

# 전기차 이용자 충전행태 기반 충전요금 절감에 관한 연구

서종관, 유명식\*

송실대학교, \*송실대학교

bellkseo@gmail.com, \*myoo@ssu.ac.kr

## A Study on Charging Rates Reduction based on Charging Behavior of Electric Vehicle Users

Seo Jongkwan, Yoo Myungsik\*

Soongsil Univ., \*Soongsil Univ.

### 요약

전기차의 주요 강점은 내연기관 차량 대비 상대적으로 저렴한 충전요금으로 유지비의 경제성에 있다. 하지만, 충전요금 특례 할인 종료 및 전기요금 인상으로 인해 kWh 기준 충전요금 단가가 계속적으로 상승하고 있어, 전기차 보급에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 본 논문은 공동주택에 거주하는 전기차 이용자를 대상으로 충전행태를 분석하여 주요 충전 시간대 및 충전 지속 시간을 도출하였다. 그리고 이용자의 주요 충전 구간에서 시간대별 충전요금 단가를 반영하여 충전요금이 최대 절감되는 맞춤형 충전 구간을 제안하였다. 시뮬레이션을 통해 기존 대비 충전요금의 절감 효과를 분석하였다.

### I. 서론

전기차는 2030년 국가 온실가스 감축목표 NDC(Nationally Determined Contribution)를 실현하기 위한 중요한 수단이다. 유럽연합은 2035년부터 내연기관 신차 판매 금지 등 탄소배출량을 100% 감축하는 온실가스 배출 규제 정책을 적극적으로 추진하고 있다.[1] 국내의 경우 2030 친환경차 보급전략을 통해 전기차 420만대 및 충전기 123만기 이상 보급을 목표로 설정하였다. 이러한 전기차 시장의 성장에 맞추어 이용자 중심의 충전 서비스가 강조되고 있는 추세이다. 최근 현대차는 2024년 2분기부터 북미에 판매되는 전기차 모델은 기존의 'DC콤보(CCS)' 충전방식이 아닌 테슬라 충전규격인 '북미충전표준(NCCS)'을 도입하였다. 또한, 충전 플랫폼이 등장하여 검색부터 인증, 충전, 결제까지 일원화된 이용자 통합 서비스를 제공하고 있다.

그러나 최근 정부는 충전료 정상화라는 명목으로 다양한 요금 혜택을 폐지하고 한전은 전기차 충전전력요금을 점진적으로 인상하고 있다. 이에 따라 충전 사업자들도 이용자에게 부과하는 충전요금을 불가피하게 인상하고 있는 상황이다. 결과적으로 충전요금 상승은 전기차 이용자들이 부담하고 있다. 현재 한전과 환경부의 100kW 이하 충전기 충전요금은 2023년 9월 개편 기준으로 347.2원/kWh이며, 민간 충전 사업자의 평균 충전요금은 245.8원/kWh이다.

본 논문에서는 공동주택 완속충전기를 사용하는 이용자들의 충전행태를 분석하여 충전 구간을 재설정함으로써, 충전요금을 절감하는 것을 목표로 한다. 개별 이용자의 주요 충전구간을 도출하고, 시간대별 충전요금 단가를 고려하여 충전요금을 최대 절감할 수 있는 충전구간을 제시한다. 마지막으로 시뮬레이션을 통해 절감효과를 분석한다.

### II. 본론

일반적으로 공동주택은 수전용량 제한으로 3~7kW 완속충전기가 주로 설치된다. 충전시간은 전기차 배터리의 상태에 따라 결정되며, 7kW 충전

기를 사용하여 64kWh 배터리를 가진 전기차의 경우 약 10시간 정도 소요된다. 또한, 공동주택은 출입 제한으로 인해 외부 전기차 이용자가 장기간 충전하는 경우는 거의 없고, 주로 거주자가 충전기를 사용한다.

대부분의 거주자들은 퇴근시간 이후에 충전을 시작하여 밤새 충전하는 패턴으로 평균 6시간 정도 충전기를 점유하고 있으며, 주로 본인의 단지 내 충전기를 사용한다. 이와 같이, 공동주택 내 완속충전기는 휴게소나 기타 충전 시설에 비해 거주자 그룹에 한정된 특성을 가지고 있기 때문에 주기적으로 충전하는 사용자들을 파악하여 개별 이용자의 충전패턴 분석이 가능하다.

본 연구는 민간 충전 사업자를 대상으로 2023년 3월부터 2023년 7월까지 5개월 동안 30개 공동주택 충전소의 충전정보를 수집하였다. 수집 데이터는 약 50만건이며, 데이터 유형은 충전기 정보와 충전이력 정보로 구성된다. 충전기 데이터는 충전속도, 충전방식, 충전용량의 기기 정보와 충전 트랜잭션 시, 발생하는 충전전류, 충전전압, 배터리 상태 등으로 정의된다. 충전이력 데이터는 이용자 개인 정보와 충전 히스토리에 대한 정보로서, 성명, 연락처, 회원유형, 로밍여부, 충전요금, 충전량, 충전 시작시간, 충전 종료시간 등으로 구성된다.

이용자의 충전이력을 분석함으로써 선호 충전기 목록, 충전 빈도, 충전 시작시간, 충전 종료시간, 충전량, 충전 금액 등 충전에 대한 전반적인 특성 파악이 가능하다. 또한, 충전 시작시간과 종료시간으로부터 이용자의 충전 시간대와 충전 소요시간을 도출할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 두 가지 특성을 기반으로 이용자의 주요 충전구간을 정의하고 있다. 이용자의 충전 특성을 파악하기 위해서는 충전 이력정보에 대한 최소한의 요구 사항이 필요하다. 예를 들어, 충전 사업자의 비회원 충전이거나 회원 정보가 누락인 경우에는 이용자를 특정하기 어렵다. 또한, 충전시간이 매우 짧고 충전량이 적은 경우에는 충전 트랜잭션에 대한 정보가 부족하다. 따라서, 본 연구에서는 주요 정보의 결측치(Missing Value) 제거를 포함하여 충전이력 정보에 대한 데이터 전처리 항목은 다음과 같다.

- 충전 사업자 회원
- 20분 이상 충전시간 지속
- 5kWh 이상 충전
- 30일 기준 3회 이상 충전
- 비정상 충전 종료에 대한 트랜잭션 제외

그림 1은 이용자의 시간대별, 요일별, 충전기별 충전패턴을 나타낸다. 해당 이용자의 최대 충전 시간은 17시이며, 일요일에 75kWh를 충전하여 가장 많이 충전한 것으로 나타났다. 하지만, 요일별 충전 편차는 크지 않아 짧은 주기로 자주 충전하는 경향이 있을 것으로 추정된다. 또한, 단지 내 10기 충전기 중에 3기 충전기를 주로 사용하며, 선호 충전기는 3264 충전기를 36회 이용한 것으로 나타났다. 특히, 해당 충전기는 타 사용자에 비해 충전기 이용 빈도가 매우 높다는 것을 확인할 수 있다.



그림 1. 이용자의 충전패턴

이용자의 주요 충전구간은 이용자가 사용한 모든 충전기를 통해 충전 소요시간 및 주요 충전 시간대를 도출하였다. 식(1)은 이용자의 충전 소요시간  $U_{ac}$ 을 나타낸다. 여기서,  $U_{ct}^h$ ,  $U_{cn}^h$ 는 충전소  $S$  내 모든 충전기  $C$ 를 대상으로  $h$ -th 시간대에서의 총 충전횟수와 총 충전시간이다. 그리고 식(2)는 충전 시작시간  $U_c^s$ 과 충전 종료시간  $U_c^e$ 으로부터 도출한 이용자의 충전 시간대  $U_c^h$ 이다.

$$U_{ac} = \sum_{C \in S} \sum_{h=1}^{24} \frac{U_{ct}^h}{U_{cn}^h} \quad (1)$$

$$U_c^s \leq U_c^h \leq U_c^e \quad (2)$$

표 1은 충전빈도가 높은 이용자의 선호 충전기 및 주요 충전구간을 나타낸다. 이용자들은 모두 8시간 이상 충전을 진행하였으며, 대부분 20시 이후에 충전을 시작하여 D+1 오전 6시까지 충전하는 경향을 보였다. 이러한 충전패턴은 완속충전기를 사용하여 밤새 충전하는 전형적인 공동주택 거주자의 생활패턴이 반영된 결과로 볼 수 있다.

표 1. 이용자 충전행태

이용자 ID	충전기 ID	충전 소요시간	주요 충전 시간대
33728	3699	8.10	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
25551	3347	10.35	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 20, 21, 22, 23
31729	3119	8.33	0, 1, 2, 3, 19, 20, 21, 22, 23
26326	3264	8.23	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 0, 1
31729	3162	9.45	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 21, 22, 23

충전요금은 충전 사업자마다 다르게 책정되며, 사업자의 수익성에 따라 계시별 요금제 또는 단일 요금제로 구분된다. 본 연구에서는 겨울철 한전의 계시별 충전요금을 기준으로 시뮬레이션을 분석하였다. 표 2는 한전의

표 2. 한전 계시별 시간대 기준

구분	여름철 (6~8월)	봄, 가을철 (3~5월, 9~10월)	겨울철 (11~2월)
	경부하	22:00~08:00	
중간부하	08:00~11:00		08:00~09:00
	12:00~13:00		12:00~16:00
최대부하	18:00~22:00		19:00~22:00
	11:00~12:00		09:00~12:00
	13:00~18:00		16:00~19:00

계시별 충전요금 구분을 나타낸다. 경부하 시간대의 충전요금이 가장 저렴하기 때문에 이용자는 해당 시간대에 충전하는 것이 가장 효과적이다.

식 (1)과 (2)로부터 산출한 이용자의 기존 주요 충전구간을 최대한 만족 하면서 충전 시작시간을 경부하 시간대로 조절하여 충전구간을 재설정하였다. 이로 인해 기존보다 충전지속 시간이 다소 단축될 수는 있지만 충전요금은 크게 절감되었다. 또한, 전기차 배터리의 특성상 SOC가 80% 이상부터는 충전속도가 현저히 감소하게 되어 충전량 변화가 미미해지는 특성을 활용하여 경부하 시간대에 더 많은 충전을 하는 것이 유리하다. 그림 2는 경부하, 중간부하, 최대부하 구간에서의 이용자의 충전 이용 빈도 및 재설정된 충전구간을 나타낸다. 추천 시간대에서 충전하는 경우에는 기존 대비 충전시간은 2시간 단축되었으며, 23,753원의 요금절감 효과가 나타났다. 정부의 정책에 따라 충전요금이 인상될수록 절감효과는 커질 것으로 예상된다.

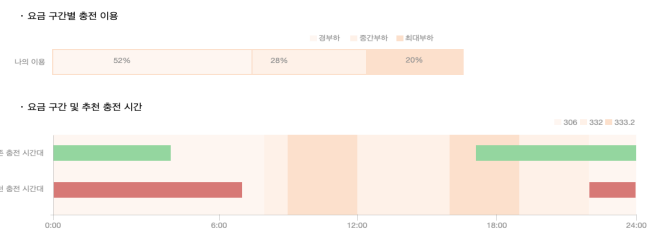


그림 2. 구간별 충전 빈도 및 추천 충전 시간대

### III. 결론

본 논문에서는 전기차 충전 서비스 관점에서 이용자의 충전행태 분석을 통해 주요 충전구간을 도출하였고, 이를 기반으로 충전요금 절감을 위한 충전구간을 재설정하였다. 충전 사업자의 충전이력 데이터를 활용한 시뮬레이션을 통해 충전 요금절감 효과를 검증하였다. 그리고 충전 사업자는 이러한 결과를 바탕으로 스마트 충전 기술을 활용하여 이용자의 간섭 없이 요금 구간에 따라 충전을 제어함으로써 이용자 맞춤형 충전요금 절감 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20222020900080)

### 참고 문헌

[1] P. Nema, S. Nema, and P. Roy, "An overview of global climate changing in current scenario and mitigation action," *Renew. and Sustain. Energy Reviews*, vol. 16, no. 4, pp. 2329 - 2336, May. 2012.