

Güneş Santrallerinde IEC 62305 Standardı Kapsamında Yıldırımdan Korunma, Topraklama ve AG Parafudr Seçimi (*)

Serdar Aksoy

serdar.aksoy@yilkomer.com

1-GİRİŞ

Solar sistemlerin açık arazilerde ve çatılarda konumlandırılması yıldırım darbesinin tesisimize vurma ihtimalini artırmaktadır. Gerek yıldırım gerekse diğer ani aşırı gerilim darbeleri uzun yıllar sürdürülebilir çalışma hedeflenen tesislerde hasara ve ciddi maddi kayıplara neden olabilir. Bu nedenle tesis projelendirme aşamasında mutlaka yıldırım ve ani aşırı gerilim darbelerine karşı koruma altına alınmalıdır. Bu korumalar da 4 segmentle tamamlanır.

2- 4'LÜ KORUMA VE ÖNEMİ

IEC 62305 normları ışığında tesislerde 4 sistemin entegrasyonunu sağlanmalıdır. Yıldırımdan Korunma sistemini 4 ayak üzerinde duran bir masa olarak tanımlanırsa 4 sistemden birinin olmaması ya da hatalı olması sistem korumasını devre dışı bırakabilir. Bu konudaki standartlar Şekil-1'de gösterilmiştir.

ÖNEMLİ STANDARTLAR			
IEC 62305-1 ...-4: Yıldırımdan Korunma			
IEC 62305-1 Genel prensipler	IEC 62305-2 Risk yönetimi ient	IEC 62305-3 Bina ve insanların korunması	IEC 62305-4 Binalardaki elektrik ve elektronik sistemler
+Alman Özel sayı:1+2	+Alman Özel sayı:1-5	PV güç kaymağı sistemleri	

Not: EN 61543'te tarif edilmiş telekomünikasyon sistemlerinin yıldırımdan korunması

Şekil-1

2.1-Pasif Dış Yıldırımlık Sistemi:

Tesisin fiziksel güvenliği için GES projelerine yönelen yıldırım darbelerini kontrol altına alarak insan ve çevre güvenliğini sağlamak amacıyla DİŞ YILDIRIMLIK sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yuvarlanan küre metodu esas alınarak tasarlanacak sistemlerde

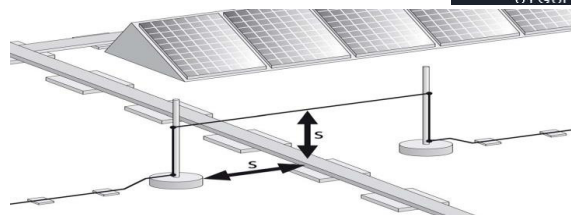
pasif yıldırımdan korunma sistemlerinin kullanılması IEC 62305 standardı kapsamında önerilmektedir. Paratoner sistemleri tesisin çevresinde düşebilecek yıldırımları da tesise çekecektir bu nedenle sadece tesise yıldırım düşerse devreye giren pasif yakalama çubukları ile koruma açısı oluşturarak yapılacak korumalar büyük önem arz etmektedir. Pasif yakalama uçlarıyla 3 farklı uygulama şekli bulunmaktadır. Bu koruma yöntemleri aşağıdaki gibidir:

1-) Panel arkasından uzun yakalama uçları ile koruma açısı oluşturarak mesh metoduyla sisteme entegre edilir. Şekil-2'de bu yöntem gösterilmiştir.



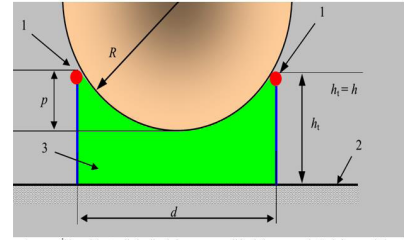
Şekil-2

2-) Panel üzerinden kısa yakalama uçları ile koruma açısı oluşturularak koruma sağlanabilir. S koruma mesafesi izoleli ve yalıtımlı ürünlerle sağlanmalıdır. Eşpotansiyel sistem son derece önemlidir. İzoleli iletken kullanılmadığı takdirde Şekil-3'de gösterildiği gibi S mesafesi uygulanmalıdır.



Şekil-3

3)Saha alan koruması; Yuvarlanan küre metoduna göre Tripod sistemlerle izoleli yıldırım yakalama direkleri ile alan koruması yapılır. Panellerden uzakta koruma sağlandığı için en sık uygulanan yöntemdir. Darbenin parçalara ayrılması esastır. Şekil-4 ve Şekil-5'de saha koruması görselleri verilmiştir. Şekil-6'da Tripod uygulaması gösterilmiştir.

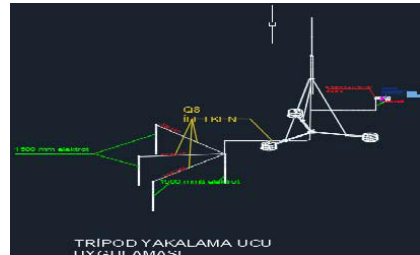


- 1 İki paralel yatay iletkenli yakalama ucu veya iki yakalama ucu çubuğuyla korunan bölge,
- 2 Referans düzlem,
- 3 Tüm korunan bölge,
- h_1 Referans düzlemden yakalama ucu iletkenlerinin yüksekliği,
- p Yuvarlanan kürenin girme derinliği,
- h Çizelge-1'e göre yakalama ucunun yüksekliği
- R Yuvarlanan kürenin yarıçapı,
- d İki paralel yatay yakalama iletkeni veya iki yakalama çubuğu arasındaki açıklık

Şekil-4



Şekil-5



Şekil-6

2.2-İç Yıldırımılık (Surge arrester) Sistemi:

Tesisler yıldırım ve ani aşırı gerilim darbelerine karşı korumak isteniliyorsa istisnasız olarak enerji ve data hatlarında iç yıldırımılık sistemi (surge arrester) kullanmak zorunludur. İnvörtör öncesi ve sonrası AC ve DC hatlarda; ana dağıtım panosunda, data hatlarında ve hatta her panel öncesinde AG parafudr sisteminin kurulması tesisin sürekliliğini ve yıldırım darbeleri karşısında devre dışı kalmamasını sağlayacaktır. İç yıldırımılık sistemlerinin seçiminde dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan ilki ürünün koruma sınıfıdır.

Parafudr sistemlerinde Tip 1 sınıfı ürünler yıldırım darbelerine karşı koruma sağlarken Tip 2 sınıfı ürünler sadece şebeke darbelerine karşı koruma sağlamaktadır. Bu nedenle hem AC hem de DC hatlarda mutlaka Tip 1+2 sınıfı ürün seçilmesi önem taşımaktadır. İnvörtörlerde yer alan korumalar genellikle 8/20 mikro saniye eğrisinde koruma sağlayan Tip 2 sınıfı ürünlerdir. Bu ürün sınıfı yıldırım darbesine karşı koruma sağlamamaktadır, bu nedenle sistemlerde mutlaka 10/350 mikro saniyede test edilmiş bir yıldırım koruması bulunması önemlidir. AC ve DC parafudr sınıflarının yanında sistemin sürekli gerilimi baz alınarak seçilirler. Maksimum dayanım kapasiteleri 1000v -600 v DC ürünlerle 255 Volt AC ürünler genellikle solar sistemlerde kullanılmaktadır. Bölgesel olarak yapılan risk analizi ve mühendislik çalışmaları sonucunda da ürünün koruma seviyesi, kiloamper mertebesi belirlenir. Ürünler 150kA, 100kA, 50kA, 25kA, 40kA, 20kA, 10kA ve 5kA mertebelerinde koruma sağlamaktadır. Bu nedenle ürün seçiminde tesisin ve projenin detaylı analizi oldukça önemlidir.

Seri bağlanan panellerin invertör

girişinde DC, invertör çıkışlarında AC ürün kullanılabilir. İkinci dikkat edilmesi gereken konu ise ürünün dayanabileceği maksimum sürekli gerilimdir. DC olarak panellerin sürekli gerilim 1000 volta kadar çıkabilmektedir; eğer 1000 voltluk bir sistemde 600 voltta test edilmiş bir ürün kullanılırsa parafudr bu noktada zarar görür, bu nedenle sürekli test gerilimi önem taşımaktadır.

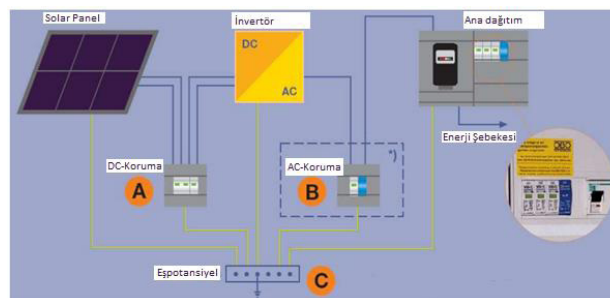
Üzerinde durulması gereken bir diğer konu da parafudurun koruma değeridir. Bu genellikle bölgesel olarak ve tesisin fiziksel durumuna göre değişkenlik göstermekle beraber ortalama olarak 50 kiloamper koruma seviyesinde bir ürün invertör öncesi ve sonrası için uygundur. Enerjinin sisteme aktarımı noktasındaki ana panoda ise 150 kiloamper koruma değerinde, spark gap teknoloji B sınıfı ürünlerin kullanılması sistem güvenliğini üst düzeye çıkarır. Eğer tesiste üretilen enerjinin uzaktan izlemesi yapılıyorsa, haberleşme modülleri kullanılıyorsa bu noktada da D sınıfı ürünler kullanılabilir. 24 volt, 48 volt, 120 volt şeklinde değişkenlik gösteren haberleşme modülü korumaları sistem karakteristiğine göre uzman mühendisler tarafından seçilebilir. Parafudrın montajı Tip 1+2 sınıflarında sisteme paralel, 16 mm² kesitli kablo ile yapılmaktadır. Tip 3 sınıflarında ise seri bir bağlantı uygundur. Ürün seçimi kadar sistem sürekliliği için montaj da büyük önem taşımaktadır. İç Yıldırımılık sistemlerinin tasarımı ile güneş sant-

rallerine ve ekipmanlarına yönelecek her türlü darbe sisteme ulaşmadan sönülmemiş olur. Şekil-7'de iç yıldırımılık uygulaması ve eşpotansiyel bara uygulaması gösterilmiştir.

2.3-Topraklama Sistemi:

Özellikle arazi uygulamalarında tesis temelinde maksimum 20x20 gözlerle oluşturulacak topraklama ağı tesisin her noktasına eş bir topraklama direncin gitmesini sağlayacağı gibi uzun yıllar tesisin ayakta kalmasını sağlayacak en önemli etkidir. Bu noktada min.70 mikron kaplamalı galvaniz şerit kullanımı ve korozyon riskine karşı korozyon bandı uygulamasına son derece önem arz etmektedir.

Güneş Santralleri yatırımlarında elektriksel altyapının ve sistem sürekliliğinin temelini oluşturan Topraklama Tasarımı ve Uygulaması büyük önem taşımaktadır. Kullanılan ürünlerin korozyona uğraması, bağlantı ekipmanlarının yeterli kalınlıkta olmaması ve en önemlisi sistemde doğru bir tasarımla eşpotansiyel sağlanmamış olması sistem temelini dolayısıyla bu topraklamadan faydalanan tüm sistem elemanlarının ömürlerinin 20 yıl olması beklenemez. Topraklama yıllar sonra kolay revize edilebilen bir sistem değildir ve ilk kurulum aşamasında maliyet olarak çok önemsenen bir kalem olmasa da teknik açıdan büyük önem taşımaktadır. Topraklamanın uzun yıllar güneş santraline hizmet etmesi tek amaç olmalıdır. Bundan dolayı sistem tasarımına paralel olarak kullanılacak



Şekil-7

ürünlerin IEC 50164 normlarına uygun olarak seçilmesi ve uygulamanın yine IEC 62305 normlarına uygun olarak yapılması gerekmektedir. Tesislerde temel topraklaması, koruma

topraklaması, işletme topraklaması, yıldırımdan korunma topraklaması gibi farklılaşan topraklamalar özel bağlantı elemanlarıyla eşpotansiyele alınmalıdır.

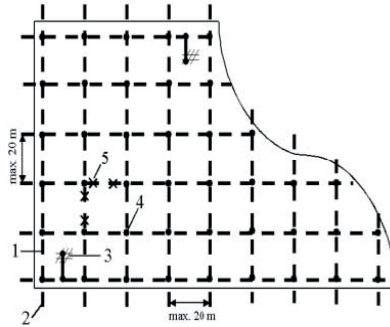
Örneğin yakalama uçlarının topraklamaları tesisin zıt yönünde kaz ayağı şeklinde yapıldıktan sonra spark gap sönmüleyici parafudrları ile eşpotansiyele alınmalıdır. Bu nedenle tesiste oluşacak lokal eşpotansiyel baralar ana eşpotansiyel baraya taşınabilir. Tesis çevresinde dönen ring hattan filizler hem masa ayaklarına hem dış yıldırımdan korunma sistemine hem de çitlere bağlanmalı ve eşpotansiyel için temeli oluşturmalıdır. Tesiste kullanılacak topraklama ekipmanlarının farklı metallerde olmamasına dikkat edilmelidir. Bimetal etki en tehlikeli korozif etki nedenidir. Tesiste bakır kullanma zorunluluğu yoktur. Standartlar çerçevesinde 70 mikron kaplamalı topraklama şeritleri ve 3mm kalınlığında bağlantı ekipmanları kullanılabilir ancak dış yıldırımdan korunma topraklamasında 100ka testinden geçmiş Almgisi alaşımlı özel iletkenlerin kullanımı topraklamayı ve korunmayı çok uzun yıllar sabit kılmaktadır. Eğer mümkün ise yakalama uçları ve temel bağlantıları paslanmaz çelik ekipmanlar olarak seçilebilir. Tüm bağlantı noktalarında korozyon bandı uygulaması ise büyük önem taşımaktadır. Uygulama aşamasında gömülen tüm ekipmanların 80cm den başlayarak toprakla irtibatlandırılması önemlidir.

Özetle solar sistemlerin topraklamasında uygulama, ürün seçimi, ürün seçimi ve raporlama büyük önem taşımaktadır. Birçok projede maliyetten kaçmak adına sadece masa ayakları ile topraklama yapıldığı gözlemlenmiştir ve teknik açıdan yatırımın boyutuyla karşılaştırıldığında yorumsuz bir tablo ortaya çıkmaktadır. Tüm bu anlatılan

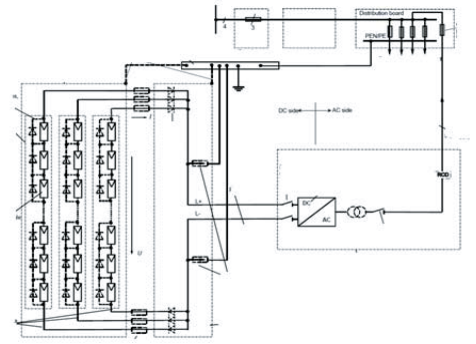
uygulamalar öncesine projelendirme ve hesap büyük önem taşımaktadır ve projelendirme aşamasında da Toprak Özgül Direnç ölçümü en kritik noktadır. Sahanın kurulacağı toprağın özgül direncinin ölçülmemiş olması tüm hesapları etkiyecektir. Şekil-8'de sahada bir topraklama uygulaması ve Şekil-9'da ise grid uygulaması gösterilmiştir.



Şekil-8



Şekil-9

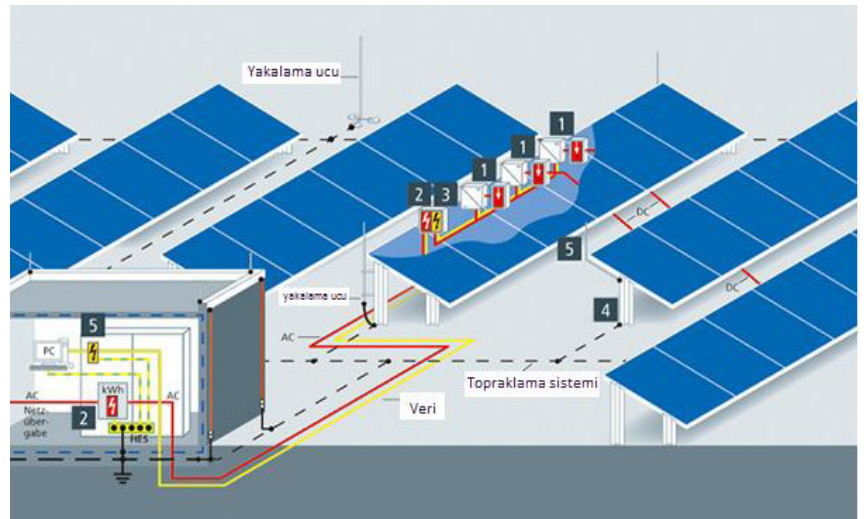


Şekil-11 PV Tek Hat Şeması

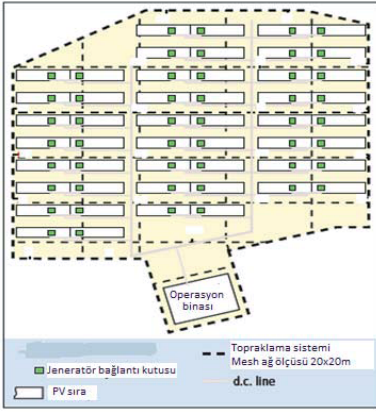
2.4-Eşpotansiyel Sistem:

Tesis çevresinde gerçekleştirilecek ring hat ile tesisin tüm metal aksamalarının eşpotansiyel baralar aracılığıyla birleştirilmesi ve tesiste farklı noktalarda yapılacak ölçümlerde direnç farkının 0,2 ohm mertebesinde geçmemesi tesise yönelecek darbelerin vereceği zararı en alt seviyeye indirecektir. Dış yıldırımlık sistemi dahil tüm topraklamaların eşpotansiyel baradan yeniden topraklanması önerilmektedir.

Yapılan tüm çalışmaların mühendislik hesaplarının, risk analizlerinin yapılması ve proje üzerinde uygulama öncesi tasarlanması güvenli bir sistem için oldukça önemlidir. Ayrıca finans kuruluşları ve sigorta firmalarının bu konu üzerinde hassas davranmaları tesis sürekliliği açısından oldukça önemlidir. Örnek Grid Görseli Şekil-



Şekil-10 IEC 60364 Standartı PV Santral Topraklama Şeması



Şekil-12

12'da gösterilmiştir.

Topraklama ve Eşpotansiyel Kavramı

Pasif Yakalama Uçları tasarımı ve AG Parafudr tasarımının ardından en önemli ikili topraklama ve eşpotansiyel sistemdir. Bir solar projesinde topraklama genel tanımı altında birçok topraklama çalışması uygulanmaktadır. Temel topraklaması, fonksiyon topraklaması, işletme ve koruma topraklaması solar projelerde adım adım uygulanır. Ancak asıl önemli olan tüm farklı topraklamaların proje sonunda eş değer dirence gelmesidir. Aksi durumda tesisinin uzun yıllar içerisinde oluşacak hata akımlarından ve ani gerilim darbelerinden kaçınması zor olacaktır. Topraklama konusu kesinlikle teknik hesaplara dayalı olarak gerçekleştirilmelidir. Toprak özgül direnç değeri ölçülmeden, tesis dışındaki alanların özgül dirençleri var ise mevcut yapılan topraklama değerleri ölçülmeden tasarım ve uygulama yapmamız doğru sonuçlar vermeyebilir. Öncelikli olarak tesiste her metal donanımın her noktanın global toprak hattından faydalanması için hesaplar dahilinde bir tasarım yapılmalıdır. Risk analizi sonucunda santral çevresinde bir ring hat dönülmeli, risk analizi sonucunda çıkacak mesh ölçülerine göre santral temelinde darbelerin kolay dağılması için topraklama ağı örülmelidir ve örülen ağ, çit, masa ayakları tüm temel

donatılara ulaşmalıdır. Yine hesaplar sonucunda belirlenecek topraklama çubuk sayısı toprak özgül direnç değerine paralel olarak tasarlanmalıdır. Genellikle ring hat boyunca kullanılan topraklama elektrotları ve topraklama iletkenleri 80cm derinlikten itibaren topraklanmalı ve filizleri yüzeye çıkarılmalıdır. Temel topraklama sistem kurulumunda en dikkat edilmesi gereken husus IEC 50164 standartına uygun ürün ve malzeme kullanılmasıdır. Çünkü korozyon riski kısa sürede tesis topraklama direnç değerlerini yükseltecektir. Bu nedenle antikorozyon ürünlerin seçilmesi, mümkün ise galvaniz iletken seçilecekse 70mikron kaplama seviyesinin olması, bağlantı elemanlarının 3mm kalınlığının altında olmaması ve her bağlantı noktasında korozyon bandı kullanılması son derece önemlidir. Termokaynak ile bağlantı yapılması daha doğru bir uygulama olacaktır. Ayrıca tüm kullanılan ekipmanların ve bağlantı elemanlarının aynı cins metalden oluşması önem arz etmektedir. Bimetal etkiye karşı aynı cins malzeme kullanımı önemlidir. Temel topraklaması tasarımı yapıldıktan sonra tesiste pasif yakalama uçlarının yerleşimi ve dizaynı ardından da tesis zıt yönlerinde fonksiyon topraklaması yapılmalıdır. Fakat her fonksiyon topraklaması spark gap sönmüleyiciler ile mutlaka eşpotansiyel alınmalıdır. Bu noktada uzman mühendislerce tasarım ve uygulama yapılmalıdır. Paratoner kullanımının sakıncalı olduğu GES Projelerinde paratoner topraklamasının eşpotansiyel alınmaması tam olarak risktir. Yıldırımdan Korunma Sisteminde pasif yakalama uçları tercih edilmeli ve eşpotansiyel alınmalıdır. Trafoların İşletme ve Koruma topraklama direnç değerleri ise son derece önemlidir. Trafo koruma ve işletme uygulamaları ve direnç de-

ğerleri standartlarca belirlenmiş olup uzun yıllar göz önüne alındığında tüm topraklama değerlerinin 1ohm seviyesinin altında yapılması, korozyon bandı kullanılması son derece önemlidir. Saha dağıtım panoları ve toplama panolarının topraklamaları kesinlikle farklı yapılmamalıdır. Eşpotansiyel alınmalıdır. Bunun nedeni oluşabilecek yıldırım, ani aşırı gerilim ve diğer hata akımları direncin düşük olduğu panoya 25ns de akar ve bu noktada olumsuz sonuçlar ortaya çıkacaktır. Bu nedenle saha panoları, birleştirici kutu (combinerbox) topraklamaları, invertörler mutlaka global topraklamadan faydalanmalıdır. Tüm topraklama sistemleri kurulduktan ve eşpotansiyel alındıktan sonra IEC 62305 standardı kapsamında eşpotansiyel kontrolü ve kalibrasyonlu cihazlarla ölçümleri yapılmalıdır. Bu noktada uzman mühendislerce kontrol son derece önemlidir. Belirlenen 100 noktada direnç farkı 0,2 ohm aşmamalıdır. Bu nedenle farklı lokasyon ölçümleri son derece önemlidir. Ancak tasarım, uygulama, santral çevresindeki özgül direnç farklılıkları farklı çalışmaları gerektirebilir. Zaman zaman tesiste risk atma noktaları oluşturulup direnç o noktada kasıtlı olarak düşük tutulabilir. Bu özgül direnç değerlerinin dengesiz olduğu sahalarda yapılmamalıdır. Topraklama konusunda hesaplar, malzeme seçimi, uygulama ve ölçüm aşamaları kesinlikle uzmanlık dahilinde yapılmalıdır. Aksi durumda tesisin elektriksel anlamda uzun süre ayakta kalması oldukça zordur. En doğru ve güvenilir sistem pasif yakalama uçları kullanılarak yuvarlanan küre metoduna göre tasarımı yapılan faraday sistemini SOLAR yatırımlarda uygulanmalıdır. Solar sistemleri ani aşırı gerilim ve yıldırım darbelerine korumak amacıyla IEC normları tarafından yayınlanan ve VDE tarafından tasarı kriterleri

belirlenen solar sistemlerin koruması kapsamında fotovoltaiik sistemlerde paratoner kullanımı büyük risk taşımaktadır. Açık arazilerde iyon yayan bir sistem kullanılması(paratoner sistemi) kümülüs bulutları tarafından oluşturulan yıldırım darbesinin santrale kolayca yönelmesini sağlayacaktır. Bunun yerine iyon yaymayan gerçekten darbe solar santrale yöneldi ise devreye giren Pasif yakalama uçlarının kullanılması hem etkin bir koruma sağlayacak hem de riski minimum düzeye indirecektir.

Ayrıca çok ince bir yapıda olan yakalama uçları gölge riskini de ortadan kaldırmaktadır. Solar sistemlerde mutlaka yıldırımın fiziksel etkisine karşı bir dış yıldırımlık sistemi tasarımı yapılmalıdır. Tesise yönelecek yıldırım darbesi 28000celcius sıcaklıkta ve 200 kA tepe değerleri ile fiziksel olarak santrale dönüşü zor hatalar verebilir. Fakat Yıldırım ve Ani Aşırı Gerilim darbelerinden korunmak amacıyla tek başına paratoner sistemi yeterli olmamaktadır.

Yıldırımın elektriksel etkilerinden korunmak amacıyla DC ve AC AG PARAFUDR sisteminin mutlaka tesis edilmesi gerekmektedir. Parafudr seçiminde de yıldırım ve şebeke darbelerine karşı koruma sağlamak için mutlaka B+C sınıfı ürün kullanımı gerekmektedir. İnvörtörler içerisinde yer alan parafudr sistemleri sorgulanmadığı takdirde B+C yerine C sınıfı başka bir deyişle TİP II olarak kullanılmaktadır. Bu ürün yıldırıma karşı korumamaktadır. Pasif yakalama uçları ile koruma altına alınan santral AC-DC ve data hatları AG Parafudr sistemleri ile koruma altına alınmalıdır. TS EN 61643-11 Standartına göre test edilmiş parafudrlar 8/20 ve 10/350 eğrilerinde test değerlerine sahip olmalıdır. Ve kullanılan ürünler kesinlikle TS EN 50539-11 Standartına uy-

gunluk belgesine sahip olmalıdır.

Son olarak bir solar tesisi uzun yıllar darbeler ve korozyona karşı koruma altına almak için EŞPOTANSİYEL sistemi

sağlamak gerekmektedir. Özellikle dış yıldırımlık sistemleri sönmüleyici parafudrlar(spark gap) aracılığıyla eşpotansiyeye alınmalıdır. Örneğin kurulan bir paratoner sistemi eğer eşpotansiyeye alınmıyorsa, tesis için risk oldukça artmakta darbe direncin düşük olduğu yere doğru 25 nanosaniyede akacaktır;Bu nedenle pasif yakalama uçları solar tarla çevresinde döndürülecek ring hatta spark gapler (Şekil-13) ile bağlanarak eşpotansiyeye alınmalı ve hedef toprak direnç değerleri sağlanmalıdır. Ayrıca tüm bağlantılarda korozyon bandı kullanımı büyük önem taşır.

3-SONUÇ

IEC 62305 Standartı Işığında 4 lü Korumanın Önemi:

1) İç Yıldırımlık Sistemleri: B+C sınıfı DC –AC parafudr -VG +Spark Gap Teknolojisinin bir arada sunulduğu 1000 v sürekli gerilimde 10/350 ms ve 8/20 ms eğrilerinde koruma sağlayan, varistör teknolojisine kıyasla uzun ömürlü iç yıldırımlık sistemlerinin DC hatlarda korunması önemlidir.

AC hatlarda ise toprak nötr hattı min 100 ka VG teknoloji ürünler kullanılmalıdır. Ayrıca RS 485 haberleşme modüllerinde Tip3 hassas enerji korumaları kullanmak sistem güvenliğini maksimum düzeye getirecektir.

2) Dış Yıldırımlık Sistemleri: Tesislerin risk analizi sonucunda panellerin yerleşim planı göz önünde bulundurularak IEC 62305 Standartını baz alan programlar ışığında tesis projelendirilir. Proje temelinde yuvarlanan küre metodu baz alınarak tesisinizde uzun yakalama uçları vasıtasıyla

Eşpotansiyel için izoleli sönmüleyici parafudr (Spark gap)

EPZ 100/xxx Ex



Teknik Data

Kullanıldığı alan: Açık alan ya da doğrudan gömme
Koruyucu element: GDT
En yüksek aşırı akım değeri oranı: I_{max}=100kA
Kaplama: Hava geçirmez çevresel salmastrali ve kısa kablolu korozyona dayanıklı malzeme
ATEX onayı: EN 60079-0 ve 60079-15; 15ATEX 0102; Ex II 3G
IECE onayı: EN 60079-0 and 60079-15; IECEx: BAS 15.0069;
Ex n C II C T5 Gc
Uygun olduğu: EN 62561-3:2012



Şekil-13

ve eşpotansiyel kavramı temel alınarak yerleşim gerçekleştirilir. Yıldırımın fiziksel zararlarından ve insan hayatını etkilememesi için dış yıldırımlık sistemi tesislerde zorunludur, fakat standartlar ışığında mesh ve faraday sistem entegrasyonu en doğru çözüm olmaktadır.

3) Topraklama Sistemi: Tesislerin temelinde yapılacak hesaplar sonucunda topraklama ağ sistemi kurulmakta ve tüm noktalar bu evrensel topraklama ile birleştirilmektedir. Kullanılan tüm malzemeler IEC 50164 standartları ışığında seçilmelidir, korozyon riski göz önünde bulundurularak 70 mikron kaplamalı galvaniz şerit, korozyon bandı gibi özel uygulamalar gerçekleştirilmelidir.

4) Eşpotansiyel Sistem: PV Tesislerinin her noktasında direnç eşitliği hedeflenmelidir, lokal eşpotansiyel baralar ana eşpotansiyel baraya taşınmalıdır. Kontrol ve ölçüm ile tesisin son kontrolleri gerçekleştirilmelidir.

4-KAYNAKLAR

- [1] *Proceedings of the IEEE, Vol.102, No.6, June 2014.*
- [2] *VDE 0185305(IEC 62305)*
- [3] *IEC 50164*
- [4] *IEC/TSE EN 62305-1-2-3-4 Yapı ve Tesislerin Yıldırımdan Korunma Standartı.*

(*) **10. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu YEKSEM2019 (12-14 Aralık 2019, Antalya)'da sunulan bildiri metnidir.**