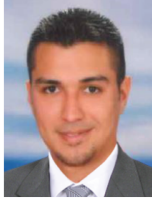


HİBRİT JENERATÖR SİSTEMLERİNİN TASARIMI VE ANALİZİ



Hakan DOĞAN
Ar-Ge Müdürü
R&D Manager



Murat UYSAL
Uzman Ar-Ge
Mühendisi
Senior R&D
Engineer



Uğur ÖLMEZ
Ar-Ge Mühendisi
R&D Engineer

HİBRİT JENERATÖR SİSTEMİ

Hibrit jeneratör sistemi, çift devirli dizel motor, DC alternatör, fotovoltaiik paneller, rüzgar türbini ve akü bankasından oluşan ve 48VDC nominal gerilimde çalışan kesintisiz enerji kaynağıdır. Sistem 1.5 kW ortalama yükü kaldıracak ve optimum çalışma koşullarında maksimum verimlilikte çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Çevre şartları ve sistemde ki yoğunluklar da göz önüne alınarak sistem yükü değişim göstermekle birlikte çalışma yükü maksimum 2.3 kW olarak belirlenmiştir. Sistem için gerekli çevre koşulları olarak Antalya ili baz alınarak tasarım gerçekleştirilmiştir.

Sistemin çalışma prensibi DC besleme gerilimi üzerine kurulu olup, çalışma voltajı 48VDC'dir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi, optimum seviyede belirlenmiş olup, uygun şartlarda jeneratörün devreye girmesine gerek kalmaksızın yükü beslemeye uygun niteliktedirler. Ancak, güneşten sadece gündüz elektrik alınabilmekte ve gece yük enerjisi kalmaktadır. Rüzgar enerjisine güneş kadar net sınırlar çizilemeye de günün belli saatlerinde enerji üretilebilmekte ve yük beslenebilmektedir (Engin, 2010). Güneş ve rüzgar enerjisindeki bu değişkenliklerden dolayı yük akü bankasından beslenmektedir. Güneş ve rüzgar enerjisi ise akü bankasını besleyerek akülerin daha uzun çevrim ömrüne sahip olmasını sağlamaktadır.

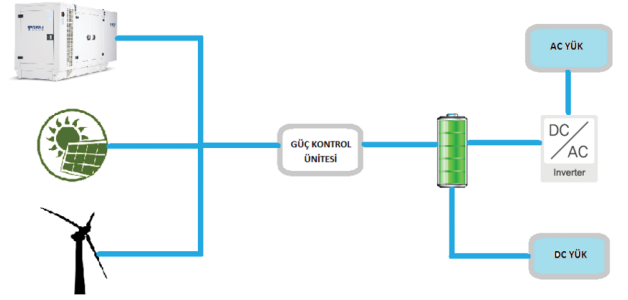
Güneş ve rüzgar enerjisinin yetersiz olduğu zamanlarda, akü bankası deşarj olarak yükü beslemekte ve enerjinin sürekliliği sağlanmaktadır. Akü bankasının belirli bir deşarj derinliğine indiği noktada dizel jeneratör devreye girerek hem yüke aktarılan enerjinin sürekliliği sağlanmakta, hem de akü bankası şarj edilerek yeniden kullanılabilir hale getirilmektedir. Bununla birlikte, akü bankasının daha uzun ömürlü olması için, akü deşarjına kısıtlamalar getirilmiştir. Akü bankası % 50 deşarj derinliğinin altına inmesi engellenerek, hem ömrünün daha uzun olması sağlanmakta hem de jeneratörün çalışma süresi minimum seviye de tutulmaktadır.

Ayrıca akü bankasının sıcaklık faktöründen kötü yönde

zamanda aydınlatma ve yedek AC güç çıkışı için bir adet invertör sisteme adapte edilmiştir.

Pano kliması, atmosfer sıcaklığı ne olursa olsun, akü bankası için ayrılan bölmenin sıcaklığı 20°C'yi geçmeyecek şekilde dizayn edilmiştir.

Hibrit jeneratör sisteminin çalışma prensibini gösteren bir şema aşağıda paylaşılmıştır.



Şekil-1: Hibrit jeneratör sistemi çalışma prensibi

Hibrit jeneratör için temel yük anlamında telekom sistemleri seçilmiştir. Yaptığımız çalışmalarda ise yük gücü 1-2 kW aralığında çalışabilecek şekilde ortalama 1.5 kW olarak seçilmiştir. Buna ilave olarak 0.3 kW soğutma ve aydınlatma yükleri sisteme dahil edilmiştir.

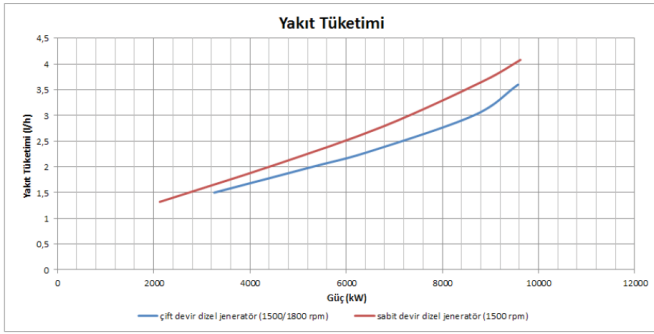
SİSTEM BİLEŞENLERİ

1.Dizel Jeneratör

Hibrit jeneratör sisteminin ana enerji kaynağı olan çift devirli dizel jeneratör, 1500/1800 rpm olacak şekilde iki farklı hız kademesinde çalışmak üzere tasarlanmıştır. Akü bankasının yüksek akım değeri ile şarjından dolayı gereken güç değerlerini karşılamak maksadıyla, 1800 rpm'de 10.3 kW prime gücü verebilecek kapasitede bir motor kullanılmıştır. Alternatör olarak değişken devre uygun çalışabilen DC alternatör kullanılarak, farklı referans hızlarından dolayı oluşacak frekans problemleri ortadan kaldırılmıştır. Jeneratör, çalışmasına 1500 rpm'de başlar ve yüksek güç noktalarına geldiğinde 1800 rpm çalışma moduna geçerek daha küçük motor ile aynı güç değerini elde etme avantajının yanı sıra, bu avantajın getirmiş olduğu daha az yakıt tüketimi sağlanmış olur.

Bu çalışma şeklinde sistem, gerekli yük ihtiyacına göre devrini değiştirerek düşük güç ihtiyaçlarında 1500 rpm, yüksek güç ihtiyaçlarında 1800 rpm çalışarak motorun yakıt tüketimi açısından en verimli noktalarda kalması sağlanır.

Şekil-2'de çift devirli dizel jeneratörün farklı güçlerde ada modunda çalışan standart jeneratör ile karşılaştırılmasına ilişkin grafik mevcuttur. Şarj akımının değişken karakteristiğinden dolayı grafikte, şarj işlemi ve sabit ortalama 1.5 kW sistem yükünden kaynaklı farklı güçlerde bir yük eğrisi elde edilmiştir. Grafikte



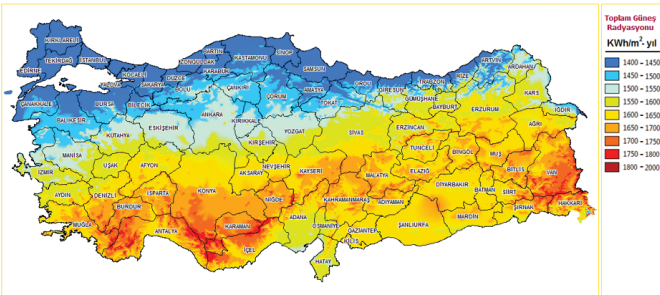
Şekil-2: Yakıt tüketimi – Güç eğrisi

2. PV Panel

Güneş pilleri, güneş ışıklarından almış olduğu foton enerjisini, elektrik enerjisine çeviren ekipmanlardır. Güneş panellerinde üretilen enerji DC voltaj olarak üretilir. Ancak gün içerisinde güneşin ışınımına bağlı olarak üretilen gerilimde artma veya azalmalar görülmektedir.

Türkiye yıllık güneşlenme süresi ve güneşlenme miktarı bakımından Avrupa ülkelerinden daha iyi konumdadır. Ülkemizin kuzey kesimlerinde yer alan illerde dahi yıllık güneş radyasyonu 1400-1500 kWh/m²-yıl olarak ölçülmüştür (GEPA). Bu değerlerle birçok Avrupa ülkesinden daha iyi olan ülkemizin güneş enerjisi açısından elverişli olduğunu göstermektedir. Buna rağmen ülkemiz güneş enerjisi kullanımında Avrupa ülkelerine göre çok geride kalmış bulunmaktadır.

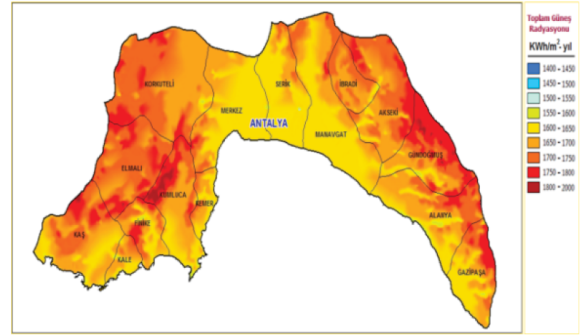
Şekil-3 ve Şekil-4'te Türkiye'nin ve Antalya ilinin güneşlenme radyasyonu haritaları verilmiştir.



Şekil-3: Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA)

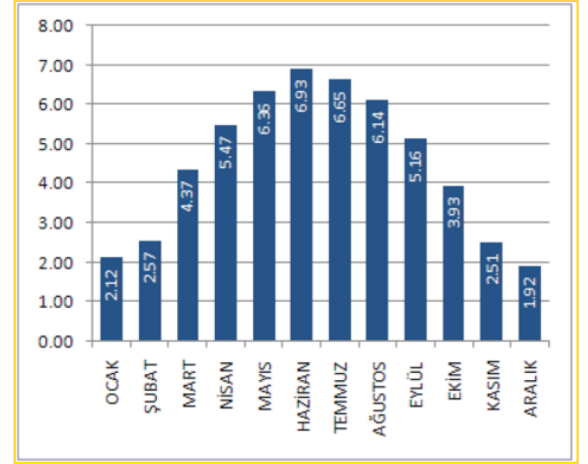
Hibrit jeneratör tasarımı, jeneratörün çalışma bölgesine ait güneş radyasyonu, güneşlenme saati vb. gibi önemli parametreler dikkate alınmalı ve tasarım bu parametrelere uygun şekilde yapılmalıdır.

Antalya ilinin güneş verilerini gösteren grafikler aşağıda ki şekillerde paylaşılmıştır.



Şekil-4: Antalya ili güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA)

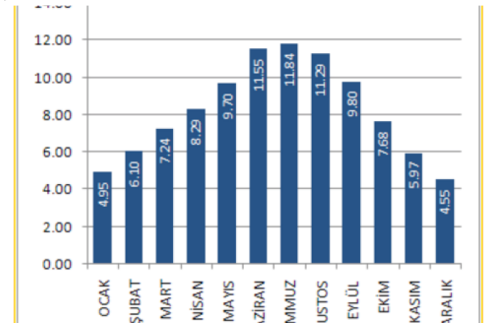
ANTALYA Global Radyasyon Değerleri (KWh/m²-gün)



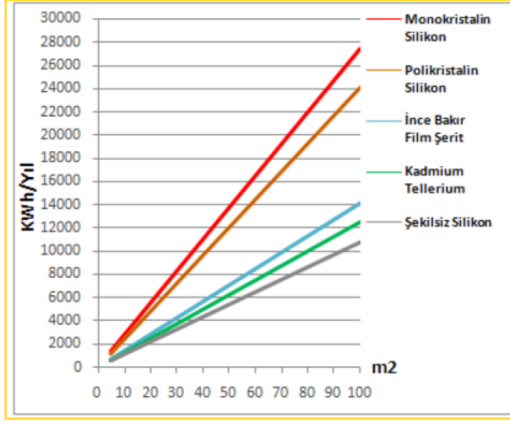
Şekil-5: Antalya ili günlük güneş radyasyonunun aylara göre değişimi (GEPA)

Antalya ili için m² başına düşen günlük güneş radyasyonunun en yüksek görüldüğü ay 6.93 kWh/m²-gün ile Haziran ayıdır. Aynı şekilde günlük güneş radyasyonunun en az görüldüğü ay 1.92 kWh/m²-gün ile Aralık ayıdır. Şekil-5 da bu değerleri gösteren bir grafik mevcuttur.

Antalya ili için güneşlenme süreleri göz önüne alındığında, en yüksek güneşlenme süresi Temmuz ayında 11.84 saat, en düşük güneşlenme süresi Aralık ayında 4.55 saat olarak Şekil-6'da gösterilmiştir.



Şekil-6: Antalya ili aylara göre güneşlenme süreleri (GEPA)

ANTALYA PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (KWh-Yıl)

Şekil-7: Antalya ili farklı PV tipleri ile üretilebilecek enerji (GEPA)

Hibrit jeneratör sisteminde kullanılan güneş panelleri her biri 240 Wp gücünde olmak üzere 14 adettir. Güneş panellerinin sistem gücü 3360 Wp'tir. Panellerin açık devre voltajı 74VDC olup, kullanılan 40A'lık şarj regülatörleri, panel voltajını 48-56 VDC aralığında şarj karakteristiğine göre ayarlayabilmektedir. Kullanılan güneş panelleri polikristal silikon tipinde olup, toplam modül verimi uygun şartlarda %14.7'lere kadar çıkmaktadır. Panel verimini artıran bir etken olan panel eğimi mevsimsel olarak büyük değişiklikler göstermektedir. Bundan dolayı sabit sistemler için yıllık optimum eğim değeri kullanılmıştır (Şenpınar,2006). Aşağıdaki tabloda güneş panellerine ait teknik veriler paylaşılmıştır.

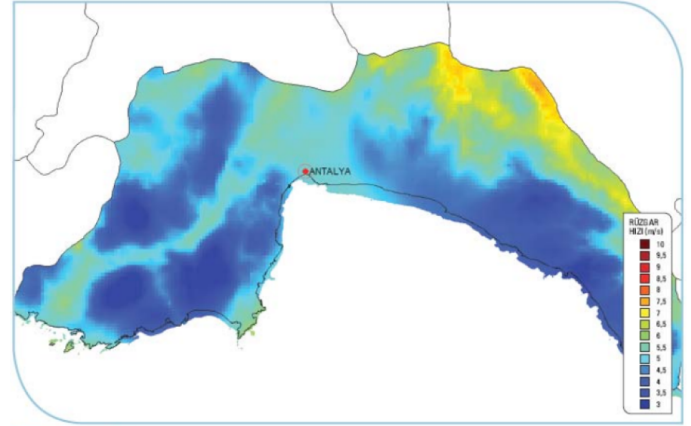
Tablo-1: Güneş panellerine ait teknik veriler

PV Panel Teknik Data		
Solar Hücre Tipi	-	Polikristal Silikon
Nominal Güç	W	240
Nominal Voltaj	V	29.73
Açık Devre Voltajı	V	37.56
Kısa Devre Akımı	A	8,85
Hücre Sayısı	-	60 (6x10)
Modül Sayısı	-	14
Nominal Modül Gücü	W	3360
Nominal Modül Voltajı	V	48
Ölçüler (LxWxD)	mm	1670x1000x50
Hücre Verimliliği	%	17,2
Modül Verimliliği	%	14,7
*Parametreler standart test koşullarına göre: 1000W/m² ışık		

3. Rüzgar Türbini

Rüzgar türbinleri, havanın kinetik enerjisini mekanik enerjiye

çeviren ve kendisine bağlı bulunan alternatör vasıtasıyla elektrik enerjisi üreten ekipmanlardır. Rüzgar türbinlerinin ürettiği voltaj rüzgarın hızına bağlı olduğu için değişkendir. Rüzgar türbinlerinden yüksek fayda sağlamak için türbinin sürekli rüzgar alan yerlere kurulması ve etrafında türbin kanatlarına gelen hava akımını kesecek engeller bulunmaması gerekir.

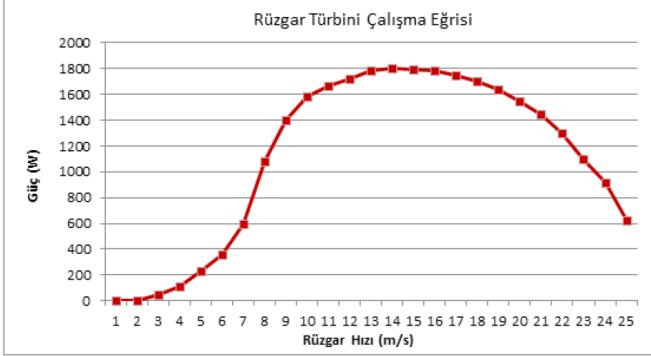

Şekil-8: Antalya rüzgar haritası (REPA)

Hibrit jeneratör tasarımında kullanılan veriler Antalya ilinin rüzgar verileri göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Antalya için yıllık rüzgar hızı ortalaması 50m.'de 5.5-6.5 m/sn aralığındadır (REPA). Sistem tasarımı yapılırken, sistemin çalışacağı bölgenin rüzgar verileri göz önünde bulundurulacak ve tasarım ona göre şekillendirilecektir.

Hibrit jeneratör sisteminde kullanılan rüzgar türbini, nominal gücü 1 kW olan ve hibrit jeneratör sisteminde yedek güç olarak kullanılabilen bir rüzgar türbinidir. Rüzgar türbini, değişken rüzgar hızı dolayısı ile değişken AC voltaj üretmektedir. Bu değişken voltajın sisteme uyarlanabilmesi için AC-DC çevirici ile voltajın sistem voltajına uygun hale gelmesi sağlanmaktadır. Kullanılan rüzgâr türbininde alternatör olarak PMG alternatör kullanılmıştır. Bundan dolayı rüzgâr türbininin verimi yüksektir. Rüzgâr türbininin teknik verilerini içeren tablo ve türbin çalışma eğrisini gösteren şekil aşağıda paylaşılmıştır.

Tablo-2: Rüzgâr türbinine ait teknik veriler

Rüzgar Türbini Teknik Data		
Türbin Tipi	-	3 faz PMG
Nominal Güç	W	1000
Nominal Voltaj	V	48
Çalışma Rüzgâr Hızı	m/s	Mar.25
Başlama Rüzgâr Hızı	m/s	2,5
Nominal Rüzgâr Hızı	m/s	8
Dişli Kutusu	-	Yok

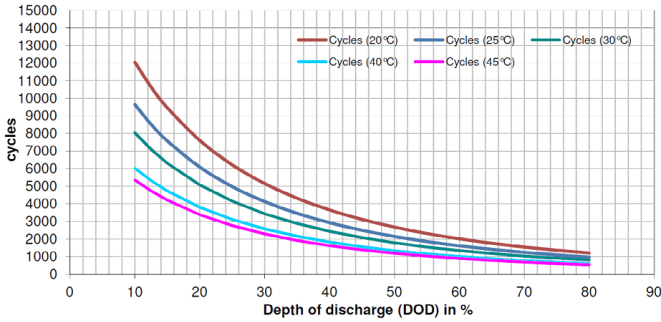


Şekil-9: Türbin çalışma eğrisi

4. Akü Bankası

Bataryalar, elektrik enerjisini kimyasal enerji formunda depolayan elektro-kimyasal elemanlardır. Yenilenebilir enerji uygulamalarında en çok kullanılan batarya tipi, derin deşarja imkân sağlayan OPzV jel tipi bataryalardır. Bu bataryalar, seri ve paralel bağlanarak istenilen voltaj ve kapasite değerlerine ulaşılabilir.

Kurulan hibrit jeneratör sisteminde 24 adet 2V, 600Ah OPzV tipi akü kullanılmıştır. Sistem voltajı olan 48VDC gerilimine ulaşmak için 24 adet akü seri bağlanmış ve sistem gerilimine ulaşılmıştır. Mevcut kapasite, %50 deşarj derinliğinde, ortalama 1.5 kW yükü harici başka bir enerji kaynağı olmadan yaklaşık 10 saat kadar çalıştırabilecek kapasitedir. Acil bir durumda dizel jeneratör ve yenilenebilir enerji kaynaklarının devre dışında olması halinde dahi, aküler tam deşarj edilerek sistem yükünü 20 saate kadar beslemeye elverişlidir.



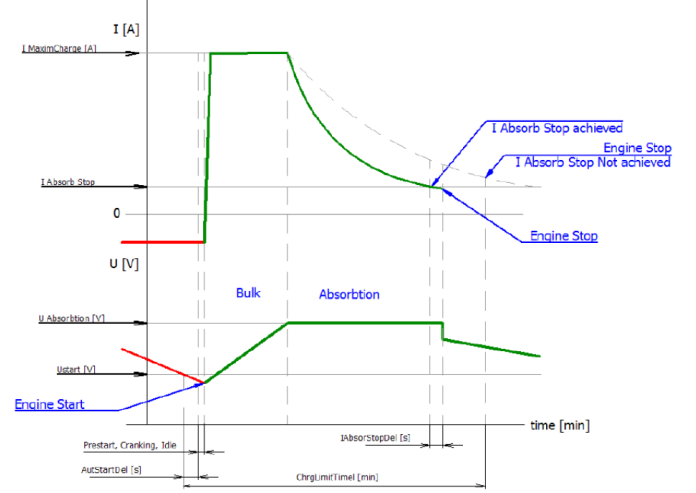
Şekil-10: Deşarj derinliği - çevrim sayısı grafiği

Mevcut sistem tasarımı göz önüne alındığında %50 deşarj derinliğinde 20°C'de akü ömrü yaklaşık 2800 çevrim olarak görülmektedir.

5. Hibrit Kontrol Ünitesi

Hibrit kontrol ünitesi, hibrit jeneratör sistemini yöneten, şarj ve deşarj evrelerinin sürekliliğini sağlayan ve sistemi uzaktan izleme ve kontrol imkânı sunan elektronik kontrol mekanizmasıdır.

Hibrit kontrol ünitesi, motor parametrelerini takip eder ve motorun arızalara karşı güvenli çalışmasını sağlar. Aynı zamanda akım, gerilim, güç gibi elektriksel parametreleri de izleyerek sistemin çalışmasını denetler.



Şekil-11: Akü şarj çevrim grafiği

Hibrit kontrol ünitesi akü bankasını sürekli takip ederek sistemin şarj ve deşarj durumunu denetler. Cihaz giriş ayarları yapıldıktan sonra, çalışma esnasında sistem voltajı ile birlikte deşarj edilen kapasiteyi izler ve aküler belirlenen voltaj veya kapasite seviyesinin altına indiğinde jeneratörü otomatik olarak devreye alır. Devreye giren jeneratör yükü beslediği esnada, aküleri de şarj eder.

Şarj işlemi üstte verilen şekilde de görüldüğü üzere, jeneratör devreye girdikten sonra aküler, akü voltajı absorpsiyon şarj voltajına ulaşana dek sabit akım ile şarj edilir. Sabit akım şarjı sisteme 100A olarak girilmiştir ve sistem voltajı absorpsiyon voltajına ulaşana dek aküler bu akım değeri ile şarj edilir. Akü gerilimi absorpsiyon voltajına (56.4 V) ulaştığında, şarj işlemi sabit absorpsiyon voltajı ile devam eder. Bu evrede şarj akımı giderek azalır ve belirlenen şarj bitirme akım değerine ulaştığında şarj işlemi sonlanır.

Güneş ve rüzgârdan elde edilen enerjiye de aynı şarj evreleri, kendi şarj regülatörlerinde uygulanır ve DC dağıtım barasına aktarılır.

6. İnvertör

İnvertör, DC batarya gerilimini AC şebeke gerilimine dönüştüren bir güç elemanıdır. Yaygın olarak, yenilenebilir enerji sistemlerinde üretilen DC gerilimin şebekeye bağlantısı yapılmak istenildiği uygulamalarda kullanılır.

Sistemimizde invertör, DC çalışma yükünün yanı sıra, aküler için kullanılan klima ve aydınlatma gibi AC gerilimler gerektiren

MAKALE / TEKSAN JENERATÖR

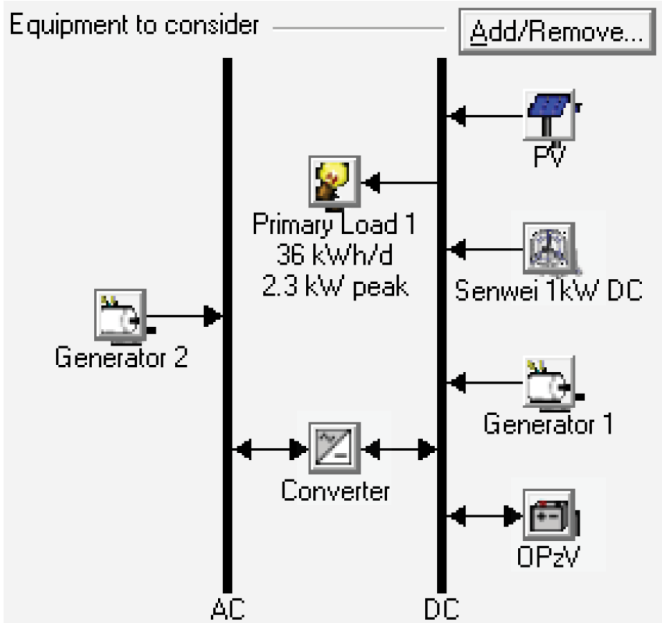
yüklerde şebekeye olan ihtiyacı ortadan kaldırmak amaçlı kullanılmaktadır.

Ayrıca invertör üzerinde bulunan yedek güç çıkışları ile maksimum 1 kW'ya kadar olan güç ihtiyaçlarında şebeke bağlantısına gerek kalmadan yedek AC güç çıkışı olarak da kullanılabilir.

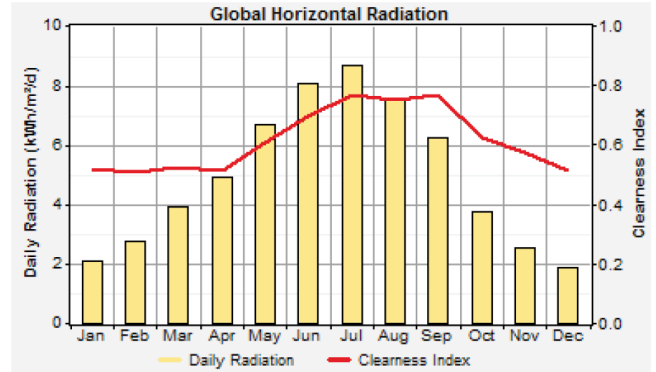
SİSTEM SİMÜLASYONU

Hibrit jeneratör sistemi, hibrit sistemler için kullanılan bir optimizasyon programı ile tasarımı gerçekleştirilerek, sistem simülasyonu yapılmıştır. Simülasyon sonuçlarının gerçeğe yakın değerler vermesi için, tasarım esnasında sistemin çalışacağı Antalya bölgesine ait meteorolojik değerler göz önünde bulundurulmuştur. Böylece simülasyon sonuçlarının daha doğru değerler içermesi hedeflenmiştir.

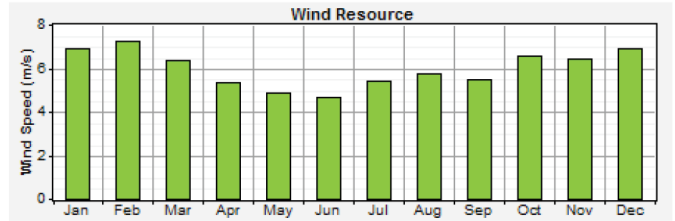
Hibrit jeneratör sisteminin tasarımına ilk olarak sistem bileşenlerinin eklenmesi ile başlanılmıştır. Akabinde her bir bileşenin verisi optimizasyon programına aktarılmıştır. Burada 2 adet jeneratör eklenmesinin nedeni; birinin mevcut hibrit jeneratörü, diğerinin ise ada modunda çalışan standart bir dizel jeneratörü temsil ediyordur.



Şekil-12: Sistem bileşenlerinin eklenmesi



Şekil-13: Günlük güneş radyasyonunun aylara göre dağılımı



Şekil-14: Rüzgar hızının aylık ortalama değerleri

Bileşenlerin eklenmesinden sonra her bir bileşene ait veriler optimizasyon programına aktarılmıştır. Bu bağlamda PV panel kapasite ve maliyetleri, rüzgar türbini kapasite, maliyet ve rüzgar güç eğrisi verileri, jeneratörlerin güç, maliyet, ömür verileri ve yakıt tüketim değerleri, akü bankasının voltaj ve kapasite değerleri girilerek tasarım işlemlerine devam edilmiştir.

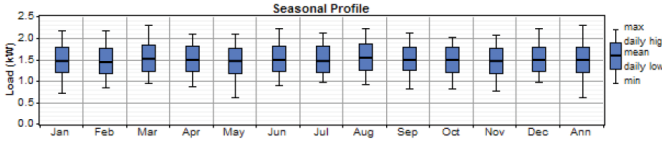
Bu işlemlerin akabinde sistem çalışma koşullarını oluşturan enerji kaynaklarına ait parametreler programa girilmiştir.

Güneş enerjisinin yıl içerisindeki dağılımını ve atmosferin açıklık indeksi faktörünü optimizasyon programına girilerek, sistemin yıl içerisindeki davranışı belirlenmiştir.

Aynı şekilde rüzgar enerjisine ait rüzgar hızının aylara göre dağılım verileri de optimizasyon programına girilerek sistem tasarımına devam edilmiştir.

Son olarak sisteme bir yük profili tanımlanarak sistemin optimizasyonu için bir davranış modeli belirlenir. Yük profili, yıl içerisinde mevsimsel olarak değişen klima yükü ve temel yük olan telekom sistem yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Yıl içerisindeki minimum yük değeri 1 kW, maksimum yük değeri ise 2.3 kW olarak ayarlanmıştır.

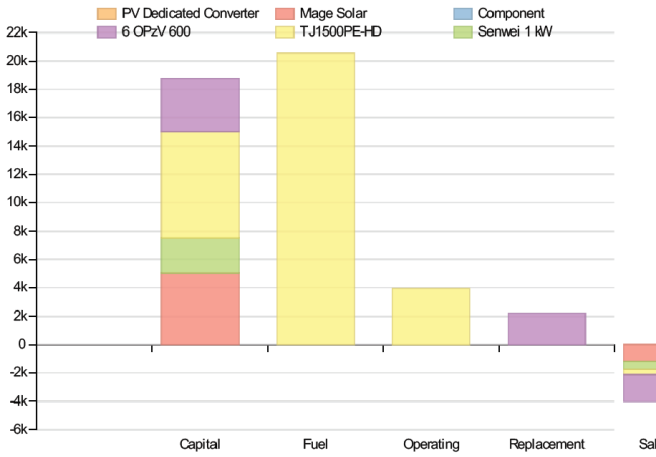
MAKALE / TEKSAN JENERATÖR



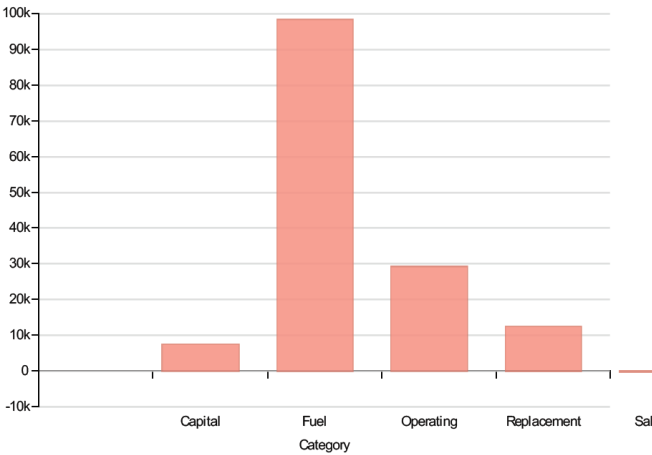
Şekil-15: Yıllık yük profili

Sistem tasarımının akabinde simülasyon işlemine başlanmıştır. Simülasyonda çift devirli dizel jeneratör, güneş panelleri, rüzgâr türbini bulunan hibrit jeneratör sistemi ile yalnızca ada modunda çalışan standart dizel jeneratör karşılaştırılmıştır.

Sistemin ekonomik açıdan ve ömür açısından kıyaslaması yapılmış, jeneratörün çalışma süreleri, emisyon değerleri ve sistemin amortisman süresi elde edilmiştir.



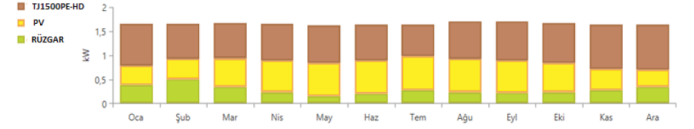
a)



b)

Şekil-16: Maliyet özet tabloları a) Hibrit jeneratör maliyet kalemleri b) Standart jeneratör maliyet kalemleri.

Sistem 10 yıl üzerinde projelendirilmiş olup, yukarıdaki grafiklerde 10 yıllık süreçteki farklı kalemler üzerinden oluşan maliyetler gösterilmiştir. Bu maliyetler içerisinde kurulum ve işletme maliyetleri yer almaktadır. Yapılan kurulum maliyetleri sonrasında işletme ömrü boyunca oluşan yakıt ve bakım giderleri ve akü değişim maliyetleri göz önünde bulundurularak iki sistem



arasındaki maliyet karşılaştırılması yapılmıştır.

Şekil-17: Aylara göre elektrik üretim dağılımı

Grafikte enerji kaynaklarının, aylara göre ortalama yük değerini karşılama oranının dağılımı görülmektedir. Hibrit jeneratör sisteminin yıllık elektrik üretimi göz önüne alındığında, %48'lik kısmının hibrit jeneratör tarafından, %35'inin güneş panellerinden, %17'sinin ise rüzgâr türbininden elde edildiği görülmüştür.

Hibrit jeneratör sistemi ile standart jeneratör ekonomik anlamda karşılaştırıldığında, 10 yıllık proje sürecinde hibrit jeneratör sistemi yakıt maliyetlerinde %79'a varan, işletme ve bakım maliyetlerinde %86'ya ve toplam giderlerde %78'lere varan oranlarda tasarruf sağlayarak büyük bir avantaj sağlamaktadır. Hibrit jeneratör sistemi kullanıldığı takdirde, sistemin amortismanı ise 1.6 yıl gibi çok kısa bir süre olacaktır ki bu süre uzun vadeli yatırımlar için çok iyi bir süre olarak kabul edilir.

İŞLETME KOŞULLARININ KARŞILAŞTIRILMASI			
	HİBRİT SİSTEM	STANDART GENSET	HİBRİT SİSTEM FAYDASI (%)
Yakıt Tüketimi (L/yıl)	2597	12421	79%
Jeneratör Çalışma Saati (saat/yıl)	1184	8760	86%
Karbondioksit Emisyonu (kg/yıl)	6815	32599	79%
Karbonmonoksit Emisyonu (kg/yıl)	29	137	79%

Tablo-3: İşletme koşullarının karşılaştırılması

Hibrit jeneratör, yüksek şarj akımı ile sisteme aktarması gereken enerji miktarını daha kısa sürelerde aktarmakta ve bu sayede de bakım ve yakıt giderleri de minimuma inmektedir. Hibrit jeneratör sistemi ve ada modunda çalışan standart jeneratör işletme koşulları bakımından karşılaştırıldığında hibrit jeneratör sistemi, standart jeneratöre büyük bir üstünlük kurmaktadır.

MAKALE / TEKSAN JENERATÖR

Hibrit jeneratör sistemi, yakıt tüketiminde %79, jeneratör çalışma saatinde %86, karbondioksit ve karbonmonoksit emisyonu değerlerinde yaklaşık %79'e varan azalmalar ile büyük bir avantaj sağlamaktadır.

SONUÇ

Yapılan bu çalışmada, Hibrit jeneratör sistemi ile ada modunda çalışan standart bir jeneratörün 1.5 kW ortalama yük altında çalışma koşullarının karşılaştırılması incelenmiştir. Proje ömrü 10 yıl olarak belirlenen bu çalışmada ilk kurulum maliyeti hibrit jeneratör için yüksektir. Ancak 10 yıl içerisinde yapılan kurulum, işletme, bakım-onarım ve yenileme gibi maliyetler incelendiğinde hibrit jeneratörün standart bir jeneratöre kıyasla çok daha avantajlı olduğu görülmektedir. Bu çalışma kapsamında hibrit jeneratör yatırım maliyetini yaklaşık 1.6 yıl gibi kısa bir sürede çıkartarak, daha sonraki süreçte yatırımcısına büyük kar sunmaktadır. Tüm bu avantajları göz önünde bulundurulduğunda, şebekeden uzak olan bölgelerde verimli, düşük yakıt tüketimine sahip ve çevreye duyarlı hibrit jeneratör sisteminin kullanılması daha uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

E. Akyüz, M. Bayraktar, Z. Oktay, "Hibrit yenilenebilir Enerji Sistemlerinin Endüstriyel Tavukçuluk Sektörü için Ekonomik Açıdan Değerlendirilmesi: Bir Uygulama", BAÜ FBE Dergisi, Aralık 2009.

K. Başaran, N.S.Çetin, H. Çelik, "Rüzgar-Güneş Hibrit Güç Sistemi ve Tasarımı", 6. International Advanced Technologies Symposium, 16-18 Mayıs 2011, Elazığ, Türkiye.

M. Engin, "Bornova için Güneş-Rüzgar Hibrit Enerji Üretim Sistemi Tasarımı", CBÜ Soma Meslek Yüksek Okulu Teknik Bilimler Dergisi, 2010.

GEPA, Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası.

REPA, Antalya ili rüzgar potansiyel atlası.

A. Şenpınar, "Güneş Açılarına Bağlı Olarak Optimum Sabit Güneş Paneli Açısının Hesaplanması", Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları: 2006, Elazığ, Türkiye.