

RESUM

La indústria elèctrica de potència està sent sacxada per una idea que va prenent forma: les smart grids. En l'actualitat es parla d'elles en tots els fòrums internacionals sobre el futur de la xarxa elèctrica i moltes empreses exhibeixen la seua modernitat i asseguren comptar amb una o diverses d'aquestes xarxes entre les seues infraestructures, encara que siga aquest un concepte en desenvolupament, que encara haurà d'evolucionar i que té importants reptes per resoldre en diversos dels seus fronts. Una xarxa de distribució tradicional, dotada de comptadors intel·ligents en els seus usuaris és només això: una xarxa amb comptadors intel·ligents. Això no la converteix en una smart grid, encara que ajude.

Tres aspectes poden considerar-se claus per a arribar a les smart grids:

a) L'estructura de la xarxa ha de respondre al concepte de xarxa intel·ligent, és a dir, ser resistent a fallades, per exemple amb la separació automàtica de qualsevol element avariats sense afectar el funcionament de la resta de la xarxa; ser flexible per a permetre la connexió o desconnexió de càrregues i generadors distribuïts; mantindre un funcionament eficient davall diversos estats de càrrega, etc.

b) La xarxa ha d'obrir les possibilitats de participació de grans i xicotets generadors així com dels usuaris. Així, ha de permetre noves possibilitats de negoci i de participació activa, de manera que la generació o el consum "intel·ligents" es vegien beneficiats.

c) Tots els participants han de tindre accés fàcil a la informació necessària per a poder triar la millor estratègia de funcionament en cada cas.

Pel que fa a la primera condició (a) hi ha importants reptes per resoldre: automatització de la xarxa, disseny òptim, desenvolupament de noves proteccions i equips de control, etc. En data de hui no pot afirmar-se amb rotunditat si les xarxes del futur (suposades smart grids) funcionaran en corrent altern o en corrent continu, ja que aquesta última ofereix avantatges en molts aspectes de funcionament i de control. En qualsevol cas serà necessari desenvolupar equips adaptats als nous problemes i noves necessitats que es generaran en aquestes xarxes. Aqueixos equips hauran de ser normalitzats, per a la qual cosa serà necessari definir assajos que tinguen en compte aspectes que actualment no solen ser necessaris, com la presència de perturbacions en la tensió, o altres. En aquest sentit, encara que de forma marginal, s'ha col·laborat amb un laboratori per a assajos elèctrics, la Flex Power Grid Lab Research Infrastructure del DNV KEMA en els Països Baixos, en la definició i realització d'alguns assajos, com s'indica en el *Capítol 3. Smart grids*.

En l'aspecte segon (b), són necessaris profunds canvis socials i, sobretot, legislatius. En qualsevol cas, el primer pas consisteix a saber com és el consum dels receptors, de quina manera pot variar-se la demanda, quina influència pot tindre la xicoteta generació (renovable principalment) i l'emmagatzemament d'energia, etc. Disposar de models precisos que proporcionen aquesta informació és clau perquè els actors de la xarxa puguen establir les seues millors estratègies. És important destacar que una demanda inelàstica, com la que presenten molts consumidors en l'actualitat, deixa el mercat en mans de les grans empreses, mentre que una demanda elàstica permet accions de Resposta de la Demanda, oferint servicis a la xarxa com ara eliminació de sobrecàrregues, control de tensió, reserva de potència, etc. En la tesi s'analitzen molts aspectes relacionats amb la demanda d'energia i s'aborda el problema del control de la participació de diversos recursos i diversos agents en el funcionament del sistema i en el *Capítol 3. Smart grids* es mostra el programari de gestió i control (en el disseny i desenvolupament del qual s'ha col·laborat) d'una xicoteta smart grid que existeix en el laboratori LabDER de la Universitat Politècnica de València (d'ara en avant, UPV), on s'integren diversos recursos en funció de les necessitats de la demanda, els preus de l'energia, etc.

En la tercera condició (c) hi ha, també, grans reptes per resoldre, com ara la gestió massiva d'informació i l'increment en el volum de trànsit de dades que pot representar. És clar que els comptadors intel·ligents són un element important per a permetre el desenvolupament futur d'aquest complex sistema de comunicacions, però a més a més és necessari dotar a les instal·lacions receptores dels seus propis sistemes de comunicació i els seus centres de control individuals, des dels que es gestione eficientment la instal·lació. També els xicotets generadors distribuïts i els sistemes d'emmagatzemament d'energia hauran d'estar dotats de potents sistemes de comunicació per a rebre gran quantitat d'informació, així com de centres de control propis que dissenyen les polítiques òptimes de generació. Pel que fa a l'ús de la

informació, en la tesi es proposen diferents algorismes per a facilitar el tractament de les dades disponibles a l'hora d'optimitzar la gestió dels recursos d'una smart grid o prendre decisions de cara a participar en programes de resposta de la demanda, tal com pot veure's en el *Capítol 8. Sistemes de Gestió Energètica per a Smart Customers*.

En el funcionament de les smart grids són objectius de gran importància l'eficiència energètica i l'aprofitament òptim dels recursos energètics renovables. L'estalvi d'energia redueix en un menor consum (per tant menor impacte ambiental, ja que es requereix menys generació) i una reducció dels costos energètics de l'usuari. És, a més a més, una font potencial de reducció de demanda, susceptible de ser oferida pels consumidors a la xarxa. Però aquest estalvi ha de quantificar-se, la qual cosa no resulta fàcil. A partir de les dades del consum, no és evident quin és el consum evitat que s'està aconseguint. Són necessaris models de càrrega i models de resposta de les instal·lacions davant de les accions de control. La desconexió d'un servici centralitzat en un edifici (climatització, per exemple) pot provocar la connexió d'equips individuals que fan que la variació del consum siga molt inferior a l'esperada. Per tant es requereix un model de resposta global per a l'edifici, no serveixen models parcials dels elements de les instal·lacions. Però, per a l'usuari és fonamental quantificar quin és l'estalvi que està obtenint amb cada acció, per a poder estudiar la seua rendibilitat, i en cas d'oferir a l'empresa gestora de la xarxa una reducció de potència, la seua quantificació és crítica, ja que implica una transacció comercial. Aquest és un dels aspectes fonamentals d'aquesta línia d'investigació i en la que es fan més aportacions. Així, en el *Capítol 4. Eficiència i gestió en edificis* es proposen una sèrie de classificacions a fi de facilitar la identificació de possibles accions de gestió i de millora de l'eficiència i el procés de quantificació de l'impacte de les esmentades accions, mostrant exemples reals en instal·lacions de diversos tipus. Més avant, el *Capítol 5. Mesura i verificació d'estalvis energètics* ofereix una completa revisió del marc de referència per a la mesura d'estalvis i realitza interessants propostes per a facilitar la mesura i verificació d'accions de resposta de la demanda basades en l'anàlisi d'un cas pràctic. Addicionalment, el *Capítol 6. Predicció de consum* proposa un mètode de predicció de consum que millora la precisió d'altres mètodes existents i el *Capítol 7. Desagregat i previsió d'usos finals* ofereix una metodologia completa per a l'anàlisi del consum d'una instal·lació, la desagregació dels usos finals i la predicció del consum amb gran precisió. Aquestes eines són de gran importància per a la mesura i verificació d'estalvis.

En relació amb els possibles estalvis i amb l'aprofitament d'energies renovables, no pot oblidar-se que l'energia elèctrica és només una part del total d'energia que s'utilitza en els edificis. El disseny dels edificis i el seu aprofitament dels recursos naturals influirà, de manera notable, en el consum d'energia elèctrica d'aquests. No podrà parlar-se de xarxes intel·ligents si no van acompanyades d'edificis intel·ligents, no sols en el sentit que disposen de sistemes de control, sinó en el sentit que el seu disseny permeta utilitzar en forma òptima els recursos naturals i reduir així la demanda d'energia futura. L'estudi de les principals claus per a aconseguir edificis energèticament eficients és, per tant, íntimament lligat al desenrotllament de les xarxes intel·ligents i a l'estalvi energètic. Encara que de manera un poc marginal, aquest aspecte és també tingut en compte en la tesi. La col·laboració amb el grup d'investigació del CSEF (Centre for Sustainable Energy in Food Chains) durant l'estada en la Brunel University London ha permès seguir de prop els avanços actuals en temes de disseny intel·ligent d'edificis i aprofitament dels recursos energètics naturals. En el *Capítol 4. Eficiència i gestió en edificis* es mostra un resum d'aquests aspectes.