

BATARYALI VE DİREKT AKUPLELİ FOTOVOLTAİK POMPA SİSTEMLERİNİN ÇALIŞMA KARAKTERİSTİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Z. Abidin FIRATOĞLU, Bülent YEŞİLATA

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, ŞANLIURFA

Geliş Tarihi: 11.09.2001

INVESTIGATION OF OPERATION CHARACTERISTICS OF BATTERY-BUFFERED AND DIRECTLY-COUPLED PHOTOVOLTAIC PUMPING SYSTEMS:

SUMMARY

In this study, operating points and efficiencies of two different photovoltaic pumping systems are investigated. One is a battery-buffered system and has a conventional DC motor-pump combination. The other is a directly-coupled system with a solar pump (brushless-permanent magnet DC motor-pump combination). In both systems, type, number, and electrical connection of the PV modules, type of the pump, and nominal power of DC motor are all identical. The main objective here is to design an efficient battery-buffered system, which may become an alternative to solar pump system (SPK), which is quite expensive and has limited application. We report here that if output voltage the battery system is correctly optimized, a battery-buffered system can operate with higher efficiency than that of a solar pump system.

ÖZET

Bu çalışmada; biri bataryalı, konvansiyonel DC motor-pompa içeren, diğeri ise direkt akupleli Solar pompa (sürekli mıknatıslı fırçasız DC motor-pompa (SPK)) içeren iki fotovoltaiik destekli su pompasının çalışma noktaları ve verimleri araştırılmaktadır. Her iki sistemde kullanılan PV panel tipi ve sayısı, panel bağlantı konfigürasyonu, pompa tipi ve DC motor nominal gücü aynıdır. Temel amaç ilk yatırım masrafı yüksekliği ve sınırlı kapasitelerde kullanılma gibi dezavantajları bulunan SPK'ya alternatif teşkil edebilecek bir bataryalı pompa kombinasyonu oluşturmaktır. Elde edilen sonuçlar, batarya sabit voltaj çıkışının doğru optimizasyonu sonucunda motor çalışma noktalarının, panel kombinasyonunun maksimum çalışma noktalarına (MPP) yaklaştırılabileceği ve dolayısıyla SPK'ya nazaran daha yüksek çalışma verimleri elde edilebileceğini göstermektedir.

1. GİRİŞ

Fotovoltaiik destekli su pompaları (PVDSP), su ihtiyacı ve güneş ışınım şiddeti arasında doğal bir ilişkinin bulunması sebebiyle gündeme gelmiş ve son yıllarda kullanımı yaygınlaşmış güneş enerjisi uygulaması olarak dikkat çekmektedir. Uzun yıllar bazında yapılan termoekonomik analizler, kırsal alanlarda; PVDSP sistemlerin elektrik şebekesine bağlı su pompası uygulamasına nazaran daha ekonomik ve güvenli olduğunu gösterdiğinden günümüzde bir çok gelişmiş ülkede bu sistemler kullanılmaktadır, [1]. Bu sistemlerin en basit kombinasyonu; pompa sürücüsü olan motorun panellere hiçbir ara düzenleyici olmadan direkt bağlandığı *direkt akupleli* sistemlerdir. Direkt akupleli sistemlere ek olarak, PV panel ve motor arasına bataryanın yerleştirildiği *bataryalı* ve panel sisteminin akım-volt (I-V) çıktılarını maksimum elektriksel güç teminine uygun olarak düzenleyen bir elektronik kontrol cihazının bulunduğu *maksimum çalışma noktası izleyicili* (MPPT) gibi kombinasyonları da bulunmaktadır [2].PVDSP uygulamalarında sistem

bileşenlerinin dizaynı ve uzun dönem performans analizlerinin yapılmasında ciddi seviyede zorluklar söz konusudur [3]. Öncelikle; panellerin ışınım şiddetine bağlı olarak lineer olmayan tarzda değişen akım ve voltaj çıktılarının belirlenmesi çalışma noktalarının tespiti için yeterli olmayıp, sistemde kullanılan motor-pompa ikilisinin yük direncine bağlı yine lineer olmayan bir tarzda değişim gösteren (I-V) karakteristiklerinin birlikte değerlendirilmesi gerekliliğidir [4].

PVDSP uygulamalarında kullanılacak herhangi bir konvansiyonel motorun panellere direkt bağlanması durumunda verim düşmeleri ve motor ömründe kısalış gibi olumsuzluklarla karşı karşıya kalınması kaçınılmaz olmaktadır, [5]. Genelde PVDSP sistemlerde AC ve DC olmak üzere iki tip pompa sürücüsü (motor) kullanılır. AC motorlar; geliştirilmiş en uygun motor tipi olup, yapısının çok basit olmasından dolayı ucuz, dayanımı ve güvenilirliği yüksek sürücü tipidir [6]. Fakat bu sürücülerin, paneller tarafından üretilen DC gücü, AC güce dönüştürecek bir dönüştürücüye ihtiyaç duymaları PVDSP sistemlerinde kullanımlarını son derece sınırlamıştır. DC motorlar ise kompleks ve pahalı motorlar olup en yaygın dezavantajları, motorun çalışması esnasında periyodik bir akım sağlamak amacıyla, kayıcı fırça denen bir elemanın komütatör (çevirici) ile teması ve bu temasında motor ömrünü ve çalışma hızını sınırlamasıdır, [7]. Bu dezavantajlara rağmen, PVDSP sistemlerinde paneller tarafından üretilen gücün direkt kullanılabilirliği açısından DC motorların kullanımı son derece yaygındır.

AC motorlarında kompleks bir dönüştürücüden ve konvansiyonel DC motorlarında ise fırça ve komütatörün temasından doğacak olumsuzluklardan kaçınmak amacıyla fırçasız ve sürekli mıknatıslanma ile tahrik edilen DC motorlar (brushless permanent magnet) geliştirilmiştir. Bu tip motorların en önemli dezavantajlarından biri, küçük kapasiteli sistemlerde (1-5 HP güç sınırları arasında) kullanılacak boyutlarda dizayn edilebilmeleridir [8]. Bu sürücülerin kullanıldığı motor-pompa ikilisi Solar Pompa Kombinasyonu (SPK) olarak bilinmekte ve günümüzde birçok uluslararası firma tarafından yüksek ücretle dünya piyasasına pazarlanmaktadır. Motor-pompa ikilisinin direkt akupleli olarak PV panellere bağlanması durumunda, SPK' nin çok düşük ışınım seviyelerinde bile su pompalayabilmesi bu sistemleri cazip kılmaya karşın, sürücü ve pompa bazında konvansiyonel sistemlere nazaran en az 2 katı mertebesinde ilk yatırım maliyeti istemesi, ülkemiz gibi gelişmekte olan ve üretici olmayan ülkeleri daha uygun çözümler bulununcaya kadar PVDPS kullanımından uzak kılmaktadır [9].

Bu çalışmanın temel amaçlarından biri ilk yatırım masrafı yüksek SPK' ya kullanılabilirlik açısından alternatif teşkil edebilecek bir bataryalı pompa kombinasyonu (BPK) için farklı ışınım şiddeti seviyelerinde belirlenen panel maksimum güç noktalarına en yakın çalışma koşullarının tespitidir. Bu amaca uygun olarak seçilen bataryalı bir pompa kombinasyonunun (BPK) panel maksimum güç noktalarına en yakın çalışma noktaları (I-V karakteristik eğrisi) ve bu noktalardaki verim değerleri araştırılmış ve bu değerler aynı kapasitede bir sürücüye sahip bir SPK ile kıyaslanmıştır. Batarya ilavesine rağmen, BPK sisteminin ilk yatırım maliyeti bu çalışmada seçilen 1 HP motor gücü için SPK sistemine kıyasla yaklaşık %35 daha düşük olup, ekonomiklik oranı pompalama gücüyle birlikte daha da yükselmektedir. Söz konusu bu iki sistemin ilk yatırım maliyetlerinin kıyaslaması yapılırken; her iki sistem de aynı sayı ve tipte PV panel ile çalıştırıldığından, panellerin maliyeti doğal olarak dikkate alınmamıştır.

Çalışmada elde edilen sonuçlar, batarya sabit voltaj çıkışının doğru optimizasyonu sonucunda motor çalışma noktalarının, panel kombinasyonlarının maksimum çalışma noktalarına (MPP) yaklaştırılabileceği ve dolayısıyla SPK' ya nazaran daha yüksek çalışma verimleri elde edilebileceğini göstermektedir.

2. YÖNTEM

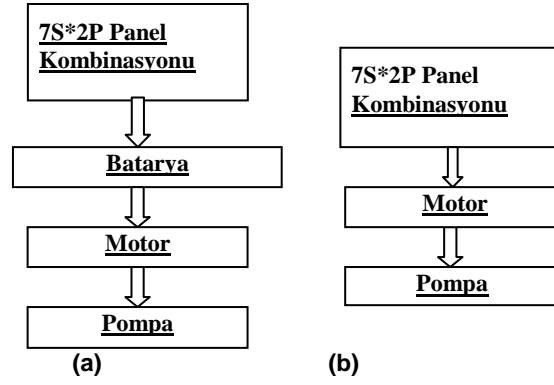
Teorik analiz ve modelleme için deneysel verileri literatürde mevcut [8] SCS 18-160 tipi Solar Jack pompa (DC motor ile kombine) ile aynı kapasiteye sahip konvansiyonel DC sürücülü bir pompa seçilmiştir. Pompaların her ikisi de hacimsel pompa sınıflandırmasına girmektedir. Dizayn safhasındaki nominal güç gereksiniminin eşitliğinden, her iki sistem için oluşturulacak panel

Bataryalı ve Direkt Akupleli Fotovoltaik...

sayısı ve bağlantı konfigürasyonunun aynı olması gerekmektedir. PV panel olarak Tablo 1’ de teknik özellikleri verilen ASE-50-ATF/1/ tipi panel seçilmiş ve SCS 18-160 tipi Solar Pompa deneysel verileri göz önüne alınarak gerekli minimum panel sayısı (14) ve optimum elektriksel bağlantı konfigürasyonu (7seri*2paralel) belirlenmiş ve seçilen PV panel sistemi, her iki kombinasyona aynı şekilde uygulanmıştır. Bu şartlarda seçilen BPK ve SPK’ ya ait blok diyagramları Şekil 1’ de gösterilmiştir.

Tablo 1. Seçilen ASE-50- ATF/17 tipi PV panelin Standart test koşullarındaki teknik verileri

Güç	P (Wat)	50
Max noktadaki gerilim	V_{max} (V)	17
Max noktadaki akım	I_{max} (A)	2.9
Kısa devre akımı	I_L (A)	20
Açık devre gerilimi	V_{oc} (V)	3.2
Panel yüzey alanı	A (m^2)	0.44



Şekil 1. Simülasyonlar için seçilen BPK (a) ve SPK (b) kombinasyonlarının ana elemanlarını gösteren akış şeması

Söz konusu sistemlerin analizinde kullanılan denklemler ve modeller bir sonraki bölümde detaylı olarak açıklanmakta olup çalışma noktalarının belirlenmesinde çevre sıcaklığı olarak nominal oda sıcaklığı olan 298 K değeri kullanılmıştır. Çevre sıcaklığındaki değişimin sistem performansı üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan analizlerin sonucu ayrıca rapor edilmiştir. Analizler sırasında analitik olarak çözülemeyen tüm denklemler için Newton-Rapson nümerik çözüm yöntemi ve Fortran programlama dili kullanılmıştır.

3. TEORİK ANALİZ VE SONUÇLAR

3.1. PV Panel Akım-Gerilim (I-V) Karakteristiklerinin Tespiti

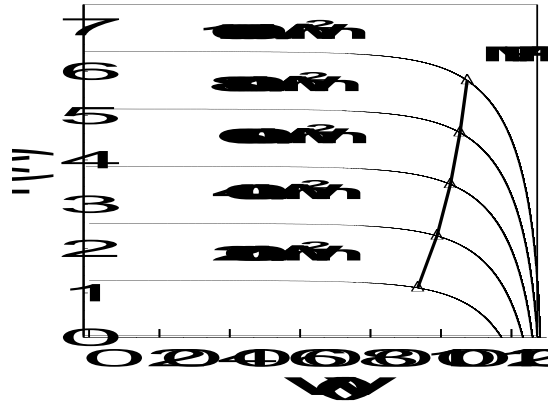
Fotovoltaik paneller lineer olmayan güç kaynaklarıdır. Bundan dolayı PV destekli bir sistem, dizayn aşamasındayken sistemin uzun süreli performans tespitinin yapılabilmesi için radyasyon yoğunluğuna ve çevre sıcaklığına bağlı değişen panel karakteristiklerini ifade edebilecek matematiksel modellere ihtiyaç duyulur. Sistemin dizayn edilebilmesi için modelin panel çıktı akım ve voltajı arasındaki ilişkiyi ifade edebilmesi yanında modelin kullanımı için gerekli panel ve model parametrelerinin kataloglardan elde edilebilmesi gerekir. Literatürde hücrenin fiziksel

analizinden yararlanılarak türetilmiş bir çok model bulunmaktadır. Bu modellerden en yaygını Townsend (1989), Eckstein (1990) ve Al-İbrahim tarafından önerilen aşağıdaki denklemdir [10].

$$V = A * \left[\ln \left(\frac{I_L - I}{I_0} + 1 \right) \right] - I * R_s \quad (1)$$

Denklemden yer alan parametreler sırasıyla I_L : kısa devre akımı, I_0 : karanlık akım, A : sıcaklık katsayısı ve R_s : seri direnç kavramlarını ifade etmekte olup, bu dört parametre sıcaklığın ve ışınım şiddetinin birer kompleks fonksiyonudurlar. Modeldeki dört parametre, standart şartlarda (1000 W/m^2 ve 25° panel sıcaklığı) ölçülen akım ve voltaj verilerinden yararlanmak suretiyle elde edilebilmektedir.

Bu modelde solar radyasyonla orantılı olarak, akımda lineer, gerilimde ise logaritmik bir artış gözlenir [11]. Ayrıca panel sisteminde, panel sayısı ile sistem akım-



Şekil 2. Seçilen panel kombinasyonunun I-V karakteristikleri ve maksimum çalışma noktaları (MPP)

gerilim çıktısı arasında da direkt bir orantı mevcuttur. Kombinasyondaki seri bağlı panel sayısındaki artış gerilimin, paralel bağlı panel sayısındaki artış ise akımın katlanarak artmasına neden olur.

Simülasyonlar için seçilmiş panel kombinasyonunun Denklem (1)'den yararlanılarak tespit edilen I-V karakteristik eğrileri ve Newton-Rapson nümerik çözüm yöntemiyle saptanan maksimum çalışma noktaları (MPP) Şekil 2'deki diyagramda gösterilmiştir.

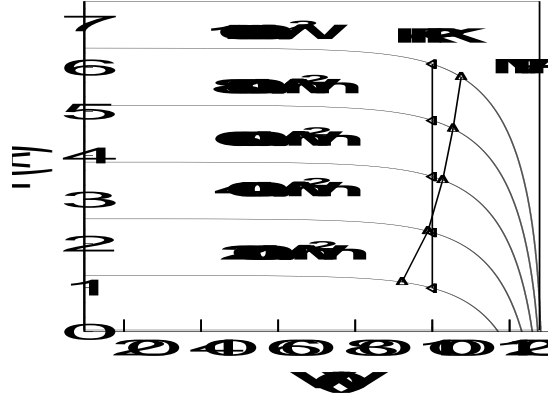
3.2. Bataryalı Pompa Kombinasyonun (BPK) Çalışma Noktalarının Tespiti

Konvansiyonel DC motor-pompa sistemlerinin PV panellere direkt bağlanmaları durumunda değişken I-V girişinden dolayı çalışma verimleri ve ömürleri çok düşük seviyelerde kalabilmektedir. Bu tür sistemlerde gerilimin değişkenliğinden doğacak olumsuzlukları minimize etmek amacıyla batarya kullanılması uygun bir çözüm olarak görülmektedir. Batarya, sistemin sabite yakın bir gerilimde çalışmasını temin ettiği gibi, sistemin panel maksimum çalışma noktalarına yakın noktalarda çalışmasını da temin edebilir. Bataryanın güneş ışınımının yetersiz olduğu anlarda enerji temini için de kullanımı söz konusu olup, bataryanın aşırı şarj ya da tam boşalmasını önlemek için bataryalara bağlı bir şarj düzenleyicisi ayrıca kullanılmalıdır [12].

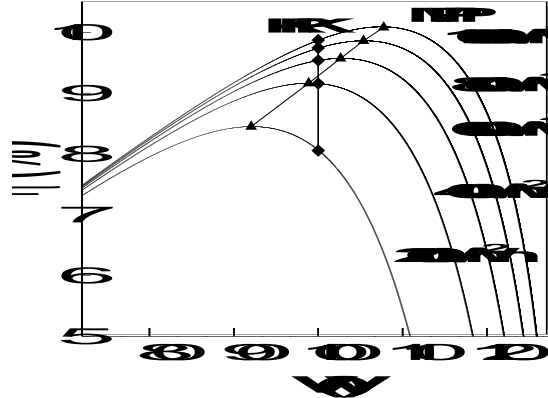
Seçilen BPK için MPP noktalarına en yakın çalışabildiği gerilim değerinin tespiti ciddi seviyede analiz ve optimizasyonu gerektirmektedir. Bu çalışmada optimum gerilim değerinin tespitinde deneme-yanılma yöntemi kullanıldı. $70\text{V} - 120\text{V}$ aralığında 5V artışla tespit edilen çalışma noktaları ile MPP değerleri karşılaştırılarak, optimum değer olan 100 volt gerilim değeri

Bataryalı ve Direkt Akupeli Fotovoltaik...

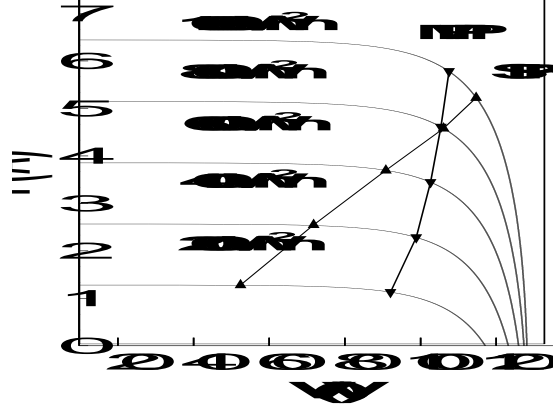
belirlendi. Batarya çıkış gerilimini temsil eden bu değerin kayıpsız olarak direkt DC motora aktarıldığı kabulünden hareketle, BPK'nin seçilmiş olan panel kombinasyonunun I-V karakteristikleri üzerindeki çalışma noktaları bilgisayar simülasyonu yardımıyla tespit edildi. Tespit edilen çalışma noktaları Şekil 3'deki diyagramda gösterilmektedir. Bu çalışma noktalarında verim ise panel kombinasyonunun η -V karakteristikleri üzerinde Şekil 4'deki diyagramda gösterilmiştir. Şekil 4'deki diyagramdan ışınım seviyesine bağlı olarak değişen sistem verimi ve maksimum sistem veriminden sapma seviyesi gözlenebilir. BPK için tespit edilen bu çalışma noktaları ve bu noktalarda panel verim değerlerinin, panel MPP değerleri ile kıyaslaması Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 3. Seçilen panel kombinasyonunun I-V karakteristik eğrileri üzerinde BPK çalışma noktaları ve MPP değerleri



Şekil 4. Seçilen panel kombinasyonunun η -V karakteristik eğrileri üzerinde BPK ve MPP çalışma verimleri



Şekil 5. Seçilen panel kombinasyonunun I-V karakteristikleri üzerinde SPK çalışma noktaları ve MPP değerleri

3.3. Solar Pompa Kombinasyonunun (SPK) Çalışma Noktalarının Tespiti

SCS 18-160 tipi Solar Jack pompasının $\Delta P=275$ kPa basınç farkı için deneysel verileri Tablo 3’de verilmiştir [11]. Bu verilerden yararlanarak seçilen SPK sisteminin akım ve gerilim değerleri arasında ilişkiyi veren

$$V = 0.506I^2 + 13.309I + 34.674 \quad (2)$$

denklemini elde edilmiştir. Seçilen SPK kombinasyonundaki sürücü-pompa ikilisinin nominal gücü 735 W olmasından dolayı yukarıda ki denklemin geçerlilik aralığı 0-735 W’dır. Denklem (2) kullanılarak göz önüne alınan SPK için belirlenmiş çalışma noktaları ve panel MPP değerleri Şekil 5’de gösterilmiştir. Çalışma noktalarında elde edilen verim değerleri ise panel kombinasyonunun η -V karakteristikleri üzerinde Şekil 6’daki diyagramda gösterilmiştir. SPK için tespit edilen çalışma noktaları ve bu noktalarda panel verim değerlerinin panel MPP değerleri ile kıyaslaması Tablo 4’de verilmiştir.

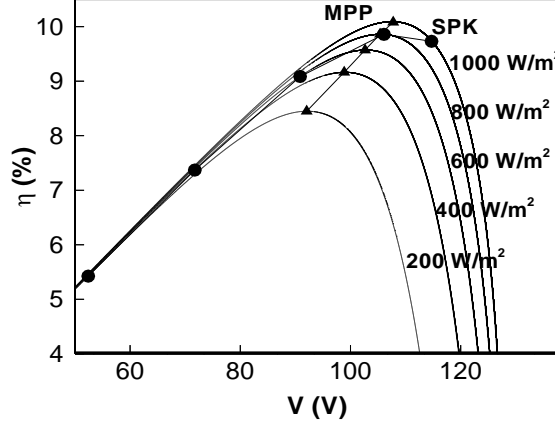
Tablo 2. BPK sisteminde panel yüzeyine gelen ışınım seviyesine bağlı değişen çalışma noktaları (V_c , I_c) ve bu noktalardaki panel veriminin (η_c) panel MPP değerlerine oranı

W/m ²	1000	800	600	400	200
V_c/V_{MPP}	0.93076	0.94907	0.97414	1.01159	1.08558
I_c/I_{MPP}	1.05104	1.04032	1.02263	0.98774	0.87787
η_c/η_{MPP}	0.97825	0.98778	0.99665	0.99932	0.95419

Tablo 3. SCS 18-160 tipi Solar Jack pompasının $\Delta P=275$ kPa basınç farkı için deneysel veriler

V (Volt)	I (Amper)	Q (lt/sn)
90	3.65	0.3028
105	4.51	0.4416
120	5.33	0.5677

Bataryalı ve Direkt Akupleli Fotovoltaik...



Şekil 6. Seçilen panel kombinasyonunun η -V karakteristikleri üzerinde SPK ve MPP çalışma verimleri

Tablo 4. SPK sisteminde ışınım seviyesine bağlı olarak değişen çalışma noktalarının (V_{ζ} , I_{ζ}) ve panel veriminin (η_{ζ}) MPP değerlerine oranı

W/m ²	V_{ζ}/V_{mpp}	I_{ζ}/I_{mpp}	η_{ζ}/η_{mpp}
1000	1.06764	0.90320	0.96427
800	1.00671	0.99306	0.99974
600	0.88507	1.07271	0.94928
400	0.72576	1.10954	0.80433
200	0.56891	1.12867	0.64209

3.4. Debi (Q) - Yük (H) Karakteristiklerinin Seçilen BPK ve SPK sistemleri için Tespiti

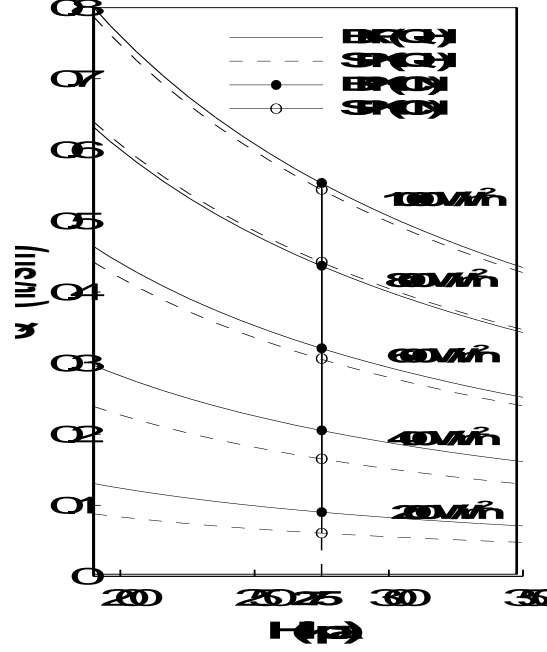
PVDS sistemlerinde debi ve pompa yükü arasındaki ilişki aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilmektedir.

$$Q = \frac{I_{py} * \eta_{\zeta} * \eta_m}{H} \quad (3)$$

Bağıntıdaki I_{py} : panel yüzeyine gelen toplam güneş ışınım şiddetini, η_{ζ} : sistemin çalışma noktasındaki verimini ve η_m : motor-pompa ikilisinin mekanik verimini göstermektedir. Denklem 3'deki bağıntı yardımıyla seçilen pompa kombinasyonlarının Q-H karakteristikleri bilgisayar simülasyonları yardımıyla saptandı. Saptanan bu değerler ve " $\Delta P=275$ kPa basınç farkına (toplam basınç kaybına) karşılık gelen çalışma noktaları Şekil 7 'de gösterilmektedir. Seçilen BPK'nda motor-pompa mekanik verimi için, literatürde konvansiyonel motor-pompa ikilileri için ortalama değer olarak önerilen 0.25 değeri kullanılmıştır [9]. Seçilen SPK için ise motor-pompa mekanik verimi, Tablo 3 'de verilen SCS 18-160 tipi solar pompanın deneysel verilerinden elde edilen pompa giriş gücü (P_G) ve mekanik verim arasındaki ilişkiyi veren

$$P_G = -3,23E - 7\eta_m + 2.85E - 4\eta_m + 0.1938 \quad (4)$$

denklemleri vasıtasıyla tespit edilmiştir. Bu denklemde Denklem 2 ile aynı geçerlilik aralığına sahiptir.



Şekil 7. Seçilen BPK ve SPK sistemlerinin Q-H karakteristikleri ve $\Delta P=275$ kPa basınç farkı için çalışma noktaları

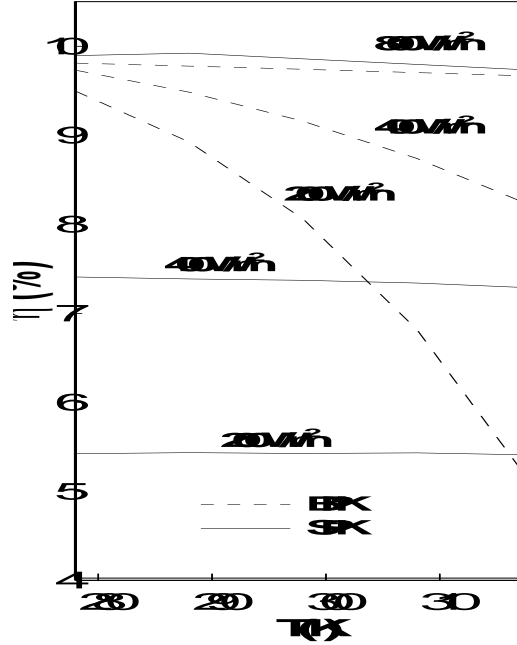
3.5. Çevre Sıcaklığının Çalışma Verimi Üzerindeki Etkisinin BPK ve SPK için Tespiti

PV panellerin I-V karakteristikleri temelde ışınım şiddeti ve panel sıcaklığı olmak üzere iki bağımsız değişken içerirler. Karakteristikler üzerinde ışınım şiddeti kadar etkisi bulunmayan panel sıcaklığı da çevre sıcaklığının birer fonksiyonudur. Bundan dolayı çevre sıcaklığındaki herhangi bir değişim panellerin I-V karakteristiklerini de değiştirecektir. Panel karakteristiklerinin değişmesi ise sistemin çalışma noktalarının ve dolayısıyla çalışma veriminin değişmesine yol açmaktadır. Göz önüne alınan BPK ve SPK için çevre sıcaklığındaki değişimin, ışınım şiddetinin bir fonksiyonu olarak ta değişen çalışma verimi üzerine etkisi tespit edilerek, elde edilen sonuçlar seçilmiş bazı ışınım şiddeti değerleri için Şekil 8'de gösterilmektedir.

4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada biri bataryalı, konvansiyonel DC motor-pompa içeren (BPK), diğeri ise direkt akupleli Solar pompa (sürekli mıknatıslı fırçasız DC motor-pompa) içeren (SPK) iki PVDSF sisteminin çalışma noktaları ve çalışma verimleri araştırılmıştır. Her iki sistemde kullanılan PV panel sayısı, panel bağlantı konfigürasyonu, pompa tipi ve DC motor nominal gücü aynıdır. Temel amaç ilk yatırım masrafi yüksekliği ve sınırlı kapasitelerde kullanılma gibi dezavantajları bulunan SPK'ya verimlilik açısından alternatif teşkil edebilecek bir bataryalı pompa kombinasyonu oluşturmaktır. Bu amaca ulaşmak için, seçilen panel konfigürasyonundan elde edilebilecek maksimum gücü temsil eden noktalara en yakın çalışma noktalarını veren optimum batarya voltaj çıkış değeri belirlenmiştir. Her iki kombinasyon için, DC motorun akım-gerilim, pompanın debi-yük eğrileri ve sistemin farklı ışınım şiddeti değerlerinde verim değerleri tespit

Bataryalı ve Direkt Akupleli Fotovoltaik...



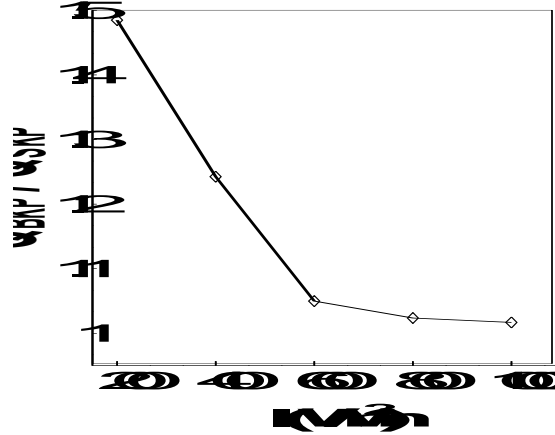
Şekil 8. Seçilen BPK ve SPK sistemlerinde sistemlerin çalışma verimlerini çevre sıcaklığına bağlı değişimi

edilerek kıyaslanmıştır.

Seçilen BPK ile SPK arasında net bir kıyaslama yapabilmek amacıyla, her iki kombinasyon için tespit edilen ve performansın direkt olarak yorumlanabileceği debilerinin oranı-ışınım şiddeti ilişkisi Şekil 9’ da gösterilmektedir. Batarya voltaj çıkış değeri üzerinde yapılan doğru optimizasyon sonucunda, tüm ışınım şiddeti değerlerinde BPK lehine bir fark oluşmaktadır. Bu fark özellikle düşük ışınım seviyelerinde daha fazla olup, ışınım seviyesi yükseldikçe azalmaktadır. Seçilen kombinasyonlarının böylesine bir performans trendi izlemesinin sebebi seçilen kombinasyonların çalışma noktalarını ve bu çalışma noktalarındaki çalışma verimlerini gösteren Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6’daki diyagramlardan kolayca anlaşılabilir. Bu diyagramlarda görüleceği gibi düşük ışınım seviyelerinde SPK için çalışma noktaları, MPP değerlerinden BPK’ ya nazaran daha uzakta bulunmaktadır. Işınım seviyesi yükseldikçe SPK aleyhine olan bu fark azalmakta ve yaklaşık olarak 800 W/m² ışınım seviyesinde minimum olmaktadır.

Çevre sıcaklığının seçilen kombinasyonların performansı üzerine etkisini gösteren Şekil 8’ deki diyagramda SPK lehine dikkat çekici bir trend söz konusudur. Çevre sıcaklığının artışı, BPK performansında özellikle düşük ışınım şiddetlerinde ciddi seviyede düşüşe sebebiyet vermektedir. Özellikle PVDPS için üretilen Solar Pompanın, sıcaklık artışıyla ortaya çıkan panel verimindeki azalmadan minimum miktarlarda etkilenmesi SPK önemli bir avantaj olarak değerlendirilebilir. Ancak ışınım şiddeti ve çevre sıcaklığı arasındaki mevcut doğal ilişkiden dolayı; çok düşük ışınım şiddeti ve yüksek çevre sıcaklığı koşullarının pratik olarak gözlenmesi pek olası olmadığından, BPK için bu durum çok önemli bir dezavantaj olmaktan çıkmaktadır. Bu çalışmada göz önüne alınan kombinasyonlar için çıkarılan sonuçların genelleştirilmesi; sunulan analizlerin çok daha kapsamlı DC motor-pompa ve Solar pompa deneysel dataları ile yapılması ile mümkün olabilecektir. Ayrıca, bu çalışma kapsamına dahil edilmeyen çalışma ömrü bazındaki maliyet

analizinin her iki kombinasyon için de yapılması sistem seçimine karar vermede önemli bir adım olacaktır.



Şekil 9. Seçilen SPK ve BPK sistemlerin 275 kpa yük çıktısında paneller yüzeyine gelen ışınım şiddetine bağlı çıktı debisindeki değişim

Yapılan incelemeler sonucu iki kombinasyon arasındaki performans farkının az olması özellikle orta ve yüksek ışınım şiddetine sahip bölgelerde sistem seçiminde kullanılabilirlik parametresinin seçim parametreleri içindeki payını ihmal edilebilecek düzeylerde olduğu görülmüştür. Böylesine bir sonuç büyük bir kısmı yüksek ışınım seviyelerine sahip bölgelerden meydana gelen bir coğrafyada yer alan ülkemiz açısından düşünülürse, yapılacak seçimde sistemlerin performans parametreleri tamamen ihmal edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Yeşilata, B., Aktacir, M.A., “ Fotovoltaik Güç Sistemli Su Pompalarının Dizayn Esasların Araştırılması”, Mühendis ve Makina, cilt 42, sayı 493, sy 29-34, 2001.
- [2] Duffie, J., Beckman, W.A., Solar Engineering of Thermal Processes, 2nd edn., Wiley Interscience, 1991.
- [3] Al-Karaghoul, A., Al-Sabounchi, A. M., “A PV Pumping System”, Applied Energy, Vol. 65, pp 145-151, 2000.
- [4] Metwally, H. M. B., Anis, W. R., “ Dynamic Performance of Directly Coupled Photovoltaic Water Pumping System Using D.C. Shunt Motor”, Energy Convers, Vol. 37, pp 1407-1416, 1996.
- [5] Metwally, H. M. B., Anis, W. R., “Performance Analysis of PV Pumping Systems Using Switched Reluctance Motor Drivers”, Solar Energy Vol. 56, pp 161-168, 1996.
- [6] Zaki A. M., Eskander M. N., “ Matching of Photovoltaic Motor-Pump Systems for Maximum “, Efficiency Operation”, Renewable Energ, Vol. 7, pp 279-288, 1996.
- [7] Langridge, D., Lawrance, W., Wichert, B., “Development of a Photo-Voltaic Pumping Systems Using a Brushless D.C. Motor and Helical Rotor Pump”, Solar Energy Vol. 56, pp 151-160, 1996.
- [8] Kou, Q., "A Method for Estimation the Long-Term Performance of Photovoltaic Pumping System.", Master Thesis, The University of Wisconsin-Madison, Solar Energy Laboratory, 1996.

Bataryalı ve Direkt Akupleli Fotovoltaik...

- [9] A Handbook of Recommended Design Practices, “Water Pumping Systems”, Stand-Alone Photovoltaic Systems, , pp 68-73, Sandia National Laboratories.
- [10] Kou, Q., Klein, A., Beckman, W., “ A Method for Estimating the Long-Term Performance of Direct- Coupled PV Pumping Systems”, Solar Energy, Vol. 64, pp 33-40, 1998.
- [11] Fıratoğlu, Z. A., Yeşilata, B., “Maksimum Güç Noktası İzleyicili Fotovoltaik Sistemlerin Optimum Dizayn ve Çalışma Koşullarının Araştırılması”, 6-Türk-Alman Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Basımda, 20-23 Temmuz 2001.
- [12] Al-Shaban S., Mohmoud A., “ Self-Control in Storage Unit of PV Plants”, Applied Energy, Vol. 65, pp 85-90, 2000.

PDF Source : [Sigma](#)