

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/328477529>

# Elektrik güç üretim birimlerinin şebekeye entegrasyonunda sanal güç santralleri ve mevcut uygulamaları

Conference Paper · November 2018

CITATIONS

0

READS

1,541

3 authors:



**Elif Ordueri**

Bursa Technical University

2 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE



**Ayetül Gelen**

Bursa Technical University

51 PUBLICATIONS 270 CITATIONS

SEE PROFILE



**Aykut Bıçak**

Bursa Technical University

6 PUBLICATIONS 31 CITATIONS

SEE PROFILE

## Elektrik güç üretim birimlerinin şebekeye entegrasyonunda sanal güç santralleri ve mevcut uygulamaları

<sup>1</sup>Elif Ordueri, <sup>2\*</sup>Ayetül Gelen, <sup>3</sup>Aykut Bıçak

<sup>1,2,3</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Müh. Bölümü,  
Bursa, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: ayetul.gelen@btu.edu.tr

### Özet

Geleneksel kaynaklara alternatif olarak yeni-yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı her geçen gün hızla artmaktadır. Yeni elektrik üretim modellerini kapsayan Dağıtık Güç Sistemleri (DGS); küçük ölçekli güç üretim teknolojilerinin kullanımı ile genellikle yüklere yakın yerlere yerleştirilerek hizmet veren bir enerji üretim teknolojisidir. Yakın bir gelecekte DGS'lerin de yaygın olarak kullanılacağı öngörülmektedir. Ancak bu sistemlerin yaygınlaşması, beraberinde kontrol karmaşıklığı, kaynak yerleşimi, enerji üretiminde kalitesizlik vb. sorunları da oluşturacaktır. Bu tür sorunlara yeni bir çözüm olarak; bilgi teknolojileri kullanılarak oluşturulan, oldukça yeni bir yapı olan Sanal Güç Santralleri (SGS) önerilmektedir. SGS'ler bir yazılım ve arayüz olarak; mevcut enerji sistemleri ile DGS'lerin uygun bir şekilde bütünleşmesini amaçlamakta ve otonom bir mikroşebeke olarak tanımlanmaktadır. Sanal Güç Santralleri kaynak planlaması, yük talep yönetimi, maliyet azaltımı, DGS'lerce üretilen enerjinin daha etkin kullanılması, arıza durumlarında müdahalede vb. rol oynamaktadırlar. Gerçek bir santralin devreye alınması veya devreden çıkarılması yerine SGS'ler ile akıllı yük yönetimi yapılabilir. Bu santrallerin Fenix project, Edison project, Next Kraftwerke SGS vb. proje ve uygulamaları mevcuttur. Bu derleme çalışmasında; SGS'lerin çalışma prensipleri, çeşitleri, güncel ve gerçek uygulamaları-projeleri, kullanılan arayüzleri ayrıntılı olarak sunulmaktadır. Ayrıca, bu çalışmada mevcut bir santralin kapasite tahsisi için yapılan ve özellikle Avrupa'da çok yaygın olan SGS ihalelerine de yer verilmektedir. Ülkemizde de Hatay'daki bir doğalgaz çevrim santrali işletmesince 2017 yılında 20 MW ve 40 MW'lık SGS ihaleleri yapılmıştır. Sonuç olarak; yeni santral kurulumlarında Sanal Güç Santralleri dikkate alındığı takdirde kurulum ve işletme maliyetlerinde ekonomik bir durum elde edilecektir. Enerji üretiminde kontrol edilebilirlik, esneklik, entegrasyon vb. hususlarda olumlu ilerlemeler olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Sanal güç santrali, Alternatif enerji kaynakları, Dağıtık güç sistemleri

### 1. GİRİŞ

Dünyada ki artan enerji tüketimi, yeni teknolojiler üretme, dağıtma ve enerji tüketme şeklimizi etkileyecektir. Diğerlerinin yanı sıra, dağıtık enerji üretimi birçok ülkede büyük bir eğilim haline gelmektedir. Dağıtık Güç Sistemleri'nin (DGS) hızla yükselmesi ve daha rekabetçi bir elektrik piyasasına doğru devam eden eğilim, hem yeni ortaya çıkan teknik hem de ekonomik sorunları ele alacak yeni teknolojiler ve politikalar gerektirmektedir. Dağıtık üretim sistemlerinin sorunlarının üstesinden gelmek ve güç piyasalarındaki görünürlüğü arttırmak için Sanal Güç Santralleri (SGS) kullanılmaya başlamıştır. SGS'ler bireysel olarak görülebilen ve yönetilebilen "tek bir sanal üretim birimi" oluşturmak için çeşitli küçük boyutlu dağıtık üretim birimlerinin birleştirilmesinden oluşmaktadır (Saboori ve ark., 2011).

Bu derleme çalışmasında SGS'lerin çalışma prensipleri, SGS'lerin oluştuğu dağıtık birimler, SGS açık arttırmaları incelenerek mevcut uygulamaları hakkında bilgi verilmektedir.

#### 1.1 Dağıtık Güç Sistemleri (DGS)

DGS'ler elektrik enerjisi depolama sistemlerinden, yönetilebilir yüklerden ve özellikle güneş, rüzgâr, hidrojen yakıt pili vb. temelli güç sistemlerinden oluşan dağıtık güç sağlayıcılarından oluşmaktadır (Zehir, 2015). Gelecekte, güç sistemi işlevselliğini destekleyecek DGS'lerin mevcut sisteme aktif katılımının artması talep edilmekte ve beklenmektedir. Aynı zamanda DGS'lerin; geleneksel enerji santrallerindeki kontrol sistemlerinin görevlerine de benzer özellikleri kapsamı gerekmektedir. DGS'ler şebekeye bağlanarak mevcut sistemin

işletimine de dâhil edilmelidirler. Ancak DGS'lerin sisteme entegrasyonu dağıtım altyapısında verimsiz ve maliyetli yatırımlara yol açmakta ve DGS'lerin kontrolü merkezi olarak sağlanamamaktadır (Braun, 2009).

DGS'lerin yaygınlığı, dünya genelinde hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu da daha az çevresel sorunlara, daha çeşitli enerji kaynaklarına ve daha fazla enerji verimliliğine sahip olan sürdürülebilir bir enerji sisteminin oluşmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte, birbirine komşu DGS'ler arasında çoğunlukla iş birliği ve iletişim bulunmamaktadır. Bunun sonucu olarak DGS'nin kapasitesi yerel ihtiyaçları karşılayacak şekilde sınırlandırılmış olmaktadır. Bu sorunların üstesinden gelmenin bir yolu ise Sanal Güç Santralleri olarak adlandırılan birçok DGS birimini bir araya getirmektir (Saboori ve ark., 2011).

## **1.2 Alternatif Enerji Kaynakları**

Güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal, biyokütle, hidrojen, dalga ve gelgit enerjileri yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadırlar. Özellikle bireysel güneş, rüzgâr, hidrojen vb. güç üretim sistemlerinin, elektrik şebekesine entegrasyonunda bir takım sorunlar yaşanabilmektedir. Bu kaynakların elektrik şebekesindeki iletim kapasitesinin eksikliği buna neden olmaktadır. Ayrıca bu tür kaynakların enerji üretiminin bağlı olduğu durumların da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Örneğin; güneş enerjisi doğrudan ışınımına bağlıdır. Bu tür kesikli güç kaynakları, iletim sistemi işletiminde ciddi problemlere neden olabilmektedir. Bazı DGS birimleri de evsel tüketicilerin yakınana kurulum için daha uygun olabilmektedir (Nikonowicz ve Milewski, 2012).

SGS, alternatif enerji kaynaklarının şebekeye entegrasyonu için iyi bir çözüm sunmaktadır. Ayrıca, güç şebekesindeki yükü azaltmak, yerel olarak daha fazla güç üretmek, yüksek gerilim enerji iletimini uzun mesafelerde yapmamak, enerji kayıplarını azaltmak vb. faydaları mevcuttur. SGS yapısı; sayısı gittikçe artan kurulu alternatif enerji kaynaklarından meydana gelmektedir (Nikonowicz ve Milewski, 2012).

Sera gazı emisyonları ve birçok sanayileşmiş ülkenin fosil enerji ithalatına bağımlılığı, yerel alternatif enerji kaynakları ile DGS'ler kullanılarak azaltılabilir. DGS'ler ile üretim, güç kaynağı sisteminin verimliliğini ve güvenliğini artırabilir. Bazı ülkelerde DGS'yi artıran teşvikler sunulmaktadır. Gelecekte, dağıtım sistemi hem şebeke hem de DGS birimlerini daha verimli kullanmak için daha etkin kontrol edilebilir olmalıdır ve bu SGS'ler ile sağlanabilecektir (Braun, 2009).

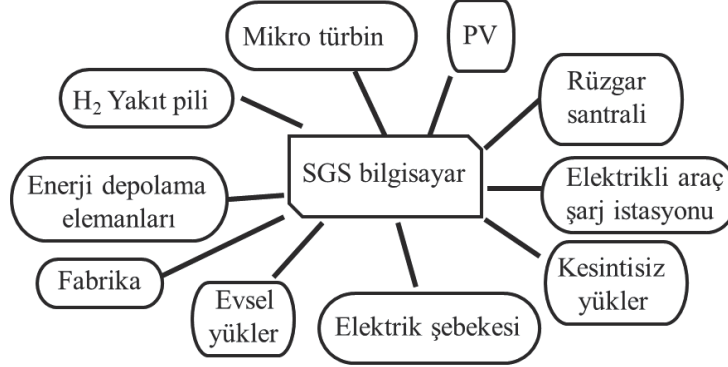
## **1.3 Sanal Güç Santralleri**

Sanal güç santralleri (SGS), farklı dağıtım şebekelerinde dağıtık olarak bulunan farklı tipteki DGS'lerin AEK'lerle bir araya getirilmesi ve ortak bir merkezden kontrol edilmesi olarak tanımlanmaktadır. SGS, farklı işletim modelleri ile farklı dağıtım şebekesine bağlanabilme gibi çeşitli teknolojilerden oluşmaktadır. SGS, toptan satış pazarında sözleşmeler yapmak ve sistem operatörüne hizmet sunmak için kullanılacak bir DGS/AEK portföyü olarak ta gösterilmektedir (Saboori ve ark., 2011). SGS, geleneksel santrallere benzer bir kontrol edilebilirliğe sahip olan farklı DGS'lerin, yönetilebilir yüklerin ve enerji depolama cihazlarının bir araya getirilmesi olarak da tanımlanmaktadır. Bu yapı Şekil 1'de gösterilmektedir (Othman ve ark., 2015). Böylelikle SGS sistem içindeki yük akışlarını koordine eden bir enerji yönetim sistemi haline gelmektedir. Söz konusu Enerji Yönetim Sistemi (EYS), üretim maliyetlerinin minimize edilmesi, karların maksimize edilmesi, sera gazlarının üretiminin en aza indirilmesi gibi hedeflere göre tasarlanabilir. Bu tür bir tasarım için, EYS'nin her bir geleneksel üretim biriminin durumu hakkında, ayrıca rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir üreteçler hakkında tahmini bilgiler alması gerekmektedir (Saboori ve ark., 2011).

## **2. SGS AÇIK ARTTIRMALARI (İHALELERİ)**

SGS ihaleleri, "fiziksel" elden çıkarmalar yerine, bir pazardaki bir veya daha fazla baskın firma tarafından "sanal" elden çıkarmalar olan elektrik kapasitesinin satışlarıdır. Fiziksel santrali satmak yerine, firma tesisin yönetimini ve kontrolünü elinde tutmakta, ancak tesisin üretimini çoğaltmayı amaçlayan sözleşmeler sunarak sanal olarak

elektrik kapasitesini satmaktadır. Bu sözleşmeler açık arttırmalarda bölünebilir mal olarak satılmaktadır. Dünyanın ilk ve en uzun süredir devam eden sanal güç santrali açık arttırmaları Electricité de France (EDF) Üretim Kapasitesi Açık Arttırmalarıdır (Ausubel ve Cramton, 2010).



Şekil 1. SGS modeli

## 2.1. EDF Üretim Kapasitesi Açık Arttırmaları

EDF açık arttırmaları; 2001 yılında Fransa'da elektrik hizmeti veren EDF'nin düzenleyici ödeme planının bir parçası olarak, bir Almanya şirketi olan Energie Baden-Württemberg AG'nin (EnBW) ortak kontrol hissesinin devralınmasıyla başlamıştır. EDF açık arttırmalarında sunulan SGS sözleşmeleri temel yük ve tepe yük grupları olmak üzere iki gruba ayrılır. Örneğin, Aralık 2009 açık arttırmasında, baz yük ve tepe yüklü VPP ürünlerinin fiyatları sırasıyla 10 € / MWh ve 53 € / MWh' dır. Elektrik kapasitesinin yaklaşık %80'i baz yük grupları olarak ve yaklaşık %20'si tepe yük grupları olarak teklif edilmektedir. SGS açık arttırma örnekleri arasında Belçika'da Electrabel, Hollanda'da Nuon, Danimarka'da Elsam, İspanya'da Endesa ve Iberdrola, Portekiz'de REN ve EDP, Almanya'da E. ON ve RW sayılabilir (Ausubel ve Cramton, 2010).

Türkiye'de otoprodüktör grubu statüsünde kurulan ilk üretim şirketi olan Akenerji, 904 MW'lık Hatay-Erzin Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali'nin 20 MW ile 40 MW'lık kapasitesini sanal santral ihalesi ile paydaşların kullanımına açmaktadır. Sanal santral ihalesi, alıcıya üreticinin ürettiği elektriği, önceden belirlenen kapasite miktarı kadar ve belirlenmiş birim başı fiyattan satın alma hakkı tanımaktır. Akenerji bu yöntemle, paydaşlarına belirlenen dönemler boyunca üretim kapasitesini santral kurulum maliyetleri, arıza, bakım ve krizlerden etkilenmeden kullanım hakkı sunmaktadır. Bu sayede santralin verimlilik ve esnekliği de kiralanmış olmaktadır. İhale sonucunda kullanım hakkına erişen firma, bir gün öncesinden bildirimde bulunarak, elektriği kullanım imkanına sahip olmaktadır. Akenerji önümüzdeki süreçte sanal santral ihalelerini elektronik ortamda sürdürmeyi planlamaktadır (Akenerji, 2018).

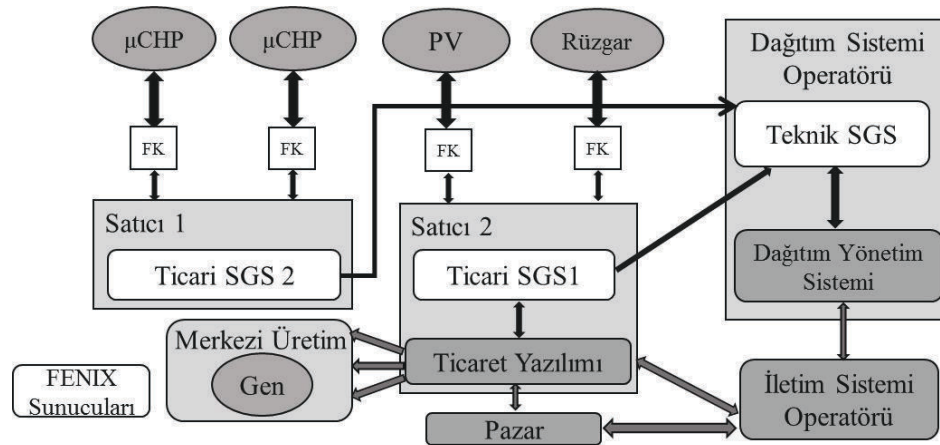
## 3. SANAL GÜÇ SANTRALLERİ MEVCUT UYGULAMALARI

### 3.1 FENIX Sanal Güç Santrali

FENIX projesi Avrupa'da SGS'nin güç talebini karşılamada yeni bir yaklaşım olarak görülmesi üzerine gündeme gelmiştir. 2005'te başlayan bu projede amaçlanan büyük ölçekli sanal güç santrali ve merkezi olmayan denetimin bir araya getirilmesi ile DGS'nin elektrik güç sistemine katkılarını artırmaktır. Şekil 2'de gösterildiği gibi üç ana elemanlı genel bir FENIX yapısı; FENIX kutusu, ticari sanal güç santrali ve teknik sanal güç santrali olarak geliştirilmiştir. FENIX kutusu (FK); uzaktan izleme ve kontrol sağlayan arayüzleri, ticari SGS; DGS grubunun zamanlama ve enerji optimizasyonunu ve teknik SGS ise üretim programının doğrulanmasını, yük paylaşımını vb. temsil etmektedir. Bu projedeki SGS İspanya'daki Iberdrola'nın (güney senaryosu) gerçek güç şebekesi ve Birleşik Krallık'taki (kuzey senaryosu) EDF enerji şebekesi olmak üzere iki şebekede kullanılmıştır (You, 2010), (Nikonowicz ve Milewski, 2012), (Saboori ve ark., 2011).

FENIX'in kuzey senaryosunda güç uyumlaştırıcı ticari SGS'yi yönetmek için kullanılmaktadır. Bu senaryoda, 200 kW'lık yakıt pili de dâhil olmak üzere çeşitli üreteçlerden oluşan 3 MW'lık DGS yapısı kullanılmaktadır. Bir piyasa işlemi gerçekleştiğinde, ticari SGS için üretim programı oluşturulup ve bu akış tüm DGS cihazlarına aktarılmaktadır. Gerçek zamanlı olarak DGS, enerji üretmek / tüketmek için programları takip etmektedir (You, 2010).

FENIX'in güney senaryosu, DGS'lerin bir araya getirilerek hem ticari hem de teknik SGS'yi kullanması ile oluşmaktadır. DGS'lerin çoğu 30 kV'luk şebekeye bağlanmaktadır. Senaryo da gün öncesi piyasasına katılım, üçüncül yedek hizmet sunma, iletim ve dağıtım seviyelerinde gerilim düzenlemesine katkıda bulunma olmak üzere üç etkinlik başarıyla gösterilmiştir. FENIX kutusu; DGS ve yerel SCADA arasında bir arayüz olarak yer almıştır (You, 2010).



Şekil 2. Genel FENIX mimarisi (You, 2010)

### 3.2 EDISON Sanal Güç Santrali

2009 yılında başlatılan EDISON projesi, elektrikli araçların güç sistemine entegrasyonunun zorluklarını araştırmak amacıyla başlatılmıştır. EDISON projesinde SGS için iki farklı mimari yapı geliştirilmiştir. Bağımsız mimaride, EDISON SGS'nin (ESGS), elektrik piyasasına doğrudan erişimi vardır ve bu da onu dâhili güç dengelemesi yapmaya zorlamaktadır. Entegre mimaride ise elektrikli araç filosunun etkin kullanımını sağlamak için üretim şirketleri gibi hâlihazırda var olan piyasa oyuncularına destekleyici hizmetler sunmaktadır. EDISON projesinin SGS'si her DGS için kontrol modülü, veri toplama modülü ve bağlantı, işbirliği ve iletişim modülü olmak üzere 3 ana modülden oluşmaktadır (Nikonowicz ve Milewski, 2012).

Danimarka'nın Bornholm adasındaki her elektrikli araç SGS üzerinden güç sistemine bağlanabilmektedir. Yerel elektrik dağıtım şebekesinde bir elektrikli araç filosunun etkisini ölçmek için benzetim yapılmıştır. EDISON projesi SGS'yi diğer SGS'lerden ayıran bir özellik; elektrikli araçların aktif enerji depolama üniteleri olarak yaygın kullanılmasıdır. Adanın çevresinde 52 adet DGS ünitesi bulunur ve bunlardan 35 tanesi rüzgâr türbinleridir. Adada 27.000 elektrik tüketicisi bulunmaktadır. Toplam kapasite 135 MW iken azami yük 55 MW'tır (You, 2010), (Nikonowicz ve Milewski, 2012). Başka bir çalışmada elektrikli araçların şarj durumu için oluşturulan SGS'nin; araç şarj maliyetleri düştüğünde ve benzin fiyatlarındaki belirsizlik devam ettiğinde daha da önemli olduğu belirtilmiştir (Arslan, 2016).

### 3.3 Konwers 2010

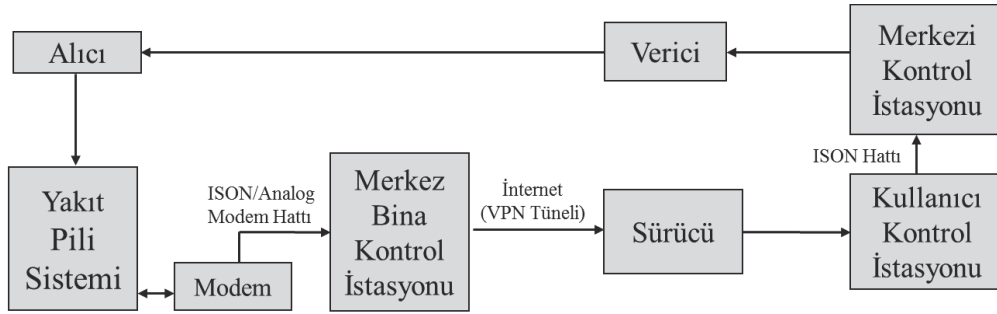
Konwers 2010 projesinde SGS'nin maksimum gücü üzerinde belirli bir payı olan birimler dikkate alınmaktadır. Küçük birimler ve kontrol edilemeyen birimler sadece tahmin edilmektedir. Şebeke ve güç akış parametrelerinin gözlemlenmesi için DGS birimleri kullanılmaktadır. SGS, biyokütle ile yakılmasıyla elde edilen enerji ile çalışan

Kombine Isı ve Güç Santrali (CHP), rüzgâr türbinleri, güneş santrali ve geleneksel enerji santrallerini içermektedir. Elektrik ve ısı talebinin ana kısmı SGS'nin DGS'leri tarafından karşılanmaktadır. Elektrik üretimi yetersiz ise harici kaynaklardan SGS'ye ekstra elektrik sağlanacaktır. Bu da SGS'lerin harici elektrik şebekesine bağlanmasının gerekli olduğunu göstermektedir (Nikonowicz ve Milewski, 2012).

### 3.4 Sanal Yakıt Pili Enerji Santrali

Sanal H<sub>2</sub> yakıt pili enerji santrali projesi, 2001 yılında 31 merkezileştirilmiş bağımsız evsel yakıt pili kojenerasyon sistemleriyle gerçekleştirilmiştir. Düşük sıcaklıklı PEM yakıt pilli  $\mu$ CHP sistemleri, aynı anda 4,5 kW<sub>el</sub> ve 9 kW<sub>th</sub> üretebilmekte ve Avrupa genelindeki küçük güçlü tüketiciler için kurulmaktadır. Bu projede, hem yerel Enerji Yönetim Sistemi (EYS) hem de Merkezi Kontrol Sistemi (MKS) kullanılmaktadır. Yerel EYS, yakıt pilini ve sistemin ısı üretimini kontrol etmektedir. MKS ise yerel EYS ile iletişim kurarak tepe güç talebi ve tanımlanmış yük profilleri durumunda,  $\mu$ CHP sistemlerini denetlemektedir. Saha testinde Şekil 3'te gösterilen farklı iletişim yolları test edilmiştir (Kaestle, 2006).

Tek yönlü iletişimde, radyo dalgacık kontrolü sistemleri, seçilmiş beş yakıt pili sistemi üzerine kurulmuştur. Böylece, bu denetimin röleleri ya sabit bir elektrik çıkışına ya da EYS içinde depolanmış ve önceden tanımlanmış beş adet yük profiline aktarılmıştır. İki yönlü iletişim durumunda MKS, sunucuya geri gönderilen gerçek zamanlı verilere dayalı yakıt pili sistemi için daha fazla kontrol imkânı sunabilmektedir. 138.000 çalışma saatinde, yaklaşık 50 milyon ölçüm verisi analiz edilmiştir (You, 2010).



Şekil 3. Yakıt pili temelli SGS alan testindeki iletişim yolları (You, 2010)

### 3.5 Akıllı Isı Pompaları

Rüzgâr santrallerinin kapasitesinin artması, üretim ve tüketim arasında dengeleme sorunlarına neden olmaktadır. Bu sebeple; enerji sisteminde ısı pompalarının kullanımı söz konusu olmuştur. Akıllı ısı pompaları, üretim ve talebin dengelenmesine ve şebeke tıkanıklığının yönetilmesine yardımcı olabilmektedir. Almanya Vattenfall Europe, Berlin'de SGS çalışmalarını başlatmıştır. SGS, bünyesinde toplanan CHP ve ısı pompalarının çalışmasını kontrol etmektedir. Tüm sistemde toplamda sadece 30 ısı pompası ve CHP bulunmaktadır. Sistem, daha fazla rüzgâr üretim kapasitesi nedeniyle artan tahmin edilemezliğe bir yanıt olarak oluşmaktadır. Bu enerji piyasasında ani enerji fiyatlarındaki dalgalanmalara neden olmaktadır. Bu dalgalanmalar ısı pompaları kullanılarak azaltılabilmektedir. Enerji fiyatı düşük olduğunda, ısı pompaları açılmaktadır. Fiyat yüksek olduğunda, CHP'ler açılmakta ve fazla güç üretilmektedir (Nikonowicz ve Milewski, 2012).

Hollanda Enerji Araştırma Merkezi, elektrik şebekesinde arz ve talebi koordine etmekten sorumlu Power Matcher modülünü geliştirmiştir. Saha testi sırasında, Power Matcher sunucusu, belirli bir talep modeline göre piyasaya teklif vermekte, bu da tepe yük dönemlerinde yüksek fiyatlara ve düşük fiyatlara neden olmaktadır (You, 2010), (Nikonowicz ve Milewski, 2012).

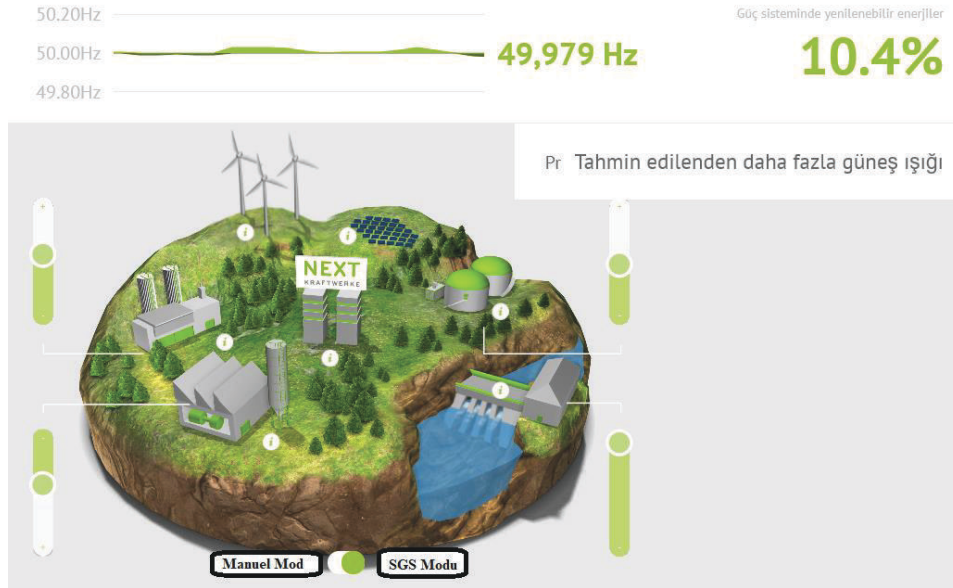
### 3.6 NEMOCS Projesi

Elektrik üretimine giren yenilenebilir enerji kaynakları ile şebekedeki dalgalanmalar artmaktadır. Bir SGS; üretim ve tüketimi başarılı bir şekilde tahmin ederek, izleyerek ve kontrol ederek, şebeke üzerindeki frekans değişimlerini dengeleyebilmektedir. Şebeke frekansı kararsız hale gelirse, bir grup esnek birim devreye girerek birkaç saniye içinde istenilen gücü sağlamaktadır. Avrupa'nın en büyük SGS'lerinden birinin operatörü ve deneyimli bir enerji şirketi olan Next-Kraftwerke NEMOCS SGS platformunu geliştirmiştir.

NEMOCS, yenilenebilir enerjileri ve diğer merkezi olmayan kaynakları birbirine bağlamak için iyi bir araç olarak sunulmaktadır. Merkezi olmayan enerji kaynaklarını birleştirerek, şebeke gereksinimlerine bağlı olarak güç üretimi ayarlanabilmekte ve böylece istikrarlı ve düşük maliyetli bir güç kaynağı sağlanabilmektedir. Bu sistem 2.800 MW enerji kapasitesine sahip 4000'den fazla merkezi olmayan enerji varlığına sahiptir.

Bu proje ile standart bir arayüz kullanarak, farklı teknolojiler SGS'ye bağlanabilmekte ve uzaktan kontrol edilebilmektedir. Kontrol sistemi, kaynakların mevcut kapasitesi, depolama seviyeleri ve bekleme durumları hakkında gerçek zamanlı bilgileri görüntülemekte ve kaydetmektedir. NEMOCS'un grafiksel kullanıcı arayüzü; kullanılan teknoloji türüne, müşteri gruplarına veya konumuna göre filtrelenebilen bir görsellik sunmaktadır. Bu proje için tasarlanan SGS simülasyonu Şekil 4'te görülmektedir. SGS simülasyonunda ekranın üst kısmında görüntülenen elektrik şebekesinin frekansı, şebekenin çökmesini önlemek için 49,9 Hz ile 50,2 Hz arasında kalması gerekmektedir. Şebeke frekansı, öngörülemeyen olaylarla bir dalgalanma durumundadır. Şebeke frekansını dengelemek adına frekans azalır, güç üretiminin artması veya talebin düşmesi gerekmektedir. Frekans yükseldiğinde ise güç üretimi azaltılmalı veya güç talebi artırılmalıdır. Ekranın alt kenarında yer alan bilgiye göre, bir SGS'deki otomatik kontrol sisteminin nasıl çalıştığını görmek için manuel moddan SGS moduna geçilebilmektedir (Kraftwerke, 2018).

Bu sistem ile enerji piyasalarındaki bilgiler de kullanılarak tepe yük işletimi için programlar oluşturulabilmekte ve ilgili piyasa değeri optimize edilebilmektedir. MKS, her bir üniteyi, en uygun çalışma noktasında uzaktan yönetebilmekte ve önceden belirlenen programın yürütülmesini sağlamaktadır (Kraftwerke, 2018).



Şekil 4. NEMOCS projesi SGS simülasyonu (Kraftwerke, 2018)

### 3.7 Diğer Uygulamalar

Bunların dışında yük tarafı yönetimi de SGS içine yapılabilmektedir. Örneğin; kuzey İspanya'da uygulanan talep tarafı yönetimi ve kontrolü sistemi klima, elektrikli ısıtma vb. termal depolama kapasitesine sahip olan yüklerin birleştirilmesi için yapılmıştır. Termostatik olarak kontrol edilen bu yüklerin birleşiminden bir SGS

oluşturulmuştur. Bu kontrol işlemleri, termal cihazların belirli bir süre için bağlantısını kesmek veya termostatların sıcaklık ayarlarını değiştirmektir. Böylece; kontrol edilebilir müşterilerin portföylerini yöneten toplayıcıların iletim ve dağıtım sistemi operatörlerine yük azaltma teklifleri vermesini ve dolayısıyla elektrik piyasalarına katılmasını sağlamak için bir araç olarak tasarlanmıştır (Ruiz ve ark., 2009).

Hollanda'daki bir elektrik şirketi olan Eneco, SGS oluşturmak için birkaç yüz Tesla Powerwall pilleri kullanarak, mevcutta 400.000 adet olan çatı katı güneş paneli sistemli evsel müşterilerine bu sisteme katılmaları için teşvik vermeyi planlamaktadır. Eneco, yüzlerce Powerwall'un depolama kapasitesinin sadece %30'una erişse bile elektrik enerjisinin dalgalı talebini dengelemek için fosil yakıtlı üretim tesislerinin kullanılmasını engelleyebileceğini belirtmiştir (Hanley, 2016).

#### **4. SONUÇ**

Her SGS'nin sisteminin kendine has özellikleri bulunmaktadır. SGS'lerde genel amaç birçok DGS birimlerini ortak bir merkezi yönetim sisteminden yönetmektir. Bu derleme çalışması, SGS'nin mevcut uygulamalarını, avantajlarını ve Türkiye'de ilk olarak gerçekleştirilmiş olan Akenerji Sanal Santral İhalesi ile ilgili bilgileri sunmaktadır. Özellikle Next-Kraftwerke şirketince geliştirilen NEMOCS SGS uygulama ekranı bu konuyu daha anlaşılabilir hale getirmiştir.

#### **KAYNAKLAR**

- Akenerji, Türkiye'de bir ilk; Akenerji'den sanal santral ihalesi, Available at: <http://www.akenerji.com.tr/Dosya/Dokuman/SanalSantral%C4%B0halesi.pdf> [Erişim 2017].
- Arslan O, 2016. Energy management in plug-in hybrid electric vehicle penetrated networks. PhD Thesis in Bilkent University, Turkey.
- Ausubel LM, Cramton P 2010. Virtual power plant auctions. *Utilities Policy* 18: 201-208.
- Braun M 2009. Virtual Power Plants in Real Applications-Pilot Demonstrations in Spain and England as part of the European project FENIX. *Internationaler ETG-Kongress*, Germany.
- Hanley S, 2016. Netherlands utility to use Tesla Powerwall to make a "Virtual Power Plant", Available at: <https://www.teslarati.com/netherlands-utility-use-tesla-powerwall-make-virtual-power-plant/> [Erişim 2017].
- Kaestle G 2006. Virtual power plants as real chp-clusters: A new approach to coordinate the feeding in the low voltage grid. 2<sup>nd</sup> International Conference on Integration of Renewable and Distributed Energy Resources, USA.
- Next-Kraftwerke. Manage the Virtual Power Plant and prevent a blackout, Available at: <https://www.next-kraftwerke.com/virtual-power-plant-vpp-simulation/?lang=en>, <https://vpp.next-kraftwerke.com/> [Erişim 2017].
- Nikonowicz L, Milewski J 2012. Virtual Power Plants – general review: structure, application and optimization. *Journal of Power Technologies* 92: 135–149.
- Othman MM, Hegazy YG, Abdelaziz AY 2015. A Review of Virtual power plant Definitions, Components, Framework and Optimization. *International Electrical Engineering Journal*, 6: 2010-2024.
- Ruiz N, Cobelo I, Oyarzabal J 2009. A Direct Load Control Model for Virtual Power Plant Management. *IEEE Transactions on Power Systems*, 24(2): 959-966.
- Saboori H, Mohammadi M, Taghe R 2011. Virtual Power Plant (VPP), Definition, Concept, Components and Types, *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference*, China.
- You S, 2010. Developing Virtual Power Plant for Optimized Distributed Energy Resources Operation and Integration. PhD Thesis in Technical University of Denmark.
- Zehir AM, 2015. Dağıtık Enerji Sağlayıcılar ve Sanal Güç Santralleri. *3e Electrotech*.

# PROCEEDING BOOK



International Eurasian Conference on  
**Science, Engineering and Technology**  
(EurasianSciEnTech 2018)

22-23 November 2018  
Ankara / Turkey

**EurasianSciEnTech 2018**

[www.eurasiansciencetech.org](http://www.eurasiansciencetech.org)

---

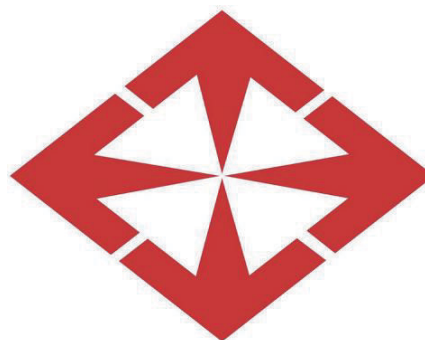
International Eurasian Conference on  
**Science, Engineering and Technology**  
(EurasianSciEnTech 2018)

November 22-23, 2018 / Ankara, Turkey

[www.EurasianSciEnTech.org](http://www.EurasianSciEnTech.org)



# PROCEEDING BOOK



**BAŞKENT UNIVERSITY**