

Research on Improvement of Power Control System of Cold & Hot Water Purifier

李 璣 燕* · 崔 忠 錫[†] · 金 桐 郁** · 金 珣 坤*** · 金 東 佑****

(Ki-Yeon Lee · Chung-Seog Choi · Dong-Ook Kim · Hyang-Kon Kim · Dong-Woo Kim)

Abstract - In this paper, this paper discusses how to improve the power control system of cold and hot water purifiers, in particular, system protecting device against abnormal voltage. The existing power supply control system came with a protecting device composed of varistor device only for impulse-type surges. Even though the existing system senses surge other than impulse-type, the system can not be protected. Accordingly, a new type of power control system was designed to protect the system from surge and ultimately prevent electricity accidents. The power control system suggested in this paper will be designed to protect the system by sensing input voltage and discontinuing power supply by means of SSR if voltage exceeding set value is sensed. To test the designed system, surge was imposed on the existing system and processes of system failure were experimented before safety of the designed power control system was simulated via P-spice program developed by Orcad in order to examine safety and reliability of the system.

Key Words : Cold & Hot Water Purifier, fire pattern, Power Control System, Over Voltage Protection

1. 서 론

경제 성장과 더불어 주택용으로 사용하고 있는 전기 제품의 종류가 다양화, 첨단화되고 보급이 확대되면서 전기 제품에서의 화재, 폭발, 감전 등과 같은 사고가 빈번해지고 있다. 특히 보급률이 이미 100[%]를 넘어선 TV, 세탁기, 냉장고 등 소비자들이 평상시에 사고 가능성을 별로 의식하지 않고 사용하고 있는 주요 주택용 전기 제품의 화재, 폭발 관련 소비자 피해가 증가하고 있는 추세이다. TV, 세탁기 등과 같은 전기 제품의 경우 통상적인 수명보다 오래 사용되는 경향이 있는데 사용 장기화에 따른 부품 열화, 불량한 설치 환경, 취급 및 관리 소홀 등의 요인들이 복합될 경우 사고의 위험이 높아지기 때문에 사고 예방 대책 및 소비자 안전 의식 제고가 필요한 실정이다. 2004년 한국전기안전공사 전기 재해통계 중 가전기기로 인한 화재사고는 1,950건으로 사망 6명, 부상 42명의 인명 피해와 약 106억원의 재산 피해를 낸 것으로 나타남에 따라 가정 내 전기 제품의 사용 실태 및 위험요인 등에 대한 조사 및 관리상 문제점을 파악하고 사

고 예방을 위한 대책 마련이 요구된다[1]. 전기화재 발생 메커니즘을 살펴보면 전선에 전류가 흐르면 주열열(Joule's heat)이 발생하게 되고 발생한 열이 축열되고 일정 시간이 경과하여 주위의 가연성 물질의 착화 온도에 도달하면 화재로 이어지는 것이 일반적 현상이다. 전기화재의 출화 형태는 전기 배선 및 전기기기에 의한 출화, 누전에 의한 출화, 정전기 불꽃에 의한 출화 등으로 나타난다[2-6].

한국소비자보호원에서 가정용 전기 제품의 사용 실태 및 안전사고 위험 요인을 조사한 결과 가정 내 전기제품 중 안전사고 발생 위험이 높은 품목으로 전기장판(73.3[%]), 전기 압력 밥솥(71.1[%]), 다리미(42.2[%]), 모발 건조기(30.0[%]) 등의 순으로 응답했으며 주로 열을 발생시키는 전기 제품의 사고 위험이 높다고 인식하고 있으나, 최근 3년간 한국소비자보호원에 접수된 화재 사고 다발 품목은 전기장판, TV, 세탁기, 냉장고, 정수기, 에어컨 등의 순으로 이들 6개 품목이 전체 전기 제품 화재 사고의 61.0[%]를 차지하는 것으로 나타나 정수기는 소비자가 인식하는 것과 실제 화재가 발생하는 전기 제품에는 상당한 차이가 있다. 대부분의 소비자가 전기 제품에 대한 안전 관리는 소홀히 하면서도 전기 제품이 비교적 안전하다고 인식하고 제품을 처음 개봉 및 설치할 때에만 사용설명서를 읽거나 사용설명서의 주의·경고 사항을 제대로 숙지하지 못하고 있다. 이처럼 냉온정수기의 경우에서도 마찬가지로 사용자들에 있어 가장 심각한 것은 이상 증세가 있는데도 제품을 점검받지 않고 계속 사용하거나 방치하는 경우가 많아 정수기에 대한 소비자의 안전 의식 전환과 제품에 대한 안전 설계를 더욱 강화해야 할 것으로 판단된다[7].

또한, 일반적으로 많이 알려져 있는 이상전압에 대한 보

* 正 會 員 : 電氣安全研究院 研究員
[†] 교신저자, 正 會 員 : 電氣安全研究院 그룹장
 E-mail : enetek@naver.com
 ** 正 會 員 : 電氣安全研究院 研究員
 *** 正 會 員 : 電氣安全研究院 部長
 **** 正 會 員 : 電氣安全研究院 研究員
 接受日字 : 2006年 11月 14日
 最終完了 : 2006年 12月 4日

호장치로 SPD를 많이 사용하고 있지만, SPD의 경우는 Surge에 대한 보호성능은 뛰어나지만 일시적인 과전압에 취약한 단점이 있다. 선로에서 지락이 발생하는 경우, 1차측에서 발생한 지락은 최대 1420[V]가 발생하며, 2차측에서 발생한 지락은 최대 440[V]가 발생할 수 있다. 이러한 일시적인 과전압에 의하여 발생할 수 있는 사고를 미연에 방지하기 위하여 전원제어 시스템의 개선이 필요할 것이다[8].

본 논문에서는 냉온정수기의 과전압 인가 실험을 통하여 과전압이 시스템에 미치는 영향을 분석하고, 기존 냉온정수기의 전자회로부를 분석하여 과전압으로부터 시스템을 보호할 수 있는 전원 제어 시스템을 설계하고 설계된 제어 시스템은 시뮬레이션을 통하여 과전압 보호 성능을 검증하여 안전성 향상에 기여하고자 한다.

2. 실험방법

냉온정수기에 과전압이 인가되었을 때 소손 패턴 및 전기적 특성 해석을 위해 그림 1과 같은 시스템을 구축하였다. 실험에 사용된 입력 전압은 단상 220[V], 60[Hz]의 상용 전원을 사용하였으며, 실험 조건인 과전압은 전압조정기(Daelim Electric, 10kVA, Korea)를 이용하였으며, 기존의 시스템에 사용된 과전압 보호장치인 바리스터의 스펙은 표 1에 나타난 것과 같이 바리스터의 용량을 벗어나는 전압인 480[V]를 과전압 입력전압으로 하여 실험하였다. 또한, 과전압이 인가됨에 따라 발생하는 소손 패턴 및 화염은 초고속 카메라(HSIS; High Speed Image System, HG-100K, Redlake, USA)로 실시간 촬영하였다. 입출력 전원의 전력, 전압, 전류 등은 오실로스코프(TDS-3052, Tektronics, USA)를 이용하여 동일한 조건에서 동시에 데이터 취득이 가능하도록 하였다. 또한, 실험이 진행될 때 실험실의 온도는 20~25[°C], 습도는 50~60[%]를 유지시켰다[9].

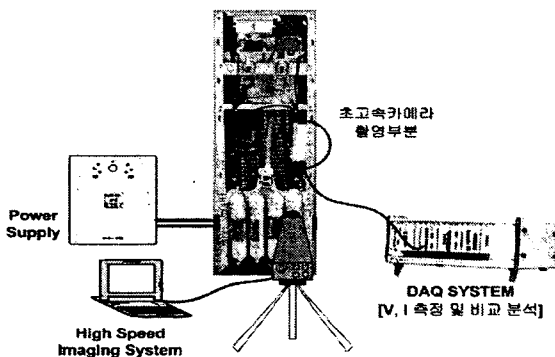


그림 1 과전압 실험장치의 개략도
Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus of over voltage

오실로스코프를 이용하여 전원의 입력부분, 변압기 2차측 전압 출력을 측정하였으며, 시스템의 전류 및 PCB의 정전압 IC(7805, 7812)의 입·출력 부분은 DAQ 시스템을 이용하여 측정하였다. 또한 초고속카메라를 이용하여 그림 1에 표시한 부분, 즉, 냉온정수기의 PCB를 중심으로 촬영하였으며, 특히 바리스터 부위를 중심으로 촬영하여 데이터를 취득하

였다.

또한, 본 논문에서 제안한 냉온정수기의 전원제어 시스템의 성능 시험을 검증하기 위한 시뮬레이션은 ORCAD에 포함되어 있는 P-SPICE를 사용하였으며, 그림 8의 회로에 입력전원을 AC 220[V]가 정상적으로 인가되다가 바리스터의 용량 범위내의 전압인 AC 460[V]의 과전압이 인가되는 형태의 전원 입력을 사용하여 시뮬레이션을 수행하여 제안한 회로의 성능을 검증하였다.

표 1 바리스터(INR 10D471K) 사양
Table 1 Varistor(INR 10D471K) Specification

Device Type	Chip Size	Maximum rating					Characteristics					
		Applied voltage		Transient			Normal Varistor Peak Voltage			Max. Clamping voltage @ test current (8/20µs)	Typical capacitance	
		RMS 50/60 Hz (25°C)	DC (25°C)	Energy	Average power dissipation	Peak current (8/20µs)	Vnom	Tolerance				
		Vdc (25°C)	W (Joules)	P (Watt)	I (Amps)	Vmin (Volts)		Vmax (Volt)	Vc (Volt)	Ic (Amps)		
INR 10D471	10	300	385	45	0.4	1250	470	423	517	775	25	350

3. 결과 및 고찰

3.1 기존 냉온정수기의 전원시스템 분석

그림 2는 기존 냉온수기 전자회로부의 전원 시스템 개략도를 나타낸 것이다. 개략도에 나타난 바와 같이 전원 시스템의 동작은 AC 220[V]를 입력으로 받아 히터 및 릴레이 등에 전원 공급을 하여 시스템을 구동하게 된다. 히터 및 릴레이 등을 제어하는 CPU부와 Display부가 있으며, 각종 제어부 센서를 구동하기 위해 변압기로부터 강압된 전압을 정류 회로 및 정전압 IC로 구성된 DC 전압 변환부를 거쳐 변환된 DC 전압을 사용하는 구조로 되어 있다. 그러나 시스템에 이상 전압이 인가되었을 때 회로를 보호하고 시스템의 작동 오류를 억제할 수 있는 보호 장치는 매우 미약하며 주로 바리스터 정도만 설치되어 있다. 하지만 바리스터는 임펄스 형태의 과전압만을 보호할 뿐 지속적인 형태의 과전압은 보호하지 못한다. 또한, 바리스터가 소손 되어도 전자회로부를 차단하지 못하여 바리스터가 소손된 이후에 유입되는 과전압으로부터 시스템을 보호하지 못하는 한계를 갖고 있다.

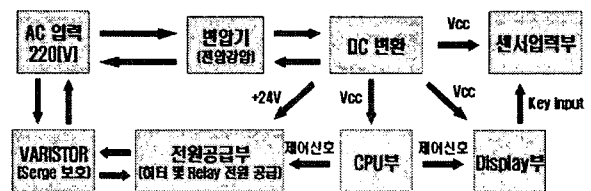
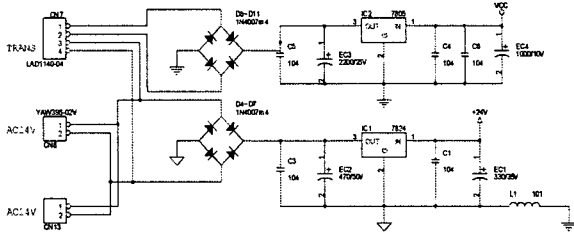


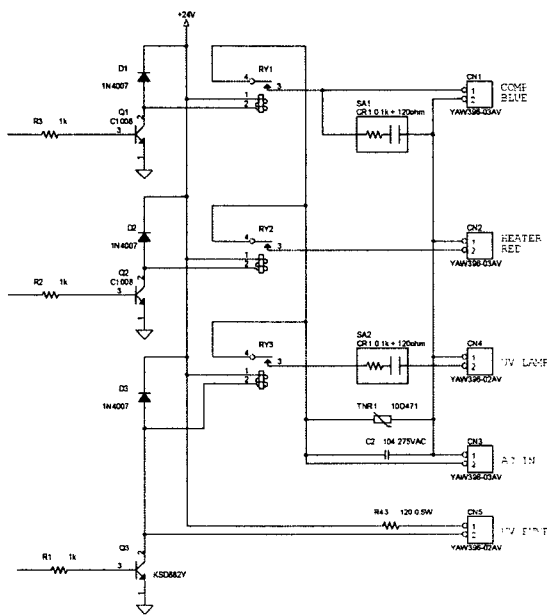
그림 2 기존 전자회로부의 전원제어 시스템 개략도
Fig. 2 Schematic diagram of power control system of primarily electric circuit

그림 3은 기존 전자회로부 회로도 일례를 나타낸 것이다. (a)의 DC변환부 경우에는 시스템에 과전압이 인가되면 변압

기의 출력이 입력 전압에 비례하여 증가하고 DC 전압으로 변환하는 과정에서 정전압 IC(7805, 7824) 소자의 소손을 가져오게 된다. 이는 각종 DC 전압을 사용하는 제어부의 전원 이상에 의해 제어부(CPU부)가 제어 기능을 상실하게 되고 이로 인하여 각종 보호회로의 오동작을 일으켜 사고를 발생시키게 된다. (b)의 전원공급부 경우에는 입력전압이 그대로 시스템에 공급되는 회로를 가지고 있음을 나타내고 있다. 이러한 입력전압의 제어를 제어부(CPU부)에서 하고 있지만 DC변환부의 소손으로 인하여 제어부의 기능을 상실할 경우 과전압이 시스템에 그대로 입력되어 사고로 발생할 우려가 있다. 특히 히터부분은 입력전압에 비례하여 전류가 흐르게 되어있는데, 시스템의 설계상 정격전류를 정상적인 입력전압에 대하여 설계하였기 때문에 전류를 제한하지 못하면 과열에 의해 냉온정수기가 화재로 이어질 수도 있으므로 이를 제한하는 장치가 필요하다. 또한, 바리스터, 콘덴서, 저항 등의 용량을 초과한 전압이 인가되는 경우 부품이 가속 열화(劣化)되어 사고로 발생하게 된다. 이러한 이유로 과전압이 시스템에 인가되면 전원을 차단하여 과전압으로부터 시스템을 보호하는 전원제어 시스템이 필요하다.



(a) DC transaction part



(b) input part of power

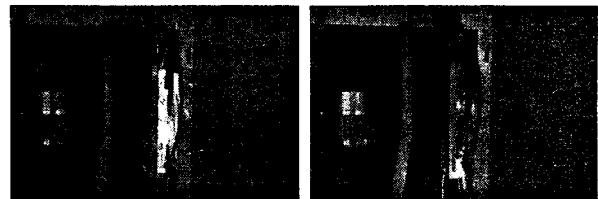
그림 3 기존 전자회로부의 DC 변환부 및 전원공급부의 회로도

Fig. 3 DC transaction part and input part of power of primarily electric circuit

3.2 냉온정수기의 과전압 인가에 따른 화재위험성

과전압에 따른 냉온정수기의 화재 위험성을 해석하기 위해 전원 코드에 급격히 상승하는 과전압을 인가하여 실험하였다. 그림 4는 과전압 실험 구성도로 220[V]의 입력 전압을 시작으로 전압을 상승시켜 480[V]까지 전압을 가하였으며, 과전압에 의한 시스템내의 이상 현상과 PCB 부분의 폭발 현상을 분석하기 위해 초고속 카메라를 사용하여 분석하였다.

그림 4는 과전압 인가에 따른 화재위험성을 분석하는데 있어서 PCB 부분의 폭발 현상을 좀 더 자세하게 관찰하기 위하여 PCB 외함 부분에서 전면 커버를 제거한 상태에서 전압을 급격히 상승시켜 실험한 것이다. 그림에서 나타난 것과 같이 입력전압 480[V]에서 폭발 현상이 일어났다. 이 폭발은 바리스터에서 발생한 것이며, 이는 바리스터의 내압이 470[V]를 넘는 전압이 입력되어 폭발이 발생한 것으로 분석된다.



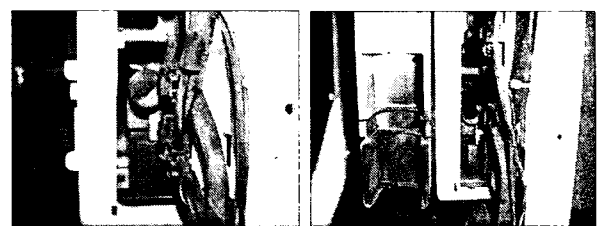
(a) explosion

(b) beads scattering

그림 4 과전압 인가 실험(480[V])

Fig. 4 Explosion of control system

그림 5는 과전압이 인가되었을 때 발생한 탄화 패턴을 나타낸 것으로 그림 5 (a)는 전면 커버가 분리된 상태에서 첫 번째 폭발 후 바리스터 부분의 실제 사진이며, 그림 5(b)는 전면 커버를 부착한 상태에서 첫 번째 폭발 후 과전압을 재인가 한 후의 상태로 전면 커버에 강한 연소 패턴이 나타날 정도의 재폭발이 발생하였다. 즉, 과전압 인가 후 바리스터 부분에서 폭발 후 전원은 차단되지 않았으며 전원을 재인가 후에도 시스템은 정상 동작하였다. 이와 같은 상태가 반복적으로 발생하면 인접한 가연성 물질에 화염이 착화되어 전기장해를 유발시킬 가능성이 매우 높음으로 적절한 보호 장치 또는 시스템의 보완이 요구된다.



(a) first explosion

(b) second explosion

그림 5 과전압에 의한 폭발

Fig. 5 Electric system explosion by over voltage

그림 6은 과전압으로 인한 냉온정수기의 PCB 부분에서 폭발 특성을 분석하기 위해 PCB 외함을 제거한 상태에서

실험을 수행하였다. 그림과 같이 초기에 강한 폭음과 함께 그림 6(f)와 폭발 이 후 그림 6(i)에서 그림 6(l)과 같은 폭발이 약 6회에 걸쳐 반복되었으며 폭음과 함께 비산이 동반되었다. 이는 과전압에 의해 바리스터가 소손되더라도 그 이후 과전압에 대한 보호장치가 동작을 하거나 전원을 차단하여야 한다. 그러나 기존의 전원제어 시스템에는 이러한 보호장치가 없기 때문에 과전압에 의해 시스템의 사고가 발생한 이후에도 과전압이 차단되지 않고 시스템에 입력되기 때문에 다음과 같이 연속적인 시스템 사고가 발생하는 것이다.

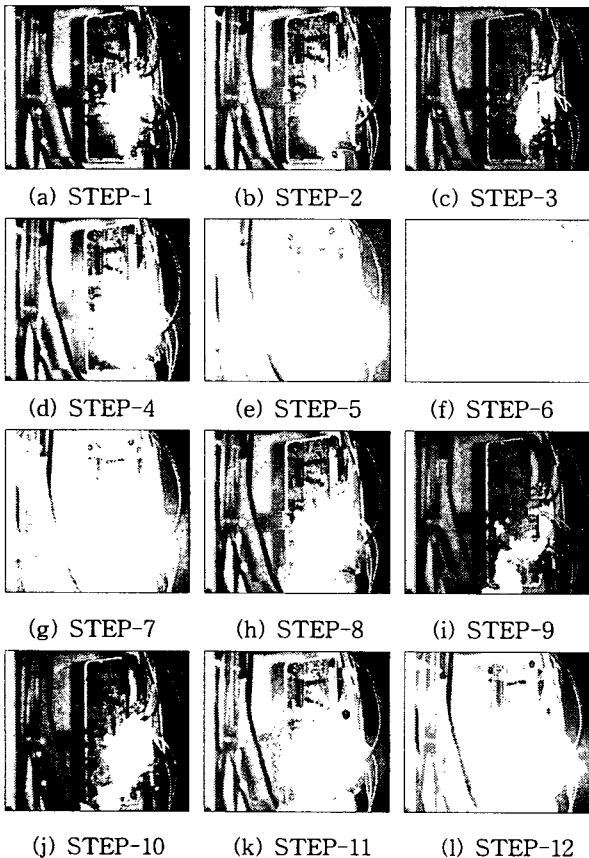


그림 6 과전압에 의한 바리스터 폭발 과정
Fig. 6 Varistor explosion progress by over voltage

3.3 냉온정수기 전원제어 시스템의 개선(안)

그림 7은 개선된 전자회로부의 전원제어 시스템의 개략도를 나타내고 있다. 그림 7에서처럼 AC 입력과 AC 입력을 받아 처리하는 회로 사이에 SSR과 SSR을 제어하기 위한 스위칭 소자와 제어 부분을 위한 구동전압을 공급하는 부분을 추가하여 전자회로부 전원제어 시스템을 구성하였다[10]. 이 때 입력 전압을 감지하는 부분은 기존 전자회로부에서 사용된 바리스터 내압의 용량에 맞는 전압을 감지할 수 있도록 회로를 분압 형태로 구성하여 과전압을 보호하도록 하였다. 이 회로는 일정 이상의 전압이 인가되었을 경우에 시스템에 전원을 차단시켜 과전압에 의한 사고를 미연에 방지할 수 있게 된다.

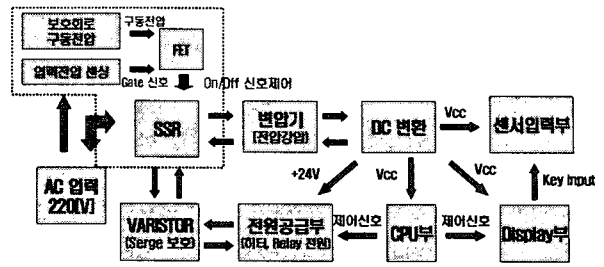


그림 7 개선된 전자회로부의 전원제어 시스템 개략도
Fig. 7 A Schematic of power control system of proposal electric circuit

개선된 전자회로부의 전원 제어 시스템의 회로도는 그림 8에 자세하게 나타났다. 개선된 시스템에서는 다이오드를 이용하여 입력 전압을 정류하여 전압 분압에 의하여 보호회로 구동 전압과 입력 전압을 감지하였다. R11에 걸리는 전압을 V_D , R22에 걸리는 전압을 V_G 라고 하면 V_D 는 보호회로 구동 전압이며, V_G 는 입력 전압의 감지 값에 해당한다. 이 V_D 를 FET의 Drain단에 연결하여 SSR의 제어전압 (V_{CS})으로 사용하고, V_G 를 Gate단에 연결하여 Gate 신호로 연결하였다. 그림 8의 회로를 분석하면, 일반적인 AC 입력 전압일 때는 FET가 Turn-on되지 못하여 V_D 전압이 그대로 V_{CS} 가 되어 SSR이 ON 상태가 되어 회로에 전압을 공급하게 된다. 하지만 AC 입력 전압이 이상 전압이 유입되면 V_G 가 FET를 Turn-on 시킬 만큼의 전압이 되어 FET를 Turn-on시켜 V_{CS} 는 0[V]가 되어 SSR을 차단하여 회로에 이상 전압이 유입되는 것을 막아주게 된다. 이렇게 구성된 전원 제어 시스템을 기존의 전자회로부에 추가하면 일정 이상의 전압이 인가되었을 경우에 시스템 전원을 차단시켜 과전압에 의한 사고를 미연에 방지할 수 있게 된다. 또한, 서지와 같은 임펄스 형태의 과전압은 기존의 회로에서 사용한 바리스터에 의해 과전압으로부터 시스템을 보호할 수 있어 안정적인 전원공급 및 사용이 가능하다[11-12].

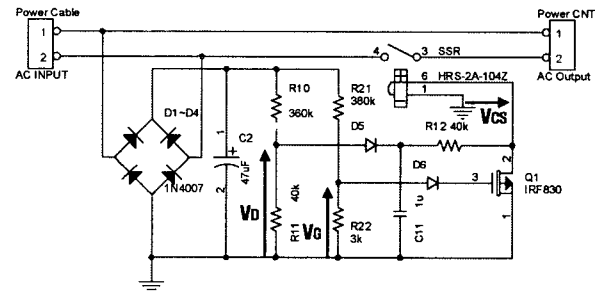
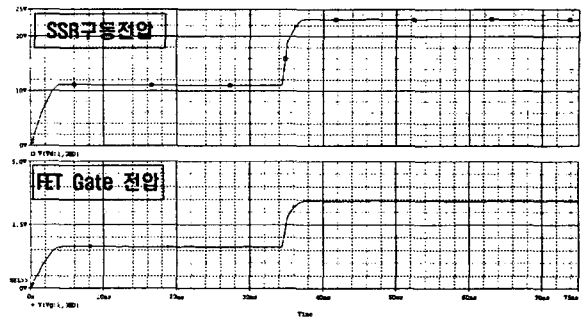


그림 8 개선된 전자회로부의 전원제어 시스템 회로도
Fig. 8 A Schematic of power control system of proposed electric circuit

3.4 개선된 전원제어 시스템의 시뮬레이션 결과

그림 9는 기존 전자회로부의 전원제어 시스템과 개선된

전자회로부의 전원제어 시스템의 입력 전원 상태에 따른 시스템의 전력 파형을 시뮬레이션을 통하여 비교하여 나타낸 것이다. 시뮬레이션은 ORCAD에 포함되어 있는 P-SPICE로 수행하였으며, 과전압은 AC 220[V]가 정상적으로 인가되다가 AC 460[V]가 인가되는 형태의 전원 입력을 사용하였다. 그림 9(a)에서는 입력 전압과 출력 전압으로 볼 수 있는 변압기 2차측 출력 전압을 비교하였으며, (b)에서는 입력 전압과 출력 전압인 변압기 2차측 전압, V_D , V_G , V_{CS} 을 통하여 과전압이 인가되었을 경우 과전압으로부터 시스템을 보호하고 있음을 나타내고 있다. 개선된 전원 제어 시스템의 시뮬레이션 결과는 그림 9에 나타나듯이 기존의 시스템은 (a)에서와 같이 과전압이 인가되어도 변압기 2차측 출력 전압이 변압비에 의해 그대로 출력되고 있음을 나타내고 있다. 이는 시스템에 과전압이 그대로 인가되어 시스템을 보호하지 못하고 있음을 나타내고 있지만, 개선 모델인 (b)에서는 440[V] 이상의 전압이 인가되었을 때, 변압기 2차측 출력 전압이 일정 전압이 인가되었을 때 차단되는 것을 알 수 있다. 이 결과는 440[V] 이상의 과전압이 인가되었을 때 과전압이 시스템으로 인가되는 것을 차단하도록 설계되어 있음을 나타낸다. 또한, (c)에서는 SSR의 구동 전압(V_D)과 FET의 Gate(V_G)를 나타내고 있다. 과전압이 인가되어 V_G 가 2[V] 이상이 되면 FET가 Turn-on이 되어 SSR을 off하게 된다. 이러한 시뮬레이션 결과 제안한 전원 제어 시스템이 과전압으로부터 냉온정수기를 보호한다는 것을 알 수 있다.



(c) 개선후(제어신호 전압파형)

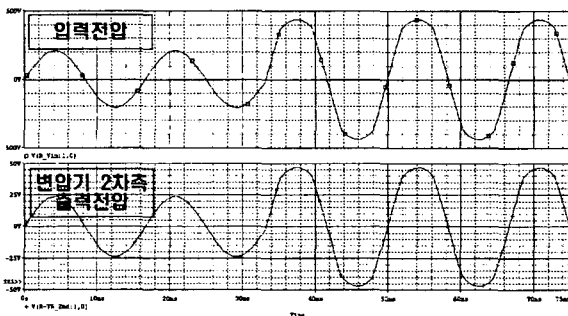
(c) After improving(Control-Signal Voltage)

그림 9 전원제어 시스템의 전력파형

Fig. 9 Waveform of power control system of primarily and proposed electric circuit

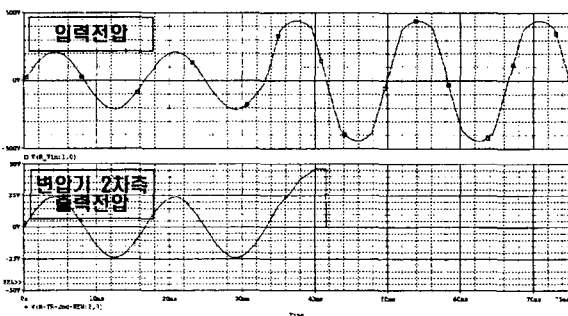
4. 결 론

기존의 냉온정수기의 전원제어 시스템에서는 AC 전원 입력부에서 과전압에 대한 보호장치가 바리스터만 있기 때문에 임펄스 형태의 과전압만을 보호하는 단점이 있으며, 다른 형태의 과전압이 인가되면 시스템의 고장 및 조건에 따라 전기 화재로 이어질 수 있다. 그러므로 여러 형태의 과전압으로부터 시스템을 보호할 수 있는 전원제어 시스템을 제시하였다. 제시한 전원제어 시스템은 바리스터 내압의 용량을 초과하지 않도록 차단 전압을 설정하였으며, DC 변환부의 경우는 이상 전압에 의해 전압이 상승하여도 충분히 견딜 수 있도록 사용 저항은 0.5[W]로 하여 설계된 시스템에 의하여 사고가 발생하는 것을 방지할 수 있었다. 또한 본 개선 모델에서는 접점 아크에 의한 화재를 최소화하기 위하여 스위치 소자를 무점점 릴레이인 SSR을 사용하여 아크를 최소화 하여 시스템의 신뢰성을 높였다. 그 외에 사용된 부품들의 경우도 내압을 충분히 고려하여 설계하였으며, 설계된 전원제어 시스템을 구성하여 과전압으로부터 전체 시스템을 보호하고, 전기 재해를 예방할 수 있을 것이다. 또한, 본 연구 결과는 향후 다른 전원제어 시스템에 맞도록 각종 파라미터들을 바꾸어 설계하여 다른 시스템에서도 적용하면 과전압에 따른 사고를 예방할 수 있을 것으로 판단된다.



(a) 개선전(입출력 전압파형)

(a) Before improving(Input-Output Voltage)



(b) 개선후(입출력 전압파형)

(b) After improving(Input-Output Voltage)

감사의 글

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] 송인회, 電氣災害統計分析, 韓國電氣安全公社, pp.88-89, 2004.
- [2] 최충석 외 5, “전기화재공학”, 동화기술, pp.196-197, 2004.

- [3] 최충석, 이경섭, 이덕출, "열열화된 600V 2중 비닐절연 전선의 특성변화 분석", 대한전기학회논문지, Vol.49C, No.1, pp.8-12, 2000.
- [4] C.S. Choi, K.M. Shong, D.O. Kim, D.W. Kim, Y.S. Kim, "The Electrical arc Direction PatternS by Short-circuit angle", pp.218, Thirtieth Int. Symposium on Combustion, 2004.
- [5] Babrauskas, V, "Fires due to Electric Arcing: Can 'Cause' Beads Be Distinguished from 'Victim' Beads by Physical or Chemical Testing", Fire and Materials. pp.189-201, 2003
- [6] 김동우, 이기연, 김동욱, 김향곤, 최충석, "가연물 특성에 따른 저압용 차단기의 스위치 아크에 의한 화재특성", 대한전기학회 하계학술대회논문집, 전기설비, pp.37-38, 2006.
- [7] 한국소비자보호원, "가정내 전기 제품 안전실태 조사", pp.11-23, 2004.
- [8] 이재복, 장석훈, 명성호, "효과적인 뇌서지 보호", 대한전기학회지, 1598-4613, 제52권4호, pp.37-40, 2003.
- [9] Yong Zhu 외 7, "Behavior of Water Droplet on the Polymer Surface and Influence of the Charge", KIEE International Transactions on Electrophysics and Application, Volume 3-C Number 3 pp.81-85, 2003.
- [10] Gordon R. Slemon, "Electric Machines and Drivers", Addison-Wesley Publishing Company. INC, pp.307-317, 1992.
- [11] Robert Boylestad, "Electronic Devices and Circuit Theory", Prentice Hall, pp.256-273, 1996.
- [12] Ned Mohan, "Power Electronics", Wiley, pp.667-687, 1989.

저 자 소 개



이 기 연 (李璣燕)
 1975년 5월 12일생. 2002년 2월 시립인천대 공대 전기공학과 졸업. 2004년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년~현재 전기안전연구원 재해예방연구그룹 연구원.

Tel : 031-580-3039
 Fax : 031-580-3045
 E-mail : lkycj@kesco.or.kr



최 충 석 (崔忠錫)

1961년 9월 19일생. 1991년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1993년 나고야대학 초청연구원. 1994~95년 구마모토대학 객원연구원. 1997년~현재 전기안전연구원 전기재해연구그룹 그룹장.

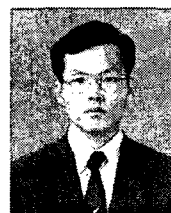
Tel : 031-580-3030
 Fax : 031-580-3045
 E-mail : enetek@naver.com / ccseog@kesco.or.kr



김 동 욱 (金桐郁)

1971년 1월 6일생. 1998년 2월 시립인천대 공대 전기공학과 졸업. 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년~현재 전기안전연구원 재해예방연구그룹 연구원

Tel : 031-580-3031
 Fax : 031-580-3045
 E-mail : dokim@kesco.or.kr



김 향 곤 (金珣坤)

1970년 12월 14일생. 1996년 2월 조선대 공대 전기공학과 졸업. 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006년 동 대학원 전기공학과 박사과정. 1996년~현재 전기안전연구원 재해예방연구그룹 책임연구원.

Tel : 031-580-3031
 Fax : 031-580-3045
 E-mail : kon0704@kesco.or.kr



김 동 우 (金東佑)

1972년 3월 20일생. 1996년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년~현재 전기안전연구원 재해예방연구그룹 연구원.

Tel : 031-580-3031
 Fax : 031-580-3045
 E-mail : klove@kesco.or.kr