

AV 기기를 위한 AC 입력 전류 모니터링 대기 전력 저감 시스템

Reducing Standby Power Consumption System by Monitoring the AC Input Current for the AV Devices

이 대 식* · 이 강 현*

(Dae Sik Lee · Kang Hyun Yi)

Abstract - This paper proposes a system for reducing the standby power consumption in using the consumer electronic devices such as a television, a home theater, a set-top box, or a DVD player. The system is consisted of a flyback converter, monitoring circuits, a relay and a micro-processor. The proposed system can reduce the standby power consumption by disconnecting the AC input and the consumer devices can be turned on with a remote control. The proposed standby power system consumes the low power to receive the infrared signal from the remote controller. Furthermore, a electronic double layer capacitor is used to store the energy with high efficiency. The proposed power system can operate the 플라이백 converter to charge the electronic double layer capacitor and connect the AC input to the consumer electronic devices. The proposed power circuit can reduce the standby power consumption in AV devices without increasing the cost. The prototype is implemented to verify the system with the commercialized products.

Key Words : Standby power consumption, Electronic double layer capacitor, Flyback converter, Remote control

1. 서 론

최근 화석 에너지의 고갈과 지구 온난화로 인해서 에너지 절감에 대한 연구가 필요하다. 가정에서 소모하는 전기 에너지의 경우 전자제품이 동작하지 않는 상태에서 사용되는 대기 전력에 의한 전기 에너지 소모는 연 평균 209kWh로 나타나며 연간 총 전력소비 3400kWh의 6.1%에 해당된다. 이러한 전력 소모는 연간 일반 가정에서 약 4천2백억원 정도의 경제적 손실을 가져오고 있다.[1] 전 세계에 걸쳐 가전 기기에서 소모하는 대기 전력 소모는 전 세계 전기 에너지의 약 5~10%를 차지할 정도로 아주 많은 에너지가 동작과 관련 없이 낭비되고 있다. 이에 대해서 우리나라 정부 뿐 아니라 세계 여러 나라에 걸쳐 250W 전력을 소모하는 가전 기기의 경우 대기 전력 소모는 0.5W 이하로 규제하고 있다.

가전기기 특히 AV 기기의 경우, 리모트 컨트롤 신호를 통하여 켜짐과 꺼짐 동작을 때문에 전원 꺼진 상황이라도 리모컨 신호 수신 회로가 동작하기 위하여 전력이 공급되어야 한다. 이를 보통 대기 전력이라 부르며, 이때 소모하는 전력이 앞서 언급 바와 같이 무시 못 할 정도로 에너지 소모를 일으키게 된다. 75W 이상 전력을 소모하는 가전 기기에서는 그림 1과 같이 AC 입력 전

원의 하모닉 제거와 역률 개선을 위한 PFC(Power Factor Correction) 회로가 반드시 필요하며, 시스템에 주 전력을 전달하기 위한 주 DC/DC 회로가 존재한다.[2] 또한 앞서 언급한 바와 같이 리모트 컨트롤 신호를 수신하기 위한 적외선 수신 회로에 전력을 공급하기 위한 대기 전력 회로가 필요하다. 대기 전력 회로는 PFC와 주 DC/DC를 구동 및 제어하기 위한 전력을 공급하며, 또한 시스템에 필요한 각종 전원을 만들어 내게 된다. 사용자가 리모컨으로 켜짐 신호를 발생하게 되면, 적외선 수신회로에서 신호를 분석하여 PFC 앞단에 존재하는 릴레이를 구동하여, PFC 동작 및 주전력 DC/DC 전원을 동작하여 시스템이 동작하게 된다. 75W 이하 소모하는 가전 기기의 경우는 PFC 동작이 의미가 아니고, 저가격이 목적이기 때문에 보통 하나의 DC/DC 회로가 대기전력 부분까지 담당하게 된다. 예를 들어, 텔레비전 전력 시

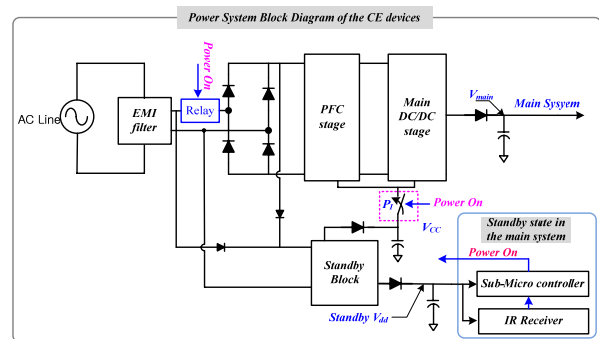


그림 1 일반적인 AV 기기 전력 시스템 구조 [3]

Fig. 1 General Power System of the AV devices [3]

* Corresponding Author : School of Electrical and Electronic Engineering, Daegu University, Korea.
E-mail: khyi@daegu.ac.kr

* School of Electrical and Electronic Engineering, Daegu University.

Received : April 22, 2016; Accepted : August 23, 2016

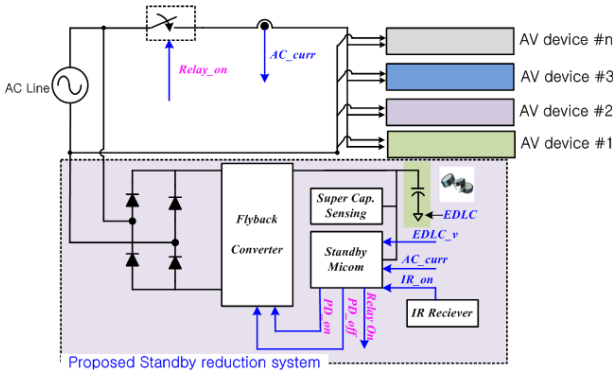


그림 2 제안하는 대기전력 저감 시스템

Fig. 2 Proposed standby reduction system

시스템의 경우, 적외선 신호를 수신하기 위하여 소모하는 대기전력은 2~5mW로 아주 적은 양을 차지하지만, 실제 AC 입력 전력 소모는 100mW 정도로, 필요한 전력보다 많은 전력을 소모하고 있다. 일반적으로 플라이백 DC/DC 컨버터를 이용하여 대기 전력 회로를 구성하고 있다. 2~5mW 전력을 공급하기 위한 대기 전력 회로에서는 전력 소모를 최소화하기 위한 연구가 많이 진행되었다. [4-6] 주로 사전에 연구한 내용은 스위칭 손실을 최소화하고, 컨트롤러 칩에서 소모하는 전력을 줄이기 위한 연구가 진행되었지만 실제 적외선 수신회로에서 필요한 전력보다 많은 전력이 불필요하게 소모되고 있다.

본 연구에서는 가정 거실에 위치한 텔레비전, DVD 플레이어, 흡시어터 등 주로 AV 기기들의 대기 전력을 최소화하기 위한 시스템을 제안한다. 각 기기마다 선행 연구에서 제시한 대기 전력 기법을 적용하게 되면, 전력 회로의 가격 상승과 2~3개 기기들에 적용한다 하더라도 이 기기들에서 소모하는 대기 전력은 커지게 된다. 이에 본 연구에서는 가전 기기 외부 AC 입력 단에 코드화 되지 않은 적외선 신호를 수신하여 전력 공급을 공급과 차단하고 코드화 되지 않은 적외선 신호 수신 회로에 전력 공급은 슈퍼커패시터의 일종인 EDLC(Electro Double Layer Capacitor)를 적용하여 최소 전력만 공급하게 된다. 또한 EDLC는 대기전력을 최소로 소모하는 플라이백 컨버터를 통하여 고효율로 충전하여 전력 소모를 최소화하였다. 이를 검증하기 위하여 마이크로컨트롤러와 EDLC로 구성된 프로토타입을 제작하여 실험을 수행하였다.

2. 제안하는 대기 전력 시스템

2.1 대기 전력 저감 시스템 블록도

제안하는 대기 전력 시스템은 그림 2와 같다. 통상적으로 AV 기기들은 가정에서 한곳에 집중 설치되어 있고, 적외선을 이용한 리모컨을 사용하고 있다. 텔레비전, 셋탑 박스, DVD 플레이어, 흡시어터 등을 사용하다 보면 가전 AV 기기에서 소모하는 대기전력이 무시 못 할 정도로 크다. 모든 AV 기기들이 리모컨을 통한 켜짐과 꺼짐 동작을 하고, 각 제품마다 각 기기에 적외선 신호를

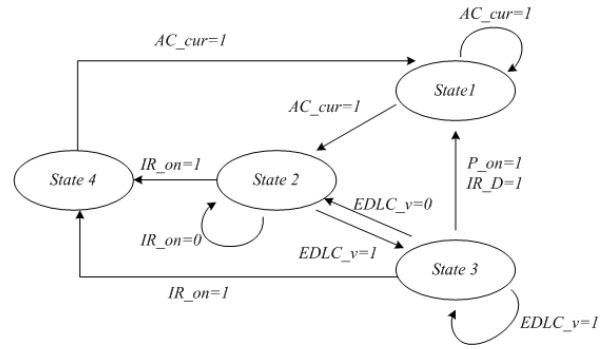


그림 3 제안하는 시스템의 상태도

Fig. 3 State diagram of the proposed system

코드화 하여 동작하도록 설계 되어 있다. 본 논문에서는 그림 2와 같이 여러 AV 기기들을 연결할 시 AC 입력 전원 바로 다음 단에 입력 전류를 모니터링하고, 코드화 되지 않은 적외선 신호를 수신할 수 있는 시스템을 구성하여 모든 AV 기기들의 대기 전력을 차단한다. 제안하는 시스템에서 소모하는 전력은 슈퍼 커패시터의 일종인 EDLC를 충전하여 시스템에 필요한 전력을 충당하고, EDLC의 충전은 고정 최대 부하를 갖는 고효율 플라이백 컨버터를 이용하여 충전을 하게 된다. 주기적으로 EDLC 전압을 모니터링 하여 전력 충전이 필요한 상황에서만 플라이백 컨버터를 동작하도록 하고, 필요 없을 시는 플라이백 컨버터를 동작 시키지 않게 하여 대기 전력이 없도록 한다. 마지막으로 AV 기기에서 전력이 필요하다고 판단되었을 때, 전력을 공급하기 위한 릴레이로 구성되어 있다.

2.2 대기 전력 저감 시스템 상태도

그림 3은 대기전력 저감 시스템에 사용한 마이크로 컨트롤러의 상태도이다. 상태 변위에 필요한 입력은 AC 입력 전류인 AC_curr, 적외선 신호인 IR_on, 마지막으로 EDLC의 전압 레벨인 EDLC_v, 3가지 입력을 받게 된다. 출력으로는 AC 기기에 전력을 공급해주기 위한 Relay_on 신호, EDLC의 충전 시작을 위해 플라이백 컨버터 동작을 위한 PD_on, 마지막으로 EDLC의 충전이 끝났을 때, 불필요한 대기전력을 저감하기 위한 플라이백 컨버터 동작 정지를 위한 PD_off로 구성된다. 4개의 상태는 다음과 같다.

상태 1: AV 기기들이 동작하는 상태로 릴레이가 연결된 상태이다. 이때, AC 입력 전류는 계속 모니터링 하여 AV 기기들이 동작하고 있음을 마이크로 컨트롤러가 판단하고 있다. 적외선 신호를 받아 무조건 릴레이를 동작 시키고, AC 입력 전류가 임계치 이상이면 AV 기기가 동작함을 인식한다. 이 때, EDLC를 AV 기기 동작과 상관없이 무조건 충전하게 되며 충전이 완료되면 플라이백 컨버터 동작을 멈추게 된다.

상태 2: AV 기기들을 사용자가 전원을 끄게 되면, AC 입력 전류가 거의 0에 가까워짐에 따라 전력을 공급하기 위한 릴레이를 끊어 대기 전력을 0으로 하게 한다. 이 때 코드화 되지 않은 적외선 신호를 수신하기 위한 마이크로 컨트롤러의 전력은 EDLC

로부터 공급받게 된다.

상태 3: AV 기기들이 동작하지 않고, EDLC의 전압이 충분하지 않으면 마이크로 컨트롤러에서 플라이백 컨버터를 동작하기 위한 신호를 통해 플라이백 컨버터를 동작하게 된다. 플라이백 컨버터는 EDLC에 전력을 충전하게 된다. 충전이 끝나게 되면 상태 2로 돌아간다.

상태 4: AV 기기의 리모컨의 전원을 켜기 위한 신호가 아닌 다른 적외선 신호가 발생하면 코드화 되어 있지 않기 때문에 대기 전력 저감 시스템에 있는 적외선 수신기는 반응하게 되어, 무조건 릴레이를 연결하게 된다. 이 때, AC 입력 전류를 모니터링하여 AV 기기의 동작 모드가 아님을 판단하게 되면 상태 2로 넘어가게 되고, 그 사이 사용자가 전원을 켜기 위한 신호를 누르게 되면 상태 1으로 상태가 변경되게 된다.

2.3 실험 결과

제안하는 시스템을 검증하기 위하여, 프로토타입을 제작하였다. 마이크로 컨트롤러는 전력을 최소로 소모하는 기기를 선정해야 하지만, 프로토타입 제작을 위하여 쉽게 구현이 가능한 마이크로 컨트롤러를 사용하였다. 플라이백 컨버터는 일반 대기 전력

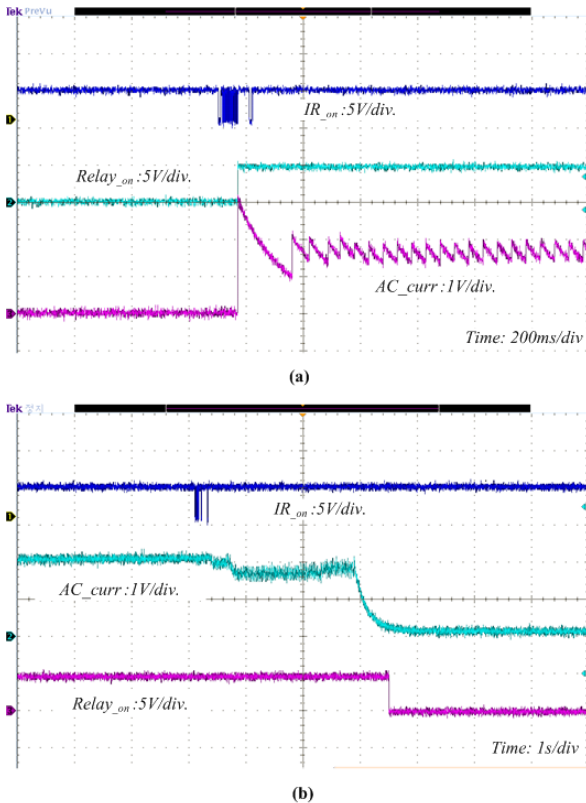


그림 4 주요 실험 파형 (a) 대기모드에서 능동모드 전환 (b) 능동모드에서 대기 모드 전환

Fig. 4 Experimental key waveform (a) Transition from stage 2 to stage 1 (b) Transition from stage 1 from 2

Table 1 실험 조건 및 결과

Table 1 Experimental specification and results

실험 가전	27-inch LED TV	
측정 상태	대기 모드	
측정 표준 기준	KS C IEC62301	
누적 전력 측정 시간	40분	
평균대기 전력	제한 시스템 미적용	200mW
	제한 시스템 적용	88mW (56% 감소)

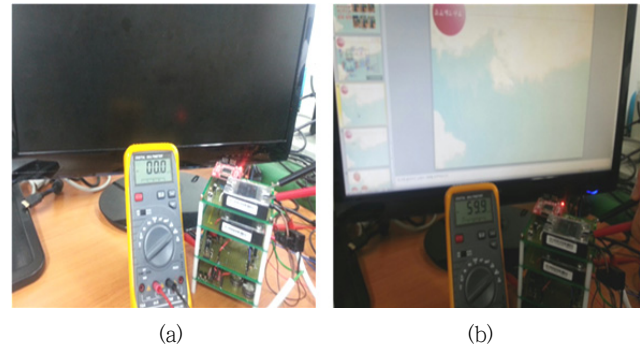


그림 5 실험 사진 (a) 상태 2 (b) 상태 1

Fig. 5 Experimental results (a) Stage 2 (b) Stage 1

을 저감하기 위한 컨트롤러를 사용하였다. 주요 사용한 소자는 동작과 차단 기능이 가능한 플라이백 컨버터용 컨트롤러는 LN584DG이고, 마이크로 컨트롤러는 ATMEGA128-L, EDLC는 8F를 사용하였다. 대기 전력의 절약을 검증하기 위하여 27인치 텔레비전을 이용하여, 사용한 EDLC의 용량은 8F으로 한번 충전으로 30분정도를 플라이백 컨버터 동작을 시키지 않고 대기 전력 저감 시스템을 구동할 수 있다. 프로토타입의 경우 저전력 마이크로 컨트롤러를 사용하지 않아, 소모 전력이 높아서 사용 시간이 짧지만 저전력 마이크로 컨트롤러를 사용하게 되면 하루 기준 4번의 충전으로 대기 전력 저감 시스템을 운용할 수 있게 된다. 그림 4는 AV 기기 동작에 오류가 없음을 보여주는 파형이다. 리모컨 신호를 받아 AV 기기에 전력을 공급을 시작하는 릴레이 연결 동작을 파형으로 나타낸 것이다. 릴레이가 연결되게 되면 AC 입력 전류가 증가하게 되고, 이를 감지하여 대기전력 마이크로 컨트롤러에서는 동작 모드임을 알 수 있게 된다. 반대의 경우도 입력 전류가 감소됨에 따라 입력 전류를 감지하여 AC 입력 전류가 0이 되도록 릴레이를 차단하게 된다. 그림 4와 같이 입력 적외선 신호에 의하여 대기 전력 모드에서 능동 모드로 잘 전환되며, 능동 모드에서 대기 전력 모드도 잘 전환됨을 확인 할 수 있다. 그림 5에서 보듯이 대기 전력 모드 (상태 2)에서는 AC 입력 전류가 0이다. 대기전력 측정은 1회 충전이 발생하는 30분 이상을 주기로 하여, 국내 대기전력 측정 기준인 KS C IEC62301 기준을 적용하여 측정하였다. 표 1에서 보듯이, 8F EDLC를 1회 충전으로 다시 충전하는 시간동안 소모하는 평균 전력은 약

88mW이다. 제안하는 시스템을 사용하지 않았을 때 소모하는 대기 전력량은 약 200mW로 약 56% 전력 소모를 줄일 수 있다. 이는 저 전력 마이크로 컨트롤러를 사용하고, 다수 AV 기기를 연결했을 때 소모하는 대기전력과 비교하면 더 큰 대기 전력을 저감할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 가정에서 AV 기기들이 한곳에 집중되어 있는 것을 생각하여, 리모컨 동작을 하는 기기들의 대기 전력을 저감하기 위한 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 저전력 마이크로 컨트롤러와 릴레이, 상용화된 저전력 플라이백 컨버터, EDLC를 이용해 저가적으로 구현할 수 있으며, 실험 결과에 보였듯이 약 56%의 대기 전력 저감 효과를 확인할 수 있었다. 제안하는 시스템에 저전력 마이크로 컨트롤러를 적용하고, 다수의 AV 기기를 연결한다면 대기 전력 저감 효과는 더욱 더 클 것으로 예상되며, 에너지 부족으로 인한 대기전력 저감을 위한 효과적인 해결책이라 생각된다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 대구대학교 교내 연구비 지원에 의한 논문입니다.

References

- [1] Je-Gil Koo, "Policy for Reduction of Standby Power and Development Perspectives", Annual Conference Proceeding of the institute of electronics engineers of korea, pp. 1270-1271, July 2009.
- [2] IEC 61000-3-2, International Electro technical Commission, 3, Geneva, Switzerland, 1998.
- [3] Kyung-Hwa Park and Kang-Hyun Yi, "Cost-effective Power System with an Electronic Double Layer Capacitor for Reducing the Standby Power Consumption of Consumer Electronic Devices", Journal of Power Electronics, vol. 13, No. 3, pp. 362-368, May 2013.
- [4] Marn-Go Kim and Young-Seok Jung, "A Novel Soft-Switching Two-Switch Flyback Converter with a Wide Operating Range and Regenerative Clamping", Journal of Power Electronics, vol. 9, no. 5, pp. 772-780, 2009
- [5] H. S. Choi and D. Y. Huh, "Techniques to minimize power consumption of SMPS in standby mode", in Proc. IEEE Power Electron. Spec. Conf., 2005, pp. 2817-2822.
- [6] Choon-Tack Kim, "Optimal Hysteresis Control for CCM

Driving of a Single-Stage PFC Flyback Converter for LED Lightings", The Trans. of the KIEE, vol. 65 no. 4, 2016. 4, 586-592

저 자 소 개



이 대 식(Dae Sik Lee)

1982년 경북대 전자과 학사. 1984년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사. 1991년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사. 현재, 대구대학교 전자제어공학과 교수. 관심분야: 전력전자, 임베디드 시스템, 자동화 응용.

Email: dslee@daegu.ac.kr



이 강 현(Kang Hyun Yi)

1978년 1월 20일생. 2003년 한양대 전자전기공학부 졸업. 2006년 한국과학기술원 전기 및 전자공학 졸업(석사). 2009년 동 대학원 전기 및 전자공학 졸업(공학). 2009년 삼성전자 영상디스플레이 사업부 책임연구원. 2012년-현재 대구대 전자전기공학부 조교수. Tel : 053-850-6652

E-mail : khyi@daegu.ac.kr