

서버 전원 시스템의 발전 방향과 서버용 전원 장치의 개발 동향

김정은, 김돈식, 오동성, 이효범
삼성전기 CDS사업부 Power개발팀

Abstract

본 논문에서는 서버 전원 시스템의 발전 방향과 서버용 전원 장치의 개발 동향을 소개하고, 서버용 전원 장치의 설계 시 고려 사항을 제시한다.

1. Introduction

에너지를 절약하고 이산화탄소 배출량을 저감시키기 위하여 80PLUS 및 CSCI (Climate Savers Computing Initiative)에서는 표 1과 같이 서버용 전원 장치의 효율 목표를 제시하고 인증을 시행하고 있다. 2010년에는 80PLUS Gold Level의 효율이 권장되고 있으나, Hewlett-Packard는 이미 80PLUS Platinum Level의 서버 시스템을 판매하였고, 현재는 대부분의 서버 업체들이 80PLUS Platinum Level 이상의 효율을 요구하고 있는 실정이다. 80PLUS Platinum Level은 230Vac 입력 조건에서 각 부하 조건에 따른 효율을 만족시켜야 하며, 50% 부하 조건에서 특히 높은 94%의 효율을 요구한다. 그러므로, 50% 부하 조건에서 효율을 만족시킬 경우 20% 및 100% 부하 조건에서는 어렵지 않게 80PLUS Platinum 인증을 얻을 수 있다.

최근에는 80PLUS Platinum 이상의 효율에 대한 요구가 상당하다. 즉, 앞으로 개발될 서버용 전원 장치에 대하여 50% 부하 조건에서 95%의 높은 효율을 요구할 뿐만 아니라, 서버 시스템의 실제 부하 조건을 고려하여 10%와 20% 부하 조건에서도 각각 90%와 92%의 효율을 요구할 것으로 예상하고 있다.

그리고, 데이터 센터의 확대 및 서버 시스템이 다기능화에 따라 서버용 전원 또한 다양한 기능이 요구된다. 특히, 서버 시스템은 입력 AC 전원 및 서버용 전원의 상태를 정밀하게 감시할 수 있도록 하여, 데이터 센터 관리를 보다 용이하게 하고자 하는 것이다.

이러한 요구 조건을 만족시키기 위하여, 서버용 전원의 설계는 기존의 전력 회로 및 제어 회로의 설계뿐만 아니라, 시스템 관점에서의 설계가 필요하게 된다. 즉, 서버용 전원은 높은 신뢰성과 장수명, 고효율 등의 성능은 기본이며, 모니터링과 통신 등의 다양한 기능에 대한 설계가 중요하게 되었다.

본론에서는 서버용 전원 장치의 요구 조건에 대하여 상세히 살펴본 후, 그에 대한 설계 고려 사항을 제시하도록 한다.

2. Power Supplying Performance

2.1. Efficiency

서버용 전원의 구성 및 50% 부하 조건에서 95% 효율을 달성하기 위한 PFC, DC/DC, Standby 단의 효율을 그림 1에 나타내었다. PFC 단은 98.4% 효율을 달성해야 하며, 이를 위해 E사는 Bridgeless Boost Converter를 적용하기도 한다. 하지만, Size 및 Cost를 고려하여, PFC 인덕터의 최적 설계 및 FET와 Diode의 적합한 선정이 필요하다. Standby 단의 경우, 최근 출시된 제어기가 내장된 CoolMOS FET와 Synchronous Rectifier를 적용하여 92.0% 정도의 효율을 달성할 수 있을 것이다. 그러나, 그림 1에 나타낸 것과 같이 DC/DC 단에서 97% 이상의 효율을 얻기는 매우 힘들 것이다. 특히 높은 출력 전류에 의한 변압기, 출력 인덕터, Synchronous Rectifier 등의 출력측 소자에서 발생하는 도통 손실을 줄이기 어렵다. 게다가, DC/DC 단의 동작을 위해 기본적으로 소비되는 스위칭 소자의 스위칭 손실 및 자기 소자의 코어 손실 또한 만만치 않다.

특히 10% 부하 조건에서 서버용 전원 전체 효율 90% 이상을 달성하기 위해서는 각 단에서 발생하는 스위칭 손실과 코어 손실, IC 드라이빙 손실 등을 최소화하여야 한다.

2.2. Size and Power Density

한정된 공간의 데이터 센터에 고용량의 서버 시스템을 구현하기 위하여, 서버용 전원 또한 높은 전력 밀도를 가져야 한다. 서버용 전원에는 PFC, DC/DC, Standby 단 뿐만 아니라, EMI filter, AC inlet, Output connector, Bulk capacitor 등의 다른 구성 요소가 많다. 따라서, Cost에 대하여 자유롭더라도 Size 제약에 의하여 스위칭 소자 및 자기 소자의 설계가 제한되어 결과적으로 높은 효율에도 제약이 따른다.

그리고, 서버용 전원의 중요한 성능 중에 하나인 Hold-up time을 결정짓는 Bulk capacitor의 Capacitance 역시 제한됨으로 인하여 효율을 높이기 어렵다. 최근 서버 시스템 업체에서 Hold-up time 스펙을 많이 낮추었지만, 지속적으로 높아지고 있는 Power Density 스펙을 만족시키는 쉽지 않다. 최근에는 20~30W/in³의 Power Density를 요구하고 있다.

Table 1 Efficiency certifications of server PSU

80 PLUS Test Type	115V Internal Non-Redundant			230V Internal Redundant			CSCI Specifications		
	Fraction of Rated Load	20%	50%	100%	20%	50%		100%	
80 PLUS		80%	80%	80%	Not defined			CSCI 2007	
80 PLUS Bronze		82%	85%	82%	—	81%	85%	81%	CSCI 2008
80 PLUS Silver		85%	88%	85%	75%	85%	89%	85%	CSCI 2009
80 PLUS Gold		87%	90%	87%	80%	88%	92%	88%	CSCI 2010
80 PLUS Platinum		Not defined			82%	90%	94%	91%	CSCI 2011
80 PLUS Diamond(?)		Not defined			90%	92%	95%	93%	—

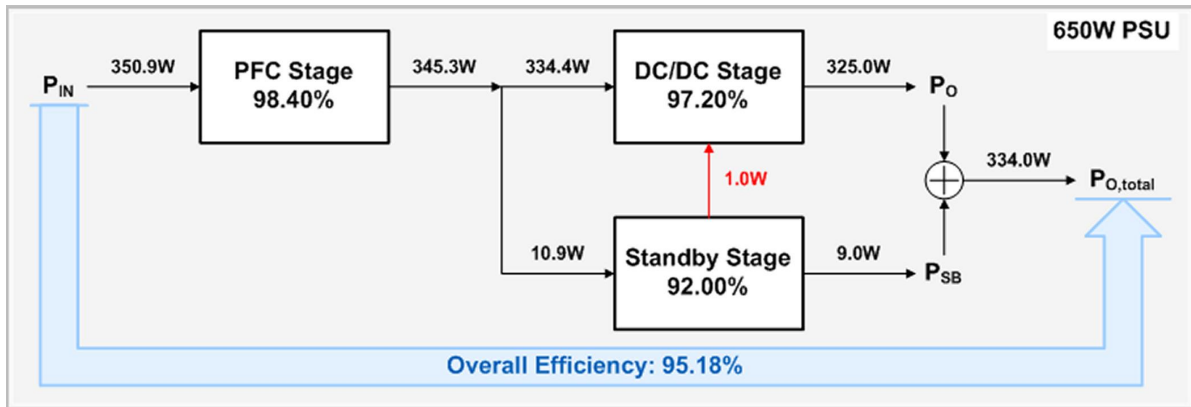


Fig. 1 Structure of server PSU

3. Smart Server, Smart Power

3.1. Monitoring

데이터 센터의 효율적인 그리고 신뢰성 있는 관리를 위해서 서버 시스템의 Monitoring 기능이 강화되고 있으며, 이는 서버용 전원에도 마찬가지이다. 먼저, 서버 시스템의 실시간 에너지 소비량과 효율 등을 측정하기 위한 입력 전력 Monitoring 기능이 있으며, 약 3% 정도의 정밀도를 요구하고 있다. AC 입력 전력을 센싱하기 위해서는 AC 입력 전압과 AC 입력 전류를 센싱해야 하며, 입력 전압 센싱을 위한 저항 오차, 입력 전류 센싱을 위한 증폭기 오차 및 저항 오차 등을 고려할 때, 3%의 정밀도는 달성하기 어려운 스펙이다.

최근 입력 전력 Monitoring을 위한 IC가 여러 반도체 업체에서 출시되고 있지만, 매우 높은 가격으로 인하여 적용하기 어려운 실정이다. DC인 출력 전압과 출력 전류는 상대적으로 용이하게 센싱할 수 있다.

3.2. Never Shutdown

서버 시스템은 항상 동작하고 있어야 하므로, 서버용 전원 또한 항상 동작하며 Shutdown되지 않도록 설계되어야 한다. 이 말은 상당한 모순이 있지만, 추구해야 할 방향인 것은 확실하다. 서버 시스템에 전원을 안정적으로 공급하기 위해서, 서버용 전원이 2개 이상이 사용되는 경우가 많으며, 주로 N+1 Redundant로 전원이 구성된다. 뿐만 아니라, UPS가 AC loss에 대비하고 있으며, 추가적인 Battery back-up 시스템을 장착하고 있는 경우도 있다. 즉, 서버용 전원이 Shutdown되는 경우가 있더라도 서버 시스템의 안정적인 동작을 보장해야 한다.

서버용 전원이 보호 회로 동작에 의하여 Shutdown되는 경우는 Over-voltage (OV), Over-current (OC), Over-temperature (OT) 등의 조건이 있다. 이 중, 부하 조건과 밀접한 관계가 있는 OC 및 OT에 대해서는 서버용 전원이 Shutdown되지 않도록 서버용 전원뿐만 아니라 서버 시스템 또한 설계되고 있다. OC의 경우는 서버용 전원에서 더 높은 출력 전력을 공급할 수 있도록 설계해야 하며, OT의 경우는 서버 시스템에서 부하를 줄일 수 있도록 신호를 전달할 수 있도록 설계해야 한다.

3.3. AC Loss Detection

AC Loss는 서버 시스템 전체가 Shutdown될 수 있는 심각한 상황이다. 비록 UPS나 Battery back-up 시스템이 있는 경우에도 비상 상황에 대비해야 한다. 결과적으로 서버 시스템은 AC Loss에 대한 감지를 최대한 빠르게 수행해야 하며, 결국 AC 전원과 직접적으로 맞닿아 있는

서버용 전원이 할 수 밖에 없다. AC Loss 신호에 대하여 서버 시스템은 처리 중인 데이터를 저장하거나 시스템 부하를 줄일 수 있으며, Battery back-up 시스템을 동작시킬 수도 있다. 따라서, AC Loss의 감지는 서버용 전원의 중요한 기능 중 하나이며, 매우 빠르게 감지할 수 있도록 설계되어야 한다.

3.4. System Efficiency

서버용 전원 자체의 효율을 높이는 것도 중요하지만, 이는 한계가 있다. 특히 서버 시스템은 최대 부하의 10%~30% 부하 조건에서 가장 많이 동작하고 있으므로, 서버용 전원의 저부하 조건에서 효율을 높여야 하지만, 기본적으로 소모되는 스위칭 손실과 코어 손실, IC 드라이빙 손실 등에 의하여 10% 부하 조건에서 90% 이상의 효율을 얻기가 쉽지 않다. 특히 1+1 Redundant 시스템에서는 서버용 전원이 부담하는 서버 시스템 부하가 절반이 되므로 서버 시스템의 효율적인 운영을 위해서는 서버용 전원의 저부하 효율이 더욱 더 중요하다.

최근, 이러한 서버 시스템의 저부하 조건에서의 전력 손실을 최소화하기 위하여 부하가 낮아질수록 동작하는 서버용 전원의 수를 줄이는 개념이 도입되고 있다. 예를 들어, 1+1 Redundant 시스템에서 부하가 30% 이하가 되면 하나의 서버용 전원만 동작시키고, 다시 부하가 증가하면 두 전원 모두 동작시키는 것이다. 이 경우, 저부하 시 동작하는 서버용 전원 입장에서는 부하가 증가되어 효율이 증가하게 된다. 뿐만 아니라, OFF되는 다른 하나의 전원에서는 기본 동작을 위한 전력 손실이 제거되므로 전원 시스템의 관점에서는 효율을 극대화할 수 있는 방법이다.

실제 이러한 시스템을 구현할 경우, 서버 시스템의 급변하는 부하에 대응하기 위해서, 대기 모드와 활성 모드 간의 전환이 매우 빨라야 하며, 상대적으로 PFC 단이 켜지는 시간이 길기 때문에, 대기 모드로 동작하는 서버용 전원의 DC/DC 단만을 OFF시키게 된다. 또한, 동작하고 있는 하나의 전원이 Shutdown 되었을 때, 대기 모드의 전원은 매우 짧은 시간 내에 서버 시스템의 모든 부하를 공급할 수 있도록 설계되어야 한다.

3. Conclusion

본 논문에서는 서버 전원 시스템의 발전 방향과 서버용 전원 장치의 개발 동향을 소개하고, 서버용 전원 장치의 설계 시 고려 사항을 제시하였다.

서버용 전원은 높은 신뢰성과 장수명, 고효율과 함께 모니터링과 통신 등의 다양한 기능을 만족할 수 있도록 설계되어야 한다.