

인버터제어방식엘레베이터의 에너지절약에 관한 평가

An Evaluation on Energy Saving of Inverter Controlled Elevator

李 枝 秀*
Lee, Ji Soo

차 례

- 1. 머리말
- 2. 인버터제어방식엘레베이터의 개요
 - 1) 시스템의 구성
 - 2) 구동장치
 - 3) 회생제동
- 3. 인버터제어방식엘레베이터의 에너지절약
 - 1) 소비전력
 - 2) 전원설비의 용량
- 4. 맺는말

1. 머리말

인버터장치를 이용한 전동기제어기술은 전력전자기술의 진보로 급속히 발전되고 있으며 유도전동기의 경우에는 Vector 제어기술을 응용하여 직류전동기와 동등한 제어를 할 수 있게 되어 超微速度에서 定格速度까지 정밀하게 제어할 수 있는 기술이 확립되었다.

그러므로 엘레베이터의 구동에 있어서도 종래 Thyristor-Leonard 방식으로 직류전동기로 운전하던 高速엘레베이터(DC Gearless 엘레베이터)에서 유도전동기의 일차전압제어의 中低速엘레베이터(AC Geared 엘레베이터)까지 인버터장치로 구동시스템이 변천되어지고 있다.

특히 이 시스템은 高力率運轉을 하게되므로 전원설비의 용량이 저감되고 소비전력량도 크게 절감되므로 에너지절약형으로 설치 및 운영에 있어 매우 경제적이고 관련機器를 소형화 및 경량화 할 수가 있고 시스템의 신뢰성을 향상시킬수가 있게 되었다.

본고에서는 에너지를 유효하게 이용하는 입장에서 현재 아파트 및 일반사무용건물등에 주로 사용되고 있는 中低速엘레베이터에 있어 종래 주종을 이루고 있는 일차전압제어방식엘레베이터(AC-VV)와 최근 개발되어 각광을 받고 있는 인버터제어방식엘레베이터(VV-VF)를 중심으로 에너지절약 및 설비절감현황을 조사한 내용을 개략적으로 기술하고자 한다.

2. 인버터제어방식엘레베이터의 개요

1) 시스템의 구성

〈그림-1〉은 인버터제어방식엘레베이터(中低速 Geared 형)의 시스템 구성을 나타낸 것이다.

Power-Transistor를 사용한 인버터장치로, 제어는 전용 micro-Processor를 중심으로 Vector 제어 및 정현파 PWM 제어를 행하므로 매우 안정된 高精度의 제어성능을 갖고 있다.

주회로는 정류기와 평활콘덴서에 의한 교류

*電氣機器 技術士. 東洋엘레베이터(株) 常務理事(工場長).

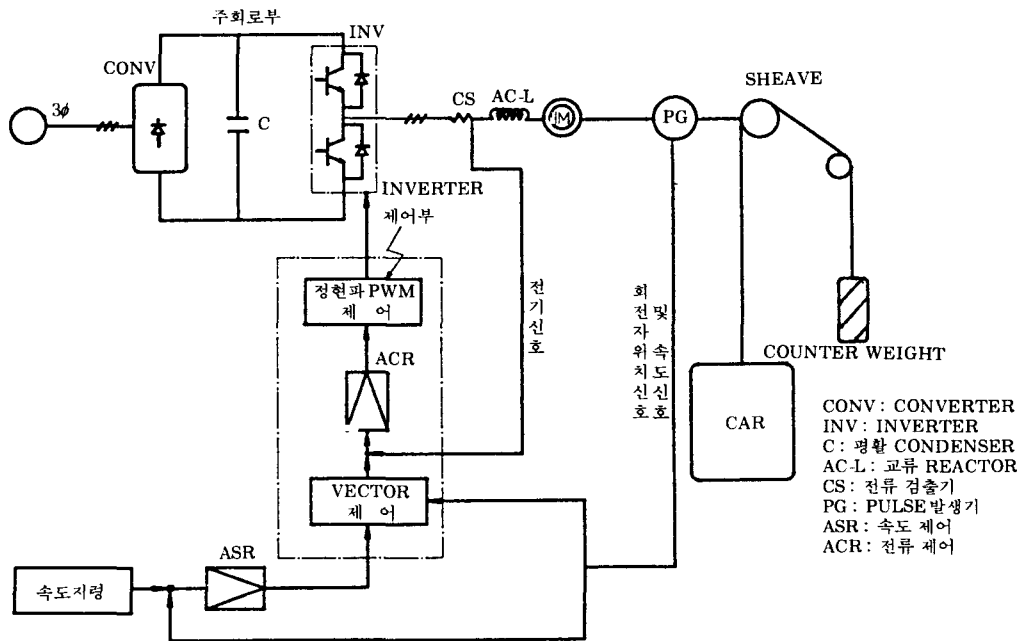


그림 1. VV-VF 엘리베이터시스템구성(中低速기어드형)

를 직류로 변환하여 전압형 인버터로 유도전동기를 구동한다.

또한 전력변환장치는 전동기의 正轉, 逆轉과 각각의 力行, 回生에 따른 4象限運轉에 대응토록 구성되어 있다.

속도제어는 디지털속도지령과 pulse 발생기에서의 속도신호로 속도제어연산을 하여 토크지령치를 Micro-Processor로 입력하여 Vector 제어 연산을 하게 되어 있다.

또한 전동기전류는 Micro-Processor에서 출력된 정현파전류의 기준에 따라 제어가 된다.

〈그림-2〉는 Rope식 엘리베이터의 적용을 나타낸 것이다.

2) 구동장치

권상기용 전동기는 PWM 제어 가변전압 가변주파수제어방식에 적합토록 저속운전시에도 slip을 작게하여 효율이 양호하게 운전되도록 회전자 slot 구조가 특수하게 설계되어 있으

로 표피효과의 영향을 받기 어려우며 slot내의 누설자속에 따른 포유부하손을 감소시키고 있다.

또한 일차전압제어(AC-VV)에 비하여 전동기전류가 적어 전동기 자체의 손실에 의한 발열이 대폭 저감되며 외형도 작고 경량화 되어 있다.

〈그림-3〉은 적재하중 750[Kg], 속도 90 [M/min]의 엘리베이터인 경우 권상기용 전동기의 외형을 표시한 것이다(“DYE”회사제품)

3) 회생제동

中低速用엘리베이터에 있어 전동기를 제동 운전시킬 경우 전동기를 회생제동영역으로 운전시켜 회생에너지를 저항으로 소비시키는 방식이 채용되고 있으나 인버터제어방식에서는 유도전동기가 회생제동시에 발생하는 회생전력을 완전히 전동기내에 소비시켜서 제동시에

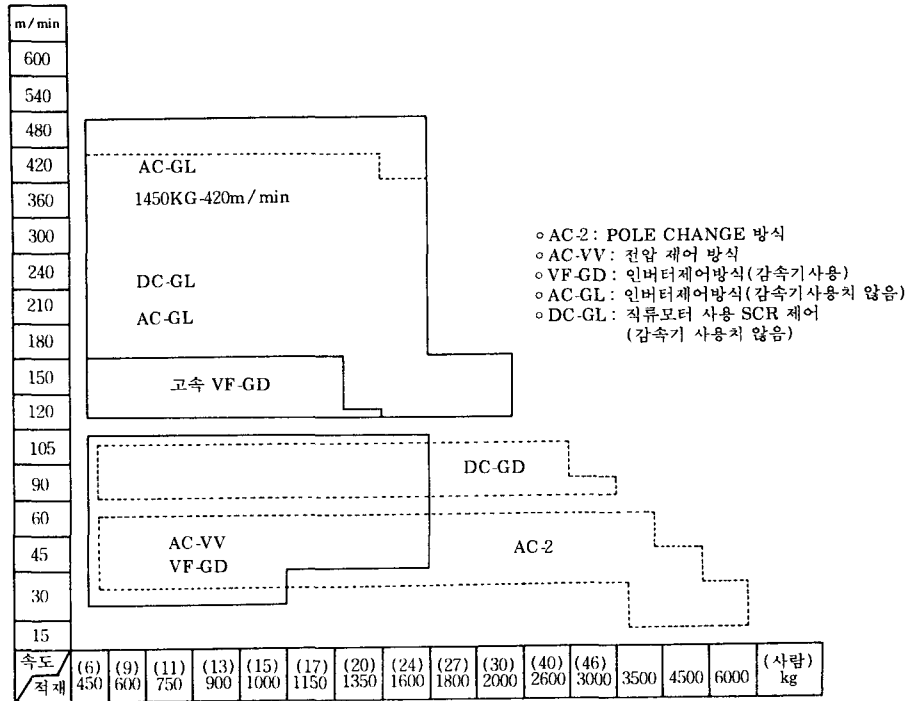


그림 2. ROPE식 엘리베이터의 적용표

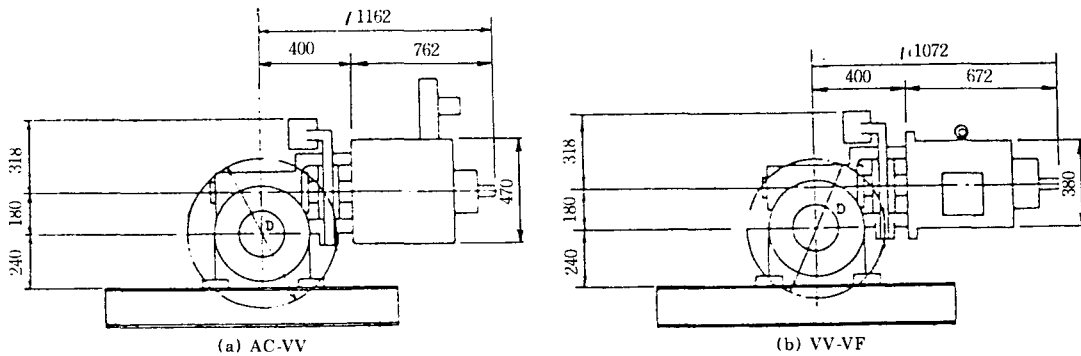


그림 3. 권상기의 전동기 외형도($P_{13}-90^M/min$)

유도전동기의 slip을 일정히 유지시켜 제어토
록 하고 있다. <그림-4>는 유도전동기의 등가
회로이다.

r_1, r_2 는 전동기의 1차, 2차의 권선저항 $L_1,$
 L_2 는 전동기의 1차, 2차의 누설리액탄스 g_0, b_0

는 여자콘다탄스와 서셉탄스 S는 Slip이다.

<그림-4>에서 (a)에 $S = -r_2/r_1$ 로 놓고 등
가부하저항의 항을 ($-r_1, -r_2$)로 하면 전동기
의 1차, 2차권선의 저항은 상쇄되어 등가회로
는 (b)와 같게 된다.

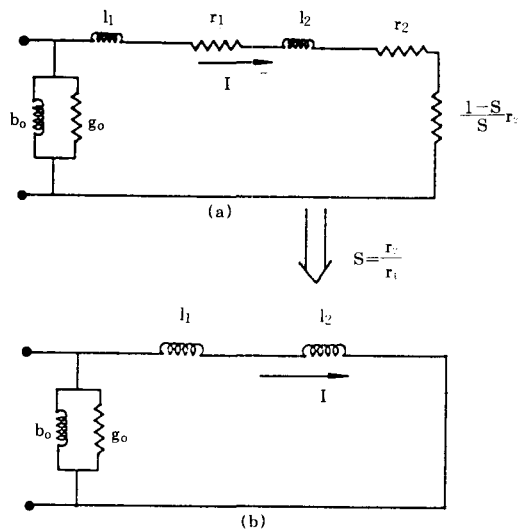


그림 4. 유도전동기의 등가회로

즉 기계입력이 전동기의 1차, 2차에 소비된다는 것을 알 수 있다.

(b)에서 여자콘дук탄스를 없애면 등가회로는 완전히 인дук탄스로 볼수가 있으므로 무효전력만 공급되고 유효전력의 授受는 이론적으로 일어나지 않음을 알 수 있다. Slip S를 $-\frac{r_2}{r_1}$ 로

놓아 극대수(Pole 수) P, 상수 m, 전류 I, 전동기의 각속도 W_r 로 하면

$$W_o = P \cdot W_r \left(\frac{r_r}{r_1 + r_2} \right) \dots\dots\dots ①$$

$$P_m = (r_1 + r_2) I^2 \dots\dots\dots ②$$

$$T_b = m \cdot p \cdot r_1 \frac{I^2}{W_o} \dots\dots\dots ③$$

여기서 W_o : 각주파수

P_m : 기계입력

T_b : 제동토크

로 나타낼 수가 있으며 소요토크 T_b 에 대하여 다음식으로 만족하도록 전류 I를 제어하면 제동토크가 제어된다.

$$I = \sqrt{T_b \cdot W_o / (r, m, p)} \dots\dots ④$$

3. 인버터제어방식엘레베이터의 에너지 절약

1) 소비전력

〈그림-5〉는 유도전동기의 회전·속도에 대한 발생토크와 손실의 관계를 나타낸 것이다.

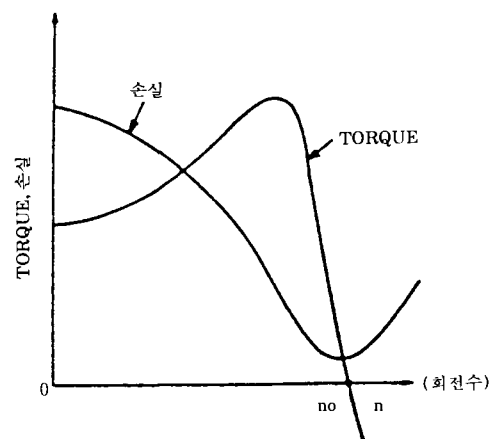


그림 5. 유도전동기의 토크 손실특성

인버터제어방식(VV-VF)의 특징은 전동기의 회전속도에 맞추어 항상 손실이 작은 상태로 운전할 수가 있다.

따라서 전동기의 실속도와 필요토크에 맞게 전동기에 공급하는 전압과 주파수를 제어하므로 일차전압제어방식(AC-VV)에 비하여 손실이 적게 되는 것이다.

AC-VV인 경우에는 필요토크에 응하여 전동기에 공급되는 전압을 제어하므로 전동기의 저속 회전영역에서는 손실이 크게 발생하게 된다.

〈그림-6〉은 일차전압제어방식인 경우와 인버터제어방식인 경우에 있어 Car 속도에 대응한 순시소비전력을 나타낸 것이다.

일차전압제어방식(AC-VV)에 있어 가속시 특히 저속도 영역에 소비전력이 크다.

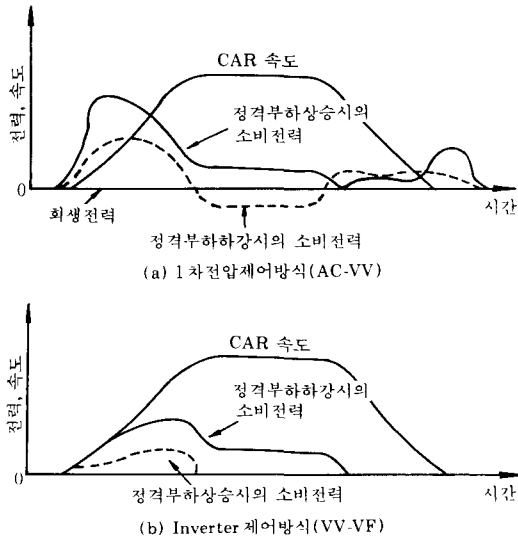


그림 6. 순시소비전력의 비교

그러나 인버터제어방식(VV-VF)에서는 가속시에는 전동기의 기계출력에 거의 비례하여 전력이 소비되고 있으며 감속 및 하강시에는 전동기에서 회생된 전력이 인버터의 진류측에 반환되어 소비전력이 아주 절감되고 있다.

따라서 <그림-6>에 의하면 엘리베이터가 1회왕복운전에 소비되는 전력은 VV-VF방식이 AC-VV방식에 비하여 약 50%이상의 전력소비량이 절감됨을 알 수 있다.

<표-1>은 VV-VF 제어방식엘리베이터의 기계실 및 소비전력을 표시한 것이며 <표-2>는 AC-VV인 경우이다.

기계실 발열량은 엘리베이터에 사용되는 기계에 의하여 발생하는 열량으로 전동기의 전력손실이 대부분을 차지하고 있다고 본다.

발열량은 다음식으로 계산된다.

$$Q = W \cdot V \cdot F \cdot N \dots \dots \textcircled{5}$$

- 여기서 Q : 발생열량(Kcal/H)
- W : 적재하중(Kg)
- V : 엘리베이터의 속도(m/min)
- F : 제어방식과 기동빈도에 따른 계수 (VV-VF : 1/40, AC-VV : 1/20)

<표 1> VV-VF 제어방식 엘리베이터의 기계실발열량 및 소비전력

積載荷重 (人員)(Kg)	速 度 (m/min)	機械室 發熱量 (Kcal/H)	消費電力 (KW/H)	備 考
450 (6)	45	550	0.639	
	60	700	0.813	
540 (8)	45	650	0.755	
	60	850	0.988	
	90	1250	1.453	
600 (9)	45	700	0.813	
	60	900	1.046	
	105	1600	1.860	
680 (10)	45	800	0.930	
	60	1050	1.220	
	90	1550	1.802	
750 (11)	45	850	0.988	
	60	1150	1.337	
	105	2000	2,325	
900 (13)	45	1050	1.220	
	60	1350	1,383	
	90	2050	2.383	
1000 (15)	45	1150	1.337	
	60	1500	1.744	
	90	2250	2.616	
	105	2650	3.081	

<표-2> AV-VV 제어방식 엘리베이터 기계실 발열량 및 소비전력

積載荷重 (人員)(Kg)	速 度 (m/min)	機械室 發熱量 (Kcal/H)	消費電力 (KW/H)	備 考
550	60	-	-	
	75	-	-	
	90	3000	3.488	
	105	3500	4.069	
600	60	2200	2.558	
	75	2750	3.197	
	90	3250	3.779	
	105	3800	4.418	

700	60	-	-
	75	-	-
	90	3800	4.418
	105	4450	5.174
750	60	-	-
	75	-	-
	90	4100	4.767
	105	4750	5.523
900	60	3250	3.779
	75	4100	4.767
	90	4900	5.697
	105	5750	6.686
1000	60	-	-
	75	-	-
	90	5450	6.337
	105	6350	7.383

〈표-1〉, 〈표-2〉에서 적재하중 750[Kg] 속도 90[m/min]의 엘리베이터인 경우 VV-VF 제어방식에서는 기계실 발열량이 1,700[Kcal/H], 소비전력 1,976[Kw/H]로 AC-VV에 비하여 에너지소비량이 40%이하임을 알 수 있다.

〈표-3〉은 2개월간 소비전력량을 실측하여 비교한 것으로 역시 VV-VF 제어방식은 AC-VV 제어방식의 엘리베이터에 비하여 50%이상 에너지가 절감되어 운영되고 있으며 월간전력요금의 절감도 VV-VF방식이 AC-VV방식에 비하여 60%이상인 것을 알 수 있다.

〈표-4〉는 실측시 사용했던 측정장비이다.

〈그림-7〉은 엘리베이터가 상승시 주행패턴에 따라 가속 주행 및 감속시 전동기의 전압전류의 변화를 실측한 것으로 AC-VV방식의 경우 가속 및 감속시에 전류변화가 크므로 소비전력량이 크게됨을 알 수 있다.

2) 전원설비의 용량

인버터제어방식 엘리베이터는 효율의 향상, 역률개선등으로 전원에 흐르는 전류가 감소되어 전원설비용량이 대폭 저감되므로 매우 경제적이다.

〈표-3〉 AC-VV와 VV-VF의 소비전력비교표(실측)

분류 구분	AC-VV	VV-VF	비고
건물명	S빌딩 9층 용산(서울)	E빌딩 10층 영등포(서울)	
용도	승객용(11인승) 750kg	승객용(11인승) 750kg	
속도	90m/min	90m/min	
전동기 용량	11KW	9.5KW	
측정회수(운영)	150회/分	150회/分	
기계실 발열량	4100Kcal/H	1700Kcal/H	도시바 기준
정격전류	50A	17A	
변압기 용량	21[KVA]	8[KVA]	
차단기 용량	75[A]	30[A]	
소비 전력량	1341KWH/ 30日	477KWH/ 30日	
전력요금	402,300원/月	134,280원/月	300원/KWH

〈표-4〉 측정장비

分類 裝備名	定 格	製造 會社	數 量	測定裝備 形式 NO
積算電力計	100(V), 5(A), 60[Hz]	금성	1	GF-72Te
PT(計器用 變壓器)	380/110(V)	경보	2	P-1 TYPE
CT(計器用 變流器)	5/60(4 Turn)	경보	2	UP-3
HI-CODER	4 채널	HIOKI	1	HIOKI8821
MULTI TESTER	AC: 1200V, DC:300V	HIOKI	1	HIOKI3223
AC/DC CLAMP HI-TESTER	1000(V), 1000(A)	HIOKI	1	HIOKI3265

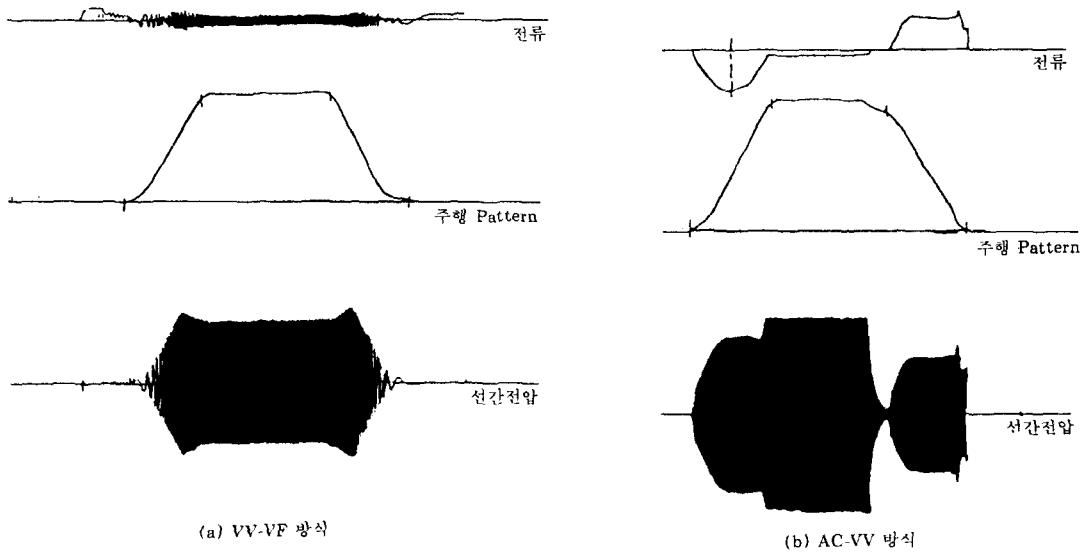


그림 7. 상승시 전류, 전압패턴.(전동기 5.5Kw, 전압380V)

① 역율개선

VV-VF 방식 엘리베이터의 역율은 인버터 부분과 전동기 부분으로 구분할 수가 있으며 전원 설비의 용량 결정에 영향을 주는 역율은 인버터의 입력역율이 추가되며 전동기의 역율은 거의 무관계하다.

인버터의 입력역율은 인버터의 주회로 방식에 따라 다르며 PWM 제어 방식에서는 입력역율은 거의 1에 가깝게 제어할 수가 있다.

입력역율은 전원측 상전류가 왜형파전류가 되므로 종합역율로 평가하여야 한다.

$$\text{종합역율 } \cos\phi = \frac{P}{VI} = \frac{\sum_{k=1}^x V_k I_k \cos\phi_k}{\sqrt{\sum_{k=1}^x V_k^2} \sqrt{\sum_{k=1}^x I_k^2}} \dots\dots\dots ⑤$$

여기서 P: 유효전력

VI: K 차 고조파 전압실효치

V_k : K 차 고조파전류 실효치

$\cos\phi_k$: k 차 고조파 전압, 전류간의 역율

만약 전압이 정현파이고 전류가 왜형파인 경우 역율은 식⑤에 의하여

$$\cos\phi = \frac{V_1 I_1 \cos\phi + V_1 \sum_{k=2}^x I_k \cdot \cos\phi_k}{V \sqrt{\sum_{k=1}^x I_k^2}} \dots ⑥$$

여기서 $V_1 \sum_{k=2}^x I_k \cos\phi_k$ 는 기본파전압과 고조파전류에 따른 전력을 나타낸 것으로 이들의 평균전력이 영(Zero)이 되기 위한 식⑥은 왜형률 μ 를 이용하여 식 ⑦로 변형시킬 수가 있다.

$$\text{여기서 } \mu = \frac{\text{고조파실효치}}{\text{기본파실효치}} = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^x I_k^2}}{I_1} \dots ⑦$$

$\cos\phi_1$: 기본파역율

따라서 종합역율은 전원측 상전류의 왜형과 기본파역율에 의하여 결정됨을 알 수 있다.

<그림-8>은 PWM 제어전압인버터의 운전시 전원측의 상전압과 상전류의 관계를 나타낸 것이다.

PWM 제어로 약 95% 정도까지 역율을 개선시킬 수가 있으며 전원측에 리액터를 삽입시킬

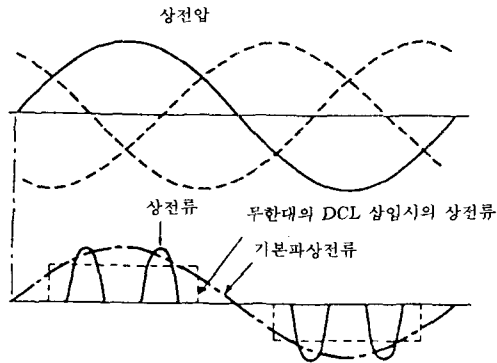


그림 8. 전압형 인버터의 PWM 제어시 전원측상전압과 상전류

경우에는 거의 1로 입력역율을 개선할 수가 있다.

교류리액터의 임피던스는 인버터가 접속되는 전원용량에 따라 영향을 받으며 전원용량이 작으면 전원임피던스는 크게 되므로 삽입하는 교류리액터의 임피던스도 작지 않게 하는 것이 좋다.

〈그림-9〉는 PWM 제어 인버터의 입력역율의 개선을 위하여 교류리액터의 임피던스를 변화시켜 역율의 변화를 표시한 것이다.

② 전원설비의 절감DATA

〈표-5〉는 인버터방식엘레베이터와 일차전압제어방식엘레베이터의 전원설비의 관계를 비교한 것이다.

〈표-5〉에서 VV-VF방식엘레베이터에서는 대부분 속도에 맞추어 권상기용 전동기를 선택할 수가 있으며 전원측 변압기도 용량에 따라 경제적으로 설치할 수가 있다.

따라서 전기설비의 정격용량에 적합한 선택으로 효율을 향상시킬 수가 있고 소비전력절감과 설비의 절감을 꾀할 수가 있다.

〈표-6〉은 VV-VF방식엘레베이터와 AC-VV방식엘레베이터의 전원설비를 비교한 표이다.

설비별 평균용량 절감비율은 전동기가 27% NFB가 56.9% 전력공급 변압기는 59.4%이며

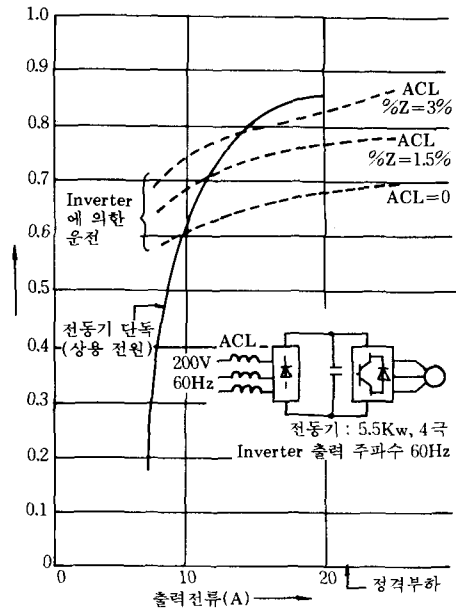


그림 9. 입력역율 개선의 예

소비전력은 60% 절감됨을 나타내고 있다.

또한 〈표-7〉은 전원설비의 설치공사에 사용되는 전선의 크기 및 최대공장을 비교한 것으로 VV-VF방식엘레베이터는 사용전선량이 50%이상 절감됨을 알 수 있다.

〈표-7〉은 사용전압 400V를 기준으로 작성한 것이다.

4. 맺는말

에너지를 유효하게 이용하는 기술을 개발하는 것은 모든 기술자들의 사명감으로 생각한다.

산업에너지에서 전기에너지는 그 사용이 편리하고 공해문제가 없으므로 이용이 날로 증가하고 있다.

최근 전력전자기술의 진보로 전기에너지를 사용하고 있는 엘레베이터에 있어 인버터제어방식을 응용하므로써 유효하게 에너지를 이용할 수가 있게 되었다. 실제로 에너지절약관계를 조사분석한 결과 인버터제어방식엘레베

〈표 5〉 AC-VV와 VV-VF기종의 전원설비 비교표

區分 內容 容量(Kg)	SPEED m/min	VV-VF					AC-VV					
		IM [KW]	NFB [A]	TRANS-F [KVA]	消費電力 [KW/H]	M/R發熱量 [Kcal]	IM [KW]	NFB [A]	TRANS-F [KVA]	소비전력 [KW/H]	M/R발열량 [Kcal]	
540kg (8)	45	5.5	15	4	0.755	600	5.5	30	11			
	60			5	0.988	850						
	90	7.5	15	7	1.453	1250	7.5	50	16	3.488	3000	
	105	9.5	15		1.686	1450	11	75	21	4.069	3500	
600kg (9)	45	4.5		4.5	0.813	700	5.5	30	11			
	60	5.5		5.5	1.046	900						
	90	9.5		7	1.569	1350						
	105	11	30	8	1.86	1600	11	75	21	4.418	3800	
680kg (10)	45	5.5	20	5	1.86	800	7.5	50	16			
	60	7.5		6	1.930	1050						
	90	9.5		8	1.22	1550						
	105	11	30	9	1.802	1800	11	75	21	4.418	3800	
750kg (11)	45	5.5	20	5	0.988	850	7.5	50	16			
	60	7.5		7	1.337	1150						
	90	9.5	30	8	1.976	1750	11	75	21	4.767	4100	
	105	11		10	2.325	2000				5.523	4750	
900kg (13)	45	7.5	20	6.5	1.22	1050	11	75	21	3.779	3250	
	60	9.5	30	8	1.569	1350				4.767	4100	
	90	13	40	10	2.383	2050	15		28	5.697	4900	
	105	15		11	2.790	2400				6.686	5750	
1000kg (15)	45	7.5	20	7	1.337	1150	11		21			
	60	9.5	30	8.5	1.744	1500						15
	90	13	40	11	2.616	2250	22		125	42		
	105	15		12	3.081	2650						7.383
1150kg (17)	45	9.5	30	8		1300	15	75	28			
	60	13		9		1750						
	90	18.5	40	12		2600	18.5	100	33			
	105	18.5		14		3050						
1350kg (20)	45	11	30	9		1550	15	75	28			
	60	15	40	11		2050						
	90	18.5		14		3050	18.5	100	33			
	105	22	50	16		3550	22	125	42			
1600kg (24)	45	13	40	11		1800	18.5	100	33			
	60	18.5		12		2400						
	90	22	50	16		3600	22	125	42			
	105	22		18		4200						

〈표 6〉 AC-VV 방식대비 VV-VF기종의 전원설비 저감비율

區分 種類	SPEED m/min	motor [kw] %	NFB [A] %	TRANSFORMER [KVA] %	消費電力 %	備 考
540kg(8)	45	ACVV 와 동일	50	64		
	60	상동	50	54.5		
	90	상동	70	56	58	
	105	14	80	67	58	
600kg(9)	45	18	33	18.2	68.2	
	60	ACVV 와 동일	33	ACVV 와 동일	67.3	
	90	14	33	67	54	
	105	ACVV 와 동일	60	62	58	
680kg(10)	45	27	60	68.7		
	60	ACVV 와 동일	60	62.5		
	90	14	73	62	59	
	105	ACVV 와 동일	57	57	59.5	
750kg(11)	45	27	60	68.7		
	60	ACVV 와 동일	60	56.2		
	90	14	62	58.5		
	105	ACVV 와 동일	60	52.4	58	
900kg(13)	45	32	73	69	67.6	
	60	14	60	62	67.1	
	90	13	43	64.3	58.2	
	105	ACVV 와 동일	43	61	58.3	
1000kg(15)	45	32	73	66.7		
	60	14	60	59.5		
	90	13	46.6	61	58.7	
	105	/	46.6	57.1	58.2	
1150kg(17)	45	36.7	60	71.4		
	60	13	60	68		
	90	/	60	63.6		
	105	/	60	57.6		
1350kg(17)	45	26.7	60	67.8		
	60	/	46.7	61		
	90	/	60	57.6		
	105	/	60	62		
1600kg(24)	45	29.7	60	66.7		
	60	/	60	64		
	90	/	60	62		
	105	/	60	57		
설비별 평균절감 비율		27%	56.9%	59.4%	60%	

〈표 7〉 AC-VV 대비 VV-VF의 사용전선 및 최대공장

()外: VV-VF ()内: AC-VV

人乘(Kg)	速度 (m/min)	電線 幹線 最大 距離(m)							
		3.5(mm ²)	5.5	8	14	22	30	38	50
450 (6)	45	56	252	363	(208)				
	60	56	201 (86)	291 (123)	500 (208)				
600 (9)	45	56	191 (86)	275 (123)	473 (208)				
	60	56	150 (86)	216 (123)	372 (28)				
	90		117	170 (68)	291 (115)	446 (171)	(225)		
	105		102	147 (68)	253 (115)	388 (171)	(225)		
750 (11)	30	56	252 (86)	363 (123)					
	45		181 (64)	261 (91)	448 (268)				
	60		124	179 (68)	307 (154)	(230)			
	90		98	141	234 (115)	372 (171)			
	105		85	123	211 (87)	322 (150)			
900	45		131	188	324				
	60		98	141	243	372			
	90		81	117	201	308 (150)			
	105		69	100	171 (87)	262 (130)	352 (171)		
1000 (15)	30		181	261	448				
	45		136	196	336				
	60		89	129	221	339			
	90		73	106	182 (87)	279 (130)	374 (711)		
	105			92	158 (66)	241 (98)	323 (129)		
1150 (17)	45	67	103	148	258				
	60	—	80	114	199				
	90	—	—	87	151	230			
	105	—	—	72	125	191	248		
1350 (20)	45	58	90	129	225				
	60	—	68	97	169	256			
	90	—	—	73	127	193	252		
	105	—	—	—	108	165	214		
1600 (24)	45	—	68	97	169	256			
	60	—	—	84	146	222			
	90	—	—	—	110	167	217		
	105	—	—	—	97	148	193		

터는 동일기종의 일차전압제어방식엘레베이터에 비하여 소비전력의 절감 및 전원설비용량의 저감을 50%이상을 피할 수가있고 운전시 주행패턴에 따른高精度제어로 우수한 승차감과 안정성을 얻으므로 엘레베이터 신뢰성 향상을 도모할 수 있음을 알수 있었다.

따라서 전기에너지를 유효하게 이용하고 안정성과 신뢰성을 확보하기 위하여 인버터제어방식엘레베이터(中低速AC-Geared엘레베이터, 고속AC-Gealess엘레베이터)가 반듯이 채용되어야 할 것으로 사료된다.

본고가 엘레베이터의 설치계획 및 운영에 있어 참고자료가 되고 인버터방식엘레베이터의 보급에 도움이 될 수 있기를 기대한다.

참고문헌

1. 北川博門倉俊夫. インバタ 制御 エレベータ. 東芝レゼ 2レビエ-44, 9號.
2. 電氣書院. 汎用 インバタ p.114-117
3. 野村正實. 棚橋徹. VVVF 制御方式 エレベータ의 最近의 動向. 三菱電機技報 Vol.61, No.11. 1987.
4. JEMA. Application Guide for Inverter Drive No.148.
5. 李枝秀. 誘導電動機의 에너지 節約方法과 技術動向, 電氣工業情報 第14卷 第7號.
6. 李枝秀. 最近高速엘레베이터의 技術動向. 電氣學會誌 Vol 40. No.12. 1991
7. 日本エレベータ協會, 昇降機計劃指針. p.43-45.
8. 交流可變速技術의 最近의 動向と その應用, 電機學會雜誌 107卷 8號 p.907.