

## 전기 자동차의 충·방전 장소를 고려한 도시별 일부하 곡선 산출

최상봉\*<sup>†</sup> · 이재조\*\* · 성백섭\*\*\*

한국전기연구원 차세대전력망연구센터\*, 한국전기연구원 전력ICT연구센터\*\*,  
조선대학교 첨단산학캠퍼스\*\*\*

(2020년 8월 10일 접수, 2020년 9월 7일 수정, 2020년 9월 9일 채택)

### Evaluation of Daily Load Curve by taking into consideration PEVs Charging · Discharging Station

Sang-Bong Choi\*<sup>†</sup> · Jae-Jo Lee\*\* · Back-Sub Sung\*\*\*

KERI Advanced Power Grid Research Center\*, KERI ICT Center\*\*, Chosun University  
High-tech Industry-academic Campus\*\*\*

(Received 10 August 2020, Revised 7 September 2020, Accepted 9 September 2020)

#### 요 약

본 논문은 전기 자동차의 충·방전 장소를 고려한 도시별 일부하 곡선 산출을 위한 방법론을 제시하였다. 즉, 특정 도시에서 전기 자동차 충·방전에 의해 발생하는 부하량이 전력 그리드에 미치는 영향을 용이하게 파악할 수 있도록 전기 자동차의 충·방전 장소를 고려한 도시별 일부하 곡선 산출 알고리즘을 제시하였다. 구체적으로는 PEVs 점유율 시나리오에 따라 도시내의 전기차 충·방전 장소별 즉, 직장 및 가정에 대하여 오전에 직장에 도착한 전기차에 대해 그리드에 방전을 그리고 오후에 가정에 도착한 전기차에 대해 충전을 시행하는 가정을 수립한 후 오전 직장 도착 차량운행 특성과 SMP 요금제를 동시에 반영한 PEVs 방전 전력을 산정하였다. 그리고 오후에 가정 도착 차량운행 특성과 TOU 요금제를 동시에 고려한 PEVs 충전 전략에 대해 각각 서울시를 대상으로 충·방전 전력 형태별로 일부하곡선을 산출한 후 기존 부하와 합산하여 그리드에 미치는 영향 평가를 비교 분석하였다.

**주요어 :** 전기자동차, 충·방전 장소, 일부하곡선, SMP/TOU 요금

**Abstract -** This paper presented a methodology for calculating daily load curves per city by taking into account the charging/discharging location of electric vehicle. In other words, this is the daily load curve calculation algorithm by city, which takes into account the charging/discharging location of electric vehicles, so that the impact of loads generated by charging/discharging of electric vehicles on the power grid can be easily understood in certain cities.

Specifically, in accordance with the PEVs share scenario, the PEVs discharge power was calculated to reflect both the characteristics of the arriving vehicle in the morning and the SMP plan after establishing a assumption that the electric vehicle arrived at work in the morning and the electric vehicle arrived at home in the afternoon for each of the charging/discharging locations, that is, work and home, of electric vehicles in the city. After calculating the daily load curve for each charging/discharging power type for the PEVs charging strategy, which takes into account both the characteristics of the vehicle arriving at home in the afternoon and the TOU fare system, it was analyzed by comparing the impact assessment on the grid by adding the existing load.

**Key words :** PEVs, Charging · Discharging Station, Daily Load Curve, SMP/TOU Tarrif

<sup>†</sup>To whom corresponding should be addressed.  
Tel : +82- E-mail :

## 1. 서론

전 세계적으로 전기 자동차의 보급 확대에 적절히 대비하기 위한 전기 자동차 관련 기술적 표준 및 거래 규정을 지원하기 위해, 각 국가별 전력회사 및 정부가 연계하여 전기 자동차 배터리 충·방전에 의해 발생하는 전력수요를 예측하고, 기존 배전계통이 증가된 충·방전 전력 수요를 감당할 수 있을지에 대하여 정확한 평가를 도출하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있으나 대다수의 연구가 전기 자동차 충전이 그리드에 미치는 영향 평가에 집중되어 있고 전기자동차 충·방전이 그리드에 미치는 영향 및 이를 저감하기 위한 요금제를 반영한 연구는 매우 미흡한 실정이다.[1]-[5]

또한, 전기 자동차의 에너지 소비량(다시 말해서, 전기 자동차 배터리충전에 따른 부하량)에 대한 다양한 연구 결과에 따르면 전기 자동차의 대규모 보급 확대시 국가 발전망 및 주거용 배전 계통에 상당한 영향을 주는 것으로 판단되거나 또는 그 역으로 전기 자동차의 실질적인 대수 증가가 국가 전력망에 미치는 영향이 그리 높지 않은 것 판단되고 있어, 각국 국가 실정에 맞는 정확한 결과를 도출할 수 있는 연구 방향이 요구되고 있다.[6][7] 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 대표적으로 우선 각국 대도시내의 전기 자동차 충·방전이 그리드에 미치는 영향 평가가 필수적인데 이를 위해 충·방전 장소별로 전기 자동차 충·방전에 따른 영향 평가 모델링 개발이 선행되어야 한다.

따라서, 본 논문에서는 대도시내의 충·방전 장소별 전기 자동차 충·방전 일부하 곡선을 산출하는 방법을 개발하였다. 보다 상세하게는 2,030년 및 2,040년 한국의 서울시의 전기자동차 점유율 시나리오에 따라 전기자동차 충·방전 장소별 즉, 직장, 출근하여 그리드 피크를 저감하기 위해 그리드로 방전하고 오후에는 가정으로 퇴근하여 그리드로부터 충전하는 전략을 가정하였다. 보다 구체적인 방법론은 오전에는 그리드에 방전을 위해 직장, 출근하는 시간대별 차량운행 대수와 한전 SMP 요금제를 그리고 오후에는 가정으로 퇴근하는 시간대별 차량운행 대수와 한전 TOU 요금제를 근거로 구분하여 해당 년도의 서울시 전기자동차 충·방전 일부하곡선을 산출한 후 기존 일부하곡선과 합산하는 방법을 도출하였다. 이와 같은 방법론을 도출하기 위해 본 논문은 1) 직장에서의 오전 시간대별 전기 자동차 방전 확률밀도 함수를 산정하는 단계, 2) 가정에서의 오후 시간대별 전기 자동차 충전 확률밀도 함수를 산정하는 단계, 3) 직장 및 가정에서의 초기 전기 자동차 배터리 초기 SOC 상태를 산정하는 단계, 4) 상기 직장 및 가정에서의 전기 자

동차 충·방전 확률밀도 함수와 전기 자동차 배터리 초기 SOC 상태를 이용하여 전기 자동차의 시간대별 충·방전 전력을 산출하는 단계, 5) 상기 직장 및 가정에서의 전기 자동차의 충·방전 시간대별 충·방전 전력을 이용하여 각각 해당 년도별 전기 자동차 점유율 시나리오에 따라 서울시 전기 자동차의 충·방전 일부하 곡선을 산출하고 이를 기존 일부하곡선과 합산하는 알고리즘을 개발하였다.

## 2. 전기차 충·방전 장소별 모델링

전기차 충·방전 장소별 그리드 임팩트 분석을 위해 서울지방경찰청 종합교통정보센터(Seoul Metropolitan Police Agency)[8]의 데이터를 근거로 서울 도심 유입 및 유출 교통량을 분석하였으며 그 결과를 다음 그림 1에 도시하였다.

그림 1에 도시한바와 같이 출근을 위한 자동차의 도심 유입 교통량은 오전시간대에 즉, 오전 7시부터 9시까지 피크 형태를 이루고 있지만 퇴근을 위한 자동차 도심 유출 교통량은 5시 이후 늦은 시간까지 고루 분산되어 있음을 알 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 전기차 충·방전에 따른 그리드의 영향을 평가하기 위해 도심으로 유입/유출되는 차량에 대해 다음과 같은 가정을 시행하였다.

- (1) 직장 출근(도심 유입 차량 - 도심 유출 차량)  
→ 전기차 방전(오전 6시 ~ 오후 3시)
- (2) 가정 퇴근(도심 유출 차량 - 도심 유입 차량)  
→ 전기차 충전(오후 4시 ~ 오전 5시)

이와 같은 가정하에, 비제어형으로서 단순히 전기차의 도심 유입/유출 차이에 따른 교통량 데이터 모델링을 이용한 방법과 제어형으로서 전기차 충·방전의 전략적 제어를 통해 그리드 영향을 최소화하기 위하여 도심 유입/유출 차이에 따른 교통량 데이터와 한전에서 적용하고 있는 SMP 및 TOU 요금을 함께 고려하여 다음과 같이 각각 전기차 충·방전을 위한 확률 밀도 함수를 산출하였다.

### 2-1. 직장에서의 전기차 방전 확률밀도 함수

우선, 앞서 가정한 대로 직장에서의 시간대별 전기 자동차 방전 확률밀도 함수는 비제어형으로서 오전에 서울 도심으로 출근을 위한 1시간 주행 시간을 고려한 시간별 자동차 유입 교통량에서 유출 교통량의 차를 적용하여 다음 식(1)과 같이 산출하였다, 또한, 그리드 영향을 최소화하기 위한 제어형으로서 시간별 자동차 유입/유출 교통량 차와 SMP 요금을 같이 적용하여 다음 식(2)과 같이 산출하였다.

이와 같이, 하기 식 (1)에 의해 직장에서의 방전

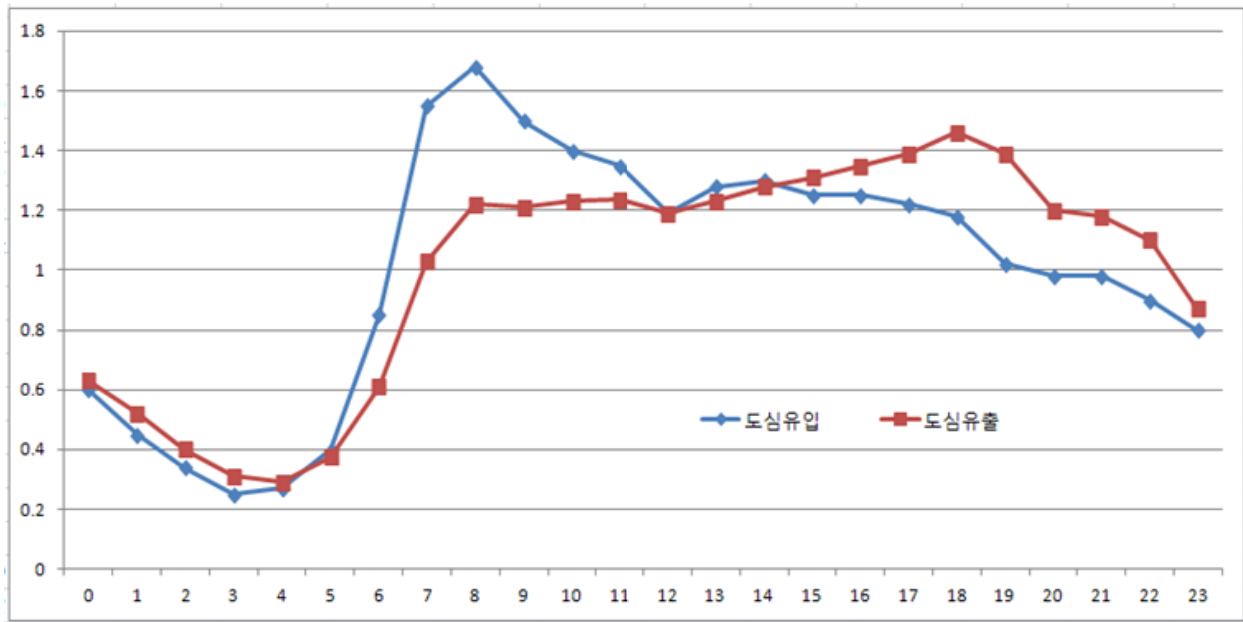


Fig. 1. Flowin/Flowout traffic data in downtown Seoul

Table 1. Discharge Probability Density(Work)

| 시 간 (H) | SMP(kWh/원) | 방전 확률밀도 (차량운행) | 방전 확률밀도 (차량운행+SMP) |
|---------|------------|----------------|--------------------|
| 6       | 61         | 0.01           | 0.01               |
| 7       | 13         | 0.13           | 0.11               |
| 8       | 94         | 0.27           | 0.24               |
| 9       | 105        | 0.24           | 0.22               |
| 10      | 118        | 0.15           | 0.16               |
| 11      | 247        | 0.09           | 0.09               |
| 12      | 390        | 0.06           | 0.10               |
| 13      | 160        | 0.01           | 0.01               |
| 14      | 195        | 0.03           | 0.05               |
| 15      | 70         | 0.01           | 0.01               |

시작시간 확률밀도 함수를 산출하는 이유는 특정 도시의 도심으로 유입되는 전기 자동차를 도심에 위치하고 있는 직장에 출근하기 위해 사용하는 전기 자동차로 볼 때 도심으로의 유입이 이루어지고 나서 일정 시간 이후(예를 들어, 1시간 이후) 직장에 도착하여 전기 자동차가 방전할 확률이 높다고 판단할 수 있기 때문이다. 또한, 하기 식 (2)에 의해 직장에서의 제어형 충전 시작시간 확률밀도 함수를 산출하는 이유는 상기 식 (1)에 더하여 SMP 요금 이 높을수록 전기 자동차가 직장에 도착한 후 방전

할 확률이 높다고 판단할 수 있기 때문이다.

- 직장 방전 확률 밀도(차량운행) :

$$P_1 = \frac{\text{도심유입 차량} - \text{도심유출 차량}}{\text{전체 차량}} \quad (1)$$

- 직장 방전 확률 밀도(차량운행+SMP 요금) :

$$P_2 = \frac{\text{도심유입 차량} - \text{도심유출 차량}}{\text{전체 차량}} \times \text{SMP 요금} \quad (2)$$

다음 표 1은 비제어형으로서 도심 유입과 유출 교통량 차를 고려한 방전 확률밀도와 제어형으로서 도심 유입과 유출 교통량 차이에 SMP 요금을 추가한 방전 확률밀도 결과를 제시하였다.

한편, 앞서 표 1에서 제시한 직장에서의 비제어형 및 제어형 방전 시작시간 확률밀도 함수를 분석해 보면 비제어형의 경우, 오전 6시부터 오전 8시까지 확률 밀도가 점진적으로 상승하다 오전 9시 이후부터 서서히 하강 하며 오후 들어 하강 폭이 커짐을 알 수 있다. 특히, 오전 8시에 최고점을 갖는 형태를 가지게 됨을 알 수 있다. 그러나 제어형의 경우, 오전 6시부터 오전 9시까지 확률 밀도가 점진적으로 상승하다 이후 정오 까지 일정 값을 유지하는 것을 알 수 있다. 또한, 피크 시간인 오후 2시에 비제어형에 비해 확률 밀도가 다소 상승하는 것을 알 수 있다. 특히 오전 8시~오전 9시에 최고점을 갖는 것을 알 수 있는데 이와 같이 이유는 SMP 요금이 오전 8시부터 12시까지 계속해서 상승하기 때문인 것으로 분석된다.

## 2-2. 가정에서의 전기차 방전 확률밀도 함수

또한, 앞서 가정한 대로 가정에서의 시간대별 전기 자동차 충전 확률밀도 함수는 비제어형으로서

오전에 서울 도심에서 퇴근을 위한 1시간 주행 시간을 고려한 시간별 자동차 유출 교통량에서 유입 교통량의 차를 적용하여 다음 식(3)과 같이 산출하였다, 또한, 그리드 영향을 최소화하기 위한 제어형으로서 시간별 자동차 유입/유출 교통량 차와 TOU 요금을 같이 적용하여 다음 식(4)와 같이 산출하였다. 이와 같이, 하기 식 (3)에 의해 가정에서의 비제어형 충전 시작시간 확률밀도 함수를 산출하는 이유는 특정 도시의 도심에서 유출되는 전기 자동차를 도심 외곽에 위치하고 있는 가정에 퇴근하기 위해 사용하는 전기 자동차로 볼 때 도심 외곽으로의 유출이 이루어지고 나서 일정 시간 이후(예를 들어, 1시간 이후) 가정에 도착한 전기 자동차가 충전 상태가 될 확률이 높다고 판단할 수 있기 때문이다. 또한, 하기 식 (4)에 의해 가정에서의 제어형 충전 시작시간 확률밀도 함수를 산출하는 이유는 상기 식 (3)에 더하여 TOU 요금이 낮을수록 전기 자동차가 가정에 도착한 후 충전 상태가 될 확률이 높다고 판단할 수 있기 때문이다.

- 가정 충전 확률 밀도(차량운행) :

$$P_3 = \frac{\text{도심 유출 차량} - \text{도심 유입 차량}}{\text{전체 차량}} \quad (3)$$

Table 2. Charging Probability Density(Home)

| 시 간 (H) | TOU(kWh/원) | 충전 확률밀도 (차량운행) | 충전 확률밀도 (차량운행+TOU) |
|---------|------------|----------------|--------------------|
| 0       | 50.9       | 0.03           | 0.05               |
| 1       | 50.9       | 0.02           | 0.03               |
| 2       | 50.9       | 0.03           | 0.05               |
| 3       | 50.9       | 0.03           | 0.05               |
| 4       | 50.9       | 0.03           | 0.05               |
| 5       | 50.9       | 0.01           | 0.02               |
| 16      | 158.6      | 0.03           | 0.02               |
| 17      | 158.6      | 0.05           | 0.03               |
| 18      | 107.3      | 0.09           | 0.07               |
| 19      | 107.3      | 0.15           | 0.12               |
| 20      | 107.3      | 0.20           | 0.16               |
| 21      | 107.3      | 0.12           | 0.10               |
| 22      | 107.3      | 0.11           | 0.09               |
| 23      | 50.9       | 0.10           | 0.17               |

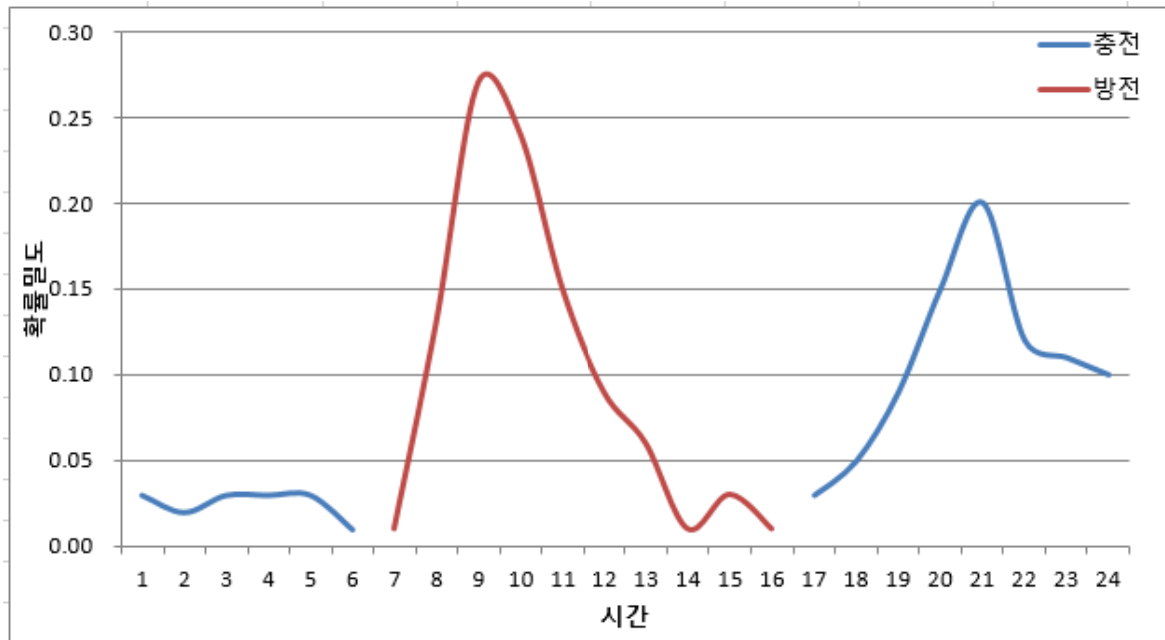


Fig. 2. Charging/discharging density function by hour(vehicle operation)

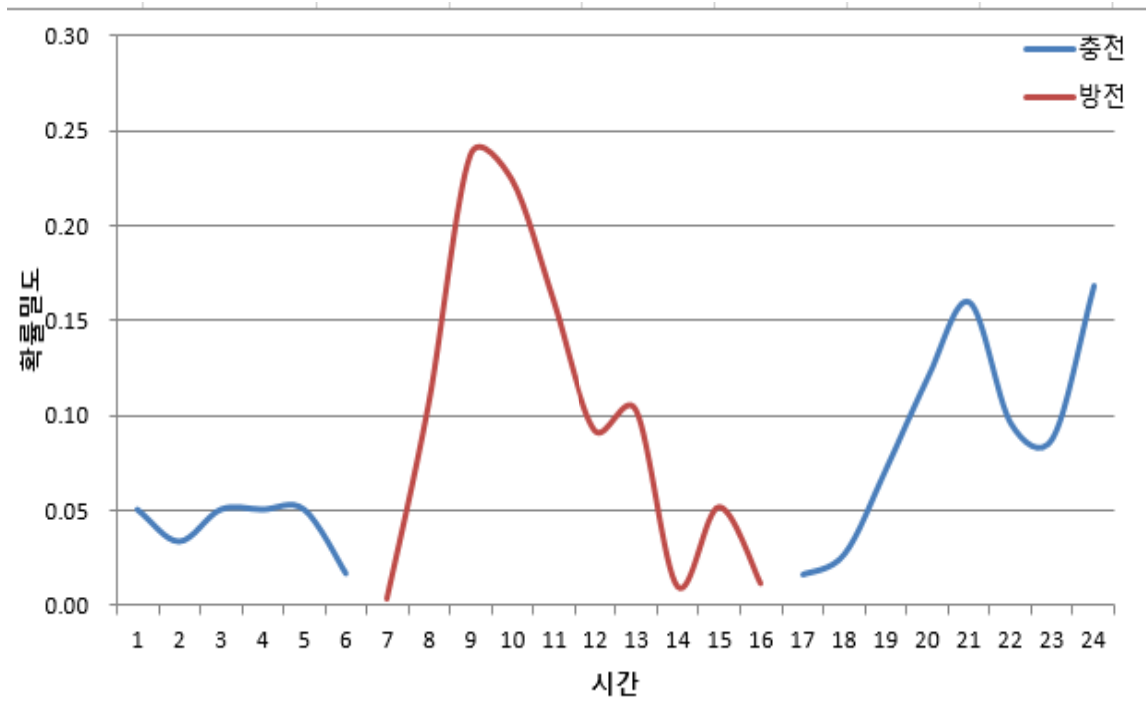


Fig. 3. Charging/discharging density function by hour (vehicle operation+SMP/TOU fare)

- 가정 충전 확률 밀도(차량운행+TOU 요금) :

$$P_4 = \frac{\text{도심 유출 차량} - \text{도심 유입 차량}}{\text{전체 차량}} \div \text{TOU 요금} \quad (4)$$

다음 표 2은 비제어형으로서 단순히 도심 유출과 유입 교통량 차를 고려한 충전 확률밀도와 제어형으로서 도심 유출과 유입 교통량 차이에 TOU 요금을 추가한 충전 확률밀도 결과를 제시하였다.

한편, 앞서 표 2에 제시한 가정에서의 비제어형 및 제어형 충전 시작시간 확률밀도 함수를 분석해 보면 비제어형 및 제어형 똑 같이 오후 4시부터 오후 8시까지 확률 밀도가 점진적으로 상승하다 이후 점진적으로 하강하며, 특히 비제어형의 경우에는 오후 8시에 그리고 제어형의 경우는 오후 11시에 최고점을 갖는 형태를 가지게 됨을 알 수 있다. 또한, 오후 11시부터 새벽 5시까지 심야 시간대에 비 제어형에 비해 제어형 충전 확률 밀도 함수가 높은 이유는 TOU 요금이 오후 11시부터 급격히 감소하기 때문인 것으로 분석된다.

한편, 다음 그림 2와 그림 3에서는 각각 도심 유입 유출 차량을 이용하여 산출한 비제어형 시간대별 전기차 충·방전 확률밀도 함수와 도심 유입 유출 차량에 SMP/TOU 요금을 합산한 제어형 시간대별 전기차 충·방전 확률밀도 함수를 도시하였다.

### 3. 전기차 충·방전 장소별 일부하 곡선 산출

#### 3-1. 전기자동차 배터리 초기 SOC 상태 산출

전기 자동차 충·방전을 위해 미리 결정된 평균 주행 거리 정보를 고려하여 출·퇴근시 초기 배터리 SOC 상태는 다음 식 5에 의해 산출될 수 있다.

$$soc_0 = (1 - \frac{\alpha}{d_R}) \times 100\% \quad (5)$$

여기에서  $\alpha$  = 일간 운행 거리,  $d_R$  = 전기자동차의 최대 운행거리

위 식(5)에 제시한 서울시에 대한 장소별 즉, 직장 및 가정에서의 초기 배터리 SOC<sub>0</sub>의 산출을 위해 서울시 교통안전공단의 차량 주행거리 분석 보고서[10]를 인용하여 일간 출·퇴근 주행거리 46.2km를 적용하였다. 이때 전기차 배터리는 서울에서 가장 범용적으로 적용되고 있는 리튬 이온 29kWh 배터리이며, 연비를 0.16kWh/km로 하면 전기차 최대 주행 거리는 180km 이다. 따라서 서울시 차량 출·퇴근 주행거리 46.2km를 고려하게 되면 직장 및 가정에서 남는 배터리 SOC는 21.6kWh 이다.

즉, 직장 및 가정에서 출·퇴근 후 전기차 충·방전시 최초 배터리 SOC<sub>0</sub>는 다음 식(6)과 같다.

$$46.2\text{km} \times 0.16\text{kWh/km} = 7.4\text{kWh} \\ SOC_0 = 29\text{kWh} - 7.4\text{kWh} = 21.6\text{kWh} \quad (6)$$

그러므로 출·퇴근 후 직장 및 가정에서 전기차 충·방전 전력 수요량은 최초 배터리 SOC<sub>0</sub>에서 긴급 이동을 위한 배터리 용량 10%(2.9kWh)를 남겨

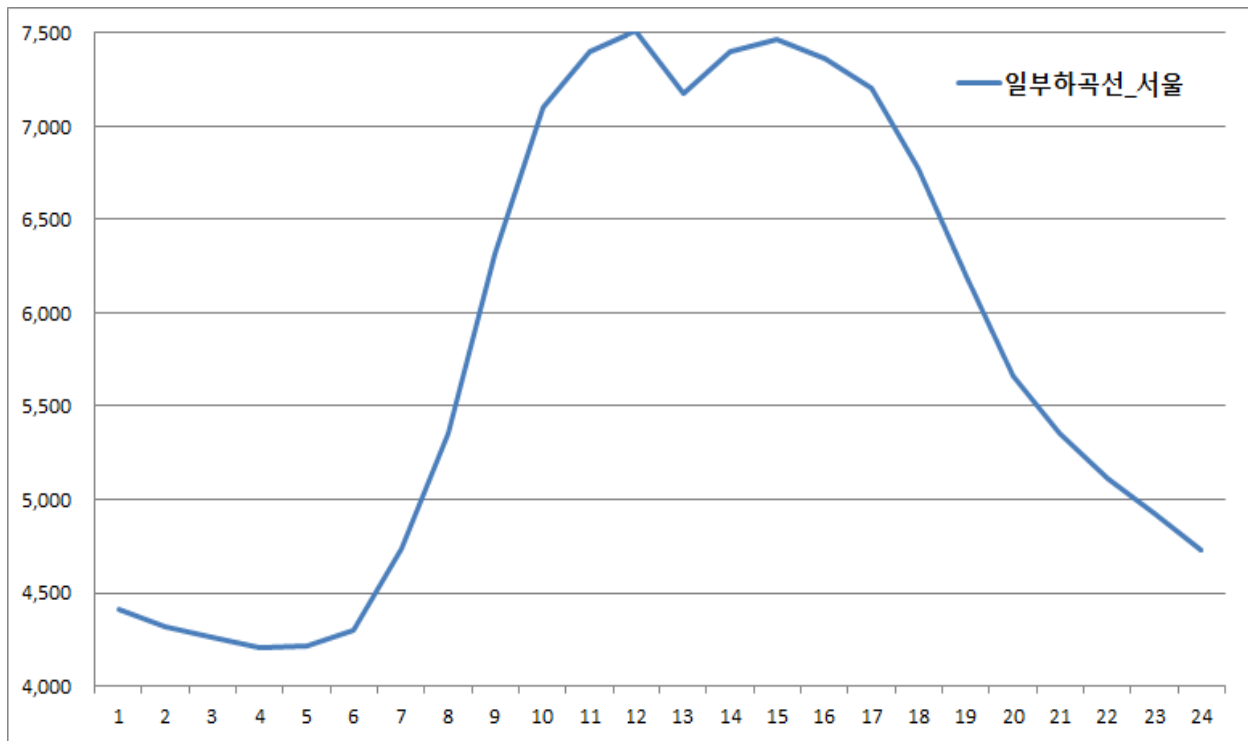


Fig. 4. Daily Load Curve of Seoul

놓고 시행하는 것으로 가정하여 다음 식 (7)과 같이 산정한다.

또한 직장 및 가정에서 전기차 충·방전 수요 전력에 소요되는 시간은 리튬 이온 배터리 29kWh의 시간별 충·방전 특성 곡선을 고려하여 다음 식(8)에 제시하였다.

$$\text{방전 전력 수요량} = \text{SOC}_0(21.6\text{kWh}) - 2.9\text{kWh} = 18.7\text{kWh} \quad (7)$$

$$\text{충전 전력 수요량} = 29\text{kWh} - 2.9\text{kWh} = 26.1\text{kWh}$$

$$\text{직장에서 방전 시간} = 18.7\text{kWh}/6.5\text{kWh} \approx 2.75\text{h} \quad (8)$$

$$\text{가정에서 충전 시간} = 26.1\text{kWh}/6.5\text{kWh} \approx 4.00\text{h}$$

### 3-2. 전기차 충·방전 장소별 그리드 임팩트 분석

앞서 전기차 충·방전 장소별 충전 모델 알고리즘에서 제시한 직장 및 가정에서의 비제어형 및 제어형의 시간대별 충·방전 시작시간 확률 밀도함수와 전기자동차 초기 배터리 SOC 상태와 충·방전 시간 그리고 시간별 충·방전 전력을 고려하여 단일 전기자동차 배터리 충·방전 일부하 곡선을 산

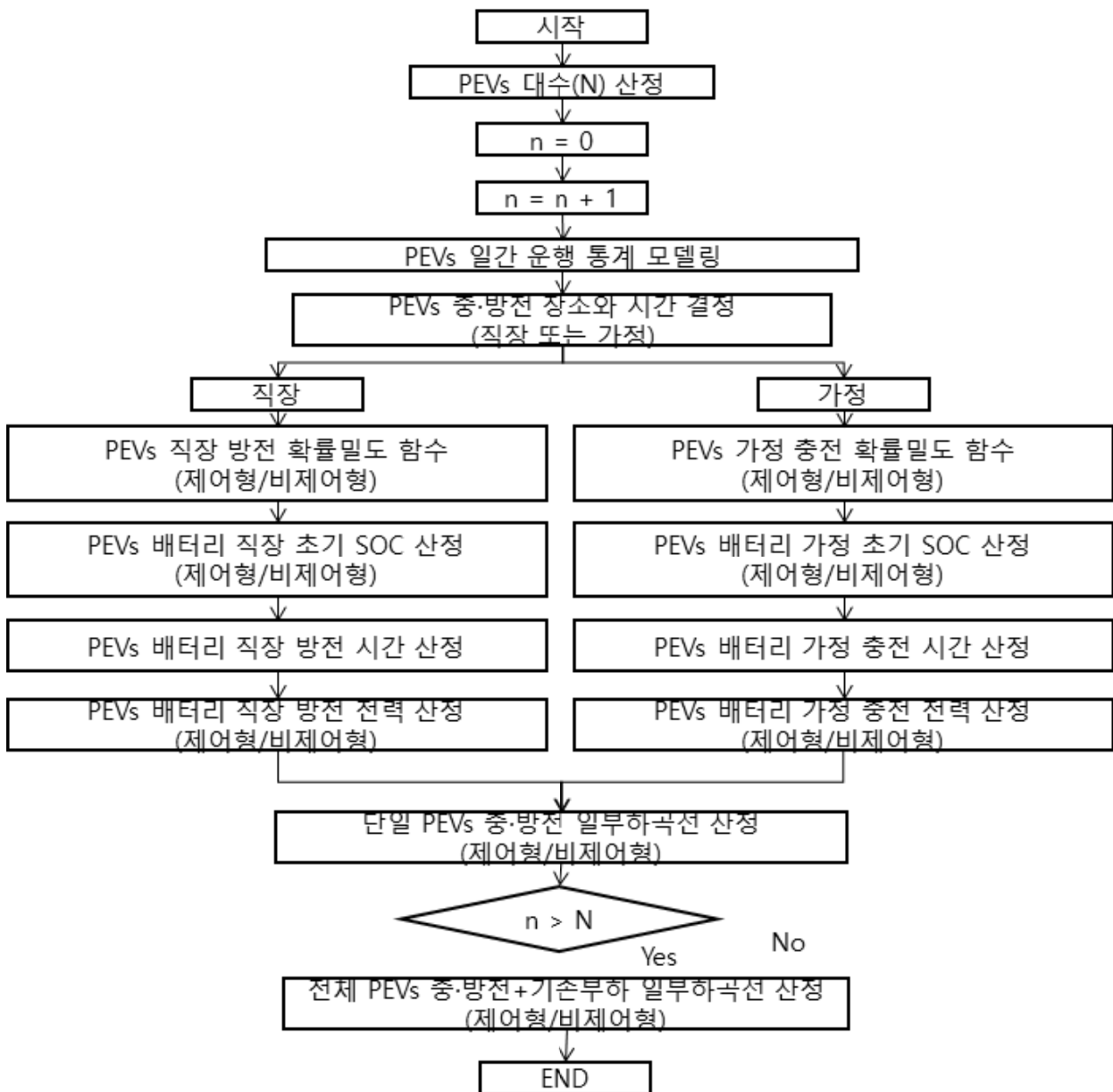


Fig. 5. Daily load curve calculation flow chart by PEVs charging/discharging location (Seoul)

출하였다. 그리고 시나리오별로 2,030년과 2,040년 각각 전체 자동차 대비 전기자동차 점유율을 10%와 30%로 설정하여 전기자동차 차량 대수를 산정하고 앞서 산정한 단일 전기자동차 충·방전 일부하곡선에 시나리오별 차량 대수를 고려하여 서울시 전체 직장 및 가정에서의 비제어형 및 제어형 전기

자동차 충·방전 일부하곡선을 산출하였다.

또한, 2,010년 한국 에너지 관리공단(Korea Energy Management Corporation)의 수용가 종별 부하 패턴 분석[12] 결과를 근거로 서울시 기존부하 일부하곡선을 산출하고 그 결과를 다음 그림 4에 도시하였다.

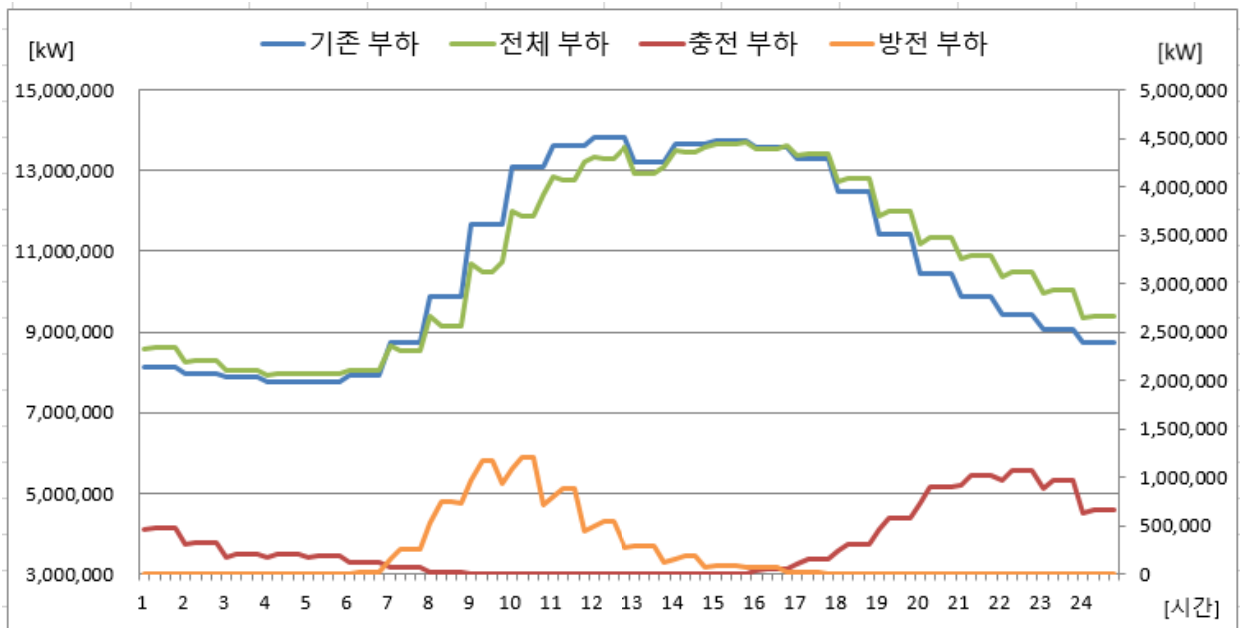


Fig. 6. Daily Load Curve of Seoul in 2030(non-control type)

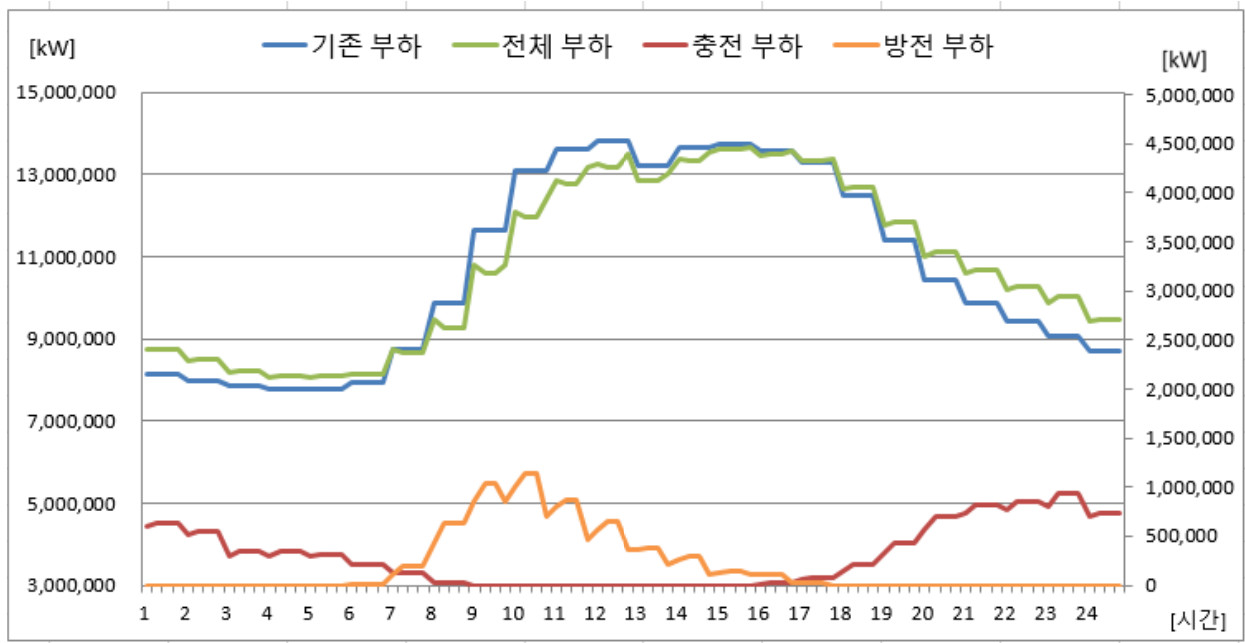


Fig. 7. Daily Load Curve of Seoul in 2030(control type)



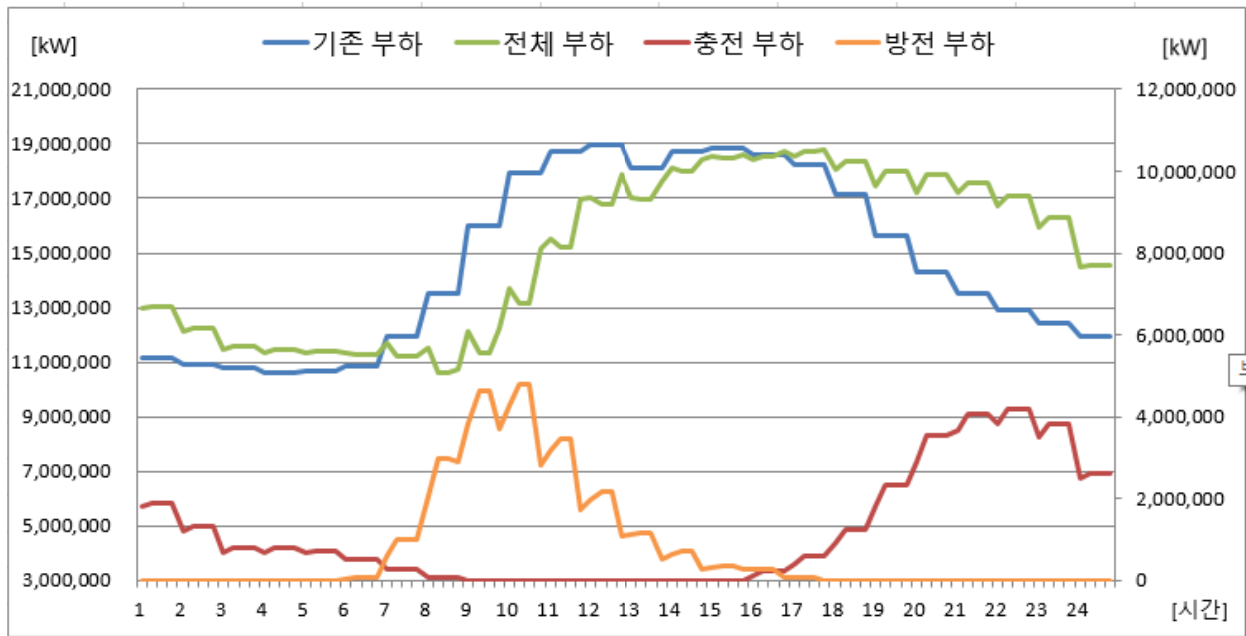


Fig. 8. Daily Load Curve of Seoul in 2040(non-control type)

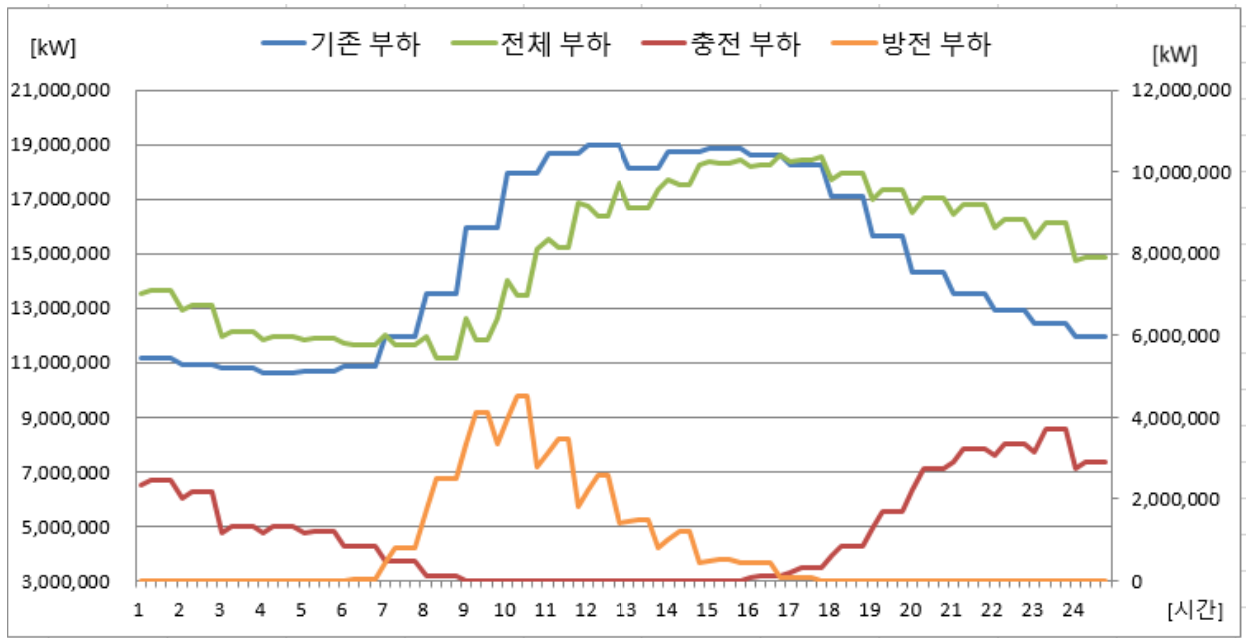


Fig. 9. Daily Load Curve of Seoul in 2040(control type)

그리고 이와 같은 그림 4의 참고 그래프를 근거로 부하 증가 트렌드 기법을 적용하여 2,030년 및 2,040년의 서울시 기존 부하 일부하곡선을 산정하고 앞서 그림 2에서 그림 3까지 도시한 전기차 충·방전 장소별 충·방전 확률밀도 함수를 근거로 산출한 직장과 가정에서의 비제어형 및 제어형 전기자동차 충·방전 일부하곡선을 합산하여 2,030년

및 2,040년 비제어형 및 제어형 서울시 전체 일부하 곡선이 산출되며 전체 흐름도는 다음 그림 5와 같다. 그림 6에서 그림 9에 도시한 그래프와 같이 그리고 위 그림 5에서 도시한 흐름도에 따라 2,030년 및 2,040년 비제어형 및 제어형 서울시 전체 일부하 곡선을 산출하였으며 그 결과를 다음 그림 6부터 그림 9에 도시하였다.

## 후 기

본 연구는 한국산업기술평가관리원 자동차산업 핵심기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제임(과제번호: 20000954)

## 4. 결 론

본 논문은 서울시의 전기 자동차 충·방전 장소별 충·방전 일부하 곡선을 산출하고 기존 일부하곡선과 합산하는 방법론을 제시하였다. 보다 상세하게는 2,030년 및 2,040년 서울시의 전기자동차 점유율 시나리오에 따라 전기자동차 충·방전 장소별 즉, 직장에 출근하여 도착하는 오전에 전기자동차 방전 및 퇴근하여 가정에 도착하는 오후에 전기자동차 충전하는 조건을 근거로 여기에 추가로 충·방전 요금제 반영 여부를 고려한 비제어형(시간별 차량운행 대수 고려) 및 제어형(SMP/TOU 요금제 + 시간별 차량운행 대수 고려)으로 구분하여 해당 년도의 서울시 전기자동차 충전 일부하곡선을 산출한 후 기존 일부하곡선과 합산하여 비제어형 및 제어형에 대해 연도별 서울시 전체 일부하곡선을 산출하였다.

또한, 본 논문에서 제시한 결과를 활용하면 서울시의 직장 및 가정에서의 전기 자동차의 충·방전 부하에 의한 일부하량을 정확하게 파악할 수 있게 되므로, 서울시 계통의 과부하를 억제할 수 있는 방향으로 방전 SMP 요금제 및 충전 TOU 요금제 관리 계획을 수립하기 위한 기반을 제공할 수 있는 효과를 갖을 것으로 평가되며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 기존 부하의 경우, 오전 9시부터 부하가 점진적으로 상승하고 점심시간인 오후 12시부터 오후 1시까지 잠시 하강하였다가 오후 1시부터 다시 상승하기 시작하여 오후 2시경에 피크를 형성하고 오후 6시부터 부하가 다시 점진적으로 하강하는 것으로 평가됐다.
- 2,030년 전기자동차 점유율 10%인 경우에 비제어형 및 제어형 모두 가정 및 직장에서의 충·방전 부하량이 크지 않아 전체 합산부하가 비제어형에 비해 제어형의 경우가 오프 피크 시간대인 심야시간대부터 오전 10시 사이에 1~3% 정도 증가하고, 피크 시간대인 오전 11시부터 오후 5시까지 제어형의 경우에는 1~2% 정도 감소함을 알 수 있다. 따라서 TOU 요금 및 SMP 요금제 적용에 따라 오전에 부하량 증가

및 오후에 부하량 감소 효과를 얻을 수 있는 것으로 분석됐다.

- 2,040년 전기자동차 점유율 30%인 경우에 비제어형 및 제어형 모두 직장 및 가정에서의 충·방전 부하량이 다소 크게 작용하여 전체 합산 부하가 비제어형에 비해 제어형의 경우가 오프 피크 시간대인 심야시간대부터 오전 10시 사이에 4~10% 정도 증가하고, 피크 시간대인 오전 11시부터 오후 5시까지 제어형의 경우에는 1~6% 정도 감소함을 알 수 있다. 따라서 TOU 요금 및 SMP 요금제 적용에 따라 오전에 부하량 증가 및 오후에 부하량 감소 효과가 매우 커지는 효과를 얻을 수 있는 것으로 분석됐다.

## References

1. A Technical Overview of Transportation Electrification, 2011, EPRI Technical Report
2. K, Qian., C, Zhou., M. Allan., 2011, Modeling of load demand due to EV battery charging in distribution systems, IEEE Trans. Power Systems, Vol. 26, No. 2, pp. 802-810
3. K. Clements-Nyns., E. Haesen., et al., 2010, The impact of charging plug-in-hybrid electric vehicles on a residential distribution grid, IEEE Trans. Power Systems. Vol 25, No. 1, pp. 371-380
4. L. Zhao., S. Prousch et al., 2010, Simulation methods for assessing electric vehicle impact on distribution grid, IEEE PES Transmission and Distribution conference and exposition
5. H. Son., K. Kook., 2013, Stochastic modeling of plug-in hybrid vehicle distribution in power systems, JEET, Vol. 8, No. 6, pp.1276-1282
6. Seoul City Traffic Census, 2018, Seoul Metropolitan Police Agency
7. Analysis for actual condition Survey of vehicle mileage, 2011, Seoul Traffic Safety Complex
8. Statistics of Electric Power in Korea, 2013, Korea Electric Power Corporation