120[Hz]방식 전력시스템의 타당성에 관한 연구

이정환[1], 레동부[1], 양지훈[1], 홍성문[1], 박성미[2], 박성준[3]
지엔이피에스[1], 한국승강기대[2], 전남대[3]

A Study on Validity of 120 [Hz] System Power System

Jung Hwan Lee[1], Tuan Vu Le[1], Ji Hoon Yang[1],Seong Mun Hong[1],Seong Mi Park[2], Sung Jun Park[3]
G&EPS[1], Korea Lift College[2], Chonnam National University[3]

ABSTRACT

전력계통 주파수를 증대시키면 변압기를 비롯하여 전력변환기의 사이즈는 감소하나 부하에 따른 선로전압 강하가 크게 나타난다. 전력계통의 주파수는 전력전송이 이루어지는 거리에 따라 최적의 주파수로 운용한다면 전체시스템의 구성단가를 낮출 수 있다. 해외에서는 장거리전송을 위해 20[Hz] 전력전송에 대한 연구가 활발히 연구되고 있다. 항공모함과 같은 단거리 전력전송에서는 400[Hz] 전력전송을 사용하고 있다. 본 논문은 배전시스템의 주파수설정에 따른 변압기 및 전력변환기영역에서 장단점을 비교하여 경제성을 분석하여 마이크리드 시스템에 따라 그 적용 타당성을 연구하였다.

1. 서 론

항공모함이나 항공기는 일반육지와 달리 400[Hz]방식의 발전 및 배전시스템을 채용하고 있다. 400[Hz] 전력전송 방식은 60[Hz] 전력전송 방식에 비하여 선로의 리액턴스가 크게 나타나 부하에 따른 선로 전압강하가 큰 단점이 있으나, 발전기 및 변압기를 비롯한 전력변환기의 에너지 밀도가 높아 이동식 시스템 적용 시 무게측면에서 큰 장점이 있다. 그러나 400[Hz]와 같이 주파수를 높여 에너지를 전송할 경우 변압기와 전동기와 같은 자속을 이용하여 구동하는 전력변환기는 철손 성분이 증대되어 효율저하를 초래한다. 이를 극복하기 위해 자로를 구성하는 코어를 400[Hz]에 적합한 고가를 사용한다.

최근에는 국가전력망이 열악한 동남아시아나 아프리카, 남미지역 등에서도 독립형 마이크로그리드 도입이 가시화되고 있으며, 인구 증대 및 환경개선으로 인하여 기존 열악한 시스템 증설이 요구되고 있다. 또한 국내에서도 인구수가 작은 섬을 대상으로 독립형 마이크로그리드 실증시험이 활발히 진행되고 있다. 예를 들어 필리핀은 7,107개의 섬으로 구성된 국가로 지리적 특수성으로 중앙집중형 전력 공급 불가하여 전력 보급은 83[%]로 1,500백만 인구는 전력 공급 없이 생활하고 있다. 특히 독립형 마이크로그리드 요구는 후진국을 중심으로 이루어지고 있어 보급화 최대 걸림돌은 시스템의 단가이다. 따라서 보급화 활성화를 위해서는 지역여건에 맞는 맞춤식 시스템으로 대응할 필요가 절실하다.[1]

2. 마이크로 그리드와 운영 주파수

2.1 기기와 전원주파수

전기를 사용하는 부하는 크게 나누면 전동기, 전열기, 전등, 가전제품으로 분류할 수 있다.

가)전동기부하

AC 전동기는 동기형과 슬립형으로 분류할 수 있으며, 동기형인 경우 대부분 구동 드라이브인 인버터에 의해 구동되므로 전원주파수와 관계없이 구동할 수 있다. 슬립형인 경우는 전원주파수에 의해 속도가 결정되므로 전원주파수를 높이면 속도가 증가하게 된다. 이 경우 설치시 극수가 높은 전동기를 설치하거나 구동용 인버터를 사용하여야 한다. 전동기의 경우 높은 주파수를 인가하여 고속구동으로 에너지 밀도를 높이는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 현재 5,000[rpm] 정도는 일반 베어링으로도 사용가능하므로 구동 속도를 높여 고밀도화 할 필요도 있을 것으로 사료된다.

나)전열 및 전등부하

전열부하는 기본적으로 저항성 부하이며 주파수를 이용하여 구동되는 부하가 아니므로 대체적으로는 주파수변동에 무관하게 구동할 수 있다. 전등부하는 최근 LED 전등 및 전자식 형광등 등 전력전자 회로와 결합한 조명이 대세를 이루고 있으며 이러한 부하에는 주파수에 관계없이 구동할 수 있다. 그러나 나트륨등과 같이 변압기나 코일을 이용한 조명은 주파수가 변하면 구동에 어려움이 있다.

다) 가전제품 부하

가전제품의 대부분은 AC 전원을 컨버터를 이용하여 DC 전원으로 변환하여 사용한다. 특히 냉장고, 세탁기, 에어콘은 최근 고 효율화를 위해 인버터에 의해 구동되는 동기형 전동기를 사용하므로 전원 주파수에 관계없이 구동할 수 있다. 다만 이러한 기기에서 환풍기와 같이 소형 전동기는 제도단가 측면에서 슬립형 유도전동기를 사용한다. 이러한 경우 높은 주파수를 인가하면 효율저하 또는 소손을 초래할 수 있다. 이러한 경우 유도형 기기의 요구전력이 전체 전력의 10[%]이내이므로 간단한 구형파 인버터를 내장하여 60[Hz]전원발생이 필요하다.

2.2 120[Hz] 전력전송

그림 1은 120[Hz]로 운전되는 독립형 마이크로 그리드 구성 예시로 그 장점을 분석한 것이다. 60[Hz] 발전기의 경우 120[Hz]로 구동 시 이론적으로는 2배의 출력이 가능하나 실제에서는 약 1.8배로 증대함을 확인하였고, 변압기의 경우는 1.91

배가 증대됨을 알 수 있었다. 이는 기존 구형의 마이크로그리드에서 전력증설을 행할 경우 발전기 및 변압기를 교체하는 방

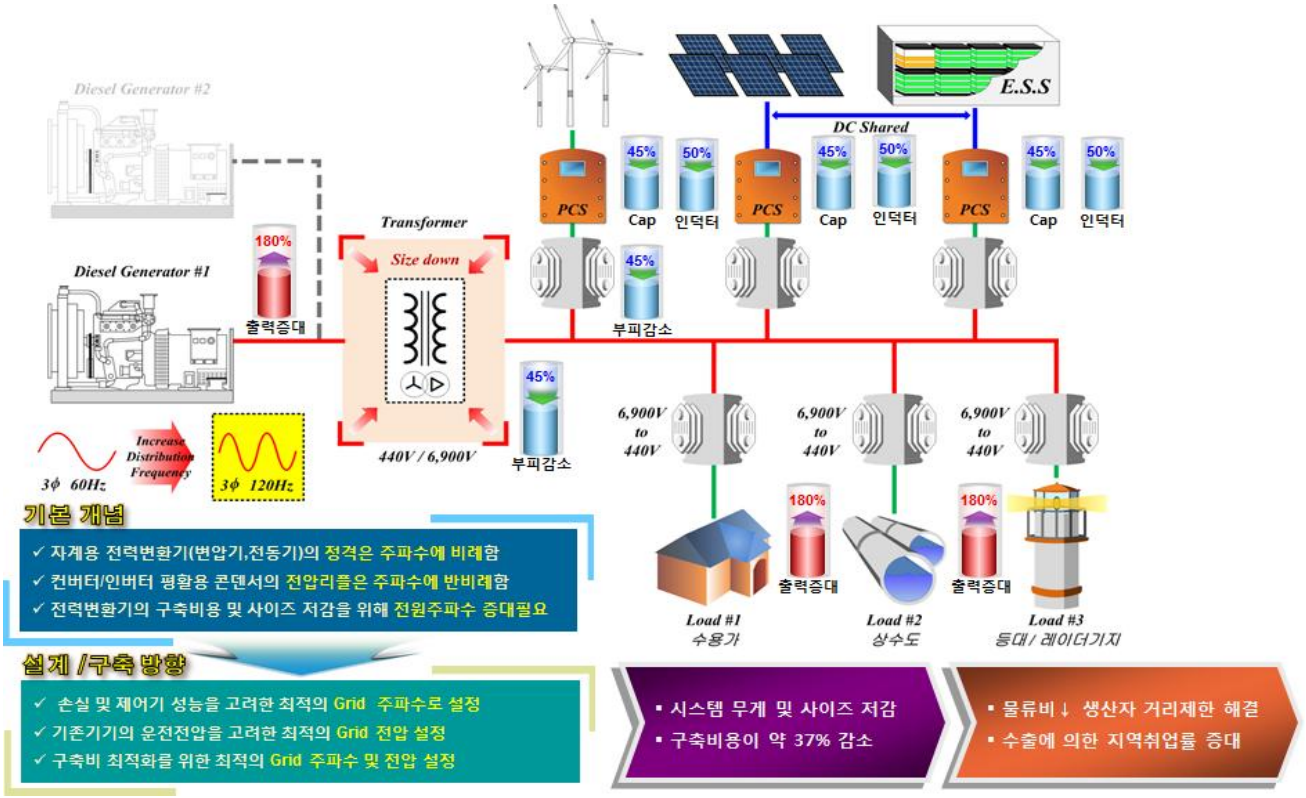
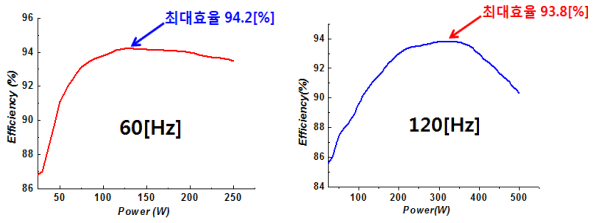


그림 1 독립형 120[Hz] 마이크로 그리드 구성예시
Fig. 1 The configuration example of standalone 120 [Hz] micro-grid

식보다는 운전주파수를 120[Hz]로 바꾸어 운전을 행하면 약 90[%]의 전력증설효과를 볼 수 있다. 또한 발전기와 변압기를 120[Hz]로 설계하는 경우 엔진 , 발전기, 변압기의 사이즈를 대폭 줄일 수 있다.

연계형 인버터의 경우 120[Hz]로 운영하는 경우 인버터의 DC용 콘덴서 용량을 약 45[%] 절감할 수 있으며, 이는 DC용 무전해 콘덴서 사용 시 큰 장점이 될 것이며, 연계형 리액터의 용량도 절반으로 줄일 수 있을 뿐만 아니라 독립형 운전시 LC 필터의 용량도 절반으로 줄일 수 있는 장점이 있다.

그림 2는 주파수에 따른 변압기 효율비교를 나타내고 있다. 실험을 위해 220[V], 60[Hz]용 250[VA]로 제작된 변압기를 사용하였으며 부하는 저항부하로 하였다. 그림 2(a)는 60[Hz] 220[V] 전압을 인가하여 부하에 따른 효율곡선이며, 그림 2(b)는 120[Hz] 440[V] 전압을 인가하여 부하에 따른 효율곡선이다.



(a) (b)

그림 2 주파수에 따른 변압기 효율비교

Fig. 2 Efficiency comparison of Transformer according to Frequency

변압기나 전동기와 같은 자속을 이용하는 전력변환기에서 철손은 부하에 관계없이 인가전압과 주파수에 의해 일정한 값이 됨으로 그림 2의 운전주파수에 따른 효율곡선에서 경부하에서 120[Hz] 운전이 낮은 것으로 사료되며 최대효율에는 큰 차이가 없었다.

4. 결 론

본 연구의 기본 취지는 마이크로그리드로 그 실증이 검증된 항공모함 전력계통시스템을 육지 마이크로그리드 시스템으로 접목하기 위함이다. 항공모함 전력계통시스템은 그 성능이나 사이즈에서 육지 60[Hz] 마이크로그리드 시스템보다 우수하나, 400[Hz]에서 철손이 적은 코어를 사용하는 등 전력변환기의 경제성문제가 큰 걸림돌로 작용한다. 따라서 기존 60[Hz] 자기회로를 그대로 이용하면서 출력증대와 효율저감 등을 고려한 적정 운용주파수로 120[Hz]에 대한 타당성을 조사하였다.

본 연구는 산업통산자원부와 한국산업기술진흥원의 지역특화산업육성(R&D) 기술개발사업으로 수행된 연구결과입니다.

참 고 문 헌

[1] Seung Yeong Yu · Hyun Jun Kim · Byung Moon Han, "New Output Voltage Control Scheme Based on SoC Variation of BESS Applicable for Stand alone DC Microgrid," The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers Vol. 65, No. 7, pp. 1176~1185, 2016