

Şebekeden Bağımsız FV Sistemler için Yeni bir Güç Yönetimi Uygulama Çatısı A Novel Power Management Framework for Standalone PV Systems

Talat ÖZDEN¹, Ramazan Özgür DOĞAN², Halil İbrahim OKUMUŞ³

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi

²Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Gümüşhane Meslek Yüksekokulu
Gümüşhane Üniversitesi

ozdentalat@gmail.com, ramazan.dogan@gumushane.edu.tr

³Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi

Karadeniz Teknik Üniversitesi

okumus@ktu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, şebeke bağlantısız Fotovoltaik (FV) enerji kaynaklı sistemlerinde Güç Yönetimi için tasarlanmış yazılım ve donanımlar sunulmaktadır. Güç yönetimi, her bir tüketim birimi için yük ajanları, üretim birimi için kaynak ajanı ve bu ajanlarla iletişim kurabilmek için haberleşme ajanından oluşan çok ajanlı yapıyla planlanmıştır. Güç yönetimi için ihtiyaç duyulan tüketim ve üretim verileri kablosuz iletişim kurabilen bu ajanlardan sağlanmaktadır. Ajan verileri, geliştirilen uygulama çatısı ile toplanmaktadır. Tasarımcılar bu uygulama çatısına herhangi karar verici bir denetim sistemi ekleyerek, şebeke bağlantısız FV sistemler için güç optimizasyonunu kullanıcı konfor ve kriterlerini dikkate alarak planlayabilirler.

Abstract

In this study, software and hardware set for power management in Standalone PV energy related system are presented. Power management is planned with multi-agent structure consisting of load agents for each consumption unit, resource agent for production unit and communication agent to communicate with these agents. Consumption and production data needed for power management is provided with these agents communicating wirelessly. Agent set is collected by the application framework developed. The designers plan power optimization by considering user comfort and criteria and adding a control system that is decision maker of this framework.

1. Giriş

Hava koşullarının zamana göre değişimi, yenilenebilir enerji kaynaklarından (YEK) elde edilen elektrik enerjisinin dalgalanmasını telafi edebilmek için çevre şartlarından daha az etkilenen sağlam sistem tasarımı zorunlu kılar. Geleneksel olarak, bu dalgalanmaları giderebilmek için batarya, yakıt pili gibi depolama birimi ya da rüzgar, biyoenjerji, FV gibi birden çok güç kaynağı ile problem aşılıma çalışılmaktadır. Depolama birimleri de güç kaynağı olarak sayıldığında, bahsi geçen bu kaynaklar arasındaki en doğru tüketim stratejisini belirleyebilmek için “Güç Yönetimine” ihtiyaç vardır.

Literatürde, yapılmış birçok güç yönetimin uygulamaları ve

teorilerinden bahsedilmektedir. Hava koşullarına göre güç üretiminin en iyi olacak biçimde kaynaklar ve depolama birimleri (bataryalar, süper kapasitörler, yakıt hücreleri gibi) arasında optimal geçişi sağlayan bu yöntemler [1-5] yeni sistem boyutlandırma metodu geliştirme [6] ve depolama birimleri enerji verimliliklerinin artırılmasını [7-9] sağlayabilmiştir.

Ancak “üretim tarafında” yapılan bu güç yönetimi, her sistem için uygun olamamaktadır. Örneğin; bu tür sistemler genelde büyük güçlü üretim sistemleri için tasarlanmış olması, birçok kaynağı barındırdığı için yüksek kurulum maliyetleri olması ve güç ihtiyacı karşılanacak tüketici biriminde bu büyük sistemler için her zaman uygun kurulum alanı olmayışı gibi dezavantajlara sahiptir. Bu sistemler “tek bir kaynak için ve yük tarafına yönelik güç yönetimini de” yapamamaktadır. Üstelik üretim tarafı güç yönetimini mevcut YEK sistemler için uygulamak pek mümkün olamamaktadır.

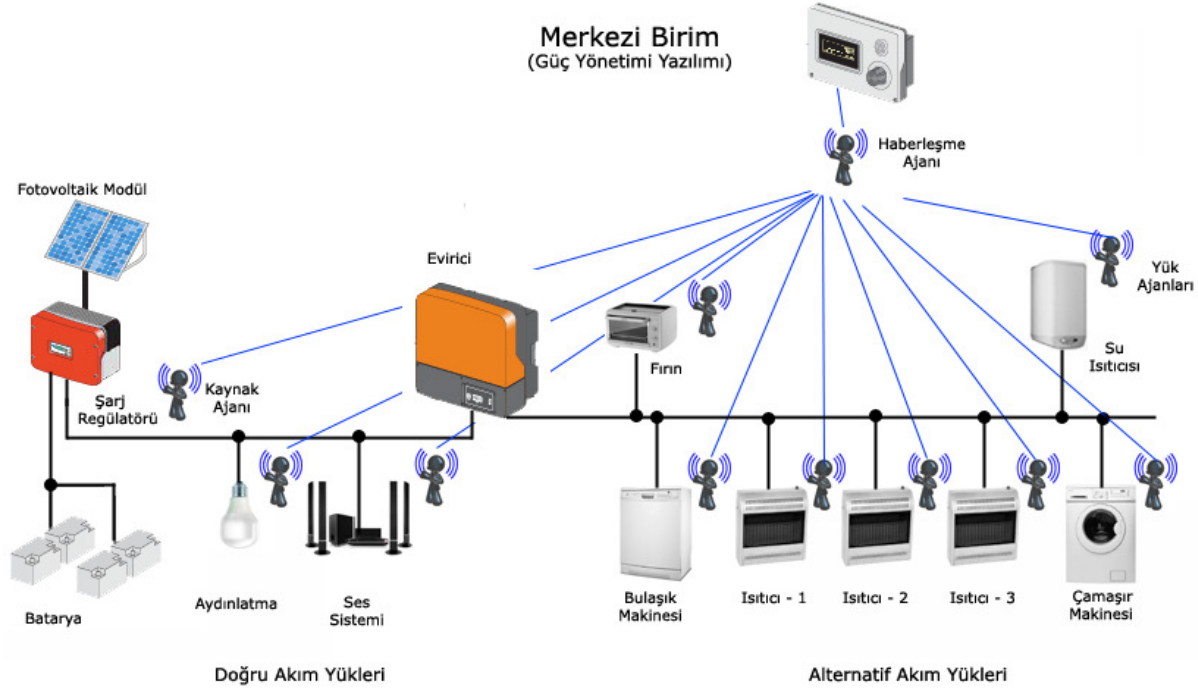
Öte yandan, tek kaynaklı şebeke bağlantısız FV dizinlerle enerji üreten sistem için öngörülen en kötü senaryo, güneş ışığının gün boyunca az olması ve bu durumun enerji yoksunluğuna yol açmasıdır. Enerji üretim sürecinin sadece belli döneminde rastlanan bu en kötü senaryo dikkate alınarak tasarlanan bağımsız güç sistemleri, günümüz şartlarında kurulum maliyeti açısından halen büyük finansal problemler doğurmaktadır. Üstelik bu en kötü senaryonun dışındaki durumlarda tasarlanan sistemin güç üretimi, çoğu kez ihtiyaçtan fazla olmaktadır [10]. Dolayısıyla, yenilenebilir enerjili (özellikle şebeke bağlantısız) sistemlerin bu fazla enerjinin oluşmayacak veya daha az oluşacak biçimde boyutlandırılabilmesi ve elde edilecek enerjinin kullanıcı konfor ve kriterlerine bağlı olarak kritik yüklerin en kötü senaryo durumunda enerjisiz kalmamalarını sağlayabilmek için “tüketim tarafında” güç yönetimine ihtiyaç vardır.

Tüketim tarafı güç yönetiminin yapılabilmesi için her bir tüketim birimi ve enerji kaynağı (üretim ve depolama birimleri) anlık durumlarının bilinmesi zorunludur. Bu problem literatürde ajanlar yardımıyla giderilmiştir. Tüketim birimlerinin sayısal fazlalığından dolayı çoklu ajan sistemi olarak adlandırılan yöntem ile tüm yükler ve kaynak ajanlar ile donatılmaktadır [11-12] ve birimlerden tüketim ve kaynak durumu anlık verilere dayalı olarak önceden tanımlanmış kullanıcı konfor ve kriterlerine bağlı bir güç yönetimi planlamaktadırlar [13-23,24]. Bunlardan bazıları adem-i merkezîdir [13,15,24].

Diğerleri ise bir merkezi birime bağlı olarak güç yönetimini gerçekleştirebilirler [14,16-23].

Bu çalışma, şebeke bağlantısız FV bir sistemin çok ajanlı bir yapı ile merkezi birim aracılığı ile güç yönetimi yapabilmek için tasarlanan yazılım (uygulama çatısı) ve kullanıcı ara

yüzünü sunmaktadır. Ajanlar esnek bir yapı oluşturabilmek için kablosuz olarak tasarlandı [11-12]. Dolayısıyla merkezi birim üzerinde koşması için tasarlanan yazılım, kablosuz veri alış/verişi yapabilen ve bu verileri görsel olarak kullanıcılara sunarken aynı zamanda kayıt altına alabilmektedir.



Şekil 1: Güç yönetimi yapabilecek genel bir sistemin prensip şeması.

2. Çok Ajanlı Güç Yönetim Sistemi

Güç yönetimi, üretim ve tüketim birimleri için ayrı ayrı olabileceği gibi, karmaşık olmasına karşın, her ikisi birlikte de yapılabilir. Tüketim tarafına yönelik güç tüketimi için oluşturulabilecek güç yönetimi sistem modelinin en genel hali ile Şekil 1’de görülebilir. Bu çalışma, FV kaynaklı bir sistemin kaynak verilerini dikkate alınarak tüketim birimlerine yönelik bir güç yönetimi yazılımı ve ara yüzünün tasarımını hedeflediği için kaynak ve tüm tüketim noktalarına ait anlık güç değerleri bilinmelidir.

Günümüz tüketim cihazları ve kaynak birimlerine bakıldığında böyle bir verinin elde edilmesi güç yönetiminin temelini teşkil etmektedir. Bu nedenle, tüm tüketim aygıtları ve kaynak birimleri için onların anlık güç tüketim bilgilerini ölçecek ajanlara ihtiyaç vardır.

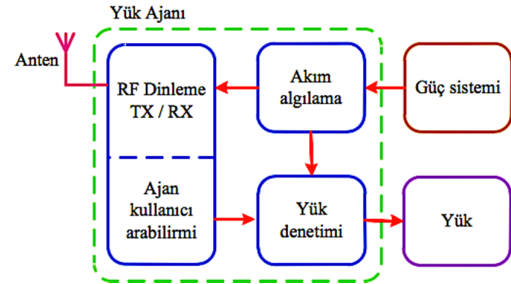
Güç yönetim ajanları, kumanda ve kontrol düzenekleri ya da elemanları kullanarak ortama göre davranan ve elde edilmeye çalışılan amaçlara doğru sistem aktivitelerini yönlendiren, bunlarla birlikte algılayıcılar vasıtasıyla sistemi gözlemleyen, otonom bir varlığa sahip olmalıdır. Diğer taraftan bu ajanlar tüketicilerin sistemlerini genişletecek veya değiştirecek yeni yatırımlar yapmadan kullanılabilir olmalıdır. Bu da ancak kablosuz veri transferine sahip ve tasarımsal olarak tüketim birimi beslenme noktası olan fiş ile iç tesisat birimi olan priz arasında olmalıdır. Böylelikle tüketici, ne elektrik tesisatında ne de tüketim birimlerinde bir değişik yapmaya mecbur kalmadan, bu ajanları günümüz dünyasındaki tüm tüketim birimlerinde

tasarım parametrelerine bağlı kalınarak kullanılabilir.

Bu çalışmada, tasarımı ve işleyişi sunulan yazılımın, güç yönetimi gerçekleştirebilmesi için ihtiyaç duyduğu verileri sağlayacak ve ürettiği emirleri uygulayacak ajanların tasarımları ve gerçekleştirilmiş ilk örnekleri daha önceki konferanslarda ayrıntılı bir şekilde (kısım 2.1 ve 2.2’de kısaca değinilmiştir) sunulmuştur [11-12].

2.1. Yük Ajanı

Basit tepkili [25] olarak tasarlanan yük ajanı, genel olarak bağlı olduğu donanımın tüketim akımını ölçer ve istenildiğinde donanımı elektriksel olarak devreden çıkarır veya devreye alır.



Şekil 2: Yük ajanı yapısal blok diyagramı [10-12].

Ancak tasarlanan yük ajanında basit tepkili ajan mimarisinden farklı olarak, ölçüm verilerinin alınması ve donanım aç/kapa gibi güç kontrolünü, Güç Yönetimi biriminden gelen emirler ile

kablosuz olarak yapar. Dolayısı ile arzu edilen özelliklerde bir yük ajanı, Şekil 2’de verilen diyagramda gösterildiği gibi üç blok ile ifade edilebilir.

Farklı donanımlar tarafından kullanılacak olan ajanlar genel olarak aşağıdaki özelliklere sahip olacak biçimde tasarlanmışlardır [10-13, 15]:

- Esnek: 10 A’lık akım sınırı olmakla beraber her türlü tek fazlı alternatif ve doğru akım yükleriyle kullanılabilir,
- Sınırsız: İstenilen sayıda ajan sisteme herhangi bir yazılımsal veya donanımsal düzenleme gerekmeden eklenip/çıkarılabilir,
- Dağıtılmış: Hiç bir değişikliğe veya donanımsal değişikliğe gerek kalmadan kapalı alanda 15-25 m’lik mesafeyi geçmemek şartıyla istenilen yükte çalışabilir.

Bunların yanı sıra, enerjisini taktığı prizden aldığı için ekstra bir güç girişi gerekmeden çalışabilmektedir.

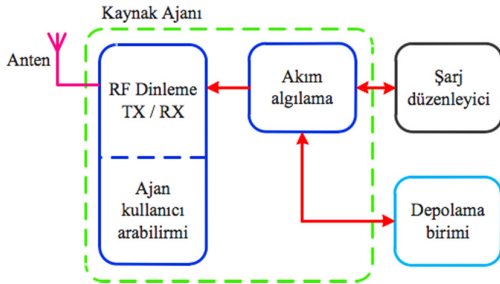


Şekil 3: Tasarlanmış yük ajanı [10-12].

Bahsedilen özelliklere sahip ajan tasarımı, üç kez yapılan donanımsal gerçeklemenin sonunda nihai prototip şeklini üçüncü versiyonda almıştır (Şekil 3).

2.2. Kaynak Ajanı

Kaynak ajanı mimarisi yapısal olarak yük ajanındaki ile aynı özelliklere sahiptir. Ancak bu ajanında herhangi bir yük denetim birimi ve yük çıkışı yoktur.



Şekil 4: Kaynak ajanı yapısal blok diyagramı [10-12].

Tasarlanmış kaynak ajanı blok diyagramı Şekil 4’te görülebilir. Bu ajan da, tıpkı yük ajanındaki gibi “esnek”, “sınırsız” ve “dağıtılmış” özelliklere sahiptir. Ajanın bağlanacağı nokta, Şekil 4’ten de görülebildiği gibi şarj düzenleyici ile batarya arasındadır ve seri olarak bağlanır. Dolayısı ile iki adet (+ ve – uçlar için) giriş, iki adet çıkış olmak üzere dört adet bağlantı noktası mevcuttur.



Şekil 5: Tasarlanmış kaynak ajanı [10-12].

Gerçekleştirilen nihai tasarım Şekil 5’de sunulmuştur.

2.3. Haberleşme Ajanı

Haberleşme ajanı, yük ve kaynak ajanının “Güç Yönetim Yazılımı”yla iletişim kurması için PanelPC’ye bağlı olarak çalışan bir ajandır. Tüm kontrol COM portu üzerinden bilgisayarda koşan güç yönetim yazılımında olduğu için kendine ait bir aygıt yazılımı algoritması geliştirmek gerekmemiştir.



Şekil 6: Haberleşme ajanı.

Dolayısıyla RF alıcı verici üreten XBee firmasından Şekil 6’da sunulmuş hazır alıcı/verici modülü yazılımla koordineli olarak çalıştırılarak haberleşme ajanı olarak kullanılmıştır.

3. Güç Yönetim Yazılımı

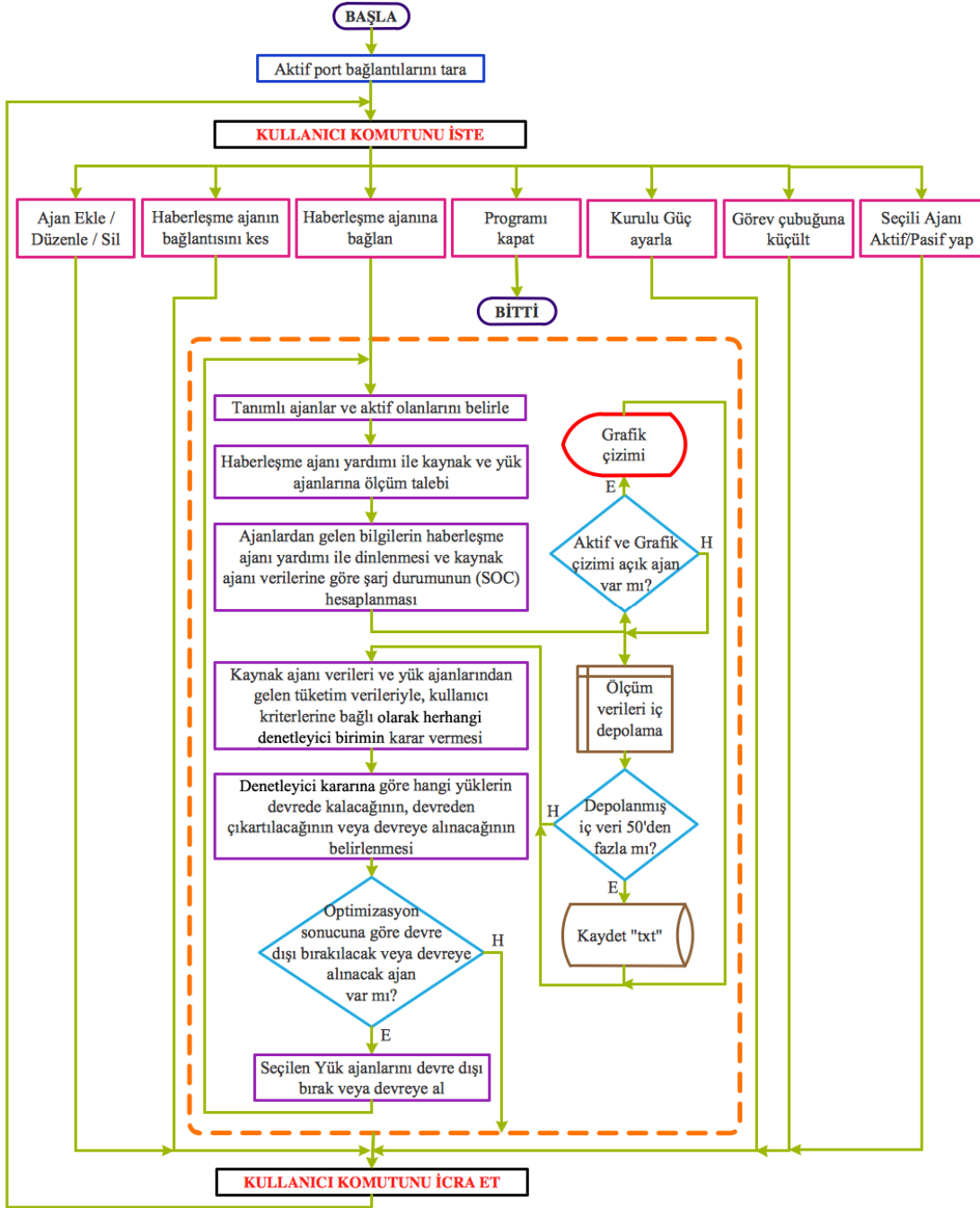
Güç Yönetimi Sistemi bölüm 2’de tasarımları verilmiş kaynak ve yük ajanlarının çalışma sistematığı esas alınarak tasarlanmıştır. Ayrıca yazılım algoritması kısım 3.1’de belirlenen fonksiyonları içinde barındırması hedeflenmiştir.

3.1. Temel Özellikler ve Akış Diyagramı

Geliştirilecek güç yönetim yazılımının (GYY);

- Anlık tüketimlerin örneklem aralıkları dikkate alınarak grafiksel olarak gösterimi sağlanabilmesi,
- Anlık kaynak üretimi, anlık tüketim toplamı ve şarj durumunun (SOC) grafiksel olarak gösterilebilmesi,
- Ajanların tanımlama, düzenleme ve silinebilmesi,
- Tanımlı ajanlarda grafik gösterimini aç/kapa fonksiyonun olabilmesi,
- Tanımlı ajanlarda gerektiğinde herhangi bir yükü elle kontrol için ajan üzerindeki yük denetimini kullanarak aktif/pasif edilebilmesi,
- Bu görsel gösterim, yüklerin anlık tüketim değerleri için, toplam anlık tüketim ve üretim verileri için ve SOC’un yüzdelik birim değeri için olmak üzere en az üç pencerede oluşturulabilmesi,

- Haberleşme ajanının bağlı olduğu portu algılayıp, bağlantı için hazır edilmesi,
- Haberleşme ajanına bağlantı sağlandıktan sonra, kullanıcı talep etmediği müddetçe bağlantının kesilmemesi,
- Aktif ajanlardan alınan tüm verilerin sayısal olarak bir yazı (text) alanında gösteriminin sağlanabilmesi,
- Bu sayısal verilerin gösterildiği alanın en üstünde her zaman son okunan verilerin yer alabilmesi,
- Bu sayısal verilerin önceden belirlenmiş aralıklarda, yazılımda koşturulmaya başlandığında otomatik oluşturulacak “txt” belgesinde saklanabilmesi,
- Güç yönetim yazılımının haberleşme ajanı ile bağlantısı kesildiğinde veya programdan tamamen çıkış yapıldığında, iç depolama birimindeki tüm veriler “txt” dosyasına yazılabilmesi,
- Örneklem periyodunun ayarlanabilmesi,



Şekil 7: Güç Yönetimi yazılımı için oluşturulan akış diyagramı.

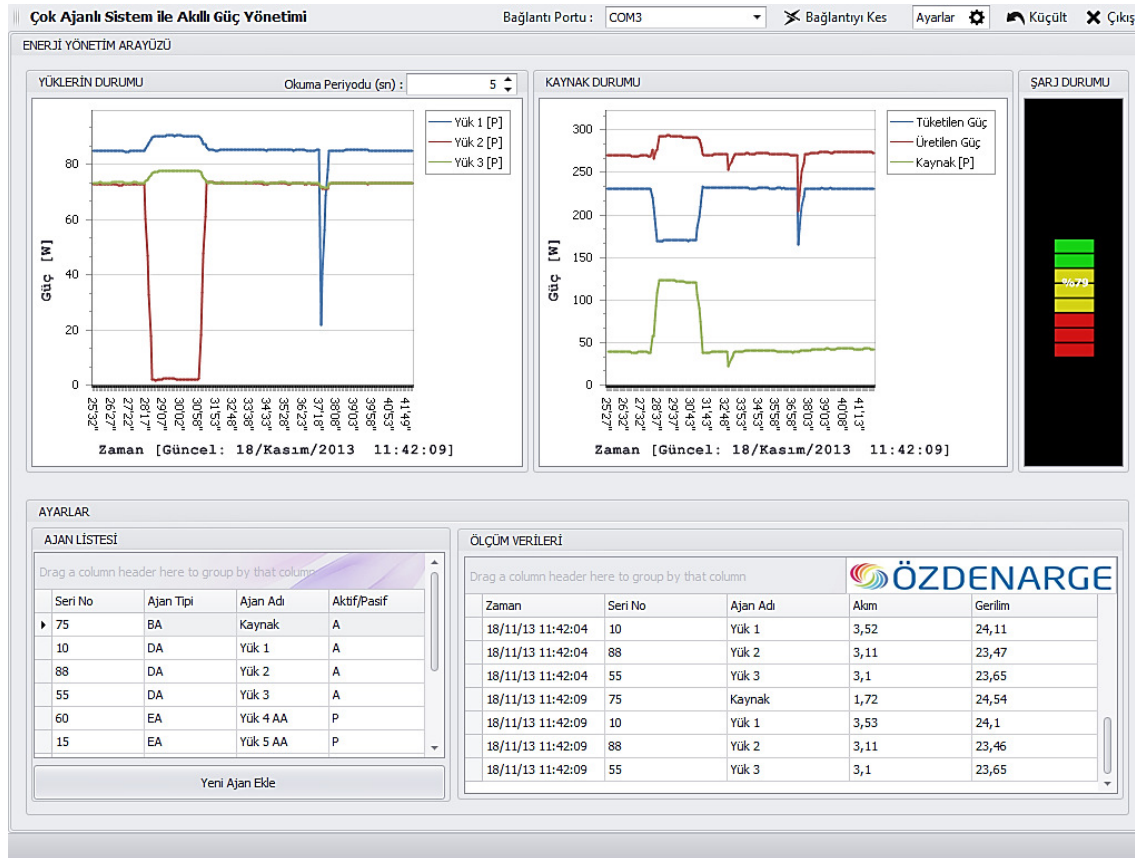
- Herhangi bir denetleme algoritması kullanılırken, gerektiğinde “bağıl tüketim gücü değerinin” hesap edilebilmesi için bilinmesi gereken “Kurulu Güç” değerinin girilebilmesi için gerekli form alanının bulunması, gibi özellikleri barındıran bir ara yüzü olmalıdır. Ayrıca bu yazılım arka planda aşağıdaki işlevleri yürütmelidir.
- Kullanıcı konfor önceliğine dayalı olarak, herhangi bir denetleme yönetimin vereceği karara bağlı olarak ilgili yükleri devrede tutmalı, devreden çıkartabilmeli veya devreye almalıdır.
- Tüm ajanlarla haberleşme ajanı üzerinden haber kurabilmeli,
- Herhangi bir denetleme yöntemi için kullanıcı konfor önceliği, toplam tüketim, kaynak ve depolama birimini enerji durumu gibi ihtiyaç duyacağı verileri sağlayabilmeli,
- Alınan verileri işleyebilmeli,

Tüm bu özellikleri kapsayan bir yazılımı oluşturabilmek için Şekil 7’de sunulan akış diyagramı geliştirilmiştir.

3.2. Geliştirilen Kullanıcı Ara Yüzü

Kısım 3.1’de belirlenen özelliklere sahip bir Güç Yönetim Sistemi için, Visual C# editörü kullanılarak kodlama yapılmıştır. Ancak bu editörün grafiksel gösterimler için uygun araç kutuları bulunmadığı için, DevExpress’in “WinForms” araçlarından faydalanılarak yazılım geliştirilmesi daha uygun olacağı düşünülmüş ve bu yönde tercih yapılmıştır. Yazılımın nihai ara yüzü Şekil 8’de görülebilir.

Özellikle “kaynak” ve “yük” ajanlarından okunan veriler DevExpress araçlarından XtraChart’ın özelliklerinden biri olan “Real-time Chart” özelliği ile kullanıcı ara yüzünde görüntülenmektedir. Grafiksel görüntülenmelerinin yanı sıra verilerin program ekranından görüntülenebilmesi için XtraGrid özelliği kullanılmıştır. Depolama birimi şarj seviyesi ise XtraGauges özellik gurubundaki “Level Indicator” fonksiyonu ile görselleştirilmiştir.



Şekil 8: Geliştirilen güç yönetim yazılımı ara yüzü.

3.3. Ajanlar ile Bağlantı

Haberleşme ajanının iletişim metoduna uygun olarak geliştirilen GYY, seri haberleşme yöntemiyle COM port üzerinden bağlantı kurabilecek biçimde tasarlanmıştır. Dolayısıyla bağlantı portu seçim menüsü COM portların aktif olanlarının isimleri ile dolmaktadır ve iletişim kurulacak port bu menüden seçilerek haberleşme ajanı ile GYY arasındaki

bağlantı gerçekleştirilmektedir. Bağlantı kurulmadığı sürece programın tüm menüleri ve grafikleri pasif durumda bulunmaktadır.

3.4. Ajan İşlevleri

Şekil 8’de görülen Ajan listesi penceresinin altındaki buton, yeni ajan tanımlama fonksiyonunu icra edecek pencereye

erişmek için kullanılır. Bu buton tıklanmadan önce eklenecek ajan güç sistemine bağlanmalı ve enerjilendirilmelidir. Aksi takdirde bağlantı esnasında ajan ile iletişim sağlamak mümkün olamamaktadır. Bağlantıları yapılan ajan için buton tıklanır ve açılan form alanları doldurulur (Şekil 9).

Şekil 9: Ajan ekleme penceresi.

Ekleme penceresinde, kullanıcı tarafından bilgi girilmesi zorunlu alanlar bulunmaktadır. Bunlar ajan adı, seri numarası, tipi ve öncelik kriteridir. Ajan adı kullanıcı tarafından tanımlanır. Seri numarası ise, ajanın aygıt yazılımı içinde tanımlanmış sadece o ajana mahsus bir numaradır ve ajan tasarımcısı tarafından verilir. Bu bilgi yanlış yazılırsa ajanın eklenmesi mümkün olmaz. Ajan tipi ise algılayıcıların ölçerek gönderdikleri bilgilerin elde edilmek istenen değerlere dönüştürürken ki hesap yöntemini belirlemek için kullanılacak parametredir. Tanımlanan ajan (Alternatif akım yük ajanı-AA, doğru akım yük ajanı-DA, kaynak ajanı-BA) bu tiplerden hangisi ise o seçilmelidir.

Seri No	Ajan Tipi	Ajan Adı	Aktif/Pasif
75	BA	Kaynak	A
10	DA	Yük 1	A
88	DA	Yük 2	A
55	DA	Yük 3	A
60	EA	Düzenle	P
15	EA	Sil	P

Şekil 10: Ajan listesi.

Öncelik alanında ise, tanımlanan ajana bağlı olan yükün kullanıcı konforu açısından diğer yüklere göre önceliğinin belirlendiği menüdür. Bu menüde “En yüksek”, “Yüksek”, “Normal”, “Düşük” ve “En düşük” olmak üzere beş adet seçenek mevcuttur. Bu seçenekler verilen sıraya göre kullanıcı konforu açısından “En vazgeçilmez”’den, “En az zorunlu”’ya doğru olan derecelendirmeye karşılık gelmektedir. Kullanıcı buna göre bir tercih yapar. Bu tercihler yazılıma eklenecek denetleyicinin enerji optimizasyonu için vereceği karar uygulamaları kullanıcı kriterlerini dikkate alabilmek için gereklidir. Akabinde “Ajan Ekle” butonuna basılır. Eğer ajan GYY’ye eklenmiş ise “..... isimli ajan başarı ile sisteme tanıtıldı.” veya eklenememişse “Ajan ekleme beklenenden uzun sürdüğü için iptal edildi. Lütfen tekrar deneyin!” yazılı mesajla bilgilendirme yapılır. Ekleme işlemi başarılı bir şekilde gerçekleştirildiğinde yeni ajan bilgileri yazılım tarafından oluşturulan XML dosyasına kaydedilir. Dolayısı ile program

her açıldığında tanımlı ajanları bu dosyadan okuyarak ajan listesini oluşturur.

Listedeki herhangi bir ajanı yazılım üzerinden aktif veya pasif edebilmek mümkündür. Bir ajanı manuel olarak pasif etmek demek o ajanın yükü ve önceliği ne olursa olsun üzerinden herhangi bir enerji akışına müsaade etmemesi anlamına gelmektedir. Bu durumdaki ajan hem grafik ara yüzde görülememektedir hem de belirlenecek denetleyici için bir giriş verisi üretmemektedir. Diğer taraftan ajanın grafikte izlenmesi, bilgilerinin güncellenmesi ve silinmesi gibi işlevlerine de imkan verilmektedir.

Şekil 11: Ayarlar menüsü.

Yazılımda birçok hesabın yapılmasında kullanılacak parametrelerin giriş menüsü şekil 11’de görülebilir. Yazılımın farklı FV güç sistemlerinde de kullanılabilmesi için bu parametrelerin sistem büyüklüğüne göre güncellenmesi gerekmektedir. Menüde ki bazı büyüklüklerde yazılım ile doğrudan ilgilidir.

3.5. Yük, Kaynak ve Şarj Durumu Gösterimleri

Yük, kaynak ve şarj durumuna ilişkin oluşturulan görsel pencereler şekil 8’de görülebilir. Yük durumu penceresi, listede bulunan aktif ve grafik ile izlemesi seçili olan ajanların ayarlı örneklem aralığında okunan tüketim güç değerlerini görselleştirmektedir. Kaynak durumu penceresinde ise, üç adet parametre görselleştirilmiştir. Bunlardan birisi aktif ajanların anlık güç verilerinin toplamıdır ki toplam tüketilen güç olarak isimlendirilir. İkincisi kaynak ajanından gelen kaynak güç değeridir. Üçüncü parametre olan üretilen güç bu iki değere bağlı olarak bağıntı (1) ile kestirilir.

$$P_{U_i} = P_{KA_i} + P_{T_i} \quad (1)$$

Şarj durumu penceresi ise bataryaların şarj durumunu ifade eden dinamik grafiklerdir. Şarj durumu bağıntı (2) kullanılarak her örneklem adımında yeniden hesap edilir [26-27].

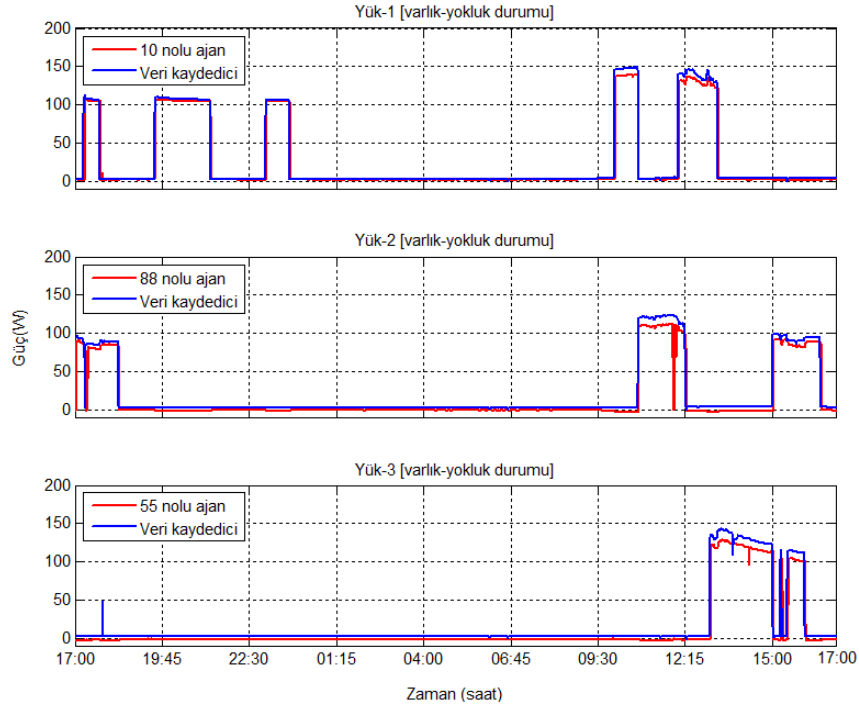
$$SOC_{k+1} = SOC_k + \frac{\sum_t (I_{bat}(t) - I_{gas}) \Delta t}{C} \quad (2)$$

Elde edilen değer [0,1] aralığındadır. Bu değer kullanılarak şarj durumu hem yüzdelik cinsten hem de seviyeyi belirten dilimlerle görselleştirilir. Şekil 8’de ki yük durumları grafiğinde saat 11:38’de gözlemlenen Yük 1’e ait ani ve keskin düşüş değeri, ilgili ajanın o anki verisini okuyamamasından kaynaklanmıştır. Aslında tüketim vardır. Ancak veri okunamamıştır. Kablosuz iletişimde çeşitli sebeplerden nadiren de olsa veri okunamaması olmaktadır. Bu problemi okunan değer ile önceki okunmuş 4 değerlerin ortalaması alınarak ortadan kaldırılmıştır.

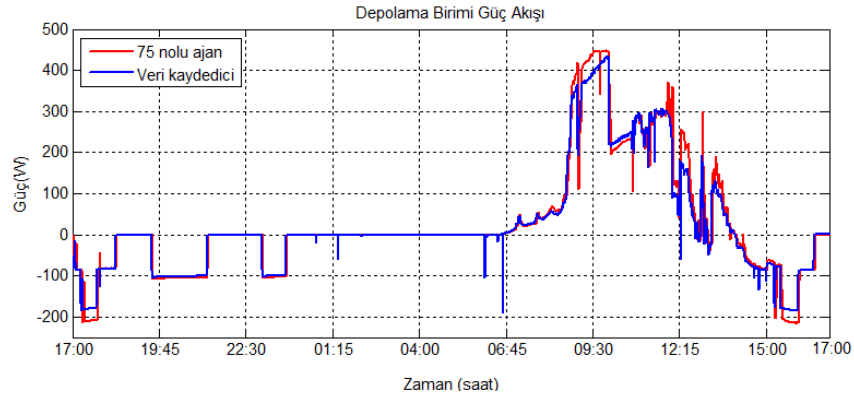
Şekil 12 ve 13’de tasarlanan yazılım ile ajanların çalışması sonucunda elde edilen kayıt dosyasındaki okunmuş tüketim ve

kaynak verileri ile, bu verileri test etmek amacı ile her bir ajanın bağlı olduğu birime yerleştirilmiş akım algılayıcılarının takip

edildiği veri kaydedicideki kayıtlı verilerin karşılaştırmalı grafikleri sunulmuştur.



Şekil 12: Yük ajanları ölçüm sonuçları grafikleri



Şekil 13: Kaynak ajanı ölçüm sonuçları grafikleri

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, tüm verilerin hem görsel izlenebildiği, hem kayıt altına alınabildiği hem de bu veriler ve kullanıcı konfor ve öncelik kriterine bağlı kullanıcı dostu ara yüze sahip bir yazılım tasarlanmıştır. Önceki çalışmalarda ayrıntılı sunulmuş kaynak, ve yük ajanları, seri port üzerinden Haberleşme ajanıyla yazılıma bağlanmıştır. Oluşturulan yazılım sayesinde, güç sistemine istenilen sayıda Yük ve Kaynak ajanı tanımlanabilir, düzenlenebilir, silinebilir, aktif/pasif yapılabilir ve/veya grafik alanında istenilen periyotta izlenebilir. Ayrıca hesaplanarak elde edilen SOC ve güç üretim değerleri de görsel takip edilebilir. GYY başka bir yazılıma gerek kalmadan kurulabilir (setup) biçimine getirilmiştir. Her bir yükün tüketici açısından

kullanıcı konfor ve kriterini GYY'ye tanımlamak için en yüksekte, en düşüğe beş öncelik türü belirlendi ve ajanı tanımlarken bunlardan birini tüketicinin belirlemesi sağlandı.

Tasalaran yazılımın Şekil 12 ve 13'deki bir günlük sonuçlar incelendiğinde ajanlarla iletişiminin kesintisiz gerçekleştiği, yazılımın herhangi bir sebeple takılma, donma gibi problemler ile karşılaşmadan bu işlevi devam ettirebildiği tespit edilmiştir. Aynı zaman da elde edilen verilerin gerçek veriler ile neredeyse tamamen örtüştüğü de gözlemlenmiştir.

Böylece oluşturulan yazılım sayesinde tüm tüketim ve üretim birimlerine ait verilerin elde edildiği ve bu verilerin bir merkezi birimde toplanabildiği bir yazılım gerçekleştirildi. Bu sayesinde yazılıma gömülecek herhangi bir karar verici

denetleme algoritması ile güç optimizasyonu kolayca gerçekleştirilebilir bir uygulama çatısı ortaya koyuldu.

5. Teşekkür

Bu çalışma, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından desteklenmiştir (Proje No: 344-TGSD-2011).

6. Kaynaklar

- [1] Natsheh, E. M., Natsheh, R. A., ve Albarbar, A., “Intelligent Controller for Managing Power Flow within Standalone Hybrid Power Systems”, *IET Science Measurement and Technology*, 7, 4, 191-200, 2013.
- [2] Li, C., ve Liu, G., “Optimal Fuzzy Power Control and Management of Fuel Cell/Battery Hybrid Vehicles”, *Journal of Power Sources*, 192, 525-533, 2009.
- [3] Younsi, S., Jraidi, M., Hamrouni, N. ve Cherif, A., “Artificial Neural Network Control of Hybrid Renewable Energy System Connected to AC Grid”, *International Journal of Computational Intelligence Techniques*, 2, 2, 44-52, 2011.
- [4] Haruni, A. M. O., Negnevitsky, M., Haque, E., ve Gargoom, A., “A Novel Operation and Control Strategy for a Standalone Hybrid Renewable Power System”, *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 4, 2, 402-413, 2013.
- [5] Tofighi, A. ve Kalantar, M., “Power Management of PV/Battery Hybrid Power Source via Passivity-Based Control”, *Renewable Energy*, 36, 2440-2450, 2011.
- [6] Zhou, K., Ferreira, J.A., ve Haan, S.W.H., “Optimal Energy Management Strategy and System Sizing Method for Stand-Alone Photovoltaic-Hydrogen Systems”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 33, 477-489, 2008.
- [7] Dursun, E. ve Kılıç, O., “Comparative Evaluation of Different Power Management Strategies of a Stand-Alone PV/Wind/PEMFC Hybrid Power System”, *Electrical Power and Energy Systems*, 34, 81-89, 2012.
- [8] Ipsakis, D., Voutetakis S., Seferlis P., Stergiopoulos, F., Papadopoulou, S. ve Elmasides, C., “The Effect of the Hysteresis Band on Power Management Strategies in a Stand-alone Power System”, *Energy*, 33, 1537-1550, 2008.
- [9] Ipsakis, D., Voutetakis S., Seferlis P., Stergiopoulos, F. ve Elmasides, C., “Power Management Strategies for a Stand-alone Power System using Renewable Energy Sources and Hydrogen Storage”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 34, 7081-7095, 2009.
- [10] Özden, T., *Şebeke Bağlantısız Fotovoltaik Sistemler için Çok Ajanlı Akıllı Güç Yönetimi*, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2014.
- [11] Özden, T. ve Okumuş, H.İ., “Designing a Load Agent for Power Management with a Multi-Agent Home Automation System”, *2012 International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA)*, Temmuz 2012, 1-5.
- [12] Özden, T. ve Okumuş, H.İ., “Designing Load and Source Agent for Power Management with A Multi-Agent System”, *2013 International 100% Renewable Energy Conference (IRENEC 2013)*, Haziran 2013, 149-157.
- [13] Abras, S., Ploix, S., Pesty, S. ve Jacomino, M., “A Multi-Agent Home Automation System for Power Management”, *Informatics in Control Automation and Robotics*, 2008, 59-68.
- [14] Ha, D. L., Ploix, S., Zamaï, E. ve Jacomino, M., “A Home Automation System to Improve Household Energy Control”, *In The 12th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing*, 2006, 15-20.
- [15] Abras, S., Pesty, S., Ploix, S. ve Jacomino, M., “An Anticipation Mechanism for Power Management in a Smart Home using Multi-Agent Systems”, *Information and Communication Technologies: From Theory to Applications*, Nisan 2008, 1-6.
- [16] Zeng, J., Wu, J., Liu, J., Gao, L. ve Li, M., “An Agent-based Approach to Renewable Energy Management in Eco-building”, *Sustainable Energy Technologies ICSET*, Kasım 2008, 46-50.
- [17] Zeng, J., Ngan, H.W., Liu, J., Wu, J. ve Yu, X., “Colored Petri Nets Modeling of Multi-agent System for Energy Management in Distributed Renewable Energy Generation System”, *Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)*, 2010, 1-5.
- [18] Yunusov, T., Holderbaum, W. ve Potter, B., “Sub-Agent Elements for Control Methods in Multi-Agent Energy Management System”, *Telecommunications Energy Conference (INTELEC)*, Ekim 2011, 1-7.
- [19] Jennings, N. R., “The ARCHON System And Its Applications”, *In Second International Working Conference on Cooperating Knowledge Based Systems (CKBS- 94)*, 1994, 13-29.
- [20] Li, D. ve Chou, P.H., “Maximizing Efficiency Of Solar-Powered Systems By Load Matching”, *Proceedings of the 2004 international symposium on Low power electronics and design*, Ağustos 2004, 162-167.
- [21] Celaya, J.R., Desrochers, A.A. ve Graves, R.J., “Modeling and Analysis of Multi-agent Systems using Petri Nets”, *Systems, Man and Cybernetics ISIC. IEEE International Conference on*, Ekim 2007, 1439-1444.
- [22] Ha, D., L., De Lamotte, F.F. ve Quoc, H. H., “Real-time dynamic multilevel optimization for Demand-side Load management”, *Industrial Engineering and Engineering Management 2007 IEEE International Conference on*, Aralık 2007, 945-949.
- [23] Das, S.K., Cook, D.J., Battacharya, A., Heierman, E.O. ve Tze-Yun L., “The Role of Prediction Algorithms in the MavHome Smart Home Architecture”, *Wireless Communications IEEE*, 9, 77-84, 2002.
- [24] Jeremy L., Damien P. ve Abdelletif, M., “A Multi-Agent System of Distributed Power Sources”, *Renewable Energy*, 35, 174-182, 2010.
- [25] Russell, S.J. ve Norvig, P., *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Second Edition, Prentice Hall, New Jersey, USA, 2003.
- [26] Masheleni, H. ve Carelse, X., “Microcontroller-based Charge Controller for Stand-alone Photovoltaic Systems”, *Solar Energy*, 61, 1, 225-230, 1997.
- [27] Bopp, G., Gabler, H., Sauer, D.U., Jossen, A., Höhe, W., Mittermeier, J., Bächler, M., Sprau, P., Willer, B. ve Wollny, M., “A Systematic Effort to Define Evaluation and Performance Parameters and Criteria for Lead-Acid Batteries in PV Systems”, *13th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, Nice, Fransa, 1995, 1763-1769.