

〈主 題〉

# 통신용 전원장치의 최근 기술 동향

강 찬 호, 이 승 호

(동아일렉콤 전원연구소)

□ 차 례 □

I. 서 론

II. SMPS 기술의 동향

III. 향후 기술과제 및 전망

V. 결 론

## I. 서 론

스위칭 모드 파워 서플라이(Switching Mode Power Supply : SMPS)는 통신장비 등 모든 전자기기에 전력을 안정하게 공급하기 위한 전원방식으로 알려져 있다.

일반적으로 반도체의 IC(Integrated Circuit)화로 인하여 전자기기가 소형화되며 가격 또한 인하되고 있다. 이러한 추세에서 전원장치도 전자기기의 본체와 충분히 정합하기 위하여 소형화, 저가격화, 고신뢰성화가 더욱 더 요구되고 있다. 그러나 전원부분은 에너지 축적용 소자인 인덕터, 커패시터 등 때문에 기대만큼 소형화, 경량화가 이루어지지 않고 있다. 따라서 스위칭 주파수를 높이므로써 인덕터, 커패시터,

변압기 등을 소형화시키고, 저가격화에 주력하고 있는 실정이다.

그러나, 스위칭 주파수를 고주파화하면 스위칭 손실, 인덕터 손실 등 전력손실이 커지고, 스위칭 노이즈도 커지기 때문에 스위칭 주파수를 높이는 데는 한계가 있어 전원의 소형 경량화와 저가격화에 제한이 발생하므로 전자, 통신기기에서 전원의 점유율을 보다 더 낮추는 일이 과제가 되었다. 이러한 한계를 극복하기 위해 공진형전원이 등장하고 여기에 표면실장 기술(SMT: Surface Mount Technology)까지 이용하여 통신기기 등의 시스템보드에 직접 장착하는 On Board형 Module Power가 개발되어 스위칭 전원이 가지고 있는 이러한 문제점을 해결할 것으로 주목받고 있다. 그러나, 실용화에는 아직도 많은 문제점들이 남

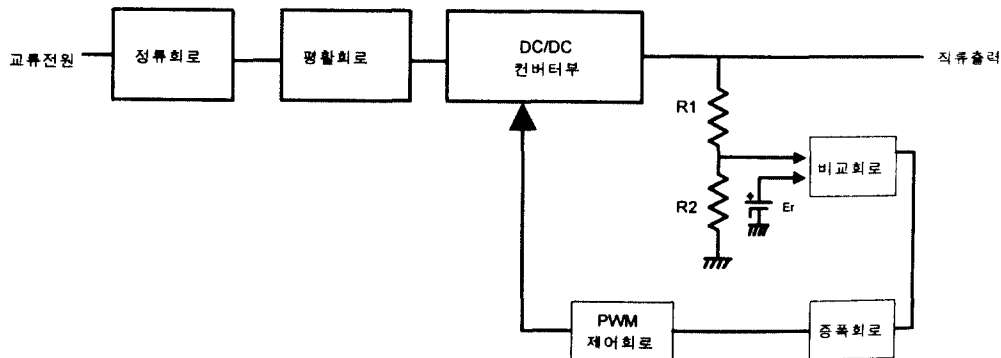


그림 1. SMPS의 구성

(1201)

아있으며 실용화를 위하여 부품의 성능향상, 실장기술, Topology 개발등이 급속하게 진전되고 있다.

## II. 통신용 전원시스템

### 2.1 SMPS의 기본구성

SMPS는 반도체 소자의 스위칭 프로세서를 이용하여 전력의 흐름을 제어하므로서 종래의 리니어 전원장치에 비해 고효율, 소형 및 경량화할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그림 1은 SMPS의 일반적인 구성을 나타낸 것이다.

전원장치에서 소형·경량화가 가장 어려운 곳은 상용주파수를 사용하는 교류전원을 정류하고 평활시켜 직류전원으로 변환하는 부분이며 DC/DC 컨버터부는 스위칭 주파수를 높임으로서 소형화가 가능하지만 PWM방식에서는 고주파화에 한계가 있기 때문에 공진형 컨버터의 효과적 이용이 기대되는 곳이다. 귀환회로등의 제어 부분은 집적화가 가능한 부분으로서 고주파화에 대한 대응이 중요한 문제이다.

### 2.2 스위칭전원의 10년간 흐름

가정주파수대역외의 주파수에서 스위치를 사용하는 스위칭전원이 등장하면서 1970년대 이후로 지금까지 성능의 향상이 눈부실 정도로 발전해 왔다. 품질의 요구도 1970년대에는 저가격, 소형화, 고안정, 고효율, 고품질에서 1980년대에는 안전규격(UL, CSA, TUV 등), EMI, MTBF를 강조했고 1990년대와서는 고역률, 무정전 연속입력, 박형화가 요구되었다. 제품의 변화도 케이스를 부착한 범용전원, PCB기판에서 SMD기판, 금속기판, 분산형 전원, On Board 전원으로 바뀌어가고 있다.

- 10년전 전원기술

- 1) Push-Pull 방식, Bridge 방식에서 Single Forward 방식, Flyback 방식으로 변화.
- 2) 제어회로용 IC 개발. (SG3524, TL494)

- 3) 드라이브 트랜스포머 사용으로 1차, 2차 절연.
- 4) 배선없이 전부품을 프린트기판에 실장.
- 5) 고속 Bipolar Power Transistor의 개발로 스위칭 주파수 100KHz 까지 향상.

- 최근의 전원기술

- 1) Photo Coupler 사용에 의한 제어회로 1차측으로 이동.
- 2) 제어회로용 IC로서 M51977와, UC3846등 Current Mode control PWM IC 사용.
- 3) Power MOSFET개발과 저손실 페라이트코어 채용으로 스위칭주파수 200-500KHz까지 향상.
- 4) 표면실장기술과 SMD부품의 개발
- 5) 금속기판 이용 및 공진형 컨버터의 개발
- 6) 동기 정류회로의 개발.
- 7) 역률 보상(Power Factor Correction : PFC) 회로의 개발

### 2.3 통신용 전원시스템의 구성

통신의 사회적 기여도가 증가하면서 통신시설의 장애가 사회 다른 분야에 미치는 파급효과가 중요시 되고 있다. 특히 통신용 전원시스템의 기능정지는 통신용 Net-work 서비스의 기능정지로 이어질 수 있어 통신용 전원의 무순단 전력 공급의 요구가 증가하고 있다. 이러한 추세에 따라 통신용 전원의 설계시 예비 에너지원의 확보, 시스템의 이중화 또는 잉여 시스템화가 추진되고 있다.

통신용 전원시스템의 일반적인 구성도는 그림 2와 같다. 일반적으로 1차 에너지원은 상용전원이며, 정전시에는 축전지 또는 내연 발전기등의 예비 에너지원을 사용한다.

예비 에너지원으로는 주로 축전지를 사용하는데 통신기기의 용량이 큰 경우는 경제적인 이유로 예비 에너지원을 단시간 에너지원과 장시간 에너지원으로 분리하여 전자에는 축전지, 후자에는 내연 발전기를 사용한다. 전력변환 시스템은 입,출력 조건에 따라 교

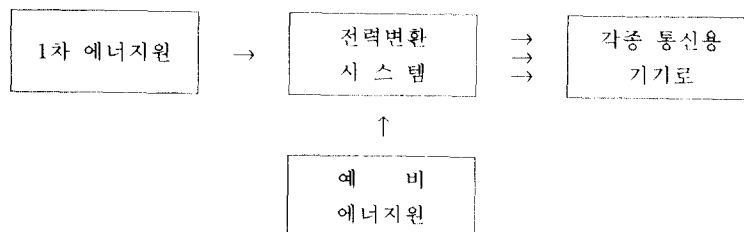


그림 2. 통신용 전원시스템의 기본구성

류/교류 변환기, 직류/직류 변환기, 직류/교류 변환기, 교류/교류 변환기로 분류되는데 교류/직류변환기를 통하여 직류를 통신장치에 급전하는 방식을 직류 분산 급전 시스템, 교류를 직접 각각의 통신장치에 급전하고 각 통신장치별로 필요한 직류를 정류하는 방식을 교류 분산 급전 시스템이라고 한다.

2.4 직류 분산 급전 시스템

1차 에너지원으로는 주로 상용주파수의 교류를 공급받지만 예비 에너지원으로 축전지를 사용하기 위해 직류 버스(BUS)를 사용하게 된다. 현재 국내 통신용 시스템에서 사용되고 있는 직류 BUS는 48V와 24V가 있다. 48V는 인체에 감전위험이 없는 저전압 범위를 고려하여 선택된 전압으로서 주로 국설 전자교환기에 사용되고 있으며 24V는 이동통신 시스템에서 RF Amp(고주파 증폭기) 동작전압을 고려하여 선정된 전압이다.

그림 3은 기존 교환기의 시스템에 사용되고 있는 가장 일반적인 전원 체계로서 전력실에서 통신기계실

까지 직류 48V 급전을 한다. Rack내에서 직류/직류 변환기가 직류 48V를 공급받아 직류  $\pm 5V$ , 직류  $\pm 12V$ 를 공급한다.

정전시에는 전력실의 축전지로 부터 직류 48V를 공급받아 직류/직류 변환기에서  $\pm 5V$ ,  $\pm 12V$ 로 변환하여 통신장치에 공급한다. 이 방식의 장점으로는 구성이 간단하고 집선비를 초과하는 가입자 폭주시에도 문제점이 발생되지 않는다. 그러나 단점으로는 직류 48V 급전이므로 급전전압이 낮아 전력실과 통신 기계실간의 선로손실이 크고, 가입자 보드와 같이 직류 48V를 수전하는 곳의 전압 허용범위가 좁아 축전지의 충전전압이 제한을 받아 축전지 이용률이 감소된다. 최근에는 통신장비의 소비전력이 증가하면서 전원장치도 대용량화가 요구되어 급전선로의 손실을 줄이기 위해 급전전압이 고전압화되는 추세이다. 그러나 급전전압이 높아지면 안전성 문제도 고려해야하므로 적당한 합치점을 찾아야한다. 이에 가장 적절한 급전전압으로 DC140V가 대두되고 있는데 이는 미국 안전규격 U.L.(Underwriters Laboratories)의 UL1950

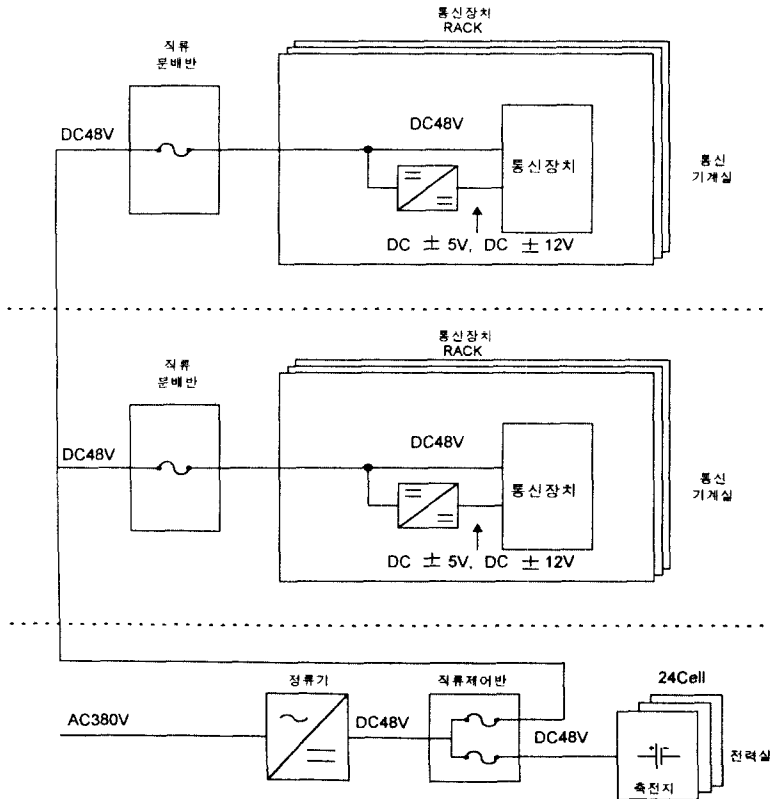


그림 3. 직류 분산 급전 시스템의 구성

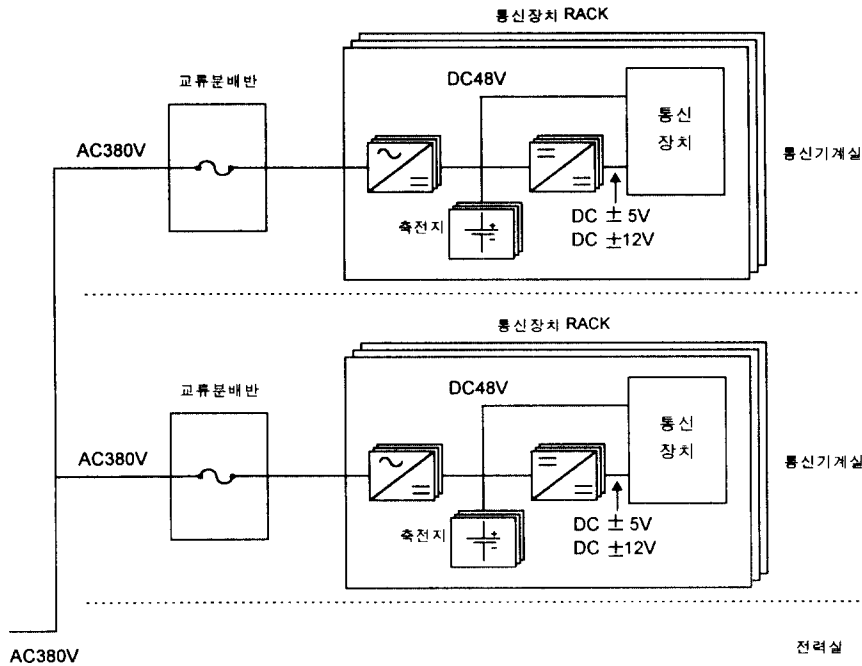


그림 4. 교류 분산 급전 시스템의 구성

에서도 DC150V 이하를 저전압으로 규정하여 절연간격 등을 완화하고 있기 때문이다. DC140V 급전방식은 DC48V 급전방식에 비해 공간절약, 에너지절약, 경제성 등을 기대할 수 있다.

### 2.5 교류 분산 급전 시스템

전력실에서 통신 기계실까지의 급전선로 손실을 줄이기 위해 상용 교류전원을 급전한다. Rack내에서 교류/직류 변환기가 상용 교류전원을 공급받아 직류 48V의 전원을 공급하고 축전지를 충전한다. 직류/직류 변환기는 직류 48V의 전원을 공급받아  $\pm 5V$ ,  $\pm 12V$ 를 공급한다. 정전시에는 Rack 내 있는 축전지로부터 48V를 공급받아  $\pm 5V$ ,  $\pm 12V$ 를 공급하게 된다.

이 방식은 상용 교류전원을 급전하므로 직류급전에 비해 급전선로의 손실을 줄일 수 있으므로 공간절약, 에너지절약, 경제성이 가장 좋다는 장점이 있으나 집선비를 초과하는 가입자 폭주시에는 문제점이 발생하고, 고전압을 급전하게 되므로 절연 및 안전에 유의하여야 하는 단점이 있다.

### 2.6 혼합형 급전 시스템

기존의 직류 분산 급전 시스템을 이용하며 교류 분산 급전 시스템의 장점을 살리기 위해 시도되고 있는

방식으로서 전력실에서 통신장치 Rack까지는 교류 상용전원을 급전한다. Rack 내에서는 교류/직류 변환기가 상용전원을 공급받아 DC48V의 전원을 공급하고 통신장치 Rack 내부 축전지를 충전한다. 직류/직류 변환기가 DC48V 입력을 받아 DC $\pm 5V$ , DC $\pm 12V$ 를 공급한다.

평상시에는 전력실 축전지로 부터 전원공급이 되지 않도록 하기 위하여 전력실에서 통신 기계실로 공급되는 DC48V 급전선로에 개폐기를 설치한다. 이 개폐기를 개방한 상태에서는 가입자 선로와 같은 DC48V 부하에 영향을 미치지 않고 전력실의 축전지를 높은 전압으로 충전할 수 있다. 정전시에는 상용전원 공급이 차단되므로 통신장치 Rack 내부 축전지에서 직류/직류 변환기로 DC 48V를 공급한다. 그러나 통신장치 Rack 내부 축전지는 용량이 작으므로 정전후 30분 이내에 개폐기를 단락시켜 장시간 정전에 대해서는 전력실 축전지를 사용하여야 한다. 이 방식의 장점으로는 상용교류로 급전하므로 DC48V 급전에 비해 선로의 손실을 줄일 수 있고, 개폐기를 개방한 상태에서 전력실 축전지를 충전하므로 충전전압을 부동 충전 범위에서 균등충전 범위까지 폭넓게 선택할 수 있어 축전지의 충전이 용이하고 축전지의 이용률이 증가한다. 또한 집선비를 초과하는 가입자 폭주시 문

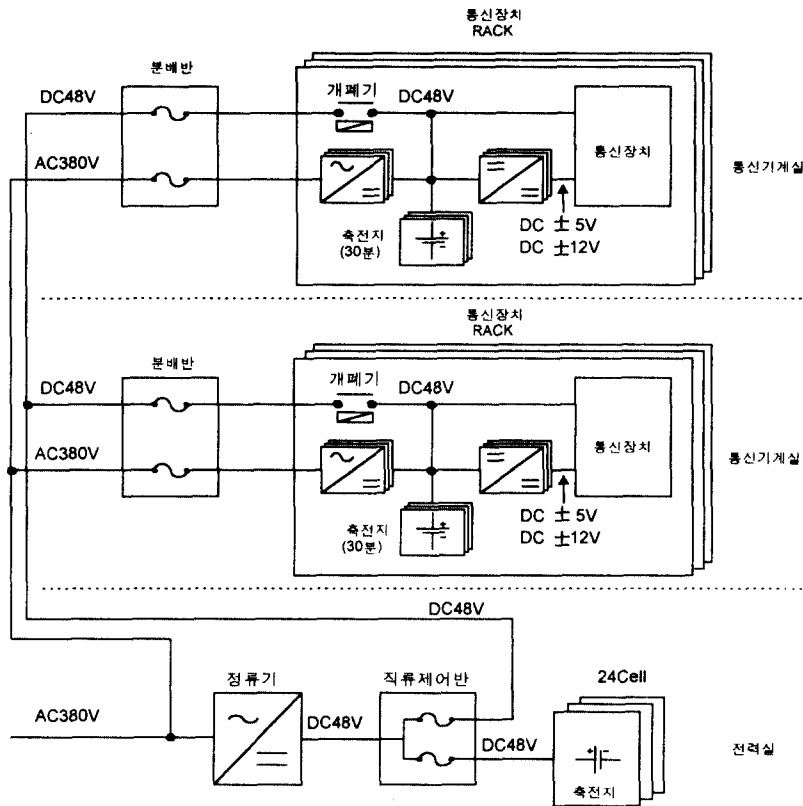


그림 5. 혼합형 급전 시스템

제점이 발생되지 않으며, 기존의 DC48V 설비를 계속 활용할 수 있다는 장점이 있다.

그러나 단점으로는 DC48V 급전선로 이외에 AC380V 급전선로를 추가로 설치하여야 하므로 설비가 복잡해지고 통신장치 Rack 내부에 교류 분산 급전식 정류기와 개폐기, 축전지를 설치하여야 하므로 통신장치실의 건물하중이 증가하며 고전압을 급전하

게 되므로 절연 및 안전에 유의하여야 한다.

2.7 무정전 교류전원 시스템

상용전원을 입력으로 하여 부하에 필요한 교류를 공급하는 방식으로서 통신용 부하가 교류를 필요로 하는 경우에 사용된다. 무정전 교류전원 시스템 (UPS: Uninterruptible Power Supply)은 직류전원 공

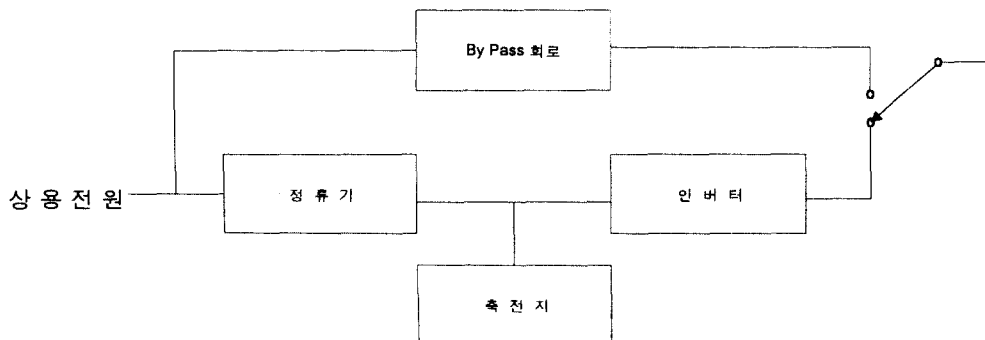


그림 6. 무정전 교류전원 시스템 (UPS)의 기본구성

급 시스템에서 문제가 되는 전압의 안정도 외에도 주파수, 질체시간등의 규격이 중요하다. 통신시스템의 교류부하는 주로 Data 통신용 기기, Micro-wave 기기, 컴퓨터와 주변장치들로서 교류전동기를 이용하는 자기테이프 장치와 디스크 장치 등 외부 기억장치들도 이에 해당되는데 정확한 Data 처리를 위해 시스템 내부와 동기성의 요구가 강하므로 주파수에 높은 정확도가 필요하다. 일반적으로 무순단 교류전원을 얻기 위해서는 그림 6과 같은 구성이 필요하다. 상용전원을 직류로 변환하는 정류기, 직류를 소요규격의 교류로 변환하는 인버터, 정전시 에너지 공급을 위한 축전지와 By-pass 회로로 구성한다.

상용전원이 정상적으로 공급 될때는 By-pass 회로를 통하여 상용전원을 부하에 공급하며, 정류기를 이용하여 축전지를 충전한다. 정전시에는 축전지로 부터 에너지를 공급받아 인버터부에서 교류를 출력한다. 유지보수와 경제적인 측면을 고려하여 평상시에 By-pass 회로를 통하여 출력하는 경우가 일반적이며 인버터부는 정전시나 상용전원이 불안정한 경우에 사용한다. 일반적으로 무정전 교류전원 시스템은 OA용으로 설계되어 축전지의 예비율이 낮고 신뢰성이 낮으며 용량증설을 위한 병렬운전 등이 어렵다. 또한 컴퓨터 주변기기들의 입력전원 특성이 콘덴서 인풋형으로 역률이 낮고 입력전류의 왜율이 커서 무정전 교류전원 시스템의 이용률이 매우 낮다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 무정전 교류전원 시스템의 개선방안이 시도되고 있다.

개선방안으로서는 축전지 예비율을 통신용 직류전원 시스템과 같이 연장하기 위해 통신용 축전지를 공유하며 정류기 부분도 직류전원 시스템과 공유하므로

서 무정전 교류전원 시스템을 간단화 시키며, 동시에 병렬운전 및 용량증설이 가능한 인버터모듈 구조로 개선하는 것이며 콘덴서 인풋형 컴퓨터 주변기기에서 이용률을 높이기 위해 Crest Ratio (Peak 전류의 첨두치와 실효치×√2와의 비율)가 높은 인버터 모듈의 개발을 들 수 있다.

### 2.8 On Board 전원

고도 정보화사회의 진전에 따라 각종 통신기기가 소형화·경량화되어가고 이에 수반하여 전원장치도 소형 On Board이면서 고성능 고신뢰성의 특성이 요구되고 있다. 이같은 요구를 충족시키기 위해서 전원장치도 반도체 IC나 칩부품을 탑재하는 표면실장기술(SMT)화 되어가고 있다. 특히 파워모듈은 열전도성이 좋은 절연처리된 알루미늄 기판을 사용하고 있으며 이 기판에 수동부품인 칩저항, 칩 콘덴서와 능동부품인 표면실장형의 모듈리딕 IC, 트랜지스터, 다이오드 등을 각각 실장한다. 스위칭 전원의 주 스위칭 소자와 제어부를 일체화시켜 회로부품에도 최소 칩을 사용하므로써 종래의 부품구성에 비해 체적비가 1/3 이상 소형화되었다. 방열성도 우수하기 때문에 소형이면서 고효율화가 가능해졌다.

## III. SMPS 기술의 동향

### 3.1 능동 스너버를 이용한 PWM 컨버터

고주파화 되어가는 SMPS에서 효율향상과 Noise 억제를 위해 개발된 Switching Snubber는 저손실 이면서도 RC 스너버 이상의 Surge 제거 능력을 가지고 있다. 그림 7은 승강압형 컨버터에 이 스너버를 적용

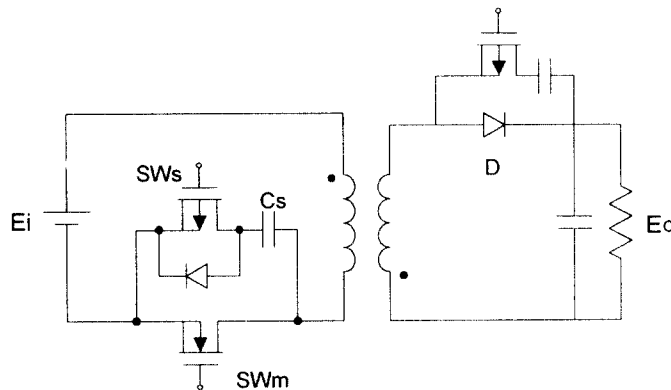


그림 7. 스위칭 스너버의 적용 예템

시킨 예이다.

메인 스위치 SW<sub>m</sub>과 스너버 스위치 SW<sub>s</sub>는 교대로 on/off 된다. 메인 스위치가 turn-off시 회로에 잔존하는 자기 에너지를 콘덴서 C<sub>s</sub>에 축적하고 SW<sub>m</sub>의 turn-on시에 출력측에 방출한다. 이 스너버는 그림 7에서 보인 것처럼 출력측 다이오드에 접속시 다이오드 축적전하에 의한 Surge전류 제거에도 이용된다. 다이오드의 축적전하에 의한 Surge전류는 다이오드의 순방향 전류에 직접적으로 비례하여 증가되고, 고주파 스위칭시 특히 커지므로 장애가 된다.

이에 대한 대책으로 개발한 SBD와 Ga-As 다이오드는 원리적으로 축적전하가 없어 고주파 스위칭에 의한 Surge전류를 저감시킨다. 그러나 SBD는 역내압

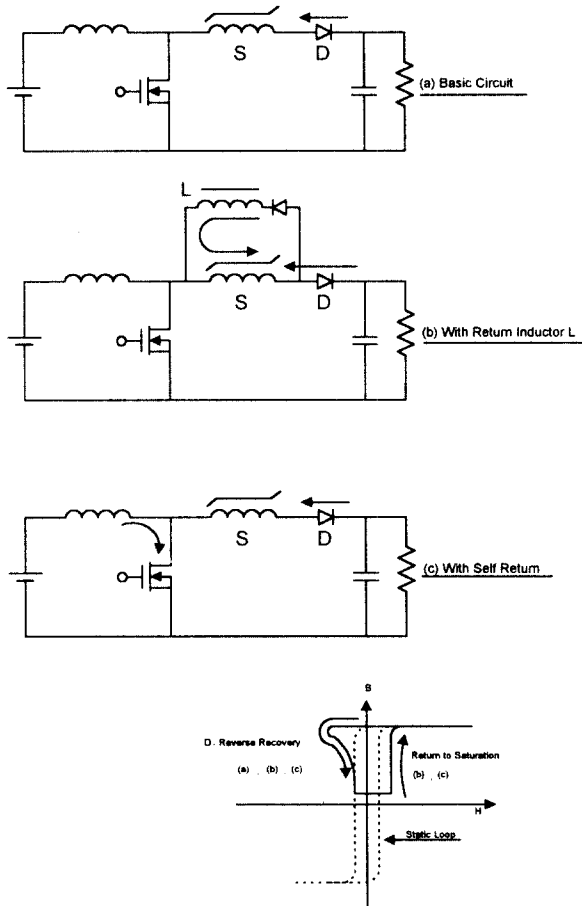
이 낮고, Ga-As 다이오드는 순방향 전압강하가 비교적 크다. 이러한 문제의 해결이 앞으로의 과제이다.

한편 Surge전류를 방지하기 위해 그림 8에서 보인 것처럼 자기 스너버로 이용되고 있다. 자기 스너버에는 각형비가 좋고 고주파 손실(와전류손)이 적은 자성재료로서 Co-based 비정질코어를 사용하고 있다.

### 3.2 ZVS PWM 컨버터

고주파 전력변환을 하는데 있어서 효율을 높이기 위해 스위칭 손실을 줄여야 할 필요성이 대두되고 있다. 일반적으로 공진형 컨버터에서는 영전류 스위칭 (Zero Current Switching : ZCS) 또는 영전압 스위칭 (Zero Voltage Switching : ZVS)이 가능하지만 제어

#### MAGNETIC SNUBBER APPLIED TO BOOST CONVERTER



Magnetizing Characteristic of Magnetic Snubber

그림 8. 자기 스너버의 적용예

되는 주파수 범위가 넓기 때문에 출력 필터 부품을 최적화 하기 어려운 실정에 있다.

준 공진형(Quasi-Resonant) 또는 다중 공진형(Multi-Resonant) 컨버터 등은 주파수 제한범위를 줄였지만, 스위칭 소자에 나타나는 전압 또는 전류 스트레스가 크기 때문에 고전압, 고전력 응용에 사용되지 못하고 있다. 최근에 소개된 고정 주파수(Constant-Frequency) 공진형 컨버터도 ZCS나 ZVS가 가능하지만 스위칭소자에 나타나는 전압 또는 전류 스트레스가 증가되는 단점이 있다.

한편 PWM 컨버터가 고주파에서 동작할때는 회로의 기생요소인 누설 인덕턴스와 FET의 접합 커패시턴스로 부터 기인하는 Ringing이 컨버터 동작에 영향을 주게된다. 특히 고전력용의 컨버터에 있어서 이 영향으로 인한 스위칭 손실은 뚜렷이 나타난다. 따라서 고주파 동작에서 스너버회로가 필요하게 되며 이것 또한 부가적인 큰 손실을 발생하게 된다.

최근 PWM 컨버터의 고주파 동작에서 나타나는 단점을 개선하기 위하여 회로의 기생요소들을 공진회로로 이용하므로써 스위치에서 영전압 스위칭(ZVS)이 가능한 컨버터들이 활발히 연구되고 있으며 이러한 컨버터를 ZVS PWM 컨버터라고 한다.

PWM 컨버터 중에서 Full-Bridge형 컨버터는 4개의 주 스위치가 교대로 스위칭을 하면서 입력전력을

출력으로 전달하므로써 고전력용 전원에 적합한 컨버터 회로로서 폭넓게 이용되고 있다.

이 컨버터로 부터 두 개의 기생요소 즉 트랜스포머의 누설 인덕턴스와 스위치로 사용하고 있는 MOSFET의 등가 출력 커패시턴스를 공진회로로 이용하여 ZVS를 가능하게 하므로써 Full-Bridge ZVS-PWM 컨버터를 구성할 수 있다. 그림 9에는 Full-Bridge ZVS-PWM 컨버터의 기본회로를 보였다.

### 3.3 동기 정류 방식을 이용한 컨버터

일반적인 스위칭전원에서는 2차측 정류 다이오드의 순방향 전압강하에 의한 손실이 전원의 전체 손실에 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 이 손실을 저감하기 위한 방법으로 수동소자인 2차측의 정류 다이오드 대신 능동소자인 MOS FET를 사용하여 동기정류 시키므로써 정류손실을 저감한 회로를 동기정류 회로라고 한다. 그림 10에는 동기정류 회로를 이용한 컨버터를 나타내었고, 그림 11은 MOS FET와 쇼트키 배리어 다이오드(Schottky Barrier Diode : SBD)의 전압, 전류 특성 비교를 나타낸 것이다.

MOS FET를 쓸 경우에도 보디 다이오드(Body Diode)의 역회복 시간의 영향과 포유용량 및 트랜스의 누설 인덕턴스의 영향 때문에 스위칭 주파수에는 한계가 있다. 현재의 기술로는 스위칭 주파수를

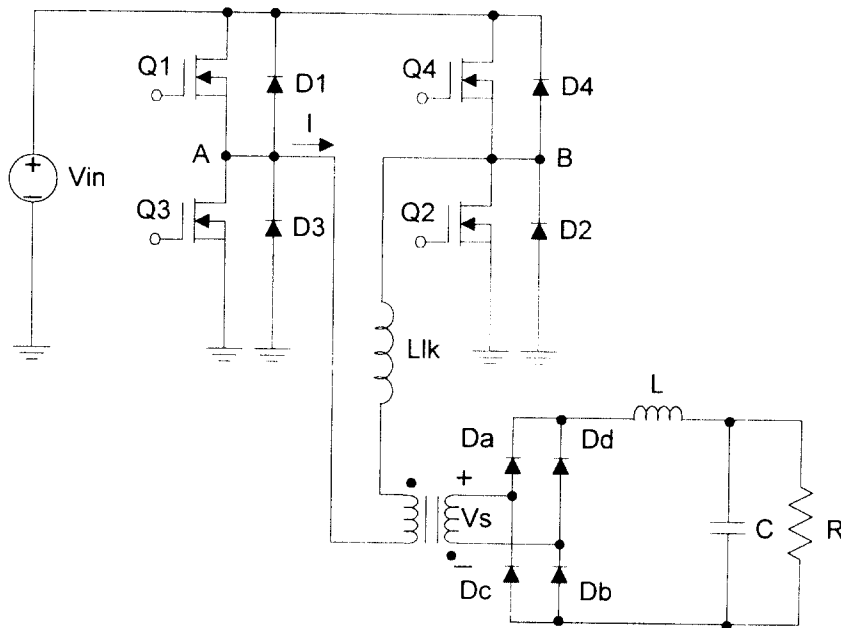


그림 9. Full-Bridge ZVS-PWM 컨버터의 기본회로



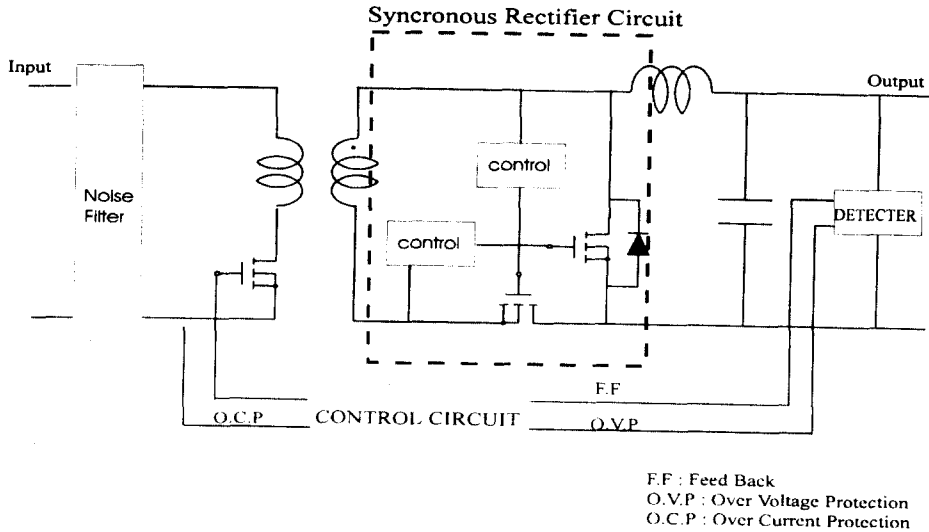


그림 10. 동기정류 회로를 이용한 컨버터

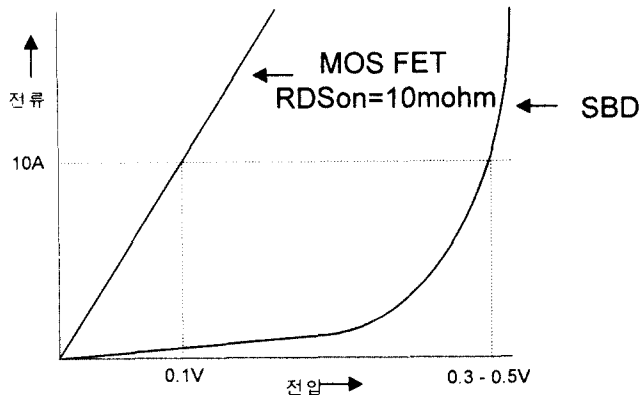


그림 11. MOS FET와 쇼트키 배리어 다이오드(SBD)의 전압,전류 특성 비교

300KHz 이하에서 사용하고 있으며 그 이상은 공진형 컨버터에서 고려되어지고 있다.

3.4 귀선기간 제어와 다단 접속회로

스위칭 전원을 TV, 화상 통신장치 등의 Video기기

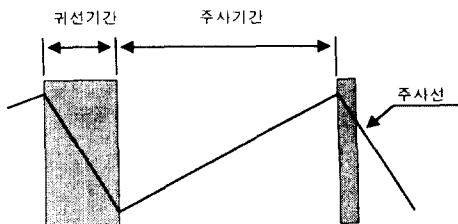


그림 12. 귀선기간 제어방식의 원리

에 사용하는 경우 잡음의 잔존은 화질의 열화를 초래하므로 이에 대한 충분한 대응이 요구된다. 이러한 경우 스위칭 주파수를 수평 편향신호에 동기시키고, 귀선기간 내에 on/off를 마치면 스위칭 Surge가 존재 하더라도 화질에 영향을 미치지 않으므로 그림 12와 같은 귀선기간 제어방식이 이용되고 있다. 그러나 귀선기간내에 on/off를 마치기 위해서는 낮은 시비율로 동작하여야 하므로 스위칭 소자에 과대한 스트레스가 생기고 효율의 저하를 가져오게 된다.

이러한 경우에는 그림 13에서 보인 것과 같은 다단 접속이 효과적이다. 여기서 보인 6가지 방식중에서 IV와 VI은 95% 이상의 효율이 얻어지므로 가장 실용적이라 할 수 있다. TV와 같은 Video 장비의 수평

Circuit	Case	1st Stage	2nd Stage	Within the Retrace Interval	Figure of Merits		
					$\eta$	V.R.	R.R.
	I	$\frac{T_{on1}}{T_{off1}} \ll 1$	$\frac{T_{on2}}{T_{off2}} \gg 1$	$T_{on1} \cdot T_{off2}$	B	G	G
	II	$\frac{T_{on1}}{T_{off1}} \gg 1$	$\frac{T_{on2}}{T_{off2}} \ll 1$	$T_{off1} \cdot T_{on2}$	M	B	G
	III	$\frac{T_{on1}}{T_s} \ll 1$	$\frac{T_s}{T_{off2}} \gg 1$	$T_{on1} \cdot T_{off2}$	B	G	G
	IV	$\frac{T_{on1}}{T_s} \approx 1$	$\frac{T_s}{T_{off2}} \approx 1$	$T_{off1} \cdot T_{on2}$	G	G	M
	V	$\frac{T_s}{T_{off1}} \gg 1$	$\frac{T_{on2}}{T_s} \ll 1$	$T_{off1} \cdot T_{on2}$	M	B	G
	VI	$\frac{T_s}{T_{off1}} \approx 1$	$\frac{T_{on2}}{T_s} \approx 1$	$T_{on1} \cdot T_{off2}$	G	G	M

$\eta$  : Efficiency, V.R. : Voltage Rating, R.R. : Regulation Range,  
 G : Good, M : Medium, B : Bad,

그림 13. 컨버터의 다단 접속

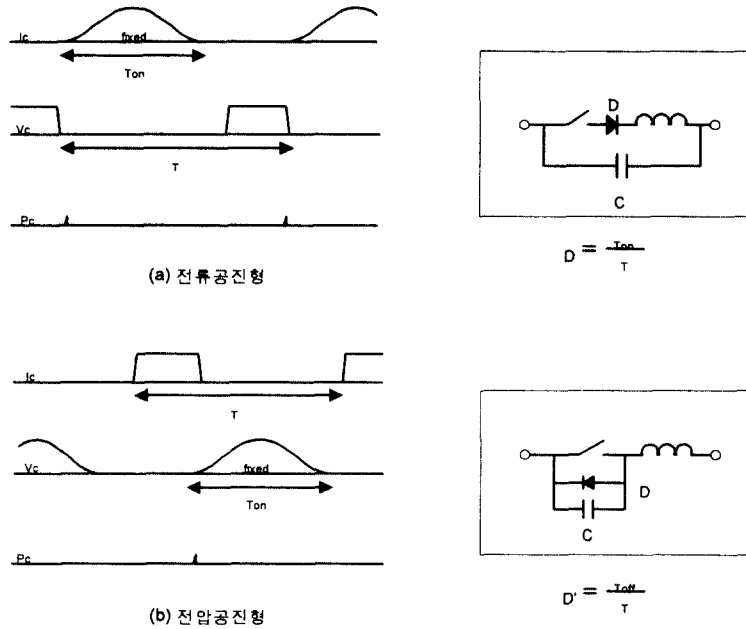
편향신호의 주파수는 통상 15.75KHz인데, 이 주파수는 SMPS의 소형화에 장애가 되고 있다. 그러나 최근 표시장치의 분해능을 높이기 위해 고주파화가 지향되고 있어 귀선기간 제어는 흥미있는 방식으로 생각되고 있다. 또한 다단접속 응용으로서 Cuk, Sepic, Zeta 방식등의 컨버터가 있다.

### 3.5 공진형 컨버터

PWM 제어에 의한 SMPS는 원리적으로는 500KHz 정도까지는 스위칭 주파수를 올릴 수 있으나, 일반적으로 200KHz 이하의 스위칭 주파수를 실용화하고 있고, MHz 대역까지 스위칭 주파수를 올리기 위해서는 스위치와 공진회로를 결합시킨 저손실 스위칭 방식을 채택하고 있으며 이것을 공진형 스위치라 부른다. 이러한 공진형 스위치를 사용하는 전원장치를 공진형 컨버터라 부르며 원리적으로는 2~3MHz 이상의 고주파 구동도 가능하지만 주변부분 기술과의 정합성이 고려되어야 하며, 수 MHz 대역 스위칭 주파수에 대

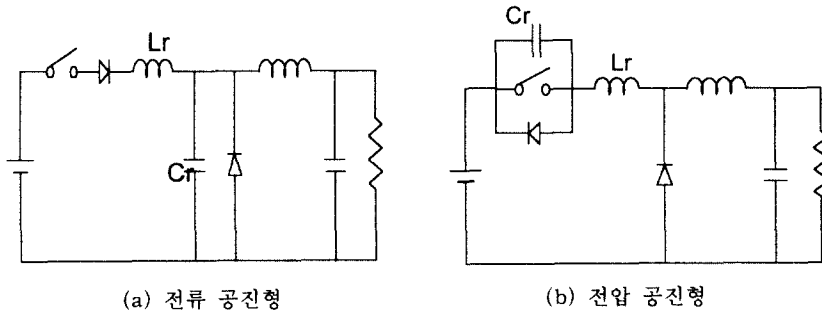
한 기술의 확립이 당면 목표가 되고 있다. 그림 14는 공진형 스위치의 원리를 보이고 있다. (a)는 전류공진형, (b)는 전압공진형이다. 전류공진형에서는 on 시간에 전류파형이 정현파로 되고, on 시간이 끝나기 전에 전류가 Zero가 되어 스위칭 손실을 저감 시키며 동시에 Surge전류도 감소 시킨다. 이것을 영전류 스위칭이라 부른다. 한편, 전압공진형에서는 대조적인 동작이 이루어진다. off 기간에 스위치의 전압이 정현파로 되고 off 기간내에 전압이 Zero로 되어 스위칭 손실을 저감시킴과 동시에 전압 Surge도 감소 시킨다.

단, 이 경우 전류공진형은 전압원 구동, 전압공진형은 전류원 구동을 가정하게 되는데 그림 14 (b)에서는 스위치에 병렬로 존재하는 다이오드의 축적효과에 의한 영향이 생기지 않으므로 영전압 스위치가 영전류 스위치에 비해 고주파 스위칭에 적합한 회로 방식이라 볼 수 있다. 종래부터 사용되어온 스위칭전원에서 스위치만 공진형 스위치로 바꾸면 공진형 컨버터



시비율제어 → 주파수제어

그림 14. 공진형 스위치



(a) 전류 공진형 (b) 전압 공진형  
그림 15. 승압형 회로를 기본으로한 공진형 컨버터(반파형)

회로가 실현된다.

그림 15는 그 일례로서 승압형 컨버터에 공진형 스위치를 사용한 예를 보이고 있다. (a)는 전류공진형 (b)는 전압공진형이다.

공진형 컨버터는 고주파화에 적합한 회로방식이지만, 실용화를 위해서는 해결해야 할 다음과 같은 문제점들이 있다.

- 1) 고정주파수 전압조정
- 2) 스위칭 소자의 스트레스 억제
- 3) L과 C의 발열의 방지

이 중에서도 전압조정 문제가 가장 중요하다. 그림 14처럼 전류공진형의 경우 스위치를 통해 흐르는 전류의 폭  $T_{on}$ 이 공진회로에서 결정되고, 전압공진형의 경우 스위치에 인가되는 전압 폭  $T_{off}$ 가 공진회로에서 결정된다. 따라서 시비율  $D = T_{on}/T = [1 - (T_{off}/T)]$ 를 제어하게 되는 경우 주기 T가 변하여 스위칭 주파수를 가변하게 된다. 그러나 스위칭 주파수가 변하면 노이즈의 스펙트럼도 변하여 노이즈 대책이 어려워진다. 또한 컨버터의 크기를 결정하는 자성부품과 콘덴서는 최저 주파수에서 설계되므로 목표

한 만큼의 소형화를 기대할 수 없게된다. 따라서 공진형 컨버터를 주파수 제어하는 경우 되도록이면 평균 출력저항이 작고 주파수 변화에 대한 출력전압 감도가 좋은 회로방식을 선정하는 것이 바람직하다.

다음으로 스위치에 인가되는 스트레스에 관해 검토해 보면 전류공진형의 경우는 출력전류 파형의 첨두치가 부하에 비례하여 증가하므로 반도체 소자의 소비전력과 구동전력이 증가한다. 이에 반해 전압공진형에서는 off 상태에서 스위치에 인가되는 전압의 첨두치가 부하와 함께 증가하므로 고내압소자를 스위치로 이용해야 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 보조 스위치에 의해 전류 또는 전압을 Clamp하여 스트레스를 경감시키는 등의 대책이 시도되고 있다.

공진형 컨버터에서는 스위치 소자에 인가되는 스트레스와 동시에 공진회로를 구성하는 L과 C에도 많은 스트레스가 가해진다. 특히 중부하시 L과 C에 비교적 과대한 전압이 인가되고 전류진폭이 증대된다. 이에 의해 특히 고주파에서 손실이 증대된다. 따라서 L의 발열을 억제하기 위해 고주파 특성이 좋고 열저항이 낮으며 소형화를 위해 충분한 투자율과 포화 자속밀도, 낮은 보자력을 갖는 자성물질의 개발이 필요하다.

한편 콘덴서도 고주파화를 위해 충분한 전류용량을 갖고 등가 직렬저항이 작은 소자의 개발이 요구된다.

### 3.6 고정스위칭 주파수 공진형 컨버터

- 자기 증폭기, 철공진의 이용

스위칭 주파수를 고정시킨 경우 공진형 컨버터의 전압조정을 행하는 가장 간단한 방법은 자기증폭기 혹은 철공진회로를 출력측에 결합하여 출력전압을 제어하는 방법이 있다. 그러나 이 방법은 자기증폭기 또는 철공진회로를 구성하는 가포화 자심의 손실이 증대되므로 고주파에서 손실이 적은 가포화 자성재료의 개발이 우선적으로 요구된다.

자기증폭기의 경우 Co-based 비정질코어가 효과적이지만 스위칭 주파수를 1MHz 이상으로 올리려면, 20 $\mu$ m 정도의 두께를 가진 현재의 비정질코아로는 충분하지 않다. 적어도 10 $\mu$ m 이하의 두께를 가진 비정질 자성재료의 개발이 향후 과제이다.

- 가변 리액턴스 소자의 이용

공진형 컨버터의 전압조정을 행하는 다른 방법으로서는 주파수를 변화시키는 대신 공진형 L값을 변화시키기 위해 자심의 포화를 이용하여 등가 인덕턴스를

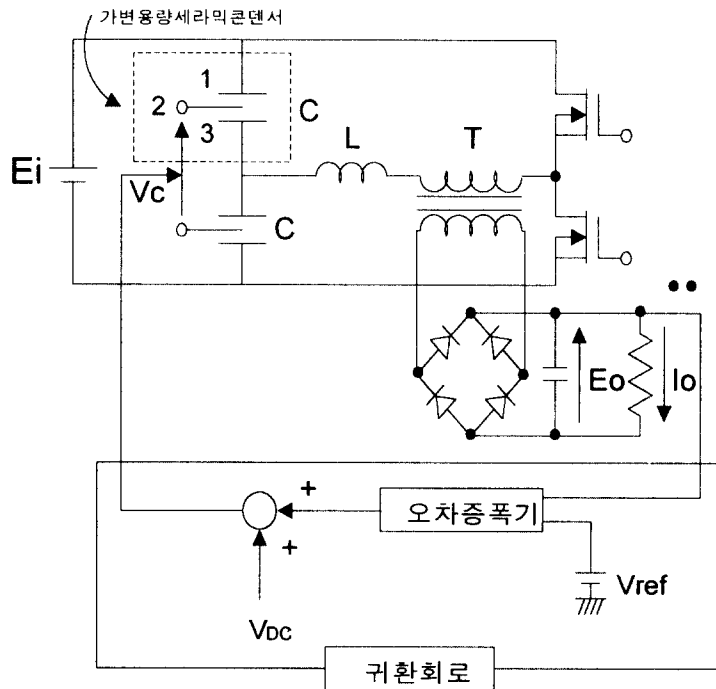


그림 16. 가변용량 콘덴서를 이용하여 제어되는 공진형 컨버터

변화시키는 방법이 있다. 그러나 이 방법도 자기증폭기를 이용한 전압조정과 같이 고주파에서 코아 손실 문제의 해결이 우선되어야 한다.

이와는 반대로 공진용 커패시터 값의 변화를 이용하는 방법으로서 유전체의 비선형 특성을 이용한다. 이 방법은 콘덴서에 정격 전극 이외에 새로운 제어용의 제3전극을 만들어서 이 곳에 전압을 인가하므로써 정전용량을 변화시킨다. 단, 이 경우 제어단자를 통해 고주파 전류가 흐르게 되는데 이것을 방지하는 대책이 필요하다. 그림 16은 가변용량 소자에 의한 전류공진형 컨버터의 전압조정을 행하는 경우의 예로서 2개의 가변용량 소자에 의해 제어단자를 흐르는 교류분을 상쇄시켰다.

- 보조스위치에 의한 가변등가 인덕턴스

앞에서 설명한 가변 리액턴스 소자에 대치하여 공진회로에 이용되는 L과 C에 보조 스위치를 결합시켜 등가적으로 L과 C값을 변화시키는 방법으로서 그림 17 (a)의 등가 인덕턴스 가변회로와 그림 17 (b)의 등가 용량 가변회로를 들수 있다.

이러한 회로를 이용하면 스위치 S의 도통각을 변화시켜 등가 리액턴스를 대폭 변화시키는 것이 가능하다. 이것을 실제의 공진형 컨버터에 결합시킨 예로서 스위치와 L을 직렬로 접속한 가변 인덕턴스 회로는 전압파형이 연속적인 콘덴서에 병렬로 접속하여 그림 17 (a)와 같이 사용할 수 있고, 스위치와 C를 병렬로 접속한 가변 용량회로는 전류파형이 연속적인 인덕터에 직렬로 접속되어 그림 17 (b)와 같이 사용하는 것이 가능하다. 이러한 등가 리액턴스 가변회로에서 보조스위치의 스위칭 손실은 그림 17 (a)에서 영전류 스위칭, 그림 17 (b)에서는 영전압 스위칭 조건을 만족하므로 이에 대한 고려는 필요치 않다. 또한 그림 17 (b)의 등가용량 가변회로는 스위치 내부 다이오드에 역 바이어스가 걸려있는 상태에서 스위치가 on되므로 다이오드의 접합용량의 영향이 없어 본질적으로 고주파 구동에 적합하다.

3.7 인덕턴스 전류형 (轉流形) 컨버터

스위칭 손실의 저감에 효과적인 공진형 컨버터의

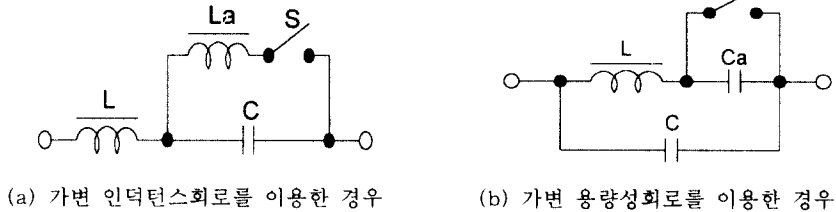


그림 17. 가변 리액턴스 회로를 이용한 공진회로

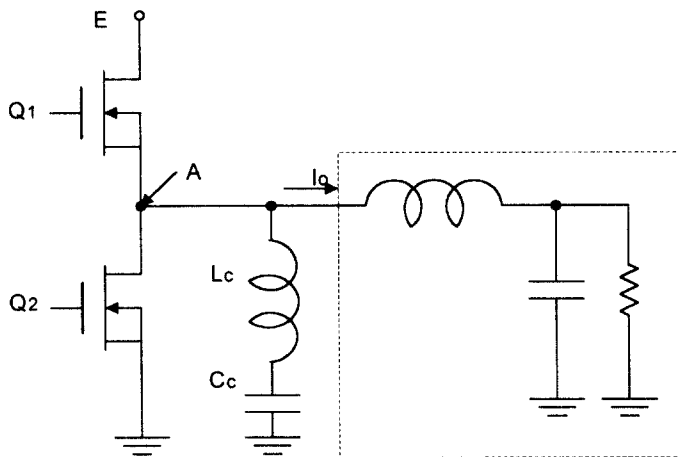


그림 18. 인덕턴스 전류회로 (非共振 회로)

기본이 되는 것은 영전압(또는 영전류) 스위칭이다. 영전압(또는 영전류) 스위칭을 행하는 경우 스위칭 주파수에서 공진은 반드시 필요하다. 공진현상은 전류시에도 필요한데 이때 공진주파수는 스위칭 주파수와 관계가 없다. 전류형 컨버터 회로는 종래의 공진형 컨버터에 존재하는 스위칭 소자의 스트레스 문제 해결에 유용하고, 고정 스위칭 주파수에서 전압 조절을 행하는 것이 가능하다.

이러한 컨버터 중에서 인덕턴스 전류형 컨버터는 윤리적으로 비(非)공진에 의한 영 전압 스위칭을 가능하게 하는데 Surge 발생도 극히 작고 PWM 제어에 의해 전압 조절도 가능하여 관심을 끌고 있는 회로방식이다. 그림 18에는 이 방식의 기본회로를 보였다.

Lc는 전류용 인덕터이고, Cc는 직류분을 차단하는 콘덴서로서 공진과는 무관하다. 회로 동작시 Q1과 Q2는 교대로 on/off를 반복하는데, on과 off사이에서 두 스위치가 모두 off되는 Dead Time을 만들어 줌으로서 이 기간동안 Q1과 Q2의 Drain-Source간의 정전용량을 인덕턴스 Lc의 에너지 충전에 의해 방전시키고, 다음 스위칭 전까지 A점의 전압을 Zero 또는 진원전압 E와 같아지도록 하여, 영전압 스위칭 조건을 만족시키며 동시에 Surge전류를 억제시킨다. 이때 영전압 스위칭 조건은 다음과 같다.

$$\frac{ED(1-D)}{L_c f} > I_o$$

그러므로 그림 18의 회로에서 선형 인덕터 Lc 대신 가포화 인덕터를 사용하여, 포화전류 인덕턴스가 이 관계를 만족하도록 조정하면 Lc를 소형화 하는 것이 가능하다.

### 3.8 박형 컨버터

최근 통신기기의 전원이 중앙급전 방식에서 분산급전 방식으로 변화하고, 노트북 퍼스컴, 핸드폰 등 휴대용 전자기기의 수요가 급증함에 따라 스위칭 전원도 박형화 되어가고 있다.

박형 컨버터에서 소형화가 가장 어려운 것은 Reactor, Transformer 등의 자기소자인데 박형 트랜스포머로서는 박막 기술의 적용이 검토되고 있고 현재로서는 그림 19에서 보인 것과 같이 페라이트자심에 PCB 동판으로 적층한 시트코일을 감는 것이 실용화되고 있다. 따라서 향후 범함크기의 초박형 전원 개발에 따른 초박형 자성부품이 요구되는 경우 페라이트 기판에 박막 코일을 감는 기술의 확립이 필요하다. 박막 트랜스나 인덕터가 여러형태로 제안되고 있지만 만족스럽게 스위칭 전원에 실용화되지 않는 이유는 수MHz 이상의 고주파 동작시 스위칭 손실이 충분히 작은 파워 반도체 디바이스가 없으며, 박막제작시 미세가공이 필요하므로 양산화가 어렵고 가격이 비싸며, 소형화하면서 에너지를 축적하는 박막 트랜스의 발열면이 작아지므로 수W 정도의 소용량 전원으

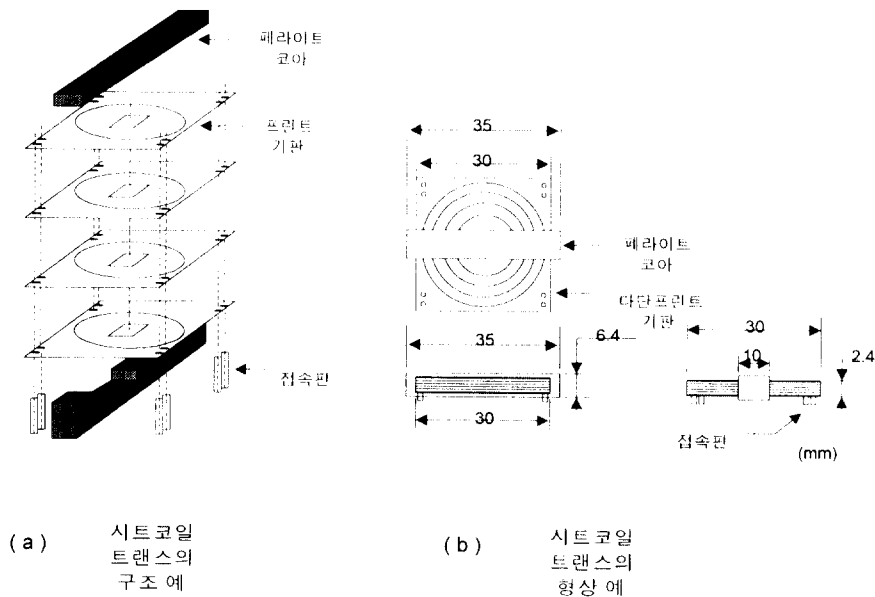


그림 19. 박형 시트코일 트랜스

로 한정되었기 때문이다. 따라서 이 이상의 용량에서는 자성체의 점적율을 높이는 동시에 Hc의 증가가 적은 Amorphous 박막의 이용이 기대되고있다.

### 3.9 역률 보상회로

고주파 전원공급장치 사용이 날로 증가하면서 전력선로에 미치는 영향도 크게 증가하고 있으며 이에 대응하여 역률 및 고조파에 대한 규정도 더욱 강화되고 있는 추세이다.

고주파 전원공급장치는 건물의 배선에 고조파를 유도하여 장애를 일으키는 가장 큰 요인이 되고 이로인한 문제도 날로 심각해 지고 있다. 특히, 건물의 결선이 3상4선일 경우 중성선으로 흐르는 전류는 영 전류가 되어야 하나 고주파 전원공급장치로 인하여 유도된 각 상의 제3고조파는 서로 상쇄되지 않고 더해져 중성선으로 흘러 화재가 발생하는 경우도 있다. 이와 같은 중요성의 부각에 따라 국제 전기 기술위원회(International Electrotechnical Commission) 555-2에서는 고조파에 대한 규격을 표준화하고 있다.

일반적으로 역률이라고 하면 콘덴서 부하에 의해 앞선 역률(Leading Power Factor)과 뒤진 역률(Lagging Power Factor)이 있으며 일반적으로는 뒤진 역률 부하가 많으나 이 경우는 부하와 병렬로 진상(進相) 콘덴서를 삽입하여 역률을 높이기도 한다. 그러나 고주파 전원공급장치의 경우 역률의 개념은 위에서 언급한 역률 개념과는 다르다.

교류/직류 고주파 변환장치는 콘덴서 입력 평활형, 즉 정류 다이오드를 거친 정류된 정현적 반파는 큰 용량의 입력 평활콘덴서를 거쳐 부하에 직류를 공급한다. 정류 다이오드는 입력전압이 콘덴서에 충전된 전압보다 클때만 전도되므로 교류입력 전류는 위상은 어긋나지 않으면서 도통각이 좁게 불연속적으로 흐르므로 역률은 교류입력선 임피던스에 따라 50%~65% 정도가 되고 입력전압 파형의 첨두치가 일그러지는 것은 높은 입력의 첨두치 전류가 입력선 임피던스로 흘러 전압강하가 일어나기 때문이다. 미국 안전규격 U.L.에서는 정격이 120VAC/15A인 차단기로 최대 전류를 12A까지 흘릴 수 있도록 허용하고 있다. 즉, 입력전압이 90VAC일 경우 저항부하에 1.08KW의 전력을 공급할 수 있으나 역률이 0.65일때는 부하측으로 공급할 수 있는 전력은 700W로 줄어든다.

현재 사용량이 급속히 증가하는 컴퓨터기기를 고려해 볼때 이 수치는 쉽게 넘어선다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 이용자는 보다 큰 전원설비를 갖추거

나 3상전원으로 교체해야 한다. 그러나 역률보상회로를 사용해 역률을 높이면 같은 전원설비로 많은 전력을 공급 할 수 있다.

교류/직류 고주파 전원공급장치의 역률을 개선시키는 방법으로는 정류 다이오드 후단에 인덕터를 삽입하는 수동적 방법과 정류된 정현적 반파를 Boost 컨버터를 사용하여 고주파로 스위칭시켜주는 능동적인 방법이 있다.

## IV. 향후 기술과제 및 전망

### 4.1 향후 전망

다가오는 멀티미디어시대에는 통신기기, 전자기기 등 시스템의 심장부라 할 수 있는 에너지 공급원의 고효율화, 고신뢰화가 보다 더 중요한 과제라고 할 수 있다. 또한 노트북, 휴대폰을 시작으로 통신의 퍼스널화 등 휴대용 전자기기가 급증하면서 전원의 소형화는 물론 bat테리의 고에너지 밀도화, Maintenance Free화 등의 확립도 필요하다. 때문에 전원장치의 신뢰도를 높이기 위해서 이중화 시스템이나 잉여 시스템(Redundant System)화를 추진하고, 효율을 높이고 소형화하기 위해서 소프트스위칭 컨버터, 공진형 컨버터 등 여러각도로 활발히 개발되고있다. 공진형 컨버터는 고주파에서 스위칭 손실이 적으므로 스위칭 소자에서 발열이 적어 전력부품의 집적화에 적합한 회로방식으로 고찰되고 있다. 또한 다이오드, FET 등 반도체 소자의 기생용량과 변압기의 누설 인덕턴스 등의 기생요소를 공진소자로 이용하는 큰 이점이 있어, 현재 표면실장을 중심으로 HIC 기술이 박형전원의 주요기술로 되어가고 있다. 그러나 또하나의 문제는 변압기, 리액터등의 자기 부품과 평활 콘덴서 등의 평판화이다. 특히 변압기는 권선작업이 양산에 적합하도록 증착, 에칭등을 이용한 박막기술의 상용화가 시도되고 있다. 이 경우 1차와 2차간의 결합도를 높이기 위해 박막도체를 절연처리한 다층 복합구조가 필요해진다. 따라서 1차와 2차 권선간에 정전용량이 증대되지만 공진형 컨버터를 이용하는 경우는 이 정전용량을 공진소자로 이용하는 것이 가능하다. 그러나 교류입력의 전원장치는 교류전원을 정류, 평활시켜 직류전원을 얻는 경우 상용주파수를 취급하므로 소형경량화에 어려움이 있으며 콘덴서 입력형 전자기기의 경우 전압의 파고치 부근에서 Peak 전류가 흐르므로 배전계통에 기수고조파의 왜곡이 발생하는 원인이 된다. 또한 입출력 회로에 이용되는 Noise Filter

는 저주파와 직류성분이 중첩되므로 소형화에 어려움이 있다. 이러한 Filter부의 소형화 문제는 컨버터 본체의 소형 경량화와 동시에 해결되어야 할 문제이다.

#### 4.2 기술과제

공진형 컨버터의 실용화를 포함하여 SMPS에서 우선적으로 해결하여야 할 문제로서 다음의 항목들을 들수 있다.

- 1) 공진형 컨버터에서 제어방식의 확립
  - 2) 저손실 정류방식의 확립
  - 3) 열설계를 포함한 CAD, CAM
  - 4) MHz 스위칭에서 전력용 스위치와 제어부분의 일체화
  - 5) 박막기술에 의한 초박형 자성부품의 실현
  - 6) MHz 영역에서의 변압기용, 평활용과 공진용 인덕터의 저손실 자성재료 개발
  - 7) 평활 콘덴서의 평판화와 Micro화
- 다음으로 해결해야 할 과제들은 아래와 같다.

- 1) One-Chip 전원의 실현
- 2) 방사 잡음의 Modeling 과 Simulation
- 3) 고온 초전도체의 SMPS 에 적용
- 4) 축적전하, 순방향 전압강화가 작은 고내압 Diode 개발
- 5) 빛에 의한 전력의 전송과 변환

### V. 결 론

이상으로 통신용 전원장치의 기술 동향에 대하여 대체적으로 기술하였다. 통신용 전원장치는 통신망을 구성하는 전송장치, 교환기기, 종합정보통신장치, 이동통신장치와 위성통신 기지국, 위성체 등의 에너지 공급원으로서 시스템의 동작을 위한 극히 중요한 위치를 차지하고 있다. 이로 인해 전원장치의 높은 신뢰성이 요구되고 있어 고신뢰성 전원시스템의 구성이 관심의 대상이 되고 있다. 따라서 앞으로 전원의 소형,경량화는 회로방식, 표면실장기술의 발전은 물론 자성재료, 콘덴서 등의 재료와 파워 고주파 반도체소자의 개발이 향상된다면 스위칭 전원의 눈부신 발전이 이루어질 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] 선영식 "2.4 KW Full-Bridge 영전압 스위칭 PWM 컨버터에 관한 연구", 1992. 2 고려대학교

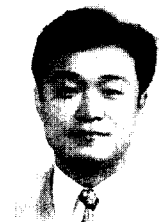
산업대학원 졸업 논문

[2] 김희준 "스위칭모드 파워서플라이", 1993. 7 성안당  
 [3] K.Harada, "스위칭 전원 기술의 진전과 장래 전망", 1995. 4 Switching Power Supply System Symposium  
 [4] Ned Mohan, "Power Electronics : Converters, Applications, and Design", Wiley, 1989  
 [5] 통신용 전원 연구회 "통신용 전원", 1982. 12 일본 전기통신협회  
 [6] S. Cuk, "Power Electronics Vol 1", CALTECH, 1993



강 찬 호

- 1986년 : 중앙대학교 전자공학과(학사)
- 1996년 : 한양대학교 산업대학원 산업대학원 전기공학과(석사)
- 1986년~1988년 : 동양특수기공(주) 기술과
- 1988년~1989년 : 금성반도체(주) 정보통신연구소
- 1989년~현재 : (주)동아일렉콤 전원연구소
- 관심분야 : 고주파전력변환, EMI, EMC대책



이 승 호

- 1990년 : 한양대학교 전기공학과(학사)
- 1996년 : 한양대학교 산업대학원 전기공학과(석사)
- 1989년~현재 : (주)동아일렉콤 전원연구소
- 관심분야 : 고주파전력변환, 고신뢰성전원장치