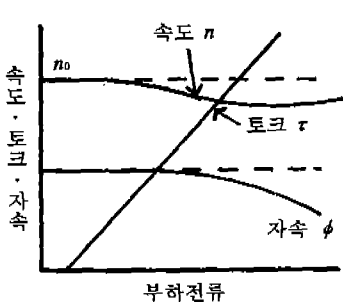
가. 타여자 전동기의 특성과 용도

(1) 속도특성

직류전동기의 속도 n 은 $n = k \frac{V - R_a I_a}{\phi}$ [rps]이며,

타여자전동기에서는 여자전류 즉 자속 ϕ 는 거의 일정하므로 V 가 일정하면 n 은 $V - R_a I_a$ 에 거의 비례한다. 따라서 부하전류 $I_a [= I_a]$ 가 작을 때 속도는 전류의 증가분에 비례해서 저하한다.

또한 이 전동기에서는 계자전류가 영으로 되면 속도가 이상상승하여 위험함으로 자계회로에는 퓨즈를 절대 넣어서는 안된다.



<그림 2> 타여자 전동기의 속도 특성곡선

(2) 토크특성

직류전동기의 토크 τ 는 $\tau = k_t \cdot \phi \cdot I_a$ [N·m]와 같은 식이 성립된다. 타여자전동기에서는 속도특성과 같은 이유로 부하전류 $I_a [= I_a]$ 가 작을 때는 토크 τ 는 거의 부하전류에 비례하나 전류가 어느 값 이상으로 되면 전기자 반작용 때문에 자속 ϕ 가 감소하여 그림 2와 같이 토크 특성곡선의 윗부분이 아래쪽으로 다소 만곡하게 되는데 토크와 부하전류의 관계를 나타내는 곡선을 말한다.

(3) 용도

속도가 넓은 범위내에서 조정이 가능하므로 대형 압연기, 엘리베이터, 워드 레오나드(Ward leonard)방식 및 일그너(Ilgnr)방식 등의 전동기에 사용된다.

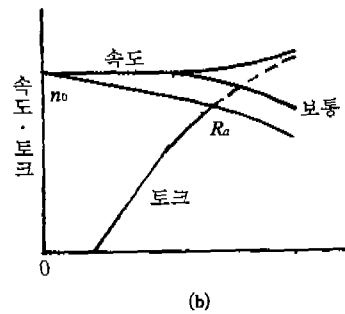
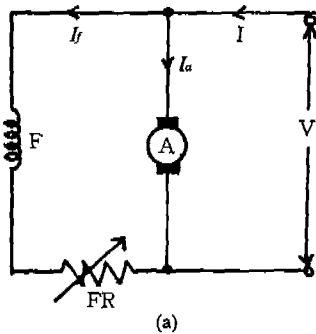
나. 분권전동기의 특성과 용도

(1) 속도특성

직류전동기의 속도 n 은 $n = k \frac{E}{\phi} = k \frac{(V - R_a I_a)}{\phi}$ 이며

로 단자전압 V 와 계자전류 I_f 를 일정하게 유지하면 계자속 ϕ 가 거의 일정하게 되므로 부하가 증가하면, n 은 내부전압강하 $R_a I_a$ 의 증가에 따라 저하한다.

또한 전원전압 V 가 변화할 때 자기회로가 포화되지 않았을 경우에는 V 가 상승하면 ϕ 도 증가하



<그림 3> 분권전동기의 특성

므로 무부하속도는 거의 올라가지 않으나 자기회로가 포화되었을 경우에는 V가 상승하여 I가 증가되어도 ϕ 가 증가하지 않기 때문에 무부하 속도가 상당히 올라가게 된다.

그리고 전동기의 회전방향을 바꾸는 때는 전기자전류나 여자전류중 한쪽만을 반대로 하면 되며, 인덕턴스가 큰 계자권선의 전류를 반대로 하는 것은 부득이한 경우에만 사용되고 보통은 전기자전류를 반대로 한다.

(2) 속도변동률

n_n [rps]: 정격전압 정격부하에서의 정격속도
 n_0 [rps]: 정격부하에서의 무부하속도라고 하면,

$$\text{속도변동률 } \epsilon = \frac{n_0 - n_n}{n_n} \times 100\% \text{ 이 되며,}$$

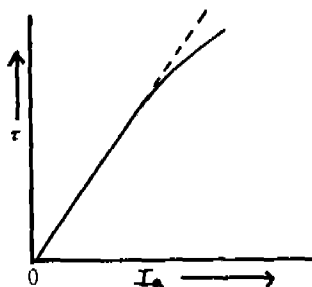
타여자 전동기 및 분권전동기와 같이 속도변동률이 작은 전동기는 정속도 전동기라 하고, 계자전류를 가감하여 넓은 범위로 속도를 변화할 수 있는 전동기를 가감속도 전동기라고 한다.

(3) 토크특성

$\tau = k_2 \cdot \phi \cdot I_a$ 에서 ϕ 가 일정하면 토크는 전기자전류 I_a 에 비례하고, 토크특성은 그림 4와 같다. 그러나 부하가 심하게 증가하면 전기자 반작용이 증가하여 ϕ 가 감소하므로 토크 특성곡선의 윗부분이 약간 아랫쪽으로 기울게 된다.

(4) 용도

분권전동기는 계자조정기로 속도제어를 할 수 있고 정속도 및 가감속도 전동기로서 매우 중요시 되며, 절압연기, 제지기, 권선기 등에 사용되며, 일명 정속도 전동기라고도 한다.



<그림 4> 분권전동기의 토크 특성

다. 직권전동기의 특성과 용도

(1) 속도특성

전류 I가 적은 범위에서는 $n = k \frac{V - R_a I_a}{k_3 \cdot I_a} = k_1 \left(\frac{V}{I_a} - R_a \right)$ [rps]가 되고 $k_1 = \frac{k}{k_3}$ 가 된다.

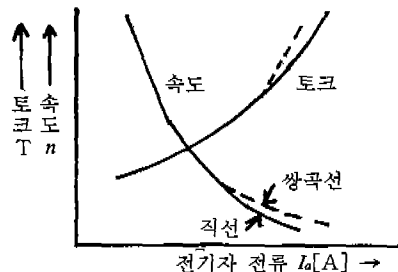
속도특성은 전류가 큰 범위에서는 직선에 가까워진다. 그림 5의 곡선 n은 직권전동기의 속도특성 곡선이다. 이와같이 부하가 변화하면 속도가 현저하게 변하는 특성을 직권특성(Series Characteristic)이라 한다.

직권전동기는 무부하에 가까워지면 속도가 극히 상승하여 원심력으로 파괴될 우려가 있다. 그러므로 직권전동기로 다른 기계를 운전하려면 반드시 직결하거나 치차를 사용하여야 한다. 벨트는 벗겨질 우려가 있으므로 절대로 벨트를 사용해서는 안 된다.

(2) 토크특성

전기자전류 I_a 가 적은 범위에서는 자속 ϕ 는 I_a 에 비례하므로 $\phi = k_3 I_a$ 로 놓으면 직권전동기의 토크는 $\tau = k_2 \cdot k_3 I_a^2 = k_3 \cdot I_a^2$ 가 된다. 그러므로 경부하시의 토크는 거의 전류의 자승에 비례하고, 토크특성은 그림 5의 토크곡선과 같이 포물선이 된다.

직권전동기를 기동할 때 기동전류에 의하여 자기회로가 포화되지 않도록 되어 있으면 기동토크는 전류의 제곱에 비례하므로 분권전동기와 같이 기동토크가 전류에 비례하는 것보다 훨씬 큰 기동토크를 얻을 수 있다.



<그림 5> 직권전동기의 속도 및 토크 특성

(3) 용도

직권전동기의 기동토크는 I_a 의 자속에 비례하고 부하에 따라 자동적으로 속도가 증감되며 중부하에서도 입력이 지나치게 커지지 않기 때문에 전차, 기중기, 권상기 등과 같이 부하변동이 심하고 큰 기동토크가 요구되는 용도에 사용된다.

라. 복권전동기의 특성과 용도

(1) 가동복권전동기

가동복권전동기의 속도특성과 토크특성은 그림 6, 7과 같이 분권전동기와 직권전동기의 중간에 있다. 직권권선과 분권권선의 기전력의 비율에 따라 분권식에 가까운 특성이 되기도 하고, 직권식에 가까운 특성이 되기도 한다.

가동복권전동기에는 분권권선이 있기 때문에 부하가 없어도 자계권선에 의한 자속이 존재하고, 또한 직권권선도 있으므로 기동토크는 상당히 크다.

(2) 차동복권전동기

차동복권전동기는 직권계자권선의 기자력이 분권계자권선의 기자력을 상쇄하도록 작용하기 때문에 부하전류가 증가함에 따라서 자속이 감소되어 속도를 상승시키는 작용을 하므로 내부저항 강하에 의한 속도저하를 보상한다.

그러므로 속도특성곡선은 그림 7과 같이 오른쪽에서 올라가게 된다.

그러나 과부하시에 속도상승의 우려가 있고 기동시에 분권계자권선의 인덕턴스 때문에 전류의 확립은 늦어지고 차동적으로 작용하는 직권계자권선의 자속이 먼저 이루어지므로 기동토크가 매우 작거나 경우에 따라서는 역전할 위험이 있기 때문에 거의 실용되지 않는다. 용도로는 권상기 공작기계 압연기 등에 사용된다.

4. 직류전동기의 손실, 효율, 온도상승, 정격 및 제어장치 비교

가. 손실의 종류

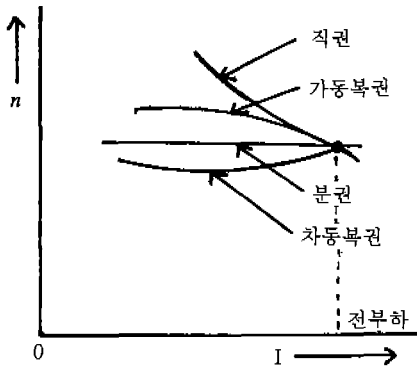
(1) 철손

(가) 히스테리시스손: 철심에 가해진 계자가 주기적으로 변화함으로써 히스테리시스 루프가 발생하는데 이 루프내의 면적에 비례하는 에너지가 열로 소비된다. 이것을 히스테리시스손(Hysteresis loss)이라 하여 손실 $P_h[W/kg]$ 은 다음과 같다.

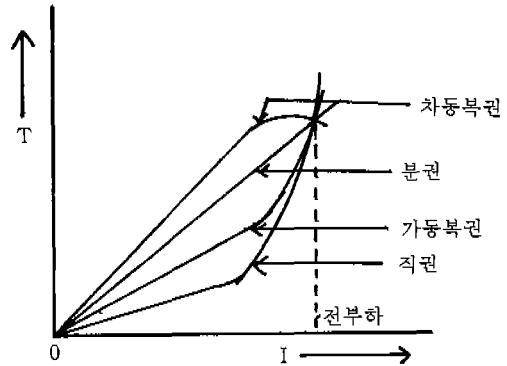
$$P_h = \eta \frac{f}{100} \cdot B_a^{1.6} [W/kg]$$

여기서 B_a : 평균 자속밀도,

η : 히스테리시스 정수



<그림 6> 전동기의 속도 특성



<그림 7> 전동기의 토크 특성

<표 1> η와 σ의 값

규소강판의 종류	두께(mm)	η	σ
보 통	1.0	4.4	22.4
	0.5	4.4	5.6
	0.35	4.7	3.2
고 급	0.5	3.0	1.2
	0.35	2.4	0.6

(나) 와류손: 철심이 자계속에서 회전하면 자속을 끊기 때문에 철심에는 기전력이 발생하여 단락전류가 흐르게 된다. 이를 와류(eddy current)라 하고 와류에 의한 손실을 와류손이라 하여 이 손실을 감소시키기 위하여 철심은 상호 절연한 얇은 규소강판을 성층하여 만들며 철심내의 와류손은 다음과 같다.

$$P_e = \tau \cdot \left(\frac{f}{100} \cdot B_a \right)^2 [W/kg]$$

(2) 동손

(가) 계자권선의 동손: 계자권선의 동손 $P_d [W]$ 는 저항을 $R_f [\Omega]$, 전류를 $I_f [A]$ 라 하면 다음과 같다.

$$P_d = R_f I_f^2 [W]$$

(나) 전기자 권선의 동손: 전기자 권선중의 동손 $P_{ca} [W]$ 는 정지시에 측정된 직류저항을 $R_a [\Omega]$, 전기자전류 $I_a [A]$ 라 하면 다음과 같다.

$$P_{ca} = k_o R_a I_a^2 [W]$$

단, k_o : 통상 1.4~2.4

(다) 브러시 접촉면의 전기손: 브러시의 접촉면에 있어서의 전기손 $P_b [W]$ 는 접촉면의 전압강하를 $v [V]$ 라 하면 다음과 같다.

$$P_b = 2V \cdot I [W]$$

단, 탄소브러시 v : 1.2~1.5[V]

전기흑연브러시 v : 0.9~1.1[V]

금속흑연브러시 v : 0.2~0.6[V]

(3) 기계손

(가) 브러시 마찰손: 브러시의 마찰손을 P_{br} 라 하면,

$$P_{br} = 9.81 \mu \cdot P_v S_b V_c [W]$$

<표 2> 절연의 종류와 최고 허용온도

절연의 종류	Y종	A종	E종	B종	F종	H종	C종
최고 허용 온도(℃)	90	105	120	130	155	180	180 초과

참고: A종 절연에 사용하는 절연물을 A종 절연물이라 한다.

여기서, μ : 브러시의 마찰계수

탄소브러시 μ : 0.1~1.2

전기흑연브러시 μ : 0.06~0.1

금속흑연브러시 μ : 0.1~0.2

(4) 풍손

통풍 날개가 없는 전기자의 주변속도 V_a 가 30 [m/s] 이하일 때 풍손(Windage loss) $P_w [W]$ 는 다음과 같다.

$$P_w = 0.8 D_a L_a V_a^3 \times 10^{-3} [W]$$

단, D_a =전기자의 직경[cm]

L_a =전기자의 길이[cm]

나. 효율

전동기 효율은 출력/입력×100(%)으로써 입력과 출력을 직접 측정하여 계산을 하는 실측효율과 입력과 손실만을 측정할 수 있을 때 계산하는 규약효율이 있는데 다음 식으로 나타낸다.

$$\bullet \text{ 실측효율} = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} \times 100 [\%]$$

$$\bullet \text{ 규약효율} = \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}} \times 100 [\%] <\text{발전기}>$$

$$= \frac{\text{입력} - \text{손실}}{\text{입력}} \times 100 [\%] <\text{전동기}>$$

다. 온도상승

(1) 기기절연의 종류

전기기기의 구성재료에는 자기재료인 철, 도전재료인 동 이외에 절연물이 있다. 절연은 일반적으로 고온이 되면 열화하므로 허용할 수 있는 최고온도는 표 2와 같다.

<표 3> 전동기 제어장치의 장·단점 비교

구 분	VS 전동기	DC 전동기	V.V.V.F
제어방법	Eddy Coupling에 의하여 여자전류를 제어하므로 회전속도제어	전자 전압제어	전동기에 가해지는 주파수 제어
소프트 스톱/스타트	단시간이 일반적임	단시간이 일반적임	장시간에 걸쳐 조정범위 넓음
BREAKE	Option	Option	20% 정도의 제동은 가능하며 그 이상은 Option에 의해 가능
효 율	출력속도에 따라 40~70% 정도임	출력속도에 따라 70~85% 정도임	출력속도에 관계없이 95% 정도임
역 륜	출력속도에 따라 65~85% 정도임	출력속도에 따라 30~75% 정도임	출력속도에 관계없이 95% 정도임
유지 보수	비교적 용이함	브러쉬, 정류자의 정기적 보수가 필요	농형유도전동기를 사용하므로 유지보수가 가장 용이함
제어기능	다양한 제어기능은 없음	다양한 제어기능은 없음	마이크로세서 내장으로 다양한 기능을 많이 가지고 있음
가 격	저렴함	전동기가 고가이고 제어반이 필요하여 가장 고가의 설비임	일반농형 유도전동기를 사용하므로 저렴하나 V.V.V.F가 약간 비싼편임
추 세	효율이 나빠 점차 사용이 줄어들고 다른 시스템으로 교체하는 실정임	역률이 나쁘고 유지보수에 노력이 필요하며 가격도 비싸므로 점차 V.V.V.F로 대체됨	유지 보수, 가격, 기능 등에서 유리하므로 급속히 보급되고 있음

라. 정 격

(1) 연속정격

지정조건하에 연속사용할 때 그 기기에 대한 규격에 정하여진 온도상승, 기타의 제한을 초과하는 일이 없는 정격을 말하며 보통 기기의 정격은 이에 속한다.

(2) 단시간 정격

기기를 냉각상태에서 시작하여 지정된 일정한 시간, 지정 조건하에서 사용할 때 그 기기에 관한 규격에 정해준 온도상승, 기타의 제한을 초과하는 일이 없는 정격을 말한다.

(3) 반복정격

주기적으로 일정한 부하와 정지를 반복하는 기기의 정격으로 부하시간율(부하시간과 1주기와의 비)은 15, 25, 40, 60[%]가 표준이다.

(4) 공칭정격

전기철도의 전원기기에만 특수적용되는 것으로 써, 기기정격으로 연속사용하여 기기의 온도가 최

종 일정치로 된 후 정격출력의 1.5배의 부하로 2시간 연속할 때 그 기기에 관한 규격에 정해진 온도상승, 기타의 제한을 초과하는 일이 없고 또 계속하여 정격출력의 2배의 부하를 1분간 가해도 이상이 발생하지 않고 그후 정격부하로 계속하여 사용하여도 지장이 없는 정격을 말한다.

마. 전동기 제어장치의 장·단점 비교

유도전동기에 VVVF를 적용하여 속도제어를 하는 이유는 크게 나누어 두가지 목적으로 구분할 수 있다. 즉, 필요한 토크를 유지하면서 원하는대로 가변속하는 경우로서 이 경우는 VVVF를 이용하여 높은 제어성을 확보하기 위한 경우이고 다른 한가지 목적은 2승저감 토크 부하(Fan, Blower, Pump)에 적용하여 높은 에너지절약을 얻는 것이다. 직류전동기는 효율면에서 VVVF보다는 낮고 VS전동기보다는 다소 높은 70~85[%] 정도이다. 또한 직류전동기는 고가이며 유지보수 등에서 어려움이 많으므로 VVVF 등의 사용을 적극 검토할 필요가 있다. 참고로 VS전동기, 직류전동기, VVVF전동의 장·단점 비교는 표 3과 같다.

☞ 다음호에 계속