

3,300V 1MVA H-브릿지 멀티레벨 인버터 개발

朴英珉*, 金然達**, 李玄遠***, 李世鉉****, 徐光德****

Development of 3,300V 1MVA Multilevel Inverter using Series H-Bridge Cell

Y.M. Park, Y.D. Kim, H.W. Lee, S.H. Lee and K.D. Seo

요약

본 논문에서는 고압 대용량 전동기 구동용 멀티레벨 인버터의 종류 및 특징을 간략히 살펴보고, 특히 입출력 전력품질이 우수하고 전압별 시리즈화가 용이한 H-브릿지 멀티레벨 인버터의 구조적 특징 및 장점을 기술하였다. 연구 개발된 3,300V 1MVA 용량의 Cascaded H-브릿지 멀티레벨 인버터의 구체적인 전력회로 구조 및 설계방법, 제어기 구성 그리고 PWM 기법을 제시하였다. 또한, 실용량의 시험을 통해 H-브릿지 멀티레벨 인버터는 출력 전압 Step이 여러 단계이고 dv/dt가 적으며 입력단 THD를 크게 낮출 수 있어 성능 면에서도 여타 방식보다 우수함을 입증 하였다. 또한 생산적인 측면에서도 저압 소자를 사용하여 설계하므로 기존의 생산/시험 기술과 설비를 이용할 수 있어 매우 경제적이며 Power Cell 단위 결합 구조이므로 신뢰성 측면이나 보수/유지 측면에서도 유리하다는 결론을 얻었다.

ABSTRACT

In this paper, a type and special feature of Multi-level inverter used in medium-voltage and high-capacity motor driver is introduced. Especially, a power quality and structural advantages of H-Bridge Multi-level inverter is described. It presented the specific structure of power circuit, design method, controller composition and PWM techniques of the cascaded H-Bridge Multi-level inverter which is developed.

The feasibility of the developed product based on 3,300V 1MVA 7-level H-bridge inverter was studied by experiments and we get conclusion that 1)generate of near-sinusoidal output voltage; 2)is low dv/dt at output voltage; 3)reduce the harmonic injection at input;

Experiment demonstrate that it is very economical in productivity because of using the existing production technique and examination equipment, and has the reliability and a good maintenance due to the structure of Power Cell unit combination as well as low cost IGBT.

Key Words : Multilevel Inverter, Cascaded H-Bridge, Power Cell, Phase Shift, De-Rating Operation, Multi-Phase Transformer

1. 서론

*정회원, 현대중공업 기계전기연구소 연구원

E-mail : pym@hhi.co.kr

**정회원, 현대중공업 기계전기연구소 연구원

***정회원, 현대중공업 기계전기연구소 책임연구원

****정회원, 현대중공업 기계전기연구소 수석연구원

접수일자 : 2003. 8.25

1차심사 : 2003. 9.25

심사완료일 : 2003. 10.11

고압 대용량 인버터 기술 특징은 구조나 적용 소자 및 특성 면에서 거의 유사한 소용량급의 인버터와 달리 인버터 제작사에 따라 전력 회로 토폴로지가 다르고 적용 소자나 제어 기법도 상이하게 구성되어 있으며, 장기간의 시간과 많은 투자비용으로 기술 확보가 가능하

여, 대체로 선진 대기업에서 기술 개발을 주도하고 있다. 현재 ABB, Siemens, GE, Robicon 등이 독자적인 토폴로지 개념으로 신제품을 출시하고 있으며 세계 시장을 선점하고 있다. 국내의 대형 유도 전동기의 전압은 2,400V부터 7,200V로 다양하게 설계되어 있는데 반해, 전동기 가변속 장치인 고압 인버터는 전압이 다양하지 않아 강압 및 승압 변압기를 이용하여 여러 종류의 전동기에 적용하므로 가격 상승, 넓은 설치 공간 필요, 시스템 효율 감소, 변압기 누설 인덕턴스와 대지 정전 용량간의 공진 발생 등 많은 문제점이 야기되어 산업체 인버터 보급의 장애물로 대두되고 있다. 또한 인버터 적용 시 모션의 고조파 영향, PWM전압에 의한 전동기 열화, 진동, 절연, 에너지 절감액 평가저하 등으로 더욱 인버터 적용에 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 본 연구의 목표는 사용자의 다양한 요구에 대응할 수 있는 전압과 용량을 가지고, 전원의 전력품질을 보장하며 시장 경쟁력이 구비된 전력 토폴로지를 이용하여 인버터를 개발함에 있다.

본 논문에서는 고압 대용량 전동기 구동용 멀티레벨 인버터의 종류 및 특징을 간략히 살펴보고, 그 중에서 개발된 Cascaded H-브릿지 멀티레벨 인버터의 구체적인 전력회로 구조, 제어기 구성, 제어방법, 입출력 특성 그리고 사용자 요구에 대한 대응성 및 상품화 가능성에 관해 기술하고자 한다.

2. 멀티레벨 인버터의 개요

전압형 고압 대용량 인버터를 구성하기 위한 회로방식은 크게 스위칭 소자의 직렬연결에 의한 스위칭 소자의 고압화 방식과 멀티레벨 방식으로 나눌 수 있다. 소자 직렬 방식은 여러 개의 저압 스위칭 소자를 시리즈로 연결하여 등가의 고압 스위칭 소자를 구성하는 방법으로 이 경우 회로 동작은 저압 2-level 인버터와 동일하다.

멀티레벨 인버터 방식 중 가장 오래된 방식이 NPC(Neutral Point Clamped) 방식으로 다이오드를 통하여 스위칭 소자에 걸리는 전압을 clamp하여 소자의 전압 분배가 일정하도록 하는 방식이다. 인버터 출력전압을 증가시키려면 NPC 방식을 확장하여 멀티레벨로 구성하여야 하며 이 경우의 회로 구성은 한 상당 여러 개의 스위치와 clamping 다이오드로 구성된다. 또한 직류링크도 여러 개의 커패시터에 의한 전압 분배회로가 되어야 한다.

3-level의 NPC 방식을 확장하여 멀티레벨의 Diode

clamped 방식으로 회로를 구성할 경우 clamping 다이오드에 걸리는 전압 스트레스가 일정치 않고 직류단 커패시터의 전압 balance문제가 용이하지 않다. 이를 개선하기 위한 방식이 Flying capacitor방식이다. 이 방식은 커패시터에 의해 소자의 전압을 balancing 하는 방식으로 Diode clamped 방식의 문제점을 어느 정도 보완할 수 있다.

또 다른 멀티레벨 방식은 Cascaded 방식으로 소자를 직렬 연결하는 방식 대신에 단상 H-브릿지로 구성된 Power Cell을 시리즈로 연결하는 방식이다.

이 경우 각 Power Cell은 독립된 직류링크를 가지므로 별도의 clamping 회로가 없이도 스위치에 일정전압이 걸리게 된다. 그러나 각 Power Cell의 직류링크

표 1 인버터 토폴로지 주요특성 비교¹⁾
Table 1 Main Features of Inverter Topology

	SC2L	DCML	CCML	H-BML
전압 Step	1	많다	많다	매우 많다
출력 THD	크다	작다	작다	매우 작다
제어	간단	복잡	복잡	복잡
Voltage balance of dc link	Good	DC link capacitor voltage balancing	Clamp capacitors voltage balance	불필요
Filtering 요구	High	Low	Low	Very low
최대 모터 전압	3.3kV (Filter-less) 6.6kV (Filter)	3.3kV (Filter-less) 4.2kV (Filter)	3.3kV (Filter-less) 4.2kV (Filter)	6.6kV (Filter-less) 7.2kV (Filter-less)

표 2 고압대용량 인버터 제작사 전력회로 토폴로지 비교
Table 2 Comparison of high voltage and high power Inverter Topology in manufacturers

제작사	제품명	전력회로 형태	전력소자
ABB	ACS1000	NPC	IGCT
GE	MV-GP-G	NPC	IGBT
	MV-GP-H	Cascaded	IGBT
ALSTOM	VDM6000	Flying Capacitor	IGBT
	VDM7000	NPC	GTO
SIEMENS	SIMOVERT	NPC	IGBT
ROBICON	P-HARMONY	Cascaded	IGBT
MITSUBISHI	MELVEC 3000	NPC	GTO
	MELTRAC F500	Cascaded	IGBT
TOSHIBA	TOSVERT	Cascaded	IGBT

크는 절연되어야 한다.^[1]

표 1은 전동기 가변속 장치용 고압 대용량 인버터 토폴로지 주요특성(SC2L: Series Connected 2-Level, DCML: Diode Clamping Multi-Level, CCML: Capacitor Clamping Multi-Level, HBML: H-Bridge Multi-Level)이며, 표 2는 해외 선진업체에서 상용화된 멀티레벨 인버터 토폴로지이다.

3. H-브릿지 멀티레벨 인버터의 특징

H-브릿지 인버터 시스템의 각 상은 직렬 접속된 여러 개의 Power Cell로 구성된다. 각 Power Cell은 독립된 단상 인버터 구조이며 여러 개의 Power Cell을 직렬로 연결함으로써 저전압 Power Cell, 즉 저전압 전력용 반도체를 사용하여 고전압을 얻을 수 있고, 또한 Power Cell의 수에 따라 출력 전압 레벨(level)의 수가 증가하여 정현파에 가까운 전압 파형을 얻을 수 있다. 전원 계통과 연결된 입력부는 2차측이 지그재그 또는 확장 델타 결선방법의 여러 개의 탭을 갖는 변압기로 연결된다. 입력측 변압기는 두 가지의 용도로 사용된다. 첫번째 용도는 H-브릿지 인버터의 각 Power Cell에 독립된 전원을 공급하기 위함이고, 두번째 용도는 2차측 탭간에 위상차를 두어 Multi-pulse 방식의 정류기형 컨버터를 구성함으로써 기존의 6-pulse 정류 방식에 비하여 아주 낮은 입력단 THD(total harmonic distortion)를 얻기 위함이다. 일반적인 멀티레벨 방식의 인버터는 고정된 회로 방식이므로 다른 인버터 출력 전압 레벨에 대한 응용이 어렵다. 그러나 Cascaded 방식의 H-브릿지 인버터는 Power Cell 수를 조정함으로써 전압 level을 손쉽게 바꿀 수 있어 여러 종류의 전압에도 손쉽게 대응할 수 있는 장점을 가져 좀더 유연한 방식이라 할 수 있다. 또한 시스템이 동일한 Power Cell의 조합이므로 고장시 Power Cell 단위 교체가 가능하여 평균 고장 수리 시간을 수 분 이내로 짧게 할 수 있고 또한 여유분의 Power Cell만을 확보하면 되므로 여분 부품(Spare Part)에 대한 부담이 적다.^[3] Protection은 Cell 단위의 고장감시, 그리고 시스템 단위의 고장 감시 기능으로 분리하여 좀더 신뢰성 있고 유연한 고장 감시 및 진단 기능을 구현할 수 있다. 시스템이 정지되어서는 안 되는 중요 부하의 경우는 각 셀의 출력을 bypass 시킬 수 있는 보조 스위치를 장착함으로써 고장시 고장 수리 기간동안 시스템이 정지하지 않고 전압만을 낮추어 운전할 수 있도록 하는 정격감소 운전(De-Rating Operation)이 가능하다.

이러한 면에서 Cascaded 방식의 H-브릿지 인버터는 유리한 전력 토폴로지라고 할 수 있다. H-브릿지 인버터의 구조적 특징과 입출력 특성을 요약하면 다음과 같다.

구조적 특징

- 1) 독립적이고 절연된 DC Link를 갖는 단상 인버터의 직렬 연결
- 2) 전력회로로 대한 완전한 모듈(Module)화 가능
- 3) 저압의 IGBT로 구성되기 때문에 경제적
- 4) 모듈(Module) 단위로 설계되기 때문에 전압정격 증대가 용이함 (인버터 전압별 시리즈화 용이)
- 5) 개별 Power Cell 고장 발생시에도 운전 가능 (De-Rating Operation)

입출력 특성

- 1) 개별 Power Cell의 PWM 위상전이(Phase Shift)를 이용한 출력의 멀티레벨화
- 2) 낮은 스위칭 주파수에서도 적은 출력 고조파
- 3) 다중 펄스 변압기를 사용함으로써 입력 THD가 낮다.(입력필터 필요 없음)
- 4) 전압 Step이 여러 단계이므로 출력 THD가 낮다.(출력필터 필요 없음)
- 5) 전압반사 영향이 작기 때문에 인버터와 전동기 사이의 거리가 멀어도 설치 가능

4. 개발된 H-브릿지 멀티레벨 인버터

그림 1은 3,300V 1MVA H-브릿지 인버터 전력회로 구성도이다. 시스템 입력측에는 전원분리와 전력품질을 위하여 다권선 변압기가 사용되며,^[4] 변압기 1차측은 3,300V이고 2차측은 665V이다. 111kVA 635V Power Cell을 상당 3개씩 연결함으로써 9개의 구성으로 3,300V 1MVA를 출력한다. 출력 전압 Step은 상전압 기준으로 7Level이며 전압 스텝(Step)의 크기는 898V이다.

그림 2는 개발된 제품의 정면 사진으로 패널 내부 공간을 변압기공간과 Cell 인버터 공간으로 크게 분리한 후 제어부는 인버터 시스템 전체 폭 크기를 줄이기 위해 2중 구조로 하였다. Cell 인버터 공간은 동일 구조 동일 용량의 Power Cell을 3상 인버터 결선이 용이하게 배치하였으며 방열판을 후면으로 배치한 후 Fan을 이용 강제 냉각시키는 형태로 설계하였다.

표 3 시스템 사양

Table 3 Specifications of System

항 목	Specification
인버터 Typr	Isolated Series H-Bridge Inverter
용 량	1MVA
입력 전압	3,300V
입력 주파수	50/60Hz
Power Quality	입력전류 TDD<5% 출력전류 THD<3%(전동기 부하)
출력 전압(선간)	0~3,300V(3상)
출력 주파수	0~120Hz
제어 방식	V/F운전, 센서리스 벡터제어
전력소자&변조방식	IGBT, 정현파 PWM 방식
냉 각	강제 공냉

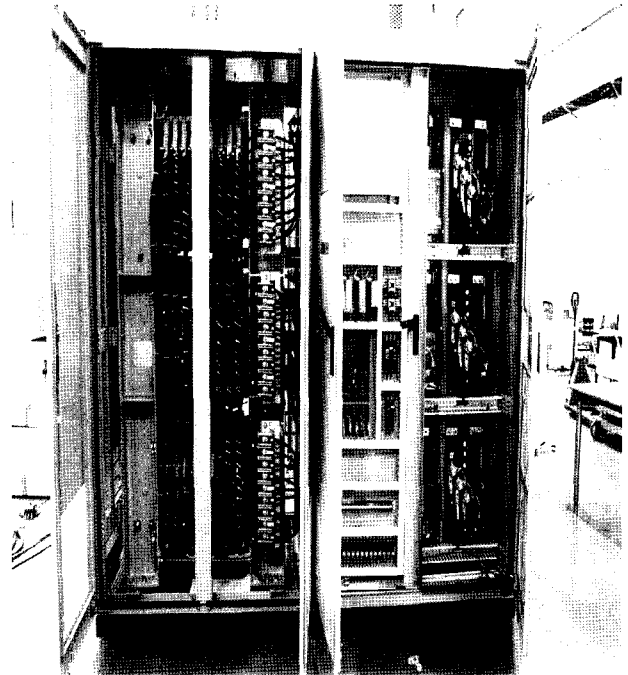


그림 2 3,300V 1MVA H-브릿지 멀티레벨 인버터
Fig. 2 3,300V 1MVA H-Bridge Multilevel Inverter

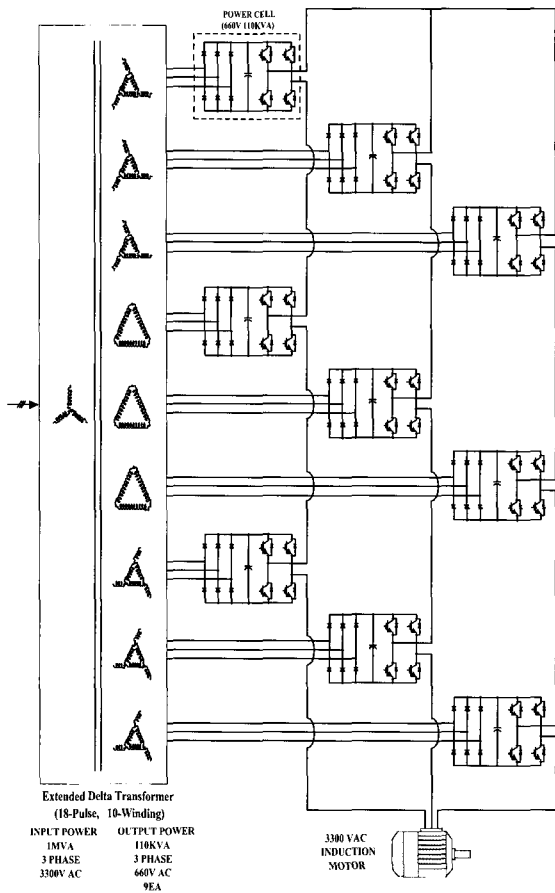


그림 1 3,300V 1MVA H-브릿지 인버터 구성
Fig. 1 3,300V 1MVA H-Bridge Inverter Configuration

4.1 전력회로 구조 및 설계방법

3,300V 1MVA H-브릿지 전체 시스템, Power Cell 그리고 입력변압기의 구체적 설계 사양은 다음과 같다.

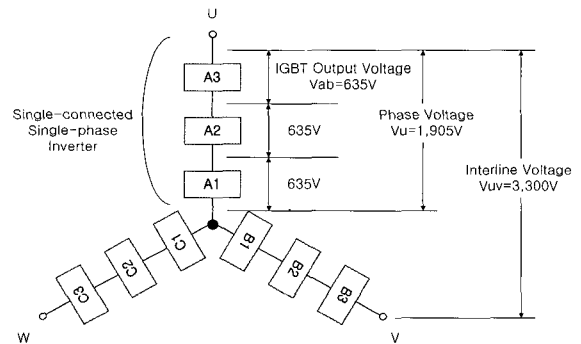


그림 3 3Layer 9EA Power Cell로 구성된 H-브릿지 인버터 전력회로
Fig. 3 Inverter Stacking Configuration with 3Layer 9EA Power Cell

1) System Specification

- Capacity : 1MVA
- Rating Voltage : 3,300V
- Rating Current : $1MVA / (3,300V * \sqrt{3}) = 175A$
- Phase Voltage : $3,300V / \sqrt{3} = 1,905V$
- Type : Single-phase full-bridge 3series(N=3) connected H-Bridge Inverter
- Rectifier : 6pulse x N = 18 Pulse 3Φ Diode Rectifier

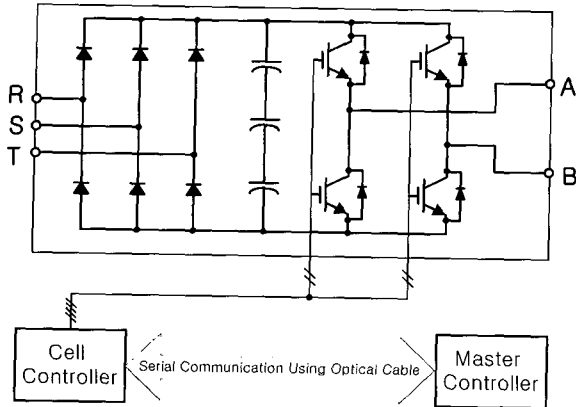


그림 4 H-브릿지 인버터 Power Cell 구성
Fig. 4 H-Bridge Inverter Power Cell

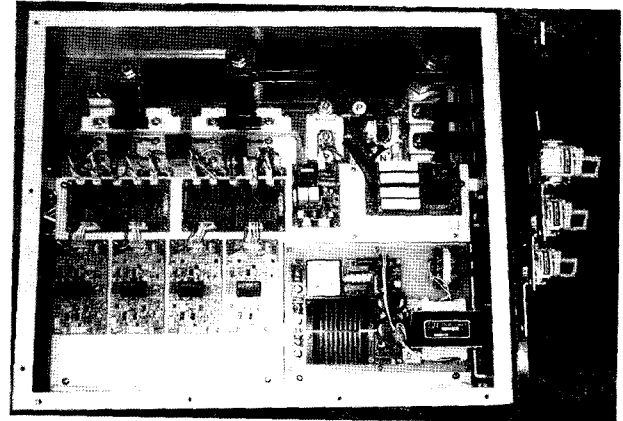


그림 7 내 부
Fig. 7 Inner Side

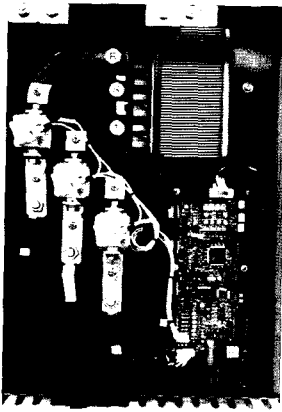


그림 5 전 면
Fig. 5 Front Side

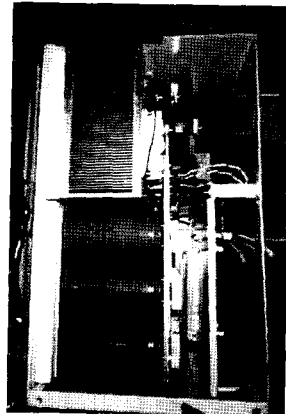


그림 6 뒷 면
Fig. 6 Back Side

Inverter Output Level : $2N+1 = 7$ Level
Inverter Output Voltage Step : 898V

그림 3은 3,300V 출력을 내기 위한 Power Cell로 구성도이다. 출력 선간전압 3,300V을 위해 상전압은 1,950V이고, 저가형 IGBT를 이용한 Power Cell을 고려하여 635V Power Cell을 상당 3개씩 연결함으로써 9개 구성으로 출력 3,300V를 만들었다.

2) Power Cell Specification

Power Cell Input : 3 ϕ Diode Rectifier
Power Cell Output : 1 ϕ PWM Inverter
Power Cell Capacity : 1MVA / 9EA = 111KVA
Power Cell Output 1 ϕ Voltage : $1,905V / 3 = 635V$
Power Cell Output 1 ϕ Current : $111KVA / 635V = 175A$

Power Cell DC-Link Voltage : $635V / 0.707 = 898V$
Power Cell Input 3 ϕ Voltage : $898V / 1.35 = 665V$
Power Cell Input 3 ϕ Current : $111KVA / (665V * \sqrt{3}) = 97A$

Switching Device : 1,700V IGBTs
Switching Frequency : 1kHz
DC Link Capacity : 11,000 μ F
Cooling : Forced-air
Overload Capacity : 120% of rated output for 60s (Option: 150% for 60s)

그림 4는 Power Cell의 구성도로서 입력은 3상 다이오드 정류기이고 출력은 IGBT로 구성된 단상 PWM 인버터이고,^[5] 각 Power Cell의 출력을 bypass 시킬 수 있는 보조 스위치를 장착함으로써 고장시 고장 수리 기간동안 시스템이 정지하지 않고 출력 전압만을 낮추어 운전될 수 있도록 하는 것이 가능하다.^[6] 각 Cell 마다 제어기가 있으며 주 제어기와 직렬통신에 의해 데이터를 교환하며 신뢰성과 절연을 고려하여 광케이블로 구성된다. 그림 5에서 그림 7은 제작된 Power Cell의 전면, 뒷면 그리고 내부 사진이다.

3) Input Transformer

Type : Dry, 18 Pulse, 10 Winding
1st Connection: Wye
2nd Connection: Extended Delta Connection
1st Voltage/Current : 3 ϕ 3,300V / 175A
2nd Voltage/Current : 3 ϕ 665V / 97A
2nd No. : 3 layer x 3 ϕ = 3 ϕ 9EA

2nd phase : $360^\circ / 18 \text{ Pulse} = 20^\circ$
 %Z : 8%
 Cooling : Forced air-cooled type

시스템 입력측에 사용된 변압기는 3,300V 1MVA, 18펄스 10권선으로 구성되며, 인버터의 각 Power Cell 에 독립된 전원을 공급한다. 또한, 전원의 전력품질을

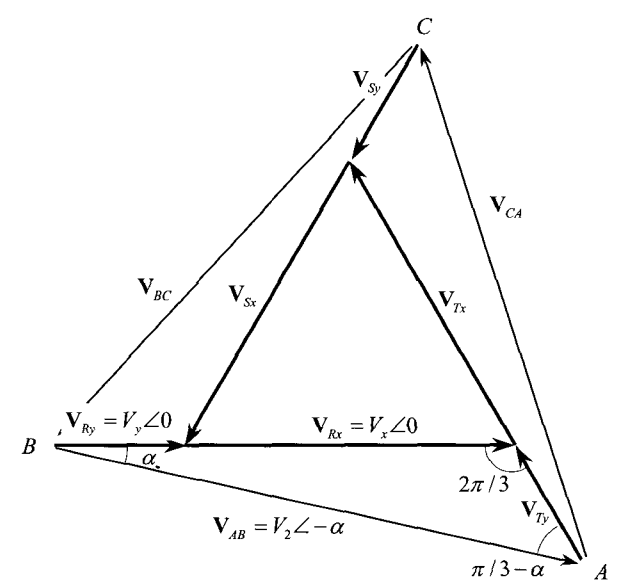
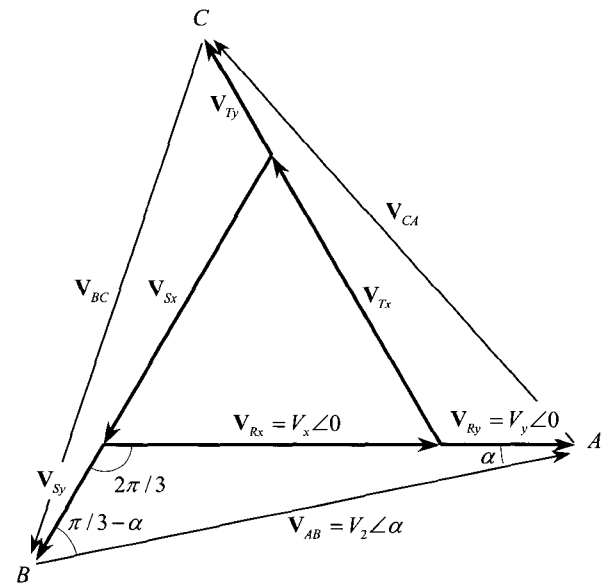
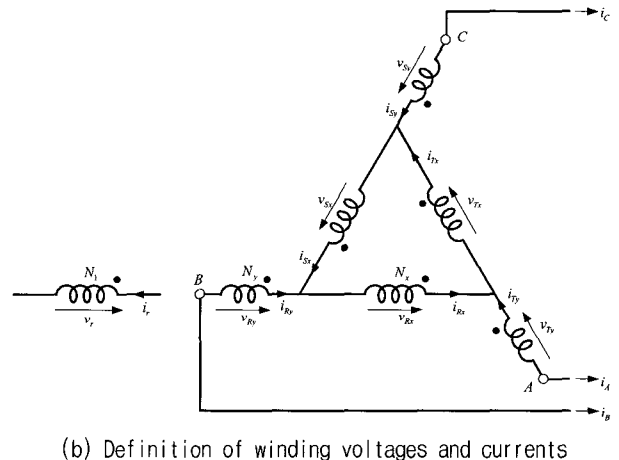
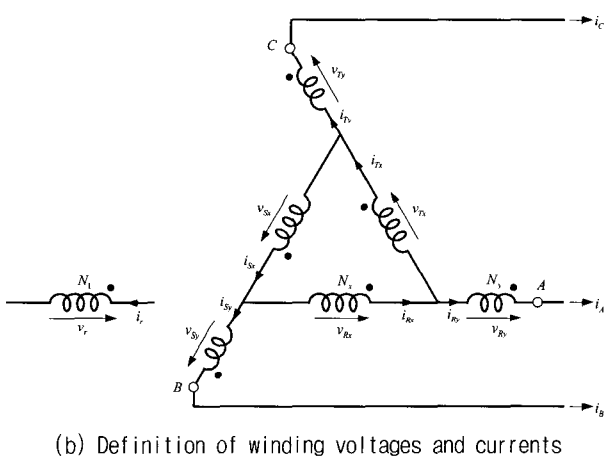
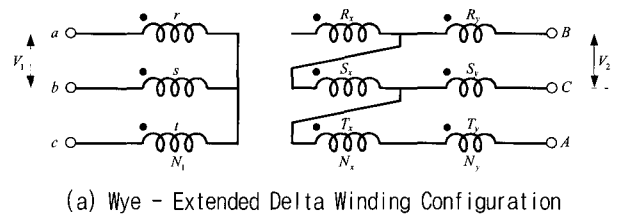
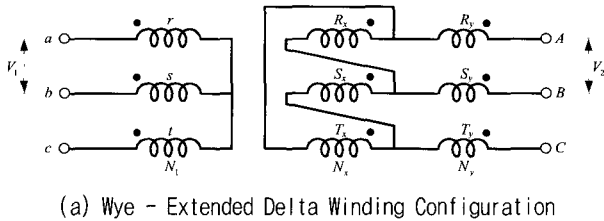


그림 8 다권선 변압기 벡터도(Positive Phase Shift)
 Fig. 8 Vector Diagram of Multi-Phase Transformer

그림 9 다권선 변압기 벡터도(Negative Phase Shift)
 Fig. 9 Vector Diagram of Multi-Phase Transformer

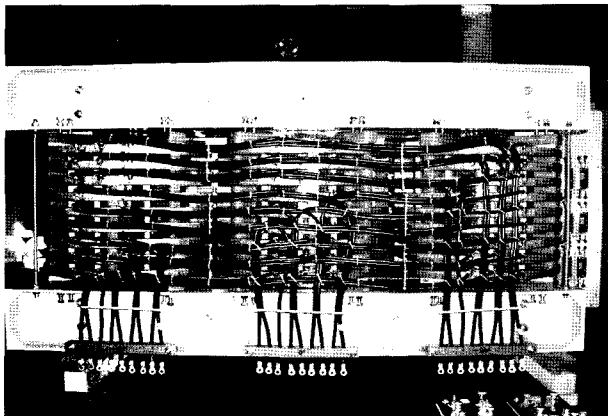


그림 10 입력 변압기(3,300V 1MVA, 18펄스 10권선)
Fig. 10 Input Transformer(3,300V 1MVA, 18Pulse 10Winding)

위하여 다권선 변압기가 사용되며, 2차 출력간에는 20° 위상차가 나며 1차 권선은 Y결선, 2차 권선은 확장 Δ결선이다. 변압기 %임피던스를 높여 개별 Power Cell은 초기충전 회로 없이 직충전을 하였고, Common Mode 전압을 저감하였다. 그림 8과 그림 9는 2차측이 확장 델타 형태로 구성된 변압기의 벡터도이고, 그림 10은 제작된 입력변압기 사진이다.

4.2 제어기 구성 및 PWM

본 시스템의 제어기는 주 제어기와 셀 제어기의 두 가지로 구성된다. 주 제어기는 전동기 가변속 제어를 위한 제어기를 내장하며 이에 필요한 전압/전류 값을 계산한다. 또한 시스템 level에서의 감시 및 진단, 모니터링, 보호, MMI, 통신, 기타 보조 기능을 수행한다. 셀 제어기는 각 셀마다 위치하며 시스템 제어기의 지령치에 따라 필요한 PWM 전압제어 및 위상제어를 하며, 또한 셀 단위의 감시 및 보호 기능을 갖는다. 주 제어기는 각 셀 제어기와 광케이블로 이루어진 고속 링크로 연결되며, 직렬통신을 이용하여 데이터를 주고받는다. 주 제어기는 고기능 DSP와 주변회로로 구성되며 셀 제어기는 주변회로 기능이 포함된 one-chip DSP로 구성된다. 주 제어기와 셀 제어기의 통신은 CAN(Controller Area Network)을 이용하였다.

그림 11은 주 제어기와 셀 제어기의 기능 및 직렬통신 블록 구성도로서 주 제어기는 전동기 속도와 인버터 출력 전류를 받아들여 전동기 속도 및 전류제어를 수행한다. 전류제어의 출력인 3상의 전압 기준값을 각 상별로 동기를 맞추어서 광 케이블을 이용한 CAN

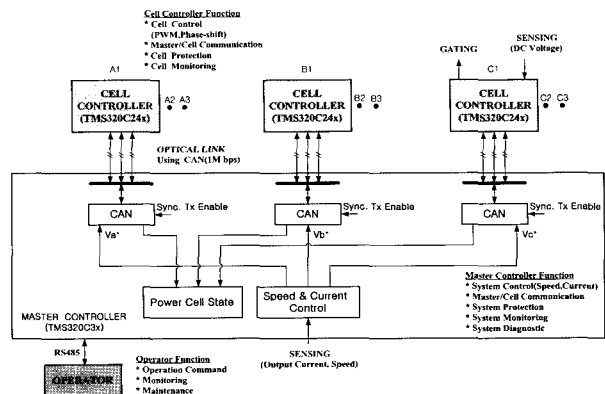


그림 11 H-브릿지 인버터 제어기 구성
Fig. 11 H-Bridge Inverter Controller Configuration

표 4 MASTER/CELL 송수신 DATA

Table 4 MASTER/CELL Transmit-Receive DATA

Master ⇒ Cell (Interval:Sampling Time)	Cell ⇒ Master (Interval:Sampling Time*N)
1.Sequence(Run,Stop)	1.Power Cell Number
2.Voltage Reference	2.Communication Check
3.Sampling Time	3.Power Cell Fault
4.Power Cell Total Number per Phase	4.DC Link Voltage
5.Failed Power Cell Number	
6.Failed Power Cell Location	
7.Response Power Cell	

통신을 통하여 셀 제어기로 데이터를 송신한다. 셀 제어기는 Power Cell의 DC Link 전압을 센싱하며, 센싱된 전압과 주 제어기의 전압 기준값을 사용하여 PWM 신호를 만든다. Power Cell의 위상제어는 주 제어기에서 송신되어 오는 한 해당 Power Cell의 갯수, Power Cell 고장시 고장 Power Cell의 갯수 및 위치 그리고 각 Power Cell의 위치 정보를 이용한다. 표 4는 주 제어기와 셀제어기 사이의 통신 간격 및 송신수 DATA의 종류를 나타낸다.

그림 12는 CAN통신 인터럽터를 이용한 3Layer H-브릿지 인버터의 PWM 동기화 및 위상전이 방법에 관한 것이다. 각 Layer의 셀 제어기는 CAN Receive 인터럽터를 기준으로 위상 전이(Shift)의 기준 시점을 정하고 첫 번째 Layer에서는 위상 전이 없이 PWM을 만들고, 두 번째 Layer부터 제어기 내부 타이머를 이용하여 전이 양을 제어한다.

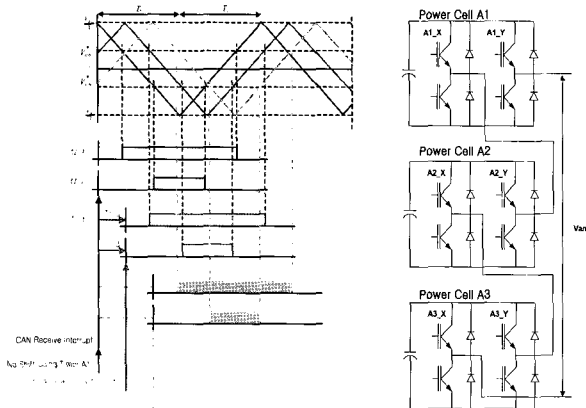


그림 12 CAN통신 인터럽터를 이용한 3Layer H-브릿지 인버터 PWM

Fig. 12 PWM Method of 3Layer H-Bridge Inverter using CAN Interruption

5. 실험을 통한 검증

그림 13은 Power Cell 인버터 입력전류이고, 그림 14는 변압기 1차측 전류로 변압기 2차측 권선간의 위상차에 의해 2차 전류의 합성으로 나타나기 때문에 거의 정현파에 가까운 전류가 흘러 입력 고조파 측면에서 우수한 특성을 나타낸다.

그림 15는 Power Cell 위상 전이 실험으로 개별 Power Cell 출력전압의 위상차는 168μsec이며, 그림 16은 해당 Power Cell 3개를 3상에 연결하여 정격 전압 3,300V 인가했을 때 출력전압으로 전압 Step이 여러 단계임을 알 수 있다. 그림 17에서 그림 19는 주파수별

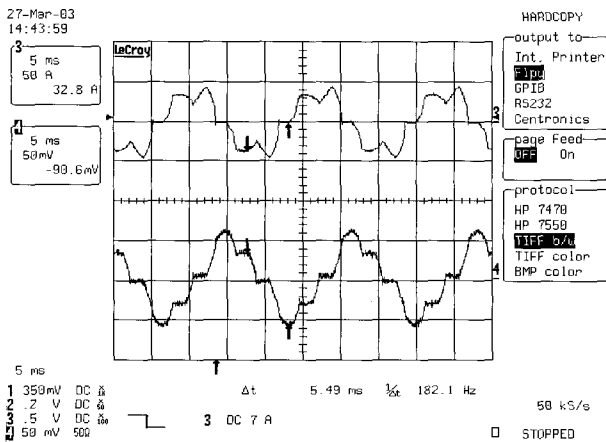


그림 13 Cell 인버터 입력전류
Fig. 13 Input Currents of Power Cell Inverter

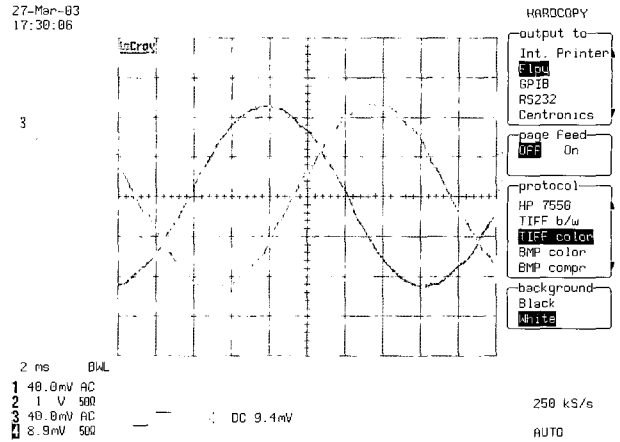


그림 14 변압기 1차 전류
Fig. 14 The 1st Currents of Input Transformer

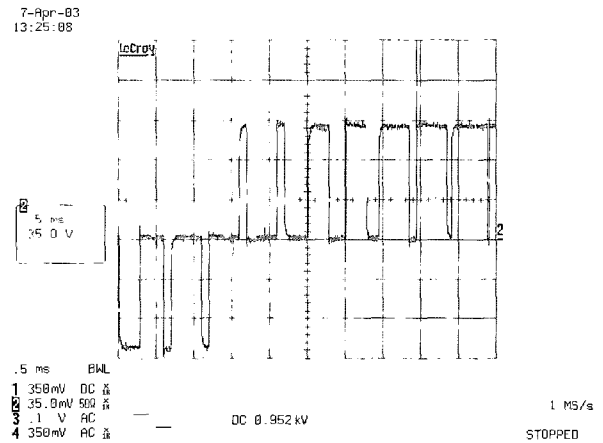


그림 15 Power Cell 위상 전이 시험
Fig. 15 Experiment of Power Cell Phase-Shift

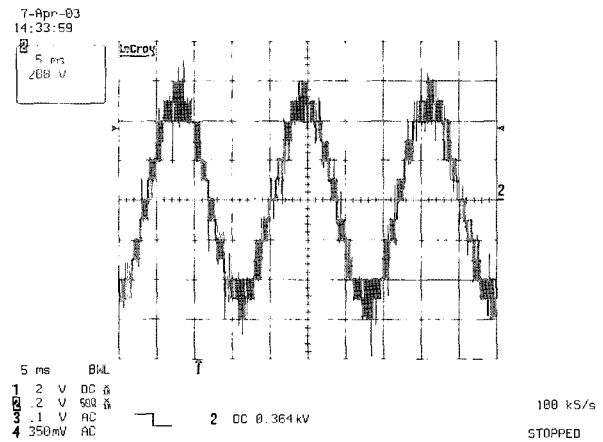


그림 16 선간출력전압:3,300Vrms(2,000V/div.)
Fig. 16 Output Interline Voltage:3,300Vrms(2,000V/div.)

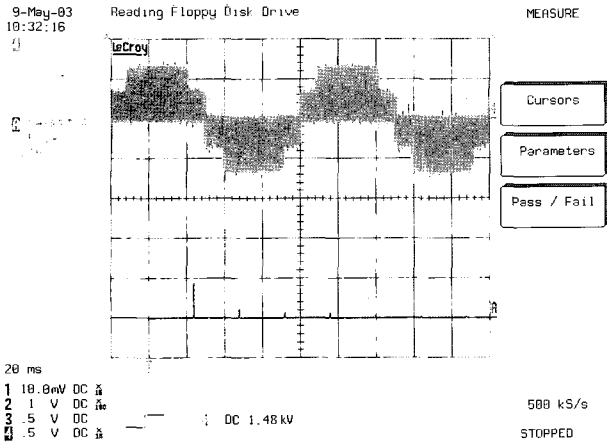


그림 17 10Hz 운전시 선간 출력전압
Fig. 17 Output Interline Voltage in 10Hz Operation

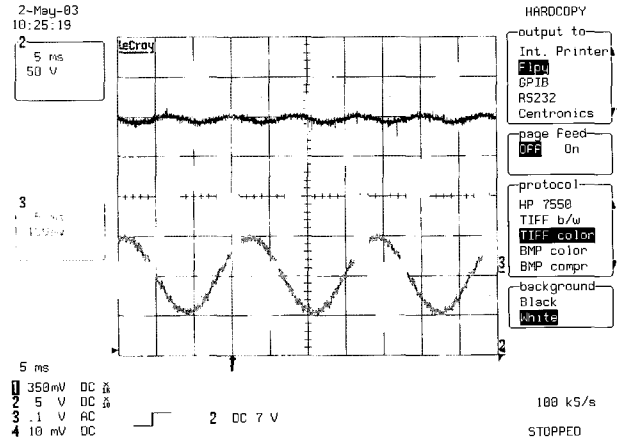


그림 20 60Hz 운전시 선간 출력전압, 전류 및 DC Link 전압
Fig. 20 Output Interline Voltage, Current and DC Link Voltage in 60Hz Operation

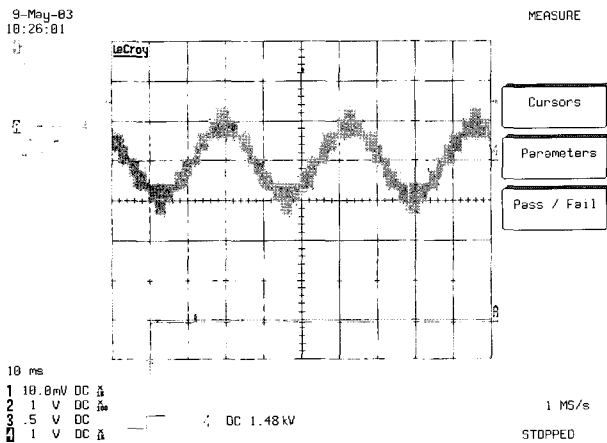


그림 18 30Hz 운전시 선간 출력전압
Fig. 18 Output Interline Voltage in 30Hz Operation

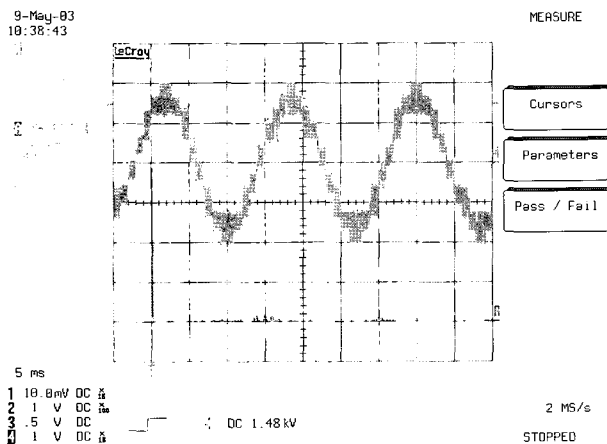


그림 19 60Hz 운전시 선간 출력전압
Fig. 19 Output Interline Voltage in 60Hz Operation

출력전압이고 그림 20은 60Hz 운전시 출력전압, 전류 그리고 Power Cell의 DC Link 전압이다.

5. 결 론

본 연구에서 개발된 전동기 가변속 장치인 대용량 인버터는 전력회로를 구성하는 여러 토폴로지 중 전압 및 용량변경에 쉽게 적용할 수 있고 시장 경쟁력이 있는 저 전압용 IGBT를 이용할 수 있는 Cascaded 방식의 H-브릿지 토폴로지를 선정하여^[7] Power Cell 수를 조정함으로써 3,300V급 인버터 이외에도 2,400V급, 4,160V급 또는 6,600V이상의 고압에도 쉽게 대응할 수 있는 유연성을 가지도록 시스템을 설계 하였다.

3,300V 1MVA 용량을 시험을 통해 인버터 출력 전압 Step이 여러 단계이고 dv/dt가 적으며 입력단 THD를 크게 낮출 수 있어 성능 면에서도 여타 방식보다 우수함을 입증 하였다. 또한 생산적인 측면에서도 저압 소자를 사용하여 설계하므로 기존의 생산/시험 기술과 설비를 이용할 수 있어 매우 경제적이며 Power Cell 단위 결합 구조이므로 신뢰성 측면이나 보수/유지 측면에서도 유리하다는 결론을 얻었다.

참 고 문 헌

[1] Bor-Ren Lin; Yuan-Po Chien; Hsin-Hung Lu; "Multilevel inverter with series connection of H-bridge cells", Power Electronics and Drive Systems, 1999. PEDS '99. Proceedings of the IEEE 1999 International Conference, Volume: 2, pp. 859-864,

1999.

- [2] Shakweh, Y.; Lewis, E.A.; "Assessment of medium voltage PWM VSI topologies for multi-megawatt variable speed drive applications", *Power Electronics Specialists Conference, 1999. PESC 99. 30th Annual IEEE*, Volume: 2. pp. 965-971, 1999.
- [3] Perter W. Hammond, "A New Approach to Enhance Power Quality for Medium Voltage AC Drives", *IEEE Trans. on IA*, Vol. 33, No. 1, pp. 202-208, 1997, Jan/Feb.
- [4] Hammond, Peter W., Hammond, "Medium voltage pwm drive and method", *United States Patent Number 5625545*, 1997. 4. 29.
- [5] Ichikawa, Kosaku; Hirata, Akio; Kawakami, Kazuto; Satoh, Kazuhiro; "Multiple inverter system", *United States Patent Number 6229722*, 2001. 5. 8.
- [6] Hammond, Peter W.; Aiello, Marc F.; "Multiphase power supply with plural series connected cells and failed cell bypass", *United States Patent Number 5986909*, 1999. 11. 16.
- [7] 서광덕, 김종규, 박영민, 조성준, "멀티레벨 인버터의 기술 동향 및 제어특성 연구", 전력전자학회 하계학술대회, pp. 339-342, 2002. 7. 3-6.



이현원(李玄遠)

1960년 9월 18일생. 1985년 성균관대 전기공학과 졸업. 1997년 고려대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1985년~1988년 청계기전 근무. 1988년~현재 현대중공업 기계전기연구소 책임연구원.



이세현(李世鉉)

1960년 5월 13일생. 1981년 충북대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1984년~현재 현대중공업 기계전기연구소 수석연구원.



서광덕(徐光德)

1964년 2월 22일생. 1986년 부산대학교 전기공학과 졸업. 1989년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1991년~현재 현대중공업 기계전기연구소 수석연구원.

저 자 소 개



박영민(朴英珉)

1969년 12월 8일생. 1996년 성균관대 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998년~현재 현대중공업 기계전기연구소 연구원.



김연달(金然達)

1963년 2월 19일생. 1988년 수원공업전문대학 기계과 졸업. 1987년~현재 현대중공업 기계전기연구소 연구원.