

수직순환식 입체주차설비용 인버터 제어시스템

崔 哲[†], 李進夏^{*}, 金喆禹^{**}

A Inverter Control System for Vertical Circulation Parking Facility

Cheol Choi, Chin-Ha Lee, and Cheul-U Kim

요 약

본 연구에서는 수직순환식 입체주차설비용 유도전동기를 제어할 수 있는 인버터장치를 개발하였다. 차량의 주차 공간인 팔레트를 호출하는 경우 종래 시스템에 있어서의 승강장 정위치 제어 불능 문제와 이동속도가 잔존한 상태에서 강제 제동에 따른 제동장치계통의 급속한 마모현상을 근본적으로 해결하도록 하였다. 또한 전원회생기능을 구비한 컨버터제어기를 적용함으로써 수전단 전원용량의 축소와 동작빈도수의 증가에 따른 소비전력의 절감 효과를 기하도록 하였다. 본 연구를 통해 수직순환식 기계식 주차설비의 구동제어에 있어서 부하에 따른 위치 및 속도 제어를 효과적으로 구현함으로써 정숙한 운전 특성을 확보하였고 역률제어에 따른 에너지 절감 효과를 기하였다. 실험은 55kW급 유도전동기를 대상으로 하여 그 결과를 확인하였다.

ABSTRACT

In this study, we developed the inverter system to control induction motor for the vertically circulation parking facility. In the case of calling a pallet, a car parking space, we basically solved conventional system's problems, pallet is uncontrollable to the fixed position and braking system was worn by forcer braking with remaining speed. Also, by applying to converter controller, added to power regenerative control function, we confirmed the reduce of power supply capacity and the energy saving effect according to increasing operation frequency. The validity of this system is verified by 55kw induction motor driving system.

Via this study, the proposed system shows the efficient use of parking facility and good operation characteristics by implementing position and speed control effectively on condition of load and shows energy saving effect by power factor control for the vertically circulation parking facility operation.

Key Words : Parking Facility, Induction Motor, Inverter, Converter, Vector Control

1. 서 론

각종형식의 입체주차설비 기종 중, 수직순환식 입체주차장치는 용적율(주차장치의 전용면적에서 차지하는

주차 격납 공간), 사용의 편의성 등이 적정하기 때문에 꾸준히 공급되고 있다. 기존의 수직순환식 입체주차장치는 주 구동용 전동기로서 권선형유도전동기를 사용하는 것이 일반적이며 위치 및 제동장치로써 속도제어용 브레이크와 디스크형의 마그네틱 브레이크를 보조 제동 장치로 사용하고 있다. 권선형유도전동기 외에 최근에 들어 농형유도전동기를 사용한 인버터제어방식의 시스템이 도입되고 있으나 그 제어방법이 V/F제어형이 일반적이다. 먼저 권선형유도전동기를 적용하고 기

[†] 교신저자: OTIS-LG 서보 R&D팀 부장

^{*} 정회원, 부산대 전기공학과 석사과정

E-mail : chleeh@otis.co.kr

^{**} 정회원, 부산대 전자전기통신공학부 교수

접수일자 : 2004. 2. 10 1차 심사 : 2004. 3. 5

2차 심사 : 2004. 4. 22 심사완료 : 2004. 5. 6

계속인 제동장치를 갖는 경우는 보통 권선형 2차측의 외부저항을 제어하는 비레추이방식을 사용하는 경우인데 여기서는 최대토크를 용이하게 제어할 수 있는 장점이 있으나 일반적으로 속도제어구간의 제약에 따라 설비의 정위치 제어가 어렵다. 따라서 이를 해결하기 위해 감속시의 속도제어용 브레이크장치와 정위치 유지용으로서의 마그네틱 브레이크가 적용되는 등 복잡성과 유지보수의 문제점등이 상존한다. 또한 V/F제어를 하는 경우에 있어서도 수용차종의 다양화에 따라 분포하중별 속도 및 기준위치 제어가 어렵고 가격상의 문제로 인해 대용량인버터의 공급도 원활치 못한 문제가 있다. 한편 생활수준의 향상으로 인해 근린 주거 지역 및 복합 상가지역 등에서는 특히 소요전력저감, 저소음화, 저진동화 등의 문제도 해결해야 할 과제로 등장하고 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위한 방법으로 주 구동장치의 속도 및 위치제어 그리고 전력 제어 등을 효과적으로 수행하기 위하여 전원회생기능을 포함한 새로운 형태의 수직순환식 입체주차설비용 인버터 제어시스템을 개발하였다.

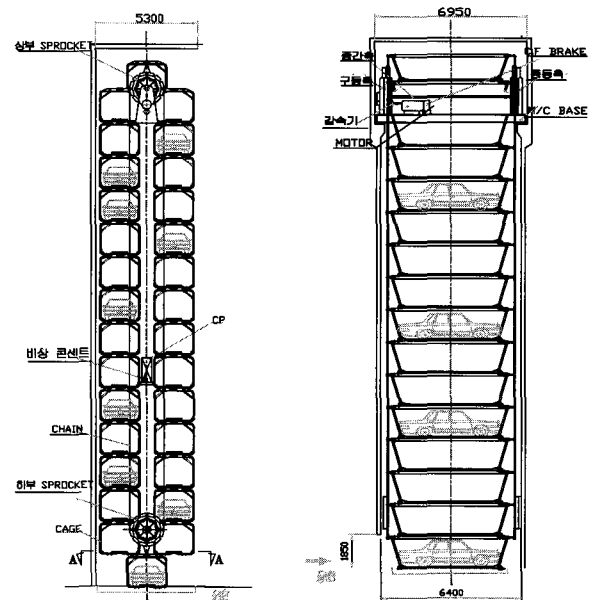
2. 본 론

2.1 시스템 구성^[1]

수직순환 기계식 주차설비의 전체적인 외관구성은 그림 1에 나타내었다. 최상부의 구동스프라켓과 하부의 종동스프라켓을 대형 체인으로 연결하고 체인의 일정 간격 구간에 차량을 수납할 수 있는 케이지가 부착된다. 이를 구동제어하기 위한 구동장치부분의 구성은 그림 2에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 구동장치에는 구동용 전동기를 비롯한 감속기 및 디스크 타입형 제동장치가 설치되고 제어용 시스템은 그림 1의 (a)에 나타낸 바와 같이 설비의 중간위치 공간에 설치되는 구조이다. 이를 구동제어하기 위한 전체 제어시스템의 구성은 그림 3에 나타내었다. 제어시스템은 먼저 사용자와의 인터페이스를 담당하는 터치스크린식 운전반, 차량과 사용자의 안전보호를 위한 승강장내 각종 센서 및 출입구 제어 그리고 차량의 문열림을 방지하기 위한 차량문 보호장치 등을 통합 제어하는 PLC형 제어반이 있고, 또한 주 구동용 유도전동기를 제어하기 위한 인버터반이 있어 시스템의 순환지령에 따른 위치 및 속도제어를 담당하며 구속용 브레이크 제어기능을

갖도록 하였다.

최초 시스템설치단계나 제어반과의 연동 실패시를 고려한 수동 및 비상조작반도 부가하였다.



(a) 정 면 도 (a) Front View
(b) 측 면 도 (b) Side View

그림 1 수직순환식 기계식주차설비
Fig. 1 Vertical Circulation Parking Facility

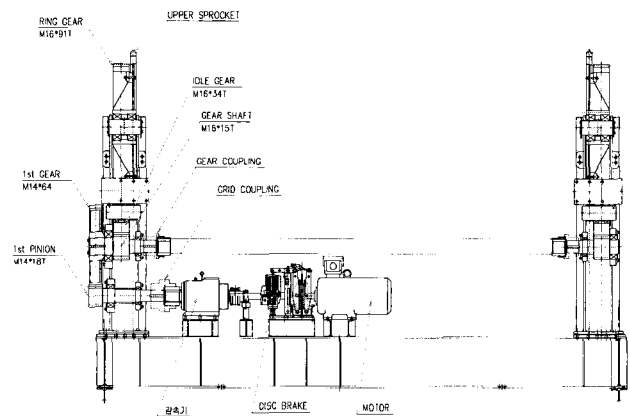


그림 2 구동장치부분 구성도
Fig. 2 Driving Unit Assembly

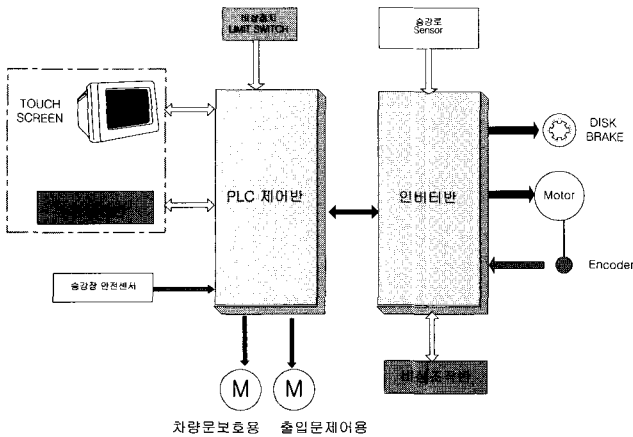


그림 3 제어시스템 구성도
Fig. 3 Control System Architecture

2.2 구동능력 분석^{[3][6]}

부하 보상장치가 별도로 없는 수직순환 기계식 주차 설비의 구동능력 분석은 표 1에 나타난 제반 조건을 기준으로 적용하였으며 이를 기반으로 필요 동력 용량을 도출하여 전용화한 전동기를 제작하였다.

표 1 구동력 계산변수
Table 1 Driving force calculation variables

기호	내용	적용값
W1	승용차 중량	1200[kgf]
N	수용대수	40[대]
V	선속도	15.3[m/min]
P	체인 피치	450[mm]
Cp	케이지 피치	1800[mm]
Zs	구동 스프라켓 기어 잇수	12
P.C.D	스프라켓 P.C.D	1738.66[mm]
Rs	스프라켓 회전반경	869.33[mm]
Rc	케이지 회전반경	1449[mm]
t1	최대 허용 가속시간	4.2[sec]

구동력 검증을 위해 본 연구에서 적용한 방법은 체인피치별 회전각도의 계산으로부터 소요동력 추론까지 다음에 나타낸 바와 같다. 각 부분별 명칭 등은 그림 2 구동장치부 상세 구성도에 표시했고, 그림 4에는 구동 스프라켓 지지축의 움직임 변동하중분포를 예시하였다.

1) 체인피치별 회전각도 계산

- ㄱ) 구동 스프라켓 기어 잇수 $Z_s = 12$
- ㄴ) 구동 스프라켓 치수 1개에 대한 각도
= $360/Z_s$

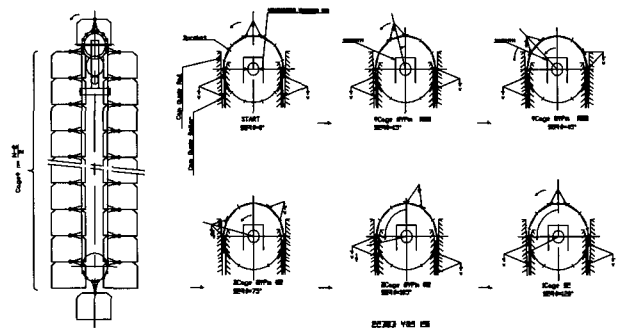


그림 4 구동축의 움직임 하중변동
Fig. 4 Load variation at Driving Shaft

2) 케이지 회전반경 (Rc)

- ㄱ) $e = P.C.D/2 * \cos 15^\circ = 1738.66/2 * \cos 15^\circ$ [mm]
- ㄴ) $R_c = \text{체인 어태치먼트 길이} + e$ [mm]
단, 체인어태치먼트길이 = 609 [mm]

3) 최대 부하 토크 (T1)

- $T_1 = W_1 * \{(N/2 - 2) + 2 * R_c / R_s * \cos 30^\circ\} * R_s$
* 적용편하중률 [kgf.m]
- 여기서, 적용편하중률은 0.65

4) 장치의 조건

- ㄱ) 전동기 정격 토크 $T_m = 45.4$ [kgf.m]
- ㄴ) 기동 토크 $T_w = T_a + T_{1m}$ [kgf.m]
= $8.15 + 67.2$ [kgf.m]
- 여기서, T_a 는 전동기 축환산 가속 토크
 T_{1m} 은 전동기 축환산 부하 토크
- ㄷ) 축환산 기계 $GD^2 = 10.875$ [kgf · m²]

적용편하중률은 그림1과 같은 구조에서 차량의 좌, 우측 주차 상태의 최대 허용 편차를 나타낸다. 이와 같은 상태는 주차공간을 할당 할 때 사전에 방지 처리하지만 이에 대한 보완기능으로 적용편하중률을 초과하는 경우 단거리 운전 방향을 반전 처리하는 원거리운전을 실행함으로써 편하중에 따른 최대 부하 토크를 억제할 수 있도록 하였다.

5) 기구 장치 감속 구성비

동력전달계통과 관련된 감속기와 주변 장치의 조건은 표 2에 나타냈고 이로부터 표 1에 주어진 선속도 V를 충족하기 위한 상부 구동스프라켓의 회전수와 이를 위한 전동기 용량은 아래와 같이 정리된다.

ㄱ) 상부 구동스프라켓 회전수 (Ns)

$$Ns = (Gear_Shaft * 1st_Pinion) / (Ring_Gear * 1st_Gear) * 1/I * Nm$$

ㄴ) 전동기 용량 (H)

$$H = 2 * \pi * Ns * Tl / (102 * 60 * \eta)$$

$$= 2 * \pi * Ns * 14163 / (6120 * 0.75)$$

$$= 54.5 [kW]$$

표 2 구동장치부 계산기준

Table 2 Driving Unit calculation variables

기호	내용	적용값
Ns	상부 구동스프라켓 회전수	2.8[rpm]
η	감속기 효율	0.75
I	감속기 감속비	1/19.56
Nm	전동기 회전수	1180[rpm]
Pole	극수	6
Ring_Gear	Ring Gear 잇수	91
Idle_Gear	Idle Gear 잇수	34
Gear_Shaft	Gear Shaft기어 잇수	15
1st_Gear	1st Gear 잇수	64
1st_Pinion	1st Pinion 잇수	18

본 연구에서는 이와 같은 분석 결과를 기준으로 동력용량을 도출하였고 이를 바탕으로 55kW, 6Pole 이고 최대 출력 토오크가 정격 출력 토오크 대비 250%인 유도전동기를 제작하였다.

2.3 인버터 시스템 ²⁾

인버터, 컨버터, 입출력부 및 전력변환부를 구성하는 제어부 구성도는 그림 5에 나타냈다.

전력변환부의 실제 구성은 구동용량을 고려하여 인버터, 컨버터를 IGBT를 병렬접속하는 형태로 구성하여 적용하였다.

2.3.1 인버터와 컨버터의 제어부

그림 6은 주 구동 전동기인 유도전동기를 제어하기 위한 인버터 구성도이다. 그림에서와 같이 논리 및 산술연산을 수행하는 CPU로써는 DSP (TI320C31)를 사용하였고, IGBT의 PWM 구동을 위한 삼각파와 게이트 드라이버의 신호발생 및 위상과 속도 신호 그리고 각종 신호의 입·출력을 담당하는 ASIC과 메모리 장치로는 프로그램 로딩을 위한 SRAM과 FROM이 있다. A/D변환기는 AD7891을 사용하였고 PLC와의 직렬 통신에는 MAX233를 사용하였다.

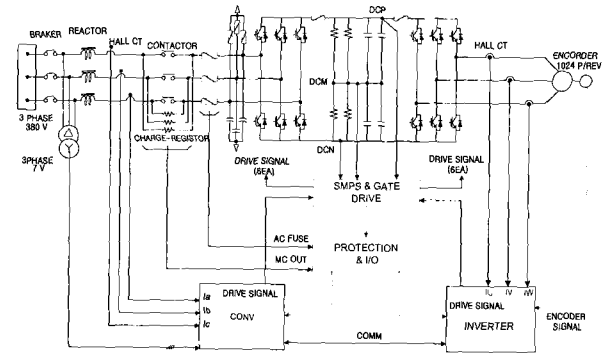


그림 5 인버터부 구성도
Fig. 5 Inverter unit composition

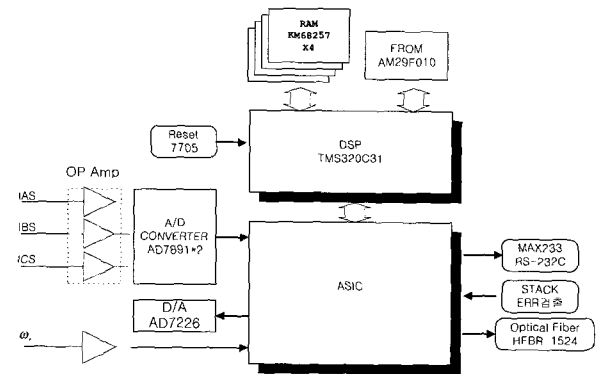


그림 6 인버터 구성도
Fig. 6 Inverter System Architecture

그림 7에는 컨버터부의 구성을 나타내었다. 회로구성은 그림 6의 인버터부 구성도와 유사하고 상이한 부분을 간략히 설명하면 전원회생제어를 위한 AD변환 입력부분과 인버터부와 데이터 공유를 위한 RAM이 추가되는 형태를 볼 수 있다.

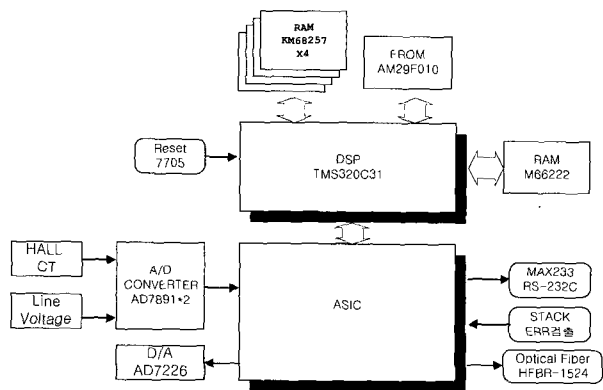


그림 7 컨버터 구성도
Fig. 7 Converter System Architecture

2.3.2 입·출력 및 게이트드라이브

입·출력부는 인버터반 보호를 위한 각종 보호신호 입력과 컨버터제어를 위한 DC-LINK단 전압 입력 그리고 반내 강냉식 냉각팬 제어기와 시스템 제동 홀딩용 브레이크 제어기용 출력기능 등을 갖도록 하였고 비상조작반 제어가 가능하도록 하였다.

2.4 인버터반 제어장치 제작^{[2][5]}

그림 3 제어시스템 구성도에 설명한 각종 제어반의 실제 구성은 그림 8과 같다. 앞서 2.2절에서 설명한 전력 변환부는 수전단 정격전압 AC380로부터 인버터 구동을 위한 DC전압으로의 변환과 그 역변환을 담당하는 컨버터를 갖추었고 비상조작반은 입,출력 장치를 통해 인버터측에서 직접제어가 가능하도록 하였으며 DC-LINK 전압으로부터 유도 전동기에 출력을 담당하는 인버터부로 구성되었다. 컨버터와 인버터는 IGBT를 병렬로 접속하는 구조를 갖추었고 그 실제구성은 그림 9에 나타내었다.

2.4.1 컨버터제어부^{[4][7][8][11]}

본 연구에서의 컨버터는 PWM 승압형 컨버터를 사용하여 전원의 무효전력 제어를 통해 역률 제어

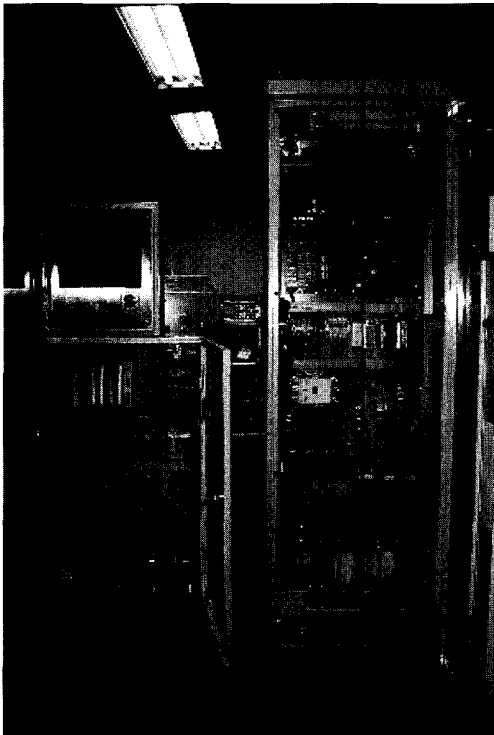


그림 8 제어반 구성도
Fig. 8 Control Panel Assembly

와 수직순환 기계식 주차설비의 제동시 발생하는 회생 에너지를 전원으로 되돌리는 전원회생제어를 가능토록 하였다.

DC-LINK전원은 700V를 유지토록 하였고, 입력 전원은 전압 변동율 $\pm 10\%$ 까지를 고려하였다.

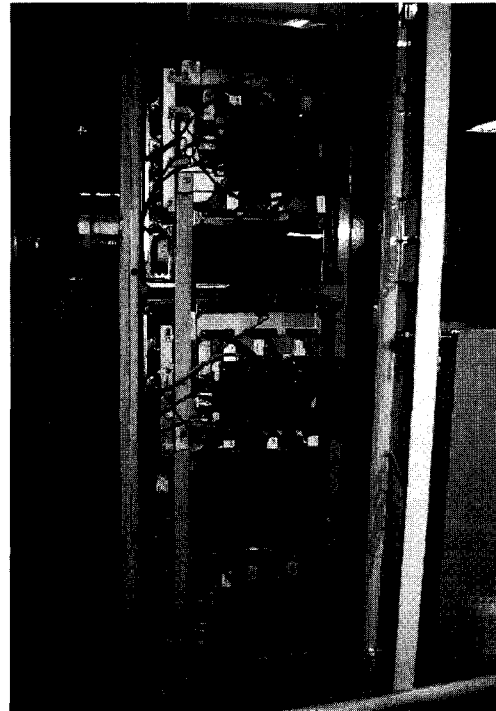


그림 9 파워 스택 조립도
Fig. 9 Power Stack Assembly

2.4.2 인버터제어부^{[9][10][12]}

수직순환식인 경우 최대부하는 그림 1에 나타낸 바와 같은 구조에서 알 수 있듯이 편측 방향에 전 부하가 걸리는 경우이다. 또한 이와 같은 경우에 있어서도 수용 차량의 하중에 따라 부하 분포가 균일하지 못한 특성을 갖는다. 따라서 정확한 위치제어와 정지시 이동속도를 "0"으로 제어하기 위하여 벡터제어방식을 적용하여 주차용 파렛트가 정위치에 도착하는 경우 차량의 좌우 흔들림을 최소화하고 필요에 따라서는 설비의 최고운전속도를 가변 설정할 수 있도록 함으로써 설치장소에 따른 소음이나 진동의 적절한 제어도 가능하도록 하였다.

3. 시뮬레이션 및 실험결과

3.1 시뮬레이션

그림 10에는 컨버터측의 전류제어기와 전압제어기를

시뮬레이션하기 위한 블록선도를 단순화 하여 나타내었고 표 3에는 이때 적용되는 파라미터를 나타내었다.

표 3 컨버터측 파라미터
Table 3 Converter Part Parameter

기호	내용	적용값
L	리액터용량	1[mH]
R	전선저항	0[Ohm]
C	DC Link 콘덴서용량	0.246[F]
k_cp, k_ci	전류제어기게인	3, 100
k_vp, k_vi	전압제어기게인	5, 100
Vdc	DC_Link전압	600[V]
Vq	DC_Link제어전압	580[V]
T _{eq}	전류제어1차지연 시상수	0.001[sec]

그림 10에 나타난 컨버터 전달함수 블록선도로부터 전류제어기 폐루프 전달함수는 식 (1)과 같이 표현할 수 있고 전압제어기의 폐루프 전달함수는 식 (2)와 같다. 실제에 있어서는 전선에 의한 도선저항 R은 무시하였다. 식 (1)과 (2)의 특성방정식으로부터 전류제어기는 L에 의존적이고 전압제어기는 C에 의존적임을 알 수 있다.

$$G_{ic}(s) = \frac{K_{cp}s + K_{ci}}{Ls^2 + (R + K_{cp})s + K_{ci}} \quad (1)$$

$$G_{vc}(s) = \frac{\frac{V_q}{V_{dc}} (K_{vp}s + k_{vi})}{CTs^3 + Cs^2 + \frac{V_q}{V_{dc}} K_{vp}s + \frac{V_q}{V_{dc}} K_{vi}} \quad (2)$$

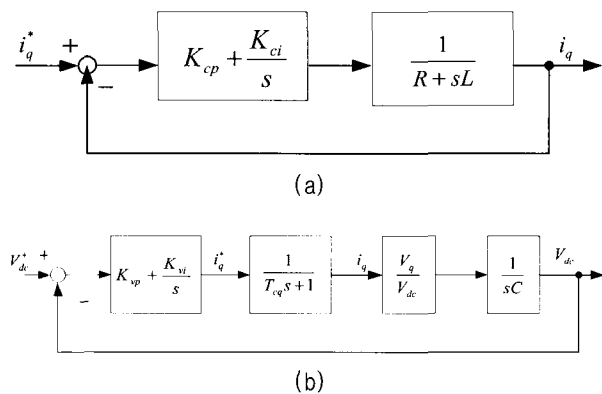


그림 10 컨버터 전달함수 블록선도
(a) 전류제어 블록선도
(b) 전압제어 블록선도

Fig. 10 Converter Transfer function Block Diagram
(a) Current Controller Block Diagram
(b) Voltage Controller Block Diagram

그림 11에는 시뮬레이션에 적용한 인버터측 전류제어 루프를 단순화한 블록선도를 나타냈고 표 4에는 적용한 구동용 유도전동기의 파라미터와 계인을 나타내었다.

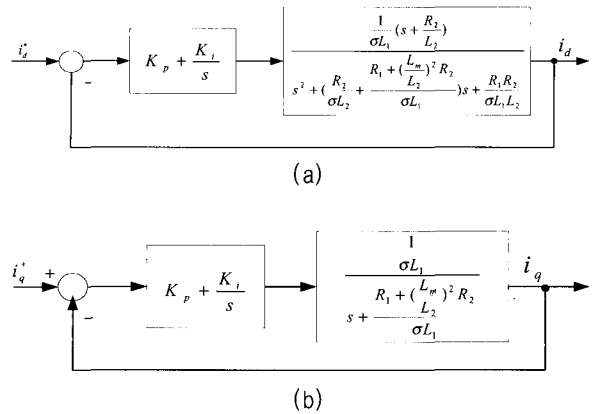


그림 11 인버터 전달함수 블록선도
(a) 자속축 전류제어 블록선도
(b) 토크축 전류제어 블록선도

Fig. 11 Inverter Transfer function Block Diagram
(a) Flux axis Current Controller Block Diagram
(b) Torque axis Controller Block Diagram

표 4 적용 유도전동기 파라미터
Table 4 Applied Induction Motor Parameter

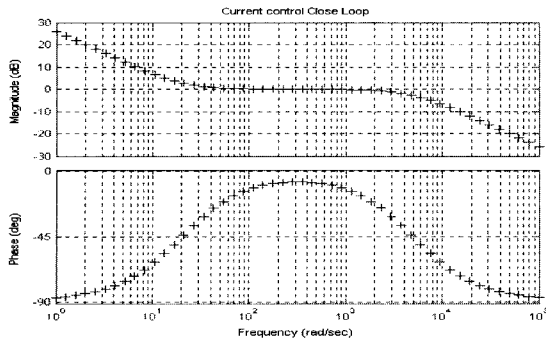
기호	내용	적용값
R1	고정자 저항	0.033[Ohm]
L11	고정자 누설인덕턴스	0.347[mH]
R2	회전자 저항	0.071[Ohm]
L12	회전자 누설인덕턴스	0.520[mH]
Lm	상호 인덕턴스	11.255[mH]
kp	비례게인	2.464
ki	적분게인	191.104

그림 11에 나타난 인버터측 제어기의 자속축 폐루프 전달함수는 식 (3)과 같이 표현되고, 인버터측 토크축 폐루프 전달함수는 식 (4)로 표현된다.

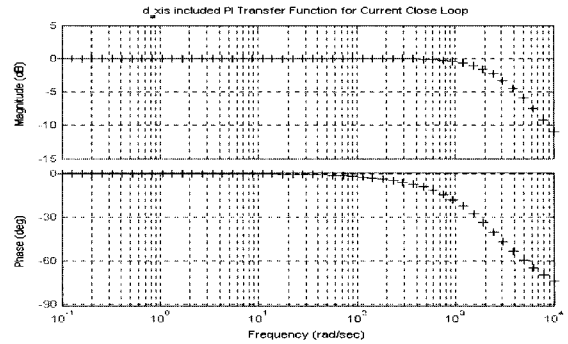
$$G_{ic}(s) = \frac{(K_p + k_i)}{\sigma L_1 s^2 + (R_1 + (\frac{L_m}{L_2})^2 R_2 + k_p) s + k_i} \quad (3)$$

$$G_{dc}(s) = \quad (4)$$

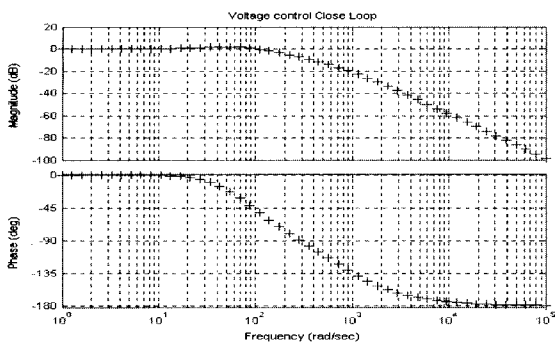
$$\frac{L_2 k_p s^2 + (k_i L_2 + R_2 k_p) s + R_2 k_i}{\sigma L_1 L_2 s^3 + [\sigma L_1 R_2 + R_1 L_2 + (\frac{L_m}{L_2})^2 R_2 L_2 + k_p L_2] s^2 + (k_i L_2 + R_2 k_p) s + (R_1 R_2 + R_2 k_i)}$$



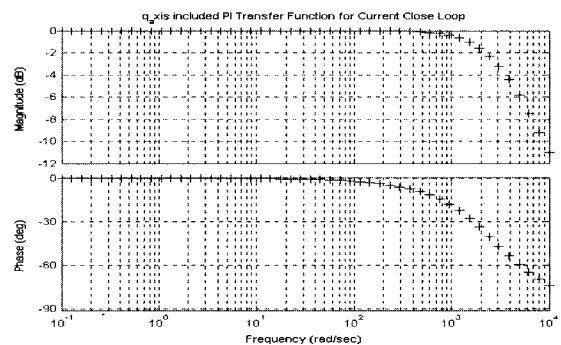
(a)



(c)



(b)



(d)

그림 12에 나타난 보드선도는 식 (1),(2),(3),(4)를 적용하여 나타내 보였다.

컨버터측 시뮬레이션에서 전류제어기 차단주파수를 k_{cp} 로 설정하고 k_{ci} 를 설정하였고, 전압제어기도 전류제어기와 같이 차단주파수를 k_{vp} 로 설정하고 k_{vi} 를 원하는 과도특성 및 정상특성을 얻도록 설정하였다. 또한 인버터 측 시뮬레이션은 개루프 전달함수가 kp/s 형태를 취하도록 하는 일반적인 PI제어기 설계방법을 적용하여 교차각 주파수 $2000(\text{rad/sec})$ 을 기준으로 하여 위상이 -90 도를 유지하도록 제어기를 적용하였다.

3.2 실험 결과

실험은 인버터의 출력속도를 가변 설정한 상태에서 각각의 특성을 DA변환기를 사용하여 계측하였다. 그림 13에서 ch1은 속도지령, ch2는 자속전류(I_{dse}), ch3은 토오크전류(I_{qse})를 나타낸다. 속도는 $10[V]/1200[\text{rpm}]$ 이고, I_{dse} , I_{qse} 는 $10[V] / 250[A]$ 의 스케일로 나타내었다. 그림 13은 좌회전시의 인버터 동작상태를 나타냈다. 가속시와 감속운전시의 속도패턴과 전류의 계측으로부터 필요로하는 정속운전 속도와 정지시의 속도를 "0"으로 제어하는 기능이 수행되고 있음을 볼 수 있다.

그림 12 컨버터, 인버터 전달함수 보드선도

- (a) 컨버터 전류제어기
- (b) 컨버터 전압제어기
- (c) 인버터 D축 제어기
- (d) 인버터 Q축 제어기

Fig. 12 Converter, Inverter Transfer function Bode Diagram

- (a) Current Controller for Converter
- (b) Voltage Controller for Converter
- (c) D-Frame Controller for Inverter
- (d) Q-Frame Controller for Inverter

그림 14에서는 인버터측 속도제어 파형에 맞춰 컨버터의 제어상태를 보였다. 이 그림 (a)에서는 속도 지령에 따른 인버터측의 지령을 보였고 (b)의 ch3, ch4에는 컨버터단의 유효전력분전류지령(I_{qse_ref})과 출력치(I_{qes})를 보였다.

그림 14(a)의 속도 지령에 따른 그림 14(b)의 컨버터측 파형으로부터 감속 및 제동 돌입시에 전원회생제어가 이루어지고 있음을 알 수 있다.

이를 좀더 구체적인 형태로 그림 15 역을 및 전원회생 계측결과를 나타내었다. 이 그림에서 DC_Link 부하전류의 변동에 따른 계측파형을 보면 전원을 전동기측에 공급하는 모터링의 경우 동일 위상에서 입력상전압

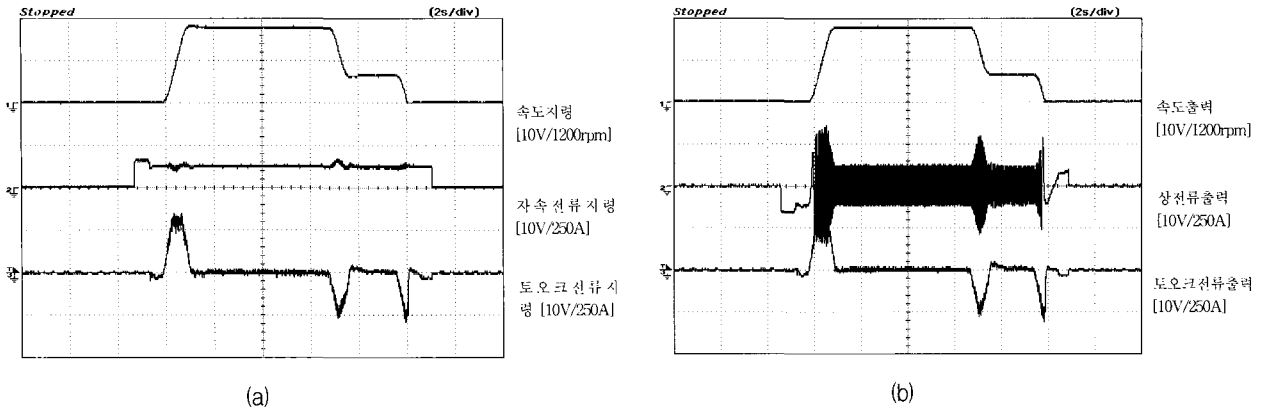


그림13 인버터 계측결과 (a) 좌회전시 인버터 지령파형, (b) 좌회전시 인버터 출력파형
 Fig.13 Inverter Measurement Result (a) Inverter reference wave in ccw direction, (b) Inverter output wave in ccw direction

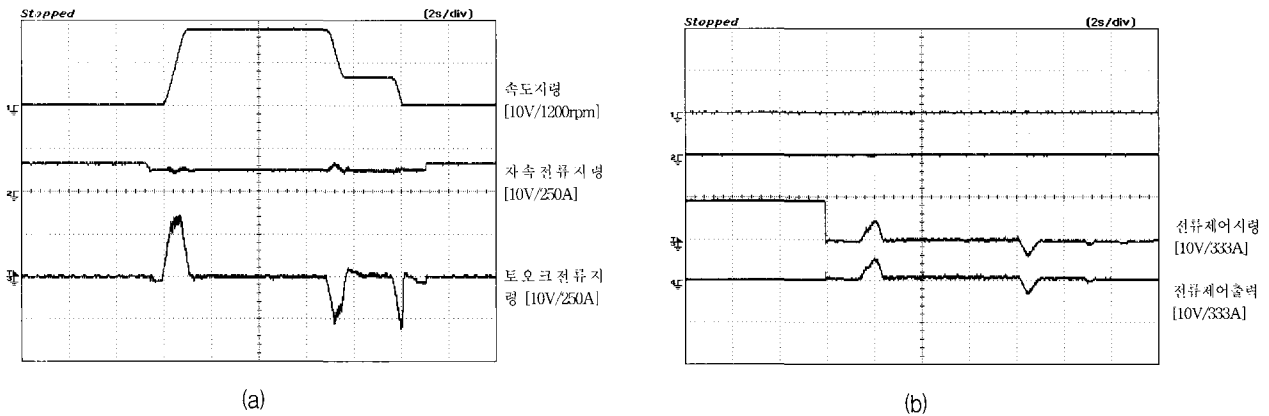


그림 14 컨버터 계측결과 (a) 우회전시 인버터 지령파형, (b) 우회전시 컨버터 지령, 출력파형
 Fig. 14 Converter Measurement Result (a) Inverter reference wave in cw direction, (b) Converter output wave in cw direction

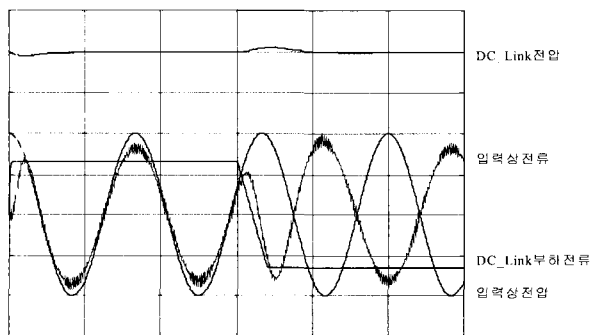


그림 15 역을 및 전원회생 계측결과
 Fig. 15 Power factor control and Regeneration Result

과 입력상전류가 중첩되는 모습을 보이는데 이로써 역률제어가 이루어지고 있음을 알 수 있고, 회생이 발생하는 경우에는 입력상전압과 입력상전류가 동위상에서 전류의 방향이 반전되는 형태를 보이게 되는데 이

로부터 전원회생이 동작하고 있는 것을 알 수 있다.

그림 13(a)의 실험 파형에서 가속분전류(Idse)가 가속 구간에서 약간의 흔들리는 점을 보이고 있으나 이는 실제 적용한 자속제어기의 튜닝상의 문제로 추정된다. 실험 파형으로부터 수직순환식 주차설비가 필요로 하는 운전 패턴지령에 따른 속도제어 특성과 전원회생제어 기능이 수행되는 상태를 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 새로이 구성된 수직순환식 기계식 입체주차설비용 제어기에 대하여 주 전동기를 제어하는 인버터반을 중심으로 실험하였다. 실험으로부터 인버터 측의 위치지령에 따른 속도패턴제어가 원활히 수행되는 점과 컨버터단의 역률제어를 포함한 전원회생제어가 수행되는 점을 확인함으로써 제어반 전체의 운전 성능을 확인하였다.

본 연구결과로부터 기존 제어방식이 적용되는 경우의 문제점인 차량의 주차공간인 파렛트를 호출하는 경우 승강장 정위치 제어 불능 문제와 이동속도가 잔존한 상태에서의 강제 제동에 따른 제동장치계통의 급속한 마모현상을 근본적으로 방지할 수 있었다. 앞서의 문제점에 기인한 제동시 주차설비 전체의 흔들림 문제도 효과적으로 저감할 수 있었다. 또한 요구되는 운전속도를 충족시키면서도 필요 동력 용량을 최소화하기 위한 방법으로 편하중률을 적용하였으며 허용치를 초과하는 편하중이 발생하는 경우에는 경부하 방향으로의 원거리 운전방식을 적용하였다. 컨버터단의 경우 역률제어를 포함한 진원회생기능을 부가함으로써 진원단의 수전용량을 축소시킬 수 있었으며 동작빈도수의 증가에 소비전력의 저감 효과를 확인할 수 있었다. 본 연구를 통해 다양한 형태의 기계식 주차설비의 구동제어에 있어서 에너지 저감효과와 함께 보다 효과적이고 정숙한 운전제어장치의 구현이 가능함을 보였다.

참 고 문 헌

[1] 都市交通問題調査會, "駐車場建設の手引き", pp. 83~93, 1992.
 [2] D.W.Novotny and T.A.Lipo, "Vector Control and Dynamics of AC Drives", Oxford Unive press Inc, pp. 257~314.
 [3] Peter Moreton, "Industrial Brushless Servo motors", Newnes Press, pp. 101~130, 2000.
 [4] Ion Boldea And S. A. Nasar "Electric Drives", CRC Press, pp. 31~52, 1998.
 [5] M.H RASHID, "POWER ELECTRONICS", Prentice-Hall, pp. 365~369, 1993.
 [6] G.C.BARNEY, LOHER AG, "ELEVATOR ELECTRIC DRIVES" ELLIS HORWOOD, pp. 100~122, 1990.
 [7] E.Ohtsuji, O. Miyashita, and A. Maeda, "A high-power-factor PWM rectifier without voltage sensors," Trans. IEE Jpn. Vol. 117-D, No.1, pp. 44~49, 1997.
 [8] 김병수, 이상훈, 최철, 김철우, "무효전력 제어기법에 의한 전원전압보상형 컨버터의 구성에 관한 연구", 대한전기학회논문지, 제48권 제6호, pp. 336~341, 1999.
 [9] 박상영, "엘리베이터용 유도 전동기 벡터제어의 초기 시정수 및 자동조정", 대한전기학회 전력전자 연구회 추계학술대회 논문집, pp. 80~83, 1998. 11. 28.
 [10] 김경덕, "엘리베이터용 유도전동기의 비간섭벡터제어에 관한 연구", 고려대 석사학위논문, 1990. 6.
 [11] 박신현, 김장목, 임익현, 류호선, "정지형 주파수 변환장치를 활용한 대용량 동기 발전 전동기 운전의 관련 연구", 전력전자학회 논문지, 제8권 6호, pp. 496~503, 2003.

[12] 박태식, 유지윤, "강인안정도 기법을 이용한 유도전동기 전류제어기 설계", 전력전자학회 논문지, 제8권 2호, pp. 165~172, 2003.

저 자 소 개



최 철(崔 哲)

1963년 11월 3일생. 1987년 중앙대 전기공학과 졸업. 1998년 부산대 전기공학과 졸업(석사). 2001년 동 대학원 전기공학과 박사과정 수료. 1987년~1999년 LG산전 창원공장 주차설비팀장. 1999년~현재 OTIS-LG 서보 R&D팀 부장.



이진하(李進夏)

1973년 10월 20일생. 1999년 부산대 전기공학과 졸업. 2002년 동 대학원 전기공학과 석사과정. 1999년~2000년 대한 전선(주). 2000년~현재 OTIS-LG 서보 R&D팀 근무.



김철우(金喆禹)

1942년 12월 5일생. 1969년 부산대 전기공학과 졸업. 1974년 일본 전기통신대학 전자공학과 졸업(석사). 1982년 일본 동경공업대 전기전자공학과 객원교수. 1986년 중앙대 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 부산대 전자전기통신공학부 교수. 당 학회 자문위원.