

군용 DC-DC Converter의 시험 절차 및 규격

- 성능시험 및 환경시험 검사방법 -

정 경 진*, 김 경 일**
((주)DST *주임연구원, **기술연구소장)

1. 개요

군용 DC-DC Converter는 다양한 시험을 통하여 성능을 확인하고 신뢰성을 확보하는 것이 중요하다. 또한, 규격이 일반 DC-DC Converter보다 까다롭고 다양하기 때문에 철저한 준비가 필요하다. 이에 군용 DC-DC Converter의 시험 검사 항목 및 시험 절차를 알아보고, 기본적인 규격 승인을 위한 환경시험 항목과 평가기준에 대하여 살펴보고자 한다.

제작되어진 DC-DC Converter는 주어진 시험 검사 항목 및 시험 절차에 따라 성능시험을 하여야 한다. 따라서, 성능시험 절차를 적용하여 DC-DC Converter의 제반성능이 군용 Converter의 요구 기준에 적합함을 판단한다. 기본적인 성능 시험이 합격하게 되면 시험 규격을 참조하여 환경시험을 통과하여야 한다. 이에 기본적인 환경시험 항목과 평가 기준에 대하여 설명하였다.

2. 시험검사 기구

전기적 성능 검사는 별도의 설명이 없으면, 아래의 검사 기구로 측정한다.

- 1) 오실로스코프 (Oscilloscope, Tektronix, Lecroy)
- 2) 전류 프로브 (Current Probe, Tektronix, Lecroy)

- 3) 전자부하 (Electronic Load, UEI-1000L, Kikusui)
- 4) 멀티미터 (Digital Multimeter, Agilent)
- 5) DC 공급장치 (DC Power Supply, Hewlett Packard, Kikusui)

3. 시험검사 항목

3.1 구조 및 외관

- 1) 구조 및 외관 검사
- 2) 외형크기(길이, 세로, 높이)

3.2 전기적 성능 검사

- 1) 입력 특성
- 2) 출력 특성
- 3) 절연 특성
- 4) 부가 기능

3.3 환경시험 검사

4. 구조 및 외관검사

DC-DC Converter 의 구조 및 외관이 사용자가 요구하는

구조로 제작되었는지 확인하는 시험이며 적용하고자 하는 장치에 부합되는지 확인 검사한다.

- 1) 시험기기
길이 측정 : 버니어캘리퍼스
- 2) 구조 및 외관검사
적용하고자 하는 장치의 구조를 확인하고 제작된 DC-DC Converter의 구조가 사용가능한 지 확인검사 한다.
- 3) 외형치수 검사
DC-DC Converter의 길이, 넓이, 높이를 측정/비교 한다.

5. 전기적 성능 검사

5.1 입력특성

5.1.1 Input Voltage

- 1) 정격 입력전압 : 28Vdc(예)
- 2) 입력 전압 허용범위 : 18Vdc ~ 36Vdc(예)

5.1.2 Brown Out

- 1) 개요
최소 입력전압에서 최대부하의 75%까지 정상 출력범위의 성능을 유지하여야 한다.
- 2) 시험방법
입력전압을 17V로 Setting후 DC-DC Converter를 연결하고 전자부하를 75%까지 연결하여 동작함을 확인 한다.

5.1.3 No Load Power Dissipation

- 1) 개요
무부하 상태에서 소비되는 전력량으로 기준치 이하여야 한다.
- 2) 시험방법
정격 입력전압에서 Converter를 무부하 상태로 Setting한 후 입력의 전압과 전류를 곱한다.(예 $28V \cdot 0.04A = 1.12W$) 또는 DC 공급 장치의 전력값을 확인한다.

5.1.4 Inrush Charge(Inrush Current)

- 1) 개요
DC-DC Converter를 Turn On시 입력에서 흘러 들어가는 전류의 양을 나타낸다.
- 2) 시험방법
Oscilloscope 와 Current Probe를 이용하여, DC-DC Converter를 Full Load에서 Turn On하여 입력 전류의 양을 측정함.

5.1.5 Reflective Ripple Current

1) 개요

입력전류가 반사되어 돌아오는 크기로 리플 전류의 크기가 기준치 이하이어야 한다. DC-DC 컨버터의 동작에 의하여 입력 전류에 리플 전류가 발생하게 된다.

2) 시험방법

정격 입력전압에서 Converter를 동작시킨 후 전류를 Full Load로 Setting한 상태에서 입력 측 전류를 측정한다. 측정 시 입력에 Current Probe를 사용하여 측정한다.(예 입력전압 : 28V, 입력전류 : 2.32A) (허용 Reflective Ripple Current = $2.32 \cdot 15\% = 348mA$)

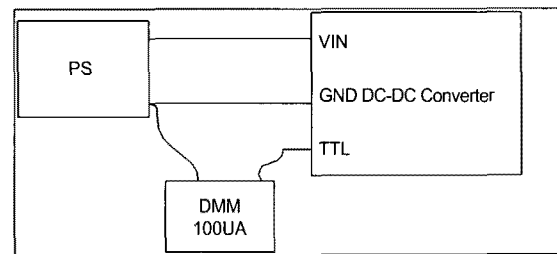
5.1.6 Logic Disable Current (Sink)

1) 개요

Logic을 이용하여 Converter를 OFF 시 전류 값이 기준치 이하여야 한다.

2) 시험방법

정격 입력전압에서 Converter를 동작시킨 후 TTL Pin과 1차GND를 이용하여 Converter를 OFF 시 전류 값을 멀티미터로 측정한다.



시험방법 회로도

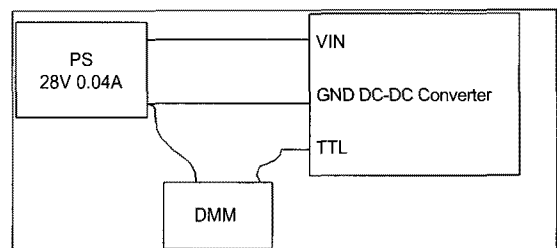
5.1.7 Logic Disable Power In

1) 개요

TTL Pin과 1차 GND를 이용하여 Converter를 OFF 시 소비전력이 기준치 이하여야 한다.

2) 시험방법

TTL Pin과 1차 GND를 이용하여 Converter를 Off 시 입력전압 전류를 곱한 값을 나타낸다(예 $28V, 0.025A = 0.7W$).



시험방법 회로도

5.1.8 Input Ripple Rejection (120Hz)

- 1) 개요
입력에 120Hz의 신호를 넣고 출력에서 감쇄되는 양이 기준치 이하여야 한다.
- 2) 시험방법
입력에 120Hz의 신호를 넣고 출력에서 감쇄되는 양을 측정한다.

5.1.9 Input Overvoltage(NO Damage)

- 1) 개요
무부하시에 정격입력전압(18V~36V) 이상의 조건에서 동작상태를 확인한다.
- 2) 시험방법
입력전압을 정격이상의 전압(37V~50V)으로 Setting 후 DC-DC Converter를 연결하고 무부 하 상태에서 서의 동작을 측정 한다.

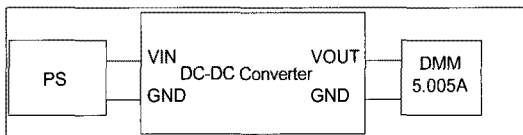
5.1.10 Efficiency

- 1) 개요
정격 입력전압 및 정격 부하전류 조건에서 입력과 출력의 전압 및 전류를 각각 전압, 전류계를 사용하여 효율을 구한다.
- 2) 시험 방법
입력전압, 입력전류, 출력전압, 출력전류 각각 전압, 전류계를 사용하여 측정하여 다음과 같이 효율을 구한다.(예 효율 = 출력전력/입력전력 *100%)

5.2 출력특성

5.2.1 Set Point Accuracy

- 1) 개요
입력전압 허용범위에서 무부하시 출력전압의 변동률이 기준치 이하여야 한다.
- 2) 시험 방법
입력전압 허용범위에서 출력전압을 멀티미터를 이용하여 측정한다.



시험방법 회로도

5.2.2 Load Regulation

- 1)개요
출력전류를 변화 시켰을 때 출력 전압의 변동률이 기준치 이하여야 한다.

2) 시험 방법

정격 입력전압과 허용전압에서 출력전류를 변화 시키면서 멀티미터를 이용하여 출력 전압의 변동률을 측정한다. (예 무부하시 출력전압-풀부하시 출력전압=5.214-5.213=0.001=1mV)

5.2.3 Line Regulation

1) 개요

입력전압을 변화시켰을 때 출력 전압의 변동률이 기준치 이하여야 한다.

2)시험 방법

정격 입력전압과 허용전압에서 입력전압을 변화 시키면서 멀티미터를 이용하여 출력 전압의 변동률을 측정한다.예 무부하시 출력전압-풀부하시 출력전압=5.214-5.213=0.001=1mV)

5.2.4 Ripple P-P (25MHz)

1) 개요

출력전압 리플이 기준치 이하여야 한다.

2) 시험 방법

오실로스코프의 대역폭을 최대 25MHz로 Setting 한 후 전압 프로브를 Converter의 출력에 적용하여 측정한다. 측정 시 프로브를 최대한 짧게 사용한다.

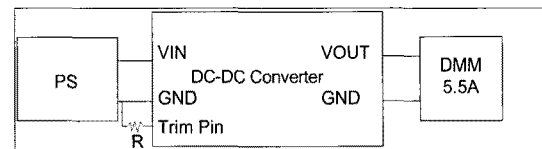
5.2.5 Trim Range

1) 개요

외부에서 출력전압을 100-110% 가변할 수 있는 기능이 다.

2) 시험 방법

Trim Pin과 저항을 이용하여 부하에서 필요한 전압으로 Setting 한다. 최대 Trim 범위는 115% 이다.(예 5.2*115% =5.98V)



시험방법 회로도

5.2.6 Remote Sense Compensation

1) 개요

Converter와 부하 간의 길이가 길 때 출력전압을 보상할 수 있는 기능이다.

2) 시험 방법

+Sense와 -Sense를 이용하여 출력전압을 보상하는 것

을 확인한다.

출력전압 보상범위는 0.5V 이다.

5.2.7 Over voltage Protection

1) 개요

외부에서 Converter로 과전압이 유기되어 들어올 때 Converter의 보호기능이다.

2) 시험 방법

Power Supply를 준비하여 Converter 출력에 과전압을 걸어 Converter가 Off됨을 확인한다.(예 정격 출력이 5.2V이면 과전압 6.5V를 걸어준다.)

5.2.8 Current Sharing

1) 개요

Converter의 병렬 운전 시 전류의 양을 서로 분배하여 전류 차이가 기준치 이하여야 한다.

2) 시험 방법

Converter의 병렬로 연결하고 전자부하를 이용하여 테스트한다.

5.2.9 Transient Response Time

1) 개요

입력전압과 출력전류가 가변할 때의 과도상태를 테스트 하고 출력전압 변동률과 정상상태 도달 시간이 기준치 이하여야 한다.

2) 시험 방법

입력전압 과도상태 테스트는 Program Control이 되는 파워로 테스트 한다.

출력부하 과도상태 테스트는 무부하에서 중부하까지, 중 부하에서 최대부하 등의 방법으로 다양하게 실시한다. Program Control이 되는 전자부하로 테스트한다.

5.2.10 Temperature Drift

1) 개요

정격 입력전압, 최대부하에서 동작 온도 내에서 온도를 변화 시켰을 때 출력전압의 변화량이 기준치 이하여야 한다.

2) 시험 방법

챔버를 이용하여 출력전압의 변화를 테스트하며, 정격전압을 기준으로 절대치가 0.02%/℃ 이하여야 한다.

5.2.11 Long Term Drift

1) 개요

정격 입력전압 범위 및 출력용량에서 동작온도 범위 내에 출력전압의 변화량이 기준치 이하여야 한다.

2) 시험 방법

챔버를 이용하여 출력전압을 테스트하며, 입력인가 30 분후에 측정된 출력전압과 1000시간 동작 후 측정된 전압의 차이가 정격 출력전압의 0.02%/1KHrs 이내여야 한다.

5.2.12 Current Limit

1) 개요

과전류에 의한 Converter 보호기능이고 최대 150% 기준치 이하여야 한다.

2) 시험 방법

전자 부하를 Full Load 이상으로 가변 하여 Current Limit이 정상동작 하는지를 확인한다. Current Limit 기능이 동작하게 되면 정전력 상태가 되어 부하 전류는 증가하고 출력 전압은 낮아지게 된다.

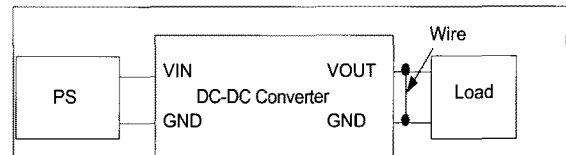
5.2.13 Short Circuit Current

1) 개요

출력단자가 Short시 보호기능이 동작해 Converter를 보호하고 기준치 이하여야 한다.

2) 시험 방법

Converter에 출력의 +단자와 -단자를 같이 묶어서 short 시켰을 때, Converter가 restart(또는 OFF) 상태가 됨을 확인한다.



시험방법 회로도

5.2.14 Turn On Time

1) 개요

입력전압에 따른 출력전압의 delay가 기준과 유사하면 만족한다.

2) 시험 방법

Input 단자와 Output 단자에 전압프로브를 연결하고 Input과 Output의 시간 delay를 확인한다. 단 저항부하 또는 CR모드 테스트한다.

5.2.15 Logic Turn On Time

1) 개요

TTL Pin을 이용하여 입력전압에 따른 출력전압의 delay가 기준과 유사하면 만족한다.

2) 시험 방법

TTL 단자와 Output 단자에 전압프로브를 연결하고 입력의 GND와 TTL Pin을 Short 시킨 후 Short 해제 시 Input과 Output의 시간 delay를 확인한다. 단 저항부하 또는 CR모드 테스트 한다.

5.3 절연 특성

5.3.1 Input to Output

- 1) 개요
입력과 출력 간의 절연 내압시험을 테스트 한다.
- 2) 시험 방법
입력단자의 모든 핀과 출력단자의 모든 핀을 각각 short 시키고 양 단자에 500Vdc를 인가한다. 단 시간은 60초이다.

5.3.2 Output to Base

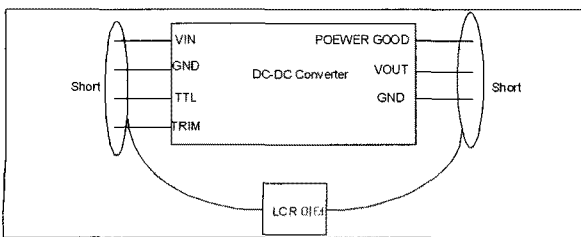
- 1) 개요
출력과 Case 간의 절연 내압시험을 테스트 한다.
- 2) 시험 방법
출력단자의 모든 핀을 Short 시키고 출력단자와 Case에 500Vdc를 인가한다. 단 시간은 60초이다.

5.3.3 Input to Base

- 1) 개요
입력과 Case 간의 절연 내압시험을 테스트 한다.
- 2) 시험 방법
입력단자의 모든 핀을 Short 시키고 입력단자와 Case에 500 Vdc를 인가한다. 단 시간은 60초이다.

5.3.4 Input to Output Capacitance

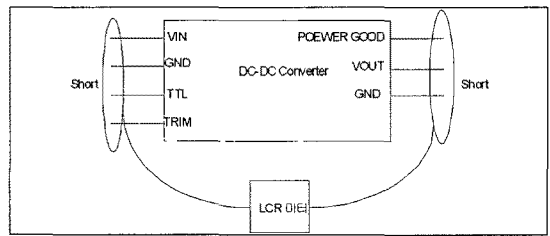
- 1) 개요
Converter 입/출력 간의 커패시턴스를 측정한다.
- 2) 시험 기구
- LCR 미터
- 3) 시험 방법
입력단자의 모든 핀과 출력단자의 모든 핀을 각각 short 시키고 입/출력 양단의 커패시턴스 값을 LCR 미터로 측정한다.



시험방법 회로도

5.3.5 Insulation Resistance

- 1) 개요
Converter 입/출력 간의 절연 저항을 측정하며 기준치보다 크면 만족한다.
- 2) 시험 기구
- LCR 미터
- 메가 옴 미터
- 3) 시험 방법
입력단자의 모든 핀과 출력단자의 모든 핀을 각각 short 시키고 LCR 미터로 측정한다.



시험방법 회로도

5.4 부가기능

5.4.1 Series Operation

- 1) 개요
두개의 Converter를 직렬로 연결하여 제한된 범위의 정격 전류 내에 고정된 전압보다 더 높은 전압을 만들어서 사용한다.
- 2) 시험 방법
2개의 Converter를 직렬로 연결한 후 전자 부하를 이용하여 테스트한다. 동작 상태의 이상 유무를 확인한다.

5.4.2 Parallel Operation

- 1) 개요
명시된 Converter의 용량보다 더 큰 전류를 사용하고자 할 때 적용한다.
- 2) 시험 방법
2개의 Converter를 병렬로 연결한 후 전자 부하를 이용하여 테스트한다. 동작 상태의 이상 유무를 확인한다.

5.4.3 Synchronization 기능

- 1) 개요
Converter의 동기 기능이다
- 2) 시험 방법
2개의 Converter를 연결한 후 동기가 되는지 확인한다.

5.5 온도특성

5.5.1 Over Temperature Shutdown

1) 개요

온도가 설정된 온도보다 높으면 자동으로 Converter를 보호한다.

2) 시험 방법

챔버를 이용하여 105℃에서 정상적으로 Shutdown 되는지 확인한다.

5.5.2 Thermal Resistance Case-Ambient

1) 개요

대기와 케이스간의 열 저항 측정 시 기준치 이하여야 한다.

2) 시험 방법

Converter를 챔버에 넣은후 케이스의 표면온도를 채서 온도 상승분을 소비전력으로 나누어서 테스트한다.(예 대기온도 100℃ 케이스 표면온도 130℃ 소비전력 50W 라면 $130-100 = 30, 30/50 = 0.6℃/W$)

6. 환경시험 규격

| 순 | 시험 항목 | 평가 기준 |
|----|---------------------|---|
| 1 | 고온시험 | MIL-STD-810C, Method 501.1의 Procedure II.에 따라 상온 복귀 후 관련 성능시험 규격을 만족하여야 한다. |
| 2 | 저온시험 | MIL-STD-810C, Method 502.1의 Procedure I.에 따라 상온 복귀 후 관련 성능시험 규격을 만족하여야 한다. |
| 3 | 습도 시험 | MIL-STD-810C, Method 507.1 Procedure II.에 따라 상대습도 94±4%의 조건하에 48(6Cycle)시간 노출된 후에 관련 성능시험 규격을 만족하여야 한다. |
| 4 | Temperature Cycling | 국방규격 KCPS 시험규격을 참고로 60℃에서 -32℃ 까지 주기표의 조건에 따라 테스트 한 후 부품의 기능 이상 및 정상동작에 이상이 없어야 한다. |
| 6 | 온도 충격 시험 | MIL-STD-810C, Method 503.3의 Procedure I에 따라 상온 복귀 후 관련 성능시험 규격을 만족하여야 한다. |
| 7 | 진동 시험 | MIL-STD-810C, 방법 514.2 Procedure VIII에 그림 514.2-6 및 Table 514.2-VI를 참고로 시험 후 손상이 없어야 하며 관련 성능시험 규격을 만족하여야 한다. |
| 8 | 입력 파도 시험 | MIL-STD-704F의 Figure13을 참고로 50V에서 29V까지 0.1초, 18V에서 22V까지 0.1초 인가한 후 부품의 기능 이상, 이탈, 파손 등 장비의 손상이 없어야 하며 정상동작에 이상이 없어야 한다. |
| 9 | 염수 분무 시험 | MIL-STD-810C 방법 509.1 Procedure I에 따라 시험 후 손상이 없어야 하며 관련 성능시험 규격을 만족하여야 한다. |
| 10 | 충격 시험 | MIL-STD-910D, Grade A, Class 1, Type A에 따라 시험 후 손상이 없어야 하며 관련 성능시험 규격을 만족하여야 한다. |
| 11 | EMI | MIL-STD-461D 기준 CE102, CS101, CS114, RE102, RS103 |

7. 맺음말

지금까지 군용 DC-DC Converter의 시험 검사 항목 및 시험 절차와 규격 승인을 위한 환경시험 항목 및 평가 기준에 대하여 알아보았다. 이외에도 추가적으로 더 많은 시험 항목이 있을 수 있으며, 추가적인 항목은 사용자의 요구나 규격 항목에 따라 검토하면 된다. 또한, 산업용 AC-DC Converter, DC-DC Converter의 경우에도 이와 비슷하거나 동일한 시험을 통하여 성능을 검증하고 규격을 승인받으므로 참고하여 도움이 되었으면 하는 바람이다.

〈 저 자 소 개 〉



정경진(鄭慶振)

1976년 1월 13일생. 2002년 경남대 전자공학과 졸업. 2004년 경남대 반도체 센서학과 졸업(석사), 2004년~2005년 (주)모빌일렉트론 근무, 2006년 (주)한국성전 근무, 현재 (주)DST 주임 연구원.



김경일(金慶一)

1951년 1월 28일생. (주)삼성전자 시스템 개발. (주)카스 전자기술개발 실장. (주)명성정보통신 기술연구소장, 현재 (주)DST 기술연구소장.