

전력IT용 디지털 부하를 위한 저전압 직류급전 시스템 연구

김재한*, 양승욱*, 목형수*, 최규하*, 손성용**, 홍준희**

*건국대학교, **경원대학교,

Researchs on Low Voltage DC Supply System for Electrical Power IT Digital Load

Jae-Han Kim*, Seung-Uk Yang*, Hyung-Su Mok*, Gyu-Ha Choe*, Sung-Yong Son**, Jun-Hee Hong**

Konkuk University, Kyungwon University

ABSTRACT

본 논문에서는 DC 전압을 이용한 전력IT 시스템의 활용을 연구하고 그 효율성을 입증하기 위하여 가정용 전자제품에 전력공급을 기존 AC공급원에서 DC공급원으로 변환하여 그 효율성을 비교하였다. 직류급전시스템은 교류급전시스템에 비해 전력교환장치의 교환단수가 적기 때문에 변환효율로 10%정도 고효율화 할 수 있음을 실험을 통하여 입증한다.

1. 서 론

최근 많이 연구되고 있는 대체에너지는 현재 선진국 위주로 기술 개발이 활발한데, 신생 에너지 전원은 태양광발전처럼 직류로 발전하는 경우가 많다. 또 분산형전원의 예를 살펴보면 일반 가정에 도입이 추진되고 있는 연료전지는 직류발전을 하고, 마이크로터빈은 높은 주파수 발전을 하므로, 50/60Hz의 교류로 동기발전 할 수 있는 것은 별로 없어지게 된다. 이러한 추세로 인하여 소용량의 지속가능한 에너지 기술들이 분산전원에서 차지하는 비중을 늘여가는 등 에너지부문의 자유화와 지속적인 에너지 공급의 추구는 전력기기부문에 있어 많은 변화를 촉진하고 있는데, 이러한 변화에 따라 직류서비스가 현재 산업계에서 중요하게 고려되고 있으며 이는 부분적으로 HVDC를 이용한 현존하는 송전망의 효율성 증가와 효율적인 AC/DC, DC/AC, DC/DC 변환기술의 실용화에 기인한다. 최근에는 태양광, 연료전지를 포함하는 지역 DC 발전과 저전압레벨의 직류를 사용하는 디지털기기 사용의 급증으로 인해 직류가 각광을 받고 있다.

2. 직류 급전 모델의 특징

직류급전모델은 그림1에 나타난 것처럼 상용계통6.6kV정도의 상용전력을 빌딩내의 정류장치에서 직류전력으로 변환한다. 직류전력은 연료전지와 태양광전지 등의 직류출력과 맞춰 전력 저장장치등의 축전지에 축전하면서 직류부하로 급전한다. 상용계통이 정전된 경우에는 축전지에서 급전해 정전이 장시간의 경우에는 발전기와 연료전지에서 급전하여 정전이 없는 고신뢰의 급전시스템을 만들 수 있다.

2.1 공급장소와 시스템용량

급전장소로는 인터넷데이터센터(IDC)와 은행, 병원, 공장등의 고신뢰를 요구하는 전력공급이 필요한 장소이다. 용량은 소규모의 병원에서 대규모적인 IDC를 고려하면 수백kW~수십 MW정도로 예상된다. 직류전압은 통신용장치에 많이 이용되고 있고 48VDC를 기준으로 효율을 생각하면 48VDC~100VDC가 예상된다. 기본적으로는 빌딩 내 배전망이 많은데 대규모의 경우에는 수 빌딩의 배전망에 급전하는 것도 예상된다.

2.2 교류계통과의 연계/공존형태, 교류부하에의 대응

교류계통과의 연계로 교류전력을 정류함으로써 시설 내에 필요한 전력의 공급을 한다. 단 시설내에 태양광등의 분산형전원을 설치한 경우에는 과부족의 전력을 사고파는 형태가 될거라고 생각된다. 교류부하와 직류부하의 비율은 고신뢰도를 기대하는 부하에는 직류급전을 행하고 품질에 관계없는 사무기기 등의 일반적인 부하에는 교류급전을 행하는 형태가 될 것이다.

2.3 변환기(AC/DC, DC/DC)의 용량

AC/DC변환기, DC/DC변환기의 양쪽이 이용된다. AC/DC변환기는 빌딩의 소비전력을 급전할 필요가 있기 때문에 분산해서 배치하는 등이 고려되지만 기본적으로는 고효율장치가 이용될 거라고 생각된다. DC/DC변환기는 직류부하에 대응해서 이용된다. 직류부하의 예를 들어 서버와 루터등을 예상하면, 시장의 개발스피드를 고려하면 통신장치의 전력용량에 대응한 전원장치와 복수 유니트로 대응하는 전력장치가 고려되어 수kW~수십kW 정도가 예상된다.

2.4 분산형전원/저장의 유무, 설치형태

연료전지와 태양광발전등의 직류출력의 분산형전원은 직류전류로 급전할 수 있다면 변환손실이 적고 환경면, 가격면에서

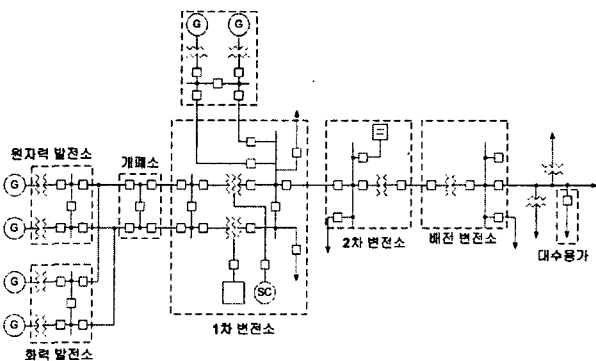


그림 1 송배전 계통의 일례

Fig. 1 A example of electricity transmission and distribution

장점이 있다. 이 때문에 분산형전원이 도입될 가능성이 높다. 또 전력저장에 대해서는 직류급전시스템의 고신뢰성을 유지하기 위한 백업으로 이용하면 좋다. 백업전원으로 이용하지 않는 경우에도 태양광발전등의 자연에너지원을 접속할 경우에 태양광발전등의 단점을 최소한으로 억제하기 위해서는 전력저장장치도 검토된다.

3. 제안하는 직류 급전 모델

전기통신장비, 생활 가전제품등은 일상생활에 주요한 기반서비스이다. 이러한 기반설비는 소용량의 지속가능한 에너지 기술들이 분산전원에서 차지하는 비중이 높아지고 있으며, 또한 소용량의 분산전원설비는 일상에 가장 근접한 서비스로서 다른 급전시스템에 비해 고신뢰, 고품질의 급전방법이 요구되어 저전압 직류급전의 필요성이 절실히 대두되고 있다. 이러한 현실에 소용량 직류급전시스템을 크게 가정용과 사무용으로 나누어 모델링하고자 한다.

3.1 기존의 교류급전 모델

그림2과 같이 전원설비의 기본구성은 상용교류전원과 태양광등의 보조전원, 그리고 UPS, 연료전지등의 비상전원으로 분산형전원을 구성하고 있다. 상용전원 6600VAC등에서 급전된 교류전력은 수전장치에서 220VAC로 변환되며, 수용가내의 전원에서는 220VAC로 교류전력을 급전하고 있다. 한편 태양광, UPS, 연료전지등의 보조전원 및 비상전원은 자체 발전 및 축적된 직류전력을 교류전력으로 변환하여 공급하고 있다. 현재 PFC는 60W 이상의 가정용 제품에만 규제를 하고 있기 때문에 기존 모델에서는 PF도 상당히 나쁘게 된다.

3.2 제안하는 직류급전 모델

제안하는 직류급전모델은 그림2와 같은 구조로 설비의 기본 구성은 AC/DC 정류장치와 태양광등의 보조전원, 그리고 UPS, 연료전지등의 비상전원으로 분산형전원을 구성하고 있다. 상용전원 6600VAC등에서 급전된 교류전력은 수전장치에서 220VAC로 변환되며, 수용가내의 전원에서는 220VAC를 정류장치에서 정류하여 48VDC로 변환해 직류전력을 급전하고 있다.

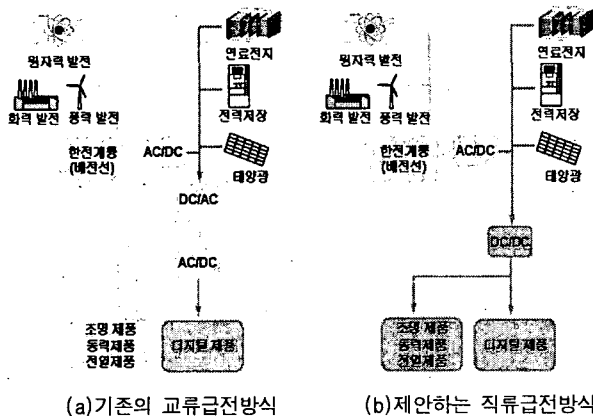


그림 2 기존 교류급전의 분산전원 방식
Fig. 2 The existing dispersed source system of AC Distribution

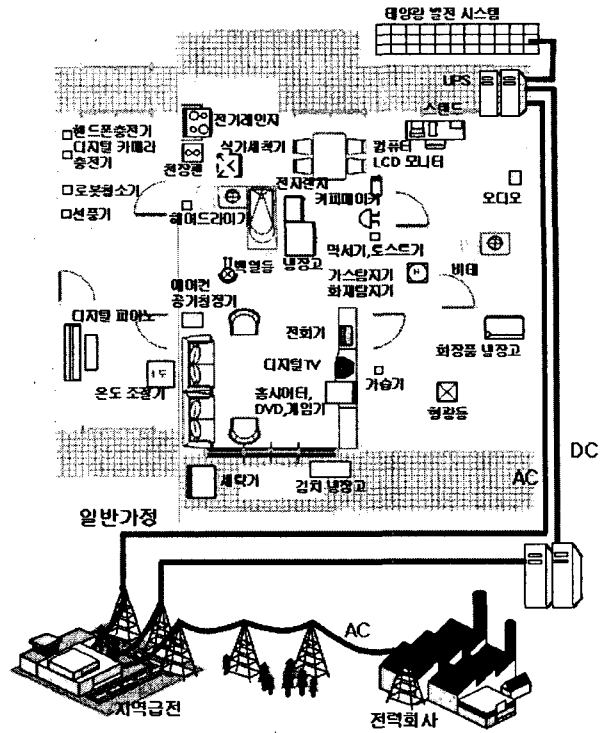


그림 3 제안하는 직류급전의 분산전원 방식
Fig. 3 The proposed dispersed source system of DC Distribution

한편 태양광, UPS, 연료전지등의 보조전원 및 비상전원은 48VDC의 직류전력을 공급하고 있다. 동력원을 이용하는 제품에는 교류전력을 사용하며, 디지털 부하를 사용하는 제품에는 직류전력을 사용하며, 교류와 직류의 혼합형태로 사용하는데 사무용 전원설비 중에도 통신용직류급전시스템은 중요한 라이프라인으로의 역할부터 고신뢰, 고품질의 급전시스템으로의 특징을 갖고 있다.

직류급전시스템에 있어서 교류에서 직류 48VDC의 정류장치의 교환효율은 92%이다. 또한 디지털장치 안에서는 48VDC에서 IC등에 필요한 3.3VDC, 5VDC로 변환하며 그 효율이 85~90%이다. 따라서 직류급전시스템은 교환단수가 2단으로 전체효율은 77~82%가 된다. 한편 교류급전시스템은 AC에서 AC로 변화하는 UPS의 효율이 83%이고 디지털제품에 있어서 AC에서 DC3.3V, 5V로 교환효율이 80~85%인 것으로 전체효율은 68~72%가 되며 교환단수는 4단이 된다. 따라서 직류급전시스템은 교류급전시스템에 비해 전력교환장치의 교환단수가 적기 때문에 변환효율로 20%정도도 고효율화 할 수 있다고 보고되고 있다.

4. 실험 결과

제안하는 방식의 우수성을 입증하기 위해서는 그림2, 혹은 그림3과 같은 시스템을 구축하여야 하나 간단한 실험을 위하여 그림 4와 같은 간이 시스템을 구현하여 수행하였다. 실험은 가정에서 많이 사용하고 있는 5종류의 가전제품을 선정하여 4개의 제품군으로 구성한 후 실험하였다. 실험은 그림 4와 같이 기존 AC/DC 배전방식과 제안하는 저전압 직류 급전시스템인 DC/DC 배전방식으로 나누어 실험 하였으며 그 결과를 표1에 나타내었다.

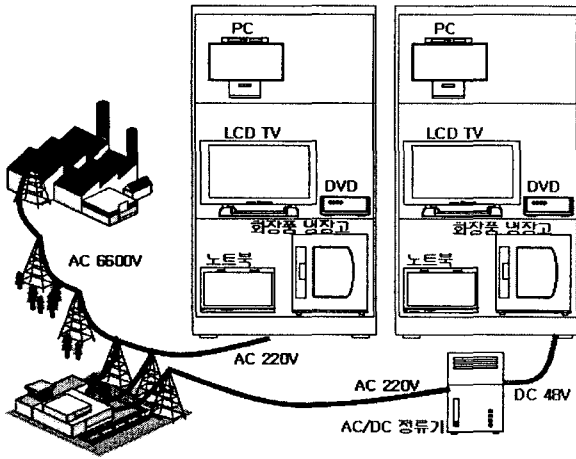


그림 4 제안하는 방식의 실험 계략도
Fig. 4 The test outline of proposed system

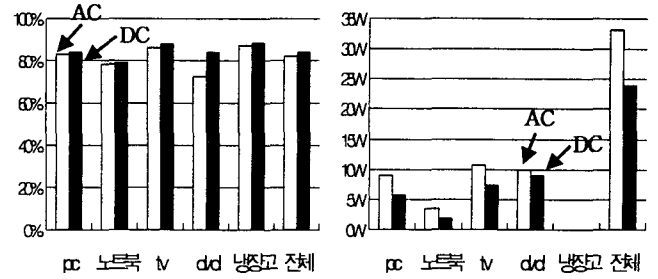
실험을 위하여 각 제품은 동일한 조건의 AC/DC전원장치와 DC/DC전원장치를 제작하여 AC제품군은 상용전원 220VAC에서 동작시키고, DC제품군은 상용전원 220VAC를 정류기를 통하여 48VDC로 변환 후 각 가전제품을 48VDC를 입력으로 동작시켜 측정하였다. 각 제품에 대한 전원장치의 제작 사양은 다음과 같다.

- 제품 전원장치 제작 사양
 - ▷ PWM IC : KA7553 (Fair Child)
 - ▷ 회로방식 : Forward Converter
 - ▷ PFC 없음.
- AC/DC 정류기
 - ▷ 정격 : 480W (2대)
 - ▷ 출력정격 : 48V 10A

표1에서 보듯이 각 제품군의 효율은 직류급전방식이 교류급전방식보다 약 1.87% 우수함을 알 수 있다. 또한 그림5에서 알 수 있듯이 대기전력 측면에서도 교류급전방식보다 직류급전방식이 26.64% 우수함을 알 수 있다.

표 1 실험 결과
Table 1 a result table

제품군	제품명	정격 소비전력	효율(%)		역률(θ)		대기전력(W)	
			AC	DC	AC	DC	AC	DC
제품군1	일체형PC	160W	83.28	84.29	0.680	.	9.07	5.27
제품군2	화장품 냉장고	60W	87.53	88.57	0.719	.	.	.
제품군3	LCD TV	170W	86.40	88.14	0.714	.	10.63	7.39
	DVD	30W	72.69	84.19	0.529	.	9.96	8.95
제품군4	노트북	50W	78.17	78.70	0.645	.	3.48	1.925
시스템 전체		490W	82.09	83.96	0.727	.	33.14	23.98



(a) 효율 비교 (b) 대기전력 비교

그림 5 AC/DC와 DC/DC의 비교
Fig. 5 The comparisons of AC/DC and DC/DC

5. 결론

최근 디지털 부하의 증가와 전기 통신의 발달로 전력 IT의 급성장이 예상되고 있는데 이러한 흐름에 맞추어 직류급전의 환경변화도 많이 연구되고 있다. 본 실험에서 제외된 연료전지/태양광등의 대체 에너지의 계통연계방식에서는 시스템에서 DC/AC 인버터가 필요하나 제안하는 방식에서는 DC/AC 인버터가 없다. 이때 DC/AC인버터의 경우 그 효율이 대략 90%정도 되므로 실제의 AC/DC의 효율은 실험결과인 82.09%보다 더 떨어지게 된다. 또한 전력의 품질개선을 위해 점차적으로 PF의 규제도 강화되어 향후 대부분의 가전제품에도 PFC를 사용해야 할 것이나 이는 제품의 효율을 악화시킨다. 따라서 저전압 직류시스템이 적용될 경우 AC/DC정류기에서 PFC를 구현하므로 효율적 측면에서 제안하는 방식의 우수성을 알 수 있다. 본 논문에서는 교류전원과 직류전원을 혼합한 형태의 저전압 직류시스템을 제안하고 실험을 통하여 그 우수성을 입증하였다.

이 논문은 산업자원부 전력 산업 연구개발사업의 지원으로 연구되었음.

참고 문헌

- [1] B R Andersen, M H Baker, "HVDC Converter Station Design, with particular reference to the 2000 MW HVDC Link Between Great Britain and France", GEC Review, London, 1987.
- [2] 김일환, 송승호. "풍력발전시스템에서의 전력전자기술 및 전력품질 평가", 전력전자학회지 제8권 제4호, 2003/8.
- [3] 안정식, 이석진, 신진철, 김찬기, "HVDC 기술동향-HVDC SYSTEM의 기술동향과 세계적인 추세-", 전력전자학회지, 제8권 3호, pp.17-21, 2003.