

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Informationsutbyte för effektiv och säker marknadsstyrd aktivering av distribuerade flexibla resurser	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Infoflex	
Universitet/högskola/företag Kungliga tekniska högskolan	Avdelning/institution Elkraftteknik
Adress Teknikringen 33	
Namn på projektledare Lars Nordström	
Namn på ev övriga projektdeltagare Valeriy Vyatkin, Chen-Wei Yang, Nikolai Galkin, Yang Gao	
Nyckelord: 5-7 st Elmarknad, systemintegration, flexibla resurser, kommunikation	

Förord

Projektet har till sin huvuddel finansierats av energimyndigheten och genomförts i samarbete mellan Kungliga tekniska högskolan och Luleå tekniska universitet.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	1
Summary	2
Inledning/Bakgrund	2
Genomförande och resultat	3
Diskussion	4
Publikationslista	5
Referenser, källor	5
Bilagor	5

Sammanfattning

I ett kommande elkraftsystem med stor andel förnybar kraftproduktion ställs högre krav på balansering av tillgång och efterfrågan. Då förnybar elproduktion från sol och vind inte är lika styrbar som tidigare innebär det att anpassning kommer ske i högre grad även på förbrukarsidan. En ny typ av aktör, ofta kallad aggregator, kan bli viktig för att knyta samma fler mindre förbrukare, som t.ex. elbilar, batterilager, hushåll och datacenter och styra deras elförbrukning på ett sätt som leder till ökad stabilitet och effektivitet i elkraftsystemet. En utmaning som en sådan aggregator ställs inför är att integrera de kontroll och automationssystem som används bland de olika typerna av förbrukare. Denna integration måste ske dels vad gäller kommunikationsprotokoll, vilket i sig kan vara kostsamt, men än mer betydelsefullt är att integrationen sker även vad gäller

semantiken eller betydelsen av den information som skall utbytas. Projektet har behandlat denna utmaning genom att undersöka förutsättningarna för att aggregera olika typer av förbrukare samt kombinera detta med information om nätbelastning med en tänkt tredje aktör – distributionsnätoperatören. Projektet har levererat en testbänk med ett flertal olika integrationspunkter implementerade och arbete med att modellera den semantiska nivån har påbörjats.

Summary

In a future electric power system with a large share of renewable power production, higher demands will be placed on balancing supply and demand. As renewable electricity production from solar and wind is not as controllable as, this means that adaptation will take place to a greater extent also on the consumer side. A new type of actor, often called an aggregator, can become important in connecting many small consumers, such as electric cars, battery storage, households and data centers and control their electricity consumption in a way that leads to increased stability and efficiency in the electric power system. One challenge that such an aggregator faces is to integrate the control and automation systems used among the different types of consumers. This integration must take place partly in terms of communication protocols, which in itself can be costly, but even more important is that the integration also takes place in terms of semantics i.e. the information to be exchanged. The project has addressed this challenge by examining the pre-conditions for aggregating different types of consumers and combining this with information on network load with an intended third player - the distribution network operator. The project has delivered a test-bench with a number of different integration interfaces implemented and work on models of the semantic level has begun.

Inledning/Bakgrund

Som ett sätt att möta de ökande kraven att balansera produktion och förbrukning i ett kraftsystem växer rollen som aggregator fram. Aggregatorn är en aktör på elmarknaden som samlar flera förbrukare och erbjuder till systemoperatören att styra förbrukning på ett sätt som underlättar balansering vilket leder till ökad stabilitet och effektivitet i kraftsystemet som helhet. I grunden behöver en aggregatorn tillfredsställa ett behov i elsystemet vilket i enkla termer kan uttryckas i form av en viss ändring av elförbrukning under en viss tidsperiod. Detta överenskommes mellan aggregatorn och systemoperatören i form av avrop och bud på en marknad för stödtjänster – självklart via någon form av IT-system som behandlar begrepp som effekt, ramtid, och tidsförhållanden. Aggregatorn, som samlar flera olika typer av förbrukare av olika slag, behöver nu säkerställa att de överenskomna budet omsätts till order till förbrukarna via olika kommunikationskanaler och att uppfyllanden av ordena kan följas upp på ett automatiserat vis. Läger man till detta att kommunikation måste ske mellan aggregator och förbrukare även före ett bud ges till marknaden, detta för att reda ut om förbrukaren kommer kunna delta i budet vid en framtida tidpunkt, så blir utmaningen än mer omfattande.

I grunden är utmaningen ovan inte komplicerad, det handlar ”bara” om att se till att informationen tolkas på rätt sätt och skickas till rätt part vid rätt tidpunkt. Denna utmaning kan lösas genom att implementera ett flertal översättningar mellan protokoll och informationsmodeller, och varefter nya resurser bidrar i elsystemet så utvecklas helt enkelt nya översättningar mellan protokoll och informationsmodeller. Ett sådant tillvägagångssätt lider dock av ett antal problem, dels är det kostsamt och kan leda till att tillväxten av aggregatorer och möjligheten för dem att bidra på elmarknaden på ett kostnadseffektivt vis begränsas. Dels är det ett tillvägagångssätt som är behäftat med större risker vad gäller felaktigheter där fel styrsignaler skickas, men även eftersom antalet kopplingar blir stort ökar risken för cyberattacker.

InfoFlex projektet har haft som mål att angripa problemet på ett strukturerat vis i syfte att på längre sikt skapa en automatiserad översättning mellan de informationsmodeller som ligger till grund för kommunikationen mellan aktörerna på elmarknaden. Angreppssättet bygger på att utgå ifrån grundläggande begrepp som måste existera, som t.ex. effekt, energi och tid och utifrån dessa skapa informationsmodeller som kan underlätta och på sikt automatisera översättningen mellan de kommunikationsprotokoll som används för att styra t.ex. laddningen av elbilar, produktionen i en solcell eller inkopplingen av ett batterilager. Genom att informationen kodas enhetligt kan översättningen automatiseras, och därmed kan nya resurser som ansluts till elsystemet också enklare anslutas till en aggregator för att möjliggöra att flexibiliteten i resursen kan tillgodogöras av systemet.

Genomförande och resultat

Projektet planerades ursprungligen att genomföras i tre steg vilka i stort sett genomförts, men på grund av problem orsakade av COVID-19 pandemin har omfattningen och därmed resultaten begränsats. Huvuddelen av problemen har varit personella, då den person som anställdes vid KTH för att genomföra projektet dels anlände sent, och därefter då pandemin utbrutit plötsligt avbröt arbetet och lämnade landet. Nyrekrytering var under de rådande omständigheterna inte möjligt, och arbetsuppgifter har därför omfördelats mellan projektparterna, och vissa delar av projektet har inte kunnat genomföras i den omfattning som avsågs.

De tre delstegen i projektet har problemen ovan till trots genomförts enligt nedan.

Steg 1. Analys och modelleringsprinciper

Detta delsteg har genomförts kontinuerligt och iterativt under projektets gång, det visade sig tidigt i projektet att modelleringen måste ske iterativt varefter simuleringsmodellen utvecklades och de olika typer av resurser som inkluderades i denna utformades. Arbetet är därmed till delar färdigt, och har delrapporterats i publikation [1] men mer arbete krävs. I den senaste versionen av modelleringsprinciperna har SPARQL [2] använts för att modellera en automatiserad översättning mellan kommunikationsprotokoll. Arbetet i detta delsteg har skett i tätt samarbete mellan projektdeltagarna från KTH och LTU.

Steg 2. Genomförande, inklusive transformeringsalgoritmer och simuleringsmodell

Detta delsteg har genomförts av projektpartnererna till delar parallellt med återkommande avstämningspunkter. KTH har ansvarat för framtagande av simuleringsmodell av ett mindre kraftnät i vilket flexibla resurser som kan kontrolleras av en aggregator kan simuleras. Modellen innehåller dels laster i form av hushåll, men även batteri – som motsvara t.ex. elbilar och solpaneler. I simuleringsmodellen kan dessa resurser styras på sekundnivå från en aggregator vilket därmed påvisar effekten på elsystemets funktion. Simuleringsmodellen finns implementerad i Opal-RT simulator, och finns tillgänglig som Simulink-modell och tillhandahålls kostnadsfritt från projektpartnererna på begäran [3]. LTU har i detta delsteg ansvarat för utveckling av transformerings-algoritmer mellan tre protokoll, OCPP för kommunikation med elbilsaddare, OpenADR för kommunikation med flexibla laster i hushåll, samt IEC 61850 för kommunikation med mätutrustning i elnät, t.ex. nätstationer. Algoritmerna medger kommunikation från aggregatorn till och från alla tre typer av förekommande laster/produktions-anläggningar i simuleringsmodellen [1], [4].

Steg 3. Test och pilot demonstration och validering av koncept

Delsteget har innefattat integration av transformerings-algoritmer och simulatormodellen från delsteg 2 med ett enkelt användargränssnitt. Simulatormodellen har implementerats i real-tids simulator Opal-RT och ett antal enklare användningsfall har provats och validerats. Dessa inkluderar normaldrift, där lasterna är anslutna till elnätet, samt ödrift, där lasterna försörjs av lokal lagring och produktion (solpaneler). På grund av COVID-19 pandemin har inget öppet seminarium genomförts, men istället har en video-demonstration gjorts tillgänglig via internet **Fel! Hittar inte referenskölla..** Arbetet i delsteget har till största del utförts av LTU.

Sammanfattningsvis har alla delsteg kunnat genomföras och resultat har genererats. Dock har de problem som beskrivits inledningsvis lett till att resultaten varit mindre omfattande än planerat, samt att resultaten inte kunnat spridas i den omfattning som planerats. Resultaten som skapats, och det samarbete som etablerats mellan forskargrupperna vid KTH och LTU, lovar gott för fortsatt arbete.

Diskussion

Resultaten i projektet visar att det finns stora olikheter mellan de informationsmodeller som ligger till grund för de kommunikationsprotokoll som används för kommunikation mellan en aggregator och flexibla resurser i ett kraftsystem. Implementationen av transformerings-algoritmer har tagit omfattande resurser, och det även för ett enkelt demonstrationssystem. Skillnaderna i informationsmodeller är en sannolik förklaring till denna utmaning. Den enkla semantiska grundmodellen som utarbetats i projektet, se [1] kan mycket väl utökas för att mer effektivt och automatiskt hantera översättning mellan kommunikationsprotokoll för redan existerande, men framförallt tillkommande, flexibla resurser.

Projektets resultat visar att även om en aggregator mycket väl kan hantera heterogena resurser, och att kommunikationen mellan aggregatorn och dessa resurser inte leder till några begränsningar så är kostnaderna att lägga till nya resurser omfattande. Med ett fullt utbyggt semantiskt baserad modell – såsom påbörjats i projektet – kan kostnaderna för anslutning av flexibla resurser minska, Dessutom kan möjligheten för en resurs, t.ex. ett hushåll, att kommunicera med flera olika aggregatorer förenklas, vilket förhindrar inlåsnings och förbättrar elmarknadens funktion. Slutligen kan kommunikation baserad på en semantisk grundmodell minska risken för fel och intrång genom att informationsutbytet kan övervakas på en semantisk nivå, och värden kan kontrolleras för rimlighet. Det skall sägas att resultaten av projektet ännu inte nått den mognad så att dessa fördelar kan implementeras på marknaden. Mer arbete krävs med att förädla den semantiska modellen, och framförallt automatisera de översättningsalgoritmer som krävs för att på sikt möjliggöra en ”plug-and-play” arkitektur för flexibla resurser.

Publikationslista

Projektets resultat har presenterats i en vetenskaplig artikel vid konferensen IEEE SmartgridComm [1]

Den simuleringsmodell som tagits fram är allmän tillgänglig, och tillhandahålls på begäran från projektparterna [3].

Mjukvaran för transformering mellan kommunikationsprotokoll och den grundläggande semantiska modellen finns tillgänglig på github:

<https://github.com/mrv-king/InfoFLEX>

En video med pilotdemonstrationen finns tillgänglig via Youtube **Fel! Hittar inte referenskälla.**

Referenser, källor

- [1] N. Galkin, C.W Yang, L. Nordström, V. Vyatkin ”Prototyping Multi-Protocol Communication to enable semantic interoperability for Demand response Services” IEEE SmartgridComm 2021,
- [2] <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>
- [3] MG_Batt_2018b.slx - Förenklad Microgrid modell i Simulink
- [4] <https://github.com/mrv-king/InfoFLEX>
- [5] <https://www.youtube.com/watch?v=HAzMnja1Iu0>

Bilagor

1. Administrativ bilaga