

직류전원 공급시 가정용 교류부하의 전기적 특성에 관한 연구

서현욱, 변병주, 임종웅, 최종목, 김동진*, 최규하
건국대학교 전력전자연구실(KOPEL), 선광엘티아이*

Electrical Characteristics Analysis of Residential Ac Loads by DC Supply

Hyun Uk Seo, B.J. Byun, J.U. Lim, J.M. Choe, G.H Choe, D.J. Kim
Dept. of Electrical Eng., Konkuk Univ., SunKwang LTI*

국문요약

본 논문에서는 DC배전에 앞서 AC배전에서 사용하고 있는 부하를 AC에 비교하여 DC전원이 공급될 때 기존의 가전제품들의 전기적 특성을 분석하고, AC를 DC로 전환하기 위한 변환장치를 제거하고 DC를 공급할 때의 전기적 특성에 대하여 살펴 DC배전의 효율성에 대하여 실험을 통하여 검토하였다.

1. 서론

가정용 전압으로서 DC를 공급하여 얻을 수 있는 장점에 대하여 에너지의 효율성과 편리성에 의해서 이미 여러 논문들을 통하여 연구되어지고 있다.[1] 하지만 실제로 DC전압이 가정에 공급되어지기에는 이미 있는 가정용 부하들과의 호환성 문제가 큰 문제이다. 저항성 부하 경우 전압레벨에 의해서 부하의 전류가 결정되기 때문에 DC전압에 따라서 사용여부가 나누어진다. 유도부하는 모터 같은 경우 AC를 사용하는 유도전동기는 가전제품의 필수적이다. 그중 AC를 DC로 바꾸어 사용하는 조명이나 IT기기 등이 DC로 전환되었을 때 가장 많은 소비전력 측면의 이득을 볼 수 있다. 그래서 본 논문에서는 AC배전망에서 사용되어지는 기기들 중 전과정류기가 존재하여 DC공급도 가능한 부하들을 선정하여 DC전압이 공급되었을 때 정류기를 사용하는 전기기기의 전기적 특성이 어떻게 나타나는지를 실험을 통하여 분석해 보겠다.

2. 전원을 달리한 경우 부하 특성분석

2.1 가정용 교류부하

가정용 부하의 종류로 표 1. 과 같이 5가지의 유형이 있다.[2] 표 1. 의 부하중 기존의 상태에서 바로 DC가 공급이 가능한 부하는 Universal machine, Electronic lighting, Electronic load 3가지이며 그중 유니버설머신은 AC전원도 직접적으로 사용하기 때문에 본 논문에서는 DC전원을 직접적으로 사용하는 Electronic lighting 과 Electronic load 중 정류기를 사용하여 DC를 바로 사용할 수 있는 부하들을 대상으로 부하의 전기적 특성에 대하여 살펴보겠다.

표 1. 가정용 부하구성 분류

Load Type	Example
Resistive lighting	Incandescent lamp
Resistive heaters	Coffee maker
Induction machine	Refrigerator
Universal machine	Vacuum Cleaner
Electronic lighting	Fluorescent lamp with HF ballast
Electronic load	Computer power supply

2.2 직류인가 가능한 부하유형

표 2. 는 실험에서 사용되어질 부하들을 가정에서 사용되어지는 부하들의 소비전력 형태와 부하의 정격을 나타내는 표로 나타낸 것이다. 가정용 부하의 선정 기준은 DC 공급특성을 알아보기 위하여 가정에서 일반적으로 사용되는 부하들 중 AC전압이 필수적으로 사용되어지는 선풍기, 에어컨과 같은 부하와 전압의 크기에 의해서 소비전력이 결정되어지는 저항성부하 커피포트, 온열기 등을 제외하고 정류기가 존재하여 직접적으로 DC전압의 공급이 가능한 부하들을 선정하여 실험을 진행하였다.

표 2. 실험에 사용되어질 부하구성

Load Type	실험부하	정격 소비전력
Electronic load	컴퓨터(데스크탑)	500[W]
	모니터	50[W]
	노트북	60[W]
Electronic lighting	LED (램프)	41[W]
	스탠드	15[W]

그림 1.은 전과 정류기에 AC전원이 공급되었을 때 각부에 인가되는 전압과 전류의 파형이다. 여기서 손실은 다이오드에 흐르는 전류에 의한 손실 식(1) 커패시터전로에서 DC를 유지하기 위해서 발생하는 손실 식(2) 이다.

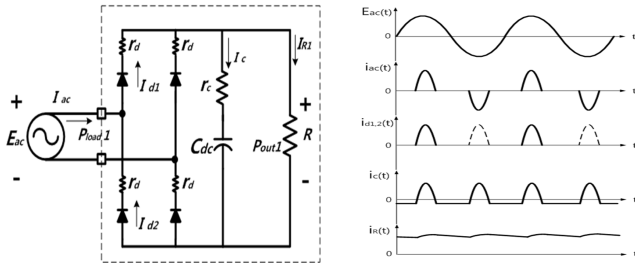


그림 1. 전파정류기 회로 및 입/출력 파형
Fig 1. AC Full-wave rectifier and input/output waveform

$$P_{ac_loss} = 2r_d I_{ac}^2 + V_f I_{ac(mean)} \quad (1)$$

$$P_{loss_c} = r_d I_c^2 \quad (2)$$

그림 2는 전파 정류기에 AC전원이 공급되었을 때 각부에 인가되는 전압과 전류의 파형이다. 여기서 다이오드에 흐르는 전류의 손실을 계산한 식(3) 커패시터 선로에서 발생하는 손실을 계산한 식(4) 이다.

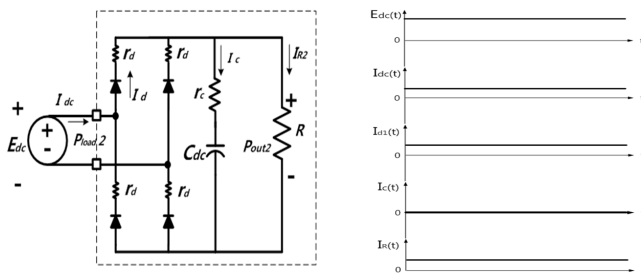


그림 2 DC공급 전파정류기 회로 및 입/출력 파형
Fig 2. DC Full-wave rectifier and input/output waveform

$$P_{dc_loss} = 2r_d I_{dc}^2 + V_f I_{dc} \quad (3)$$

$$P_{loss_c} = 0 \quad (4)$$

종합하여 출력이 같다는 조건하에 손실을 비교하면 AC로 공급하였을 때보다 DC로 공급하였을 때 더욱 효율적인 것을 식(5),(6)에서 알 수 있다.

$$I_{ac}^2 = I_{dc}^2 + I_c^2 \rightarrow I_{ac} > I_{dc} (P_{out1} = P_{out2}) \quad (5)$$

$$P_{AC_diod_loss} > P_{DC_diod_loss} \quad (6)$$

2.3 실험 및 결과 분석

앞에서 선정한 5가지의 부하에 그림 3과 같이 INPUT에 DC 전압을 그리고 정류기 되어진 DC LINK 부분에 DC전압을 각각 인가하였다. 여기서 각부하마다의 공급전압이 표 3. 과 같이 다르기 때문에 가장 좁은 범위를 갖은 부하를 기준으로 하여 INPUT 전압은 (173~325[V]) DC LINK 전압은 (183~308[V])을 공급하여 평균을 구하여 데이터의 신뢰성을 높였다. 표 4는 실험의 결과표이다. AC보다 DC를 공급한 것이 전체적 소비전력이 줄어든 것을 확인할 수 있다.

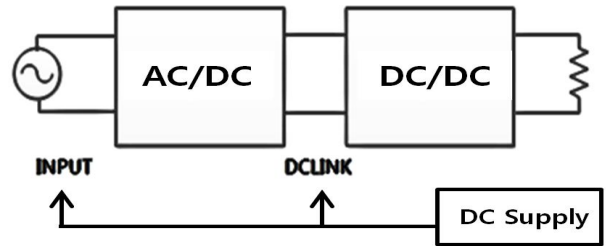


그림 4 DC 전원 공급 실험 구성도
Fig 4. Diagram of DC Power Supply

표 3. 실험에 사용되어질 부하구성

부하	컴퓨터	모니터	노트북	LED (조명)	스탠드
INPUT [V]	173~325	117~345	109~357	102~357	149~403
DCLINK [V]	183~382	139~363		117~308	128~414

이는 앞서 정리한 식(6)번에 의한 결과이며 DC LINK 공급의 경우 정류기를 지나서 바로 전력이 공급됨으로서 정류기에서 발생하는 손실자체가 발생하지 않아 소비전력상 이득이 발생한다.

표 4. DC 공급에 따른 가정용 부하 효율증가

부하	컴퓨터	모니터	노트북	LED (조명)	스탠드
AC 소비전력[W]	74.14 (100%)	31.17 (100%)	11.78 (100%)	46.86 (100%)	13.24 (100%)
[Input] DC공급[W]	70.53 (95%)	29.58 (95%)	11.33 (96%)	46.40 (99%)	12.93 (98%)
[DC LINK] DC공급[W]	70.73 (95%)	28.33 (91%)		46.51 (99%)	12.32 (93%)

3. 검토 및 결론

본 논문에서는 AC배전시스템에서 사용하던 부하를 DC배전시스템에서 구동하였을 때 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구를 하였다. 실험에서 INPUT 으로 DC공급 시 평균3.4% 정도 감소 DC LINK로 공급 시 5.5%의 효율 향상을 볼 수 있었다. 이러한 결론은 가정용 모든 부하에 대하여 수행되어진 결과가 아니라 정류기 부하에서의 결과이기 때문에 다른 부하에 대하여 충분한 검토가 필요하다.

○ 본 연구는 지식경제부 에너지자원기술개발사업의 일환(2009T100100100)으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] 이영진 외 “하이브리드 급전을 위한 다양한 가정용 교류부하의 직류특성연구” 전력전자학회논문지
- [2] DANIEL NILSSON “DC Distribution Systems” CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOG“ 2005