

축열식 전기보일러용 마이크로프로세서 제어장치개발

김중수* 박정우* 조기연* 김요희*

* 한국전기연구소 전력전자 연구실

The development of microprocessor based controller
for the electrical boiler of heat storage type

J.S Kim J.W.Park K.Y.Joe Y.H.Kim

Korea Electrotechnology Research Institute, Power Electronics Research Lab.

Abstracts

As the necessity of increasing the midnight base load is extensively increased, electric power companies have tried to increase the demand of midnight electrical power by lowering the electrical charge rate at midnight. One of the most widely used midnight equipments is the heat Storage type's electrical boiler. A Single chip microprocessor controller for the heat-storage type's electrical boiler is developed. This controller can reduce the undesirable peak load at the begining of midnight (i.e.11 P.M.) time band by using backward load control method. Futhermore, this controller enables reservation of heat storge and the effective heating control the field test has been done by use the boiler for 60m² with the heater of 21KW quality.

1. 서론

경제성장과 더불어 개인 소득이 향상되고 국민 생활의 편익추구 경향과 가전기기의 대량보급으로 시간대에 따라 부하전력의 기복이 심해져서 부하전력의 피크값과 기저값은 큰 차이를 보이고 있으며, 이에 따른 발전설비의 단속적인 운전과 정지는 전력계통의 문제 뿐만아니라 경제적으로 바람직하지

못하다. 또한 원자력 발전 및 LNG 발전과 같은 저비용 발전설비의 구성비가 급속히 늘어나고 있으나 양수식 발전, 단속발전등의 전력저장기술은 심야시간대의 부하를 약화를 막기에는 역부족인 상태로 이의 해결을 위해 심야기저부하의 확보를 위한 연구가 일층 강조되며 심야부하를 항상 대책은 전력회사의 가장 중요한 과제로 대두되고 있다. 따라서 전력회사에서는 심야기기의 보급을 위해 전력요금 인하, 심야부하기기 설치비 부담등을 통해 심야 전력 수요창출을 위해 노력하고 있으며, 전기의 에너지의 고유한 특성인 편리성, 청결성, 안정성으로 인해 심야부하기기의 사용율은 증가되고 있는 추세이다. 그러나 기 개발된 심야 부하기기 (축열식 전기 보일러, 축열식 전기온수기, 축열식 전기온돌, 태양열 펌프 온수기, 축열식 히트 펌프 시스템)는 단순 온도조절 기능으로 인해 심야부하 적용시간인 오후 11시에 타임스위치에 의해 일제히 전원이 투입되어 최대수요전력이 발생하는 문제점이있다.

본 연구에서는 전력수요 창출을 유도하고 심야 시간대에서 부하율의 평준화를 꾀할 수 있기 위하여 단순 제어기능을 갖는 심야부하기기에 의해 발생하는 최대수요전력을 억제하는 알고리즘과, 심야 부하기기의 기능을 다양화함으로써 타 에너지원에 대한 경쟁력을 확보하고 전기에너지를 합리적으로 이용하기 위하여 대표적인 심야부하기기의 하나인 축열식 전기보일러를 대상으로 하여 Single Chip 마이크로프로세서를 이용한 제어장치를 개발하였다.

2. 축열식 전기보일러 제어장치

축열식 전기보일러 제어장치는 그림 2-1과 같이 구성하였다. 제어장치는 전원부, 검지부, 제어부, 구동부, 원격조절기로 구성되어 검지부에서 검지된 보일러의 각종 상태를 읽어들이 제어부에서는 이를 종합하여 구동부에 신호를 전달하고 사용자가 보일러의 상태를 인지할 수 있도록 원격조절기에 표시한다. 그림 2-1, 2-2, 2-3은 하드웨어 구성 및 기능평가, 완성제품을 나타내었다.

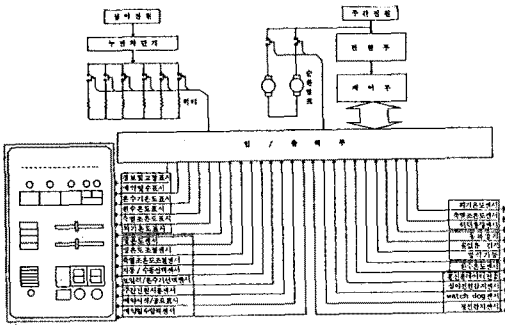


그림 2-1 보일러 HW 구성도

주요기능	세부기능	사	요	Remark
제어기능	최대수요전력 제어	온도상승, 원격제어, 축열조 온도에 따라 열량 및 전압 투입시간 연산 및 제어	정상	
	순환펌프 ON/OFF 제어	실내온도, 실내열량준비, 열 준비온도, 순환펌프 ON/OFF 제어 (최대 난방유지 제어)	정상	
설정기능	차동/수동설정	차동: 외기온도에 따라 축열조 온수유: 차동유지 축열조 온도유지	정상	
	보일러/온수기 설정	온수 사용 또는 온수기만 사용	정상	
검지기능	보일러의 이상 검출	주산현상, 가스, 유류유 사용	정상	
	실내온도검출	차동설정 및 사용자 설정	정상	
표시기능	실내온도/수열조유량검출	제어시 설정	정상	
	제어	제어설정 및 입수 입력	정상	
기타	실내 온도 검지	실내 온도, 온도센서	정상	
	수열조 온도 검지	수열조 온도, 온도센서	정상	
표시기능	축열조 온도 표시	축열조 온도, 온도센서	정상	
	실내 온도 표시	실내 온도, 온도센서	정상	
기타	고장 및 경보 기능	고장 발생시 경보, 숫자로 고장내	정상	
	불법사용방지/방화기능	전원을 통해 가스인출을 차단	정상	
제어기능	정전검지	정전시 보호회로 (SUPER CAPACITOR)에 의해 POWER DOWN 모드	정상	
	심야전원 검지	전원부일 상태 표시 및 시간 조정	정상	
표시기능	동과여기	제어시 동작 표시	정상	
	M/A 변경 기능	제어시 변경 표시	정상	

그림 2-2 전기보일러 제어장치 기능 평가

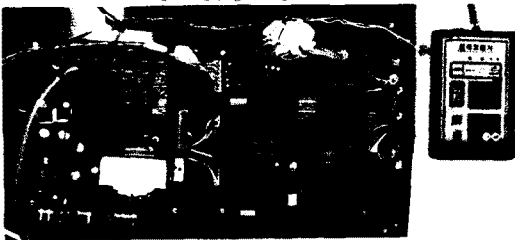


그림 2-3 전기보일러 제어장치

3. 보일러 제어알고리즘

1) 축열 제어 방식

a) 기존의 축열 제어방식

현재 상품화된 축열식 전기보일러는 그림 3-1과 같은 Flow-Chart에 의해 제어된다.

그림 3-1과 같이 액체팽창식 온도조절기에 의해 축열하므로 심야전력 공급시간인 오후 11시에 모든 축열식 보일러의 히터에 전원이 인가되어 최대수요 전력을 야기시키고 각각의 보일러에 따라 히터에 전원이 차단되는 시간이 달라지며 난방상태 및 축열조의 열보지력에 따라 심야전력이 차단되는 오전 7시까지 히터에 전원인가, 차단이 반복되므로 부하가 심야전력 시간의 전반부에 집중되고 있으며 Relay의 접점 마모가 심해 수명이 감소되는 문제점을 갖고 있다.

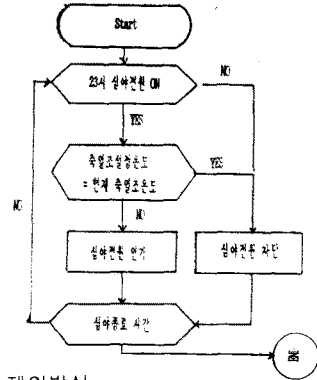


그림 3-1. 기존 축열식 전기보일러 제어 Flow-Chart

b) 개선된 축열 제어방식

본 연구에서는 기 보급된 기존의 축열식 전기보일러에 의한 전반부 부하집중에 대한 대책으로 열량계산에 의해 히터에 전원을 인가시키는 제어 방식에 의해 심야부하를 후반부에 집중시키는 연구 및 실험을 수행하였다. 그림 3-2은 back-ward 제어 방식에 대한 Flow-Chart이다.

필요 열량 산출을 위해 온도센서 및 슬라이드 저항을 이용해 현재 온도 및 축열조 설정온도를 검출 하였으며 축열조의 중앙부에 온도센서를 취부하여 축열조의 평균온도를 검출할 수 있게 하였다. 축열조의 온도는 난방 및 Heating에 의해 순시적으로 변화하므로 10분간의 평균열량을 계산하여 투입시간을 결정한다. 종료시간은 Heating에 의해 현재온도가 상승하므로 필요 열량이 줄어들고 필요

시간도 줄어들므로 현재시간에서 필요시간만큼 증가시킨 것이 종료시간이 되므로 설정온도까지 정확하게 제어할 수 있다. 수동모드에서는 사용자가 원하는 축열조 온도를 선택할 수 있고 자동모드에서는 외기 온도에 따라 축열조 온도를 자동으로 조절하므로써 과축열에 의한 에너지 손실을 줄일 수 있다. 이 제어방식은 기존의 제어방식에 비해 심야 부하를 후반부에 집중시킬 수 있으므로 기존 방식과 병행해 사용할 경우 전체적으로 심야부하의 평준화를 기할 수 있으며 운용 소프트웨어를 탑재한 마이크로프로세서를 이용하고 있기 때문에 릴레이의 잦은 ON/OFF에 의한 접점마모를 줄일 수 있으며, 환수온도를 참조한 순환펌프제어와 외기온도를 참조한 축열조온도의 자동설정 기능으로 말미암아 종래의 기계식 방식이나 단순히 프로세서를 적용했던 방식에 대하여 약 12% 정도까지 에너지 절감을 이룰 수 있다.

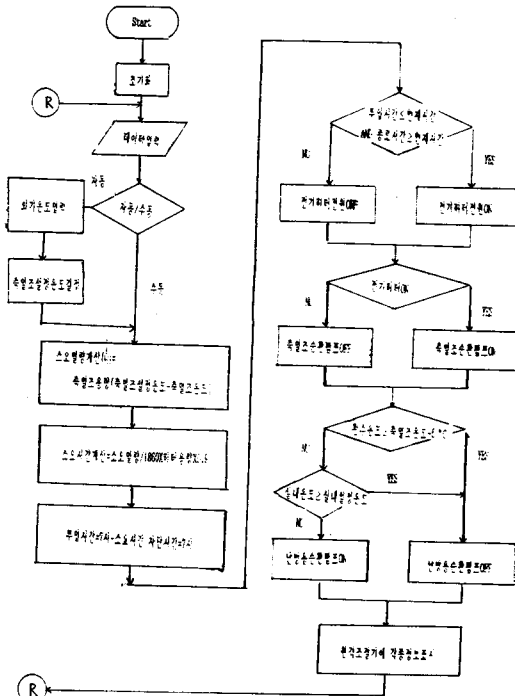


그림 3-2. 심야전원 후반 집중 투입방식 흐름도

4. 전자회로의 신뢰도 향상 시험

4-1 전자회로의 Noise 대책

전자제어장치는 뇌 Surge 및 개폐 Surge (reng-

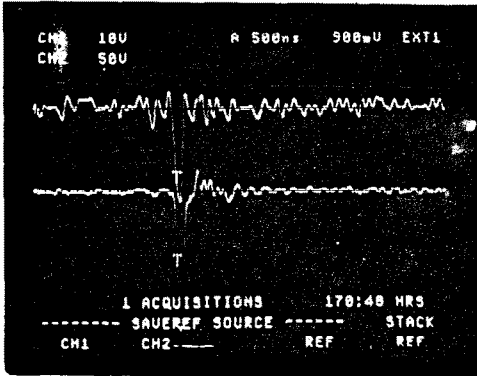
wave)와 같은 대용량의 Noise 이외에도 전파에 의한 Noise, 각종 전기기기에 의한 Noise 및 회로 자체에서 발생하는 Noise 등 수많은 Noise로 부터 영향을 받고 있다. Noise의 침투를 억제하는 방법으로는 임피던스를 높게하여 Noise의 통과를 어렵게 하고, 임피던스가 낮은 by-Pass를 만들고 Noise가 by-Pass쪽으로 통과하게 하는 방법이 있다. 이 경우는 대부분 Noise가 높은 주파수를 갖고 있다는 전제하에서의 대책법이다.

Isolation Transformer와 같은 완전 Shied형인 경우는 전원 Line의 Common Mode Noise는 완벽하게 제거하며 Normal Mode Noise도 주파수가 큰 경우에 큰 효과를 나타내고 있으므로 Noise의 영향이 심하고 극히 중요한 기기일 경우 Isolation Transformer를 이용하는 것이 바람직 하다. 장치 구성에 Noise에 대한 대책으로는 전원 Line의 Noise를 흡수하는 By-Pass 콘덴서를 가능하면 I.C 각각의 가까운 곳에 부착하고, TTL보다는 threshold 전압이 높은 CMOS I.C를 이용하며 전류가 도체의 표면에 집중적으로 흐르는 표피효과를 충분히 고려하여 가능하면 배선을 두껍게 해야 한다. 특히 도체의 길이가 길어지면 인덕턴스의 크기가 증가하므로 고주파인 경우는 큰 임피던스가 발생하여 기기의 오동작의 원인이 될 수 있으므로 배선을 짧게하고 앞, 뒷면의 배선은 직교 시킨다.

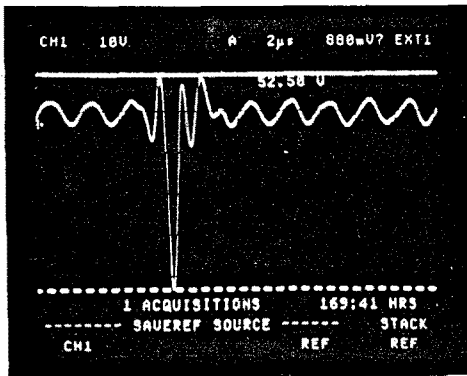
4-2 내전압 실험

그림 4-1은 전기보일러 제어장치에 bi-wave와 ring-wave를 인가 했을 경우 microprocessor의 reset과 clock 단자에서의 영향을 나타내고 있다.

분 류	측정단자	인 입 서 어 지
사진 (a)	RESET	2KV, Bi-Wave
사진 (b)	CLK	4KV, Ring-Wave



사진(d) 측정단자 : RESET



사진(e) 측정단자 : CLK

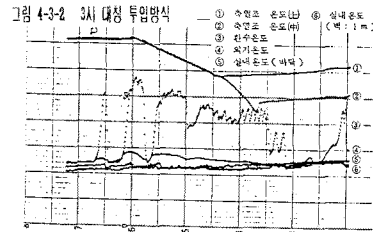
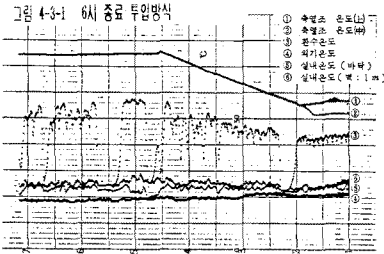
4-3 실증시험

제어장치의현장 실증실험은 심야기기업체 (대우: 달성공업(주) 에서 제작된 보일러 (1800ℓ, 21kW, 20평) 를 이용하여 생산 현장에서 실험을 수행하였다. 그림 4-3-1는 심야 전력투입 종료시각을 6시로 정한 경우의 실험결과를 나타낸 것으로 축열조 온도가 50°C이고 출열조 설정온도가 72°C인 경우 프로세서에서 투입전 최종 산출식은

$$T_{req} = \frac{1800 \times (72-48)}{(21 \times 860 \times 0.9)} = 2.66$$

으로 약 2시간 40분의 소요시간을 계산한다. 따라서 6시에서 2시간 40분 전인 3시 20분에서 히터에 심야 전원이 투입된 것을 전압기록계 (Voltage Recorder) 를 통해서 얻은 전압 준위로써 알 수 있다. 또한 그림 4-3-2은 심야기기에 심야전력을 공급하는데 부하율이 가장 낮은 2시에서 4시 사이에 집중적으로 투입하기 위해서 3시를 대칭으로 소요시간 만큼을

공급한 실험 그래프 이다. 이상에서 부하평준화를 위하여 심야전력 공급시간대 내에서 심야전력 투입을 일계 조정, 가능하며 리레이의 짐점 마모를 줄이기 위하여 일단 히터 전원이 차단되면 재투입 되지 않는 것을 그래프를 통하여 알 수 있다. 또한 현장 실험을 통하여 보일러 제어장치가 가지고 있는 기능이 정상 운용되고 있음을 확인하였다.



5. 결론

마이크로프로세서를 적용한 심야부하기기는 심야 전력시간대에 발생할 수 있는 최대수요전력을 제어하여 심야부하전력의 평준화에 크게 기여할 수 있을 뿐만 아니라 제어장치 기능의 다양화와 성능개선을 통하여 에너지원에 대한 경쟁력 강화 및 심야전력의 합리적 이용으로 에너지를 절감할 수 있으며, 청결성, 편리성, 안정성이 뛰어나 더욱 가속화 될 수 있을 것이다. 본 연구에서는 최대수요전력제어를 위한 알고리즘으로 Backward 제어방식을 이용하여 고부하 및 지역특성을 고려하여 제어시간대를 임의로 조정할 수 있으므로 각 지역 및 난방구조에 따른 부하조건에 대한 조사가 이루어진다면 부하평준화율을 극히 높일 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 축열식 전기온수기 실증연구 (1986.2), 한국전력공사 기술연구원
2. 심야전력이용안내 (1987.11), 한국전력공사
3. 횡형전기온수기 개발 매일정보 2-18, 한국전기연구소