

# 스마트홈 전기에너지 안전진단 기술 개발

최영길\*, 최동호

한국전기연구원 전력전자연구그룹\*

## Development on Safety & Diagnosis Technology of Electric Energy under the Surrounding of Smart Home

Y.K.CHOI\*, D.H.Choi

Korea Electrotechnology Research Institute\*

### Abstract

최근, 국내에서는 스마트홈 기술이 공동주택인 아파트를 중심으로 점차 도입되고 있는 실정이다. 스마트홈의 주거공간은 홈네트워크를 기반으로 하는 다양한 정보(가전)기기들이 활용되고 있다. 이러한 주거생활환경에 의해 전기에너지의 의존도가 지속적으로 증가하고 있어, 먼저 스마트 홈 환경하 수용가 변압기 2차측에서의 전기합선과 누전에 대한 전기안전 및 진단의 기반기술을 제시한다. 다음으로, 주거시스템이 지능형 홈으로 발전함으로써, 소비 전기량이 급속히 증가하는 추세이다. 따라서, 본 논문에서는 홈거주자의 정보가 전기기 사용유무에 따라서 전원상태를 지능적으로 차단/통전시켜 소비전력을 최소화할 수 있는 Auto 스위치에 대해 기술하고자 한다.

### Key Words :

## 1. 서 론

### 1.1 스마트홈 전기에너지 안전진단

일반가정에서의 전기소비량은 점차적으로 증가하고 있으며, 이에 대한 전기에너지관련 안전진단 기술에 대한 확보가 절실한 실정이다. 먼저, 이러한 전기재해에 있어 누전/화재에 대한 국내실정을 정리하면 다음과 같다.

□ 저압전로의 누전에 따른 재해실태

○ 누전전류(Earth Leakage Current)는 전기를 사용하는 모든 기기에서 전기적 열화나 외부손상에 의해 정상적인 전선을 통하지 않고 대지나 기타 주변의 비정상적인 경로를 통하여 전류가 흐르는 현상으로서, 이 누전전류는 전기화재를 발생시키고, 인축에 감전사고를 초래

○ 국내의 전기화재 및 감전사고는 해마다 많은 사상자와 경제적 손실을 초래하고 있고, 이러한 재해는 사전예방이 될 수 있음에도 불구하고 국내의 경우 재해예방에 대한 설치기준이 미흡하거나

감시기기(누전 차단기, 절연감시장치, 누전화재경보기 등)의 오동작 및 불량사례가 증가하고 있는 실정

- 2003년 국내의 전기화재:30,000여건/년 (28%), 감전사고:800여명/년으로 외국에 비해 높음 (영국:6.8%, 일본 11.8% 등)

- 누전차단기 KS기준미달 제품 48%차지('01년 산자부 기술표준원자료)

### 1.2. 스마트홈의 전기에너지 절약

최근 전세계적으로 환경 대책이 강하게 주장되고 있는 가운데, 거의 대부분의 정보가전에 전력절감이 요구되고 있다. 이러한 가운데 전원에서의 손실(특히 기기가 제품으로서 동작하고 있지 않는 상태에서의 전력손실 또는 대기전력손실)이 점차적으로 문제시되고 있다. 따라서 정보가전기기 개발제품의 종합적인 에너지 효율상승을 위해서는 전원플러그가 전원에 꽂힌 상태인 전원대기시 소비전력의 최소화가 필수적인 과제로 되고 있다.

일반적으로, 정보가전기기에 내장되어 있는 대부분의 스위칭 전원장치(SMPS)는 부하의 크기에 따라 출력 MOSFET의 ON 펄스폭을 제어하는 PWM 제어방식을 채용하고 있다. 이 방식에서는 경부하시에는 펄스 폭이 좁아지지만 최소 펄스 폭이 제로로는 되지 않는다. 따라서 무부하시에서도 어느 일정한 펄스 폭에서 동작하고 있기 때문에, 이 상태에서는 스위칭에 의한 로스가 효율저하에 큰 영향을 주게 되어 무시할 수 없는 전력손실로 된다. 뿐만아니라, 정보가전기기는 전원플러그를 항상 콘센트에 꽂힌 상태로 사용하는 것이 대부분으로, 이러한 사용되지 않는 시간(이하 무부하시)에도 정보가전기기의스위칭 전원장치(SMPS)에는 전원플러그 꽂힘상태에 의해 전기가 통전되어지기 때문에 대기전원모드 또는 무부하시에도 상당한 전력손실을 발생한다. 사실, 국내 가구당 대기전원모드 또는 무부하 통전에 의해 소비되는 전기량이 400kWh/년으로, 이는 일반가정에서 사용하고 있는 전기소비량의 약 10%에 이르는 것으로 보고되고 있다.

따라서, 스마트홈으로의 기술발전이 홈거주자의 편의성을 증진시키고 있는 반면, 전기안전에 대한 위협의 비중도 증가하고 있어 이에 대한 안전진단 기술을 먼저 제시하고자 한다. 또한, 가구당 전기에너지 절약차원에서 이러한 문제를 해결할 목적으로, 본 연구에서는 정보가전기기의 전력소비상태가 대기전원모드 또는 무부하 통전상태일 경우, 정보가전기기의 전원플러그가 전원공급원인 콘센트와 전기적 절연상태를 나타내는 전원차단 책무를 수행하고, 다시 홈거주자가 정보가전기기를 기동 또는 동작을 요구할 경우, 즉 스위치 Turn-On 상태로 될 경우, 자동적으로 전원통전 책무를 수행하는 스위칭 기술에 대한 연구의 필요성을 인식하고, 지능형 AUTO 스위치에 대한 설계기술을 기술하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 오동작 방지용 신 누전계측

현재까지 누전감시는 절연 및 과부하상태 등에 대한 감시기능 위주로 개발되었으며, 누전에 대한 감시는 주로 누설전류계에 의해 접지선에 흐르는 전류를 측정하는 소위  $I_0$  절연검출방식(이하  $I_0$ 방식)에 토대로 적용한 것이 사실이다. 이는 전로 및 전기설비기기와 대지간의 정전용량성분에 흐르는 무효성분 전류( $I_{gc}$ )와 전로 및 전기설비가 열화하여 절연저항에 의해 대지로 흐르는 전류(유효전류  $I_{gr}$ )의 양쪽을 영상변류기(ZCT)가 모두 포함되어 있는 전류를 검출하는 방식이다.

그러나, 본 연구에서는  $I_0$ 방식은 그 측정원리에 따라 불필요한 오동작이나 부동작 등 많은 문제점을 파악하고, 전기설비의 무효성분 전류( $I_{gc}$ )와 유효성분 전류(유효전류  $I_{gr}$ )를 구분하여 누설전류를 검출함으로써  $I_0$  방식보다도 적용범위가 넓은  $I_{gr}$  검출방식에 대한 내용을 제시하였다.

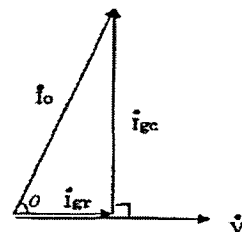
그러나, 본 연구에서는  $I_0$ 방식은 그 측정원리에 따라 불필요한 오동작이나 부동작 등 많은 문제점을 파악하고, 전기설비의 무효성분 전류( $I_{gc}$ )와 유효성분 전류(유효전류  $I_{gr}$ )를 구분하여 누설전류를 검출함으로써  $I_0$  방식보다도 적용범위가 넓은  $I_{gr}$  검출방식에 대한 내용을 제시하였다.

#### 2.1.1 신 누전계측 수학적모델

앞에서는 간단히,  $I_0$ 는  $I_{gr}$ 과  $I_{gc}$ 의 합이라 하고, " $I_0 = I_{gr} + I_{gc}$ "라고 적었다. 그러나, 실제로는  $I_0$ 도  $I_{gr}$ 도  $I_{gc}$ 도 교류이므로,  $I_0$ 는 벡터합이라고 말하는 것이다. (수학과 물리의 벡터는 의미상 다르고, 파형의 차이를 벡터적으로 다루는 것을 의미한다.) 따라서,

$$I_0 = I_{gr} + I_{gc} \rightarrow \dot{I}_0 = \dot{I}_{gr} + \dot{I}_{gc}$$

그런데,  $\dot{I}_{gr}$ 과  $\dot{I}_{gc}$ 는 어느 정도의 파형이 차이절연개소와 대지의 사이 전위차(대지전압)  $\dot{V}$ 는 공통이기 때문에 저항분을 흐르는  $\dot{I}_{gr}$ 은  $\dot{V}$ 와 동상이지만 콘덴서를 흐르는  $\dot{I}_{gc}$ 는  $\dot{V}$ 보다 90° 앞서게 된다. 이 벡터합들이  $\dot{I}_0$ 로 된다(그림 1 참조).



그런데, 그림 1에서는  $\dot{I}_{gr}$ 의 절대치와  $\dot{I}_{gc}$ 의 절대치보다도 실제로  $I_0$ 방식으로 계측되는 누전전류  $\dot{I}_0$ 의 절대치가 크게 되어 있다.  $\dot{I}_0$ 의 절대치가  $\dot{I}_{gr}$ 과  $\dot{I}_{gc}$ 의 절대치보다 크게 되어도 50mA보다 의미있는 작은 수치에는 아무 문제없다. 그러나, 전

술한 것과 같이,  $\dot{I}_{gc}$ 는 절연의 양부에 관계없이 계속 흐르고 있는 것이므로, 절연이 열화되어 누전 전류가 크게 되는 것을 나타내는 것은  $\dot{I}_{gr}$ 이다. 그런데,  $\dot{I}_0$ 가 아닌  $\dot{I}_{gr}$ 만을 측정한다면, 누전전류 그것이 작게 되어  $\dot{I}_0$ 가 큰 설비에서도  $\dot{I}_{gr}$ 을 측정하는 것으로 실재는 절연이 나쁘지 않는 것이 나타나는 경우도 종종 있을 수 있다. 그런데, 여기서

$|\dot{I}_{gr}|$ 은 아래의 식으로 쓸 수 있다.

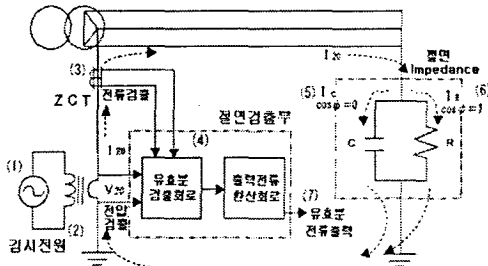


그림 2. 주입변압기 전압공급에 의한 Igr 검출도

$$|\dot{I}_{gr}| = |\dot{I}_0| \cos \theta \quad (\theta : \text{역율각}, \cos \theta : \text{역율})$$

또한,  $\dot{I}_0$ 에 의한 유효전력 P는 아래 식으로 쓸 수 있다.

$$P = |\dot{V}| |\dot{I}_0| \cos \theta$$

이상에 의해서,  $|\dot{I}_{gr}| = P / |\dot{V}|$ 로 된다. 즉, 접지극으로 되돌아오는 전류에 의한 유효전력을 구하고, 전압으로 나누는 것으로,  $|\dot{I}_{gr}|$ 을 산출할 수 있다. → 유효전력 P를 알면  $|\dot{I}_{gr}|$ 을 구한다.

### 2.1.2 실험 회로구성

- 가) 유효성 부하 : 저항기 2K(0.11A), 5K(0.044A), 20K(0.011A), 200K(0.0011A)
- 나) 무효성 부하 : 0.083uF(0.00688A) × 3EA

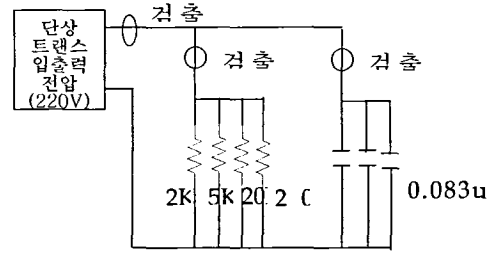


그림3. 실험회로구성도

### 2.1.3 신 누전계측 검출 알고리즘 구성

① 전압, 전류 측정 : 위의 구성도를 통해 얻은 입력파형을 128 샘플링한다. 각각의 데이터를 (d1, d2, d3 ... d128)로 정한다

· 전압, 전류 =  $\sqrt{((d1*d1)+(d2*d2)+...+(d128*d128))/128}$

② 선간전압측정 : 전압 샘플데이터를 각상 {r1,r2,r3...r128} {s1,s2,s3...s128}, {t1,t2,t3...t128}로 정하고 r상과 s상의 차이값을 {rs1, rs2 ... rs128}과 같은 방법으로 rs, rt, st를 정한다

· 선간전압  $rs = \sqrt{((rs1*rs1)+(rs2*rs2)+...+(rs128*rs128))/128}$

· 선간전압  $rt = \sqrt{((rt1*rt1)+(rt2*rt2)+...+(rt128*rt128))/128}$

· 선간전압  $st = \sqrt{((st1*st1)+(st2*st2)+...+(st128*st128))/128}$

③ 유효 전력량 측정 : 전압 샘플데이터를 각 상별로 {Vr1, Vr2, Vr3 ... Vr128}, {Vs1, Vs2, Vs3 ... Vs128} {Vt1, Vt2, Vt3 ... Vt128}로 정하고, 전류 샘플데이터를 각 상별로 {Ir1,Ir2,Ir3...Ir128}, {Is1,Is2,Is3...Is128}, {It1, It2,It3...It128}로 정하면,

· 유효전력량  $Wat(R) = \sqrt{(Vr1*Ir1)+(Vr2*Ir2)+...+(Vr128*Ir128)/128}$

· 유효전력량  $Wat(S) = \sqrt{(Vs1*Is1)+(Vs2*Is2)+...+(Vs128*Is128)/128}$

· 유효 전력량  $Wat(T) = \sqrt{(Vt1*It1)+(Vt2*It2)+...+(Vt128*It128)/128}$

이 된다.

④ 피상 전력량 연산 : ①항에서 측정된 전압을 Vr, Vs, Vt라 하고 전류를 Ir, Is, It라 정하면,

· 피상전력량  $VA(R) = Vr * Ir$

· 피상전력량  $VA(S) = Vs * Is$

· 피상전력량  $VA(T) = V_t * I_t$  이 된다.

⑤ 무효 전력량 연산 : 전압 샘플 데이터를 각 상별로 {Vr1, Vr2, Vr3 ... Vr128}, {Vs1, Vs2, Vs3 ... Vs128} {Vt1, Vt2, Vt3 ... Vt128}로 정하고, 전류 샘플데이터를 각 상별로 {Ir1, Ir2, Ir3 ... Ir128} {Is1, Is2, Is3 ... Is128} {It1, It2, It3 ... It128}로 정하면,

· 유효전력량

$$Wat(R)$$

$$= \sqrt{(Vr1*Ir-31)+(Vr2*Ir-30)+...+(Vr128*Ir96)/128}$$

· 유효전력량

$$Wat(S)$$

$$= \sqrt{(Vs1*Is-31)+(Vs2*Is-30)+...+(Vs128*Is96)/128}$$

· 유효 전력량

$$Wat(T)$$

$$= \sqrt{(Vt1*It-31)+(Vt2*It-30)+...+(Vt128*It96)/128}$$

이 되며, 무효전력은 전압에 대한 90도 뒤의 전류의 곱이다.

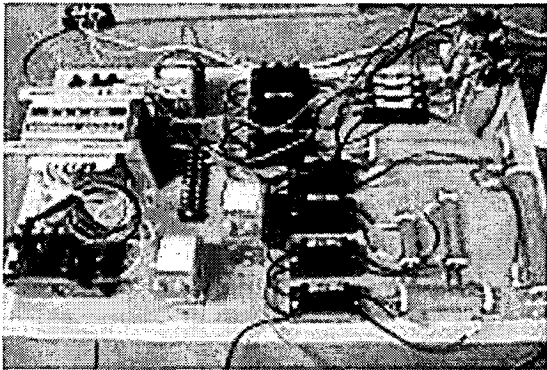


그림 4. 부하기(저항+콘덴서 부하)

부하	검출 위치	전압 [V]	전류 [A]	기본파 위상차 [°]	유효전력 [W]	무효전력 [Var]	피상전력 [VA]	유효전력/전압 [A]
2K	M	213.3	0.102	0.22	21.7	0.3	21.8	0.102
	R		0.102	0.17	21.7	0.3	21.8	
	C		0	0	0	0.1	0	
0.083u F	M	213.8	0.066	270.0	0	14.0	14.0	0
	R		0	0	0	0.1	0.1	
	C		0.066	270.0	0	14.0	14.0	
2K 0.083u F	M	213.6	0.121	327.5	21.9	14.0	25.9	0.103
	R		0.102	0.15	21.8	0.3	21.7	
	C		0.066	270.13	0	14.0	13.9	
200K 0.083u F	M	215.1	0.066	270.8	0.2	14.2	14.2	0.001
	R		0.001	14.0	0.2	0.1	0.2	
	C		0.066	270.1	0	14.2	14.2	
2K 0.083u F 0.083u F	M	214.0	0.167	308.05	21.8	28.3	35.8	0.102
	R		0.102	0.13	21.8	0.3	21.7	
	C		0.133	270.08	0	28.3	28.3	
2K, 5K 0.083u F 0.083u F	M	214.1	0.196	317.8	30.7	28.2	35.8	0.143
	R		0.144	0.08	30.7	0.5	21.0	
	C		0.132	270.1	0	28.3	28.3	
20K 200K 0.083u F	M	215.1	0.067	280.2	2.5	14.2	14.5	0.012
	R		0.012	1.1	2.5	0.1	2.5	
	C		0.066	270.1	0	14.2	14.2	
2K, 5K 20K 200K 0.083u F	M	215.6	0.17	337.25	33.8	14.4	36.9	0.157
	R		0.157	0.07	33.8	0.5	34.0	
	C		0.067	270.1	0	14.4	14.5	

① 유효성 부하일 때와 무효성 부하일 때를 보면, 검출 M위치와 검출 R위치, 검출 C위치가 동일함을 알 수 있어, 실험의 신뢰성을 확인하였다.

② 유효부하를 혼합하였을 경우에는 검출 M위치의 유효전력을 전압으로 나뉘었을 때 검출 R위치의 전류와 같음을 알 수 있었다.

## 2.2 전기합선 진단기술

전기제해 중 많은 사고가 접촉 불량 등의 원인으로 일어나고 있음은 많이 알려져 있으나 현재 가능한 대책은 시간을 정하여 취하는 예방보전과 사고

가 일어난 후에 취하는 사후보전 조치에 머물고 있다. 그러므로 전기화재의 요인을 분석하여 전기화재 예방 및 예지 대책을 세우는 일이 필요하며, 본 연구에서는 전기화재의 현황 및 분석에 근거하여 전기화재의 예지원리를 제시하고 이 원리에 따른 전기화재 징후 검출 시스템 구성을 목적으로 이러한 대형사고와 함께 주택 및 공장에서의 전기화재 사고를 미연에 방지가능한 전기합선 징후 검출 알고리즘을 구현하였다. 먼저, 모형실험장치로부터 실험결과를 오실로스코프를 이용하여 아날로그의 신호파형을 얻는다. 오실로스코프에서 얻은 신호를 Wavelet Transform을 이용하여 파형을 분석한다.

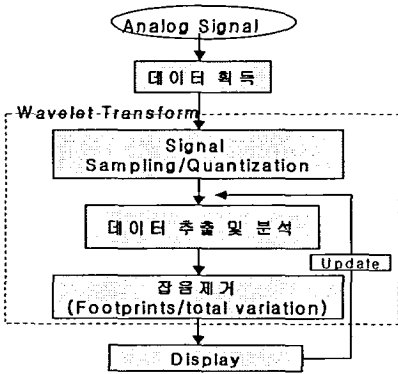


그림 5. 전기합선 알고리즘

2.2.1 정상상태 전기신호 특성

보통 일반 가정에 전해오는 신호는 60Hz의 교류신호이다. 그 신호를 파형으로 나타내면 그림 6과 같다. 어떤 부하도 연결되기 전의 정상상태의 파형은 60Hz의 사인파곡선과 같다. 정상파형을 크기가 1인 60Hz의 사인파로 구현하였다. 이 파형을 Wavelet의 Haar/Daubchies 필터로 분석한 것을 아래에 나타내었다. 아날로그 신호를 디지털로 변환하여 분석하는 과정에서 생기는 오차 때문에 나타나는 변화이외에는 별다른 변화가 없다.

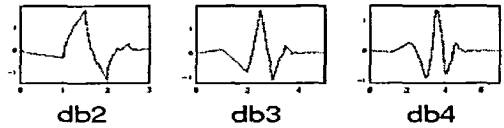


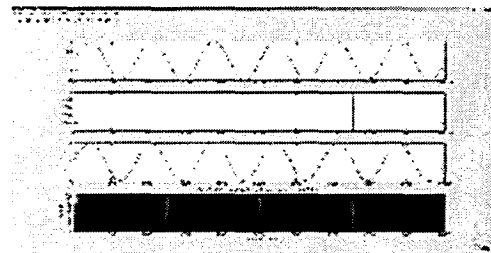
그림 7. Daubchies wavelet

Daubchies 필터의 모양은 그림 7과 같다. 필터가 조금씩 다르므로 반복할 수록 더욱 날카롭게 고주파성분을 구분할 수 있다.

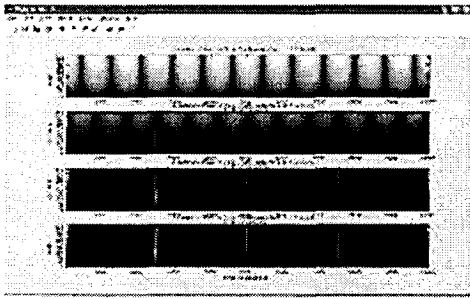
2.2.2 전기합선 모의 전기 신호특성

전기합선의 징후를 알아보기 위해서 크기가 1인 60Hz의 사인파에 크기가 0.1인 3개의 임펄스를 가했다. 스위치 개폐 동작이나 부하 자체의 고주파성분이 아닌 전선의 고장이나 단락등 합선에 의한 고주파 성분임을 알아보기 위해 임의로 임펄스를 가한 것이다.

임의로 3개의 임펄스를 가한 전류는 얼핏 보면 부하가 없는 정상신호와 거의 같아 보인다. 그러나 wavelet으로 분석해 보면 뚜렷하게 알 수 있다. 그림 8(b)의 첫 번째 그림은 Haar 필터를 이용한 것으로 고주파 성분을 알아보기 힘들다. 그러나 db2, db3, db4의 Daubchies필터를 반복하면 임의로 3개의 임펄스를 준 부분에서 고주파 성분이 날카롭게 표시됨을 알 수 있다. 필터를 통과하는 과정을 반복하면 임펄스의 지점을 뚜렷하게 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 8. 전기합선 모의 전기 신호특성

2.3 전력저감형 스위치 모듈개발

다음으로, 주거시스템이 지능형 홈으로 발전함으로써, 소비 전기량이 급속히 증가하는 추세이다.

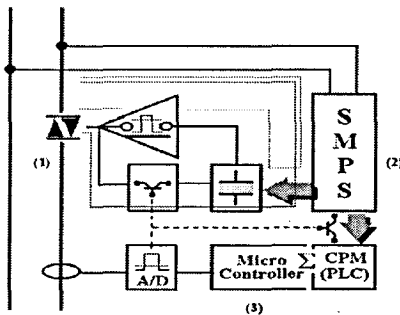


그림 9. 지능형 AUTO 스위치 구성 개념도

따라서, 본 논문에서는 홈거주자의 정보가전기기 사용유무에 따라서 전원상태를 지능적으로 차단/통전시켜 소비전력을 최소화할 수 있는 Auto 스위치에 대해 기술하고자 한다.

지능형 AUTO 스위치 설계를 위해서, 다음과 같이 주요회로를 구성하였다.

- Auto Switch부
- 전원장치(SMPS)부
- Micro Controller/CPM(Communication Protocol Module)

그러나, (1)과 (2)항을 중심으로 설계내용에 대해 기술한다.

2.3.1 Auto 스위치부의 회로구성

정보가전기기의 통전여부에 맞추어, 스위치 ON/OFF (또는 통전/차단)의 기능을 위해 전자식 스위치인 Triac을 기반으로 구성된 SSR(Solid

State Relay)를 채용하였다. S.S.R은 기계적인 접점 구조가 없는 무접점 릴레이로서 반도체 소자를 사용하여 스위칭이 이루어지는 전자식 스위치이다.

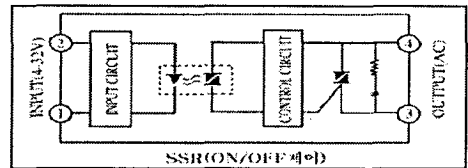


그림 10. SSR(ON/OFF제어) 구성도

(1) SSR(Solid State Relay)의 동작원리

일반 S.S.R은 입력측에 동작전압(Pick-Up Voltage) 이상의 HIGH-SIGNAL이 인가되면 PHOTO COUPLER가 동작하여 트리거(Trigger)회로에 의해 스위칭 소자(TRIAC 또는 SCR등)가 TURN-ON되어 출력측에 전류가 흐르고, 입력전압이 복귀전압(Drop-Out Voltage)이하의 LOW-SIGNAL이 되면 스위칭 소자가 TURN-OFF 된다. 여기에서, PHOTO COUPLER는 광결합 소자로서 신호전달 및 1, 2차간 절연유지회로이며, CR SNUBBER는 ON/OFF시 전압 상승률(dv/dt) 및 과도 전압을 억제하여 스위칭 소자를 보호하기 위한 회로이다.

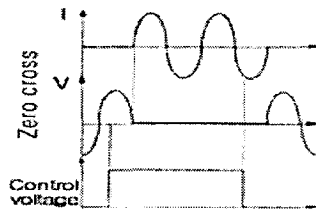


그림 11. ZERO-CROSS기능 SSR의 제로점 차단파형

본 연구에서는, 그림 10과 같이 스위치가 ON되면 PHOTO COUPLER(발광다이오드)에 전류가 흐르고, 광학적으로 결합시킨 포토트랜지스터가 동작하며, 다음으로 제로크로스회로가 동작해서 교류원전압의 제로전압근방에서 출력회로의 트라이악이 통전하도록 하여 전원에서 트라이악을 통한 부하에 전류가 통할 수 있도록 하였으며, 다음으로 스위치가 OFF되면 SSR은 트라이악의 동작특성에 따라 그림 11과 같이 부하전류의 제로점 근방에서 차단

되도록 구성하였다.

(2) 전원장치(SMPS)부 회로구성

앞서 기술한, 지능형 AUTO 스위치부의 동전/ 차단제어를 위해서 다음과 같이 회로를 구성하였다.

- 전원장치(SMPS)회로
- Auto 스위치 구동회로

① 전원장치(SMPS)회로

전원장치(Switching Mode Power Supply : S.M.P.S)회로는 전력용 MOSFET등 반도체 소자를 스위치로 사용하여 직류 입력 전압을 일단 구형파 형태의 전압으로 변환한 후, 필터를 통하여 제어된 직류 출력 전압을 얻는 장치로서 반도체 소자의 스위칭 프로세서를 이용하여 전력의 흐름을 제어함으로 기존의 전원 공급장치인 리니어 방식에 비해 효율이 높고 내구성이 강하며, 소형, 경량화에 유리한 안정화 전원 장치이다.

그림 12와 같이, 전원장치(SMPS)의 기본구성은 교류 입력 전압으로부터 입력 정류 평활 회로를 통해 얻은 직류 입력 전압을 직류 출력 전압으로 변환하는 DC-DC 컨버터, 출력 전압을 안정화 시키는 케환 제어 회로 등으로 되어 있다. 케환 제어회로는 다시 출력전압의 오차를 증폭하는 오차 증폭기, 증폭된 오차와 삼각파를 비교하여 구동펄스를 생성하는 비교기, DC-DC 컨버터의 주 스위치를 구동하는 구동회로 등으로 구성되어 있고, DC-DC 컨버터는 주 스위치와 환류 다이오드, 2차의 지역 통과 필터인 LC 필터등으로 구성되어 있다.

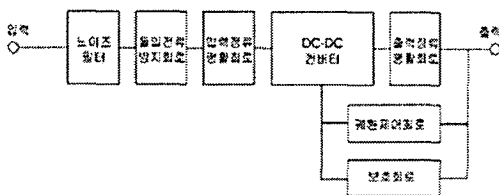


그림 12. 전원장치(SMPS)회로 구성도

여기서, DC-DC컨버터는 전력변환을 담당하는 주요 부분으로서 입출력 변환비의 크기 및 회로 구성에 따라 많은 종류의 컨버터로 분류되기도 한다.

본 연구에서는 비절연형(Non-isolation Type)의 Buck

(Step-Down)방식을 채용한 참여기업의 전원장치를 채용하였다.

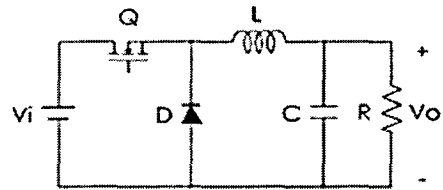


그림 13. 비절연형의 Buck(Step-Down)방식 SMPS

그림 13의 회로동작은, 주 스위치 Q가 ON이 되면 입력으로부터 전류가 L을 통하여 출력으로 흐름과 동시에 L에 축적되고 Q가 OFF 되면 L에 축적된 에너지가 환류 다이오드 D를 통하여 출력측으로 방출하게 된다. 스위칭 주기  $T_s$ 를 한 주기로 하여 이 동작이 반복되면서 입력전력을 원하는 출력전력으로 변환하게 된다. 이러한

Buck 방식은 출력 전압이 입력 전압보다 낮은 범위에서 나타나며, 이러한 이유로 “강압형 컨버터”라고도 한다.

그런데, 본 연구에서는 SMPS의 출력전압( $V_o$ )에 저장장치를 설치하였으며, 이 장치로부터 다음 절에 언급되는 Auto 스위치의 구동회로에 입력으로 적용하였다.

② Auto 스위치 구동회로

가. 구동회로의 역할 : Auto 스위치의 Drive 구동회로는 입력단에 SMPS로부터 충전된 초기 입력 전압값을 입력으로 받아 그것을 Hysteresis Level 값과 비교한 후 Upper-Trigger값이 되면 자체 Drive를 off 시킨다. 그래서 SSR로 들어가는 입력값을 영(Zero)이 되게 하므로 SSR은 Turn-off 되고 입력 220VAC는 SMPS로 공급되지 않아 결국 Auto 스위치 Drive 단으로 들어오는 초기 입력 값은 점차 계속 떨어지는 입력값이 선형적으로 들어오게 된다. 들어오는 입력값이 어느 시점에서 Low-Trigger값이 되면 자체 Drive는 다시 on 되고 SSR은 다시 turn-on 되므로 입력 220VAC는 공급되고 처음과 같은 동작을 반복하게 된다.

나. 구동회로 설계

- 구동회로(LM358)의 사양 : 구동 전압값( $V_{cc}$ )은 2가지로 선택할 수 있으며 Single Supply

로 사용할 경우에는 32V(max)만 Vcc단에 걸어 주고 4번핀을 GND로 둔다. Split Supplies로 전압을 분배하여 사용할 경우에는 8번핀에 +16V(max) 4번핀에는 -16V(max)를 걸어 주어 사용한다. 입력 전압값의 범위는 -32V ~ +32V 내에서 사용가능하다.

- 구동회로의 비교기(OP-AMP) 회로 구성 : LM358 안에는 OP-Amp가 2개로 내장되어 있으며 Vcc단과 GND(4번핀) 단은 공통으로 쓴다. 우선 OP-Amp 한개로는 Vref 전압을 만들어 주기 위해서 사용하며 나머지 OP-Amp 하나는 Vref 전압값을 받아 Hysteresis Level 값 범위를 만들어 주기 위해서 사용한다.

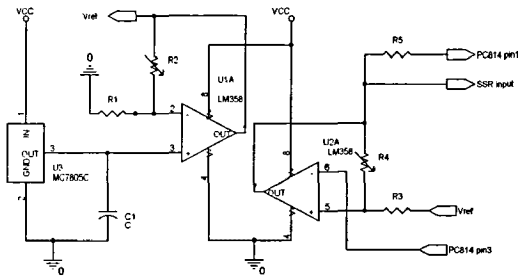


그림 14. 구동회로의 비교기(OP-AMP) 회로 구성

- 구동회로 주요 요소치 계산

그림 14에서 U1A LM358은 3번핀으로 MC358로 받은 정전압 5V를 1번핀으로 정전압 Vref 값 출력으로 만들어준다. U1A LM358은 Non-Inversion 회로이므로 Vref 값의 계산은,

$$V_{ref}(output) = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) E_i \quad (1)$$

여기서,  $E_i$ 는 5V이고  $R_1$ 은  $10K\Omega$ 이므로, 식(1)에 의해  $V_{ref}(OUT)$ 는  $(1+R_2/10K\Omega) \times 5V$ 가 되며, 적절한 저항  $R_2$ 의 값을 통해 원하는  $V_{ref}$ 값을 얻을 수 있다. 그러나, 저항  $R_2$  또한 미지변수이기 때문에 Hysteresis Level 값을 결정하는 아래의 수식을 통해  $V_{ref}$ 를 쉽게 구할 수 있다.

$$V_{ut} = \frac{R_3}{(R_3 + R_4)} (+ V_{sat} - V_{ref}) + V_{ref} \quad (2)$$

$$V_{lt} = \frac{R_3}{(R_3 + R_4)} (- V_{sat} - V_{ref}) + V_{ref} \quad (3)$$

이 때, U2A LM358은 Hysteresis Level 값을 조

절하는 Inverting Voltage-Level Detector로서 원하는  $V_{upper}$ -trigger( $V_{ut}$ )와  $V_{low}$ -trigger( $V_{lt}$ ) 값을 정해주면 식(2)와 (3)에 의한 연립방정식으로부터 필요한  $V_{ref}$ 값과 저항  $R_4$ 를 정할 수 있다. 여기서는,  $R_3$ 는  $10K\Omega$  고정저항값을 사용하고 Hysteresis Level값 중  $V_{ut} = 12V$ ,  $V_{lt} = 10V$ 로 설정하였다. 또, 그림 14에서 8번핀 Vcc는 15V로, 4번핀은 그라운드로 연결하므로  $+ V_{sat}$ 는 15V이고  $- V_{sat}$ 는 0이므로 미지변수 저항  $R_4$ 값과  $V_{ref}$  값을 식(2)와 식(3)의 연립 방정식을 통해 구하였으며, 구해진  $V_{ref}$  값을 통해 식(1)로부터 가변저항  $R_2$ 값을 정할 수 있었다.

### 2.3.2 실험 및 결과

이상에서 기술한 지능형 Auto 스위치 장치에 대한 설계를 토대로 간이모델형 시제품을 구성하여 그 결과를 살펴보았다. 그림 15은 지능형 Auto 스위치 장치의 실험결과파형으로, 그림 15(a)는 50ms 구간에서 지능형 Auto 스위치 장치에 Turn-On되는 과정과 이 때 Auto 스위치 구동회로에 전원으로로서의 저장장치에 충전후 Turn-Off하는 과정을 보여주고 있다. 그림 15에서 Channel 1의 곡선은 저장장치의 충전-방전패턴을 나타내며, Channel 2의 곡선은 SMPS의 동작수행을 위한 SMPS입력단에서의 Turn-On과 이와 동시에 저장장치에 충전하는 시간이 약 1cycle정도로 나타났다. 그림 15(c)로부터, 1초동안 평균 2회 정도 Auto 스위치부를 통전/차단 제어하는 결과를 보여주고 있다.

### 3. 결론

1) 본 연구에서는 전기화재의 현황 및 분석에 근거하여 전기화재의 예지원리를 제시하고 이 원리에 따른 전기화재 징후 검출 시스템 구성을 목적으로 이러한 대형사고와 함께 주택 및 공장에서의 전기화재사고를 미연에 방지가능한 전기합선 징후 검출 알고리즘을 구현하였다.

여기서, 실시간 전기합선 징후검출이 가능하도록 시변분할의 주파수특성분석 방법인 Wavelet 변환 기법을 도입하였으며, 예측된 전기신호상에 불가분 포함되어 나타나는 노이즈신호를 적절히 제거할 수 있도록 CWT(Con-

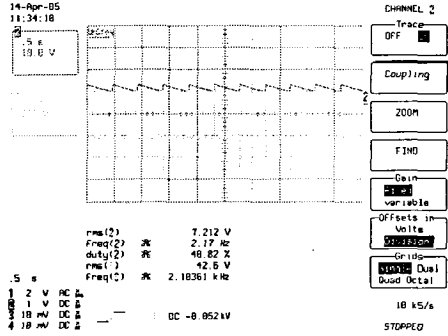


tinuous Wavelet Transform)기법을 기초로 구성하였다. 이 때, 전기합선 징후의 신호를 보다 효과적으로 구분될 수 있도록 하고, 원신호의 손실을 최소화할 통해 노이즈신호를 제거하여 검출신호를 뚜렷하게 분석하기 위해서 Harr Filter와 Daubechies Filter 적용함으로써 전기합선 징후검출의 알고리즘 개발에 대한 연구를 실시하였다.

앞으로는, 전기합선 징후검출의 알고리즘을 보다 최적화하는 작업을 통해 기술개발을 진행하고자 한다.

2) 다음으로, 정보가전기기 전력저감용 PLC기반 지능형 Auto 스위치 개발을 위해서, 먼저 지능형 Auto 스위치 장치에 대한 설계를 수행하였으며, 그 설계기술을 기반으로 간이모델형 시제품을 통해 그 결과를 확인하여 보았다. 개발 시제품을 통한 결과는 설계계안에 요구되는 초당 2회 On/OFF 스위칭을 요구하였으며, 이에 만족할 만한 결과를 도출하였다.

향후, 상기 연구결과에 대한 회로해석을 통해, 회로에 대한 동작메카니즘을 이해할 수 있도록 할 예정이며, 보다 신뢰성이 높은 시제품 개발을 통해 정보가전기기의 전력저감에 활용될 수 있기를 기대한다.

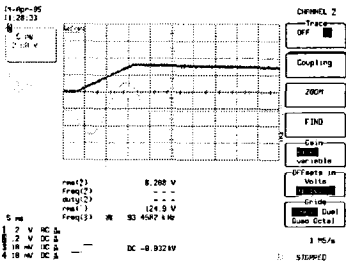


(c) Auto 스위치의 5s 구간에서 동작파형

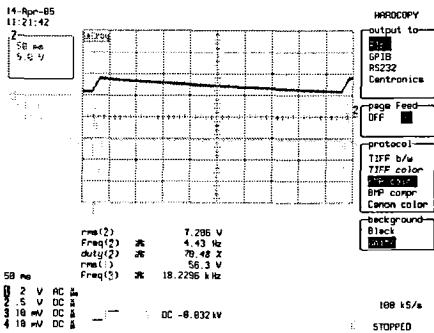
그림 15. 지능형 Auto 스위치의 구간별 동작파형

### 감사의 글

본 연구는 중소기업청 지원으로 산·학·연 컨소시엄사업으로 수행되었습니다.



(a) Auto 스위치의 50ms 구간에서 동작파형



(b) Auto 스위치의 500ms 구간에서 동작파형