

論文 96-33B-3-7

TV 전원 장치에서 새로운 구동 회로에 의한 Buck Converter (Buck Converter with new driving circuit in TV power system)

鄭鎮國 *

(Jin kuk Chung)

요 약

본 논문은 텔레비전의 전원을 위한 새로운 Buck Converter를 소개한다. 개선되어 여기에 소개되는 Buck Converter의 특징은 다음과 같다. 첫째, 기존의 콜렉터 결합형 구동 회로에서 에미터 결합형 구동 회로로 개선했다. 그로 인하여 변성기의 규격이 변성기에서 인덕턴스로 간단히 줄어 원자재 비용이 크게 줄었으며 전력 소자의 전압stress를 줄였다. 둘째, 두 가지 발진 방식을 혼용하였다. TV가 꺼진 원거리 제어 스위치가 개방된 상태에서는 자러 발진으로 standby 전력을 공급하나 원거리 제어 스위치가 단락 되어 TV장치가 동작될 때에 소요되는 전력은 수평 편향 코일로부터 구동 신호전력을 공급 받아 발진 시키는 타려 발진형이다. 이것은 수평 편향 발진 주파수에 동기가 되어 있으므로 화면의 잡음을 현저히 감소시켰고 전력 소자의 구동회로 부분을 매우 단순화 시켰다. 셋째, 간단한 오차 증폭기로 출력 전압을 전력 소자의 구동 회로로 케환 시키는 펄스 폭 변조방식을 삽입시켜 출력 전압이 일정하도록 제어했다. 끝으로 응용 실험 결과를 이론 치와 같이 검토하여 잘 일치함을 보였다.

Abstract

In this paper, new Buck Converter of a TV power system is presented. First, we devised a revised driving circuit for an emitter-coupled type Buck Converter, by which it is possible to reduce the material cost of transformers and voltage stress of power device. Secondly, we adopted a hybrid oscillation technique. When TV system is in off-state, initial standby power which is necessary for remote controllable TV system is supplied by self-oscillating mode. Main power which is necessary in TV system being on state is provided by an externally triggered oscillating mode. The switching frequency is synchronized to the oscillating frequency of horizontal deflection in TV, by which we can reduce picture noises and the size of power transformer. Thirdly, a simple error amplifier is inserted to the feed-back loop to keep the output voltage constant which means pulse width modulation mode is added in driving part of power device. Finally, we showed by experiments that our proposed converter performs well enough to be close to the theoretically predicted values.

I. 서 론

지난 이십년 간 마이크로 전자의 발전은 괄목할 만

* 正會員, 大林 專門大學 電子工學科

(Daerim Junior Collage, Electronic Department)

接受日字: 1995年6月4日, 수정완료일: 1996年2月26日

하였으며 그 결과 전원 장치도 소형화, 경량화, 고효율화, 고 신뢰성화로 눈부신 발전을 하여 왔다. 최근에는 고주파 스위칭 전원 장치가 전력공급 장치에서 주류로 되어간 상황이다. DC-DC 변환기는 스위칭 전원 장치 중에서도 제일 먼저 보편화되고 널리 쓰이는 전원 장치 중 하나이다^[1]. 그 원인은 DC-DC 변환기가 비교적 간단하면서 신뢰성이 높은 실용적인 전원 장치

를 구현할 수 있는 장점^[2]을 가지고 있기 때문이다. Buck Converter의 연구는 거의 포화상태에 다달았으나 아직 개선의 여지는 많다. 본 논문은 새로 개선된 Buck Converter를 소개한다. 이 개선된 Buck Converter는 기존 널리 쓰이고 있는 TV 전원 장치보다 개선된 높은 효율을 구현할 수 있었다. 그러나 가장 부각되는 연구의 필요성은 경제성이다. 같은 전기적 특성과 기능을 가지면서 기존의 TV 전원장치보다 더 경제적인 가능한 한 간단한 전원장치를 구현 시킴으로써 산업경쟁력을 갖춘 전원장치의 연구가 본논문의 연구 목적이다. 그것은 전력소자의 구동 부분을 개선시킴으로써 전원장치 전체의 간단화가 가능하게끔 접근했다.

II. 새로운 베이스 구동 회로

그림1(a)는 기존의 구동 회로를 나타내고 그림1(b)는 본 논문에서 제시한 개선된 베이스 구동 회로를 나타낸다.

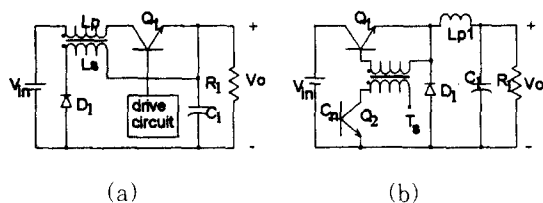


그림 1. Converter 의 기본 구성도

(a) 기존의 기본형 (b) 본 논문의 제안형
Fig. 1. Basic configurations of Buck Converter.

(a) Conventional form (b) Proposal form

그림 1(b)에서 T_s 로 입력되는 트리거 원(trigger source)과 제어 신호 C_s 에 의하여 전력 소자 Q_1 을 제어한다. 제어 신호 C_s 은 출력 전압 V_o 로부터 부채환 되고 외부로부터 공급되는 트리거 원은 수평 편향 코일에서 공급되는 펄스 열이다. 제어신호 C_s 에 의해 Q_1 이 도통 상태(on state)에 있을 때에는 T_s 단자에서 입력되는 트리거 신호에 의해 Q_1 이 구동 된다. 제어 신호 C_s 에 의해 소자 Q_2 가 차단 상태(cut off state)에 있을 때에는 전력 소자 Q_1 도 차단 상태가 되어 Q_1 의 콜렉터 전류를 영으로 한다. 그러므로 Q_1 이 차단 상태일 때는 구동 회로의 전력소모는 없다. 이

처럼 차단 상태에서 구동 장치의 전력소모가 없는 것은 본 논문에서 제안된 전원 장치의 특징 중에 하나이다.

그림 2는 본 논문에서 제안한 원 거리 제어 기능을 갖춘 TV용 정 전압 전원 회로를 두 부분으로 나누어 나타낸 것이다. 그림 2(a)는 자려발진회로를 포함한 전단 정 전압(Pre-Regulator)회로 부분을 나타낸 것이며 그림 2(b)는 간단한 오차 증폭기로 출력 전압을 제어하기 위하여 스위칭 전력소자를 구동시켜 주는 트리거 회로를 나타낸 것이다.

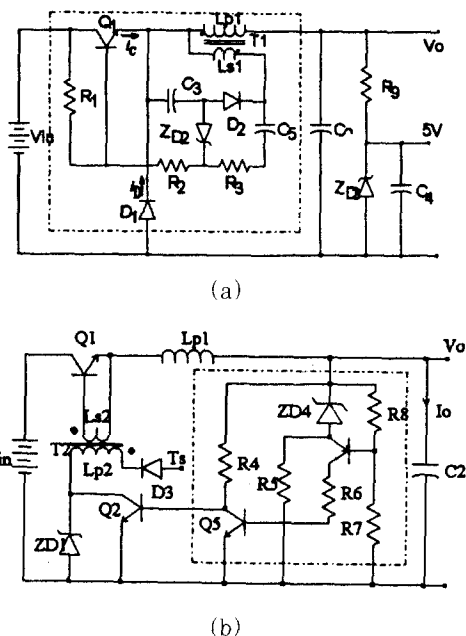


그림 2. 정전압 회로와 그의 구동 회로
(a)자려 발진이 있는 전단 정 전압 (b)오차 증폭기와 트리거 회로

Fig. 2. Voltage Regulator with its drive circuit.

(a)Pre-Regulator including self oscillator (b)Trigger circuit including Error amp

1. 자려 발진에 의한 전단 정 전압(Pre-Regulator)

원 거리 제어가 가능한 TV 전원 장치에서는 전원 스위치가 개방된 상태(standby)에서 TV장치가 소비하는 전력은 수 watts이하이다.이 정도의 전력은 경제적인 자려 발진형의 전원 장치로 구현하기에 매우 적합하다. 그리하여 본 논문에서 제시하는 전원 장치는 초기에는 그림 2(a)와 같이 자려 발진에 의해서 초기 전

력을 전단 정 전압으로부터 공급 받는다. 이것의 동작 상태를 간단히 검토하자^{[3][4]}. 전과 정류된 교류 전압이 R1을 통해서 전력 소자 Q1을 도통 상태로 기동시킨다. 이 기동전류는 Q1을 자려 발진 상태로 유도시킨다. 자려 발진 회로는 그림 2(a)에서 점선으로 표시됐다. 기동용 저항 R1은 Q1을 포화상태로 구동시킨다. 이때에 Q1의 콜렉터 전류 i_c 는 식 (1)과 같이 된다.

$$i_c = \frac{V_m - V_o}{L_{\beta 1}} \times t \quad (1)$$

식 (1)과 같이 증가하고 있는 i_c 는 변성기의 2차측 Ls1에 정 제환 전압을 유기시켜 Q1을 더욱 깊게 포화상태로 한다. 변성기 2차측 Ls1에 유기되는 기전력 V_s 는 식(2)와 같다.

$$V_s = \frac{n_{\beta 1}}{n_{s1}} \times (V_m - V_o) \quad (2)$$

여기서 $n_{\beta 1}(L_{\beta 1})$ 과 $n_{s1}(L_{s1})$ 은 각각 T1의 1차측과 2차측의 권선 비(인덕턴스)이다. 콜렉터 전류 i_c 가 $\beta \cdot i_B$ 만큼 되면 i_c 는 더 이상 증가하지 못하고 일정하여진다. 그러면 이것은 $L_{\beta 1}$ 과 L_{s1} 양측 전부에 역 전압을 유기시켜서 Q1을 차단상태로 만든다. 그리하여 flywheel diode D1에 흐르는 전류 i_D 은 식 (3)과 같이 표시된다.

$$i_D = i_{cp} - \frac{V_o}{L_{\beta 1}} \times T_{on} \quad (3)$$

여기서 i_{cp} 는 Q1의 콜렉터 전류의 최대치이다. Q1의 콜렉터 전류가 연속적으로 흐르는 동작 상태(continuous conduction mode)에서의 i_{cp} 는 식 (4)로 표시된다.

$$i_{cp} = \frac{V_{in} - V_o}{L_{\beta 1}} \times T_{on} = \frac{V_o}{L_{\beta 1}} \times T_{off} \quad (4)$$

여기서 T_{on} , T_{off} 는 Q1의 스위칭 한 주기중 각각 도통 주기, 차단 주기이다. 아울러 입력 전압에 대한 출력 전압의 비는 식 (5)와 같이 주어진다.

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{T_{on}}{T} = \delta \quad (5)$$

여기서 T , δ 는 스위칭 한 주기와 duty factor이다. 자려 발진 회로에서 발진 되는 자려 발진 주파수 f_s 는

식 (6)과 같다.

$$f_s = \frac{V_o^2}{2 \cdot P_o \cdot L_{\beta 1}} \times \left(1 - \frac{V_o}{V_{in}}\right) \quad (6)$$

여기서 P_o 는 출력 전력이다. 출력 전압을 고찰하여 보자. 자려 발진기의 변성기 T1의 2차측 Ls1에 유기되는 전압 V_s 와 V_o 의 관계는 $n_{s1} \cdot V_o = n_{\beta 1} \cdot V_s$ 이다. 또한 V_s 는 제너 다이오드 ZD2의 제너전압 V_z 와 같다고 볼 수 있으므로 V_o 는 식 (7)과 같다.

$$V_o = \frac{n_{\beta 1}}{n_{s1}} \times V_z \quad (7)$$

2. 타려발진을 위한 트리거 회로와 펄스 폭 변조(PWM)를 위한 오차 증폭기

자려 발진에 의해 출력 전압 V_o 가 식 (7)의 설계치에 다다른 상태에서 원 거리 제어 스위치를 단락시켜 TV장치에 전원이 공급되면 수평 편향 발진 회로가 작동이 시작되어 수평 편향 코일에서는 펄스 열이 발생된다. 이 펄스 열은 Ts로 입력되어 다이오드 D3와 변성기 T2를 거쳐서 전력 소자 Q1을 구동 시키고 동시에 Q1을 자려 발진 상태에서 타려 발진(강제 발진)상태로 전환시킨다. 이것은 원 거리 제어 스위치를 단락시키는 순간부터 TV 장치가 정격 전력의 소비를 시작하기 때문이다. TV가 정상적으로 동작할 때에 그 정격 전력이 약 60~120watts임에 반해, TV의 전원 스위치가 개방된 상태(standby 상태)에서는 앞에서 기술한 바와 같이 자려 발진만으로 공급되는 전력인 수 watts로 충분하기 때문이다. 또한 자려 발진 방식만으로 정격 전력을 전부 해결하는 방법도 검토될 수 있으나 이는 구동회로 부분을 많이 보강해야 하고 이는 전원 장치 가격의 상승이 필연적이므로 별 의미가 없다. 민수용 전자에서는 설계 과정에서 재료비와 제조 경비를 극소화로 고려해야 함은 절대 필수 요건이다. 반면에 수평 편향 코일의 출력은 Q1을 구동 시키기에 충분하다. 그것은 충분한 구동 전력을 얻기 위한 전력 증폭 장치가 구동 회로에 추가될 필요가 없음을 의미한다. 본 논문에서는 변성기 T2의 권선 비를 조정하여 T2의 2차측에 1 A까지 공급되도록 했다. 점선 속에 오차 증폭기는 본 전원회로의 구동 방식을 펄스 폭 변조방식(Pulse Width Modulation mode)으로 동작하도록 하여 출력전압 V_o 를 정 전압으로 유지되도록 제한한다. Q5를 포화상태로 구동 시켜 주는 출력 전압

V_o 의 값을 V_{ot} 라고 하면 V_{ot} 는 식 (8)과 같이 결정된다.

$$V_{ot} = (1 + \frac{R_8}{R_9}) \times (V_{z4} + V_{BEon}) \times (1 + \frac{R_1}{h_{FE} \times R_5}) \quad (8)$$

여기서 V_{z4} , h_{FE} 및 V_{BEon} 은 각각 ZD_4 의 제너전압, Q_5 의 직류 전류 이득 및 Q_4 의 베이스-에미터 간의 도통 전압이다. 출력 전압 V_o 가 식(8)의 값 보다 높으면 Q_5 의 콜렉터 전압이 낮아져 Q_2 를 차단 상태로 구동시켜 Q_1 을 또한 차단시킨다. 따라서 Q_1 의 스위칭 동작은 V_o 가 식 (8)의 값으로 낮아질 때까지 정지되어 있다. 부하에 의한 전력소모로 V_o 가 계속 낮아져 V_{ot} 보다 더 낮아지면 오차 증폭기의 출력 Q_5 가 Q_2 를 다시 포화상태로 구동 시키고 이것은 다시 Q_1 을 포화상태로 구동시켜 L_{S1} 에 다시 전력을 공급시킨다. 자려 발진 상태에서 강제 발진으로 바뀌면서 Q_1 의 스위칭 주파수는 수평 편향 주파수로 동기 됨으로 인해 스위칭형 전원에서 발생되는 스위칭 잡음을 화면에서 제거할 수 있다. 출력 리플 전압에 대해서 고찰하여 본다^[5]. 본 회로에서 출력 리플전압은 식(9)와 같이 된다.

$$\Delta \frac{V_o}{V_o} = \pi \times (1 - \delta) \times (\frac{f_c}{f_h})^2 \quad (9)$$

여기서 f_c 는 $(2\pi\sqrt{Lb \cdot C_2})^{-1}$ 이고 f_h 는 수평 편향 발진 주파수이고 $1/T_h$ 로도 표기된다. 다음은 효율을 고찰하자. Q_1 의 콜렉터와 에미터 사이의 전압 V_{ce} 와 콜렉터에 흐르는 전류 i_c 의 스위칭 전파 지연 시간 (switching propagation delay time)은 효율에 큰 영향을 미친다. 즉, 만일 Q_1 이 도통상 태에 들어갈 때 V_{ce} 의 강하와 i_c 의 상승이 동시에 시작하여 동시에 최종 값에 도달한다면 최대의 효율을 얻을 수 있다. 이때의 최대 효율은 식(10-1)로 주어진다^[6].

$$\eta_{max} = \frac{V_o}{V_o + \frac{1}{3} \cdot \frac{V_{in} \times T_s}{T_h}} \quad (10a)$$

여기서 T_s 와 V_{in} 은 각각 Q_1 의 스위칭 주기와 입력 전압이다. 만일 Q_1 의 전하 축적 시간(storage time)이 매우 커서 V_{ce} 가 상승할 때 i_c 가 강하하지 않는다면 효율이 제일 낮아진다. 이때의 효율은 최소가 되며 그 값은 식 (10b)와 같이 된다.

$$\eta_{min} = \frac{V_o}{V_o + 1 + 2 \cdot \frac{V_{in} \times T_s}{T_h}} \quad (10b)$$

실질적으로 효율은 Q_1 의 전하 축적 시간에 의해 거의 정하여진다.

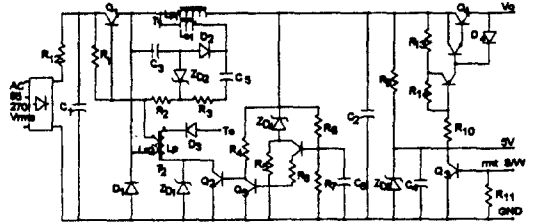


그림 3. 개선된 Buck Converter에 의한 CTV의 전원 장치

Fig. 3. CTV power system with improved a Buck Converter.

III. 응용실험의 결과 및 그 특성

그림 3은 그림 2의 (a)와 (b)를 합하여 27인치 컬러 텔레비전의 전원 장치로 응용한^{[2][7][18]} 실험 회로를 나타낸 것이며 그림 4는 그것의 여러 가지 특성에 대한 실험 결과이다. 그림 4(a)를 관찰하면 전체적으로 이론 치와 잘 부합하나 출력 전류가 증가하고 입력 전압이 최저 입력 전압으로 갈수록 실측 출력 전압과 이론 치의 차가 커진다. 그 이유는 입력 전압 자체가 비 정전압 직류 전압원이므로 최저 입력 전압 부근에서는 출력 전류가 증가할수록 출력 전압의 강하가 커지기 때문이다. 또한 최저 입력 전압이 95 Vrms로서 이론 치와 같음을 알 수 있다. 그림 4(b)에서는 출력 전력이 60 watts일 때에 리플전압이 80 millivolt 정도로 이론 치의 약 2배이다. 이의 원인은 입력 전압의 변동이 그 원인이다. 이론적인 해석에서는 입력 전압은 일정하다고 가정하였다. 그러나 실험에서의 입력 전압은 비 정전압 직류 전압원으로 리플이 매우 많고 이 리플은 이론적인 해석에서는 고려되지 못했다. 그러나 전체적인 리플 값은 출력 전압의 0.1%에 지나지 않음을 우리는 관찰 할 수 있다. 그러나 입력 전압이 최저 입력 전압에 가까워짐에 따라 리플 값이 급격히 상승함을 볼 수 있다. 그림 4(c)에서는 효율의 값은 이론 치에 잘 부합됨을 볼 수 있다. 만일 실험 회로에서 전하의 축적 시간(storage time)이 매우 짧은 전력 소자 Q_1 을 사용하였다면 효율의 실측치는 이론

치의 상한 값으로 가까워질 것이다. 그림 4(d)에서는 부하 변동에 대한 출력 전압의 변동은 입력 전압이 95Vrms일 때를 제외하고 이론 치와 잘 일치함을 볼 수 있다. 입력 전압 95 Vrms는 입력 전압의 하한 치이기 때문이다.

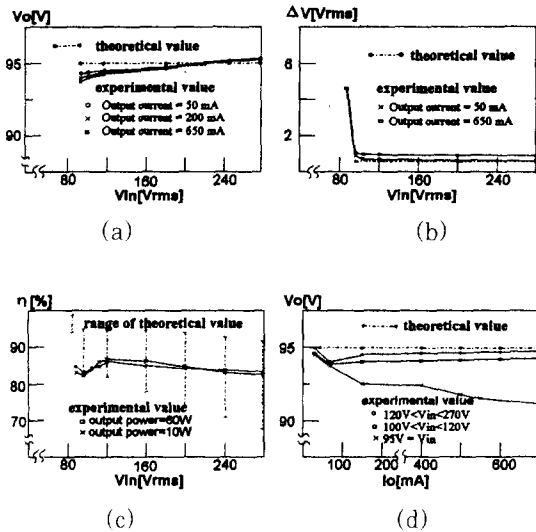


그림 4. 그림 3 회로의 여러 가지 전기적 특성
(a) 입력전압과 출력전압 (b) 출력전압 리플과 입력전압
(c) 효율과 입력전압 (d) 출력전류와 출력전압

Fig. 4. Various electrical characteristics of circuit shown in Fig.3

(a) Input voltage vs. Output voltage (b) Output ripple vs. Input voltage (c) Efficiency vs. Input voltage (d) Output current vs. Output voltage

IV. 결 론

본 논문에서 TV의 전원 장치로서 개선된 Buck Converter형을 소개했다. 여기서 제안된 TV전원에서는 TV가 동작되지 않는 상태에서는 자려 발전형의 전단 정 전압을 이용하여 standby 전력을 충당하고 TV가 동작한 후에는 수평 편향 코일로부터 트리거 신호를 받아 스위칭 전력 소자를 구동 시켰다. 전력 소자의 스위칭 주파수는 수평 편향 주파수에 동기가 되어 있으므로 화면 잡음을 크게 줄이는 효과를 가져왔다. 편향 코일로부터 공급 받는 트리거 펄스 전력은 스위칭 전력 소자를 구동 시키기에 충분하므로 추가로 보완시

킬 구동 회로가 필요 없게 되었다. 출력을 정 전압으로 제어 시켜 주는 오차 증폭기를 포함한 구동 회로 부분은 혼성 후막 집적회로로써 산업화 시키기에 적합하다. 변성기의 2차측을 간단하게 하기 위하여 또한 스위칭 전력 소자의 콜렉터-에미터 간의 역 방향 전압을 줄이기 위하여 자계를 저장하기 위한 인덕턴스의 결합을 전력 소자의 콜렉터 결합에서 에미터 결합으로 바꾸었다. 그 결과 변성기가 인덕턴스로 간략화 되어 전원 장치의 경제적인 구현이 가능했다. 이상의 여러 개선은 전원장치의 경제성의 개선이 가능했다. 기존의 장치보다 약 11%의 전원장치 원가 인하가 가능했고 이는 연간 30억 원의 원가 절감을 가능하게 하였다. 개선된 구동 회로에 의한 전원 장치의 제반 전기적 특성은 이론적인 해석치와 잘 일치됨을 보였다. 효율에서는 기존의 전원장치보다 2-3% 개선됐으나 제반의 다른 전기적 특성은 기존의 전원 장치와 커다란 차이점을 안 보였다.

참 고 문 헌

- [1] M. H. Rashid "Power Electronics /circuits, devices and application" Prentice Hall, pp. 316 - pp. 350, 1993.
- [2] K.B. Billings "Handbook of switchmode power supplier" McGraw-Hill, pp. 3. 64 - pp. 3. 93 and pp. 3. 142 - pp. 3. 160, 1989.
- [3] 佐藤守男 "RCC switching regulator 設計 & 製作" Transistor技術, Oct. pp. 571 - pp. 580, 1989.
- [4] D. Czarkowski and M.K. Kazimierczuk "Linear circuit models of PWM Flyback and Buck/Boost Converters" IEEE Trans. Circuits and Systems, vol. 39, No. 8, pp. 688 - pp. 693, Aug. 1992.
- [5] N. Mohan, T. M. Udeland and W. P. Robbins "Power electronics: Converters, Applications and Design" John Wiley, pp. 64 - pp. 81, 1989.
- [6] A.I. Pressman "Switching power supply design" McGraw-Hill, pp. 12 - pp. 21, 1992.
- [7] "Application note of RE8000" 大盛半導體株式會社, 1991.

- [8] G.Chryssis "High frequency switchmode power theory and design" McGraw-Hill, pp. 109 - pp. 131, 1989.

저 자 소 개



鄭 鎮 國(正會員)

1945년 7월 9일생. 1973년 2월. 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1977년 2월. 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(공학석사). 1993년 9월 ~ 현재. 한국과학기술원 정보통신공학과 박사과정중. 1977년 3월 ~ 1985년 11월 대우통신(주)책임연구원. 1986년 2월 ~ 1992년 2월 대성반도체(주). 1993년 2월 ~ 현재 대림전문대학 전자과