

HPM이 아날로그 스위치 칩에 미치는 영향에 대한 연구

유민균*, 김원규*, 박윤미**, 정용식***, 천창울*
 서울시립대학교*, 서울대학교**, 광운대학교***

The investigation of HPM radiation to the analog switch chip

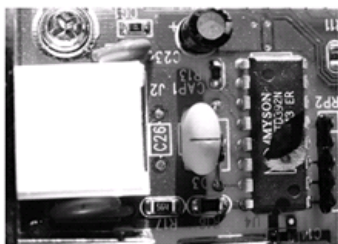
Minkyun Yoo*, Wonkyu Kim*, Yoon-Mi Park**, Young-Seek Chung***, Changyul Cheon*
 University of Seoul*, Seoul National University**, Kwangwoon University***

Abstract - 본 논문은 고출력 전자파인 HPM(High Power microwave)에 대해서 아날로그 스위치 칩이 어떠한 영향을 받는지를 규명하는데 목적이 있다. 이때 아날로그 스위치 칩은 기판위에서 동작시키면서 분석하였다. 아날로그 스위치를 on/off 시키면서 정상동작 할 때의 입력과 출력을 시간영역에서 분석한 후에 외부에서 고출력 마이크로파를 입사시켜 주었다. 칩이 고출력 마이크로파에 직접노출 되었을 때의 입력과 출력을 시간영역에서 분석하고 정상동작할 때의 입력, 출력과 비교분석하였다. 이는 고출력 전자파가 외부전자장비에 입사되어졌을 때, 외부전자장비가 영향을 받아 오작동을 한다는 것을 규명한다.

1. 서 론

미국과 이라크 사이의 전쟁에서 미국이 사용하였다고 보고된 전자폭탄(Electronic-Bomb)에 의한 공격은 이라크군의 각종 전자장비를 마비시켜서 미군이 유리한 상황에 오를 수 있게 만들었다. 고출력 마이크로파라고 불리는 전자폭탄은 러시아에서 처음 개발되었다. 이 고출력 마이크로파는 진동수가 대략 1~100GHz의 대역에 해당하는 전자기적 펄스를 의미한다[3]. 위와같은 고출력 마이크로파를 발생시키기 위해서는 짧은 펄스폭 및 낮은 반복률 또는 단발성(single-shot)의 전원샘(power source)을 필요로 한다[4]. 이러한 고출력 마이크로파는 방위목적으로 많은 연구를 개발하고 발전 시키고 있으며, 더 나아가서 전자기 펄스효과(EMP : Electromagnetic pulse)를 이용하는 전자폭탄 응용기술을 발전시키고 있다[5]. 비핵 전자기 펄스(NNEMP : Non-Nuclear EMP) 무기는 주로 몇십억 와트[w]의 고출력 전자파를 발생시키며, 이런 고출력 전자파는 케이블이나 도체에 유도 기전력을 발생시킨다[3].

위와같은 전자폭탄의 특징은 <그림 1>처럼 아무런 흔적도 남기지 않고 목표로 설정된 전자장비만을 파괴하는 조용한 무기이며, 다른 폭탄과는 달리 사람에게 직접적 피해가 오지 않는다는 것이다[3].



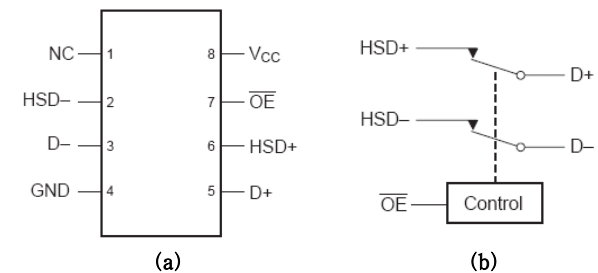
<그림 1> 고출력 전자파의 영향으로 파괴된 전자장비

이 전자폭탄의 원리는 전자기펄스(Electromagnetic pulse)로서 고출력 에너지를 이용한다[2]. 이는 순간적으로 전자장비나 케이블에 유도기전력을 만들고 그로 인해 발생하는 유도전류에 인해서 전자장비만을 파괴하거나 오작동을 유발시켜 한순간에 장비의 기능을 무력화 시킨다. 따라서 이러한 공격에 대비하기 위해서 고출력 마이크로파가 전자 회로에 끼치는 영향에 대한 연구가 필요하게 되었고, 이미 미국이나 러시아 등에서 전자장비에 대한 고출력 전자파가 미치는 영향이나 반대로 방어하기 위한 방법에 대하여 많은 연구가 진행되고 있다[4]. 따라서 본 논문은 아날로그 스위치 칩을 기판위에서 정상동작 시키면서 스위치가 on/off 상태일때로 구분하고 정상동작 할 때의 스위치의 입력과 출력을 시간영역에서 분석하였고, 그 후에 외부에서 고출력 마이크로파를 입사시켰다. 이때 스위치를 on/off 시키면서 동작 특성을 확인한다. 이때 고출력 전자파에 직접 노출된 아날로그 스위치의 입력, 출력의 신호를 시간영역에서 분석하였다. 고출력 전자파의 주파수는 2 GHz 로 고정하였고, 출력 파워는 5 와트[w]부터 10 와트[w]까지 충분한 고출력을 유지하였다.

2. 본 론

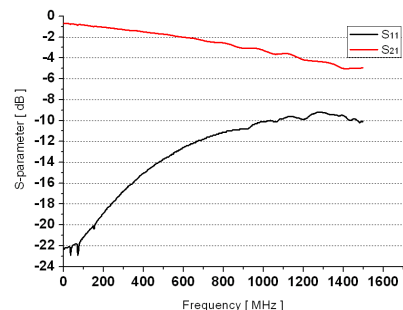
2.1 아날로그 스위치 칩의 특성

on/off 되었을 때 HPM에 의한 동작특성을 판별하기 위하여 우선적으로 아날로그 스위치 칩을 선정하였다. 선정된 아날로그 스위치는 PSUSB31로서 Fairchild 사의 제품을 선정하였다. <그림 2>를 보면, 전체 핀의 개수는 10개 이며, 칩에 두 개의 스위치가 내장되어 있다. 스위치의 입력은 HSD+, HSD- 이며 출력은 D+, D-이다. 칩의 내부에는 다이오드가 내장되어 있어서 스위치가 off 되었을때는 다이오드 때문에 신호가 이동하는 clamp 현상이 발생한다. 칩은 V_{CC} 3.3 V에서 주로 동작하며 OE 신호를 조절함으로써 스위치를 on/off 시킬 수 있다. 칩의 V_{IL}, V_{IH} 알고 있음으로서 OE 신호의 조절이 가능했다. OE 신호가 High로 들어가면 스위치는 off 되고, Low로 들어가게 되면 스위치가 on 된다.



<그림 2> (a) 아날로그 스위치 칩의 개형, (b) 아날로그 스위치 칩 내부의 스위치 아날로그 개형

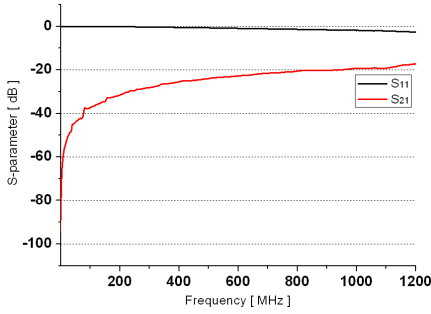
실험을 진행하기 위해서 기판 위에 신호가 들어가는 라인을 디자인해서 그 위에 칩을 두고 입력과 출력단자 쪽에 라인을 연결시켜서 끝에 포트 연결시켜서 칩의 동작특성을 확인하였다. 이때 사용된 기판은 Rogers 사의 4003(εr=3.8, h=0.3 mm) 을 사용하였다. <그림3>을 보면 칩이 on 되었을 때 주파수에 따라서 측정된 칩의 S-parameter이다. <그림4>는 칩이 off 되었을 때의 S-parameter 이다. <그림4>에서 보면 off 되었을 때 입력과 출력의 격리도(isolation)가 1000 MHz 까지도 -20 dB 를 유지하는 것을 확인하였다.



<그림 3> on 상태에서의 아날로그 스위치의 S-parameter

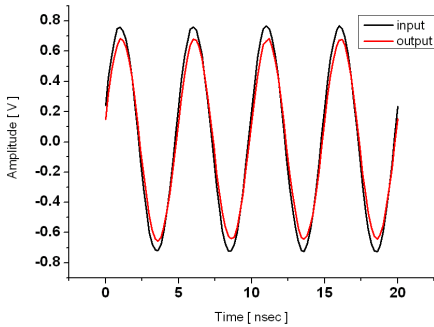
2.2 on/off 상태에서의 아날로그 스위치 동작특성

스위치가 on/off 되었을 때 입력포트와 출력포트 쪽에서 스위칭되어서 나오는 신호를 파형 관측기를 사용하여 시간영역에서 측정하였다. 실험의 주파수는 격리도가 높은 200 MHz를 선택하였다. <그림5>을 보면

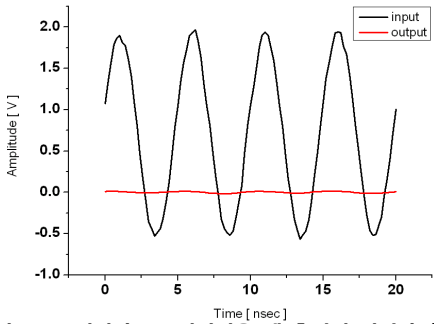


〈그림 4〉 off 상태에서의 아날로그 스위치의 S-parameter

스위치가 on 되어 있을 때 입력과 출력 신호의 차이가 거의 없는 것을 확인할 수 있다. 〈그림6〉은 OE 신호를 조절하여 스위치를 off 시킨 후 측정된 입력과 출력의 신호이다. 내부의 clamp diode 때문에 0.8 V 정도의 이동이 생겨난 것을 확인할 수 있다. 출력을 보면 스위치가 off 되어서 거의 신호가 나오지 않는 것을 확인할 수 있다. off 되었을 때 입력 신호가 이렇게 이동하는 것은 입력 쪽으로 들어가는 전류의 양과 관계가 있다. off 되었을 때 입력에 흐르는 전류가 변하게 되면 입력의 이동되는 전압의 양이 변하게 된다. 이는 외부에서 HPM 이 입사 되었을 때 입력쪽에 유기되는 전류로도 스위치를 off 시켜서 오동작을 유발 할 수 있다는 점을 의미한다.

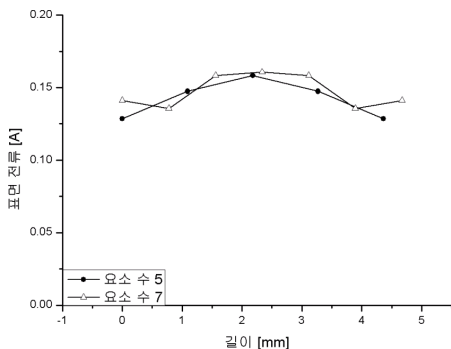


〈그림 5〉 스위치가 on 되어있을 때 측정된 입력과 출력



〈그림 6〉 스위치가 on 되어있을 때 측정된 입력과 출력

2.3 BLT 방정식으로 구한 유도전류

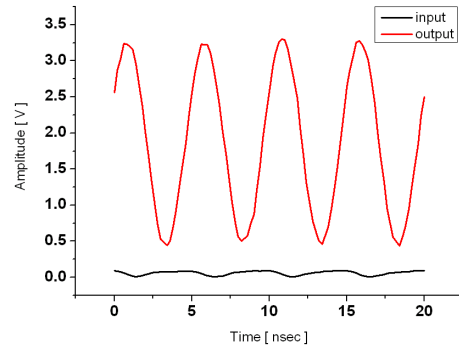


〈그림 7〉 마이크로 스트립 라인의 길이에 따른 유도전류의 양

입력 쪽에 흐르는 전류가 스위치의 동작특성에 영향을 끼치는 것으로 판단되었기 때문에 BLT 방정식을 이용하여 입력 쪽의 마이크로스트립 라인에 유도되는 전류를 구했다. 시뮬레이션 환경은 2 GHz 의 주파수를 가지는 전자파를 선택하였고, 이때 방사되는 파워는 5 Watt를 가정하여서 시뮬레이션 하였다. 길이를 5 mm 까지 변화시키면서 길이를 5개와 7개의 요소로 나누었을 때 〈그림7〉을 확인하면, 전류가 흐르지 않는 라인이지만 HPM 에 노출되어서 라인에 유도되는 전류가 생기는 것을 확인할 수 있다.

2.4 HPM에 노출된 아날로그 스위치 칩의 동작특성

HPM에 노출되었을 때 칩의 동작특성을 확인하기 위하여 안테나를 연결하고 증폭기를 사용하여 방사되는 파워를 늘렸다. 이때 사용된 주파수는 BLT 방정식을 사용한 환경과 같이 2 GHz이고, 방사되는 파워는 5 watt 로 설정하였다. 이러한 고출력의 전자파를 칩에 직접 노출시켰다. 이렇게 해서 칩의 스위치가 on 되어서 정상동작할 때 와 HPM에 의해 영향을 받는 동작특성을 확인하였다. 〈그림8〉을 보면 스위치가 on 되어 있음에도 불구하고 HPM에 직접 노출되었을 때 오동작을 일으키는 것을 확인할 수 있다. 정상 동작한다면 〈그림5〉와 같이 측정되어야 하지



〈그림 8〉 HPM에 노출된 스위치 on 상태에서의 동작특성

만 HPM에 노출된 상태에서는 스위치가 on 이 아니라 off 되어있는 〈그림 6〉의 off 상태처럼 측정 되었다. 이런 현상으로 외부에서 칩이 HPM에 직접적으로 노출되면 칩이 오동작을 일으킨다는 사실을 말해준다. 이는 HPM에 노출된 칩의 입력 핀이나 입력의 마이크로 스트립 라인에 전류가 유도되어서 칩이 오동작 일으키는 것으로 판단된다.

3. 결 론

본 논문에서는 아날로그 스위치 칩이 HPM에 직접 노출되었을 때 동작 특성을 분석하였다. 아날로그 스위치가 on/off 되었을 때 정상 동작을 시간영역에서 분석하고, 스위치가 on 상태일 때 HPM이 입사되는 경우를 시간영역에서 분석하여서 칩이 받는 영향을 비교 분석 하였다. 위와같은 분석을 통해서 칩이 외부의 고출력 마이크로파에 노출된다면 오동작을 일으킨다는 사실을 규명하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] Xiao Jinshi, Liu Wenhua, Jinhua, "Study of Damage Mechanism of High Power Microwave on Electronic Equipments" Microwave Conference, 2008 China-Japan Joint, SEPTEMBER 2008
- [2] Hendrik Gerth, Heyno garbe, "Predicting the breakdown behavior of microcontrollers under EMP UWB impact using a statistical analysis", Transaction on Compatibility, VOL 46, NO.3, AUGUST 2004
- [3] 최은하, "전자기펄스를 이용한 전자폭탄", "국방과 기술", 2006년 10월
- [4] Giri, D.V.; Tesche, F.M, "High-power electromagnetic (HPM) source considerations", Electromagnetic Compatibility, 2003. EMC 03. 2003 IEEE
- [5] Van Keuren, E. Knighten, J, "Use of high power microwave weapons", Security Technology, 1995. Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers 29th Annual 1995 International Carnahan Conference on, 18-20, 482-491, OCTOBER 1995
- [6] Guoqi Ni, Benqing Gao, Junwei Lu, "Research on high power microwave weapons", Microwave Conference Proceedings, 2005. APMC 2005. Asia-Pacific Conference Proceedings, Volume 2, 4-7, DECEMBER 2005