

MODELADO DE LA CARGA Y DESCARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y SU IMPACTO A CORTO PLAZO EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE OPERACIÓN

Autor: Hernández Rodríguez-Mancheño, Ángel.

Director: Ramos Galán, Andrés.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

Actualmente el sector automovilístico se encuentra en fase de introducción de modelos eléctricos híbridos (HEV), con la vista puesta en los futuros vehículos híbridos enchufables a la red (PHEV) y los eléctricos puros (BEV) en el corto y medio plazo respectivamente. Estos sucesos probablemente concluirán con un nuevo desafío para la red eléctrica: la integración de dichos vehículos.

El objetivo del presente Proyecto es el modelo de una extensión que contiene el funcionamiento de los vehículos eléctricos para ser incluido en un detallado y complejo modelo de Unit Commitment (UC) que determina la operación óptima de grupos térmicos e hidráulicos. Las ecuaciones matemáticas han sido codificadas en el lenguaje algebraico GAMS e integradas en el UC citado anteriormente.

La idea principal es que el vehículo eléctrico podría proporcionar dos servicios al sistema eléctrico: de energía y de reserva de potencia.

El primero de ellos implicaría que el vehículo cargue en su batería más energía de la que requiere para transporte a un coste bajo y luego ese exceso de energía fuese generada o devuelta a la red sustituyendo a una central de mayor coste, por ejemplo en los períodos pico. Esto es lo que se llama V2G: vehicle to grid. En definitiva, su funcionamiento sería equivalente a lo que ya realizan las centrales hidráulicas de bombeo.

El segundo servicio se identifica con la oferta de potencia de reserva al sistema. Los vehículos eléctricos podrían contribuir a la subida y bajada de potencia; por ejemplo, con la potencia que no está siendo utilizada cuando están generando, podrían ofrecer reserva a subir.

La reducción en los costes de operación representaría el valor asociado a los servicios que ofrecen los vehículos eléctricos.

En todos estos procesos se han tenido en cuenta ciertos parámetros de eficiencia: i) rendimiento desde la red hacia la batería (GTB) que representa la eficiencia en el proceso de carga de la batería del vehículo; ii) el rendimiento desde la batería hacia las ruedas (BTW) tenido en cuenta para la movilidad; y por último iii) el rendimiento desde la batería hacia la red (BTG) en el proceso de generación.

Una vez que la gestión del vehículo eléctrico se encuentra incluida en el modelo, se pueden llevar a cabo análisis del impacto en la operación del sistema. Resulta interesante estudiar cómo el sistema se ve afectado por diferentes escenarios (de penetración y de conexión a la red) del vehículo eléctrico comparados con el caso de referencia en el que no se considera la existencia del mismo.

Un caso realista del sistema eléctrico peninsular español es el punto de partida de los estudios llevados a cabo en este proyecto. Tres han sido los diferentes escenarios considerados para un día laboral de enero del año 2016. El escenario para el año 2016 refleja la futura situación según informes de Red Eléctrica de España (REE), de la Comisión Nacional de la Energía (CNE) y de las compañías eléctricas como Endesa e Iberdrola.

Los escenarios para el vehículo eléctrico presentan cambios tanto cuantitativos como cualitativos, número de vehículos eléctricos considerados y perfiles de conexión a la red respectivamente. En primer lugar, se tienen en cuenta un millón de vehículos eléctricos que pueden ser conectados a la red tanto en el hogar como en el lugar de trabajo; en segundo lugar se considera medio millón que también pueden ser conectados en ambas localizaciones y por último un millón de vehículos eléctricos que no pueden ser conectados en el lugar de trabajo. Las características de los coches eléctricos tales como consumos específicos, tiempo de carga, capacidad máxima de la batería, etc. permanecen constantes para todos los escenarios. Además, para cada uno de los supuestos citados anteriormente se lleva a cabo varios análisis: sólo se considera el vehículo para ser cargado en aquella cantidad que se exige para la movilidad, se le añade la capacidad de generar energía y por último se amplía a la posibilidad de las ofertas de reserva de potencia.

Para concluir, se llevan a cabo ciertas comparaciones entre los distintos casos y el caso de referencia, tratando de obtener conclusiones de costes de operación, remuneración marginal y emisiones.

Entre otros, comentar que los costes de operación aumentan con el número de vehículos; sin embargo, cuando los vehículos ofrecen servicios a la red, existe mayor reducción en costes conforme mayor es la flota de vehículos eléctricos considerados: 0,33 % en el escenario 1 y 0,18 % en el escenario 2. Además, el coste de transporte para el vehículo eléctrico varía entre 0,023 €/km y 0,029 €/km- considerando pagos marginales.

ELECTRIC VEHICLE CHARGING AND DISCHARGING MODELLING AND ITS SHORT-TERM IMPACT IN THE ELECTRIC SYSTEM OPERATION

Nowadays vehicle market is introducing hybrid electric vehicles (HEV), with a view on plug-in hybrid electric vehicles (PHEV) and battery electric vehicles (BEV) in the short and medium term respectively. This point would imply that electric power systems will be facing a new challenge in the coming future: the integration of electric vehicles into the grid.

The goal of this project is to develop the electric vehicle modelling extensions to be included into a complex and detailed Unit Commitment (UC) model. The last one determines the optimal operation of thermal and hydro units to minimize operation costs. The EV extension has been mathematically formulated and then coded in the algebraic modelling language called GAMS.

The main idea is that EV could offer energy services. We are considering two kinds of services that can be provided to the electric system: energy and operating reserve.

The first one implies that EVs can be charged with more energy than required for transportation at low cost, and then this energy generated by the EV would substitute expensive thermal generating units at peak hours. This is called Vehicle to grid (V2G): energy is given back as pumped storage hydro plants do.

The second service includes offering power reserve to the system. EVs can contribute to the up and down operating reserves; for example, they could provide up reserve with the remaining power not being used in the generation process.

In conclusion, operation costs are expected to decrease and this decrement represents the value of the EV energy services.

In the whole process, efficiency parameters have been considered: i) grid to battery efficiency which represents the performance of the charging process, ii) battery to wheel efficiency which represents the performance of the transportation process and iii) battery to grid efficiency which represents the performance of the discharging process.

Once the EV representation is included into the model, we can analyze their impact on the operation of the system for different scenarios of EV penetration and know how the system will be modified compared with no EV case.

A realistic case of Spanish mainland electric system has been the object of study. Three different scenarios of penetration have been considered for a plain working day in the year 2016. The scenario reflects the future situation of demand, thermal units, hydro units, wind power, etc... and have been mainly obtained from Red Eléctrica de España (REE), Comisión Nacional de la Energía (CNE) and electric companies reports.

Both quantitative and qualitative modifications are discussed in the scenarios. The numbers of EVs and connectivity patterns have been changed: one million EVs that can be connected to the grid at home and workplace; half million that can also be connected at both places; and finally, one million EVs that cannot be connected to grid at workplace. EVs features such as specific consumption, charge rate... remain the same in all of them. Moreover in each of the scenarios described above, different cases have been carried out with increasing energy services: from just EV consumption for mobility and no generation process, to electric generation and power reserve services.

Finally, some comparisons between the three scenarios and the reference case, which stands for zero EV, have been approached. From them, conclusions about operation costs, marginal remuneration and emissions have been reached.

For example, operation costs increase with higher EVs penetration; however, when EVs generate and offer power reserve to grid, more reduction is achieved as the number of EVs rise: 0.33 % in scenario 1- one million EVs- and 0.18 % in scenario 2- half million EVs. Moreover, EV cost per kilometre travelled vary from 0.023 to 0.029 €/km- considering marginal payments.