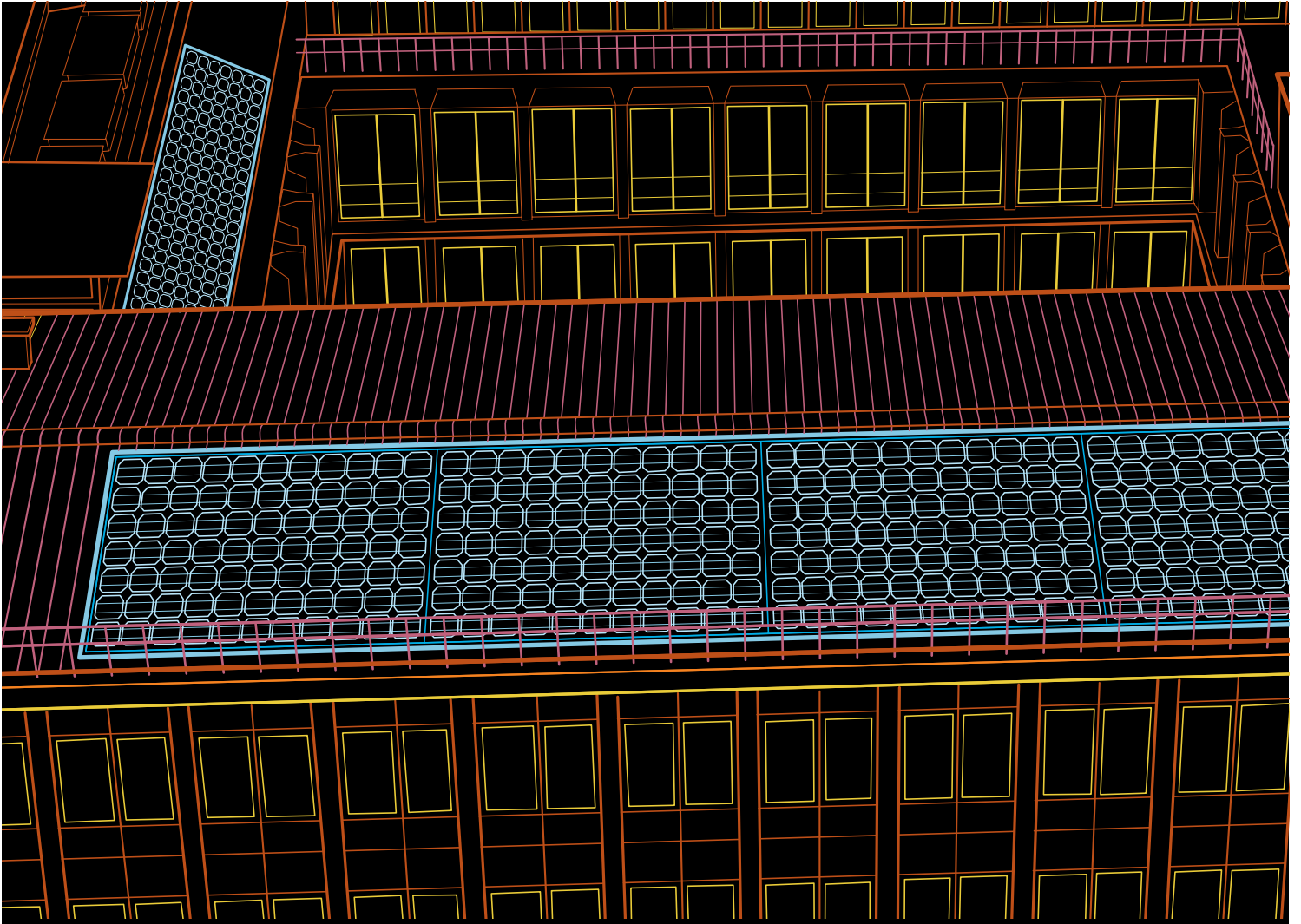




Teknik Uygulama Föyü No. 10

Güneş Enerjisi Santralleri

Güneş Enerjisi Santralleri

İçindekiler

Giriş 4

1 Güneş enerjisi (PV) santral- lerin genel özellikleri 5

- 1.1 Çalışma prensibi 5
- 1.2 Güneş enerjisi 5
- 1.3 Bir güneş enerjisi santralinin başlıca bileşenleri 8
 - 1.3.1 Fotovoltaik jeneratör 8
 - 1.3.2 İnverter 11
- 1.4 Fotovoltaik modül tipleri 12
 - 1.4.1 Kristal silisyum modüller 12
 - 1.4.2 İnce film modüller 13
- 1.5 Güneş enerjisi santrali tipleri 15
 - 1.5.1 Bağımsız santraller 15
 - 1.5.2 Şebekeye bağlı santraller 16
- 1.6 Üretime ara verilmesi ve
üretilecek gücün saklanması 17

2 Enerji üretimi 18

- 2.1 Hücreye eşdeğer devre 18
- 2.2 Modülün gerilim-akım
karakteristiği 18
- 2.3 Şebeke bağlantı şeması 19
- 2.4 Nominal tepe gücü 20
- 2.5 Yıllık enerji üretimi beklentisi 20
- 2.6 Modüllerin eğim ve
yöneli 22
- 2.7 Bir PV santraldeki gerilim ve akımlar 24
- 2.8 Üretilen enerjideki çeşitlilik 24
 - 2.8.1 Parlaklık 24
 - 2.8.2 Modüllerin sıcaklığı 25
 - 2.8.3 Gölgeleme 25

3 Kurulum yöntemleri ve konfigürasyonları 26

- 3.1 Mimari entegrasyon 26
- 3.2 PV santral yerleşimi 27
 - 3.2.1 Tek inverterli santral 27
 - 3.2.2 Her dize için bir inverterli santral 27
 - 3.2.3 Çok inverterli santral 27
- 3.3 İnverterlerin seçimi ve arayüzlenmesi 28
- 3.4 Kablo seçimi 32
 - 3.4.1 Kablo tipleri 32
 - 3.4.2 Kesit alanı ve akım taşıma kapasitesi 33

4 Aşırı akım ve aşırı gerilimlere karşı koruma 34

- 4.1 DC tarafında aşırı akımlara karşı koruma 34
 - 4.1.1 Kablo korumaları 34
 - 4.1.2 Dizelerin ters akıma karşı korunması 35
 - 4.1.3 İnverterin katkısı 35
 - 4.1.4 Koruyucu cihazların seçimi 35
- 4.2 AC tarafındaki aşırı akımlara karşı koruma 36
- 4.3 Anahtarlama ve ayırma cihazlarının
seçimi 37
- 4.4 Yıldırımlara karşı PV santrallerin korunması için
aşırı gerilim koruma cihazlarının seçimi 37
 - 4.4.1 Çatı üstü PV santraller 38
 - 4.4.2 Zemin üstü PV santraller 39

5 Topraklama ve dolaylı temasa karşı korunma 41

- 5.1 Topraklama 41
- 5.2 Transformatörlü santraller 41

Güneş Enerjisi Santralleri İçindekiler

5.2.1 Transformatörün yük tarafındaki açıktaki iletken bölümler	41
5.2.1.1 IT sistemli santral	41
5.2.1.2 TN sistemli santral	41
5.2.2 Transformatörün kaynak tarafındaki açıktaki iletken bölümler	42
5.3 Transformatörsüz santraller	43

6 Fotovoltaik uygulamalar için ABB çözümleri

6.1 Kompakt ve açık tip devre kesiciler	44
6.1.1 Yeni seri kompakt tip devre kesiciler SACE Tmax XT	44
6.1.2 Alternatif akım uygulamaları için Tmax T kompakt tip devre kesiciler	45
6.1.3 1150V AC'ye kadar uygulamalar için kompakt tip devre kesiciler	47
6.1.4 Tmax T ve SACE Tmax XT kompakt tip yük ayırıcılar	50
6.1.5 Alternatif akım uygulamaları için açık tip devre kesiciler	51
6.1.6 Alternatif akım için yeni otomatik devre kesiciler	52
6.1.7 1150 V AC'ye kadar uygulamalar için açık tip devre kesiciler	53
6.1.8 1150 V AC'ye kadar uygulamalar için yeni açık tip devre kesiciler	54
6.1.9 Açık tip yük ayırıcılar	55
6.1.10 Yeni açık tip yük ayırıcılar	56
6.1.11 1150 V AC'ye kadar uygulamalar için açık tip yük ayırıcılar	57
6.1.12 1150 V AC'ye kadar uygulamalar için yeni açık tip yük ayırıcılar	58
6.1.13 Doğru akım uygulamaları için Tmax T kompakt tip devre kesiciler	59
6.1.14 Doğru akım uygulamaları için SACE Tmax XT kompakt tip devre kesiciler	60
6.1.15 1000 V DC'ye kadar uygulamalar için kompakt tip devre kesiciler	60

6.1.16 Doğru akım uygulamaları için Tmax PV kompakt tip devre kesiciler	61
6.1.17 Doğru akım uygulamaları için açık tip devre kesiciler	62
6.1.18 1000V DC'ye kadar uygulamalar için açık tip yük ayırıcılar	66
6.1.19 1000V DC'ye kadar uygulamalar için yeni açık tip yük ayırıcılar	67
6.2 Kaçak akım üniteleri Tip B	68
6.2.1 Kaçak akım üniteleri RC223 ve RC Tip B	68
6.2.2 Kaçak Akım Koruma Anahtarları (RCCB'ler)	69
6.3 Kontaktörler (DC anahtarlama için)	70
6.4 Yük ayırıcılar	71
6.5 Otomatik devre kesiciler	75
6.6 Dize izleme	76
6.7 Aşırı gerilim koruma cihazları	77
6.8 Kartuş Sigorta Taşıyıcılar	79
6.9 Silindirik sigortalar	79
6.10 Uzaktan komut cihazları	80
6.11 İzolasyon izleme cihazları	81
6.12 İzleme rölesi - CEI 0-21 standardı	83
6.13 Güç tamponları	84
6.14 Modüler enerji sayaçları	85
6.15 Panolar	87
6.16 Sıva üstü sigorta kutuları	87
6.17 Dağıtım kutuları	88
6.18 Kablo rakorları ve metrik adımlı somunlar	88

6.19	Vidalı klemensler	88
6.20	Poliamit 6.6 ve 12 kablo bağı - UV dayanımlı siyah	89
6.21	PMA Kablo Koruma Sistemi Çözümleri	90
6.22	Doğrudan yıldırım koruması	90
6.23	Dize kontrolü için panolar ve büyük şebekeler için izleme sistemi	91
6.24	Kabloları hazır arayüz panoları	92
6.25	DC dize kutuları	92
6.26	CPI DC dize kutuları	95
6.27	Çok çıkışlı DC dize kutuları	98

Ek A – Yeni teknolojiler

A.1	Hücreler: yeni teknolojiler	99
A.2	Konsantre fotovoltaikler	100
A.3	Silindirik modüllü PV sistemler	101
A.4	Yüzen PV sistemler	101
A.5	Mikro-inverterler	102

Ek B – Diğer yenilenebilir enerji kaynakları

B.1	Giriş	103
B.2	Rüzgar gücü	103
B.3	Biyokütle enerji kaynağı	103
B.4	Jeotermal güç	104
B.5	Gelgit gücü ve dalga hareketi	104
B.6	Mini-hidroelektrik güç	105
B.7	Solar termal güç	105

B.8	Solar termodinamik güç	107
B.9	Hibrit sistemler	109

Ek C – Güneş enerjisi santralleri için boyutlandırma örnekleri

C.1	Giriş	110
C.2	3kWp PV santral	110
C.3	60kWp PV santral	113

Ek D – Fotovoltaik uygulamalarda sıcaklık artışı, MCB ve ayırıcı davranışları

Giriş

Giriş

Günümüz global enerji ve çevre bağlamında, sera gazları ve kirlenici maddelerin emisyonlarının azaltılması (ayrıca Kyoto protokolüne istinaden) hedefi birinci dereceden öneme sahiptir. Bu hedefe aynı zamanda birçok ülke tarafından yüksek miktarda kullanılması nedeniyle yok olmaya yüz tutmuş fosil yakıtların yedeklenmesi ve kullanımının azaltılması amacıyla alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılarak ulaşılabilir.

Güneş, kesinlikle büyük bir potansiyele sahip yenilenebilir bir enerji kaynağıdır ve çevresel açıdan güneşten yararlanmak mümkündür. Güneşe maruz kalan karasal yarımkürenin yüzeyinin anbean 50 bin TW'ı geçen bir güç aldığını söylemek mümkündür; bu nedenle karasal topraklara erişen güneş enerjisi miktarı muazzamdır. Tüm dünyada kullanılan enerjinin yaklaşık 10 bin katı kadardır.

Yenilenebilir enerji kaynakları kullanan diğer sistemler arasında fotovoltaikler, sistemin kendi içsel nitelikleri sebebiyle umut vaat etmektedir: çok düşük hizmet maliyeti (yakıtı ücretsizdir) ve sınırlı bakım gereksinimleri vardır. Güvenilir, gürültüsüz ve kurulumu kolaydır. Üstelik, bazı bağımsız uygulamalarda fotovoltaikler diğer enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında, özellikle geleneksel elektrik hatlarıyla erişilmesi zor olup ekonomik olmayan yerlerde kesinlikle uygundur.

Bu Teknik Föy, bir güneş enerjisi santralini hayata geçirirken karşılaşılabilecek temel kavramlar ve problemleri

analiz etmeye yöneliktir. Güneş enerjisinden yararlanma yöntemlerine ilişkin genel bir açıklama ile başlayarak, PV santraller üzerinden aşırı akım, aşırı gerilim ve dolaylı temastan korunma yöntemleri ile ilgili kısa açıklamalar verilerek santrallerin farklı bileşenleri için doğru işletim ve koruma cihazlarının seçilmesine rehberlik edilir.

Bu teknik föy iki kısma ayrılmıştır: ilk kısım daha genel olup ilk beş bölümü içererek PV santrallerin çalışma prensiplerini, tipolojilerini, ana bileşenlerini, kurulum yöntemlerini, farklı yapılandırılmalarını ve koruma sistemlerini açıklar. Ayrıca, bir santralde enerji üretimine dair bir analiz sunar ve belirlenmiş büyüklüklerin bir fonksiyonu olarak nasıl değiştiğini gösterir.

İkinci kısım (Bölüm 6'yı içerir), fotovoltaik uygulamaları için ABB çözümlerini gösterir.

Bu teknik föyü tamamlamak üzere beş adet ek bulunur ve şunları sunarlar:

- güneş enerjisi santrallerinde kullanılan yeni teknolojilerin bir açıklaması
- diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının bir açıklaması;
- müstakil bir ev için 3kWp ve zanaatkar endüstri işletmesi için 60kWp PV santralin boyutlandırılmasına ilişkin birer örnek.
- fotovoltaik uygulamalarda sıcaklık artışı, MCB ve ayırıcı davranışlarının bir açıklaması.



1 Fotovoltaik (PV) santrallerin genel özellikleri

1.1 Çalışma prensibi

Bir fotovoltaik (PV) santral, herhangi bir yakıt kullanmadan güneş enerjisini doğrudan ve hemen elektrik enerjisine dönüştürür. Aslına bakarsak fotovoltaik (PV) teknolojisi, solar ışımaya maruz kaldığında elektrik üreten uygun bir şekilde “katkılanmış” bazı yarı iletkenlerin etkisinden yararlanır.

Fotovoltaik (PV) santrallerin başlıca avantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- gerektiğinde dağıtık üretim;
- kirlenici maddelerin emisyonu yok;
- fosil yakıtlardan tasarruf;
- hareketli parçaları olmadığından güvenli santraller (20 sene üzeri kullanım ömrü);
- azaltılmış işletim ve bakım maliyetleri;
- kullanıcıların gerçek gereksinimlerine göre sistem modüleritesi (santral gücünü artırmak için, modül sayısını arttırmak yeterlidir).

Ancak, teknik ve ekonomik açıdan tam olarak olgunluğa erişmemiş piyasa yüzünden, bir PV sisteminin ilk kurulum maliyeti oldukça yüksektir. Üstelik, güneş enerjisinin kaynağının değişkenliği nedeniyle güç üretimi düzensizdir.

Bir PV santralin yıllık elektrik gücü üretimi farklı faktörlere bağlıdır. Bunların arasında:

- kurulum sahasındaki güneş ışınımı olayı;
- modüllerin eğimi ve yönelimi;
- gölgelenmenin olup olmaması;
- santral bileşenlerinin (modüller ve inverterler başta olmak üzere) teknik performansları.

PV santrallerin başlıca uygulamaları:

1. şebekeden bağımsız yükler için kurulumlar (depolama sistemli);
2. AG şebekesine bağlı kullanıcılar için tesisatlar;
3. genellikle OG şebekesine bağlı solar PV elektrik santralleri.

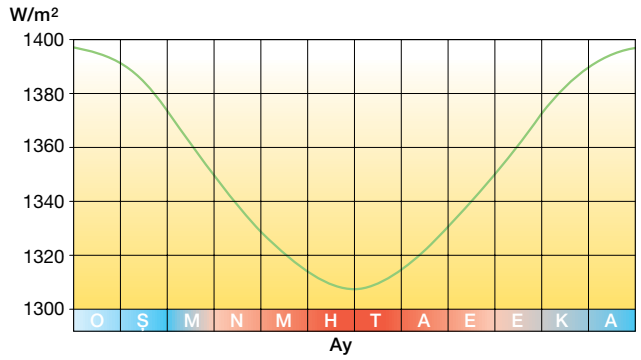
Tarife Garantisi teşvikleri sadece tip 2 ve tip 3 uygulamaları için en az 1kW nominal güce sahip olan santraller için sağlanır.

Bir PV santral temelde bir jeneratörden (PV modüller), modülleri zemine, binaya veya herhangi bir yapıya monte etmek için destek çerçevesinden, güç kontrolü ve koşullandırması için bir sistemden, olası bir enerji depolama sisteminden, anahtarlama ve koruma ekipmanını muhafaza eden elektriksel panolardan ve anahtarlama donanımları ve de bağlantı kablolarından oluşur.

1.2 Güneş enerjisi

Güneşin çekirdeğinde, milyonlarca derece sıcaklıklarda, durmaksızın termonükleer füzyon reaksiyonları meydana gelir; elektromanyetik radyasyon formunda muazzam miktarlarda enerji ortaya çıkartırlar. Bu enerjinin bir kısmı, ortalama yaklaşık $1.367 \text{ W/m}^2 \pm \%3$ bir parlaklık (solar sabit) ile Dünya atmosferinin dış kısmına ulaşır. Bu değer Dünya-Güneş uzaklığının ve solar aktivitenin (güneş lekeri) bir fonksiyonu olarak değişebilir (Şekil 1.1)¹.

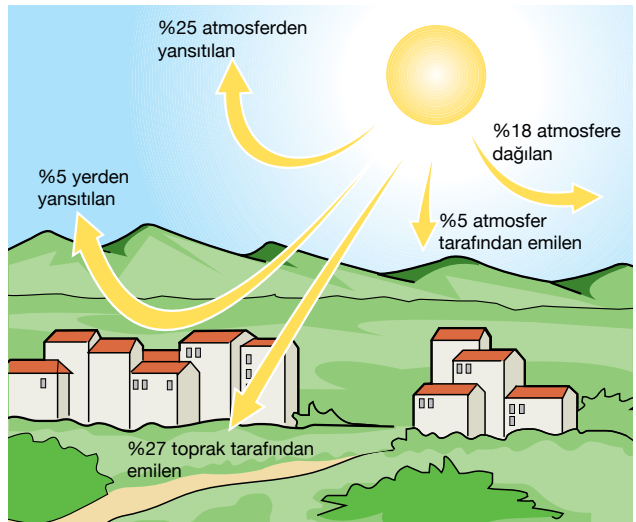
Şekil 1.1 - Ekstra-atmosferik ışınlam



Güneş ışıması, 1 metrekaredeki solar elektromanyetik ışımanın yoğunluğu anlamına gelir [kW/m^2]. Bu yoğunluk solar ışınlam spektrumunun frekansının her bir değeri ile ilişkili gücün integraline eşittir.

Atmosferden geçerken, kısmen yansıtılıp emildiğinden (özellikle su buharı ve diğer atmosfer gazları tarafından) solar ışınlam yoğunlukça azalır. Geçen ışınlam, hava ve havada asılı kalan katı parçacıklar ile yayılır (Şekil 1.2).

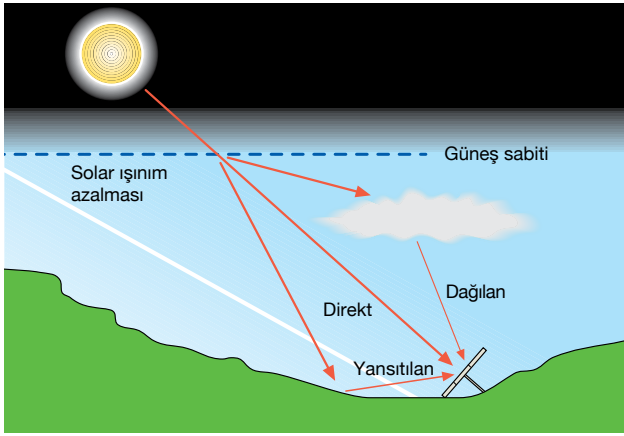
Şekil 1.2 - Güneş, atmosfer ve toprak arasındaki enerji akışı



¹ Eliptik yörünge nedeniyle dünyanın güneşe en yakın olduğu aylar Aralık ve Ocak (günberi) ve de en uzak olduğu aylar Haziran ve Temmuzdur (günöte).

Solar ışıma, güneş ışımasının belirli bir süre boyunca integrali anlamına gelir [kWh/m²]. Bu nedenle yatay bir yüzeye düşen ışıma; yüzeydeki doğrudan parlaklıkla ilişkili olarak doğrudan ışımdan, yüzeye gökyüzünün bir parçasından değil tamamından düşen yayınık ışımdan ve de yer ve etrafındaki ortam tarafından verilen bir yüzeye yansıtılan bir radyasyondan oluşur (Şekil 1.3). Kışın gökyüzü bulutla kaplıdır ve yayınık bileşen doğrudan olana göre daha büyüktür.

Şekil 1.3 - Solar ışıma bileşenleri



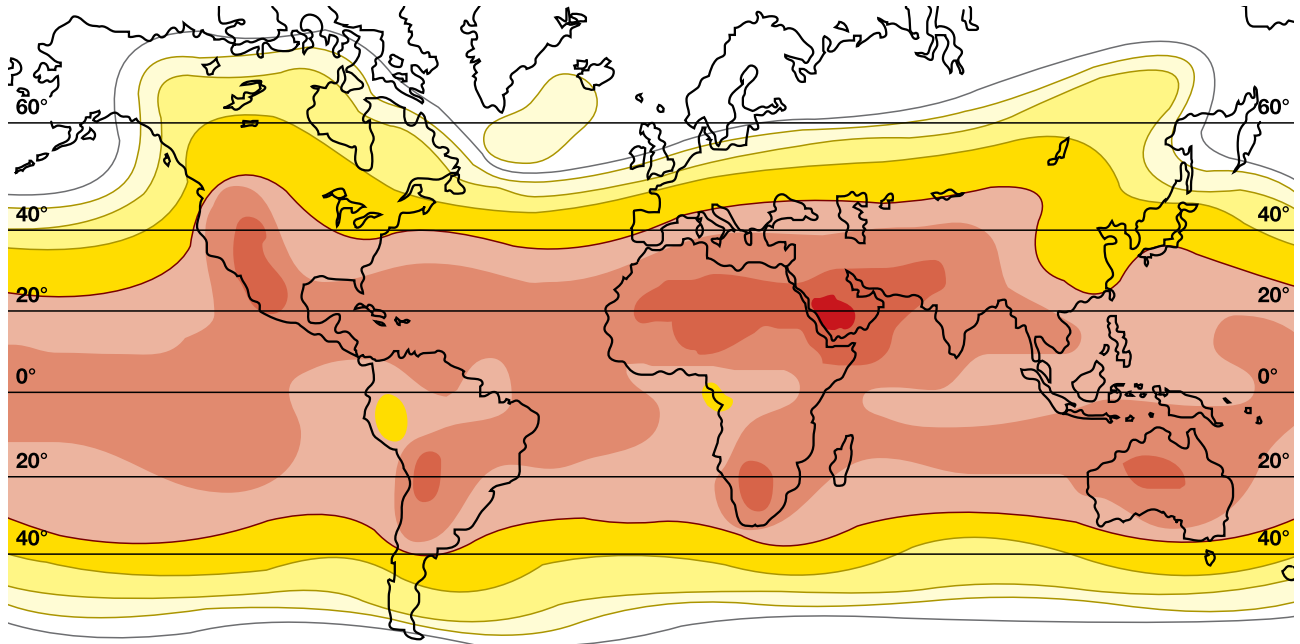
Yansıtılan ışıma, yüzeyin güneş ışınlarını yansıtma kapasitesine bağlıdır ve her malzeme için ayrı hesaplanan albedo katsayısı ile ölçülür (Şekil 1.4).

Şekil 1.4 - Yansımış ışıma

Yüzey tipi	albedo
Toprak yollar	0,04
Sulu yüzeyler	0,07
Kışın iğne yapraklı orman	0,07
Aşınmış asfalt	0,10
Bitüm çatılar ve teraslar	0,13
Toprak (kil, kireç)	0,14
Kuru çimen	0,20
Moloz	0,20
Aşınmış beton	0,22
Sonbaharda orman / tarlalar	0,26
Yeşil çimen	0,26
Binaların karanlık yüzeyleri	0,27
Kuru yapraklar	0,30
Binaların aydınlık yüzeyleri	0,60
Taze kar	0,75

Şekil 1.5, 30° Güneye eğimli bir düzlem üzerinde ortalama güneş ışıması dünya atlasını gösterir [kWh/m²/gün]

Şekil 1.5 - Solar Harita

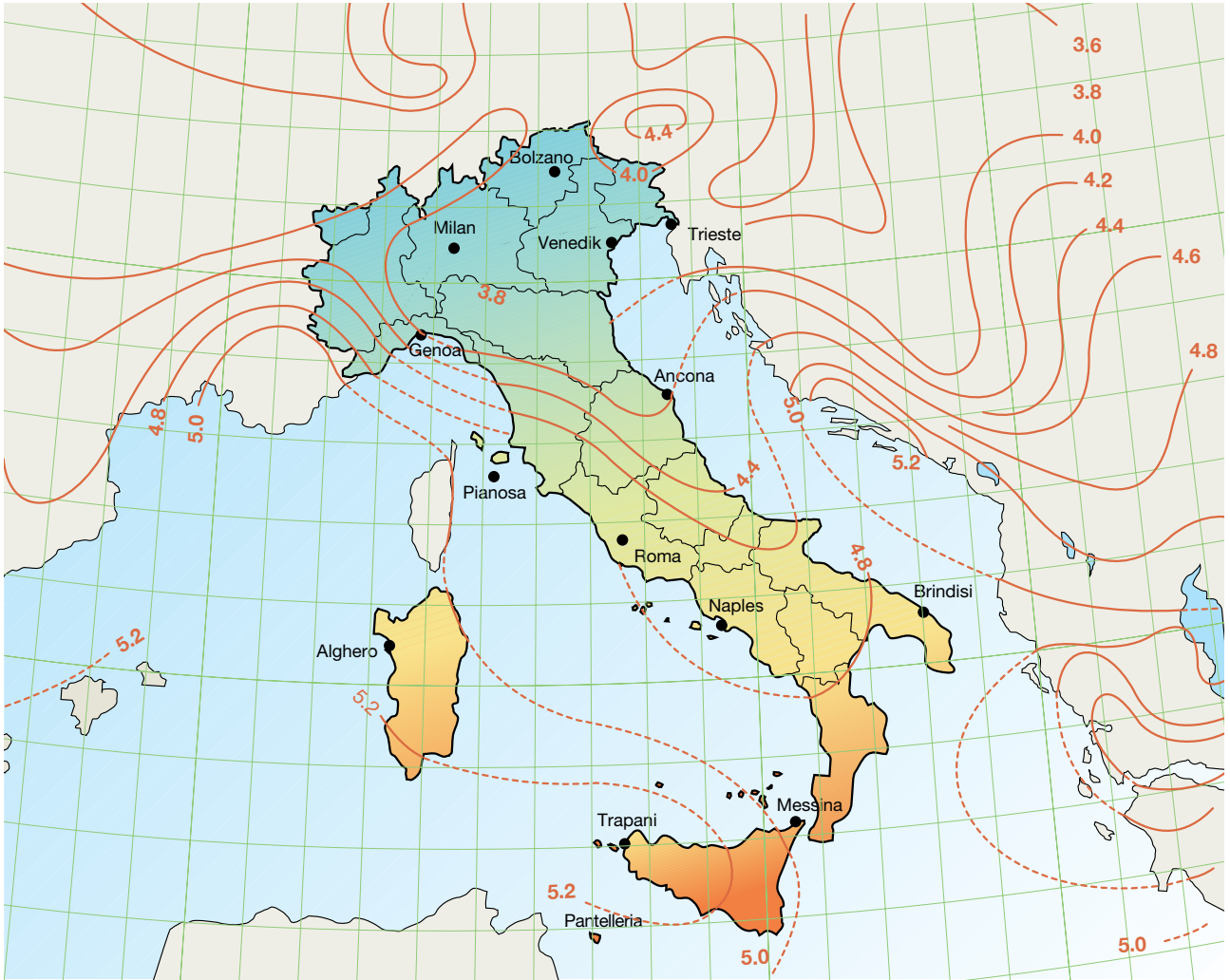


1 kWh/m² 2 kWh/m² 3 kWh/m² 4 kWh/m² 5 kWh/m² 6 kWh/m² 7 kWh/m²

İtalya'da ortalama yıllık parlaklık, Po Vadisi'nde günde 3.6 kWh/m², Güney Merkez'de günde 4.7 kWh/m² ve Sicilya'da günde 5.4 kWh/m² olarak değişir (Şekil 1.6). Bu sebeple, elverişli bölgelerde her metrekarede yıllık yaklaşık 2 MWh (5.4 . 365) elde etmek mümkündür ve

bu da her bir metrekare için 1.5 petrol varilinin enerjik eşdeğeri anlamına gelir; İtalya'nın geri kalanında ise Tiren şeridinde 1750 kWh/m² 'den Po Vadisi'nde 1300 kWh/m² 'ye kadar değişim gösterir.

Şekil 1.6 - kWh/m² cinsinden günlük global ışıma



1.3 Bir güneş enerjisi santralinin başlıca bileşenleri

1.3.1 Fotovoltaik jeneratör

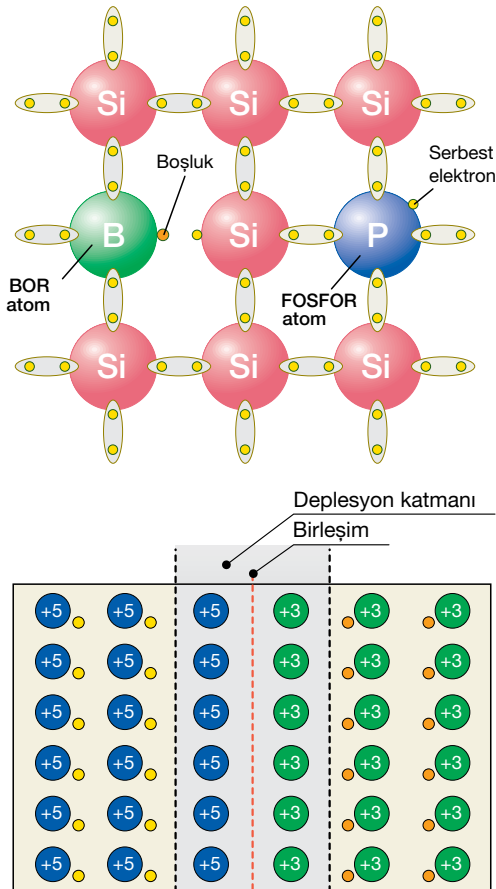
PV üreticinin temel bileşeni, solar ışının elektrik akımına dönüştürüldüğü fotovoltaik hücredir. Hücre genellikle, 0.3 mm kalınlığa ve 100 ila 225 cm² yüzeye sahip iyi işlenmiş silisyum olan ince bir yarı iletken malzeme tabakasından oluşur.

4 valans elektronu olan silisyumun (4 değerli), bir katmanı üzerine üç değerli atomlar (örn. boron – P katkısı) diğer üzerine küçük miktarlarda 5 değerli atomlar (örn. fosfor – N katkısı) eklenerek katkı yapılır.

P tipi bölgede delik fazlalığı varken N tipi bölgede elektron fazlalığı vardır (Şekil 1.7).

Şekil 1.7 - Fotovoltaik hücre

Katkılı silisyum

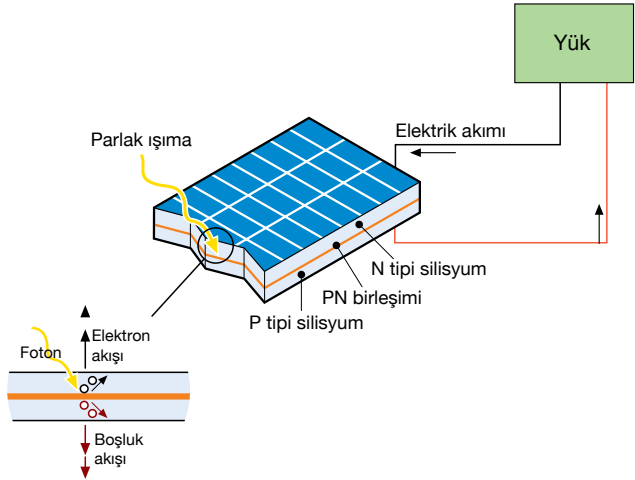


Farklı katkı iki tabaka arasındaki temas alanında (P-N bağlantısı) elektronlar, elektron açısından zengin olan bölgeden (N) elektron açısından fakir olan bölgeye (P) hareket etme eğilimindedirler ve dolayısıyla P bölgesinde negatif yük birikimi üretirler. N bölgesinde pozitif yükün birikmesiyle, elektron delikleri için ikili bir olay meydana gelir. Bu nedenle, bağlantı boyunca bir elektrik alan oluşur ve elektrik yüklerinin daha da yaygınlaşmasına karşı çıkar. Dışarıdan bir gerilim uygulayarak, bağlantı akımını sadece bir yönde akmasına izin verir (diyot işleyişi).

Hücre ışığa maruz kaldığında, fotovoltaik etki yüzünden bazı elektron deliği çiftleri hem N hem de P bölgesinde ortaya çıkar. Dâhili elektrik alan, fazla elektronların (malzemenin bir bölümünden fotonun absorpsiyonuyla türetilen) deliklerden ayrılmasını sağlar ve onları birbirlerine göre zıt yönlerde iter.

Sonuç olarak, elektronlar tükenme bölgesini geçtikten sonra alan ters yönde akmalarını engellediğinden geriye hareket edemezler. Harici bir iletken ile bağlantıyı bağlayarak kapalı bir devre elde edilir. Hücre aydınlatıldığı müddetçe, bu kapalı devrede akım yüksek potansiyele sahip N katmanından düşük potansiyele sahip P katmanına akar (Şekil 1.8).

Şekil 1.8 - Fotovoltaik hücre nasıl çalışır

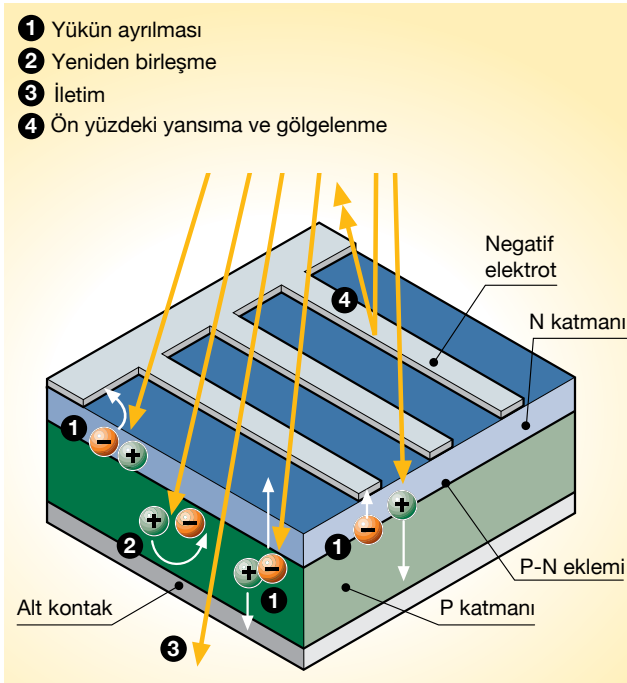


² Bir malzemenin (genellikle yarı iletken) valans bandındaki bir elektron malzemeye gelen yeterince enerjili bir fotonun (elektromanyetik ışının kuantumu) emilimi nedeniyle iletim bandına aktarıldığında fotovoltaik etki oluşur. Esasen yarı iletken malzemelerde, yalıtkan malzemelerde olduğu gibi, valans elektronları serbestçe hareket edemez; yarı iletken malzemeyi yalıtkan malzemelerle karşılaştırdığımızda, valans bandı ve iletim bandı (iletken malzemelerin karakteristiği) arasındaki boşluk küçüktür, dolayısıyla dışarıdan enerji aldıklarında elektronlar kolayca iletim bandına taşınabilirler. Bu tür bir enerji, parlak ışınım, dolayısıyla fotovoltaik etki ile beslenebilir.

Akımı beslemeye katkıda bulunan silisyum bölge P-N bağlantısını çevreleyen alandır; elektrik yükleri uzak alanlarda oluşur ama onları hareket ettiren elektrik alan olmadığından yeniden birleşirler. Sonuç olarak PV hücrenin büyük bir yüzeye sahip olması önemlidir: yüzey ne kadar büyük olursa, üretilen akım o kadar yüksek olacaktır.

Şekil 1.9, elektrik enerjisine dönüştürülmemiş gelen güneş enerjisinin önemli bir yüzdesini gösteren fotovoltaiik etki ve enerji dengesini tasvir etmektedir.

Şekil 1.9 - Fotovoltaiik etki



Gelen solar enerjinin %100'ü.

- %3 yansıma kayıpları ve ön kontaktların gölgelenmesi
 - %23 elektronları serbest bırakmak için yeterli enerjisi olmayan yüksek dalga boyuna sahip fotonlar; ısı oluşur
 - %32 fazla enerjisi olan kısa dalga boyuna sahip fotonlar (iletim)
 - 8.5% serbest yük taşıyıcılarının yeniden birleşimi
 - %20 hücrede ve özellikle geçiş bölgelerinde elektrik gradyanı
 - %0.5 seri direnç, iletkenlik kayıplarını gösterir
- = %13 kullanılabilir elektrik enerjisi**

Standart çalışma koşullarında (25° C sıcaklıkta 1W/m² parlaklık), bir PV hücre 0.5V gerilime ve 1.5-1.7Wp tepe gücüne sahip 3A bir akım üretir.

Piyasada hücrelerin bir araya getirilmesinden oluşan fotovoltaiik modüller satın alınabilir. En sık rastlanılan, 0.5 ila

1m² alana sahip olan 36 hücrenin 4 paralel sıra halinde seri dizilmesinden meydana gelmiş olanlardır.

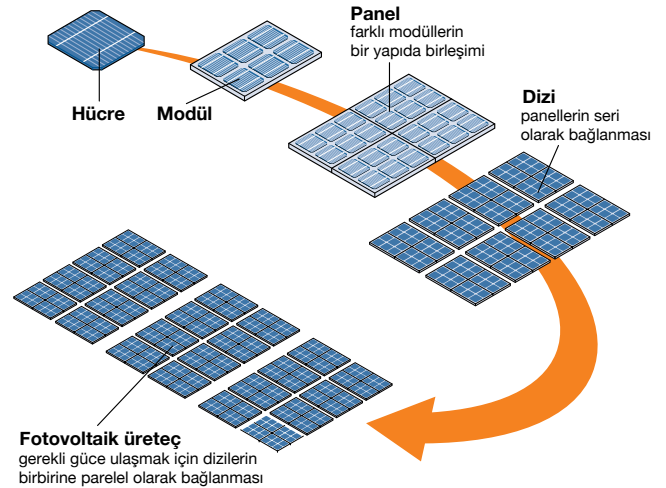
Mekanik ve elektriksel olarak bağlı birçok modül bir panel oluşturur; bu yere veya binaya bağlanabilen yaygın bir yapıdır (Şekil 1.10).

Şekil 1.10



Elektriksel olarak seri bağlı birden çok panel bir dizi oluşturur ve gerekli gücü üretmek için elektriksel olarak paralel bağlı birden çok dizi jeneratör veya fotovoltaiik alan oluşturur (Şekil 1.11 ve 1.12).

Şekil 1.11



Şekil 1.12



Modüllerdeki PV hücreler, kaçınılmaz üretim sapmaları sebebiyle birebir aynı değildir; dolayısıyla, birbirlerine paralel olarak bağlı iki blok hücre aynı gerilime sahip olamayabilir. Sonuç olarak, yüksek gerilime sahip hücre bloklarından düşük gerilime sahip hücre bloklarına akan bir akım oluşturulur. Bu yüzden, üretilen gücün bir kısmı modülün kendi içinde kaybolur (uyumsuzluk kayıpları).

Hücrelerin eşitsizliği farklı solar ışımayla da belirlenebilir; örneğin hücrelerin bir kısmına gölge düştüğünde veya bozulduklarında.

Bu hücreler diyot gibi davranarak diğer hücreler tarafından üretilen akımı engeller.

Diyot diğer hücrelerin gerilimine tabidir ve lokal aşırı ısınmalar yüzünden bağlantının delinmesine neden olup modüle zarar verebilir.

Bu sebeple, modüllerin gölgelenmiş veya hasarlı parçasını kısa devre yaptırarak böylece olayları sınırlamak için modüller by-pass diyotları ile donatılmıştır.

Modüllerin eşit olmaması, dizilerdeki farklı parlaklık, gölgelenmeler ve arızalar yüzünden uyumsuzluk olayı fotovoltaik alanın dizileri arasında da meydana gelir.

Dizilerde ters akım akışından kaçınmak için diyot takmak mümkündür.

Modülünü oluşturan hücreler bir montaj sistemi içerisine kapsüle edilir; bu sistem:

- hücreleri dışarı doğru yalıtır;
- atmosferik maddelere ve mekanik zorlamalara karşı hücreleri korur;
- düşük sıcaklıklarda ultra viyole ışınlarına, ani sıcaklık değişimlerine ve aşınmaya direnir;
- sıcaklık artışının modül tarafından sağlanan enerjiyi azaltmaması için kolayca ısıdan kurtulur.

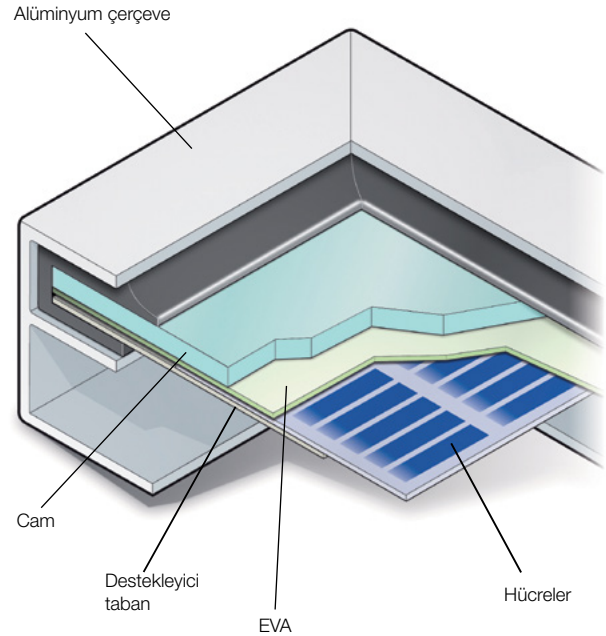
Böylece özellikler, modülün kalan ömrü boyunca korunmalıdır.

Şekil 1.13, kristal silisyumdaki standart bir modülün kesit alanını göstermektedir; oluşturanlar:

- üst tarafta, yüksek saydamlık ile karakterize olmuş işığa maruz kalan koruyucu bir tabaka (en çok kullanılan malzeme temperli camdır);

- cam ve hücre arasındaki direkt temasından kaçınmak, hücrelerin yüzey kusurları nedeniyle oluşan boşlukları ortadan kaldırmak ve hücreyi elektrik olarak panelin geri kalanından izole etmek için bir kapsülleme malzemesi; laminasyon aşamasının gerekli olduğu işlemlerde genellikle Etilen Vinil Astat (EVA) kullanılır;
- arkada bir destek substratı (cam, metal, plastik);
- genellikle alüminyumdan yapılmış metal bir çerçeve.

Şekil 1.13



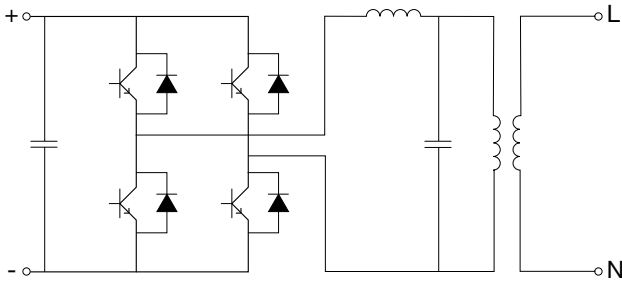
Kristal silisyum modüllerde hücreleri bağlamak için hücrelerin inşası sonrası lehimli metal kontaklar kullanılır; ince film modüllerinde, elektriksel bağlantı hücrelerin üretim sürecinin bir parçasıdır ve bu çinko oksit veya kalay oksit gibi transparan metal oksitlerin bir tabakasıyla sağlanır.

1.3.2 İnverter

Güç koşullandırma ve kontrol sistemi, doğru akımı alternatif akıma çeviren ve inverterin içindeki bir L-C filtresiyle şebekeye taşınacak çıkış gücünün kalitesini kontrol eden bir inverterden oluşmaktadır.

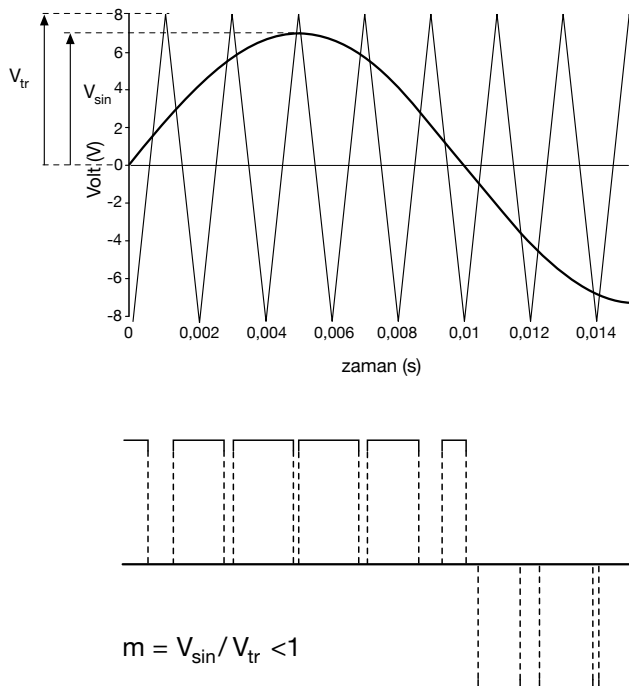
Şekil 1.14 bir inverterin prensip şemasını göstermektedir. Statik anahtarlar olarak kullanılan transistörler, en basit modda bir çıkış kare dalga formuna neden olacak bir açma-kapatma sinyali ile kontrol edilirler.

Şekil 1.14 – Tek fazlı bir inverterin prensip şeması



Olabilirdiğince sinüzoidal bir dalga formu elde etmek için, daha sofistike bir teknik olan Darbe Genişliği Modülasyonu (PWM) kullanılır; PWM tekniği frekansın yanında çıkış dalga formunun r.m.s. Değeri üzerinde bir düzenlemenin elde edilmesini sağlar (Şekil 1.15).

Şekil 1.15 – PWM teknolojinin çalışma prensibi

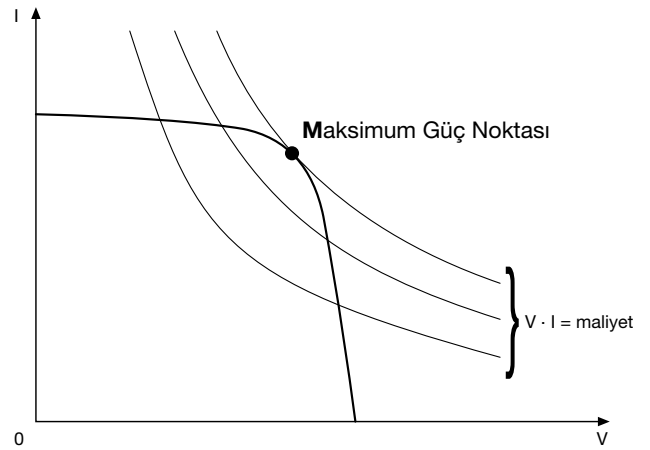


PV jeneratör tarafından sağlanan güç, çalıştığı noktaya bağlıdır.

Santralin güç kaynağını maksimuma çıkarmak için, jeneratör yüke adapte olacaktır; böylece çalışma noktası her zaman maksimum güç noktasına karşılık gelir.

Bu amaçla, inverterin için Maksimum Güç Noktası İzleyici (MPPT) adında kontrollü bir kısıyıcı kullanılır; MPPT anlık olarak maksimum kullanılabilir gücün üretildiği üretimin "gerilim-akım" değer çiftlerini hesaplar. PV jeneratörün I-V eğrisinden başlayarak:

Fotovoltaik üreteç için Maksimum Güç Noktası



Maksimum güç noktası transferi, solar ışınımın bir değeri ve aşağıdaki denklemin hiperbolü için verilen I-V karakteristik eğrisi arasındaki teğet noktasına karşılık gelir $V \cdot I = \text{cost}$.

Ticari olarak kullanılan MPPT sistemleri, düzenli aralıklarla gerilim-akım değerlerinin sapmalarını belirleyen küçük yük varyasyonlarına neden olarak ve yeni ürün I-V'sinin öncekinden yüksek mi düşük mü olduğunu değerlendirerek üretimin karakteristik eğrisindeki maksimum güç noktasını tanımlar. Yükselmesi durumunda, yük koşulları dikkate alınan yönde değişmeye devam eder. Aksi halde, koşullar aksi yönde değiştirilir.

Gereken performansların karakteristikleri nedeniyle, bağımsız santralleri ve şebekeye bağlı santrallerin inverterleri farklı karakteristiklere sahip olacaktır:

- bağımsız santrallerde, inverterler üretimin ve yük talebinin değişimi doğrultusunda olabildiğince sabit bir şekilde AC tarafına gerilim sağlayabilme yetisine sahip olacaktır;
- şebekeye bağlı santrallerde, inverterler mümkün olduğunca aynı şekilde şebeke gerilimini yeniden üretecek ve aynı zamanda PV modüllerin güç çıkışını optimize ve maksimize etmeye çalışacaktır.

1.4 Fotovoltaik modül tipleri

1.4.1 Kristal silisyum modüller

Günümüzde en çok kristal silisyum modüller kullanılır ve üç kategoriye ayrılırlar:

- monokristal (tek kristalli) silisyum modülleri (Şekil 1.16), homojen tek kristalli modüller yüksek saflıktaki silisyum kristalden elde edilir. Tek kristalli silisyum külçe, silindirik bir şekle sahip olup 13-20 cm çapa ve 200cm uzunluğa sahiptir ve de yavaş dönüşlü bir ipliksi kristalin büyümesi ile elde edilir. Sonrasında, silindir 200-250 µm kalınlığında plakalar halinde dilimlenir ve yansıma kayıplarını en aza indirmeyi amaçlayan “mikro oluklar” elde etmek üzere üst yüzey kimyasal işleme tabi tutulur. Bu hücrelerin başlıca avantajları arasında verimlilik (%16-16.5 iken yüksek performanslı modüllerde %20 ila 22’ye çıkmaktadır), yüksek dayanım ve karakteristik özelliklerin uzun süre muhafazası vardır³. Bu modüllerin fiyatı yaklaşık 0.70€/W’dır ve bu teknoloji ile yapılan modüller genellikle homojen koyu mavi renkle karakterize edilir⁴.
- polikristal modüllerde (Şekil 1.17), hücreleri oluşturan kristaller birleşerek farklı şekiller ve yönler alırlar. Nitekim,

polikristal silisyum hücrelerin tipik parıldaması, kristallerin farklı yön alması sonucu ışığa göre farklı davranması nedeniyle olur. Polikristal silisyum külçe, eritilerek ve bir paralel yüz şekilli bir kalıp içine silisyumun dökümüyle elde edilir. Bu şekilde elde edilen dilimler kare şeklindedir ve 180-300 µm kalınlığında tipik damarlara sahiptir.

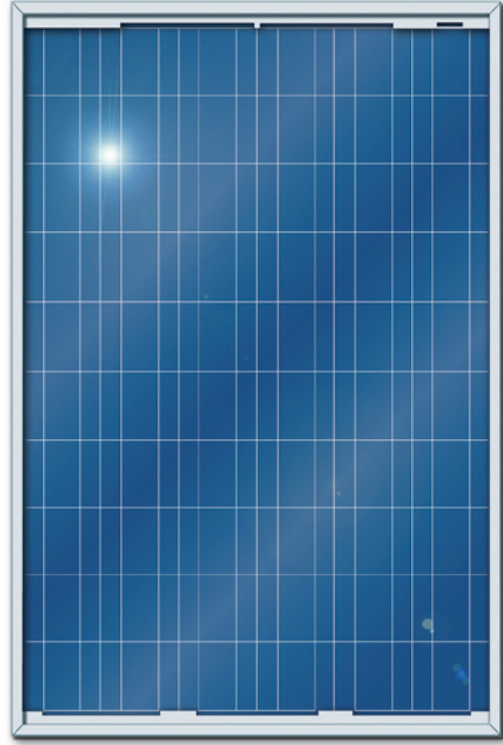
Monokristal modüllerle karşılaştırıldığında verim düşüktür (%15 ila 16 iken yüksek performanslı modüllerde %18 ila %20’dir), ancak maliyeti de düşüktür: 0.67 €/W. Her halükarda dayanım (tek kristalli silisyuma göre) ve ayrıca performansın zaman içinde korunumu yüksektir (20 sene sonrasında ilk verimin %85’i). Böylesi bir teknoloji ile yapılan hücreler, kristal parçaların oldukça görünür olduğu yüzey kısmından ayırt edilebilir.

- Tek ve çok kristalli olanlar arasında ara bir yapıya sahip neredeyse monokristal modüller. Külçeleri elde etme yöntemi, polikristal modülleri üretmek için kullanılan yöntemle benzer: özellikle bir monokristal silisyum kristali, potanın dibine yerleştirilir ve büyük boyutlu kristallerin oluştuğu “yoğunlaşma çekirdeği” görevi görürler. Külçenin soğuması, kristallerin bölünmeden büyümesine izin verecek şekilde yavaş olacak ve silisyum çekirdeğinden yukarı yönde meydana gelecektir.

Şekil 1.16 – Monokristal silisyum modül



Şekil 1.17 – Polikristal silisyum modül



³ Bazı üreticiler, modüllerinde 20 yıl içinde nominal değere göre maksimum %10 verim kaybı olacağını garantisini verirler.

⁴ Koyu mavi renk, titanyum oksit anti yansıtıcı kaplama nedeniyle ve güneş ışınının toplanmasının iyileştirilmesi amacıyla.

Bugünlerde, kristal silisyum teknolojisi piyasayı %90'a varan oranlarda domine etmektedir. Bu teknoloji, hem ulaşılabilir verimliliği hem de üretim maliyetleri bakımından olgunlaşmış olup muhtemelen kısa-orta dönemde pazarı domine etmeye devam edecektir. Verimlilik açısından sadece bazı küçük iyileştirmeler ve hem daha büyük ve daha ince dilimlerin endüstriyel süreçlere dâhil olması, hem de ölçek ekonomileri ile bağlantılı olarak maliyetlerde düşme beklenmektedir. Özellikle, seçici yayıcı tekniği sayesinde, metal kontaklar altındaki alanda, bu bölgedeki direnci azaltmak için ve bununla birlikte, metalik kontakların boyutunu arttırmadan katkılama elemanının (fosfor) konsantrasyonunu artırarak verimliliği %0.8'e kadar artırmak mümkündür. Bu sebeple, bu teknik, solar ışımının kaptasyon yüzeyini düşürmeden ve dolayısıyla optik performansını olumsuz etkilemeksizin kontakların direncinin hücreler üzerinde düşürülmesini sağlar. Bunun haricinde, böylesi bir teknolojiye dayanan PV endüstrisi, elektronik endüstrisi için tasarlanmış silisyum fazlalıklarını kullanır ancak sonucunun sürekli gelişmesi ve PV üretiminin son yıllardaki artışı nedeniyle, fotovoltaik sektöründe kullanılacak hammaddenin piyasada bulunabilirliği gittikçe daha zor hale gelmektedir.

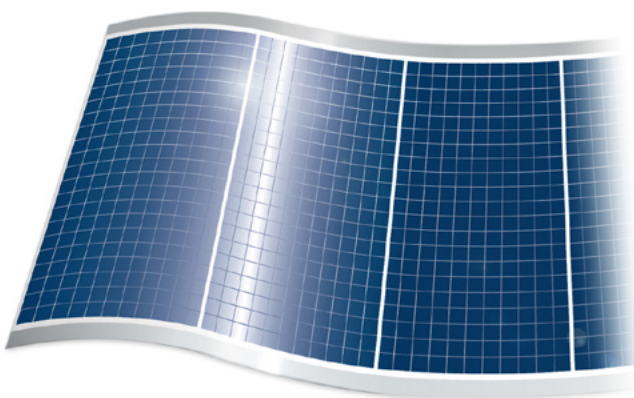
1.4.2 İnce film modüller

İnce film hücreleri, genellikle gaz karışımları, desteklerde cam olarak, polimerler, alüminyum gibi karışıma fiziksel kıvamını veren biriktirilen yarı iletken malzemeden oluşur. Yarı iletken film tabakası, birkaç yüz μm 'lik kristal silisyum hücrelerine nazaran birkaç μm kalınlığındadır. Dolayısıyla, önemli ölçüde malzeme tasarrufu vardır ve esnek bir desteğe sahip olma imkanı ince film hücrelerinin uygulama alanını artırır (Şekil 1.18).

Kullanılan başlıca malzemeler:

- amorf silisyum (a-Si)
- kadmiyum telürür (CdTe)
- indiyum diselenid ve bakır alaşımları (CIS, CIGS, CIGSS)
- galyum arsenit (GaAs)

Şekil 1.18 – İnce film modül

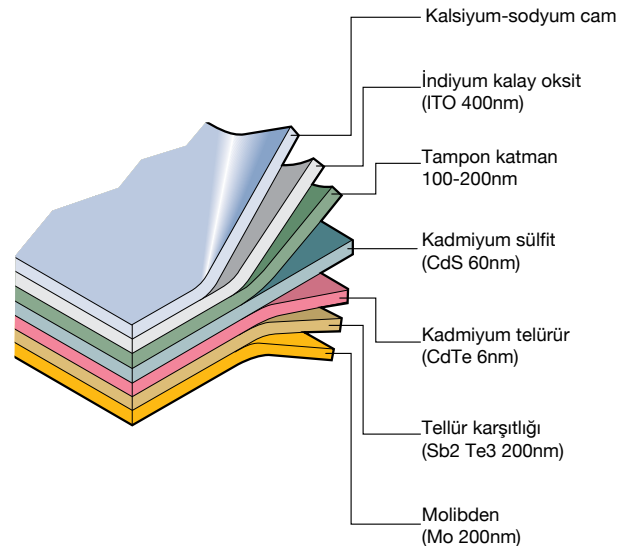


Amorf Silisyum destek üzerinde film olarak toplanır (ör. alüminyum) ve kristal silisyum ile karşılaştırıldığında PV teknolojisine daha az maliyetle sahip olma fırsatını sunar ancak bu hücrelerin verimliliği zaman içinde daha kötüye gider. Amorf silisyum ince bir plastik sac veya esnek malzeme üzerine spreyle de püskürtülebilir. Her şeyden önce, panelin ağırlığını olabildiğince düşürmek ve onu kıvrımlı yüzeylere adapte etmek gerektiğinde kullanılır.

Elektronların akılarında karşılaşmak zorunda kaldıkları birçok direnç nedeniyle verimlilik oldukça düşüktür (%7-8, yüksek performanslı modüllerde %10-11); ancak birim başına maliyet (0.52 ila 0.56 €/W), kristal silisyum modüllerinkinden düşüktür. Ayrıca bu durumda, hücre performansları da zamanla kötüleşme eğilimi gösterir. Bu teknolojinin ilginç bir uygulaması da "tandem"dır (mikromorf silisyum hücreler); amorf silisyum tabakasını bir veya daha fazla çok eklemli kristal silisyum tabakasıyla birleştirir; güneş spektrumunun ayrılması sayesinde, sırayla yerleştirilmiş her eklem en iyi performansla çalışır ve hem verimlilik hem de dayanıklılık açısından yüksek seviyeler garanti eder. Ulaşılan verimlilik seviyeleri ilginçtir: laboratuvarlarda %11.6 ve ticari uygulamalarda %9.

Kadmiyum telürür teknolojisinin yüksek ölçekli üretimi, hücrede bulunan CdTe nedeniyle çevresel bir sorun teşkil eder: suda çözünemediğinden ve kadmiyum içeren diğer bileşenlerden daha kararlı olduğundan, düzgün geri dönüşümü yapılmaz veya kullanılmazsa sorunlara yol açabilir (Şekil 1.19). CdTeS hücreleri, amorf silisyum hücrelere göre daha yüksek verimliliğe sahiptir (%12.4 ila 13.4, ve yüksek performanslı modüllerde %12.7 ila 14.2) ve birim başına maliyeti biraz daha fazladır (0.58-0.60 €/W).

Şekil 1.19 – CdTe-CdS bazlı ince film yapıları



CIS/CIGS/CIGSS modüllerde, silisyum yerine bazı özel alaşımlar kullanılır, örneğin:

- bakır, indiyum ve selenit (CIS);
- bakır, indiyum, galyum ve selenit (CIGS);
- bakır, indiyum, galyum, selenit ve kükürt (CIGSS).

Verimlilik yaklaşık %14.1 ile 14.6'dır (yüksek performanslı modüller için %15) ve performanslar zaman içinde değişmez; kristal silisyum için birim başına maliyette bir düşme öngörülmektedir ve yaklaşık 0.65 €/W'dir.

Bugünlerde **GaAs teknolojisi** elde edilen verimlilik açısından düşünüldüğünde en ilginç olanıdır; %25 ile 30 arasındadır ancak böylesi hücrelerin üretimi yüksek maliyet ve malzemenin azlığı yüzünden sınırlıdır ve "yüksek hızlı yarı iletkenler" ve optoelektronik endüstrisinde kullanılır. Nitekim, GaAs teknolojisi başlıca ağırlık ve indirgenmiş boyutların önemli rol oynadığı uzay uygulamalarında kullanılır.

İnce film teknolojilerinin pazar payı sınırlıdır, ancak böylesi teknolojiler orta-uzun vadede yüksek potansiyelli çözümlerde ve ayrıca önemli bir fiyat indirimi için dikkate alınırlar.

Doğrudan büyük ölçekli ince film biriktirilmesi ile (5 m²'den daha fazla), ilk külçe kristal silisyum tabakası almak için yapılan dilimleme işlemindeki tipik artıklardan kaçınılır.

Biriktirme yöntemleri, düşük güç tüketimi işlemleridir ve dolayısıyla ilgili geri ödeme süresi kısadır; yani PV santralin kendisini inşa edecek güç üretilmeden önceki süre içindir (amorfsilisyum için yaklaşık 1 yıla karşılık kristal silisyum için 2 yıl).

⁵ Bu alandaki bazı çalışmalara göre, 2020 yılında ince filmlerin pazar payı %30 ile 40'a erişebilir.

Kristal silisyum modüllerle karşılaştırıldığında inci film modüller çalışma sıcaklığı üzerinde verimliliğe bağımlılık gösterirken en önemlisi bulutlu günlerde, dağınık ışık bileşeni daha belirgin ve radyasyon seviyeleri düşük olduğunda iyi tepki gösterir.

Tablo 1.1

	Tek kristalli silisyum	Çok kristalli silisyum	Amorf silisyum
H Hücre	%16 ila 17	%14 ila 16	%7 ila 8
Avantajları	Yüksek η η sabit Güvenilir teknoloji	Düşük maliyet, basit üretim, optimum genel boyutlar	Düşük maliyet, sıcaklığın etkisinin azaltılması, dağıtılmış ışınımı yüksek güç çıkışı
Dezavantajları	Üretim için gerekli daha yüksek güç miktarı	Üretim süreçlerinde safsızlıklara karşı hassasiyet	Daha büyük boyutlar, yapı maliyeti ve kurulum süresi

Tablo 1.2

	GaAs (Galyum Arsenit)	Kadmiyum Telürür	CIS (Bakır İridyum Selenür alaşımları)
H Hücre	%32.5	%12.4 - %13.4	13.6 - %14.6
Avantajları	Yüksek sıcaklıklarda yüksek direnç (kontaktörler için uygun)	Düşük maliyet	Çok kararlı
Dezavantajları	Zehirlilik, materyallerin kullanılabilirliği	Zehirlilik, materyallerin kullanılabilirliği	Zehirlilik

1.5 Güneş enerjisi santrali tipleri

1.5.1 Bağımsız santraller

Bağımsız santraller şebekeye bağlı olmayan santrallerdir; PV modüllerden ve bir depolama sisteminden oluşurlar. Bu depolama sistemi aydınlatma düşük veya karanlık olduğunda da elektrik enerjisi sağlar. PV jeneratör tarafından üretilen akım DC gücü olduğundan, eğer kullanıcı santrali AC akıma ihtiyaç duyarsa, inverter ihtiyacı doğur.

Böylece santraller, elektrik şebekesi olmadığında veya erişim kolay olmadığında, motor üreteç setleri yerine geçebileceklerinden teknik ve finansal açıdan avantajlıdır. Ayrıca, bağımsız yapılandırılarda, PV alanı aşırı boyutlandırılmıştır. Böylece güneşli saatlerde, hem yük kaynağı hem de depolanan bataryaların yeniden şarj edilmesi, az güneşli günleri hesaba katarak belli bir güvenlik payıyla garantilenmiş olur.

Şu anda beslemek için kullanılan en yaygın uygulamalar (Şekil 1.20):

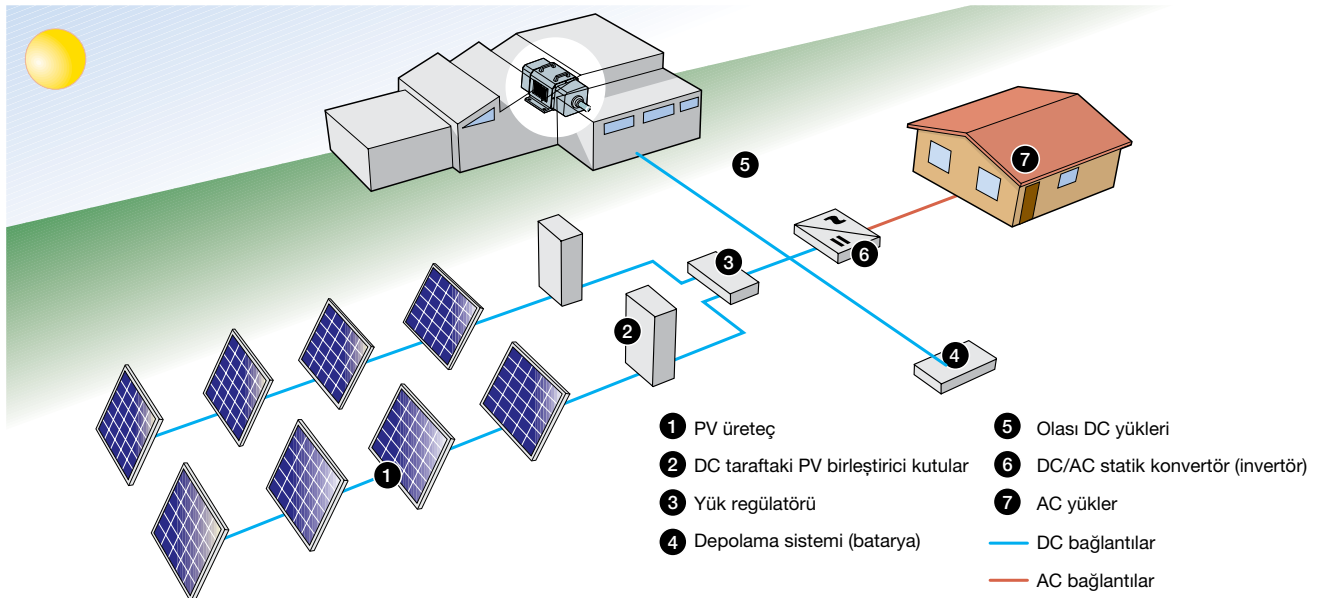
- su pompalama ekipmanı;
- radyo tekrarlayıcı, hava ya da sismik gözlem ve veri aktarma istasyonları;
- aydınlatma sistemleri;
- yollar, limanlar ve havaalanları için işaret sistemleri;
- karavanlarda çalışma beslemesi;
- reklam sistemleri;
- yüksek rakımlardaki refüjler.

Şekil 1.20 – Fotovoltaik güç tarafından beslenen fotovoltaik barınaklar ve sokak lambaları



Şekil 1.21, şebekeden bağımsız çalışan bir PV santralin prensip şemasını gösterir.

Şekil 1.21



1.5.2 Şebekeye bağlı santraller

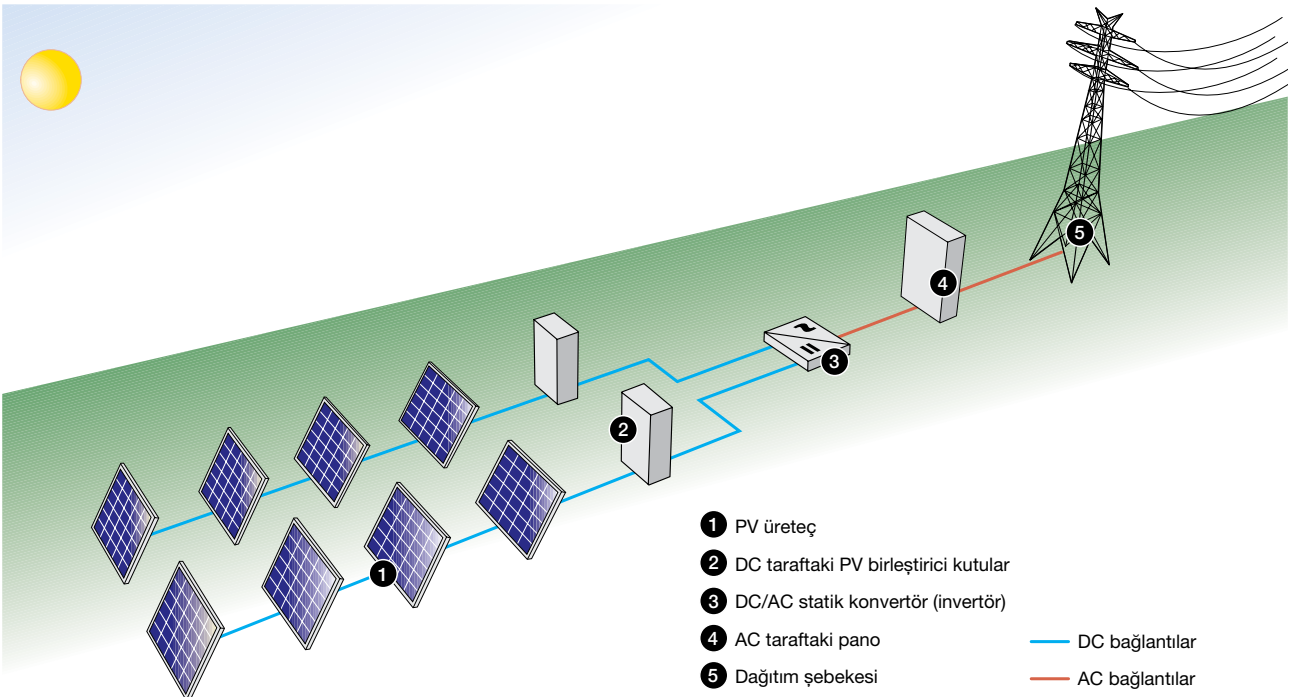
Kalıcı olarak şebekeye bağlı santraller, PV jeneratörün müşterinin ihtiyaçlarını karşılamak için yeterli miktarda enerji üretilmediği saatlerde şebekeden güç çeker.

Bunun aksine, eğer PV sistem gereğinden fazla elektrik gücü üretirse, artan enerji şebekeye aktarılır ve dolayısıyla büyük bir akümülatör gibi çalışır: sonuç olarak, şebekeye bağlı sistemlerin akümülatör bankı ihtiyacı yoktur (Şekil 1.22).

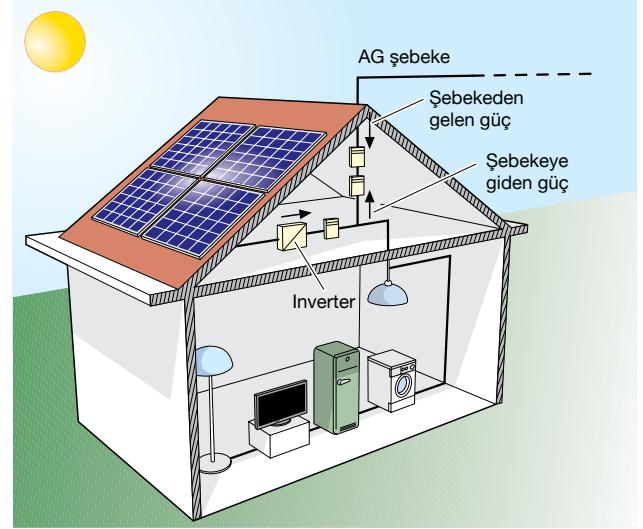
Şekil 1.22



Şekil 1.24



Şekil 1.23



Bu santraller (Şekil 1.23), merkezileştirilmiş yerine dağıtılmış üretim avantajı sunarlar: nitekim, tüketim alanı yakınında üretilen enerji, geleneksel büyük güç santrallerinden daha yüksek bir değere sahiptir; çünkü iletim kayıpları sınırlıdır ve büyük taşıma ve gönderim sistemlerinin maliyeti azalır. Ek olarak, güneşli saatlerdeki enerji üretimi, şebeke gereksinimlerinin gün içinde talep yüksekken azaltılmasını sağlar.

Şekil 1.24, şebekeye bağlı bir güneş enerjisi santralinin prensip şemasını göstermektedir.

1.6 Üretime ara verilmesi ve üretilen gücün saklanması

Üretimin belirsiz olarak kesilmesi nedeniyle geniş ölçekli PV kullanımı teknik açıdan sınırlıdır. Nitekim, ulusal elektrik dağıtım şebekesi, şebekenin kararlılığı açısından ciddi sorunlar oluşabileceğinden sadece sınırlı miktarda aralıklı giriş gücü kabul edebilir.

Kabul sınırı, şebeke konfigürasyonuna ve bitişik şebekeler ile ara-bağlantı derecesine bağlıdır. Özellikle, İtalya'daki durumda, şebekeye verilen toplam aralıklı güç, geleneksel güç üretim santrallerinin toplam gücünü %10 ila 20 aştığında durum tehlikeli olarak kabul edilir.

Dolayısıyla, enerji üretiminin aralıklılığı nedeniyle bir kısıtlamanın olması ulusal enerji dengesinde önemli bir PV katkısı sunma olasılığını kısıtlar ve bu açıklamalar tüm aralıklı yenilenebilir kaynaklarını kapsayabilecek şekilde genişletilebilir. Bu olumsuz etkiden kaçınmak için uzun zamanda yetecek enerjiyi depolamak böylece üretilen aralıklı elektrik enerjisini daha sürekli ve kararlı bir formda şebekeye aktarmak gereklidir.

Elektrik gücü, büyük süper iletken bobinlerde veya farklı bir enerji türüne çevrilerek depolanabilir: volanlar veya sıkıştırılmış gazlarda depolanan kinetik enerji, su havzalarındaki yerçekimi enerjisi, sentez yakıtlarındaki kimyasal enerji ve elektrik akümülatörlerindeki (bataryalar) elektrokimyasal bir enerji.

Enerjinin günlerce/aylarca verimli bir şekilde korunması ihtiyacına göre bu seçeneklerin teknik bir seçimiyle iki depolama sistemi ortaya çıkar: bataryalar kullanan ve hidrojenli olan.

Bu iki teknolojinin bilinen durumunda, elektrokimyasal depolama, enerjiyi birkaç saat ile birkaç gün boyunca kısa-orta vadede depolamak için makul görünmektedir. Bu nedenle, şebekeye bağlı santrallere uygulanan fotovoltailerle ilgili olarak, küçük boyutlu bataryalar bulunduran bir depolama alt sisteminin takılması, aralılık nedeniyle oluşan aksamaları iyileştirebilir ve böylece ağın kabul sınırının kısmen üstesinden gelinmesi sağlanabilir.

Tüm kullanım sektörlerinde petrolün yerine geçmesi için gereken yüksek miktarlardaki elektrik gücünün mevsimsel depolanması ile ilgili olarak, yaz ayındaki solar elektrik üretiminin kışın üretilenin yaklaşık üç katı olmasının avantajını kullanmasını nedeniyle, uzun vadede hidrojen en uygun teknoloji olarak gözükmektedir.

Yazın depolanan fazla enerji, yenilenebilir kaynak santrallerinin yıllık kapasite faktörünü optimize etmek için kullanılabilir ve depolama olmadan 1500-1600 saatlik mevcut değerden geleneksel elektrik santrallerinin ortalama değerine yaklaştırabilir (yaklaşık 6000 saat).

Bu durumda, şebekenin kabul sınırı kaldırılacağından yenilenebilir enerji kaynağından gelen güç termoelektrik olanın yerine geçecektir.

2 Enerji üretimi

2.1 Hücreye eşdeğer devre

Fotovoltaik bir hücre bir akım jeneratörü olarak kabul edilebilir ve Şekil 2.1'deki eşdeğer devre ile gösterilebilir. Çıkış terminallerindeki I akımı, ideal akım jeneratörü tarafından PV etkisiyle üretilen I_g 'den I_d diyot akımı ve I_l kaçak akımın çıkartılması sonucuna eşittir.

R_s direnç serisi, üretilen akımın akışının dâhili direncini gösterir ve de mevcut safsızlıklar ve kontak dirençleri üzerindeki P-N bağlantısının kalınlığına bağlıdır.

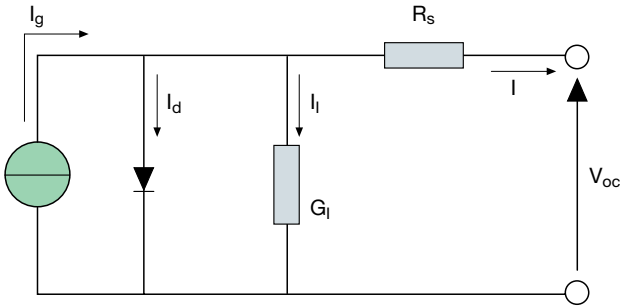
G_l kaçak iletkenliği, normal çalışma koşullarında toprağa giden akımı hesaba katar.

İdeal bir hücrede $R_s=0$ ve $G_l=0$ 'dır.

Bunun aksine, yüksek kaliteli bir silisyum hücrede $R_s=0.05/0.1$ ve $G_l=3\div 5mS$ 'dir.

PV hücrenin dönüştürme verimliliği, ayrıca R_s 'in küçük bir değişimden büyük ölçüde etkilenirken G_l değişiminden çok daha az etkilenir.

Şekil 2.1



Açık devre gerilimi V_{oc} , yük herhangi bir akım çekmediğinde ($I=0$) meydana gelir ve şu ilişki ile gösterilir:

$$V_{oc} = \frac{I_l}{G_l} \quad [2.1]$$

Doğru akım için klasik formül ile verilen diyot akımı:

$$I_d = I_D \cdot \left[e^{\frac{Q \cdot V_{oc}}{A \cdot k \cdot T}} - 1 \right] \quad [2.2]$$

burada:

- I_D diyotun doygunluk akımı;
- Q elektron yükü ($1.6 \cdot 10^{-19} C$)
- A , diyotun kimlik faktörüdür ve diyotun içindeki rekombinasyon faktörlerine bağlıdır (kristal silisyum için yaklaşık 2)
- k , Boltzmann sabiti ($1.38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$)
- T , K derece cinsinden mutlak sıcaklık

Dolayısıyla yüke beslenen akım:

$$I = I_g - I_d - I_l = I_g - I_D \cdot \left[e^{\frac{Q \cdot V_{oc}}{A \cdot k \cdot T}} - 1 \right] - G_l \cdot V_{oc} \quad [2.3]$$

Sıradan hücrelerde, bu formülün son terimi, yani toprak kaçacağı akımı I_l , diğer iki akım açısından ihmal edilebilir düzeydedir.

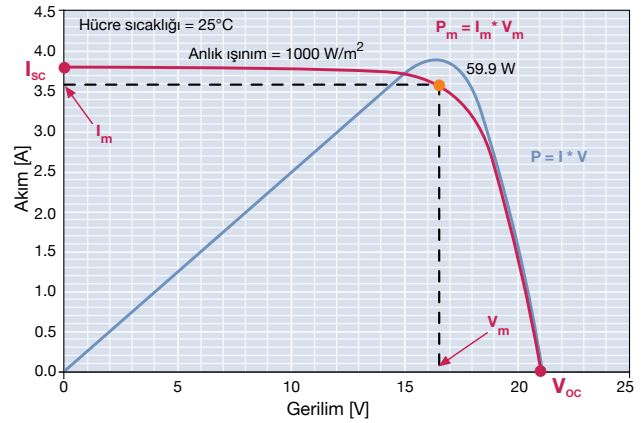
Sonuç olarak diyotun doyma akımı, açık devre V_{oc} 'yi aydınlatılmamış bir hücreye uygulayarak ve hücre içinde akan akımı ölçerek deneysel olarak belirlenebilir.

2.2 Modülün gerilim-akım karakteristiği

Bir PV modülün gerilim akım karakteristik eğrisi Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Kısa devre koşullarında üretilen akım en üst seviyede (I_{sc}), devre açıkken (V_{oc} =açık devre gerilimi) gerilim en yüksek seviyededir.

Yukarıda belirtilen iki koşulda, hücrede üretilen elektrik akımı sıfırken diğer tüm koşullar altında, gerilim arttığında üretilen güç de artar: önce, maksimum güç noktasına (P_m) ulaşır ve ardından açık devre gerilimi değerine yakın bir değere doğru aniden düşer.

Şekil 2.2



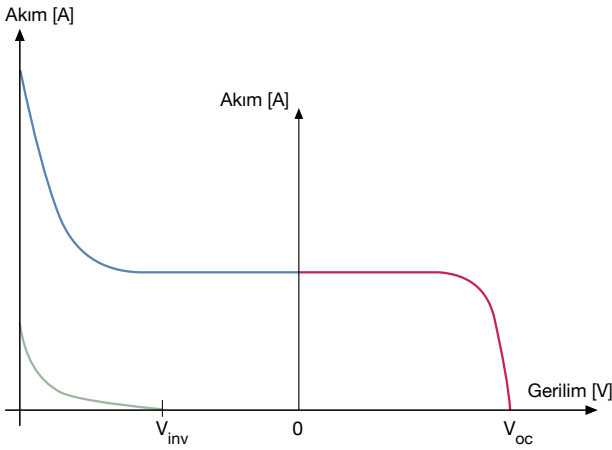
Böylece, solar modülün karakteristik verileri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- I_{sc} kısa devre akımı;
- V_{oc} açık devre gerilimi;
- P_m standart koşullar altında üretilen maksimum güç (STC);
- I_m maksimum güç noktasında üretilen akım;
- V_m maksimum güç noktasında gerilim;
- FF doldurma faktörü: V-I karakteristik eğrisinin şeklini belirleyen bir parametredir ve maksimum güç ile yüksüz gerilimi ürününün kısa devre akımı ile çarpılması arasındaki orandır ($V_{oc} \cdot I_{sc}$).

Eğer, bir PV hücrenin dışından standart çalışmaya göre ters yönde bir gerilim uygulanırsa, üretilen akım sabit kalır ve güç hücre tarafından emilir.

Belli bir ters gerilim değeri ("delinme" gerilimi) aşılsa, P-N eklemi bir diyotta meydana geldiği gibi delikli olur ve akım yüksek değerlere ulaşarak hücreye zarar verir. Işık olmadığında, üretilen akım, ters gerilim değerleri için "delinme" gerilimine kadar sıfırdır ve sonrasında aydınlatma koşullarına benzer bir deşarj akımı olur (Şekil 2.3 - sol kadran).

Şekil 2.3



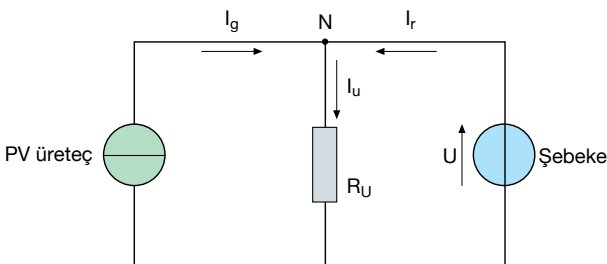
2.3 Şebeke bağlantı şeması

Şebekeye bağlı olup tüketici santrali besleyen bir PV santral, Şekil 2.4'teki şemada olduğu gibi basitleştirilmiş olarak gösterilebilir.

Besleme ağı (sonsuz kısa devre gücünde olduğu varsayılarak), değeri tüketici santralının yük koşullarından bağımsız olan bir ideal gerilim üretici aracılığıyla sistemli bir şekilde düzenlenebilir.

Bunun aksine, PV jeneratör ideal bir akım jeneratörü ile gösterilirken (sabit akım ve eşit gün ışığı ile) tüketici santrali R_u direnci ile gösterilir:

Şekil 2.4



Sırayla PV jeneratör ve şebekeden gelen I_g ve I_r akımları, Şekil 2.4'teki N düğümünde birleşir ve tüketici santrali tarafından çekilen I_u akımı düğümünden çıkar:

$$I_u = I_g + I_r \quad [2.4]$$

Yükteki akım da U şebeke gerilimi ve R_u yük direncinin arasındaki oran olduğundan:

$$I_u = \frac{U}{R_u} \quad [2.5]$$

akımlar arasındaki ilişki:

$$I_r = \frac{U}{R_u} - I_g \quad [2.6]$$

Eğer [2.6]'da $I_g = 0$ eklersek, geceleyin meydana geldiğinden, şebekeden çekilen akım:

$$I_r = \frac{U}{R_u} \quad [2.7]$$

bunun aksine, eğer Güneş enerjisi (PV) santrali tarafından üretilen tüm akım tüketici santral tarafından çekilirse, şebekenin sağladığı akım sıfır olacak ve dolayısıyla formül [2.6] şu şekilde olacaktır:

$$I_g = \frac{U}{R_u} \quad [2.8]$$

Gün ışığı arttığında, eğer üretilen I_g akımı yükün ihtiyacı olan I_u akımından fazla ise I_r akımı negatif olur, yani şebekeden fazlası çekilmez ancak şebekeye aktarılır.

[2.4]'ün terimleri şebeke gerilimi U ile çarpıldığında, önceki varsayımlar güçler için de yapılabilir; varsayarsak:

- $P_u = U \cdot I_u = \frac{U^2}{R_u}$ kullanıcı tesisi tarafından çekilen güç;
- $P_g = U \cdot I_g$ PV santrali tarafından üretilen güç;
- $P_r = U \cdot I_r$ şebekenin ilettiği güç.

2.4 Nominal tepe gücü

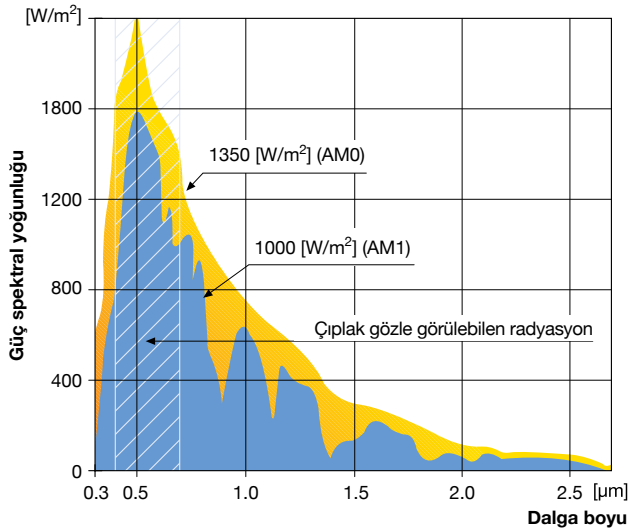
Nominal tepe gücü (kWp), bir PV santralinin standart test koşullarında (STC) üretebildiği elektrik gücüdür:

- panellerin dik olarak maruz kaldığı ışık: 1 kW/m²
- hücrelerdeki sıcaklık: 25°C
- hava kütlesi (AM): 1.5

Güneş ışınımının güç spektral yoğunluğunun trend endeksini temsil ettiğinde, hava kütlesi PV enerji üretimini etkiler. Aslına bakılırsa, sonuncusu W/m² -dalga uzunluğu karakteristiği olan bir spektruma sahiptir ve hava yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak değişiklik gösterir.

Şekil 2.5'teki şemada, sarı yüzey atmosfer tarafından emilen dünya yüzeyine dik radyasyonu temsil ederken mavi yüzey ise gerçekten dünya yüzeyine ulaşan güneş ışımasını temsil eder; iki eğrinin eğilimindeki fark, hava kütlesi nedeniyle spektrum değişimini gösterir¹.

Şekil 2.5



Hava kütle endeksi AM aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$AM = \frac{P}{P_o \cdot \sin(h)} \quad [2.9]$$

burada:

- P dikkate alınan noktada ve o anda ölçülen atmosferik basınçtır [Pa];
- P_o deniz seviyesindeki referans atmosferik basınç [1.013 · 10⁵ Pa];
- h zenit açısıdır, yani dikkate alınan anda yerel ufkun üzerinde Güneş'in yükseklik açısı.

¹ Güneşlenmedeki delikler, atmosferde bulunan su buharının emdiği güneş ışınlarının frekanslarına karşılık gelir.

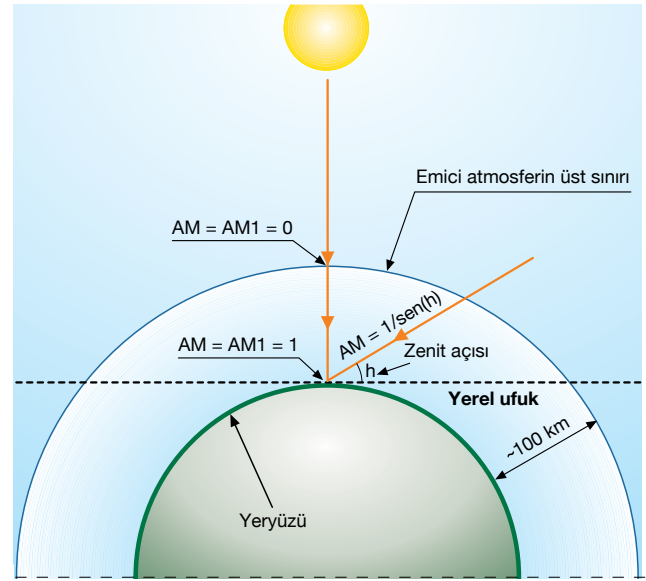
AM'nin dikkate değer değerleri (Şekil 2.6):

AM = 0 atmosfer dışında, burada P = 0;

AM = 1 bulutsuz bir günde, deniz seviyesinde, güneş zenit açısında iken (P = P_o, sen(h) = 1);

AM = 2 güzel bir günde, deniz seviyesinde ve güneş ufuk üzerinde 30° bir açı ile (P = P_o, sen(h) = $\frac{1}{2}$).

Şekil 2.6



2.5 Yıllık enerji üretimi beklentisi

Enerjiye yönelik bir bakış açısıyla, genellikle bir PV jeneratör için uyarlanan tasarım prensibi, mevcut yıllık güneş ışımasının toplanmasının maksimuma çıkartılmasıdır. Bazı durumlarda (ör: bağımsız PV santraller), tasarım kriteri, yılın belli zamanlarında enerji üretimini optimize etmek olabilir.

Bir PV santralinin bir yılda üretebildiği elektrik gücü her şeyden önce şunlara bağlıdır:

- güneş ışınımının varlığı;
- modüllerin eğimi ve yönü;
- PV kurulumunun verimliliği.

Güneş ışınımı zamanla değiştiğinden, sabit bir zaman aralığında santralin üretebildiği elektrik enerjisini belirleyebilmek için bu aralığın ilgili olduğu güneş ışınımı dikkate alınır ve modüllerin performansının güneşlenme ile orantılı olduğu kabul edilir. Örneğin, İtalya'daki ortalama güneş ışınımı değerleri buradan elde edilebilir:

- İtalyan UNI 10349 std.: Binaların ısıtılması ve soğutulması. İklimsel veriler
- Avrupa Güneş Atlası: 1966-1975 döneminde CNR-IFA (Atmosferik Fizik Enstitüsü) tarafından kaydedilen verilere

dayalı. Yatay ya da eğimli bir yüzeyde İtalyan ve Avrupa topraklarının iso radyasyon haritalarını raporlar;

- ENEA veri bankası: 1994'ten beri, ENEA Meteosat uydu görüntüleri aracılığıyla İtalya'da güneş ışınlarının verilerini toplar.
Şimdiye kadar elde edilen haritalar iki yayında toplanmıştır: birincisi 1994, ikincisi ise 1995-1999 yılları ile ilgilidir.

Tablo 2.1 ve 2.2 sırayla farklı İtalyan sahaları için UNI 10349 standardına göre yatay düzlem üzerinde ortalama yıllık güneş ışıması değerlerini [kWh/m^2] ve ay ay ortalama günlük değerleri [$\text{kWh/m}^2/\text{gün}$] ENEA kaynağından göstermektedir. Verilen saha için yıllık güneş ışıması, farklı periyotlarda toplanan verilerin istatistikî işleminden türediğinden dolayı bir kaynaktan diğerine %10 değişim olabilir; dahası, bu veriler bir yıldan diğerine hava koşullarının değişimine tabidir. Sonuç olarak, güneşlenme değerlerinin olasılıksal bir önemi vardır; yani kesin bir değeri değil, beklenen bir değeri gösterirler. E_{ma} ortalama yıllık ışımadan başlayarak, her kWp için yıllık E_p beklenen üretilen enerjiyi elde etmek için aşağıdaki formül uygulanır:

$$E_p = E_{ma} \cdot \eta_{BOS} \text{ [kWh/kWp]} \quad [2.10]$$

burada:

η_{BOS} (*Sistem Dengesi*) modüllerin yük tarafındaki PV santralinin tüm bileşenlerinin genel verimliliğini gösterir (inverter, bağlantılar, sıcaklık etkisiyle kayıplar, performanslardaki asimetrliler nedeniyle kayıplar, gölgelenme ve düşük güneş ışıması nedenli kayıplar, yansıma nedenli kayıplar...). Böylesi bir verimlilik, düzgün bir şekilde tasarlanan ve kurulan bir santralde, 0.75 ila 0.85 arasında değişebilir.

Bunun yerine, E_{mg} günlük gün ışığı ortalamasını dikkate alarak, her kWp için yıllık beklenen üretilen enerji miktarını hesaplamak için:

$$E_p = E_{mg} \cdot 365 \cdot \eta_{BOS} \text{ [kWh/kWp]} \quad [2.11]$$

Örnek 2.1

Bergamo/İtalya'da, yatay bir düzlemde 3kWp PV santral tarafından üretilen yıllık ortalama gücü belirlemek istiyoruz. Santral bileşenlerinin verimliliği 0.75'e eşit olduğu varsayıldı.

UNI 10349 standardındaki tablodan, yıllık ortalama 1276 kWh/m^2 ışıma elde edilir. Standart 1 kW/m^2 koşulları altında olduğumuzu varsayarak, beklenen yıllık ortalama üretim:

$$E_p = 3 \cdot 1276 \cdot 0.75 = 3062 \text{ kWh}$$

Tablo 2.1

Yatay düzlemdeki yıllık güneş ışıması - UNI 10349

Yer	Yıllık solar ışıma (kWh/m^2)	Yer	Yıllık solar ışıma (kWh/m^2)	Yer	Yıllık solar ışıma (kWh/m^2)	Yer	Yıllık solar ışıma (kWh/m^2)	Yer	Yıllık solar ışıma (kWh/m^2)
Agrigento	1923	Caltanissetta	1831	Lecce	1639	Pordenone	1291	Savona	1384
Alessandria	1275	Cuneo	1210	Livorno	1511	Prato	1350	Taranto	1681
Ancona	1471	Como	1252	Latina	1673	Parma	1470	Teramo	1487
Aosta	1274	Cremona	1347	Lucca	1415	Pistoia	1308	Trento	1423
Ascoli Piceno	1471	Cosenza	1852	Macerata	1499	Pesaro-Urbino	1411	Torino	1339
L'Aquila	1381	Catania	1829	Messina	1730	Pavia	1316	Trapani	1867
Arezzo	1329	Catanzaro	1663	Milan	1307	Potenza	1545	Terni	1409
Asti	1300	Enna	1850	Mantova	1316	Ravenna	1411	Trieste	1325
Avellino	1559	Ferrara	1368	Modena	1405	Reggio Calabria	1751	Treviso	1385
Bari	1734	Foggia	1630	Massa Carrara	1436	Reggio Emilia	1427	Udine	1272
Bergamo	1275	Florence	1475	Matera	1584	Ragusa	1833	Varese	1287
Belluno	1272	Forlì	1489	Naples	1645	Rieti	1366	Verbania	1326
Benevento	1510	Frosinone	1545	Novara	1327	Rome	1612	Vercelli	1327
Bologna	1420	Genoa	1425	Nuoro	1655	Rimini	1455	Venice	1473
Brindisi	1668	Gorizia	1326	Oristano	1654	Rovigo	1415	Vicenza	1315
Brescia	1371	Grosseto	1570	Palermo	1784	Salerno	1419	Verona	1267
Bolzano	1329	Imperia	1544	Piacenza	1400	Siena	1400	Viterbo	1468
Cagliari	1635	Isernia	1464	Padova	1266	Sondrio	1442		
Campobasso	1597	Crotone	1679	Pescara	1535	La Spezia	1452		
Caserta	1678	Lecco	1271	Perugia	1463	Siracusa	1870		
Chieti	1561	Lodi	1311	Pisa	1499	Sassari	1669		

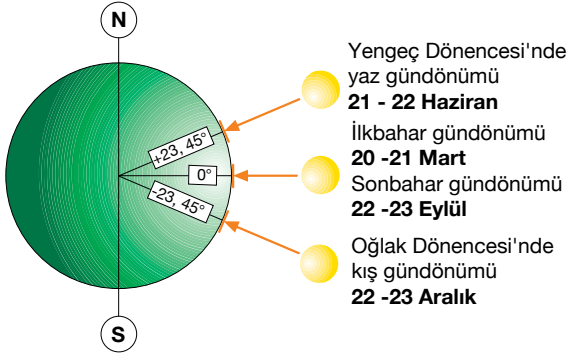
Tablo 2.2

Yer	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Milan	1.44	2.25	3.78	4.81	5.67	6.28	6.31	5.36	3.97	2.67	1.64	1.19
Venice	1.42	2.25	3.67	4.72	5.75	6.31	6.36	5.39	4.08	2.72	1.64	1.14
Bologna	1.50	2.28	3.81	4.81	5.86	6.42	6.47	5.47	4.19	2.81	1.72	1.25
Florence	1.58	2.33	3.75	4.72	5.86	6.39	6.44	5.50	4.17	2.86	1.83	1.39
Rome	1.92	2.61	3.94	4.92	6.08	6.56	6.58	5.72	4.39	3.17	2.11	1.58
Naples	1.92	2.67	3.92	5.03	6.08	6.64	6.58	5.81	4.50	3.28	2.17	1.69
Bari	1.86	2.58	3.97	5.08	6.08	6.69	6.64	5.81	4.53	3.25	2.08	1.69
Messina	2.11	2.94	4.19	5.19	6.22	6.69	6.67	5.89	4.64	3.53	2.36	1.94
Siracusa	2.36	3.22	4.33	5.39	6.36	6.78	6.75	6.00	4.81	3.69	2.58	2.17

2.6 Modüllerin eğim ve yönelimi

Güneş ışınlarının geliş açısı her zaman 90° olsaydı bir güneş paneli maksimum verime ulaşabilirdi. Aslında, güneş ışınlarının etkisi hem enleme, hem de yıl boyunca güneşin sapmasına göre değişir. Ayrıca, Dünya'nın dönme eksenini, dünyanın güneş etrafındaki yörünge düzlemine göre yaklaşık 23.45° eğik olduğundan, aynı enlemde ufuktaki güneşin yüksekliği her gün değişir. Güneş, Ekvator'da iki ekinoks günü boyunca ve de gündönümlerinde dönenceler boyunca dünya yüzeyine 90° açıyla (Zenit) düşer (Şekil 2.7).

Şekil 2.7



Tropik enlem dışında, Güneş, yeryüzü üzerinde zenite ulaşamaz ancak kuzey yarımkürede yaz gündönümü gününde ve güney yarımkürede kış gündönümü gününe göre en yüksek noktasına ulaşacaktır (enleme bağlı olarak). Bu nedenle, yılın en uzun gününde öğle saatlerinde güneş ışınlarının onlara dik vuracağı şekilde modüllere eğim vermek istersek, o anda güneşin ufuk üstünde ulaştığı maksimum yüksekliği (derece olarak) bilmemiz gerekir ve aşağıdaki formülle elde edilir:

$$\alpha = 90^\circ - \text{lat} + \delta \quad [2.12]$$

burada:

lat panellerin kurulum sahasındaki enlem değeridir (derece);

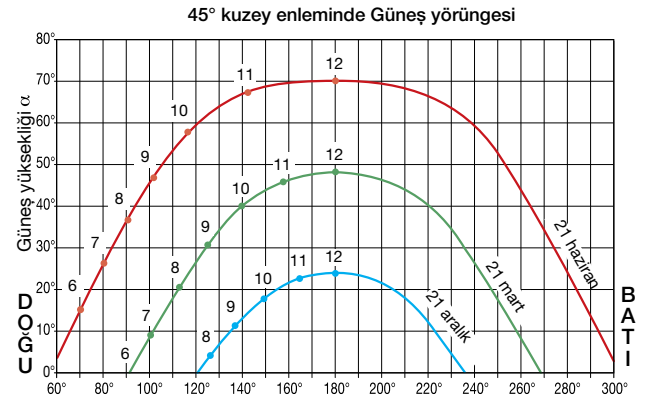
δ güneşin sapma açısıdır [23.45°]

Tamamlayıcı α ($90^\circ - \alpha$) açısını bularak, panellerin yatay düzleme (IEC/TS 61836) göre β eğim açısını elde etmek mümkündür, böylece modüllere, yukarıda bahsedilen anda güneş ışınları dik vurur².

Ancak, panellerin optimum yönünü belirlemek için α açısı yeterli değildir.

Yılın farklı dönemlerinde gökyüzü boyunca güneşin yolunu da dikkate almak gerekir; böylece yılın her gününü dikkate alarak eğim açısı hesaplanabilir³ (Şekil 2.8). Bu, paneller tarafından yakalanan yıllık toplam ışınımın, gündönümü esnasında paneller dikey gelen bir önceki ışınım koşulunda elde edilenden daha yüksek olmasını sağlar.

Şekil 2.8



Kuzey yarımkürede sabit modüller olabildiğince güneye yönlendirilmelidir⁴, böylece yerel öğle saatinde panel yüzeyinde daha iyi bir güneşlenme olur ve modüllerin küresel günlük güneşlenmesi daha iyi olur.

Panelin yönü güneye (kuzey yarımküredeki yerler için) veya kuzeye (güney yarımküredeki yerler için) en optimum yöne göre Azimut⁵ (γ) sapma açısıyla gösterilebilir.

Azimut açılarının pozitif değerleri batıya doğru yönelmeyi gösterirken negatif değerler doğuya yönelmeyi gösterir (IEC 61194).

² Üçgen çatı üzerinde eğim açısı, çatının kendisinin eğimi ile belirlenir.

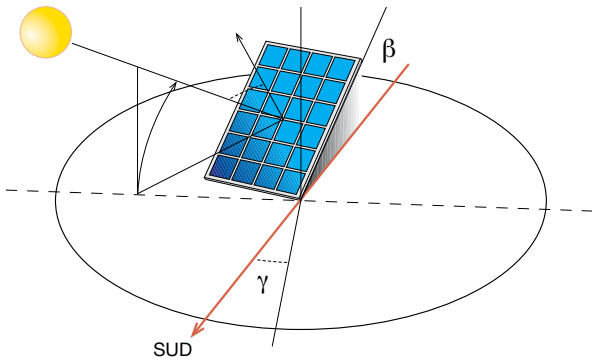
³ Örneğin, İtalya'da optimum eğimli açı yaklaşık 30° 'dir.

⁴ Güneş ışınması öğle saatlerinde maksimum olduğundan, toplam yüzeyin olabildiğince güneye yönlendirilmesi gerekir. Bunun aksine, güney yarımkürede, optimum yönlendirme tabii ki kuzeydedir.

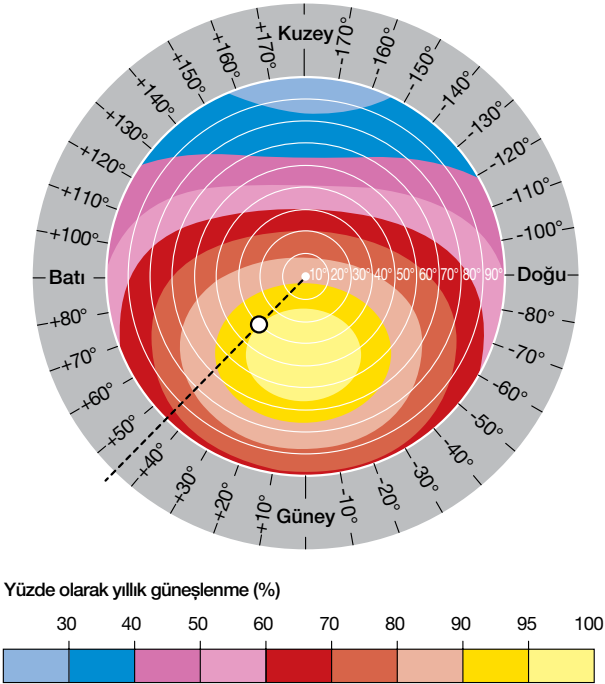
⁵ Astronomide, Azimuth açısı ufuk boyunca açısal mesafe olarak tanımlanır, kuzeyden (0°) doğuya doğru, objenin içinden geçen dikey çemberin kesişim noktasından ölçülür.

Yere monte modüller söz konusu olduğunda, eğim ve yönlendirmenin kombinasyonu, modüllerin maruz kaldığı ışık miktarını belirler (Şekil 2.9). Buna karşı, modüller binaların çatılarına kurulduğunda, maruz kaldıkları ışık miktarı çatının eğimi ve yönü ile belirlenir. Güney doğu veya güney batıya, güneşe göre 45°'ye kadar bir sapma ile yönlendirilen paneller ile iyi sonuçlar elde edilir (Şekil 2.10). Panel yüzeyinin bir miktar büyütülmesiyle daha büyük sapmalar telafi edilebilir.

Şekil 2.9



Şekil 2.10



Yatay olmayan bir modül, direkt veya dağınık ışınım ek olarak etrafını çevreleyen yüzeyden yansıyan ışınları da alır (albedo bileşeni).

Genellikle 0.2'lik bir albedo katsayısı alınır.

Bir PV kurulumunun yıllık elektrik gücü üretim kapasitesinin ilk değerlendirmesi için yatay düzlem üzerindeki yıllık ortalama ısınımına (Tablo 2.1-2.2) Tablo 2.3, 2.4 ve 2.5'teki (İtalyan bağlamına göre) düzeltme katsayılarını uygulamak yeterlidir⁶.

⁶ Tahmini Albedo: 0.2.

Tablo 2.3 – Kuzey İtalya: 44°N enlem

Eğim	Oryantasyon				
	0° (güney)	± 15°	± 30°	± 45°	± 90° (doğu, batı)
0°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10°	1.07	1.06	1.06	1.04	0.99
15°	1.09	1.09	1.07	1.06	0.98
20°	1.11	1.10	1.09	1.07	0.96
30°	1.13	1.12	1.10	1.07	0.93
40°	1.12	1.11	1.09	1.05	0.89
50°	1.09	1.08	1.05	1.02	0.83
60°	1.03	0.99	0.96	0.93	0.77
70°	0.95	0.95	0.93	0.89	0.71
90°	0.74	0.74	0.73	0.72	0.57

Tablo 2.4 – Orta İtalya: 41°N enlem

Eğim	Oryantasyon				
	0° (güney)	± 15°	± 30°	± 45°	± 90° (doğu, batı)
0°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10°	1.07	1.07	1.06	1.04	0.99
15°	1.09	1.09	1.08	1.06	0.97
20°	1.11	1.11	1.09	1.07	0.96
30°	1.13	1.12	1.10	1.07	0.92
40°	1.12	1.12	1.09	1.05	0.87
50°	1.09	1.08	1.05	1.01	0.82
60°	1.03	1.02	0.99	0.96	0.76
70°	0.94	0.94	0.92	0.88	0.70
90°	0.72	0.72	0.71	0.70	0.56

Tablo 2.5 – Güney İtalya: 38°N enlem

Eğim	Oryantasyon				
	0° (güney)	± 15°	± 30°	± 45°	± 90° (doğu, batı)
0°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10°	1.06	1.06	1.05	1.04	0.99
15°	1.08	1.08	1.07	1.05	0.97
20°	1.10	1.09	1.08	1.06	0.96
30°	1.11	1.10	1.08	1.06	0.92
40°	1.10	1.09	1.07	1.03	0.87
50°	1.06	1.05	1.03	0.99	0.82
60°	0.99	0.99	0.96	0.93	0.75
70°	0.91	0.91	0.88	0.86	0.69
90°	0.68	0.68	0.68	0.67	0.55

Örnek 2.2

Önceki örnekteki PV kurulumun ürettiği yıllık ortalama enerjiyi şimdi de +15° oryantasyon ve 30° eğim ile belirleyelim.

Tablo 2.3'ten 1.12'ye eşit artan bir katsayı elde edilir. Bu katsayıyı önceki örnekte elde edilen ve yatay düzlemde beklenen enerji ile çarparak beklenen üretim kapasitesi:

$$E = 1.12 \cdot E_p = 1.12 \cdot 3062 \approx 3430 \text{ kWh}$$

2.7 Bir PV santraldeki gerilim ve akımlar

PV modüller 30 ila 40V gerilimde 4 ila 10A akım üretirler. Öngörülen en yüksek gücü elde etmek için modüller paralel bağlanmış olan dizeleri oluşturmak için elektronik olarak seri olarak bağlanır.

Karmaşıklık ve bağlantı maliyetleri ve özellikle dizeler arasında panoların paralel bağlantısı göz önüne alındığında eğilim olabildiğince çok modülden oluşan dizeler oluşturmaktır.

Bir dize oluşturmak üzere seri halde bağlanabilen modüllerin maksimum sayısı (ve dolayısıyla erişilebilen en yüksek gerilim), inverterin çalışma aralığı (bkz. Bölüm 3) ve erişilen gerilim için uygun ayırma ve koruma cihazlarının bulunurluğu ile belirlenir. Özellikle, verimlilik nedeniyle inverterin gerilimi gücüne bağlıdır: genel olarak, 10 kW'den daha düşük güçle inverteri kullanırken, en sık kullanılan gerilim aralığı 250 ila 750V iken eğer inverterin gücü 10kW'yi geçerse, gerilim aralığı genellikle 500V ila 900V olur.

2.8 Üretilen enerjideki çeşitlilik

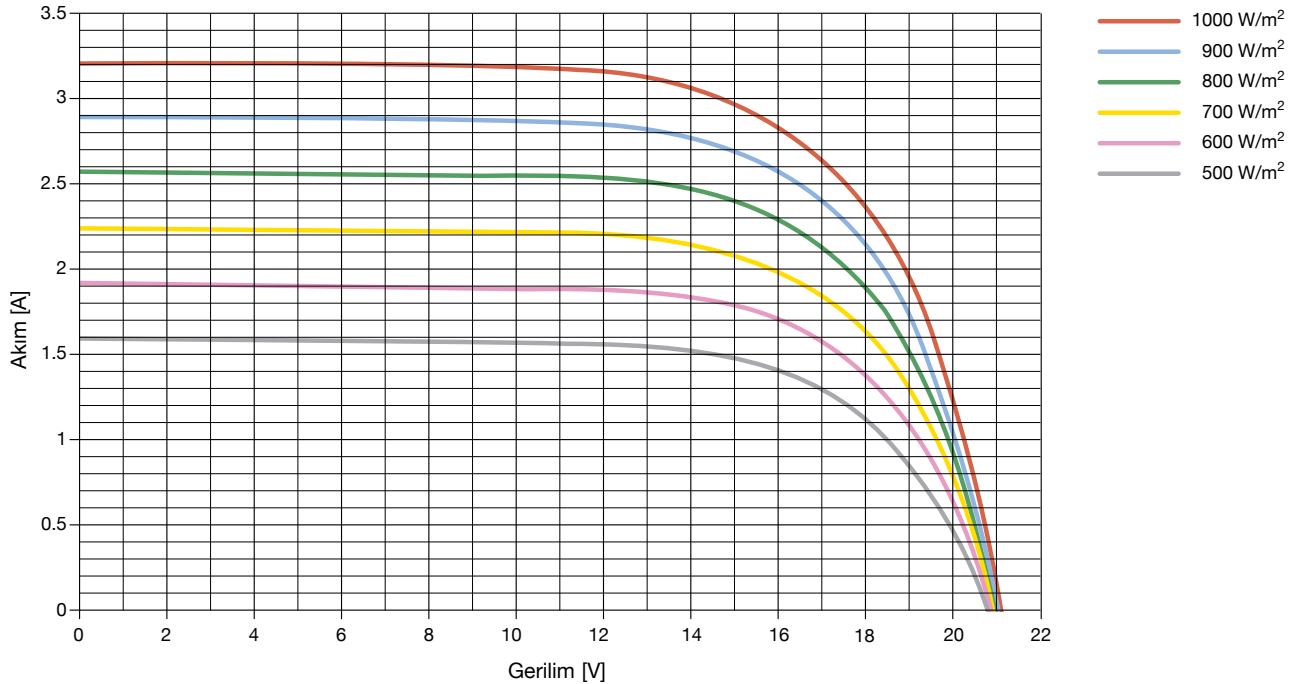
Bir PV kurulumu tarafından üretilen elektrik enerjisini etkileyen başlıca faktörler:

- ışınım
- modüllerin sıcaklığı
- gölgelenme.

2.8.1 Parlaklık

PV hücreler üzerindeki ışınım olayının bir fonksiyonu olarak, bunların V-I karakteristik eğrisi Şekil 2.11'deki gibi değişir. Işınım düştüğünde, üretilen PV akım orantılı olarak düşerken, yüksüz çalışma geriliminin değişimi oldukça küçüktür. Nitekim, dönüştürme verimliliği, hücrelerin standart çalışma aralığında ışınımın değişiminden etkilenmez, yani dönüştürme verimliliği bulutlu ve bulutsuz bir günde aynıdır. Dolayısıyla, bulutlu bir günde elde edilen daha az gücün herhangi bir şekilde verimlilikle değil düşük güneş ışınımı nedeniyle azalan akım üretimiyle ilgisi vardır.

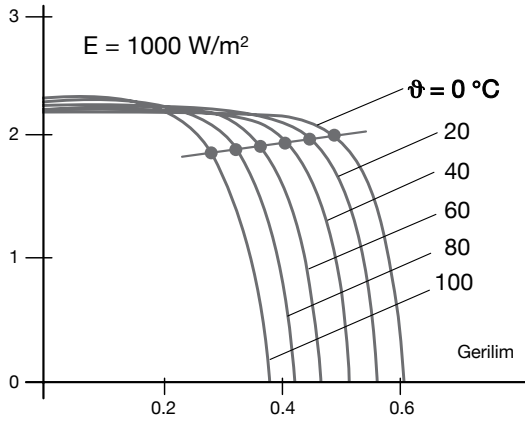
Şekil 2.11



2.8.2 Modüllerin sıcaklığı

Önceki durumun aksine, PV modüllerin sıcaklığı arttığında, üretilen akım pratik olarak değişmeden kalırken gerilim düşer ve bununla beraber üretilen elektrik gücü açısından panellerin performanslarında bir azalma vardır (Şekil 2.12).

Şekil 2.12



Bir PV modülünün V_{oc} açık devre geriliminin $V_{oc,sc}$ standart koşullarına göre değişimi, hücrelerin T_{cell} çalışma sıcaklığının bir fonksiyonu olarak aşağıdaki formülle ifade edilir:

$$V_{oc}(T) = V_{oc,sc} - N_s \cdot \beta \cdot (25 - T_{cell}) \quad [2.13]$$

burada:

β , sıcaklığa göre gerilimin değişim katsayısıdır ve PV modülünün tipine bağlıdır (silisyum modüller için genellikle $-2.2 \text{ mV}/^\circ\text{C}/\text{hücre}$ ve ince filmler için yaklaşık $-1.5 \div -1.8 \text{ mV}/^\circ\text{C}/\text{hücre}$);

N_s , modüldeki seri hücrelerin sayısıdır.

Dolayısıyla, performanslarda aşırı düşümden kaçınmak için sıcaklık değişimini sınırlamak adına modüllere iyi bir havalandırma vermeye çalışmak, çalışma sıcaklığını kontrol altında tutmak için uygundur. Bu şekilde, sıcaklık nedeniyle enerji kaybını (standart koşullardaki 25°C 'lik sıcaklık ile karşılaştırıldığında) yaklaşık %7'lik bir değere indirmek mümkündür⁷.

⁷ Sıcaklık arttığında verimlilikteki düşüş her $^\circ\text{C}$ başına 0.4 ila 0.6 olarak öngörülmektedir.

2.8.3 Gölgeleme

Bir PV santralinin modüllerinin kapladığı bir alanı dikkate alarak, bunların bir kısmı (bir veya daha fazla hücre) ağaçlar, düşen yapraklar, bacalar, bulutlar veya yakındaki kurulu PV modülleri tarafından gölgelendirilebilirler.

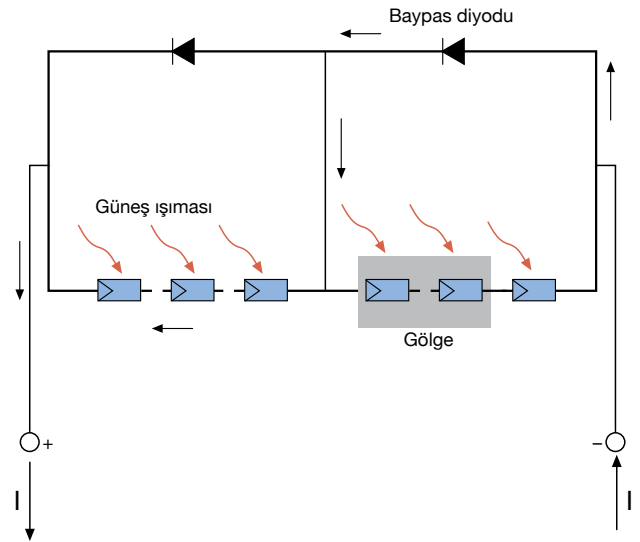
Gölgeleme durumunda, P-N bağlantısı içeren bir PV hücre enerji üretimini durdurur ve pasif bir yük haline gelir. Bu hücre, seri bağlı diğer hücreler tarafından üretilen akımı engelleyen bir diyot gibi davranır ve böylece modülün tüm üretimini riske sokar.

Üstelik diyot diğer hücrelerin gerilimine tabidir; bu, lokal aşırı ısınmalar (sıcak nokta) yüzünden bağlantının delinmesine neden olup modüle zarar verebilir.

Bir veya daha çok gölgelenmiş hücrenin tüm dizinin üretimini engellemesini önlemek için modülün gölgesi veya hasarlı kısmını by-passlayan bazı diyotlar modül seviyesinde takılır.

Böylece, modülün işlevselliği daha az verimde de olsa sağlanır. Teorik olarak, her bir hücreye paralel halde bir bypass diyotunun takılması gereklidir ancak bu oran maliyeti/yararları için çok ağır olur. Bu nedenle her modül için genellikle 2 ila 4 by-pass diyot kurulur (Şekil 2.13).

Şekil 2.13



3 Kurulum yöntemleri ve konfigürasyonları

3.1 Mimari entegrasyon

Son yıllarda, modüllerin bina yapılarına mimari entegrasyonu, bazı bileşenlerin yerine tamamen geçebilecek boyutlara ve karakteristiklere sahip modüllerin üretimi sayesinde büyük gelişimler yapmaktadır.

PV kurulumlar için üç mimari entegrasyon makro tipolojisi tanımlanabilir:

- 1 entegre olmayan santraller;
- 2 kısmen entegre santraller;
- 3 entegre santraller;

Entegre olmayan santraller, yere monte modüllere sahip santrallerdir; yani kent mobilyalarının elemanları üzerinde, bina giydirmelerinin dış yüzeyleri üzerinde ve 2) ve 3) numaralı tiplerin fonksiyon ve amaçlarından farklı bina ve yapılar üzerine konumlandırılmış modüllere sahiptir (Şekil 3.1).

Kısmi entegre santraller, kent mobilyalarının elemanları

Şekil 3.1



üzerinde, bina kılıflarının dış yüzeyleri üzerinde, bu yapıların inşa malzemelerini değiştirmeden herhangi bir fonksiyon ve amaçla kullanılan bina ve yapılar üzerinde Tablo 3.1'de listelenen tiplerle uyumlu olarak konumlanan modüllere sahip santrallerdir (Şekil 3.2). Modüller, teğet düzlemi veya çatının teğetsel düzlemleri ile sınırlı yüksekliğe kadar aynı düzlemde olacak şekilde monte edilir.

Şekil 3.2



Tablo 3.1

1	Düz çatılara, yani 5°'ye kadar eğimli çatı kaplamalarına monte edilen PV modüller
2	Eğimli çatılara kurulmuş PV modüller
3	Madde 1 ve 2'den farklı karakteristiklere sahip çatılara kurulan PV modüller
4	Güneşlik olarak kurulan PV modüller

Mimari entegrasyona sahip bir santral, modüllerin tamamen veya kısmen binalardaki mimari elemanların fonksiyonlarının yerine geçtiği, kaplama elemanı olarak kullanılan, dikey mat yüzeyler, kaplama üzerindeki saydam veya yarı saydam yüzeyler, açılabilen yüzeyler ve benzerleridir (kapılar, çerçeveleri de dâhil olacak şekilde pencereler ve açılabilir olmasalar dahi vitrinler). Dolayısıyla modüller sadece elektrik üretme amacıyla değil aynı zamanda koruma veya bina ısı düzenlemesi (modüller binanın enerji talebini karşılamalı ve yerine geçtikleri mimari bileşene kıyasla ısı iletim özelliğine sahip olmalı, suya dayanıklılık ve dolayısıyla bina alt yapısının su geçirmezliği ve değişen elemana kıyasla mekanik dayanım gibi mimari fonksiyonlara sahip olacak şekilde tasarlanır ve hayata geçirilir (Şekil 3.3).

Şekil 3.3



3.2 PV santral yerleşimi

PV santralının solar alanını oluşturan dizelerin bağlantısı başlıca aşağıdakileri sağlayarak meydana gelebilir:

- tüm santral için bir tekli inverter (tekli inverter veya merkezi inverter ile) (Şekil 3.4)
- her dize için bir inverter (Şekil 3.5)
- birden çok dize için bir inverter (çok inverterli santral) (Şekil 3.6).

3.2.1 Tek inverterli santral

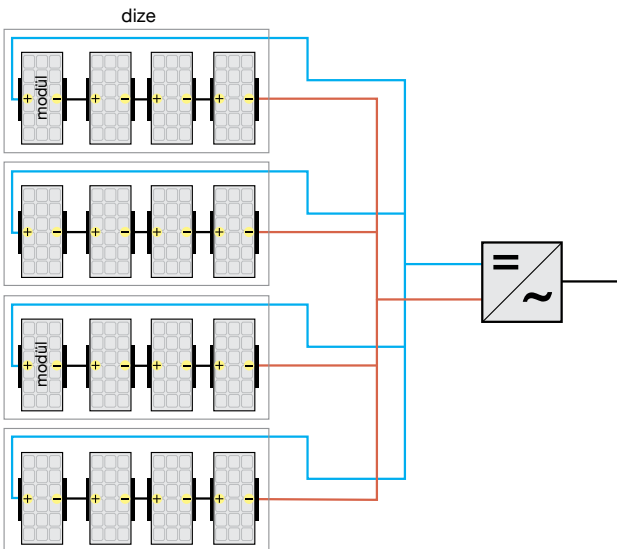
Bu düzen, küçük santrallerde ve aynı maruziyete sahip aynı tipteki modüller ile birlikte kullanılır.

İlk yatırım ve bakım maliyetleri azaltılması açısından, tek inverterin mevcut olması nedeniyle ortaya çıkan ekonomik avantajlar vardır. Ancak, tek bir inverterin arızası, tüm santraldeki üretimin durmasına neden olur.

Ayrıca, aşırı akımlara karşı koruma sorunlarını ve farklı gölgelenmeden meydana gelen sorunları artırdığından (tüm santraldeki panellerin güneşe maruziyeti aynı olmadığında), bu çözüm PV santralin boyutunu (ve ayrıca tepe gücünü) büyötmek için uygun değildir.

Inverter, bağlı dizelerin ortalama parametrelerini de hesaba katarak işleyişini MPPT üzerinden düzenler; dolayısıyla tüm dizeler tek bir invertere bağlıysa, bunlardan birinin veya bir bölümünün gölgelenmesi veya arızası, diğer düzenlere nazaran santralde daha yüksek elektrik performansı düşüşüne neden olur.

Şekil 3.4



3.2.2 Her dize için bir inverterli santral

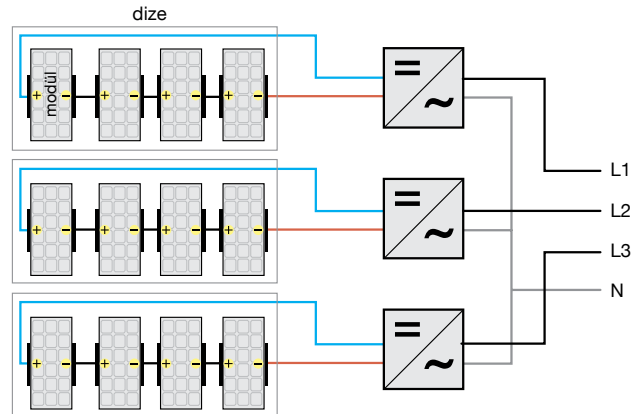
Orta boyutlu bir santralde, her dize doğrudan kendi inverterine bağlanabilir ve böylece kendi maksimum güç noktasına göre çalışabilir.

Bu düzen ile kaynak yönün ters hale gelmesini önleyen engelleme diyotu da genellikle inverterde bulunur; üretimle ilgili tanı, doğrudan inverter tarafından gerçekleştirilir ve ayrıca inverter DC tarafındaki atmosferik kaynaklı aşırı gerilim ve akımlara karşı koruma sağlayabilir.

Ayrıca her dizede bir inverter olması, modüller ve inverterler arasındaki bağlantı sorunlarını ve de gölgelenme veya farklı maruziyet nedeniyle oluşan performans düşüklüğünü sınırlar.

Dahası, farklı dizelerde farklı karakteristiğe modüller kullanılarak tüm santralin verimi ve güvenilirliği artırılabilir.

Şekil 3.5



3.2.3 Çok inverterli santral

Büyük boy santrallerde, PV alanı genellikle daha fazla kısma bölünür ve her biri farklı dizelerin paralel bağlandığı kendi inverterleri tarafından hizmet görür.

Az önce açıklanan düzene kıyasla, bu durumda daha az sayıda inverter, dolayısıyla yatırım ve bakım maliyetlerinde bir azalma mevcuttur.

Ancak, eşit modüllü eşit maruziyetli alt alan dizelerinin aynı invertere bağlanması şartıyla gölgelenme, dizelerin farklı gölgelenmesi ve birbirinden farklı modüllerin kullanılması nedeniyle oluşan sorunların azaltılması avantajı sürer.

Ayrıca, bir inverterin arızası tüm santralde üretim kaybına neden olmaz (tek inverterli durumda olduğu gibi), ancak sadece ilgili alt alan etkilenir.

Her bir dizenin bağlantısının ayrı ayrı² kesilmesi önerilir;

¹ Bkz. Bölüm 1

böylece gerekli çalışma ve bakım doğrulamaları tüm PV üretici servis dışı bırakmadan yürütülebilir.

DC tarafına paralelleme panosu kurulumu yaparken, aşırı akım ve ters akımlara karşı koruma için bir cihazın her dizeye takılması gerekir; böylece gölgelenmiş veya arızalı dizelerin, paralel bağlı diğer dizelerden beslenmesinden kaçınılmış olunur. Aşırı akımlara karşı koruma termomanyetik bir devre kesici veya sigorta yoluyla sağlanırken, ters akıma karşı koruma engelleme diyotları ile elde edilir³.

Bu yapılandırma ile santralin teşhisi farklı dizelerin üretimini kontrol eden bir denetim sistemine atanmış olur.

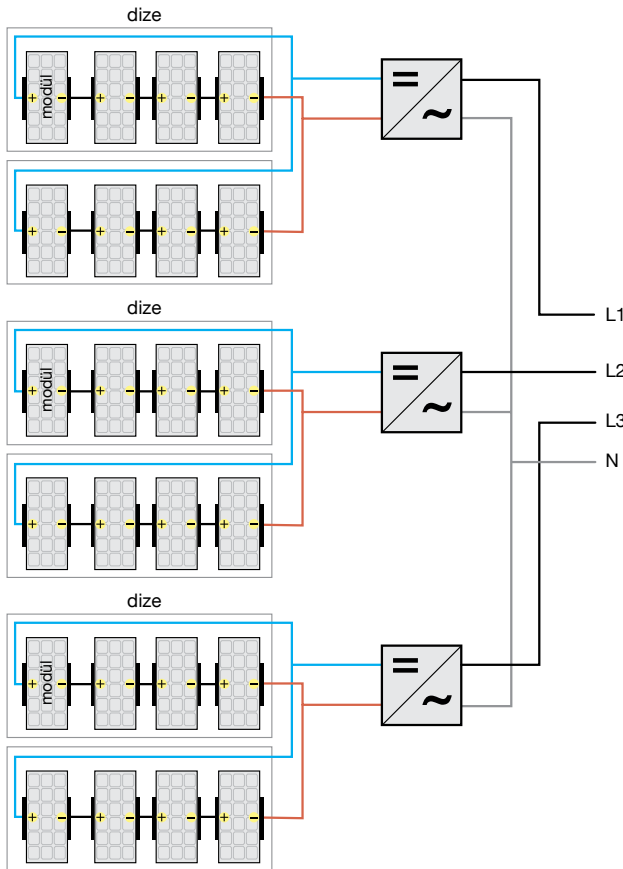
3.3 İnverterlerin seçimi ve arayüzlenmesi

İnverterin ve boyutunun seçimi, yönetmesi gereken PV nominal gücüne göre yapılır. İnverterin boyutu, şebekeye aktarılan aktif güç ve PV üretcin nominal gücü arasında oran için 0.8 ila 0.9 arası bir değerden başlayarak belirlenebilir.

Bu oran, gerçek çalışma koşullarındaki PV modüllerin güç kaybını (çalışma sıcaklığı, elektrik bağlantılarındaki gerilim düşüşleri...) ve inverterin verimliliğini hesaba katar.

Bu oran aynı zamanda üretilen güçte değişime neden olabilen modüllerin kurulum yöntemlerine de bağlıdır (enlem, eğim, ortam sıcaklığı...). İnverter, bu sebeple, üretilen gücün genelde tahmin edilenden daha yüksek olduğu durumlarda “arkadan dolaşmak” için beslenen gücünün otomatik sınırlandırılması özelliği ile temin edilir. İnverterin doğru boyutlandırma karakteristikleri arasında aşağıdakiler dikkate alınmalıdır:

Şekil 3.6



- DC tarafı:
 - nominal güç ve maksimum güç;
 - nominal gerilim ve izin verilen maksimum gerilim;
 - normal çalışma koşullarında MPPT geriliminin değişim alanı;
- AC tarafı:
 - dönüştürme grubu tarafından sürekli olarak sağlanabilen nominal ve maksimum gücün yanı sıra böylesi bir gücün beslenebildiği ortam sıcaklığı alanı;
 - beslenen nominal akım;
 - kısa devre akımına PV santralin katkısının hesaplanmasını sağlayan maksimum sağlanan akım;
 - maksimum gerilim bozulması ve güç faktörü;
 - maksimum dönüştürme verimliliği;
 - kısmi yükte ve %100 nominal güçte verim (“Avrupa verimliliği”⁴ veya verimlilik şeması⁵ (Şekil 3.7)).

² Ayırma cihazlarının açılması, DC tarafında halen mevcut olan gerilimi hariç tutmaz.

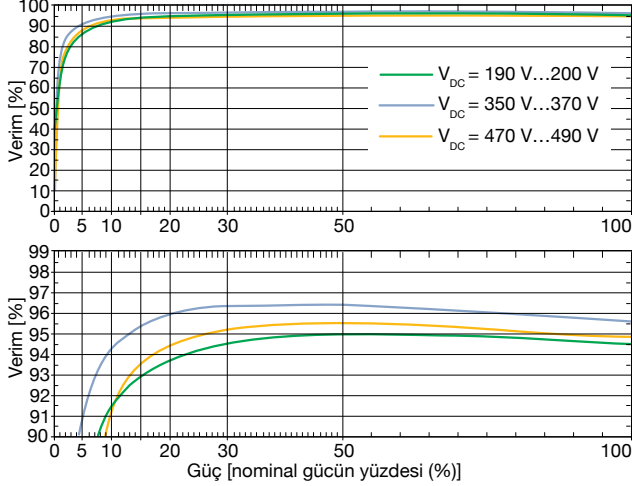
³ Diyotlar, bağlanılardaki gerilim düşüşü nedeniyle sabit bir güç kaybına yol açar. Böylece bir kayıp, geleneksel diyotlardaki 0.7V yerine, 0.4V'lik (Schottky diyotları) bir kayıp sağlayan yarı iletken metal eklemlere sahip bileşenler kullanılarak azaltılabilir.

⁴ Avrupa verimliliği, inverterin kısmi yükteki verimliliklerini hesaba katarak aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$\eta_{\text{euro}} = 0.03 \cdot \eta_5 + 0.06 \cdot \eta_{10} + 0.13 \cdot \eta_{20} + 0.10 \cdot \eta_{30} + 0.48 \cdot \eta_{50} + 0.20 \cdot \eta_{100}$$

⁵ Bu diyagramdan maksimum verimliliğin inverterin nominal gücünü %40'ından %80'ine kadar uzandığını görmek mümkündür. Bu da çalışma süresinin çoğu kısmı için inverterin çalıştığı güç aralığına karşılık gelir.

Şekil 3.7



Ayrıca, inverterin çıkışındaki nominal gerilim ve frekans değerlerini, inverterin girişindeki nominal gerilimi değerlendirmek gereklidir.

Kamusal dağıtım şebekesine bağlı santraller için çıkıştaki gerilim ve frekans değerleri, tanımlanmış toleranslar ile şebeke tarafında uygulanır⁶.

Girişteki gerilim ile ilgili olarak, inverterin güvenli ve üretken bir şekilde çalışmasını sağlamak için PV üreticinin aşırı çalışma koşulları değerlendirilmelidir.

Öncelikle dizelerin çıkışında, beklenen en düşük çalışma sıcaklığında U_{oc} ⁷ açık devre geriliminin inverterin dayanabileceği maksimum sıcaklıktan daha düşük olduğunu doğrulamak gerekir, yani:

$$U_{oc \max} \leq U_{MAX} \quad [3.1]$$

Bazı inverter modellerinde, girişte bir kapasitör bankı mevcuttur; dolayısıyla, PV alanına takılması, tüm bağlı dizelerin kısa devre akımlarının toplamına eşit bir ani akım oluşturur ve bu akım, eğer varsa, dâhili korumaların, açma yapmasını sağlamamalıdır.

Her inverter, girişteki gerilimlerin normal bir çalışma aralığı ile karakterize edilir. PV modüllerin çıkışındaki gerilim sıcaklığın bir fonksiyonu olduğundan, tahmin edilebilir çalışma koşullarında inverterin üretici tarafından beyan edilen gerilim aralığında çalıştığını doğrulamak gerekir. Sonuç olarak, [3.2] ve [3.3]'deki iki eşitsizliğin aynı anda doğrulanması gerekir:

$$U_{min} \geq U_{MPPT \min} \quad [3.2]$$

⁶ 2008'den itibaren, Avrupa standartlaştırılmış gerilimi % +6 ve % -10 toleransla 230/400V olmalıdır ve frekanstaki tolerans ± 0.3 Hz'dir.

⁷ U_{oc} standart test koşullarında hesaba katılır. ⁷ Inverterin ve DC tarafındaki PV santralin diğer bileşenlerinin seçimi ile ilgili olarak, IEC TS 62548'de hesaplandığı şekilde tedbirsel bir PV dizi maksimum gerilimi öngörülebilir.

Yani, standart güneş ışma koşulları altındaki dizinin çıkışındaki maksimum güce karşılık gelen minimum gerilim, inverterin MPPT'sinin minimum çalışma geriliminden daha yüksek olacaktır; bu gerilim, kontrol mantığını aktif tutan ve dağıtıcının ağına doğru güç sağlanmasına izin veren gerilimdir. ayrıca:

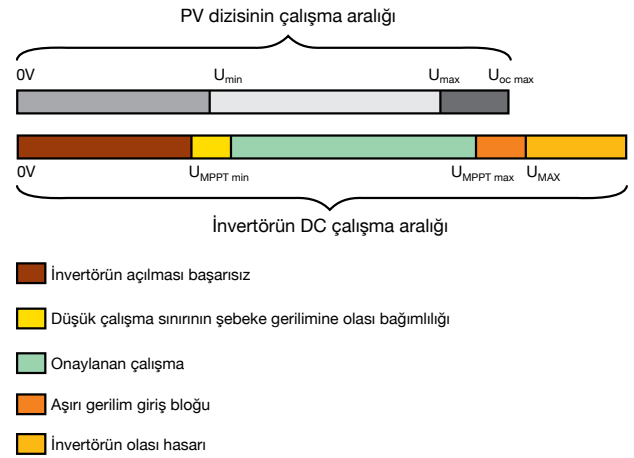
$$U_{maksimum} \leq U_{MPPT \max} \quad [3.3]$$

Yani, dizinin çıkışındaki maksimum güce karşılık gelen maksimum gerilimde ve standart güneş ışma koşulları altında, inverterin MPPT'sinin maksimum çalışma geriliminden daha düşük veya ona eşit olacaktır.

Şekil 3.8, yukarıda bahsedilen üç eşitsizliği de hesaba katarak PV alan ve inverter arasındaki bir bağlantı şemasını göstermektedir.

Gerilimle alakalı yukarıda bahsedilen üç koşul ile uyuma ek olarak, maksimum güç noktasında (MPP) çalışırken PV üreticinin maksimum akımının, girişteki inverter tarafından izin verilen maksimum akımdan düşük olduğunu doğrulamak gerekir.

Şekil 3.8



Başlık:

- U_{min} kurulum sahasındaki PV modüller için beklenen maksimum çalışma sıcaklığına karşılık gelecek şekilde PV dizinin standart ışımadaki gerilimi
- U_{max} kurulum sahasındaki PV modüller için beklenen minimum çalışma sıcaklığına karşılık gelecek şekilde PV dizinin standart ışımadaki gerilimi
- $U_{oc \max}$ kurulum sahasındaki PV modüller için beklenen minimum çalışma sıcaklığına karşılık gelecek şekilde PV dizinin açık devre gerilimi
- $U_{MPPT \min}$ inverterin izin verdiği minimum giriş çalışma gerilimi
- $U_{MPPT \max}$ inverterin izin verdiği maksimum giriş çalışma gerilimi
- U_{MAX} inverterin dayanabildiği maksimum giriş gerilimi

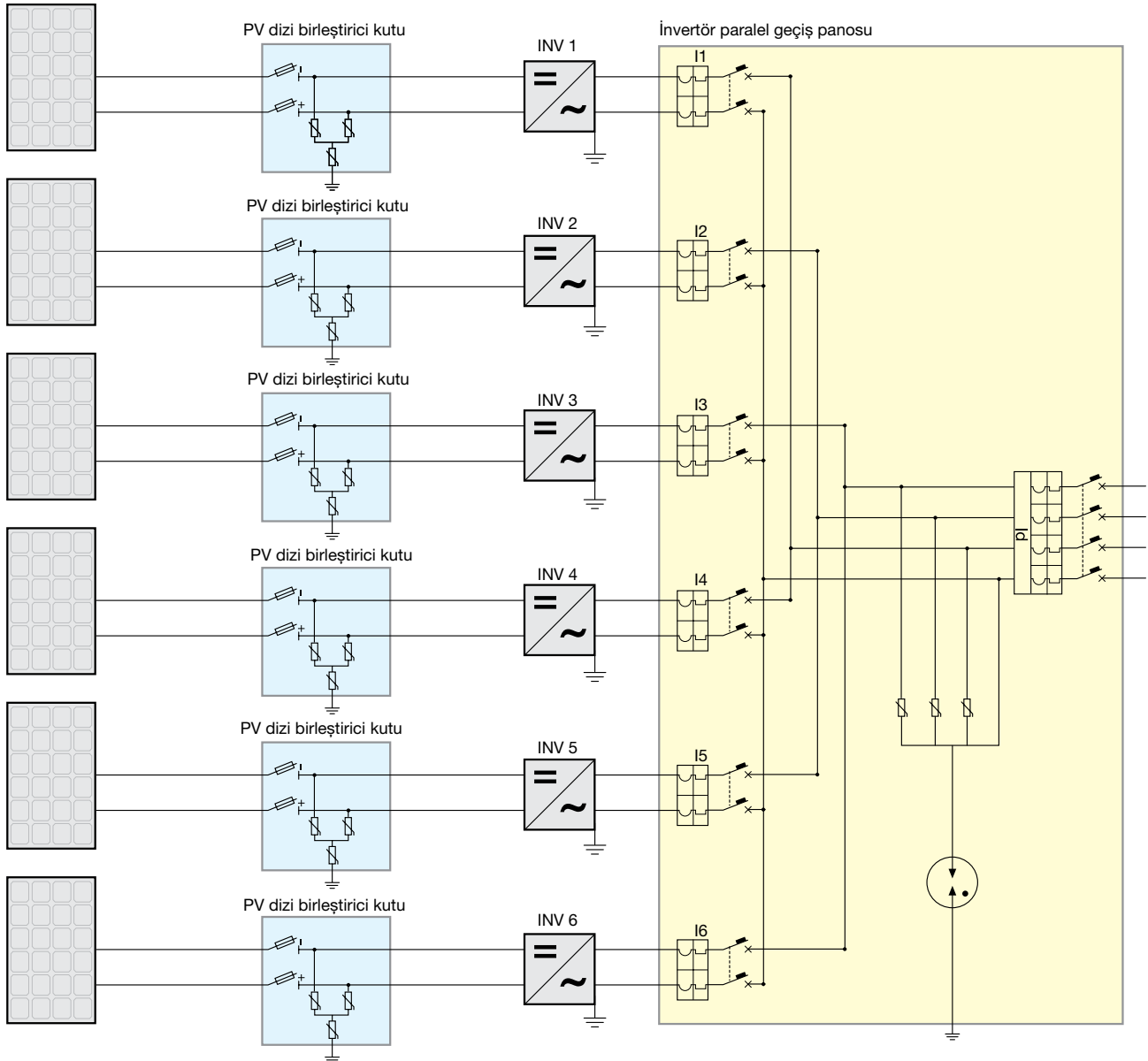
Piyasada bulunan inverterler, yaklaşık 10 W'ye kadar tek fazlı ve yaklaşık 100 kW'ye kadar üç fazlı bir nominal güce sahiptir.

AG şebekesine tek fazlı bağlantıya sahip 6kW'ye kadarki küçük boyutlu santrallerde, genellikle tekli bir inverter kurulurken AG veya OG şebekesine üç fazlı bağlantıya sahip 6 kW üzeri santrallerde daha fazla inverter kurulumu yapılır.

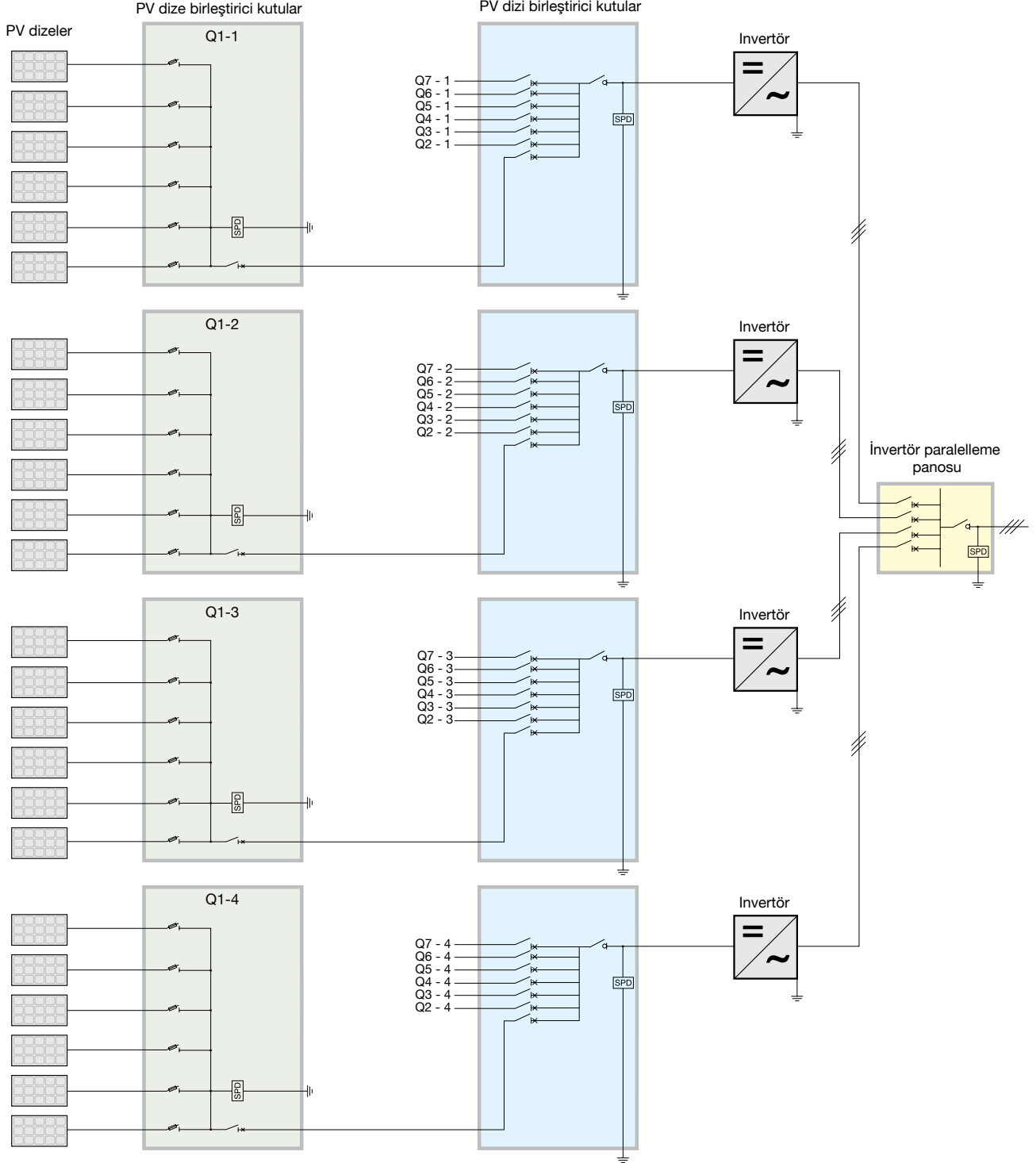
Küçük/orta boyutlu santrallerde, üç faz ve ortak nötr üzerinde eşit olarak dağıtılmış birden çok tek fazlı inverter barındıran ve kamusal şebekeden ayırmak için tekli bir transformatör bulunan çözüm genellikle tercih edilir.

Öte yandan, orta ve büyük boyutlu santrallerde, PV dize birleştirici kutularındaki DC tarafında birden çok dizinin paralel halde bağlı olduğu birkaç üç fazlı invertere sahip yapı genellikle daha uygundur.

Şekil 3.9



Şekil 3.10



İnverter bağlantısının kesilmesi hem DC hem de AC tarafında mümkün olmalıdır; böylece her iki besleme kaynağını da, yani PV üreteç ve şebekeyi ayırarak bakım yapılması sağlanabilir.

Ayrıca Şekil 3.10'da gösterildiği gibi, her bir dizeye birer ayırma cihazının kurulması tavsiye edilmektedir; böylece her dizedeki doğrulama ve bakım işlemleri, santralin diğer kısımlarını hizmet dışı bırakmadan yürütülebilir.

3.4 Kablo seçimi

Bir PV santralde kullanılan kablolar, santralin tüm çalışma ömrü boyunca (20 ila 25 yıl), zorlu çevresel koşullara (yüksek sıcaklıklar, atmosferik yağışlar ve ultra viyole ışınları) dayanabilmelidir.

Öncelikle, kabloların santral için uygun bir nominal gerilimi olacaktır. Doğru akım koşullarında, santral gerilimi AC uygulamalarına göre kabloların (Şekil 3.11) nominal geriliminin %50'sini geçmeyecektir (alternatif akımda, santralin gerilimi kabloların nominal gerilimini geçmeyecektir).

Tablo 3.2

alternatif akım (V)	doğru akım (V)
300/500	450/750
450/750	675/1125
600/1000	900/1500

3.4.1 Kablo tipleri

Santralin DC tarafındaki iletkenler, topraklama arızaları ve kısa devre risklerini en aza indirmek için çift veya güçlendirilmiş izolasyona (sınıf II) sahip olacaktır (IEC 60364-712).

DC tarafındaki kablolar ikiye ayrılır:

- **solar kablolar (veya dize kabloları)** modülleri birinci PV dizi birleştirici kutusuna veya doğrudan inverttere bağlar;
- **solar olmayan kablolar**, ilk panonun yük tarafında kullanılır.

Modülleri bağlayan kablolar, sıcaklığın 70° ila 80°C'ye eriştiği modülün arka kısmında sabitlenebilirler. Dolayısıyla, bu kabloların yüksek sıcaklıklara ve güneş gören yere kurulduklarında ultra viyole ışınlarına dayanıklı olmaları gerekir. Bu nedenle kauçuk kılıf ve izolasyona sahip, nominal gerilimi 0.6/1kV olan, maksimum çalışma sıcaklığı 90°C'den düşük olmayan ve UV ışınlarına yüksek direnç gösteren tek damarlı kablolar gibi özel kablolar kullanılır.

İlk panonun yük tarafındaki solar olmayan kablolar, modüllerden uzak olduklarından dolayı 30° ila 40°C'den yüksek olmayan bir çevresel sıcaklıktadırlar.

Bu kablolar UV ışınlarına dayanamazlar ve dolayısıyla eğer dışarı serilirlerse, boru veya kanal içinde ve dış mekan kullanımına uygun şekilde kılıflanmış olarak güneş ışınlarına karşı korunmalıdırlar. Bunun aksine, eğer binaların içine döşenmişlerse, elektrik santralleri için koyulan kurallara genellikle geçerlidir.

AC tarafı inverterin akış yönünde döşenen kablolar için DC tarafındaki solar olmayan kablolar için söylenenler geçerlidir.

⁸ Kabloların tamamı ve yerleştirildikleri boru veya kanal sistemi.

3.4.2 Kesit alanı ve akım taşıma kapasitesi

Bir kablunun kesit alanı aşağıdaki şekilde olacaktır:

- I_z akım taşıma kapasitesi I_b sistem akımından düşük değildir;
- ucundaki gerilim düşüşü sabit limitler dâhilindedir.

Normal çalışma koşullarında, her modül kısa devre yapanın yanındaki modüle bir akım besler, böylece dize devresi için çalışma akımının şuna eşit olduğu varsayılır:

$$I_b = 1.25 \cdot I_{SC} \quad [3.4]$$

burada I_{SC} standart test koşullarındaki kısa devre akımıdır ve %25'lik artış 1kW/m^2 'den yüksek ışıınım değerlerini hesaba katar.

PV santral büyük boyutlu olduğunda ve alt dizilere ayrıldığında, alt dizi kabloları aşağıdakine eşit bir sistem akımı taşıyacaktır:

$$I_b = S_{SA} \cdot 1.25 \cdot I_{SC} \quad [3.5]$$

burada S_{SA} , aynı PV dize birleştirici kutusuyla ilgili alt dizinin dizelerinin sayısıdır.

Kabloların I_o akım taşıma kapasitesi genellikle üreticiler tarafından serbest havada 30°C olarak belirtilir. Kurulum yöntemlerini ve sıcaklık koşullarını da hesaba katmak için I_o akım taşıma kapasitesi bir düzeltme faktörü ile indirgenecektir (üretici tarafından belirtilmemişse) ve şuna eşittir⁹:

- $k_1 = 0.58 \cdot 0.9 = 0.52$ solar kablolar için
- $k_2 = 0.58 \cdot 0.91 = 0.53$ solar olmayan kablolar için.

0.58 faktörü, ortam sıcaklığının 70°C 'ye eriştiği panellerin arkasındaki kurulumu dikkate alır¹⁰; 0.9 boru veya kanal sistemine solar kabloların kurulumunu dikkate alır; 0.91 faktörü ise güneş maruz kalan boru için solar olmayan kabloların kurulumunu dikkate alır.

PV santrallerde kabul edilebilir gerilim düşümü %1 ila 2'dir (kullanıcı santrallerindeki genel %4'ün aksine); böylece kablolardaki Joule etkisi nedeniyle üretilen enerjinin kaybı¹¹ olabildiğince kısıtlanmış olur.

⁹ Ortaya çıkan taşıma kapasitesi ikinci bir indirgeme katsayısı ile çarpılmalıdır ve genellikle meydana geldiğinden bu aynı kanal veya boru sistemine toplu halde kurulumu da göz önüne alınacaktır.

¹⁰ 70°C ortam sıcaklığında ve izolasyon malzemesi için varsayılan maksimum çalışma sıcaklığını 90°C 'ye kabul ederek:

$$\sqrt{\frac{\theta_{\max} - 0}{\theta_{\max} - 0_0}} = \sqrt{\frac{90 - 70}{90 - 30}} = \sqrt{\frac{1}{3}} = 0.58$$

¹¹ DC tarafında, kablolardaki gerilim düşüşü tamamen rezistiftir ve yüzde olarak güç kaybına karşılık gelir:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n} = \frac{\Delta U \cdot I_n}{U_n \cdot I_n} = \frac{\Delta P}{P_n} = \Delta P\%$$

4 Aşırı akım ve aşırı gerilimlere karşı koruma

Bir güneş enerjisi santralinin tasarımını tanımlarken, ihtiyaç görülen yerlerde atmosferik kaynaklı aşırı akım ve aşırı gerilimlere karşı santralin farklı bölümlerinin korunması sağlanmalıdır.

Burada öncelikle inverterin kaynak (DC) ve yük (AC) tarafında PV santraldeki aşırı akımlara karşı koruma için koşullar; daha sonra olası bir doğrudan ya da dolaylı yıldırımın neden olduğu herhangi bir hasara karşı santralin korunması için yöntemler verilmiştir¹.

4.1 DC tarafındaki aşırı akımlara karşı koruma

4.1.1 Kablo korumaları

Aşırı yüklere karşı koruma açısından bakıldığında, $1.25 \cdot I_{sc}^2$ veya üzeri bir akım taşıma kapasitesine sahip olacak şekilde seçilmişlerse, PV dize kablolarının korunmasına ihtiyaç yoktur; $1.25 \cdot S_{SA} \cdot I_{sc}$ veya üzeri bir akım taşıma kapasitesine sahip olacak şekilde seçilmişlerse, PV alt dizi kablolarının korunmasına ihtiyaç yoktur; $1.25 \cdot S_A \cdot I_{sc}$ veya üzeri bir akım taşıma kapasitesine sahip olacak şekilde seçilmişlerse, PV dizi kablolarının korunmasına ihtiyaç yoktur (IEC 60364-7).

Kısa devreler ile ilgili olarak, DC tarafındaki kablolar aşağıdaki durumlarda böylesi bir aşırı akımdan etkilenir:

- PV sistemin polaritesi arasında arıza;
- topraklı sistemlerde toprak arızası;
- topraktan izole sistemlerde çift toprak arızası;

PV dize kablosundaki bir kısa devre (Şekil 4.1, hata 1) eş zamanlı olarak yük yönünde söz konusu dize tarafından ($I_{sc1} = 1.25 \cdot I_{sc}$) ve kaynak yönünde aynı invertere bağlı diğer $S_A - 1$ dize ($I_{sc2} = (S_A - 1) \cdot 1.25 \cdot I_{sc}$) ile beslenir. Eğer PV santral, küçük ve sadece iki dizeli ($S_A = 2$) ise, sonuç $I_{sc2} = 1.25 \cdot I_{sc} = I_{sc1}$ olur ve dolayısıyla dize kablolarını kısa devreye karşı korumaya gerek yoktur.

Öte yandan, invertere üç veya daha fazla dize ($S_A \geq 3$) bağlandığında, I_{sc2} akımı çalışma akımından daha yüksek olur ve dolayısıyla akım taşıma kapasiteleri ($S_A \geq 3$)'den düşük, yani $I_z < (S_A - 1) \cdot 1.25 \cdot I_{sc}$ olduğunda kabloların kısa devreye karşı korunması gerekir.

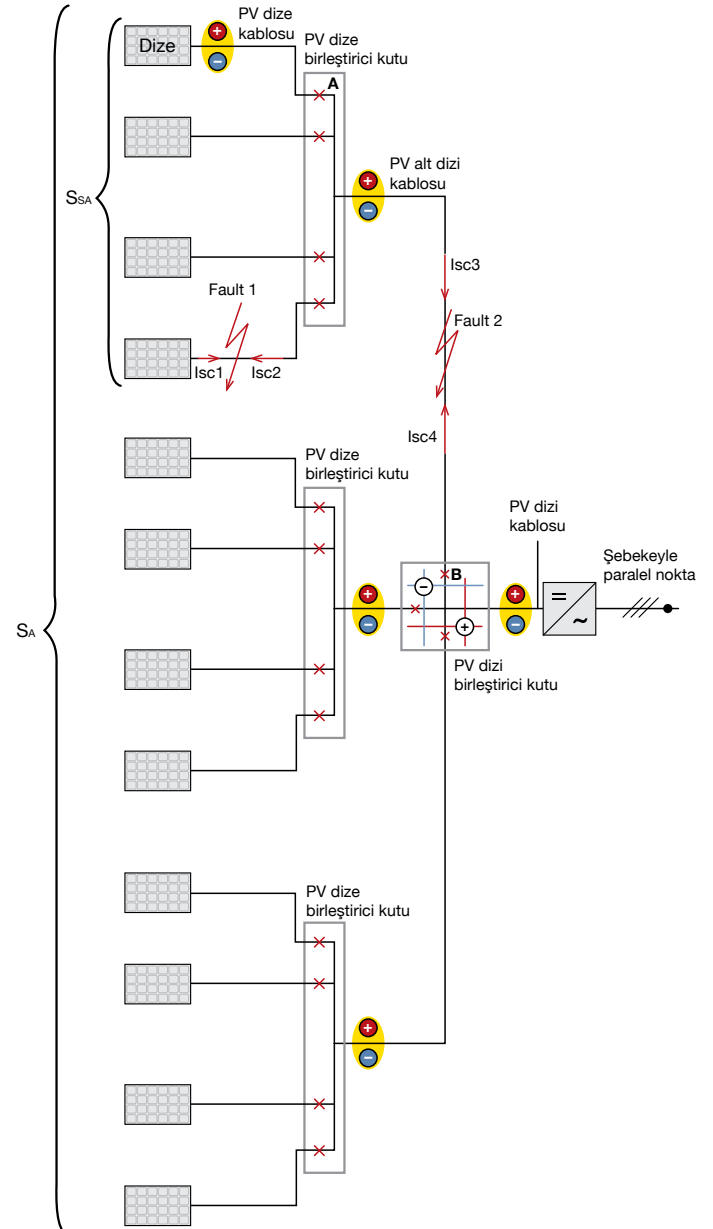
PV dize birleştirici kutu ve PV dizi birleştirici kutu arasındaki bir kısa devre (Şekil 4.1, hata 2) kaynak yönünde paralel PV alt dizi dizeleriyle (I_{sc3}) ve yük yönünde aynı PV dizi birleştirici kutunun kalan ($S_A - S_{SA}$) dizeleriyle beslenir.

Kısa devre akımı $I_{sc3} = S_{SA} \cdot 1.25 \cdot I_{sc}$ PV dize birleştirici kutu ile PV dizi birleştirici kutu arasındaki devrenin çalışma akımı ile çakışırken, $I_{sc4} = (S_A - S_{SA}) \cdot 1.25 \cdot I_{sc}$ akımı, $S_A - S_{SA} > S_{SA} \Rightarrow S_A > 2S_{SA}$ ise çalışma akımından yüksektir.

Bu durumda, akım taşıma kapasitesi I_{sc4} 'den düşükse, yani $I_z < (S_A - S_{SA}) \cdot 1.25 \cdot I_{sc}$ ise kabloyu kısa devreye karşı korumak gerekir.

Şekil 4.1

- "A" PV dize birleştirici kutu içinde kurulu koruyucu cihazı gösterir.
 "B" PV dizi birleştirici kutu içinde kurulu koruyucu cihazı gösterir.
 " S_{SA} " PV alt dizideki paralel bağlı PV dizelerin sayısıdır.
 " S_A " PV alt dizideki paralel bağlı PV dizelerin toplam sayısıdır.



¹ Bir PV santralinin varlığında bir kullanıcı santralinin güç faktörü düzeltilmesi ile ilgili olarak Teknik Uygulama Föyü No. 8'in E ekine bakın.

² I_{sc} standart test koşullarında modüldeki kısa devre akımıdır ve yüzde yirmi beşlik artış 1 kW/m^2 'yi aşan güneşlenme değerlerini hesaba katar (bkz. Bölüm 3).

4.1.2 Dizelerin ters akıma karşı korunması

Gölgelenme veya arıza nedeniyle dize pasif hale gelerek aynı inverttere paralel bağlı diğer dizeler tarafından üretilen elektrik gücünü bir akım üzerinden emer ve dağıtır; bu akım, standart işleme göre bahsedilen dizeden ters yönde akarak modüllere zarar verme riski taşır.

Aynı inverttere S_A dizeleri paralel olarak bağlı olduğundan, en yüksek ters akım:

$I_{rev} = (S_A - 1) \cdot I_{sc}$, eğer $I_{rev} < I_{MOD_MAX_OCPR}$ (IEC TS 62548) ise dizelerin korunması gerekmez; burada $I_{MOD_MAX_OCPR}$, IEC 61730-2³ tarafından belirlenen PV modül maksimum aşırı akım korumasıdır.

4.1.3 İnverterin katkısı

İnverterin DC tarafındaki kısa devreye katkısı şebekeden ve inverterin içindeki kapasitörlerin deşarjından gelebilir. Şebeke kısa devre akımı, inverterin diyotlarının serbest dönüşü nedeniyle olur ve bu durumda inverter köprü doğrultucusu olarak çalışır. Böylesi bir akım transformatorün ve çıkış devresine ait endüktörlerin empedansları tarafından sınırlanır. 50 Hz'de galvanik izolasyonlu inverter durumunda bu akım mevcutken, transformatörsüz inverter durumunda yoktur. Aslında, bu inverterler genelde bir giriş DC/DC konvertörüne sahiptir ve böylece PV üreticinin geniş bir gerilim aralığında çalışması garantilenir; bu konvertör, yapıcı tipolojisi nedeniyle, şebeke akımının kısa devreye katkısını engelleyen en az bir engelleme diyotuna sahiptir. Kapasitörlerin deşarj akımı, inverter ve arıza arasındaki kablolarla sınırlanır ve üstel eğilim ile kendini tüketir: kablo esnekliğinin empedansı ne kadar düşük olursa, ilk akım o kadar yüksek ancak deşarjın zaman sabiti de o kadar düşük olur. Akan enerji, kapasitörlerde ilk depolanan enerji ile sınırlıdır. Ayrıca, eğer bir engelleme diyotu veya benzer bir cihaz iki kutuptan biriyle seri bağlı ise, kısa devreye katkısı sıfırdır.

Ancak, durum bazında değerlendirmek gerekebilir: özellikle, kapasitörlerin oldukça yüksek bir deşarj akımı uzun süreli sabitlerle birleştiğinde, devre kesicilerin kesme kapasitesinin artırılması gerekebilir.

4.1.4 Koruyucu cihazların seçimi

DC tarafındaki kısa devrelere karşı koruma ile ilgili olarak cihazlar mutlaka DC kullanımı için uygun olmalıdır; ayrıca PV dizi maksimum gerilimine eşit veya ondan yüksek bir U_{oc}

nominal çalışma gerilimine sahip olacak ve bu beklenen en düşük çalışma sıcaklığı için düzeltilmiş U_{oc} ⁴e eşit olacaktır (IEC TS 62548). Beklenen en düşük çalışma sıcaklığı için gerilimin düzeltilmesi, üreticinin talimatları doğrultusunda hesaplanacaktır. Kristal ve çoklu kristal silisyum modüller için üreticinin talimatları bulunmadığında, beklenen en düşük çalışma sıcaklığı referans olarak kullanılarak IEC TS 62548'deki Tablo 5'e göre bir düzeltme faktörüyle U_{oc} çarpılacaktır. Beklenen en düşük ortam sıcaklığı -40 °C'nin altında olduğunda veya kristal ya da çoklu kristal silisyumdan farklı bir teknoloji kullanıldığında, gerilim düzeltme sadece üreticinin talimatlarına göre yapılacaktır.

Dize aşırı akım koruması gerektiğinde, ya (IEC TS 62548)⁵:

a) her PV dizesi, aşırı akıma karşı koruma cihazıyla korunacak, burada dize aşırı akım koruma cihazının nominal aşırı akım koruma derecesi I_n olacaktır; burada:

$$1.5 \cdot I_{sc} < I_n < 2.4 \cdot I_{sc} \text{ ve } I_n \leq I_{MOD_MAX_OCPR} \quad [4.1]$$

veya

b) sağlanan tek bir aşırı akım koruma cihazının koruması altında dizeler paralel halde gruplanabilir:

$$1.5 \cdot S_G \cdot I_{sc} < I_{ng} < I_{MOD_MAX_OCPR} - ((S_G - 1) \cdot I_{sc}) \quad [4.2]$$

burada:

S_G , tek bir aşırı akım koruma cihazının koruması altındaki grup halindeki dizelerin sayısıdır;

I_{ng} , grup aşırı akım koruma cihazının nominal aşırı akım koruma derecesidir.

Dizeler, genellikle eğer $I_{MOD_MAX_OCPR} > 4 I_{sc}$ ise tek bir aşırı akım koruma cihazı altında gruplanabilir.

Devre kesicilerin aşırı akım koruma cihazı olarak kullanıldığı durumlarda, bunlar aynı zamanda ayırıcı vazifesi de görebilirler.

PV alt diziler için aşırı akım koruma cihazlarının nominal akımı (I_n) aşağıdaki formülle belirlenecektir (IEC TS 62548):

$$1.25 \cdot S_{SA} \cdot I_{sc} < I_n < 2.4 \cdot S_{SA} \cdot I_{sc} \quad [4.3]$$

Burada dizeler için 1.5 yerine 1.25 olarak kullanılan çarpan, tasarımcı esnekliğini sağlamak içindir.

PV dizi aşırı akımı koruması, sadece bataryalara bağlı sistemler için veya arıza koşullarında diğer akım kaynaklarının PV dizisini besleyebileceği durumlarda gereklidir. PV dizi aşırı akım koruma cihazlarının nominal akımı (I_n) (IEC TS 62548):

$$1.25 \cdot S_A \cdot I_{sc} < I_n < 2.4 \cdot S_A \cdot I_{sc} \quad [4.4]$$

³ Bazı ülkelerde engelle diyotlarının aşırı akım korumaları yerine kullanılmasına izin verilmektedir (IEC TS 62548). Diğer ülkelerde diyotlar aşırı akım korumasının yerine geçebilecek kadar güvenilir kabul edilmezler çünkü geçici gerilimlere tabi olduklarında arıza modları genellikle kısa devre yapmış olur. Yerel ülke gereksinimleri, sistem tasarımlarında hesaba katılmalıdır. Ancak, eğer kullanılmışsa, engelleme diyotları PV dizinin en az 2 katı gerilim derecesine sahip olacak ve akım derecesi PV diziler için en az $1.4 \cdot I_{sc}$ PV alt diziler için $1.4 \cdot S_{SA} \cdot I_{sc}$ ve PV diziler için $1.4 \cdot S_A \cdot I_{sc}$ olacaktır.

⁴ U_{oc} dizelerden gelen açık devre gerilimidir (bkz. Bölüm 3).

⁵ Termomanyetik kompakt tip devre kesiciler için I_n veya I_{ng} yerine I_t kullanılır.

PV dizi aşırı akım koruma cihazları batarya veya bataryalar ile bunlara mümkün olduğunca yakın şarj kontrol cihazı arasına takılır. Eğer bu cihazlar doğru bir şekilde sınıflandırılmışsa hem şarj kontrol cihazı hem de PV dizi kablolarına koruma sağlarlar. Böyle durumlarda, PV dizi ve şarj kontrol cihazı arasında PV dizi kabloları için başka aşırı akım koruması gerekmez.

Sigortaların kolay kullanımına karşın, bu cihazların boyutlandırılması ve seçimine özen gösterilmelidir; sadece önceki formüllerde verilen nominal akıma değil aynı zamanda gPV tipi (IEC 60269-6) açma karakteristiğine sahip olacak, uygun sigorta tutuculara takılabilecek ve en kötü çalışma koşullarında üretilen gücü dağıtabilme yeteneğine sahip olacaktır.

Bağlantı kablolarının⁶ korunması amacıyla, maksimum olması beklenen kısa devre akımına kadar aşağıdaki ilişkinin her bir kısa devre değeri için karşılandığı bir koruyucu cihaz seçilmelidir (IEC 60364):

$$(I^2t) \leq K^2 S^2 \quad [4.5]$$

burada:

(I²t) kısa devre süresini belirten Joule integralidir (A²s);

K, iletken tipine ve yalıtkan malzemeye bağlı olup kabloların karakteristik sabitidir.

S, kabloların kesit alanıdır (mm²).

PV dize birleştirici kutudaki cihazların nominal maksimum kısa devre kesme kapasitesi, a) durumu için diğer S_A-1 dizelerin kısa devre akımından daha düşük olmayacaktır; yani⁷:

$$I_{cu} \geq (S_A - 1) \cdot 1.25 \cdot I_{sc} \quad [4.6]$$

veya b) durumu için diğer S_A-S_{SA} dizelerin kısa devre akımından daha düşük olmayacaktır, yani:

$$I_{cu} \geq (S_A - S_{SA}) \cdot 1.25 \cdot I_{sc} \quad [4.7]$$

PV dize birleştirici kutudaki cihazlar, alt dizi kabloları formül-dekinden daha düşük bir akım taşıma kapasitesine sahip olduğunda, kabloları kısa devre akımına karşı korumalıdır

$I_{sc4} = (S_A - S_{SA}) \cdot 1.25 \cdot I_{sc}$ ⁸ (Şekil 4.1). Böyle durumlarda, bu cihazlar [4.3] ilişkisini sağlayacak ve nominal maksimum kısa devre kesme kapasiteleri diğer S_A-S_{SA} dizelerin kısa devre akımından daha düşük olmayacaktır, yani:

$$I_{cu} \geq (S_A - S_{SA}) \cdot 1.25 \cdot I_{sc} \quad [4.8]$$

⁶ Kısa devreye karşı koruma genellikle ya $I_z \geq 1.25 \cdot I_{sc}$ veya $I_z \geq 1.25 \cdot S_{SA} \cdot I_{sc}$ veya $I_z \geq 1.25 \cdot S_A \cdot I_{sc}$

⁷ Kısa devre akımı $I_{sc1} = 1.25 \cdot I_{sc}$ (Şebeke 4.1) ihmal edilebilir çünkü dize kablolarının akım taşıma kapasitesi $1.25 \cdot I_{sc}$ 'den düşük değildir.

⁸ Kısa devre akımı $I_{sc3} = S_{SA} \cdot 1.25 \cdot I_{sc}$ (Şekil 4.1) ihmal edilebilir çünkü dize kablolarının akım taşıma kapasitesi $S_{SA} \cdot 1.25 \cdot I_{sc}$ 'den düşük değildir.

Ayrıca, aşırı akım koruma cihazları yerleştirilecektir (IEC TS 62548):

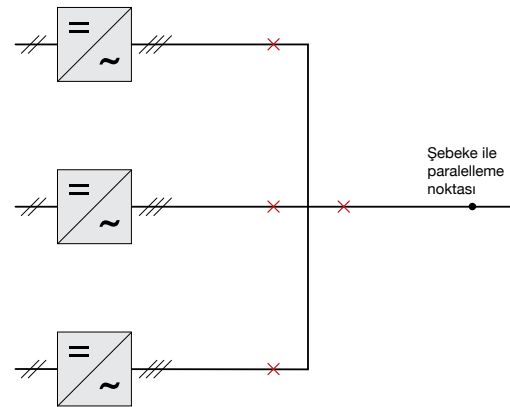
- dize aşırı akım koruma cihazları, dize kablolarının dize birleştirici kutudaki alt dizi veya dize kablolarıyla birleştiği yerde olacaktır;
- alt dizi aşırı akım koruma cihazları, alt dizi kablolarının dize birleştirici kutudaki dize kablolarıyla birleştiği yerde olacaktır;
- dize aşırı akım koruma cihazları, dize kablolarının güç dönüştürme ekipmanıyla birleştiği yerde olacaktır;

PV alt dizi veya dizeden en uzakta bulunan kabloların ucundaki aşırı akım koruma cihazlarının konumu, sistem ve bağlantıları PV dizinin diğer kısımlarından veya bataryalar gibi diğer kaynaklardan geçen arıza akımlarından korumak içindir.

4.2 AC tarafındaki aşırı akımlara karşı koruma

İnverteri şebeke ile paralel noktasına bağlayan kablo genellikle inverterin taşıyabileceği maksimum akımdan daha yüksek akım taşıma kapasitesi elde edecek şekilde boyutlandırıldığından, aşırı yüke karşı bir korumaya ihtiyaç yoktur. Ancak, şebeke ile paralel noktaya yerleştirilen bir koruma cihazı ile şebeke tarafından beslenen⁹ bir kısa devreye karşı kablo korunmalıdır. Böylesi bir kabloyu korumak için eğer izin verilen özel enerjiye kablo dayanabiliyorsa tüketici santralının ana devre kesicisi kullanılabilir. Ancak, ana devre kesicinin açma yapması tüm tüketici santralini hizmet dışı bırakır. Çok inverterli santrallerde (Şekil 4.2), her bir hat için tek bir korumanın varlığı, bir inverterdeki arıza durumunda, her hattaki devre kesicinin ana devre kesici ile seçici olması şartıyla diğer inverterlerin çalışmasına izin verir.

Şekil 4.2



⁹ İnverter genellikle çıkış akımını nominal akımının iki katı bir değere sınırlar ve dâhili korumanın açma yapması nedeniyle saniyenin onda biri bir sürede stand-by'a girer. Sonuç olarak, inverterin kısa devre akımına olan katkısı, şebekenin katkısıyla karşılaştırıldığında ihmal edilebilir.

4.3 Anahtarlama ve ayırma cihazlarının seçimi

PV santralin diğer bölümlerini hizmet dışı bırakmadan kontrol ve bakım müdahalelerine izin vermek için her bir dizede birer ayırma cihazının kurulumu tavsiye edilir¹⁰. İnverter bağlantısının kesilmesi hem DC hem de AC tarafında mümkün olmalıdır; böylece her iki besleme kaynağını da, yani PV üreteç ve şebekeyi ayrı tutarak bakım yapılması sağlanabilir.

İnverterin DC tarafına bir yük ayırıcı gibi cihaz yük altındayken anahtarlatabilen bir ayırma cihazı takılacaktır. AC tarafında, genel bir ayırma cihazı sağlanacaktır. Şebeke ile bağlantı noktasına kurulan koruyucu cihaz kullanılabilir; eğer bu cihaz invertere yakın değilse, inverterin yük tarafına derhal bir ayırma cihazının yerleştirilmesi tavsiye edilir.

4.4 Yıldırımlara karşı PV santrallerin korunması için aşırı gerilim koruma cihazlarının seçimi

Giderek yaygınlaşan PV santraller, konumları, hasar görülebilirlikleri ve değerleri nedeniyle sıklıkla yıldırımlara karşı bir koruma gerektirirler.

Korumayı hayata geçirme ihtiyacı, IEC 62305-2 standardında kapsamlı olarak açıklanan olağan risk değerlendirmesini yapmayı gerektirir.

Göz önünde bulundurulmuş PV santraller hem binalara kurulan (cephelere, korkuluklara, güneşliklere kaplama olarak kurulan) hem de diğer tipteki bina yapıları üzerine yerleştirilenlerdir (ör: seralar, çardaklar, çatı kaplamalar, barınaklar, akustik bariyerler ve geçici yapılar).

Bundan sonra bu dokümanda bu tipler “Çatı üstü PV santraller” olarak anılacaktır. Ayrıca, zemine monte edilen santraller de göz önüne alınır; ikinci tipi, temsil ederler ve “Zemin üstü PV santraller” olarak tanımlanırlar.

Amaç, hangi koruyucu önlemlerin ne zaman gerektiğini ve de nereye, nasıl kurulacaklarını açıklamaktır.

Santral, sadece aşağıdakilerin korunması için tasarlanmıştır:

- inverter ve de DC ve AC taraflarındaki arayüz cihazları
- DC akım üretici
- santralin kendisinin kontrol ve izlenmesi için cihazlar.

Bu cihazların dayanım gerilimi, üretici tarafından beyan edilmelidir; ürün standartlarının gerektirdiği minimumu temsil eden bazı açıklayıcı veriler şunlardır:

	$U_{ocstc} \leq 213 \text{ V}$	$U_{ocstc} \leq 424 \text{ V}$	$U_{ocstc} \leq 849 \text{ V}$	$U_{ocstc} \leq 1500 \text{ V}$
PV modülü	2.5 kV	4 kV	6 kV	8 kV
İnverter: DC arayüz		2.5 kV	4 kV	6 kV
İnverter: AC arayüz	4 kV			

Burada U_{ocstc} STC açık devreli gerilimdir ve bir PV modülde standart test koşullarında ölçülür.

Doğrudan yıldırıma karşı korunacak kablolar:

- ana panodan invertere AC besleme kabloları
- DC üreteçten invertere DC besleme kabloları
- sensörleri tüketici birimine bağlayan sinyal kabloları.

IEC 62305-2 standardıyla uyumlu olarak yapılan risk değerlendirmesi göstermektedir ki bu uygulamalar açısından, insan kaybı riski tolere edilebilir riskten daha düşüktür ve en önemlisi, sınırlı sayıda insan bulunduğundan böylesi yapılarda, sadece hasar görebilecek santral bileşenlerinin değeri ile değil, aynı zamanda olası bir üretim kesintisi ile de bağlantı bir ekonomik kayıp riski daima mevcuttur. Kayıpların maliyeti koruma önlemleri maliyetlerini geçtiğinde, bir koruma sistemi gerekli hale gelir; üretim kesintisinin yüksek ekonomik etkisi göz önünde bulundurulduğunda bu kuvvetle muhtemeldir.

Ancak, açık bir şekilde anlaşılmalıdır ki sadece santralin sahibi veya yöneticisi tolere edilebilir hasar sıklığını (F_T) belirleyebilir. Bu tanım, yukarıda bahsedilen ekonomik değerlendirmeleri göz ardı edemez.

Bir gösterge olarak tipik bir değer aralığı: 20 yıllık sürede bir hasardan ($F_T = 0.05$) 10 yıllık sürede bir hasara ($F_T = 0.1$).

Hasar sıklığının değeri tanımlanıp belirlendikten sonra, IEC 62305-2 standardıyla uyumlu olarak koruma önlemlerinin boyutunu seçmek ve belirlemek mümkündür.

Çatı üstü ve zemin üstü PV santraller arasında bir ayırım yapılmalıdır.

¹⁰ Otomatik bir devre kesici kullanıldığında anahtarlama ve ayırma fonksiyonu hali hazırda dâhil olur.

4.4.1 Çatı üstü PV santraller

Çatı üstü PV santraller söz konusu olduğunda yapılacak ilk şey, IEC 62305-2 standardına uygun olarak bir LPS¹¹'nin kurulmasına ihtiyaç olup olmadığını belirlemek için binanın toplama alanının hesaplanmasıdır.

Eğer bir LPS kurulumu gerekmiyorsa, kentsel bir alanda çalışmıyorsa, gelen elektrik hattı için koruma sağlamak gerekir; koruma, en az 5 kA I_{imp} ve 15 kA I_n 'e sahip bir Test Sınıf I parafudur ile elde edilebilir. U_p koruma seviyesinin seçimi için daha fazla dikkat etmek gerekir: eğer parafudurlar korunacak cihazlara 10 metreden daha az bir uzaklığa kurulmuşsa, [4.8] ilişkisine göre sadece bağlantıların uzunluğu hesaba katılacaktır:

$$U_p = U_{p/f} - \Delta U \leq 0.8 \times U_w - \Delta U \quad [4.8]$$

burada $U_{p/f}$ parafudurun asıl koruma düzeyidir, U_p parafudurun koruma düzeyidir, U_w korunacak cihazların darbe dayanım gerilimidir ve $\Delta U = \Delta l \times 1 \text{ kV/m}$, parafudurun bağlantı iletkenlerindeki gerilim düşüşüdür; yine de, eğer parafudurlar spinterometrik tipteyse, $U_{p/f}$ değeri, U_p ve ΔU değerlerinin en yüksek olur.

Öte yandan, cihazlar daha uzaksa, iki seçenek mümkündür: korunacak ağıta yakın ilave bir koordineli Sınıf II parafudur veya [4.9] ilişkisine göre tamamen daha düşük bir koruma derecesine sahip yukarıda bahsedilen Sınıf I parafudur:

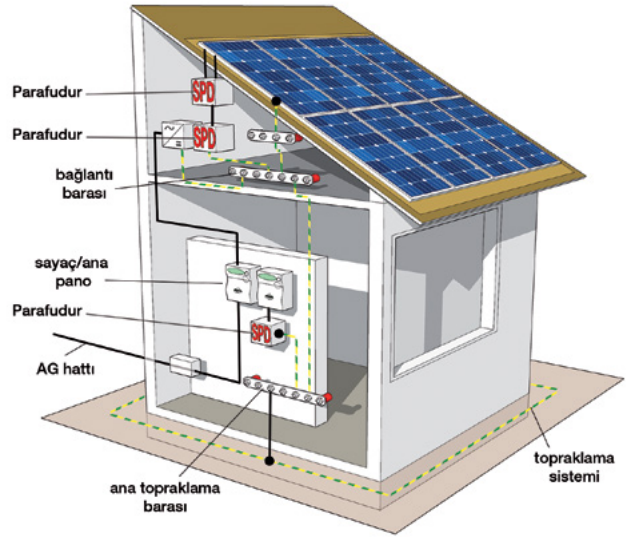
$$U_p = U_{p/f} - \Delta U \leq 0.5 \times U_w - \Delta U \quad [4.9]$$

Bu durumda, modüllere gelen DC kablo için koruma sağlamak gerekir; yapılacak ilk şey PV modülleri destekleyen yapı ile inverter yanında bulunan kuşaklama barası arasında bir kuşaklama kurmaktır; döngünün uzunluğunu sınırlamak için bu bağlantı DC kabloya olabildiğince yakın yerleştirilecektir.

IEC 62305-4 standardı, bu tarz bir döngüye sevk edilen gerilimin nasıl hesaplanacağını ve dayanım seviyesi aşılsa parafudurların nasıl boyutlandırılacağını açıklar. Böylesi hesaplamalar, bir taraftaki modül ve diğer taraftaki inverter yakınlarına Sınıf II parafudurlar kurularak pas geçilebilir.

Sınıf II parafudurlar, en az 5 kA'lık I_n 'e sahip olacak, koruma seviyesi de cihazların dayanımları ve uzaklıkları hesaba katılarak halihazırda AG hattı için yapıldığı gibi sabitlenecektir.

Şekil 4.3



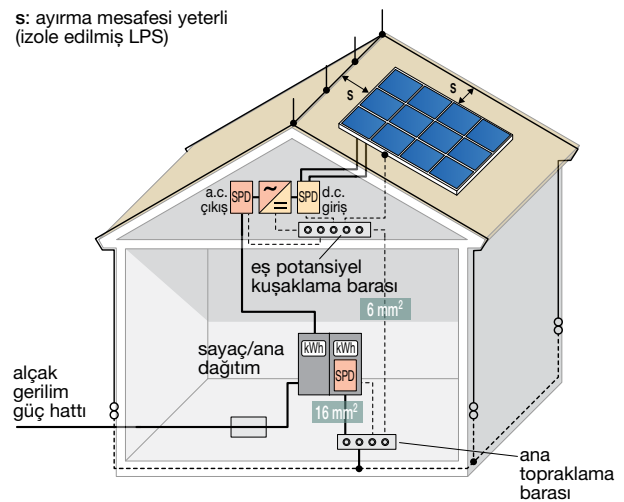
Eğer bir LPS'nin kurulması gerekiyorsa, her durumda gelen elektrik hattının bir Test Sınıf I parafudur ile korunması gereklidir. Parafudurun I_{imp} , I_n , U_p değerleri ve ilave bir parafudur Sınıf II ihtiyacının belirlenmesi daha önce anlatılanlarla aynı şekilde seçilmelidir.

DC kabloların korunması için, iki olasılık göz önünde bulundurulur:

a) LPS ve PV modül arasındaki ayırma mesafesi korunduğunda:

Şekil 4.4

s: ayırma mesafesi yeterli (izole edilmiş LPS)

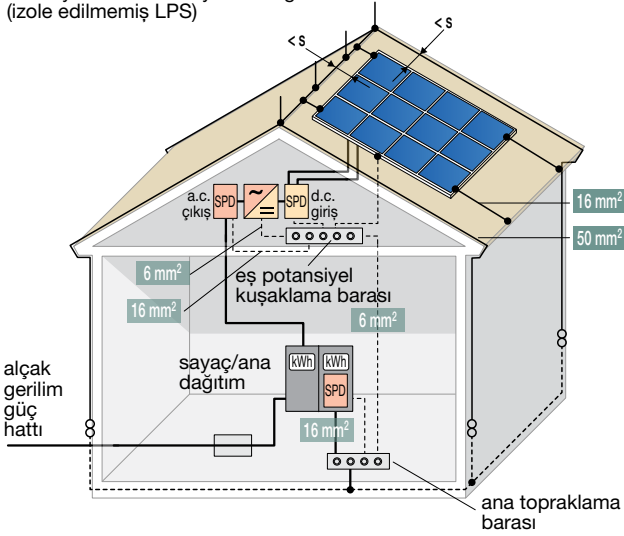


¹¹ Yıldırımdan Korunma Sistemi: hem harici (dedektörler, yıldırım iletkenleri ve toprak elektrotları) hem de dâhili (korunacak yapıya giren yıldırım akımının elektromanyetik etkilerini azaltmak için koruyucu önlemler) koruyucu sistemlerden oluşur.

Sınıf II parafudurlar, en az 5 kA'lık In ile bir taraftaki modüllerin ve diğer taraftaki inverterin yakınına kurulacaklardır. b) LPS ve PV modül arasındaki ayırım mesafesi korunmadığında:

Şekil 4.5

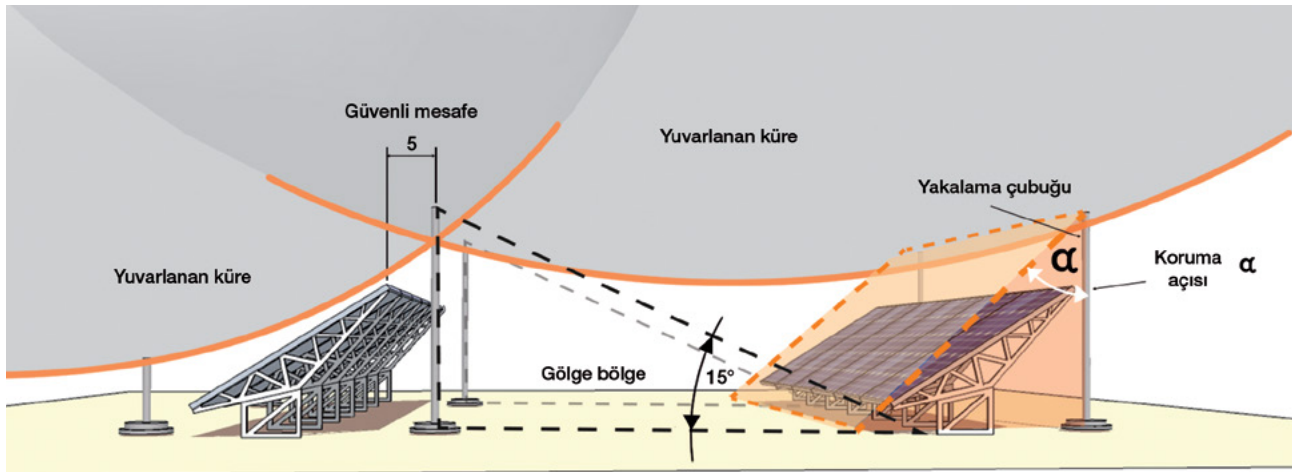
< s : ayırma mesafesi yeterli değil (izole edilmemiş LPS)



Şekil 4.5'te gösterildiği gibi panellerin yapısının LPS ile eş potansiyelli bir kuşaklaması olmalıdır. Ek olarak, modülün ve inverterin DC tarafının korunması için ilave parafudur Sınıf I gereklidir. I_{imp} akımı, Standartlarda açıklandığı gibi, yıldırım akımı bölünerek hesaplanacaktır.

“S” mesafesinin korunduğu veya korunmadığı her iki durumda da, parafudurun gereken koruma seviyesi (U_p) değişmez.

Şekil 4.6



4.4.2. Zemin üstü PV santraller

Zemine kurulu santraller genellikle oldukça büyüktür ve kırsal ve uzak yerlerde konumlandırılırlar.

Tipik olarak kılıflı olmayan üç fazlı bir OG hattıyla beslenirler ve bunlar kilometrelerce uzun olabilir.

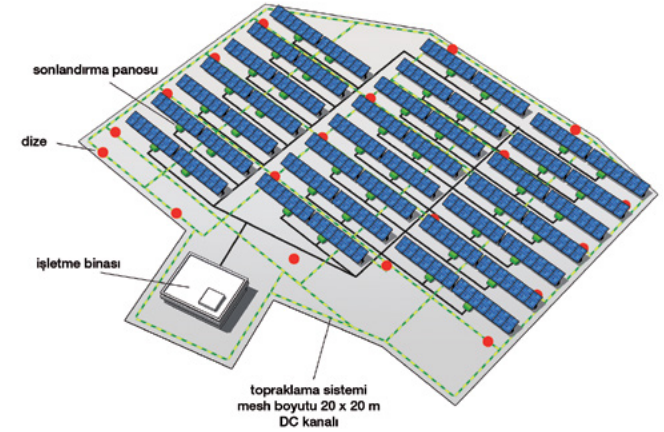
Bu hat, dayanım gerilimi genellikle 4 kV'ye eşit olan, yük tarafında inverterlerin bulunduğu bir OG/AG transformatorüne gelir; PE iletken ise genellikle faz iletkenlerle aynı kabloda dağıtılır.

PV santraline genellikle bir telekom hattı girdiğinden, santralin kontrolü ve izlenmesi özel bir dikkat gerektirecektir. Her şeyden önce, binalar için yapılarına benzer şekilde, toplama alanı, yapının açıkta olup olmadığını belirlemek için analiz edilir.

Ayrıca, yapı açıkta olmadığında, DC hatlar çatı üstü yapılar için söz konusu olan aynı kriterler izlenerek korunmalıdır. Öte yandan, eğer yapı açıktaysa, bir yıldırımdan koruma sistemi (LPS) sağlanmalıdır.

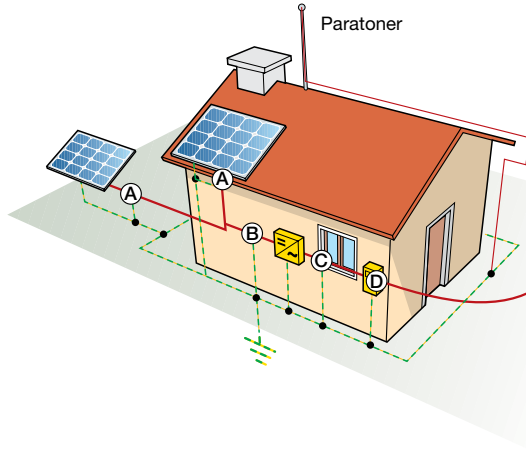
Sınıf IV veya III bir LPS (LPL III-IV, yani 100 kA, 10/350 bir yıldırım akımı) yeterlidir. Bir LPS, PV santralden izole edilebilir.

Şekil 4.7



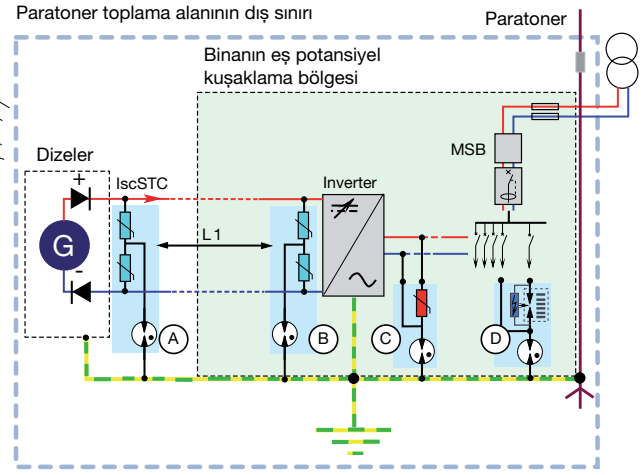
Harici bir LPS için kurulum gereksinimleri IEC 62305-3 standardında belirtilmiştir. Alternatif akım AG güç hattı, en az 10 kA I_{imp} ve en az 15 kA In'e sahip, Sınıf I testli parafudurlar ile korunmalıdır; U_p açısından, önceki durumlardaki aynı kriter uygulanabilir.

Şekil 4.8



Aşağıdaki şekiller, A'den D'ye farklı bölgelere ayrılmış bir PV santralin yapısını göstermekte ve her bölgede kurulu parafudur tarafından yürütülen koruma fonksiyonlarını belirtmektedir.

Şekil 4.9



Bölge	Tanım	Koruma fonksiyonu	Ne zaman ve nasıl
A 	PV dizi birleştirici kutu	Atmosferik kökenli aşırı gerilimlere karşı modüllerin ve dizelerin korunması.	A ve B arasındaki uzaklık 10m'yi geçiyorsa önerilir
B 	DC tarafındaki inverter	Atmosferik kökenli aşırı gerilimlere karşı inverterin korunması.	Daima önerilir.
C 	AC tarafındaki inverter	Atmosferik kökenli aşırı gerilimlere karşı inverterin korunması.	C ve D arasındaki mesafe 10m'yi geçerse veya [4.9] ilişkisine göre D daha düşük bir koruma düzeyine sahipse önerilir.
D 	AC tarafın başlangıcı	Atmosferik ve şebeke kökenli aşırı gerilimlere karşı inverterin korunması.	Daima önerilir.

5 Topraklama ve dolaylı teması karşı korunma

5.1 Topraklama

Fotovoltaik (PV) sisteme uygulanan topraklama sistemi hem açıktaki iletken bölümler (ör: panellerin metal çerçeveleri) hem de üretim güç sistemi (PV sistemin gerilim altındaki bölümleri, ö: hücreler) içerebilir.

Bir PV sistem, ancak bir transformatör aracılığıyla elektrik şebekesinden galvanik olarak ayrılsa topraklanabilir.

PV izolasyonlu bir sistem, açıktaki bir bölüme dokunan insanlar için görünürde daha güvenli olabilir; aslına bakarsak, gerilim altındaki bölümlerin toprağa karşı izolasyon dirençleri sonsuz değildir ve bir kişi böylesi bir dirençten geri dönen akıma maruz kalabilir.

Bu akım, santralin toprağına giden gerilim ve santral boyutu arttığında toprağına karşı izolasyon direnci azaldığından yükselir.

Ayrıca zaman ve nem yüzünden yalıtkanların fizyolojik bozulması, izolasyon direncini de düşürür.

Dolayısıyla, çok büyük santrallerde, yüklü bir bölüme dokunan kişinin içinden geçen akım elektrik çarpmasına neden olabilir ve bu nedenle izolasyonlu sistemlerin topraklı sistemlere göre avantajı sadece küçük santrallerde mevcuttur.

5.2 Transformatörlü santraller

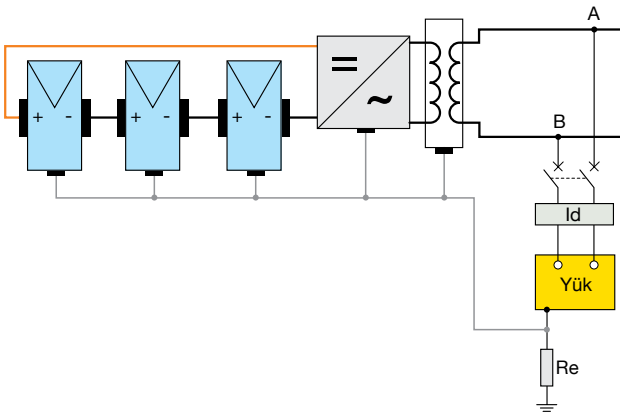
Transformatörlü santrallerde, izolasyonlu veya topraklı PV sisteminin analizine ek olarak, dolaylı temastan korunmak için transformatörün kaynak veya yük yönündeki açıktaki parçalar arasında bir fark yaratmak gereklidir¹.

5.2.1 Transformatörün kaynak tarafındaki açıktaki iletken parçalar

5.2.1.1 IT sistemli santral

Bu tip santrallerde gerilim altındaki bölümler topraktan yalıtılmışken açıktaki iletken bölümler topraklıdır² (Şekil 5.1).

Şekil 5.1



Bu durumda, açıktaki iletken bölümlerin R_e topraklama direnci (IEC 60364) koşulunu sağlamalıdır:

$$R_e \leq \frac{120}{I_d} \quad [5.1]$$

Burada I_d ilk toprak hatasının akımıdır; önceden bilinmez ancak küçük santrallerde genelde oldukça düşüktür. Sonuç olarak, şebekedeki bir arıza için tanımlanan tüketici santralinin R_e topraklama direnci genellikle [5.1] ilişkisini sağlar. Çift topraklama hatası durumunda, PV üretici bir akım üretici olduğunda, birbirine bağlı açıktaki iletken bölümlerin gerilimi aşağıdakinden düşük olacaktır:

$$I_{cc} \cdot R_{eq} \leq 120V \quad [5.2]$$

Burada I_{sc} dâhil olan hücrelerin kısa devre akımıyken R_{eq} arıza tarafından etkilenen açıktaki iletken bölümleri birbirine bağlayan iletkenin direncidir.

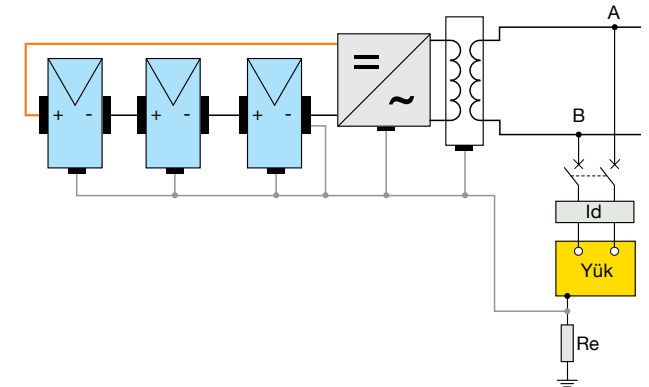
Örneğin, eğer $R_{eq} = 1\Omega$ (değer fazlalık ile yaklaşılmış) ise 120A'yı aşmayan I_{sc} için [5.2] ilişkisi geçerli olur ve genellikle küçük santrallerde görülür; dolayısıyla ikinci bir toprak arızası durumundaki geçerli olan temas gerilimi tehlikeli olmaz. Bunun aksine büyük santrallerde, izolasyon kontrol cihazı (inverter içinde veya harici) tarafından algılanan ilk topraklama arızasını ortadan kaldırarak ikinci topraklama hatasının oluşma şansını kabul edilebilir sınırlara düşürmek gereklidir.

5.2.1.2 TN sistemli santral

Bu tip santralde, gerilim altındaki bölümler ve açıktaki iletken bölümler aynı topraklama sistemine bağlıdır (tüketici santralinin topraklama sistemi).

Böylece DC tarafında bir TN sistemi elde edilir (Şekil 5.2).

Şekil 5.2



¹ Bu durumda kaynak yönü ve akış yönü, PV santrali tarafından üretilen elektrik gücünün yönünden bahseder.

² Güvenlik sebebiyle, PV santralin topraklama sistemi tüketici santrali ile ortak olur. Ancak inverterin izolasyon kontrol cihazının düzgün ve çalışmasını sağlamak ve PV jeneratörü izlemek için modüllerin çerçevelerinin ve/veya destek yapılarının (sınıf II olsalar dahi) topraklanması gerekir.

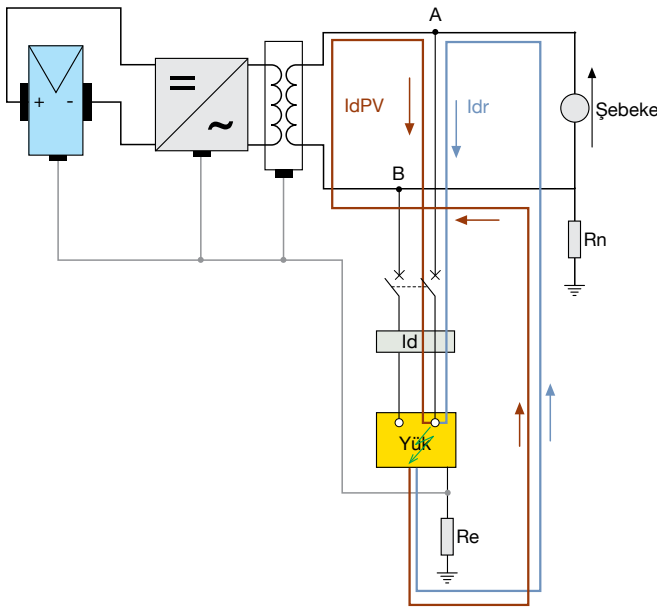
Bir topraklama arızası durumunda, sıradan TN sistemlerdeki gibi bir kısa devre meydana gelir ancak böylece bir akım maksimum akım cihazları tarafından tespit edilemez. Çünkü PV santralleri, karakterleri nominal akımdan çok daha yüksek olmayan değerlere sahip arıza akımlarını üretir.

Dolayısıyla bu arızanın tehlikeliği ile ilgili olarak bir IT sistemindeki ikinci arıza hakkında bir önceki paragrafta³ dikkate alınan şeyler geçerlidir.

5.2.2 Transformatörün yük tarafındaki açıktaki iletken bölümler

TT tipi şebeke-tüketici sistemi ele alalım. Tüketicinin santralının başlangıcında bulunan kaçak akım koruma anahtarı tarafından korunan tüketicinin santraline ait açıktaki iletken bölümler (Şekil 5.3) hem şebeke boyunca hem de PV üreteç boyunca korunur.

Şekil 5.3



A-B paralel noktası ile şebeke arasında açıktaki herhangi bir iletken bölüm bulunmamalıdır; çünkü böylece bir durumda, bir TT sistemindeki tüketici santralının tüm açıktaki kalan iletken bölümlerin bir kaçak akım koruma anahtarı ile korunmasına ilişkin normatif gereksinim geçersiz olur. A-B paralel noktasının kaynak yönündeki açıktaki kalan iletken bölümler ile ilgili olarak (örneğin transformatör dâhil edildiğinde transformatörün veya inverterin açıktaki iletken

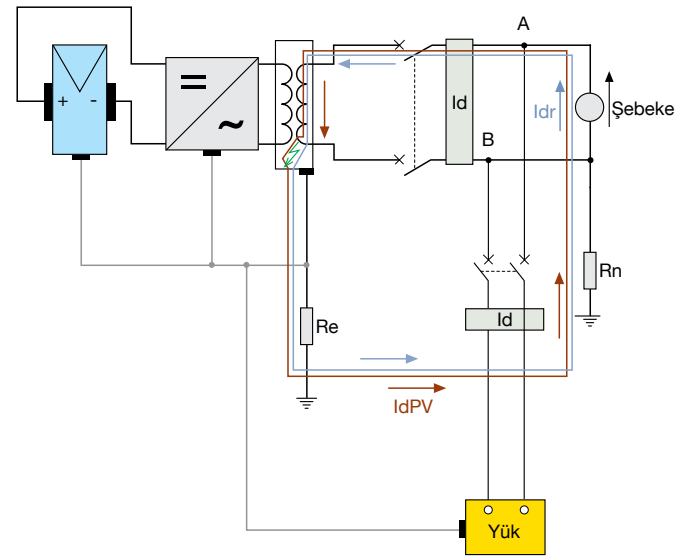
³ IEC 60364-7 standardı önermektedir ki DC tarafındaki tüm sistem (panolar, kablolar ve terminal kartları dâhil) sınıf II cihazlar veya eşdeğer izolasyon kullanılarak kurulmalıdır. Ancak inverterin izolasyon kontrol cihazının düzgün ve çalışmasını sağlamak ve PV üretici izlemek için modüllerin çerçevelerinin ve/veya destek yapılarının (sınıf II olsalar dahi) topraklanması gerekir.

⁴ Nominal kaçak akım, TT sistemlerinin normal ilişki ile uyumlu olarak Re toprak direnci ile koordine olacaktır:

$$R_e \leq \frac{50}{I_{\Delta n}}$$

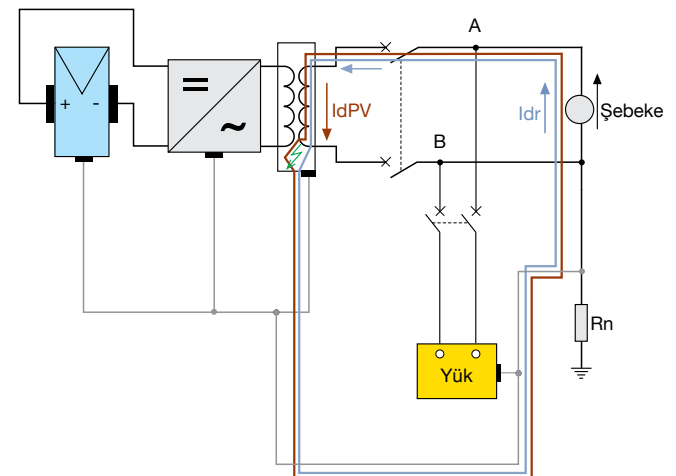
bölümü), bir kaçak akım koruma cihazı⁴ Şekil 5.4'teki gibi araya konulmalıdır; bu kaçak akım, hem şebekeden hem de PV üreteçten gelen kaçak akımları tespit eder. Kaçak akım koruma cihazı bir toprak arıza akımı nedeniyle açma yaptığında, şebeke geriliminin olmaması nedeniyle inverter stand by'a girer.

Şekil 5.4



Öte yandan, eğer şebeke-tüketici sistemi TN tipindeyse, şebekeden veya PV üreteçten her iki besleme seçeneği için kaçak akım koruma anahtarlarına ihtiyaç duyulmaz; bunun için AC tarafındaki arıza akımının Standartta belirlenen sınırlarla aşırı akım cihazına açma yaptırmasının sağlanması şarttır (Şekil 5.5).

Şekil 5.5



5.3 Transformatörsüz santraller

PV sistem ve şebeke arasındaki ayırıcı transformatörün yokluğunda, PV tesisatının kendisi genelde toprağa bağlı bir nokta yardımı ile (TT veya TN sistemi) besleme şebekesinin bir uzantısı haline gelen aktif bölümlerinde topraktan yalıtılmalıdır.

Tüketici santralinin açıktaki iletken bölümleri ve A-B paralel noktasının kaynak yönü ile ilgili olarak kavramsal bir bakış açısıyla 5.2.2 maddesinde açıklananlar halen geçerlidir.

DC tarafında, açıktaki iletken bölümler üzerindeki bir topraklama arızası inverterin yük yönünde konumlandırılmış kaçak akım koruma anahtarının açma yapmasını belirler (Şekil 5.6). Kaçak akım koruma cihazının açma yapmasından sonra şebeke geriliminin olmaması nedeniyle inverter stand by'a girer ancak arıza PV jeneratörü tarafından beslenir.

PV sistem IT tipinde olduğundan, 5.2.1.1 maddesindeki hususlar geçerlidir.

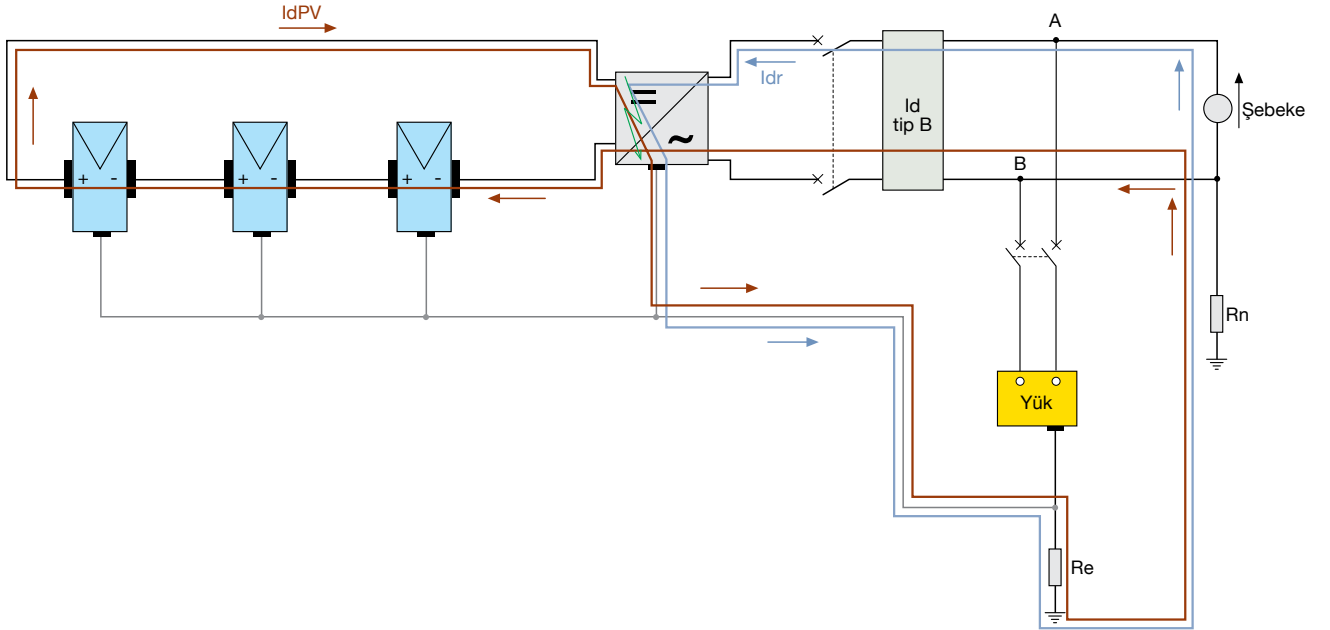
DC tarafındaki ve A-B paralel noktasının kaynak yönündeki açıktaki iletken bölümlerdeki topraklama arızaları için, inverterin yük tarafında bulunan kaçak akım koruma anahtarından alternatif olmayan bir kaçak akım geçer. Dolayısıyla, inverter DC toprak arıza akımlarını yapısal olarak enjekte etmediği sürece böylesi bir cihaz Tip B olmalıdır (IEC 60364-7)⁶.

⁶ B tipi kaçak akım koruma cihazı aşağıdaki tiplerde toprak arıza akımlarını tespit eder:-

- alternatif (ayrıca, şebeke frekansını aşan bir frekansta 1000 Hz'e kadar)
- tek yönlü titreşimli
- doğru.

⁶ EN 62040-1 standardı gereğince, UPS tasarımına göre DC bileşenlerine sahip bir toprak arızası olasılığı olduğunda, UPS'in toprak arızalarına karşı korunması (inverter dâhil olmak üzere) B tipi kaçak (üç fazlı UPS için) ve A tipi (tek fazlı UPS için) kaçak akım koruma cihazları kullanılarak gerçekleştirilir.

Şekil 5.6



6 Fotovoltaik uygulamalar için ABB çözümleri

6.1 Kompakt ve açık tip devre kesiciler

ABB, aşırı akımlara ve de hem DC hem de AC bölümlerinde PV tesisatlarının bağlantılarının kesilmesine karşı aşağıdaki tiplerde kompakt ve açık tip devre kesiciler ve yük ayırıcılar sunmaktadır.

6.1.1 Yeni seri kompakt tip devre kesiciler SACE Tmax XT

ABB, 250A'ya kadar yeni seri SACE Tmax XT kompakt tip devre kesicileri sunar.

PV kurulumların AC kısmının korunması için aşağıdaki devre kesiciler kullanılabilir:

- XT1 160 ve XT3 250 devre kesiciler: ayarlanabilir termal eşik ($I_1=0.7..1 \times I_n$) ve sabit manyetik eşik ($I_3=10 \times I_n$) sahip TMD tipi termomanyetik koruma ünitesiyle donatılmış;
- XT2 160 ve XT4 250 devre kesiciler: ayarlanabilir termal eşik ($I_1 = 0.7..1 \times I_n$) ve 40 A için $8..10 \times I_n$, 50 A için $6..10 \times I_n$ ve $\geq 63A$ için $5..10 \times I_n$ aralığında ayarlanabilir I3 manyetik eşik sahibi TMA tipi termomanyetik koruma ünitesi ($I_n \geq 40A$ için) ile donatılmış veya %160 artmış nötre sahip Ekip elektronik koruma üniteleriyle donatılmış.

		XT1					XT2					XT3		XT4				
Boyut	[A]	160					160					250		160/250				
Kutuplar	[Nr.]	3/4					3/4					3/4		3/4				
Nominal çalışma gerilimi, Ue	[V] (AC) 50-60 Hz	690					690					690		690				
Nominal darbe dayanım gerilimi, Uimp	[kV]	8					8					8		8				
Nominal izolasyon gerilimi, Ui	[V]	800					1000					800		1000				
Nominal maksimum kısa devre kesme kapasitesi, Icu		B	C	N	S	H	N	S	H	L	V	N	S	N	S	H	L	V
(AC) 240V 50-60Hz	[kA]	25	40	65	85	100	65	85	100	150	200	50	85	65	85	100	150	200
(AC) 380V 50-60Hz	[kA]	18	25	36	50	70	36	50	70	120	200	36	50	36	50	70	120	150
(AC) 415V 50-60Hz	[kA]	18	25	36	50	70	36	50	70	120	150	36	50	36	50	70	120	150
(AC) 440V 50-60Hz	[kA]	15	25	36	50	65	36	50	65	100	150	25	40	36	50	65	100	150
(AC) 500V 50-60Hz	[kA]	8	18	30	36	50	30	36	50	60	70	20	30	30	36	50	60	70
(AC) 525V 50-60Hz	[kA]	6	8	22	35	35	20	25	30	36	50	13	20	20	25	45	50	50
(AC) 690V 50-60Hz	[kA]	3	4	6	8	10	10	12	15	18	20	5	8	10	12	15	20	25 (90) ⁽¹⁾
Kullanım kategorisi (IEC 60947-2)		A					A					A		A				
İzolasyon davranışı		■					■					■		■				
Koruma üniteleri:																		
termomanyetik																		
T ayarlanabilir, M sabit	TMD	■					■ (32A'ya kadar)					■		■ (32A'ya kadar)				
T ayarlanabilir, M ayarlanabilir	TMA	-					■					-		■				
sadece manyetik	MF/MA	-					■					■		■				
elektronik Ekip		-					■					-		■				
Değiştirilebilir		-					■					-		■				
Versiyonlar		Sabit-Soketli					Sabit-Soketli-Çekmeceli					Sabit-Soketli		Sabit-Soketli-Çekmeceli				

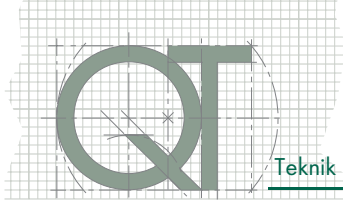
⁽¹⁾ 90 kA @ 690 V, sadece XT4 160A için.
Kısa bir süre için mevcut, ABB SACE'ye danışın.



6.1.2 Alternatif akım uygulamaları için Tmax T kompakt tip devre kesiciler

IEC 60947-2 standardı ile uyumlu Tmax kompakt tip devre kesicilerin nominal çalışma gerilimi 690V'dir ve kesme kapasiteleri 200kA'ya (@ 380/415V) kadar çıkar. PV tesisatların AC kısmının korunması için aşağıdaki devre kesiciler kullanılabilir:

- Tmax T5 ve T6 devre kesiciler: ayarlanabilir termal ($I_1=0.7..1 \times I_n$) ve manyetik eşiğe ($I_3=5..10 \times I_n$) sahip TMA tipi termomanyetik koruma ünitesiyle donatılmış;
- Tmax T4, T5 ve T6 devre kesiciler: PPR221DS, PR-222DS ve PR223DS tipi elektronik koruma üniteleriyle donatılmış;
- Tmax T7: PR231/P, PR232/P, PR331/P ve PR332/P elektronik koruma üniteleriyle donatılmış, manuel çalışma mekanizması veya depolanmış enerjiyle motorize edilebilir çalışma mekanizması olmak üzere iki versiyonu mevcut.



		T4					T5					T6				T7								
Nominal kesintisiz akım Iu	[A]	320					400/630					630/800/1000				800/1000 1250/1600								
Kutuplar	[Nr.]	3/4					3/4					3/4				3/4								
Nominal çalışma gerilimi Ue	[V] (AC) 50-60 Hz	690					690					690				690								
Nominal darbe dayanım gerilimi Uimp	[kV]	8					8					8				8								
Nominal izolasyon gerilimi Ui	[V]	1000					1000					1000				1000								
1 dak boyunca endüstriyel frekansta test gerilimi	[V]	3500					3500					3500				3500								
Nominal maksimum kısa devre kesme kapasitesi, Icu		N	S	H	L	V	N	S	H	L	V	N	S	H	L	S	H	L	V®					
(AC) 220-230V 50-60Hz	[kA]	70	85	100	200	200	70	85	100	200	200	70	85	100	200	85	100	200	200					
(AC) 380-400-415V 50-60Hz	[kA]	36	50	70	120	200	36	50	70	120	200	36	50	70	100	50	70	120	150					
(AC) 440V 50-60Hz	[kA]	30	40	65	100	180	30	40	65	100	180	30	45	50	80	50	65	100	130					
(AC) 500V 50-60Hz	[kA]	25	30	50	85	150	25	30	50	85	150	25	35	50	65	50	50	85	100					
(AC) 690V 50-60Hz	[kA]	20	25	40	70	80	20	25	40	70	80	20	22	25	30	30	42	50	60					
Kullanım kategorisi (IEC 60947-2)		A					(400A) ⁽¹⁾ - A (630A)					B (630A-800A) ⁽²⁾ A (1000A)				B ⁽⁴⁾								
İzolasyon davranışı		■					■					■				■								
Koruma üniteleri:																								
termomanyetik	T ayarlanabilir, M ayarlanabilir (5..10 x In)	TMA					-					■ (500A'ya kadar)					■ (800A'ya kadar)				-			
elektronik	PR221DS						■					■					■				-			
	PR222DS						■					■					■				-			
	PR223DS						■					■					■				-			
	PR231/P						-					-					-				■			
	PR232/P						-					-					-				■			
	PR331/P						-					-					-				■			
	PR332/P						-					-					-				■			
Değiştirilebilirlik		■					■					■					■							
Versiyonlar		Sabit-Soketli-Çekmeceli					Sabit-Soketli-Çekmeceli					F-W					F-W							

⁽¹⁾ I_{cw} = 5kA

⁽²⁾ I_{cw} = 7.6kA (630A) - 10kA (800A)

⁽³⁾ Sadece T7 800/1000/1250A için

⁽⁴⁾ I_{cw} = 20kA (S,H,L versiyonu) - 15kA (V versiyonu)

6.1.3 1150V AC'ye kadar uygulamalar için kompakt tip devre kesiciler

Tmax T çözümleri yelpazesi, 1150V'ye kadar alternatif akım uygulamaları için T4, T5 ve T6 otomatik devre kesicileri de içerirler. Bu devre kesiciler, TMD veya TMA termomanyetik koruma ünitelerine veya PR221DS, PR222DS ve PR223DS elektronik koruma ünitelerine sahip üç veya

dört kutuplu versiyonlar olarak mevcuttur.

Bu devre kesiciler sabit, soketli ve çekmeceli versiyonlar olarak mevcuttur (onlar için sadece üst terminaller tarafından beslenen 1000V sabit parçaların kullanımı gereklidir) ve kaçak akım bobini hariç tüm aksesuarlar ile uyumludurlar.

1150 V AC'ye kadar kullanım için T4-T5 devre kesiciler ve 1000 V AC'ye kadar kullanım için T6 devre kesiciler

		T4		T5		T6
Nominal kesintisiz akım, Iu	[A]	250		400/630		630/800
Kutuplar		3/4		3/4		3/4
Nominal çalışma gerilimi, Ue	[V]	1000	1150	1000	1150	1000
Nominal darbe dayanım gerilimi, Uimp	[kV]	8		8		8
Nominal izolasyon gerilimi, Ui	[V]	1000	1150	1000	1150	1000
1 dak boyunca endüstriyel frekansta test gerilimi	[V]	3500		3500		3500
Nominal maksimum kısa devre kesme kapasitesi, Icu		L	V ⁽¹⁾	L	V ⁽¹⁾	L ⁽¹⁾
(AC) 1000V 50-60Hz	[kA]	12	20	12	20	12
(AC) 1150V 50-60Hz	[kA]	-	12	-	12	-
Kullanım kategorisi (IEC 60947-2)		A		(400A) ⁽²⁾ - A (630A)		B ⁽³⁾
İzolasyon davranışı		■		■		■
Koruma üniteleri:	termomanyetik					
	T ayarlanabilir, M sabit	TMD	■			
	T ayarlanabilir, M ayarlanabilir (5..10 x In)	TMA	■		■	■
elektronik						
	PR221DS	■	■	■	■	■
	PR222DS	■	■	■	■	■
Versiyonlar		Sabit-Soketli-Çekmeceli	F	F-P-W ⁽⁴⁾	F	F ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Sadece üstten besleme

⁽²⁾ Icw = 5kA

⁽³⁾ Icw = 7.6kA (630A) - 10kA (800A)

⁽⁴⁾ Tmax T5 630, sadece sabit versiyonda mevcuttur

⁽⁵⁾ T6'nın çekmeceli versiyonu için ABB'ye danışın

Elektronik koruma ünitelerine sahip Tmax T kompakt tip devre kesiciler için mevcut nominal akımlar

In [A]	320	400	630	800	1000	1250	1600
T4	■						
T5	■	■	■				
T6			■	■	■		
PR222DS/P	T4	■					
PR222DS/PD	T5	■	■	■			
PR223DS	T6			■	■	■	
PR231/P PR232/P PR331/P PR332/P	T7		■	■	■	■	■

Termomanyetik koruma ünitelerine sahip Tmax T kompakt tip devre kesiciler için mevcut nominal akımlar

	T5 400-630	T6 630-800
In [A]	TMA	TMA
320	■	
400	■	
500	■	
630		■
800		■

TMA = ayarlanabilir termik ve manyetik eşikle sahip termomanyetik koruma ünitesi

Ekip elektronik koruma ünitelerine sahip SACE Tmax XT kompakt tip devre kesiciler için mevcut nominal akımlar

	In [A]	10	25	40	63	100	160	250
Ekip	XT2	■	■		■	■	■	
	XT4			■	■	■	■	■

Manyetik koruma ünitelerine sahip SACE Tmax XT kompakt tip devre kesiciler için mevcut nominal akımlar

	XT1 160	XT2 160			XT3 250		XT4 160-250	
In [A]	TMD	TMD/TMA	MF	MA	TMD	MA	TMD/TMA	MA
1			■					
1.6		■						
2		■	■					
2.5		■						
3.2		■						
4		■	■					
5		■						
6.3		■						
8		■						
8.5			■					
10		■						■
12.5		■	■					■
16	■	■					■	
20	■	■		■			■	■
25	■	■					■	■
32	■	■		■			■	■
40	■	■					■	
50	■	■					■	
52				■				■
63	■	■			■		■	
80	■	■		■	■		■	■
100	■	■		■	■	■	■	■
125	■	■			■	■	■	■
160	■	■			■	■	■	■
200					■	■	■	■
225								
250					■		■	

MF = sabit eşiklere sahip manyetik koruma ünitesi

MA = ayarlanabilir eşiklere sahip manyetik koruma ünitesi

TMD = ayarlanabilir termik ve sabit manyetik eşikçe sahip termomanyetik koruma ünitesi

TMA = ayarlanabilir termik ve manyetik eşikçe sahip termomanyetik koruma ünitesi

6.1.4 Tmax T ve SACE Tmax XT kompakt tip yük ayırıcılar

Tmax ve SACE Tmax XT yük ayırıcılar, karşılık gelen devre kesicilerden türemiştir ve sadece koruma koruma ünitelerinin yokluğu konusunda farklılık gösterirler.

Bu aygıtlar tarafından yürütülen ana fonksiyon, kurulu oldukları devrenin bağlantısının kesilmesidir.

Nitekim, kontaklar açıldıktan sonra, izolasyon davranışı ile ilgili olarak Standartlar ile uyumlu bir şekilde ark çarpmasını önleyen bir mesafede olurlar.

Çalıştırma kolunun konumu, kontaklarınkine tamamen karşılık gelir (pozitif çalıştırma). Her bir yük ayırıcı, onu kısa devrelere karşı koruyan koordineli bir cihaz ile kaynak tarafında korunmalıdır.

Bu koruma fonksiyonunu gerçekleştirebilen Tmax ve SACE Tmax XT otomatik devre kesici, daima söz konusu yük ayırıcınıninkine eşit veya ondan küçük bir boyuta sahip bir cihazdır.

		T4D	T5D	T6D	T7D
Konvansiyonel termik akım, Ith	[A]	320	400/630	630/800/1000 ⁽¹⁾	1000/1250/1600
AC22 kategorisindeki nominal çalışma akımı, Ie	[A]	320	400/630	630/800/1000	1000/1250/1600
AC23 kategorisindeki nominal çalışma akımı, Ie	[A]	250	400	630/800/800	1000/1250/1250
Kutuplar	[Nr.]	3/4	3/4	3/4	3/4
Nominal çalışma gerilimi, Ue	[V] (AC) 50-60 Hz	690	690	690	690
Nominal darbe dayanım gerilimi, Uimp	[kV]	8	8	8	8
Nominal izolasyon gerilimi, Ui	[V]	800	800	1000	1000
1 dak boyunca endüstriyel frekansta test gerilimi	[V]	3500	3500	3500	3500
Nominal kısa devre dayanım akımı 1s, Icw	[kA]	3.6	6	15	20
Referans Standardı		IEC 60947-3	IEC 60947-3	IEC 60947-3	IEC 60947-3
Versiyonlar		Sabit-Soketli-Çekmeceli	Sabit-Soketli-Çekmeceli	F-W	F-W

⁽¹⁾ Çekmeceli versiyon, T6 1000 A için mevcut değildir.

		XT1D	XT3D	XT4D
Konvansiyonel termik akım, Ith	[A]	160	250	250
AC22 kategorisindeki nominal çalışma akımı, Ie	[A]	160	250	250
AC23 kategorisindeki nominal çalışma akımı, Ie	[A]	125	200	200
Kutuplar	[Nr.]	3/4	3/4	3/4
Nominal çalışma gerilimi, Ue	[V] (AC) 50-60 Hz	690	690	690
Nominal darbe dayanım gerilimi, Uimp	[kV]	8	8	8
Nominal izolasyon gerilimi, Ui	[V]	800	800	800
1 dak boyunca endüstriyel frekansta test gerilimi	[V]	3000	3000	3000
Nominal kısa devre dayanım akımı 1s, Icw	[kA]	2	3.6	3.6
Referans Standardı		IEC 60947-3	IEC 60947-3	IEC 60947-3
Versiyonlar		Sabit-Soketli	Sabit-Soketli	Sabit-Soketli-Çekmeceli



6.1.5 Alternatif akım uygulamaları için açık tip devre kesiciler

Emax E1...E6 serisi açık tip devre kesiciler, IEC 60947-2 Standardıyla uyumlu olup 400A ila 6300A uygulama aralığına ve 400V'de 42kA ila 150kA kesme kapasitesine sahiptir ve PR121/P, PR122/P ve PR123/P tipi elektronik koruma üniteleriyle donatılmıştır.

Emax X1 otomatik devre kesiciler, 400A ila 1600A uygulama aralığına ve 400V'de 42KA ila 150kA kesme kapasitesine sahiptir ve PR331/P, PR332/P ve PR333/P tipi elektronik koruma üniteleriyle donatılmıştır.

		E1		E2				E3					E4			E6		X1		
Nominal çalışma gerilimi, Ue	[V]	690		690				690					690			690		690		
Nominal darbe dayanım gerilimi, Uimp	[kV]	12		12				12					12			12		12		
Nominal izolasyon gerilimi, Ui	[V]	1000		1000				1000					1000			1000		1000		
Kutuplar	[Nr.]	3/4		3/4				3/4					3/4			3/4		3/4		
Nominal kesintisiz akım Iu		B	N	B	N	S	L	N	S	H	V	L	S	H	V	H	V	B	N	L
	[A]	800	800	1600	1000	800	1250	2500	1000	800	800	2000	4000	3200	3200	4000	3200	630	630	630
	[A]	1000	1000	2000	1250	1000	1600	3200	1250	1000	1250	2500		4000	4000	5000	4000	800	800	800
	[A]	1250	1250		1600	1250			1600	1250	1600					6300	5000	1000	1000	1000
	[A]	1600	1600		2000	1600			2000	1600	2000						6300	1250	1250	1250
	[A]					2000			2500	2000	2500							1600	1600	
	[A]								3200	2500	3200									
[A]								3200												
Kısa devre altında nominal maksimum kesme kapasitesi, Icu																				
220-230-380-400-415V 50-60Hz	[kA]	42	50	42	65	85	130	65	75	100	130	130	75	100	150	100	150	42	65	150
440V 50-60Hz	[kA]	42	50	42	65	85	110	65	75	100	130	110	75	100	150	100	150	42	65	130
500V 50-60Hz	[kA]	42	50	42	55	65	85	65	75	100	100	85	75	100	130	100	130	42	55	100
690V 50-60Hz	[kA]	42	50	42	55	65	85	65	75	85(*)	100	85	75	85(*)	100	100	100	42	55	60
Nominal kısa devre dayanım akımı (1s), Icw	[kA]	42	50	42	55	65	10	65	75	75	85	15	75	100	100	100	100	42	42	15
Kullanım kategorisi (IEC 60947-2)		B	B	B	B	B	A	B	B	B	B	A	B	B	B	B	B	B	B	A
İzolasyon davranışı		■		■				■					■			■		■		■
Versiyonlar	F-W			F-W				F-W					F-W			F-W		F-W		F-W

(*) 600V'deki performans 100kA'dır

6.1.6 Alternatif akım için yeni otomatik devre kesiciler

ABB, 6300A'ya kadar yeni seri SACE Emax 2 açık tip devre kesicileri sunar. Basit bir şekilde ve minimum enerji etkisiyle elektrik santralini etkin bir şekilde kontrol edebilen yeni SACE Emax 2, devre kesicinin bir Güç Yöneticisine doğru olan evrimini gösterir. Seri 4 boydan oluşur: E1.2, E2.2, E4.2, E6.2 kompakt boyutlu, yüksek performanslı panoların azaltılmış uzunluk ve kesit ile hayata geçirilmesini sağlar.

Koruma üniteleri, yardımcı bağlantılar ve ana aksesuarlar, tasarım ve kurulumu basitleştirmek adına tüm serilerde yaygındır. Ayrıca E2.2 ile E6.2 arası boylar, aynı uzunluk ve derinliğe sahiptirler.

Özellikler:

- E1.2, olağanüstü kompakt bir mimaride 1s için 66kA'ya kadar I_{cu} ve 50kA'ya kadar I_{cw} ile 1600A sağlar. Azaltılmış boyutlarıyla SACE Emax'in sağlamlığını sunar ve üç ve dört kutuplu versiyonlarda 400mm sütunlar üzerindeki 66kA panoların hayata geçirilmesini sağlar; tipik olarak boyut küçültmenin gerekli olduğu denizcilik ve açık deniz kurulumlarında önem taşır.
- E2.2, 400mm genişliğe ve 100kA'ya kadar I_{cu} ve de 85kA'ya kadar I_{cw} 'ye sahip panoların üç kutuplu versiyonlarında 2500A'ya kadar taşıma kapasitesine izin verir;
- E4.2, yeni 4000A devre kesici olup yüksek akım değerlerini ve 100kA I_{cw} 'yi özel önlemler almadan taşıyacak şekilde tasarlanmıştır.
- E6.2, karmaşık koşullarda dahi 200kA'ya kadar I_{cu} ve panoda 6300A'ya kadar ulaşmayı sağlayan mimarisiyle serinin en üst düzey ürünüdür.

Ortak veriler		
Nominal çalışma gerilimi U_e	[V]	690
Nominal izolasyon gerilimi U_i	[V]	1000
Nominal darbe dayanım gerilimi U_{imp}	[kV]	12
Frekans	[Hz]	50 - 60
Kutup sayısı		3 - 4
Versiyon		Sabit - Çekmeceli
İzolasyon davranışı		IEC 60947-2



SACE Emax 2		E1.2				E2.2				E4.2				E6.2			
Performans seviyeleri		B	C	N	L	B	N	S	H	N	S	H	V	H	V	X	
Nominal kesintisiz akım I _n @ 40°C	[A]	630	630	250	630	1600	800	250	800	3200	3200	3200	2000	4000	4000	4000	
	[A]	800	800	630	800	2000	1000	800	1000	4000	4000	4000	2500	5000	5000	5000	
	[A]	1000	1000	800	1000		1250	1000	1250				3200	6300	6300	6300	
	[A]	1250	1250	1000	1250		1600	1250	1600				4000				
	[A]	1600	1600	1250			2000	1600	2000								
	[A]			1600			2500	2000	2500								
	[A]							2500									
4 kutuplu devre kesiciler için nötr kutup akım taşıma kapasitesi	[%I _n]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50-100	50-100	50-100	
Nominal maksimum kısa devre kesme kapasitesi I _{cu}	400-415V	[kA]	42	50	66	150	42	66	85	100	66	85	100	150	100	150	200
	440V	[kA]	42	50	66	130	42	66	85	100	66	85	100	150	100	150	200
	500-525V	[kA]	42	42	50	100	42	66	66	85	66	66	85	100	100	130	130
	690V	[kA]	42	42	50	60	42	66	66	85	66	66	85	100	100	100	120
Nominal çalışma kısa devre kesme kapasitesi, I _{cs}	[%I _{cu}]	100	100	100 ¹⁾	100	100	100	100	100	100	100	100	85	100	100	100	
Nominal kısa süreli dayanım akımı I _{cw}	(1s)	[kA]	42	42	50	15	42	66	66	85	66	66	85	100	100	100	120
	(3s)	[kA]	24	24	36	-	42	50	50	66	36	50	66	75	100	100	100
Nominal kısa devre kapama kapasitesi (tepe değeri) I _{cm}	400-415V	[kA]	88	105	145	330	88	145	187	220	145	187	220	330	220	330	440
	440V	[kA]	88	105	145	286	88	145	187	220	145	187	220	330	220	330	440
	500-525V	[kA]	88	88	105	220	88	145	145	187	145	145	187	220	220	286	286
	690V	[kA]	88	88	105	132	88	145	145	187	145	145	187	220	220	220	264
Kullanım kategorisi (IEC 60947-2'e göre)		B	B	B	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Kesme	I<I _{cw} için kesme süresi		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
	I>I _{cw} için kesme süresi		25	25	25	10	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	

¹⁾ I_{cs} : 50kA, 400V...440V gerilim için

6.1.7 1150 V AC'ye kadar uygulamalar için açık tip devre kesiciler

Emax devre kesiciler, özel bir versiyonda 1150V'ye kadar alternatif akımdaki nominal çalışma gerilimleri için tedarik edilebilirler.

Bu versiyondaki devre kesiciler standart seri harfleri artı “/E” ile gösterilirler ve karşılık gelen standart SACE Emax devre kesicilerden türerler ve bunlarla aynı versiyon ve aksesuarları barındırırlar. Sabit veya çekmeceli olup hem üç hem de dört kutuplu versiyonları vardır.

		E2B/E	E2N/E	E3H/E	E4H/E	E6H/E	X1B/E
Nominal çalışma gerilimi, Ue	[V]	1150	1150	1150	1150	1150	1000
Nominal darbe dayanım gerilimi, Uimp	[kV]	12	12	12	12	12	12
Nominal izolasyon gerilimi, Ui	[V]	1250	1250	1250	1250	1250	1000
Kutuplar	[Nr.]	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
Nominal kesintisiz akım Iu	[A]	1600	1250	1250	3200	4000	630
	[A]	2000	1600	1600	4000	5000	800
	[A]		2000	2000		6300	1000
	[A]			2500			1250
	[A]			3200			1600
Kısa devre altında nominal maksimum kesme kapasitesi, Icu							
1000V 50-60Hz	[kA]	20	30	50	65	65	20
1150V 50-60Hz	[kA]	20	30	30	65	65	-
Nominal kısa devre dayanım akımı 1s, Icw	[kA]	20	30	50(*)	65	65	20

*) 30 kA @ 1150 V

Farklı tiplerde elektronik koruma ünitelerine sahip Emax ve Emax X1 açık tip devre kesiciler için kullanılabilir nominal akımlar

	In [A]	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300
PR121/P PR122/P PR123/P	E1	■	■	■	■	■	■						
	E2	■	■	■	■	■	■	■					
	E3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	E4			■	■	■	■	■	■	■	■		
	E6			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PR331/P PR332/P PR333/P	X1	■	■	■	■	■	■						
		■	■	■	■	■	■						
		■	■	■	■	■	■						

6.1.8 1150 V AC'ye kadar uygulamalar için yeni açık tip devre kesiciler

ABB, standart 690V AC serisi ile aynı boyutları ve aksesuarları muhafaza ederken, 1150V'ye kadar gerilim

değerlerine sahip uygulamalar için bir çözüm sunar. Bu seri "/E" harfiyle tanımlanır.

Ortak veriler		
Nominal çalışma gerilimi Ue	[V]	1150
Nominal izolasyon gerilimi Ui	[V]	1250
Nominal darbe dayanım gerilimi Uimp	[kV]	12
Frekans	[Hz]	50 - 60
Kutup sayısı		3 - 4
Versiyon		Sabit - Çekmeceli
İzolasyon davranışı		IEC 60947-2



SACE Emax 2			E1.2	E2.2	E4.2	E6.2
Performans seviyeleri			N/E	H/E	H/E	X/E
Nominal kesintisiz akım I _n @ 40°C		[A]	630	800	3200	4000
		[A]	800	1000	4000	5000
		[A]	1000	1250		6300
		[A]	1250	1600		
		[A]	1600	2000		
		[A]		2500		
4 kutuplu devre kesiciler için nötr kutup akım taşıma kapasitesi		%I _n	100	100	100	50 - 100
Nominal maksimum kısa devre kesme kapasitesi I _{cs}	1000V	[kA]	30	30	50	65
	1150V	[kA]	25	30	30	65
Nominal çalışma kısa devre kesme kapasitesi I _{cs}			100	100	100	100
Nominal kısa devre dayanım akımı I _{cw}	(1s)	[kA]	25	30	50	65
	(3s)	[kA]	25	30	30	65
Nominal kısa devre kapama kapasitesi (tepe değer) I _{cm}	1000V	[kA]	63	63	105	143
	1150V	[kA]	53	53	105	143
Kullanım kategorisi (IEC 60947-3'e göre)			B	B	B	B

6.1.9 Açık tip yük ayırıcılar

Yük ayırıcılar, karşılık gelen standart devre kesicilerden türemişlerdir ve de genel boyutlarını ve aynı aksesuar montajı olanaklarını korurlar.

Standart devre kesicilerden sadece elektronik aşırı akım koruma ünitelerinin yokluğunda farklılık gösterirler.

Hem sabit hem de çekmeceli, üç ve dört kutuplu versiyonları mevcuttur; "/MS" harfleriyle tanımlanırlar ve AC-23A kullanım kategorisinde IEC 60947-3 standardıyla uyumlu olarak kullanılabilirler (motor yüklerinin veya diğer yüksek endüktif yüklerin anahtarlanması).

		E1B/MS	E1N/MS	E2B/MS	E2N/MS	E2S/MS	E3N/MS	E3S/MS	E3V/MS	E4S/MS	E4H/MS	E6H/MS	X1B/MS
Nominal çalışma gerilimi U_e	[V ~]	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690
	[V -]	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Nominal darbe dayanım gerilimi U_{imp}	[kV]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Nominal izolasyon gerilimi U_i	[V ~]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Kutuplar	[Nr.]	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
Nominal kesintisiz akım I_u	[A]	800	800	1600	1000	1000	2500	1000	800	4000	3200	4000	1000
	[A]	1000	1000	2000	1250	1250	3200	1250	1250		4000	5000	1250
	[A]	1250	1250		1600	1600		1600	1600			6300	1600
	[A]	1600	1600		2000	2000		2000	2000				
	[A]							2500	2500				
	[A]							3200	3200				
	[A]												
Nominal kısa devre dayanım akımı (1s), I_{cw}	[kA]	42	50	42	55	65	65	75	85	75	100 ⁽¹⁾	100	42

Not: 500ms maksimum zamanlamaya sahip harici koruma rölesi kullanırken maksimum çalışma geriliminde I_{cu} kesme kapasitesi, I_{cw} değerine eşittir (1s); aşağıdaki haricinde:

⁽¹⁾ I_{cu} = 85 kA @ 690 V

6.1.10 Yeni açık tip yük ayırıcılar

"/MS" harfleriyle tanımlanan SACE Emax 2 yeni yük ayırıcılar, IEC 60947-3 standardında belirtilen izolasyon gereksinimlerini karşılayan cihazlardır.

Karşılık gelen otomatik devre kesicilerden türemişlerdir ve de genel boyutlarını ve aksesuar montajı olanaklarını korurlar. Bu versiyon otomatik devre kesicilerden sadece koruma üniteleri yokluğunda farklılık gösterirler.

Cihaz açık konumda olduğunda, devre kesicinin ana kontaktları arasında, yük tarafındaki santralin yüklü olmayacağı şekilde bir izolasyon garantiler.

Ayrıca, yük ayırıcı, 500ms'lik maksimum gecikme süresine sahip harici bir koruma ünitesiyle kullanılırsa, (U_d) maksimum çalışma geriliminde 1 saniye için izin verilen kısa süreli dayanım akımı değerine (I_{cw}) eşit bir kesme kapasitesi sağlar.

Ortak veriler		
Nominal çalışma gerilimi U_e	[V]	690
Nominal izolasyon gerilimi U_i	[V]	1000
Nominal darbe dayanım gerilimi U_{imp}	[kV]	12
Frekans	[Hz]	50 - 60
Kutup sayısı		3 - 4
Versiyon		Sabit - Çekmeceli
İzolasyon davranışı		IEC 60947-3



SACE Emax 2			E1.2		E2.2		E4.2		E6.2		
Performans seviyeleri			B/MS	N/MS	B/MS	N/MS	H/MS	N/MS	H/MS	V/MS	X/MS
Nominal kesintisiz akım I_n @ 40°C	[A]		630	250	1600	800	800	3200	3200	2000	4000
	[A]		800	630	2000	1000	1000	4000	4000	2500	5000
	[A]		1000	800		1250	1250			3200	6300
	[A]		1250	1000		1600	1600			4000	
	[A]		1600	1250		2000	2000				
	[A]			1600		2500	2500				
4 kutuplu devre kesiciler için nötr kutup akım taşıma kapasitesi	[% I_n]		100	100	100	100	100	100	100	100	50-100
Nominal kısa süreli dayanım akımı I_{cw}	(1s)	[kA]	42	50	42	66	85	66	85	100	120
	(3s)	[kA]	24	36	42	50	66	36	66	75	100
Nominal kısa devre kapama kapasitesi (tepe değeri) I_{cp}	400-415V	[kA]	88	105	88	145	187	145	187	220	264
	440 V	[kA]	88	105	88	145	187	145	187	220	264
	500-525V	[kA]	88	105	88	145	187	145	187	220	264
	690 V	[kA]	88	105	88	145	187	145	187	220	264
Kullanım kategorisi (IEC 60947-3'e göre)			AC-23A	AC-23A	AC-23A	AC-23A	AC-23A	AC-23A	AC-23A	AC-23A	AC-23A

6.1.11 1150 V AC'ye kadar uygulamalar için açık tip yük ayırıcılar

Emax yük ayırıcılar, özel bir versiyonda 1150V'ye kadar alternatif akımdaki nominal çalışma gerilimleri için tedarik edilebilirler.

Bu versiyondaki devre kesiciler standart seri harfleri artı

“/E” ile gösterilirler ve karşılık gelen standart yük ayırıcılardan türerler.

Üç ve dört kutuplu, aynı boyutta sabit ve çekmeceli versiyonlarda mevcuttur ve karşılık gelen standart devre kesicilere göre aksesuar seçeneklerine ve kurulumlara sahiptirler.

		E2B/E MS	E2N/E MS	E3H/E MS	E4H/E MS	E6H/E MS	X1B/E MS
Nominal çalışma gerilimi U_e	[V]	1150	1150	1150	1150	1150	1000
Nominal darbe dayanım gerilimi U_{imp}	[kV]	12	12	12	12	12	12
Nominal izolasyon gerilimi U_i	[V]	1250	1250	1250	1250	1250	1000
Kutuplar	[Nr.]	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
Nominal kesintisiz akım I_u	[A]	1600	1250	1250	3200	4000	1000
	[A]	2000	1600	1600	4000	5000	1250
	[A]		2000	2000		6300	1600
	[A]			2500			
	[A]			3200			
Nominal kısa devre dayanım akımı (1s), I_{cw}	[kA]	20	30	30(*)	65	65	20

Not: 500ms maksimum zamanlamaya sahip harici bir koruyucu bobin kullanırken I_{cu} kesme kapasitesi, I_{cw} değerine eşittir (1s).

(*) I_{cu} = 50 kA @ 1000 V.

6.1.12 1150 V AC'ye kadar uygulamalar için yeni açık tip yük ayırıcılar

150 V AC'ye kadar uygulamalar için yeni açık tip yük ayırıcılar, "/E" ve "/MS" harfleriyle gösterilir; karşılık gelen otomatik devre kesicilerden türemişlerdir ve de genel boyutlarını ve aksesuar montajı olanaklarını korurlar.

Yük ayırıcılar, Ekip koruyucu birimleriyle donatılmamıştır; 500ms maksimum zaman gecikmeli harici bir koruyucu birim kullanarak, (U_e) maksimum çalışma geriliminde I_{cu} kesme kapasitesi 1s için I_{cw} değerine eşit olur.

Ortak veriler		
Nominal çalışma gerilimi U_e	[V]	1150
Nominal izolasyon gerilimi U_i	[V]	1250
Nominal darbe dayanım gerilimi U_{imp}	[kV]	12
Frekans	[Hz]	50 - 60
Kutup sayısı		3 - 4
Versiyon		Sabit - Çekmeceli
İzolasyon davranışı		IEC 60947-3



SACE Emax 2			E1.2	E2.2	E4.2	E6.2
Performans seviyeleri			N/E MS	H/E MS	H/E MS	X/E MS
Nominal kesintisiz akım I_n @ 40 °C		[A]	630	800	3200	4000
		[A]	800	1000	4000	5000
		[A]	1000	1250		6300
		[A]	1250	1600		
		[A]	1600	2000		
		[A]		2500		
4 kutuplu devre kesiciler için nötr kutup akım taşıma kapasitesi	% I_n		100	100	100	50 - 100
Nominal kısa devre dayanım akımı I_{cw}	(1s)	[kA]	25	30	50	65
	(3s)	[kA]	25	30	30	65
Nominal kısa devre kapama kapasitesi (tepe değeri) I_{cm}	1000V	[kA]	53	53	105	143
	1150V	[kA]	53	53	105	143

6.1.13 Doğru akım uygulamaları için Tmax kompakt tip devre kesiciler

IEC 60947-2 standardı ile uyumlu Tmax kompakt tip devre kesiciler, termomanyetik koruma üniteleriyle donatılmış olup 150 kA'ya kadar (@ 250V seri iki kutup ile) kesme kapasitesine sahiptirler. Minimum çalışma gerilimi 24V DC'dir.

Mevcut devre kesiciler¹:

- Tmax T5 ve T6 devre kesiciler: ayarlanabilir termal ($I_1=0.7..1 \times I_n$) ve manyetik eşişge ($I_3=5..10 \times I_n$)² sahip TMA tipi termomanyetik koruma üniteleriyle donatılmış;



¹ Şebeke tipi ve çalışma gerilimine göre kutup bağlantısı yöntemi ile ilgili olarak lütfen QT5 "Doğru akım uygulamaları için ABB devre kesicileri" kitapçığında gösterilen tablolara bakınız.

² Açma eşişği değeri, kutupların bağlantı yöntemine göre değişiklik gösterir. Daha fazla bilgi için teknik ürün kataloğuna bakın.

	T5					T6			
Nominal kesintisiz akım I_n [A]	400/630					630/800/1000			
Kutuplar [Nr.]	3/4					3/4			
Nominal çalışma gerilimi U_e [V] (DC)	750					750			
Nominal darbe dayanım gerilimi U_{imp} [kV]	8					8			
Nominal izolasyon gerilimi U_i [V]	1000					1000			
1 dak boyunca endüstriyel frekansta test gerilimi [V]	3500					3500			
Nominal maksimum kısa devre kesme kapasitesi I_{cu}	N	S	H	L	V	N	S	H	L
(DC) 250V - Seri bağlı 2 kutup [kA]	36	50	70	100	150	36	50	70	100
(DC) 250V - Seri bağlı 3 kutup [kA]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(DC) 500V - Seri bağlı 2 kutup [kA]	25	36	50	70	100	20	35	50	65
(DC) 500V - Seri bağlı 3 kutup [kA]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(DC) 750V - Seri bağlı 3 kutup [kA]	16	25	36	50	70	16	20	36	50
Kullanım kategorisi (IEC 60947-2)	B (400A) ⁽¹⁾ A (630A)					B (630A-800A) ⁽²⁾ A (1000A)			
İzolasyon davranışı	■					■			
koruma üniteleri: termomanyetik									
T ayarlanabilir, M ayarlanabilir (5..10 x I _n) TMA	■ (500A'ya kadar)					■ (800A'ya kadar)			
Değiştirilebilirlik	■					■			
Versiyonlar	Sabit-Soketli-Çekmeceli					F-W			

⁽¹⁾ I₁ = 5kA

⁽²⁾ I_{cw} = 7.6kA (630A) - 10kA (800A)

6.1.14 Doğru akım uygulamaları için SACE Tmax kompakt tip devre kesiciler

ABB, 250A'ya kadar yeni seri SACE Tmax XT kompakt tip devre kesicileri sunar.

PV kurulumların DC kısmının korunması için aşağıdaki devre kesiciler kullanılabilir:

- XT1 160 ve XT3 250 devre kesiciler: ayarlanabilir termal eşik ($I_t = 0.7..1 \times I_n$) ve sabit manyetik eşik ($I_g = 10 \times I_n$) sahip TMD tipi termomanyetik koruma üniteleriyle donatılmış;
- XT2 160 ve XT4 250 devre kesiciler: ayarlanabilir termik eşik ($I_t = 0.7..1 \times I_n$) ve 40A için $8..10 \times I_n$, 50A için $6..10 \times I_n$, $I_n \geq 63A$ aralığında ayarlanabilir I3 manyetik eşik sahibi TMA termomanyetik koruma üniteleriyle ($I_n \geq 40A$ için) donatılmış.

		XT1					XT2					XT3			XT4				
Boyut	[A]	160					160					250			160/250				
Kutuplar	[Nr]	3/4					3/4					3/4			3/4				
Nominal çalışma gerilimi U_e	[V] (DC)	500					500					500			500				
Nominal darbe dayanım gerilimi U_{imp}	[kV]	8					8					8			8				
Nominal izolasyon gerilimi U_i	[V]	800					1000					800			1000				
Nominal maksimum kısa devre kesme kapasitesi, I_{cu}																			
(DC) 250V - Seri bağlı -2 kutup	[kA]	18	25	36	50	70	36	50	70	120	150	36	50	36	50	70	120	-	
(DC) 500V - Seri bağlı -3 kutup	[kA]	18	25	36	50	70	36	50	70	120	150	36	50	36	50	70	120	-	
Kullanım kategorisi (IEC 60947-2)		A					A					A			A				
İzolasyon davranışı		■					■					■			■				
Koruma üniteleri: termomanyetik																			
T ayarlanabilir, M sabit	TMD	■					■ (32A'ya kadar)					■			■ (32A'ya kadar)				
T ayarlanabilir, M ayarlanabilir	TMA	-					■					-			■				
sadece manyetik	MF/MA						■					■			■				
elektronik Ekip		-					■					-			■				
Versiyonlar		Sabit-Soketli					Sabit-Soketli-Çekmeceli					Sabit-Soketli			Sabit-Soketli-Çekmeceli				

⁽¹⁾ XT4 160A için

⁽²⁾ XT4 250A için

6.1.15 1000V DC'ye kadar uygulamalar için kompakt tip devre kesiciler

Tmax T çözümleri yelpazesi, 1000V'ye kadar doğru akım uygulamaları için T4, T5 ve T6 devre kesicileri de içerirler. Bu devre kesiciler, TMD veya TMA termomanyetik koruma ünitelerine sahip üç veya dört kutuplu versiyonlar olarak mevcuttur.

Bu devre kesiciler sabit, soketli ve çekmeceli versiyonlar olarak mevcuttur (onlar için sadece üst terminaller tarafından beslenen 1000V sabit parçaların kullanımı gereklidir) ve kaçak akım bobini hariç tüm aksesuarlar ile uyumludurlar.

		T4	T5	T6
Nominal kesintisiz akım I_u	[A]	250	400/630	630/800
Kutuplar		4	4	4
Nominal çalışma gerilimi U_e	[V]	1000	1000	1000
Nominal darbe dayanım gerilimi U_{imp}	[kV]	8	8	8
Nominal izolasyon gerilimi U_i	[V]	1150	1150	1000
1 dak boyunca endüstriyel frekansta test gerilimi	[V]	3500	3500	3500
Nominal maksimum kısa devre kesme kapasitesi, I_{cu}		V ⁽¹⁾	V ⁽¹⁾	L ⁽¹⁾
(DC) seri bağlı 4 kutup	[kA]	40	40	40
Kullanım kategorisi (IEC 60947-2)		A	B (400A) ⁽²⁾ - A (630A)	B ⁽³⁾
İzolasyon davranışı		■	■	■
Koruma üniteleri: termomanyetik				
T ayarlanabilir, M sabit TMD		■	-	-
T ayarlanabilir, M ayarlanabilir (5..10 x I_n) TMA		■	■	■
Versiyonlar		F	F	F ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Sadece üstten besleme

⁽²⁾ $I_{cw} = 5kA$
⁽³⁾ $I_{cw} = 7.6kA$ (630A) - 10kA (800A)

⁽⁴⁾ Tmax T5 630, sadece sabit versiyonda mevcuttur

⁽⁵⁾ T6'nın çekmeceli versiyonu için ABB'ye danışın

1000V DC'ye kadar uygulamalar için termomanyetik koruma üniteleri – TMD veTMA

	T4 250	T5 400-630	T6 630-800
I_n [A]	TMD/TMA	TMA	TMA
32	■		
50	■		
80	■		
100	■		
125	■		
160	■		
200	■		
250	■		
320		■	
400		■	
500		■	
630			■
800			■

6.1.16 Doğru akım uygulamaları için Tmax PV kompakt tip devre kesiciler

Tmax PV, T ürün ailesinin bir üyesidir. Güneş enerjisi santrallerine kurulum için uygun, yüksek değerlere sahip doğru akım uygulamaları için devre kesicilerdir. Hem IEC hem de UL ile uyumludurlar.

IEC 60947-3 standardı ile uyumlu olarak, Tmax PV serisi 1100V DC'de yük ayırıcı versiyonları ve 1500V DC'lik yeni bir versiyon sunarlar; güvenlik bağlantısını ve kurulumu kolaylaştırmak için bağlantı köprüleri de mevcuttur.

UL489B standardına uygun olarak, Tmax PV serisi sadece yük ayırıcılar değil, otomatik devre kesiciler de sunmaktadır.

Tmax PV UL için gerekli bağlantı köprüleri, basitlik ve kullanım kolaylığı sağlar ve yeni UL standartlarına uygunluğu garanti eder.



IEC 60947-3 standardıyla uyumlu 1000V DC kompakt tip devre kesiciler

		T1D/ PV	T3D/ PV	T4D/ PV	T5D/ PV	T6D/ PV	T7D/ PV
Boyut	(A)	160	250	250	630	800	1250-1600
DC22 B kategorisindeki nominal çalışma akımı	(A)	160	200	250	500	800	1250-1600
Kutuplar	(No.)	4	4	4	4	4	4
Nominal çalışma gerilimi	(V DC)	1100	1100	1100	1100	1100	1100
Nominal kısa süreli dayanım akımı	(kA)	1.92	2.4	3	6	9.6	19.2

IEC 60947-3 standardıyla uyumlu 1500V DC kompakt tip devre kesiciler

		T4D/PV	T7D/PV
Boyut	(A)	250	1250-1600
DC22 B kategorisindeki nominal çalışma akımı	(A)	250	1250-1600
Kutuplar	(No.)	4	4
Nominal çalışma gerilimi	(V DC)	1500	1500
Nominal kısa süreli dayanım akımı	(kA)	3	19.2

UL 489B standardıyla uyumlu 1000V DC kompakt tip yük ayırıcılar

		T1N-D/ PV	T4N-D/ PV	T5N-D/ PV	T6N-D/ PV	T7N-D/ PV
Boyut	(A)	100	200	400	600-800	1000
Nominal çalışma akımı	(A)	100	200	400	600-800	1000
Kutuplar	(No.)	4	3	3	4	4
Nominal çalışma gerilimi	(V DC)	1000	1000	1000	1000	1000
Nominal kısa süreli dayanım akımı	(kA)	1	3	5	10	15
Bastırma akımı	(kA)	-	3	5	10	-

UL 489B standardıyla uyumlu 1000V DC kompakt tip devre kesiciler

		T4N-D/PV	T5N-D/PV	T6N-D/PV
Boyut	(A)	200	400	600-800
Nominal çalışma akımı	(A)	40-200	400	600-800
Kutuplar	(No.)	3	3	4
Nominal çalışma gerilimi	(V DC)	1000	1000	1000
Kesme kapasitesi	(kA)	3	5	10
Koruma üniteleri		TMD/TMA	TMA	TMA

Not:

Kablo yapılandırılmaları ve daha fazla teknik bilgi için lütfen kataloğa ve kurulum talimatlarına bakın.

İnverter tarafında bir polarite topraklamaya bağlıysa, sigortanın uygun boyutunu ve DK kutuplarının konfigürasyonunu ABB'ye sorun.

6.1.17 Doğru akım uygulamaları için açık tip devre kesiciler

Emax serisi açık tip devre kesiciler IEC 60947-2 standardıyla uyumlu olup PR122/DC ve PR123/DC tipi DC elektronik koruma üniteleri ile donatılmışlardır.

800A'dan (E2 ile) 5000A'ya (E6 ile) uygulama alanı aralığı olup kesme kapasiteleri 35kA ila 100kA'dır (@500V DC). Üç kutbu seri bağlayarak 750V DC nominal gerilime ulaşmak mümkünken, seri bağlı 4 kutupla limit 1000V DC'ye kadar çıkar.

Minimum çalışma gerilimi (ilgili alçak gerilim ölçüm modülü PR120/LV ile beslenen) 24V DC'dir. Eşsiz teknolojisi sayesinde, PR122/DC-PR123/DC tipi açma üniteleri, alternatif akımda halihazırda mevcut olan koruma fonksiyonlarının yapılmasını sağlar.

Emax DC serisi, alternatif akım uygulamaları için Emax serisi ile aynı elektriksel ve mekanik aksesuarları barındırır.



³ Şebeke tipolojisi ve çalışma gerilimine göre zorunlu kutup bağlantısı yöntemi ile ilgili olarak lütfen QT5 "Doğru akım uygulamaları için ABB devre kesicileri" kitapçığında gösterilen şemalara bakınız.

		E2		E3		E4		E6
Nominal çalışma gerilimi U _e	[V]	1000		1000		1000		1000
Nominal darbe dayanım gerilimi U _{imp}	[kV]	12		12		12		12
Nominal izolasyon gerilimi U _i	[V]	1000		1000		1000		1000
Kutuplar	[Nr.]	3/4		3/4		3/4		3/4
Nominal kesintisiz akım I _n		B	N	N	H	S	H	H
	[A]	800		800				
	[A]	1000		1000				
	[A]	1250		1250				
	[A]	1600	1600	1600	1600	1600		
	[A]			2000	2000	2000		
	[A]			2500	2500	2500		
	[A]					3200	3200	3200
	[A]							4000
	[A]							5000
Nominal kısa devre dayanım akımı (0.5s), I _{cw}	[kA]							
	500V DC (III)	35	50	60	65	75	100	100
	750V DC (III)	25	25	40	40	65	65	65
	750V DC (III)	25	40	50	50	65	65	65
	1000V DC (IV)	25	25	35	40	50	65	65
Kullanım kategorisi (IEC 60947-2)		B	B	B	B	B	B	B
İzolasyon davranışı		■		■		■		■
Versiyonlar		F-W		F-W		F-W		F-W

Yalıtımlı şebeke ⁽¹⁾

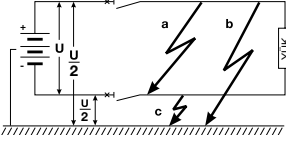
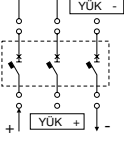
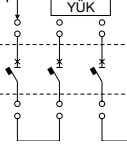
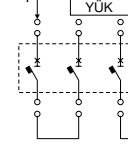
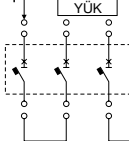
Nominal gerilim (Un)			≤ 500	≤ 750	≤ 1000
izolasyon			■	■	■
koruma			■	■	■
PR122/DC			■	■	■
PR123/DC			■	■	■
Icu ⁽²⁾			[kA]	[kA]	[kA]
E2	B	800	35	25	25
		1000			
		1250			
		1600			
	N	1600	50	25	40
E3	N	800	60	40	50
		1000			
		1250			
		1600			
		2000			
		2500			
	H	1600	65 ⁽³⁾	40	50
		2000			
		2500			
E4	S	1600	75	65	65
		2000			
		2500			
		3200			
	H	3200	100	65	65
E6	H	3200	100	65	65
		4000			
		5000			

⁽¹⁾ Bu tip kutup bağlantıları ile ikili bir topraklama arızası ihtimali ihmal edilebilir. Daha fazla bilgi için bkz. QT5:

“Doğru akım uygulamaları için ABB devre kesiciler”.

⁽²⁾ L/R ile I_{cu} = IEC 60946-2 ile uyumlu olarak 15ms. L/R ile I_{cu} değerleri için = 5ms ve L/R = 30ms ABB'ye sorunuz.⁽³⁾ 85kA, yalnızca aşağıdan besleniyorsa ve aşağıdaki ekstra kod sırasıyla belirtiyorsa: 1SDA067148R1. I_{cs}=65kA.

Orta noktası toprağa bağlı şebeke

Nominal gerilim (Un)			≤ 500			≤ 500			≤ 750			≤ 1000		
														
PR122/DC			-			-			-			-		
PR123/DC			■			■			■			■		
hata tipi			a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
hatanın etkilediği seri bağlı kutuplar			3	2 (U/2)	1 (U/2)	3	2 (U/2)	2 (U/2)	3	2 (U/2)	2 (U/2)	3	2 (U/2)	2 (U/2)
Icu ⁽¹⁾			[kA]			[kA]			[kA]			[kA]		
E2	B	800	35	35	18	35	35	35	25	25	25	25	25	25
		1000												
		1250												
		1600												
	N	1600	50	50	25	50	50	50	40	40	40	25	25	25
E3	N	800	60	60	30	60	60	60	50	50	50	35	35	35
		1000												
		1250												
		1600												
		2000												
		2500												
	H	1600	65 ⁽²⁾	65	40	65 ⁽²⁾	65 ⁽²⁾	65 ⁽²⁾	50	50	50	40	40	40
		2000												
		2500												
E4	S	1600	75	75	35	75	75	75	65	65	65	50	50	50
		2000												
		2500												
		3200												
	H	3200	100	100	50	100	100	100	65	65	65	65	65	65
E6	H	3200	100	100	65	100	100	100	65	65	65	65	65	65
		4000												
		5000												

⁽¹⁾ L/R ile I_{cu} = IEC 60946-2 ile uyumlu olarak 15ms. L/R ile I_{cu} değerleri için = 5ms ve L/R = 30ms ABB'ye sorunuz.

⁽²⁾ 85kA, yalnızca aşağıdan besleniyorsa ve aşağıdaki ekstra kod sırasıyla belirtiyorsa: 1SDA067148R1.

Negatif polaritesi topraklı şebeke ⁽¹⁾

Nominal gerilim (Un)			≤ 500 ⁽²⁾			
izolasyon			■		■	
koruma			■		■	
PR122/DC			■		■	
PR123/DC			■		■	
hata tipi ⁽³⁾			a	b	a	b
hatanın etkilendiği seri bağlı kutuplar			3	2	4	3
Icu ⁽⁴⁾			[kA]		[kA]	
E2	B	800	35	20	25	25
		1000				
		1250				
		1600				
	N	1600	50	25	40	25
E3	N	800	60	30	50	35
		1000				
		1250				
		1600				
		2000				
		2500				
	H	1600	65 ⁽⁵⁾	40	65 ⁽⁵⁾	65 ⁽⁵⁾
		2000				
		2500				
E4	S	1600	100	50	100	100
		2000				
		2500				
		3200				
	H	3200	100	65	100	100
E6	H	3200	100	65	100	100
		4000				
		5000				

⁽¹⁾ Pozitif polaritesi topraklı şebekeler için ABB'ye danışın.⁽²⁾ Daha yüksek gerilimler için ABB'ye danışın⁽³⁾ Daha fazla bilgi için bkz. QT5: "Doğru akım uygulamaları için ABB devre kesiciler".⁽⁴⁾ L/R ile I_{cu} = IEC 60946-2 ile uyumlu olarak 15ms. L/R ile I_{cu} değerleri için = 5ms ve L/R = 30ms ABB'ye sorunuz.⁽⁵⁾ 85kA, yalnızca aşağıdan besleniyorsa ve aşağıdaki ekstra kod sırasıyla belirtiyorsa: 1SDA067148R1. I_{cs} = 65kA.

6.1.18 1000V DC'ye kadar uygulamalar için açık tip yük ayırıcılar

Emax /E MS, 1000V DC ve 6300A DC'ye kadar uygulamalar için yük ayırıcılardır.

Sabit veya çekmeceli olup hem üç hem de dört kutuplu versiyonları vardır.

Üç kesme kutbunu seri bağlayarak 750V DC nominal gerilime ulaşmak mümkünken, seri bağlı 4 kutupta nominal gerilim 1000V DC'dir.

		E1B/E MS		E2N/E MS		E3H/E MS		E4H/E MS		E6H/E MS	
Nominal çalışma gerilimi U_e	[V]	750	1000	750	1000	750	1000	750	1000	750	1000
Nominal darbe dayanım gerilimi U_{imp}	[kV]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Nominal izolasyon gerilimi U_i	[V]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Kutuplar	[Nr.]	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
Nominal kesintisiz akım I_u	[A]	800		1250		1250		3200		4000	
	[A]	1250		1600		1600		4000		5000	
	[A]			2000		2000				6300	
	[A]					2500					
	[A]					3200					
Nominal kısa devre dayanım akımı (1s), I_{cw}	[kA]	20	20*	25	25*	40	40*	65	65	65	65

Not: 500ms maksimum zaman gecikmesine sahip harici bir bobin kullanırken I_{cu} kesme kapasitesi, I_{cw} değerine eşittir (1s).

*750V'deki performanslar:

E1B/E MS için $I_{cw} = 25$ kA

E2N/E MS için $I_{cw} = 40$ kA

E3H/E MS için $I_{cw} = 50$ kA

6.1.19 1000V DC'ye kadar uygulamalar için yeni açık tip yük ayırıcılar

ABB, uluslararası IEC 60947-3 standardına uygun olarak 1000 V'ye kadar olan uygulamalar için yük ayırıcılar sayesinde, açık tip devre kesicilerin yeni aralığını da doğru

akım uygulamalarını içerecek şekilde genişletmektedir. Ayrılmanın yanı sıra entegre koruma gerektiren tüm uygulamalar için ABB, PR122/DC ve PR123/DC'ye sahip SACE Emax otomatik devre kesiciler sunmaktadır.

Ortak veriler		
Nominal çalışma gerilimi Ue	[V]	750 (3p) / 1000 (4p)
Nominal izolasyon gerilimi Ui	[V]	1000
Nominal darbe dayanım gerilimi Uimp	[kV]	12
Kutup sayısı		3 - 4
Versiyon		Fissa - Estraibile
İzolasyon davranışı		IEC 60947-3



SACE Emax 2			E1.2			E2.2			E4.2			E6.2		
Performans seviyeleri			N/DC MS			S/DC MS			H/DC MS			X/DC MS		
Nominal kesintisiz akım Iu @ 40°C	[A]		800			1250			1250			4000		
	[A]		1250			1600			1600			5000		
	[A]					2000			2000			6300		
	[A]					2500			2500					
	[A]								3200					
	[A]								4000					
Kutuplar			3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4
Nominal çalışma gerilimi Ue			750	750	1000	750	750	1000	750	750	1000	750	750	1000
Nominal izolasyon gerilimi Ui			1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Nominal kısa devre dayanım akımı Icw (1s)			[kA]	20	25	20	25	40	25	40	50	40	65	65
Nominal kısa devre kapama kapasitesi (tepe değeri) Icm			750V [kA]	40	53	40	53	84	53	84	105	84	143	143
			1000V [kA]			40			53			84		143
Kullanım kategorisi (IEC 60947-3'e göre)														

6.2 Kaçık akım üniteleri Tip B

6.2.1 Kaçık akım üniteleri RC223 ve RC Tip B

Tmax T3 ve T4 dört kutuplu devre kesicilerin sabit, çekmeceli veya soketli versiyonlarıyla (çekmeceli ve soketli sadece T4 için) kombine edilebilen RC223 kaçık akım koruma cihazı ve Tmax T3 dört kutuplu devre kesiciler ile kombine edilebilen RC tip B kaçık akım koruma cihazı, Tmax T ve SACE Tmax XT serisi kaçık akım bobinleri ailesindeki en gelişmiş çözümlerdir.

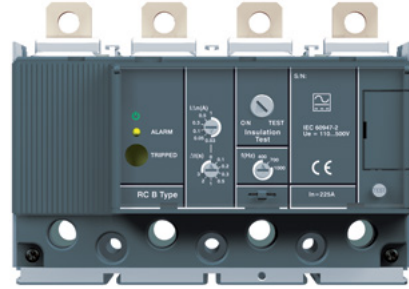
Alternatif, alternatif darbeleri ve doğru akım bileşenleri ile kaçık arıza akımlarına karşı hassasiyet sağlayan B Tipi işlem ile uygunluğu arttırılabilir.

“Temel” kaçık akım bobininin tipik sinyalleri ve ayarları haricinde, RC223 ve RC Tip B bobinler aynı zamanda kaçık arıza frekansında maksimum hassasiyet eşliğinin seçimini sağlar (3 adım: 400 – 700 – 1000 Hz).

Bu nedenle, bobinin yük tarafında üretilen muhtemel arıza frekanslarına göre endüstriyel santrallerin farklı gereksinimlerine kaçık akım koruma cihazının uyum sağlaması mümkündür.



RC223



RC B Tipi

Elektriksel özellikler		RC223	RC B Tipi
Primer çalışma gerilimi	[V]	110...500	110...500
Nominal frekans	[Hz]	45...66	45...66
Arıza akımı frekansı	[Hz]	0-400-700-1000	0-400-700-1000
Nominal çalışma akımı	[A]	250A'ya kadar (T3 için 225)	225A'ya kadar
Ayarlanabilir açma eşikleri	[A]	0.03-0.05-0.1-0.3-0.5-1	0.03-0.05-0.1-0.3-0.5-1
Açma olmaması için ayarlanabilir zaman limitleri @ 2-1Δn	[s]	ist-0.1-0.2-0.3-0.5-1-2-3	ist-0.1-0.2-0.3-0.5-1-2-3
Çekilen güç		<10W @ 400V	<10W @ 500V

6.2.2 Kaçak Akım Koruma Cihazları

Kaçak Akım Koruma Anahtarları (RCCB'ler) F200, F204 B, F202 PV-B

B tipi kaçak akım koruma anahtarları ayrıca, sürekli arıza akımlarına benzeyen düşük dalgalanma seviyesine sahip arıza akımlarına duyarlıdır.

Bununla birlikte, sinüzoidal alternatif ve titreşen sürekli toprak arıza akımlarına karşı hassastırlar. Bir güneş enerjisi santrali, en azından basit bir DC/AC ayrımı olmayan bir inverteri içerdiğinde, DC tarafında IEC 60364-7 madde 712.413.1.1.2'ye göre B sınıfı bir RCBO'nun kurulması gereklidir: "AC tarafı ve DC tarafı arasında, en azından basit bir ayırma olmayan bir PV güç kaynağı sistemini içeren elektrik tesisatında, kaynağı otomatik olarak keserek arızadan korunma sağlamak için kurulmuş RCD, B tipi olmalıdır. Eğer inverter yapısı gereği DC arıza akımını elektrik tesisatına besleyemiyor ise B tipi bir RCD gerekli değildir."

Ana teknik özellikler

Nominal akım In	25, 40, 63, 125 A
Nominal hassasiyet IΔn	0.03 - 0.3 - 0.5 A
Çalışma frekansı aralığı	0 - 1000 Hz
Minimum besleme gerilimi	0 V
- A / AC tipi akımları algılamak için	30 VAC
- B tipi akımları algılamak için	2P, 4P
Kutup sayısı	10 kA
Koşullu kısa devre akımı Inc	10 kA
Koşullu kaçak kısa devre akımı IΔc	IP40 (panoya kurulduğunda)
IP Sınıfı	-25°C...+40°C
Çalışma sıcaklığı	IEC 62423 ed. 2
Referans standartlar	



F200 A

Öte yandan, bir DC / AC elektrik ayrımı varsa, A tipi kaçak akım koruma anahtarı kullanılabilir.

Ana teknik özellikler

Referans Standardı	Standart IEC/EN 61008
Nominal Akım (In)	16 ... 125 A
Nominal Gerilim (Ue)	230...400 VAC
Hassasiyet	10 – 30 – 100 – 300 – 500 mA
Kutup sayısı	2P, 4P
Çalışma Sıcaklığı	-25...+55°C



Kaçak Akım Koruma Cihazları (RCD'ler) DDA200 tip B

DDA202 B, DDA203 B ve DDA204 B tipi B tipi RCD blokları, aynı zamanda, sürekli arıza akımlarına benzer şekilde düşük seviye titreşimli arıza akımlarına duyarlıdır. S200 serisi MCB'lerle birlikte kullanıldığında, yangın risklerine, kısa devreye ve aşırı akımlara karşı insanların ve tesisatların korunmasını sağlarlar. Bununla birlikte, sinüzoidal alternatif ve titreşen sürekli toprak arıza akımlarına karşı hassastırlar. Bir elektrik sistemi, en azından basit bir DC / AC ayrımı olmaksızın bir PV güç sistemi içeriyorsa, otomatik besleme kesilmesi ile dolaylı temasa karşı koruma sağlamak için kurulan kaçak akım cihazı, IEC 62423 basım 2'ye (IEC 60364-7 mad. 712.413.1.1.2) göre B tipi olmalıdır.

Ana teknik özellikler

Tip	B (ani) ve B S (seçici)
Nominal akım In	25, 40, 63 A
Nominal hassasiyet IΔn	0.03 - 0.3 - 0.5 A
Çalışma frekansı aralığı	0 - 1000 Hz
Çalışma gerilimi	230...400 V
Kutup sayısı	2P - 3P - 4P
Ortam sıcaklığı	-25...+55 °C
Referans standartlar	IEC 61009 Annex G, IEC 62423 ed.2



6.3 Kontaktörler (DC anahtarlama için)

GAF kontaktörler

GAF serisi DC anahtarlama için ayrılmıştır. A serisine göre bunlar daha güvenilir ve modern kontaktörlerdir. * DC gerilim ve/veya akım derecelendirmesi aşağıdaki tablodan daha yüksek olduğunda, ABB, müşteri şartnamesine göre tasarlanmış bar kontaktörleri sunmaktadır.

Ana teknik özellikler

Nominal çalışma gerilimi	1000 VDC
Akım derecelendirmeleri, DC-1	275 – 2050 A
Kontrol gerilimi	Elektronik olarak kontrol edilen AC/DC
Kutup sayısı	3 (seri bağlı)
Referans standartlar	IEC60947-1, -4-1

GAF



IOR bar kontaktörler

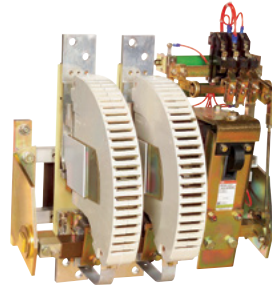
Yüksek izolasyonlu IOR..-CC, IORR..-CC, IORE..-CC ve IORC..-CC kontaktörler, $U_e \leq 1500$ V d.c. gerilimlerde dc güç devrelerinin kontrolü için kullanılır (zaman sabiti $L/R \leq 7.5$ ms). (Çalışma gerilimi $U_e > 1500$ V d.c. Veya zaman sabiti $L/R > 7.5$ ms için: bize ulaşın).

Kutuplar seri bağlanmalıdır. 63-500 A kontaktör derecelendirmeleri için patlama bobini gerçek çalışma akımı değeri olarak derecelendirilir.

Yardımcı kontaklar: 1 N.O. + 1 N.C. mevcut.

Ana teknik özellikler

Nominal çalışma akımı $U_e \leq 1500$ V d.c.			
Kutup sayısı 3			
IOR..-CC, IORR..-CC kontaktörler (a.c işletimli)	DC-1	A	85, 170, 275, 550, 800, 1500, 1800
	DC-3/DC-5	A	68, 125, 205, 500, 720
IORE..-CC kontaktörler (d.c işletimli - ekonomi dirençli)	DC-1	A	85, 170, 275, 550, 800, 1500, 1800
	DC-3/DC-5	A	68, 125, 205, 500, 720
IORC..-CC kontaktörler (d.c işletimli - ekonomi direnci yok)	DC-1	A	85, 170, 275, 550, 800
	DC-3/DC-5	A	68, 125, 205, 500, 720

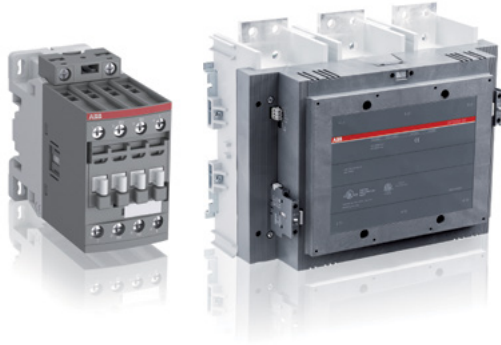


Standart A ve AF serisi

A ve AF serileri, hem AC hem de DC devrelerinin güvenilir uzaktan anahtarlanması için standart, genel amaçlı blok kontaktörlerdir.

Ana teknik özellikler**A9-AF2050**

Nominal çalışma gerilimi 1000 V
Akım dereceleri 9 – 2050A (AC) maks. 1900A DC @ 600 V, cULus'a göre
Kontrol gerilimi, A serisi Direkt çalışma, AC veya DC
Kontrol gerilimi, AF serisi Elektronik kontrollü AC/DC
Kutup sayısı 3
Referans standartlar IEC60947-1, -4-1

**Ana teknik özellikler**

Referans standartları CEI EN 60947-3
Nominal akım I_n A 16, 25, 32
Nominal akım I_g A 16/2, 25/2, 32/2
Kutup sayısı ($U_g=600$ VDC) 16/2x2, 25/2x2, 32/2x2
Nominal akım I_g A 10/2, 16/2, 20/2
Kutup sayısı ($U_g=1000$ VDC) 16/3, 25/3, 32/3
10/2x2, 16/2x2, 20/2x2

Kullanım sınıfı DC-21B
Kutu içindeki maksimum çalışma sıcaklığı, I_{th}^* değer kaybı olmadan °C 60
Montaj tipi Pano üzerine vidalarla veya EN 60715 (35 mm) DIN rayında hızlı klips cihazı vasıtasıyla

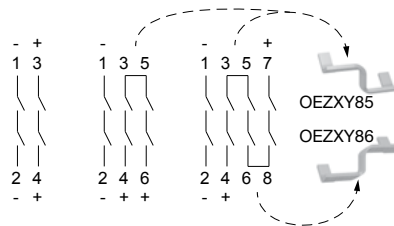
*Sırayla 4, 6 ve 10 mm² minimum kablo kesiti

**6.4 Yük ayırıcılar****OTDC 16...32**

OTDC yük ayırıcılar DCA gerilimine bağlı olarak, aynı ön kasa boyutuna ve bir, iki veya üç ark plakasına sahip üç farklı modüler versiyonda 16A ila 32 arası nominal akımlarda mevcuttur.

OTDC yük ayırıcıların başlıca özellikleri:

- Kompaktlık ve modülerlik: pano boyutunu ve maliyet düşürmeyi sağlar
- Termal verimlilik: Azalan ısı dağılımı için düşük dirençli kayıplar, enerji israfından kaçınma
- Yüksek çalışma gerilimleri: Ark levhalarının derinlemesine geliştirilmesi, 1000 V'ye kadar izolasyon gerilimlerine erişmeyi sağlar
- Kolay kurulum için ray montajı
- Paralel bağlantı için DIN, tünel terminalleri ve bağlantı köprüleri: kolay ve hızlı montaj
- 16 ila 32 A OTDC ayrıca plastik muhafazalı olarak mevcuttur (OTDCP) ve dış mekan kullanımı için uygundur.



Bağlantı şeması

Yük ayırıcılar OTDC100...250

OTDC100...250 serisi yük ayırıcılar, 100A'dan 250Aya kadar nominal akımlarla, iki kutuplu tek bir kasa boyutunda mevcuttur (1000 VDC versiyon).

Dört kutuplu (1500 VDC) veya çift cihazlı versiyonlar (tek bir kol tarafından aynı anda çalıştırılan iki cihaz) mevcuttur.

OTDC100...250 yük ayırıcıların başlıca özellikleri:

- Kompaktlık: Patentli DMB (Çift Manyetik Kesme) teknolojisi sayesinde, piyasada sadece 2 kutupla 1000 VDC'ye ulaşan ilk anahtar ayırıcılar (ön kasa boyutu GxY 113x176)
- Kurulumu kolaydır: bağlantılar daha fazla kablolama esnekliği için polariteden bağımsızdır. Kumanda mekanizması kutuplar arasında veya anahtarın sol tarafında bulunabilir
- Güvenlik: görünür kontaklar şalter durumunun net bir şekilde gösterilmesini sağlar

Ana teknik özellikler

Referans standartları

Nominal akım In A

Kutup sayısı

Nominal gerilim Ue

(DC) 2 kutup V

(DC) 4 kutup V

(DC) 4 kutup (2X2) V

Kullanım sınıfı

Kutuda maksimum çalışma sıcaklığı,

I_{th}^* değer kaybı olmadan °C

Montaj tipi

OTDC100...250

IEC EN 60947-3

UL98B

100,160,200,250

(IEC EN 60947-3)

100, 180, 200 (UL98B)

2, 4

1000

1500

1000

DC-21B

40

Pano üzerine vidalarla veya vidalarla



Bağlantı şeması

Yük ayırıcılar OTDC250...500

OTDC serisi yük ayırıcılar, 250A'dan 500Aya kadar nominal akımlarla, iki kutuplu tek bir kasa boyutunda mevcuttur (1000 VDC).

Üç kutuplu (1500 VDC) veya çift cihazlı versiyonlar (tek bir kol tarafından aynı anda çalıştırılan iki cihaz) mevcuttur.

OTDC250...500 yük ayırıcıların başlıca özellikleri:

- Kompaktlık: patentli DMB (Çift Manyetik Kesme) teknolojisi sayesinde, anahtarlar sadece 2 kutupla 1000 VDC'ye ulaşır. Ön kasa boyutu GxY 197 X 227.
- Kurulumu kolaydır: bağlantılar daha fazla kablolama esnekliği için polariteden bağımsızdır. Kumanda mekanizması kutuplar arasında veya anahtarın sol tarafında bulunabilir
- Güvenlik: görünür kontaklar şalter durumunun net bir şekilde gösterilmesini sağlar.

Ana teknik özellikler

Referans standartları

Nominal akım In A

Kutup sayısı

Nominal gerilim Ue

(DC) 2 kutup V

(DC) 4 kutup V

(DC) 4 kutup (2X2) V

Kullanım sınıfı

Kutuda maksimum çalışma sıcaklığı,

I_{th}^* değer kaybı olmadan °C

Montaj tipi

OTDC250...500

IEC EN 60947-3

UL98B

315, 400, 500

(IEC EN 60947-3)

250, 320, 400 (UL98B)

2, 3, 4

1000

1500

1000

DC-21B

40

Pano üzerine vidalarla veya vidalarla



Bağlantı şeması

Yük ayırıcılar OT_M

OT_M serisinin döner anahtar ayırıcıları, elektrik hatlarının IEC 60947-3 standardına göre bağlantısını çabuk kesmek için özel olarak tasarlanmıştır; 750 VDC'ye kadar olan kabloları kontrol ve izole etmek için kullanılırlar ve PV sistemlerin emniyet bakımında ideal bir tamamlayıcı olurlar. OT_M yük ayırıcıların başlıca özellikleri:

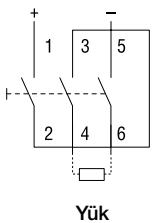
- Bağımsız kapama fonksiyonuyla hızlı kapatma ve kesme işlemleri
- mevcut seçenekler arasında uzaktan kumandalı döner kumanda için yardımcı kontaklar ve düğmeler bulunur
- System pro M compact ürün serisi ile entegre ve OT serisi aksesuarlarla uyumludur
- 40A üzeri versiyonlar asma kilit takılabilir kapı kilit tokmağına sahiptir

Ana teknik özellikler

Referans Standartlar		OT_M		
IEC EN 60947-3		40, 80, 125 A		
Nominal akım I_n		3, 4		
Kutup sayısı		3, 4		
Yük ayırıcı		40M_	63ML_	125M_
Nominal Çalışma Akımı, DC-21A/serisi kutuplarda				
500 VDC	A	16/4	16/4	20/4
750 VDC	A	-	-	-
Kullanım sınıfı				
DC-21A				
Çalışma sıcaklığı °C				
-25...+50				
Montaj				
DIN rayı EN 60715 (35 mm) hızlı klips ile				

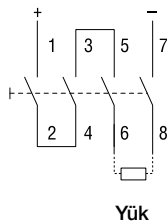
* Bağlantı şemalarına bakın

seri bağlı 3 kutup



Yük

seri bağlı 4 kutup



Yük



OT serisi

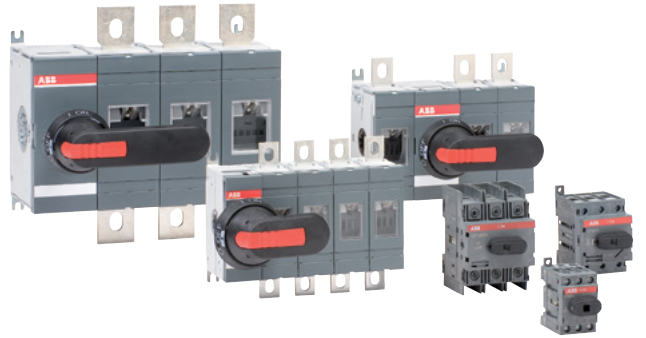
ABB yük ayırıcıların OT serisi, geleneksel AC uygulamalarında uzun yıllar endüstri standardı olmuştur. Güneş uygulamalarının AC tarafı için mükemmel bir çözümdür. OT yük ayırıcılar sadece piyasadaki en kompakt ürünlerden biri olmakla kalmayıp aynı zamanda yüksek teknik derecelendirme de sunmaktadır.

Başlıca özellikleri arasında:

- 3800 A'ya kadar herhangi bir uygulamayı kapsayan eksiksiz yelpaze
- Kapı, taban sacı üzerine veya DIN-rayı montajı ile herhangi bir yönde esnek kurulum
- Geniş aksesuar yelpazesi
- Küçük çerçeveler daha az yer kapladığı için paradan tasarruf sağlar
- Motorlu versiyonlarda (OTM_) uzaktan kontrol

Ana teknik özellikler

Referans standardı		OT	
IEC 60947-3		UL 508 & UL 98	
Nominal gerilim, U_e		690 V'ye kadar	
Nominal akım, I_n		16 - 4000 A (IEC)	
		20 - 2000 A (UL)	
Kutup sayısı		2, 3, 4	
Montaj		Taban, DIN rayı ve kapı montajı	



Yük ayırıcılar S800 PV-M

S800 PV-M modüler yük ayırıcılar, 1200 V DC'ye (4 kutuplu çalıştırma) kadar ağlarda kullanılabilir. Aksesuar yelpaze-siyle (yardımcı kontaklar, düşük gerilim bobinleri, motorlu komutlar) birlikte geniş bir konfigürasyon seçeneği sunar.

S800 PV-M yük ayırıcıların başlıca özellikleri:

- değiştirilebilir terminaller
- her kutup için kontak durumu gösterilir
- polariteden bağımsız kablolama

Ana teknik özellikler

S800 PV-M

Referans Standartlar	EC EN 60947-3
Nominal akım In A	25 32, 63, 125
Kutup sayısı	2 2, 4
Nominal gerilim Ue (DC) 2 kutup* V kA	650 800
(DC) 4 kutup* V kA	- 1200
Nominal kısa devre dayanım akımı Icw (DC) 2 kutup* 800 V kA	1.5
(DC) 4 kutup* 1200 V kA	1.5
Kullanım sınıfı	DC-21A
Çalışma sıcaklığı °C	-25...+60
Montaj	DIN rayı EN 60715 (35 mm) hızlı klips cihazı ile

*Bağlantı şemalarına bakınız

Polarize yük ayırıcılar S800 PV-M-H

S802 PV-M-H polarize yük ayırıcılar, 1000 VDC'ye kadar olan ağlar için özel olarak tasarlanmıştır.

Anahtar polaritesini sağlayan daimi mıknatıslar ile donatılmışlardır, bu nedenle doğru bir besleme gerilimi gereklidir. S802 PV-M-H yük ayırıcılar ve aksesuar yelpaze-siyle (yardımcı kontaklar, düşük gerilim bobinleri, motorlu komutlar) birlikte geniş bir konfigürasyon seçimi sağlar.

S802 PV-M-H yük ayırıcıların başlıca özellikleri:

- değiştirilebilir terminaller
- her kutup için kontak durumu gösterilir

Ana teknik özellikler

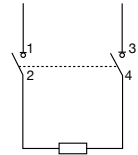
S802 PV-M-H

Referans standartları	CEI EN 60947-3
Nominal akım In A	32, 63, 100
Kutup sayısı	2
Nominal gerilim Ue (DC) 2 poles* V	1000
Nominal kısa devre dayanım akımı Icw (DC) 2 kutup* 1000 V kA	1,5
Kullanım sınıfı	DC-21A
Çalışma sıcaklığı °C	-25...+60
Montaj	DIN rayı EN 60715 (35 mm) hızlı klips cihazı ile

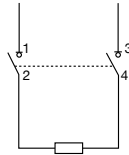
*Bağlantı şemalarına bakınız

Toprak izolasyonlu sistemlerde panel ağı

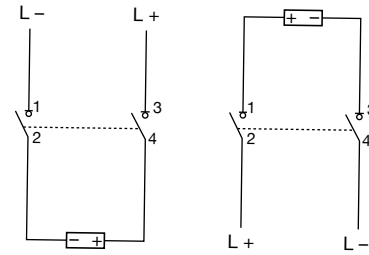
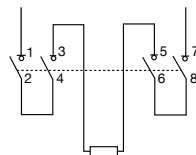
25 A
650 VDC



32...125 A
800 VDC



32...125 A
1200 VDC



Kablolamada polarite ve besleme yönüne uyun.



6.5 Otomatik Sigortalar

S800 PV-S

S800 PV-S modüler otomatik sigortalar, 1200 VDC'ye kadar olan şebekelerde kullanılabilir (4 kutuplu çalışma). S802 PV-S devre kesiciler ve aksesuar yelpazesıyla (yardımcı kontaklar, düşük gerilim bobinleri, motorlu komutlar) birlikte geniş bir konfigürasyon seçimi sağlar.

S800 PV-S devre kesicilerin başlıca özellikleri:

- değiştirilebilir terminaller
- Tüm kutupların merkezi açmalı güvenli ayrılması
- her kutup için kontak durumu gösterilir
- polariteden bağımsız kablolama

Ana teknik özellikler

Referans standartları	CEI EN 60947-3	S800 PV-S
Nominal akım I_n A	10...80	100, 125
Kutup sayısı	2, 4	
Nominal gerilim U_e		
(DC) 2 kutup* V	800	600
(DC) 4 kutup* V	1200	1200
Nominal maksimum kısa devre kesme kapasitesi I_{cu}		
(DC) 2 kutup 800 V* kA	5	5
(DC) 4 kutup* 1200 V kA	5	5

Termomanyetik bobin

karakteristiği

Kullanım sınıfı

Çalışma sıcaklığı °C

Montaj

$4 I_n \leq I_m \leq 7 I_n$

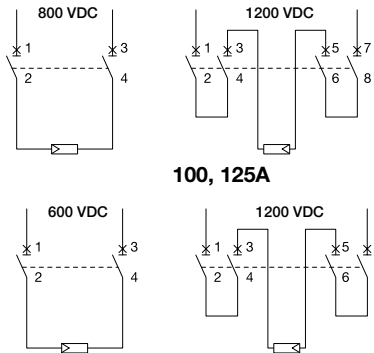
A

-25...+60

DIN rayı EN 60715
(35 mm) hızlı klips
cihazı yardımıyla

*Bağlantı şemalarına bakınız

Toprak izolasyonlu sistemlerde panel ağı ≤ 80A



100, 125A



S204 M UC Z

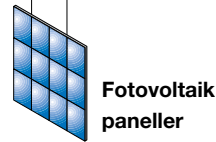
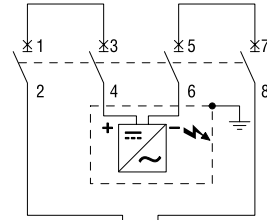
S200 M UC Z serisi otomatik sigortalar, ark söndürme hücreleri üzerinde 500 V d.c. ($I_{cu} = 4.5$ kA) bir elektrik arkını söndürme kabiliyetine sahip kalıcı mıknatıslar barındırır. Bununla birlikte, bu bileşenlerin kullanılması devre kesici polaritesini oluşturur; bu nedenle belirli bir yönde güçlendirilmelidirler. Dize ve inverterin nasıl bağlanması gerektiğini gösteren bir diyagram beraberinde verilmiştir.

Ana teknik özellikler

Nominal akım I_n A	$0,5 \leq I_n \leq 63$
Kutup sayısı	4
Nominal gerilim U_e (DC) V	440
Nominal maksimum kesme kapasitesi I_{cu} - 4P kA	10
Elektromanyetik bobin	$3 I_n \leq I_m \leq 4,5 I_n$
Çalışma sıcaklığı °C	-25...+55
Montaj	DIN rayı EN 60715 (35 mm) hızlı klips cihazı ile

S204 M UCZ

IT sistemlerde izolasyon izleme cihazı



Fotovoltaik paneller



6.6 Dize izleme

Devre İzleme Sistemi (CMS)

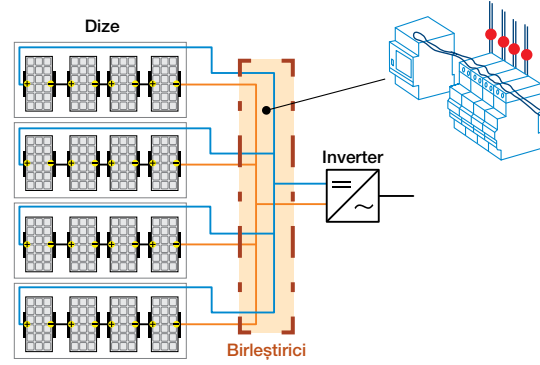
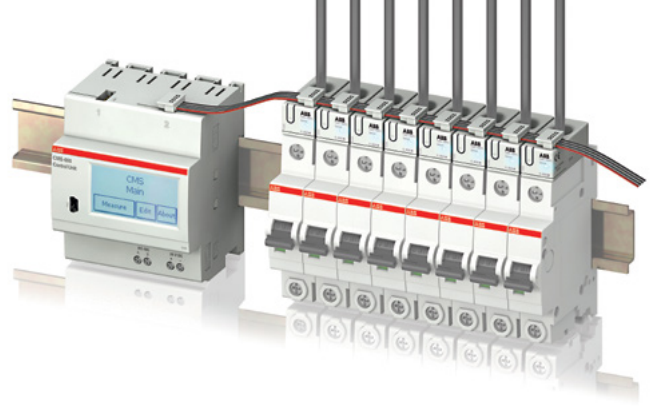
CMS dize izlemesi, fotovoltaik sisteminizin verimliliğini artırır. Entegre edilmesi kolay sistem, kusurlu bir dize veya performanstaki bir kaybı derhal algılamaya (örneğin kirliliği veya hasar gören panellerin neden olduğu) ve uygun önlemleri hızla uygulamanıza olanak tanır. Temel kullanım, PV dizelerdeki arızaları tespit etmek için birleştirici kutularda dize izleme içindir.

Avantajları:

- küçük boyutlar
- yüksek hassasiyet
- hızlı kurulum ve başlatma süresi
- serbest olarak seçilebilen ölçüm noktası miktarı

Ana teknik özellikler

Ölçüm aralığı CMS-100	
Seri (18mm Sensör) A	80, 40, 20
Ölçüm aralığı CMS-200	
Seri (25mm Sensör) A	160, 80, 40
izolasyon Gerilimi V	1500 VDC
DC Hassasiyet (TA = +25 °C) %	0,7 – 1,7
Çalışma sıcaklığı °C	-25 .. +70
Haberleşme	-Modbus RTU (RS485 2 kablo)



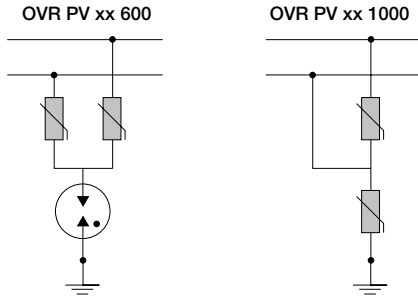
Montaj Tipi	S800	DIN rayı	Kablo Bağları
	kafes terminalli tüm ABB S800 cihazları için	evrensel kullanım	evrensel kullanım
18mm			
CMS-100xx (80A)	CMS-100S8	CMS-100DR	CMS-100CA
CMS-101xx (40A)	CMS-101S8	CMS-101DR	CMS-101CA
CMS-102xx (20A)	CMS-102S8	CMS-102DR	CMS-102CA
25mm			
CMS-200xx (160A)	CMS-200S8	CMS-200DR	CMS-200CA
CMS-201xx (120A)	CMS-201S8	CMS-201DR	CMS-201CA
CMS-202xx (80A)	CMS-202S8	CMS-202DR	CMS-202CA
CMS-203xx (40A)	CMS-203S8	CMS-203DR	CMS-203CA

6.7 Aşırı gerilim koruma cihazları

OVR PV

ABB, fotovoltaik sistemler için özel olarak tasarlanmış geniş bir aşırı gerilim koruma cihazı yelpazesi sunar. OVR PV parafudurların başlıca özellikleri:

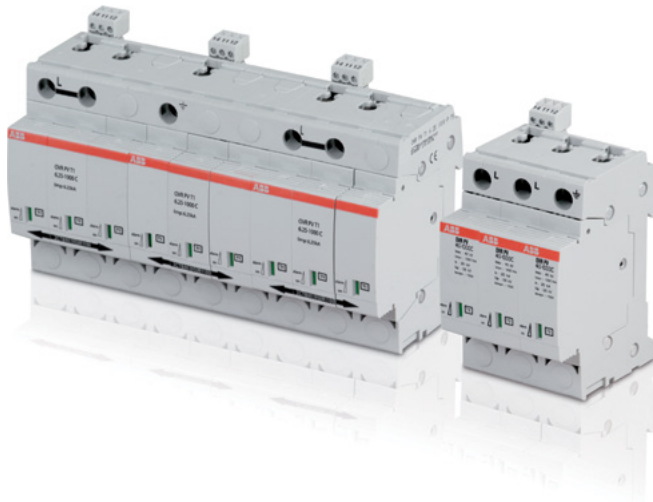
- OVR PV T1 ve T2 versiyon
- Doğru akım kesme kapasitesine sahip entegre termal koruma sayesinde 100 A DC'e kadar kullanım ömrü kısa devrelerden otomatik korumalı
- kolay bakım için soketli kartuşlar, hattın bağlantısını kesmeye gerek yok
- Hat durumunun uzaktan bildirilmesi için yardımcı kontak ("TS" versiyonu)
- kısa devre takip akımı olmaması
- ters polarite riski olmaması
- daha güvenli koruma için "Y" konfigürasyonu



Ana teknik özellikler

	OVR PV T1	OVR PV 40
Referans Standartlar	IEC 61643-11 / UTE C 61740-51 prEN 50539-11 UL 1449 3. baskı*	
Yapılandırma	Y	Y
Parafudur Tipi / Test	T1 / I	T2 / II
Sınıfı		
Maks. sürekli çalışma gerilimi Ucpv	V	670 / 1000
Nominal deşarj akımı In (8/20 µs)	kA	6.25
Darbe akımı Iimp (10/350 µs)	kA	6.25
Maksimum deşarj akımı Imax (8/20 µs)	kA	-
Koruma gerilimi seviyesi Up	kV	1,9 / 2,5
Kısa devre DC akım dayanımı Iscwpv	A	100
Koruma kesicisi:		
- eğer Iscwpv ≤ 100A ise	- gerekli değil	- gerekli değil
- eğer Iscwpv > 100A ise	- 10A gPV sigorta	- 10A gPV sigorta veya MCB
Tepki süresi	ns	≤ 25
Özel entegre PV termal ayırıcı	Evet	Evet
Soketli	Evet	Evet
Yardımcı kontak	TS	TS

*UL versiyonu sadece OVR PV 40 için



OVR TC

İzleme sistemlerine talebin artması ile OVR TC veri hattı parafudurları, PV santrallerin izleme hattını aşırı akım dalgalanmalarından korumak için doğru seçimdir. Şebeke ile seri olarak kurulumlar ve telekomünikasyon hattına güç kesmeden bakım yapmayı kolaylaştıran çıkarılabilir kartuşlara sahiptirler.

Ana teknik özellikler

Referans standart	IEC/EN 61643-21 - UL497B
IEC tipi	C2
Maks. sürekli çalışma gerilimi	V 7 ila 220V (AC/DC)
Nominal deşarj akımı I_n (8/20us) kA	5
Maks. deşarj akımı I_{max} (8/20us) kA	10
Tepki süresi ns	1
Soketli	Evet



OVR T1, OVR T2

Bir fotovoltaik sisteme etkin koruma sağlamak için alternatif akım tarafının da aşırı gerilime karşı korunması gerekir. OVR T1, Tip-1 parafudur, sistem girişindeki ana (AC tarafı) santrale monte edilir ve doğrudan yıldırım akımını toprağa iletebilir ve doğrudan yıldırım çarpması durumunda emniyet sağlayabilir.

OVR T2, Tip-2 parafudurlar, ani değişim dalgalanmalarına ve dolaylı yıldırımın etkilerine karşı korumak için sürücünün yük tarafına ve olası diğer alt devre panellerine monte edilir.

OVR serisinin başlıca özellikleri:

- Tek kutuplu, 3 kutuplu, 1 Faz + N ve 3 Faz + N'de ağ konfigürasyonu
- Soketli kartuşlarla basitleştirilmiş bakım (P seçeneği)
- Güvenlik rezervli artırılmış güvenlik (S seçeneği)
- Yardımcı kontaklı uzaktan gösterge (TS opsiyonu).

Ana teknik özellikler

	OVR T1	OVR T2
Referans Standartlar	IEC EN 61643-11 / UL 1449 3. baskı*	
IEC tipi	T1 / I	T2 / II
Maks. sürekli çalışma gerilimi U_c	255	275
Nominal deşarj akımı I_n (8/20 μ s) kA	15 ve 25	5, 20 ve 30
Darbe akımı I_{imp} (10/350 μ s) kA	15 ve 25	/
Maksimum deşarj akımı I_{max} (8/20 μ s) kA	/	20, 40 ve 70
Tepki süresi ns	< 100	< 25
Güvenlik rezervi	/	"S" Versiyon
Soketli	/	"P" Versiyon
Uzaktan gösterge	"TS" Versiyon	"TS" Versiyon



6.8 Kartuş sigorta taşıyıcılar

E 90 PV

E 90 PV serisi kartuş sigorta taşıyıcılar, DC-20B kategorisinde 1000 V'ye kadar DC uygulamalar için tasarlanmışlardır. E 90 PV serisi özellikle fotovoltaik sistemlerin aşırı akımlara karşı korunmasına odaklanmıştır.

10.3 x 38 mm gPV silindirik sigortalarıyla güvenilir, kompakt ve etkili bir çözüm sunar.

E 90 PV kartuş sigorta taşıyıcılar başlıca özellikleri:

- eldiven giyerek veya baş parmağınızı kullanarak bile sigortanın kolayca takılması için 90 ° açma kolu
- Açık ve kapalı pozisyonlar arasında yalnızca 17 mm'lik fark
- Daha iyi kablo kelepçelenmesi için tırtıklı kafesli 25 mm² terminaller
- Elektrikli tornavidalar ile tamamen uyumlu
- Düz başlı ve yıldız tornavida için Pozidriv vidalar
- Daha güvenli bir bakım için standart asma kilitlerle açık konumda kilitlenebilir
- İzinsiz girişi önlemek için kurşun mühürle kapalı pozisyonda yalıtılabilir
- Soğutma odaları ve havalandırma yuvaları ısı dağılımını artırır
- Sigorta atarsa gösterge LED ışıkları ile sinyal verir

Ana teknik özellikler

Referans Standartlar	IEC 60947-3, UL 4248-1, UL 4248-18
Nominal Gerilim V DC	1000
Kullanım kategorisi	DC-20B
Sigorta mm	10 x 38 gPV eğrisi
Akım	DC
Nominal Akım A	32
Sıkma torku Nm	PZ2 2-2.5
Koruma Sınıfı	IP20
Kilitlenebilir (açık konum)	Evet
Mühürlenebilir (kapalı konum)	Evet



6.9 Silindirik Sigortalar

E 9F PV

Silindir sigortaların yeni E 9F PV serisi, PV sistemlere özgü gPV açma karakteristiğine göre 1000 VDC'ye kadar DC devrelerini korumak üzere tasarlanmıştır. E 9F PV 10.3 x 38 mm sigortalar, nominal akımları 30 A'ya kadar olan fotovoltaik sistemlerde dizeleri, inverterleri ve parafudurları korumak için en iyi çözümü sunar.

Ana teknik özellikler

Referans Standartlar	IEC 60269-6, UL 4248-1, UL 4248-18
Nominal Gerilim V DC	1000
Nominal akım A	1...30
Kesme kapasitesi kA	10
Minimum kesme kapasitesi	1 A'dan
	7 A'ya = 1.35 x I _n
	8 A'dan
	30 A'ya = 2.0 x I _n
Boyutlar mm	10.3 x 38
Ağırlık g	7



6.10 Uzaktan komut cihazları

GSM ATT

ATT modülleri, cep telefonu şebekesi üzerinden elektrikli yüklerin uzaktan kumandası için GSM telefon aktüatörleridir. Özellikle, ATT-22 sürümü, fotovoltaik uygulamalar için 2 çıkış ve 2 girişli bir kontrol modülünden oluşur. Talimatlar ve alarmlar SMS mesajı ve ücretsiz telefon görüşmesi ile gönderilebilir. Yapılandırma, SMS mesajları veya ATT-Tool yazılımı kullanılarak gerçekleştirilebilir. Tüm ATT modülleri, bir yedek pil, ATT-Tool programlama yazılımı ve PC bağlantı kablosuyla birlikte sağlanır.

Buna ek olarak, ATT-22E modelleri, kabloları hazır bir harici anten ile donatılmıştır - modül, yeterli GSM kapsama alanını sağlamayan yerlere kurulduğunda harici anten çok önemlidir.

Modüller modüler bir transformatör ile tedarik edilebilir.



Ana teknik özellikler GSM ATT

GSM modülü		Veri, SMS, faks ve ses uygulamaları için çift bant EGSM900 ve GSM1800. ETSI GSM Phase 2+'ye uygun tam tip onaylı
Çıkış gücü		Sınıf 4 (2 W@900 MHz) Sınıf 1 (1 W@1800 MHz)
Güç tüketimi		5 VA
Komutları yollayanlar		SMS, çağrı tonları, DTMF tonları, GPRS bağlantısı
Gelen alarmlar		SMS, çağrı tonları, e-posta, faks
Girişler	diijital	Kendinden güçlü maks. 20 VDC, 2 mA
	analog	giriş gerilimi 0...10 V giriş empedansı < 10 KOhm / 100 nF örnekleme hızı 90 ksps
Çıkışlar	röle	NO 4 A 250 V AC- maks. 2500 VA
	minimum yük	100 mA, 12 V
GSM gösterge LED'i	KAPALI	cihazda elektrik yok
	SABİT	Mobil şebekeye bağlı olmayan güç altında cihaz, SIM pin kodu eksik veya yanlış cihaz Güç altında, mobil şebekeye bağlı
	YAVAŞ YANIP SÖNME	haberleşme sürüyor
	HIZLI YANIP SÖNME	
Güç kaynağı	V	12 ±10% c.a./c.c.
Güç tüketimi	iletirken [W]	W 2.5
	stand-by'da	W 0.4
Terminal kesiti	mm ²	2.5
Sıcaklık	ortam	°C -20...55
	depolama	°C -30...85
Bağıl nem	ortam	%5...95 yoğunlaşmaz
	depolama	%5...95% sadece harici yoğunlaşma
Modüller		4
Koruma		IP40
Referans Standartlar		R&TTE, Direktifi 1999/5/EG; Alçak Gerilim Direktifi 2006/95/CE; EMC Direktifi 2004/108/CE

6.11 İzolasyon izleme cihazları

ISL-A 600, ISL-C 600

İzole edilmiş nötrlü IT dağıtım şebekelerinde ve özellikle PV şebekelerinde, yüksek izolasyon empedansı, toprak hatalarının açıktaki iletken bölümlerin potansiyelini tehlikeli bir şekilde yükseltecek akımlar oluşturmamasını önler. Bu nedenle, toprak sızıntısı durumunda IT ağında beslemeyi kesmek gerekmez, ancak arızaları tespit etmek ve sistemin en iyi şekilde çalışmasını sağlamak için izolasyon düzeyini izlemek son derece önemlidir.

ISL-C 600, 760 VAC'ye kadar (nötrlü üç fazlı şebekelerde 1100 VAC) IT dağıtım şebekeleri için bir izolasyon izleme cihazıdır. ISL-A 600 sürümü, 600 VDC'ye kadar DC IT ağları için bir izolasyon izleme cihazıdır.



Ana teknik özellikler

	ISL-A 600	ISL-C 600
Güç tüketimi VA	6	5
ALARM eşiği kΩ	-	30÷300
AÇMA eşiği kΩ	30÷300	10÷100
Maks. ölçüm akımı mA	1.5	0.240
Maks. ölçüm gerilimi VDC	-	48
İç Empedans kΩ	880 kΩ L+/L- 450 kΩ L/ toprak	200
AÇMA röle çıkışı (NO-C-NC)	1	2
ALARM röle çıkışı (NO-C-NC)	2	-
Röle kontak kapasitesi	250 V 5 A	
Çalışma sıcaklığı °C	-10 ÷ 60	
Depolama sıcaklığı °C	-20 ÷ 70	
Bağıl nem	≤ %95	
Maks terminal kesit mm ²	2.5	
IP sınıfı	IP40 ön, IP20 kasa	
Modüller	6	6
Ağırlık g	400	500
Referans Standartlar	EN 61010-1, EN 61557-8, EN 61326-1	EN 61010-1, EN 61557-8, EN 61326-1

İzolasyon izleme röleleri CM-IWN

CM- IWX, yenilikçi bir izolasyon izleme röle serisidir.

Artırılmış performans sayesinde, CM-IWN.5 1000 μ F'ye kadar toprak kaçağı kapasitesine sahip kurulumlarda güvenilir ölçümler sağlayabilir.

Yeni ölçüm prensibiyle, 1000 VDC'ye veya 690 V AC'ye kadar (15-400 Hz izleme aralığı) şebekeler ölçülebilir.

Ölçüm prensibi

CM-IW.x kullanarak izlenecek sisteme darbeli bir ölçüm sinyali yollar ve izolasyon direnci hesaplanır. Darbeli ölçüm sinyali, izolasyon direncine ve sistem dağılım kapasitesine bağlı olarak değişir.

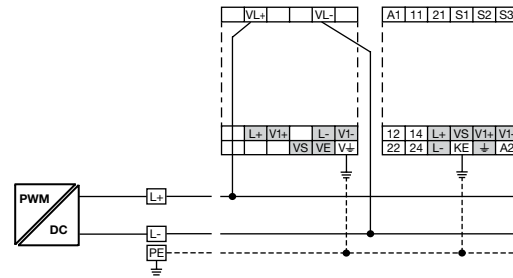
izolasyon direncindeki değişim, bu değişiklikten tahmin edilebilir.

Tahmini izolasyon direnci bir sonraki ölçüm döngüsünde hesaplanan izolasyon direncine karşılık geldiğinde ve önceden ayarlanmış değerin altında olduğunda, çıkış röleleri cihazın konfigürasyonuna göre etkinleştirilir veya devre dışı bırakılır. Bu ölçüm prensibi, simetrik izolasyon arızalarını tespit etmek için de kullanışlıdır.

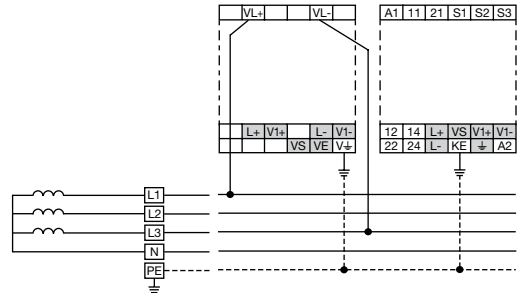
Ana Karakteristikler

- IEC/EN 61557-8 referans standartlarla uyum
- 690 V AC ve 1000 VDC'ye kadar sistemlere birleştirme modülü CM-IVN ile doğrudan bağlantı
- Nominal frekans 15-400 Hz
- Tel kesintisi izleme
- Hatalı ayar izleme
- Yerleşik sistem başlatma testiyle yüksek güvenilirlik

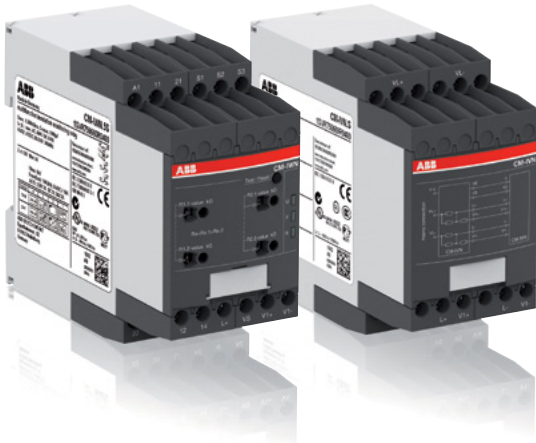
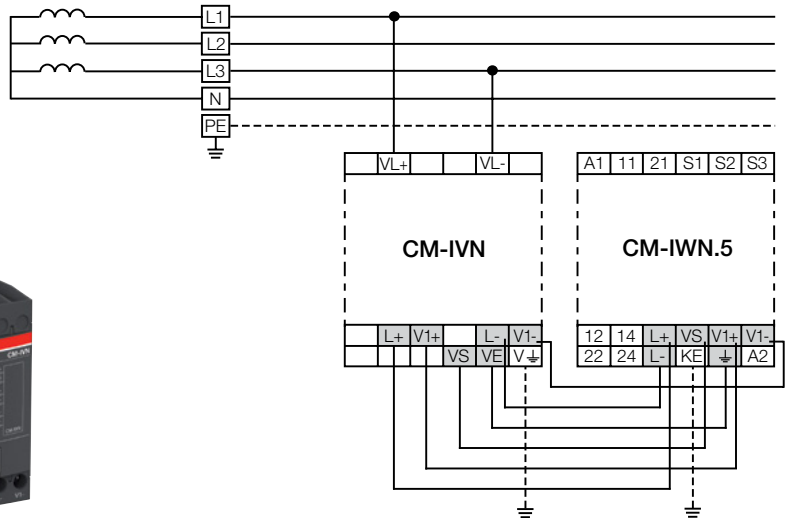
- Ürünün ön tarafından veya uzaktan kumanda ile sıfırlama ve test etme imkanı
- Yeni tahmini ölçüm prensibi
- 1000 μ F maksimum toprak kaçağı kapasitesi



2 telli DC sistem



4 telli AC sistem



6.12 Şebeke izleme rölesi - CEI 0-21 standardı

CM-UFD.M22

Üç fazlı şebeke gerilimi ve frekans denetimi için yeni koruma rölesi (SPI), elektrik parametreleri kurulum parametrelerini aştığında Dağıtılmış Üretim (DG) anahtarını devreden çıkarır.

Tamamen yapılandırılabilir olup orta ve küçük şebekeleri ana sistemlere entegre etmek için gerekli esnekliği sunar.

Başlıca özellikler:

- Tek veya üç fazlı şebeke 2-telli, 3-telli veya 4-telli AC sistemlerde gerilim ve frekansın izlenmesi
- CEI 0-21'e göre tip testli
- Aşırı ve düşük gerilim, 10 dakika ortalama değerin yanı sıra aşırı ve düşük frekanslı izleme
- Aşırı/düşük gerilim ve frekans için iki seviyeli eşik ayarı
- Yapılandırılabilir ROCOF (frekans değişimi hızı) izleme
- Entegre yedeklilik fonksiyonu yönetimi (CEI 0-21, P>20 kW olan santrallerde zorunlu)
- Ölçülen değerler, eşikler ve ayarların ekranda gösterimi
- Tüm eşik değerleri mutlak değerler olarak ayarlanabilir
- CEI 0-21'ye göre varsayılan ayar
- Gerçek RMS ölçüm prensibi
- Yüksek ölçüm hassasiyeti
- Uzaktan açma, geri besleme sinyali ve harici sinyal için 3 kontrol girişi
- Her eşik için ayarlanabilir açma gecikmesi
- Kesilen nötrün algılanması
- Maks. 99 giriş için hata belleği (hata nedeni, ölçülen değer, göreceli zaman damgası dâhil)
- Otomatik test fonksiyonu
- Şifre ayar koruması
- 3 c/o (SPDT) kontak
- Çalışma durumlarının gösterimi için LED'ler
- Çok satırlı, arkadan aydınlatmalı LCD ekran

Ana teknik özellikler

Besleme Gerilimi	24-240 V CA/CC (%-15, +10)
Yardımcı gerilim arızaları sırasında	
5 saniyelik tamponlama	harici (CP-B)
Güç tüketimi	1.5 VA (1.5 W)
Aşırı/Düşük gerilim zaman aralığı	(L-N) 0 - 312 V CA (L-L) 0 - 540 V CA
Aşırı/Düşük frekans zaman aralığı	40-60 Hz
Gerilim ölçüm hassasiyeti	Ölçülen değerin %±2'si
Frekans ölçüm hassasiyeti	± 0,02 Hz
Çıkış rölesi	250 VAC - 5 A
Girişler	Kendinden beslemeli; maksimum uzunluk kılıfsız kablolar 10 m
Boyutlar	108 x 90 x 67 mm
Çalışma sıcaklığı	-20...+60 °C
Ürün Standardı	IEC/EN 60255-1
Uygulama Standartları	CEI 0-21: 2012-06 + CEI 0-12; V1: 2012-12 + A70 Terna
Alçak Gerilim Direktifi	2006/95/EC
EMC Direktifi	2004/108/EC
RoHS Direktifi	2011/65/EC



VDE-AR-N 4105 standardıyla uyumlu olarak CM-UFD.M21 versiyonu da mevcuttur.

6.13 Buffer ünitesi

CP-B serisi

Otomasyon, üretim ve enerji yönetiminin çoğu alanında güç kaynağı sistemleri oldukça güvenilir olmak zorundadır. Geçici elektrik kesintilerinin üstesinden gelmek için depolama sistemleri giderek daha fazla kullanılmaktadır. CP-B tampon modülleri, arayüz koruma cihazlarının (DDI) CEI 0-21 standardının Haziran 2012 baskısına uygunluğunu sağlamak için ideal bir çözüm sunar.

Aslında, şebekenin olmaması durumunda dahi, yardımcı beslemenin gerilim arızalarında (LVFRT-Alçak Gerilim Hatasında Şebekede Kalabilme) gereksiz ayrışmalara maruz kalmamak için bile en az 5 saniye süreyle temin edilmesi gerekmekte ve böylece sistemin genel verimliliği artmaktadır.

Ortak batarya sistemlerinin ömrü sınırlıdır, çevresel kısıtlamalardan etkilenmektedir ve düzenli bakıma ihtiyaç

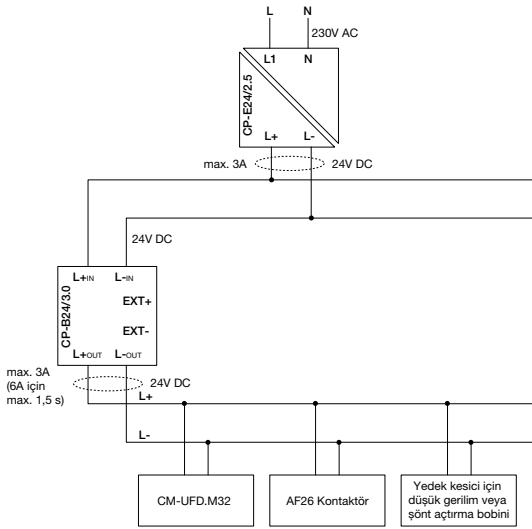
duyulmaktadır; bu da emek ve maliyetlerin artmasına neden olmaktadır.

En yeni ultrakapasitör teknolojisini kullanan ABB, şebeke kesintisi durumunda 24 VDC'yi 20 A'a kadar tamponlamak için yenilikçi ve tamamen bakım gerektirmeyen bir çözüm sunar. CP-B serisi modüller sayesinde, güç arızası durumunda, kapasitörde depolanan enerji, absorbe edilen akıma bağlı olarak, birkaç yüz saniyeye kadar yük devamlılığı sağlar.

Önemli özellikleri

- Tampon modda 24.0 VDC, 23.0 V çıkış gerilimi
- Durum bildirimi için LED
- Durum sinyali için röle kontakları
- Daha yüksek yedekleme süreleri (yani CP-B 24/10.0 ile 1 A yük akımı için 6 dakikaya kadar)
- Hızlı şarj süreleri
- %90'ı aşan yüksek verim
- Geniş çalışma sıcaklığı aralığı -20...+60 ° C
- DIN rayı montajı, kompakt muhafazalar
- Batarya tampon modüllerine kıyasla avantajları: bakım gerektirmeyen, derin deşarj bağlılığı, yüksek sıcaklıklara direnç
- **UL** Onay (UL508, CSA 22.2 Ranked # 14) ¹⁾

1) Süreç devam ediyor



Ana teknik özellikler	CP-B 24/3.0	CP-B 24/10.0	CP-B 24/20.0	CP-B EXT.2
ABB kodu	1SVR 427 060 R0300	1SVR 427 060 R1000	1SVR 427 060 R2000	1SVR 427 065 R0000
Sipariş kodu	CPB243	CPB2410	CPB2420	CPBEXT2
Nominal Giriş Gerilimi DC	24 V	24 V	24 V	-
Nominal Akım DC	3 A	10 A	20 A	-
Saklanabilir Enerji (min.)	1000 Ws	10000 Ws	8000 Ws	2000 Ws
Tipik şarj süresi %100,	65 s	120 s	68 s	
%0 yük akımı ile	56 s	82 s	62 s	
Tipik tamponlama süresi¹⁾				
Yük akımına göre	%100	14 s	40 s	15 s
	% 50	28 s	80 s	30 s
	% 25	74 s	140 s	60 s
	% 10	148 s	380 s	150 s
Boyutlar				
Uzunluk	60 mm	127 mm	84 mm	60 mm
Yükseklik	92,5 mm	163 mm	192 mm	92,5 mm
Derinlik	116 mm	150 mm	198 mm	116 mm

¹⁾ Tamponlama Süresi ~ $\frac{\text{tolere edilebilir enerji} * 0.9}{23 \text{ V}}$

6.14 Modüler enerji sayaçları

EQ sayaçlar

Modüler enerji sayaçları, inverterin yük yönünde bir fotovoltaik sistem tarafından üretilen enerjinin ölçülmesi ve izlenmesi için idealdir. ABB EQ sayaçlar, fatura için bir enerji tüketimi okuması istendiğinde sayaçların kullanılmasına izin veren Avrupa MID yönergesine göre test edilmiştir ve buna uygundur.

EQ sayaçlar A, B ve C serisi olmak üzere üç farklı ürün yelpazesinde mevcuttur.

A serisi:

- Tek fazlı veya üç fazlı
- 80 A'e kadar direkt bağlı veya akım trafosu/gerilim trafosu (CTVT) bağlantılı
- Aktif enerji ölçümü CTVT bağlı ölçüm cihazlarında B Sınıfı (Cl. 1) veya Sınıf C (Cl. 0,5 S)
- Geniş gerilim aralığı 100 - 500 V faz-faz 57,7 - 288 V faz-nötr
- Alarm fonksiyonu
- MID onaylı
- Reaktif enerji ölçümü
- Enerji ölçümünün alınması/yollanması
- M-Bus veya RS-485 üzerinden opsiyonel haberleşme
- Girişler, haberleşme veya dâhili saat tarafından kontrol edilen 4 tarife

- Önceki değerler (günlük, haftalık veya aylık)
- Talep ölçümü (maks ve min)
- Yük profilleri (8 kanal)
- 16. harmoniğe kadar harmonik ölçümü ve THD'nin değerlendirilmesi

B serisi:

- Tek fazlı veya üç fazlı
- 65 A'e kadar direkt bağlı veya akım trafosu (CT) bağlantılı (üç fazlı modeller)
- Aktif enerji ölçümü B Sınıfı (Cl. 1) veya Sınıf C (Cl. 0,5 S)
- Alarm fonksiyonu
- MID onaylı
- Reaktif enerji ölçümü
- Enerji ölçümünün alınması/yollanması
- M-Bus veya RS-485 üzerinden opsiyonel haberleşme
- Giriş veya haberleşme tarafından kontrol edilen 4 tarife

C serisi:

- Tek fazlı veya üç fazlı
- Kompakt boyutlar, 1 veya 3 modül genişliğinde
- 40 A'e kadar direkt bağlı
- Aktif enerji ölçümü
- Ölçüm değerleri
- Doğruluk sınıfı 1 veya sınıf B (MID sürümleri)
- Alarm fonksiyonu
- MID onaylı



Standartlar

IEC 62052-11, IEC 62053-21 sınıf 1 & 2, IEC 62053-22 sınıf 0,5 S, IEC 62053-23 sınıf 2, IEC 62054-21, EN 50470-1, EN 50470-3 kategori A, B & C.

Haberleşme

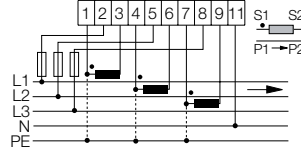
Dâhili iletişim arabirimleri ve ayrı iletişim cihazları, enerji sayaçları ve uzaktan denetim sistemi arasında seri veri iletişimi sağlar. Seri protokoller vasıtasıyla toplanacak enerji tüketimi ve elektriksel parametreler üzerine veriler: Modbus RTU, M-Bus, Ethernet TCP/IP ve KNX.

CT akım transformatörleri

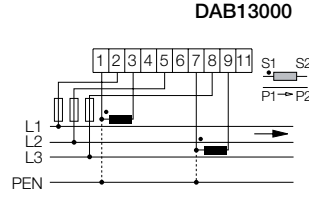
Dolaylı ölçüm gerekli olduğunda, CT akım transformatörleri, ölçümlerin uzun süreli doğruluğu ve hassasiyetini garantilemek adına eksiksiz bir tesis oluşturmak için en iyi çözümdür.

Seri Haberleşme Adaptörleri

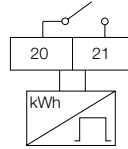
İletişim adaptörleri, enerji sayaçları ve uzaktan denetim sistemi arasındaki seri veri iletişimi sağlar. Adaptörler, Seri protokoller vasıtasıyla toplanacak enerji tüketimi ve elektriksel parametreler üzerine veriler sağlar: Modbus RTU, MeterBus, Ethernet TCP/IP, KNX.



Nörlü üç fazlı sistem



Nörsüz üç fazlı sistem



Darbe çıkışı aktif enerji sayaçları



6.15 Dağıtım panoları

Gemini IP 66

Ana teknik özellikler

Koruma	
Koruma sınıfı	IP 66 (CEI EN 60529)
İzolasyon	sınıfı II
Güç	
Malzeme	ortak enjeksiyonla kalıplanmış termoplastik
Isı ve yangın direnci	750 °C'ye kadar (IEC EN 60695-2-11)
Şok direnci	IK10 (IEC EN 50102)
Kimyasallara ve hava koşullarına karşı koruma	su, tuz çözeltileri, asitler, bazlar, mineral yağlar, UV ışınları
Çalışma sıcaklığı	-25 °C...+100 °C
Performans	
Nominal izolasyon gerilimi	1000 V AC – 1500 VDC
Esneklik GxYxD, harici boyutlar	335 x 400 x 210 mm'den 840 x 1005 x 360 mm'ye 6 boy 24 ila 216 DIN modülleri
Kurulum	Tüm bileşenler kolay soketli
Standartlar, kalite, çevre	IEC EN 50298, IEC 23-48, IEC 23-49, IEC 60670, IEC EN 60439-1 IMQ sertifikasyonu, IEC EN 50298 standardına göre. Tamamen geri dönüştürülebilir



6.16 Sıva üstü sigorta kutuları

Europa serisi

Europa serisi sıva üstü sigorta kutuları, kendilerini dış ortam kurulumu için ideal hale getiren IP65 korumasına sahiptirler. Yani, fotovoltaik dizelerin yük tarafındaki dize kutularının yapımı için kullanılabilirler.

Europa serisi sıva üstü sigorta kutularının başlıca özellikleri:

- sınıf II izolasyon
- IEC 60695-2-11 standartlarıyla uyumlu olarak kendi kendini söndüren materyalden yapılmış olup 650 °C'ye kadar anormal ısıya ve ateşe dayanıklıdır (akkor tel deneyi)
- kurulum sıcaklığı: -25 °C ila +60 °C
- nominal izolasyon gerilimi: 1000 V AC; 1500 VDC
- şok direnci: 6 jul (IK 08 derece)
- Ayrı kabloların daha kolay yönlendirilmesini sağlamak adına daha rahat bağlantı için sökülebilen DIN raylarının taşıyıcı çerçevesi demonte edilebilir (ve hızlı montaj mekanizması ile yeniden monte edilebilir)
- 53, 68 ve 75 mm derinliğinde anahtarlama donanımı kurulabilir
- boru ve kabloların daha kolay takılması için bi-metal ve sert flanşlarla donatılmış 8 veya daha fazla modüle sahip modeller
- IEC 23-48, IEC 23-49 ve IEC 60670 standartları ile uyumlu sigorta kutuları
- IMQ onaylı



6.17 Bağlantı kutuları

ABB, açık mekanlarda kullanılmak için ideal IP65 polikarbonat bağlantı kutuları sağlar.

Bağlantı kutularının başlıca özellikleri:

- sınıf II izolasyon
- IEC 60695-2-11 standartlarıyla uyumlu olarak kendi kendini söndüren materyalden yapılmış olup 960 °C'ye kadar anormal ısıya ve ateşe dayanıklıdır (akkor tel deneyi)
- kurulum sıcaklığı: -25 °C ila +60 °C
- nominal izolasyon gerilimi: 1000 V AC; 1500 VDC
- şok direnci: 20 jul (IK 10 derece)
- bağlantı kutuları IEC 23-48 ve IEC 60670 standartlarıyla uyumlu
- IMQ onaylı



Tanım

Kutu IP65 PC
Kutu IP65 PC
Kutu IP65 PC

Boyutlar

140x220x140
205x220x140
275x220x140

6.19 Vidalı klemensler

Yeni SNK serisinin vidalı klemensleri, fotovoltaik sistemlerde kullanım için idealdir.

SNK serisi, modern, yenilikçi ve kompakt bir tasarım ve her türlü gereksinim için geniş bir aksesuar yelpazesi sunmaktadır. Seri, en yüksek uluslararası sertifikalara sahiptir.

Ana teknik özellikler

Elektriksel özellikler

Nominal gerilim V

1000

Nominal akım A

maks 232

Nominal kesit mm²

maks 95

IEC 60947-7-1, IEC 60947-7-2 standartlarıyla uyum
Paralel ara bağlantılar mümkündür
Kendi kendini söndüren materyal UL94V0



6.18 Kablo rakorları ve metrik adımlı somunlar

Metrik adımlı kablo rakoru ve somunların temel teknik özellikleri:

- IP 68 koruma sınıfı
- malzeme: poliamid 6.6, UL94 V2 standardına uygun kendi kendini söndüren materyal, IEC 60695-2-11 standartlarına göre 750 °C'ye kadar olan anormal sıcaklığa ve yangına karşı (akkor tel testi) dayanır
- kullanım sıcaklığı: -20 °C'den +120 °C'ye (kısa süreli)
- neopren conta
- tüm kablo çapı etrafında lamelli bir başlık vasıtasıyla sıkıştırma
- rakorun etkinliğinden ödün vermeden tekrar kullanma imkanı



Vidalı kelepçeli klemensler tek kutuplu, 3 kutuplu ve 4 kutuplu olarak mevcuttur.

Ana teknik özellikler

Elektriksel özellikler

Nominal gerilim

1000 V AC / 1500 V DC

Nominal akım

tek kutup için maks. 400 A

3 kutup için maks. 175 A

4 kutup için 125 A



6.20 Poliamit 6.6 ve 12 kablo bağı - UV dayanımlı siyah

Kablo bağlarının başlıca özellikleri:

- UV'ye dayanıklı versiyon, özellikle dış mekan uygulamaları için önerilir
- Siyah versiyon (askeri şartnameler için %2 karbon)
- Ayrıca, yüksek sıcaklıklara (+105 ° C) direnç gerektiren dış mekan uygulamaları için ısı stabilizasyonlu + UV'ye dayanıklı versiyon da mevcuttur. Bkz. sayfa 21 (TY...MX-A serisi)
- En zorlu uygulamaları kapsayacak şekilde, 780N'ye kadar bir gerilme mukavemetine sahip çeşitli uzunluklar ve 6 tipik genişlik
- Ambalaj: Geri dönüşümlü polietilen poşetlerde, toplu miktarlarda
- Euroslot'lu küçük çantalarda ve tezgah kutularında da mevcuttur



Ana teknik özellikler

Malzeme - Döküm

poliamit 6.6 ve
poliamit 12

Malzeme - Kilitleme çubuğu

316 sınıf paslanmaz çelik

Sıcaklık aralığı

-40°C ila +85°C

Renk

siyah

Yanmazlık derecesi

UL 94 V-2

Diğer özellikler

UV'ye dayanıklı, Halojensiz,
Silikonsuz



6.21 PMA Kablo Koruma Sistemi Çözümleri

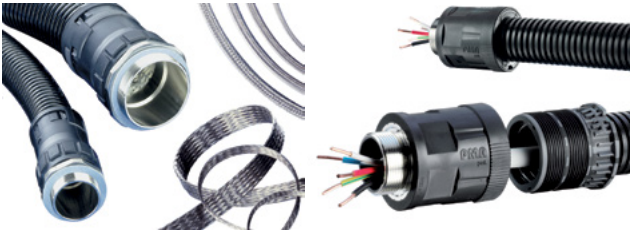
PMA geniş bir kablo koruma ürünleri yelpazesi sunmaktadır.

Kablo koruma sistemlerinin tasarımı ve üretimi konusundaki 30 yılı aşkın tecrübemiz, su, rüzgar, güneş ve gaz ile çalışan tüm elektrik üretim uygulamalarında kullanım için en uygun çözümleri garanti eder.

- Koruma sınıfı: IP66 / IP68 ve IP69K
- Metal ve plastikten metrik, NPT ve PG dişliler
- Gerdirme azaltma elemanları ile mevcuttur



- Tüm önde gelen bileşen üreticileriyle uyumlu
- Standart serisi EMC tertibatı
- Bağlantı parçaları stoklardan temin edilebilir
- Sürekli çalışma sıcaklığı: -100 °C ila +200 °C
- Hem iç hem de dış kullanım için
- Üstün UV direnci
- Yüksek dinamik yüklemeye dayanıklı
- Son derece yüksek sıkışma mukavemeti
- Elektrostatik deşarj malzemeleri
- Nominal çaplar: 07 ila 125
- Kapalı ve bölünebilir kanal türleri
- Halojensiz, REACH + ROHS uyumlu



6.22 Doğrudan yıldırım koruması

OPR, basit demir çubuk ve topraklama sistemi

Bir güneş enerjisi sisteminde etkin koruma sağlamak için PV tesisat doğrudan yıldırım çarpmalarına karşı korunmalı ve inverterin her iki tarafında aşırı gerilime karşı korumaya ek olarak uygun bir topraklama sistemi olmalıdır.

ABB'nin sundukları:

- OPR, ESE paratoner doğrudan yıldırıma karşı korur,
- doğrudan yıldırıma karşı koruma için basit demir çubuk,
- Yıldırım akımını güvenli bir şekilde dağıtmak için topraklama ve arabağlantı sistemi.

Ana teknik özellikler

Yıldırım akımı dayanımı (10/350µs) kA
Sparkover Zamanında Kazanç
EMC Parazit ölçümü
Parazit bağışıklığı

OPR

100
µs 30 / 60

EN 50 081.1 /
EN 50 082.2 / NFC17102



6.23 Dize kontrolü için panolar ve büyük şebekeler için izleme sistemi

Büyük sistemlerin yanı sıra ticari uygulamalar için de tasarlanmış dize kontrol panoları, her dizinin kontrolünü sürdürmeyi ve enerji üretimindeki herhangi bir kayıptan haberdar olmanızı sağlar. Kontrol edilecek dize sayısına bağlı olarak panolar, dizinin korunması ve ayrılması için gerekli tüm cihazların yanı sıra AC500 PLC serisi bileşenlerle de donatılmıştır.



12 dize - 1000V

Gemini pano, boyut 5 IP66
Boyutlar: 590 x 855 x 360

16 dize - 1000V

Gemini pano, boyut 6 IP66
Boyutlar: 840 x 1005 x 360

24 dize - 1000V

Gemini pano, boyut 6 IP54
Boyutlar: 840 x 1005 x 360

Boyutlar: U x Y x D mm

Bir RS485 seri hattı kullanarak, mevcut değerleri ve her bir dizinin şalterlerinin ve parafudurlarının durumunu bir trafo merkezi PLC'sine iletirler.

Bu, santralin verimliliğini yazılım aracılığıyla değerlendirmeye olanak tanır.

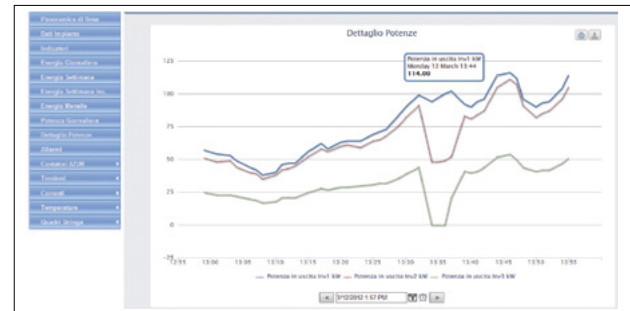
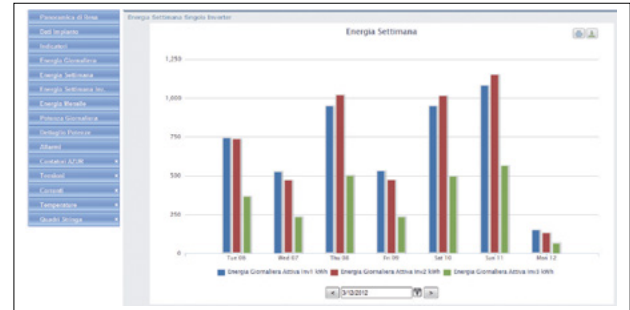


Trafo merkezi PLC - AC500 serisi*

Boyutlar: 590 x 700 x 260

Veri kaydedici

Trafo merkezi yoğunlaştırıcı panosu için Solar Veri Kaydedici



6.24 Kablolaması hazır arayüz panoları

Arayüz koruma rölesine ek olarak, İtalyan CEI 0-21 Standardı *, bir arayüz panosu üretmek için ihtiyaç duyulan diğer bileşenlerin gereksinimlerini sağlar. Bu tarz uygulamalar için ABB tarafından sağlanan ana bileşenler:

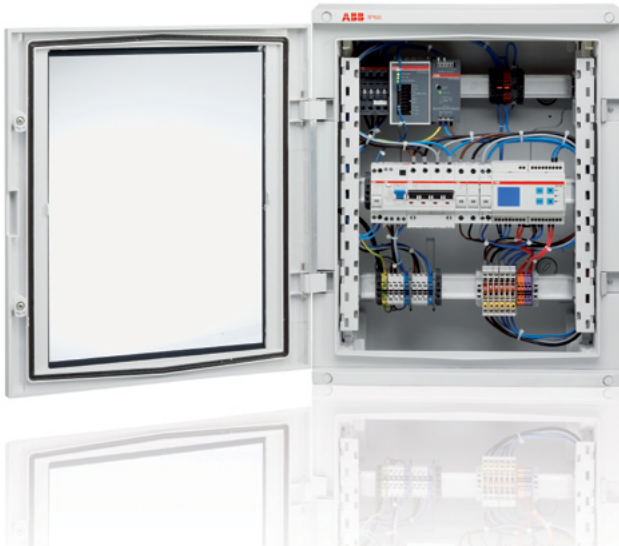
- S 200 serisi ana anahtarlar veya E 90 sigorta taşıyıcılar
- Sigortalı tip OS ayrıcılar
- arayüz koruma rölesi CM-UFD.M22
- Kısa devre koruması için uygun koruma ile koordine edilmiş Sınıf AC-3 Omnipolar kontaktör (seri AF veya EK) ya da sıfırlama için düşük gerilim bobini ve motoru olan Tmax serisi kompakt tip devre kesiciler
- CM-UFD.22 röle ve kontaktörler veya devre kesiciler için enerji depolama sistemi: CP-E 24 serisi ve CP-B serisi buffer modülleri
- Gemini serisi panolar
- SNK Serisi klemensler
- E 90 sigorta taşıyıcılar

20 kW'ın üzerindeki güç tesisatları için uzaktan harici bir anahtarı yönetmek için düşük gerilim veya şönt açma cihazı gerekir.

* VDE-AR-N 4105 standardıyla uyumlu olarak CM-UFD.M21 versiyonu da mevcuttur.

Ana teknik özellikler

Kabloları hazır arayüz panoları	Güç	Gemini Boyut
Önceden kablolu arayüz panoları	6 kW	Boyut 1
Tek fazlı Pmax 6 kW		
Önceden kablolu arayüz panoları	13,5 kW	Boyut 2
Üç fazlı 3P+N Pmax 13,5 kW		
Önceden kablolu arayüz panoları	20 kW	Boyut 2
Üç fazlı 3P+N Pmax 20 kW		
Önceden kablolu arayüz panoları	31 kW	Boyut 3
Üç fazlı 3P+N Pmax 31 kW		
Önceden kablolu arayüz panoları	46,5 kW	Boyut 5



6.25 DC dize kutuları

Fotovoltaik sistemlerin ABB kataloğu, kurulumu hazır geniş yelpazede PV dizi kombine kutuları, dize santralleri ve paralel santraller ile tamamlanmaktadır. İzolasyon sınıfı II ünitelerine dayanan bu ürünler, sistem türüne göre koruma ve izolasyon işlevlerini yerine getirmek için gerekli tüm bileşenlere sahiptir.



1 dize
Europa sigorta kutuları
IP65 8 modül
10 A, 800 V
 Otomatik sigorta
S802PV-S10
 Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS

Europa sigorta kutuları
IP65 12 modül
16 A, 660 V
 Yük ayırıcı
OTDC 16 F2
 Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
 Ayırıcı sigortalar
E 92/32 PV

16 A, 1000 V
 Yük ayırıcı
OTDC 16 F3
 Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
 Ayırıcı sigortalar
E 92/32 PV



2 dize
Europa sigorta kutuları
IP65 12 modül 1
6 A, 800 V
Otomatik sigorta
S802PV-S16
Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS

Europa sigorta kutuları
IP65 18 modül
25 A, 660 V
Yük ayırıcı
OTDC 25 F2
Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
Ayırıcı sigortalar
E 92/32 PV her dize için

25 A, 1000 V
Yük ayırıcı
OTDC 25 F3
Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
Ayırıcı sigortalar
E 92/32 PV her dize için



3 dize
Europa sigorta kutuları
IP65 18 modül
32 A, 660 V
Yük ayırıcı
OTDC 32 F2
Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
Ayırıcı sigortalar
E 92/32 PV her dize için

32 A, 800 V
Otomatik sigorta
S802PV-S32
Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
Ayırıcı sigortalar
E 92/32 PV her dize için

32 A, 1000 V
Yük ayırıcı
OTDC 32 F3
Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
Ayırıcı sigortalar
E 92/32 PV her dize için



4 dize
Europa sigorta kutuları
IP65 36 modül
32 A, 660 V
Yük ayırıcı
OTDC 32 F2
Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
Ayırıcı sigortalar
E 92/32 PV her dize için

32 A, 1000 V
Yük ayırıcı
OTDC 32 F3
Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
Ayırıcı sigortalar
E 92/32 PV her dize için

40 A, 800 V
Otomatik sigorta
S802PV-S40
Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
Ayırıcı sigortalar
E 92/32 PV her dize için



5 dize
Gemini pano, boyut 1 IP66
50 A, 800 V
 Otomatik sigorta
S802PV-S50
 Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
 Kartuş sigorta taşıyıcı
E 92/32 PV her dize için

50 A, 800 V
 Yük ayırıcı
T1D 160 PV
 Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
 Kartuş sigorta taşıyıcı
E 92/32 PV her dize için



6 dize
Gemini pano
boyutu 2 IP66
63 A, 800 V
 Otomatik sigorta
S802PV-S63
 Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
 Kartuş sigorta taşıyıcı
E 92/32 PV her dize için

63 A, 800 V
 Yük ayırıcı
T1D 160 PV
 Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
 Kartuş sigorta taşıyıcı
E 92/32 PV her dize için

8 dize
80 A, 1000 V
 Otomatik sigorta
S804PV-S80
 Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
 Kartuş sigorta taşıyıcı
E 92/32 PV her dize için

80 A, 1000 V
 Yük ayırıcı
T1D 160 PV
 Parafudur
OVR PV 40 1000 P
 Kartuş sigorta taşıyıcı
E 92/32 PV her dize için



10 dize
Gemini pano, boyut 4 IP66
100 A, 1000 V
 Yük ayırıcı
T1D 160 PV
 Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
 Kartuş sigorta taşıyıcı
E 92/32 PV her dize için

12 dize
120 A, 1000 V
 Yük ayırıcı
T1D 160 PV
 Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
 Kartuş sigorta taşıyıcı
E 92/32 PV her dize için



14 dize
Gemini pano, boyut 4 IP66
140 A, 1000 V
 Yük ayırıcı
T1D 160 PV
 Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
 Kartuş sigorta taşıyıcı
E 92/32 PV her dize için

16 dize
160 A, 1000 V
 Yük ayırıcı
T1D 160 PV
 Parafudur
OVR PV 40 1000 P TS
 Kartuş sigorta taşıyıcı
E 92/32 PV her dize için

6.26 CPI DC dize kutuları

ABB DC dize santrallerinin CPI versiyonları, düşük gerilim bobinli M serisi S800PV veya Tmax PV yük ayırıcılara dayalıdır. Görünür ve erişilebilir bir yerde kurulacak bir acil durum panosu ile bağlantı, DC panosu ile inverter arasında hattın basit ve hızlı bir şekilde kesilmesini sağlar, böylece örneğin itfaiyeciler tarafından acil bir müdahale ihtiyacı olduğu zaman, yüksek bir güvenlik standardı sağlar.



1 dize
Europa sigorta kutuları
IP65 12 modül
10 A, 800 V
 Yük ayırıcılar
S802 PV-M32

Aşağıdakilerle donatılmışlardır:
 Düşük gerilim bobini
 Parafudur
 Sigorta ayırıcılar
 1000 V'ye kadar gerilimler için vida terminalleri
 Hızlı konnektörler MC4
 Paket, acil durum panosu
 (kod. 13180) ve işaretleri içerir



2 dize
Europa sigorta kutuları
IP65 18 modül
20 A, 800 V
 Yük ayırıcılar
S802 PV-M32

Aşağıdakilerle donatılmışlardır:
 Düşük gerilim bobini
 Parafudur
 Sigorta ayırıcılar
 1000 V'ye kadar gerilimler için vida terminalleri
 Hızlı konnektörler MC4
 Paket, acil durum panosu
 (kod. 13180) ve işaretleri içerir



3 dize
Europa sigorta kutuları
IP65 36 modül
30 A, 800 V
Yük ayırıcılar
S802 PV-M32

Aşağıdakilerle donatılmışlardır:
Düşük gerilim bobini
Parafudur
Sigorta ayırıcılar
Vida terminalleri,
1000 V'ye kadar
Hızlı konnektörler MC4
Paket, acil durum panosu
(kod. 13180) ve işaretleri içerir



5 dize
Gemini pano, boyut 2
IP66 54 modül
50 A, 1000 V
Yük ayırıcı
Tmax T1D160 PV

Aşağıdakilerle donatılmışlardır:
Düşük gerilim bobini
Parafudur
Sigorta ayırıcılar
Vida terminalleri,
1000 V'ye kadar
Hızlı konnektörler MC4
Paket, işaretleri içerir



6 dize
Gemini pano, boyut 2
IP66 54 modül
60 A, 1000 V
Yük ayırıcı
Tmax T1D160 PV

Aşağıdakilerle donatılmışlardır:
Düşük gerilim bobini
Parafudur
Sigorta ayırıcılar
Vida terminalleri,
1000 V'ye kadar
Hızlı konnektörler MC4
Paket, işaretleri içerir



4 dize
Europa sigorta kutuları
IP65 36 modül
40 A, 800 V
Yük ayırıcılar
S802 PV-M63

Aşağıdakilerle donatılmışlardır:
Düşük gerilim bobini
Parafudur
Sigorta ayırıcılar
1000 V'ye kadar gerilimler için vida terminalleri
Hızlı konnektörler MC4
Paket, acil durum panosu
(kod. 13180) ve işaretleri içerir

8 dize
80 A, 1000 V
Yük ayırıcı
Tmax T1D160 PV
Aşağıdakilerle donatılmışlardır:
Düşük gerilim bobini
Parafudur
Sigorta ayırıcılar
Vida terminalleri,
1000 V'ye kadar
Hızlı konnektörler MC4
Paket işaretleri

S800-FSS Fire Service Switch**VDE-AR-E 2100-712'ye göre**

Yalnız büyük sistemler için değil, konut uygulamaları için de tasarlanmıştır. Fire Service Switch kişiler ve nesneler için optimum koruma sağlayacaktır.

İnverter MPPT'lerinin sayısına bağlı olarak, iki versiyonu mevcuttur. Tüm arıza ihtimalleri bu koruma sistemi ile korunmaktadır. Arıza giderme veya elektrik kesintisinden sonra yenilikçi bir uzaktan kumanda anahtarı ile sistem otomatik olarak açılır.

Kısa gerilim kesintileri veya gerilim dalgalanmaları algılanır ve sistem açılmaz.

Yeni Fire Service Switch ile yangın durumunda maksimum koruma ve yüksek güvenilirlik sağlanır.

Önemli özellikleri

- Ayırma özellikleri, yük altında anahtarlama
- 63A'ya kadar dize koruması
- Bir düğme ile çalıştırma veya duman dedektörü ile isteğe bağlı
- Kontak durumu görüntüleme
- Kapalı devre akım prensibi
- Arıza giderme veya elektrik kesintisinden sonra bir uzaktan kumanda anahtarı ile sistem otomatik olarak açılır
- Kısa gerilim kesintileri veya gerilim dalgalanmaları, bir enerji depolama alanı ile köprülenecektir.
- Sezgisel çalışma

Uygulama alanları

- Endüstriyel, kamusal veya çiftlik binalarının çatılarındaki PV sistemler
- Konut çatılarındaki PV sistemler
- Binaların önlerindeki PV sistemler

Ana teknik özellikler

	S810 - FSS	S820 - FSS
Kanal	1	2
Sistem Gerilimi	1200V	1000V
Maks. akım	63A	2 x 32A
Yardımcı Kontaklar	1 NC + 1 NO	1 NC + 1 NO
Enerji Depolama	4 san.	4 san.
Boyutlar	335 x 400 x 210	335 x 400 x 210
IP	IP 65	IP 65



6.27 Çok çıkışlı DC dize kutuları

Çok çıkışlı DC pano, tek bir panoda bağımsız devreler içermekte olup, inverterden (çoklu MPPT) kendi dizele-
rinin özerk yönetimi ve sistemin maksimum performan-
sını sağlamaktadır.



2 dize (2 giriş, 2 çıkış)
Europa sigorta kutuları
IP65 36 modül
16 A, 660 V

Yük ayırıcı

OTDC 16 F2

Parafudur

Sigorta ayırıcılar

1000 V'ye kadar gerilimler için vida terminalleri

10 A, 800 V

Otomatik sigorta

S802 PV-S10

Parafudur

Sigorta ayırıcılar

1000 V'ye kadar gerilimler için vida terminalleri



3 dize (3 giriş, 3 çıkış)
Gemini pano, boyut 2
IP66 54 modül
16 A, 1000 V

Yük ayırıcı

OTDC 25 F3

Parafudur

Sigorta ayırıcılar

1000 V'ye kadar gerilimler için vida terminalleri

10 A, 1000 V

Otomatik sigorta

S804 PV-S10

Parafudur

Sigorta ayırıcılar

1000 V'ye kadar gerilimler için vida terminalleri

Ek A: Yeni teknolojiler

A.1 Hücreler: gelişen teknolojiler

Yeni farklı teknolojiler araştırma ve geliştirme faaliyetlerine konu edilmektedir. Bu yeni teknolojiler, kendi ilham aldıkları konseptler temelinde iki tipolojiye ayrılabilir:

- “hassaslaşmış boya” hücreleri, organik hücreler ve inorganik-organik nano bileşiklere (DSSC) dayanan hibrit hücreleri içeren düşük maliyetli tip;
- Tek bir bağlantı noktası için solar dönüşüm verimliliğinin teorik sınırını aşabilen bazı hücreleri elde etmek için farklı yaklaşımları kapsayan yüksek verimli tip; yani konsantrasyon olmadan %31, mümkün olan maksimum konsantrasyonda %40.8 (OSC).

Boya duyarlı güneş hücreleri (DSSC – ayrıca mucitlerinin ismi Grätzel hücreleri olarak da bilinir) birbiri üzerine yatırılan aşağıdaki elemanlara sahip cam veya plastik alt tabakadan oluşur: ince bir film iletken şeffaf elektrot, yarı-iletken, titanyum dioksit (TiO_2) gözenekli bir nano-kristal katmanı, TiO_2 yüzeyi üzerinde dağıtılmış boya molekülleri (rutenyumun metal organik kompleksler), bir organik solvent ve iyodid/trioksit olarak bir redoks çiftten oluşan bir elektrolit ve de platinyum katalizörlü karşı elektrot. Geleneksel hücrelerin aksine, güneş ışığı emme ve elektrik yüklerinin üretimi, yüklerin ulaştırma fonksiyonundan ayrılmıştır. Aslında, boya molekülleri ışığı emer ve elektron-deliği çiftleri oluşturur; elektronlar TiO_2 'e verilir ve temas alanına kadar taşınır; redoks çifti, arka elektrot (harici devrelerden elektronların çekildiği yer) ile iç devreyi kapatarak boyaya elde edilen elektronu sağlar. Bu teknolojinin en büyük avantajı, düşük maliyetli işlemler ile geniş bir alana farklı malzemelerin biriktirilebilmesi ile gösterilmektedir; böylece maliyetlerinin 0.5 €/W'ye ulaşması beklenmektedir.

Bu hücre teknolojisinin verimi ilginç seviyelere ulaştı ve büyümeye devam ediyor: ticari uygulamalar için verimlilik %10, ancak laboratuvarlarda bu oran %12.3'e kadar ulaştı.

Ayrıca, DSSC hücreleri, zayıf aydınlatma koşullarında (örneğin, bulutlu gökyüzü) dikkate değer bir fenomen olan yeniden birleşme kayıplarına tabi olmadığından, aydınlatma azaltıldığında da işlev görürler.

İşlemi desteklemek için ihtiyaç duydukları minimum ışıma düzeyi, geleneksel silisyum hücrelerin gerektirdiğinden daha düşüktür ve bu nedenle, iç uygulamalar için, aydınlatma tesislerinden enerji toplanması adına bunların kullanımı tavsiye edilmiştir.

Organik güneş hücreleri (OSC) iletken bir şeffaf elektrot (cam ya da plastik üzerine ITO), organik moleküller ya da polimerlerden oluşan bir aktif madde ve metalik bir karşı elektrottan oluşur. OSC'de güneş ışığının emilimi ve elektrik yüklerinin serbest kalması organik madde

yoluyla gerçekleşir ve bu madde, elektrotlara PV etki ile oluşturulan yüklerin taşınmasından da sorumludur. En verimli organik hücreler (ancak sadece belli yüzdelik noktasına ulaşır), klorofil fotosentez işleminden esinlenmişlerdir: bitkisel pigment gibi orman meyvelerinden türetilen antosiyaninler gibi bileşiklerin bir karışımını veya güneş ışınımı emilimini maksimuma çıkarmak için sentezlenen polimer ve molekülleri kullanırlar.

Öte yandan **hibrit hücrelerde** aktif materyal, organik moleküllerin ve de inorganik bileşiklerin nano parçacıklarının bir karışımı olabilir (ör: karbon nanotüpler).

Organik yarı iletkenler, düşük sıcaklıklarda düşük endüstriyel maliyetle, önce sentezlenip sonra esnek alt tabakalar üzerinde bulunan büyük bir alana uygulanabildiklerinden dolayı, orta-uzun vadede düşük maliyetli PV santralleri üretme amacına ulaşmak için gerekli kapasiteye sahiptirler. Şu an için bu tipolojinin ana sınırı onun dönüşüm verimliliğidir (< % 7). Ayrıca, bu cihazların kararlılığı ve yaşam süresi ile ilgili çalışmalar yapılmalıdır. Yüksek verimlilik için devam eden faaliyetler, özellikle seri halde yerleştirilmiş çoklu cihaz üretimini amaçlamaktadır; içindeki her bir bağlantı noktası, güneş ışıması spektrumunun belirli bir aralık içinde fotojenerasyonu için belirli bir malzeme ile tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

Her bir bağlantı noktası, valans bandından iletim bandına elektron transferini belirlemek için farklı bir enerjiye ihtiyaç duyduğundan, güneş ışımasından daha fazla sayıda fotona sahip enerjiyi % 30'un üzerinde olan bir dönüşüm verimliliği ile kullanmak mümkündür (teorik limit %50). En umut vadeden çözümler arasında kuantum noktalı (QD) silisyum bazlı hücreler vardır. Bu durumda, fotovoltak malzeme silisyum oksit, silisyum nitrür veya silisyum karbür gibi silisyum tabanlı dielektrik malzemenin bir matrisine gömülü ve neredeyse küresel şekle ve 7nm'den az çapa sahip silisyum nanokristallerden oluşur.

Noktaların boyutlarını ve yoğunluğunu kontrol ederek, solar spektrumun parçasından yararlanmak için malzemeye en uygun karakteristikleri sağlamak mümkündür. Fotovoltakler için uygun bir malzeme, bir silisyum nitrür veya karbür matriste, yaklaşık 1 nm mesafede birkaç nm'lik çapa sahip aşağı yukarı düzenli silisyum kafes kuantum noktasından oluşur.

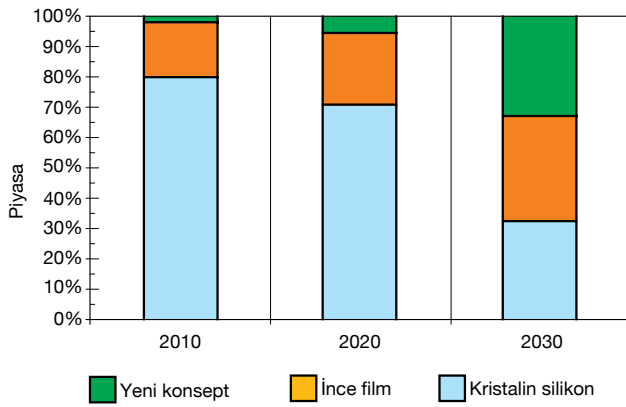
Yüksek verimlilik için alternatif bir yaklaşım da güneş radyasyonunun farklı renk bileşenlerini dikroik (iki renkli) malzemelerle ayırabilen ve onu her biri solar spektrumun bir parçasını en iyi şekilde kullanabilen, fiziksel olarak ayrı farklı hücrelere gönderen konsantrasyon sistemleri kullanmaktır. Bu yaklaşım, çok bağlantılı pahalı hücrelerin kullanımını önler ve geleneksel konsantrasyon sistemlerinde görülen PV hücrelerin sıcaklık artışı sorununu azaltır.

Günümüzde bu tür teknolojilere dayanan modüller, ilk

kılavuz üretim hatları kuruluyor olsa bile piyasada mevcut değildir. Ticari difüzyon ile organik hücreler elde etmek için tahmini süre yaklaşık on yıldır.

Şekil A.1, kısa, orta ve uzun sürede düşünülen bu teknolojiler için pazar payı tahminini gösterir. Yeni konseptler, gelişen teknolojilere ek olarak, ayrıca konsantre fotovoltaikleri içerir.

Şekil A.1



A.2 Konsantre fotovoltaikler

Konsantre güneş santralleri, PV hücreleri ışıqla doğrudan vurmak için uygun optik sistemler aracılığıyla güneş ışması konsantrasyonu prensibini kullanırlar. Şu anda kullanılan yoğunlaştırıcılar, hem “Nokta odak” çözümlerindeki gibi (her hücrenin kendine has bir odak noktası olduğu) ışık kırıcı (Fresnel veya prizmatik mercek) hem de “Yoğun dizi” çözümlerindeki yansıtıcıdır (burada Güneş radyasyonunun yoğunlaştığı çizgi boyunca konumlanmış hücrelerin birleşimi için tekli optik odak vardır).

Sistemin tepe enerjisini sabit tutarak, kullanılan yarı iletken alan optik konsantrasyona eşit bir faktörle azaltılır ve bu nedenle geleneksel teknolojilere kıyasla PV dönüşüm veriminde bir artış olur.

Bununla birlikte, fotovoltaiklerin yoğunlaşması, daha kompleks tesis tasarımı ve mühendisliği anlamına gelir:

- tasarım aşamasında yerin özelliklerinin analizini oldukça zorlaştıran ve bu santraller için uygun alanların sayısını azaltan direkt güneş ışınımı yüksek alanlara santrallerin kurulumu gerekliliği;

- modülün direkt güneş ışmasına olabildiğince dik tutulması için hassas bir takip sistemi gerekliliği;
- artan ışınlım yüzünden erişebilecekleri yüksek sıcaklık nedeniyle hücreler için bir soğutma sisteminin gerekliliği; çalışma sıcaklığı hava soğutma sistemleri (yassı kanat ısı eşanjörleri) veya sıvı soğutma sistemleri (mikro tüpler ve ortak üretim için alınan ısıyı kullanma ihtimali) yoluyla 200-250° C'nin altında tutulmalıdır.

Konsantrasyon santralleri şu şekilde ayrılabilir:

- **düşük konsantrasyonlu santraller** geleneksel bir PV modülünün her iki yanında yer alan alüminyum panellerden oluşan oldukça basit yansıtıcı sistemlere dayanır (Şekil A.2); piyasadaki PV modüllerin azlığının üstesinden gelmek için yakın geçmişte çalışılmıştır, fakat günümüzde neredeyse hiç kullanılmamakta veya yüzen PV sistemler gibi niş kurulumlarla sınırlı olmaktadır (bkz. Bölüm A.4);
- **ortalama konsantrasyonlu santraller** (10x-200x), tekli kristal silisyum veya ince film hücrelerini, genellikle bir derece serbestliğe sahip bir izleme sistemi ve parabolik ayna yoğunlaştırıcıları ile birlikte kullanılırlar (Şekil A.3);
- **yüksek konsantrasyonlu santraller** (400x-1000x), çok bağlantılı yüksek verimli (bazı durumlarda %40'dan daha yüksek) hücreler, nokta odaklı optik aletler ve iki serbestlik derecesine sahip bir izleme sistemi kullanılırlar (Şekil A.4).

Şekil A.2:



Şekil A.3



Şekil A.4



Konsantre PV sistemler vasıtasıyla dağıtılan üretim alanında, yukarıda belirtildiği gibi, birleşik üretim uygulamaları için gerekli olan ısıyı geri kazanılmasını elektrik enerjisi üretimine ekleme imkânı vardır, çünkü hücrelerin soğutulmasından kaynaklanan ısı, klima veya sıcak sıhhi su için kullanılabilir hale gelir.

Öte yandan birleşik üretim çözümünde, ısı üretimi için hücrelerin daha yüksek bir sıcaklıkta çalışması zorunluluğu vardır ve bu PV verimliliğinde azalmaya neden olur. Konsantre fotovoltaikler, son yıllarda endüstriyel üretim safhasına kademeli olarak geçiş olsa dahi, halen araştırılmaktadır.

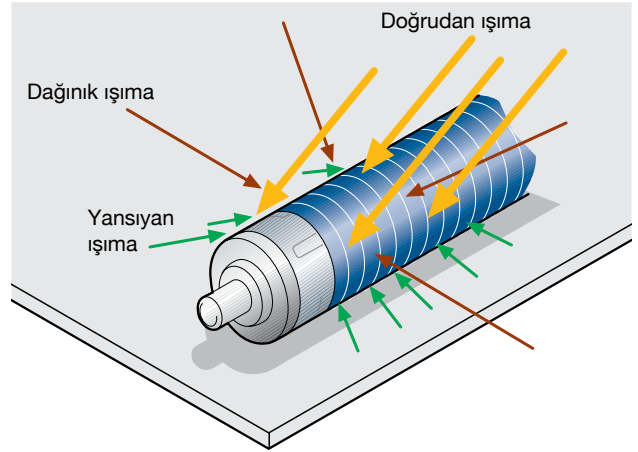
Çift eksenli izlemeye sahip yüksek konsantrasyonlu bir sistemin gerçekleştirme maliyeti 3-3.5 €/W'dir; bununla birlikte, PV konsantrasyon sistemleri, sadece üretim maliyetleri açısından değil, aynı zamanda, hücrenin verimliliğinin artması ve izleme sistemlerinin doğruluğu bakımından da elde edilebilen performanslar göz önüne alındığında, hâlâ geniş bir iyileşme marjı sergilemektedir.

A.3 Silindirik modüllü PV sistemler

Bu yarı entegre güneş santralleri, 360°'de ince filmlerle kaplanmış silindirik modüller kullanır; böylece güneş ışığının yanı sıra üzerinde bulunduğu yüzey tarafından yansıtılan ışıktan da yararlanır (Şekil A.5).

Silindirik modüller, yatay olarak birbirinin ardı sıra monte edildiklerinde ideal şekilde çalışırlar; sistem hafiftir ve geleneksel modüllerin aksine "süzülme" etkisine tabi değildir ve böylece balastlı ağırlıklar aracılığıyla modüllerin sabitlenmesine ihtiyaç duyulmaz.

Şekil A.5



A.4 Yüzen PV sistemler

İlginç bir uygulama da, yüksek rakımlı su depoları veya göletler gibi kapalı sulara yerleştirilen yüzen PV santralleridir (Şekil A.6). Bu tür santraller deniz kökenli yüzen bir yapıya kurulmalıdır; bu yapı hidrolik pompalar (modüllerin su soğutması için) ve izleme sistemleri ile donatılabilir. Dahası, hücrelere gelen ışınımı arttırmak için bazı konsantrasyon sistemleri mevcut olabilir.

Bu uygulamanın başlıca avantajları:

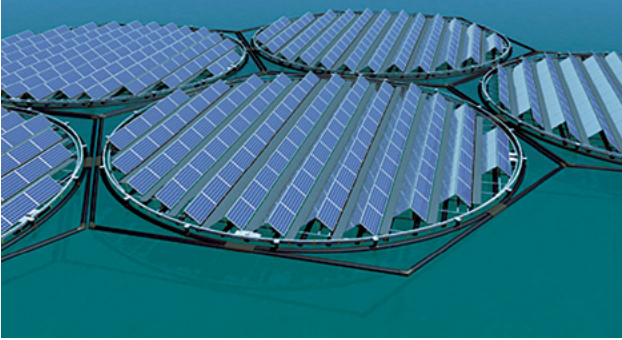
- sınırlı çevresel etki: çünkü bu santrallerin kurulduğu su yatakları herhangi bir peyzaj bağı olmayan alanlarda bulunur;
- modüller üzerinde su soğutma etkisi: panel yüzeyinde dolaşan ince bir su tabakası, modül sıcaklığını maksimum verimliliği sağlayacak değerlerde tutar. Bu yıllık enerji üretimini yaklaşık %10 oranında artırır ki bu pompalı soğutmanın tüketiminin üzerindedir;

- izleme: çünkü yüzen platform bir derece serbestliğe kadar bir solar izleyici olarak çalışabilir ve gün içinde Doğu-Batı yönünde hareket ederek yıllık üretimde %25'e kadar bir artış sağlar.

Yine de yüzen sistemlerin kullanılmasını zorlaştıran bazı dezavantajlar vardır:

- modüller üzerinden suyun sürekli akışı ve suyun bitki örtüsü ve yaban hayatı ile olan etkileşiminin, uzun süreli etkileri hâlâ bilinmemektedir;
- yüzen yapıdan dolayı ve izleme ve soğutma sistemlerine bağlı ekstra maliyetler (yaklaşık 0.8 €/W): bir çatıda veya zeminde aynı büyüklükte bir tesisatla karşılaştırıldığında, toplam maliyetin yaklaşık %50 artması.

Şekil A.6



A.5 Mikro-inverterler

Bunlar, her modülde kurulu ve bazı önemli avantajların elde edilmesini sağlayan küçük boyutlu makinelerdir (180W - 320W); bu avantajlar:

- geleneksel sistemlerden çok daha düşük bir gücü yöneten, genellikle arızalara daha çok maruz kalacak soğutma sistemlerine ihtiyaç duymayan inverterin güvenilirliğinde artış; bu nedenle, tek bir mikro-inverter için yıllık hata olasılığı, geleneksel bir inverterden 40 kat daha düşük olabilir;
- merkezi inverterli santrallerin aksine kendi MPPT sistemi ile donatılmış olan her bir mikro-inverterin, diğer modüllerin çalışma koşullarından bağımsız olarak kendi maksimum güç noktasına göre çalışması nedeniyle tesisin üretilebilirliğinde artışa neden olması; üretilebilirlik için bu tür bir fayda, modüller yerleşim tesislerinde sıkça görülen bir durum olan farklı eğilimler veya gölgeleme için farklı ışıma değerlerine tabi olduğunda dikkate değerdir.

Diğer yandan bu tarz makinelerin kullanımı bazı dezavantajları beraberinde getirir:

- hem bu teknolojinin tam olarak gelişmemiş olması hem de büyük boyutlu inverterlerin satın alınmasından kaynaklanan tasarrufların kullanılmasının imkânsızlığına bağlı olarak daha yüksek maliyetler;
- mikro-inverterin azami verimliliği, küçük boyutlarından dolayı geleneksel inverterlerinkinden %3-4 daha azdır; sonuç olarak, yukarıda da belirtildiği gibi mikro-inverterlerin kullanılması, yalnızca, yıllık çalışma saatlerinin büyük bir kısmında, modüllerin farklı eğimi ve gölgelenmesi nedeniyle nominal değerine yakın bir aydınlatma koşulunun bulunmasının mümkün olmadığı tesislerde avantajlıdır.

Ek B: Diğer yenilenebilir enerji kaynakları

B.1 Giriş

Yenilenebilir enerjiler, kendilerine has karakterleri nedeniyle yeniden elde edilebilen ve bir “insan” zaman ölçeğinde “tükenebilir” olmayan ve de kullanılması gelecek nesiller için doğal kaynakları tehlikeye atmayan kaynaklardan üretilen enerji türleridir.

Dolayısıyla güneş, deniz, yeryüzünün ısısı genellikle “yenilenebilir enerji” kaynakları, yani günümüzdeki kullanımı gelecekteki kullanılabilirliğini tehlikeye atmayan kaynaklar olarak kabul edilir; bunun aksine, “yenilenebilir olmayan” kaynaklar, hem etkili tüketime göre daha yüksek uzun oluşum dönemlerine sahip olmalarından hem de bir insan zaman ölçeğinde tükenbilir olan rezervlerde bulunduklarından gelecek için kısıtlıdır.

Eğer “yenilenebilir enerji”nin tam tanımı yukarıda bahsedilen ise, eş anlamlı olarak “sürdürülebilir enerji” ve “alternatif enerji kaynakları” gibi ifadeler de sıklıkla kullanılır. Yine de, bazı küçük farklılıklar vardır; nitekim sürdürülebilir enerji, sürdürülebilir kalkınma sağlayarak enerji kullanımı verimliliği hususunu da içeren bir enerji üretim ve kullanım yöntemidir. Alternatif enerji kaynakları ise, hidrokarbon harici kaynaklardan yani fosil olmayan malzemelerden oluşan tüm kaynaklara denir.

O nedenle, “yenilenebilir” enerji grubuna bir veya daha fazla kaynağın dâhil edilmesi konusunda farklı çevrelerde farklı görüşler bulunduğundan, yenilenebilir enerji kaynaklarının tamamını kapsayan net bir tanımlama yoktur.

B.2 Rüzgar gücü

Rüzgar enerjisi, rüzgarın kinetik enerjisinin diğer enerji türlerine, ağırlıklı olarak elektrik enerjisine dönüşümünün bir ürünüdür.

Bu tip dönüştürme için kullanılan cihazlar aerojenaretörler veya rüzgar türbinleri olarak adlandırılır.

Bir rüzgar türbini 3-5 m/sn minimum rüzgar hızı (devreye sokma) gerektirir ve 12-14 m/s rüzgar hızında isim levhası kapasitesi sunar.

Yüksek hızlarda, jeneratör güvenlik nedenleriyle fren sistemi tarafından engellenir.

Engelleme, rotoru yavaşlatan mekanik frenlerle veya stop ettirme olayına dayanan yöntemlerle kanatları rüzgardan “saklayarak” yapılabilir.

Ayrıca rüzgar yönünü ayarlayarak güç çıkışını sabit tutan değişken aşamalı rüzgar türbinleri de vardır.

Rüzgar hızı değişken olduğundan rüzgar türbininin dakikadaki devir sayısı (RPM) da değişkendir; ancak, şebeke frekansının sabit olması gerektiğinden, enerjinin şebekeye verildiği gerilim ve frekansın kontrolü için rotorlar invertere bağlanır.

Rüzgar jeneratörü kinematiği, düşük sürtünmeler ve düşük aşırı ısınma ile karakterize edilir; dolayısıyla soğutma sistemine (yağ ve su) ihtiyaç olmaması, bakım maliyetinde kayda değer bir düşüş sağlar.

Çevresel etki, bu santrallerin kurulumu için her zaman önemli bir engel olmuştur. Ayrıca, çoğu durumda, en rüzgarlı yerler dağların zirveleri ve yamaçlarıdır; buralardaki rüzgar santralleri, her zaman tolere edilmeyen bir manzara etkisiyle çok büyük uzaklıklardan görülebilir. Yüksek ölçekli üretim düşünüldüğünde oldukça önemli olan diğer bir problem de üretilen elektrik enerjisinin sürekliliğidir.

Nitekim güneşe benzer olarak ve diğer geleneksel güç kaynaklarının aksine, rüzgar, dengeli ve sürekli bir şekilde güç sağlamaz ve özellikle üretilen enerjinin yük gereksinimlerine uyarlanabileceği şekilde kontrol edilemez. Ayrıca, bazı ülkelerde hava trafiğinin kontrolü için görevlendirilen yetkililer, rüzgar kulelerinin yüksek RCS'leri (*Radar Kesitleri*) nedeniyle yankıları kolayca ortadan kaldıramayan radarlara parazit yaptıklarından, yeni rüzgar santralleri ile ilgili endişelerini dile getirmişlerdir¹.

Tüm bu sınırlamalara rağmen, birçok Avrupa ülkesinde, kolay kurulumları ve düşük bakımları nedeniyle ve de sadece anakaradan değil ayrıca açık denizdeki kıydan uzak santrallerden yararlanabilme imkanları sayesinde rüzgar parklarının yaygınlığı artmaktadır.

B.3 Biyokütle enerji kaynağı

Enerji üretimi amacıyla kullanılabilir biyokütle, doğrudan yakıt olarak kullanılabilen veya daha uygun ve geniş kullanım için sıvı ya da gaz yakıtlara dönüştürülebilen tüm canlı materyallerden oluşur. Biyokütle terimi, orman kalıntılarından ahşap dönüşüm endüstrisi atıklarına veya zooteknik çiftliklerin atıklarına, heterojen malzemeleri içerir. Genel olarak, fotosentez reaksiyonlardan elde edilen tüm organik malzemeler biyokütle olarak tanımlanabilir.

İtalya'da, biyokütleler enerji talebinin %2.5'ini karşılar. Yanma sırasında salınan CO₂, büyüme sürecinde ağaçların emdiği CO₂'ye denk olduğundan atmosfere verilen karbondioksit miktarı neredeyse sıfır olarak kabul edilir. Biyokütleler, farklı boyutlardaki termik üretim santrallerinde kullanılabilir; boyutlar tamamen bölgenin karakteristiklerine ve bu yakıtın komşu bölgelerdeki bulunabilirliğine bağlıdır.

¹ Radar kesiti (RCS), radar dalgaları bir hedefe ışınlandığında, sadece belirli bir miktar geri yansıtıldığı için bir nesnenin bir radarla ne kadar algılanabilir olduğunu gösteren bir ölçümdür. Yüzey düzlem kesimi arasındaki açılar gibi birkaç farklı faktör, elektromanyetik enerjinin ne kadarının kaynağa geri döndüğünü belirler. Örneğin bir hayalet uçak (saptanamamak üzere tasarlanmış), yüksek RCS'ye sahip bir yolcu uçakları aksine ona düşük RCS kazandıran tasarım özelliklerine sahiptir.

B.4 Jeotermal güç

Jeotermal güç, yeryüzünün en iç bölgesi olan toprak altındaki ısı kaynaklarını kullanan bir enerji türüdür. Genellikle jeotermal olayların olduğu bölgelerle bağlantılıdır (İtalya'da Tuscany, Latium, Sardunya, Sicilya ve Veneto, Emilia Romagna ve de Lombardy'deki diğer bölgeler "sıcak alanlar" olarak ifade edilebilir); burada yüzeye yakın kayalıklara yayılan ısı, buhar türbinleriyle elektrik üretmek veya konutsal ve endüstriyel uygulamalarda ısıtma için kullanılabilir².

Ayrıca, topraktaki gizli enerjiden yararlanmayı sağlayan teknolojiler (jeotermal sensörlü ısı pompaları) mevcuttur: bu durumda, düşük sıcaklıklı jeotermal enerji söz konusudur. Bu pompalar, tüm yıl boyunca toprağın nispeten sabit sıcaklığından yararlanan elektrikli ısıtma (ve soğutma) sistemleri olup tüm dünyada geniş bir bina yelpazesinde kendine bir kullanım alanı bulabilir. Jeotermal sensörler, içinde termal olarak iletken sıvının aktığı dikey (veya yatay) olarak topraklanmış ısı eşanjörleridir (veya tüpleri). Kış boyunca, enerji topraktan eve aktararak ortam ısıtılırken, yaz boyunca çevreden alınan ısı toprağa aktararak sistem ters çevrilir.

B.5 Gelgit gücü ve dalga hareketi

Denizin sağladığı yüksek enerji rezervi, farklı şekillerde yararlanmak üzere uygundur (yeryüzünün %70'inden fazlasını denizler oluşturup ortalama 4000 m derinliğe sahiptirler). Doğrusu, termik gradyana (iki nokta arasındaki sıcaklık farkı) bağlı ısıya ek olarak, denizde akıntı, dalga ve gelgitler nedeniyle kinetik enerji de mevcuttur.

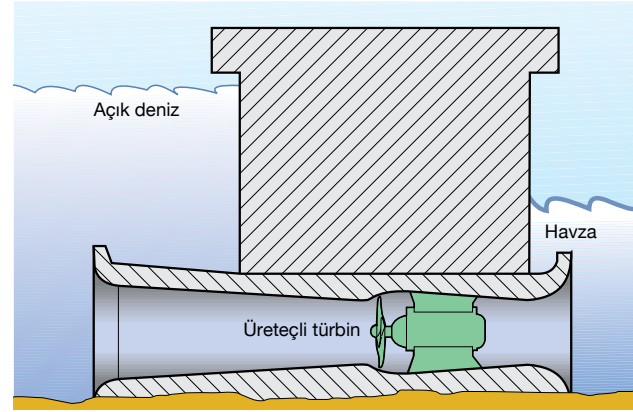
Met ve cezir arasında geniş bir aralık olduğunda, bir gelgit akıntısı enerji santralinin inşasını öngörmek mümkündür; Kanada kıyılarında veya Manş kıyı şeridi üzerinde, met ve cezir arasındaki yükseklik (veya baş) farkı 8.15m'ye ulaşır; bunun aksine, Akdeniz'de gelgit aralığı genellikle 50 cm'yi aşmaz.

Bir gelgit santralinde, su içinde hız kazandığı bir boru dizisi boyunca geçerek birkaç kilometre karelik bir havzada içeri ve dışarı akar ve jeneratörlere bağlı bazı türbinlere güç sağlar (alternatörler).

Cezir sırasında, su havzadan derin denize akar ve böylece türbine güç verir; deniz seviyesi yükselmeye başladığında ve gelgit yeterince yüksek olduğunda, deniz suyunun havzaya akması sağlanır ve türbin tekrar güçlendirilir.

Bu sistemin bir özelliği de türbinlerin tersine çevrilebilmesidir; böylece su seviyesi alçaldığında ve yükseldiğinde çalışabilir (Şekil B.1).

Şekil B.1



Genel olarak, elektrik üretmek için gelgitten yararlanmak az etkilidir; şimdiye kadar bu tipte iki kurulum inşa edilmiştir: en önemlisi Britanya'daki (Fransa) Rance Nehri'nin denize döküldüğü yerdedir ve toplam 240 MW güç kapasitesi vardır. Diğerleri ise Rusya'dadır.

Denizdeki dalgalar, rüzgardan alınan enerjinin deposudur. Dalga boyu ne kadar uzun olursa, o kadar enerji depolanabilir. Denizin genişliği ve tek bir dalgada bulunan enerji göz önüne alındığında, kullanılabilecek büyük bir yenilenebilir enerji rezervi vardır.

ABD kıyılarının açıklarında, dalga hareketinin (rüzgar olmadan ve küçük bir dağılım ile yüzlerce kilometre yolculuk eden) içerdiği enerjinin ortalama toplam miktarı, 60m su derinliğinde (Enerji yaklaşık 200m'de dağılmaya başlar ve 20 m derinlikte üçte biri olur) yaklaşık 2.100 terawatt saat (TWh/yıl) (2100×10^{12} Wh) olarak hesaplanmıştır.

² İtalya'da günümüzde jeotermal güçten yararlanma sadece Tuscany ve Lazio'nun yüksek yerleriyle sınırlıdır; 2004'te toplam 681 MW toplam kapasiteye ve ulusal elektrik üretiminin %1.55'ine denk gelen 5.4 milyar kWh bir üretime sahipti.

Gelgit enerjisinin üretimi, halihazırda olağanüstü bir ilgi uyandıran bir gerçekliktir. Portekiz, Birleşik Krallık, Danimarka, Kanada, ABD, Avustralya, Yeni Zelanda vs. gibi ülkelerde, sadece bu konuyla ilgili onlarca şirket ve araştırma enstitüsü bulunmaktadır. Bu kaynak kullanıldığında KWh başına maliyet, rüzgar gücü üretimininkine yakındır. Test aşamasındaki teknolojiler ve kullanılan teknolojiler birbirinden farklıdır ve çeşitlidir: yuvarlanmamış ve sarılmış bir kablo vasıtasıyla demirlenmiş yüzen cihazlar, basınçsal elektrikli pedler, su ile doldurulup boşaltılan dubalar, çeşitli yüzer sistemler ve hem kıyıda hem de deniz yüzeyindeki sabit sistemler.

İlk kurulumlar yüksek çevresel etkiye sahip sabit yapılardı. İlk yüzer proje, 1978'de birçok ülkenin (Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Krallık, İrlanda, Kanada ve Japonya) enerji üretimi 2MWh olan bir gemi inşasına başladığı Kaimei projesidir. Diğer bir benzer proje Japon Mighty Whale'dir. İtalyan projesi Sea Breath de bu aileye dâhildir.

B.6 Mini-hidroelektrik güç

Mini hidroelektrik terimiyle, azaltılmış boyutlara ve düşük çevresel etkiye sahip 10 MW'den az gücü olan hidroelektrik üretim istasyonları ifade edilir. Enerji, türbinleri hareket ettirmek için su akışını kullanan hidrolik santraller üzerinden elde edilir. Mini hidroelektrik teknolojisi, pek çok tarımsal ve dağlık alanda önemli bir kaynak sağlayabilir ve hem nehirler boyunca mevcut olan yapıları (kanallar, arıtma tesisleri, su kemerleri) geri kazanarak hem de önemli su akışının mevcudiyetinde su sıçramaları oluşturarak ve tutma havzalarında sınırlı etkide müdahaleler gerçekleştirerek bu teknolojiden yararlanılabilir.

B.7 Solar termik güç

Solar termik santraller en yaygın santrallerdir ve İtalya'daki çatılar üzerinde daha kolay bir şekilde kendine uygulama alanı bulabilir. Bir güneş toplayıcı ile güneş ışınlarını ağırlıklı olarak, su ısıtma, sıhhi kullanımlar ve ayrıca dikkatli bir değerlendirmenin ardından odalar ve yüzme havuzlarının ısıtılması için kullanılır.

20 yılı aşkın ortalama ömrü olan ve çok kısa bir geri ödeme süresine sahip kurulumları bulunduran bu teknoloji, olgun ve güvenilirdir. Kişi başı günde 75 litre sıcak su kullanan 4 kişilik bir aile, geleneksel gazlı kombiyi bir güneş santrali ile birleştirerek (tipik santral: 4 m² panel ve 300 litre tank), üç yıllık bir süreçte yaklaşık 4000€ olan gerekli yatırımı amorti edebilir. Bu hesaplama, satın alma ve kurulum

masraflarının bir kısmının vergilerden düşmesini sağlayan mevcut teşvikleri de hesaba katar (binaların yeniden enerji yeterliliği kazanması için %55 vergi indirimi).

Mevcut teknolojik çözümler üç kategoriye ayrılabilir:

- **camsız toplayıcılar**, çok basit bir çalışma prensibine dayanır: su, genel olarak, doğrudan güneş ışımaya maruz kalan bir plastik malzemeden yapılmış borular boyunca akar ve ısıtılarak borular içinde dolaşan suyun sıcaklığının artmasını sağlar;
- **düz plakalı toplayıcılar**, camsız toplayıcılar ile aynı prensibe dayanır, ancak daha yüksek ısı iletkenliğine sahip malzemeler kullanır (bakır, paslanmaz çelik, alüminyum, ...) ve arka kısmında (ısıyı tutmak ve ısımayı maksimuma çıkarmak amacıyla) düz plakalı emici ve konveksiyon yoluyla çevre ısı kaybını önlemek için üst kısmında cam (veya plastik malzeme) bir plakadan oluşan kasalarda (paneller) muhafaza edilir;
- **vakumlanmış boru toplayıcılar**, içinde konvektör sıvısını barındıran boru daha yüksek çaplı bir cam boru içinde muhafaza edilir ve bu borunun iç yüzeyi emici malzeme ile kaplanmış olup burada konveksiyon nedeniyle ısı kaybını azaltmak üzere termik izolasyon elde etmek amacıyla vakum oluşturulur.

Konvektör sıvısı tarafından toplanan ısı, belirli bir depolama tankında bulunan sıhhi suya kurulum tipolojisine göre farklı şekillerde aktarılır.

Solar termik santral tarafından üretilen sıcak su aşağıdakiler için kullanılabilir:

1. hijyenik kullanım için (banyo, yemek pişirme, çamaşır ve bulaşık makineleri)
2. yerel ısıtmayı entegre etmek için (parlak döşeme altları ve duvar panelleri gibi parlak sistemlerle kombin edilirse daha iyidir; çünkü normalde kullanılan radyatörlerden daha az sıcaklığa ihtiyaç duyup daha az ısı kaybına neden olurlar)
3. yüzme havuzlarındaki sıcaklığı korumak için
4. hem aile evleri hem de büyük yapılar için (eğlence merkezleri, hastaneler, oteller vs.)

Bu sınıflandırmayı basitleştirerek üç alternatif tipte solar termik santral tanımlanabilir:

- **doğal sirkülasyon**. Bunlar, "sıcak sıvının yükselirken soğuk sıvının aşağı hareket etme eğilimi göstermesi" doğal prensibinden yararlanan sistemlerdir. Bu durumda termik depolama birimi panelin üzerine yerleştirilir (Şekil B.2a'daki gibi çatıya monte veya Şekil B.2b'deki gibi tavan arasına monte). Termo-vektör sıvısı, güneş ışımaya ile ısıtıldıktan sonra, doğrudan depolama birimi içinde yükselir ve kendi ısını içinde bulunduğu suya

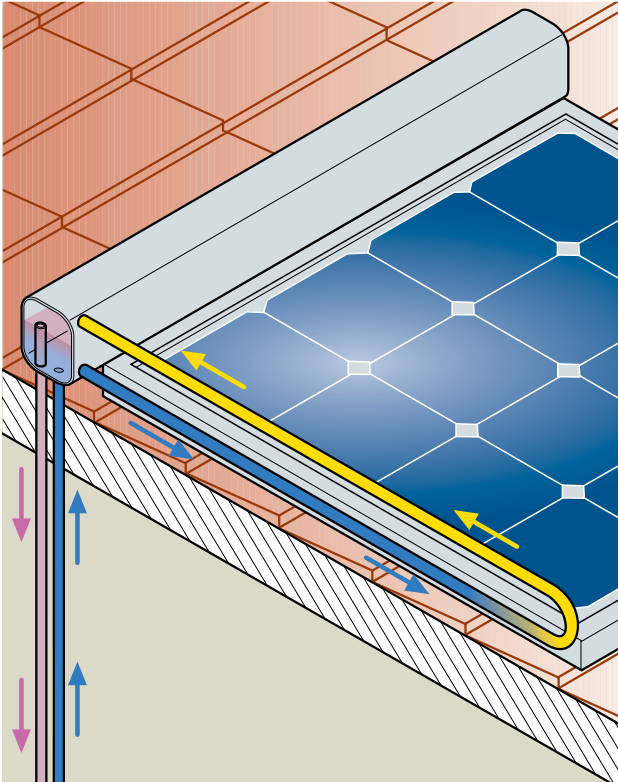
aktarır. Sıvı soğuduğunda, panellerden aşağı doğru akar ve döngü tekrar başlar. Bu teknolojinin bazı solar toplayıcılara ve depolama ünitesi/ısı eşanjörüne ihtiyacı vardır.

Termik gereksinimlere göre yüzeyler ve boyutlar değişiklik gösterebilir. Bu tip santrallerin avantajları ucuzluk, elektrik pompaları ve kontrol birimleri olmadan işlev görebilmeleri, çatının eğiminin verdiği yatkinlık, hızlı ve ekonomik kurulum, minimum bakım ve termo-vektör sıvı tarafından güçlendirilmiş yüksek verimliliğidir. Ayrıca bazı dezavantajları da vardır; estetik görünüm gibi küçük dezavantajlardan depolama ünitesinin atmosferik maddelere ve zorlu çevresel koşullara maruz kalmasına ve yapısal bakış açısıyla bakıldığında çatının ağırlığı taşıyabilmesi gereksinimi gibi önemli dezavantajlara sahiptir.

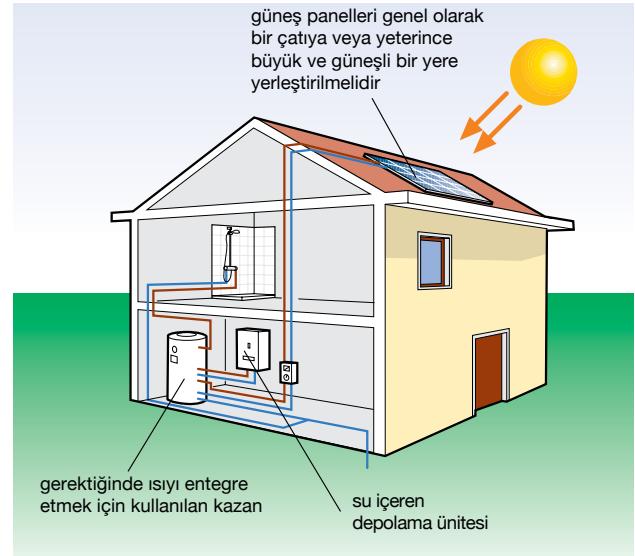
- **cebri sirkülasyon.** Doğal konveksiyonun aksine, cebri sirkülasyonla depolama ünitesi toplayıcılardan daha düşük seviyede ve dolayısıyla evin içinde de konumlandırılabilir. Bu tip kurulumlarda, elektrikli bir pompanın varlığı termo-vektör sıvının toplayıcılardan (yüksek onum) termik depolama ünitesine (daha düşük) sirkülasyonunu sağlar.

Doğal sirkülasyon sistemlerine göre, bu tipteki santrallerin bir sirkülasyon pompasına, bir kontrol ünitesine, sıcaklık sensörlerine ve genleşme kaplarına ihtiyacı vardır ve bu daha yüksek maliyet ve daha yüksek bakım gereksinimi anlamına gelir. Ancak, prestijli tarihi merkezlerde (ve dolayısıyla mimari bağlara tabi olan binalarda) yaşayan ve doğal sirkülasyon sisteminin depolama birimini "saklamak" için bir tavan arası bulunmayan kişiler, cebri sirkülasyon sayesinde çatıdaki depolama biriminin genel boyutlarıyla ilgili sorunu çözebilirler (Şekil B.3).

Şekil B.2



Şekil B.3 - Cebri sirkülasyonlu bir santralin şeması



- **"geri akışlı" cebri sirkülasyon.** Bu teknoloji, geleneksel cebri sirkülasyonun evrimini gösterir ve pompa çalışmayırken toplayıcılar içindeki termo-vektör sıvısının hareketsizliğinin yarattığı sıkıntıyı veya cebri sirkülasyonla alakalı diğer sorunları ortadan kaldırır. "Sıvının durması" sıvının aşırı ısınmasına ve dolayısıyla güneş santraline ciddi hasarlar gelmesine neden olabilir. Bunun aksine, bu tip santral ile pompa durduğunda, modüller boşalır ve sıvı tahliye depolama ünitesinin içine akar ve böylece durgunluk nedeniyle toplayıcıların zarar görmesi engellenmiş olur.

Sıcak hijyenik su için 150/200 litre depolama birimine sahip 2-3 m² bir doğal sirkülasyon santrali (2-4 kişinin

gereksinimlerini karşılayabilen), kurulum, işçilik ve KDV dâhil ortalama 2.000-3.000 € bir maliyete sahiptir. Daima doğal sirkülasyona sahip daha büyük bir santral için (4 m² büyüklüğünde), 300 litre depolama ünitesine (4-6 kişinin gereksinimlerini karşılayabilen) ve yaklaşık 4000-4500 € belirleyici fiyata sahip bir sistem dikkate alınabilir. 1000 litre depolama ünitesine sahip (yerden ısıtmalı bir evde 5 kişilik bir aile için) cebri sirkülasyonun odaların ısıtmasına katkı sağladığı daha büyük bir santralin (15 m²) maliyeti yaklaşık 12.000 €'dur. Bir solar termik santrali, elektrikten ve/veya doğal gaz faturalarından makul yatırım geri dönüş süreleriyle tasarruf yapmanızı sağlar.

Solar modüller, konut tipi bir evde hijyenik sıcak su gereksinimlerinin yaklaşık %70'ini karşılar. Güneş enerjisini iç ısıtmaya entegre olarak kullanarak, karşılanan toplam gereksinim yaklaşık %40'a kadar çıkar. Son teknolojiye göre kurulan bir solar termik sistemin ömrü 15 yıla kadar garantilenir ve düzgün bakımla bu daha da uzayabilir.

Solar termik santraller için (sadece tapuda kayıtlı binalarda kurulduğunda), santral satın alma ve kurulum maliyetinin %55'ine varan mali muafiyet elde etmek mümkündür ve 185/2008 sayılı kriz karşıtı dönüşüm için kanun hükmünde kararnamenin 28 Ocak 2009 tarihli 2 numaralı kanunu ile bu 5 yıla bölünebilir.

Bu kesinti, Finansal Yasa 2008'de üç yıl uzatılmıştır. Güneş santralleri için KDV %10'dur. Ayrıca, birçok bölgede, ilde ve ilçede, teşvik ve krediler sağlanmak ve bunlar toplam masrafların %25 ila 30'una erişmektedir.

B.8 Solar termodinamik güç

Güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesi, bir solar termodinamik santralde iki aşamada gerçekleşir:

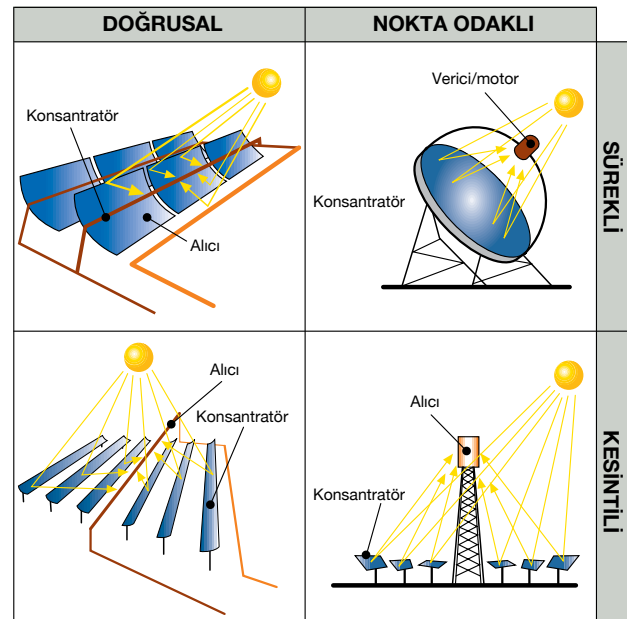
- ilk olarak güneş ışması termik enerjiye dönüştürülür;
- sonrasında termik enerji bir termodinamik döngüyle elektrik enerjisine dönüştürülür.

İkinci aşamanın termodinamik dönüşümü, geleneksel termik santrallerde meydana gelene tamamen benzerdir ve dolayısıyla yüksek verimlilik elde etmek için termik gücün yüksek sıcaklıkta bulunabilir olması gerekmektedir. Sonuç olarak, solar termodinamik sistemlerde, bir yoğunlaştırıcı yardımıyla güneş ışınımını yoğunlaştırmak gerekir. Bu yoğunlaştırıcı güneş ışınlarının bir alıcı üzerinde toplanmasını ve odaklanmasını sağlayacak şekilde tasarlanmış aynalardan oluşur. Alıcı bu ışınları emerek termik enerjiye dönüştürür. Yoğunlaştırıcı ve alıcının bütünü **solar toplayıcıyı** oluşturur.

Mevcut kurulum teknolojilerinde, yoğunlaştırıcı doğrusal veya nokta odaklı, sürekli ve süreksiz tipte olabilir (Şekil B.4):

- çözüm a), parabolik oluk tipi toplayıcılar;
- çözüm b), parabolik çanak tipi yansıtıcılar;
- çözüm c), doğrusal Fresnel yansıtıcılar;
- çözüm d), güneş kulesi sistemleri.

Şekil B.4 - Solar toplayıcıların tipleri



Her teknoloji, farklı konsantrasyon faktörlerine erişmeyi sağlar; yani maksimum sıcaklığın farklı değerleri ve bununla termik enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi için en uygun termodinamik döngü tiplerine izin verir. Dolayısıyla, bir güneş termik santrali, iki alt-düzeneğin bir grubu olarak görülebilir:

- bir tanesi, enerji dönüşümünün ilk safhasını yürüten solar toplayıcıdan oluşur;
- diğeri termik enerjiyi elektrik enerjisine çevirir; bu da enerji dönüştürme ekipmanı ve de taşıma ve depolama sisteminden oluşur ve bu sistem toplayıcıdan gelen ısıyı termodinamik döngüye aktarır.

Termik depolama birimi, hava olayları nedeniyle ışımadaki ani değişimler durumunda santralin düzgün çalışmasını sağlamak için üretilen ısıyı depolamaya yarar.

Konvektör sıvının maksimum sıcaklığına göre, termodinamik döngü olarak aşağıdaki tipler benimsenebilir:

parabolik oluk tipi toplayıcılara sahip santraller için tipik su buharı Rankine döngüsü (400° ila 600°C sıcaklık aralıkları için), parabolik çanak tipi santrallerde Stirling döngüsü (800°C'ye kadar sıcaklıklar için) ve son olarak, kule tipi santrallerde tipik olan, basit konfigürasyonlu veya birleşik döngülü Joule-Brayton döngüsü (1000°C'ye kadar sıcaklıklar için).

Parabolik oluk yoğunlaştırıcılara sahip santrallerde (Şekil B.5), parabolik oluğun merkez hattı boyunca uzanan termik-verimli alma boruları üzerinde güneş ışığını odaklamak için aynalar kullanılır.

Isı iletkenli bir sıvı (sentetik yağ veya erimiş tuzların bir karışımı) bu borular içinde dolaşarak alıcıdan ısıyı alır ve ısı eşanjörleri üzerinden termodinamik döngünün suyuna aktarılır; böylece standart bir buhar türbinini sürebilecek kızgın bir buhar üretirler.

Bu tip santraller, yıllık yaklaşık %12-14 net dönüşüm verimine sahiptirler ve neredeyse önceki termodinamik güneş santrallerinin tamamını oluştururlar.

Şekil B.5 – Parabolik oluk tipi yoğunlaştırıcılar



Parabolik çanak tipi yoğunlaştırıcılara sahip santrallerde (Şekil B.6), güneş ışması parabolik çanak tipi yansıtıcının odağına yerleştirilmiş bir toplayıcı üzerinde yoğunlaştırılır. Toplayıcı, radyasyon ısını emer ve bir sıvıyı ısıtır. Bu sıvı, küçük bir Stirling motoru veya küçük bir gaz türbini ile alıcıda doğrudan elektrik enerjisi üretmek için kullanılır. Bu tip santraller, günlük %24'lere varan ortalama yıllık

%18 net dönüştürme verimi kapasitesine sahiptir ancak düşük güçlerin üretimi için uygundur (birkaç düzine kW).

Şekil B.6 – Parabolik çanak tipi santral



Doğrusal Fresnel yoğunlaştırıcılara sahip santraller (Şekil B.7) konsept olarak doğrusal çukur santrallere benzerdir; daha düşük optik geri dönüşleri olmasına karşın rüzgara daha az maruz kaldıklarından aynalar ve hafif yapılar için daha basit takip sistemleri mevcuttur. Halen test edilmektedirler ancak toplayıcıların üretim maliyetlerine dayanan değerlendirmelere göre diğer teknolojilere kıyasla daha kârlıdır.

Şekil B.7 – Doğrusal Fresnel yoğunlaştırıcı santrali



Merkezi alıcı santrallerde (Şekil B.8), zeminde daire şeklinde yerleştirilmiş düz aynalardan (heliostat) gelen güneş ışınımı, kule üzerine monte edilmiş merkezi alıcı üzerine odaklanır.

Alicının içinde, yansıtılan ışınımı emen ve onu termik enerjiye dönüştüren bir eşanjör vardır; bu ısıyla türbine yollanacak kızgın buhar oluşturulur veya gerektiği kadar basınçlı hava ya da gaz ısıtılarak açık veya kapalı döngü gaz türbinlerinde kullanılır.

Şekil B.8 – Merkezi alıcı santral



B.9 Hibrit sistemler

Yakın gelecekte, sadece bir bina ya da bir siteye uygulanan bir yenilenebilir kaynak değil bir kaynağın diğerini yedeklemesini sağlamak için hibrit çözümler dikkate alınacaktır. Böylesi bir entegrasyon, PV santraller ile birleştirilen termal güneş sistemlerinin ya da solar termik santraller ile birleştirilmiş jeotermal sistemlerin bulunmasının giderek mümkün olduğu konutsal binalarda kendine uygulama alanı bulmaktadır.

Ayrıca bugünlerde, PV santrallere benzer olarak bir inverter tarafından alternatif akıma çevrilen DC elektrik enerjisi ve ısı üreten birleşik ısı ve güç santrallerinde DC kojenerasyonu hali hazırda mevcuttur.

Bu tip santraller iki avantaj sunar: ilki, kullanım gereksinimlerine göre maksimum gücün %15'inden %100'üne elektrik üretiminin modülasyonu olasılığı ile bağlantılıdır; ikincisi ise kojeneratörün yerine geçici olarak geçen bir PV sisteme bağlantı sağlar, böylece güneşlenme maksimumdayken ve kojeneratör gece saatlerinde veya düşük ışımaya sahipken panellerden yararlanılabilir.

DC kojenerasyonunun esnekliği (%90'a kadar verim alabilen küçük kullanıcılar için de geçerli), yenilebilir kaynakların sürekliliğine gayet iyi uyum sağlayarak elektrik enerjisi depolanması için şebekeye başvurmayan bağımsız sistemlerde de sabit bir besleme sağlar.

Ayrıca, daha kompleks hibrit sistemler de gelmektedir: yük ve şebekenin tüketimi düşük olduğunda, fotovoltaiik veya rüzgar santrallerinde üretilen elektrik enerjisini kullanarak yapılan elektroliz ile üretilen hidrojen içinde enerjinin depolanmasına izin vermektedirler³.

Üretilen hidrojen yüksek basınçlı tanklarda depolanır ve yakıt hücreleri ya da biyogaz karışımıyla elektrik enerjisi üretmek için kullanılır⁴.

Ancak bu sistemler, elektrik enerjisinin hidrojene ve sonra tekrar yakıt hücreleriyle elektriğe dönüşümü zincirinde halen düşük bir toplam verimliliğe sahiptir ve ayrıca bu cihazlar oldukça pahalıdır.

Yine de, bu dezavantajları azaltmaya yönelik bazı teknik çözümler vardır; bunların büyük ölçekte kullanımı maliyetlerde azalmaya ve de sürekli artan bir yayılma ile sistem entegrasyonunda artışa neden olacaktır. Aynı zamanda öz tüketici olan çeşitli üreticiler tarafından karakterize edilmiş bir senaryoda, şebekedeki bir noktadan diğerine elektrik gücünün yönünü değiştirebilen “akıllı dağıtım ağları” olan Akıllı Şebekelerin piyasaya girmesi beklenmektedir.

³ Bu, Kuzey Avrupa'daki rüzgar gücü sistemleriyle ilgili tipik durumdur. Şebekenin gerçek taleplerine kıyasla çok fazla rüzgar eser ve dolayısıyla rüzgar türbinlerinin durdurulması gerekir. Böylece kullanılabilecek üretim kotası kaybedilir. Bunun üstesinden gelmek için çok rüzgarlı günlerde, yani santral şebekenin ihtiyacından daha fazla enerji ürettiğinde, rüzgar pervaneleri tarafından üretilen enerjiyi depolamak için hidrojen-depolama sistemleri kullanılmaktadır.

⁴ Veya bölgesel ısıtma için ısı üretimi ve olası artık biyogazın ulaşım araçları için yakıt olarak satışı.

Ek C: Güneş enerjisi santrallerinin boyutlandırılma örnekleri

C.1 Giriş

Burada, önceden var olan bir kullanıcı santraline paralel şebeke bağlantılı bir güneş enerjisi santralini iki farklı boyutlandırma örneği verilmiştir. İlk örnek, son kullanıcılar için tipik bir şebekeye bağlı küçük PV santralini gösterirken, ikinci örnek esnaf sanayisinde kurulacak daha büyük bir güç santralini gösterir. Her iki durumda da kullanıcı santralleri TT tipi topraklama sistemlerine sahip AG kamusal şebekeye bağlıdır; PV santrallerin açıkta kalan iletken kısımları hali hazırda bulunan topraklama sistemine bağlanacak ancak santralin elektrik gerilim altındaki bölümleri izole olarak kalacaktır.

Son olarak, dağıtım şebekesi tarafından sağlanan muhtemel kısa devre akımı ilk örnekte 6kA fazdan nötre ve ikinci örnekten üç fazlı 15kA'dır.

C.3 30kWp PV santral

Bergamo şehrinde bulunan müstakil bir ev için PV santrali boyutlandırması yapmak istiyoruz; santral, mahsuplaştırma tabanlı olarak kamusal AG şebekesine bağlanacaktır. Ev, hali hazırda 3kW sözleşmeli güce sahip kamusal bir şebekeye bağlı olup yıllık ortalama tüketimi yaklaşık 400 kWh'dir. Panellerin kısmen entegre edileceği çatının kenarı (üçgen çatı) 60 m² yüzeye sahip olup, 30°'lik β eğim açısına sahiptir ve +15° (Azimut açısı γ) güneye doğrudur.

Karar verilen santral boyutu 3 kWp'dir, böylece kullanıcının güç talebi olabildiğince karşılanmış olur; Bölüm 2'deki örnek 2.2'ye göre yıl başına beklenen üretim, santral bileşenlerinin verimliliği 0.75 olarak dikkate alındığında 3430 kWh'dir.

Modüllerin seçimi

Polikristal silisyum modüller kullanarak, ünite başına 175 W güç ile 17 modül gereklidir; bu değer 3000/175=17 ilişkisi ile elde edilmiştir. Modüllerin tamamın tek bir dizide seri halde bağlandığı varsayılır.

Üretici tarafından beyan edilen geleneksel bir modülün ana karakteristikleri:

Nominal güç P_{MPP}^1	175 W
Verimlilik	%12.8
Gerilim V_{MPP}	23.30 V
Akım I_{MPP}	7.54 A
Yüksüz çalışma gerilimi	29.40 V
Kısa devre akımı I_{sc}	8.02 A
Maksimum gerilim	1000 V
Sıcaklık katsayısı P_{MPP}	%-0.43/°C
Sıcaklık katsayısı U	-0.107 V/°C
Boyutlar	2000 x 680 x 50 mm
Yüzey	1.36 m ²

¹ MPP, elektriksel büyüklükleri standart ışınım koşullarındaki maksimum güç noktalarında tanımlar.

İzolasyon

sınıfı II

Dolayısıyla modüllerin kapladığı toplam yüzey $1.36 \times 17 \approx 23 \text{ m}^2$ 'ye eşit olacaktır ve bu da kurulum için kullanılabilen çatı yüzeyinden küçüktür.

Modüllerin minimum ve maksimum sıcaklığını -10°C ve +70°C varsayarak ve standart test koşullarındaki sıcaklığı 25°C olduğunu dikkate alarak, [2.13] formülü ile PV modülün standart şartlarla karşılaştırıldığında gerilim değişimi elde edilebilir.

Maksimum yüksüz çalışma gerilimi	$29.40 + 0.107 \cdot (25 + 10) = 33.13 \text{ V}$
Minimum gerilim MPP	$23.30 + 0.107 \cdot (25 - 70) = 18.50 \text{ V}$
Maksimum gerilim MPP	$23.30 + 0.107 \cdot (25 + 10) = 27.03 \text{ V}$

Güvenlik ve ihtiyati tedbirler almak amacıyla, santral bileşenlerinin seçimi için maksimum yüksüz çalışma gerilimi ve modüllerin yüksüz çalışma geriliminin %120'sinin arasındaki en yüksek değer dikkate alınır (not 7, Bölüm 3) Bu özel durumda, referans gerilim 33.13V'den büyük olduğundan $1.2 \cdot 29.40 = 35.28 \text{ V}$ 'ye eşittir.

Dizenin elektriksel karakteristikleri:

Gerilim MPP	$17 \times 23.30 = 396 \text{ V}$
Akım MPP	7.54 A
Maksimum kısa devre akımı	$1.25 \times 8.02 = 10 \text{ A}$
Maksimum yüksüz çalışma gerilimi	$17 \times 35.28 = 599.76 \text{ V}$
Minimum gerilim MPP	$17 \times 18.50 = 314.58 \text{ V}$
Maksimum gerilim MPP	$17 \times 27.03 = 459.50 \text{ V}$

İnverter seçimi

PV santralin düşük gücü nedeniyle ve AG tek fazlı şebeke ile doğrudan bağlantı sağlamak için PWM kontrolü ve IGBT köprüsü sayesinde doğru akımı alternatif akıma çeviren tek fazlı bir inverter seçilir.

Bu inverter, sürekli bileşenli akımların şebekeye girişini önlemek için dâhili bir koruma ile donatılmıştır. Emisyon bozulmalarının bastırılması için giriş ve çıkış filtreleri - her ikisi de yürütülmüş ve saçılmış - ve PV modüller için toprak izolasyon sensörü ile donatılmışlardır. Maksimum Güç Noktası İzleyici (MPPT) ve ilgili koruma sistemine (SPI) sahip arayüz cihazı (DDI) ile donatılmıştır.

Teknik karakteristikler:

Giriş nominal gerilimi	3150 W
DC tarafındaki çalışma gerilimi MPPT	203-600 V
DC tarafındaki maksimum gerilim	680 V
DC tarafındaki maksimum giriş akımı	11.5 A
AC tarafındaki çıkış nominal gücü	3000 W
AC tarafındaki nominal gerilim	230 V

• Nominal frekans	50 Hz
• Güç faktörü	1
• Maksimum verimlilik	%95.5
• Avrupa verimliliği	%94.8

Dize-inverter bağlantısının doğruluğunu teyit etmek için (bkz. Bölüm 3), öncelikle dizinin uçlarındaki maksimum yüksüz çalışma geriliminin inverterin dayandığı maksimum giriş geriliminden düşük olduğunu doğrulamak gerekir.

$$599.76 \text{ V} < 680 \text{ V (OK)}$$

Buna ek olarak, dizinin minimum gerilim MPP'si, inverter MPPT'sinin minimum geriliminden düşük olmayacaktır.

$$314.58 \text{ V} > 203 \text{ V (OK)}$$

Buna karşın, dizinin maksimum gerilim MPP'si, inverter MPPT'sinin maksimum geriliminden yüksek olmayacaktır.

$$459.50 \text{ V} < 600 \text{ V (OK)}$$

Son olarak, dizinin maksimum kısa devre akımı, inverterin girişte dayanabileceği maksimum kısa devre akımını aşmayacaktır.

$$10 \text{ A} < 11.5 \text{ A (OK)}$$

Kablo seçimi

Modüller L1* kabloları üzerinden seri halde bağlanır ve böylece elde edilen dize, aşağıdaki karakteristik özelliklere sahip solar tek damarlı L2 kabloları kullanılarak, inverterin kaynak tarafındaki PV dizi birleştirici kutuya anında bağlanırlar:

• kesit alanı 2,5 mm ²	
• nominal gerilim U ₀ /U	600/1000V AC – 1500V DC
• çalışma sıcaklığı	-40 +90 °C
• 60°C'de havada akım taşıma kapasitesi (iki bitişik kablo)	35 A
• 70°C'de akım taşıma kapasitesinin düzeltme faktörü	0.91
• Aşırı yük koşullarında kabloların maksimum sıcaklığı	120 °C

Kanalda kurulu solar kabloların I_z akım taşıma kapasitesi, 70°C sıcaklıkta şuna eşittir (bkz. Bölüm 3):

$$I_z = 0.9 \cdot 0.91 \cdot I_0 = 0.9 \cdot 0.91 \cdot 35 \approx 29 \text{ A}$$

buradaki 0.9, kanal veya kablo bloğu içinde solar kabloların kurulumu için düzeltme faktörünü temsil eder.

Taşıma kapasitesi, dizinin maksimum kısa devre akımından yüksektir:

$$I_z > 1.25 \cdot I_{sc} = 10 \text{ A}$$

Modüllerin çerçeveleri ve dizinin destekleyici yapısı, sarı-yeşil renkte ve 2.5 mm² kesitli N07V-K kablosu üzerinden topraklanır. PV dize kutusunun invertere bağlantısı iki N07V-K (450/750V) tek damarlı kablo kullanılarak yapılır; bunların 2.5 mm² kesit alanı ve kanalda L3=1m uzunluğu olup maksimum dize akımından daha yüksek olan 24A'lık bir akım taşıma kapasiteleri mevcuttur.

Inverter ve üretilen gücün kontaktörü arasındaki bağlantı (uzunluk L4=1m) ve kontaktör ve müstakil evin ana panosu arasındaki bağlantı üç adet (uzunluk L5=5m) N07V-K (F+N+PE) tek damarlı kablo kullanılarak yapılır; kanalda 2.5 mm² kesit alanları ve 21A akım taşıma kapasitesine sahiptirler ve bu AC tarafındaki inverterin nominal çıkış akımından yüksektir.

$$I_z > \frac{P_n}{V_n \cdot \cos\varphi_n} = \frac{3000}{230 \cdot 1} = 13 \text{ A}$$

Gerilim düşüşünün doğrulanması

Inverterin DC tarafındaki gerilim düşüşünün %2'yi geçmediği, böylece üretilen enerji kaybının bu yüzdeden düşük olduğu şu hesaplama ile doğrulanır (bkz. Bölüm 3).

2.5 mm² kesitli kabloların uzunluğu:

• dize modülleri arasındaki bağlantı (L1):	(17-1) x 1 m = 16 m
• dize ve pano arasındaki bağlantı (L2):	15 m
• pano ve inverter arasındaki bağlantı (L3):	1 m
• toplam uzunluk	16 + 15 + 1 = 32 m

Dolayısıyla gerilim düşüşü yüzdesi²:

$$\Delta U\% = \frac{P_{\max} \cdot (\rho_1 \cdot L_1 \cdot \rho_2 \cdot 2 \cdot L_2 + \rho_2 \cdot 2 \cdot L_3)}{S \cdot U^2} \cdot 100 = \frac{3000 \cdot (0.021 \cdot 16 + 0.018 \cdot 2 \cdot 15 + 0.018 \cdot 2 \cdot 1)}{2.5 \cdot 396^2} \cdot 100 = \%0.7$$

² Bağlantı kablolarının sınırlı uzunluğu (1m) nedeniyle, inverter ve üretilen gücün kontaktörü arasındaki gerilim düşüşü ihmal edilir. Dize-pano ve pano-inverter arası bağlantı kabloları için bakırın 30°C'deki $\rho_s = 0.018 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ direnci göz önüne alınırken modüllerin 70°C çevre sıcaklığı dikkate alınır; bu nedenle $\rho_1 = 0.018 \cdot [1 + 0.004 \cdot (70 - 30)] = 0.021 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$.

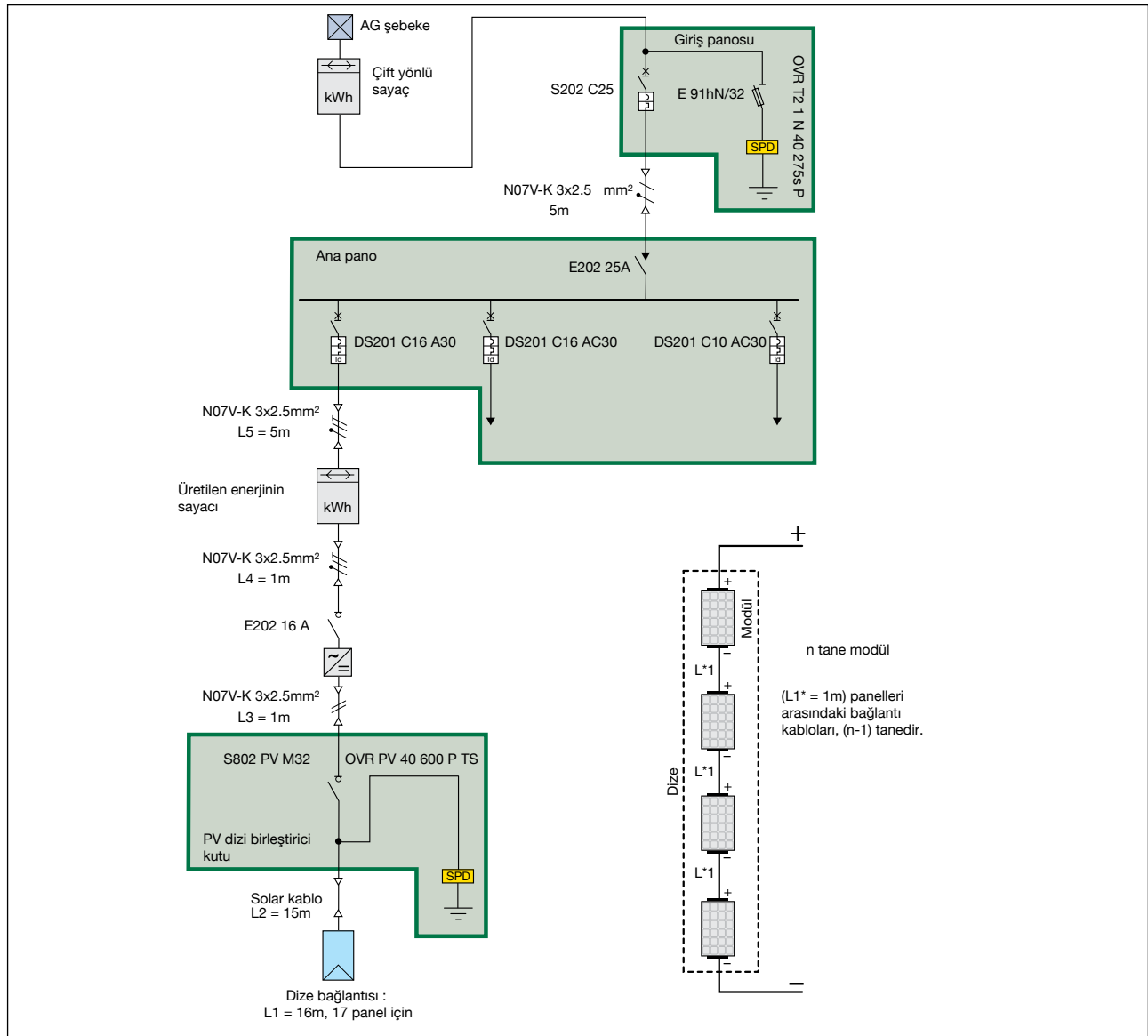
Anahtarlama ve koruma cihazları

Şekil C.1'de gösterilen santral diyagramına göre, DC tarafındaki kabloların, onları etkileyebilecek maksimum kısa devre akımından daha yüksek akım taşıma kapasitesine sahip olmalarından dolayı aşırı akıma karşı koruma sağlanmaz. Müstakil evin ana panosunda, AC tarafında, aşırı akımlara karşı inverterin bağlantı hattının korunumu ve dolaylı temasa karşı koruma için DS 201 C16 30mA/typeA ($I_{cn} = 6kA$) modeli bir kaçak akım koruma anahtarı bulunur. Gerekli bakım işlemlerini inverter üzerinde gerçekleştirme imkânını sağlamak için, invertere sırasıyla kaynak yönüne S802 PV-M32 ve yük yönüne E202 In = 16A iki yük ayırıcı monte edilmiştir.

Hem inverterin hem de modüllerin eş zamanlı korunması

için yük ayırıcının kaynak yönünde OVR PV 40 600 P TS tipinde bir parafudur, PV dizi birleştirici kutu içine kurularak aşırı gerilimlere karşı DC tarafında korunma sağlanır; AC tarafında ise, giriş panosu içine bir OVR T2 1N 40 275s P monte edilir. DC tarafına monte edilen OVR PV, E 92/32 PV tipi parafudur, yük ayırıcı sigorta tutucuya takılmış iki adet 10.3x38mm 4A sigortayla (veya 16A, sadece IP 65 muhafaza ile) korunacaktır. Bunun yerine, AC tarafındaki OVR T2 parafudur, E91hN / 32 sigorta yuvasına monte edilen 10.3x38mm E9F 16A gG sigortayla korunacaktır. Diğer anahtarlama ve koruma cihazları yani: S202 C25 giriş termomanyetik devre kesici, E202 In=25A ana yük ayırıcı ve iki DS201 C10/16 termomanyetik kaçak akım koruma anahtarı hali hazırda mevcut kullanıcı santralinde kuruludur ve burada kalırlar.

Şekil C.1



C.3 60kWp PV santral

Milan şehrinde bulunan bir üretim endüstrisi için PV santrali boyutlandırması yapmak istiyoruz; santral, mahsuplaştırma tabanlı olarak kamusal AG şebekesine bağlanacaktır. Endüstri, hali hazırda 60 kW sözleşmeli güce sahip kamusal bir şebekeye (400V üç fazlı) bağlı olup yıllık ortalama tüketimi yaklaşık 70 MWh'dir.

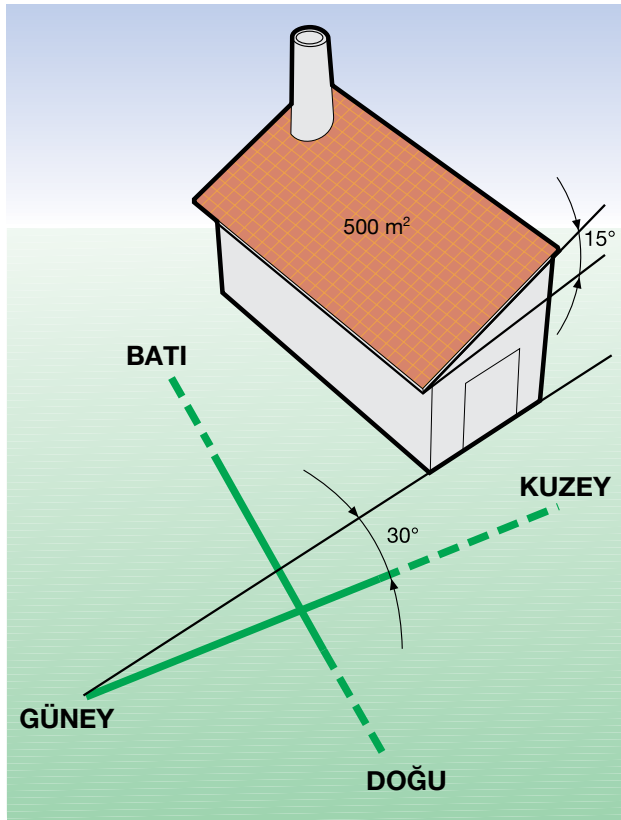
Modüllerin kısmen entegre edileceği çatının kenarı (Şekil C.2) 500 m² yüzeye sahip olup, 15°'lik β eğim açısına sahiptir ve -30° (Azimut açısı γ) güneye doğrudur.

Mahsuplaşma temel alınarak kararlaştırılan santral boyutu 6kWp'dir, böylece kullanıcının güç talebi olabildiğince karşılanır (önceki örnekte olduğu gibi).

Tablo 2.1'den Milan'daki yatay bir yüzeyde güneş ışımasının değerini çıkarırız ve bu tahmini olarak 1307 kWh/m²'dir. Verilen eğim açısı ve yönelme ile, Tablo 2.3'ten 1.07 değerinde bir düzeltme faktörü elde ederiz. Santral bileşenlerinin verimliliğini 0.8 olarak varsayarak, yıl başına beklenen güç üretimini şu şekilde buluruz:

$$E_p = 60 \cdot 1307 \cdot 1.07 \cdot 0.8 \approx 67 \text{ MWh}$$

Şekil C.2



Modüllerin seçimi

Çok kristalli silisyum paneller kullanarak, ünite başına 225 W güç ile 267 panel gereklidir; bu değer 60000/225=267 ilişkisi ile elde edilmiştir.

Dize gerilimini (inverterin giriş gerilimini etkiler) ve paralel dizelerin toplam akımını (öncelikle kablo seçimini etkiler) da hesaba katarak, her birinde 22 panel bulunan 12 dize halinde dizeleri gruplamayı seçeriz; toplam 12 · 22 = 264 panel toplamda maksimum 264 · 225 = 59.4 kWp güç sağlar.

Üretici tarafından beyan edilen geleneksel bir modülün ana karakteristikleri:

• Nominal güç PMPP	225 W
• Verimlilik	%13.5
• Gerilim VMPP	28.80 V
• Akım IMPP	7.83 A
• Yüksüz çalışma gerilimi	36.20 V
• Kısa devre akımı Isc	8.50 A
• Maks. gerilim	1000 V
• Sıcaklık katsayısı PMPP	-0.48 %/°C
• Sıcaklık katsayısı U	-0.13 V/°C
• Boyutlar	1680 x 990 x 50 mm
• Yüzey	1.66 m ²
• İzolasyon	sınıfı II

Dolayısıyla modüllerin kapladığı toplam yüzey 1.66 x 264 ≈ 438 m²'ye eşit olacaktır ve bu da kurulum için kullanılabilen çatı yüzeyinden küçüktür.

Modüllerin minimum ve maksimum sıcaklığını -10°C ve +70°C varsayarak ve standart test koşullarındaki sıcaklığı 25°C olduğunu dikkate alarak, [2.13] formülü ile PV modülün standart şartlarla karşılaştırıldığında gerilim değişimi elde edilebilir.

• Maksimum yüksüz çalışma gerilimi	36.20 + 0.13 · (25 + 10) = 40.75V
• Minimum gerilim MPP	28.80 + 0.13 · (25 - 70) = 22.95V
• Maksimum gerilim MPP	28.80 + 0.13 · (25 + 10) = 33.35V

Güvenlik ve ihtiyati tedbirler almak amacıyla, santral bileşenlerinin seçimi için maksimum yüksüz çalışma gerilimi ve modüllerin yüksüz çalışma geriliminin %120'sinin arasındaki en yüksek değer dikkate alınır (not 7, Bölüm 3) Bu özel durumda, referans gerilim 40.75V'den büyük olduğundan 1.2 · 36.20 = 43.44V'dir.

Dizenin elektriksel karakteristikleri:

• Gerilim MPP	22 x 28.80 = 663.6 V
• Akım MPP	7.83 A
• Maksimum kısa devre akımı	1.25 x 8.50 = 10.63 A
• Maksimum yüksüz çalışma gerilimi	22 x 43.44 = 955.68 V
• Minimum gerilim MPP	22 x 22.95 = 504.90 V
• Maksimum gerilim MPP	22 x 33.35 = 733.70 V

İnverter seçimi

Her biri 31kW giriş nominal gücüne sahip iki adet üç fazlı inverter seçilir; dolayısıyla paralel haldeki altı dize her bir invertere bağlanacaktır.

Seçilen üç fazlı inverterler, PWM kontrolü ve IGBT köprüsü sayesinde doğru akımı alternatif akıma çevirirler.

Emisyon bozulmalarının bastırılması için giriş ve çıkış filtreleri - her ikisi de yürütülmüş ve saçılmış - ve PV modüller için toprak izolasyon sensörü ile donatılmışlardır. Maksimum Güç Noktası İzleyici (MPPT) ile donatılmışlardır ve sürekli bileşen içeren akımların şebekeye girmesini önleyen dâhili bir korumaya sahiplerdir.

Teknik karakteristikler:

• Giriş nominal gerilimi	31000 W
• DC tarafındaki inverter MPPT'sinin çalışma gerilimi	420-800 V
• DC tarafındaki maksimum gerilim	1000 V
• DC tarafındaki maksimum giriş akımı	80 A
• AC tarafındaki çıkış nominal gücü	30000 W
• AC tarafındaki nominal gerilim	400 V üç fazlı
• Nominal frekans	50 Hz
• Güç faktörü	0,99
• Maksimum verimlilik	%97,5
• Avrupa verimliliği	%7

Dize-inverter bağlantısının doğruluğunu teyit etmek için (bkz. Bölüm 3), öncelikle dizinin uçlarındaki maksimum yüksüz çalışma geriliminin inverterin dayandığı maksimum giriş geriliminden düşük olduğunu doğrulamak gerekir.

$$955.68 \text{ V} < 1000 \text{ V (OK)}$$

Buna ek olarak, dizinin minimum gerilim MPP'si, inverter MPPT'sinin minimum geriliminden düşük olmayacaktır.

$$504.90 \text{ V} > 420 \text{ V (OK)}$$

Buna karşın, dizinin maksimum gerilim MPP'si, inverter MPPT'sinin maksimum geriliminden yüksek olmayacaktır.

$$733.70 \text{ V} < 800 \text{ V (OK)}$$

Son olarak, paralel bağlı ve her inverterle ilgili 6 dizinin maksimum toplam kısa devre akımı, inverterin girişte dayanabileceği maksimum kısa devre akımını aşmayacaktır.

$$6 \times 10.63 = 63.75 \text{ A} < 80 \text{ A (OK)}$$

Kablo seçimi

Modüller L1* kablosu kullanılarak seri halde bağlanır; elde edilen her dize, her biri grup halinde 6 devre içeren iki

kablo bloğu içindeki L2 uzunluğundaki güneş kabloları kullanılarak kulübe içindeki PV dizi birleştirici kutuya ve inverterin kaynak yönüne bağlanır.

Güneş kablolarının özelliklerinden bazıları:

• kesit alanı	4 mm ²
• nominal gerilim U_0/U	600/1000V AC – 1500V DC
• çalışma sıcaklığı	-40 +90 °C
• 60°C'de havada akım taşıma kapasitesi	55 A
• 70°C'de akım taşıma kapasitesinin düzeltme faktörü	0.91
• Aşırı yük koşullarında kabloların maksimum sıcaklığı	120 °C

Kanalda kurulu solar kabloların I_z akım taşıma kapasitesi, 70°C sıcaklıkta şuna eşittir (bkz. Bölüm 3):

$$I_z = 0.57 \cdot 0.9 \cdot 0.91 \cdot I_0 = 0.57 \cdot 0.9 \cdot 0.91 \cdot 55 \approx 26A$$

buradaki 0.9, kanal veya kablo bloğu içinde solar kabloların kurulumu için düzeltme faktörünü temsil ederken, 0.57 grup haldeki 6 devrenin düzeltme faktörüdür.

Taşıma kapasitesi, dizinin maksimum kısa devre akımından yüksektir:

$$I_z > 1.25 \cdot I_{sc} = 10,63A$$

Modüllerin çerçeveleri ve her dizinin destekleyici yapısı, sarı-yeşil renkte ve 4 mm² kesitli N07V-K kablosu üzerinden topraklanır. Şekil C.2'deki diyagrama göre PV dizi birleştirici kutunun invertere bağlantısı iki N1VV-K (0.6/1kV kılıflı kablo) tek damarlı kablo kullanılarak yapılır; bunların 16 mm² kesit alanı ve kanalda L3=1m uzunluğu olup paralel haldeki 6 dizinin maksimum dize akımından daha yüksek olan 76A'lık bir akım taşıma kapasiteleri mevcuttur.

$$I_z > 6 \cdot 1.25 \cdot I_{sc} = 63,75A$$

İnvertere paralel panoya bağlantısı iki N1VV-K tek damarlı kablo kullanılarak yapılır; bunların 16 mm² kesit alanı ve kanalda L4=1m uzunluğu olup üç fazlı inverterin nominal çıkış akımından daha yüksek olan 69A'lık bir akım taşıma kapasiteleri mevcuttur.

$$I_z > \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos\varphi_n} = \frac{30000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.99} = 43.7A$$

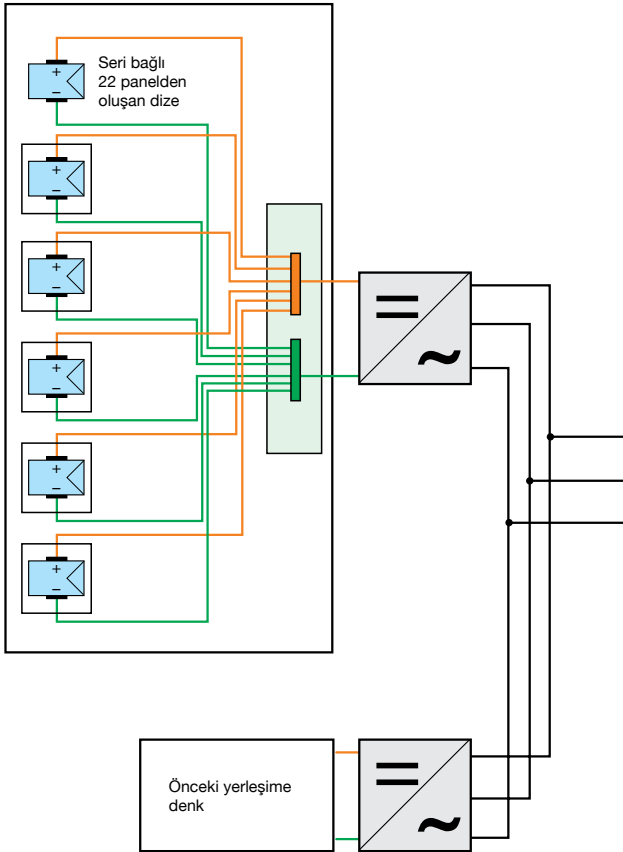
İnverter paralelleme panosu ve üretilen gücün kontaktörü arasındaki bağlantı (uzunluk L5=3m) ve kontaktör ve endüstrinin ana panosu arasındaki bağlantı üç adet (uzunluk L6=7m) N1VV-K tek damarlı kablo kullanılarak yapılır; kanalda 35 mm² kesit alanları ve 110A akım taşı-

ma kapasitesine sahiptirler ve PV santralin nominal çıkış akımından yüksektir.

$$I_z > \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos \varphi_n} = \frac{60000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.99} = 87.5A$$

PE koruyucu iletkeni, sarı-yeşil tek damarlı, 16 mm² kesitli bir N07V-K kablo kullanılarak sağlanır.

Şekil C.3



Gerilim düşüşünün doğrulanması

İnverterin DC tarafındaki gerilim düşüşünün %2'yi geçmediği şu hesaplama ile doğrulanır (bkz. Bölüm 3).

4 mm² kesitli kabloların uzunluğu, DC tarafı:

- dize modülleri arasındaki bağlantı (L1): (22-1) x 1 m = 21 m
- dize ve pano arasındaki bağlantı (L2): 20 m

16 mm² kesitli kabloların uzunluğu, DC tarafı:

- pano ve inverter arasındaki bağlantı (L3): 1 m

DC tarafındaki kabloların toplam uzunluğu 21 + 20 + 1 = 42 m

Dizeyi oluşturan paneller 663.6V dize gerilimi ile P_{max} = 22 x 225 = 4950W maksimum gücü sağladığında, PV dizi birleştirici kutuya kadar ortalama gerilim düşüşü yüzdesi³:

$$\Delta U\% = \frac{P_{\max} \cdot (\rho_1 \cdot L_1 + \rho_2 \cdot 2 \cdot L_2)}{s \cdot U^2} \cdot 100 = \frac{4950 \cdot (0.021 \cdot 21 + 0.018 \cdot 2 \cdot 20)}{4 \cdot 663,6^2} \cdot 100 = \%0.326$$

PV dizi birleştirici kutu ve inverter arasındaki gerilim düşüşünün ortalama yüzdesi, P_{max} = 6 x 4950 = 29700W ile:

$$\Delta U\% = \frac{P_{\max} \cdot (\rho_2 \cdot 2 \cdot L_3)}{s \cdot U^2} \cdot 100 = \frac{29700 \cdot (0.018 \cdot 2 \cdot 1)}{16 \cdot 663,6^2} \cdot 100 = \%0.015$$

Dolayısıyla toplam gerilim düşüşü %0.34'e eşittir.

Anahtarlama ve koruma cihazları

PV dizi birleştirici kutular

Dize kablolarının akım taşıma kapasitesi, standart çalışma koşullarında içlerinden geçebilecek maksimum akımdan daha yüksektir; dolayısıyla bunları aşırı yüke karşı korumak gerekmez.

Kısa devre koşullarında, arızadan etkilenen dize kablo-sundaki maksimum akım (bkz. Madde 4.1.4):

³ Dize-pano ve pano-inverter arası bağlantı kabloları için bakırın 30°C'deki direnci $\rho_2 = 0.018 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ göz önüne alınırken panellerin 70°C çevre sıcaklığı dikkate alınır; bu nedenle $\rho_1 = 0.018 \cdot [1 + 0.004 \cdot (70 - 30)] = 0.021 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$.

$$I_{sc2} = (S_A - 1) \cdot 1.25 \cdot I_{sc} = (6 - 1) \cdot 1.25 \cdot 8.50 \approx 53A$$

bu değer kablo taşıma kapasitesinden yüksektir: dolayısıyla, bir koruyucu cihazla kabloyu kısa devreye karşı koruma gerekir. Bu cihaz arıza durumlarında kablunun dayanabileceği gücün geçmesine izin verecektir.

Şekil C.2'deki şemaya göre, PV dizi birleştirici kutudaki altı koruma cihazının nominal akımı şuna eşit olacaktır (bkz. [4.1]):

$$1.5 \cdot I_{sc} \leq I_n \leq 2.4 \cdot I_{sc} \rightarrow 1.5 \cdot 8.5 \leq I_n \leq 2.4 \cdot 8.5 \rightarrow I_n = 16A$$

Bu nedenle nominal gerilimi $U_e = 1200VDC$ volan bir S804 PV-S16 seçilir; kesme kapasitesi:

$$I_{cu} = 5kA > I_{cc2}$$

PV dizi birleştirici kutu ve inverter arasındaki bağlantı kablolarının akım taşıma kapasiteleri onları ilgilendiren maksimum akımdan daha yüksek olduğundan aşırı akıma karşı korunmaları gerekmez. Dolayısıyla, DC tarafında inverteri ayırmak için PV dizi birleştirici kutu içinde bir ana yük ayırıcı devre kesici XT1D PV 160⁴ monte edilecektir. PV dizi birleştirici kutulara ayrıca bazı aşırı gerilim koruyucular (parafudurlar) kurulacaktır. Bunlar DC tarafında inverterin ve PV modüllerin korunmasını sağlayacaktır: seçim, E 92/32 PV tipi sigorta tutucular üzerine monte edilmiş 4A gR sigortalar tarafından korunan (veya IP65 muhafazalarına monte edilmişse 16A gR sigortalar) OVR PV 40 1000 P TS tipi parafudurdur..

İnverter paralelleme panosu

Şekil C.4'teki santral şemasına göre, üç fazlı inverterlerden gelen iki hattın her birinde DDA 203 A – 63/0.03 tipi bir kaçak akım koruma cihazı ile birleştirilmiş S203 P - C63⁵ (şebeke tarafından verilen muhtemel üç fazlı kısa devre akımına eşit bir kesme kapasitesine sahip) tipi bir üreteç termomanyetik devre kesicisi monte edilmiştir. Pano için ayrıca bir XT1D 160 3p yük ayırıcı kurulmuştur

Ana pano

Ana devre kesicinin ve kullanıcı tesisinin dağıtım hatları için koruyucu cihazların mevcut olduğu endüstrinin ana panosunda, bir SACE Tmax XT2N 160 Ekip LS / I In = 100A devre kesici kurulur; bu devre kesici, arayüz cihazının (DDI) işlevine sahiptir ve (SPI) CM-UFD.M32 arayüz koruma sistemi ile ilişkilendirilmiştir.

Devre kesici XT2 ayrıca, paralelleme panosu ve ana santral arasındaki bağlantı kablolarına ait aşırı akımlara karşı paralelleme panosundaki yük ayırıcıyı koruma amacıyla monte edilmiştir.

Tesisin şebeke tarafındaki aşırı giriş gerilimlerine karşı korunması için, E93hN/32 sigorta tutucularına monte edilen E 9F10 GG20 sigortaları ile korunan OVR T2 3L 70 275s P TS tipi bir aşırı gerilim bastırıcı monte edilmiştir.

⁴ PV sistem topraktan izole olduğundan seri iki kutup pozitif polarite ile ve iki seri kutup da negatif polarite ile bağlanır.

⁵ Nötr kutup bağlı değildir.



Ek D: Fotovoltaik uygulamalarda sıcaklık artışı, MCB ve ayırıcı davranışları

PV endüstrisindeki montaj mühendisliği, iyi bilinen AC anahtarlama donanımı montajına göre bazı açılardan farklılık gösterir. Bu ek, PV panelleri ve özellikle PV kesiciler ve ayırıcıları tasarlarırken dikkate almak üzere faydalı bağlantı tavsiyeleri sunar:

PV uygulamaları için Eşzamanlılık Faktörü yoktur.

Ulusal kurulum kurallarına bağlı olarak, montaj mühendisliği, tüm AC tüketicilerinin aynı anda aktif olmadıklarını göz önünde bulundurur.

Eşzamanlılık faktörünü uygulayarak, kaynak yönü MCB'lerin nominal akımları, yük yönü devre kesicilerinin toplamından daha düşük olur. Bununla birlikte, PV uygulamalarında tüm dizeler aynı güneş enerjisini üretir ve eşzamanlılık faktörü 1 olur.

Ortam Sıcaklığı

PV endüstrisi, alçak gerilim ürünlerinin geniş bir sıcaklık aralığında çalışmasını gerektirir. İnverterler ve birleştiriciler, geceleri çok soğuk ve öğleden sonra ulaşılan tipik bir tepe nokta ile gündüzleri çok sıcak olabilirler.

Bu nedenle, PV kesiciler ve ayırıcılar sadece standartlar tarafından verilen sıcaklık aralığında değil aynı zamanda belirli yükseltme veya düşürme faktörüne göre -40°C'den ve 70°C'ye kadar olan sıcaklıklarda da kullanılabilir.

Ortam sıcaklığının her zaman PV kesiciler veya ayırıcıların sıcaklığını ifade ettiği unutulmamalıdır; birleştiricinin veya inverterin dışındaki hava sıcaklığı değil.

PV kesicilerin ve ayırıcıların kablo bağlantıları ve çevreleyen alçak gerilim ürünlerinin dâhili kontak direnci nedeniyle oluşan güç kaybı, muhafazanın içinde bir ısınmaya neden olur. Doğru muhafaza boyutu seçilirken bu gerçek göz önüne alınmalıdır. Birleştirici kutular tercihen doğrudan güneşe maruz kalmanın yasak olduğu yerlere konmalıdır.

Düşük çevre sıcaklığı genellikle bileşen ömrünü ve uygulamanın güvenilirliğini artırır. Doğrudan güneş ışığı alan bir bölgeye koyulan bir kutu, 30 K'lık bir iç hava sıcaklığı artışına kolayca sahip olabilir. En kötü koşullar altında (maksimum çevre sıcaklığı, maksimum yük, doğrudan güneş ışığına maruz kalma vb.) dâhili kutu sıcaklığı 100°C'yi kolayca aşabilir.

Bir PV ayırıcı, dize koruması için 24 sigorta (12 dizeli), konnektörler ve kablolar içeren tipik bir birleştiricide, kabloların ve bileşenlerin toplam iç direnci 0.01 ohm olarak tahmin edilebilir ve bu 100A DC yükünde 100 W'lık bir dağılım ile sonuçlanır. Hava geçirmeyecek şekilde kapalı bir muhafazadaki 100 Wattlık dağılım, muhafazanın içindeki sıcaklığın önemli bir artışına kesinlikle neden olacaktır.

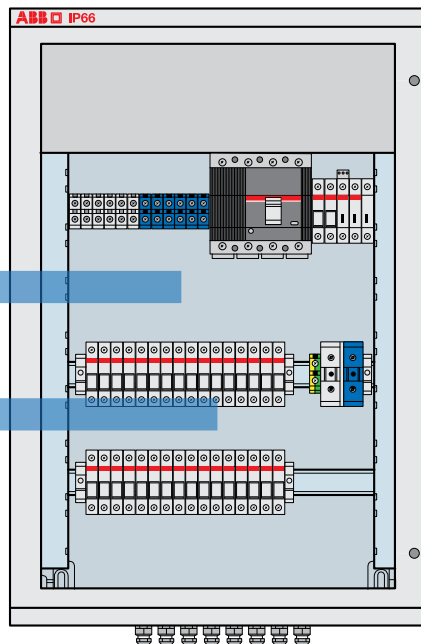
Sıcaklık, kutunun içindeki bileşenlerin sıcaklık özelliklerini bile aşabilir. Dolayısıyla muhafaza boyutları çok önemli bir tasarım konusudur.

Sıcaklık artışının genellikle yük akımının karesi (I^2) ile ilişkili olduğu da fark edilmelidir. Örneğin, 100 A DC yük 30 K sıcaklık artışına neden olursa, 125 A DC muhtemelen 45 K sıcaklık artışına neden olur.

T_{in} = iç sıcaklık
(= ürünlerin ortam sıcaklığı)

Terminal sıcaklığı

T_a = Ortam sıcaklığı



Kutup Bağlantısı

Üç ve dört kutuplu PV kesiciler veya ayırıcılar kullanılırken kutuplar, montaj standartlarına uygun olarak seri bağlanmalıdır. En iyi uygulama, aşağıdaki değişkenlerin göz önüne alınması gerektiğini göstermiştir:

- Bağlantı köprülerinin çapı (kutup konnektörü), montaj standartlarının gereksinimlerini karşılamak için kablo çapına uymalıdır.
- Bağlantı köprüsü uzunluğu: Bağlantı köprüleri ısı emici olarak çalıştırlarından, bağlantı köprüsü uzunluğu PV kesici veya ayırıcı ısı dağılımı için yeterli olmalıdır. Buna ek olarak, kablo üreticilerinin minimum bükülme yarıçapı verilerini kontrol etmek önemlidir. Aşırı bükülmüş kablolar, uzun vadeli kablo izolasyonunu etkileyebilir.
- Bağlantı köprülerinin izolasyonu: Fotovoltaik kablolar genellikle ekstra izolasyona sahiptir. Bu, düşük ısı yalıtımına neden olabilir.
- Sıkma torku: Doğru terminal sıkıştırma torku değerinin montaj talimatına uyulması gerekir. Sıkma torku üretici tarafından belirtildiği gibi değilse kesinlikle elektrik empedansının artmasına neden olur; ayrıca termal direnç de artacaktır. Uzun vadede, bu, güvenilirlik sorunları veya aşırı ısınmaya neden olabilir.
- PV kesici veya ayırıcı üreticilerinden farklı üreticilerin ürettiği bağlantı köprüleri veya eşdeğer baralar onaylanmayabilir.

Muhafaza Boyutlandırma

Yukarıda verilen arka plana göre, bir PV muhafazasının boyutlandırılması, tipik bir AC muhafazasının boyutlandırılmasından farklıdır. Aşağıdaki değişkenler, donatılmış bir PV muhafazasının ısınma performansını etkiler.

- IP sınıfı: Muhafaza ne kadar sıkı olursa, ısı dağılımı o kadar kötü olur. Bu nedenle, son teknolojiye sahip inverterler ve birleştiriciler, ısı eşanjörleri veya havalandırma ile donatılmıştır.
- Şeffaf kapaklar: Sadece birkaç dakikalık doğrudan güneş radyasyonu ile şeffaf muhafaza kapaklarının iç sıcaklığı 40 K olarak etkilediği bildirilmiştir. Buna ek olarak, her şeffaf kapak %100 UV dirençli değildir.
- Toprak levhası malzemesi: Metalik toprak plakalarının, muhafaza ısı yönetimi üzerinde olumlu etkisi olduğu rapor edilmiştir.
- DIN rayı boyutu: Toprak plakası ile alçak gerilim ürünleri arasındaki hava boşluğunu arttırdığı için endüstriyel DIN rayları (15mm veya daha yüksek) düşük gerilim ürünlerinin ısı dağılımı üzerinde pozitif bir etkiye sahiptir.
- Genel boyutlar (hacim).

PV kesiciler ve ayırıcılar Montaj Mesafeleri

PV kesicilerin ve ayırıcıların sıcaklık ile ilgili indirgeyici değerlerinden ötürü, bu bağlamda diğer değişkenler açısından bitişik kesiciler veya ayırıcı arasındaki mesafeler göz önüne alınmalıdır.

Öneri

Muhafazanın uygun tasarımı doğrulamak için muhafaza üzerinde maksimum uygulama koşullarında sıcaklık testleri yapılması kuvvetle önerilir. Buna ek olarak, ulusal ve uluslararası kurulum standartlarının sağlandığından emin olmanız gerekmektedir.

Standartlar

Anahtarların, yük ayırıcıların ve kesicinin montajı, ulusal ve/veya uluslararası standartlara uygun olmalıdır.

Panel panoların montajı için bu standartlar genelde IEC 61439-1 ve IEC 61439-2'yi referans alır (Düşük gerilimli anahtarlama ve kontrol donanımı tertibatları - Bölüm 1: Genel kurallar / - Bölüm 2: Güç anahtarlama donanımı ve kontrol donanımı tertibatları).

Bu standartlarda, kablo kesitleri, maksimum izin verilen sıcaklık vs. gibi çevresel koşullar için gereklilikler belirtilmiştir.

Başvuran kuruluş, kurulumun bu ilgili standartlara (örneğin, IEC 61439-1 ve IEC 61439-2) uygun olduğundan emin olmalıdır.

İlave Bilgiler: Sıcaklıkla İlgili İlk Yardım

Yukarıda tanımlanan özel özelliklerle ilgili olarak bir muhafaza monte edilmediyse, aşağıdaki ilk yardım önerileri yardımcı olabilir:

- PV kesicilerin veya ayırıcıların düşey konumda monte edilmesi olumlu bir değer düşürme etkisine sahiptir.
- Montaj talimatlarına göre terminal sıkma torku, kablo ve terminal arasındaki kontak direncini optimize eder.
- Mevcut olduğunda, PV kesiciler ve ayırıcılar için halkalı kulp kitlerin kullanımı, genellikle daha büyük kablo çaplarının montajına izin verir. Bunun sıcaklık ile ilgili yanlış açmalar üzerinde olumlu bir etkisi olabilir.

Teknik Uygulama Föyleri

QT1

ABB devre kesiciler ile alçak gerilim seçiciliği

QT7

Üç fazlı asenkron motorlar
Genel özellikler ve koruma cihazlarının
koordinasyonunda ABB çözümleri

QT2

OG/AG trafo merkezleri: kısa devre hesaplama
teorisi ve örnekleri

QT8

Elektrik tesislerinde güç faktörü düzeltme ve
harmonik filtreleme

QT3

Dağıtım sistemleri, dolaylı temas ve toprak
hatasına karşı koruma

QT9

ABB devre kesiciler ile veriyolu haberleşmesi

QT4

AG panoları içindeki ABB devre kesiciler

QT10

Güneş enerjisi santralleri

QT5

Doğru akım uygulamaları için ABB devre
kesiciler

QT11

IEC 61439 standardı Bölüm 1 ve Bölüm 2 ile
uyumlu alçak gerilim panolarının oluşturulmasına
yönelik esaslar

QT6

Ark dayanımlı alçak gerilim anahtarlama ve kontrol
panoları

QT12

Deniz sistemleri ve gemi tesisatlarının genel
özellikleri

QT13

Rüzgar enerjisi santralleri

Bize ulaşın

ABB Elektrik Sanayi A.Ş.

Organize Sanayi Bölgesi 2. Cadde No: 16
34776 Yukarı Dudullu / İstanbul
Tel : 0216 528 22 00
Faks : 0216 365 29 45

ABB Müşteri İletişim Merkezi

Tel : +90 850 333 1 222
Faks : +90 850 333 1 225
E-mail : contact.center@tr.abb.com

www.abb.com.tr

Not:

ABB önceden haber vermeksizin teknik değişiklikler yapma veya bu dokümanın içeriğini değiştirme hakkını saklı tutmaktadır. Satınalma siparişlerinde, üzerinde karşılıklı anlaşılmiş özellikler geçerli olacaktır. ABB, bu dokümandaki olası hatalar veya bilgi eksiklikleri için herhangi bir sorumluluk kabul etmeyecektir.

Bu doküman ve ilgili konu ile burada kullanılan resimlerin telif hakkını saklı tutmaktayız. ABB'nin yazılı izni olmaksızın, her türlü kopyalama, üçüncü kişilerin kullanımı veya içeriğinden yararlanma – tümü ya da bir kısmı – yasaktır.

© Copyright 2019 ABB
Tüm hakları saklıdır.

1SDC007109G0202 - 03/2014

Power and productivity
for a better world™

