

# 사파이어 실리콘 결정 성장용 80kW 10kA PWM 컨버터 시스템 개발

(Development of PWM Converter System for Sapphire Silicon Ingot Glowing  
of 80kW 10kA)

김민회\* · 박영식\*\*

(Min-Huei Kim · Young-Sik Park)

## Abstract

This paper is research result for a development of sapphire silicon ingot glowing(SSIG) PWM converter system for 80kW 10kA. The system include 3-phase AC-DC diode rectifier of input voltage AC 380V and 60Hz, DC-AC single phase full bridge PWM inverter of high frequency, AC-DC single-phase full wave rectifier using center-tapped of transformer for low voltage 8.0V and large current 10,000A of output specification, tungsten resistor load  $0.1[m\Omega]$ . PWM switching frequency for IGBT inverter control set 30kHz. The suggested researching contents are designed data sheets of power converter system, PSIM simulation, operating characteristics and analysis results of developed SSIG system. This paper propose

Key Words : Sapphire Silicon Ingot Glowing Converter, High Frequency Transformer, H-Bridge Converter, Center-tapped Transformer Diode Rectifier, THD

## 1. 서 론

최근 산업용으로 많이 적용하고 있는 대용량 전력변환 컨버터 시스템에서 사용되어온 전력용 반도체 소

자인 SCR은 구동 및 동작특성의 단점으로, 전력소모가 적고 자기소호 기능이 있는 IGBT로 대체하여 컨버터 시스템의 소형, 경량화, 고성능제어, 가격저하 등을 함으로서 효율을 증대시키려는 연구가 활발하게 진행되고 있는 추세이다[1-8].

SCR를 사용하는 위상제어용 컨버터 제어시스템은 출력 정압의 정밀제어에 있어 어려움이 따르고, 시스템의 효율이 낮으며, 출력에 고조파 성분이 많이 포함되는 문제점을 가지고 있다. 이에 따라 IGBT 전력용 소자를 사용하는 전력변환 컨버터 시스템에 대한 주요 연구는 출력의 정밀제어와 효율증대 및 THD 감소

\* 주저자 : 영남이공대학교 전기자동화과 교수  
\* Main author : Yeungnam College of Science & Technology, Dept. of Electrical Automatic Engineering, Professor  
Tel : 053-650-9263, Fax : 053-624-4736  
E-mail : mhkim@ync.ac.kr  
접수일자 : 2014년 7월 23일  
1차심사 : 2014년 7월 26일  
심사완료 : 2014년 9월 12일

를 위한 것이다[1-4].

일반적으로 대전력 전력변환 컨버터 시스템에서, 입력 측과 출력 측에서 THD를 적게 하기 위하여 고주파 변압기를 사용하여 스위칭에 의한 직접 전력을 전달하는 PWM 인버터 제어시스템으로, 구형파 PWM, 정현파 PWM, 공진형 제어시스템 등이 적용되고 있다 [6-8].

또한 저자들은 선행연구로 이루어진 태양전지 실리콘 결정 성장용으로 개발된 120kW, 3,000A PWM 컨버터 시스템의 설계 및 제작 기술을 확보하였다[5].

본 연구에서는 이에 확보되어진 기술을 바탕으로 사파이어 실리콘 결정 성장(SSIG)에 사용하기 위하여 정밀 온도제어용으로 80kW, 8.0V, 10,000A급 전력변환 컨버터 제어시스템의 개발 결과를 제시하였고, 연구결과로 각 전력변환 시스템의 기본설계 및 시뮬레이션(PSIM), 개발된 시스템의 운전특성 시험, 분석 결과를 고찰하였다.

## 2. 전력변환 시스템의 사양

일반적으로 사파이어 실리콘 결정 성장용으로 많이 사용되고 있는 전력변환 컨버터 시스템 개발에 요구되는 정밀 온도제어 시스템의 사양 특성은 다음과 같다.

입력 전원은 3상 60Hz, 380V, 180A이며, 출력은 직류전압 8.0V, 전류 10,000A, 출력 80kW 이상, 역율 95% 이상, 효율 95% 이상, 출력 전류 THD 20% 이하로 설정되었다. 또한 부하는 온도제어용으로 텅스텐 저항 0.1mΩ이다.

## 3. 전력변환 시스템의 설계

대용량의 온도를 정밀 제어하기 위해 적용된 전력변환 시스템은 선행연구에서 확보되어진 기술을 바탕으로, 그림 1과 같이 전력용 다이오드를 사용하는 3상 AC-DC 변환 정류기, LC 직류필터, H-Bridge DC-AC 인버터와 스너버용 LC 소자, 2차 중간 탭을 가지는 단상 고주파 변압기, 전력용 다이오드를 사용

한 단상 AC-DC 정류기 및 부하저항으로 구성된다 [6-9]. 많은 시뮬레이션과 산업현장에서 얻어진 컨버터 시스템 제작 기술 및 시험결과를 적용하여 시행오차 방법을 거쳐 결정된 전력변환 시스템의 소자 특성은 다음과 같은 설계로 요약된다[9].

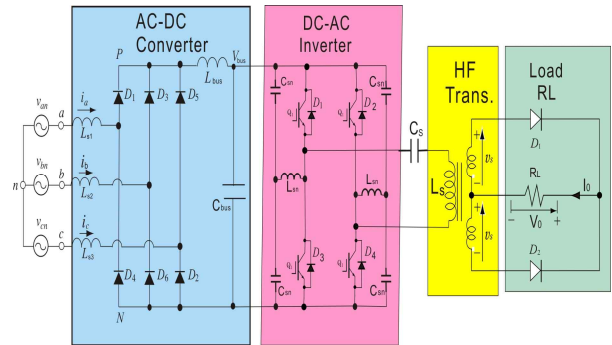


그림 1. 적용된 전력변환 컨버터 시스템  
Fig. 1. Circuit diagram of adapted power converter system

### 3.1 AC-DC 정류기 설계

- $L_s$ 는 입력전류의 고조파 성분을 줄이기 위하여 사용되는 교류 필터로, 600V 200A의 용량으로, 동선 직경 10mm×11Turn으로 제작되었다. 이때 제작하여 사용한 각상 인덕터의 값은  $L_{s1}=359mH$ ,  $L_{s2}=401mH$ ,  $L_{s3}=360mH$ 이다.
- 정류용에 적용한 3상 브리지 다이오드는 IXYS사의 1,600V 300A으로 MDD310-16N1을 사용하였다.
- $L_{bus}$ 는 정류된 직류전류 성분을 필터하기 위하여 사용되는 인덕터로, 1,200V 300A의 용량으로, 동선 직경 6.35mm×18Turn×2Line으로 제작되었다. 이때 인덕턴스 값은  $L_{bus}=0.478mH$ 이다.
- $C_{bus}$ 는 정류된 직류전압 성분을 필터하기 위하여 사용되는 커패시터로, 900V, 2,320uF(=580uF×4ea)를 사용하였다.
- 정류된 직류 버스전압은  $V_{bus}=530V$ 이다.

### 3.2 DC-AC 고주파 인버터 설계

- IGBT는 Infineon사의 FF1200R12KE3를 사용한다.

- $L_{sn}$ 은 전력용 스위칭 소자인 IGBT를 보호하기 위한 L-C 스너버 회로용 인덕터로, 리찌와이어 8.8sq×15Turn으로 제작하였으며, 인덕턴스 값은  $L_{sn}=0.283mH$ 이다.
- $C_{sn}$ 은 L-C 스너버 회로용으로, 800V인  $C_{sn}=50\mu F$ 를 사용한다.
- $C_s$ 는 고주파 변압기의 1차측 권선의 자기 인덕턴스와 직렬공진용으로, 800V 커패시터인  $C_s=400\mu F$ 을 사용한다.

### 3.3 고주파 변압기 설계

- 고주파 변압기의 설계에 제작된 결과로, 철심의 규격은 표 1과 같으며, 권선 도체의 규격은 표 2와 같다.
- 스위칭 주파수는 30kHz에서도 동작하는 EI 철심 코어를 사용한다.
- 1차 정격전압은 380V, 2차 정격전압은 12V로 결정하여 제작하였다.
- 고주파 변압기에서 발생하는 열을 냉각하기 위하여 물을 순환시키는 냉각방식을 사용한다.

### 3.4 단상 AC-DC 정류기

- 단상 고주파 정류기는 고주파 변압기의 2차 측의 중간 탭을 이용한 방식으로, 권선수 비는 18 : 1 : 1로 설계 제작하였다.
- 정류용 다이오드는 MMF400Y040DK1 고주파용으로, 400V 400A용 15개를 병렬로 연결하여 사용한다.

### 3.5 부하저항

부하는 대용량 열 제어용으로 사용되는 텅스텐 (Tungsten resistor)을 사용하며, 여기에서는 한 모듈 당 80kW 용량을 가지는 LED 제작 웨이퍼용으로, 사파이어 실리콘 결정 성장용에서 사용하는 고온 발생용인 카본저항  $R_L=1 \times 0.1m\Omega$ (저항 10개를 병렬로

연결)을 사용한다.

표 1. 철심 코어 설계  
Table 1. Designed iron core

구분	철심 설계		단위
	1차권선	2차권선	
최대 전압	380	20	V
도체 권선수	18	1 * 2	Turn
코어 형태 및 크기	EI, BK 62*41*20		Cm
철심 재료	PM12		Turn
철심 단면적	3918.4		mm <sup>2</sup>
주파수	30		kHz
최대 자속밀도	229.2		mT
포화 자속밀도	290		mT
최대 철심 단면적	5084.0		mm <sup>2</sup>
냉각 설비	400 * 250 * 480		mm

표 2. 권선 설계  
Table 2. Designed winding

구분	권선 설계		단위	
	1차권선	2차권선		
권선 제작방법	권선법	압축법	-	
도체 형태	릿츠동선	평각동선	-	
도체 규격	8.0	16*16	mm	
도체 권선수	18	1+1	mm	
인덕턴스	37.090	0.0269	mH	
치수	폭	4.0	20.0	mm
	넓이	30.0	80.0	mm
	면적	120.0	1600.0	mm <sup>2</sup>
허용전류	350	3,000	Arms	
전류밀도	2.7	1.6	A/mm <sup>2</sup>	

## 4. 전력변환 시스템의 시뮬레이션

그림 1과 같이 적용된 전력변환 시스템에 설계된 소자의 값을 사용하여 PSIM 프로그램을 이용하여 시뮬레이션한 결과는 다음과 같다[5]. 그림 2는 3상 입력특성으로, 입력 상전압  $V_{sa}$ ,  $V_{sb}$ ,  $V_{sc}$ 와 선간전압  $V_{sab}$ 의 파형, 3상 입력 선전류  $I(L_{sa})$ ,  $I(L_{sb})$ ,  $I(L_{sc})$ 의 파형, 필터된 직류 버스전압  $V_{bus}$ 과 전류  $I(L_{dc})$ 의 파형, 입력측 고조파 성분  $I_{THD\_input}$ 와 기본파 성분

L<sub>THD\_input\_F1</sub>의 분석 파형을 보여준다. 그림 3은 고주파 인버터 동작 특성으로, 변압기 입력측 전압 (V<sub>pin</sub>)과 전류(I(C<sub>inv</sub>))의 파형, 출력측 단자 전압의 파형 V<sub>outP</sub>와 V<sub>outN</sub>, 스너버용 Cs1와 Cs2 전류 및 L<sub>resf</sub>와 I<sub>resr</sub>에 흐르는 전류파형, 인버터 입력 전류의 고조파 성분 I<sub>inv\_THD</sub>의 분석 결과를 보여준다. 그림 4는 출력특성으로, 출력 전압 V<sub>out</sub>와 전류 I(R<sub>out</sub>)의 파형, 입력(변압기 2차측) 교류 전압과 전류의 파형, 출력에 포함된 기본파와 고조파 전류성분의 파형을 보여준다.

### 5. 전력변환 시스템 제작과 특성 실험

앞의 설계에서 제시된 자료를 근본으로 하여, 현장에서 오랜 경험으로 축적된 제작기술에 의해 요구된 사양에 적당한 전력변환 컨버터 시스템을 제작하였다. 그림 5는 고주파 변압기 제작 과정의 사진이며, 그림 6은 제작된 컨버터 시스템의 외형을 보여준 것이다.

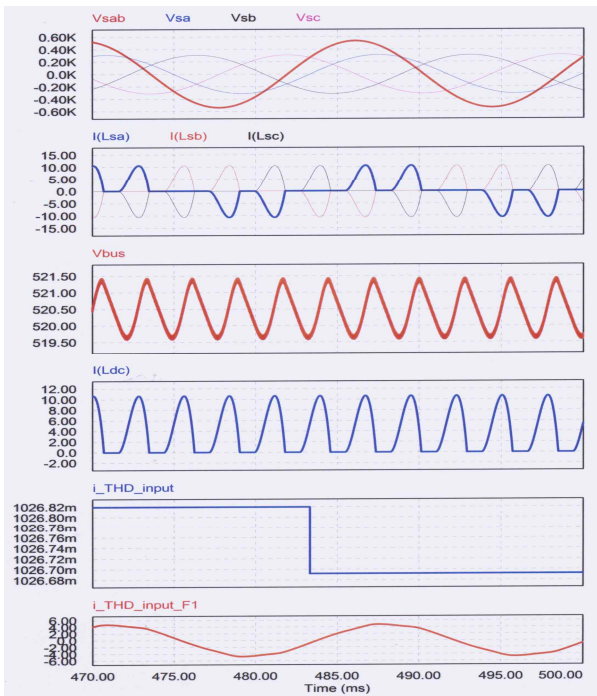


그림 2. 시뮬레이션 입력특성  
Fig. 2. Simulation results of input characteristics

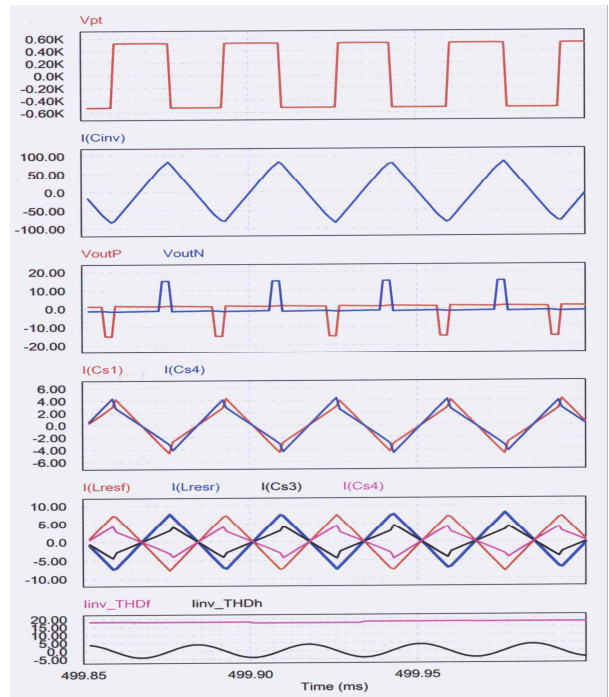


그림 3. 시뮬레이션 고주파 인버터 특성  
Fig. 3. Simulation results of HF inverter characteristics

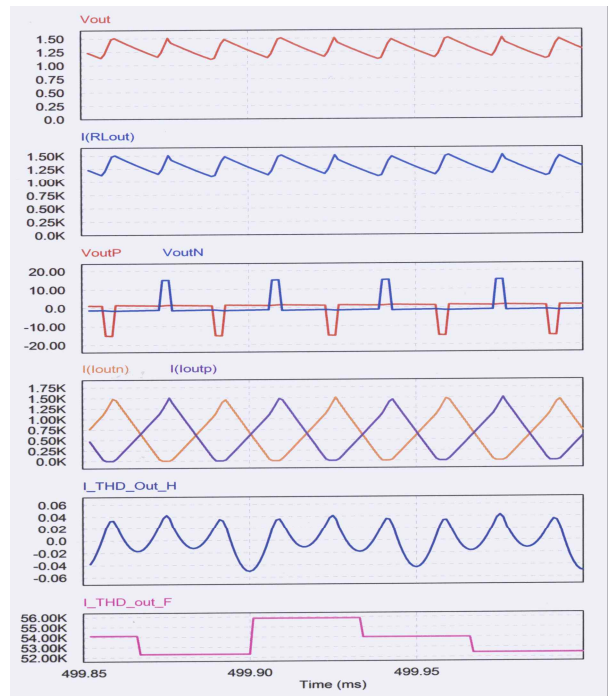


그림 4. 시뮬레이션 출력특성  
Fig. 4. Simulation results of output characteristics

그림 7은 10kW 출력시 고주파 변압기 입력측의 전압 및 전류 파형을 관측한 것으로, 입력 실효치 전압 257V와 전류 실효치 163A이다. 그림 8은 80kW 출력



그림 5. 제작된 고주파 변압기  
Fig. 5. Manufacturing HF Transformer

시 고주파 변압기 입력측의 전압 및 전류 파형을 관측한 것으로, 입력 실효치 전압 418V와 전류 실효치 449A이다. 그림 9는 80kW 출력시 직류 출력 전압 파형으로, 평균 전압 7.31V, 평균전류 10.087A이며, 출력 리플 주파수 29.97kHz를 관측한 것이다.

표 3은 개발된 컨버터 시스템의 운전특성을 요약한 것이다. 또한 표 4는 개발된 전력변환 컨버터 시스템의 입력 특성을 측정된 결과를 보여주며, 표 5는 개발된 컨버터의 출력 특성실험 결과를 보려준다. 또한 개

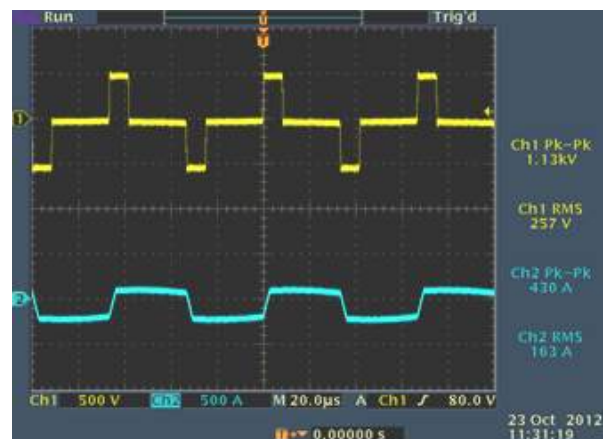


그림 7. 출력 10kW에서 고주파 인버터의 입력측 전압 및 전류 파형

Fig. 7. Input voltage and current waveform on HF Transformer at output 10kW



그림 6. 제작된 컨버터 시스템의 형태  
Fig. 6. Assembly appearance of converter system

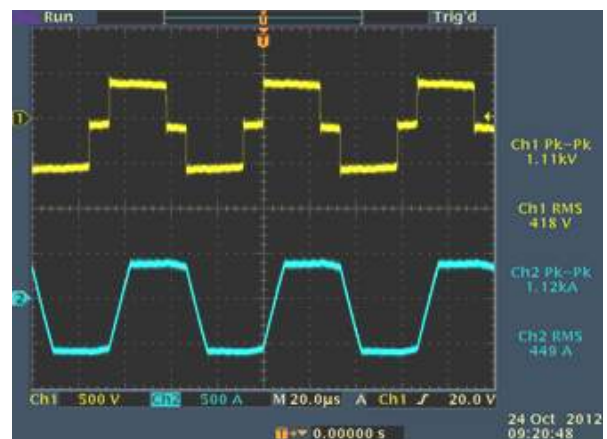


그림 8. 출력 80kW에서 고주파 인버터의 입력측 전압 및 전류 파형

Fig. 8. Input voltage and current waveform on HF Transformer at output 80kW



사파이어 실리콘 결정 성장용 80kW 10kA PWM 컨버터 시스템 개발

발된 시스템의 특성을 그래프로 표시한 것으로, 그림 10은 입력 측의 역률과 시스템의 종합 효율을, 그림 11은 전원에 포함된 전압 및 전류의 THD 특성, 그림 12는 개발된 컨버터 시스템의 출력 특성을 보여준 것이며, 그림 13은 최대 출력시 측정되는 직류 전압과 전류값을 측정하는 사진이며, 그림 13은 개발된 시스템의 현장 실험에서 얻어진 사파이어 결정을 보여주는 사진이다.

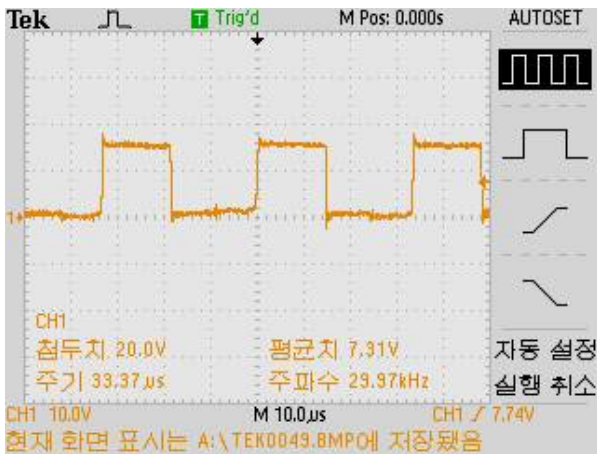


그림 9. 80kW 출력시 출력 전압 파형  
Fig. 9. Output voltage waveform at 80kW

표 3. 개발된 컨버터 시스템의 특성  
Table 3. Characteristics of developed converter system

구분	규격	구분	규격
정격 출력	80kW	입력 전압 THD	2.1%
정격 출력전압	DC 8.0V	입력 전류 THD	18.1%
정격 출력전류	DC 10,000A	효율	89%
정격 입력전압	AC 380V	역률	77%
정격 입력전류	AC 180A	스위칭 주파수	30kHz

표 4. 개발된 컨버터의 입력 특성실험 결과  
Table 4. Experimental input characteristic results of developed converter system

지령 출력 (kW)	선간 전압 (V)	선 전류 (A)	V-THD (%)	I-THD (%)	계 3 고조파 (%)	유효 전력 (kW)	피상 전력 (kVA)	무효 전력 (kVar)	역률 (%)
5.0	382.8	15.0	1.3	43.1	0.2	8.8	9.1	1.8	0.89
10.0	380.0	26.0	1.4	33.7	0.2	16.0	16.4	3.6	0.92
15.0	380.8	36.0	1.6	30.3	0.2	22.3	23.0	5.8	0.93
20.0	380.7	47.0	1.7	27.4	0.2	29.2	30.3	8.3	0.93
25.0	382.6	56.0	2.0	25.8	0.3	35.0	36.5	10.7	0.93
30.0	381.2	67.0	2.1	24.6	0.2	41.2	43.3	13.5	0.92
35.0	376.3	79.0	2.1	23.0	0.2	47.9	50.8	17.1	0.92
40.0	382.5	87.0	1.6	23.0	0.3	53.9	57.5	20.0	0.91
45.0	378.4	100.0	1.5	22.0	0.2	59.9	64.2	22.7	0.91
50.0	377.8	112.0	1.6	20.9	0.2	66.9	72.2	26.8	0.91
55.0	376.8	121.0	1.5	20.3	0.2	72.4	78.5	29.9	0.90
60.0	378.9	131.0	1.5	19.9	0.2	78.0	84.9	33.1	0.90
65.0	377.2	141.0	1.7	19.4	0.3	83.2	90.9	36.2	0.90
70.0	375.3	153.0	1.8	18.7	0.3	89.5	98.1	39.6	0.89
75.0	374.9	163.0	2.0	18.4	0.4	95.5	104.9	42.8	0.89
80.0	373.6	179.0	2.1	18.1	0.4	103.0	113.5	47.0	0.89

표 5. 개발된 컨버터의 출력 특성실험 결과  
Table 5. Experimental output characteristic results of developed converter system

지령 전력 (kW)	부하특성 측정			출력 분석			
	전압 (V)	전류 (A)	출력 (kW)	비율 (%) (kW/kVA)	효율 (%) (kW/kW)	전력 손실 (kW)	출력 편차 (kW)
5.0	2.02	2567	5.17	57	59	3.63	(0.2)
10.0	2.85	3577	10.19	62	64	5.81	(0.2)

지령	부하특성 측정			출력 분석			
	전압 (V)	전류 (A)	출력 (kW)	비율 (%) (kW/kVA)	효율 (%) (kW/kW)	전력 손실 (kW)	출력 편차 (kW)
15.0	3.48	4333	14.97	65	67	7.33	0.0
20.0	4.00	5075	20.33	67	70	8.87	(0.3)
25.0	4.47	5575	24.55	67	70	10.45	0.4
30.0	4.88	6093	29.10	67	71	12.10	0.9
35.0	5.29	6635	34.58	68	72	13.32	0.4
40.0	5.61	7136	39.44	69	73	14.46	0.6
45.0	5.92	7602	44.71	70	75	15.19	0.3
50.0	6.28	8078	50.64	70	76	16.26	(0.6)
55.0	6.60	8415	55.24	70	76	17.16	(0.2)
60.0	6.86	8696	59.72	70	77	18.28	0.3
65.0	7.20	9035	63.79	70	77	19.41	1.2
70.0	7.45	9378	69.08	70	77	20.42	0.9
75.0	7.63	9673	73.34	70	77	22.16	1.7
80.0	7.94	10087	79.28	70	77	23.72	0.7

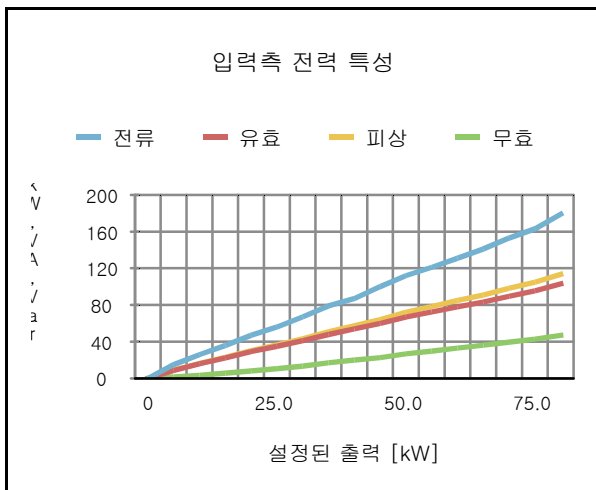


그림 10. 입력 전력 특성  
Fig. 10. Characteristics of input power

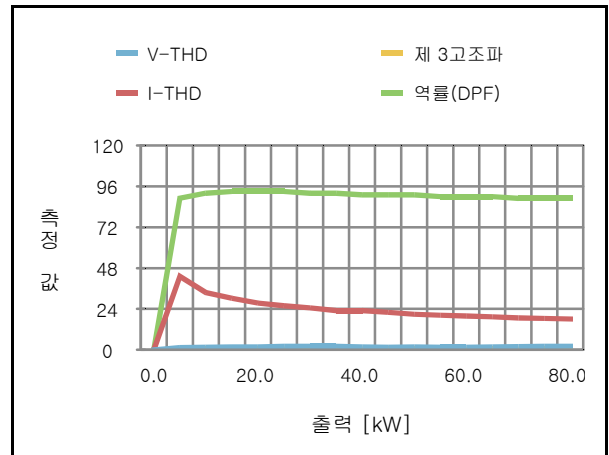


그림 11. 입력측 역률과 고조파 특성  
Fig. 11. Input characteristics of power factor and THD

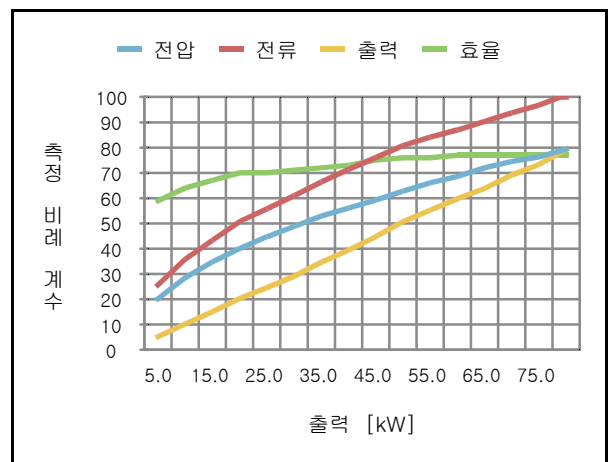


그림 12. 컨버터 시스템의 출력 특성  
Fig. 12. Operating output characteristic of the system



그림 13. 최대 출력에서 측정된 직류 전압과 전류  
Fig. 13. Measured DC voltage and current value at maximum output



그림 14. 실험에서 얻어진 사파이어 결정  
Fig. 14. Glowing sapphire silicon ingot at experimental the converter system

## 6. 개발된 전력변환 시스템 특성검토

연구 개발하여 제시된 80kW 10,000A 컨버터 시스템의 특성은 다음과 같이 요약된다.

- 시행오차에 의해 결정된 소자 값을 사용하여 제시된 컨버터 시스템을 PSIM 프로그램을 사용하여 모의 실험한 결과 전반적으로 이론적인 측면에 잘 접근하고 있음을 확인하였다.
- 개발된 컨버터의 시스템의 특성을 요약한 결과는 표 3에서 보여 주었다.
- 개발된 PWM 컨버터 시스템은 산업현장에서 실 부하 변화에 따라 입력과 출력의 운전 특성이 표 4와 표 5에서 제시되었다.
- 역률 특성은 그림 11에서 보는 바와 같이 5kW 이상의 부하에서 약 90%가 됨을 알 수 있다.
- 효율 특성은 그림 12에서 보는 바와 같이 20kW 이상의 부하에서 약 70% 이상이 됨을 알 수 있다.
- 개발된 시스템의 THD 특성은 그림 11에서 보는 바와 같이 고조파 전류 성분(I-THD)이 많이 포함되고 있으나, 부하가 증가됨에 따라 감소됨을 보여준다.
- 직류출력 특성은 그림 12에서 보는 바와 같이 선형적인 특성이 얻어짐을 보여준다.
- 개발된 시스템의 최대 출력은 그림 13에서 보는

바와 같이 110(9.17V×12,113A)kW가 됨을 알 수 있다.

## 7. 결 론

본 연구는 사파이어 실리콘 결정 성장용(SSIG)으로 개발된 80kW 10,000A 컨버터 제어시스템에 대한 연구 개발한 결과를 보여준다. 제안된 컨버터 시스템은 3상 AC-DC 정류변환기, DC-AC 고주파 변환 단상 전파 브리지 PWM 인버터, AC-DC 변압기 중성점을 이용한 단상 전파정류기로 구성되어 있다. 입력 전압은 3상 380V 60Hz이며, 출력은 직류 8.0V, 10,000A로 텅스텐 저항 0.1mΩ의 부하에 전력을 공급하며, 인버터의 고주파 변압기를 사용하여 스위칭 주파수 30kHz로 PWM 제어한다.

개발된 시스템을 사용하여 실 부하 시험에서 얻어진 특성으로, 정격 출력인 80kW 지령에서, 입력 선간전압 373.6V, 입력전류 179.0A, 전력 103.0kW, 전압 THD 2.1%, 전류 18.1%, 제3 고조파 성분 0.4%, 역률 0.89%이다. 이때 얻어진 출력은, 부하단 직류 전압 7.94V, 전류 10,087A, 효율 77%이다. 앞으로 운전 및 효율 특성 개선에 대한 연구가 계속적으로 이루어질 것이며, SPWM 방식과 공진 회로 방식을 적용한 시스템 개발에 대한 연구도 진행할 예정이다.

## References

- [1] Haifeng Fan and Hui Li, "High-Frequency Transformer Isolated Bidirectional DC-DC Converter Modules With High Efficiency Over Wide Load Range for 20KVA Solid-State Transformer", IEEE Trans. Power Electronics, Vol. 26, No. 12, pp. 3599-3608, Dec. 2011.
- [2] Mehdi Abolhassani, "Modular Multipulse Rectifier Transformers in Symmetrical Cascaded H-Bridge Medium Voltage Drives", IEEE Trans. Power Electronics, Vol. 27, No. 2, pp. 698-705, Feb. 2011.
- [3] Je-hyung Cho, Ki-Bum Park, Jin-Sik Park, Gun-Woo Moon, and Myung-Joong Youn, "Design of a Digital Offset Compensator Eliminating Transformer Magnetizing Current Offset of a Phase-Shift Full-Bridge Converter", IEEE Trans. Power Electronics, Vol. 27, No. 1, pp. 331-341, Jan. 2012.
- [4] Hans Rossmannith, Marc Doebroenti, Manfred Albach, and Dietmar Exner, "Measurement and Characterization on



- High Frequency Losses in Nonideal Litz Wires”, IEEE Trans. Power Electronics, Vol. 26, No. 11, pp. 3386-3394, Nov. 2011
- [5] Min-Huei Kim and Young-Sik Park, “Development of PWM Converter System for Solar Cell Silicon Ingot Glowing 120kW 3kA”, Trans. of KIEE, Vol. 63P, No. 3, pp. 124-130, Sep. 2014.
- [6] Young-Su Kong, etc. “Non-Contact Power Supply Using the Series-Parallel Resonant Converter”, Trans. of KIPE, Vol. 9, No. 5, pp. 405-412, Oct. 2004.
- [7] Sang-Ho Cho, etc. “Zero-Current Switching LLC Resonant Post-Regulator for Independent Multi-Output”, Trans. of KIPE, Vol. 14, No. 1, pp. 46-53, Feb. 2009.
- [8] Sung-Wan Kim and Chang-Sun Kim, “The Efficiency Characteristics of LLC Half-Bridge Resonant Converter”, Trans. of KIEE, Vol. 60, No. 7, pp. 1366-1371, Jul. 2011.
- [9] Fang lin Luo and Hong Ye, “Power Electronics - Advanced Conversion Technologies”, CRC Press, 2010.
- [10] Bogdan M. Wilamowski and J. David Irwin. “The Industrial Electronics Handbook”, CRC Press, 2011.
- [11] Xose M. Lopez-Fernandez, H. Bulent Ertan and Janusz Turowski, “Transformers - Analysis, Design, and Measurement”, CRC Press, 2013.
- [12] Colonel Wm. T. MdLyman, “Transformer and Inductor Design Handbook”, CRC Press, 2011.

◇ 저자소개 ◇



**김민회(金玟會)**

1951년 8월 25일생. 1974년 영남대 공과대학 전기공학과 졸업. 1980년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1989년 중앙대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1979년 3월~현재 영남이공대학교 전기자동차과 교수. 1993년 7월~1995년 8월 미국 테네시 주립대학 전기공학과 전력전자응용연구센터(PEAC) 연구교수. 1996년 8월 IECON'96 최우수논문상 수상. 현재 IEEE Senior Member. 1998~2006년 전력전자학회 이사, 부회장, 감사, 전동력응용연구회 위원장 역임. 현재 본 학회 중신회원.



**박영식(朴永植)**

1967년 2월 11일생. 1992년 영남이공대 전기과 졸업. 2003년 1월~2012년 12월 (주)아람이엔지 “대전류형 전력변환 컨버터 시스템 개발” 연구위원 및 책임 연구원. 2013년~현재 (주)하이템 부설 연구소 소장. 현재 본 학회 정회원.