

110V/220V 직접구동 전력용 반도체 IC설계기술 현황과 대기전력을 줄이기 위한 전원회로 설계 기술

서길수, 김남균(한국전기연구원)

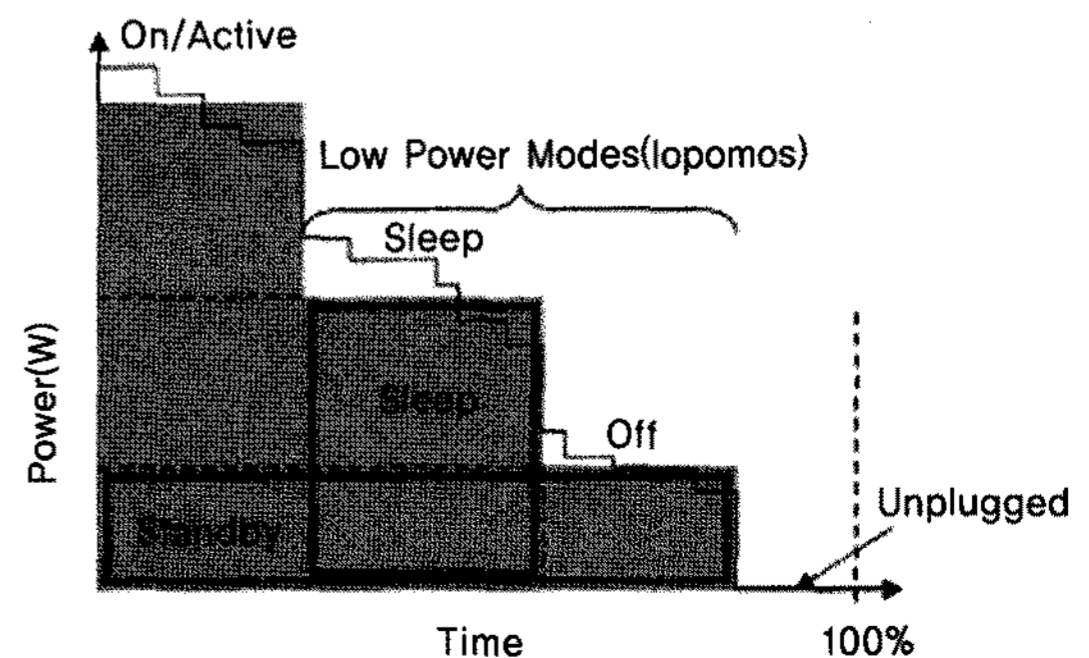
1. 서론

최근 110/220V의 직접구동 전력용 반도체인 power IC의 시장은 2000년부터 몰아친 에너지 위기 및 이산화탄소 배출규제에 의해 에너지 절약형 부품으로 변화해 오고 있다. 특히 그중 한 원인인 대기전력에 대한 이슈로 전원장치 제어 power IC는 대기전력을 최소화하는 기능을 탑재해야 시장에 출시될 수 있다.

대기전력이란 무엇인가? 대다수의 사람들은 플러그를 뽑거나 벽에 부착되어 있는 주전원 스위치를 끄지 않고는 전력소모를 차단할 수 없다는 것을 알면 깜짝 놀랄 것이다. 오늘날 TV, VTR, 이동전화기용 충전기, PC, 팩스 및 수많은 가전기기들은 하루 24시간동안 전력을 소모하고 있다. 기기들이 사용되지 않을 때 또는 주기능이 작동하지 않는 기간을 대기모드라고 한다. 대기모드 동안 기기가 소모하는 전력을 대기전력이라고 한다.

최근 에너지관리공단 및 산자부의 지원을

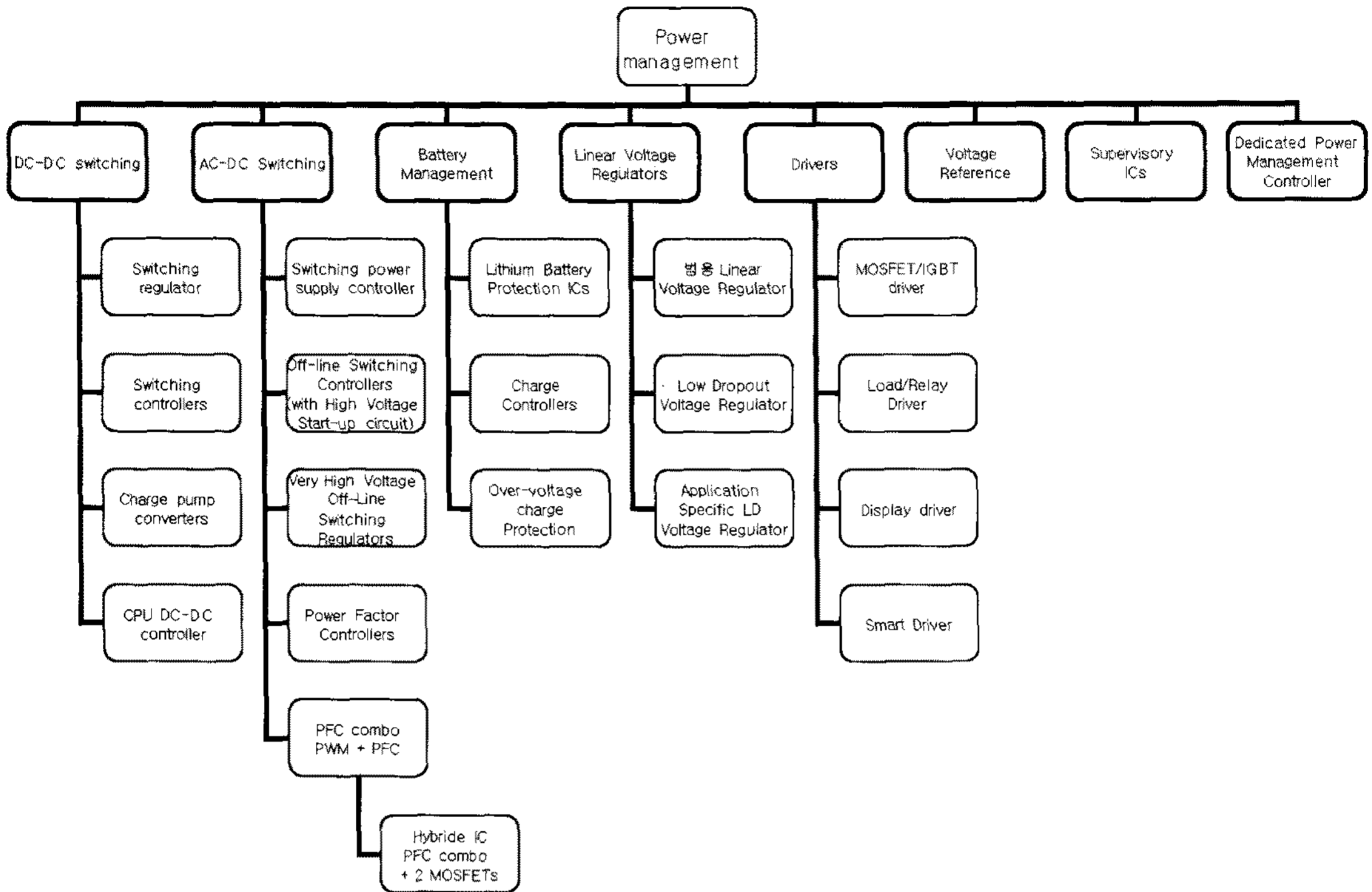
받은 한국전기연구원의 조사에 따르면 가정 내 기기, 사무실 및 가전제품 양관점을 조사한 결과 대기전력 발생기기가 97종이나 되었다. 기기별 대기전력을 측정한 결과 현재 가정 내 기기의 평균대기전력은 3.66W, 시판되고 있는 기기의 무작위 평균대기전력은 3.0W로 최신제품일수록 대기전력은 낮은 것으로 나타났다. 대기전력 실측한 기기 수는 평균 15.57대였으며, 가구당 연간 최소 306kWh를 대기전력으로 소모하며, 이는 가구별 전력사용량의 최소 10.6%에 해당한다고 한다.^[1] 조사에 의하면 대부분의 기기들은 off-line 사무, 가전 기기들이었으며, 특히 네트워크 기기들은 그



〈그림 1〉 여러단계 전력모드^[2]

1) Total Harmonic Distortion

2) PFC stage



〈그림 2〉 전력관리 IC의 트리

림 1과 같이 여러가지 power mode를 갖는 시스템으로 진화하고 있다.^[2] 따라서 이러한 여러단계 전력모드 및 네트워크 인터페이스가 가능한 전원장치 제어기개발도 이루어지고 있다.

AC/DC 컨버터의 구성은 역률개선 및 THD¹⁾ 감소를 위한 pre-regulator²⁾와 전자기기가 필요로 하는 전압 또는 전류로 바꾸어 주는 스위칭 레귤레이터로 나뉘어진다. 스위칭 레귤레이터는 통상 1차, 2차측이 있는 트랜스포머를 사용하며 회로의 구성방법에 따라서 여러 가지 형태로 나뉘어진다.

그림 2은 전력관리 IC의 트리를 나타낸 것

으로서 본고에서 다루고자 하는 영역은 AC/DC 스위칭 가지부분이다. IT 및 사무가전 기기에 주로 사용되는 중용량급의 전원장치는 PFC³⁾ 단과 전압/전류를 제어단으로 구성된다. PFC 단을 제어하는 IC는 주된 기능은 역률을 개선하는 역할을 하며, 전력 관리 제어단은 1차측과 2차측이 전기적으로 분리되는 구조로 되어 있으며 1차측에서 주로 제어한다. 본고의 구성은 II장의 1,2,3절에서 PWM⁴⁾, PFC 및 PFC 콤보 IC에 대한 110V/220V직접 구동 전력용 반도체 IC설계기술 현황에 설명하였고, 특히 II장 1절에서는 PWM IC의 대기모드 제어기법에 대해서 기술하였다.

3) Power Factor Correction

4) Pulse Width Modulation, 펄스 폭 변조

II. 110V/220V 직접구동 전력용 반도체 IC설계기술 현황

1. AC/DC 컨버터용 제어 IC

AC/DC 컨버터는 용량에 따라 topology를 나눌 수 있는데 일반적으로 100W이하에서는 플라이백형 컨버터가 주로 사용되며 100W미만의 가전/사무기기인 AC/DC 어댑터, 배터리 충전기 및 DVD 플레이어등과 같은 제품에 적용되므로 응용분야가 상당히 넓다. 중용량급인 150W 이상이 되면 공진형 플라이백형 컨버터를 사용하며, 주로 디지털 TV, 홈 씨어터, ATX전원이 주 대상이 된다.

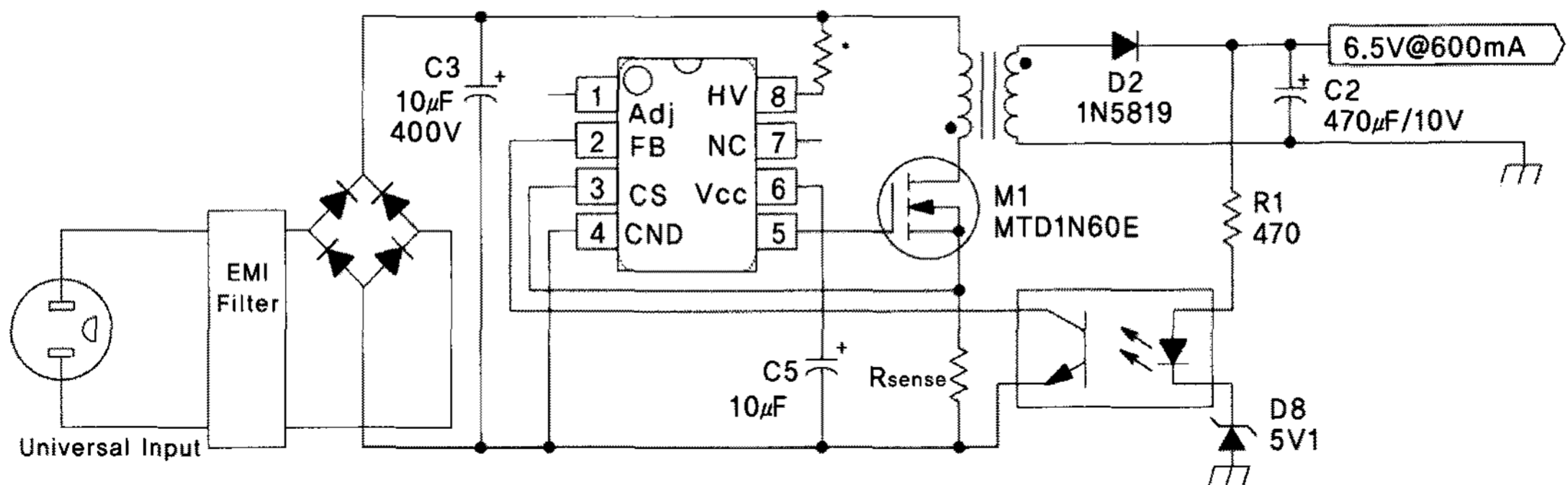
플라이백 컨버터용 제어 IC는 용량 20W를 경계로 20W이하에서는 1칩 형태가 주를 이루고 있으며, 20W이상이 되면 제어 IC와 power MOSFET을 하나의 패키지에 수납하는 2칩 형태가 경제적이다.

제어 IC는 PWM 및 PFM⁵⁾ 제어방법, 전류, 전압 모드에 따라서 나누어지고 회로에 따라서도 변경되므로 세세하게 구분하려면 상당히 많은 지면이 필요하므로 본고에서는 생략

하였다. 최근 출시하고 있는 컨버터 제어용 off-line PWM IC는 주된 기능은 크게 출력을 제어하는 주기능과 보호회로 및 대기모드시 소비전력을 최소화 하는 대기모드 제어 기능으로 나뉘어진다.

AC/DC 컨버터 응용회로는 그림 3과 같으며, 대기모드시 전력을 소비하는 부분은 표 1과 같다. 플라이백 컨버터의 손실은 주로 스위칭 손실, 스타트업 저항 및 제어 IC에서 발생하는 것을 알 수 있으며 스위칭 손실은 전압, 전류의 곱셈, 턴-온 및 게이트 구동으로 나눌 수 있다.

표 1의 전원장치의 손실분석에 의하면 대기모드 소비전력중 스위칭 및 스타트업 저항의 손실을 줄이는 것이 중요하다. 플라이백 컨버터가 대기모드에 있을 때 스위칭 손실을 줄이기 위해서는 컨버터의 출력측에 변동 검출에 필요한 최소의 전력만 공급하도록 한다. 대기모드일 때 스위칭 동작은 그림 4에서 skip mode 또는 burst mode형태로 동작하도록 한다. Skip mode는 그림 4에서 보는 바와 같이 컨버터의 출력에 필요한 최소의 전력을 공급하기 위해 MOSFET의 게이트에 인가되는 펄스신호를 최소 듀티에 균일한 간격으로 구동 신호를 제



〈그림 3〉 소용량 AC/DC 컨버터 응용회로

5) Pulse Frequency Modulation

〈표 1〉 AC/DC 컨버터의 대기모드 손실분석

손실성분		소비전력
스위칭 손실	전압 전류파형의 겹침	$P_{loss}=(550V \times 0.5A \times 50nsec \times 20kHz)/2=0.14W$
	MOSFET, diode의 turn-on	$P_{CAP}=(200pF \times 400V^2 \times 20kHz)/2=0.32W$
	누설 인덕턴스	
	MOSFET 게이트 구동	100mW이하(@20kHz)
Start-up 저항		100~200mW
제어 IC		30~200mW
합계		0.96W

어함으로서 플라이백 컨버터는 간헐동작을 하면서 스위칭 및 제어 IC의 전력을 줄일 수 있다. 그러나 skip mode에 의한 대기모드 제어는 출력측 레귤레이션은 우수하나 동작주파수가 가청주파수 범위에 놓이게 되어 소음을 발생시키는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복한 방법이 burst mode에 의한 대기모드 제어이다.

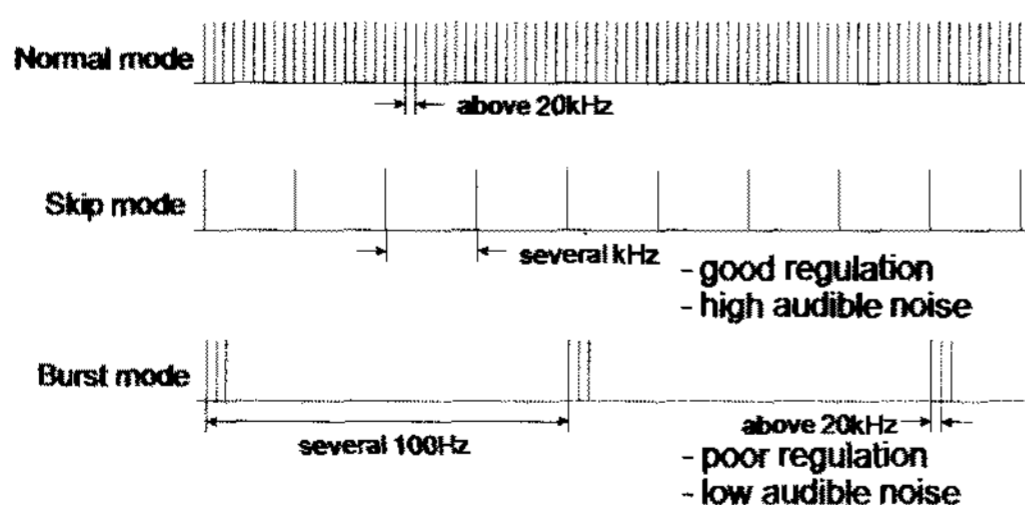
Burst mode에 의한 대기모드 제어는 MOSFET 구동신호를 여러개 펄스 신호를 다 발로 묶어서 발생시킴으로서 skip mode가 갖고 있는 가청 주파수 소음을 해결하였다. 그러나 레귤레이션이 나빠지는 문제점이 있다. 그

러나 최근 거의 모든 AC/DC 컨버터 제어 IC는 burst mode 제어 기법을 사용하고 있다. 대기모드에서 효율이나 레귤레이션은 큰 문제가 되지 않기 때문이다.^[8]

대기모드시 소비전력을 발생시키는 부분은 스타트 저항으로서 스타트 저항을 제거하기 위해서는 사용하는 방법은 2가지 있는데 저항 대신에 JFET을 삽입하므로 스타트 할 때 정전류원으로 동작하고 IC가 정상동작하게 되면 차단하는 방법으로 소비전력을 줄인다. 다른 방법은 고 저항과 제너 다이오드를 연결하는 방법이다.

최근 대기전력을 줄이기 위한 방법으로 그림 3의 회로를 보는 바와 같이 IC의 동작에 필요한 전력을 고전압 라인에서 직접 받는 방법으로 Onsemi에서 dynamic self supply 방식 채택하고 있다.^[3]

세계적으로 대기전력 절감기능이 내장된 소용량 및 대용량 AC/DC 컨버터 제어 IC를 공급하는 회사는 Power Integration, 페어차일드, NXP, Onsemi, Sanken, STMicroelectronis 등 10여개이상의 업체에서 출시하고 있다. 업체에서 출시하고 있는 off-line 컨버터용 제어 IC



〈그림 4〉 대기모드시 스위칭 동작파형

6) China Compulsory Certificate

를 사용하면 AC/DC 컨버터의 대기전력을 1W이하로 내릴 수 있으나, 전원장치의 설계 기술에 의해서도 더 내릴 수 있다. 칩가격은 50센트이하, 칩면적은 $2 \times 2 \text{mm}^2$ 이하이며, 현재 대기전력 감소, 가격인하를 위하여 칩면적 감소가 치열하게 전개되고 있다.

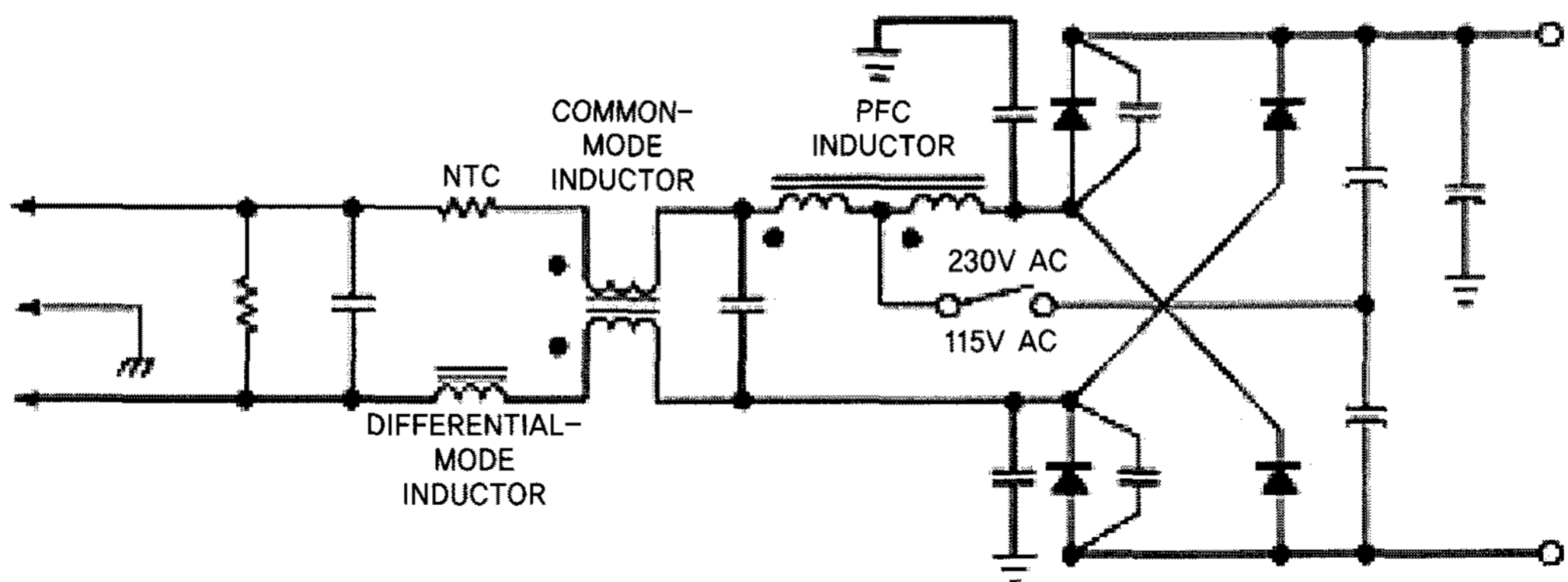
2. PFC IC

전력 표준은 지난 수십 년간 발전해 왔으며 특히 최근에는 표준의 중요성을 강조하는 표준단체의 수가 증가했다. 비효율적인 전력 사용으로 인해 주요 인프라 투자가 제한되거나 강제적으로 집행될 수 있기 때문이다. EU는 역률의 표준 곡선에서는 가장 엄격하지만, 최근 CCC®, 미국 EPA 에너지 스타 프로그램, 일본 JIC-C-61000-3-2을 보면 역률이 세계적인 지침으로 발전하고 있음을 알 수 있다. 새로운 규정과 표준은 75W나 26W에 불과한 전력을 소비하는 전자제품에도 해당된다.

부하에 의해 AC/DC 컨버터의 입력단 전압, 전류파형에 미치는 영향은 2가지이다. 부하가 선형 유도성 또는 용량성으로 전압, 전류파형

의 위상차와 비선형 특성에 의해 고조파를 발생시킨다. 최근의 역률 보정 IC는 입력단의 위상차를 줄여 역률을 거의 1에 가깝게 하고, 고조파를 전술한 바와 같이 표준 곡선 이하가 되도록 하는 기능을 갖는다. 선형 리액티브 부하는 다양한 종류의 모터, 증기램프, 형광등 안정기, 유도 가열기, 용접기 등이 있으며 모두 위상지연을 발생시킨다. 일반적인 역률보상 방식에는 그림 5와 같이 수동소자를 이용하는 방법을 선택해 왔다. 단순한 역률 관리뿐이라면 누구나 쉽게 수행했을 것이나 가전기기는 비선형성 부하를 제공하므로, 기본 전류 파형에 고조파가 추가되어 문제가 더 복잡해진다. 실제로 최근 발행된 EU EN61000-3-2, EN60555과 국제표준 IEC1000-3-2, IEC555 및 이와 유사한 규정은 기본 고조파에서 40번째 고조파에 이르기까지 주 전원에서 입력 전류의 스펙트럼 요소를 제한하고 있다.^[4]

신호처리 애플리케이션에서 이러한 문제에 사용되는 전통적인 접근방법은 로우패스 필터를 추가하는 것이다. 하지만 역률 규정이 적용되는 전력 레벨이 감소하면서 최근 몇 년간 100W 미만으로 떨어짐에 따라 선형 필터는



〈그림 5〉 수동 소자를 이용한 PFC 회로도

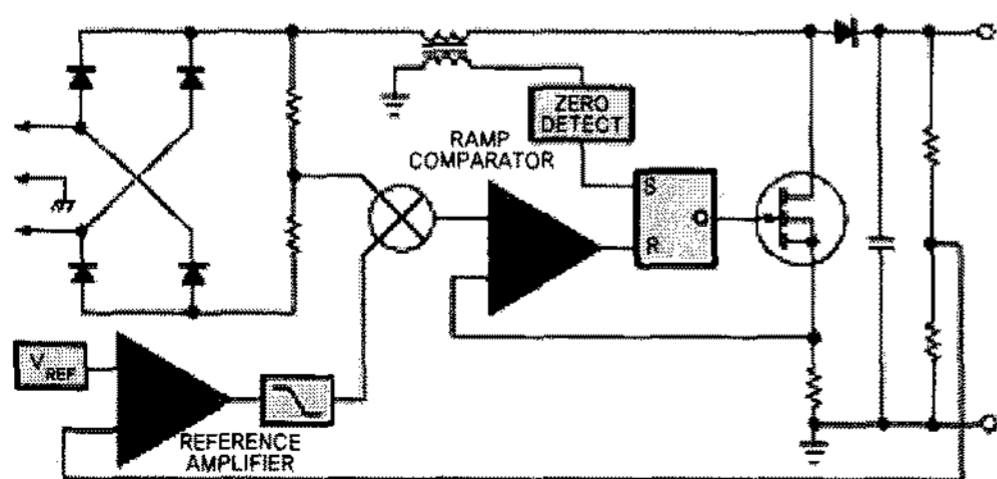
점차 경제성이 떨어질 뿐 아니라 다루기도 힘들어졌다. 능동형 PFC 구현의 또 다른 핵심은 스위칭 소자와 선형 신호처리 회로 사이의 누화를 최소화하면서 스위칭 환경에서 고품질 아날로그 신호처리를 수행할 수 있는 능력이다. 이 밖에도 PFC 설계의 핵심 사양에는 순 전력 처리 효율, THD, EMI, 전력밀도, BOM 비용 등이 있다. PFC를 위한 전력처리의 경우 이러한 단순화는, 입력되는 전압 파형이 필요한 전류 파형을 시스템에 제대로 전달하는지를 관찰하는 작업에 달려 있다. CRM⁷⁾ 같은 PFC 회로는 신호처리 작업을 단순화한다. 오류 증폭기는 출력과 온칩 DC 레퍼런스를 비교한다. 곱셈기는 로우패스 필터링된 오류 증폭기의 출력만큼 필터링되지 않고 정류된 입력전압 샘플을 확장함으로써 실제로 출력전압 안정화 레벨을 제공하는 동시에 전류 레퍼런스 파형을 만든다. 제어회로는 셉트 스위치를 관리하여 인덕터 전류가 레퍼런스 파형을 따르도록 한다. 제어 주기는 셉트 스위치가 가동되면서 시작된다. 감지 저항은 비교기에서 곱셈기 출력에 대해 측정하는 셉트 전류를 감지하여 확장한다. 셉트 전류가 레퍼런스 파형에서 요구하는 레벨에 이르면 비교기는 MOSFET의 동작을 중지시킨다. 직렬 인덕터의 보조 권선은 전류 트랜스포머를 형성하고

탐지기에 신호를 보내 전류가 0으로 내려가면 MOSFET을 동작시킨다.

기타 PFC 구조에서는 서로 다른 제어 알고리즘을 구현하지만 전압 파형을 전류로 복사하면 1차 목표가 유지된다. CCM⁸⁾ PFC는 평균 전류를 AC 레퍼런스 신호와 동일하게 유지한다. 이 접근방법은 출력 리플을 줄이고 리플 주파수를 고정시켜 다운스트림 필터링을 단순화하지만 제어루프가 복잡해지는 단점이 있다.^[5]

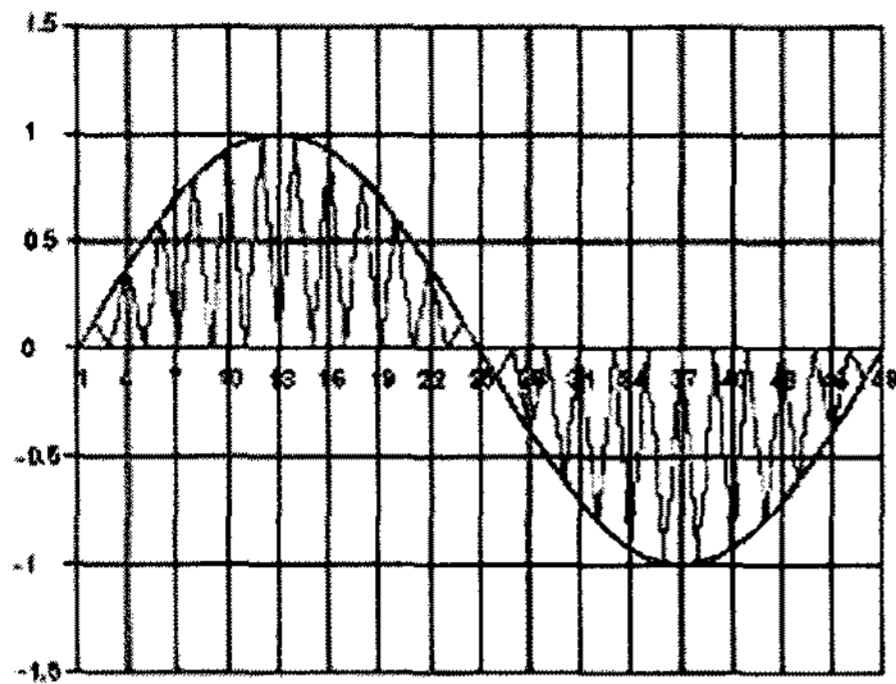
CRM PFC는 현재 100W 되는 전력을 소모하는 응용에 일반적으로 사용된다. CCM PFC는 전력소비가 200W이상인 응용회로에 흔히 사용된다. 다양한 대형 소비자 가전과 일치하는 100-200W 영역의 경우, 전원장치 설계자는 취사선택을 통해 전반적인 시스템 목표에 가장 적합한 회로를 선택해야 한다. 응용에 사용할 수 있는 PFC를 검토할 때는 인쇄물에 CRM 방식을 호환모드⁹⁾로, CCM을 ACM으로 나타내는지 확인해야 한다. PFC를 제공하는 대부분의 전력 IC 제조업체는 대개 다양한 기능과 통합된 형태로 두 가지를 모두 제공한다.

STMicroelectronics의 L6561은 86VAC~265VAC 입력을 수용하는 CRM PFC IC다. 이 IC는 400V를 출력하고 입력전압 범위에서 각각 $92.8 \leq \eta \leq 97.3$ 및 $0.89 \leq PF \leq 0.999$ 의 효율과 역률로 동작한다. 수동 소자 3개와 다이오드를 추가하면 6561의 왜곡을 기본 $3.7\% \leq THD \leq 13.7\%$ 에서 $2.9\% \leq THD \leq 8.1\%$ 로 내릴 수 있으며 이 역시 입력전압에 따라 다르다. 30센트에 판매되는 이 PFC IC는 시동시 최대 90 μ A를 소모하고 70kHz로 동작하면서 최대 5.5mA를 소모한다. ZCD¹⁰⁾핀을 접지시키면 부품을



〈그림 6〉 간단한 CRM PFC의 회로도

7) Critical-conduction mode



〈그림 7〉 CRM 전류파형 및 전압 포락선

사용할 수 없고 대개 정지전류가 1.4mA로 내려간다. ZCD핀을 분리하면 내부 시동 타이머가 회로를 재시작한다. 6561은 기본적인 PFC 기능 외에도 과전류 보호 기능과 저항 programmable 과전압 보호 기능도 제공한다.^[5]

On Semiconductor의 NCP1601 dual mode 보상 제어기는 조명 안정기, TV모니터, AC어댑터 같은 application에 이상적이다. 이 제품은 고정 주파수 DCM¹¹⁾, CRM, 또는 이 둘이 혼합된 모드로 동작할 수 있다. 이 아키텍처는 DCM에서 스위칭 주파수를 설정할 수 있을 뿐만 아니라 동기 기능도 제공한다. 과전압 및 저전압 보호 임계값은 각각 107% 및 8%의 공칭 출력이다. 또한 저항 프로그래머블 과전류 보호 기능과 이력 열 보호 기능을 제공한다.

1601을 사용하는 공칭 100W 애플리케이션 회로는 85VAC 입력으로 93%의 효율을 측정하며 265V에서는 96%까지 올라간다. 동일한

입력전압 범위에서 PF와 THD는 0.995 및 8.3%에서 0.901 및 38.9%로 다양하게 나타난다. 1601의 시동, 동작, 셧다운 전류는 각각 40 μ A, 5mA, 50 μ A이다.^[6]

IR사의 독자적인 통합기반 칩인 IR1150은 외부 부품 수를 감소시키는 제품으로, 아날로그 곱셈기와 입력 감지 기능을 없앴다. 이 통합기는 클럭 주기로 동작하여 부하나 회선에 장애가 발생할 경우 신속하게 복구시켜 준다. IR1150은 PWM의 라인 전압에 대한 듀티 사이클 의존성을 활용하여 입력 감지를 피한다. 제어루프는 이렇게 파생된 레퍼런스 파형을 사용해서 평균 전류를 설정한다. 전력 주기의 영(0) 교차에 근접하거나 경부하시 다소 큰 왜곡을 보이지만, EN61000-3-2에 대한 적합성은 유지한다. 아쉽게도 역률, THD, 동작 주파수 등에 대한 하드 번호는 언론 발표 전에는 확인할 수 없지만, 예비 문서화 작업이 끝나고 공식 출시가 이루어지면 공개될 것이다. 1150은 저전압, 과전압, 피크 전류 및 개방형 루프 보호 기능을 제공한다. 이 PFC는 InF의 부하에 최대 22mA를 소모하고 슬립모드에서는 200 μ A에 이른다.^[7]

3. PFC Hybrid IC

세계적으로 PFC IC와 PWM IC를 통합한 PFC 콤보 IC는 Texas Instrument사, On-Semiconductor, Micro Linear, Fairchild, Fuji, iWatt 및 Champion사 등 7개사에서 출시하고 있다.

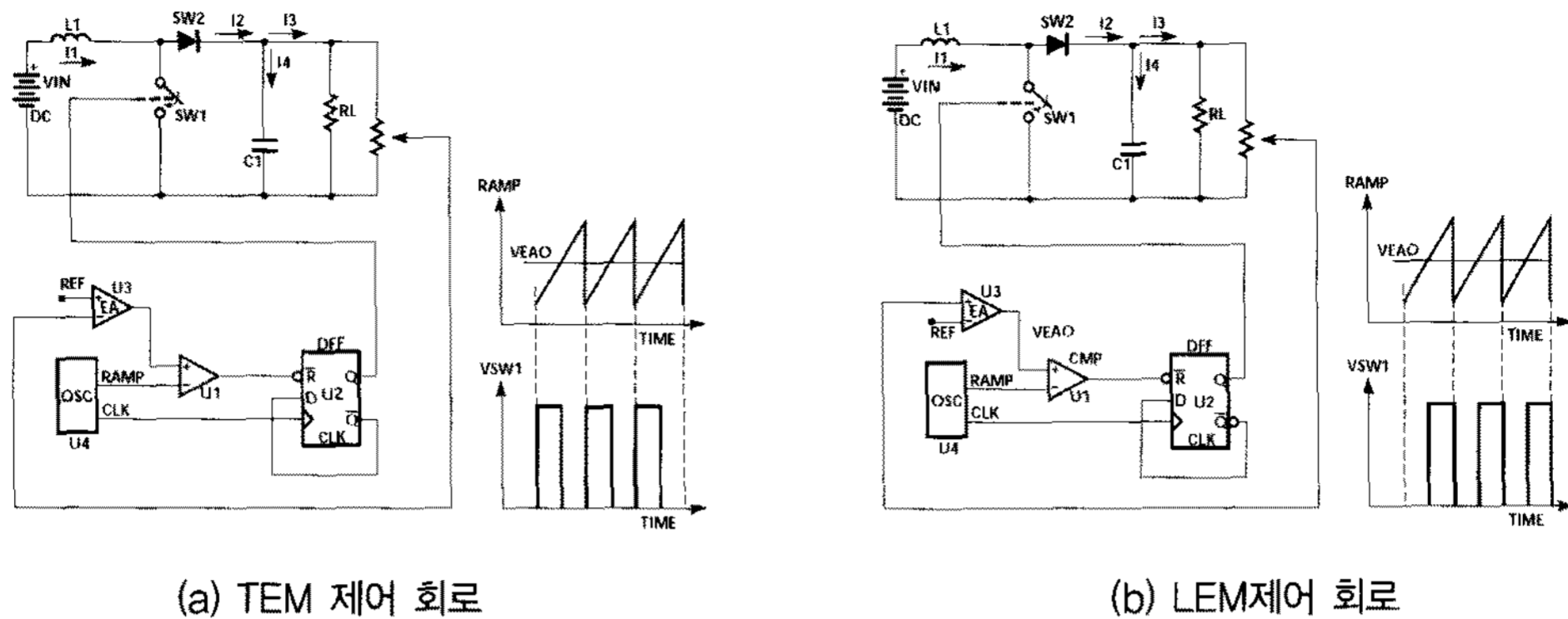
PFC 콤보 IC는 1칩 1패키지 및 PFC IC와 PWM IC를 기능적으로 통합한 2칩 1패키지가 주류를 이루고 있다. PFC IC의 동작은 CRM 및 ACM¹²⁾으로 나누어지며, 최근 PFC

8) continuous-current mode

9) transitional mode

10) zero-current-detection

11) discontinuous-conduction mode



(그림 8) TEM과 LEM의 제어 회로 및 동작도

IC 내부에 곱셈기 없이 PFC 기능을 구현한 제품도 등장하고 있다. PFC 콤보 IC는 PFC의 여러 가지 방법과 off-line PWM IC를 최적으로 조합하는 방법에 대한 연구가 필요한 실정이다. 즉 PFC 단의 제어방법 4가지와 1 스위치 컨버터, 2 스위치 컨버터 및 4 스위치 컨버터를 부착하는 방법으로 나누어진다. PFC와 PWM core는 각각 개별적으로 최적성능으로 구성하고 보호기능은 공유하는 방법으로 PFC 콤보 IC를 칩 면적을 줄여갈 수 있다.

일반적으로 PWM은 스위치가 오차 증폭기 출력전압과 변조 신호전압과 비교해서 시스템 클럭의 TE¹³⁾ 후에 ON되는 TEM방식의 스위칭을 한다. 그림 8의 (a)에서 동작을 잘 나타내고 있다. 변조램프 신호가 오차 증폭기 출력전압에 도달하면 스위치가 OFF 된다. 스위치가 ON 되면 인덕터 전류는 램프 모양으로 증가해 흐른다. 스위치가 ON 시간동안 TEM하므로 효과적인 듀티 사이클 제어가 가능하다.

LEM의 경우는 스위치가 시스템 클럭신호의 LE¹⁴⁾에서 OFF 되는 것이다. 변조 램프 신호가 오차 증폭기의 출력신호에 도달하면 스위치가 ON 된다. LEM의 효과적인 듀티사이클 제어를 하려면 스위치가 OFF 하고 있는 동안 결정하는 것이다. 그림 8의 (b)는 LEM의 동작을 나타낸 것이다.

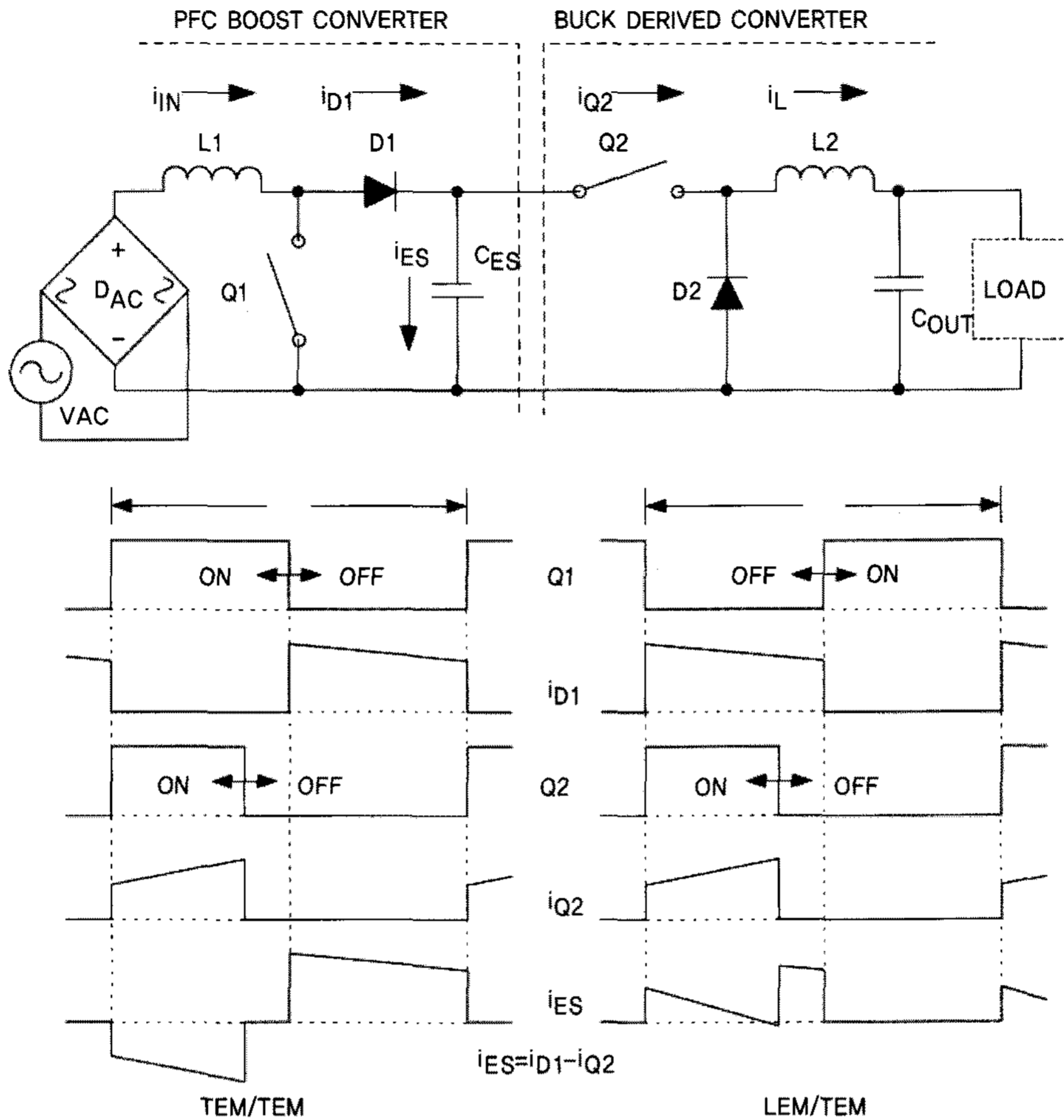
Texas Instrument사의 UCC2851x 제품군으로 이루어져 있으며 UCC28501-16, UCC38501-16이다. UCC2851x IC는 직렬연결 PFC 및 PWM 단을 사용하는 IEC1000-3-2 규격을 만족하도록 하고 있다. PFC단은 LEM¹⁵⁾ 변조를 관리하지만, PWM 단은 TEM¹⁶⁾를 변조한다. LEM/TEM은 PFC 단의 커패시터에 흐르는 리플전류를 감소시킨다.^[9]

PFC IC는 ACM제어루프를 사용한다. 이 제품군의 8개 모델 가운데 초기 4개는 PFC IC의 클럭속도로 PWM을 실행하고 나머지 4개는 PFC 속도의 2배로 PWM을 작동시킨다. UCC2851x 제품군은 저전압 차단, 선택형 이력, 과전압 보호, 피크 전류 제한기능 등을 제공한다. 이 컨트롤러는 공칭 200kHz로 동작하고 6mA를 소모한다. 1.8달러로 판매된다.

12) Average Current Modulation

13) trailing edge

14) leading edge



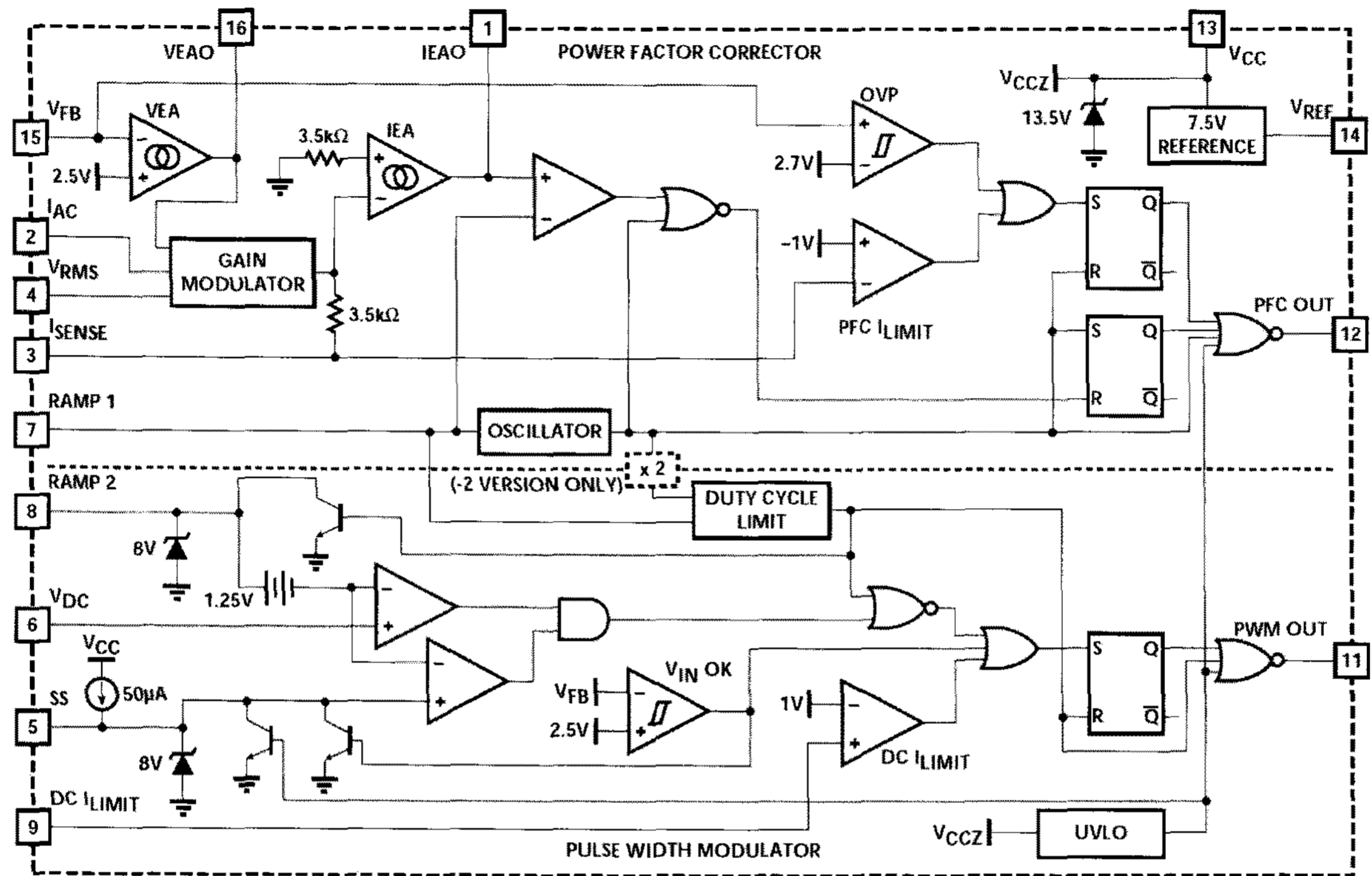
〈그림 9〉 PFC/PWM 전원장치의 회로도 및 TEM/TEM과 LEM/TEM과의 커패시터 전류파형 비교

Onsemi사에서 제공하는 PFC 콤보 IC는 NCP 1603 하나의 모델만을 지원하고 있다. NCP 1603 chip의 구성은 off-line PWM IC인 NCP 1230과 PFC IC인 NCP 1601으로 구성되어 있다. 따라서 각 PFC 및 PWM IC의 기능은 1230, 1601을 참고하면 된다.

Micro Linear사에서 제공하는 ML4802/3와 ML4824등 PFC 콤보 IC를 다수 출시하고 있

으나 2000년 이전에 제작되어 off-line 기능이 포함되어 있지 않은 단점이 있다. ML4824 IC를 사용해 제작하는 전원장치는 IEC1000-2-3 규격을 만족하도록 설계되었으며, LE, average current, boost type의 PFC 단을 구성되며 PWM은 TE 및 PWM으로 동작하도록 한다. PWM 동작주파수를 2배로 하면 출력 부품의 용량을 작게 할 수 있는 장점이 있다. 부하단에서 갑작스런 강하가 발생하면 과전압 비교기가 PFC 섹션을 shutdown 시킨다. PFC 섹션은 피크 전류 제한기와 입력전압 brown-out

15) Leading-Edge Modulation
16) Trailing Edge Modulation



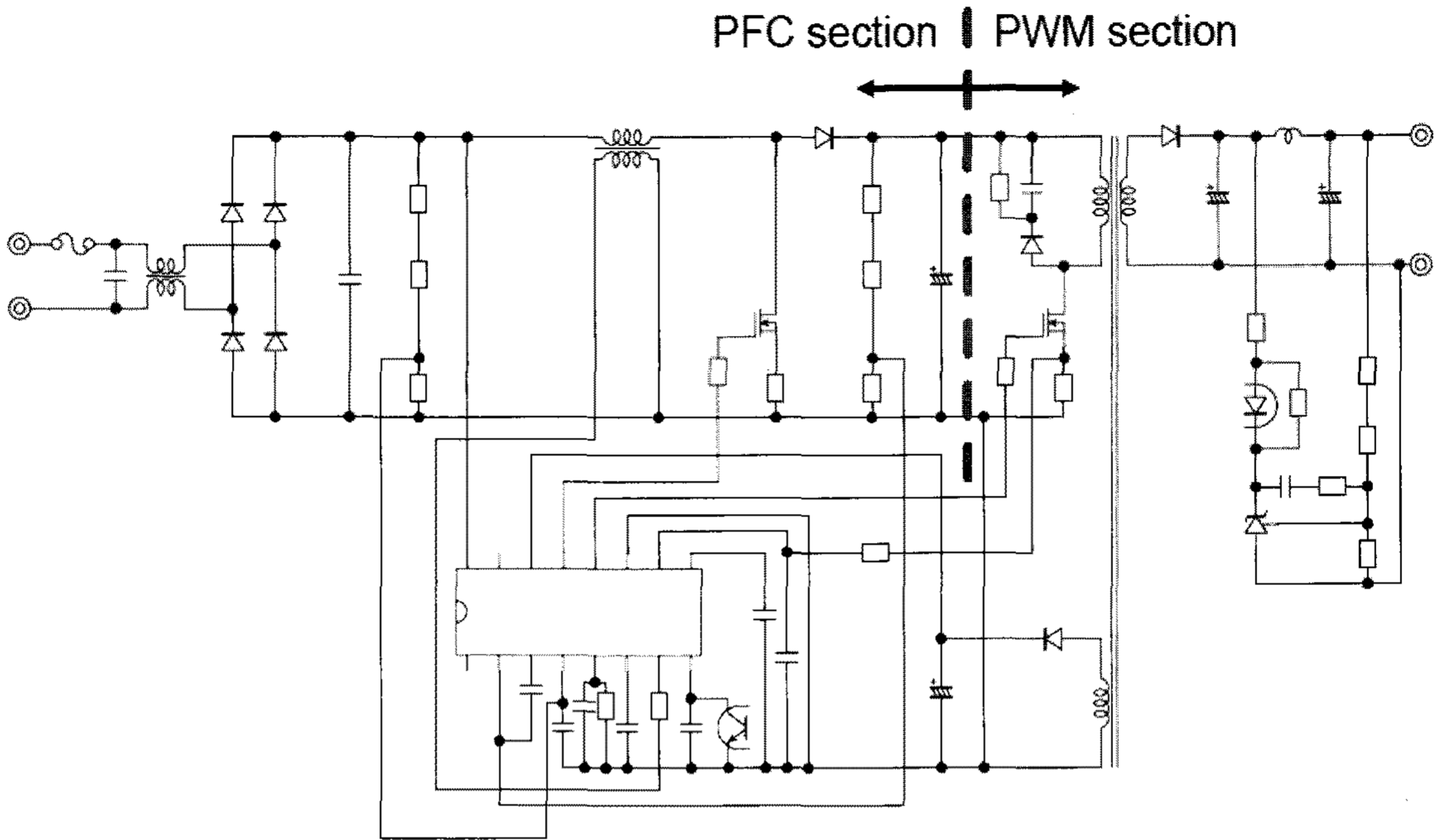
〈그림 10〉 ML4824의 블록 다이어그램

보호기를 포함하고 있다. PWM 섹션은 전류 또는 전압 모드를 동작하며 250kHz까지 동작 가능하며 트랜스포머의 포화를 방지하기 위해 듀티 사이클 제한기를 포함하고 있다.

주된 기능을 살펴보면 PFC 및 PWM이 하나의 칩에서 내부적으로 동기되며, 낮은 THD, PFC와 PWM 섹션간 커패시터에 리플전류를 감소시켰으며, 평균전류와 연속 승압 리딩 에지 PFC, 전압 루프를 위한 고속의 트랜스컨덕턴스 오차 증폭기의 사용, 고효율 TEM PWM은 전류모드 또는 전압 모드 동작을 가능케 한다. brown-out 제어로 average 라인 전압 보상, 부하가 갑자기 제거되었을 때 출력이 runaway

를 제거할 수 있는 PFC 과전압 비교기 탑재, 노이즈 면역성을 개선하기 위한 전류 fed 이득 모듈레이터와 보호기능으로서 과전압 보호, UVLO 및 소프트 스타트 기능을 갖추고 있다. 그림은 ML4824의 블록 다이어그램이다.

ML4824는 평균 전류 제어, 연속 승압 PFC front-end와 동기된 PWM back-end로 구성되어 있다. PWM은 전류 또는 전압 모드 둘다 사용할 수 있다. 전압 모드에서 PFC 출력단에서 feedforward는 PWM 라이 레귤레이션을 개선시킬 수 있다. 다른 모드에서는 PFC 단은 LEM으로 구동하는 반면 PWM 단은 전통적인 TEM을 사용할 수 있다. 특히 LEM/TEM 기술은 결과적으로 PFC 오차 증폭기 대역폭의 활용도를 높임으로서 PFC DC 단의 커패



〈그림 11〉 FA5533의 응용회로

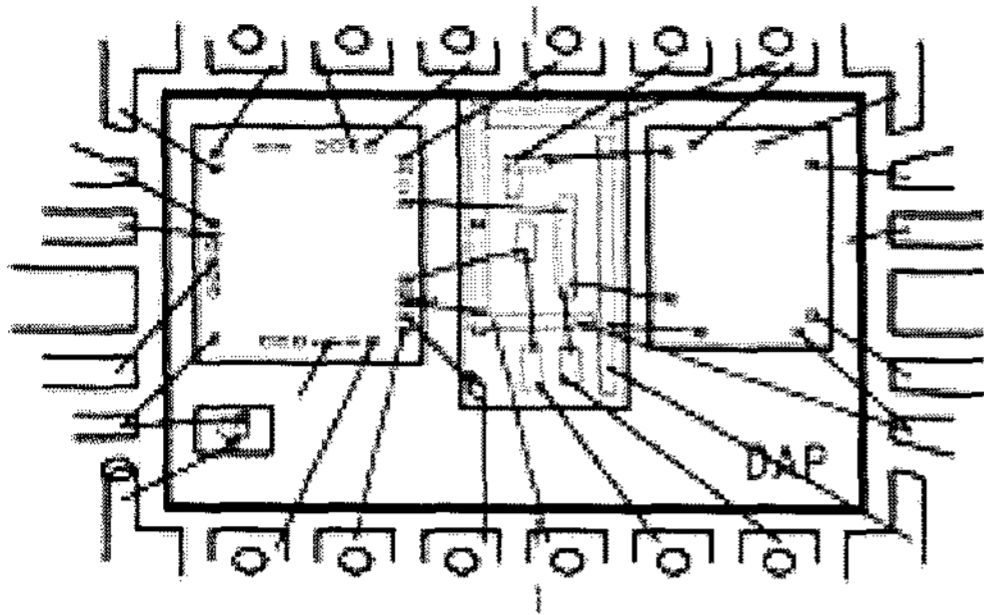
시터의 크기를 상당히 줄일 수 있다. [10]

iWatt사에서는 PFC와 레귤레이터가 통합된 IC의 또 다른 예는 iWatt가 2007년 APEC^[7]에서 선보인 iW2202이다. 이 IC는 디지털 영역에서 PFC 루프를 관리하고 90W에 88.3% 이상의 변환 효율을 제공한다. iW2202 기반 19.5VAC/DC 어댑터 reference 설계는 입력 범위에서 5%미만의 THD와 0.98이상의 역률을 제공한다. 4.62A에서의 출력 리플은 1V수준이다. 1.29달러에 판매되는 이 컨트롤러는 대기모드에서 300mW미만의 전력을 소모한다. 레귤레이터에는 보조 피드백이나 외부 루프 보상이 필요하지 않으므로 외부 부품수를 더욱 줄일 수 있다. On-chip 사양에는 과전압, 저전류, 저온 보호 기능이 포함되어 있다. iW2202는 SO-12 패키지를 채용했다. [11]

Fuji사에서 개발 중인 PFC 콤보 IC는 CRM

방식의 PFC와 off-line PWM IC를 통합한 것으로서 소전력 전원장치에 적합하다. 내부 500V급 start-up 회로가 내장되어 있으며, 무부하시 PFC 동작을 정지시키고 저주파 동작을 통해 340mW를 달성을 목표로 하고 있다. PFC는 부하의 1/2이하로 되면 동작을 중지한다. 소프트 스타트 시간을 조절가능하며, Over-Load, Over-Voltage protection의 자동화, 부하에서 PFC 및 PWM의 start-up 순서를 조절할 수 있다. [12]

이와 같이 PFC 콤보 IC는 IT 및 사무가전기기의 가격경쟁력에서 우위를 점하기 위해서 전원장치의 비용을 줄이는 것으로부터 출발한다. 우선 가격을 감소시키려면 전원장치에 사용되는 부품수를 감소시켜야 한다. 부품 수를 줄이면 PCB 크기 감소, 제작상의 공수 감소로 이어져 가격이 하락하게 되는 이것을 제조업



〈그림 12〉 PFC 콤보 IC와 2개의 MOSFET로 구성된 Hybrid IC

체에서는 원한다. 저 가격화와 고밀도화는 모두 서로 연관되어 있다. 저가격화를 실현하려면 고밀도화가 필연적이다. 최근의 추세는 PFC 콤보 IC와 power MOSFET 2개를 부착한 그림 12과 같은 Hybrid IC가 각광 받고 있다.

III. 향후 전망

IT 및 가전기기의 급속한 가격 하락이 지속되고 있으며 전원장치 및 부품업체에서는 이를 만족시키기 위해 고집적화, 대기전력 절감 기능의 강화 및 HVIC화가 더욱 가속화 될 전망이다.

PFC와 PWM IC가 통합된 PFC 콤보 IC는 이미 출시하고 있으며 칩 shrink가 이루어 질 것으로 예상된다. 콤보 IC는 현재 노이즈 문제로 전원장치 업체에서 채택이 지연되고 있지만 곧 채택되어 활성화 될 것이다. 특히 AC/DC 컨버터용 제어 IC는 콤보 IC에 2개의 power MOSFET 소자를 부착한 HVIC가 업계에서 이미 검토했으며 열적, 전자기적인 문제가 해결되면 곧 출시할 것으로 기대된다.

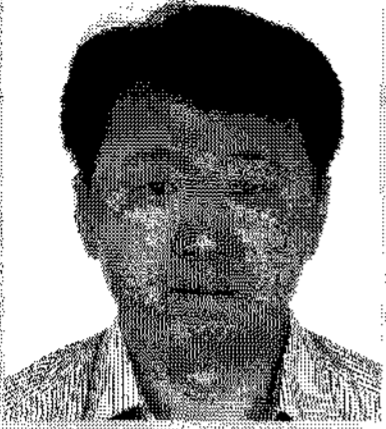
또한 대기전력 절감을 위한 프로그램은 자

발적인 참여로 진행되고 있으나 2010년부터는 경고라벨제가 채택되어 더욱 강력한 규제가 예고되어 있다. 대기전력 절감을 위한 전원회로는 IC뿐만 아니라 전원장치의 외부회로도 함께 검토되어야 한다.

참고문헌

- [1] 한국전기연구원 “대기전력 소비행태 조사 및 절전기준 표준화 보고서” 2003년 12월
- [2] Alan Meier, “Research recommendations to achieve energy savings for electronic equipment operating in low power modes”, LBNL-51546, September 30, 2002.
- [3] ON Semiconductor NCP1200 datasheet, <http://onsemi.com/>
- [4] Lidow, Alex, PhD, “Variable speed motion: a key to energy-savings,” EOEM Design Expo, March 16, 2005, <http://www.eoemdesignexpo.com/>
- [5] Bourgeois, JM, “Circuits for power-factor correction with regards to mains filtering,” AN510/0894, STMicroelectronics, 1999.
- [6] Power factor correction handbook,” On Semiconductor, August 2004.
- [7] Black, Harold, “Stabilized Feedback Amplifiers,” Bell System Technical Journal, January 1934.
- [8] Hang-Seok Choi, D.Y Huh, “Techniques to minimize Power Consumption of SMPS in Standby Mode” IEEE, 2005. pp2817-2822
- [9] Texas Instrument UCC2851 datasheet, <http://ti.com/>
- [10] Micro Linear^Á, datasheet, <http://www.micro-linear.com/>
- [11] iWatt^Á datasheet, <http://www.iwatt.com/>
- [12] Fujie^Á datasheet, <http://www.fujielectric.co.jp/>

저자소개



서길수

1989년 2월 영남대학교 전기공학 졸업
 1994년 8월 영남대학교 전기공학 석사 졸업
 2006년 2월 부산대학교 전자공학 박사 수료
 1995년 1월~현재 한국전기연구원 선임연구원
 2005년 12월~2006년 2월 테네시 주립대 방
 문연구원
 2002년 1월~현재 한국전기연구원 Power IC팀
 주관심 분야 : 아날로그 IC 설계, power IC,
 Implantable sensor, SoC, SiP