

부하 분산형 충전시스템의 다출력 시스템과 제어 알고리즘에 대한 연구

홍영근, 강찬호
이지트로닉스

A Study on the Multi-Output System and Control Algorithm of Load Distributed Charging System

Young Gun Hong, Chan Ho Kang
EGTRONICS Co., Ltd

ABSTRACT

The demand for the supply of charging infrastructure is also increasing in a market that grows more than 30% annually due to the expansion of the supply of electric vehicles. In order to expand the supply of infrastructure while increasing the charging speed, the demand for load-distributed multi-output chargers is increasing, and it is time to develop competitive products to cope with them. In this paper, we would like to propose a charging control algorithm that can smoothly control the output unit and supply power to the ultra-fast charging system with the concept of a multi-output charging system and has cost competitiveness.

1. 서론

정부에서는 전기차 충전 인프라 확충 및 안전 강화 방안을 통해 2030년 전기차 420만대 보급에 대비해 충전기 123만기 보급 계획을 발표하였다.^[1] 급속 충전기 기준 23년 대비 약 5배의 보급 계획으로 14만 5천기를 보급 목표로 한 것으로 급속충전기의 보급시 공간 절약 및 초급속 충전을 위하여 전력부 분리형의 충전시스템이 대안이 될 것으로 예상된다. 여기에 전세계 충전기 시장 전망도 연평균 30%내외가 될 것으로 전망하는 바, 전기차 대비 다양한 충전 패턴의 제공이 가능한 충전시스템이 필요할 것으로 예상된다.^[2]

2030 충전인프라 구축 로드맵

□ 충전기 유형별 목표(누적, 단위: 만기)

구분	'22년(실적)	'25년	'27년	'30년
급속 충전기	20.5	59	85	123
	2.1	6.9 (2.7만개소)	9.9 (3.9만개소)	14.5 (5.7만개소)
	18.4	52.0	74.6	108.5

그림1. 2030 충전인프라 로드맵, 출처 `23전기차 충전인프라 확충 및 안전강화 방안

본 논문에서는 급속 충전 시스템내에서 부하 분산형 충전 시스템에 대한 다양한 검토를 진행하고 이에 대한 특징을 비교하여 전기차동차를 위한 최적의 충전시스템을 제안함으로써 충전시스템의 개발시에 시장에서 요구되는 사항을 최대한 수용 편의성과 안정성 및 경쟁력의 확보가 가능한 시스템을 제안하고자 한다.

2. 부하 분산형 충전 시스템

2.1 부하 분산 시스템의 기본 구조

전기차 충전시스템은 다양한 출력량에 대한 대응 요구가 증대되면서 다출력 충전기의 개발도 진행되었고 대형화에 따른 부피 증대를 해결하기 위하여 전력부를 분리하고 충전부만으로 충전하는 전력부 분리형 구조를 검토하였다. 하지만 다양한 충전 용량 변화등의 요구에 대응하기 위해서는 시스템이 복잡하고 제어알고리즘 구성이 어려워 기능을 제한하여 사용하였고 채널별로 고정 전력을 제어하는 제한적인 충전 기능만을 제공하는 실정이었다. 최대 출력량의 요구와 최소 출력량의 제어를 위해서 다양한 방식의 기술 개발을 통해 충전 시스템을 개발하였지만 다양한 전력 모드에 대응 가능한 제어 알고리즘을 수립하기에는 많은 부족함이 있었다.^[3]

2.1.1 일반적인 전력 분배 구조

다채널 출력을 위한 일반적인 전력 분배 구조는 채널 변화를 고려하여 결선하며 채널 구성이 복잡하고 제어 알고리즘도 복잡하다. 프로그램 운영시 경우의 수가 많아 제한적인 프로그래밍이 되고 원활한 제어를 위해서는 소프트웨어적인 접근과 견고한 알고리즘 구성이 필요하나 구성에 한계가 있다.^[4]

2.1.2 매트릭스 방식 전력 분배 구조

매트릭스 방식 전력 분배 시스템은 모듈의 구성을 매트릭스 형태로 교차하고 메인 축과 가상의 축을 구성한 뒤 교차점에 릴레이를 통해 에너지를 전달하도록 출력량을 증감함에 따라 구동 수량을 조절하여 대응 되도록 설계 한다. 하지만 다양한 충전 방식의 패턴 대응에 한계가 있고 보완키 위해서는 릴레이가 추가되는 단점이 있다. 즉 매트릭스 방식은 출력 단의 채널이 흡수인지 짝수인지에 따라 세밀한 출력 패턴 제어를 위한 알고리즘 구성이 필요하여 한계를 갖는다.^[5]

2.1.3 매쉬 방식 전력 분배 구조

매쉬 방식 전력 분배 시스템은 릴레이를 전력 변환 모듈에 해당하는 각각의 노드들에 배치하고 릴레이를 통해서 노드들 간의 에너지 전송에 대한 흐름을 제어하는 구조로 설계 되었으며 출력되는 출력량의 출력량 요구에 대응 될 수 있도록 시스템을 구성하였다.

매쉬 전력 분배 방식은 전력을 공급받는 복수의 충전 모듈을 기준으로 각각의 무리 또는 모듈 개별을 기준으로 각각의 모듈간과 상대 모듈 간에도 릴레이를 구성하고 에너지의 원활한 공급이

가능하도록 릴레이 구성을 자유롭게하여 기존 전력 분배 방식 대비 지속적인 원활한 에너지 공급이 가능하도록 설계하였다.

2.1.4 삼각 연결 방식 전력 분배 구조

본 논문에서는 삼각 연결 방식에 대한 전력 분배 구조를 제안하여 매쉬 방식보다도 출력단 릴레이 소요 개수를 줄여 제어 성능 및 경쟁력 확보를 위한 기술을 제안한다 이는 기존 대비 채널수에 따라 최대 40~60%의 재료비 절감 효과를 기대한다.

또한 삼각형 형태의 소그룹 군으로 시스템을 분리하여 분산 및 확장에 용이한 구조로 시스템을 간소화한 부분에서 설계를 진행하였다. 소그룹 단위의 설계이기에 공용화등을 통한 단가 인가가 가능하고 소그룹 단위 용량으로 부품 및 배선의 설계가 가능하고 확장시 확장용량 만큼 제작이 가능하므로 재료비 절약 효과도 기대 된다. 기존 설계 대비 확장 설계가 용이하고 채널 변화에 능동 설계가 가능하여 사용 채널을 기준으로 분산 구조의 가용 채널을 계산하고 최대 충전 용량을 제시하여 사용자가 선택한 출력 용량 기준으로 채널값 분배가 가능하다.^[6]

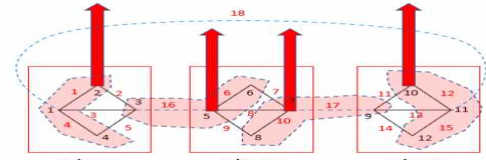


그림 4. 삼각 연결 방식 전력 분배부 내부 연결 구조

총 1만회의 충전을 가정하고 전력 변환 모듈의 사용량을 도출하기 위해 3개나 6개의 노드를 선택하여 충전의 경우의 수를 가정하면 출력 노드가 2, 6, 8, 10일 때 전력 변환 모듈의 사용 빈도가 고르게 분포되어 수명이 길게 사용 가능함을 파악하였다.

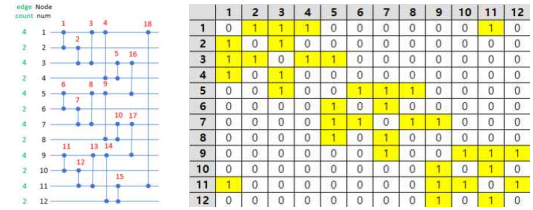


그림 5. 평면의 노드/엣지(a), 2차원 배열 모듈 내부 구조

	5채널 릴레이 구성 예시	릴레이수	8채널 릴레이 구성 예시	릴레이수
일반		10개		28개
매쉬		9개		20개
매쉬		8개		12개
삼각		6개		11개

그림 2. 전력 분배 방식별 출력단 릴레이 소요 개수 비교

2.2 제어 알고리즘

충전기의 출력 제어는 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘을 적용하여 제어 될 수 있도록 설계 하였다.

다익스트라 알고리즘은 동적 경로 선정을 위한 최단 경로 검색 알고리즘에 적용되는 기술로 노드간 최단거리를 구할 경우 N개의 마디 마다 해당 마디를 출발의 기준점으로 하여 최단 거리를 계산하는 알고리즘이다.

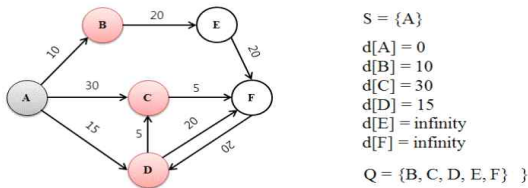


그림 3. 첫 루프를 돌고 난 후의 다익스트라 알고리즘

실제 시스템에서의 삼각 연결 방식 전력 분배부의 내부 연결 구조는 알고리즘을 적용하여 최적의 출력 노드를 선정하는 방법을 나타낸다.

본 구성에서는 12개의 노드와 18개의 엣지를 연결하였고 노드에는 전력 변환 모듈 2대를 구성하고 엣지에는 출력 릴레이를 구성하여 시스템을 동작하도록 모의실험을 진행하였다.

그림 4에서 빨간색 화살표는 충전부와 연결된 엣지를 나타내며 빨간색 화살표 좌측부터 a, b, c, d라 부르기로 하고 만약 a로 출력이 나가는 경우 2번 노드가 필수적으로 사용되어야 한다. 이때 b로 출력이 나가는 경우 5번 노드가, c로 출력이 나가는 경우 7번 노드가, d로 출력이 나가는 경우 10번 노드가 필수적으로 사용되는 것을 기본으로 한다.

3. 결론

충전 인프라 보급의 확대는 전기차 보급의 속도에 따라 비례하여 증대되고 있다. 2030년까지 전기차 420만대 보급을 목표로 하는 정부와 세계의 전기차 보급 추세를 보면 인프라의 확충이 탄소 절감을 위한 노력에 이바지하는 것이라 생각한다. 충전 인프라의 보급은 단순한 충전기 보급을 넘어 산업 전반에서 에너지 기업, 물류 기업, 부동산 기업을 충전 인프라로 이끌고 있고 전체적인 변화의 중심을 리딩하는 것이라 생각한다. 2025년까지 누적기준 급속 1.5만기의 보급을 목표로 하는 정부의 방침에 따라 고속도로 휴게소나 전기차 전용 충전소, 기계식 주차설비와 같은 다중이용 시설 부분에서의 충전 수요는 증가하고 분산형 충전 시스템에 대한 요구도 늘어날 것으로 기대된다.

충전인프라의 원활한 보급과 확대는 다양한 기술 개발을 통해서 안전하고 편의성이 보충되는 제품의 개발을 유도하고 누구나 안심하고 사용하는 기술로 발전되기를 바란다.

이 논문은 산업통상자원부의 2023년 자동차 산업 기술개발 사업의 “교통약자의 xEV 수용성 제고를 위한 자동충전용 차량 부품 및 인터페이스 개발” 과제로 작성됨

참고 문헌

- [1] 관계 부처. 전기차 충전 인프라 확충 및 안전 강화 방안. 2023. 06.29
- [2] 키움증권 리서치 센터, 전기차 충전 인프라, 2023. 04. 03
- [3] Hong, Y. G., et al., Multi-Charger Smart Power Distribution System, ·KOREA Intellectual Property Office, 10-2021-0106139
- [4] Hong, Y. G., et al., Power Dividing system for distributed charger, ·KOREA Intellectual Property Office, 10-2018-0121387
- [5] Hong, Y. G., et al., Matrix type recharge apparatus for electric vehicle and charging method using the same, ·KOREA Intellectual Property Office, 10-2017-0154792
- [6] Hong, Y. G., et al., Expandable output control system with easy node variation based on a triangular connection structure for rapid chargers for multi-channel output, 10-2023-0056272