

## Laser 프린터용 고압 순시 전류제어형 전원특성에 관한 연구

蔡榮敏<sup>†</sup>, 趙鍾化<sup>\*</sup>, 權重基<sup>\*\*</sup>, 韓相龍<sup>\*\*</sup>

## A Study on the Characteristic of High Voltage Type Instantaneous Current Source for Laser Printer

Young-Min Chae, Jong-Hwa Cho, Joong-Ki Gwon, and Sang-Yong Han

## 요 약

본 논문에서는 온도나 습도등 주변 환경변화와 무관하게 항상 최적의 레이저 프린터의 출력특성을 유지하기 위한 OPC(Organic Photo Conductor)용 고압 전류형 전원특성에 관한 논문이다. 제안된 제어방식은 기존의 정전압 제어방식이 가지는 단점인 온도나 습도 및 OPC의 분포저항 변화에 따른 출력전류 변동으로 OPC 표면에 일정한 전위를 형성하는 것이 용이하지 않은 단점을 개선하고, 주변환경 변화요인을 프린터 주제어기에서 감지하여 최적의 출력전류 기준신호를 출력하고, 이 기준신호에 따라 최종 출력전류가 제어되어 일정한 화상상태가 유지되도록 제어하는 제어방식으로 실험을 통하여 제안된 제어방식의 타당성을 검증하였다.

## ABSTRACT

In this paper, a new self-oscillated type high voltage power supply for the OPC(Organic Photo Conductor) charge is proposed, which has variable constant current source characteristics to improve the charge characteristic of the OPC roller. The proposed control method enables high quality printing characteristics regardless of the circumstance change such as ambient temperature or humidity by changing the current reference signal. To verify the proposed control method various experiments are performed.

**Key Word** : High Voltage Power Supply, OPC, Oscillator, Current Source

## 1. 서 론

최근 SOHO(Small Office Home Office)산업 확대 및 정보화 환경의 급속한 발달과 PC 보급율 증대에 따라 PC 주변기기에 대한 변화가 활발히 진행되고 있다. 대표적인 PC 주변기기장치인 프린터의 경우 소비자의 경제성 및 고속출력 등의 장점을 가지는 레이저 프린터에 관한 연구가 활발

히 진행되고 있으며, 특히 고품질 컬러 레이저 프린터에 대한 수요가 증대되고 있다. 이러한 컬러 레이저 프린터의 경우에는 복잡한 전사과정 및 Mechanism이 요구되며, 전원 공급장치의 측면에서는 화상형성에 있어 가장 필수적인 안정적이고 다기능을 가지는 고압 전원장치에 개발이 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 컬러 레이저 프린터의 화상에 가장 중요한 제어요소인 고압 전원장치에 순시 출력전류 제어방식을 사용하여 온도나 습도 등 화상에 영향을 미치는 주변 환경변화시 프린터 주제어기에서 이를 인식하여 출력전류의 기준신호를 변동함에 의해 일정한 화상상태가 유지되는 고압 가변 정전류 전원개발에 관하여 연구하였다.

<sup>†</sup> 교신저자 : 정회원, 삼성전자 Digital Media총괄 프린팅 사업부 책임연구원

E-mail : ym.chae@samsung.com

\* 정회원, 삼성전자 Digital Media 총괄프린팅사업부 선임연구원

\*\* 정회원, 삼성전자 Digital Media 총괄프린팅사업부 수석연구원

접수일자 : 2003. 8. 27 1차 심사 : 2003. 10. 6

심사완료일 : 2003. 10. 15

## 2. 레이저 프린터의 동작원리

레이저 프린터는 전자사진 과정에 의해 화상정보를 인쇄하는 장치로써 아래 그림 1과 같이 구성되어 있다. 그림에서 보이는 바와 같이 드라이버 및 Controller를 거친 화상정보는 LSU(Laser Scanning Unit)를 통한 후 대전, 노광, 현상, 전사, 정착으로 구성되는 전자사진 과정을 거쳐 최종 용지에 출력된다. 대전과정에서는 HVPS(High Voltage Power Supply)에서 출력되는 수 [KV]의 고압전원을 대전 Roller를 통하여 OPC(Organic Photo Conductor) 드럼에 대전시켜 OPC 자체 표면전위를 (-1)[kV]이내의 전위를 형성시킨다. 대전된 OPC드럼의 표면은 회전되면서 LSU에서 출력하는 레이저 빛에 의해 화상정보가 노광되는데, 노광이 이루어지지 않은 비 화상영역은 대전전위가 그대로 유지되나 노광된 화상영역은 (-) 수십 [V]로 전위가 감소하여 정전잠상을 형성하게 된다. 정전잠상이 형성된 OPC는 회전하고, 이때 대전과정에서와 마찬가지로 HVPS에서 출력되는 (-) 수백 [V]의 전위를 이용하여 공급 Roller와 현상 Roller를 통해 이동된 토너는 OPC표면의 전위차에 의해 정전잠상이 형성된 OPC표면에만 토너가 부착하게 된다. 이 과정을 통하여 OPC표면에는 실제 출력하고자 하는 정보만이 토너가 부착된 가시화상을 형성하게 되고, HVPS에 의해 수천 [V] 이내로 대전된 전사 Roller에 의하여 인쇄용지로 가시화상이 전송된다. 인쇄용지위에 전송된 가시화상형태의 토너입자를 용지에 정착시키기 위해서는 Pressure Roller와 Heat Roller로 구성된 고온, 가압장치인 정착기를 통하여 최종적으로 용지에 화상정보가 기록된다.<sup>[1-2]</sup>

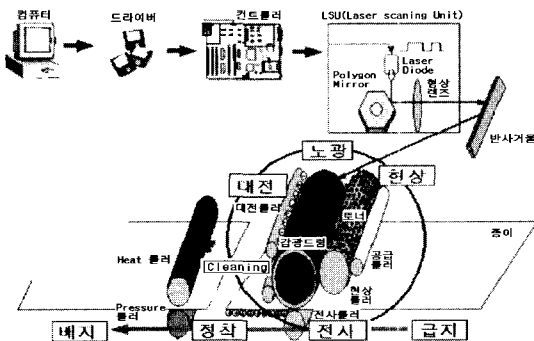


그림 1 레이저 프린터 동작원리  
Fig. 1 Operation Process of Laser Printer

상기와 같은 전자사진 과정과정중 화질형성에 가장 중요한 영향을 미치는 부분중 하나인 OPC의 전위형성을 위한 대전방식은 토너입자 종류 혹은 현상방식등에 따라 여러 가지로 구분이 가능하지만, 크게 OPC에 대전 Roller가 직접 접촉되어 대전전위를 형성하는 접촉방식과 OPC와 접촉하지 않고 Corona 대전을 이용하여 대전전위를 인가하는 비접촉 방식으로 구분할 수 있다. 이중 비접촉 Corona 대전방식의 경우에는 OPC 표면을 일정하게 대전하기 위해서는 분포저항이나 온도 혹은 매질에 관계없이 일정한 대전전위형성을 위하여 전류원으로 구동하는 것이 유리하다.<sup>[1]</sup>

따라서 본 논문에서는 컬러 레이저 프린터용 비접촉 대전방식에 사용되는 고압 순시 전류제어형 가변 전원에 관하여 연구하였다. 제안된 제어방식은 온도나 습도등 화상에 영향을 미치는 주변환경 변화에 따라 화상품질의 변화시 이러한 변화를 프린터 주제어기에서 인식하여 환경변화를 보상하기 위한 전류 제어기의 입력신호인 기준신호를 변동하고, 이 기준신호에 따라 출력전류가 제어됨에 따라 항상 일정한 화상상태가 유지되도록 제어하는 방식으로써 실험을 통하여 제안된 제어방식의 타당성을 검증하였다.

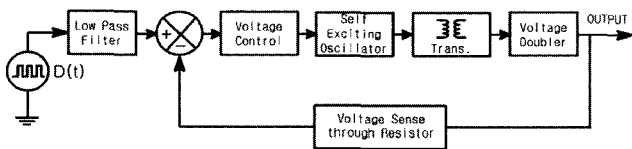
## 3. 고압 가변 정전류 시스템 구성

### 3.1 회로구성

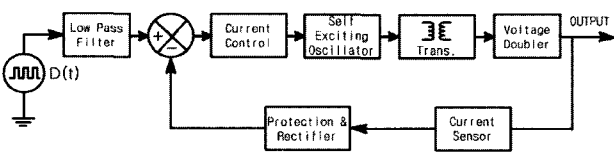
전술한 바와 같이 레이저 프린터용 비접촉 대전방식에서 OPC 표면에 일정한 (-)대전전위를 형성하기 위해서는 고압 전원이 필요하다. 아래 그림 2는 이러한 고압 전원을 발생하기 위하여 기존에 많이 사용되는 정전압형 전원시스템과 제안된 순시 전류제어형 정전류 전원시스템의 제어 블록다이어그램을 나타내었다. 일반적으로 OPC 표면의 체적저항치인 출력측 부하의 변동(5~30[Mega Ω])이 적은 경우에는 정전압 제어방식의 전원을 사용하지만 온도나 습도 혹은 OPC표면과 전극사이의 Air Gap이 불균일한 경우에는 기존의 정전압 방식을 사용할 경우 대전 전류가 변동하여 OPC표면에 일정한 대전 전위를 형성하는 것이 용이하지 않은 단점이 있다. 따라서 이러한 단점을 개선하기 위하여 본 논문에서는 출력전류를 순시적으로 감지하여 프린터의 주제어기에서 출력하고자하는 출력전류값을 항상 일정하게 출

력하기 위하여 그림 (b)에 보이는 바와 같은 정전류형 전원시스템을 제안하였다.

제안된 정전류형 전원시스템의 동작은 그림 (b)에 보이는 바와 같이 HVPS가 출력하고자하는 출력전류의 기준전류 신호를 주제어기에서 듀티 신호형태로 입력받고, 이 듀티신호를 저역통과 필터를 거쳐 아날로그형태의 출력전류의 기준신호로 변환한다. 전류제어기에서는 아날로그형태의 출력전류의 기준신호를 바탕으로 실제 출력전류에서 검출된 출력전류신호와 연산하여 최종 출력 제어신호가 발생되고, 이 출력 제어신호는 자기공진 회로 및 변압기를 거쳐 고압의 고주파 교류전원을 발생시킨다. 이 고압의 교류 출력전압은 정류회로 및 배압회로를 거쳐 최종 출력 전류원으로 동작된다. 그림 3은 상기에 기술한 동작을 구현하기 위한 실제 회로도이다.



(a) 기존의 정전압형 전원시스템 블록다이아그램  
(a) Block Diagram of Voltage Source Power System



(b) 제안된 정전류형 전원시스템 블록다이아그램  
(b) Block Diagram of Current Source Power System

그림 2 대전전위 형성을 위한 HVPS 시스템 블록다이아그램  
Fig. 2 Block Diagram of HVPS System

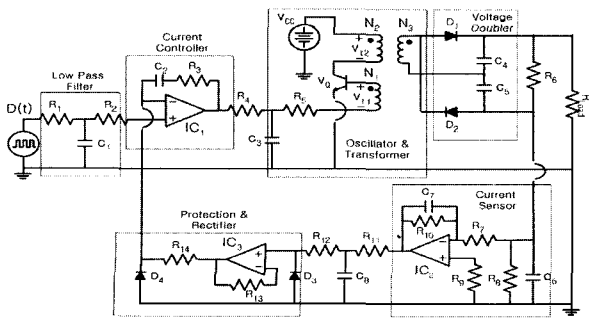


그림 3 전체 시스템 회로도  
Fig. 3 Circuit Diagram of Proposed System

### 3.2 회로동작 및 설계

#### 3.2.1 Oscillation 회로동작

제안된 고압 전류제어형 전원 시스템은 아래 그림 4에 보이는 바와 같이 발진회로를 이용하여 변압기 1차측에 고주파 교류신호를 발생하고 이를 변압기를 통하여 최종 출력이 수 [KV]의 고압 전원을 발생시킨다. 발진회로는 크게 3개의 루프로 구성되어 있다. 루프 1은 기준신호와 Sensing된 출력전류와의 비교후 제어기를 통해 출력되는 신호에 의해 VC3에 전압이 유기되는 부분이고, 루프 2에서는 발진용 커패시터 C3 및 변압기 T1과의 공진현상을 통하여 트랜지스터의 Base측 전류를 제어하는 부분이다. 루프 3에서는 아래 식(1)의 관계에 의해 트랜지스터의 Base전류에 따른 VQCE의 변화 및 변압기 T2의 자화 인덕턴스값에 따라 T2에 교류의 발진신호가 발생되는 회로부분이다.<sup>[5]-[7]</sup>

$$v_{t2}(t) = V_{CC} - V_{QCE}(t) \quad (1)$$

이상의 자기 발진회로를 동작모드별로 살펴보면 다음과 같이 2개의 동작모드로 설명할 수 있다.

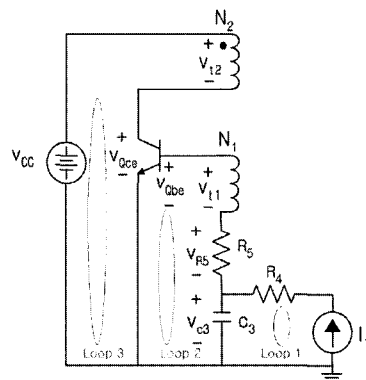


그림 4 Oscillator 회로 동작모드  
Fig. 4 Operating Mode of Oscillator

**Mode 1 :** 커패시터 C3에 전압이 유기되면 T2의 자화 인덕턴스에 전압이 인가되고, 루프 2에서는 식(2)와 같이 회로방정식이 성립되어 트랜지스터의 base측에 양의 Bias가 인가되어 활성영역에서 동작하므로 VQCE는 감소하고 T2에 인가되는 VT2는 점차 증가한다. 변압기 1차측과 2차측의 관계식 (3)에 의해 최종출력전류는 식(4)와 같이 표현된다.

$$v_{t1} + iR_5 + v_{c3} + v_{be} = 0 \tag{2}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{v_{T1}}{v_{T2}} \tag{3}$$

$$i_{base} = \frac{-\left(\frac{N_1}{N_2} v_{t1} + v_{c3} + v_{be}\right)}{R} \tag{4}$$

**Mode 2 :** Mode 1에 의해 변압기 T2의 자화 인덕턴스에 의해 증가된  $V_{t2}$ 는 루프 2의 회로방정식에 의해 최대 양의 전압에 이르면 커패시터 C3와 공진현상에 의해 점차 감소되고, 이때 자화 인덕턴스에 저장된 에너지는 변압기 권선을 통해 흐르게 됨에 따라 감소되기 시작하여 최종적으로는 극성이 반전된 음의 최대값에 이르게 된다. 이후  $V_{t2}$ 에 전압이 다시 인가되기 시작하여 Mode 1을 반복하게 된다. 이러한 Oscillation회로의 공진주파수는 변압기 1차 자화 인덕턴스 크기와 커패시터 C3에 따라 아래식 (5)와 같이 결정되며 제안된 시스템의 경우 자화인덕턴스, 커패시터 C3 및 공진 주파수는 각각 300[uH], 33[nF], 45[KHz]로 설계 제작하였다.<sup>[3]-[8]</sup>

$$f_{resonant} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_m C_3}} \tag{5}$$

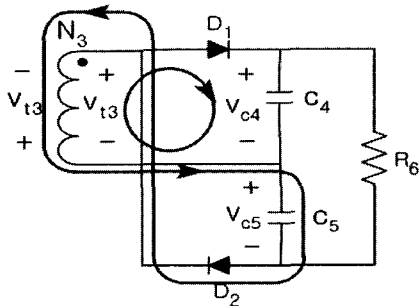


그림 5 출력측 배압회로도  
Fig. 5 Circuit Diagram of Voltage Doubler

**3.2.2 출력 배압회로 및 전류 센싱부**

전술한 발진회로에 의해 발생된 고주파 교류 신호는 N2와 N3의 변압비에 의해 식 (6)과 같이 출력측 변압기 T3에 인가되고, 그림 5에 보이는 바와 같이 변압기 극성에 따라 정류되어 C4와 C5에 각각 인가되어, 최종 출력전압은 VC4와 VC5가 직렬 연결되어 부하에 인가된다.

$$v_{T3} = \frac{N_3}{N_2} v_{T2} \tag{6}$$

출력전류검출은 그림 3에 보이는 바와 같이 커패시터 C6를 이용하여 아래 식 (7)과 같이 출력전류의 적분치를 통한 전압신호로 변환하여 사용하였다.

$$v_{\alpha} = \frac{1}{C_6} \int i_{out} dt \tag{7}$$

**4. 실험결과 및 검토**

제안된 고압 순시 전류제어형 전원의 실험에 사용된 입력, 출력 전원조건 및 파라미터는 표 1에 나타낸 바와 같다. 전술한 바와 같이 제안된 시스템은 프린터 주제어기에서 출력되는 듀티신호를 저역통과 필터를 거친후 전류 제어기의 기준신호로 삼아 실제 출력전류전류가 기준전류신호와 일치하도록 제어하는 방식이다. 이러한 고압 정전류의 발생을 위하여 그림 4에 보이는 바와 같이 변압기와 트랜지스터를 이용한 Oscillator회로를 사용하였고, 배압회로를 이용하여 고압을 발생하도록 시스템을 구성하였다.

표 1 제안된 시스템 파라미터  
Table 1 Used Parameter for Proposed System

구 분	파 라 메 터
입력 전원	+ DC 24 [V]
출력 전류	0 ~ 500 [uA] 가변
출력 전압	9 [KV] 이내
부하 조건	10 ~ 15 [Mega Ω]
제어 방식	전류 제어방식

그림 6은 주제어기에서 출력되는 듀티신호와 전류 제어기에 인가되는 입력 기준신호 및 출력전류 센싱신호와 더불어 최종 전류 제어기의 출력신호를 보여주고 있다. 그림에서 보이는 바와 같이 출력전류 기준신호를 실제 출력전류 신호가 정확히 추종하고 있으며 따라서 제안된 전류제어 방식이 원활히 수행되고 있음을 알 수 있다. 그림 7과 8은 Oscillation회로의 각부 공진파형으로써 C3와 변압기 T1의 자화 인덕턴스가 공진함에 따라 트랜지스터 Base측 전압 VBE에 순방향 및 역방향 Bias가 인가됨을 알 수 있다.

그림 8은 그림 4의 루프 3 회로에서 공진에 의

해 VT2전압이 교류로 변동됨에 따라 트랜지스터의 콜렉터측에 인가되는 전압이 전원전압 24[V]에서 VT2를 뺀만큼 인가됨을 확인할 수 있고, 최종적으로 교류의 VT2전압이 식(6)에 나타난 바와 같은 권선비를 통하여 VT3 출력단에 고압의 교류 출력전압이 출력됨을 알 수 있다. 전술한 바와 같이 이러한 고주파이며 고압형태의 교류 출력전압은 정류기 및 배압회로를 거쳐 고압의 정전류원으로 최종 출력된다. 그림 9는 전류 제어기의 응답특성을 관찰하기 위하여 입력 듀티 신호 즉 전류 기준신호를 최대값에서 최소값으로 단계적으로 변화시 각부 파형이다. 그림에서 나타난 바와 같이 전류 기준신호를 변동함에 따라

실제 출력전류가 최대값에서 최소값으로 변동되며, 출력전류의 센싱신호가 기준전류신호와 정확히 일치되고 있음을 통하여 제안된 제어방식이 원활히 수행되고 있음을 알 수 있다.

또한 출력전압의 파형은 부하저항값에 출력전류를 곱한 값으로 나타남을 알 수 있다. 그림 10은 제안된 시스템을 ON/OFF시의 출력전류 및 전압의 Rising 및 Falling 특성으로써 각각 1.1[ms]와 0.98[ms]로 빠른 속응동작 특성을 확인할 수 있다.

그림 11은 부하가변에 따른 기존의 정전압 제어방식과 제안된 정전류 제어방식의 출력전압 및 전류측면에서의 전원특성으로써 전술한 바와 같이 제안된 정전류 제어방식의 경우 부하가변(5~30[Mega Ω])범위 이내에서 항시 일정한 출력전류를 유지함을 알 수 있고, 따라서 OPC 체적저항

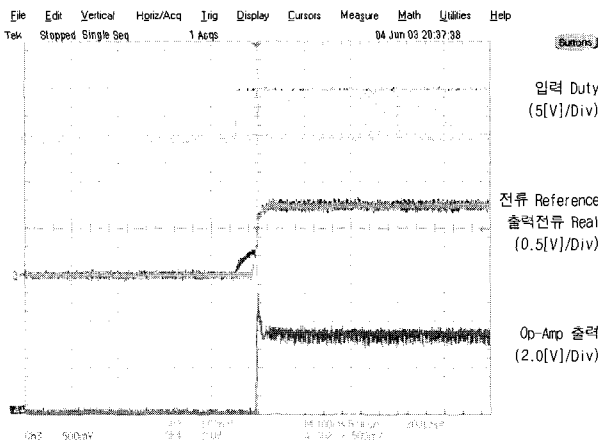


그림 6 전류 제어기 각부파형 (100[ms/Div])  
Fig. 6 Current Controller Waveform

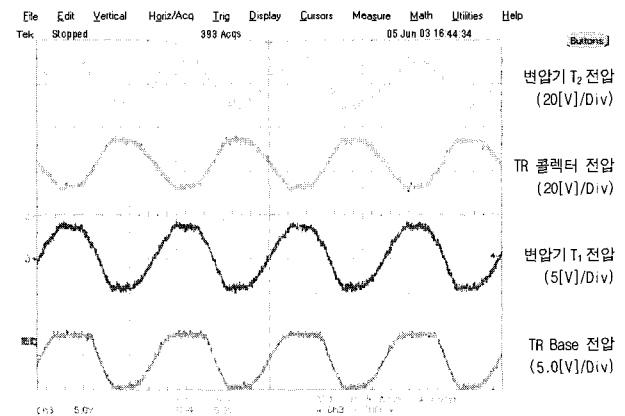


그림 8 Oscillator 각부파형 (10[μs/Div])  
Fig. 8 Voltage Waveform of Oscillator

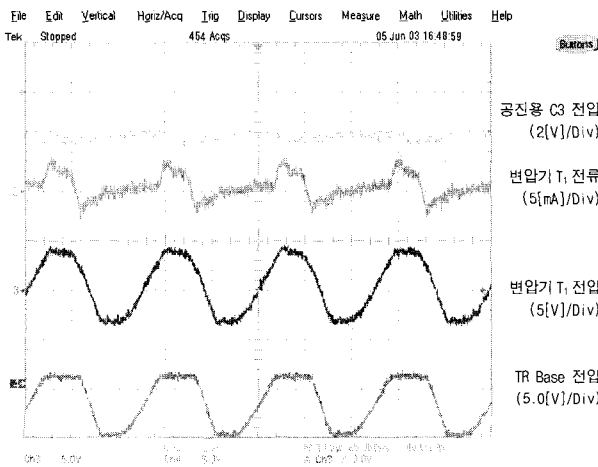


그림 7 Oscillator 각부파형 (10[μs/Div])  
Fig. 7 Voltage and Current Waveform of Oscillator

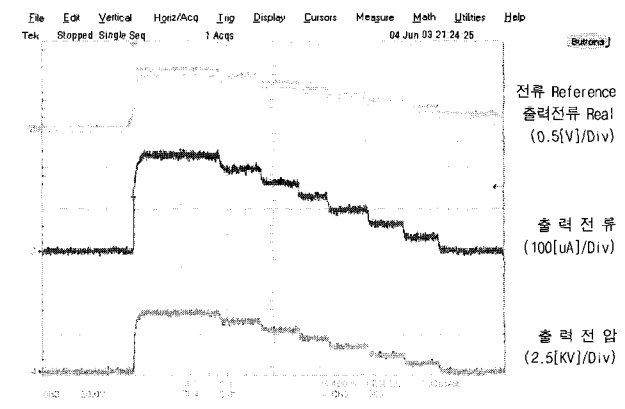


그림 9 출력전압 및 전류파형 (400[ms/Div])  
Fig. 9 Output Voltage and Current Waveform

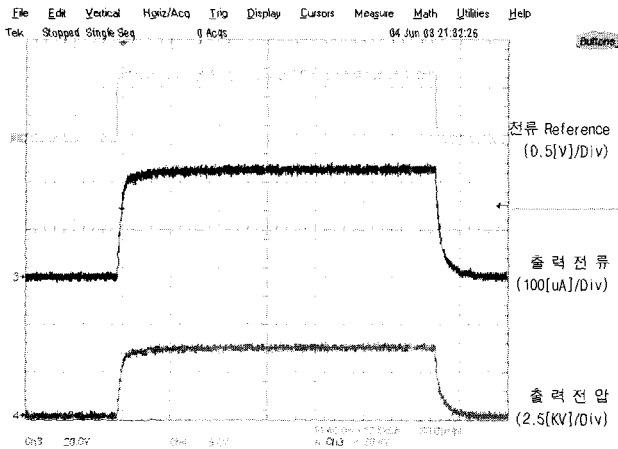
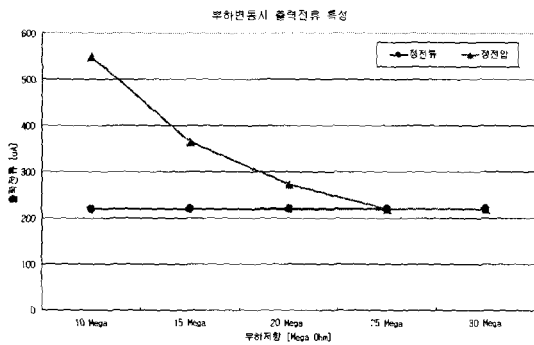
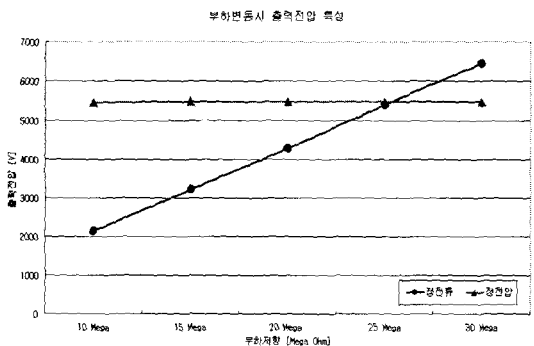


그림 10 Step 입력시 제어기 각부파형 (40[ms/Div])  
 Fig. 10 Output Voltage and Current Waveform for Step Input Condition



(a) 부하가변시 출력전류 특성  
 (a) Output current variation depend on the load change



(b) 부하가변시 출력전압 특성  
 (b) Output voltage variation depend on the load change

그림 11 제어방식에 따른 출력 전력특성  
 Fig. 11 Output power characteristics depend on control method

의 변화가 많은 비접촉 현상방식의 레이저 프린터에서 일정한 대전전위 형성에 적합한 출력전원 방식임을 확인할 수 있다.

### 5. 결론

본 논문에서는 레이저 프린터의 화질향상을 위하여 고압 순시 전류제어형 가변전원에 관한 새로운 제어방식을 제안하였다. 제안된 제어방식은 기존의 정전압 제어방식이 가지는 단점인 온도나 습도 및 OPC의 분포저항 변화에 따른 출력전류 변동으로 OPC 표면에 일정한 대전전위를 형성하는 것이 용이하지 않은 단점을 개선하고, 주변환경 변화요인을 프린터 주제어기에서 감지하여 최적의 출력전류 기준신호를 출력하고, 이 기준신호에 따라 최종 출력전류가 제어되어 일정한 화상상태가 유지되도록 제어하는 제어방식으로 실험을 통하여 제안된 제어방식의 타당성을 검증하였다.

### 참고 문헌

- [1] Schein L. B. "Electro Photography", IBM research Center, 1992.
- [2] Sim W. J. "Conductive Roll Contact Model and its Control", 삼성전자 프린팅사업부 기술논문집, pp. 87~97, 2002.
- [3] 김학성, 박영국, 오준용, 성기봉. "진단 X-선용 40kW 고주파 고압 전원시스템", 전력저자학회 논문지, 제8권, 2호, pp. 192~198, 2003.
- [4] 박송배, "현대 전자회로", 문운당, 1990.
- [5] "Navy Electricity and Electronics Training Series : Chaper 2 Oscillator", FTCM Early Oaks, pp. 2.1~2.38, 1998.
- [6] Armstrong L. D. "GaAs IMPATT Diode, Oscillators and Amplifiers", Microwave Symposium Digest, Vol. 70, pp. 279~283, May. 1970.
- [7] Qiuting H. "Exact calculation of oscillation amplitude and predicting power consumption for CMOS Colpitts oscillators", IEEE Proceedings of ISCAS'97, Vol. 2, pp. 1401~1404, June. 1997.
- [8] Erickson R. W. "Fundamentals of Power Electronics", Chapman & Hall, 1997.

## 저 자 소 개



### **채영민(蔡榮敏)**

1967년 2월 24일생. 1994년 건국대 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1999년~2002년 미국 Delta Co. 중앙 연구소 DPEL(N.C.) 연구원. 2002년~현재 삼성전자 Digital Media총괄 프린팅 사업부 책임연구원.



### **조종화(趙鍾化)**

1969년 1월 26일. 1995년 대구대 전자공학과 졸업. 1996년~현재 삼성전자 Digital Media총괄 프린팅 사업부 책임연구원.



### **권중기(權重基)**

1960년 4월27일생. 1986년 숭실대 전자공학과 졸업. 1989년~현재 Digital Media총괄 프린팅 사업부 수석연구원.



### **한상용(韓相龍)**

1958년 11월 29일생. 1994년 경북대 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1981년~현재 삼성전자 Digital Media총괄 프린팅 사업부 수석연구원.