



BELTEK

FOTOVOLTAİK GÜNEŞ ENERJİ SİSTEM TASARIMI

**2.Hafta
1. Ders**

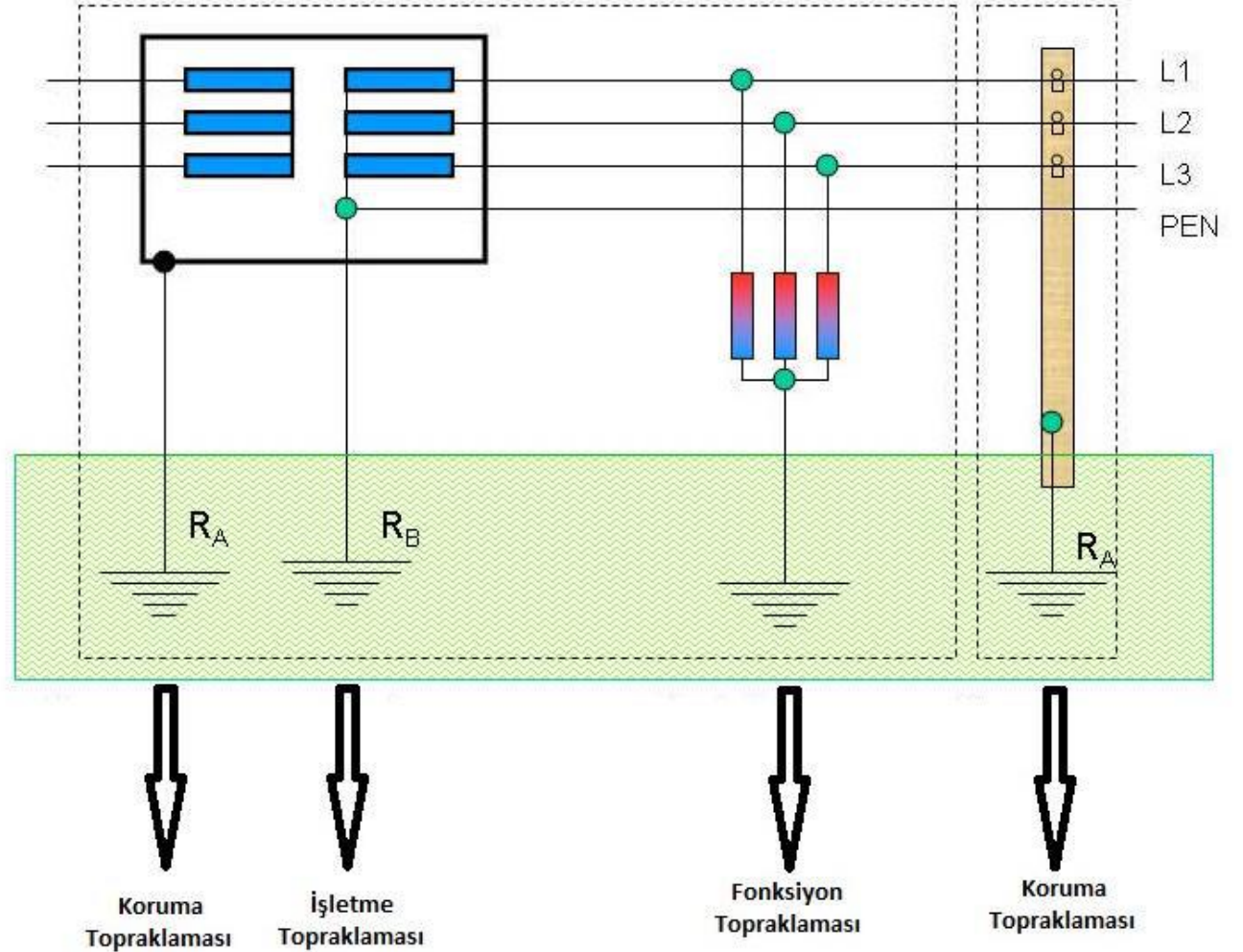
İÇİNDEKİLER

- Panellerin Topraklanması
- Topraklama, Topraklama Çeşitleri ve Ekipmanları
- Topraklama direncinin ölçülmesi
- Paneller Arası Topraklama
- Paneller ile Güneş Sehpa'sı Arası Topraklama
- Topraklama Çubuklarının Çakılması
- Topraklama Kablolarının Çekilmesi
- Topraklama Bağlantılarının Yapılması
- Topraklama Kaçak Akım Ölçüm Cihazı ve Kullanımı (MEGER)
- Meger Cihazı ile Topraklama Ölçümü
- Güneş Takip Sistemi Nedir?
- Güneş Takip Sistemine Neden İhtiyaç Duyulmuştur?
- Güneş Takip Sisteminin Çalışma Prensipleri
- Güneş Takip Sistemi Çeşitleri Nelerdir? Güneş Takip Sistemi Çeşitlerinin Verim
- Avantaj-Dezavantajları
- Güneş Takip Sistemi Örnek Uygulamaları



Topraklama, Topraklama Çeşitleri ve Ekipmanları

- Enerji üretim, iletim ve dağıtım şebekelerinde insan hayatı ve bazı aygıtların korunması bakımından yapılan en etkili önlemlerden biri de topraklamadır. Topraklama, gerilim altında olmayan bütün tesisat kısımlarının uygun iletkenlerle toprak kitlesi içerisinde yerleştirilmiş bir iletken cisme (elektrot) bağlanmasıdır. Topraklamanın amacı, elektrikli alıcıları kullananların can güvenliğini sağlamak ve cihazların zarar görmesini önlemektir. Bütün elektrik makinelerinin gövdeleri, boruların madeni kısımları, tablo ve benzerlerinin metal kısımları topraklanmalıdır.
- Topraklama çeşitleri; koruma topraklaması, işletme topraklaması, yıldırıma karşı yapılan topraklama ve fonksiyon topraklaması diye dörde ayrılır.



Topraklama, Topraklama Çeşitleri ve Ekipmanları

- **Koruma topraklaması:** İnsanları tehlikeli dokunma gerilimlerine karşı korumak için işletme araçlarının aktif olmayan kısımlarının topraklanmasıdır. Bir yalıtım hatasında elektrik devresinin aşırı akım koruma aygıtları ile açılmasını sağlamak için gerilim altında olmayan iletken tesis bölümlerinin topraklayıcılara ya da topraklanmış bölümlere doğrudan doğruya bağlanmasıdır.
- **İşletme topraklaması:** Tesisin normal işletilmesi için işletme akım devresinin topraklanmasıdır. Alçak gerilim şebekelerinde transformatörlerin sıfır noktalarının, doğru akım tesislerinde bir kutbun veya orta iletkenin topraklanması ile yapılır. Böylece sistemde toprağa karşı oluşacak gerilimin belirli değerleri aşmamasına çalışılır. Orta ve yüksek gerilim şebekelerinde işletme topraklaması ülkelerin yönetmeliklerine göre değişmektedir. Ülkemizde orta gerilim şebekeleri direnç üzerinden topraklanmaktadır. Yüksek gerilim şebekelerinin ise direkt olarak topraklanması yoluna gidilmektedir.
- **Yıldırıma karşı yapılan topraklama:** Yıldırım, bulut ile yer arasındaki elektrik yüklerinin hızlı deşarj olma olayıdır. Yıldırımın oluşması, bir bulutun alt kısmındaki enerjinin yeterli seviyeye geldiği zaman ($10\text{kv}/\text{cm}^2$) toprağa doğru bir elektron demeti olarak harekete geçmesidir. Yıldırım düşmesi durumunda işletme gereği gerilim altında bulunan iletkenlere atlamaları geniş ölçüde önlemek ve yıldırım akımını toprağa iletmek için işletme akım devresine ilişkin olmayan iletken bölümlerin topraklanmasıdır. Örneğin; hava hatlarının koruma iletkenleri, madeni veya beton direkler özel bir topraklayıcı üzerinden topraklanır. Buna yıldırım topraklaması adı verilir. Yıldırım topraklaması da bir nevi koruma topraklamasıdır ve onun için iki topraklama birbirine bağlanır. Yıldırım topraklamasının amacı hem elektrik tesisine düşen bir yıldırımın sebep olduğu aşırı gerilim dalgasının işletme araçlarına zarar vermeden toprağa iletilmesi hem de binalara düşen yıldırımın insan hayatına zarar vermeden ve bir yangına sebep olmadan toprağa atılarak zararsız hâle getirilmesidir.

Topraklama, Topraklama Çeşitleri ve Ekipmanları

- **Fonksiyon topraklaması:** Bir iletişim tesisinin veya bir işletme elemanının istenen fonksiyonu yerine getirmesi amacıyla yapılan topraklamadır. Fonksiyon topraklaması, toprağı dönüş iletkeni olarak kullanan iletişim cihazlarının işletme akımlarını da taşır. Yıldırım etkilerine karşı koruma, raylı sistem topraklaması, zayıf akım cihazlarının topraklaması, telsiz haberleşme sistemleri bu tip topraklamaya en iyi örneklerdir.
- Statik elektriğe karşı topraklama da yapılmaktadır. Statik elektrik, elektronların atomlar arasında hareket etmesiyle ortaya çıkan enerji olarak düşünülebilir. Statik elektriğe en büyük örnek olarak yıldırım verilebilir. Kısacası statik elektrik katının katıya, sıvının katıya veya iki sıvının birbirine sürtünmesi sonucu oluşan, genel olarak bir işe yaramayan ve zaman zaman arklar şeklinde boşalan elektrik enerjisidir. Bu kontrolsüz güç, çok önemli bir yangın çıkış sebebidir. Endüstriyel ve ticari işlemlerde, yangın riskinden dolayı statik elektriğin büyük bir önemi vardır. Endüstriyel ve ticari işlemlerde statik elektrik; transport işlerinde, konveyör bantlarında, kaplama işlemlerinde, örtme ve doldurma işlemlerinde, basım ve matbaa işlemlerinde, karıştırma işlemlerinde ve sprey uygulamaları gibi birçok yerde görülmektedir.
- Topraklama tesislerinin yapımında topraklayıcılar (topraklama elektrodu), topraklama iletkenleri ve bağlantı parçaları kullanılır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yayınlanan “Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği”ne uygun olarak şerit, profil (köşebent), levha ve örgülü iletken topraklama elemanları üretilmektedir.

Topraklama, Topraklama Çeşitleri ve Ekipmanları

- **Topraklama elektrodu:** Toprağa gömülü ve toprakla iletken bir bağlantısı olan veya beton içine gömülü, geniş yüzeyli bağlantısı olan iletken parçalarıdır. Konuma göre topraklayıcılar:
- **Yüzeyel topraklayıcı:** Genel olarak 0,5-1 m arasında bir derinliğe yerleştirilen topraklayıcıdır. Galvanizli şerit veya yuvarlak ya da örgülü iletkenlerden yapılabilir. Yıldız, halka, gözlü topraklayıcı ya da bunların karışımı olabilir.
- **Derin topraklayıcı:** Genellikle düşey olarak 1 m'den daha derine yerleştirilen topraklayıcıdır. Galvanizli boru, yuvarlak çubuk veya benzeri profil malzemelerden yapılabilir.

Topraklayıcı olarak aşağıdaki elemanlar kullanılabilir:

- Şerit veya örgülü iletken topraklayıcı (Resim 1.1)
- Çubuk topraklayıcı veya profil (köşebent) topraklayıcı (Resim 1.2)
- Levha topraklayıcı (Resim 1.3)

Topraklama, Topraklama Çeşitleri ve Ekipmanları



Resim 1.1: Şerit topraklayıcı



Resim 1.2: Çubuk topraklayıcı



Resim 1.3: Levha topraklayıcı

Topraklama, Topraklama Çeşitleri ve Ekipmanları

- Topraklama elektrotları toprak ile sürekli temasta bulunduğu için korozyona (kimyasal ve biyolojik etkiler, oksitlenme, elektrolit, korozyon oluşumu ve elektroliz vb.) karşı dayanıklı malzemeden olmalıdır. Bunlar hem montaj esnasında çıkabilecek mekanik zorlanmalara karşı dayanıklı olmalı hem de normal işletmede oluşan mekanik etkilere dayanmalıdır. Beton temeline gömülen çelik ve çelik kazıklar veya diğer topraklayıcılar topraklama tesisinin bir kısmı olarak kullanılabilir.
- **Bağlantı elemanları:** Klemens, pabuç ve diğer yardımcı bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Bakır ve galvanizden yapılmaktadır

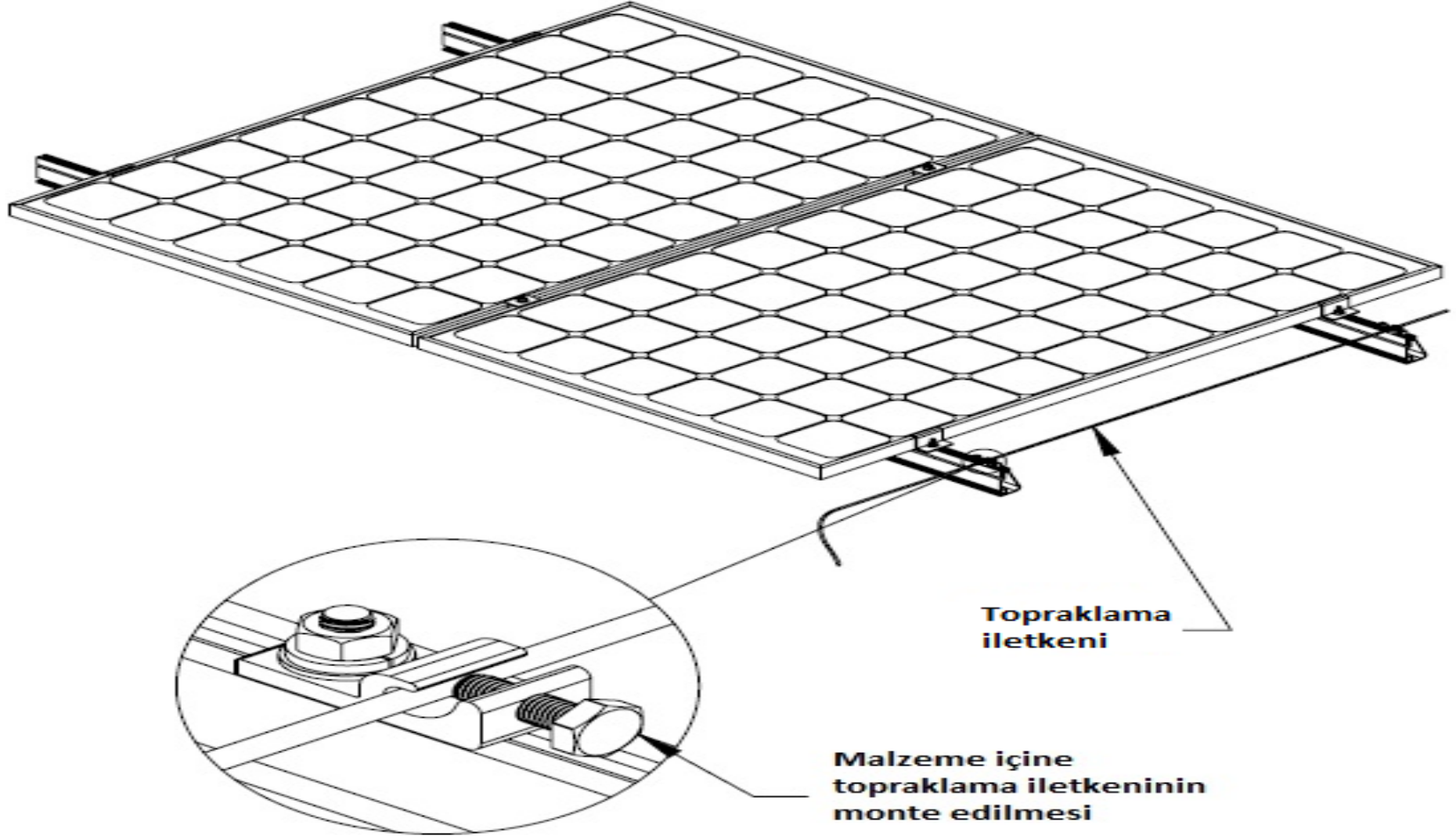


Paneller Arası Topraklama

- Tüm modül çerçeveleri, modül topraklamanın zorunlu olduğu ülkelerde düzgünce topraklanmalıdır. PV (Photo Voltaic) modüllerin metalik çerçevelerinin topraklanması için belirlenen teçhizat, modülün açıkta kalan metal çerçevelerini topraklamak için bağlanmalıdır. Topraklama vidaları, civatalar ya da diğer parçalar modülün montaj parçalarından ayrı olarak kullanılmalıdır.
- Yenilenebilir enerji üreten foto-voltaik sistemler, kurulum yeri ve kurulum alanı sebebi ile yıldırım düşme tehlikesi riski taşır. Binaların ve foto-voltaik sistemlerin korunması, tesislerin işletimde kalma sürelerinin artırılması ve yatırımların güvenliği açısından önemlidir. Güneş panelleri, montaj yeri özelliğine göre som bakır ve esnek bakır iletkenler ile topraklanır. Foto-voltaik sistemlerin bozulmasındaki en büyük etken genellikle yıldırım düşmesi sonucunda oluşan yüksek gerilimdir. Bu gibi durumlarda foto-voltaik sistemin kullanıcısı, sistemin durmasından kaynaklanan zararın yanı sıra yüksek tamir bedeli ile karşı karşıya kalır. Bu hasarlara engel olmak için birbirine uygun olarak tasarlanmış yıldırım ve yüksek gerilim koruması kullanılmalıdır. **(Parafudr ve Paratoner)**
- Güneş panellerinin metal olan çerçeveleri güneş panel sehpaı montaj rayının üzerinde olduğu için güneş panelleri montaj raylarının topraklanması güneş panellerini de topraklamış olacaktır.



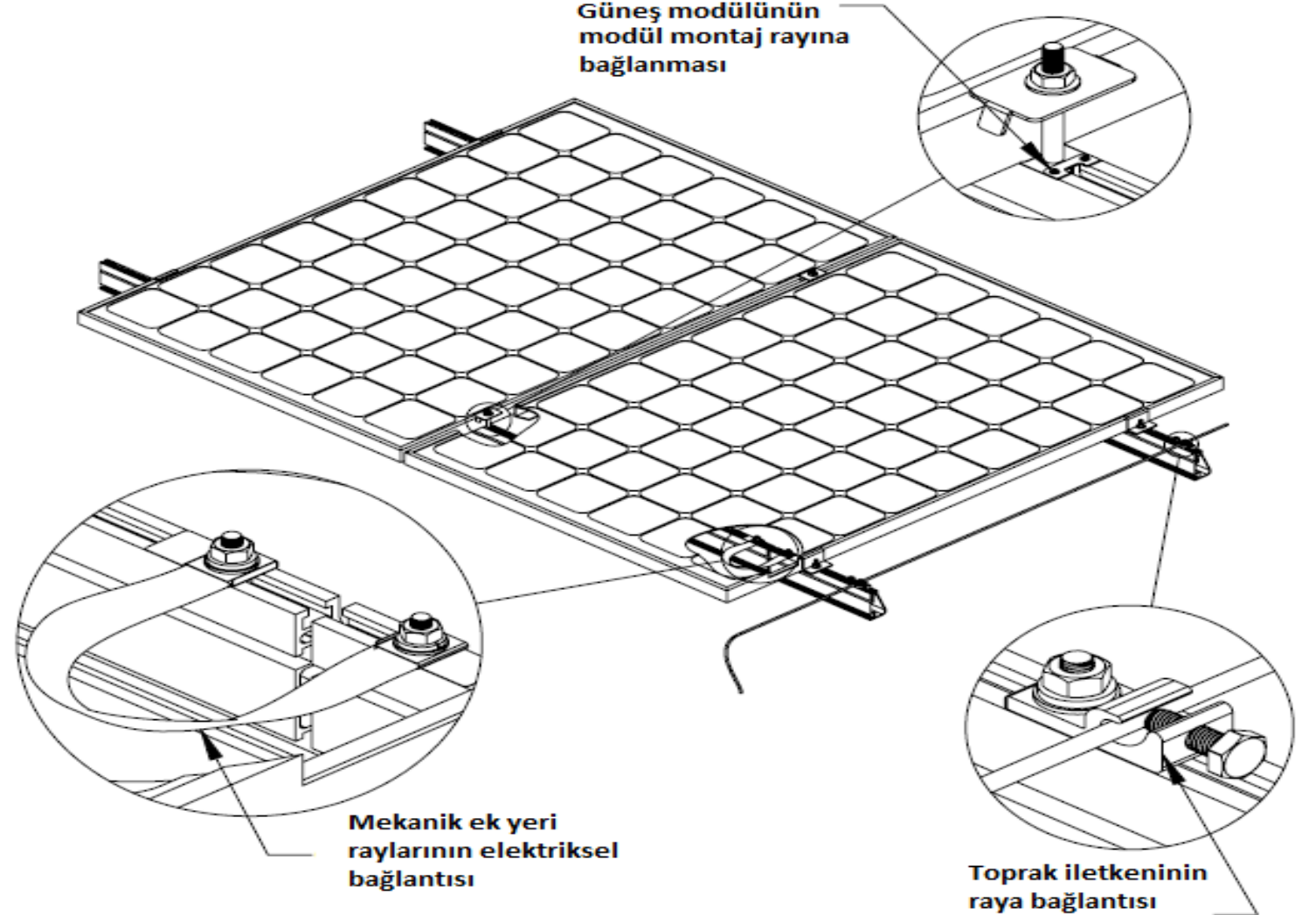
Paneller Arası Topraklama



Güneş panellerine topraklama iletkeninin bağlanması

Paneller İle Güneş Sehpası Arası Topraklama

- Foto-voltaik sistemlerin uygulama alanları daima eldeki tüm yüzeyi kaplayacak şekilde tasarlandığından mevcut TT topraklama sistemiyle entegre edilmeleri gerekmektedir. TT topraklama sisteminde koruma topraklaması alıcının yanında yapılır, trafoya sadece faz ve nötr kabloları çekilir.
- Güneş panelleri metal montaj rayları üzerine monte edilir. Güneş panellerinin metal çerçevesi ile montaj rayı iletken olduğu için ve birbirlerine temas ettiği için güneş paneli montaj rayının topraklanması güneş panelini de topraklamış olacaktır. Güneş paneli montaj raylarının ek yerleri de elektriksel olarak birbirine bağlanmalıdır.



Güneş panellerinin montaj rayına bağlantısı

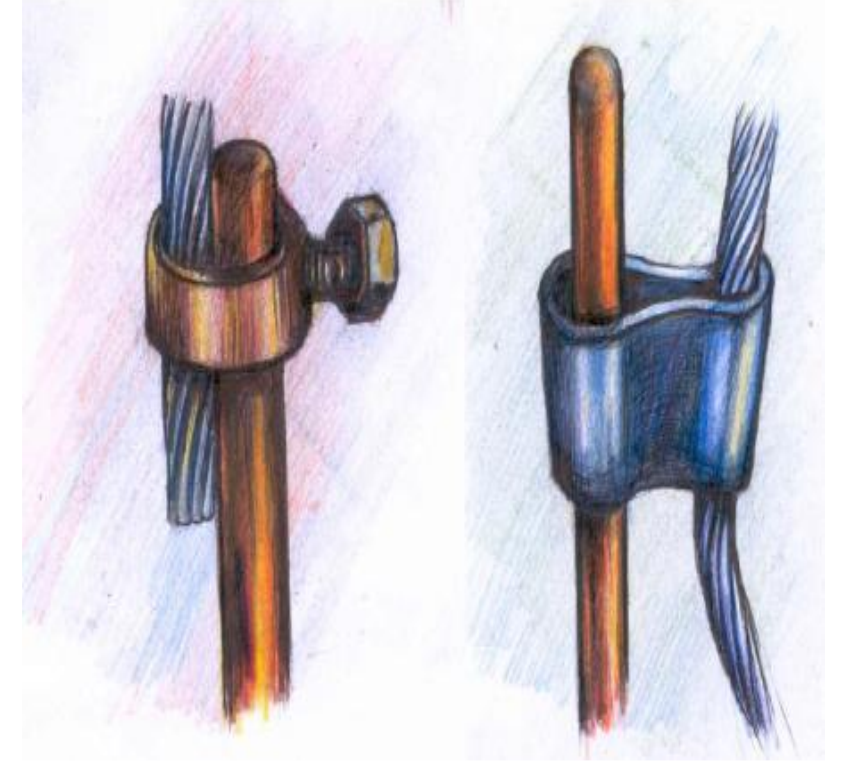
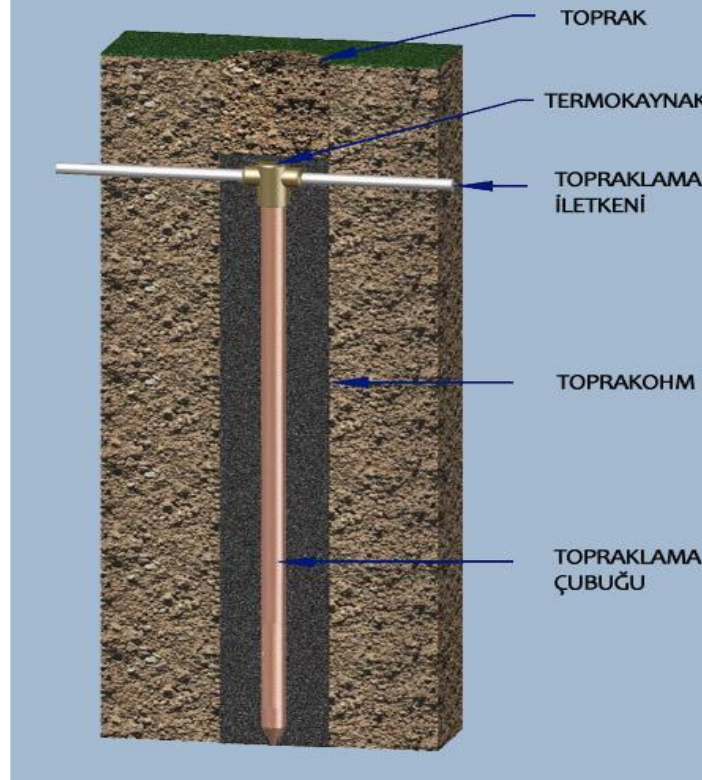
Paneller ile Güneş Sehpası Arası Topraklama

- Güneş panelleri montaj yeri özelliğine göre som bakır ve esnek bakır iletkenler ile aşağıdaki belirtilen uygulamalardaki gibi topraklanır



Topraklama Çubuklarının Çakılması

- Mahalli şartlar başka bir gerecin kullanılmasını gerektirmiyorsa topraklayıcı olarak en iyisi sıcak galvanizli çelik, bakır kaplamalı çelik ya da bakır kullanılmalıdır. Topraklama elektroduna irtibat iletkeni çeşitli kalınlıkta yuvarlak, örgülü veya yassı şeklinde bakır veya galvanizli iletken kullanılmaktadır.



Toprak içerisindeki topraklama çubuğuna iletkenin bağlantısı

Topraklama Çubuklarının Çakılması

- Topraklama iletkenlerinin en küçük kesiti Elektrik Tesisleri Topraklama Yönetmeliği'ne göre;
- Bakır: 16 mm² ,
- Alüminyum: 35 mm² ,
- Çelik: 50 mm² olmalıdır.
- İyi bir topraklama çubuğunun elektriksel olarak düşük iç direnci bulunmalı ve kesiti yüksek akımların taşınması için yeterli olmalıdır. Mekaniksel olarak yüksek mukavemete sahip olmalı, kolay çakılma için katı bir merkeze sahip bulunmalı, dayanıklı ve korozyona dirençli olmalıdır.
- Topraklama çubuğu ile topraklama iletkeninin irtibatı klemens sistemi ile sağlanır. Klemens sisteminin bulunmadığı çubuklarda, çubuk tepesinden kaynak sistemi ile irtibat yapılır. İrtibatlama klemens sistemi ile yapılırsa irtibat noktası katran veya benzeri bir madde ile koruma altına alınır. Uygun boyutlarda ve istenen topraklama direncini sağlayacak sayıda seçilen topraklama çubukları, düşey olarak ve üst ucu toprağın en az 80 cm altında olacak şekilde toprağa çakılmalıdır.
- Çubuk topraklayıcılar özellikle özgül toprak direnci derinliğe bağlı olarak azalan yerlerde tercih edilmelidir. Birden fazla çubuğun çakıldığı durumlarda iki çubuk arasındaki mesafe çubuk boyunun minimum iki katı olacaktır. Çubuklar toprağa sağlamca fakat çeperindeki toprağı gevşetmeyecek şekilde çakılacaktır. Çubuklar önceden delinen delikler içerisine konmayacaktır. Delik delme mecburiyeti olursa çubuk konduktan sonra etrafına elenmiş tarla toprağı veya killi toprak konulacaktır.

Topraklama Çubuklarının Çakılması

- Topraklama, en az iki veya üç adet genellikle çapı 12,5 mm ile 40 mm arasında ve en az 1,20 m uzunluğunda toprağa dikey olarak çakılan çubuklarla yapılır. Ülkemizde genellikle 20 mm çapında iki parçalı 3 m veya 3,5 m uzunluğunda bakır veya çelik-bakır elektrotlar kullanılır.
- Daha büyük uzunluklar için çubuklar birbirine eklenebilir. Topraklama çubuğu uzunluğu çubuğun çapından daha önemlidir.
- Topraklama çubuklarının aralıkları, çubuk uzunluğunun iki katı uzunluğunda ve mümkünse kaz ayağı şeklinde yapılmalıdır.



Kaz ayağı topraklama sistemi

Paneller İle Güneş Sehpası Arası Topraklama

- Topraklama çubukları iniş iletkenleri ile toprak yüzeyinin en az 10-15 cm altında birbirine bağlanmalıdır. Bunun nedeni kışın toprak yüzeyinin 5 cm'e kadar donabiliyor olmasıdır. Topraklama çubuğu ile topraklama iletkenleri iki şekilde bağlanabilir:
- Termokaynak ile: Bir grafit kalıp içerisine bakıroksit konularak ateşlenir. Oluşan yanma sonunda topraklama çubuğu ve topraklama iletkeni birbirine kaynamış olur. Bu yöntem, uygulamalarda yapılan yanlışlıklar nedeniyle tavsiye edilmez.
- Ek klemens ile: Topraklama çubuğu ve iniş iletkenleri et kalınlığı iyi olan ek klemensi ile iyice sıkılıp sadece ek yerine zift, yağlı boya vs. sürülerek geçiş direncine engel olacak oksitlenmeler ve korozyif etkilerden korunur.
- Topraklayıcının çevresindeki toprağa iyi temas etmesi gerekir. Topraklayıcıların tesisinde iyi iletken toprak tabakaları kullanılmalıdır. Toprak tabakalarının kuru olması durumunda, topraklayıcının çevresindeki toprak ıslatılıp çamur hâline getirilmeli, topraklayıcı gömüldükten sonra toprak dövülerek sıkıştırılmalıdır. Topraklayıcının yanındaki taş ve iri çakıllar yayılma direncini artıracığından bunlar ayıklanmalıdır. Şerit ve çubuk topraklayıcıların yayılma direnci daha çok kendi uzaklıklarına, daha az olarak da kesitlerine bağlıdır.

Topraklama Kablolarının Çekilmesi

- Bakır levhadan veya topraklıyıcıdan binaya çekilen topraklama kablo rengi genelde **sarı-yeşil**, kesiti ise binaya çekilen nötr hattının kesitinin yarısı veya yarıdan fazlası olmalıdır.
- Örneğin; binaya giren besleme kablosu 3x50+35 mm² ise nötr hattı 35mm²'lidir. Bunun yarısı 16 mm² ya da bir üstü olan 25 mm² çekilen topraklama iletkeni kesiti olmalıdır. Pratikte böyle yapılmaktadır. Topraklama kablosu çekilirken mekanik zorlamalara dikkat edilmelidir. Duvar geçişlerinin, tavaların döşenmesinde korozyona karşı korumada kolaylıkla ulaşılabilmeli, kimyasal etkilere karşı korunmalıdır. Koruma topraklama direncinin **10 Ohm'dan** küçük olması gerekir.
- Topraklama iletkenleri mümkün olduğunca kısa yoldan bağlanmalıdır. Topraklama iletkenlerinin mekanik tahribata karşı korunması gerekmektedir. Topraklama iletkenleri toprak üzerine yerleştirilebilir. Böyle bir durumda bunlara her an ulaşılabilir. Bir mekanik tahribat riski söz konusu olacaksa topraklama iletkeni uygun şekilde korunmalıdır. Topraklama iletkenleri beton içerisine de gömülebilir. Bağlantı uçları her iki uçta da kolaylıkla erişilebilir olmalıdır. Çıplak topraklama iletkenlerinin toprağa veya betona girdiği yerlerde aşınmayı önlemek amacıyla özel itina gösterilmelidir. Topraklama iletkenleri birbirine eklenirken ekler, hata akımı geçme durumunda "kabul edilemez ısı yükselmesi"ni önlemek için iyi bir elektriksel sürekliliğe sahip olmalıdır. Ekler gevşek olmamalı ve korozyona karşı korunmalıdır.



Topraklama Bağlantılarının Yapılması

- Topraklama iletkenini topraklayıcıya, ana topraklama bağlantı ucuna ve herhangi bir metalik kısma bağlamak için uygun bağlantı parçaları kullanılmalıdır. Cıvata bağlantısı yalnız bir cıvata ile yapılırsa en azından M10 cıvata kullanılmalıdır. Örgülü iletkenlerde ezmeli, sıkıştırmalı ya da vidalı bağlantılar gibi kovanlı (manşonlu) bağlantılar da kullanılabilir. Örgülü bakır iletkenlerin kurşun kılıfları bağlantı noktalarında soyulmalıdır. Bağlantı noktaları korozyona karşı (örneğin bitüm gibi maddeler ile) korunmalıdır. Özel aletler kullanılmadan eklerin sökülmesi mümkün olmamalıdır.



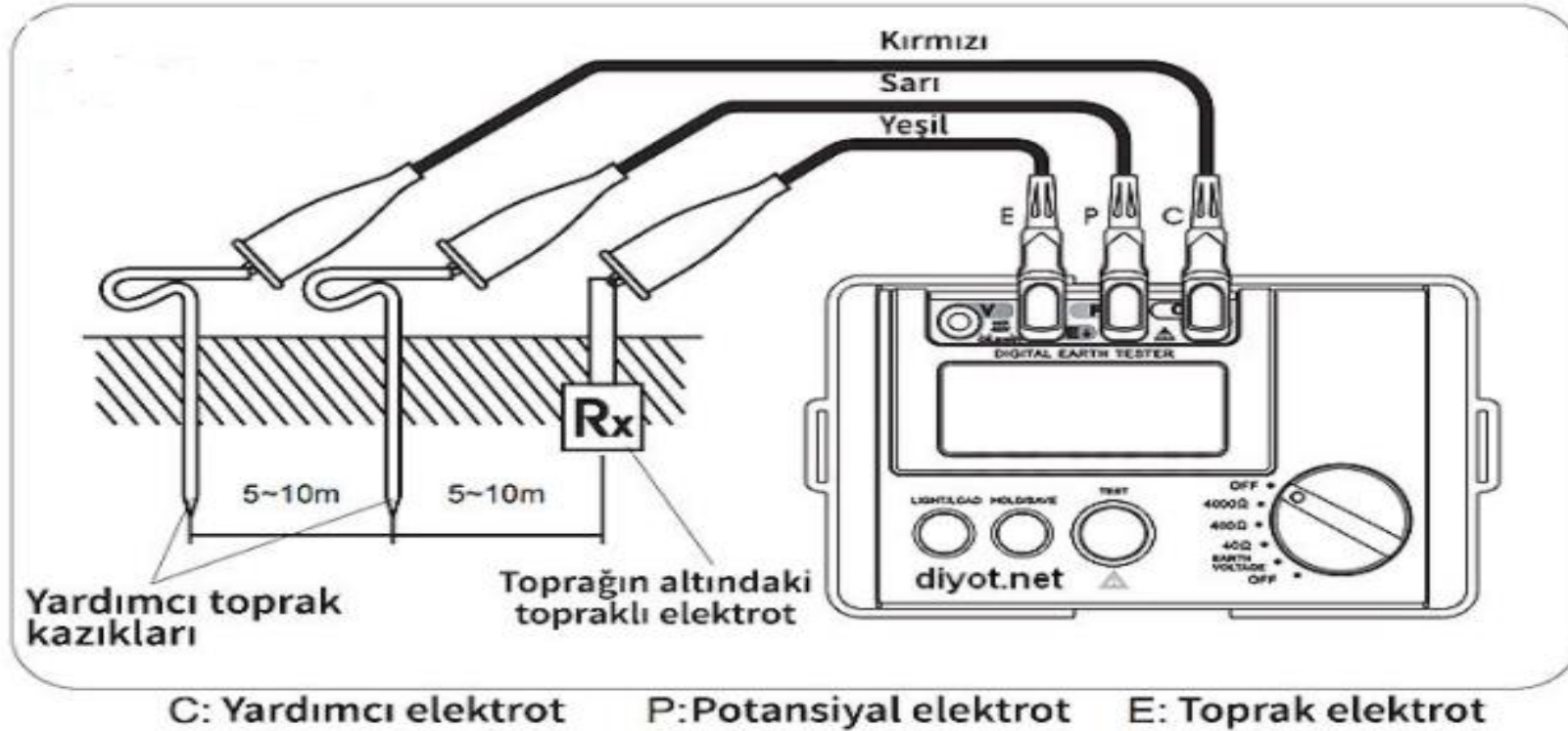
Topraklama Kaçak Akım Ölçüm Cihazı ve Kullanımı (MEGER)

- Piyasada meger olarak bilinen "topraklama kaçak ölçüm cihazı" topraklama tesisatının yeterliliğini ,yada mevcut hattaki kaçakları ölçmeye yarayan bir cihazdır. Bir diğer ifade ile yalıtkanlık direnci ölçerler. Cihazda Megger marka dünya lideri durumunda olduğu için meger cihazı olarak ta bilinir.
- Meger cihazı 100 V ve üzeri gerilimler üretip hatta vererek ölçüm yapar. Gerilim değeri daha yüksek olan megerler daha isabetli ölçüm yapabilmektedir. Ayrıca doğru akım yada alternatif akımla ölçüm yapılabilse de doğru akımla yapılan sonuçlar daha isabetli olmaktadır. Bu nedenle çoğu meger cihazı sadece doğru akımla ölçüm yapar.
- Sarı ve Kırmızı kablolar kazıklar takılır. Kazıkların üzerinde ilave kablo çekmek için delikler vardır. Tek kazıkta kullanılabilir çift kazıkta. Çift kazık her zaman daha kesin sonuç verir. Kazıklar toprağa çakılmalıdır. Aralarında en az 5 m ,mümkünse 10 m mesafe olmalıdır. Yeşil kablo ve pensi ise ölçüm yapılacak hat yada cihaza bağlanır.



Meger Cihazı ile Topraklama Ölçümü

- Topraklama hattının toprağa karşı ne kadar yalıtkanlık sağlandığını bu ölçümle anlarız. Önce hattın elektriği kesilir. Megerin iki kazığı yada kazıklardan biri toprağa saplanır. Kazıklar arasında en az 5 m, tercihen 10 m mesafe olmalıdır. Tek kazık kullanılacaksa ölçüm düğmesi 2P ,çifta kazık kullanılacaksa 3P ye getirilmelidir. Yeşil pens ise topraklama hattına bağlanır ve test butonuna basılır. Ölçüm biraz uzun sürebilir. Sonuç ekranda belirecektir.



Meger Cihazı ile Topraklama Ölçümü

- Topraklama direnci topraklama levhasının yayılma direnci ile topraklama iletkeninin dirençlerinin toplamına eşittir.
- Topraklama levhasının yayılma direnci için yandaki tabloları kullanabilirsiniz. Bu direnç toprağın cinsine göre değişir.

Toprağın Cinsi	Özgül direnç ρ ($\Omega.m$)
Bataklık	30
Killi toprak	100
Rutubetli kum	200
Rutubetli çakıl	500
Kuru kum veya çakıl	1000
Taşlı zemin	3000

Tablo 1.3: Çeşitli toprak cinslerinin ortalama özgül dirençleri

Topraklayıcının cinsi	Şerit ya da örgülü iletken (Uzunluk)				Çubuk ya da boru (Uzunluk)				Düşey levha, üst kenarı 1m toprak altında (Boyutlar)	
Yayılma direnci (Ohm)	10m	25m	50m	100m	1m	2m	3m	5m	0.5m x 1m	1m x 1m
	20	10	5	3	70	40	30	20	35	25
Başka özgül toprak dirençleri (ρ) için yayılma dirençleri bu çizelgede verilen yayılma dirençleri $\rho/\rho_1 = \rho/100$ kat sayısı ile çarpılarak bulunur.										

Tablo 1.4: Özgül direnci $\rho = 100$ ohm.m olan toprak için yayılma dirençleri

Meger Cihazı ile Topraklama Ölçümü

- Topraklama direnci belli bir değerin üzerinde çıkarsa, kaçak anında sigortayı attırmaz ve insanların can güvenliğini tehlikeye sokar. Aynı zamanda büyük çapta enerji kaybına sebep olur. Günümüzde kaçak akım rölelerinin yaygın şekilde kullanılması sonucu bu sakıncalar en aza inmiştir. Topraklamanın direnci belli bir omaj değerinin üzerinde olursa, yapılan topraklama istenilen değerde koruma yapamaz ve insanların can güvenliği tehlikeye girer. Bundan dolayı topraklama yapılan tesislerde, mutlaka topraklama direncinin ölçülmesi gerekir. Topraklama direnci büyük çıkan işletmelerde yeni topraklama levhaları gömülüp veya topraklama kazıkları çakılıp biri birine paralel bağlanabilir. Yada daha nemli ve killi topraklara meyledilebilir. İyi yapılmış topraklamada; faz ve toprak arası kısa devresinde, sigorta devreyi açmalıdır.
- Yüksek gerilim tesislerinde çeşitli topraklama dirençleri için tavsiye edilen değerler aşağıya çıkarılmıştır.
- İşletme topraklaması $RB < 2 \text{ ohm}$
- Koruma topraklaması RA Koruma düzeneğine bağlı olarak
- Dengelenmiş şebekelerde $RA < 2 \text{ ohm}$
- Trafo merkezlerinde, direklerde $RA < 4 \text{ ohm}$

Güneş Takip Sistemi Nedir ?

- Güneş panellerinde güneşlenmenin;
- Günün her saatinde,
- En yüksek verimle

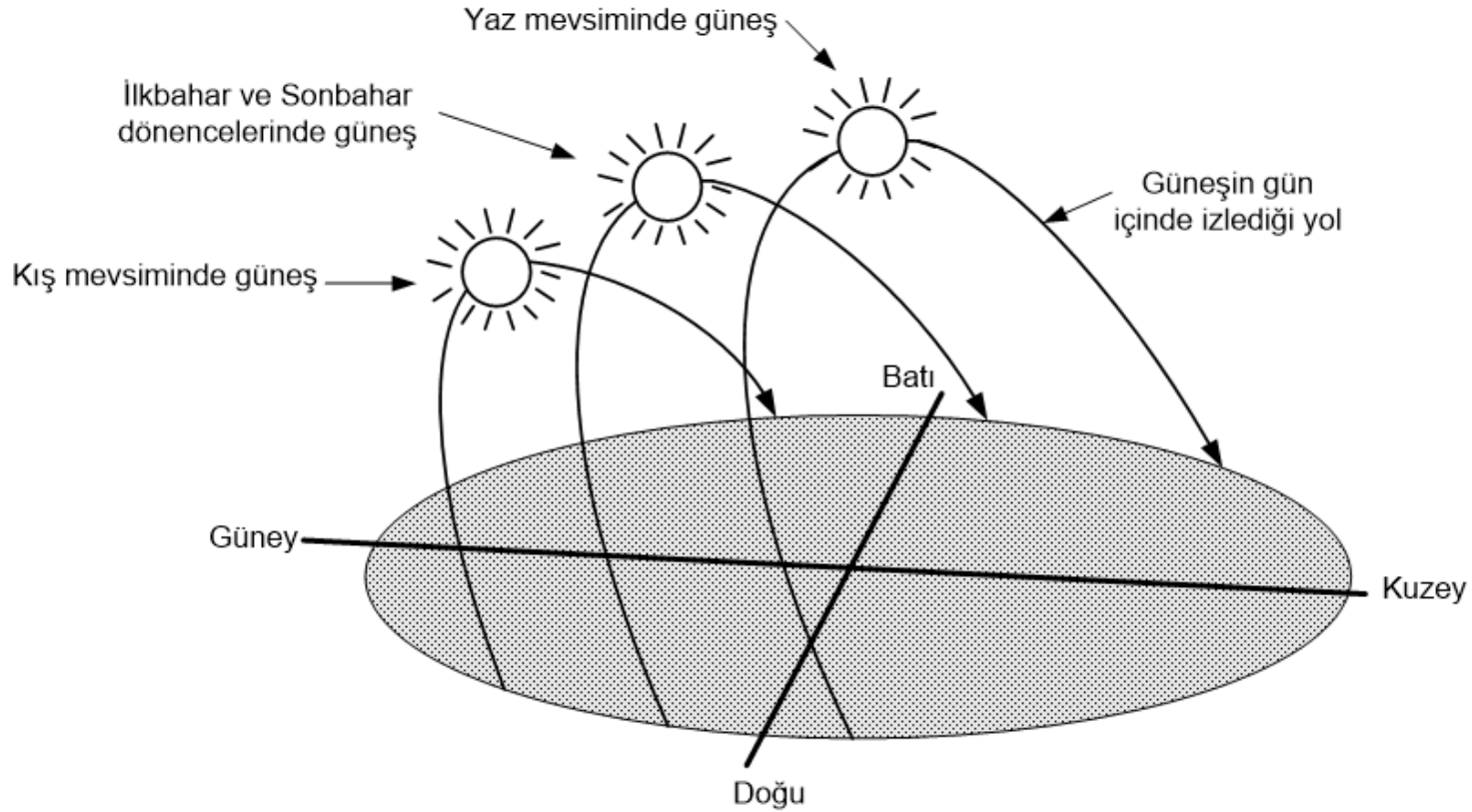
gerçekleşebilmesi için panelleri gelen güneş ışığına dik olarak yönelten izleyici elemanlarından oluşmuş sisteme **GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİ** denir.

- Güneş panelinin çıkış gücü, panele düşen ışığın miktarına bağlıdır. Güneş panelleri hareket ettirerek ve güneşe yönelmelerini sağlayarak elektrik üretimleri maksimuma getirilebilir.



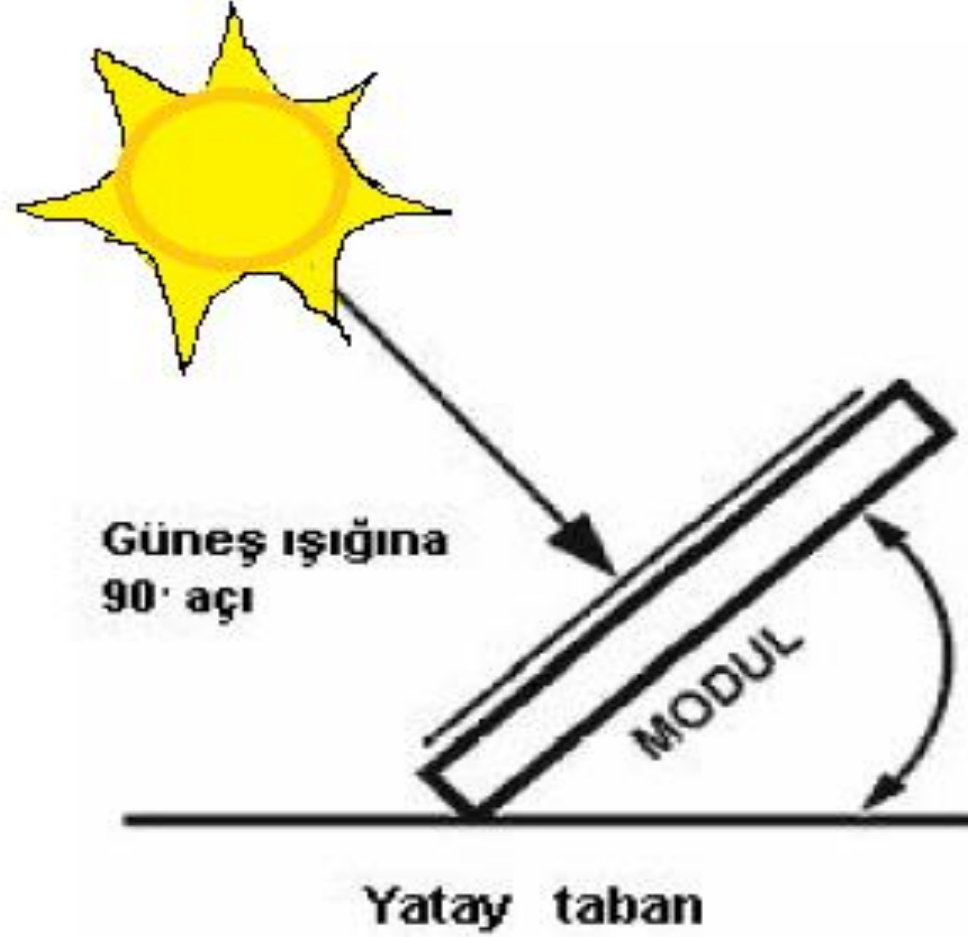
Neden Güneş Takip Sistemi ?

- 1) Güneş ve Dünya'nın hareketinden dolayı güneş enerjisinden sürekli ve yüksek verimde faydalanma isteği.



Neden Güneş Takip Sistemi ?

- **2)** Fotovoltaik panellerin maksimum verimi güneş ışınların dik gelmesi sonucu elde etmeleri.



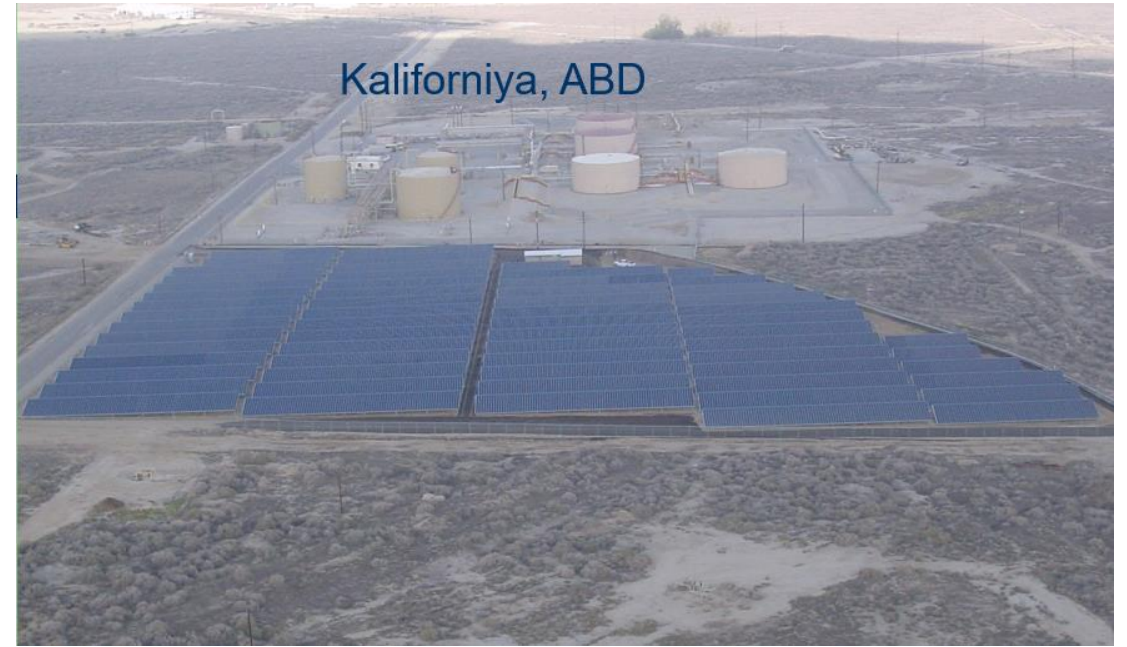
Neden Güneş Takip Sistemi ?

- **3)** Kötü hava ve iklim koşullarında istenilen ısıtım miktarının alınamaması.



Neden Güneş Takip Sistemi ?

4) Yüksek güçler elde etmek için geniş yüzey alanı ihtiyacı nedeniyle maliyetin yükselmesi.



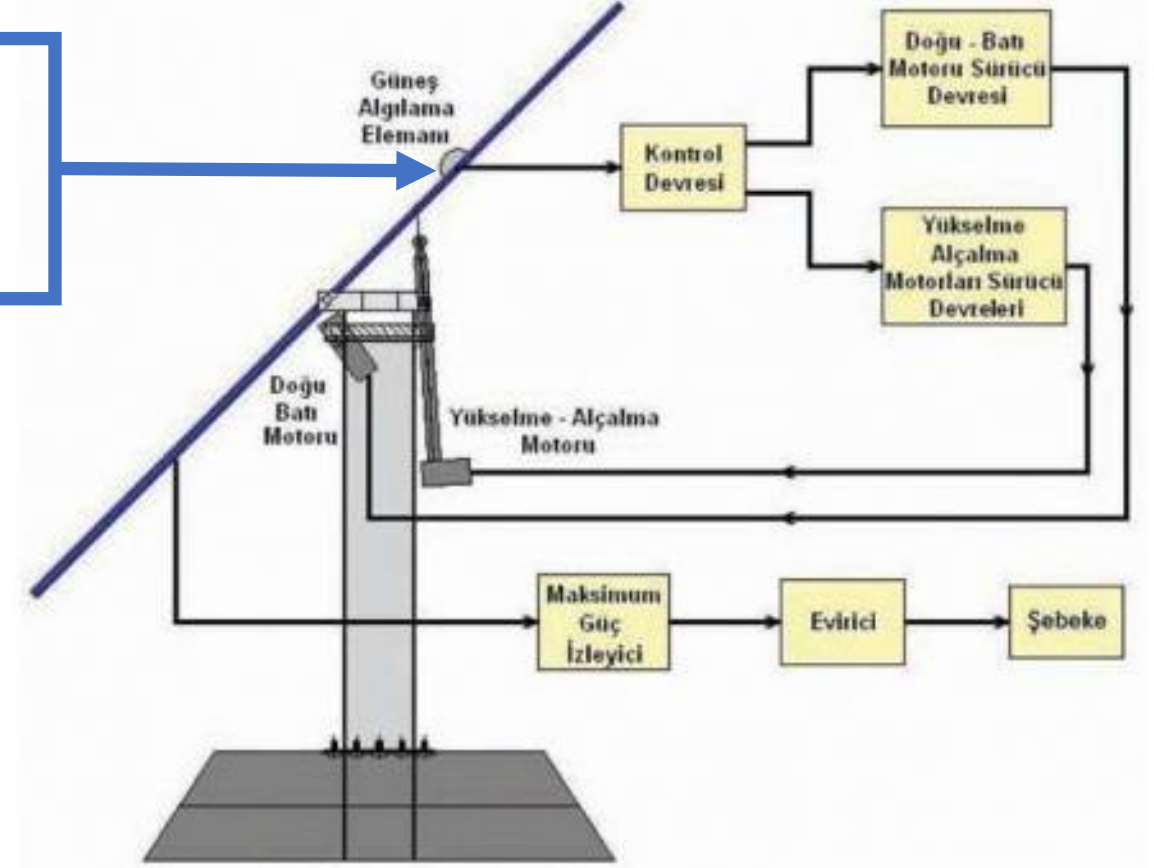
Neden Güneş Takip Sistemi ?

- 5) Olumsuz arazi yapısı, saha koşulları.

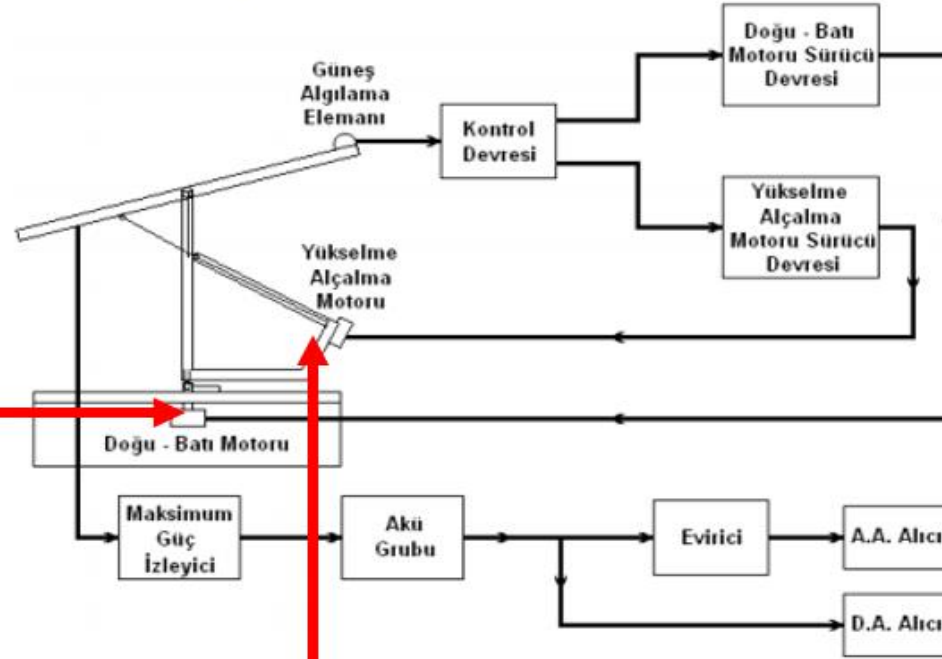
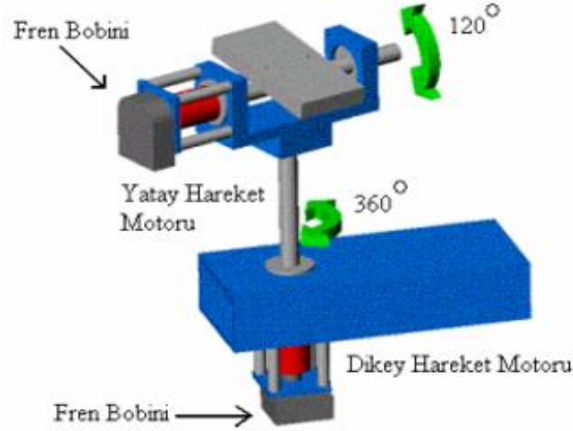


Güneş Takip Sistemlerinin Çalışma Prensibi

Sistemin güneşi izleyebilmesi için öncelikle güneşin konumunun belirlenmesi gerekmektedir. Bu işlemi sistemdeki güneş algılama elemanı gerçekleştirmektedir



Güneş Takip Sistemlerinin Çalışma Prensibi

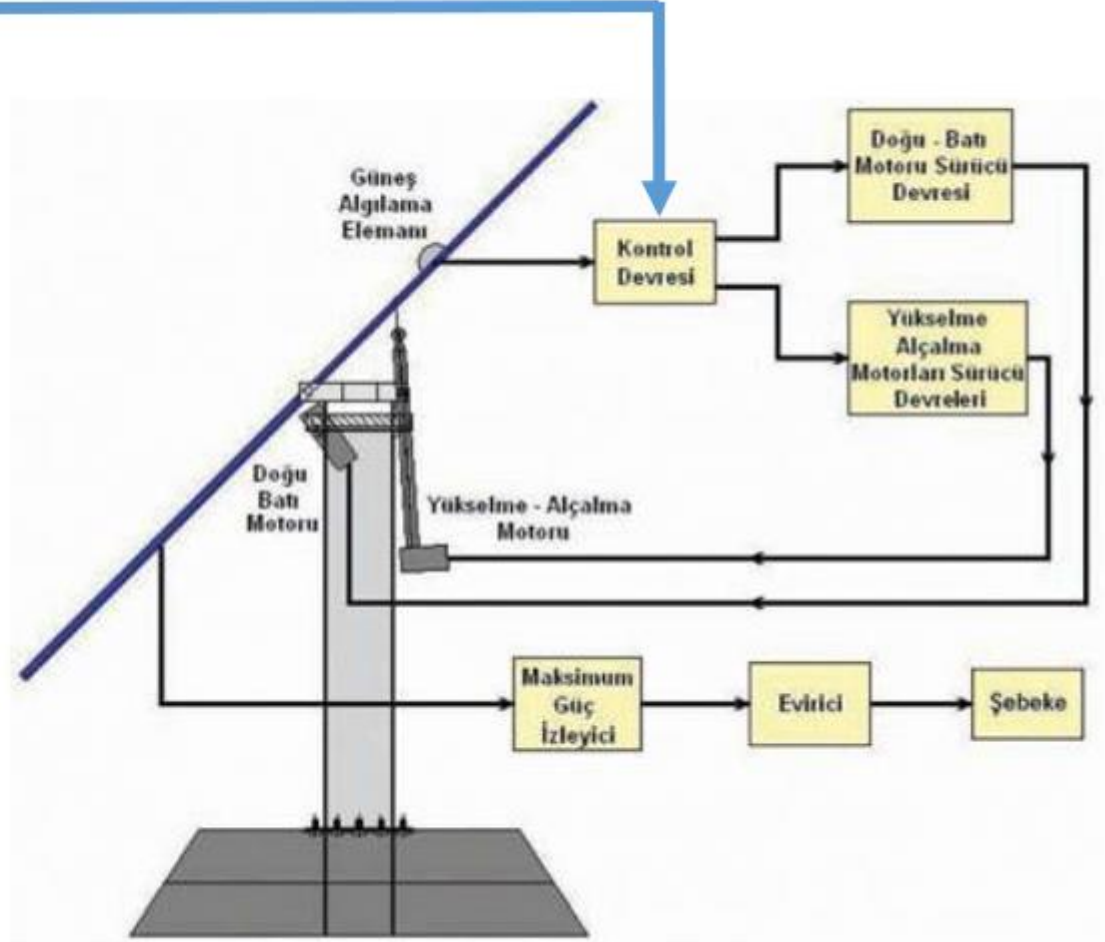


Sistemde bulunan doğu-batı ve yükselme alçalma motorları ile güneş takip sisteminin iki eksenli hareketi sağlanmaktadır.

Güneş Takip Sistemlerinin Çalışma Prensipleri

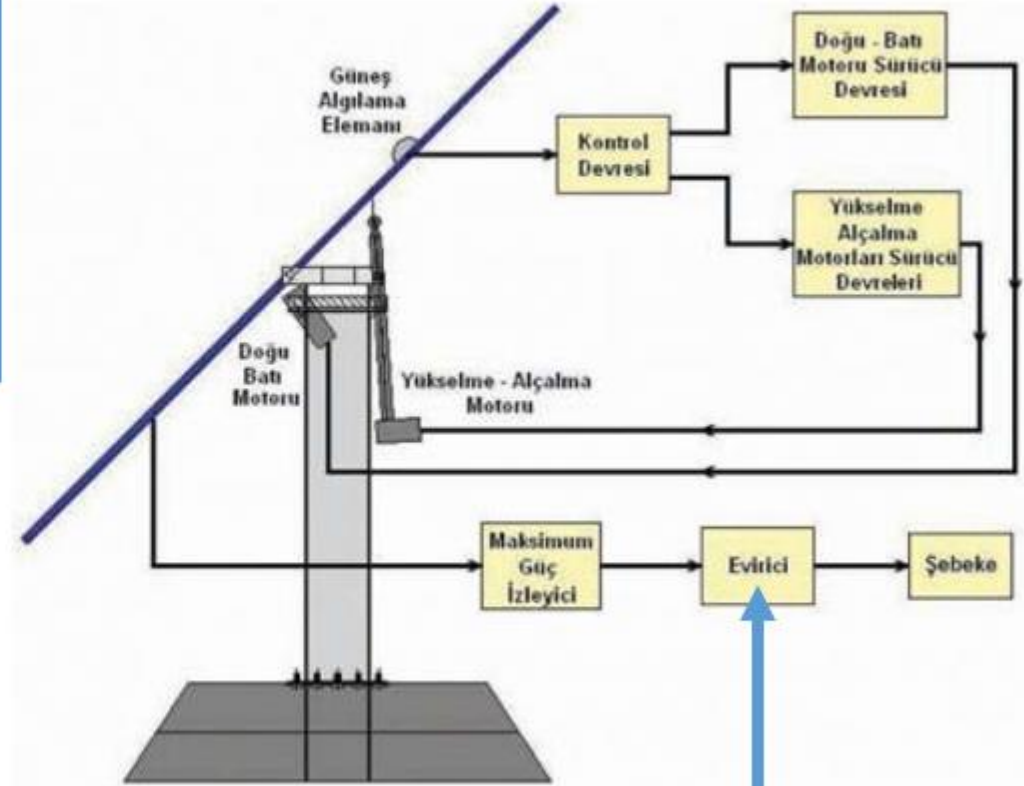
Sistemin denetim algoritmasını mikro denetleyicili bir kontrol devresi gerçekleştirmektedir.

Kontrol sistemi güneşin konumunu belirledikten sonra motor sürücü devrelerine uygun sinyalleri gönderir. Bu sayede sürücü devreleri ile doğru akım motorları tahrik edilerek güneş panellerinin uygun konuma gelmesi sağlanır.



Güneş Takip Sistemlerinin Çalışma Prensipleri

Şebeke denetimli bir evirici ile panellerden elde edilen elektrik enerjisinin şebekeye aktarılma gerçekleştirilmektedir.



GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİ

EKSEN SAYISI

KONTROL YÖNTEMİ

TEK EKSENLİ

ÇİFT EKSENLİ

AKTİF KONTROLLÜ SİSTEMLER
(AÇIK DÖNGÜ)

PASİF KONTROLLÜ SİSTEMLER
(KAPALI DÖNGÜ)

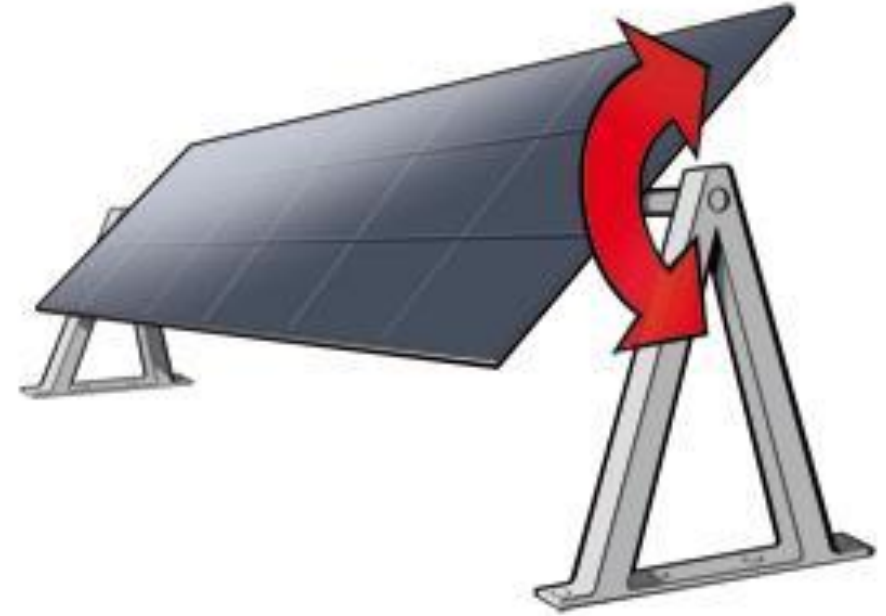
Eksenlere Göre Güneş Takip Sistemi

1) Tek Eksenli Kontrol Sistemleri

- Panel sadece tek eksenle hareket etmektedir. Sistem verimliliği genelde %20 -25 oranlarında artırılabilir.

Tek eksenli kontrol sistemlerinde eksen;

- Doğu-batı hattı üzerinde olup panel kuzey-güney doğrultusunda,
- Kuzey-güney hattına yerleştirilip hareketi doğu-batı ekseninde yapabilir.



Eksenlere Göre Güneş Takip Sistemi

2) Çift Eksenli Kontrol Sistemleri

- İki eksenli kontrol sistemlerinde Güneş'in gökyüzündeki konumunu belirten **iki açı değeri** ile takip gerçekleştirilir.
- İki eksenli kontrol sistemi ile **panel verimliliği %30-40** oranlarında iyileştirilebilir.



Eksenlere Göre Güneş Takip Sistemi

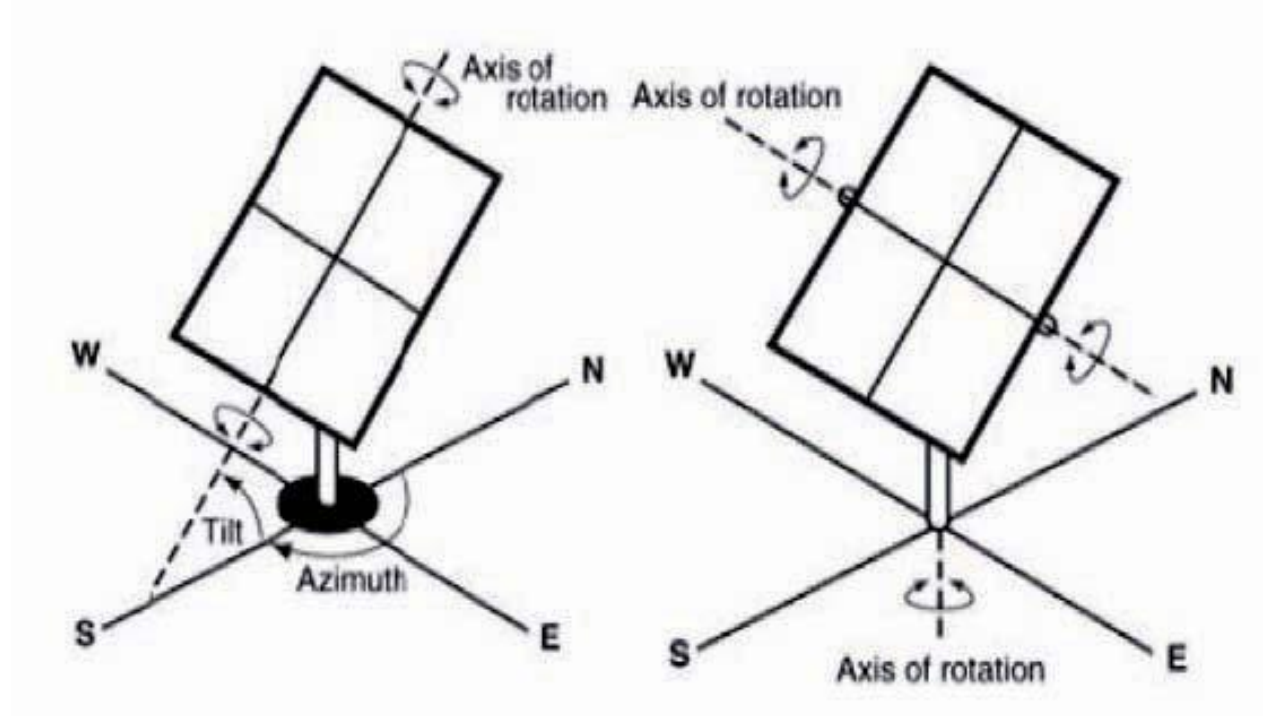
2) Çift Eksenli Kontrol Sistemleri

Bu kontrol sisteminde eksenler;

a) azimuth eksenini

b) zenith eksenini

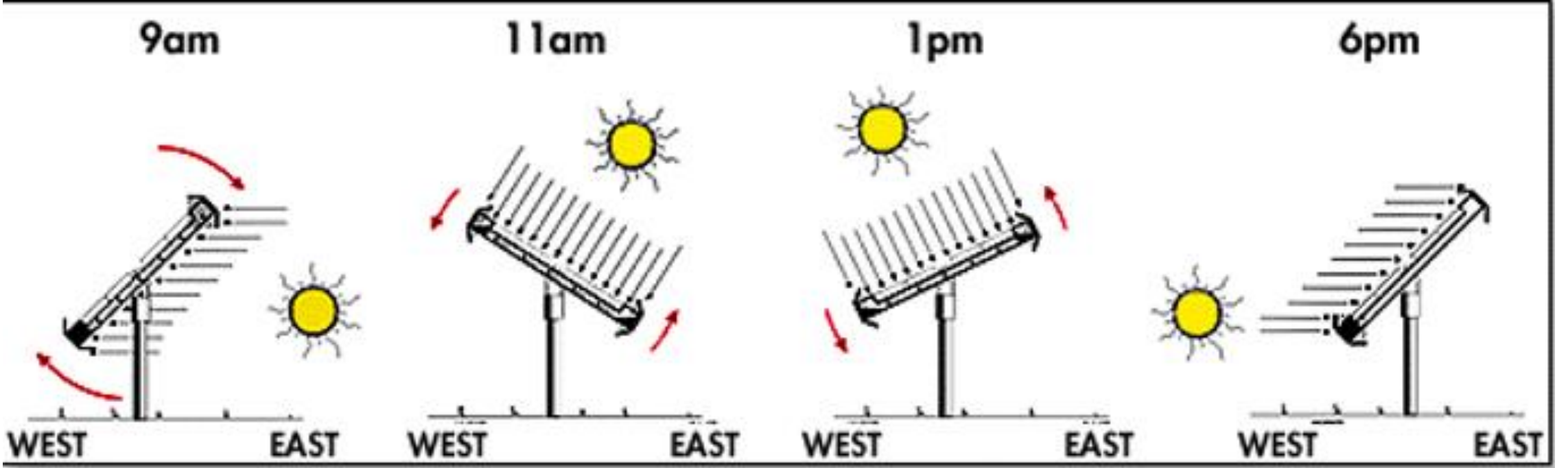
üzerinde hareket etmektedir.



Kontrol Yöntemine Göre Güneş Takip Sistemi

1) Pasif Kontrol Sistemleri

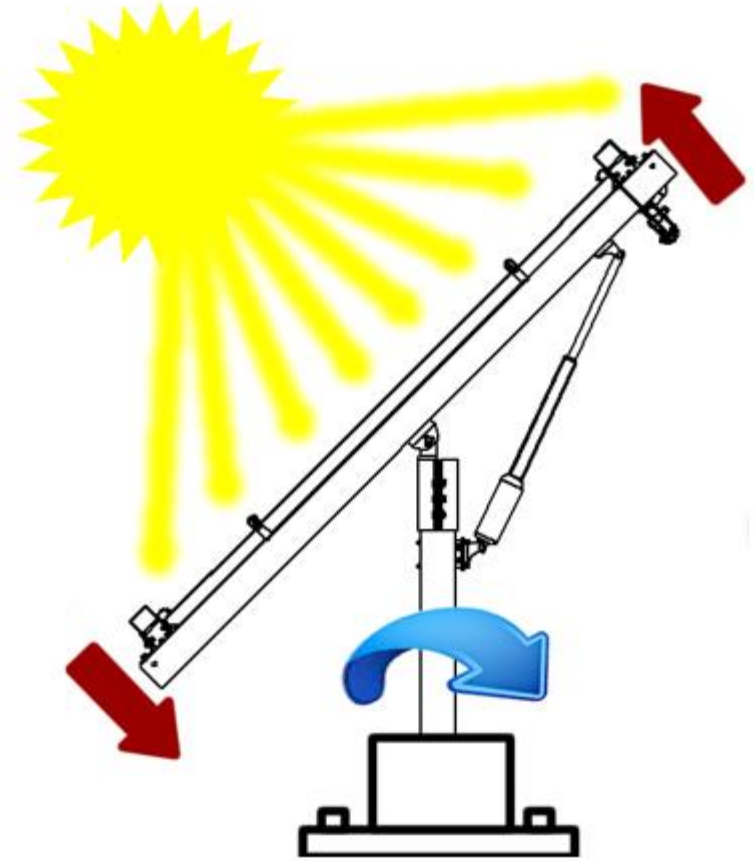
Sistemin güneşi takip edebilmesi için gerekli konum bilgisinin **algılayıcılar** tarafından sağlanan, **kapalı çevrim** ile çalışan sistemlerdir.



Kontrol Yöntemine Göre Güneş Takip Sistemi

Pasif Kontrollü Sistemler Nasıl Çalışır?

Güneş panelinin ön yüzüne yerleştirilen algılayıcı günün değişen saatlerine göre ışığın daha yoğun geldiği yönü algılar ve buna göre bir sinyal üretir. Bu sinyal kontrolör tarafından işlenerek sistemin tek ekseninde veya iki ekseninde hareketi gerçekleştirilir.

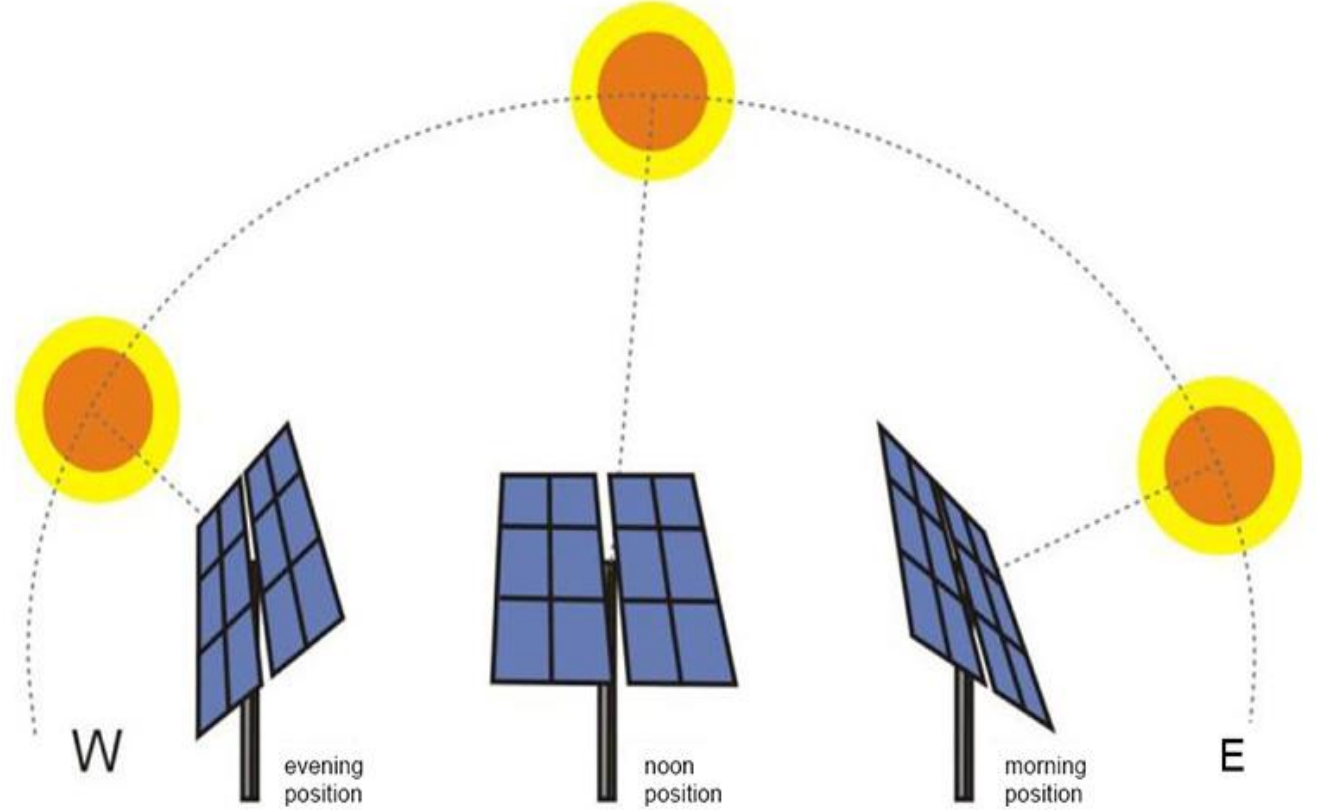


Kontrol Yöntemine Göre Güneş Takip Sistemi

2) Aktif Kontrollü Sistemler

Güneş konumunun belirlenmesi için;

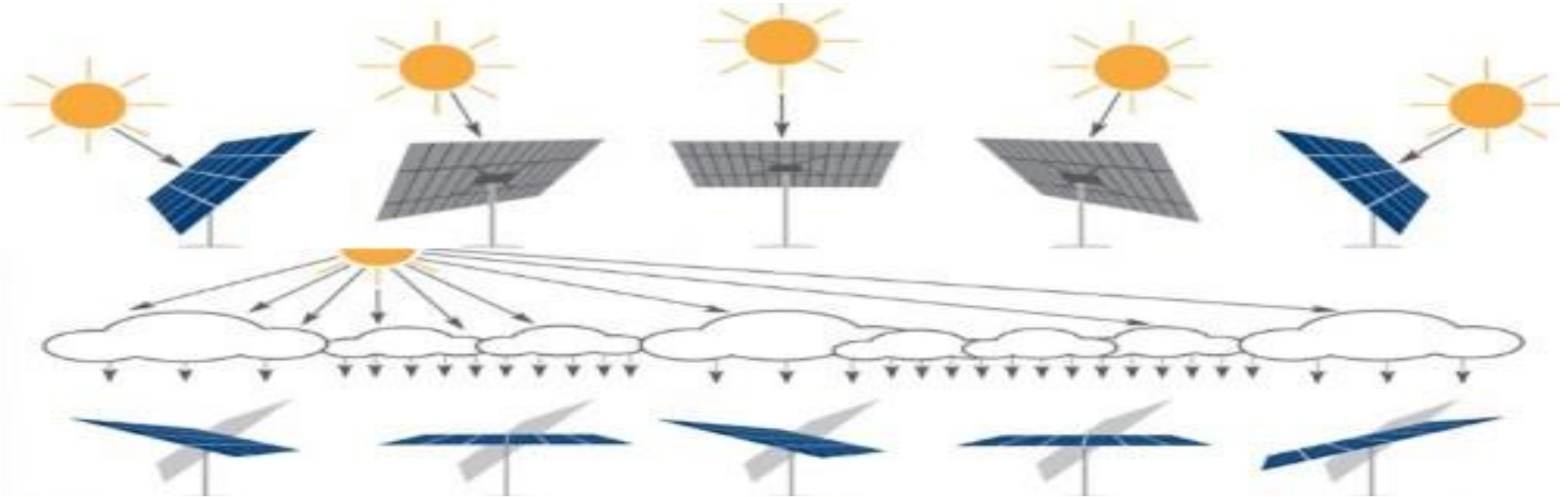
- Herhangi bir algılayıcı sistem kullanılmayan,
- Konum bilgisinin matematiksel algoritmalar yardımıyla elde edildiği,
- Açık çevrim takip sistemidir.



Kontrol Yöntemine Göre Güneş Takip Sistemi

Aktif Kontrollü Sistemler Nasıl Çalışır?

- Aktif kontrollü sistemlerde tek eksenli veya çift eksenli olarak tasarlanabilmektedir.
- Kontrol yapısı oluşturulurken panellerin bulunduğu bölgenin enlem, boylam ve yerel saat bilgileri ile birlikte birkaç değişkenin daha bilinmesi konumun belirlenmesi için yeterlidir.



Kontrol Yöntemlerinde Çalışma Şekli

Aktif ve pasif kontrol yöntemi için geçerli olan iki çalışma şekli mevcuttur:

- Sürekli çalışma
- Parçalı çalışma
- Sürekli çalışmada güneşin konum bilgisi kontrolör tarafından anlık takip edilmekte ve anlık hareket bilgisi motorlara iletilmektedir. Bu sayede güneşin konumu sürekli olarak izlenmektedir.
- Parçalı çalışma şeklinde ise kontrolör yine konum bilgisini anlık olarak almakta fakat güneşi takip etme işlemi belirli zaman aralıkları ile gerçekleştirilmektedir. Bunun nedeni ise takip sisteminin enerji tüketimini azaltmaktır.



Kontrol Yöntemlerinde Avantaj-dezavantaj

Pasif Kontrollü Sistemler	Aktif Kontrollü Sistemler
<ul style="list-style-type: none">Algoritmalar karmaşık yapıda değildir.	<ul style="list-style-type: none">Pasif kontrol sistemlerine göre daha karmaşık yapıdadır.
<ul style="list-style-type: none">Algılayıcılar ortam koşullarından çok etkilenebilir ve hatalı ölçüm yapabilir.	<ul style="list-style-type: none">Algılayıcılar dış ortamdaki havanın kapalı olması, kirlenme, yağmur ve benzeri bozucu etkenlerden etkilenmez.
<ul style="list-style-type: none">Güneşin konumu yanlış tespit edilebilir, sistem kararsızlaşabilir.	<ul style="list-style-type: none">Pasif kontrol yöntemine göre daha güvenilir sonuç vermektedir.

Güneş Takip Sistemi Örnek Uygulamaları



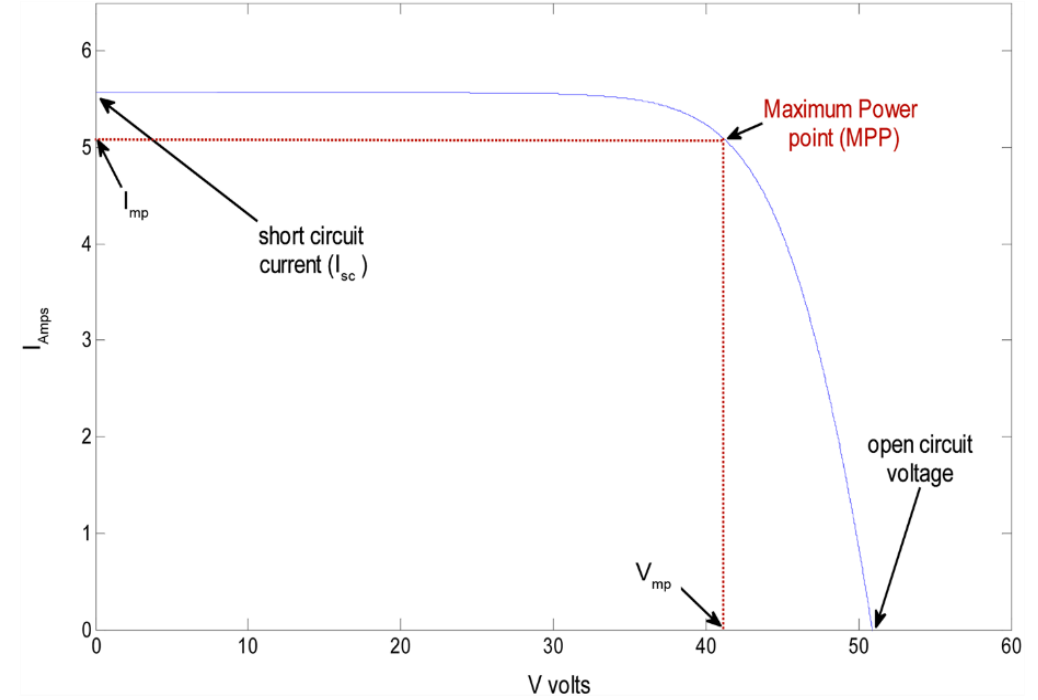
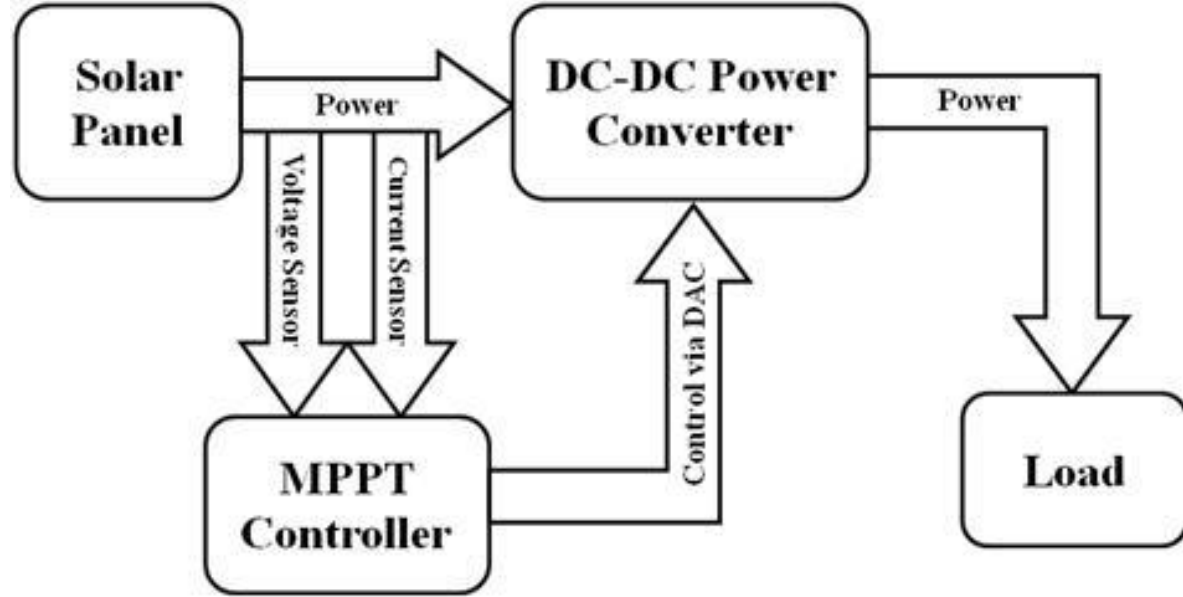
İÇİNDEKİLER (Part 2)

- MPPT Nedir?
- MPPT' nin Kullanım Amacı Nelerdir?
- MPPT' nin Genel Yapısı ve Çalışma Prensibi
- MPPT' ye Etki Eden Faktörler
- Fotovoltaik Sistemlerde MPPT Yöntemleri



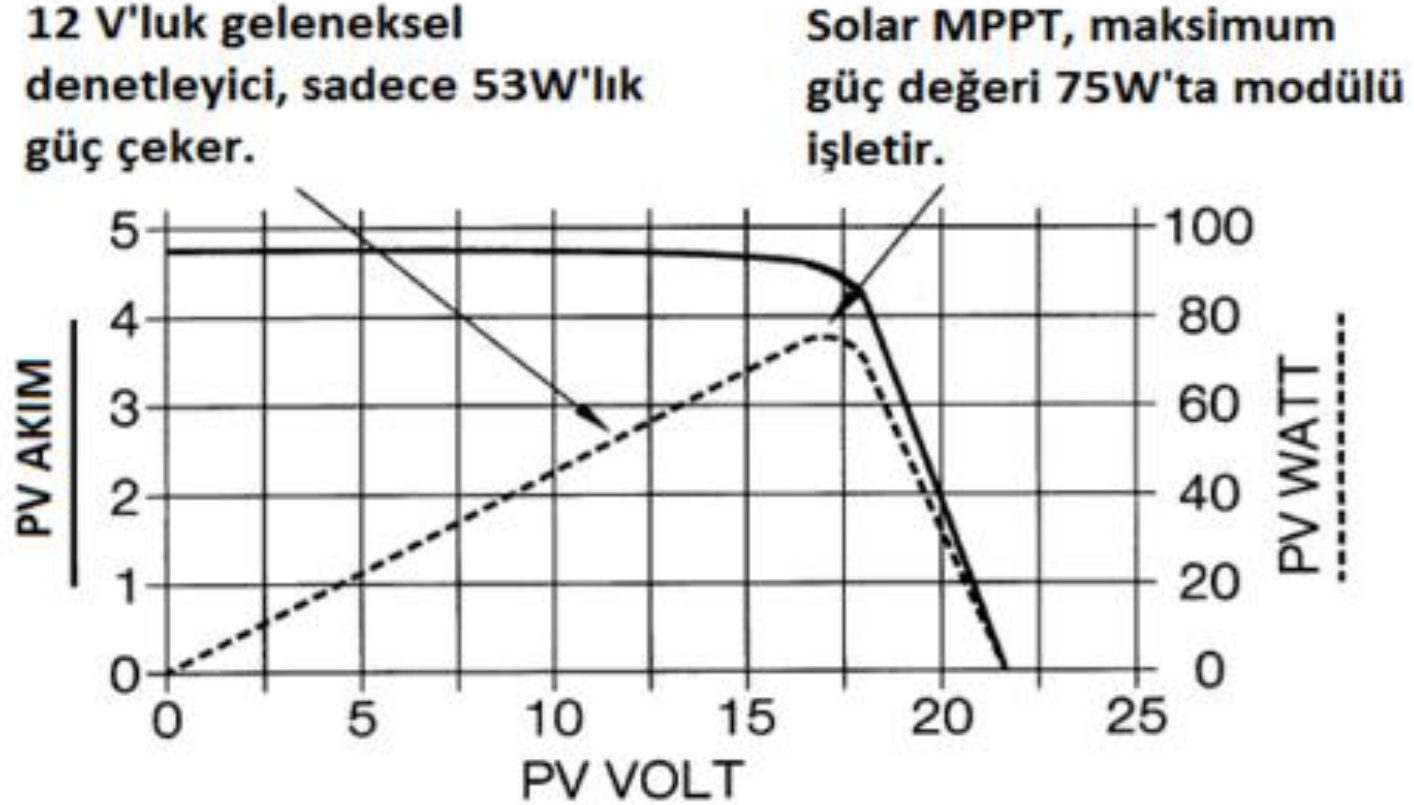
Maksimum Güç Noktası Takibi(MPPT)

- Belirli periyotlarda elde edilen gücün peak yaptığı değeri takip ederek yüke yollanmasını sağlayan sistemlerdir.
- Farklı zaman aralıklarında elde edilen farklı güç değerlerinin en büyük olduğu anları tespit ederek bir dizi işleme başlar. Bu işlemleri içerisinde bulunan mikrodenetleyicideki kompleks algoritmalar sayesinde gerçekleştirir.



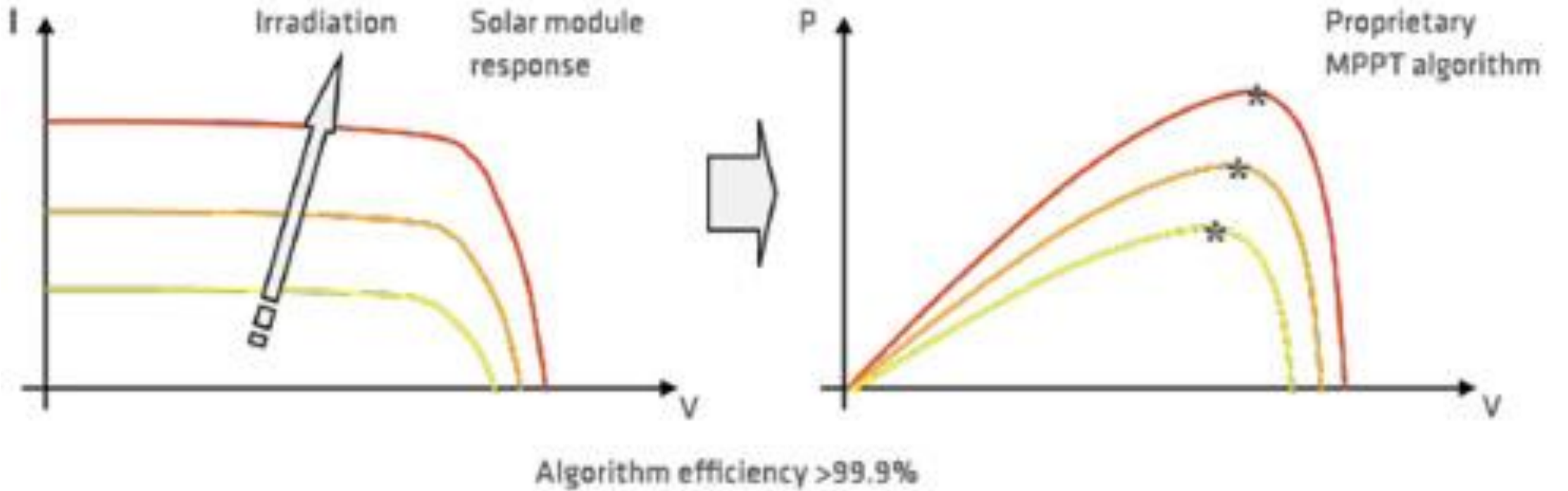
MPPT'nin Kullanım Amacı

- Bu sistemlerde amaç, sahip olunan enerji kaynaklarından elde edilen enerjiden maksimum seviyede yararlanmaktır.
- Verimi yükseltmek de denebilir.



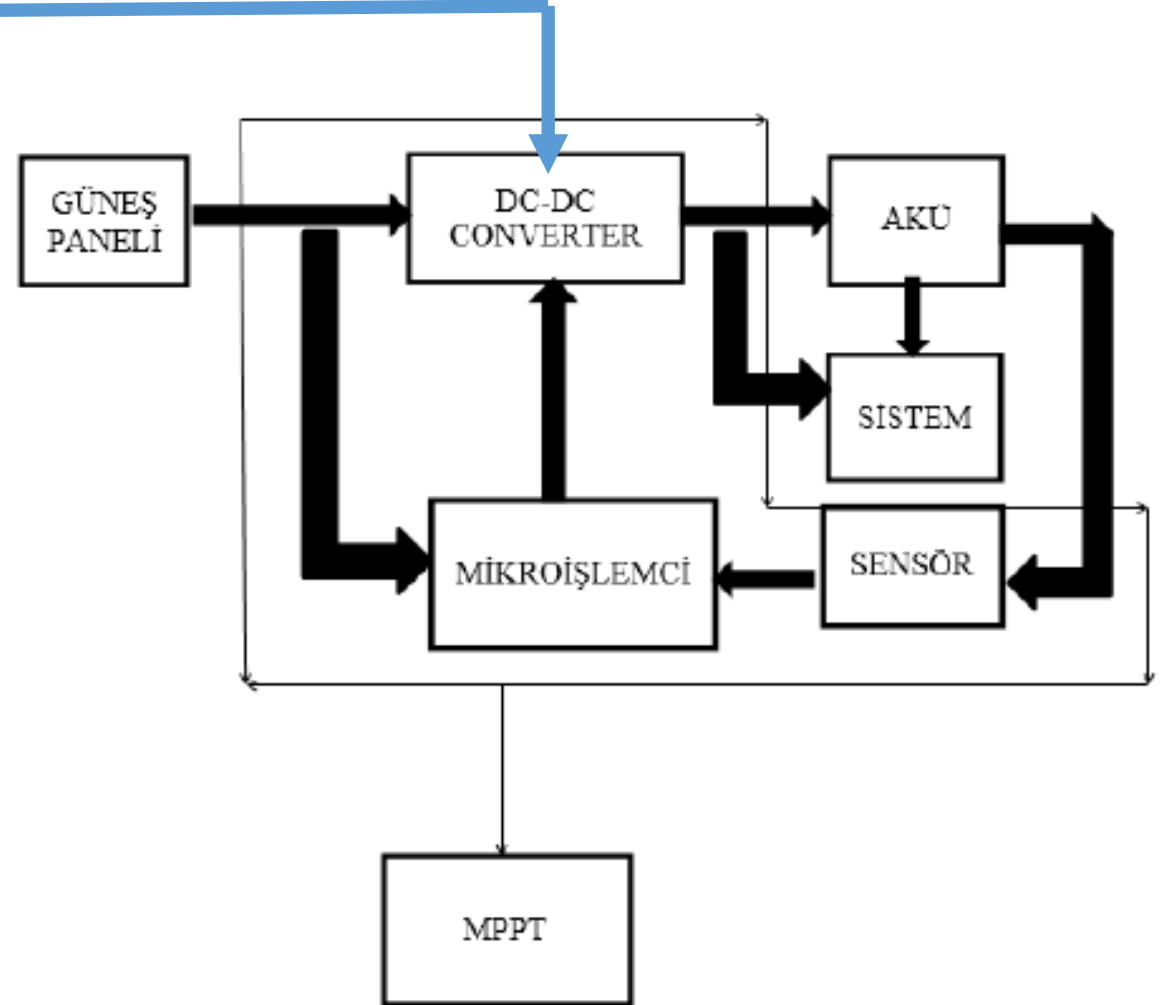
MPPT'nin Kullanım Amacı

- MPPT denetim tekniği PV panelleri verimlerinde kullanılmasını sağlayan bir yöntemdir.
- Bu yöntem pilin verdiği enerjinin en yüksek olduğu noktayı yakalayan bir denetim yapısıdır.



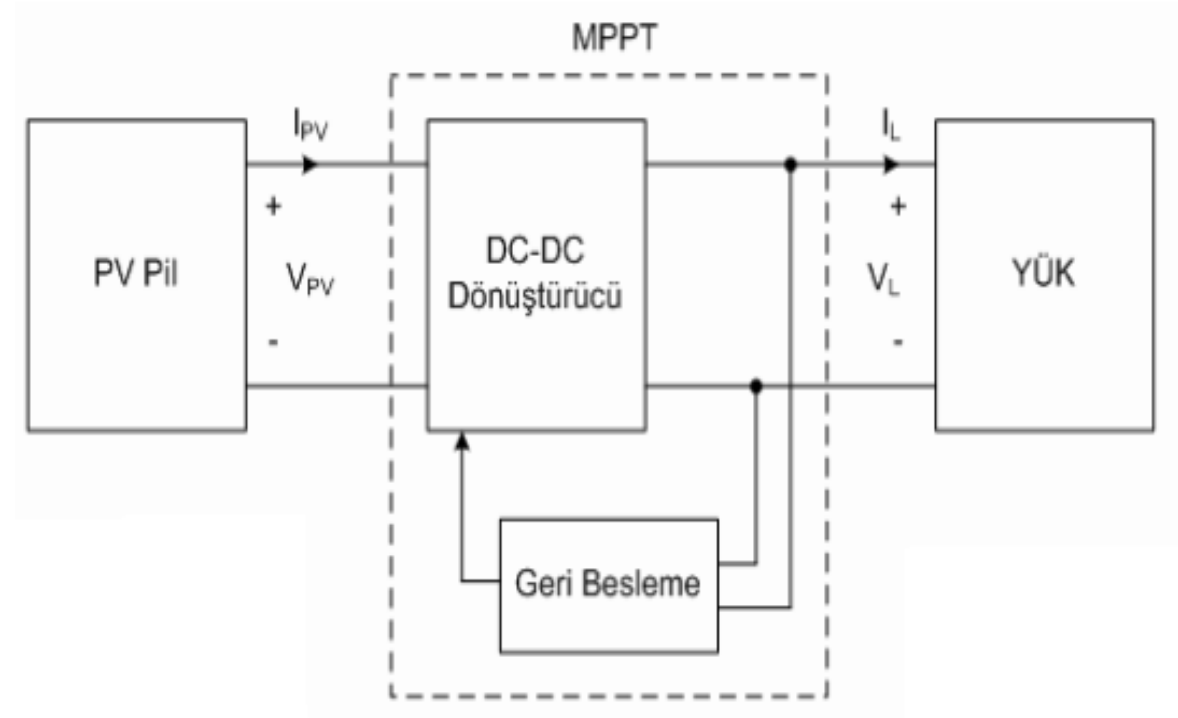
Mppt'nin Genel Yapısı ve Çalışma Prensipleri

Bobin, diyot, kondansatör gibi temel devre komponentleri bulundurur.

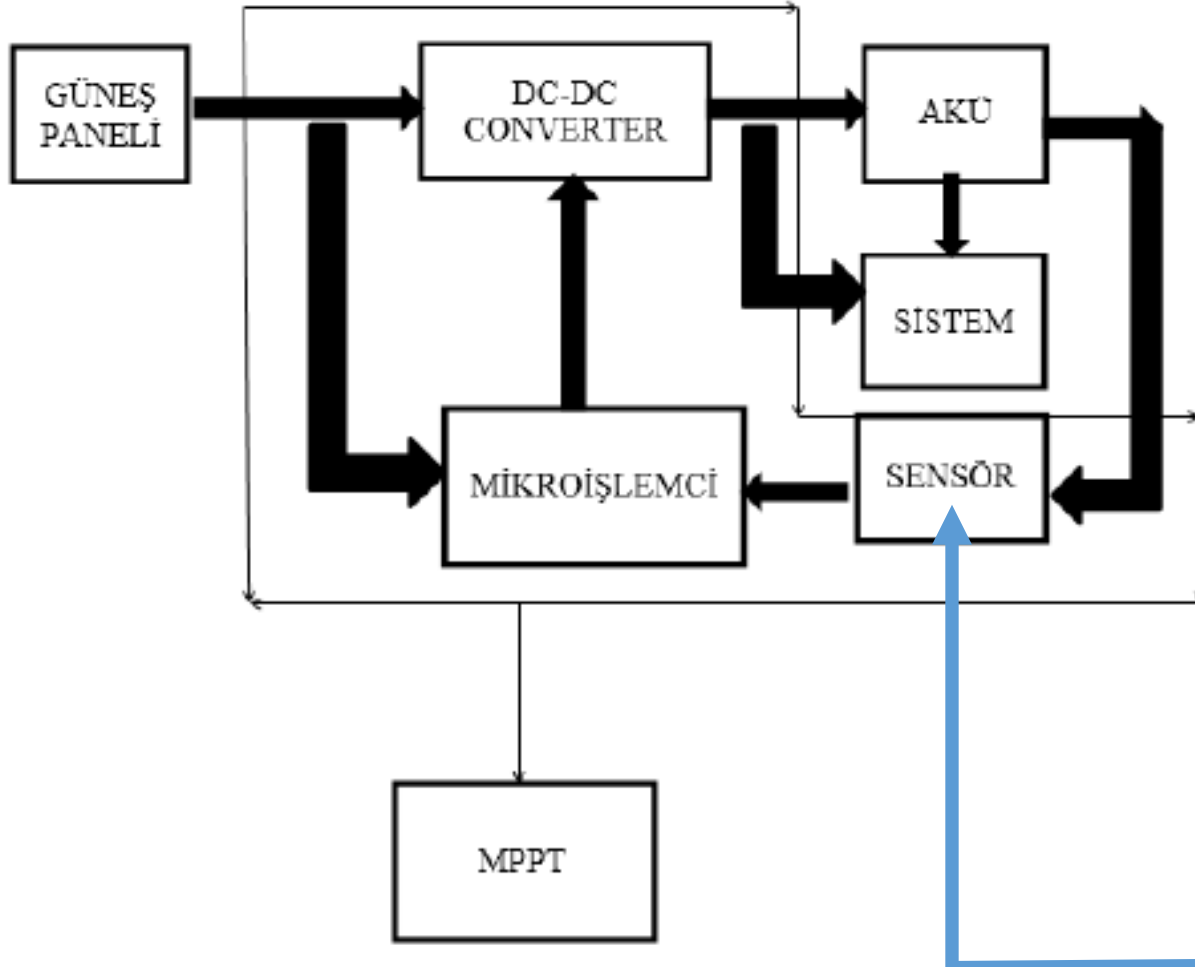


DC-DC Konvertör Kullanılmasının Avantajları

- Fotovoltaik panel ile batarya grubu arasındaki mesafenin uzun olması durumunda, panel gerilimi batarya geriliminden bir miktar yüksek seçilir. Böylece şarj akımı düşürülerek, iletkenler üzerindeki güç kaybı azaltılmış olur.
- Küçük güçlü uygulamalarda, PV modül seri bağlı çok sayıda küçük pil yerine, sadece bir kaç büyük pilden oluşturulur. Böylece üretim maliyetleri, pil uyumsuzluğunun etkileri ve kısmi gölgelenmeye karşı duyarlılığı azaltılmış olur.
- DC/DC konvertör vasıtasıyla daha kompleks şarj akımı profilleri gerçekleştirilebilir.



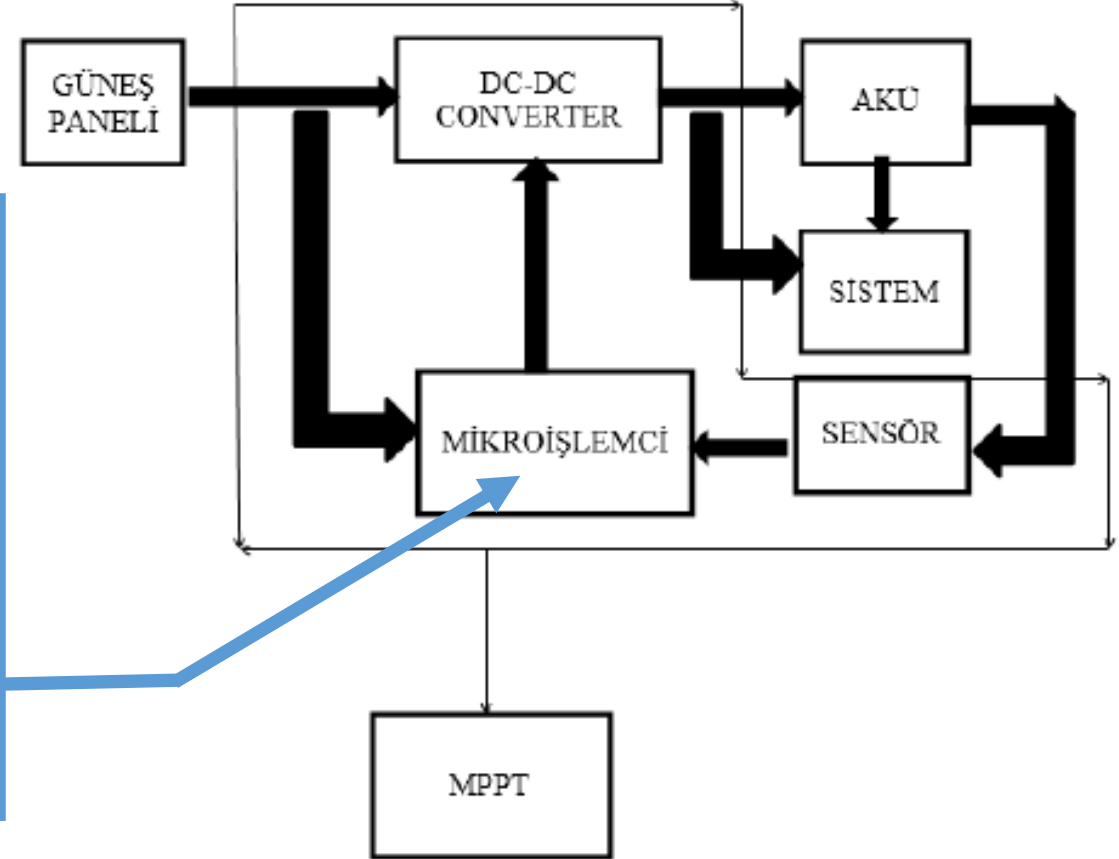
MPPT'nin Genel Yapısı Ve Çalışma Prensipleri



Çeşitli sensör ve data logger dediğimiz veri sayacı bulunmaktadır. Panelden alınan, sonrasında evirilen ve bataryaya yollanan güç miktarları bu loggerlar tarafından kaydedilir.

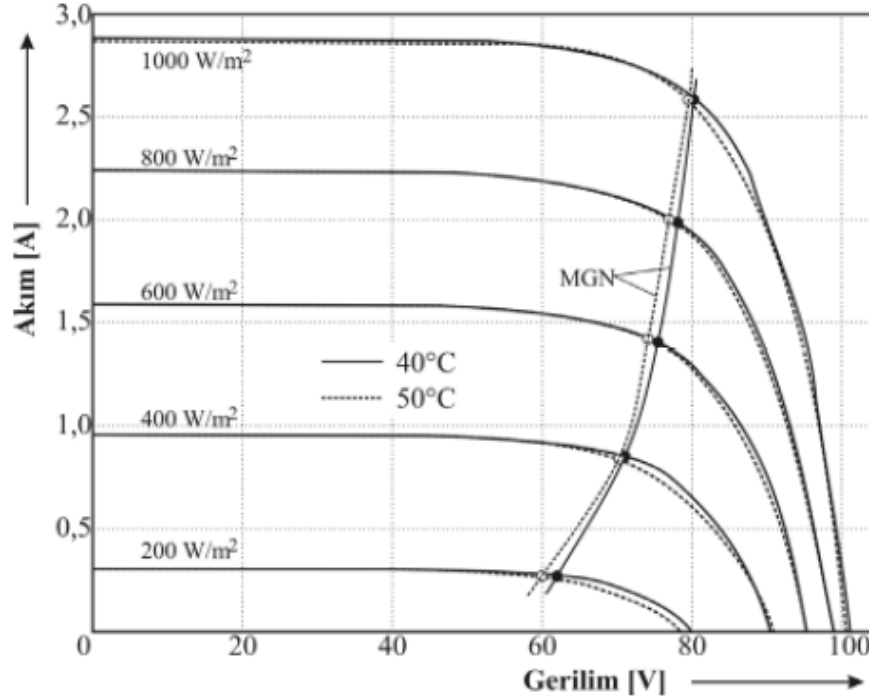
MPPT'nin Genel Yapısı Ve Çalışma Prensipleri

Sistemlerin düzenli bir şekilde çalışmasını kontrol eden, olası bir arıza/tehlike anında sistemi kapatan ve verimlilik için yazılmış algoritmaların içinde bulunduğu mikrodenetleyici bulunmaktadır.

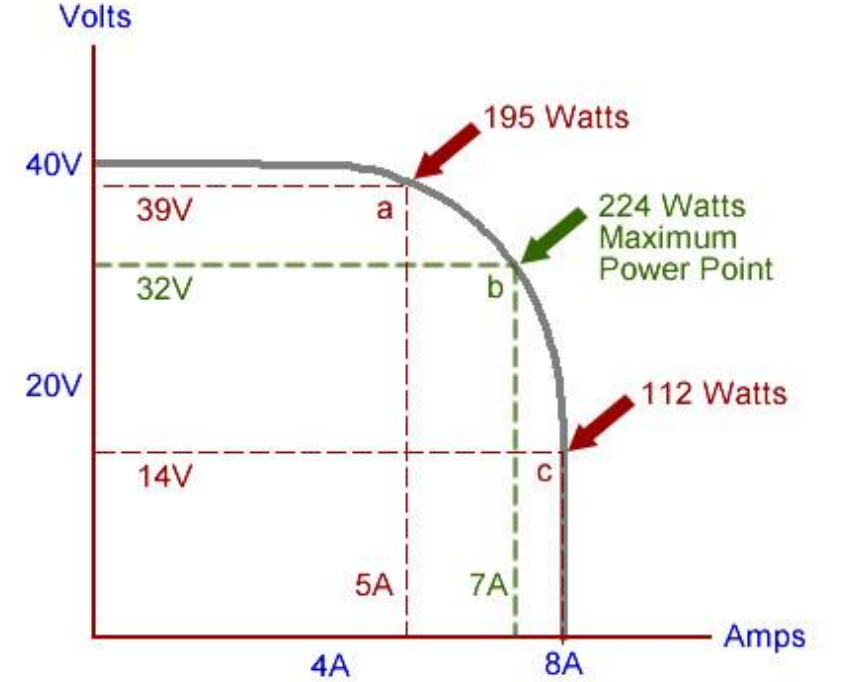


MPPT'ye Etki Eden Faktörler

- Işıma,
- Sıcaklık,
- PV panel eğimi,
- PV panel yaşlanması gibi değişkenlerle değişir.

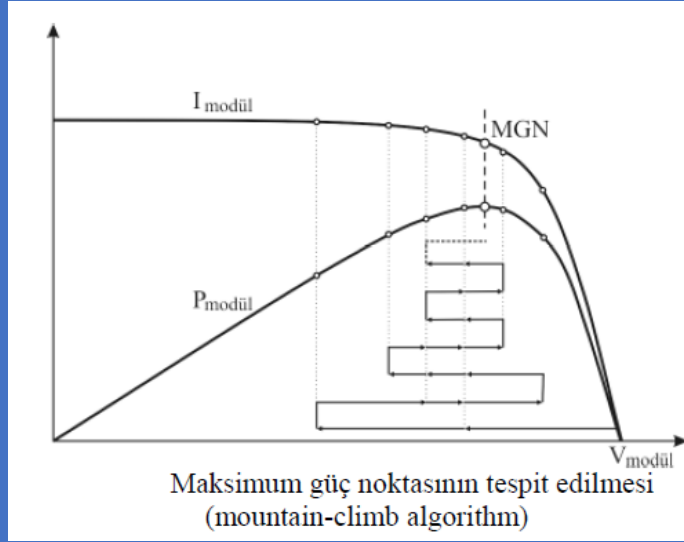


Maksimum güç noktasının ışınım miktarı ve sıcaklıkla değişimi



**DOLAYLI
(INDIRECT)
MPPT**

MPPT'NİN ELDE EDİLME YÖNTEMLERİ



**DOĞRUDAN
(DIRECT)
MPPT**

MPPT' nin Elde Edilme Yöntemleri

1) DOLAYLI DENETİM

Dolaylı denetim tekniğinde PV çıkış gerçek gücü sürekli olarak hesaplanmaz.

Burada referans denetim sinyalinin oluşturulması işlemi PV hücre özelliğine bağlı olarak belirli aralıklarla yada örnekleme PV hücresi yardımı ile;

- Modül açık devre gerilimi,
- Modül kısa devre akımı,
- Işınım şiddeti,
- Modül sıcaklığı
- Sabit gerilim yöntemi gibi değerlerinin okunması ile yapılır.

MPPT' nin Elde Edilme Yöntemleri

2) DOĞRUDAN DENETİM

Doğrudan denetim tekniği ile oluşturulan sistemler sürekli olarak PV çıkış gücünü okuyarak önceki çıkış gücü ile karşılaştırıp MPPT noktasına ulaşmayı sağlayacak dönüştürücü referans sinyalini oluşturur.

Özellikleri:

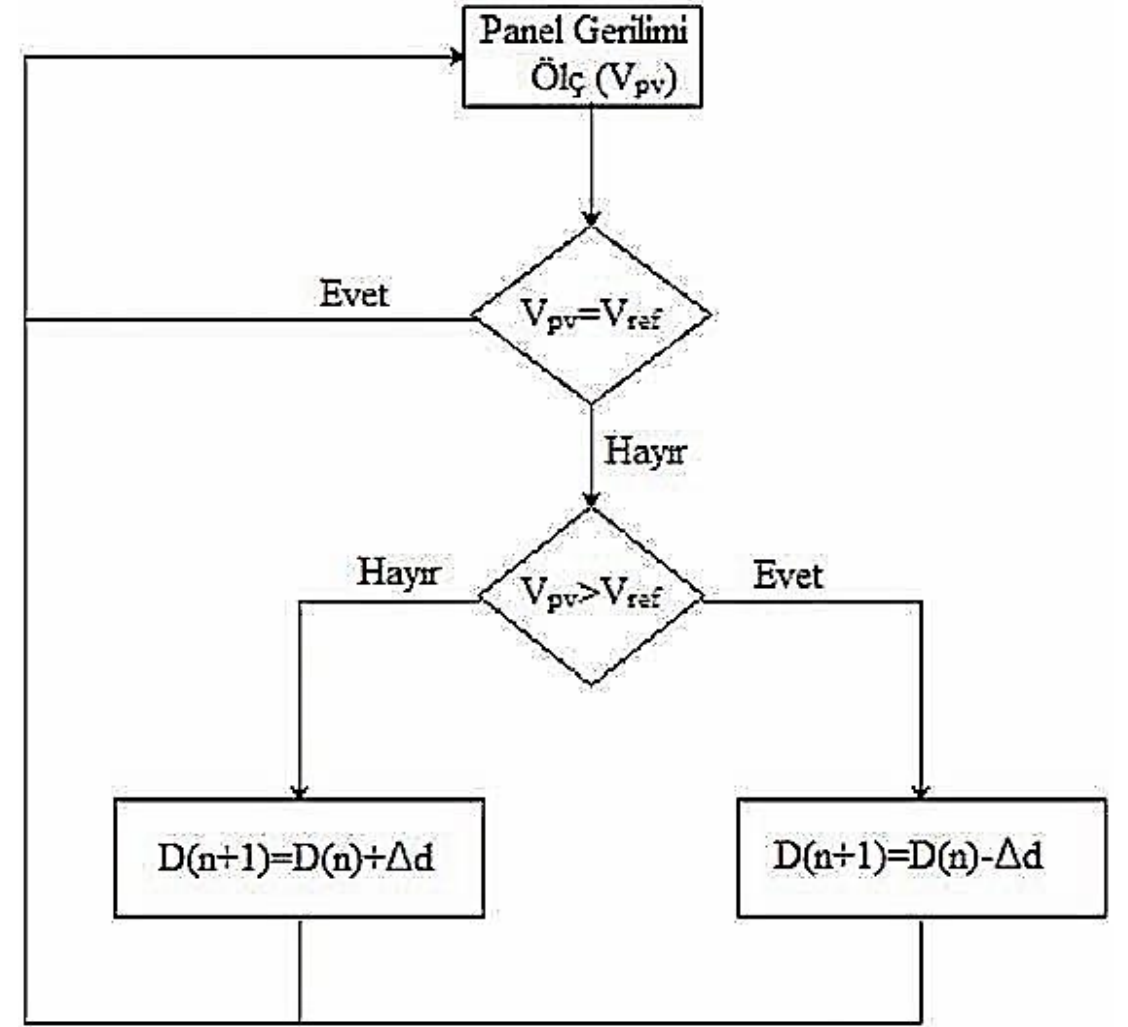
- Karmaşık
- Pahalı
- Daha güvenilir
- Uygulama biçimi zor



Fotovoltaik Sistemler İçin Mppt Yöntemleri

1) Sabit Gerilim Yöntemi

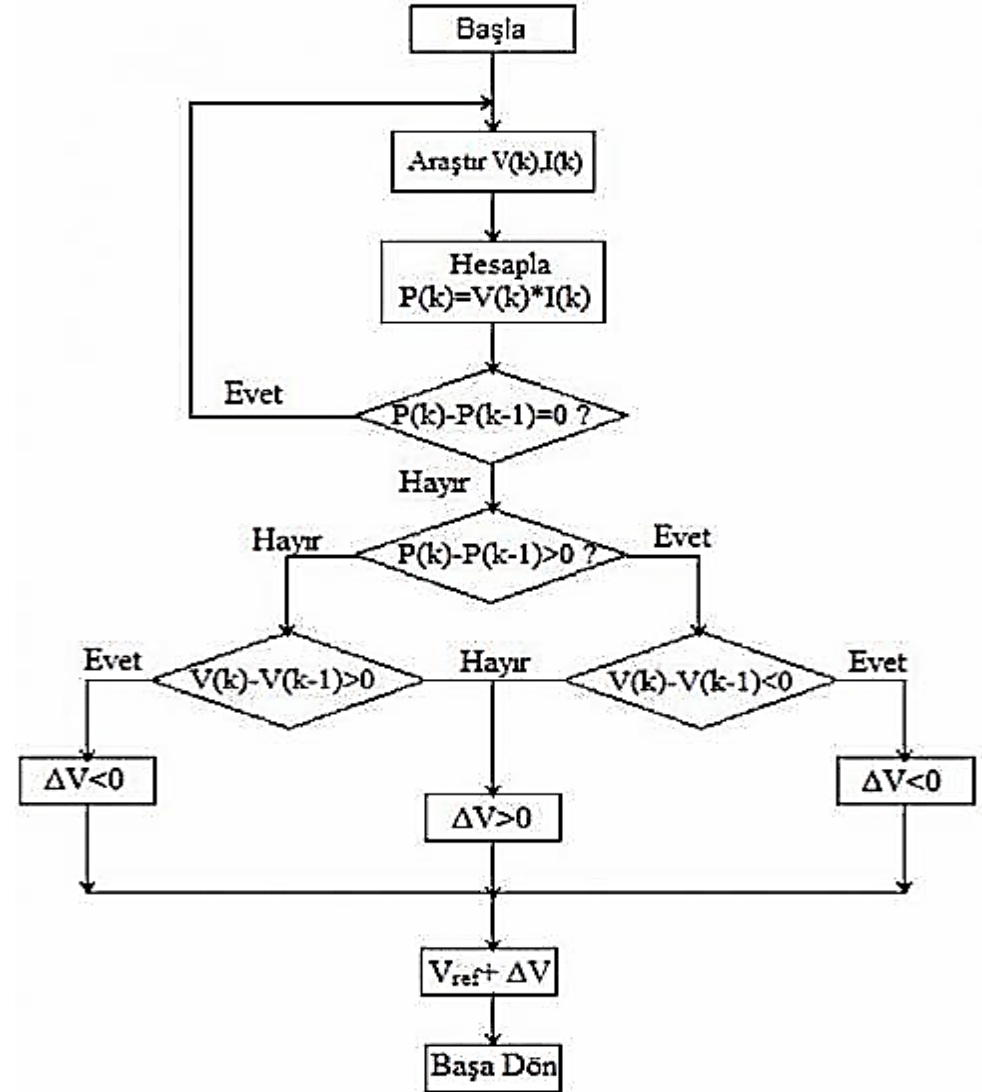
- En basit yöntemdir.
- Ucuz ve kullanışlıdır.
- Panel gerilimi, belirlenen referans gerilim değerine, duty oranı ile eşitlenerek MPPT yapılır.



Fotovoltaik Sistemler İçin Mppt Yöntemleri

2) Değiştir Gözle Yöntemi

- Bu yöntemde öncelikle güneş panelinin gerilim ve akım değerleri ölçülerek ilk durumdaki panel gücü (P_1) hesaplanır.
- İkinci adımda gerilimdeki veya doluluk oranındaki (D) ufak değişimler göz önüne alınarak yeniden bir güç hesabı yapılır.
- P_1 ve P_2 kıyaslandığında eğer P_2 , P_1 'den daha büyük ise güç eğrisi üzerindeki hareket P_2 yönünde devam eder.
- Eğer tersi bir durum söz konusu ise güç eğrisi üzerindeki hareket ters yönde olur.

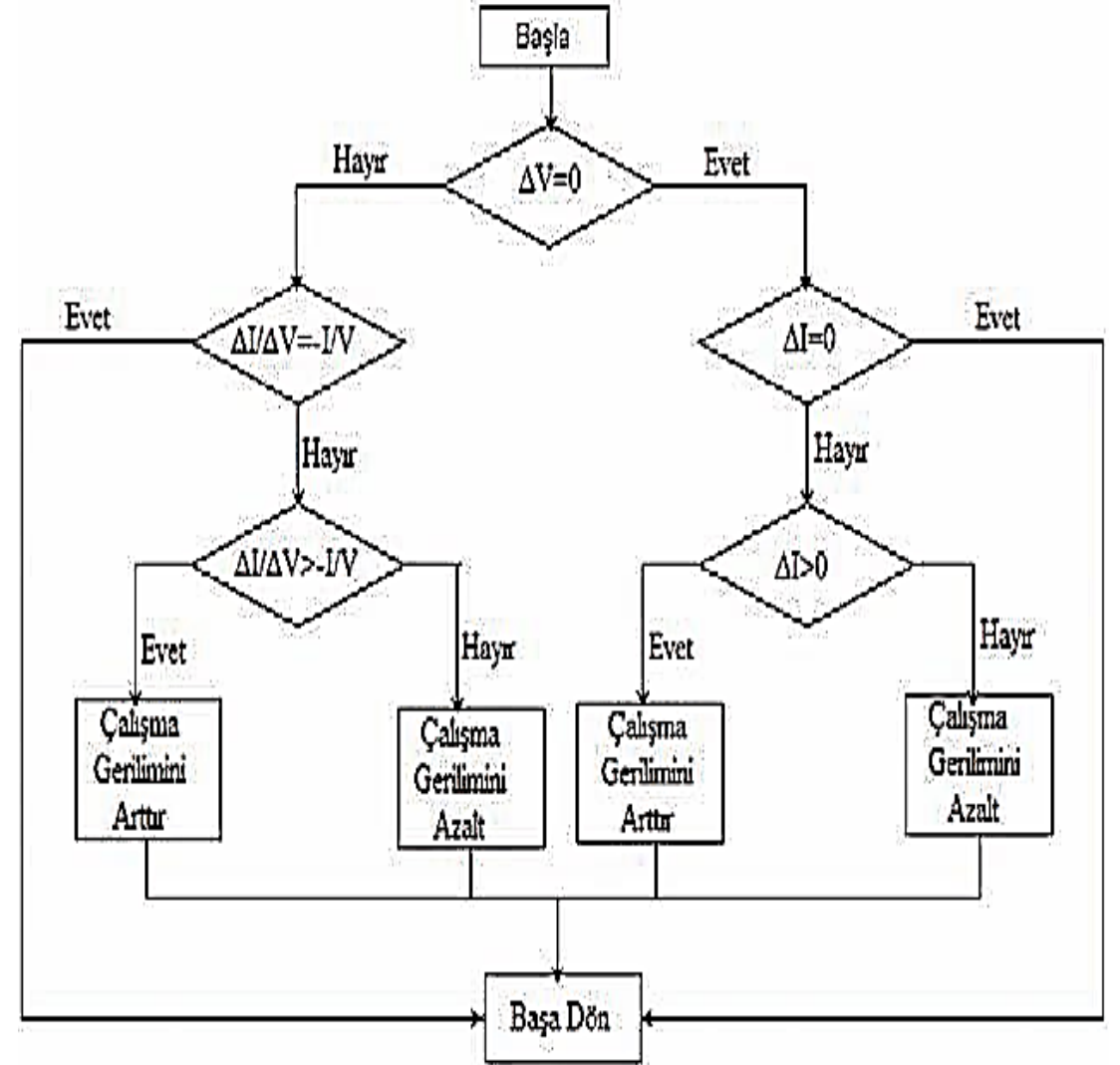


Fotovoltaik Sistemler İçin Mppt Yöntemleri

3) Artan İletkenlik Yöntemi

- Fotovoltaik sistemin çıkış gücünün gerilime göre türevi bulunur. Bulunan bu denklemin "0" a eşit olduğu durumun maksimum güç noktası halidir.
- Eğer denklemin sonucu "+" bir değer ise maksimum güç noktasının solunda, "-" değerinde ise maksimum güç noktasının sağında yer alır.

$$\frac{dP}{dV} = \frac{d(IV)}{dV} = I + V \frac{dI}{dV} = I + V \frac{\Delta I}{\Delta V}$$



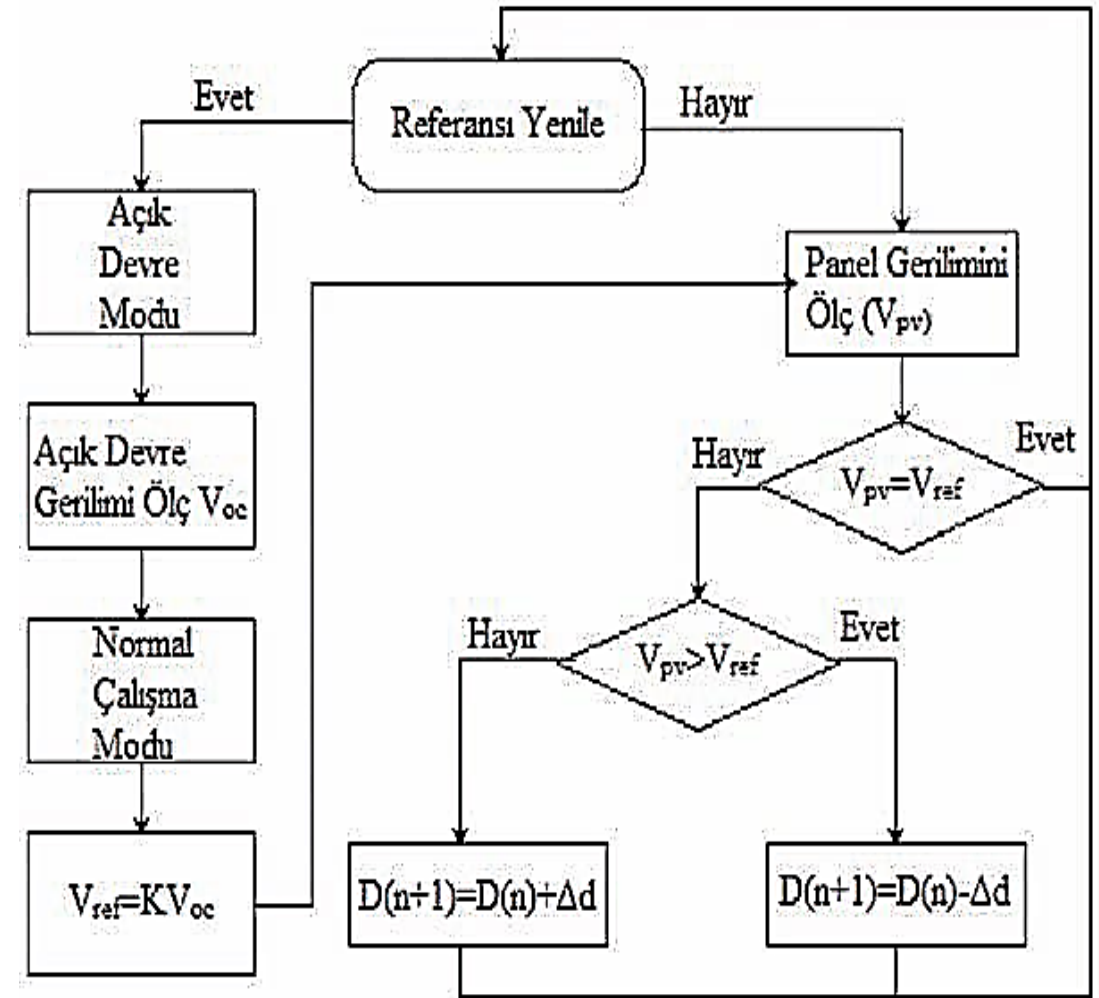
Fotovoltaik Sistemler İçin Mppt Yöntemleri

4) Açık Devre Gerilimi Yöntemi

- Kolay yöntemlerden birisidir.
- Değişik çevre koşullarında, açık devre gerilimi (V_{oc}) ile MPPT gerilimi arasındaki ilişkiye bakılır.

$$V_{MPP} = K V_{oc}$$

- Eşitlikteki K sabit değeri, güneş panelinin karakteristiğine göre değişiklik göstermektedir.
- Yapılan çalışmalarda K değerinin “polikristal” güneş panellerinde 0.73 - 0.80 arasında olduğu saptanmıştır.



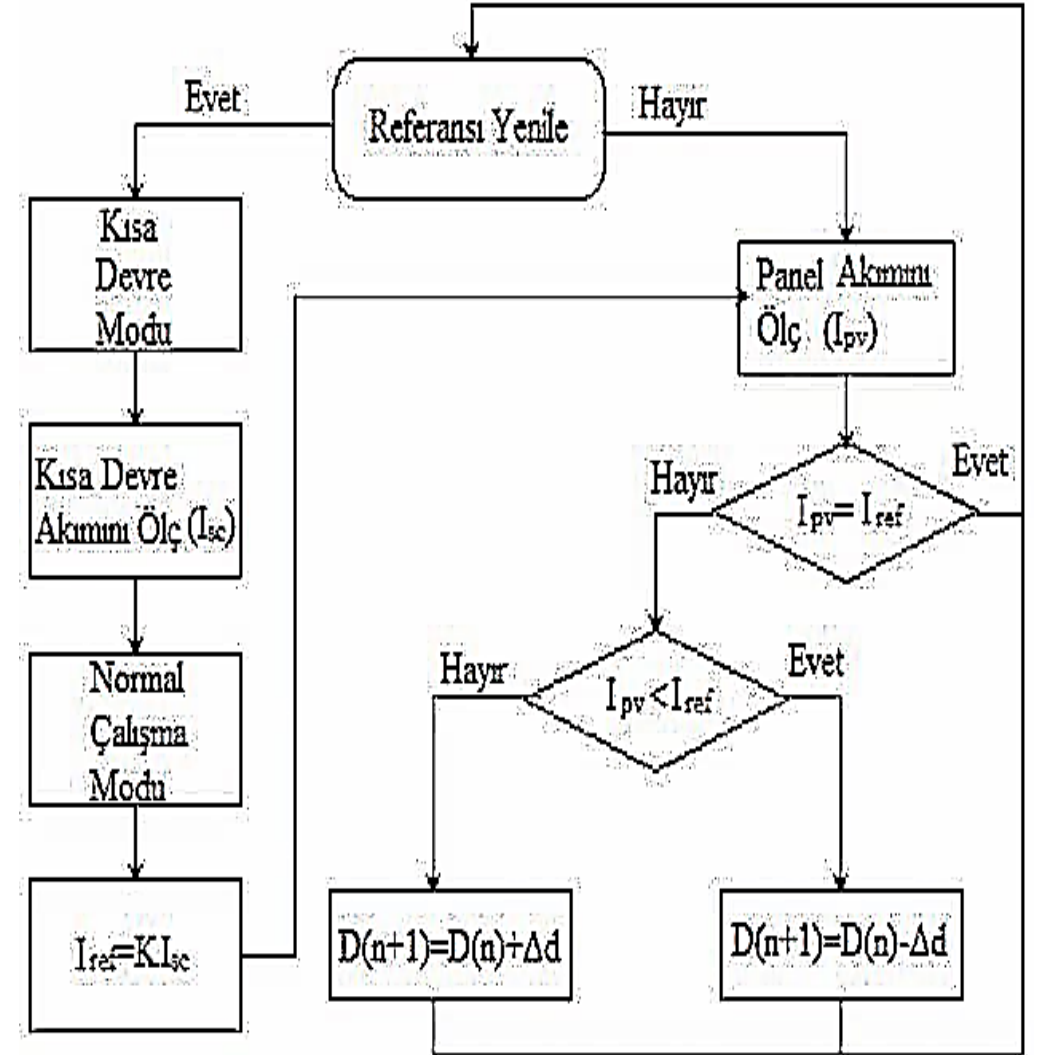
Fotovoltaik Sistemler İçin Mppt Yöntemleri

5) Kısa Devre Akımı Yöntemi

- Bu yöntem açık devre gerilimi yöntemine benzemektedir.
- Güneş panelinin kısa devre akımı ile MPPT akımı arasında bir ilişki vardır.

$$I_{mpp} = KI_{sc}$$

- Açık devre akımına göre daha etkili bir yöntemdir fakat uygulama maliyeti daha yüksektir.
- En büyük dezavantajı kısa devre akımı ölçülürken yükün enerjiden kesilmesidir.



Fotovoltaik Sistemler İçin Mppt Yöntemleri

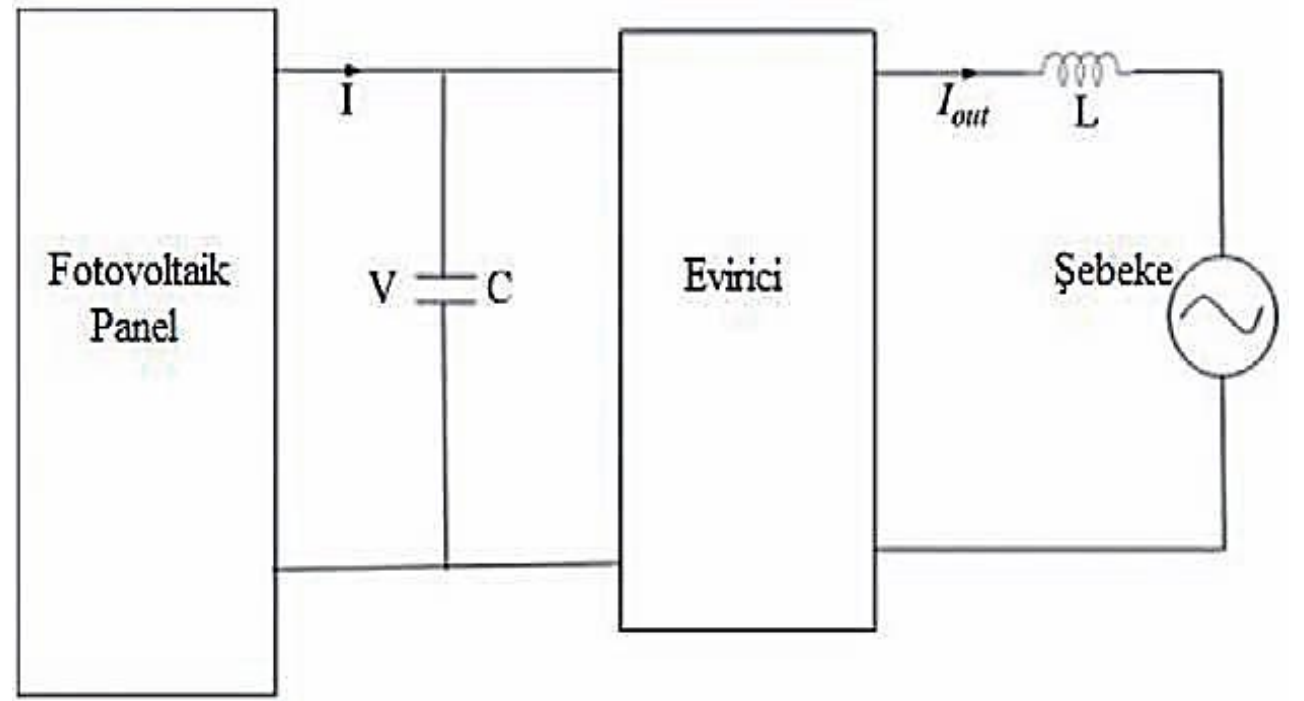
6) Hafıza Tablosu Yöntemi

- Bu yöntemde ihtimal dahilindeki değişik çevre koşulları için fotovoltaik panelin maksimum güç noktaları belirlenir ve maksimum güç noktaları, kontrol sisteminde yer alan hafıza aygıtına yüklenir.
- Çalışma sırasında sistemde var olan sensörler vasıtasıyla uygun maksimum güç noktası belirlenir ve uygulamaya konur.

Fotovoltaik Sistemler İçin Mppt Yöntemleri

7) Tek Çevrim Kontrol Yöntemi

- Nonlineer MPPT yöntemidir. Maksimum güç elde edebilmek için fotovoltaik panel gerilimine göre çıkış akımı ayarlanabilen bir tek seviyeli evirici kullanımı içermektedir.
- Tek çevrim kontrol yönteminin kusursuz çalışabilmesi için L ve C parametrelerinin optimum hesaplanması gerekir.



Fotovoltaik Sistemler İçin Mppt Yöntemleri

7) Farklılaşma Yöntemi

$$\frac{dP}{dt} = \frac{d(IV)}{dt} = I \frac{dV}{dt} + V \frac{dI}{dt} = 0 \quad \text{bağıntısının çözümü ile gerçekleşir.}$$

Bu yöntemin kusursuz çalışabilmesi için, gerçek zamanlı olarak bu denklemin hızlı bir şekilde çözülmesi gerekir. Ancak bu oldukça zordur. Çünkü akım ve gerilime ait en az sekiz hesaplama ve ölçüm yapmak gerekir.

Fotovoltaik Sistemler İçin Mppt Yöntemleri

MPPT İÇİN DİĞER ALGORİTMALAR

- EĞRİ UYARLAMA YÖNTEMİ
- PARAZİTİK KAPASİTE METODU
- SADECE AKIM YÖNTEMİ
- BULANIK MANTIK VE YAPAY SİNİR
- AĞLARI METODU

MPPT tekniği	PV panel bağımlılığı	Gerçek MPPT?	Analog & Sayısal?	Periyodik ayar ?	İzleme hızı	Karmaşık ?	Gerekli bilgi
Değiştir Gözle (P&O)	Hayır	Evet	D&A	Hayır	Değişken	Düşük	Akım, Gerilim
Artan İletkenlik (IC)	Hayır	Evet	D	Hayır	Değişken	Orta	Akım, Gerilim
Açık devre Gerilim (V_{oc})	Evet	Hayır	D&A	Evet	Orta	Düşük	Gerilim
Kısa devre Akım (I_{sc})	Evet	Hayır	D&A	Evet	Orta	Orta	Akım
Bulanık Mantık Kontrol	Evet	Evet	D	Evet	Hızlı	Yüksek	Değişken
Yapay Sinir Ağları	Evet	Evet	D	Evet	Hızlı	Yüksek	Değişken
DA Bara Kapasite Düşüm	Hayır	Hayır	D&A	Hayır	Orta	Düşük	Gerilim



Güneş Takip Sistemleri Ve MPPT Verimleri

- **Güneş takip sistemleri** ile bir sistemin verimi **%40**'lara varan oranlarda arttırılabilir.
- **Maksimum Güç Noktası Takip Sisteminde** toplam **%65'lik** bir verimlilik artışı sağlayabilir.

DİNLEDİĞİNİZ İÇİN TEŞEKKÜRLER

Arş. Gör. Oğuz Kaan ÇİNİCİ

Gazi Üniversitesi / Enerji Sistemleri Mühendisliği