

DC급전 시스템 가전기기의 안정성 규격 정립을 위한 AC 기기 규격분석 및 방향제시

안정훈, 구근완, 김동희, 이병국
성균관대학교

A Suggestion of Direction for Safety Standards Setup of Appliances in DC Power Supply System on Analysis of AC Appliances Standards

Jung-Hoon Ahn, Keun-Wan Koo, Dong-Hee Kim, and Byoung-Kuk Lee
SungKyunKwan University

ABSTRACT

본 논문은 DC 가전기기의 ‘안정성 규격’ 정립을 위한 연구를 수행한다. 첫째, AC 기기와 DC 기기의 차이점을 비교하고 둘째, AC 가전기기의 국제적 안전 규격을 분석한다. 이에 따라 AC 기기가 DC 기기로 변화할 때, DC 안정성의 규격정립을 위한 많은 항목 중 무엇을 어떻게 보완해야 하는지 그 방향과 논점을 AC 기기 규격을 바탕으로 하여 제시한다.

1. 서론

기술의 고도화와 경제 성장에 따라 전력의 생산 및 공급은 전 세계적으로 가장 중요한 필수요소로 자리매김하였으나, 그에 따른 전력소비의 증가로 화석연료의 의존도가 심해지고, 온실가스 배출증가에 따른 환경문제가 심화되고 있다. 일본 등의 선진국에서는 에너지 환경문제의 강력한 대책으로서 DC급전에 대한 연구가 진행되고 있으며, 일부 IT기업에서는 저 전압 DC 급전이나 하이브리드 급전시스템을 도입하고 있다. 하지만, 가정용 DC급전시스템은 전무한 상황이며, DC급전 시스템을 가정으로 도입하기 위해서는 정격전압과 더불어 최소 및 최대 전압이나 순간 저하시의 규격, 커패시터의 형상, 안정성의 규격 등이 정립되어야 하고 많은 노하우와 DB가 필요하다. 하지만, 국내는 물론 세계적인 표준도 마련되어 있지 않은 상황이다.^{[1][2]}

본 논문은 DC급전 시스템을 가정에서 상용화하기 위한 과제 가운데 안정성의 규격정립을 위한 선행 연구를 수행했다. DC기기의 가상모델과 기존 AC기기를 비교하여 차이점을 분석하고, AC기기의 국제적 안정성 규격 “Safety of Household and Similar Electrical Appliances”^[3]를 레퍼런스로 시스템의 변화와 함께 변동될 수 있는 항목을 분석하였다. 일련의 과정을 통하여 DC가전기기의 안정성 규격정립을 위한 가이드라인을 제시하였다.

2. 본론

2.1 가정용 DC 급전의 개념

가정용 DC 급전의 개념은 가정의 배전계통을 DC로 운용하는 시스템을 말한다. 이 경우 AC/DC 에너지 변환 과정에서 발생하는 손실을 크게 줄일 수 있으며, 친환경성과 더불어 신뢰성과 확장성 그리고 경제성 등 여러 가지 강점을 갖고 있다. 이를 위해서, 가정의 전원 시스템의 변화뿐 아니라 가전기기도

DC전원을 사용할 수 있도록 설계되어야 하며, 새로운 안정성의 규격이 필요하다.

2.1.1 AC 급전과 DC 급전의 차이점

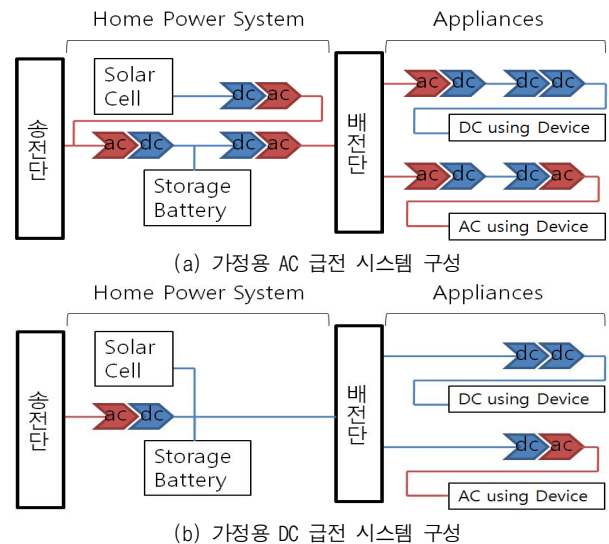
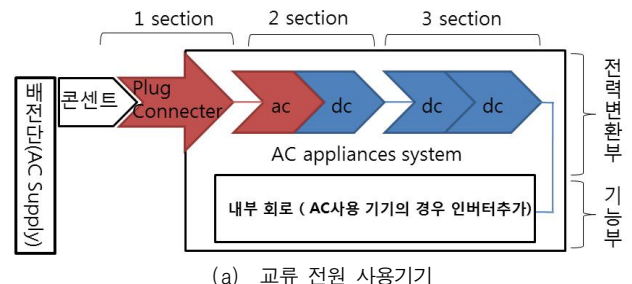
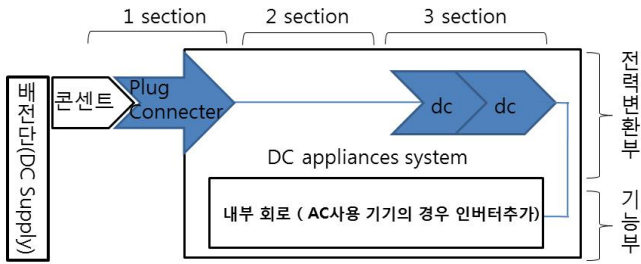


그림 1 급전 시스템에 따른 전력변환 개요도
Fig. 1 Diagram of power supply system

태양전지와 축전지를 사용하는 가정의 경우 급전시스템에 따른 전력변환의 개요도는 그림 1과 같다. AC/DC 전력 변환 과정을 통한 에너지 손실률을 10%라 가정 하면,^[4] 기존 시스템의 경우 4~5번의 에너지변환 과정을 통하여 59~66%의 낮은 에너지 효율을 갖지만, DC급전 시스템의 가정의 경우 81~90%의 상대적으로 월등히 높은 에너지 효율을 기대할 수 있다. 또한, 전원장치의 부피가 전반적으로 감소할 수 있다.

2.1.2 AC 기기와 DC 기기의 차이점





(b) 직류 전원 사용기기
 그림 2 급전 시스템에 따른 기기의 차이 개요도
 Fig. 2 Diagram of the difference AC appliances with DC appliances by power supply system.

배전단의 공급전원이 AC에서 DC로 변화되면, 급전시스템에 맞추어 가전기기도 동시에 달라져야한다. 국내 기준 220V, 60Hz 의 전원을 공급받았던 기기는 대략 240~400V의 DC 전원을 공급받게 된다.^[5] 이때, 그림 2의 기능부로 전달되는 에너지의 형태 또는 입력이 가전기기의 전원공급 시스템에 상관없이 동등으로 설계된다면, 전원장치를 제외한 내부회로는 급전시스템에 영향을 받지 않는다. 반면에 시스템이 변화함에 따라 전력변환부는 그림 2와 같이 차이를 갖게 되며 분석을 위해 3개의 섹션으로 나누어 생각할 수 있다.

표 1 AC 가전기기와 DC 가전기기의 차이
 Table 1 The difference AC appliances with DC appliances

	AC appliances	DC appliances
1 section	AC 입력 220V, 60Hz -> Variable Wave -> 실효값 < 침두값	DC 입력 300~400V -> Fixed Wave -> 실효값 = 침두값
2 section	정류부분 필요 -> 전원장치 부피 ↑	정류부분 불필요 -> 전원장치 부피 ↓
3 section	DC/DC 전력 변환 부분으로서 입력의 크기가 변화될 수 있다는 점을 제외하면 동일	

섹션별 기기의 차이는 표 1과 같다. 가장 큰 차이점은 플러그와 콘센트로 대표되는 제 1섹션의 연결부이다. 가전기기의 입력 전원이 AC에서 DC로 본질적인 차이를 갖는다. 제 2섹션에 위치한 정류부분은 DC가전기기에서는 불필요하므로 삭제되며, 전원장치는 그 만큼 부피와 무게가 감소한다. 정류부분에서 발생한 안정성의 문제도 DC가전기기에서는 사라진다. 제 3섹션은 입력의 크기가 달라질 수 있다는 점을 제외하면 동일하다.

2.2 AC 가전기기 안정성 규격

2.2.1 안전 규격의 개관

AC 가전기기의 표준 안정성 규격을 분석하기 위하여 국제 규격 “Safety of Household and Similar Electrical Appliances”를 분석한다.^[3] 이 규격은 가전기기의 전반적인 안정성 규격 1부와 구체적인 개별기기를 대상으로 1부를 보완하는 안정성 규격 2부 문서로 구성된다. 본 논문은 가전기기의 전반적인 안정성을 판단하는 1부 규격을 분석한다. 이 규격의 목적은 일반적인 사용과 일어나기 쉬운 부주의한 사용에 의하여 인체 및 주위에 위해를 가하지 않도록 안전성을 담보하기 위함이다. 본

문건은 전체 규격을 25가지로 항목화 하였으며, 항목별로 안전성을 판단하는 기준이 되는 시험방법을 자세히 규정하고 있다.

2.2.2 항목별 분석과 분류

AC 가전기기 규격의 전체 25 항목은 사용자를 위한 표시를 위한 규격부터 전기적, 물리적, 화학적 규격 등 모든 범위의 안정성을 포함한다. 이 가운데 본 논문은 DC 급전시스템에 맞는 DC 가전기기를 개발할 때, 시스템의 변화에 영향을 받아 변동될 가능성이 있는 규격을 분류하는 연구를 수행한다. 이 연구는 두 단계로 이루어진다.

첫째로 전기적 규격과 비전기적 규격의 분류다. 특정 항목의 규격이 보증하는 안정성이 비전기적인 부분이라면 급전시스템의 변화에 따라 규격의 보완이 필요한 항목은 거의 없다. 반대로 규격이 담보하는 안정성이 전기적인 부분에 종속된다면 급전시스템의 변화에 따른 규격의 보완점과 변화될 점은 커지게 된다. 규격을 정의하고 시험하는 모든 명시조항 가운데 전기적 요소의 언급이 전혀 없는 항목을 비전기적 규격으로 정의하고 표 2와 같이 11개의 항목을 분류할 수 있다. 또한, 전체 규격 가운데 전기적 요소와 조금이라도 연관된 항목을 전기적 규격으로 정의하고 14개 항목을 분류할 수 있다.

표 2 비전기적 규격 항목 (Ref: 레퍼런스 규격 번호)
 Table 2 Lists of non-electric standards

	규격 항목 이름	Ref
1	분류	6
2	표시 및 사용설명	7
3	내습성	15
4	내구성	18
5	안정성 및 기계적 위험	20
6	기계적 강도	21
7	부품	24
8	외부 전선용 단자	26
9	나사 및 접속	28
10	내 부식성	31
11	방사선, 유독성 및 이와 유사한 위험성	32

둘째로 25개의 항목 중 분류된 14개의 전기적 규격을 3가지의 시험 방식 개념으로 분류한다. 전기적 규격은 판별하고자 하는 안정성의 분야가 매우 다양하다. 하지만, 그 안정성을 판별하는 규격의 실질적 내용은 항목의 수만큼 다양하지 않으며, 실제 시험 방법은 대부분의 경우 동일하다. 이 사실을 이용하여 분류를 하면, 논의의 크기는 줄어들면서도 누락되는 항목이 없게 할 수 있다.

표 3 시험방법에 따른 분류
 Table 3 Classification of the testing methods

Test	분류 내용
A	전압(전류, 입력)을 ±N%를 인가 (정격, 온도, 이상운전, 누설전류)등을 살펴본다.
B	~에 (60Hz의) [n]V를 인가하여 절연과피를 살펴본다.
C	플러그 커넥터 문제, 접지문제

시험 방법은 입력 (전압, 전류)을 규격에서 결정한 퍼센티지로 증가, 감소시켜서 인가하고 그 결과를 살펴보는 방법과 결

정된 파트의 각부에 정해진 고전압을 인가하여 절연파괴를 살펴보는 두 가지 방법으로 나눌 수 있다. 그 밖에 플러그, 콘센트로 대표되는 커넥터의 문제와 접지문제는 두 가지 시험 방법에 속하지 않으므로 따로 분류한다. 결과적으로 표 3과 같이 분류할 수 있다. 모든 전기적 안정성 규격은 이 개념을 통하여 재분류할 수 있는데 경우에 따라서 복수의 시험 방법으로 구성된 항목도 있으며 그 결과는 표 4로 확인할 수 있다.

표 4 전기적 규격 항목과 시험방법에 따른 분류
Table 4 Lists of electrical standards with classification of the testing methods

규격 항목 이름	Ref	분류
1 충전부에 대한 감전보호	8	None
2 전동기 구동기의 기동	9	None
3 정격입력 및 정격전류	10	A
4 온도 상승	11	A
5 운전시의 누설전류 및 절연내력	13	A, B
6 누설전류 및 절연내력	16	A, B
7 변압기 및 관련회로의 과부하 보호	17	A
8 이상운전	19	A, B
9 구조	22	C
10 내부배선	23	B
11 전원접속 및 외부 유연성 코드	25	B
12 접지접속	27	C
13 연면거리 공간거리 및 절연물의 절연거리	29	B
14 내열성, 내화성 및 내 트래킹성	30	B

2.3 DC 가전기기 안정성 규격의 방향

각 시험방법이 DC급전시스템에서 동일하게 사용될 수 있는지를 평가함으로써, 그 시험방법으로 분류된 규격이 DC가전기기에서 동일하게 사용될 수 있는지 혹은 보완되어야 할 것인지 예상할 수 있다.

2.3.1 입력문제 (Test A)

전압 (전류, 입력 등)을 $\pm N\%$ 인가 했을 때, 규격의 종류에 따라 온도, 이상운전, 정격, 누설 전류 등을 측정하여 판단한다. 이 실험의 지배적인 요소는 실효값과 첨두값이다. 실효값의 경우 온도 등 에너지와 관련된 안전성 규격에 영향을 준다. 동급의 AC기기와 DC기기를 생각할 때, 그 실효값은 차이가 없으므로 이 부분의 규격은 변화될 점이 매우 작다. 반면에 소자의 최대허용 전류, 전압 및 정격과 누설 전류는 첨두치가 지배적이다. 동급의 실효치를 갖는 기기를 생각할 때, 첨두치는 AC 입력을 받는 기기가 더 높다. 높은 첨두치는 기기의 안정성에 부정적인 역할을 한다. 이 부분은 앞서 언급한 섹션 2의 안정성과 연관되는데, DC 기기는 이 구간이 존재하지 않기 때문에 AC기기보다 안정성에서 유리하게 작용 한다. 따라서 이 시험 방법을 사용하는 규격들은 DC 기기에 그대로 사용해도 문제가 없으며, 자세한 연구를 통해 오히려 규격의 정도를 완화시킬 수 있을 것이다.

2.3.2 내부 회로 절연문제 (Test B)

기기의 절연성을 평가하는 규격들에 사용되며, 기기의 접합부나 플러그 등의 문제는 다루지 않는다. 이 시험방법은 규격에서 명시한 부분에 맞는 고전압을 걸어 절연이 파괴되는지를

확인하는 결과적인 시험방법이다. 따라서 시스템 변화와 무관하게 사용할 수 있다. 단, 기기가 변화에 따라 AC 전원으로 시험할 수 없는 부분은 상황에 따라 첨두치를 기준으로 DC 전원을 인가하는 방식으로 대체가능하다.

2.3.2 커넥터 문제 (Test C)

접지문제와 접합부의 과도상태에 의한 아크문제를 다루며, 섹션 1의 차이에 의하여 이 부분의 안정성 차이가 발생된다. AC의 경우는 아크가 튀어도 전압이 주기적으로 0V가 되기 때문에 아크도 그친다. 이에 반해 DC의 경우 일정 전압이 계속 걸려 있기 때문에 아크가 그치지 않고 주위가 불에 타버릴 위험이 존재한다. 시스템이 변화함에 안정성을 위협할 가능성이 가장 큰 부분이다.^{[2][6]} 하지만, 입력전원이 DC일 때 발생하는 문제점을 기존 규격에서는 전혀 고려되지 않았으며, 위험성과 반대로 이 부분의 규격은 전체 규격대비 매우 작은 할당량을 가지고 있다. 지속적인 연구로 보완되어야 할 것이다.

3. 결론

본 연구에서는 기존의 AC 가전기기 안정성 규격을 분석하고 DC 급전 시스템의 가전기기의 관점으로 해석하였다. 이를 통하여 DC 가전기기 개발자의 관점에서 기존의 많은 안정성 규격을 가운데, 신뢰할 수 있는 부분과 고려해 보아야 하는 안정성 규격 구분을 위한 가이드를 제시했다. 전원 시스템이 변화하면 그 시스템의 안정성도 다시 생각해야 하는데, 개발의 관점에서 안정성이 문제가 되는 점과 규격자체를 보완해야 할 점은 구분해야 한다. 본 연구를 통하여 대부분의 안정성 규격은 전원 시스템의 변화가 생기더라도 문제가 없다는 것을 예상할 수 있었으며, 이 부분의 안정성은 개발자가 규격에 맞게 제품을 개발함으로써 보증될 수 있다. 하지만, 가전기기와 계통의 연결부에서 생각할 수 있는 아크나 접지문제에 해당하는 규격은 DC시스템의 위험성에 비하여 미미한 수준이며, 지속적인 연구를 통하여 구체적인 보완규격을 논의해야 한다.^{[2][3][5]}

참 고 문 헌

- [1] Daniel Salomonsson, Ambra Sannino "Low-Voltage DC Distribution System for Commercial Power Systems With Sensitive Electronic Loads," Proceedings of the IEEE transactions on power delivery, Vol. 22, No. 3, pp.1620 ~ 1627, Jul., 2007
- [2] Katsumi Yamashita, Koji Kariatsumar "데이터센터에서 가정까지 DC 전원 공급 방식 도입 활기" Nikkei Electronics. 09. Feb. 2009.
- [3] K60335-1(제2006-0950호)"가정용 및 이와 유사한 기기의 안정성" 한국공업규격 27. Dec. 2006
- [4] Ned Mohan, Tore M. Undeland, and William P. Robbins, "Power Electronics 3rd Ed.", Wiley, 2003
- [5] "Compatibility test of conventional server power supply to DC power", International Telecommunication Union, Jan, 2010
- [6] 김진만,"아크방전 에너지 위험분석", 건국대학교 산업대학, 1, Aug, 2010