

HİBRİT JENERATÖR SİSTEMLERİNİN TASARIMI VE EKONOMİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hakan DOĞAN

Teksan Jeneratör Elektrik San. A.Ş.

hakan.dogan@teksanjenerator.com.tr

ÖZET

Hibrit jeneratör sistemi, fosil yakıtlı jeneratör sistemlerine ilave olarak güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının da kullanıldığı verimli, çevreye duyarlı ve ekonomik, kombine bir sistemdir. Hibrit jeneratör sisteminde, fosil yakıtlı motor olarak, değişken devirli dizel motor kullanılmıştır. Standart jeneratörler de kullanılan alternatör yerine daha verimli olan sürekli mıknatıslı alternatör (PMG) tercih edilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynağı olarak ise güneş ve rüzgar enerjisinden faydalanılmıştır. Sistem çalışma voltajı 48VDC olarak belirlenmiştir. Tüm enerji kaynaklarından üretilen farklı normlarda bulunan güçler, stabil bir çalışma sağlanması maksadı ile 48VDC nominal gerilimine ayarlanmış ve kurulan akü bankası ile stabil bir çalışma voltajı elde edilmiştir. Hibrit jeneratör sistemi, hibrit optimizasyon yazılımı kullanılarak tasarlanmış, sistem simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Simülasyonda, Hibrit jeneratör sistemi ile 1500 rpm sabit devirli jeneratör 1.5 kW nominal yük altında, teknik ve ekonomik açıdan karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonuçları karşılaştırılıp, ürünün fayda ve yararlarından bahsedilmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki, şebekenin bulunmadığı bölgelerde, sabit devirli dizel jeneratör yerine hibrit jeneratör sisteminin kullanılması birçok açıdan daha avantajlı olmaktadır.

GİRİŞ

Günümüzde enerji ihtiyacı, geçmiş yıllara nazaran giderek artmış ve enerji sürekliliği son derece önem kazanmış bulunmaktadır. Enerjinin sürekliliğini sağlamak maksatlı çeşitli enerji üretim yöntemleri geliştirilmiştir. Ancak bu enerji üretim yöntemlerinin birçoğu fosil yakıtlara dayanmaktadır.

Dünyada ihtiyaç duyulan enerjinin yaklaşık %90'ı fosil esaslı kaynaklara bağlıdır. Bu kaynaklar içerisinde de en büyük pay, yaklaşık %35 ile petroldedir [1]. Ancak fosil yakıtların çevreye olan zararları ve rezervlerin giderek azalması, enerji ihtiyacında dünyayı yeni arayışlara itmiştir. Bu bağlamda araştırmalar, çevreye zararı olmayan ve kendisini yenileyebilen enerji kaynaklarına yönelmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları, çevreye duyarlı olmasına karşın çevre ve atmosfer koşullarına bağlı olarak gün içerisinde ve yıl içerisinde değişiklik göstermektedir. Enerjide sürekliliğin önem kazandığı günümüzde, tek başına rüzgar veya güneş

enerjisi yeterli kalmamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından maksimum düzeyde faydalanabileceğimiz bir yöntem gerekmektedir.

Son yıllarda yaygınlaşan, birbirini tamamlayıcı özellik gösteren iki veya daha fazla enerji kaynağını kullanan sistemler hibrit enerji sistemleri olarak adlandırılır [2]. Hibrit enerji sistemleri sistem güvenilirliğini ve sürekliliğini artırmaktadır. Güneş ve rüzgar enerjisinin değişken doğasından dolayı hibrit sistemlere sürekliliği sağlamak amacıyla dizel jeneratörler ilave edilmektedir. Böylelikle sistemin sürekliliği sağlanırken, çevreye verilen zararlar da minimuma indirilmiş olmaktadır.

Dizel jeneratör, güneş ve rüzgar enerjisinin bir arada kullanıldığı hibrit jeneratör sistemi, yakıt ve bakım giderleri gibi işletme giderlerini büyük ölçüde düşürmektedir. Şebekeden uzak bölgelerde dizel jeneratörler ile elde edilen enerjinin birim kWh maliyeti, hibrit jeneratör

sistemine göre bir hayli yüksektir. Kapasite artırımını gereken durumlarda, dizel jeneratörün ve yenilenebilir enerji kaynaklarının nominal gücünde artırmaya giderek kapasite artırımını sağlanabilir. Bu bağlamda hibrit jeneratör sisteminin kullanılması, hem ekonomik açıdan hem de servis ve bakım süreçleri açısından avantaj sağlamakta ve kullanıcıya büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

HİBRİT JENERATÖR SİSTEMİ

Hibrit jeneratör sistemi, değişken devirli dizel motor, PMG alternatör, fotovoltaik paneller, rüzgar türbini ve akü bankasından oluşan ve 48VDC nominal gerilimde çalışan kesintisiz enerji kaynağıdır. Sistem 1.5 kW nominal yükü kaldıracak ve optimum çalışma koşullarında ve maksimum verimlilikte çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Çevre şartlarına göre sistem yükü değişme göstermekle birlikte çalışma yükü maksimum 1.8 kW olarak belirlenmiştir. Sistem için gerekli çevre koşulları İstanbul ili, Sultanbeyli ilçesi 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 enerjisiz kalmaktadır. Rüzgar enerjisine güneş kadar net sınırlar çizilemese de günün belli saatlerinde enerji üretilebilmekte ve yük

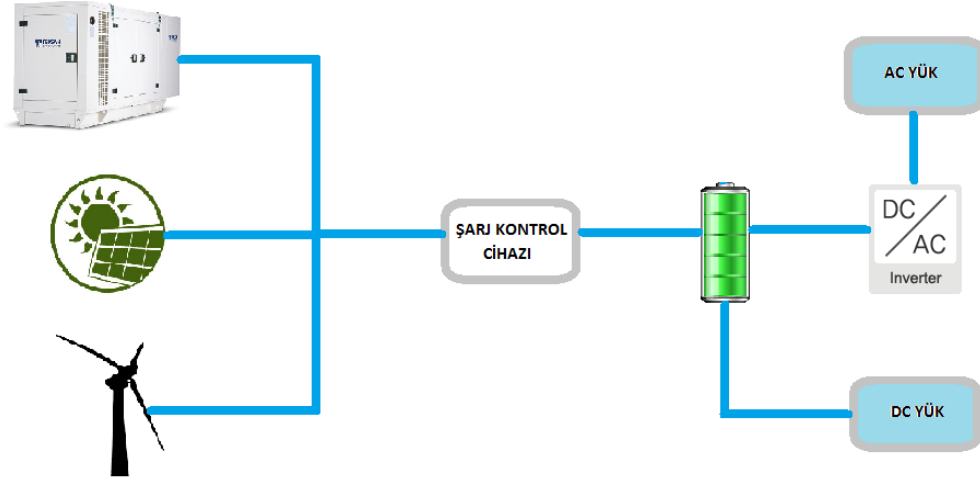
beslenebilmektedir [3]. Güneş ve rüzgar enerjisindeki bu değişkenliklerden dolayı yük akü bankasından beslenmektedir. Güneş ve rüzgar enerjisi ise akü bankasını besleyerek akülerin daha uzun çevrim ömrüne sahip olmasını sağlamaktadır.

Güneş enerjisinin yetersiz olduğu kış aylarında ve rüzgar enerjisinin az olduğu zamanlarda, akü bankası deşarj olarak yükü beslemekte ve enerjinin sürekliliği sağlanmaktadır. Akü bankasının belirli bir deşarj derinliğine indiği noktada değişken devirli 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 % 40 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 etkilenmemesi için sisteme monte edilen pano kliması için ve aynı 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 25°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 baz istasyonları seçilmiştir. Yaptığımız çalışmalarda ise yük gücü olarak 1.5 kW temel yük seçilmiş ve buna ilave soğutma ve aydınlatma yükleri sisteme dahil edilmiştir.

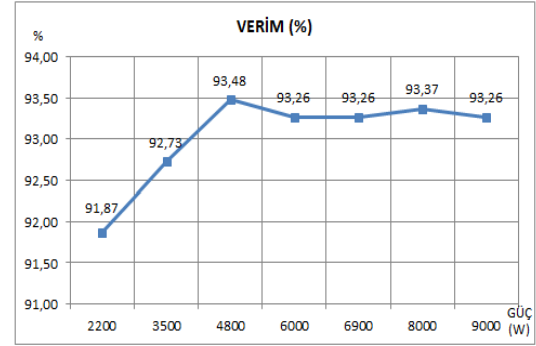
SİSTEM KOMPONENTLERİ

1. Dizel Jeneratör

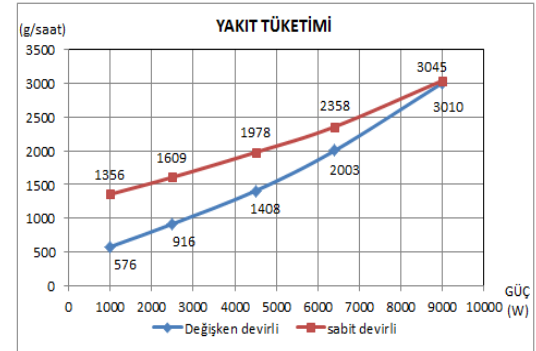
Hibrit jeneratör sisteminin ana enerji kaynağı olan değişken devirli dizel jeneratör, 2900 rpm'de 9 kw gücü verebilecek kapasitededir. Jeneratör yüksüz olarak 1400 rpm' de ve tam yükte 2900 rpm'de çalışacak, yüke göre devrini otomatik olarak ayarlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Bu çalışma şeklinde sistem, gerekli yük ihtiyacına göre devrini ayarlayarak düşük yüklerde düşük devir, yüksek yüklerde yüksek devir çalışarak motorun en verimli noktalarda çalışmasını sağlamaktadır.

Değişken devirli çalışma sistemi, motorun verimli noktalarda çalışmasının yanı sıra, yakıt tüketiminde de büyük avantaj sağlamaktadır. Şekil-2 ve Şekil-3'te değişken devirli dizel jeneratörün farklı güçlerde elde edilen verim ve harcanan yakıt tüketimi eğrileri verilmiştir.



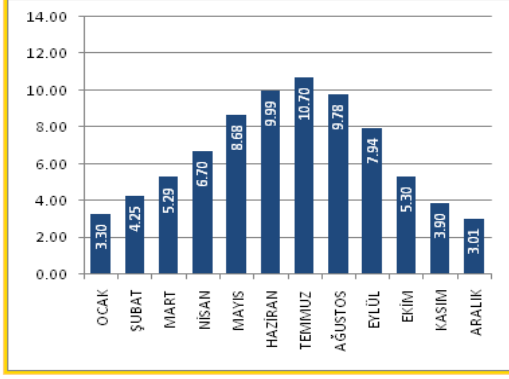
Şekil-2: Verim – Güç eğrisi.



Şekil-3: Yakıt tüketimi – Güç eğrisi.

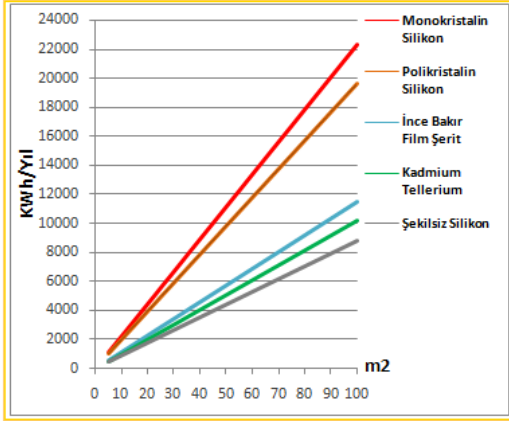
Jeneratör elektrik üretimini standart alternatörler yerine kullanılan PMG alternatör ile jeneratör verimi yükseltilmiştir. Değişken devirden kaynaklanan voltaj ve frekans değişimi AC-DC çevirici yardımı ile 48-56 VDC aralığında istenilen voltaj değerinde ve \pm %0.3 voltaj dalgalanma oranında sabitlenerek stabil bir çıkış alınmaktadır.

SULTANBEYLİ Güneşlenme Süreleri (Saat)



Şekil-7: Sultanbeyli ilçesi aylara göre güneşlenme süreleri.

SULTANBEYLİ PV Tipi-Alan-Üretililecek Enerji (KWh-Yıl)



Şekil-8: Sultanbeyli ilçesi farklı PV tipleri ile üretililecek enerji.

Hibrit jeneratör sisteminde kullanılan güneş panelleri her biri 245 Wp gücünde olmak üzere 6 adettir. Güneş panellerinin sistem gücü 1470 Wp'tir. Panellerin açık devre voltajı 74VDC olup, kullanılan 40A'lık şarj regülatörü, panel voltajını 48-56 VDC aralığında tutabilmektedir.

Kullanılan güneş panelleri polikristalin silikon tipinde olup, toplam modül verimi uygun şartlarda %14.7'lere kadar çıkmaktadır.

Panellerden en yüksek verimi alabilmek için İstanbul ilinin yaz ve kış koşulları göz önüne alınarak, panel eğimi 37° olarak ayarlanmıştır [5].

Aşağıda ki tablo da güneş panellerine ait teknik veriler paylaşılmıştır.

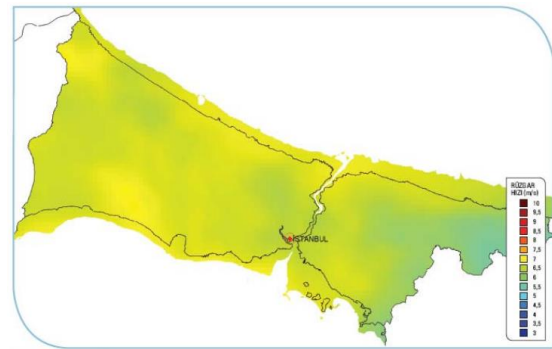
PV Panel Teknik Data		
Solar Hücre Tipi	-	Polikristalin Silikon
Nominal Güç	W	245
Nominal Voltaj	V	29.73
Açık Devre Voltajı	V	37.56
Kısa Devre Akımı	A	8,85
Hücre Sayısı	-	60 (6x10)
Modül Sayısı	-	6
Nominal Modül Gücü	W	1470
Nominal Modül Voltajı	V	48
Ölçüler (LxWxD)	mm	1670x1000x50
Hücre Verimliliği	%	17,20
Modül Verimliliği	%	14,7

*Parametreler standart test koşullarına göre dir : 1000W/m2 ışığa

Tablo-1:Güneş panellerine ait teknik veriler.

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-9: İstanbul rüzgar haritası.

Hibrit jeneratör tasarımında kullanılan veriler İstanbul ilinin rüzgar verileri göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. İstanbul için yıllık rüzgar hızı ortalaması

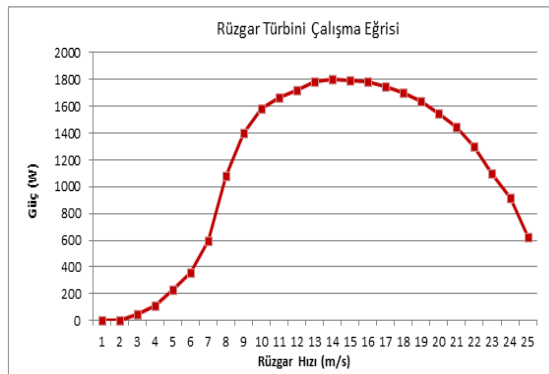
50m.'de 5.5-7.5 m/sn aralığındadır [6]. Sistem tasarımı yapılırken, sistemin çalışacağı bölgenin rüzgar verileri göz önünde bulundurulacak ve tasarım ona göre şekillendirilecektir.

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 hibrit jeneratöre uygun hale gelmesi için AC-DC çevirici ile voltajın sistem voltajına uygun hale gelmesi sağlanmaktadır.

Kullanılan rüzgar türbininde de alternatör olarak PMG alternatör kullanılmıştır. Bundan dolayı rüzgar türbininin verimi de yüksektir. Rüzgar türbininin teknik verilerini içeren tablo ve türbin çalışma eğrisini gösteren şekil aşağıda paylaşılmıştır.

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

Tablo-2: Rüzgar türbinine ait teknik veriler.

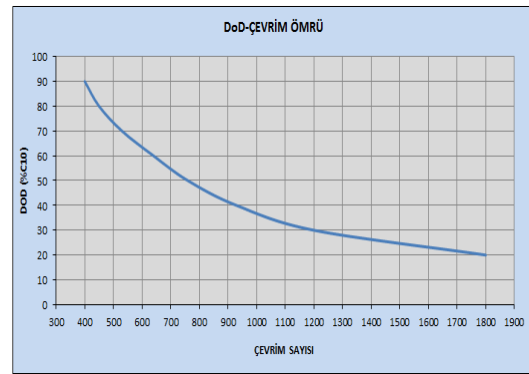


Şekil-10: Türbin çalışma eğrisi.

4. Akü Bankası

Bataryalar, elektrik enerjisini kimyasal enerji formunda depolayan elektro-kimyasal elemanlardır. Yenilenebilir enerji uygulamalarında enerji depolamak maksatlı kullanılır. Bu tür uygulamalarda en çok kullanılan batarya tipi, derin deşarja imkan sağlayan kurşun asit bataryalardır[7]. Kurşun asit aküler, seri ve paralel bağlanarak istenilen voltaj ve kapasite değerlerine ulaşılabilir.

Kurulan hibrit jeneratör sisteminde 12 adet 12V, 210Ah VRLA Jel tipi akü kullanılmış bulunmaktadır. Sistem voltajı olan 48VDC gerilimine ulaşmak için 4 adet akü seri bağlanmış ve sistem gerilimine ulaşılmıştır. Mevcut yükü karşılayabilmesi için 3 adet paralel 48VDC akü serisi kullanılmış ve 630Ah kapasiteye ulaşılmıştır. Bu kapasite, %40 deşarj derinliğinde, 1.5 kW yükü harici başka bir enerji kaynağı olmadan 8 saat kadar çalıştırabilecek kapasitedir. Acil bir durumda dizel jeneratör ve yenilenebilir enerji kaynaklarının devre dışında olması halinde dahi, aküler tam deşarj edilerek sistem yükünü 18 saate kadar beslemeye elverişlidir.



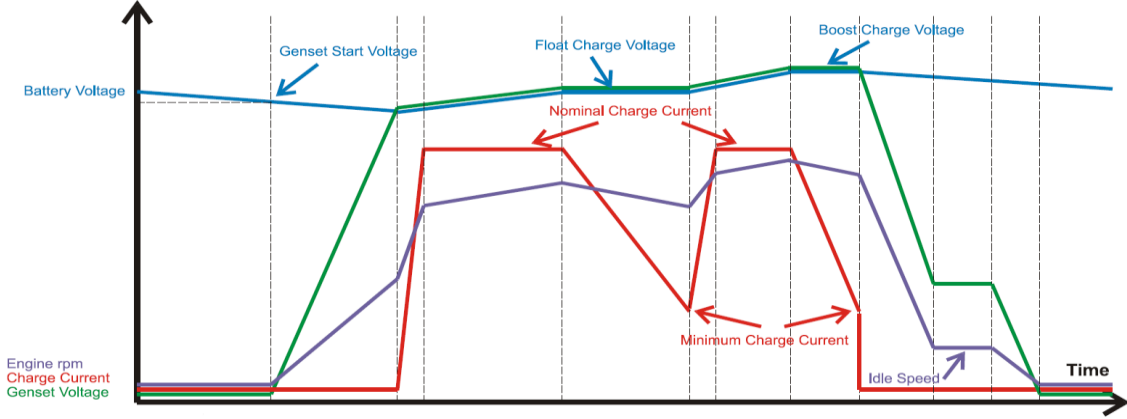
Şekil-11: Deşarj derinliği- çevrim sayısı grafiği.

Mevcut sistem tasarımı göz önüne alındığında %40 deşarj derinliğinde akü ömrü yaklaşık 900 çevrim olarak görülmektedir.

5. Güç Kontrol Ünitesi

Güç kontrol ünitesi, hibrit jeneratör sistemini yöneten, jeneratör kontrol cihazı, jeneratör güç çeviricisi, akü şarj regülatörleri ve güç dağıtım birimlerinden oluşan kontrol, kumanda ve dağıtım işlevlerini yerine getiren birimdir.

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



Şekil-12: Akü şarj çevrim grafiği.

Jeneratör kontrol cihazı akü bankasını sürekli takip ederek sistemin şarj ve deşarj durumunu denetler. Cihaz giriş ayarları yapıldıktan sonra, çalışma esnasında sistem voltajını izler ve aküler ayarlanan alt seviyeye indiğinde jeneratörü otomatik olarak devreye alır. Devreye giren jeneratör yükü beslediği esnada, aynı zamanda aküleri de şarj eder.

Şarj işlemi üstte verilen şekilde de görüldüğü üzere, jeneratör devreye girdikten sonra aküler, akü voltajı nominal şarj voltajına ulaşana dek sabit akım ile şarj edilir. Akü gerilimi şarj voltajına ulaştığında, akü şarj akımı, boost şarj evresi için başlama akımı olan akım değerine düşene dek sabit voltaj ile şarj işlemi devam eder. Şarj akımı belirtilen değere düştüğünde boost şarj evresi başlar ve şarj akımı, akü gerilimi boost şarj voltajına ulaşana dek yeniden sabit akım ile şarj edilir.

Son evrede ise aküler, akü akımı şarj sonlandırma akım değerine düşene dek sabit boost voltaj değerinde şarj edilir ve bu akım değerinde şarj işlemi sonlandırılır. Şarj işleminin sonlanmasının akabinde

jeneratör soğutma evresini tamamlar ve bekleme moduna geçer.

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

6. İnvörtör

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

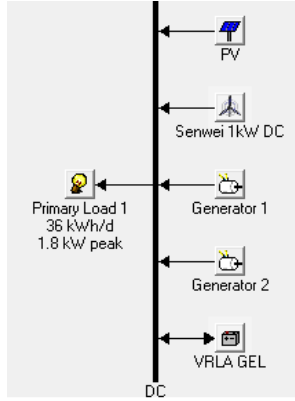
Sistemimiz de invörtör, DC çalışma yükünün yanı sıra, aküler için kullanılan klima ve aydınlatma gibi AC gerilimler gerektiren yüklerde şebekeye olan ihtiyacı ortadan kaldırmak amaçlı kullanılmaktadır.

Ayrıca invörtör üzerinde bulunan yedek güç çıkışları ile maksimum 1 kW'a 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 gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonuçları gerçeğe yakın değerler vermesi için, tasarım esnasında sistemin çalışacağı İstanbul-Sultanbeyli bölgesine ait meteorolojik değerler göz önünde bulundurulmuştur. Böylece simülasyon sonuçlarının daha doğru değerler içermesi hedeflenmiştir.

Hibrit jeneratör sisteminin tasarımına ilk olarak sistem komponentlerinin eklenmesi ile başlanılmıştır. Akabinde her bir komponentin verileri optimizasyon programına aktarılmıştır. Burada 2 adet jeneratör eklenmesinin nedeni birinin sabit devirli, diğeri ise değişken devirli olmasıdır.



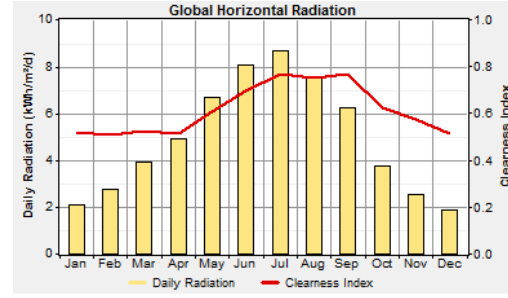
Şekil-13: Sistem komponentlerinin eklenmesi.

Komponentlerin eklenmesinden sonra her bir komponente 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.

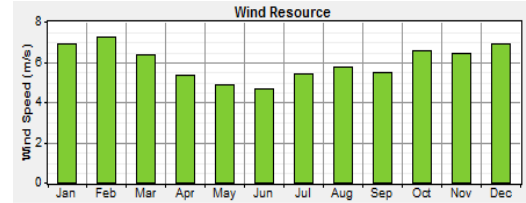
Güneş enerjisinin yıl içerisindeki dağılımını ve atmosferin açıklık faktörünü

optimizasyon programına girerek, sistemin yıl içerisindeki davranışı belirlenmiş olur.



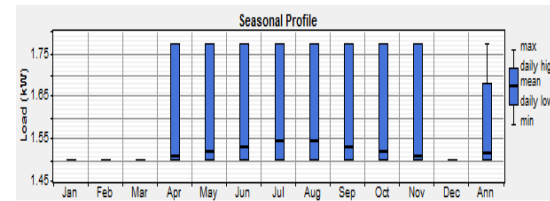
Şekil-14: Günlük güneş radyasyonunun aylara göre dağılımı.

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



Şekil-15: Rüzgar hızının aylık ortalama değerleri.

Son olarak sisteme bir yük profili tanımlanarak, sistemin optimizasyonu için bir davranış modeli belirlenir. Yük profili yıl içerisinde atmosfer koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Yıl içerisinde ki minimum yük değeri 1.5 kW, maksimum yük değeri ise 1.8 kW olarak ayarlanmıştır.



Şekil-16: Yıllık yük profili.

Sistem tasarımının akabinde simülasyon işlemine başlanmıştır. Simülasyon da değişken devirli dizel jeneratör, güneş panelleri, rüzgar türbini bulunan hibrit jeneratör sistemi ile, yalnızca sabit devirli dizel jeneratör karşılaştırılmıştır.

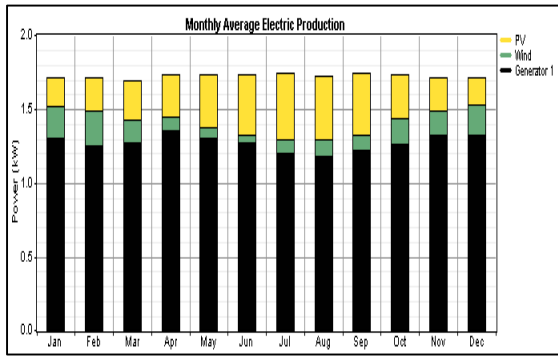
Sistemin ekonomik açıdan ve ömür açısından kıyaslaması yapılmış, jeneratörün

çalışma süreleri, emisyon değerleri ve sistemin amortisman süresi elde edilmiştir.

Maliyet Akış Özeti						
Malzeme	Yatırım (\$)	Yenileme (\$)	O&M (\$)	Yakıt (\$)	Geri dönüşüm (\$)	Toplam (\$)
Değişken devirli jeneratör	15000	8287	22527	75528	-168	121173
VRLA Jel Akü	4560	34456	0	0	-319	38697
PV Panel	4800	0	344	0	0	5144
Rüzgar Türbini	4800	0	551	0	0	5351
Sistem	29160	42743	23422	75528	-487	170366

Şekil-17: Hibrit jeneratör sistemi maliyet tablosu.

Sistem 20 yıl üzerinde projelendirilmiş olup, yukarıdaki tabloda 20 yıllık süreçte ki toplam maliyet 170.000\$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil-18: Yıllık elektrik üretimi.

Hibrit jeneratör sisteminin yıllık elektrik üretimi göz önüne alındığında, %74'lük kısmının değişken devirli dizel jeneratör tarafından, %18'i güneş panellerinden, %8'i ise rüzgar türbininden elde edildiği görülmüştür.

Hibrit Sistem ile Sabit Devirli Jeneratörün Maliyet Karşılaştırması		
	Hibrit Sistem	Sabit Devirli GenSet
Jeneratör	9 kW değişken devirli	9 kW
PV Panel	1.47 kW	-
Rüzgar Türbini	1 kW	-
Akü Bankası	12 ad.	-
Kurulum Maliyeti	29160 \$	10000 \$
Toplam NPC	170365 \$	386184 \$
Kazanç	215819 \$	
Yıllık Değer	18816 \$/yıl	
Amortisman	1.58 yıl	

Şekil-19: Maliyet karşılaştırma.

Hibrit jeneratör sistemi ile sabit devirli jeneratör ekonomik anlamda karşılaştırıldığında, 20 yıllık proje sürecinde Hibrit jeneratör sistemi 170365\$ maliyet oluşturmaktadır. Aynı koşullarda sabit devirli jeneratör ise 386184\$ maliyet

oluşturmaktadır. Hibrit jeneratör sistemi kullanıldığı takdirde, 20 yıllık süreçte yaklaşık 215000\$ kazanç sağlanacaktır. Sistemin amortismanı ise 1.58 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	SABİT DEVİRLİ GENSET	HİBRİT SİSTEMİN FAYDASI (%)
O&M (\$)	98950	313678	68,45
Yakıt Tüketimi (L/yıl)	4510	12731	64,57
Jeneratör Çalışma Saati (saat/yıl)	1964	8760	77,58
Karbondioksit Emisyonu (kg/yıl)	11877	33526	64,57
Karbonmonoksit Emisyonu(kg/yıl)	29,3	82,8	64,61

Şekil-20: İşletme koşullarının karşılaştırılması.

Hibrit jeneratör sistemi ve sabit devirli jeneratör işletme koşulları bakımından karşılaştırıldığında Hibrit jeneratör sistemi, sabit devirli jeneratöre büyük bir üstünlük kurmaktadır.

Hibrit jeneratör sistemi, bakım ve onarım maliyetlerinde %68, yakıt tüketiminde %65, jeneratörün çalışma saatinde %77, karbondioksit ve karbonmonoksit emisyonu değerlerinde yaklaşık %65'e varan azalmalar ile büyük bir avantaj sağlamaktadır.

SONUÇ

Yapılan bu çalışmada, Hibrit jeneratör sistemi ile sabit devirli standart bir jeneratörün 1.5 kW nominal bir yükü besleme durumlarının karşılaştırılması incelenmiştir. Proje ömrü 20 yıl olarak belirlenen bu çalışmada ilk kurulum maliyeti Hibrit jeneratör için yüksektir. Ancak 20 yıl içerisinde yapılan kurulum, işletme, bakım-onarım ve yenileme gibi maliyetler incelendiğinde hibrit jeneratörün sabit devirli bir jeneratöre kıyasla çok daha fazla avantajlı olduğu görülmektedir. Bu çalışma kapsamında Hibrit jeneratör yatırım maliyetini yaklaşık 1.5 yıl gibi kısa bir sürede çıkartarak, daha sonraki süreçte yatırımcısına büyük kar sunmaktadır. Şebekeden uzak olan bölgelerde verimli, düşük yakıt tüketimine sahip ve çevreye

duyarlı Hibrit jeneratör sisteminin kullanılması daha uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

[1]. 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.

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

[3]. M. Engin, “Bornova için Güneş-Rüzgar Hibrit Enerji Üretim Sistemi Tasarımı”, CBÜ Soma Meslek Yüksek Okulu Teknik Bilimler Dergisi,2010.

[4]. Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA).

[5]. A. Şenpınar, “Güneş Açılarına Bağlı Olarak Optimum Sabit Güneş Paneli Açısının Hesaplanması”, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları:2006, Elazığ, Türkiye.

[6]. İstanbul ili rüzgar kaynak bilgileri (REPA).

[7]. İnci Battery Gel Ürün Kataloğu.