

대용량 전력변환기의 파워모듈 수명 향상을 위한 제어로직 관한 연구

이진현, 이상혁, 신덕식, 이상택

한국전자기술연구원

A Study on Control Logic for Improving lifetime Power Module of Large-capacity Power Converter

Jin Hyun Lee, Sang Hyeok Lee, Duck Shick Shin, Sang-Taek Lee

Korea Electronics Technology Institute (KETI)

ABSTRACT

본 논문에서는 급속충전기의 효율 향상과 파워모듈의 수명 향상에 대해 연구하였다. 일반적으로 급속충전기는 대용량화를 위해 다수의 파워모듈을 병렬로 연결하고 있으며 전기차에 필요한 충전량에 따라 병렬로 구동되는 파워모듈 수를 제어함으로써 급속충전기의 효율을 향상시킬 수 있다. 하지만 파워모듈 수만 제어하게 되면 일부 파워모듈에 부담이 치중될 수 있어 급속충전기 전체 시스템의 수명이 낮아지는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 일부 파워모듈에 치중될 수 있는 부담을 해소하기 위해 요구되는 충전량에 맞춰 동작이 필요한 파워모듈을 선정하는 알고리즘에 대해 연구하였다.

1. 서 론

주요 선진국들은 대기오염 환경규제에 선제적 대응과 미래차 시장 선점을 위해 전기차 보급화를 진행 중이며 급속충전을 위한 대용량 충전시스템 개발 및 충전 기반 시설을 확대하고 있다. 글로벌 전기차 판매 규모는 19년 대비 21년에 226.3[%] 증가한 660만대로 역대 최대치를 기록하였고 전기차 누적 보급 대수는 21년 기준 1,600만대를 넘어서며 코로나 이전 대비 약 2.3배 증가했으며 전체 차량 중 전기차가 차지하는 비중 역시 이전 대비 3.6[%]배 증가하였다.



그림. 1 2021년 글로벌 전기차 및 판매비중

Fig. 1 2021 Global Electric Vehicles and Sales Proportion

또한 급속충전기와 완속충전기의 국내 설치 대수는 정부의 정책 방향과 예산 확보에 따라 결정될 것으로 보이며, ‘제4차 친환경자동차 기본계획(2021~2025)’에 따르면 2025년에는 51.7만대의 전기차 충전기 설치로 연평균 57.5[%] 성장할 예정이며 산업부 ‘자동차 산업 글로벌 3강 전략’으로 2030년 전기차 충전 속도를 5분으로 줄이기 위해 전기차의 전기/전자 통합제어 시스템과 차세대 전기차 플랫폼 개발을 계획 중에 있다. 따라서

국내 급속충전기의 파워모듈을 개발 업체들은 급속충전기의 대용량화를 위해 파워모듈의 용량을 기존 30[kW]에서 50[kW]로 확대하고 있다. 일반적으로 급속충전기의 파워모듈은 AC/DC 컨버터와 DC/DC 컨버터가 직렬로 연결된 전력변환기로 경부하에서는 낮은 효율로 손실이 크며, 중부하부터는 높은 효율을 얻을 수 있기 때문에 요구되는 부하량에 맞춰 전력변환기를 운용하여야 급속충전기의 효율을 증가시킬 수 있다. 따라서 파워모듈이 병렬 연결된 급속충전기는 전기차의 요구 충전량에 맞춰 파워모듈이 중부하 이상에서 동작하도록 조절하여 고효율로 동작하도록 제어해야 한다. 하지만 요구되는 충전량에 맞춰 파워모듈 개수만 조정한다면 일부 파워모듈에 부담이 치중될 수 있어 내부 스위칭 소자와 수동소자에 열화 작용으로 수명이 급격히 단축되어 급속충전기의 수명이 낮아지는 문제가 있다. 따라서 본 논문에서는 전기차에 필요한 충전량에 따라 파워모듈 개수 뿐만 아니라 누적 사용량이 적은 파워모듈을 선정함으로써 급속충전기의 효율 향상과 파워모듈의 수명 향상을 위한 알고리즘을 제안하고자 한다.^[1]

2. 본 문

Fig. 1은 30[kW] 파워모듈 3개가 병렬로 연결된 90[kW] 급속충전기의 파워뱅크 구성도로 3상 교류전원은 병렬로 연결된 파워모듈의 입력부에 연결되며, 파워모듈의 출력부는 전기차의 충전부에 병렬로 연결된다. 급속충전기의 충전 포트가 전기차의 충전 단자에 연결되어 충전이 시작될 경우, 상위제어기에서 파워모듈과 Active 스위치는 각각의 CAN 통신과 GPIO 제어를 통해서 효율적인 충전 동작이 이루어지게 한다.

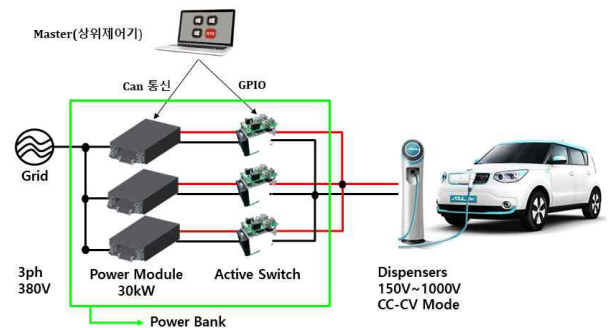


그림. 2 파워뱅크 구성도

Fig. 2 Power bank configuration diagram

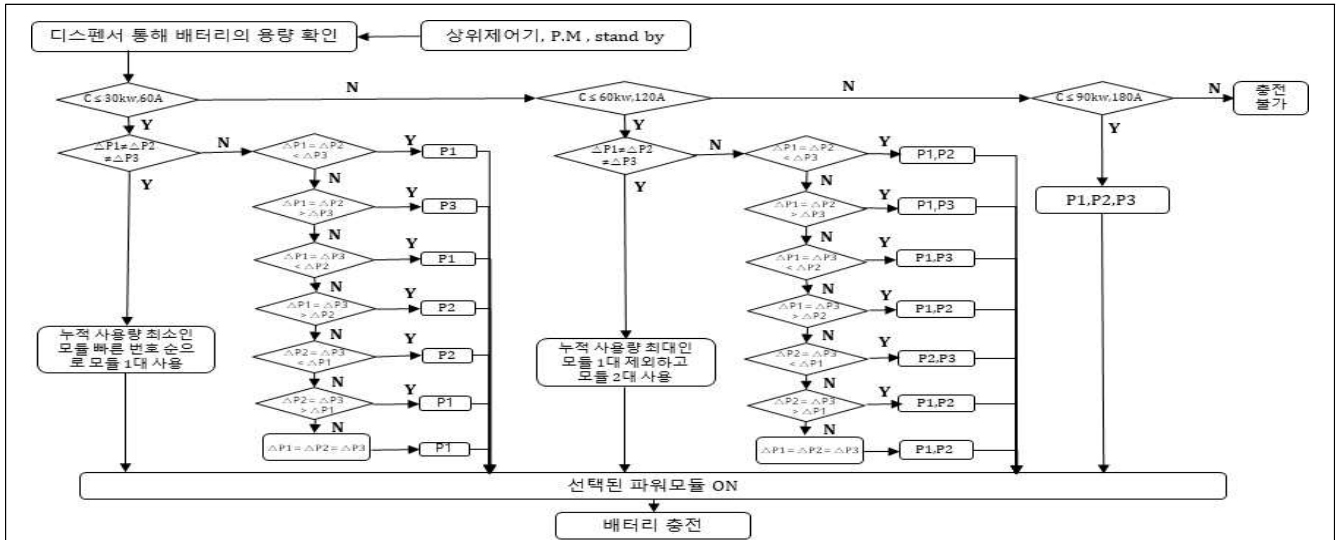


그림. 5 효율성 향상을 위한 모듈 제어 기술 흐름도

Fig. 5 Flowchart of module control technique for improving efficiency

일반적인 급속충전기의 파워모듈은 그림 3과 같이 전기차가 요구하는 충전량을 균일하게 나누어 분담하는 구조로 충전량을 클 경우에는 파워모듈이 모두 중부하 이상으로 고효율로 동작하지만 충전량이 작을 경우에는 파워모듈이 모두 경부하 동작하여 낮은 효율로 동작함으로써 급속충전기의 효율이 급격히 감소하는 단점을 갖고 있다.

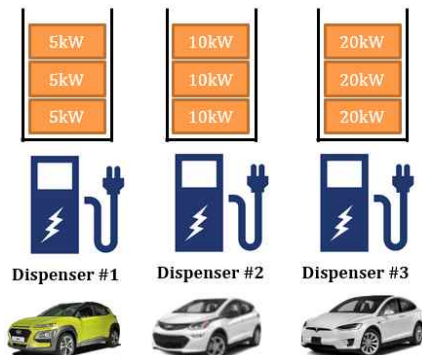


그림. 3 병렬 연결된 파워모듈의 전력 분배

Fig. 3 Power distribution in parallel Power Module

이를 해결하기 위해 본 논문에서는 그림 4과 같이 30[kW] 파워모듈의 효율 곡선을 기반으로 10[kW]에서 30[kW]에서 동작을 고려하여 요구되는 충전량에 맞춰 파워모듈의 개수를 선정하였다.

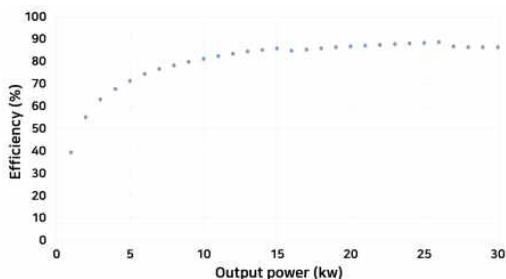


그림. 4 30[kW] 파워모듈 효율 곡선

Fig. 4 30kW power module efficiency curve

또한 충전 요구량에 맞춰 단순히 파워모듈의 개수만 선정할 경우 일부 파워모듈에 부담이 치중될 수 있어 급속충전기 전체 시스템의 수명이 낮아지는 문제가 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 그림 5와 같이 각각의 파워모듈의 누적 사용시간을 이용하여 파워모듈 낮은 누적 사용시간 모듈의 우선 순위부터 선정하여 선정된 모듈로부터 배터리는 충전하게 된다.

3. 결 론

본 논문에서는 전기차 충전기의 효율과 파워모듈의 수명 향상을 위한 제어기법에 대해 알아보았다. 본 논문에서 제시한 제어기법은 전기차 충전 시 차에서 요청하는 출력용량에 맞춰 동작하는 모듈의 수를 조정하고 모듈의 효율이 높은 구간에서 동작하도록 한다. 각 모듈의 효율이 높아지면 결과적으로 충전기 전체 시스템의 효율이 증대하고 파워모듈의 누적 사용 시간이 적은 모듈이 선 동작함으로써 일부 파워모듈로 부담이 치우치지 않도록 하였다. 이 제어방식은 모듈의 효율 증대 및 모듈 수명을 고르게 소모하도록 하여 시스템의 수명 증가 예상하며 향후 실제 파워모듈을 구성하여 제안된 알고리즘의 타당성을 검증할 계획이다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20202020800020)

참 고 문 헌

- [1] 김민재, 김연우, 요스 프라보우, 최세완, "EV와 NEV 겸용 50kW급 고효율 모듈형 급속충전기 개발," 전력전자학회 논문지 Vol. 21, No. 5, 2016. Oct
- [2] 민병빈, 황재창, 임다니엘지섭, 김규식, 정재원, "충전 부하량 및 동작 횟수 기반의 모듈 제어를 통한 전기차 충전기의 효율 향상에 관한 연구," 조명·전기설비학회논문지. Vol. 36, No. 12, 2022. Dec