

수용가용 30kVA급 IGBT형 STATCOM 개발

임수생*, 이은웅*, 김종겸**, 손흥관***, 조현길****, 정중호*****
 충남대*, 원주대학**, 전기연구원***, LGIS****, 서초전자공고*****

The Development of 30KVA IGBT-type Customer STATCOM

Su-Saeng Lim*, Eun-Woong.Lee*, J.K. Kim**, H.K. Sohn***, H.K. Cho****, J.H. Jeong*****
 Chungnam Nat'l Univ.*, Wonju Tech. College**, KERI***, LGIS****, Seocho Tech. High School*****

Abstract - Power quality refers to voltage quality and current quality. Voltage quality means supply reliance such as voltage sag, voltage swell, and short-time interruption. Current quality is related to power factor, harmonic distortion, negative-sequence and zero-sequence current.

We fabricated Customer STATCOM to improve current quality such as reactive power, harmonic distortion, and load imbalance. In this paper, We summarize the spec. of STATCOM, its hardware configuration, and control system.

1. 서 론

전력품질은 전압꺼짐(Voltage sag), 전압부품(Voltage swell), 단기정전 등 공급신뢰성과 관련된 전압품질과 역률, 고조파전류, 역상분/영상분 전류 등과 같은 전류품질 문제로 구분할 수 있다.

본 연구팀은 무효전력, 고조파왜곡, 부하불평형 등 전류품질을 개선할 수 있는 STATCOM을 제작하였다. 본 논문에서는 STATCOM의 사양과 하드웨어, 제어시스템을 설명하고자 한다.

2. STATCOM 하드웨어

공칭전압 3Φ 380V과 평균 수전용량인 100kVA의 중소용량 산업용 수용가에서 사용할 수 있는 용량으로 3Φ 380V 30kVar STATCOM을 설계·제작하였다.

2.1 STATCOM 하드웨어

수용가 인입구 또는 개별 부하에 병렬로 접속되는 STATCOM은 무효전력뿐만 아니라 고조파왜곡, 플리커, 부하불평형시의 역상분, 영상분 불평형 전력으로 인해 발생하는 전류품질 저하를 개선할 수 있는 전력품질 개선장치이다.

STATCOM은 그림 1과 같이 3상전압원 컨버터, 결합리액터, 직류링커패시터와 직류전압 충전부로 구성된다.

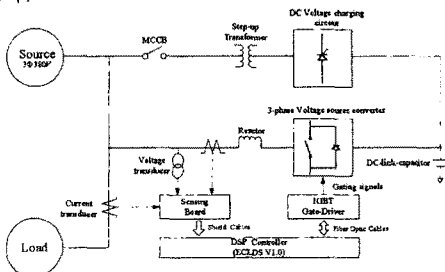


Fig.1 STATCOM configuration

STATCOM의 제원을 나타낸다. 12KHz의 스위칭 주파수로 동작하며, 보상속도는 역할에 따라 최대 1사이클이내, 정확도는 ±1[%]이내이다. 컨트롤러로는 본 연구실에서 제작한 ECLDSP v1.0을 사용하며, PWM신호는 VHDL로 작성된 공간벡터PWM로직을 탑재한 ASIC에 의해 구현되고, 그리고 수동, 게이트드라이버 및 ECLDSP v1.0 등에 의해 STATCOM 보호기능이 수행된다.

Table 1. Spec. of 30KVA Cusotmer STATCOM

Section	Parameter	Sym bol	Value
General	Phase	Φ	3 ph
	Rated voltage	V _s	380 [V]
	Rated Capacity	VA	30 [KVA]
	Rated current	I _c	45 [A]
	Type	-	3-phase voltage-source converter
	Installation	-	Medium-scale Industrial Customer
	Compensation Function	-	① Reactive Power ② Harmonic Distortion ③ Flicker Voltage ④ Load Imbalance
	Compensation speed	-	less than 1 cycle
	Compensation accuracy	ε	± 1.0[%]
	circuit	Power semiconductor	-
Controller		-	ECLDSP ver. 1.0 (TMS320C31 50MHz)
Gating signal Transmission		-	Fiber Optical
Reactor		L	1. 3 [mH] tap, 45A
DC link Capacitor		C	13,200 [μF], 800WV
DC bus voltage		V _{dc}	648 [V]
Switching frequency		f _{sw}	12 [kHz]
control	Control sampling period	T _s	82 [μs]
	PWM control	-	Space-vector PWM ASIC written by VHDL
	Current control	-	Predictive current control
	Protection	-	① Gate signal ② AC-side OV & OC ③ DC-side OV & OC by Manual, GateDriver, and DSP Controller

표 1은 IGBT소자를 사용한 3Φ 380V 30KVA

특히 전동기 기동시와 같은 급변하는 부하 변동 특성을 가지는 산업용 수용가의 특성을 고려하여 STATCOM의 제원을 결정하였다. 그림 2는 설계·제작한 수용가용 30KVA STATCOM을 나타낸다.

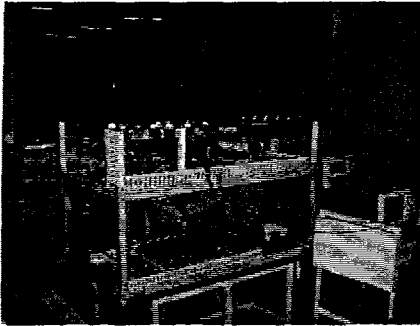


Fig. 2 30KVA IGBT-type STATCOM

2.2 3상 전압원 컨버터

그림 3의 3상 전압원 컨버터는 IGBT스택(그림 4), 직류링크 커패시터, 결합 리액터(그림 5)으로 구성되며, 출력된 보상 전류를 결합 리액터를 통하여 수용가측에 공급하여 수용가측 전류품질을 개선한다.

2.3 직류전압 충전부

480V 승압용 변압기와 SCR 정류기로 구성된 그림 6의 직류전압 충전부는 STATCOM 운전 초기에 3상 전압원 컨버터의 직류링크 커패시터를 648V로 충전한다. 그 후 직류전압 충전부는 STATCOM으로 분리되고, 직류링크 전압은 STATCOM의 직류전압 제어기에 의해 조절된다.

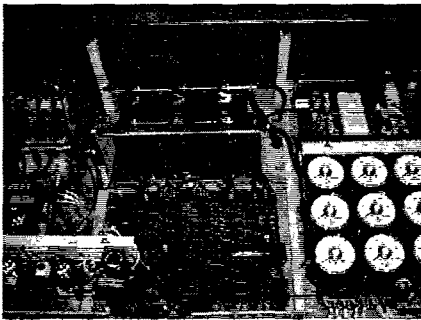


Fig. 3 3-phase voltage-source converter

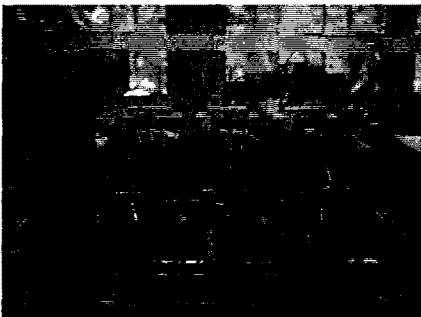


Fig. 4 IGBT power stack and gate driving circuits

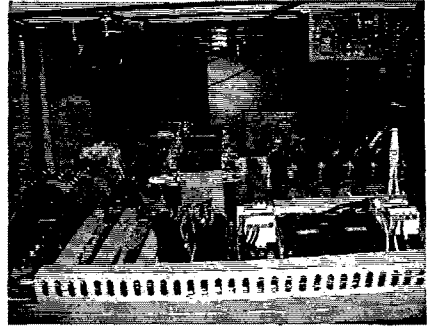


Fig. 5 Coupling reactors and MCs

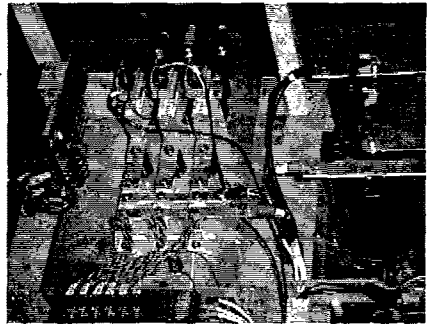


Fig. 6 A thyristor rectifier

3. STATCOM 제어시스템

3.1 DSP 컨트롤러

그림 7의 DSP 컨트롤러 ECLDSP V1.0은 표 2의 제원으로 설계·제작하였으며, TI사의 TMS320C31-50을 사용하며 2대의 3상 컨버터를 동시에 게이팅할 수 있고, 센싱보드로부터 계속된 아날로그 신호를 전류 루프방식을 통해 16채널의 동시(Simultaneous) 샘플링 A/D컨버터를 사용하여 입력한다. 또한 대칭공간벡터 PWM 등의 사용자-정의 로직을 구현하는 SVPWM CPLD를 갖추었고, 256KB SRAM, 128KB EPROM, 2KB EEPROM 등의 메모리와 2개의 PPI 와 1개의 SPI 및 MC 구동회로 등을 가지고 있다.

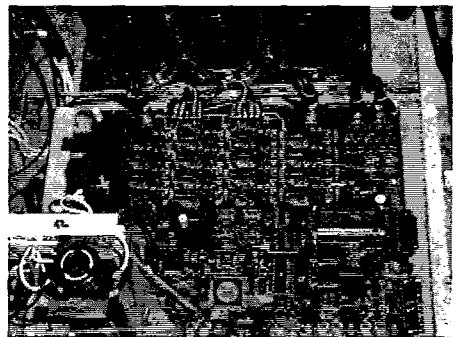


Fig. 7. ECLDSP V1.0

Table 2. Spec. of ECLDSP board

Devices		features
DSP TMS320C31	OSC frequency	50 Mhz
	Instruction cycle	40ns
	MOPS	275
	MFLOPS	50
	MIPS	25
SRAM	K6R4016	256KWords
ROM	27C1001	128KB
EEPROM	28C17A	2KB
ADC	AD7864	16CH 12bit
DAC	DAC7724	8CH 12bit
CPLD	EPL10K20	2CH Gate signals
Signal Transmission	Gate signals	Fiber optic
	Sampled signals	Current-loop

Table 3. Spec. of Sensing board

General	Sensed Voltages	① Source voltages ② DC-link voltage
	Sensed Currents	③ Source currents ④ Load current ⑤ DC-link current
	Protection	⑦ Checking Item - Source OV - Converter OC - Load OC - DC Link OV/OC/UV/FV
	Accuracy	±1.0[%]
	Transmitter	⑥ Current-loop
	Voltage Transducer	LV-25P
Current Transducer	HAS-100S	Accuracy : 1.0% Bandwidth : 50kHz
Current-loop Transmitter	XTR110	Input : 0~+5V Output : 0~20mA Accuracy : 0.1%

ECLDSP V1.0은 DSP를 대신하여 컨버터의 SVPWM 게이팅 신호를 발생하는 그림 8의 SVPWM CPLD을 갖추고 있다. CPLD으로는 Altera사의 Flex10K20를 사용하였으며 SVPWM 제어로직은 VHDL로 작성되었다. VHDL로 구현된 대칭 공간벡터 PWM 제어 CPLD은 공간벡터 PWM 계산 등 전력부 제어를 담당하므로써 DSP에게 계산시간 여유를 줌으로써 DSP가 보다 정확하고 복잡한 전류제어 알고리즘을 구현하는 것을 가능하게 할 수 있었다. 또한 제어로직의 구현에 VHDL을 사용함으로써 로직의 효율성과 정확도를 기할 수 있었다.

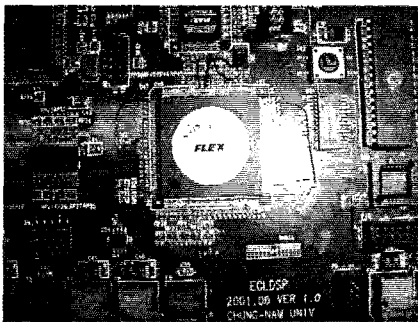


Fig. 8 SVPWM control CPLD

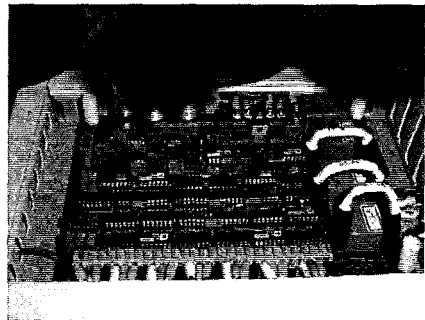


Fig. 9 A sensing board

4. 결 론

IGBT소자를 사용한 3상 380V 30KVA STATCOM의 설계·제작 제원을 밝혔으며, 3상전압원컨버터, 직류 전압충전부의 설계·제작도 제시하였다. 그리고 제어장치인 DSP컨트롤러와 센싱보드 설계·제작사양을 밝혔다.

앞으로 외함을 추가로 제작하여 신뢰성을 높이고, 현재 개별적으로 개발된 보상 알고리즘역시 병합 또는 통합하여 무효전력, 고조파왜곡, 플리커, 부하불평형을 함께 보상할 있는 알고리즘을 개발하여 다양한 수용가 부하에 실제 적용하는 실험을 계속할 것이다.

3.2 센싱보드

수용가의 전원전압과 부하전류, STATCOM의 보상전류, 직류링크 전압/전류를 센싱하는 그림 9의 센싱보드는 표 3의 제원으로 설계·제작하였다. 센싱된 아날로그 신호는 전류루프방식으로 노이즈를 최소화 하여 컨트롤러에게 전달되며, 절대값회로를 사용하여 고장(Fault)를 상시 검출할 수 있는 보호회로를 가지고 있으며 STATCOM의 상태 정보를 컨트롤러에게 전달하여 STATCOM의 상태를 실시간으로 감시할 수 있게 되어 있다.

감사의 글

본 연구는 한국과학기술재단 목적기초연구 지원으로 (R01-2000-000-00267) 수행되었음.

[참 고 문 헌]

[1] 임수생, 이은용, 김성현, 손홍관, 정중호, 조현길, "수용가용 전력전자방식 전력품질 보상장치를 위한 DSP 보드 구현", 대한전기학회 하계학술대회 논문집(B), pp.729-732, 2001. 7