

# 발전기 여자기시스템 주제어전원공급장치 국산화 개발

## The Development of EPSM(Exciter Power Supply Module) Localization in Generator Exciter(EX2100) System

이 기 선\* · 박 정 철† · 추 순 남\*  
(Ki-Seon Lee · Jung-Cheul Park · Soon-Nam Chu)

**Abstract** - The main target in this paper is the localization of VME Type EPSM in Generator Exciter(EX2100) System. Developed EPSM has the compatibility with the existing product in the structure and shape and electrical feature and so on, but it has a much improved capacity and reliability in comparison with origin company product. this paper, to improve these functions, put emphasis on protection, monitoring, power capacity increase(over 120%), an enlarged scale of input voltage supply, AC/DC dual voltage use and so on. After manufacturing product localization, it was carried out several tests for the performance and reliability verification of developed product. These tests were performed in Authorized Inspection Agency(KTL) and field application test and maker self-test were additionally performed. Finally, the results of all tests were "success".

**Key Words** : EPSM, EX2100, Buck regulator, SMPS, VME, Noise filter, Push pull type

### 1. 서 론

발전기(Generator)는 전자기 유도를 이용하여 기계적 에너지를 전기 에너지로 변환하는 장치이며, 여자기(Exciter)는 발전기의 회전자코일(계자권선)에 여자전류를 공급하는 장치로 여자전류를 조정하여 발전기의 전압이나 무효전력을 제어한다[1, 2]. 제작사(GE, General Electric)에서 공급된 발전기 여자기 EX2100 모델의 주제어 전원공급장치인 자동전압조정장치(Exciter Power Supply Module, EPSM)는 여자기 주제어설비용 핵심전원 공급장치로 국내의 다수 발전기에 적용 운용되고 있는 실정이나 공급사의 제품 단종으로 구매자의 지속적인 상승 및 조달기간 증가 등으로 고장시 발전기 운전에 막대한 지장을 초래되는 물론 발전소의 특화된 설비로 인한 제한된 수요 및 신뢰성 문제 등으로 국산화된 제품이 없는 실정인므로 원가절감 및 자립기술 확보를 위해 국산화 제품이 개발되어야 한다.

발전기 여자기 설비의 주요고장 및 오동작 요인 중 전원설비 문제점이 가장 높은 비중을 차지하는 SMPS Type (Switching Mode Power Supply)의 전원공급장치는 종래의 리니어 타입 안정화전원에 비해 고효율 소형, 경량의 장점을 가지고 있어 현재 직류전원장치로 폭넓게 사용되고 있으며 종래의 SMPS는 고효율, 소형, 경량화를 위해 스위칭 주파수를 높임으로 유닛트 내 수동소자의 크기를 줄이는 방법과

회로방식의 개발, 제작의 단순화, 실장기술 등을 포함하여 여러 가지 측면에서 연구 개발되고 있으나, 현재는 소형 경량화 측면보다는 단위부피당 고밀도전력을 요구하는 추세로서 최근은 효율이 95% 이상인 제품도 생산된다[3].

아직도 많은 연구와 개발이 진행되고 있지만 산업용 설비의 최대 관점인 장시간 사용과 신뢰성 위주로 설계되어 있는 제품(설비)요구사항과 호환성 확보를 위한 제품 개발연구가 필요하다. 외국기업의 경우 자국설비관련 다양한 종류의 전용제품을 OEM 생산하고 있으며 세계시장을 상대로 관련 산업설비와 연계되어 생산되고 있는 실정이고, 발전설비 주생산업체인 GE, ABB, Siemens등의 기업은 자국설비관련 특성에 적합한 제품을 설계 후 System 구조로 공급, 설치 운용한다.

본 연구 개발제품은 기존제품과의 호환성, 기존 GE설비 대비 전력증가 및 기능 확대를 통한 성능향상, 고장진단, 예측이 가능한 신뢰성 있는 제품으로 국산화 함으로써 발전설비 안정화 및 유지, 보수 등 사후관리와 원가절감에 기여할 수 있을것으로 기대된다.

### 2. 본 론

#### 2.1 EPSM 국산화 개발 목표

VME(Versatile Module European) Type 여자기 EX2100 용 EPSM 국산화를 목표로 구조 및 형상, 전기적 특성 등 기존설비와 호환성을 가지며, 입력력 결선용 콘넥터 및 크기, 형태, 구조 및 형상을 동일하도록 설계하고 제작사 제품 대비 동등 이상의 성능과 신뢰성이 확보된 안정적인 제품개발을 목표로 하였으며, 이를 위해 보호, 감시기능 및 용량(전력) 증가(Total 120%이상), 입력공급범위 확대 (90V~

† Corresponding Author : Department of Electronic Engineering Gachon University, Korea  
E-mail : jcpark@gachon.ac.kr

\* Department of Electric Engineering Gachon University, Korea

접수일자 : 2016년 4월 15일

최종완료 : 2016년 5월 22일

**표 1** EPSM 개발 목표

**Table 1** ESPM Development target

평가항목 (주요성능지표)	단위	최종 개발목표	세계최고수준 보유국/보유기업
1.입력공급전압범위	Vdc	90~160Vdc (DC125V Type)	95~160Vdc (DC125V Type)
2.출력전압 및 안정도(+5V)	Vdc	+5V 7A (+0.25V~-0.5V)	+5V 5A (+0.25V~-0.5V)
3.출력전압 및 안정도(±15V)	Vdc	±15V 1.4A (±0.45V)	±15V 1A (±0.45V)
4.출력전압 및 안정도(+24V,2ch A.B)	Vdc	+24V A-2A, B-2A (+3.5V~-1.5V)	+24V A-1.5A, B-2A (+3.5V~-1.5V)
5.출력전압 및 안정도(-24V)	Vdc	-24V 2A (+3.5V~-1.5V)	-24V 2A (+3.5V~-1.5V)
6.출력전압 및 안정도(+70V)	Vdc	+70V 0.2A (±7V)	+70V 0.2A (±7V)
7.출력전압 및 안정도(±56V)	Vdc	±56V 0.25A (±50.4V~61.6V)	Option
8.출력전압 및 안정도(AC20V)	Vac	AC20V 0.65A (18V~22V)	Option
9.내환경시험(신뢰성)	식	온,습도,진동, 및 EMC등	제조사 관련규정 없음
10.전력증가	W	Total 276W	Total 201W
		제조사 기존제품대비 120% 이상증가	

160Vdc기준), AC 및 DC 이중화 운용 등에 중점을 두었다. 국산화 개발에 필요한 평가항목 및 개발목표값은 아래 표 1과 같으며 성능지표 및 신뢰성확보를 위해 1~7항목은 한국산업시험원(KTL)의 공인시험 성적서, 현장적용시험성적서 및 자체시험을 통해 성능을 입증하였다.

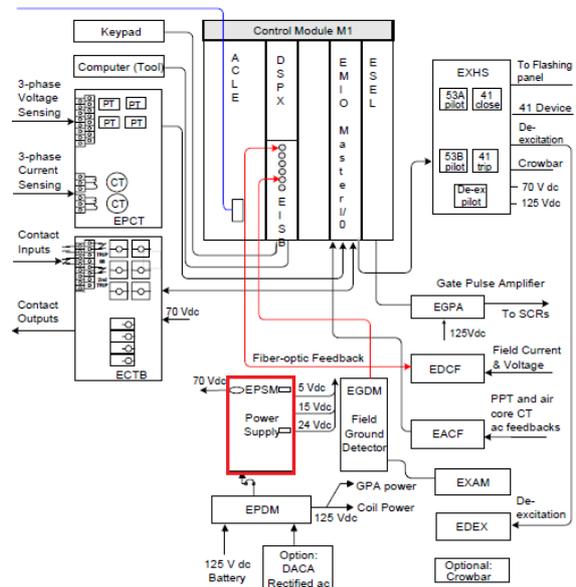
**2.2 EPSM Module 역할 및 구성**

그림 1은 여자기의 Control Module과 주요 Terminal Board, 발전기 Protection Module, Power Supply간의 상호 연결을 간략하게 나타 낸 것이며, 이 중 Power Supply를 담당하는 EPSM은 그림 2와 같이 EPDM(Power Distributor Module)과 AC to DC Converter Module, Power Supply Module의 3개 블록으로 구성되며, 제어시스템에 필요한 전원을 EPDM 전원분배보드에서 DC125V로 변환하여 공급받아 주로 Control Module(M1/M2/C Control Rack) 각각의 컨트롤러에 전원을 공급하는 3개의 독립된 전원공급장치로서 주제어설비에 +5Vdc, ±15Vdc, 전원 및 제어모듈 컨트롤러에 +24Vdc 를 공급하는 등 설비가 요구하는 다종의 출력전압을 공급하도록 되어있다.

**2.3 EPSM Module 국산화 설계 및 제작**

**2.3.1 Module 구성 및 형상**

그림 3, 4에 나타난 EPSM Module 기본구성도 및 블록도는 Power Board와 EPSM Status Monitoring Board로 구성하고, 기존설비 분석에 따른 호환성 충족 및 현장 요구사항등을 반영후 최종 설계된 구조이다. 입출력 전압단자에 과전류보호용 Fuse 부착 및 공급전압의 과전류 제한 기능만을 가진 기존설비 보호 감시기능을 국산화 과정에서 H/W적인 Over/Under Voltage 검출 및 경보 출력포트를 구성하고 Module 상태를 실시간 감시, 분석할 수 있는 Status Option Board를 부가함으로써 사용자 편의를 위한 각종상태감시, 설정, 경보, 전송, 기능 등을 구현하여 설비운용에 따른 고장 예측이 가능하여 제품 신뢰성을 확보하였다. EPSM Module은 VME 6U Type으로 입, 출력결선을 위한 접속은 96Pin DIN Connector를 사용한 P1, P2 커넥터를 통하여 이루어지며, 후면 Back plane Board에 접속되는 구조로 기존제품과



**그림 1** 여자기 Control Module 과 주요 Terminal Board 구성도  
**Fig. 1** Structure Circuit of EX2100 Control Module and Main Terminal Board

호환성을 가졌으며 입, 출력 접속용 96Pin DIN Connector P1, P2는 양질의 최상위 제품을 사용하여 접속의 신뢰성을 확보하였다. EPSM Module 블록도의 Power Board에 대한 추가설명은 아래 2.4.2항에서 서술하였다.

**2.3.2 EPSM Module Power Board 구성**

Power Board의 기본구성은 2차측 출력전압 및 전력공급을 위한 Generator & Driver 부분과 입력공급전압 변동과 Generator & Driver 구성회로에 안정적인 전압과 전력을 공급하기위한 Buck Regulator 회로의 조합으로 설계되었다 [4-6]. 이러한 구성은 폭넓은 입력공급전압의 변동에 능동적인 대처가 가능하며 출력측 부하에 따른 인덕턴스 변화에 구동 회로의 1차측 전류변화를 최소화하여 안정적인 전력공급(제어)에 효과적이며 간결하고 신뢰성있는 회로설계 및 고효율의 제품설계가 가능하였다.

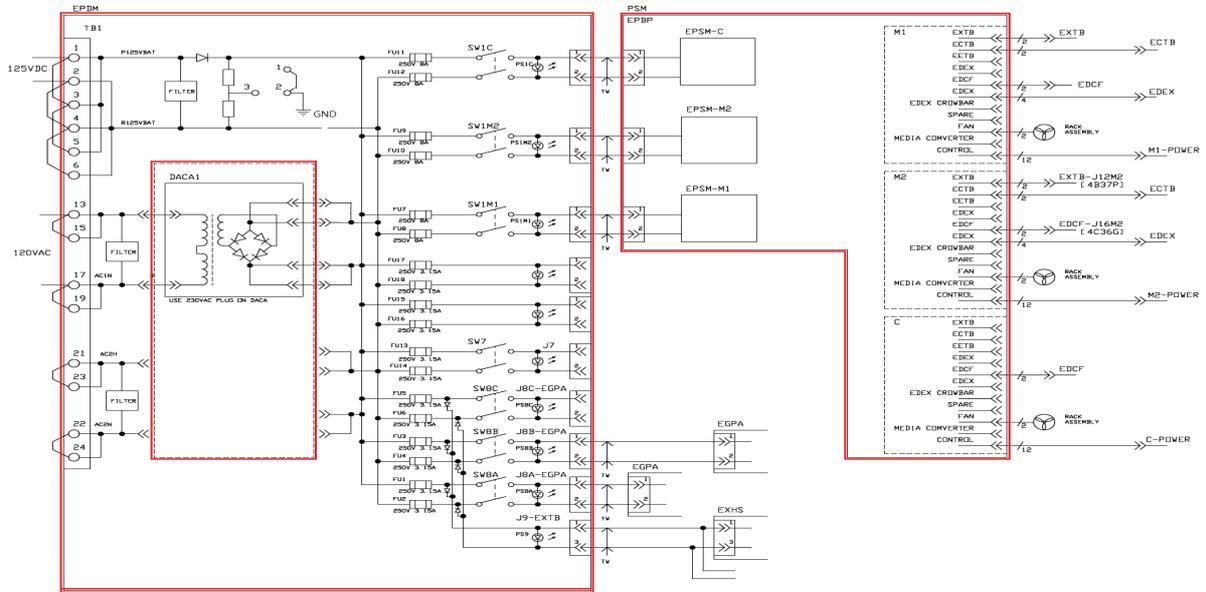


그림 2 EPSM 구성 회로도  
Fig. 2 EPSM Structure Circuit

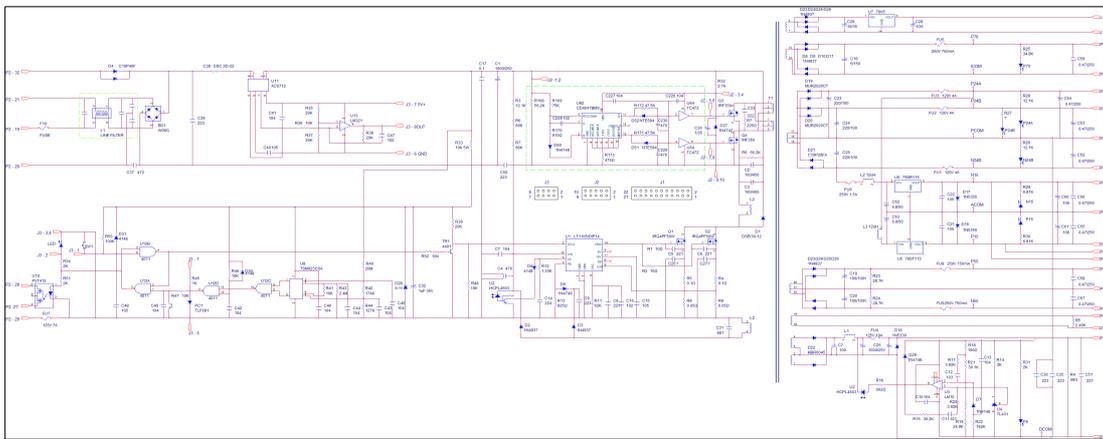


그림 3 EPSM Module 기본구성도  
Fig. 3 EPSM Module Basic Structure Circuit

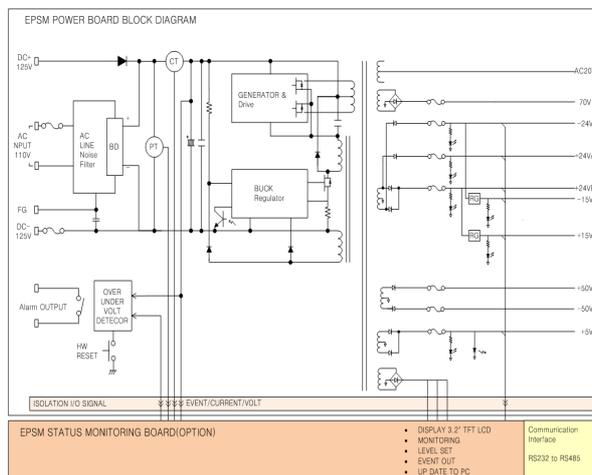


그림 4 EPSM Module 블록도  
Fig. 4 EPSM Module Block Diagram

(1) 그림 5에서 나타난 바와 같이 입력공급전압 AC/DC 이중화(병행) 사용은 다이오드 블로킹에 의한 E1, E2 전위차를 이용하여 높은 쪽의 전압이 공급되는 형식으로 AC/DC 최소 및 최대값의 범위는 (B1 단자전압) 80~190V의 전압 변동을 고려하여 설계되었으며(관련부품의 용량 및 내압 등) 전기적노이즈 저감을 위한 AC/DC Line의 전자파 EMC/EMI 규정에 따른 전도성잡음도 최소화 하였다.

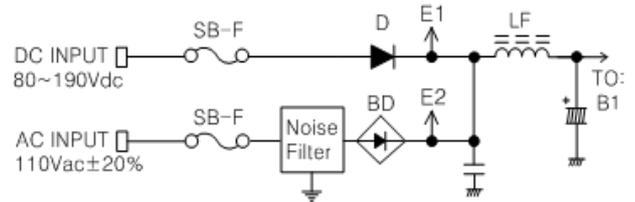


그림 5 AC/DC Line Input 회로도  
Fig. 5 AC/DC Line Input Circuit

(2) AC 라인의 스위칭 파워류에서 발생하는 고조파 노이즈 등 기기 내, 외부에서 발생하는 불요 전자파를 국제규정에 적합하도록 최소화 하기위한 기기입력라인 및 내부회로 설계에 반영함으로써 기기신뢰성을 확보하였다. 또한, 전도성노이즈 필터는 라인과 라인 간에 교차되는 대칭잡음과 라인(Normal Mode)과 접지 간에 발생하는 비대칭노이즈(Common Mode)를 AC라인의 고조파감쇠(저감) 특성이 좋은(150Khz~30Mhz대역) 노이즈 필터 및 DC Line 필터를 사용하여 국제규정에 적합한 성능을 확보하였다[7-9].

① AC Line Noise Filter는 외부 인입라인 및 내부기기에서 발생된 방출노이즈를 EMI 규정치 이하로 저감할 수 있도록 사용된 Noise Filter로 노멀, 커먼 모드 혼재형 라인필터를 사용하여 최소화 하였다.

② DC Line Noise Filter는 직류 중첩 특성이 뛰어나며 전력 손실이 적은 트로이달 코어를 사용함으로 발열 및 복사잡음을 최소화 하였다. LF 초크코일은 평활 목적보다 스위칭에서 발생하는 고조파 노이즈 저감을 위한 목적으로 전도성노이즈 규정의 저역(150KHz이하) 감쇠용으로 사용되었다. 이에 대한 전원단자 방해전압 및 잡음전계강도시험을 시험규격 CISPR 16-2-1 및 CISPR 16-2-3에 의해 측정된 결과 표 3과 같이 적합으로 판정되었다.

표 2 AC LINE 노이즈 분류

Table 2 AC LINE Noise Classification

항 목	고조파노이즈	펄스성노이즈	서지성노이즈
전압레벨	~수 Volt	~수 KVolt	~수십 KVolt
상승시간	-	1nS이하	0,5uS이하
에너지	수 mJ	수백 mJ	수J~수kJ
파 형			
발생부	컴퓨터, 스위칭파워	릴레이, 스텝핑 모터구동	뇌, 서지 등

표 3 전원단자방해전압 및 잡음전계강도시험 결과

Table 3 The result of Source Terminal Disturbance Voltage and Noise Electric intensity Test

시험항목	측정장비	주파수대역	측정불확도
잡음단자전압측정	LISN	150Khz~30Mhz	2.72dB
잡음전계강도측정	Antenna	30MHz~1GHz	4.82 dB 수평
			4.76 dB 수직

(3) 전기노이즈 저감을 위한 전도성 노이즈 필터(AC/DC) Line Filter 설계에 의한 최종 EMI 특성시험 데이터는 그림 6~7 및 표 4~표 7에 나타내었다.

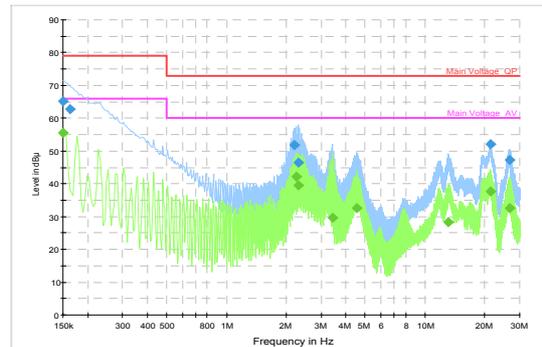


그림 6 AC LINE CE 최종 특성 그래프  
Fig. 6 AC LINE CE Final Characteristic Grape

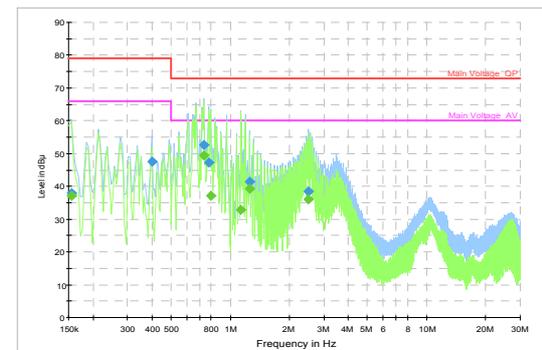


그림 7 DC LINE CE 최종 특성 그래프  
Fig. 7 DC LINE CE Final Characteristic Grape

표 4 AC LINE CE Final Result - 1

Table 4 AC LINE CE Final Characteristic Grape-1

Frequency (MHz)	QuasiPeak (dBμV)	Line	Corr. (dB)	Margin (dB)	Limit (dBμV)
0.150000	65.1	L1	9.8	13.9	79.0
0.163500	62.8	N	9.8	16.2	79.0
2.202000	51.8	N	9.9	21.2	73.0
2.301000	46.4	N	9.9	26.6	73.0
21.475500	52.2	N	11.4	20.8	73.0
26.839500	47.3	N	11.8	25.7	73.0

표 5 AC LINE CE Final Result -2

Table 5 AC LINE CE Final Characteristic Grape-2

Frequency (MHz)	Average (dB $\mu$ V)	Line	Corr. (dB)	Margin (dB)	Limit (dB $\mu$ V)
0.150000	55.6	N	9.8	10.4	66.0
2.251500	42.1	N	9.9	17.9	60.0
2.301000	39.4	N	9.9	20.6	60.0
3.403500	29.7	N	10.0	30.3	60.0
4.546500	32.7	N	10.0	27.3	60.0
13.096500	28.4	N	10.5	31.6	60.0
21.340500	37.7	N	11.4	22.3	60.0
26.812500	32.7	N	11.8	27.3	60.0

표 6 DC LINE CE Final Result -1

Table 6 DC LINE CE Final Characteristic Grape-1

Frequency (MHz)	QuasiPeak (dB $\mu$ V)	Line	Corr. (dB)	Margin (dB)	Limit (dB $\mu$ V)
0.154500	37.9	L1	9.8	41.1	79.0
0.397500	47.6	L1	9.8	31.4	79.0
0.730500	52.7	L1	9.8	20.3	73.0
0.775500	47.1	N	9.9	25.9	73.0
1.257000	41.4	N	9.9	31.6	73.0
2.508000	38.5	N	9.9	34.5	73.0

표 7 DC LINE CE Final Result -2

Table 7 DC LINE CE Final Characteristic Grape-2

Frequency (MHz)	CAverage (dB $\mu$ V)	Line	Corr. (dB)	Margin (dB)	Limit (dB $\mu$ V)
0.154500	37.2	L1	9.8	28.8	66.0
0.730500	49.5	L1	9.8	10.5	60.0
0.793500	37.1	L1	9.8	22.9	60.0
1.135500	32.7	N	9.9	27.3	60.0
1.257000	39.3	N	9.9	20.7	60.0
2.508000	36.2	N	9.9	23.8	60.0

2.3.3 Power Board의 Switching Regulator

입력 공급전압은 DC 및 AC 겸용이며, 현재도 선호하는 Buck Regulator를 사용하는 가합형 DC to DC 컨버터는 DC 입력시 80Vdc ~ 190Vdc 범위에서 안정적인 동작을 요구하며 AC는 110Vac 기준  $\pm 20\%$  범위로 정류 후 내부 B1 전압 변화는 최소 80Vdc에서 최대 190Vdc 범위의 입력전압에 안정적이고 효율적으로 설계되었고, 1차 안정화 전원을 구성 후 2차 구동회로(Generator & Driver)에 필요한 2차전압(B2 - 50Vdc)을 공급하는 방식으로 그림 8과 같다.

(1) Buck Regulator는 폭넓은 입력전압범위에 대응하기 위한 1차 안정화 전원부로 B2단자에 안정적인 DC전압을 공급하여 T-1 트랜스 1차 측의 Push Pull Drive 구동에 의한 전력공급으로 2차측 각종전압 (T-1 트랜스의 1, 2차 권선비에 의한 출력전압)을 출력함으로 B-2 인가전압의 안정화 및 제어성능을 갖도록 Regulator의 성능을 확보하였다. 특별

히 코어는 크기(형태) 및 직류 중첩(DC Bias)과 자기포화 등을 고려하여 안정적인 범위에서 운용될 수 있는 Pot Core를 선정하였으며, 제어용 IC는 Switching Regulator 전용 Linear Technology社 LT1105를 Buck Regulator의 구동 및 제어에 사용하였다.

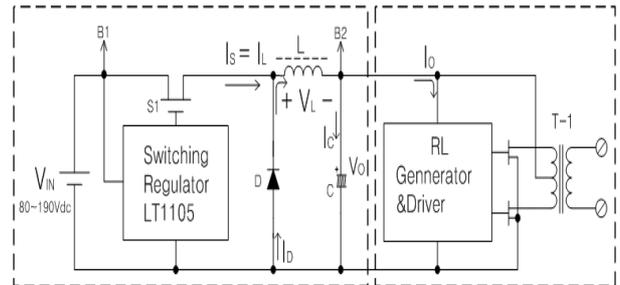


그림 8 Buck Regulator/Generator & Driver 구성도

Fig. 8 Buck Regulator/Generator & Driver Structure Circuit

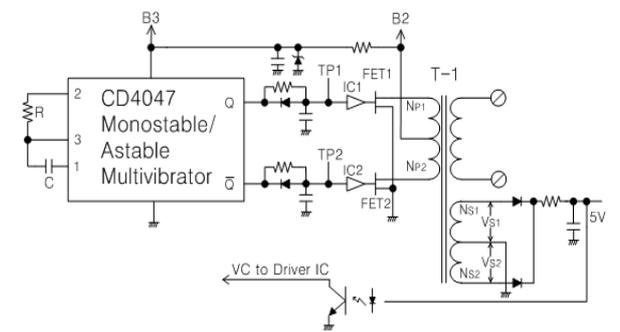


그림 9 Generator & Driver 구성도

Fig. 9 Generator & Driver Structure Circuit

(2) Generator & Driver는 Buck Regulator의 1차 안정화 전원 출력 DC 50V의 전압과 전류 제한에 의한 Generator의 전력을 제어하는 형식으로 출력전압은 T-1 트랜스의 1, 2차 권선비에 따르며 5V 안정화 전원 전압기준 Opto coupler 절연에 의한 1차 Buck Regulator Driver IC Vc Pin의 입력 FB Control 제어에 의한 출력제어형식으로 이에 대한 구성은 그림 9와 같다. T-1 트랜스의 구동은 충분한 데드타임 설정 및 편여자 방지 등을 최소화하여 설계

에 반영한 Push Pull Type 설계로 중, 대 전력 구동 및 전력증강(다중구동)에 효율적인 회로설계 및 안정화 중심으로 설계되었으며[10, 11], 구동회로는 Power MOS FET 소자 및 Monostable/Astable Multivibrator IC CD4047의 발진 주파수를 기준으로 반전, 비 반전 출력을 MOS FET 구동 전용 IC-1, 2를 사용하여 Switching Frequency 및 MOS FET Gate 신호로 사용하였다. P/P 구동시 전력손실(전도손실)을 최소화 하기 위해 충분한 내압( $V_{DSS}$  400V)과 전류( $I_D$  16A) 및 턴온저항( $R_{DS}$  0.3 $\Omega$ ) 값을 가진 IR사의 IRFP350 소자를 선정 사용하였으며, 구동용 IC는 1.5A의 구동능력을 가진 Hi-Speed Power MOSFET Drivers IC TC47를 적용하여 FET Gate 용량에 축적에너지 및 기생발진(노이즈포함)을 최소화 하도록 하였다.

(3) 최종 완료된 Generator & Driver 구동회로의 Switching

Frequency와 출력 트랜스 1차측 NP1/NP2 단자의 정격부하 (280W)시 측정된 드라이브 구동파형 및 NS1/NS2 출력측 측정파형은 그림 10, 11과 같다. 구동 및 출력파형의 턴 온, 턴 오프시 오버슈트, 언더슈트 및 링잉 현상과 썬더 현상 등이 최소화된 파형으로 기기부품의 스트레스 및 효율향상에 최적화됨을 볼 수 있다.

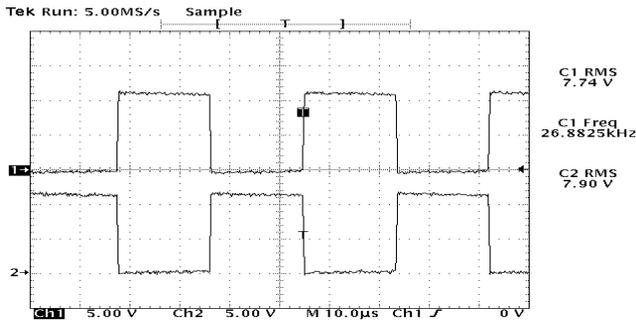


그림 10 1차측 NP-1 Channel-1, NP-2 Channel-2  
 Fig. 10 Primary side NP-1 Channel-1, NP-2 Channel-2

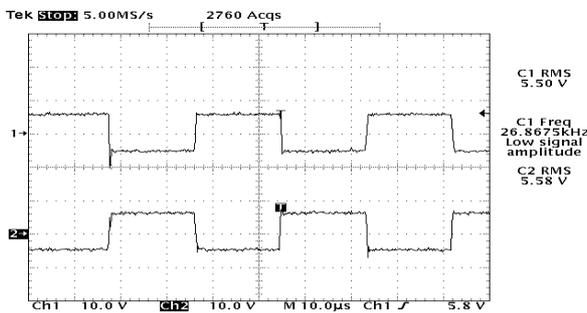


그림 11 2차측 NS-1 Channel-1, NS-2 Channel-2  
 Fig. 11 Secondary side NP-1 Channel-1, NP-2 Channel-2

### 3. 결 론

본 연구결과의 기술적 성과로는 발전기 주제어전원공급카드 EPSM 설계 및 제조기술 확보, 산업용 신뢰성 제품과 고장 예측 감시기능 기술 확보를 들 수 있으며, 경제적 성과로는 국내 발전소용 특화된 설비인 EX2100용 EPSM 국산화로 인한 원가절감 등 경제성 확보, 사고예방 및 신속한 대응으로 막대한 경제적 손실 최소화는 물론 설비 신뢰성 확보 및 불시정지 등 사고예방 기여 등을 들 수 있다. 국산화 제품의 평가방법으로 개발제품의 성능 및 신뢰성 확보를 위한 표 1의 정량적 목표항목 중 성능시험을 위한 전기적 특성 및 내 환경시험 등 제반시험 및 평가는 공인 인증기관인 한국산업기술시험원(KTL)에서 실시하였으며, IEC 60068-2-3 (온, 습도시험) 등 7항목의 내환경시험과 입, 출력절연저항 및 내전압시험 등의 전기적 특성시험을 실시하여 모두 적합 판정을 받았으며, 국산화 제품의 현장적용시험을 위해 기존에 운용되고 있는 발전기 주제어설비(EX2100 System)에 설치하여 호환성(기능, 구조, 형상등) 및 동작시험 등을 3개월 이상 시험한 결과 적합 판정을 받았다.

### References

- [1] Ho-Seon Ryu, Han-Ju Cha, "Development of Integrated Start-up and Excitation System for Gas Turbine Synchronous Generator", The Transaction of the Korean Institute of Electrical Engineers vol. 63p, no. 3, pp. 183-188, 2014
- [2] Chan-Ki Kim, Hong-Woo Rhew, "Transient Stability Analysis of New Static Exciter with Boost Converter", Journal of Electrical Engineering and Information Science vol 3, no. 4, pp. 464, 1998
- [3] Hong-Woo Lim, Young-Joo Lee, Ji-Hun Han, "A Study on the Failure Analysis and Representation Test Method of High Frequency Transformer for SMPS", The Transaction of the Korean Institute of Electrical Engineers vol. 60, no. 4, pp.766-770, 2011
- [4] K.S, Yoo, O.K, Kwon, "Optimal LQ control of Buck Switching Regulator", The Transaction of the Korean Institute of Electrical Engineers, pp. 401-404, 1989
- [5] Jung-Hoon Ko, Bong-Hwan Kwon, Myung-Joong Youn, "A Controller Design for Switching Regulator Using an Optimal Output PIM Control with Feedforward Comensation" The Transaction of the Korean Institute of Electrical Engineers, vol. 36, no. 3, pp. 36-44, 1987
- [6] 고영길, 이광원, "Switching Regulator의 설계 및 제어", The Transaction of the Korean Institute of Electrical Engineers, pp. 137-139, 1982
- [7] Young-Hun Choi, Jung-Il Choi, Hyun-Do Nam, Dong-Jun Ahn, "Implement of Active Noise Control Systems using Adaptive Filters", The Transaction of the Korean Institute of Electrical Engineers, pp. 314-315, 2010
- [8] Young-Jin Lee, Mi-Na A, Kwon-Soon Lee, "A Development of the Fault Detection System of Wire Rope using Magnetic Flux Leakage Inspection Method and Noise Filter" The Transaction of the Korean Institute of Electrical Engineers, vol. 63, no. 3, pp. 418-424, 2014
- [9] Eun-Chul Shin, Sung-tek Kahng, Gun-ho Jang, Chang-Rhim Park, "Design of a Broadband EMI filter to Suppress the Noise from the Power Supply", The Transaction of the Korean Institute of Electrical Engineers, pp. 1576, 2009
- [10] Kyeong-Seob Oh, Seung-Sik Nam, Dong-Hee Kim, "A characteristic Estimation of Current fed Push Pull Type High Frequency Resonant DC-DC Converter with Active Clamp Circuits", The Transaction of the Korean Institute of Electrical Engineers, vol. 53B, no. 8, pp. 517-524, 2004
- [11] Seung-Hoon Oh, Bong-seop Lee, Sang-Ho Lee, Dal-Hae Lee, Sang-Kwon Lee, "Current Fed Type Push Pull High Frequency Inverter", The

Transaction of the Korean Institute of Electrical Engineers, pp. 1123-1125, 1992

## 저 자 소 개



### 이 기 선 (Ki-Seon Lee)

2002년 8월 인천대학교 전자공학과(학사)  
2011년 8월 한양대학교 전기공학과(석사)  
2013년 3월~현재 가천대학교 전기공학과(박사과정)  
1995년 12월~현재 한국남부발전(주)



### 박 정 철 (Jung-Cheul Park)

1983년 명지대학교 전자공학과 학사  
1892년 명지대학교 전자공학과 석사  
2000년 명지대학교 전자공학과 공학박사  
2007년~현재 : 가천대학교 전자공학과 교수



### 추 순 남 (Soon-Nam Chu)

1980년 명지대학교 전자공학과 학사  
1984년 명지대학교 전자공학과 석사  
2000년 경원대학교 전기전자공학부 (공학박사)  
2007년~현재 : 가천대학교 전기공학과교수