

NÖTR UYGULAMASIZ TT TOPRAKLAMA İLE FOTOVOLTAİK GÜÇ SANTRALLERİNDE KORUMA SİSTEMİ

Ali Eray ERGİN¹, Yrd. Doç. Dr. Mete ÇUBUKÇU¹,
Egemen AKKUŞ², M. Emre EREN¹

¹Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, İzmir, Türkiye

²TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir, Türkiye

alieray.ergin@emo.org.tr, mete.cubukcu@ege.edu.tr, egemen.akkus@emo.org.tr,
mustafaemre.eren@emo.org.tr

ÖZET

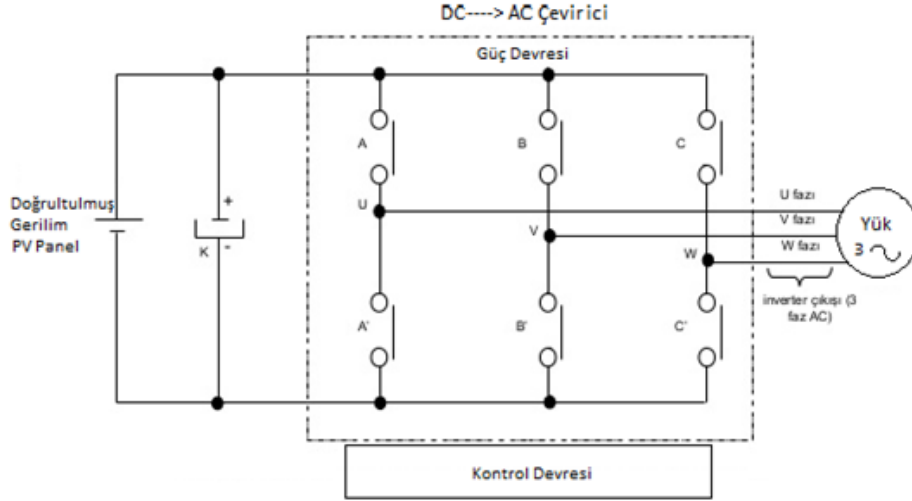
Günümüzde, güneş enerjisi santrallerinin şebeke etkileri ve koruma sistemlerinin türleri üzerinde yoğun araştırmalar sürdürülmektedir. Elektrik Güç Sistemleri Mühendisliğinin önemli tartışma konuları, topraklama ve koruma sistemleridir. Güneş Enerji Sistemleri(GES) ve güç elektroniği donanımı, genel olarak Almanya-Avrupa merkezli gelişen teknolojilerdir. Türkiye'deki uygulamaları da bu teknoloji ve gelenek doğrultusunda ilerlemektedir. Ancak Türkiye'nin elektriksel altyapı geleneği, bazı yönlerden bu ülkelere göre farklılık göstermektedir. Bu çalışmada, güneş enerjisi santrallerinin elektriksel altyapısının topraklama ve koruma sistemleri için Avrupa'daki ve Türkiye'deki topraklama sistemindeki farklılıklar dikkate alınmıştır ve farklı bir bakış açısı geliştirilmiştir. Geliştirilen santral altyapısındaki koruma devrelerinin tasarım metotları, ilk yatırım maliyetlerinde yaklaşık %3-4'lük bir düşüşü de sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler- FV Güç Sistemleri, Güneş Enerji Santralleri, FVGüç Eviricisi, Nötrsüz Topraklama Sistemi, TT Topraklama Sistemi, Nötr Hattı, Artık Akım Koruma Sistemleri.

1. GİRİŞ

Eviriciler genel anlamda güç çevirici olarak tanınan, DC (doğru akım)gücü AC (alternatif akım) güce çevirmek için kullanılan sistemlerdir [1]. Eviriciler, Şekil-1'de yer alan eşdeğer devrede görülebileceği üzere, A, A¹, B, B¹,C ve C¹ kodlu tristörler kullanarak,Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM) ve genliklerinin değişimi ile saf sinüse çok yakın sinüs dalgaları oluşturarak, doğru akımı alternatif akıma dönüştürür. Ayrıca eşdeğer devrede yer almayan ancak tüm fotovoltaiik güç eviricilerde bulunan filtre sistemleri ile harmonikler sınırlandırılıp (THD < %3 olacak şekilde), sinüs dalgası saf sinüse daha da yaklaştırılır ve kullanıma ideal hale getirilir [2].Ek olarak, şebeke bağlantılı eviricilerde, şebeke gerilim ve frekans bileşenleri anlık olarak takip edilip, kontrol ünitesi aracılığıyla güç elektroniği donanımının sürülmesi işlemi gerçekleşir.

Bilinen dizi eviricilerin büyük bir kısmı tüketim odaklı üretilmiştir.



Şekil 1 – Evirici Eşdeğer Devresi

Türkiye’de birçok dizi evirici yapısal olarak 5 kutuplu (U,V,W fazları – N Nötr – PE Topraklama) olarak üretilmektedir. Buradaki U,V,W uçları, fazları ifade edip, evirici için sisteme güç bağlantısıdır. Nötr kontrol ucu (PE) ise eviricinin metal aksamı için koruma topraklamasıdır. Ancak bunların yanında piyasadaki bazı eviriciler ise sadece 4 kutupludur (U,V,W fazları – PE Topraklama). Bu eviricilerde, Nötr çıkışı verilmemekte olup, kontrol işlemi faz üzerinden yapılan ölçüm teknolojisi ile eviricinin içinde gerçekleştirilmektedir [3].

5 kutuplu dizi eviricide yer alan nötr ucu canlı bir uç değildir. İçerisinde herhangi bir izole trafo da mevcut olmadığından, çıkış bağlantısında yer alan nötr ucu, bir yıldız noktasının ürünü de değildir. İlgili uç, eviricinin içerisinde enerji dönüşümü gerçekleştiren bölümünden değil, kontrol(kumanda) devresinden gelmektedir [4]. Şekil-1’de de görüleceği üzere, aynı karakteristikteki güç elektroniği ekipmanı kullanılan bu eviricilerde, normal çalışma koşullarında, akım her fazda dengeli olarak akar.

2. KORUMA DÜZENEKLERİ ÖZELİNDE TOPRAKLAMA SİSTEMLERİNİN ANALİZİ

TT sistem, Türkiye’de elektrik dağıtım şirketleri tarafından kullanılan alçak gerilim dağıtım sistemi olarak uygulanmaktadır. Transformatörün ikincil (sekonder) yıldız noktasına işletme topraklamasının, yük tarafına ise elektrik sisteminden bağımsız topraklamanın uygulandığı ve Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği’nin Dördüncü Bölümü’nde belirtilen koşullar yerine getirilemiyorsa, ilgili topraklamaların aralarındamesafe olacak şekilde ayrıldığı sistemdir.

Bir Alçak Gerilim (AG) tesisinde veya enerji santralinde koruma, iki ayrı akım değeri referansı üzerinden incelenir:

- Aşırı Akımlar: Tespit edilen, beyan edilen akım değerlerinden yüksek tüm akımlardır ve ikiye ayrılırlar:
 - Aşırı Yük Akımları ($I >$)
 - Kısa Devre Akımları ($I >>$)
- Hata Akımları (I_d)

Bu korumalarla ilgili olarak, güç dağıtım sistemlerinde termik manyetik şalterler kullanılarak (MCCB: Molded Case Circuit Breaker), uygun selektivite (arızanın gerçekleştiği yerin devreden çıkarılıp diğer bölümlerin işletmesini sürdürebilmesi koşullarının yerine getirilmesi) sağlanarak, bünyesinde barındırdığı manyetik ve termik koruma özellikleri ile arıza esnasında oluşabilecek kısa devre ve aşırı yük akımlarına (devre elemanlarının ısıl yönden zorlanmalarına) karşı koruma mümkün olur.

Hata akımı (Artık Akım) ise, normal olmayan durumlar diye tanımlanabilecek şartlarda (örneğin toprağa karşı izolasyon/yalıtım hataları sonucunda) devreden akan akımlar olarak tanımlanır ve TT sistemde toprak çevrim empedansı üzerinden devresini tamamladığından, 10-100 amper mertebelerinde oluşmaktadır. Artık Akım Koruma cihazları hata akımları için koruma sağlamakta olup, aşırı yük ve kısa devre gibi akımlara karşı koruma sağlamamaktadır [5].

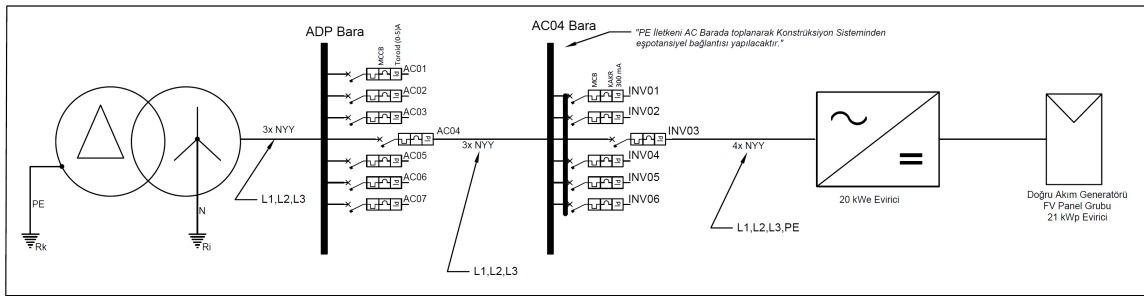
3. YÜK DURUMUNA GÖRE ARTIK AKIM KORUMA DÜZENEKLERİNİN FV SİSTEMLERDE İRDELENMESİ

Elektrikte temel mantığa ilişkin basit bir hüküm vardır. Nötr hattının sadece tek bir kullanım amacı vardır; bu da üç fazlı sistemlerde dengesiz akıma yön vermek ve trafonun yıldız noktasında bu dengeyi sağlamaktır (Şekil-2). Dağıtım tesislerinde fazlardaki yük

bilinemediğinden, elektrik tüketiminde nötr hattı ayrıca çekilmektedir. Şekil-2’de belirtilen sistemde hata akım koruması sağlanmış ve dengesiz yükler için nötr hattı üzerinden denge sağlanmıştır. Bu durumda, L1,L2,L3 veya N hatlarından herhangi birinin toprağa teması gerçekleştiğinde (toprak hatası), devrede yeni bir hata akım bileşeni, PE üzerinden akacaktır. Buradaki dengesizlik, artık akım koruma düzeneğinin ayarlandığı açma değerini aştığı takdirde, devre anahtarı açma yapacak ve böylece hata akımı koruması sağlanacaktır. Ancak arazi tipi fotovoltaik güç sistemlerinin bir çoğunda belirtilen bu dengesiz yük dağılımı, dolayısıyla nötr hattından akım akma durumu söz konusu değildir. Alçak gerilim bölümünde hiçbir yükün olmadığı bir güneş enerji santralinde, jeneratör yapısı dengeli akım üretmeye ayarlanmış ve tüm bağlantılar kusursuz, tüm kablolar yaklaşık aynı kesit ve uzunlukta ise nötr hattından “hat çekilse dahi” işletme durumunda hiç bir şekilde akım akmayacaktır (Şekil-3). Üç fazlı artık akım koruma röleleri, toroidal akım trafosuna giren tüm kablolardan geçen akımların vektörel toplamını almaktadır ve bu toplamın, ayarlanan açma değerine eşit olup olmadığını sürekli olarak kontrol etmektedir. Sistemin, bu dengeli durumda, artık akım koruma cihazının üzerinde bağlantısı bulunan nötr iletkeninin, herhangi bir işlevi bulunmaz (bağlantı türü ve artık akım koruma cihazının yapısına göre test butonu işlevi dışında) ve işletmesel anlamda gerekliliği yoktur.

Sistem tasarımı, Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği Madde-4'te tanımlanan 50 V tehlikeli gerilim seviyesi baz alınarak gerçekleştirilmiştir [7]. Bu sistemde artık akım koruma cihazlarının 300 mA açma akım değerlerinde seçilmesinin nedeni, her bir eviricinin içerisinde yer alan güç elektroniği ekipmanının ve anahtarlama elemanlarının sürülmesi sırasında ortaya çıkan ters elektromanyetik akımlar ve işletme araçlarının gerilim altındaki

bölgülerinden normal koşullarda toprağa akan akımlardır (kaçak akımlar). Bu akımlar, ortalama 100 mA seviyelerinde olduğu için sistemin sürekliliği açısından gereksiz açmaları önlemek için 300 mA açma akım değerinde artık akım koruma cihazı kullanılmıştır. Ek olarak; tesiste yer alan ve tek fazlı beslemeye ihtiyaç duyan kumanda, akü redresör grubu gibi yükler, izole transformatör üzerinden, yükleri dengeli dağıtılarak beslenmiştir.

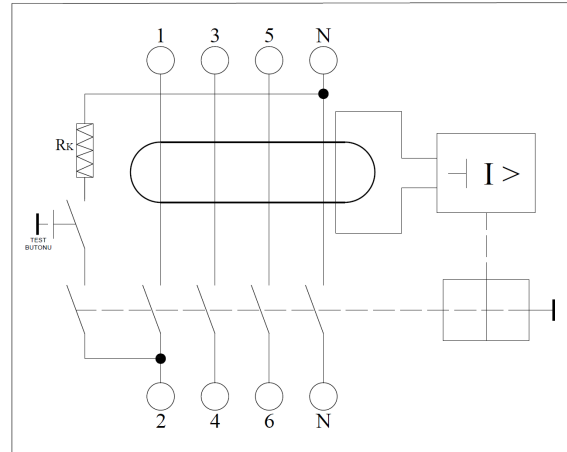


Şekil 4. Arazi Tipi Şebeke Bağlantılı FV Güç Sistemi Tasarımı

5. İŞLETME VE BAKIM

Bağlantı koşulları gereği tasarlanan sistemde (Şekil-5), 4 kutuplu, yani 3F+N artık akım koruma cihazının, nötr ucu boşta kalmaktadır. Şekil-2 ve Şekil-3'te belirtildiği üzere, artık akım koruma düzeni dengeli dağılmış fazların vektörel toplamını alacaktır ve koruma fonksiyonunu yerine getirmeye devam edecektir [3]. Tüm AG enerji dağıtım tesislerinde, periyodik olarak (en az yılda bir defa olmak üzere) artık akım koruma düzeneklerinin açma (trip) akım ve zaman değerleri gözlemlenerek testlerinin yapılması gerekmektedir.

Ayrıca, üretici firma teknik föylerinde artık akım koruma düzeneklerinin test butonu kullanılarak, içerisinde bulunan yay ve mekanik ekipmanının da gerilim kuvvetleri yönünden ayda bir açma gerçekleştirilerek test edilmesi



Şekil 5. AAA Eşdeğer Devre - Normalde Açık Pozisyon

önerilmektedir. Şekil-5'te yer alan eşdeğer devrede de belirtildiği üzere, normal şartlarda; test butonu kullanılarak gerçekleştirilen açmada (trip), fazlardan birinin direnç üzerinden nötr ile kısa devre edilmesi, toroidal

akım trafosu içerisinde yüklerin dengesinin bozularak artık akım koruma cihazında bir arıza durumu örneklenmektedir. Ancak tasarlanan nötrsüz sistemde (Şekil-4), faz nötr gerilimi elde edilemeyecek ve test butonu işlerliğini yerine getiremeyecektir. Test butonunun işlerliğinin sağlanabilmesi için çeşitli basit yöntemler mevcuttur [7]. Bu yöntemler arasında en yaygın olanı faz iletkenlerinden birinin koruma cihazı nötr girişine kaydırılmasıdır. Bu durumda test butonu çalışacak ve yine koruma işlemi de Şekil-5'te görüleceği üzere sağlanacaktır. Fakat dikkat edilmesi gereken husus, test butonu devresinin fazlar arası gerilime, 400 V'a dayanabilmesidir.

6. SONUÇLAR

Nötr uygulaması yapılan ve 4 kutuplu şalt kullanılan 1MWe arazi tipi bir Fotovoltaik Güç Sisteminin toplam yatırım maliyeti yaklaşık 1,000,000 €'dur. (Birmilyon Avro). Arazi ve tasarım yöntemlerine göre değişmekle birlikte, sistem bileşenlerinden AG kablo maliyeti ortalama 300-450 kTL, AG şalt grubu ve bağlantı ekipmanı maliyetleri ise yine marka-model ve seçimlerle değişmekle birlikte, ortalama yaklaşık 100-150 kTL'dir. 4 kutuplu eviriciler için tasarım metodunun Şekil-4'teki gibi yapılması sayesinde, kablo maliyetlerinde %19-21'lik ve AG şalt grubunda ise %15-18'lik bir avantaj sağlanacaktır. Ayrıca işçilik, yer altı kablo kanalları vs. gibi maliyetler dikkate alındığında, FV Güç Sistemi kurulumu toplam maliyetinde, yaklaşık %3-4'lük bir düşüş sağlanacaktır. Dolayısıyla; eviricinin kutup sayısı ayırt edilmeksizin, üreticiden dengeli akım garantisi alındığı takdirde, sistem tasarımında bu yöntemin kullanılması, mühendislik esaslarına göre

kullanılabilecek doğru bir metot olarak değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] L. Paul, "d.c.-to-a.c. inverters for photovoltaics", Solar Cells Volume 6, Issue 4, September 1982, Pages 343-356.
- [2] A. Çelebi, M. Çolak, "Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemlerde Oluşan Harmoniklerin Şebekeye Etkileri" YEKSEM'05, (2005).
- [3] Planning Guidelines SUNNY TRIPOWER 60, 2004, SMA Solar Technology AG.
- [4] A. Wagdy R., "Stepped sine wave DC/AC inverter.I. Theoretical analysis", Solar Energy Materials and Solar Cells Volume 28, Issue 2, November 1992, Pages 123-130.
- [5] Residual current protection for single phase inverters applications, 2014, ABB.
- [6] E.D Spooner, G Harbidge, "Review of international standards for grid connected photovoltaic systems" Renewable Energy Volume 22, Issues 1-3, January-March 2001, Pages 235-239.
- [7] TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Bülteni, Eylül 2016.