

TNV 過電壓 保護用 素子の Failure Mode分析

1. 서론
 - 1.1 SLIC IC 선정
 - 1.2 망접속 보호회로
2. 본론
 - 2.1 PTC소자의 종류별 특성
 - 2.2 보호소자의 동작특성 실험
 - Surge simulation/Power contact test
 - Power Line Crosses에 대한 Overvoltage Protection
 - 2.3 국내 실제 유도전력 및 Surge 파형 측정
3. 동작특성 시험 결과 분석
4. 결론

2001. 6. 21

LG Electronics/품질센터

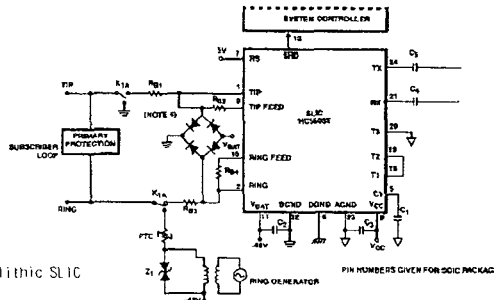
발표자 : 박준호/책임 연구원

1.1 SLIC IC의 선정

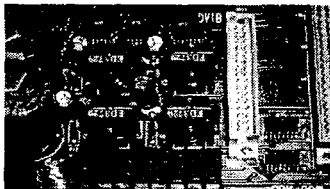
SLIC IC의 선정 > 본론 > 시험 / 결과분석 > 결론

Digital 통신망 분야는 점차 SLIC IC를 활용하여 기존의 Analog Matching Transformer의 기능을 수행하는 추세이며 본 연구에서는 가장 광범위하여 사용되는 Harris Corp.의 Type HC550BT를 중심으로 Abnormal 조건하에서 과전압 보호회로의 동작 Mode에 대하여 연구함.

Application Diagram



[그림 1.1] Application with The Monolithic SLIC



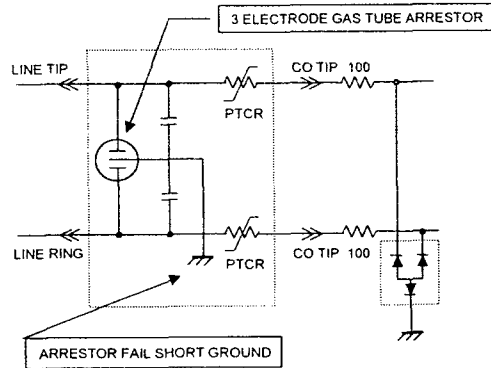
1.2 망접속 보호회로

전기통신망에 연결하도록 의도된 회로는 접지가능 부위나 SELV 회로간에 최소 2.5 mm 절연유지가 필수적이며, 낙뢰보호용 PTC 소자는 최소한 정격전압의 1.6배 이상의 DC Sparkover 전압을 가져야 함.

회로 구분	정상상태에서 발생하는 전압	
전기통신망으로부터 과전압의 가능성?	SELV 회로로 규정된 허용한도값 이하의 전압	SELV 회로 규정된 전압 허용치를 초과하나, TNV 회로로 규정된 전압 허용치 이하인 전압
있음	TNV-1 회로	TNV-3 회로
없음	SELV 회로	TNV-2 회로

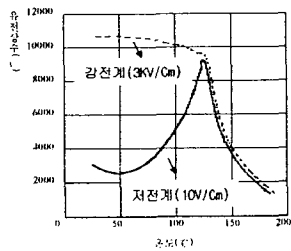
기기 분류	동작전압	회로구분	옥외환경에 노출?
RS232	± 12 Vdc	SELV	No
ISDN Bus	± 40 Vdc	TNV1	Yes
ISDN U	97 Vdc	TNV3	Yes
Station Battery	-48 Vdc	TNV2	No
Station Battery	-60 Vdc	TNV2	No
일반 유선전화기	<150Vrms	TNV3	Yes
FAX/MODEM 류	<150Vrms	TNV3	Yes
FAX/MODEM 류	<150Vrms	TNV3	Yes

Primary protection circuit diagram for TNV Network



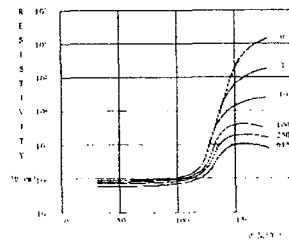
2.1 PTC소자의 종류별 특성

PTC 소자는 TNV회로에서 과전류 보호소자로서 주로 사용되며 회로에 주어진 임계치(Threshold) 이상 전류가 흐르면 높은 저항값을 가지게 되어 전기통신망 선로의 전류가 약 20 - 130mA까지 가변하므로 약 최소 150 mA 이하의 전류에는 부동적 특성을 갖도록 설계되어야 함.



[그림 2.1.1] 온도와 BaTiO3의 유전상수와의 관계

- 열전도 특성이 우수한 Ceramic Thermistor는 10 - 1000 Ohm의 저항값을 갖고 Polyswitch보다 Trip Time이 짧다.
- Curie Temperature 이상에서 ε -T 기울기는 NTC 영역으로 들어가 발화, 파괴현상의 가능성이 있음.
- 기본재질인 BaTiO₃ 이 Ferro-Electric Material로 높은 유전상수를 가지므로 Curie 온도 (124 ℃) 근처에서는 Curie-wess law를 따름.



[그림 2.1.2] 주파수와 저항과의 관계

• PolySwitch & Ceramic Thermistor 특성 비교표

NO.	PROPERTIES	PolySwitch	Ceramic Thermistor
1.	Trip Time	Advantage	-
2.	Line Balance after Trip.	-	Advantage
3.	Resistance vs. Frequency	Advantage	-
4.	Power Dissipation	Advantage	-
5.	Lightening Withstand	-	Advantage
6.	Always PTC	Advantage	-

2.2 보호소자의 동작특성 실험(1/3)

테마 선정 → 본론 → 시험 / 결과 분석 → 결론

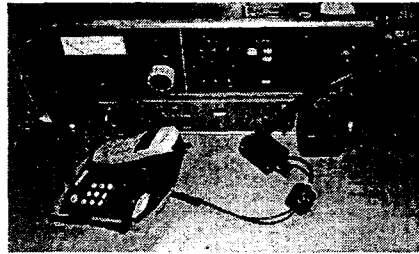
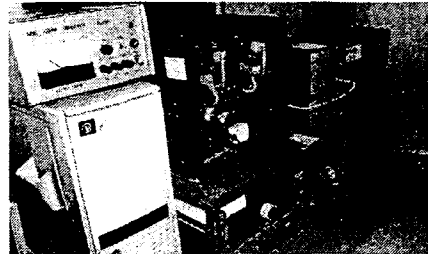
현재까지 보고된 SLIC IC의 고장원인은 전기적인 충격(EOS: Electrical Over Stress)에 의한 것이 주요 원인으로 추정되고 있으므로 SLIC IC의 보호소자가 정상적으로 동작한다면 외부 EOS에 의한 Damage는 없을 것으로 추정할 수 있음.

Process

2.1 과전압 시험 (Surge Simulation Test)

2.2 상전 시험 (Power Contact Test)

시험 장비



시험 조건

1. CCITT K.20에 준한 Surge Simulation
- 10/700us, 1,500V Surge, 1분간격 +10,-10회 인가 후, 1시간 후 저항 변화율을 측정함
2. CSA C22.2 No. 950, C16.6 - Annex NAC
- 다음 조건을 Stand by, ON-Hook, Off-Hook Mode에서 각각 인가 후, Dielectric Strength Test를 실시함.
(600V, 40A, 1.5 sec → 600V, 7A, 5 sec → 600V, 2.2A, 30 min → 250V, 2.2 A, 30 min)

1. CCITT K.20에 준한 Power Contact Test Simulation
- 인가전압(Uac max) 220 V rms, 인가시간 15 min의 조건에서 TP1(1차 보호회로 후단)과 TP2(2차 보호회로 후단)에서의 전압을 측정함.
표준 Simulation저항을 구성하여 인가되는 전류를 변화시키면서 과전류보호소자인 PTC의 동작특성을 평가함.

DIGITAL ez LG

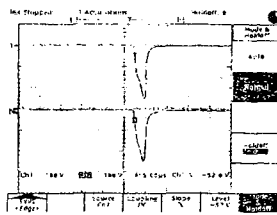
5/11

LG Electronics

2.2 Surge Test Simulation(2/3)

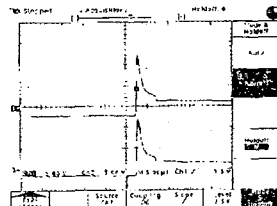
테마 선정 → 본론 → 시험 / 결과 분석 → 결론

SLIC IC의 1차 및 2차 보호회로의 동작특성 실험은 인가전압 50-3KV, 파형 10/1,000 (μsec)의 조건에서 10회 이상 Lighting Surge를 인가시 TP1과 TP2에서의 전압을 측정, 분석함.



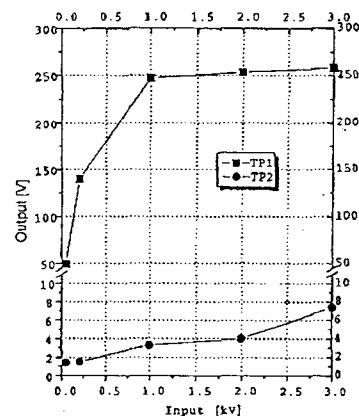
- Test Result:
- 인가전압 Max 0.2 KV시 1차 보호회로 동작인함
 - 인가전압 1KV 인가시 → TP1 avs 는 247V

[그림 2.2.1] 인가전압 1KV, 파형 10/1,000 μsec 인가시 TP1 특성



- Test Result:
- 인가전압 0.05 KV에서 1 KV 인가시 모두 30V 이하로 측정되어 2차 보호회로 소자 역시 정상적으로 동작함

[그림 2.2.2] 인가전압 1KV, 파형 10/1,000 μsec 인가시 TP2 특성



[그림 2.2.3] Peak Voltage at TP1 & TP2 (CCITT K.20)

- 1 KV 이상의 전압을 인가시 1차 및 2차 보호소자의 동작특성을 확인함

DIGITAL ez LG

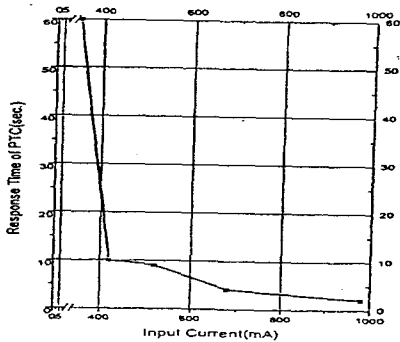
6/11

LG Electronics

2.2 Power Contact Test Simulation(3/3)

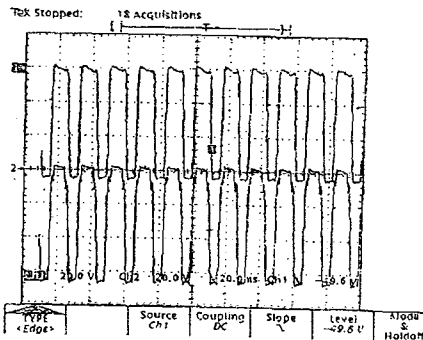
테마 선정 → 본문 → 시험 / 결과 분석 → 결론

통신선로는 전력선로와의 접촉등에 의한 상전의 유입 가능성을 항상 가지고 있으므로 인가전압 Vac(max) 220 Vrms, 인가시간 15 min의 조건에서 과전류 보호소자인 PTC, Raychem Corp.의 Type TR600-150에 동작 특성을 평가함.



[그림 2.2.6] 인가전류증가에 따른 PTC의 Response Time

- 인가전류, 200mA 이하에서는 PTC 동작시간이 1분이상이나 인가전류 증가에 따라서 PTC 동작 시간이 급격히 단축되어 400 mA 이상에서는 10초 이하, 800 mA 이상에서는 PTC의 동작시간이 1~2초를 기록함.



[그림 2.2.7]

Behavior of PTC as a voltage protector for SLIC IC (AC 220Vrms)

- AC 220 Vrms 조건의 상전 실험시 과전압 보호소자인 Polyswitch의 동작을 Storage Oscilloscope로 측정된 것으로 PTC가 AC 220 V rms 를 +/- 60V로 Clamping 해줌을 확인함

DIGITAL LG

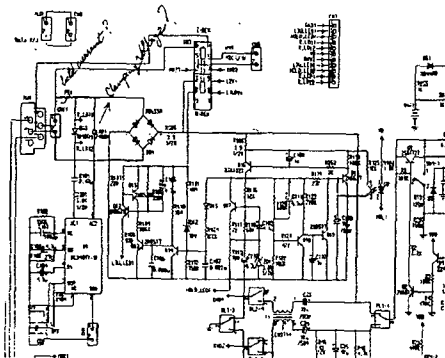
7/11

LG Electronics

2.2 Power Line Crosses에 대한 Overvoltage Protection

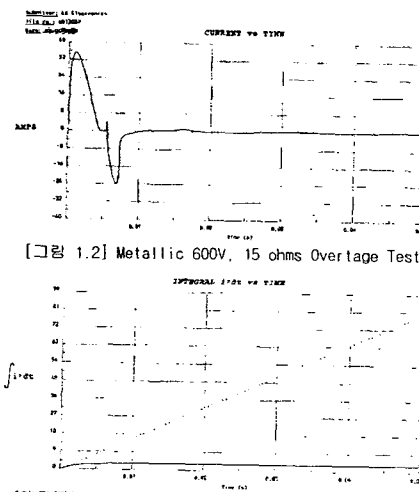
테마 선정 → 본문 → 시험 / 결과 분석 → 결론

본 논문에서 선정된 Digital 통신회로망의 Overvoltage 보호소자(Polyswitch, Arrestor)는 추가로 600V, 40A를 1.5초간 인가할 때 0.07초 이내에 PTC가 Current를 Hold하고 Arrestor가 전압을 적절하게 Clamping하는 것으로 분석됨.

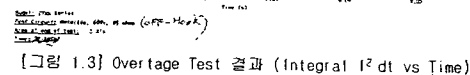


[그림 1.1] Primary Protection Circuit Diagram of TNV Network

- Simulated PTC Component
 - Polyswitch - Raychem Corp., Type TR600-150
 - Arrestor - Mitsubishi Corp., Type DSA-401



[그림 1.2] Metallic 600V, 15 ohms Overvoltage Test 결과



[그림 1.3] Overvoltage Test 결과 (Integral I² dt vs Time)

DIGITAL LG

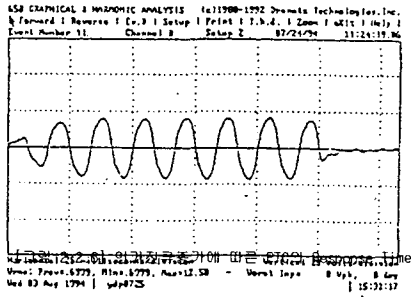
8/11

LG Electronics

2.3 국내 실제 유도전력 및 Surge 파형 측정

테마선정 → 본론 → 시험 / 결과분석 → 결론

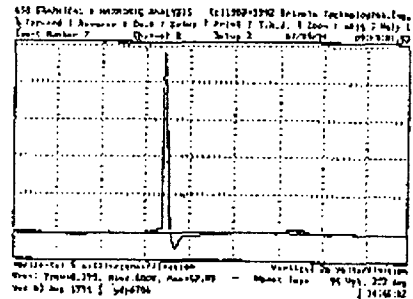
실제 전화국사로 유입되는 유도전력 및 Surge 파형의 측정을 위해 가입자가 밀집된 시내 전화국을 선정하여 '98년 하절기 약 2개월간 실측한 Data를 참고한 결과 측정된 수치들은 예상보다 작은 값이었으며 동절기 북미지역(주1)보다 약 42%수준의 낮은 Surge 파형이 측정됨.



[그림 2.3.1]

Characteristics of inductive voltage into a telephone office

☞ 유도전압의 경우, 평균 약 20V, Vmax는 약 80V로.
Surge의 경우 Vmax는 98V, Peak Time은 약 2×10^{-4} sec를 각각 기록하였다.



[그림 2.3.2]

Characteristics of lighting surge into a telephone office

☞ 측정된 수치들은 예상보다 작은값을 기록하였으며, 측정 대상지역이 제한적이었으므로 국내 유도전압 및 Surge 파형의 대표값이라고 보기는 어려우나 이수치로는 가입자 기기에 damage는 없다고 추정된다.

3. 동작 특성 시험 결과 분석

테마선정 → 본론 → 시험 / 결과분석 → 결론

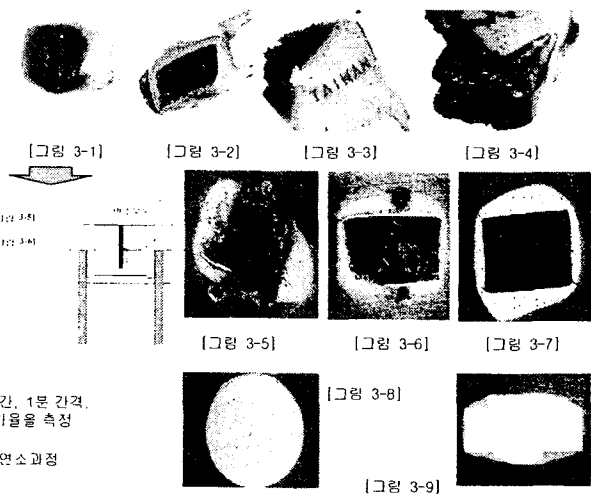
국제규격 대비 Fail-Mode 도출을 위한 시험 평가 분석

Surge Test 2 (FCC Part 68 Lighting의 응용 제안 MODE)

Process

시험 결과

구분	Ceramic Thermistor	Poly-Switch
시료정격	250V, 3A	250V, 3A
초기저항 (Ω)	18.3-19.1	17.4-17.6
외관경시 (서지 시험후)	양호함 (5 EA)	양호 (3EA) 외부Crack 및 Open 각 1EA발생
저항변화율 (%)	± 3% 이내	Min: 84% Max: 425%
DC 250V, 500 mA 인가 후	Trip됨 (5 EA)	Trip동작: 1 EA, Short -> Open: 3EA.



시험 방법

- FCC Part 68의 강도를 높여서 10/560 us, 800V, 100A Surge를 1초간, 1분 간격, +5회, -5회 인가 후 1시간 후 저항 변화율을 측정

판정

- Short에서 Open으로 전환된 시료는 연소과정 (Short)이 지난 후 분리(Open)됨.

본 논문은 ITU-T 권고 K.11의 Surge Simulation에 준한 전압 측정 결과, MDF(자기복구형 100P) 후진에서는 600±10V, TP1(1차 보호소자 후단)에서는 약 247V, TP2(2차 보호소자 후단)에서는 약 10V를 각각 기록하여 MDF 및 SLIC IC 과전압 보호소자가 정상 동작하는 것으로 판명되었다.

또한 상전실험(AC 220 Vrms, 15min) 결과, 과전류 보호소자인 PTC, Raychem Corp.의 Type TR600-150가 정상적으로 동작하였으며, 실험 후 JIG 시험결과 SLIC IC는 정상 동작하여 Damage가 없었다.

FCC Part 68을 응용하여 Surge simulation한 결과와 비교하여 본 논문에서 제시한 모델링이 실제 사용 환경에 근접함을 알 수 있었고, 측정 결과에서 얻을 수 있었던 Fail-Mode 특성을 재확인할 수 있었다. 그리고 Micro-structure 관찰 결과, Emission site 등이 발견되어 EOS가 고장의 주원인으로 확인되었으나 Lighting Surge 및 상전실험 결과, 보호소자가 정상 동작하였으므로 보호소자의 Spec. 선정상의 오류로 인한 Intrinsic surge가 고장의 주원인으로 추정된다.

따라서 보호소자의 주요 Spec. 선정 및 구조 설계가 SLIC IC의 안전성 측면에서 매우 중요하며, 불량 시료 분석 결과, HIC화에 따른 접촉 불량 및 HIC상 수동소자의 불량으로 인한 SLIC IC에의 Damage 유발 등 HIC화에 의한 부정적인 측면이 다수 확인되었으므로 사용 용도와 환경에 맞게 적절한 사전 Spec. 검증이 요구된다.

[유첨 1] TNV Overtage Tester 설계 제안

Digital 통신회로망의 Surge 보호소자에 대한 SPEC. 평가시스템 구축을 위하여 CSA C22.2 No.950, C1.6.6에 명시된 요구사항에 대한 TNV Overtage Tester의 Set-Up이 요구됨.

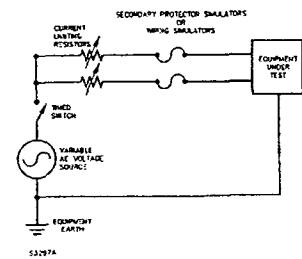


Figure NAC.1 - Circuit for common mode (longitudinal) overvoltage tests

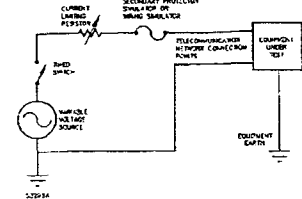
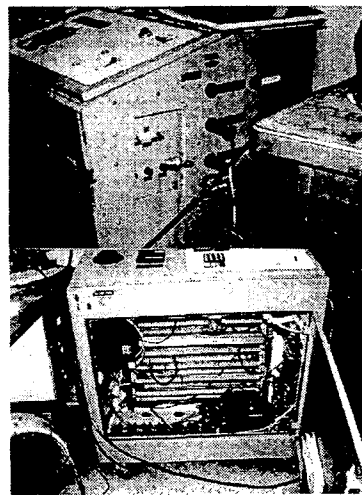


Figure NAC.2 - Circuit for differential mode (metallic) overvoltage tests

- Simulated Test Spec.
- * 600V, 40A, 1.5sec
 - * 600V, 7A, 5sec
 - * 600V, 2.2A, 30 min
 - * ...V, ...A, 30 min
 - * 120V, 25A, 30 min



[그림 2.1] Telecommunication Overtage Tester