

전원 장치의 신뢰성 평가와 향상 기법(III)

계 문 호 (桂文浩)
mhkye@hanmail.net

Contents

- ① 신뢰성 평가를 위한 데이터 수집
Thermal Analysis, 및 Stress Analysis에 관하여
- ② 신뢰성 평가를 위한 고려 사항
신뢰성 평가를 위한 Software 및 부품별 요구사항에 관하여
- ③ 신뢰성 향상을 위한 제언 및 방법
Derating 과 screening 관하여
- ④ 실제 적용 예 및 결론
DC-DC Converter에의 적용 예

지난호까지에서는 전원장치의 신뢰성 평가를 수행하기 위하여 위의 목차에 있는 내용중에서 제1항, 제2항, 제3항의 내용을 설명하였는데, stress analysis와 thermal analysis를 하는 방법, 전원 장치가 적용되는 환경조건들 및 application software에 입력하는 내용에 관하여 기술하였다. 이와 같은 과정을 통하여 얻은 데이터로부터 본 장에서는 DC-DC Converter(16V/0.3A)를 소개하고 이 회로에 대하여 stress analysis를 수행하고 commercial 부품을 기준으로하여 신뢰성평가를 하고자한다. 이후 부품들의 품질 등급을 commercial 등급을 기준으로 하여 결과를 얻은 후에 commercial 등급을 military 등급으로 바꿀 경우, 동작 온도를 바꾸는 경우(0℃에서 70℃까지의 변화)와 환경이 변화하는 경우(GB 환경에서 CL 환경까지의 변화)에 대하여 본 장치의 신뢰성이 변화하는 내용을 기술하고자 한다. 현재 시중에서 판매되고 있는 신뢰성 평가용 Application Software로는 다음과 같이 크게 3개 회사에서 제작하여 판매하고 있는데, Item Software, RELAX, Real Calc라고 명명한 T-CUBED software등의 제품이 있다. 상업용, 특히 통신용으로 적용할 경우에는 TR-332에 의거한 Bellcore module을 적용하며, 대부분의 경우는 신뢰성 평가의 원조인 MIL-HDBK-217에 의한 module을 적용한다. NSWC-98에 의거한 mechanical 장비에 대하여는



Conclusion

MECHANICAL module을 적용한다. 또한 이러한 module들에 대하여 MIL-STD-1629에 의거한 FMECA(Failure Mode Effects and Critically Analysis) module 등이 별도로 구비하여야 하는데 필요로 되는 용도에 따라서 선택적으로 이용할 수 있다. 그 외에도 Fault Tree analysis와 data transferring 기능 등 기능을 향상하기 위하여 규격에 따라서 제작된 여러 가지 기능 module들이 있는데, 기본적인 것은 위에서 열거한 규격들의 내용을 근간으로 하여 규격에 나와 있는 많은 경우의 수에 대한 계산식들을 Simple한 숫자의 입력으로 계산하도록 해주는 기능을 하고 있다. 이와 같은 software를 많은 다양한 종류의 전자장비, 전원장치와 system에 적용하는데, 사용방법이나 적용의 원칙은 거의 같다고 볼 수 있다. 기본적으로 사용하는 것은 오리지널인 MIL-HDBK-217에 의한 신뢰성 평가이며 본 원고에서도 이런 관점에서 기술하고자 한다.

여담이지만 본인은 ITEM SOFTWARE 최신 Version을 사용할 기회가 있어서 여러 가지 시행착오를 하였는데, 중간 중간 긴가 민가한 내용을 동료들에게 물어보면 그것도 몰랐었는가? 라는 동료 엔지니어들의 시선을 느끼게 됐는데, 이러한 시선을 감수하면서 어느 정도 mistake을 줄일 수 있도록 되었다. 이후에 알게 된 것은 그들도 처음에는 나와 같은 시행착오를 겪었고, 요즈음은 그들이 수행한 결과를 보면서 Mistake를 발견해 주기도 하였다. 또한 이러한 software가 나오기 전에는 신뢰성 평가를 계산할 필요가 있는 전원장치 회사에서 위의 규격에 근거한 계산식을 일일이 프로그램하여 사용하였다. 규격에 나와 있는 식들은 간단한 계산식들이지만 부품군에 따라서 또한 그 부품의 종류에 따라서 수식이 정해지므로 그 수식의 량이 많고 또한 경우의 수가 많아서 시중에서 구입하여 새로운 프로그램을 사용하는 것은 신기술이 급속한 시대에서는 지극히 당연하다고 할 수 있다.

참고로 위에서 열거한 software들을 제작하는 회사의 web site를 소개하는데, demo version을 free로 download하여 기본적인 기능들을 살펴 볼 수 있고, 각 Module별의 가격과 기타 신뢰성과 관련된 내용들을 요목 조목 간결하게 기술하고 있으며, 다양하게 더욱 자세하게 검색해 볼 수 있도록 되어있으므로 신뢰성 평가에 관심있는 분들은 한번쯤 둘러볼 필요가 있다고 생각된다.

- **item software** : <http://www.itemsoft.com/>
- **Relax** : <http://www.relexsoftware.com/>
- **Real Calc** : <http://www.t-cubed.com/>
- **모아 소프트웨어** : <http://www.moasoftware.co.kr/>

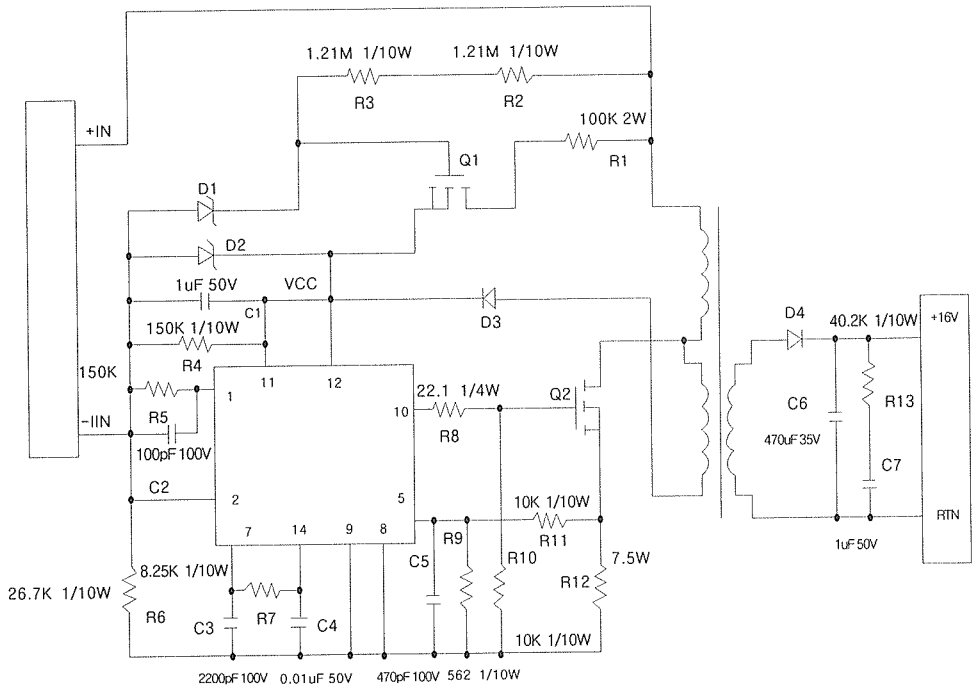


1. DC-DC Converter

1) DC-DC Converter 회로 설명

〈그림 4-1〉은 입력 110V에서 출력 16V를 얻기 위한 DC-DC Converter 회로도인데, 이 회로로 부터 stress analysis와 derating estimation을 하고 신뢰성을 평가해보도록 한다. 회로는 flyback- topology를 기본으로 하여 self operating되어 DC110V 이상에서 처음 동작된 후에 계속적으로 동작되도록 하게 되는 간단한 형태의 회로로써, 입력과 isolate된 출력을 요구하는 작은 용량의 DC 전원이나 전원장치의 보조 전원용 등에 사용될 수 있다. 본 장치의 기본적인 규격은 다음과 같다.

- 입력 전압 : DC 110V- 400V
- 출력 전압/전류 : DC 16V/0.3A
- 출력 ripple : 50mV
- 동작 온도 범위: 0°C ~ 75°C
- Duty ratio : 45%



(그림 4-1) DC-DD converter 회로도 예제 1



Conclusion

2) Worst Case Stress Analysis

지난 호에는 자료가 구해지지 않은 관계로 deration 관련한 규격의 guideline을 올리지 못하였고 이번호에 올린다. 4페이지의 규격을 <표 4-1>에서 정리하였으므로 더욱 자세한 사항은 NAVSO P-3641A(구 NAVMAT P4588-1)규격을 참조하기 바란다. 규격은 다음 web site에서 찾아볼 수 있으며, derating guideline 뿐 아니라 military grade 전원장치에서 갖어야 할 주요 기능들을 소개하고 있다. 방문하여 열람하여 보기를 바란다.

▶ <http://www.abm.rda.hq.navy.mil/psdoc.pdf>

Components	Derating Parameter	Guideline(%)
All Resistors	Power	50%
	Voltage	80%
Capacitors	Ripple Voltage	50%
	Ripple Current	70%
	Voltage	55% ~ 70%
Magnetic Devices	Hot spot temperature	최대 절연 정격의 30%이하
Diodes	Forward current(I _f)	70%
	Reverse Voltage(V _r)	70%
	Surge Current	60%~ 70%
	Max T _j (°C)	110°C
Transistors	Power dissipation(P _d)	65%
	Breakdown Voltage(V _{BR})	70%
	SOA V _{ce}	70%
	SOA I _c	60%
	Max T _j (°C)	110°C
Opto-electronics	Forward current(I _f)	65%
	Max T _j (°C)	110°C
Digital Microcircuits	supply Voltage	제작사 규격보다 낮을것
	Max T _j (°C)	110°C
Linear Micro circuits	Max T _j (°C)	110°C
	Voltage(signal)	75%
	Output(surge)	80%
	Current(continuous)	70%
	current(surge)	60%

<표 4-1> Derating Guidelines



<표 4-2>는 (그림 4-1)의 회로도로부터 사용되는 전기적인 부품들만을 고려하여 worst case 에서의 stress analysis를 수행한 결과이다.

[표4-2]Worst Case Stress Analysis for DC-DC converter

WORST CASE STRESS ANALYSIS

MODEL NO:Flyback 16V OUTPUT

April 23,2002

NUMBER OF TOTAL COMPONENTS	28
NUMBER OF PASSED COMPONENTS	22
NUMBER OF FAILED COMPONENTS	3
NUMBER OF ACCEPTABLE COMPONENTS	3

1. RESISTER BLOCK

No.	Ref No.	Description Part No.	VOLTAGE				CUURRENT				POWER				DERATING		
			Rated	Applied	Stress	Derating	Rated	Applied	Stress	Derating	Rated	Applied	Stress	Derating	Pass	Fail	Accep
			V	V	%	%	A	A	%	%	W	W	%	%	P	F	A
1	R1	R 100k 2W	250	384.0	154	80	/	/	/	/	2.00	1.47	73.728	50		F	
2	R2	R 1.21M 1/10W	150	191.0	127	80	/	/	/	/	0.10	0.003	3.0	50		F	
3	R3	R 1.21M 1/10W	150	191.0	127	80	/	/	/	/	0.10	0.003	3.0	50		F	
4	R4	R 150K 1/10W	150	18.0	12	80	/	/	/	/	0.10	0.002	2.2	50	P		
5	R5	R 150K 1/10W	150	18.0	12	80	/	/	/	/	0.10	0.002	2.2	50	P		
6	R6	R 26.7K 1/10W	150	3.0	2	80	/	/	/	/	0.10	0.0003	0.3	50	P		
7	R7	R 8.25K 1/10W	150	5.0	3	80	/	/	/	/	0.10	0.0003	0.3	50	P		
8	R8	R 22.1 1/4W	200	1.2	67	80	/	/	/	/	0.25	0.065	26.063	50	P		
9	R9	R 562 1/10W	150	1.0	67	80	/	/	/	/	0.10	0.002	1.7794	50	P		
10	R10	R 10K 1/10W	150	16.0	67	80	/	/	/	/	0.10	0.026	25.6	50	P		
11	R11	R 2K 1/10W	150	1.2	67	80	/	/	/	/	0.10	0.001	0.72	50	P		
12	R12	R 7.5 1W	200	1.2	0.6	80	/	/	/	/	1.00	0.192	19.2	50	P		
13	R13	R 40.2K 1/10W	150	16.0	11	80	/	/	/	/	0.10	0.01	6.4	50	P		

SUB TOTAL POWER DISSIPATION(W)

1.5

2. CAPACITOR BLOCK

No.	Ref No.	Description Part No.	VOLTAGE				CUURRENT				POWER				DERATING			
			Rated	Applied	Stress	Derating	Rated	Applied	Stress	Derating	Rated	Applied	Stress	Derating	Pass	Fail	Accep	
			V	V	%	%	A	A	%	%	W	W	%	%	P	F	A	
14	C1	c 1uF Ceramic	50	18	36.0	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	P	
15	C2	c 100pF Ceramic	100	16	16.0	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	P	
16	C3	c 2200pF Ceramic	100	5	5.0	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	P	
17	C4	c 0.01uF Ceramic	50	5	10.0	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	P	
18	C5	C 470pF Ceramic	100	1	1.0	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	P	
19	C6	C 100uF Ceramic	35	16	45.7	70	0.084	4E-04	0.47	70	/	/	/	/	/	/	P	
20	C7	c 1uF Ceramic	50	16	32.0	70	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	P	

Conclusion

3. DIODE BLOCK

No.	Ref No.	Description Part No.	VOLTAGE				CUURRENT				POWER				Rth		DERATING		
			Rated	Applied	Stress	Derating	Rated	Applied	Stress	Derating	Rated	Applied	Stress	Derating	J-C	C-A	P	F	A
			V	V	%	%	A	A	%	%	W	W	%	%	C/W	C/W			
21	D1	Diode Zener, 18V	/	18.0	0.00	/	0.009	2E-04	1.667	60	0.3	0.0027	0.9	50	5	500	P		
22	D2	Diode Zonor, 18V	/	18.0	0.00	/	0.009	2E-06	0.022	60	0.3	4E-05	0.012	50	5	500	P		
23	D3	BAS21LT1	250	18.0	7.20	75	0.100	0.017	17.00	70	/	0.017	/	/	80	800	P		
24	D4	EGL41C	150	16.0	10.67	75	1.000	0.420	42.00	70	/	0.200	/	/	30	100	P		

SUB TOTAL POWER DISSIPATION(W) **0.22**

4. TRANSISTOR BLOCK

No.	Ref No.	Description Part No.	VOLTAGE				CUURRENT				POWER				Rth		DERATING				
			Rated	Applied	Stress	Derating	Rated	Applied	Stress	Derating	Rated	Applied	Stress	Derating	J-C	C-A	Pass	Fail	Accp		
			V	V	%	%	A	A	%	%	W	W	%	%	C/W	C/W	P	F	A		
25	Q1	MTP4N100E	1000	782	78	65	4.0	0.020	0.50	60	23	0.1	0.43	50	0.83	100			A		
26	Q2	IRPFR420	500	400	80	65	2.5	0.040	1.60	60	50	0.1	0.20	50	2.5	100			A		
27	U1	UC3843AD	30	18	60	75	1.0	0.012	1.16	70	0.73	0.21	28.79	/	35	65	P				

SUB TOTAL PEAK POWER DISSIPATION(W) **0.41**

5. MAGNETICS BLOCK

No.	Ref No.	Description Part No.	VOLTAGE				CUURRENT				POWER				Temp Rise		DERATING				
			Rated	Applied	Stress	Derating	Rated	Applied	Stress	Derating	Rated	Applied	Stress	Derating	Temp	Limit	Pass	Fail	Accp		
			V	V	%	%	A	A	%	%	W	W	%	%	C	C	P	F	A		
28	T1	Bias Transformer	/	380	/	/	1.0	0.10	10.0	/	1.0	0.10	10.0	/	30	50	P				

SUB TOTAL AVERAGE POWER DISSIPATION(W) **0.30**

WORSTCASE EFFICIENCY **75.67**

지난호에서 이미 기술한 바와같이 각각의 부품군별로 작성하였으며, 이후에 application software 에서 요구되는 내용들을 포함하도록 하였다.

Deraing estimation에서는 전체 28개의 부품중에서 22개는 Pass, 3개는 Fail, 3개는 Acceptable로 처리하여 기록되었다. Fail로 처리된 부품들은 저항들의 전압 정격이 부족하므로 다음과 같은 값을 직/병렬로 부가하므로써 해결한다. 5와 R6의 1.21M ohm은 저항값은 직렬 합계



Voltage Stress가 100%에서 50%로 되어 Pass하게 된다.

또한 같은 원리로 Fail 처리된 R1에 대해서도 직/병렬회로를 부가하는데, 이것들의 등가 저항이 100k ohm이 되어야 하므로 4개의 저항을 직/병렬로 구성하여 등가 저항이 100K ohm이 되게 하면 voltage 정격이 500V로 되고 power 정격이 4W로 되어 Voltage Stress가 154%에서 77%로 되고, Power Stress가 73.7%에서 36.9%로 되어 Pass하도록 처리하였다.

3) 신뢰성 평가

지금까지의 데이터를 바탕으로 하여 신뢰성 평가를 통한 신뢰성 산출을 위하여 시중에 나와있는 application software를 사용하게 되는데, 정확한 데이터를 입력하기 위하여 고려할 사항에 관하여 각각의 부품별로 요구되는 사항들이 있는데, 이와 같은 요구사항을 만족시키지 못하고 입력할 경우 원하지 않으며 자신도 모르는 error가 발생하게 될 것이다. application software에 따라서 다소의 차이는 있을 수 있으며, 다음의 내용은 기본적인 내용만을 기술하였다.

DIODES		
QUALITY	PLASTIC	JAN
JUNCTION TEMP CALC MODE	MODE 1 Full Mode	
POWER DISSIPATION	PER STRESS ANALYSIS	
VOLTAGE STRESS	PER SCHEMATIC	
CONNECTION TYPE	RESO - REFLOW SOLDER	
NO. OF JUNCTION	1	
NO. OF PINS	2	
ADJUSTMENT FACTOR	1	
Theta CASE-AMBIENT	PER TESTING	
Theta JUNCTION-CASE	DaATA BOOK	
CONSTRUCTION	METALLURGICALLY BONDED	

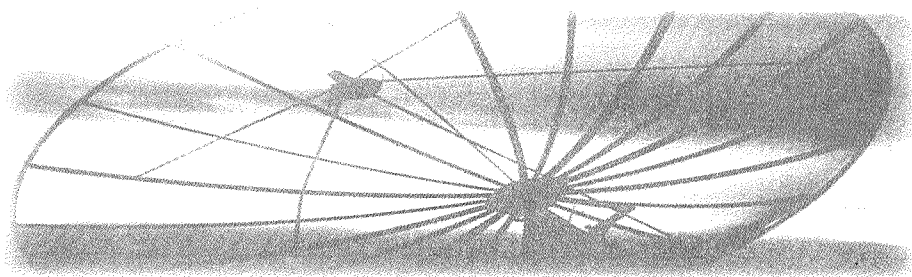
RESISTORS		
QUALITY	COMMERCIAL	M CLASS
STYLE	RM-FIXED FILM CHIP ER	
	RD-FIXED FILM POWER	
CONNECTION TYPE	RESO-REFLOW SOLDER	
POWER STRESS	PER STRESS ANALYSIS	
POWER DISSIPATION	PER STRESS ANALYSIS	
ADJUSTMENT FACTOR	1	

Conclusion

CAPACITORS		
QUALITY	COMMERCIAL	M CLASS
STYLE	CDR - CERAMIC CHIP ER	
	CUR - ALUMINUM OXIDE ER	
CONNECTION TYPE	RESO - REFLOW SOLDER	
VOLTAGE STRESS	PER STRESS ANALYSIS	
CAPACITANCE	PER SCHEMATIC	
CIRCUIT RESISTANCE	0	
ADJUSTMENT FACTOR	1	

MAGNETICS : TRANSFORMER		
QUALITY	LOW QUALITY	MIL SPEC
TEMP RISE	PER TESTING	
POWER LOSS	PER STRESS ANALYSIS	
ADJUSTMENT FACTOR	1	
TRANSFORMER TYPE	FLYBACK	
NO. OF PINS	6	

TRANSISTOR MOSFETS		
QUALITY	PLASTIC	JAN
JUNCTION TEMP CALC MODE	MODE 1 Full Mode	
POWER DISSIPATION	PER STRESS ANALYSIS	
VOLTAGE STRESS	PER SCHEMATIC	
CONNECTION TYPE	HAWO - HAND SOLDER WITHOU WRAP	
POWER RATINGS	PER DATA BOOK	
NO. OF PINS	3	
ADJUSTMENT FACTOR	1	
Theta CASE-AMBIENT	PER TESTING	
Theta JUNCTION-CASE	DaATA BOOK	





MICRO IC		
QUALITY	COMMERCIAL	JAN
JUNCTION TEMP CALC MODE	MODE 1 Full Mode	
POWER DISSIPATION	PER STRESS ANALYSIS	
CONNECTION TYPE	RESO - REFLOW SOLDER	
NO. OF ACTIVE PINS	10	
ADJUSTMENT FACTOR	1	
NO. OF TRANSISTOR	50	
PACKAGE TYPE	NON-HERMATIC SMT	
Theta CASE-AMBIENT	PER TESTING	
Theta JUNCTION-CASE	DaATA BOOK	

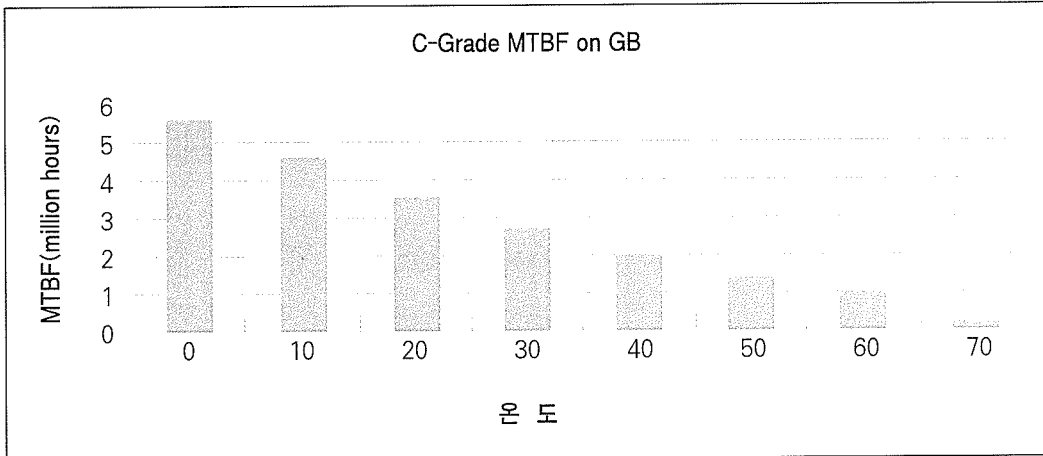
4) 신뢰성 평가 결과

위의 내용들을 기준으로 application software에 데이터를 입력한 결과 다음과 같이 Ground Benign의 환경조건 주위 온도 30℃에서 commercial 부품들을 사용하였을 경우로 하여 2,770,000시간의 평균 고장 시간을 갖으며, military 부품으로 교체하였을 경우에는 13,500,000시간의 평균 고장 시간을 갖는다. 즉 부품 등급이 높을 수록 평균 고장시간은 길어지지만 부품의 가격이 상승하게 되므로 지난 호에서 언급한 바와 같이 적당한 절충점을 찾아야 한다. 참고로 commercial 부품들을 사용하였을 경우에 주위 온도가 0℃에서 70℃까지 변화함에 따라서 위의 회로가 갖을 수 있는 평균 고장 시간은 다음 <표 4-3>과 같이 온도가 올라 갈수록 시간이 짧아지고 있음을 알 수 있다.

온도 (℃)	0	10	20	30	40	50	60	70
MTBF of C-Grade Unit (hours)	5.70M	4.61M	3.63M	2.77M	2.04M	1.47M	1.03M	0.71M
FAILURE RATE	0.176	0.217	0.276	0.362	0.489	0.681	0.973	1.42

<표 4-3> commercial 부품을 사용한 경우 온도에 따른 평균 고장 시간의 변화

Conclusion



또한 <표 4-4>는 M-Grade의 부품을 사용하여 규격에서 정의한 환경조건에 대하여 30°C의 주위 온도에서 구한 평균 고장시간이다. 표에서 보이는 바처럼 가장 가혹한 환경은 CL이고 가장 좋은 환경은 SF이다. 통상은 GB를 기준으로 삼는데, 용도에 따라서 해당하는 환경을 설정한다.

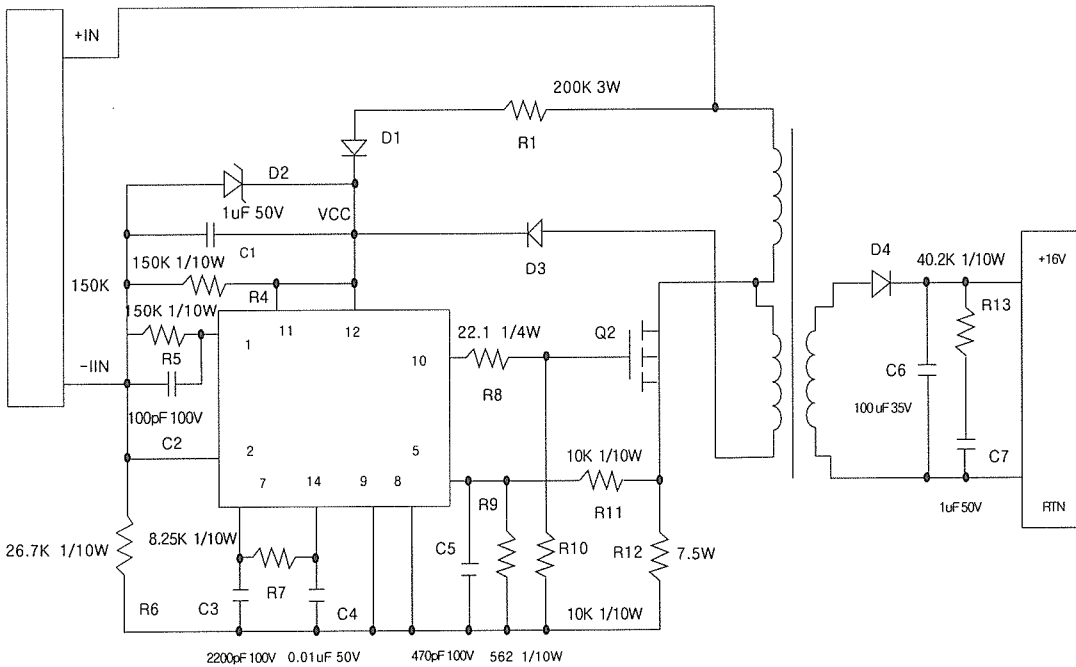
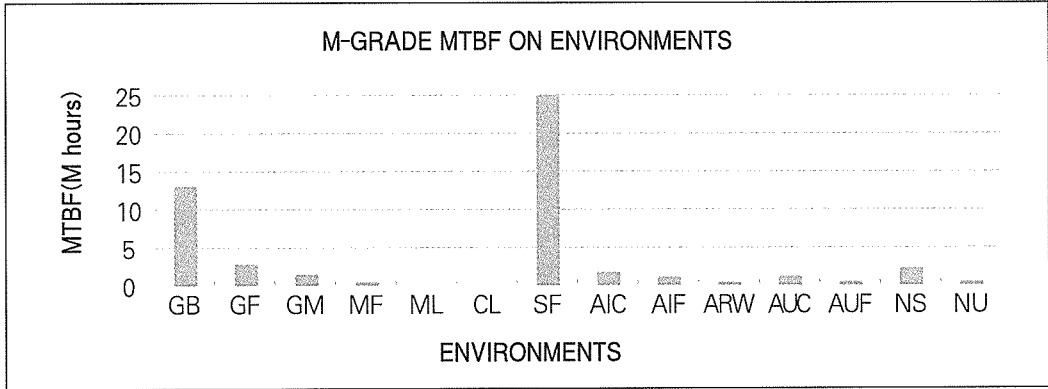
환경조건	GB	GF	GM	MF	ML	CL	SF	AIC	AIF	ARW	AUC	AUF	NS	NU
MTBF(Million hours)	13.5	2.62	1.17	0.78	0.32	0.02	25.1	1.29	0.80	0.44	0.76	0.48	1.82	0.69
FAILURE RATE	0.07	0.38	0.85	1.27	30.8	48.3	0.04	0.78	1.26	2.27	1.32	20.9	0.55	1.44

<표 4-4> Military 등급의 부품을 사용한 경우 환경에 따른 평균 고장 시간의 변화

아래의 회로도 (그림 4-2)는 앞의 회로도 (그림 4-1)와 거의 같은 동작을 하는 회로로써, 두 개의 회로를 비교해 보면 (그림 4-2)에서는 한 개의 MOSFET, 한 개의 Zener Diode 와 2개의 저항이 줄어들었고 대신에 한 개의 다이오드가 추가되었다. 이 상태에서 얻은 신뢰성 평가 결과는 <표 4-5>과 같다.

온도 (°C)	0	10	20	30	40	50	60	70
MTBF of C-Grade Unit (hours)	5.64M	4.64M	3.68M	2.81M	20.7M	1.48M	1.03M	0.70M
FAILURE RATE	0.177	0.216	0.272	0.356	0.482	0.675	0.97	1.42

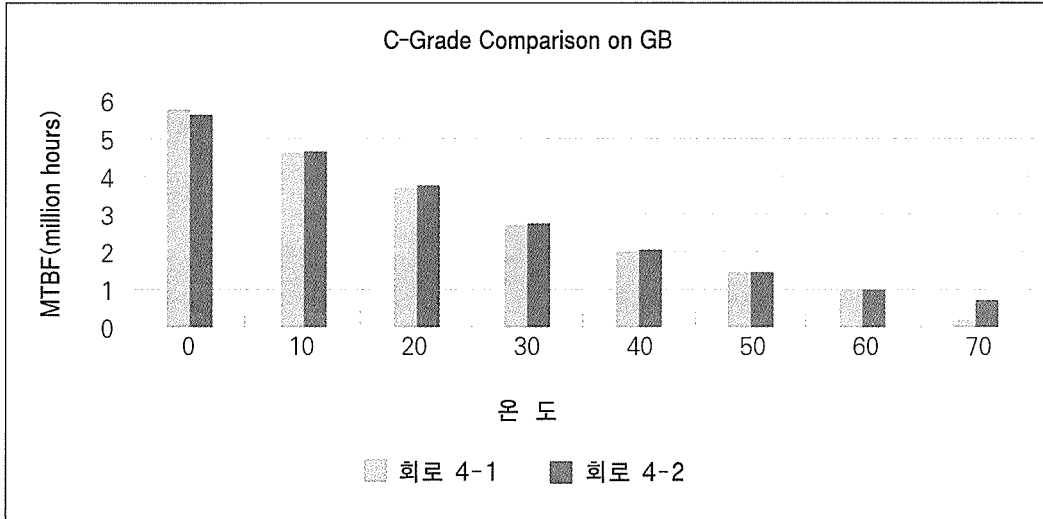
<표 4-5> commercial 부품을 사용한 경우 온도에 따른 평균 고장 시간의 변화



(그림 4-2) DC-DC converter 회로도 예



Conclusion



〈표 4-3〉과 〈표 4-5〉를 비교해보면 위에서 제시한 두 개의 회로중에서 뒤에 제시한 회로가 부품 수는 줄었지만 R1의 power stress가 증가하였고, D1의 stress가 증가하여 오히려 MTBF가 줄어들었음을 보여준다. 이상의 실제 DC-DC Converter회로는 본인이 직접 사용하던 회로들로서 실험을 끝낸지 시간이 지나서 다소 미흡한 점이 있으나 신뢰성 평가를 진행하는 과정을 제시한 예제로써 단지 참조를 바랄뿐이다.

2. 결론

본 원고를 통하여서 본인은 기존의 전원장치에 대한 신뢰성 평가를 수행하기 위하여 첫 번째 단계로써 전원장치의 해석과 평가하는 단계인 worst case stress analysis와 thermal analysis를 하는 방법에 대하여 기술하였다. 이 단계에서는 향후 Application Software에 적용하기 위한 데이터 수집의 단계이기도 하다. 하지만 이과정을 수행하는 동안에 자신의 전원장치를 객관적인 잣대 위에서 한번 평가해 볼 기회를 갖게 되므로 신뢰성 향상에 크게 도움이 된다. 그 다음에는 데이터를

Application-Software에 입력하는 단계로써 Software의 사용방법과 기본적인 military 규격의 이해를 위하여 이에 관하여 기술하였다. 한번 숙달이 되면 크게 기술적인 어려움은 없으며 일종의 단순 반복 작업의 업무이다. 그리고 신뢰성 향상을 위한 방법으로 Derating Estimation과 Screening에 관하여 기술하였다. 즉, 부품들이 장치내에서 어느 정도의 여유도를 갖고 동작하도록 하기위한 것이고 대부분은 설계시에 고려하여 부품을 선정하지만 개발의 최종 전단계에서 한번 더 분석할 필요가 있다. Screening은 부품 또는 제품에 대하여 품질등급을 향상시키기 위한 과정으로써 해당되는 부품에 해당되는 규격을 적용하여야 한다.

신뢰성 향상을 위하여 사용되는 시험 항목과 관련 규격을 기술하였다. 일부 규격은 인터넷상에서 열람할 수도 있도록 되어 있는데, 양이 방대하지만, 필요로 하는 내용은 어느 정도 open되어 있다. 다음의 web site는 몇 가지의 규격을 검색해 볼 수 있는 곳으로 관심있는 분들은 한번쯤 방문해 볼 필요가 있다고 사료된다.

- ▶ <http://www.dsccl.dla.mil/Programs/MilSpec/default.asp?DocTYPE=STD>,
- ▶ http://webbooks.net/books/_other/m461prn.pdf

이상에서 기술한 이러한 일들은 새로운 모델의 전원장치를 개발할 경우에 당연히 이루어져야 하며, 신뢰성에 관심이 있다면 일의 진행과정도 당연히 해야할 일들임을 알 수 있다. 당연히 많은 시간과 비용이 추가로 발생하지만 이러한 당연히 해야하는 일들을 수행함으로써 전원장치의 신뢰성을 향상 하고 한 단계 업그레이드된 장치를 제작하여 수요자에게 제공할 수 있을 것이다.

참고로 전원장치 제조 회사들은 다음의 Web site를 방문하여 Military spec용 전원장치에 대한 catalog를 검토 보았으면 좋겠다. 본인이 알기로는 같은 용량의 전원장치의 가격을 비교해보면 상업용에 비하여 약 10배 이상의 차이가 나는 것으로 알고 있다. 비록 그 주문량이 대량은 아니지만, 꾸준히 응용 분야가 넓어져 가고 있다. military grade의 전원장치는 military용으로 사용될 뿐 아니라 우주 항공용, 극한지대와 열대 지대, 사막지대, 바다 밑의 설비등과 컨테이너 선박용, 잠수함용등 그 응용 분야는 산업이 발달하고 인구증가에 따른 산업개발 지역의 확대에 따라서 더욱 넓어질 것이다. 또한 상업용에 비하여 그다지 많은 경쟁이 없고 기존의 산업용 전원장치를 생산



Conclusion

하는 업체들도 military 제품개발도 겸하고 있는 추세로써 부가가치가 크므로 한국의 전원장치 업체들도 관심을 가져볼 만한 분야라 아니 할 수 없다.

▶ http://www.vicr.com/products/defense/military_catalog.pdf

이상으로 전원장치의 신뢰성 평가와 향상 기법에 대한 3회의 내용을 마치고자 한다. 협조해주신 분들께 감사 드리면서 글을 마치고자 한다. 두서없는 글이고 글을 다 쓰고 나서 보니 군데군데 실수가 있지만 전체의 흐름을 이해해주시고 혹시라도 신뢰성 평가를 수행해보고자 하는 분들에게 작은 도움이라도 되기를 바라는 마음이다. ○

작 · 가 · 약 · 력

계 문호(桂文浩) Moon Ho, Kye

- 1982 한양대학교 전자공학과, 학사
- 1993 창원대학교 전기공학과, 석사
- 1982-1998 한국전기연구소, 선임연구원
- 1999-2000 Century Electronics, Power Supply Design Engineer
- 2001-2002 Martek Power Abbott, Power Supply Design Engineer
- 2002-현재 EQAICC-PACIFIC, Auditor and Consultant
- E-mail mhkye@hanmail.net