

УДК 621.311

ЦІЛЬОВА ФУНКЦІЯ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ УЧАСТІ ПРОСЬЮМЕРІВ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОПЕРАЦІЯХ

Кулапін О.В., Махотіло К.В.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Україна, м. Харків*

Зараз у світовій та вітчизняній енергетиці відбувається зміна звичної парадигми, що передбачала жорсткий розподіл учасників ринку на генерацію та споживачів. Раніше пасивні в своїй більшості споживачі тепер стають активними учасниками, які можуть генерувати і зберігати енергію від власних ВДЕ, а також пропонувати енергосистемі нові форми гнучкості і так необхідний потенціал реагування на попит. При чому це стосується не лише достатньо потужних споживачів з промислового сектору та сектору послуг, а й швидко зростаючого числа побутових споживачів-просьюмерів, які зараз можуть мати власну фотоелектричну систему, акумулятор електроенергії і різні «розумні» пристрої для управління профілем свого електричного навантаження [1].

Об'єднані у спільноту просьюмери за допомогою керуючих компаній-агрегаторів можуть не лише здійснювати двонаправлені перетоки енергії між своїми домогосподарствами і енергосистемою, але й торгувати енергією з сусідніми домогосподарствами. Така торгівля між просьюмерами в межах певного географічного місцеположення може призвести до створення локальних енергетичних ринків, які включатимуть місцеву генерацію, зберігання енергії і діяльність з регулювання потужності за рахунок управління попитом (*demand response*) на додаток до взаємодії з об'єднаною енергосистемою [2]. Це відкриває новий напрям розвитку енергетики, який сприятиме подальшому збільшенню долі ВДЕ в загальному виробленні енергії, а також нову область наукових досліджень.

Автоматизоване управління роботою таких об'єднань просьюмерів і кожного окремого їх члена при участі в енергетичних операціях потребує вирішення задачі оптимізації. Зазвичай, її мета задається як мінімізація витрат просьюмера на електроенергію на деякому проміжку часу, тобто різниці між витратами на купівлю енергії з мережі та продаж до неї [2]. В цій роботі пропонується вдосконалена цільова функція, яка враховує різні підходи до тарифікації енергії в мережі та на ВДЕ, в енергосистемі та у сусідніх просьюмерів, а також плату за послуги з управління попитом:

$$F = \sum_w \sum_i [(\lambda_{pur,L}(t_i) \cdot P_{pur,L}(w, t_i) + \lambda_{pur,G}(t_i) \cdot P_{pur,G}(w, t_i)) \cdot \Delta T - (\lambda_{vend,L}(t_i) \cdot P_{vend,L}(w, t_i) + \lambda_{vend,G}(t_i) \cdot P_{vend,G}(w, t_i)) \cdot \Delta T + C_{rew,DR}(t_i) \cdot x_{rew,DR}(t_i) - C_{pen,DR}(t_i) \cdot x_{pen,DR}(t_i)],$$

де $w = \overline{1, N}$ – номер просьюмера; $t_i = i \cdot \Delta T$ – часовий період; ΔT – тривалість часового періоду, год; $\lambda_{pur,L}(t)$ – тариф купівлі енергії у сусіда-просьюмера в період t_i , гр.од./кВтгод; $P_{pur,L}(w, t)$ – потужність, отримана від сусіда-просьюмера в період t_i , кВт; $\lambda_{pur,G}(t)$ – тариф купівлі енергії з мережі в період t_i , гр.од./кВтгод; $P_{pur,G}(w, t)$ – потужність, отримана з мережі в період t , кВт; $\lambda_{vend,L}(t)$ – тариф продажу енергії сусіду-просьюмеру в період t , гр.од./кВтгод; $P_{vend,L}(w, t)$ – потужність, продана сусіду-просьюмеру в період t , кВт; $\lambda_{vend,G}(t)$ – тариф продажу енергії в мережу в період t , гр.од./кВтгод; $P_{vend,G}(w, t)$ – потужність, продана в мережу в період t , кВт; $C_{rew,DR}(t)$ – разова виплата просьюмеру за надання енергомережі послуг зі зменшення чи збільшення навантаження, гр.од.; $x_{rew,DR}(t)$ – двійкова змінна, рівна 1, якщо просьюмер надав послуги з управління попитом в період t , в іншому випадку – 0; $C_{pen,DR}(t)$ – штрафна виплата просьюмера за порушення при наданні енергомережі послуги з управління попитом в період t , гр.од.; $x_{pen,DR}(t)$ – двійкова змінна, рівна 1, якщо просьюмер порушив правила надання послуги управління попитом в період t , в іншому випадку – 0. Тут гр.од. – грошова одиниця.

При вирішенні оптимізаційної задачі $F \rightarrow \min$ також необхідно враховувати виконання різного роду технічних та економічних обмежень. До них відносяться: забезпечення енергопостачання самого просьюмера, підтримання балансу потужностей в межах об'єднання просьюмерів, обмеження на передавання потужностей в мережі, обмеження на стан та швидкість зміни заряду акумуляторів, виконання умов надання послуг з управління попитом.

Запропонована в роботі цільова функція і постановка задачі оптимізації участі просьюмерів в енергетичних операціях враховує три різні типи транзакцій: купівлю/продаж електроенергії в енергосистемі, купівлю/продаж електроенергії по сусідству і надання системних послуг енергосистемі. Це дозволяє більш детально описувати нові можливості і мету взаємодії просьюмерів в їх локальних об'єднаннях, в діючому та перспективних ринках енергії.

Список використаних джерел:

1. Кулапін О. В., Махотіло К. В. Моделювання смарт-мережі споживачів-просьюмерів з фотоелектричними системами / Вісник НТУ "ХПІ" – Харків: НТУ "ХПІ", 2019. – № 14 (1339). – С. 61–66.
2. M Gough, S. Santos Optimisation of Prosumers' Participation in Energy Transactions / 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe).