

가정용 직류배전 시스템의 전력사용 시나리오 구성에 대한 연구

박철우*, 백종복*, 서갑수*, 배현수**, 조보형*
 *서울대학교 전기컴퓨터공학부, **서울대학교 공학연구소

Research on Power Consumption Scenario Design for DC-Based Green Smart Home

Cheol-Woo Pak*, Jongbok Baek*, Gab-su Seo*, Hyunsu Bae** and Bohyung Cho*
 *School of Electrical Engineering and Computer Science, Seoul National University
 **Engineering Research Institute, Seoul National University

Abstract

전기에너지의 가격상승과 에너지 소비량 증가, 이산화탄소 배출 문제의 해결방안으로 직류 배전 시스템에 대한 연구가 진행되고 있다. 직류배전 시스템은 각 부하에서 발생하는 AC/DC 변환 손실을 줄이기 위해 각 기기의 AC/DC 컨버터를 통합하여 부하에 직류를 공급하여 효율 및 신뢰도의 향상을 얻는다. 설계된 직류배전 시스템의 효율성을 입증하기 위해서는 실제 사용 패턴에 근접한 부하의 사용정보가 요구된다. 본 논문에서는 전력사용통계에 근거한 계절별, 가구별 전력소비 패턴을 분석하고, 세대별 연중 부하사용 시나리오를 구성한다. 또한 작성된 시나리오를 직류 배전 전력계 시스템 설계 틀에 적용하여 직류 기반 시스템의 효율성을 검증한다

1. 서론

최근 탄소 배출과 에너지 자원 감소 문제가 대두되면서 에너지 소비의 40%이상을 차지하는 전기에너지 사용을 절감하는 방안이 관심을 받고 있다. 직류 전원 부하가 증가함에 따라 기존 교류 배전 시스템을 직류 배전 시스템으로 바꾸는 방안이 제시되고 있고, 직류 배전 시스템의 에너지 효율 향상을 보이기 위한 시스템 모델이 설계되고 있다. 이 시스템 모델에서는 시스템의 신뢰성을 확보하기 위해 실제 사용에 가까운 부하의 사용패턴을 필요로 한다.

본 논문에서는 직류배전 시스템과 기존 교류배전 시스템 비교 시 보다 현실적인 결과를 얻을 수 있는 부하의 사용 시나리오를 구성하였으며 두 시스템의 소비전력량을 비교함으로써 직류배전 시스템의 에너지 효율향상 가능성을 보였다. 또한 시스템의 비교에 필요한 부하 사용 시나리오 작성에 필요한 고려사항들을 정리하였다.

표 1 선정된 전기기기의 보급률
 Table 1 Penetration rate of selected appliances

기기명	보급률	기기명	보급률
TV	1.43	조명	5.3
세탁기	0.98	헤어드라이어	1.01
컴퓨터	0.7	블렌더	0.63
전기밥솥	0.9	커피포트	0.42
전자레인지	0.76	김치냉장고	0.75
진공청소기	0.79	선풍기	1.76
전기다리미	0.93	에어컨	0.6
냉장고	1.03	전기장판	0.55

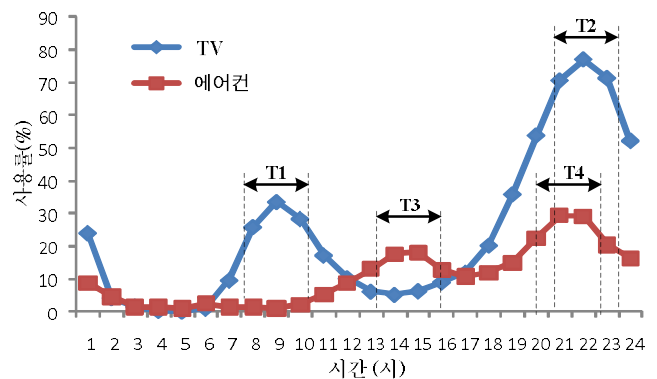


그림 1 부하의 평균 사용 패턴과 샘플링 시점 결정
 Fig. 1 Power consumption patterns and selection of sampling time

2. 시나리오 구성

2.1 부하 선정

전력 사용 시나리오를 구성하기 위해서는 시나리오에서 사용할 전기 제품의 선정이 필요하다. 한국전력거래소에서 발간한 2009년 가전기기 보급률 보고서를 바탕으로 대한민국 평균 가정에서 사용하는 가전 제품 20종류를 선정하여, 보급률이 50%이상인 15개 제품과 최근 보급률 증가가 두드러진 1개 제품을 선정하여 표 1에 나타내었다.^[1] 또한, 선정된 제품들의 구동 시 실사용 전력을 적용하여 시나리오에서 예상되는 전력 사용치가 실제로 부하에 공급되는 전력을 추정할 수 있도록 하였다.^[2]

2.2 평균패턴 확보 및 사용시점 결정

선정된 부하들의 하루 사용 패턴은 통계자료의 평균 패턴을 기반으로 사용률이 가장 높은 시간대를 선택하여 데이터 1개당 30분 단위로 부하의 1일 사용 시점을 결정하였다. TV와 에어컨의 평균패턴과 사용 시점 결정의 예시를 그림 1에 나타내었다. 부하의 평균 사용 패턴에서 2구간을 사용 시점으로 선택하여 T1부터 T4로 나타내었다.

2.3 계절성 부하

1년동안 사용 행태가 일정한 부하들과 달리, 여름과 겨울에 사용 하는 계절가전은 월별 사용량이 큰 차이를 보이며 사용전력이 매우 크기에, 적절한 고려를 하지 못하면 전체 시나리오에 큰 오차가 발생한다. 각 계절의 전력사용을 적용하기 위해 여름가전은 선풍기와 에어컨, 겨울가전은 전기장판을 선택하여 시나리오에 반영하였다.

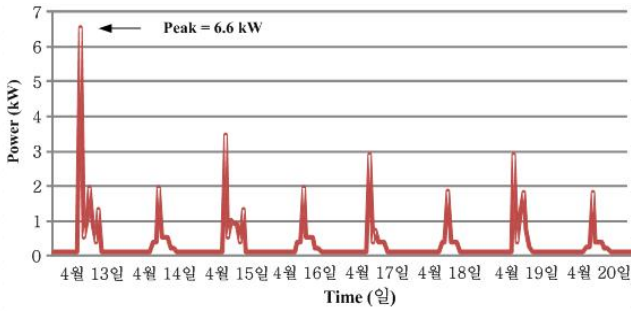


그림 2 Type 2의 일년 부하 사용 시나리오 패턴
Fig. 2 Annual power consumption pattern of Type 2

표 2 작성된 시나리오 결과값
Table 2 Result of finished scenario

	1일 Peak (kW)	한달 평균 (kWh)	한달 최대 (kWh)
Type1-200kWh	3.0	194	236
Type2-250kWh	6.6	262	304
Type3-300kWh	6.7	315	378

2.4 사용 용량 결정과 부하의 추가

한국전력 통계와 한국전력거래소에서 발간한 자료에 의하면, 가정에서 한 달에 사용하는 에너지는 평균 250kWh이며, 300kWh, 200kWh를 사용하는 가정들이 순차적으로 많은 것으로 조사되었다. [1] 따라서 각각 소규모 가정, 평균적인 가정, 사용량이 많은 대가구로 연결하여 3가지의 용량 별 시나리오를 작성하였다. 평균 250kWh를 기준으로 200kWh를 사용하는 경우 상대적으로 보급률이 떨어지는 3가지 제품을 제외하였고, 300kWh를 사용하는 경우는 보급률이 다소 적었던 2가지 제품을 추가하고, 사용시간 조정과 사용 대수를 조정하였다.

2.5 작성된 시나리오

각각의 부하기기는 한달 기준 사용일수가 다르기에 랜덤함수를 이용하여 사용날짜를 정하고, 1년동안 사용 패턴을 결정하였으며, 여름과 겨울은 세달씩 선택하였다. 그림 2에 완성된 시나리오의 전체 부하사용 곡선을 나타내었으며, 이를 통해 시간에 따른 전력사용량을 관찰할 수 있다. 표 2에 하루 사용 중 가장 높은 순시 전력과 1개월 평균 사용 전력 등을 나타내었다. 실시간 데이터로 조사된 통계자료와 비교하여 작성된 시나리오는 사용시간을 30분 단위로 근사하였기 때문에 약간의 차이를 보였다.

3. 시스템 적용

완성된 전체 부하 시나리오를 기존의 교류배전과 직류배전의 시스템 모델에 적용하고 두 시스템에서 소비하는 전력량을 살펴보았다. [2] 그림 3의 배전 시스템 모델은 교류배전 시스템에 각 부하에 AC/DC 컨버터를 적용하고, 직류배전 시스템에 하나의 통합형 AC/DC 컨버터를 사용하였으며, 전체 시스템 모델에는 반도체 소자와 자기소자에서 발생하는 손실과 배전손실 등이 고려하였다.

그림 4에는 두 배전시스템에 1년 부하 사용 시나리오를 용량별로 적용하였을 때 부하에서 실제 사용한 전력량 대비 교류배전과 직류배전의 전력 소비량을 백분율로 나타내었다.

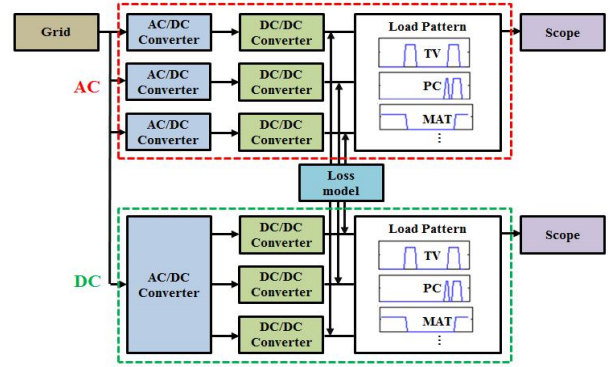


그림 3 교류 배전과 직류배전의 시스템 모델
Fig. 3 System model of AC distribution and DC distribution

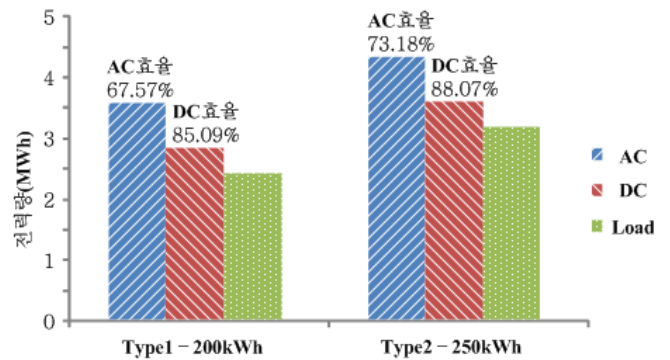


그림 4 시나리오가 적용된 시스템 모델링의 모의실험 결과
Fig. 4 Simulation results of scenario applied system model

4. 결론

본 연구에서는 교류배전 시스템과 직류배전 시스템의 설계와 분석에 필요한 부하 사용 시나리오를 작성하였다. 시나리오는 계절별, 용량 별로 구성되어, 다양한 전력 사용 패턴을 분석하고 시스템을 설계하는데 사용된다. 논문에서 구성된 시나리오는 전력 변환기 모델을 포함한 시스템 모델링 틀에 적용되어 직류배전 시스템 모델의 구성에 있어 표준 전압, 대용량 전력 변환기의 효율적인 운용 방법 등을 보여주고, 시스템 설계자는 이를 통해 직류 배전 시스템과 교류배전 시스템의 에너지 소비 효율을 예측할 수 있다.

Acknowledgment

이 논문은 지식경제부(10030491-2010-01)와 KD과위의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고문헌

- [1] Korea Power Exchange, "2009 survey on electricity consumption characters of home appliances," pp. 44-131, 2010 available: <http://epsis.kpx.or.kr>
- [2] Gab-Su Seo, Jongbok Baek, Chulwoo Park, Hyunsu Bae, Bohyung Cho, "Power Consumption Pattern Analysis of Home Appliances for DC-based Green Smart Home," in Proceedings of KIFE Power Electronics Annual Conference, 2010.
- [3] Jongbok Baek, Gab-Su Seo, Chulwoo Park, Hyunsu Bae, Bohyung Cho, "Modeling and Analysis of DC Based Building Power Structure," in Proceedings of KIFE Power Electronics Annual Conference, 2010.