

ELEKTRİK TESİSLERİNDE TOPRAKLAMALAR YÖNETMELİĞİ

BİRİNCİ BÖLÜM

Amaç, Kapsam, Dayanak, Uygulama ve Tanımlar

Amaç ve Kapsam

Madde 1- Bu Yönetmelik esas itibarıyla, frekansı 100 Hz'in altındaki alternatif akım (a.a.) ve doğru akım (d.a.) elektrik tesislerine ilişkin topraklama tesislerinin kurulması, işletilmesi, denetlenmesi, can ve mal güvenliği bakımından güvenlikle yapılmasına ilişkin hükümleri kapsar.

Özelliklerinin farklı olması nedeniyle, yüksek gerilimli elektrik kuvvetli akım tesislerine ve alçak gerilimli elektrik tesislerine ilişkin topraklama kuralları ile bilgi işlem ve iletişim donanımlarının topraklanmasına ilişkin kurallar ayrı bölümler halinde verilmiştir.

Elektrikle işleyen taşıtlara ilişkin besleme hatları, bu Yönetmeliğin kapsamına girmez.

Bu Yönetmeliğin Ek'leri ve ilgili Türk Standartları bu Yönetmeliğin tamamlayıcı ekidir. Yönetmelikte olmayan hükümler için EN, HD, IEC ve VDE gibi standartlar göz önüne alınır. Çelişmeler durumunda sıralamaya göre öncelik verilir. Herhangi bir tesisin bu Yönetmeliğin kapsamına girip girmeyeceği konusunda bir kararsızlık ortaya çıkarsa, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının bu konuda vereceği karar geçerlidir.

Dayanak

Madde 2- Bu Yönetmelik, 3154 sayılı Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanununun 28 inci maddesine dayanılarak hazırlanmıştır.

Uygulama

Madde 3- Bu Yönetmelik, yeni kurulacak tesislere ve büyük değişikliğe uğrayacak kurulu tesislere uygulanır.

Büyük değişikliğe uğramayan tesislerde bu Yönetmelik aşağıdaki koşullarda uygulanır:

-Bu değişiklik, söz konusu tesisin öteki bölümleri üzerinde ya da başka tesislerde karışıklıklar ve önemli tehlikeler oluşturursa,

-Yönetmeliğin uygulanmasının var olan tesislerde köklü değişiklikleri gerektirecek sonuçları doğurmaması koşulu ile önemli genişletme, önemli değişiklik ya da önemli onarım yapılır.

Bu Yönetmeliğin herhangi bir maddesinin uygulanması, yerel koşullar nedeniyle zorluklar ya da teknik gelişmeyi önleyecek durumlar ortaya çıkarırsa, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına gerekçeli başvuru yapılması durumunda, Bakanlık yalnızca o başvuru için söz konusu maddenin uygulanmamasına izin verebilir.

Tanımlar

Madde 4- Tanımlar, genel tanımlar, topraklamaya ilişkin tanımlar, hata ve arıza çeşitlerine ilişkin tanımlar, şebeke (sistem) tiplerine ilişkin tanımlar, iletişim sistemlerine ilişkin tanımlar olmak üzere beşe ayrılır.

a) Genel tanımlar:

1) Elektrik kuvvetli akım tesisleri: İnsanlar, diğer canlılar ve nesnelere için bazı durumlarda (yaklaşma, dokunma vb.) tehlikeli olabilen ve elektrik enerjisinin üretilmesini, özelliğinin değiştirilmesini, biriktirilmesini, iletilmesini, dağıtılmasını ve

mekanik enerjiye, ışığa, kimyasal enerjiye vb. enerjilere dönüştürülerek kullanılmasını sağlayan tesislerdir.

2) Alçak gerilim (AG): Etkin değeri 1000 volt ya da 1000 voltun altında olan fazlar arası gerilimdir.

3) Yüksek gerilim (YG): Etkin değeri 1000 voltun üstünde olan fazlar arası gerilimdir.

4) Tehlikeli gerilim: Etkin değeri alçak gerilimde 50 voltun üzerinde olan, yüksek gerilimde hata süresine bağlı olarak değişen gerilimdir.

5) Toprağa karşı gerilim: Orta noktası ya da yıldız noktası topraklanmış şebekelerde, bir faz iletkeninin bu noktalara göre potansiyel farkıdır. Bu gerilim faz gerilimine eşittir.

Bunun dışındaki bütün şebekelerde toprağa karşı gerilim, bir faz iletkeninin toprağa temas etmesi durumunda öteki faz iletkenleri ile toprak arasında oluşan gerilimdir. Arıza yerinde ark yoksa, bir fazın toprağa karşı gerilimi fazlar arası gerilim değerine eşittir.

6) Elektrik işletme elemanları: Elektrik enerjisinin üretilmesi, dönüştürülmesi, iletilmesi, dağıtılması ve kullanılması amacıyla hizmet eden (örneğin makineler, transformatörler, bağlama cihazları, ölçü aletleri, koruma düzenleri, kablolar ve hatlar ile tüketici cihazları gibi) bütün elemanlardır.

7) Sabit işletme elemanları: Yapıları veya mekanik dayanımları açısından, işletme esnasında kuruldukları yere bağlanmış olan cihazlardır. Bu tanıma, işletme açısından sabit oldukları halde, örneğin bağlantılarının yapılabilmesi veya temizlenmeleri için sınırlı hareket ettirilebilen işletme elemanları da dahildir. Örneğin araçlarda ve cihazlarda sabit şekilde monte edilmiş transformatörler sabit işletme elemanlarıdır.

8) Yer değiştirebilen işletme elemanları: Şekilleri ve alışılmış kullanımları açısından işletme sırasında buldukları yere bağlanmamış elemanlardır.

Bu tanıma, şekilleri ve alışılmış kullanımları açısından gerilim altındayken hareket ettirilebilen işletme elemanları da dahildir.

9) Aktif bölümler: Elektrik işletme elemanlarının, normal işletme koşullarında gerilim altında bulunan iletkenleri (nötr iletkeni dahil, ancak PEN iletkeni hariç) ve iletken bölümleridir.

Orta iletkenler de aktif bölümlerdir; fakat koruma iletkenleri ve bunlara iletken olarak bağlı bölümler aktif bölüm sayılmaz.

10) Açıktaki iletken bölümler: Elektrik işletme elemanlarının her an dokunulabilen, aktif bölüm olmayan, fakat bir arıza durumunda gerilim altında kalabilen (gövde gibi) iletken bölümleridir.

11) İletken çeşitleri:

i) Ana iletken (Faz iletkeni) (L_1, L_2, L_3): Elektrik enerji kaynaklarını tüketicilere bağlayan, fakat orta noktadan ya da yıldız noktasından çıkmayan iletkenlerdir.

ii) Nötr iletkeni (N): Şebekenin orta noktasına veya yıldız noktasına bağlanan, elektrik enerjisinin iletilmesine katkıda bulunan bir iletkenidir (d.a. sistemlerinde kaynağın orta noktasına bağlanan iletken de orta iletken denir).

iii) Koruma iletkeni (PE): Elektriksel olarak tehlikeli gövde akımlarına karşı alınacak güvenlik önlemleri için işletme elemanlarının açığındaki iletken bölümlerini:

-Potansiyel dengeleme barasına,

-Topraklayıcılara,

-Elektrik enerji kaynağının topraklanmış noktasına,

bağlayan iletkenidir.

iv) Koruma iletkeni + nötr iletkeni (PEN): Koruma iletkeni ile nötr iletkeninin işlevlerini bir iletkende birleştiren topraklanmış iletkenidir.

v) Fonksiyon topraklama iletkeni (FE): Yalnızca fonksiyon topraklaması için kullanılan bir topraklama iletkenidir.

vi) Fonksiyon topraklama ve koruma iletkeni (FPE): Hem fonksiyon topraklaması ve hem de koruma topraklaması için birlikte kullanılan tek bir topraklama iletkenidir.

12) Dolaylı dokunmaya karşı koruma: İnsan ve hayvanların, hatalı durumlardan dolayı ortaya çıkabilecek tehlikelerden korunmasıdır.

13) Emniyetli ayırma: Bir akım devresine ilişkin olan gerilimin, bir başka akım devresine sirayet etmesinin yeterli güvenlikle önlendiği ayırmadır.

14) Ayırma transformatörü (Ara transformatör): İletişim tesislerinde, besleme şebekesinden kaynaklanan işlev bozulmalarını önlemek için kullanılan, sargıları elektriksel (galvanik) olarak ayrılmış bir transformatördür.

Ayırma transformatörü, birincil (primer) ve ikincil (sekonder) şebekede, dolaylı dokunmada ortaya çıkacak tehlikeli vücut akımlarına (çok yüksek dokunma gerilimlerine) karşı koruma için farklı önlemlerin kullanılmasını ve bu önlemlerin birbirini etkilememesini veya ortadan kaldırılmamasını mümkün kılar. Bu özellik sekonder şebekedeki bir veya daha çok tüketici için geçerlidir.

15) Taşınabilir işletme yerleri: Taşıma sırasında işletme dışı olan elektrik veya iletişim tesislerini bulduran işletme yerleridir. Bunlar (işletme sırasında) sınırlı olarak hareket ettirildiklerinden, işletme esnasında sabit işletme elemanı tanımına girerler.

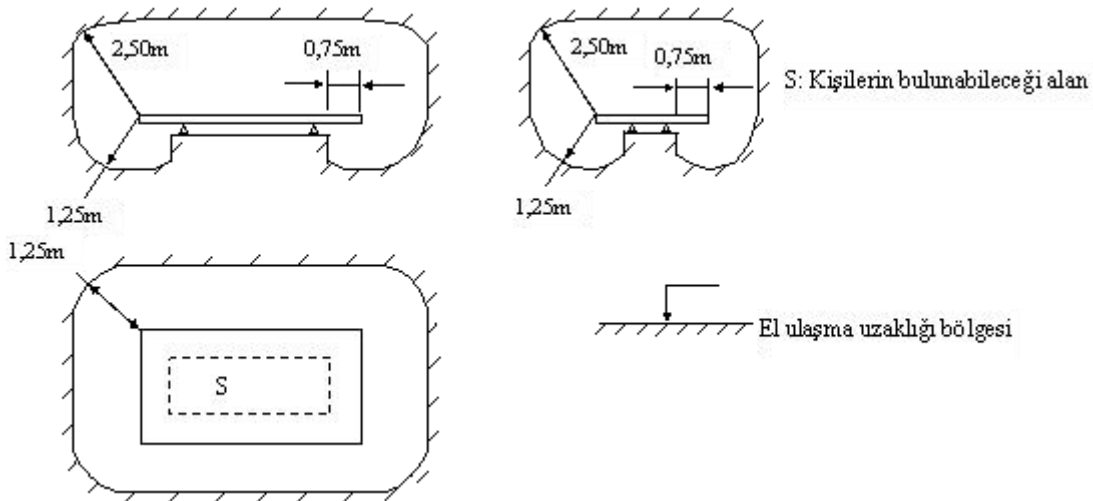
16) Elektrik işletme yerleri: Esas itibarıyla elektrik tesislerinin işletilmesi için öngörülmüş olan ve kural olarak içine sadece ehliyetli personelin girebileceği kapalı hacim veya yerlerdir.

Not : İletişim tekniğinde bu tanıma, örneğin seçme ve kuvvetlendirici odaları, kablo dağıtım panoları, yangın, hırsız ve soygun alarm tesislerinin santralleri ve saat tesisleriyle, işletme nedeniyle boyutlandırma sınıfı 3'e dahil gerilime sahip bulunan kısımlarına kaza ile dokunulabilecek iletişim düzenleri dahildir.

17) Kapalı elektrik işletme yerleri: Yalnızca elektrik tesislerinin işletilmesi için öngörülmüş bulunan ve kilit altında tutulan kapalı hacim veya yerlerdir. Kilit yalnızca görevlendirilmiş kişiler tarafından açılabilir. Giriş için sadece ehliyetli kişilere izin verilir.

Not : İletişim tekniğinde bu tanıma, örneğin kablo dağıtım odaları, içinde insan bulunmayan kuvvetlendirici odaları, radyo verici düzenleri ve yüksek gerilim hattından haberleşme tesisleri dahildir.

18) El mesafesi bölgesi: Genellikle yürünebilen zeminden itibaren belirlenen ve sınırlarına, bir kişinin her yönde, yardımcı bir araç kullanmaksızın eliyle erişebileceği bölgedir. El mesafesinin boyutlandırılması Şekil-1'de gösterilmiştir.



Şekil-1 El mesafesinin boyutlandırılması

19)Yıldırımdan koruma tesisi: Bir tesisin iç ve dış yıldırım etkilerinden korunması için kullanılan düzenlerin bütünüdür.

b) Topraklamaya ilişkin tanımlar:

1) Toprak: Elektrik potansiyelinin her noktada sıfır olduğu yeryüzünün madde ve yer olarak ifadesidir. Örnek: humuslu toprak, killi toprak, kumlu toprak, çamur, kayalık arazi.

2) Referans toprağı (nötr toprak): Topraklayıcıdan yeterince uzak bulunan ve topraklama tesisinin etki alanı dışında kalan yeryüzü bölümüdür. Bu bölümdeki herhangi iki nokta arasında, topraklama akımının neden olduğu gerilim ihmal edilecek kadar küçüktür (Şekil-2'ye bakınız).

3) Topraklama iletkeni: Topraklanacak bir cihazı ya da tesis bölümünü, bir topraklayıcıya bağlayan toprağın dışında veya yalıtılmış olarak toprağın içinde döşenmiş bir iletkenidir.

Nötr iletkeni veya ana iletken ile topraklayıcı arasındaki bağlantıya bir ayırma bağlantısı, bir ayırıcı ya da bir topraklama bobini veya direnç bağlanmışsa, bu durumda sadece topraklayıcı ile belirtilen cihazlara en yakın toprak tarafındaki bağlantı ucu arasındaki bağlantı, topraklama iletkenidir.

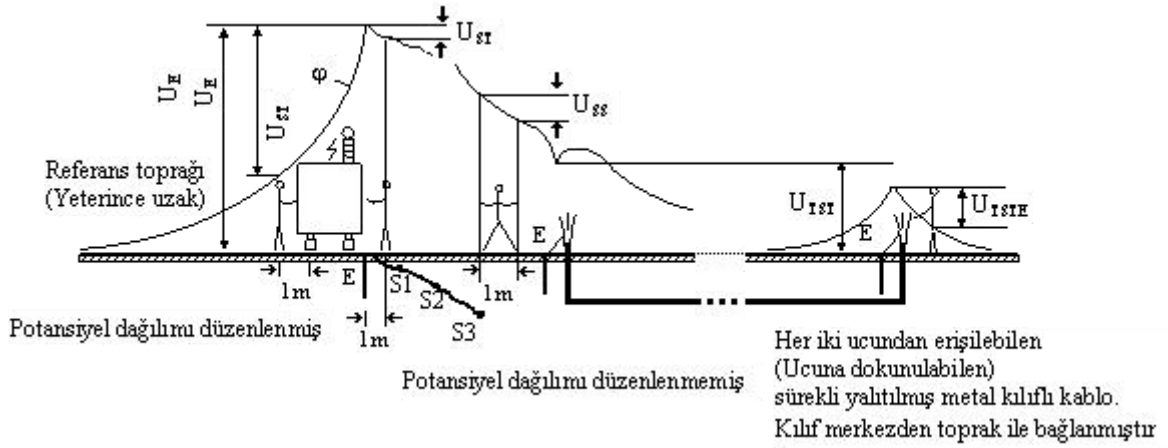
4) Topraklama barası (topraklama birleştirme iletkeni): Birden fazla topraklama iletkeninin bağlandığı bir topraklama barasıdır (iletkenidir).

Aşağıdaki iletkenler topraklama barası sayılmaz:

i) Üç fazlı düzenlerde (üç ölçü transformatörü, üç kablo başlığı, üç mesnet izolatörü vb.) her bir cihazın topraklanacak bölümlerini birleştiren topraklama iletkenleri,

ii) Hücre biçimindeki tesislerde, bir hücrenin cihazlarının topraklanacak bölümlerini birleştiren ve hücre içinde kesintisiz olarak döşenmiş olan bir topraklama barasına bağlanmış topraklama iletkenleri.

5) Topraklama tesisi: Birbirlerine iletken olarak bağlanan ve sınırlı bir alan içinde bulunan topraklayıcılar ya da aynı görevi yapan (boyasız direk ayakları, zırhlar ve metal kablo kılıfları gibi) metal parçalar ve topraklama iletkenlerinin tümüdür.



E	Topraklayıcı,
S1, S2, S3	Ana topraklayıcıya bağlanmış olan potansiyel düzenleyici topraklayıcılar,
U_E	Topraklama gerilimi,
U_{SS}	Mümkün olan adım gerilimi,
U_{ST}	Mümkün olan en büyük dokunma gerilimi,
U_{TST}	Sürüklenmiş en büyük dokunma gerilimi, eğer kılıf en uzak noktada topraklanmamış ise,
U_{TSTE}	Sürüklenmiş en büyük dokunma gerilimi, eğer kılıf en uzak noktada topraklanmış ise,
ϕ	Yeryüzü potansiyeli.

Şekil-2 Üzerinden akım geçen topraklayıcının çevresindeki yeryüzü potansiyelinin değişimi ve gerilimler

6) Topraklamak: Elektriksel bakımdan iletken bir parçayı bir topraklama tesisi üzerinden toprağa bağlamaktır.

7) Topraklama: Topraklamak için kullanılan araç, düzen ve yöntemlerin tümüdür.

Topraklamalar çeşitlerine, amaçlarına ve şekillerine göre ayırt edilirler:

7.1) Topraklamanın çeşitlerine göre tanımlar:

i) Dolaysız topraklama: Topraklama direncinden başka hiçbir direnç içermeyen topraklamadır.

ii) Dolaylı topraklama: Topraklama iletkeni üzerine ek olarak bağlanan ohmik, endüktif veya kapasitif dirençlerle yapılan topraklamadır.

iii) Açık topraklama: Topraklama iletkeni üzerine bir parafudr veya eklatör bağlanan topraklamadır.

7.2) Topraklamanın amaçlarına göre tanımlar:

i) Koruma topraklaması: İnsanları tehlikeli dokunma gerilimlerine karşı korumak için, işletme akım devresinde bulunmayan iletken bir bölümün topraklanmasıdır.

ii) İşletme topraklaması: İşletme akım devresinin bir noktasının, cihazların ve tesislerin normal işletilmesi için topraklanmasıdır. Bu topraklama iki şekilde yapılabilir:

-Dirençsiz (doğrudan doğruya) işletme topraklaması: Bu durumda, topraklama yolu üzerinde normal topraklama empedansından başka hiçbir direnç bulunmamaktadır.

-Dirençli işletme topraklaması: Bu durumda, ek olarak ohmik, endüktif ya da kapasitif dirençler bulunmaktadır.

iii) Fonksiyon topraklaması: Bir iletişim tesisinin veya bir işletme elemanının istenen fonksiyonu yerine getirmesi amacıyla yapılan topraklamadır. Fonksiyon topraklaması, toprağı dönüş iletkeni olarak kullanan iletişim cihazlarının işletme akımlarını da taşır.

Not : Bir iletişim tesisinin fonksiyon topraklaması, eskiden kullanılan iletişim tesisi işletme topraklaması ile aynıdır. Fonksiyon topraklaması deyimine, örneğin “yabancı gerilim bileşeni az olan topraklama” gibi adlandırmalar da dahildir.

iv) Fonksiyon ve koruma topraklaması: Fonksiyon topraklamasının aynı topraklama iletkenini kullanarak ve aynı zamanda koruma topraklaması olarak da kullanıldığı topraklamadır.

Not : Bir iletişim tesisinin fonksiyon ve koruma topraklaması, eskiden kullanılan iletişim tesisi işletme ve koruma topraklaması ile aynıdır.

v) Düşük gürültülü topraklama: Dış kaynaklardan iletilen (bozucu büyüklüklerle olan) girişimin seviyesi, bağlandığı bilgi işlem veya benzeri donanımda bilgi kayıplarına neden olan kabul edilmeyecek etkiler üretmeyen bir topraklama bağlantısıdır.

Not : Genlik/frekans karakteristikleri ile ilgili olarak (suseptans= $1/x$) duyarlılık, donanımın tipine bağlı olarak değişir.

vi) Yıldırıma karşı topraklama: Yıldırım düşmesi durumunda, işletme gereği gerilim altında bulunan iletkenlere atlamaları (geri atlamalar) geniş ölçüde önlemek ve yıldırım akımını toprağı iletmek için, işletme akım devresine ilişkin olmayan iletken bölümlerin topraklanmasıdır.

vii) Raylı sistem topraklaması: İletken kısımlarla raylı sistem toprağı arasındaki dolaysız, dolaylı veya açık bağlantıdır.

Raylı sistem toprağı, geri dönüş iletkeni olarak görev yapan ve traversler veya topraklama tesisleri üzerinden toprakla bağlantısı olan raylar ve bunlara bağlanmış iletken kısımlardır.

7.3) Topraklamanın şekline göre tanımlar:

i) Münferit (tekil) topraklama: İşletme elemanı veya cihazın sadece kendine ilişkin topraklayıcıya bağlı olduğu topraklamadır.

ii) Yıldız şeklindeki topraklama: Birçok işletme elemanının veya cihaza ilişkin topraklama iletkenlerinin topraklanmış bir noktada yıldız şeklinde toplanmasıdır.

iii) Çoklu topraklama: Bir işletme elemanı veya cihazın topraklanmış birçok iletkene (örneğin potansiyel dengeleme iletkeni, koruma iletkeni (PE) veya fonksiyon topraklama iletkeni (FE)) bağlandığı topraklamadır. Bu topraklama iletkenleri aynı topraklama birleştirme iletkenine veya farklı topraklayıcılara bağlı olabilir.

iv) Yüzeysel topraklama: Topraklanacak işletme elemanları veya cihazların ve iletişim tesislerinin işletme akımı taşımayan iletken kısımlarının ağ şeklinde kendi aralarında koruma topraklamasına veya fonksiyon ve koruma topraklamasına bağlandığı topraklamadır.

8) Topraklayıcı (topraklama elektrodu): Toprağı gömülü ve toprakla iletken bir bağlantısı olan veya beton içine gömülü, geniş yüzeyli bağlantısı olan iletken parçalardır.

9) Topraklayıcı çeşitleri:

9.1) Konuma göre topraklayıcılar:

i) Yüzeysel topraklayıcı: Genel olarak 0,5 - 1 m. arasında bir derinliğe yerleştirilen topraklayıcıdır. Galvanizli şerit veya yuvarlak ya da örgülü iletken yapılabılır ve yıldız, halka, gözlü topraklayıcı ya da bunların karışımı olabilir.

ii) Derin topraklayıcı: Genellikle düşey olarak 1 m'den daha derine yerleştirilen topraklayıcıdır. Galvanizli boru, yuvarlak çubuk veya benzeri profil malzemelerden yapılabilir.

9.2) Biçim ve profile göre topraklayıcılar:

i) Şerit topraklayıcı: Şerit şeklindeki iletken malzeme ile yapılan topraklayıcıdır.

ii) Boru ve profil topraklayıcı : Boru ve profil şeklindeki iletken malzeme ile yapılan topraklayıcıdır.

iii) Örgülü iletken topraklayıcı: Örgülü iletken malzeme ile yapılan topraklayıcıdır. Örgülü iletkeni oluşturan teller ince olmamalıdır.

iv) Doğal topraklayıcı: Temel amacı topraklama olmayan, fakat topraklayıcı olarak etkili olan, toprakla veya suyla doğrudan doğruya veya beton üzerinden temasta bulunan yapıların çelik bölümleri, boru tesisatları, temel kazıkları gibi metal parçalardır.

v) Topraklayıcı etkisi olan kablo: Metal kılıfı, siperi (ekran) ve zırhlarının iletkenliği toprağa göre şerit topraklayıcı niteliğinde olan kablodur.

vi) Çıplak topraklayıcı bağlantı iletkeni: Bir topraklayıcıya bağlanan çıplak topraklama iletkeninin toprak içinde kalan bölümü, topraklayıcının bir parçası sayılır.

vii) Temel topraklayıcı (temel içine yerleştirilmiş topraklayıcı): Beton içine gömülü, toprakla (beton üzerinden) geniş yüzeyli olarak temasta bulunan iletkenidir.

10) Potansiyel düzenleyici topraklayıcı: Belirli bir yayılma direncinin sağlanmasından çok, potansiyel dağılımının düzenlenmesine yarayan topraklayıcıdır (Şekil-2'ye bakınız).

11) Toprak öz direnci (ρ_E): Toprağın elektriksel öz direncidir. Bu direnç, genellikle $\Omega \text{ m}^2/\text{m}$ ya da $\Omega \text{ m}$ olarak verilir. Bu direnç, kenar uzunluğu 1 m olan toprak bir küpün karşılıklı iki yüzeyi arasındaki dirençtir.

12) Topraklayıcının veya topraklama tesisinin yayılma direnci (R_E): Bir topraklayıcı ya da topraklama tesisi ile referans toprağı arasındaki toprağın direncidir. Yayılma direnci, yaklaşık olarak ohmik direnç kabul edilebilir.

13) Topraklama direnci: Topraklayıcının yayılma direnci ile topraklama iletkeninin direncinin toplamıdır.

14) Toplam topraklama direnci: Bir yerde ölçülebilen ve ölçüye giren bütün topraklamaların toplam direncidir.

15) Topraklama empedansı (Z_E): Bir topraklama tesisi ile referans toprağı arasındaki (işletme frekansında) alternatif akım direncidir. Bu empedansın mutlak değeri, topraklayıcıların yayılma dirençleri ile toprak iletkenleri ve topraklayıcı etkisi olan kablolar gibi zincir etkili iletken empedanslarının paralel bağlanması ile elde edilir (Şekil-3'e bakınız).

16) Darbe topraklama direnci: Bir topraklama tesisinin herhangi bir noktası ile referans toprağı arasında, yıldırım akımlarının geçmesi sırasında etkili olan dirençtir.

17) Topraklama gerilimi (toprak potansiyel yükselmesi) (U_E): Bir topraklama tesisi ile referans toprağı arasında oluşan gerilimdir (Şekil-2'ye bakınız).

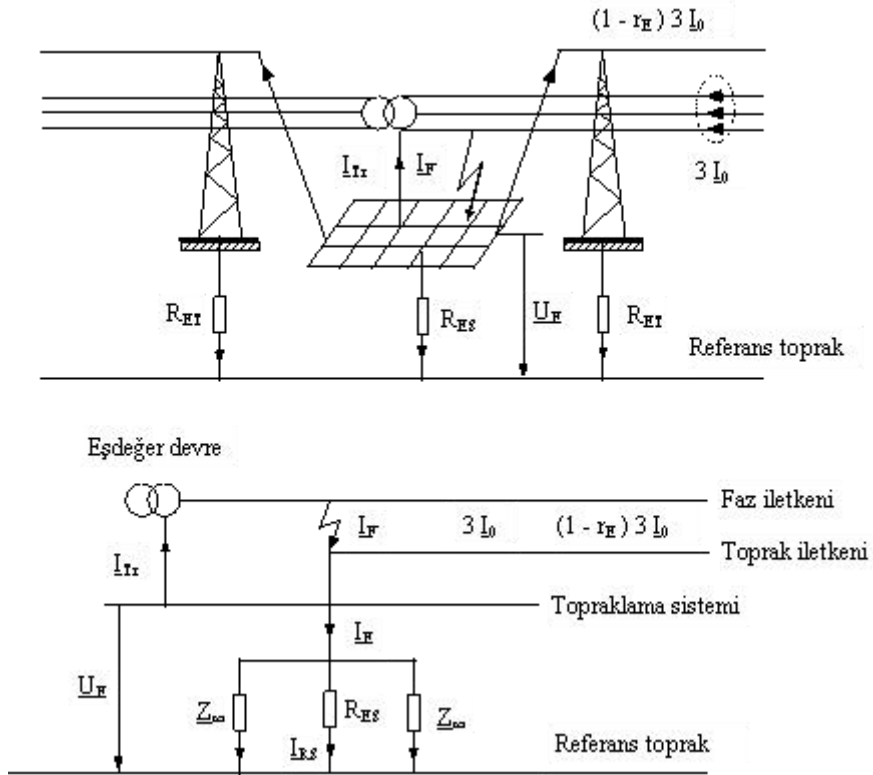
18) Yeryüzü potansiyeli (ϕ): Yeryüzünün bir noktası ile referans toprağı arasındaki gerilimdir.

19) Dokunma gerilimi (U_T): Topraklama geriliminin, insan tarafından köprülenebilen bölümüdür (Şekil-2'ye bakınız). Bu durumda insan vücudu üzerindeki akım yolu elden ayağa (dokunulabilen yere yatay uzaklık yaklaşık 1 m) ya da elden eledir.

20) Beklenen dokunma gerilimi (mümkün olan en büyük dokunma gerilimi) (U_{ST}): İletken kısımlarla toprak arasında ortaya çıkan bir toprak hatası esnasında, bu kısımlara henüz dokunulmamış iken, ortaya çıkan gerilimdir (kaynak gerilimi).

21) Adım gerilimi (U_S): Topraklama geriliminin, insanın 1 m' lik adım açıklığı ile köprüleyebildiği bölümüdür. Bu durumda insan vücudu üzerindeki akım yolu ayaktan ayağadır (Şekil-2'ye bakınız).

22) Potansiyel dağılımı: Topraklanmış bir elektrik işletme elemanında oluşan bir hata sonucunda bir gövde kısa devresi oluştuğunda, referans toprağından başlayarak ölçülmek üzere söz konusu elektrik işletme elemanına doğru, yeryüzündeki potansiyelin dağılmasıdır.



$$\begin{aligned} I_F &= 3 I_0 + I_{TR} \\ I_E &= r_E \times (I_F - I_{TR}) \\ U_E &= I_E \times Z_E \end{aligned}$$

$$Z_{\infty} = \frac{1}{\frac{1}{R_{ES}} + n \frac{1}{Z_{\infty}}}$$

Birbirine bağlanmış hava hattı
İletkenlerine ilişkin zincir etkili iletken
empedanslarının eşit olması durumunda

I_0	Sıfır akımı ,
I_{TR}	Transformatörün yıldız noktası topraklamasından geçen akım,
I_F	Toprak hata akımı,
I_E	Topraklama akımı (doğrudan doğruya ölçülemez),
I_{RS}	Gözlü topraklayıcının yayılma direncinden geçen akım,
r_E	Uzaktaki topraklayıcıya kadar hattın azalma katsayısı,
R_{ES}	Gözlü topraklayıcının yayılma direnci,
R_{ET}	Bir direğin yayılma direnci,
Z_{∞}	Hava hatlarının zincir etkili iletken empedansı,
Z_E	Topraklama empedansı,
U_E	Topraklama gerilimi,
n	Tesisten çıkan hava hatlarının sayısı (örnekte $n = 2$ 'dir).

Şekil-3 Bir toprak hatası durumunda yıldız noktası küçük değerli bir direnç üzerinden topraklanmış bir transformatör merkezinde akım, gerilim ve dirençler

23) Potansiyel dağılımının düzenlenmesi (potansiyel düzenlenmesi): Bir topraklama tesisinin potansiyel dağılımının düzenlenmesi, adım ve dokunma gerilimlerini küçültmek için potansiyel düzenleyici topraklayıcılar yerleştirilerek potansiyel dağılımına etki etmektedir (Şekil-2'ye bakınız). Düzenleyici topraklayıcıların topraklama tesisine bağlı olup olmamalarının önemi yoktur.

24) Potansiyel dengelemesi: Potansiyel farklarının ortadan kaldırılmasıdır. Örneğin, koruma iletkenleri ile iletken borular ve iletken yapı bölümleri arasında ya da bu borularla yapı bölümleri arasındaki potansiyel farklarının giderilmesi amacıyla yapılan düzenlemelerdir.

25) Fonksiyon potansiyel dengelemesi: İletken kısımlar arasındaki gerilimi, bir işletme elemanının, cihazın veya tesisin sorunsuz çalışabilmesine yetecek kadar küçük değerlere düşürmek amacıyla yapılan düzenlemelerdir.

26) Koruma potansiyel dengelemesi: İletken kısımlar arasında yüksek gerilimlerin ortaya çıkmasını önlemek amacıyla yapılan düzenlemelerdir.

27) Fonksiyon ve koruma potansiyel dengelemesi: Fonksiyon potansiyel dengelemesi ile koruma potansiyel dengelemesinin birleştirilmesidir ve bir işletme elemanı, cihaz veya tesis için, gerek fonksiyon ve gerekse koruma açısından öngörülen koşulların sağlanması için yeterlidir.

28) Potansiyel dengeleme hattı (eşpotansiyel kuşaklama): Potansiyel dengelemesini sağlamak amacıyla kullanılan bağlantı iletkenleridir.

29) Üzerine basılan yerin yalıtılması: Üzerine basılan yer ile toprak arasındaki direncin, izin verilmeyen dokunma gerilimleri oluşamayacak biçimde artırılmasıdır.

30) Potansiyel sürüklenmesi: Bir topraklama tesisinin yükselen potansiyelinin, bu tesise bağlı bir iletken (örneğin, metal kablo kılıfları, PEN iletkeni, su borusu, demiryolu) ile potansiyeli daha düşük olan bölgeye veya referans toprak bölgesine taşınmasıdır. Bu iletkende, çevresine göre bir potansiyel farkı oluşur.

31) Global topraklama sistemi: Yerel topraklama tesislerinin birbirlerine bağlanmasıyla elde edilen ve birbirlerine yakın mesafede bulunan topraklama tesislerinde hiçbir tehlikeli topraklama geriliminin (toprak potansiyel yükselmesi) ortaya çıkmamasını

sağlayan bir topraklama sistemidir. Böyle sistemler, toprak arıza akımın bölünmesine izin vererek, yerel topraklama sisteminde topraklama geriliminin küçültülmesini sağlar. Böyle bir sistem bir eşpotansiyel yüzey oluşturur.

c) Hata ve arızalar ile ilgili tanımlar:

1) Bozuk olmayan işletme (Normal işletme): Tesis, cihaz ve işletme elemanları için öngörülmüş olan koşullardaki (örneğin bunlara ilişkin işletme talimatları uyarınca) ve hatasız durumdaki işletmedir.

2) Bozuk işletme durumu: Arızalı işletme ve hata durumu için üst kavramdır.

Not: Bozuk işletme durumları, örneğin yalıtımların köprülenmesi, elektriksel bağlantıların kesilmesi, bileşenlerin devre dışı kalması gibi durumlarla, yazılım hataları ve aynı zamanda cihazların üretim, çalıştırma ve bakımı sırasındaki hatalardır.

3) Bir tesisin veya cihazın bozuk işletmesi: Bir tesisin veya cihazın bir hata durumu oluşturmaksızın, bozuk işletme durumuna geçip, bozuk olmayan işletme durumunun dışına çıkmasıdır.

4) Hata durumu: Güvenlikle ilgili bir kısmın, örneğin temel yalıtımın, koruma iletkeninin veya güvenlikle ilgili devrenin görevini yapamaması nedeniyle bir tesis veya cihazda ortaya çıkan bozuk işletme durumudur.

5) Yalıtım hatası: Yalıtımdaki hata sonucu sistemde ortaya çıkan hatadır.

6) Gövde teması: Bir hata sonucunda bir elektrik işletme elemanının gövdesi ile aktif bölümler arasında oluşan iletken bağlantıdır.

7) Kısa devre: İşletme bakımından birbirine karşı gerilim altında olan iletkenler (ya da aktif bölümler) arasında, bir arıza sonucunda oluşan iletken bağlantıdır. Ancak olayın kısa devre sayılabilmesi için, arızanın olduğu akım devresi üzerinde bir tüketim cihazın direnci gibi işlevi olan bir direncin bulunmaması gerekir.

8) Hat teması: Kısa devrenin oluştuğu akım devresi üzerinde, işlevi olan bir direnç bulunursa, bu olaya hat teması adı verilir.

9) Toprak hatası: Bir faz iletkeninin ya da işletme gereği yalıtılmış orta iletkenin, bir arıza sonucunda, toprakla ya da topraklanmış bir bölümlerle oluşturduğu iletken bağlantıdır. İletken bağlantı bir ark üzerinden de olabilir.

Yıldız noktası doğrudan doğruya ya da küçük değerli bir direnç üzerinden topraklanan şebekelerdeki, toprak hatasına toprak kısa devresi adı verilir.

Yıldız noktası yalıtılmış ya da kompanze edilmiş (dengelenmiş) şebekelerde toprak hatasına toprak teması adı verilir.

Toprak teması, aynı şebekenin iki ya da daha çok iletkeninde, farklı noktalarda olursa, buna çift toprak teması ya da çok fazlı toprak hatası adı verilir.

10) Hata gerilimi: İnsanlar tarafından dokunulabilen ve işletme akım devresine ilişkin olmayan, iletken bölümler arasında ya da böyle bir bölüm ile referans toprağı arasında oluşan gerilimdir.

11) Hata akımı: Bir yalıtıklık hatası sonucunda geçen akımdır. Hata akımı ya bir kısa devre akımıdır ya da bir toprak teması akımıdır.

12) Toprak hata akımı (I_F): Hata yerinde (toprak teması olan yer) yalnızca bir toprak teması noktası bulunması durumunda, işletme akım devresinden toprağı ya da topraklanmış bölümlere geçen akımdır (Şekil-3'e ve Şekil-4a'dan Şekil-4e'ye kadar bakınız).

Bu akım:

-Yıldız noktası yalıtılmış şebekelerde, kapasitif toprak teması akımı I_c ,

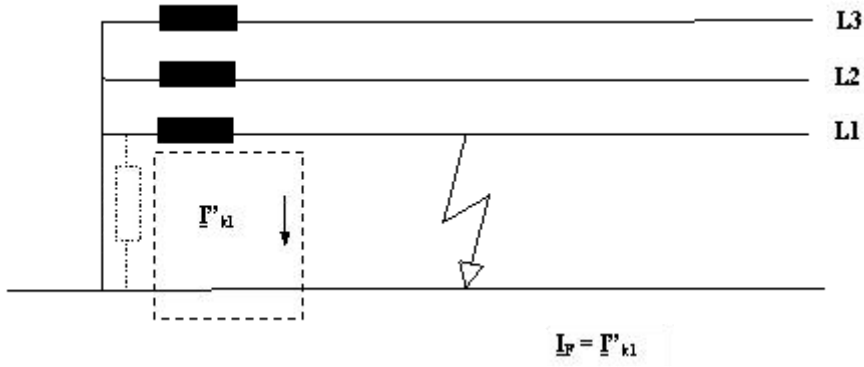
-Yıldız noktası söndürme bobini ile donatılmış (rezonans topraklı) şebekelerde, artık toprak teması akımı I_{RES} ,

-Yıldız noktası doğrudan doğruya ya da küçük değerli bir direnç üzerinden topraklanmış şebekelerde, toprak kısa devre akımı ya da bir fazlı kısa devre akımı I''_{kl} 'dir.

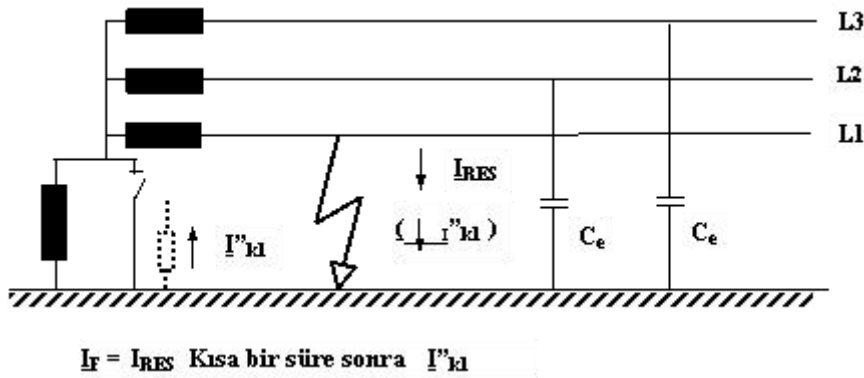
13) Topraklama akımı (I_E): Topraklama empedansı üzerinden toprağı geçen akımdır (Şekil-3'e bakınız).

Not: I_E topraklama akımı, I_F toprak hata akımının, bir topraklama tesisinin potansiyelinin yükselmesine neden olan bölümdür. I_E 'nin hesaplanması için Ek-N' ye bakınız.

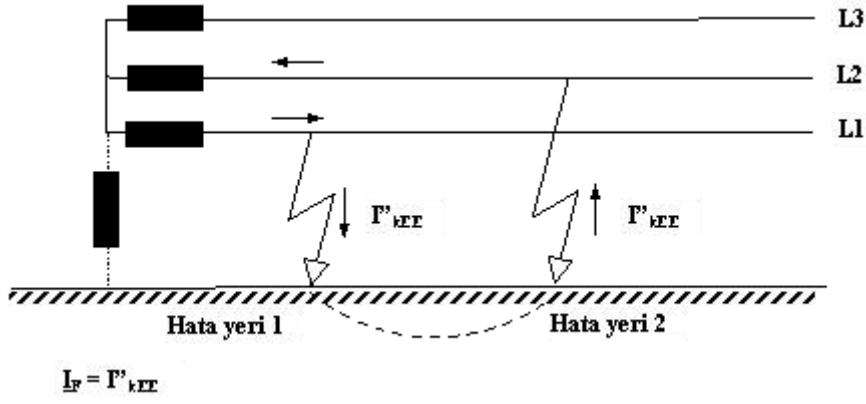
14) Kaçak akım: İşletme araçlarının gövdeleri, akım sisteminin orta noktasına ya da doğrudan doğruya topraklanmış bir şebeke noktasına veya toprağı iletken olarak bağlanmışlarsa, işletme elemanının aktif bölümlerinden, işletme yalıtkanı üzerinden aktif olmayan bölümlere, örneğin gövdeye işletme sırasında geçen akımdır. Sonuç olarak kaçak akım, işletme sırasında hatasız bir akım devresinden toprağı veya yabancı bir iletken kısma akan akımdır.



Şekil-4c Yıldız noktası, değeri düşük bir empedans üzerinden topraklanmış bir şebekede toprak hata akımı



Şekil-4d Toprak teması kompanze edilmiş ve geçici olarak yıldız noktası değeri düşük bir empedans üzerinden topraklanmış bir şebekede toprak hata akımı



Şekil-4e Yıldız noktası yalıtılmış veya toprak teması kompanze edilmiş bir şebekede çift toprak teması akımı

- I_F Toprak hata akımı,
- I_C Kapasitif toprak akımı,
- I_L Paralel söndürme (kompanzasyon) bobinlerinin akımlarının toplamı,
- I_R Kaçak akım,

I_H	Harmonik akım,
I_{RES}	Toprak teması artık akımı,
I'_{ki}	Tek kutuplu toprak kısa devresinde alternatif başlangıç kısa devre akımı,
I'_{REE}	Çift toprak teması akımı.

Şekil-4 Yüksek gerilim şebekelerinin yıldız noktası durumlarına göre toprak hata akımlarının sınıflandırılması

d) Şebeke (sistem) tiplerine ilişkin tanımlar:

1) Şebekelerin yıldız noktalarının topraklanma durumlarına göre sınıflandırılması:

i) Yıldız noktası yalıtılmış şebekeler: Transformatörlerin ve generatörlerin yıldız noktaları ile yıldız noktasını oluşturan öteki tesis bölümleri, işletmenin topraklama tesisine bağlanmamış olan şebekelerdir.

Yıldız noktası çok büyük bir empedans ya da bir aşırı gerilime karşı koruma cihazı üzerinden toprağa bağlanan şebekeler de yıldız noktası yalıtılmış şebeke sayılırlar.

ii) Toprak teması kompanze edilmiş (dengelenmiş) şebekeler: Bir ya da birden fazla transformatörün ya da yıldız noktasını oluşturan öteki tesis bölümlerinin yıldız noktaları veya orta noktaları söndürme bobinleri üzerinden topraklanmış ve bu düzenlerin endüktansı, şebekenin toprak kapasitesini kompanze edecek biçimde ayarlanmış olan şebekelerdir.

iii) Yıldız noktası doğrudan doğruya ya da küçük değerli bir empedans üzerinden topraklanmış şebekeler: Bir ya da birden fazla transformatörün veya yıldız noktasını oluşturan öteki tesis bölümlerinin ya da generatörlerin yıldız noktası, doğrudan doğruya veya akım sınırlayan ohmik direnç ya da reaktans bobini üzerinden topraklanmış olan ve şebekedeki koruma düzeni, herhangi bir noktadaki toprak hatasında otomatik açmayı sağlayacak biçimde yapılmış olan şebekelerdir.

Bu tanıma, toprak teması başlangıcında yıldız noktası kısa süreli olarak topraklanan, yıldız noktası yalıtılmış veya kompanze edilmiş şebekeler de dahildir.

iv) Yıldız noktası veya bir faz iletkeni geçici olarak küçük değerli bir empedans üzerinden topraklanmış şebekeler: Kendi kendine sönmeyen toprak temasında, yıldız noktası veya işletme akım devresinin bir iletkeni (faz iletkeni), toprak temasının başlangıcından birkaç saniye sonra kısa süreli olarak topraklanan, yıldız noktası yalıtılmış veya kompanze edilmiş şebekelerdir.

2) Dağıtım şebekelerinin gerilimli iletken sayısına göre sınıflandırılması: Dağıtım şebekeleri gerilim türüne göre iletken sayısı bakımından aşağıdaki şekilde sınıflandırılır.

<u>Alternatif akım sistemleri</u>	<u>Doğru akım sistemleri</u>
Tek fazlı 2 telli	2 telli
Tek fazlı 3 telli	3 telli
İki fazlı 3 telli	
Üç fazlı 3 telli	
Üç fazlı 4 telli	
Üç fazlı 5 telli	

3) Dağıtım şebekelerinin topraklama tipine göre sınıflandırılması: Bu Yönetmelikte sistem topraklamasının aşağıdaki tipleri dikkate alınmıştır.

Notlar:

1-Şekil-5a'dan Şekil-5e'ye kadar olan şekillerde, genel olarak kullanılan üç fazlı sistemlere örnekler verilmiştir.

Şekil-5f'den Şekil 5k'ya kadar olan şekillerde, genel olarak kullanılan doğru akım sistemlerine örnekler verilmiştir.

2-Kullanılan kodların anlamları aşağıda verilmiştir:

Birinci harf: Güç sisteminin toprağa bağlanması,

T: Bir noktanın toprağa doğrudan bağlanması,

I: Bütün gerilimli bölümlerin topraktan ayrılmış olması veya bir noktadan bir empedans üzerinden toprağa bağlanması.

İkinci harf: Tesisatın açıldaki iletken bölümlerinin toprağa bağlanması,

T: Güç sisteminin herhangi bir noktasının topraklanmasından bağımsız olarak açıktaki iletken bölümlerin elektriksel olarak doğrudan toprağa bağlanması,

N: Açıktaki iletken bölümlerin güç sisteminin topraklanmış noktasına elektriksel olarak doğrudan bağlanması (a.a. sistemlerinde güç sisteminin topraklanmış noktası, normal olarak nötr noktası veya nötr noktası yoksa bir ana (faz) iletkenidir).

Bir sonraki harf (varsa): Nötr ve koruma iletkenin düzenlenmesi,

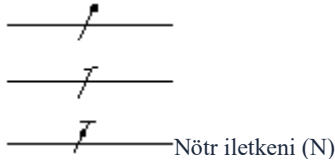
S: Nötr veya topraklanmış hat iletkeninden ayrı bir iletkenle koruma fonksiyonunun sağlanması (veya a.a. sistemlerinde topraklanmış ana (faz) iletkeninden).

C: Nötr ve koruma güvenliğinin tek iletken üzerinden birleştirilmesi(PEN iletkeni).

i) TN sistemleri: TN sistemlerinde doğrudan topraklanmış bir nokta bulunur ve tesisatın açıktaki iletken bölümleri bu noktaya koruma iletkeni ile bağlanır. TN sistemi, nötr ve koruma iletkenlerinin düzenlenmesine göre üç tipe ayrılır:

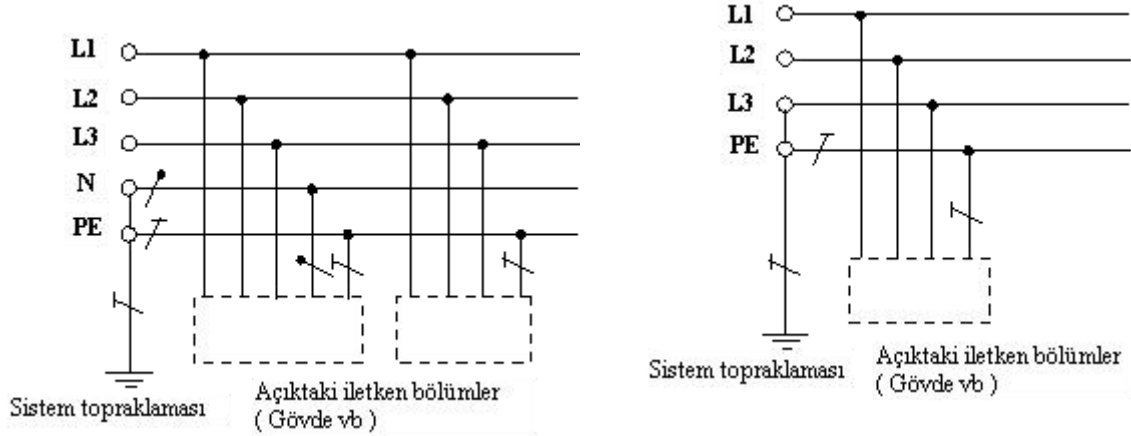
- TN-S sistemi : Sistemin tamamında ayrı bir koruma iletkeni kullanılır.
- TN-C-S sistemi : Nötr ve koruma fonksiyonları, sistemin bir bölümünde tek iletkenle birleştirilmiştir.
- TN-C sistemi : Sistemin tamamında nötr ve koruma fonksiyonları tek iletkenle birleştirilmiştir.

Şekil-5'teki sembollerin açıklaması:



Koruma iletkeni (PE)

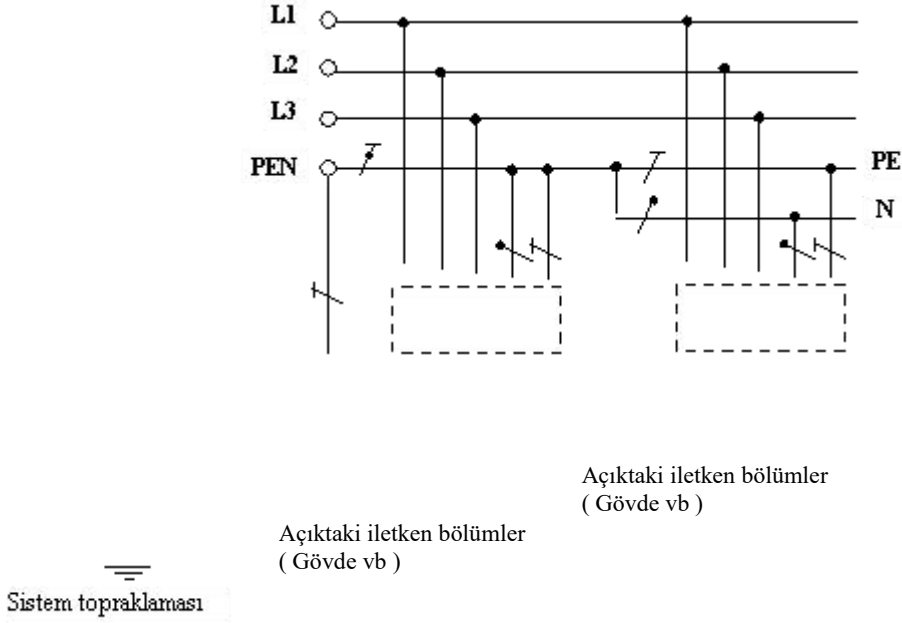
Birleşik koruma ve nötr iletkeni (PEN)



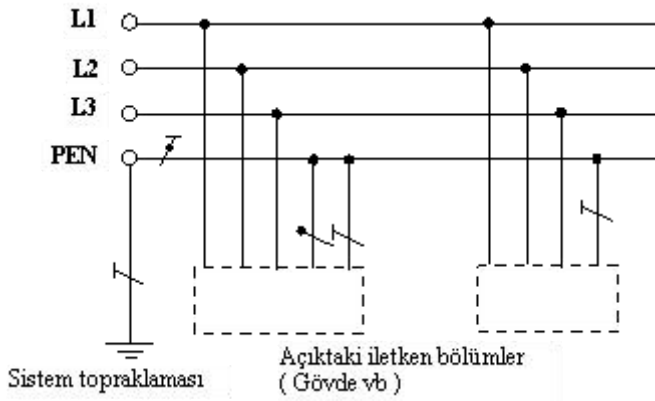
Sistemin tamamında nötr iletkeni ile koruma iletkeni ayrı

Sistemin tamamında topraklanmış faz iletkeni ile koruma iletkeni ayrı

Şekil-5a TN-S Sistemi

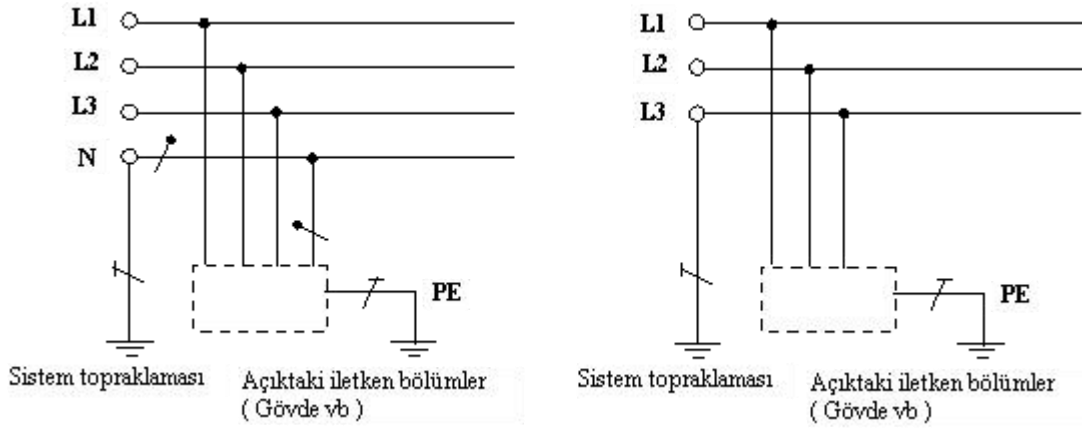


Şekil-5b TN-C-S Sistemi. Nötr iletkeni ve koruma iletkeni, sistemin bir bölümünde tek iletkende birleştirilmiştir



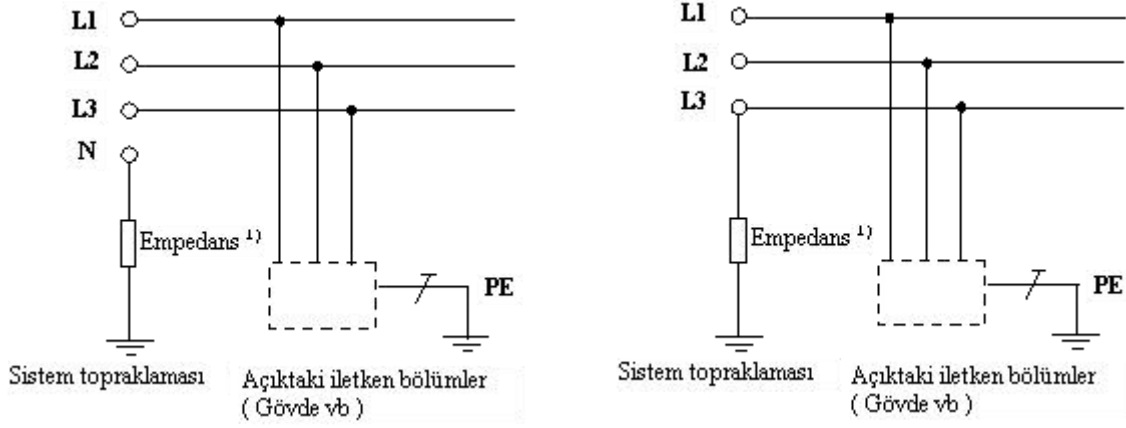
Şekil-5c TN-C Sistemi. Sistemin tamamında nötr ve koruma fonksiyonları, tek iletkende birleştirilmiştir

ii) TT sistemleri: TT sisteminde doğrudan topraklanmış bir nokta bulunur, tesisatın açığındaki iletken bölümleri, güç sistemi topraklayıcısından elektriksel olarak bağımsız olan topraklayıcılara bağlanır.



Şekil-5d TT Sistemi

iii) IT sistemi: IT sisteminde bütün gerilimli bölümler topraktan ayrılır veya bir noktadan, bir empedans üzerinden toprağa bağlanır. Elektrik tesisatının açıktaki iletken bölümleri ayrı ayrı veya birleşik olarak topraklanır veya sistem topraklamasına bağlanır.



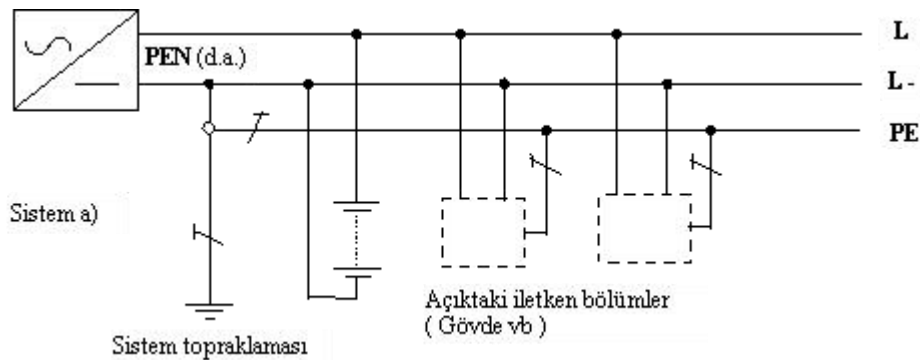
¹⁾ Sistem topraktan ayrılabilir. Nötr, dağıtılabılır veya dağıtılmayabilir.

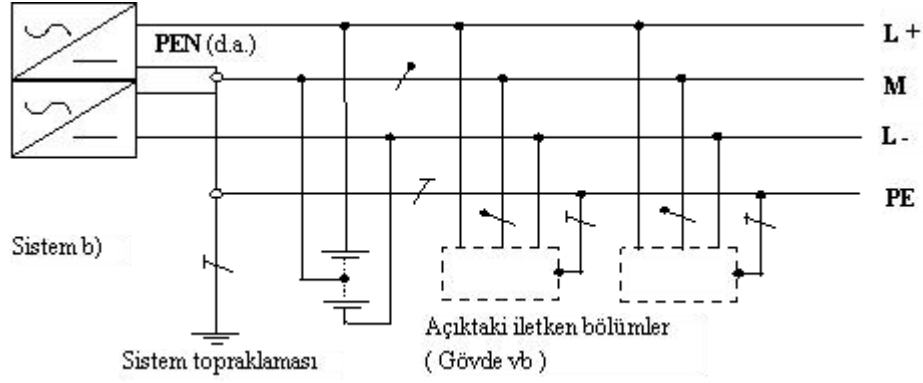
Şekil-5e IT Sistemi

iv) Doğru akım sistemleri: Doğru akım sistemlerinde topraklama sistemlerinin tipleri aşağıda verilmiştir.

Not: Topraklanmış doğru akım sistemlerinde elektro-mekanik korozyon dikkate alınmalıdır.

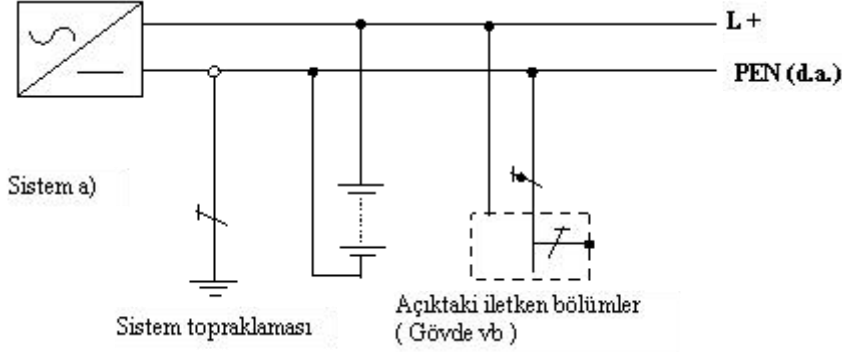
Şekil-5f, Şekil-5g, Şekil-5h, Şekil-5j ve Şekil-5k'da iki telli bir doğru akım sistemindeki belirli bir kutbun topraklanması gösterildiğinde, bunun negatif veya pozitif kutup olması kararı, çalışma durumuna ve diğer koşullara dayanmalıdır.

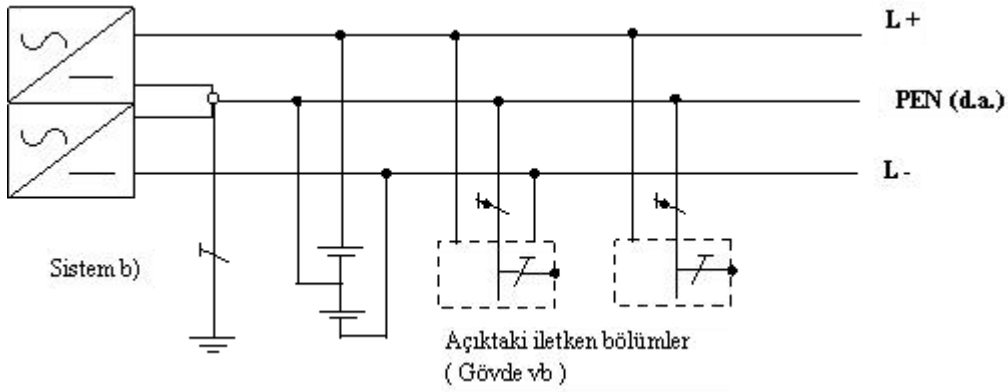




Şekil-5f TN-S Doğru akım sistemi

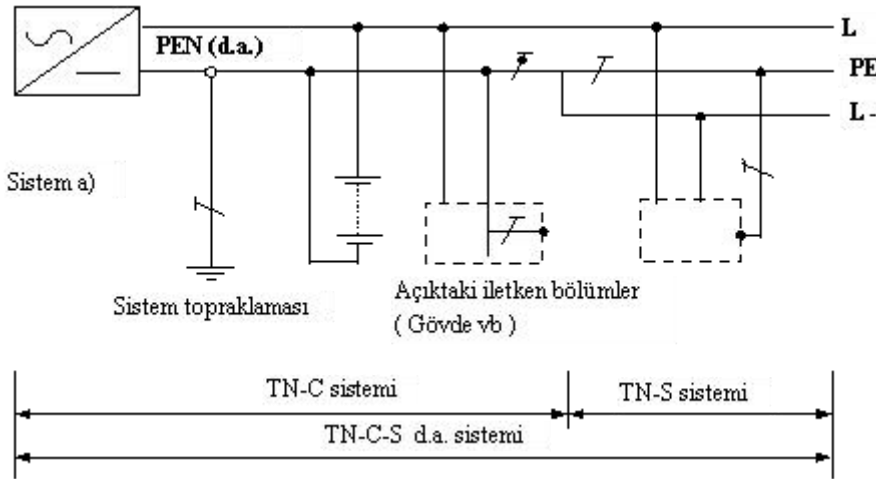
Topraklanmış hat iletkeni (örnek olarak L-) (Sistem a) veya topraklanmış orta iletken (M) (Sistem b) koruma iletkeninden sistem boyunca ayrılır.

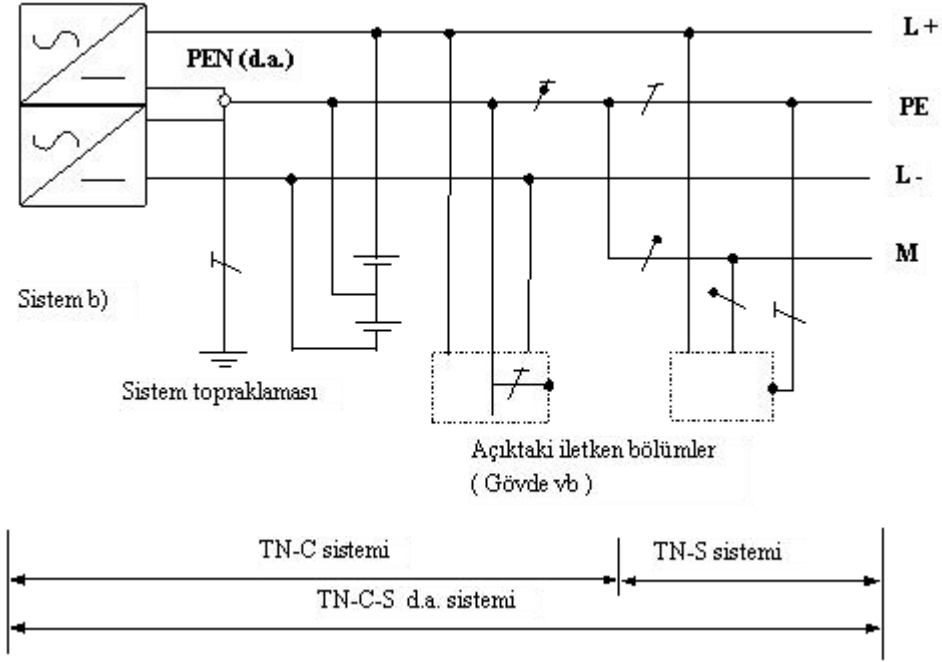




Şekil-5g TN-C Doğru akım sistemi

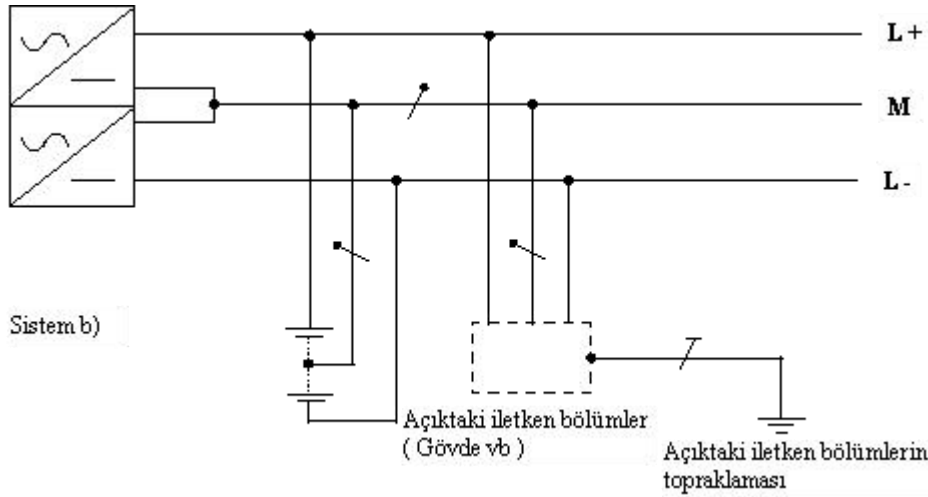
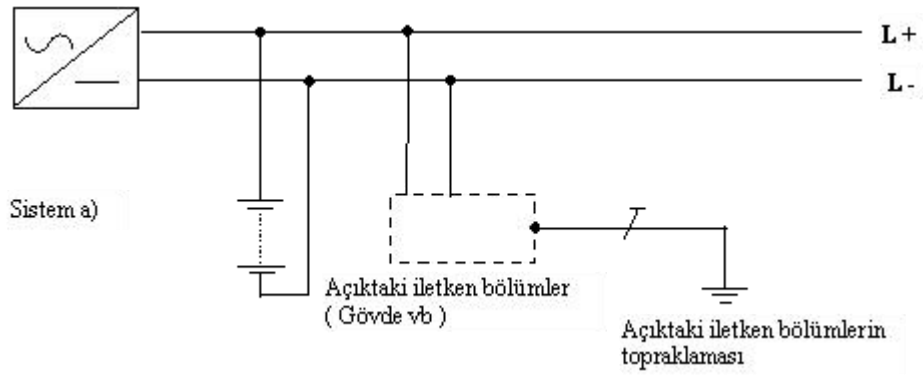
Sistem a)'daki topraklanmış hat iletkeninin (örnek olarak L-) ve koruma iletkeninin fonksiyonları, sistem boyunca tek bir PEN (d.a.) iletkeninde birleştirilir veya Sistem b)'deki topraklanmış orta iletken (M) ve koruma iletkeninin fonksiyonları, sistem boyunca tek bir PEN (d.a.) iletkeninde birleştirilir.



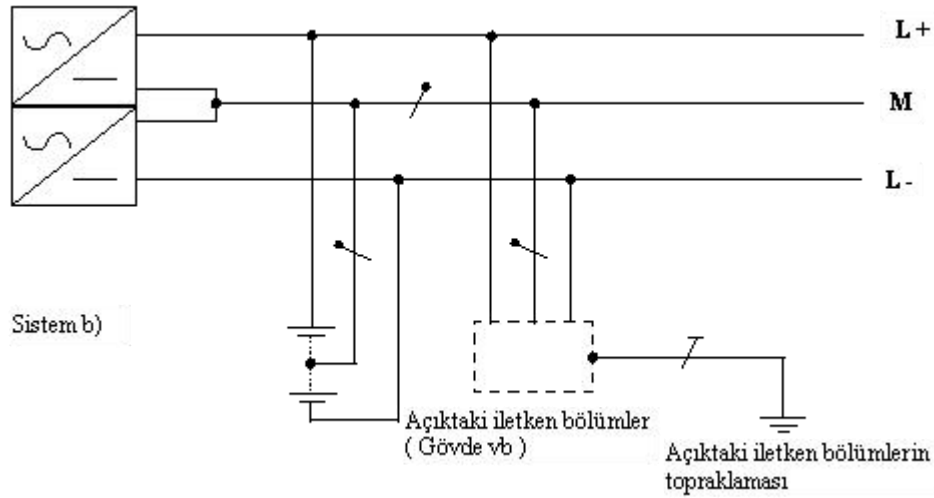
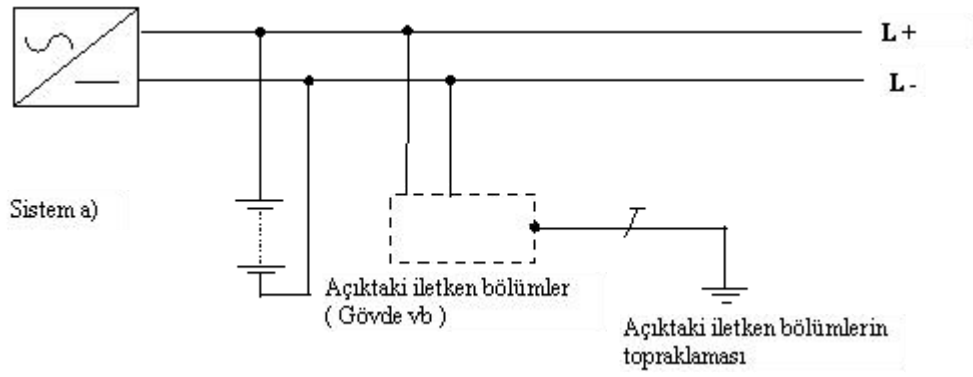


Şekil-5h TN-C-S Doğru akım sistemi

Sistem a)'daki topraklanmış hat iletkeninin (örnek olarak L-) ve koruma iletkeninin fonksiyonları sistemin bir bölümünde tek bir PEN (d.a.) iletkeninde birleştirilir veya Sistem b)'deki topraklanmış orta iletken (M) ve koruma iletkeninin fonksiyonları sistemin bir bölümünde tek bir PEN (d.a.) iletkeninde birleştirilir.



Şekil-5j TT Doğru akım sistemi



Şekil-5k IT Doğru akım sistemi

e) İletişim sistemlerine ilişkin tanımlar:

1) İletişim cihazı ve iletişim tesisi: Haber ve bilgilerin (örneğin ses, görüntü ve işaretler), uzaktan kumanda bilgileri de dahil olmak üzere (örneğin ölçü değerleri, ihbarlar ve komutlar), taşınması (yani iletimi ve ulaştırılması) ve işlenmesi için gerekli düzenlerdir.

Bir iletişim cihazı, bağımsız bir düzen veya kendi içinde kapalı bir bileşendir. Dış boyutlar tanımlama için ölçüt değildir.

Bir iletişim tesisine; verici düzenleri, haber ve bilgilerin taşınmasına yarayan hatlı veya hatsız taşıma yolu, alıcı düzenleri ve iletişim tesisinin işletilmesi için gerekli düzenler dahildir.

2) Bilgi işlem donanımı: Ayrı veya sistemle birleşik, bilgi toplayan, işleyen ve depolayan elektrikle çalışan makine birimleridir.

3) Elektrik işletme elemanlarının koruma sınıfları:

i) Koruma sınıfı I'e dahil olan işletme elemanları: Elektrik çarpmasına karşı korumanın sadece temel yalıtıma dayanmadığı işletme elemanlarıdır. Ek bir koruma önlemi, kısımların sabit tesisata ilişkin koruma iletkenine bağlanmasıyla sağlanır; bu durumda temel yalıtımdaki bir hatada gerilim kalıcı olamaz.

Not: Koruma sınıfı I'e dahil olan işletme elemanları, ikinci bir yalıtıma veya kuvvetlendirilmiş yalıtıma sahip ya da küçük gerilimle işletilen işletme elemanlarına da sahip olabilir.

ii) Koruma sınıfı II'ye dahil olan işletme elemanları: Elektrik çarpmasına karşı korumanın sadece temel yalıtıma dayanmadığı, ikinci bir yalıtım veya kuvvetlendirilmiş yalıtım gibi ek koruma önlemlerinin de alınmış olduğu işletme elemanlarıdır. Bunlarda koruma iletkeninin bağlanmasına olanak yoktur ve bu husus tesisat koşullarından bağımsızdır.

Not: Koruma derecesi II'ye dahil olan işletme elemanları, koruma iletkenleri tarafından kuşatılma gibi önlemlerle donatılabilir; ancak bunlar işletme elemanlarının içinde bulunmalı ve koruma sınıfı II'nin koşullarına uygun olarak yalıtılmış olmalıdırlar.

Koruma sınıfı II'ye dahil olan metal mahfazalı işletme elemanları, iletişim tekniğinde, fonksiyon potansiyel dengeleme iletkeni için kullanılabilir, mahfaza üstündeki bir bağlantı yeriyle donatılmış olabilirler.

Koruma sınıfı II'ye dahil olan işletme elemanları, fonksiyon topraklaması için kullanılacak bir bağlantı yeri ile donatılmış olabilirler.

Koruma sınıfı II'ye dahil olan işletme elemanları, küçük gerilimlerle işletilen işletme elemanlarına da sahip olabilirler.

4) Boyutlandırma sınıfı: Bir dokunma akım devresinde, kendilerinden aynı fizyolojik etkiler beklenen akım ve gerilim değerlerine ilişkin aralıktır.

Not: Boyutlandırma sınıflarının anma değerleri için Beşinci Bölüm'e bakınız.

i) Boyutlandırma sınıfı 1A ve kural olarak boyutlandırma sınıfı 1B'ye ilişkin akım ve gerilimlerde bir dokunma akım yolunun ortaya çıkmasına izin verilir.

Not: Hissedilebilir bir vücut akımının ortaya çıkmasının önlenmesi gereken durumlarda, boyutlandırma sınıfı 1B'ye ilişkin akım ve gerilimlerde bir dokunma akım yolu oluşması riskine girilmez.

ii) Boyutlandırma sınıfı 2'ye ilişkin akım ve gerilimlerde, sadece bir hata durumunda, bir dokunma akım yolunun oluşması risk edilebilir.

iii) Boyutlandırma sınıfı 3'e ilişkin akım ve gerilimlerde bir dokunma akım yolu kalıcı olamaz.

5) Ekran: Bir alanın, sınırlı bir kapalı hacim içerisine girmesini azaltmaya yarayan düzendir.

6) Hat ekranı: Hatlarla birlikte, belirli bir geometrik konumda çekilen iletken malzemeden bir ekrandır.

Not: Elektromanyetik ekran olarak düzenlenmiş şekliyle hat ekranı, iki ucundan da referans potansiyele bağlanmış olduğu için, potansiyel dengelemesine katkıda bulunabilir.

İKİNCİ BÖLÜM

Yüksek Gerilim Tesislerinde Topraklama

Topraklama Tesislerinin Boyutlandırılması

Madde 5-a) Topraklama tesislerinin kurulması için temel koşullar:

Topraklama tesislerinin kurulmasında dört koşul yerine getirilmelidir.

- 1) Mekanik dayanım ve korozyona karşı dayanıklılığın sağlanması,
- 2) Isıl bakımdan en yüksek hata akımına (hesaplanarak bulunan) dayanıklılık,
- 3) İşletme araçları ve nesnelerin zarar görmesinin önlenmesi,
- 4) En yüksek toprak hata akımı esnasında, topraklama tesislerinde ortaya çıkabilecek gerilimlere karşı insanların güvenliğinin sağlanması.

Bu koşullardan dolayı topraklama tesislerinin boyutlandırılması için aşağıdaki parametreler önemlidir:

-Hata akımının değeri,(*)

-Hatanın süresi,(*)

-Toprağın özellikleri.

(*): Bu parametreler, esas olarak yüksek gerilim sisteminin nötrünün topraklanma şekline bağlıdır. Farklı gerilim seviyelerinin kullanıldığı bir tesiste, bu dört koşul her bir gerilim seviyesinde yerine getirilmelidir. Farklı gerilim sistemlerinde aynı anda meydana gelen hatalar veya arızalar dikkate alınmayabilir.

Bu kurallar, çalışma ve ayırma mahallerindeki geçici toprak bağlantılarına uygulanmaz.

b) Mekanik dayanım ve korozyona karşı dayanıklılık bakımından topraklama tesisinin boyutlandırılması:

1) Topraklayıcı (Topraklama elektrodu) : Topraklayıcılar toprak ile sürekli temasta bulunduğu için korozyona (kimyasal ve biyolojik etkiler, oksitlenme, elektrolitik korozyon oluşumu ve elektroliz vb.) karşı dayanıklı malzemelerden oluşmalıdır. Bunlar, hem montaj esnasında çıkabilecek mekanik zorlanmalara karşı dayanıklı olmalı hem de normal işletmede oluşan mekanik etkilere dayanmalıdır. Beton temeline gömülen çelik ve çelik kazıklar veya diğer doğal topraklayıcılar topraklama tesisinin bir kısmı olarak kullanılabilirler. Topraklayıcılar için, mekanik dayanım ve korozyon bakımından en küçük boyutlar Ek-A'da verilmiştir. Ek-A'da belirtilenlerden başka bir malzeme kullanıldığı zaman (örneğin paslanmaz çelik) Madde 5-a'daki ilk iki koşula uygun olmalıdır.

Çıplak bakır yada bakır kaplamalı çelikten yapılmış geniş topraklayıcı sistemlerinin; boru hatları, vb. çelik yeraltı tesislerine olabildiğince metalik olarak temas etmemesine dikkat edilmelidir. Aksi durumda çelik bölümler büyük bir korozyon tehlikesine uğrayabilir.

2) Topraklama iletkenleri: Topraklama iletkenlerinin mekanik dayanım ve korozyona karşı dayanıklılık bakımından en küçük kesitleri aşağıda verilmiştir.

- Bakır	16 mm ² (Ek-F, F.5'deki istisnaya bakınız)
- Alüminyum	35 mm ²
- Çelik	50 mm ²

3) Potansiyel dengeleme iletkeni: Potansiyel dengeleme iletkenlerinin boyutlandırılması için Madde 5-b2'deki veriler asgari şartlarda öngörülmüştür.

Not : Çelikten yapılmış topraklama ve potansiyel dengeleme iletkenleri, korozyona karşı uygun güvenlik önlemlerini gerektirir.

c) Isıl zorlanmalara göre boyutlandırma:

Topraklama iletkenleri ve topraklayıcılar için göz önünde bulundurulması gereken akımlar Çizelge-1'de verilmiştir.

Not 1: Bazı durumlarda hata olmayan işletmede (kararlı durum) ortaya çıkan sıfır bileşen akımları topraklama tesisinin boyutlandırılmasında göz önünde bulundurulmalıdır.

Not 2: Proje tasarımı sırasında iletken kesitinin hesaplanmasında kullanılan akımlar için tesisin gelecekteki gelişmeleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Topraklama tesislerinde hata akımı çoğu kez kollara ayrılır. Bundan dolayı, her topraklayıcı için, bu kısımdan geçen hata

akımının göz önüne alınmasında yarar vardır.

Bu boyutlandırma için göz önünde bulundurulmuş son sıcaklıklar Ek-B’de verildiği gibi seçilerek, malzemenin dayanıklılığının azalması ve çevredeki malzemelerin zarar görmesi (örneğin beton veya yalıtkan maddeler) önlenmelidir.

Bu Yönetmelikte, topraklayıcıların etrafındaki toprak için izin verilen sıcaklık artış değerleri verilmemiştir. Deneyimler böyle bir sıcaklık artışının önemsiz olduğunu göstermiştir.

Topraklama iletkenlerinin veya topraklayıcıların kesitlerinin hesabı, hata akımının süresi ve büyüklüğüne bağlı olarak Ek-B de verilmiştir. Hata süresinin 5 saniyeden küçük (adyabatik sıcaklık artışı) ve 5 saniyeden büyük olması arasında bir ayırım bulunmaktadır. Son sıcaklık, malzeme ve çevre koşullarına göre seçilmelidir. Bununla birlikte, Madde 5-b2’deki en küçük kesitler dikkate alınmalıdır.

Not: Kullanılan ek bağlantıların akım taşıma kapasitesi (özellikle vidalı bağlantılar) dikkate alınmalıdır.

Cizelge-1 Topraklama sistemlerinin tasarımı ile ilgili akımlar

Yüksek gerilim sisteminin tipi		Isıl yüklenme ile ilgili akımlar ¹⁾		Topraklama gerilimi (toprak potansiyel artışı) ve dokunma gerilimleri ile ilgili akımlar
		Topraklayıcılar (Topraklama elektrodu)	Topraklama iletkeni	
Yıldız noktası yalıtılmış şebekeler		6)	I''_{kEE} ⁹⁾	$I_E = r \times I_C$ ⁷⁾
Toprak teması kompanze edilmiş (dengelenmiş) şebekeler	Söndürme bobinli tesislerde	6)	I''_{kEE} ^{3) 9)}	$I_E = r \times (I_L^2 + I_{Res}^2)^{1/2}$ ²⁾
	Söndürme bobinsiz tesislerde	-		$I_E = r \times I_{Res}$
Yıldız noktası değeri düşük bir empedans üzerinden topraklanmış şebekeler		I''_{k1} ⁴⁾	I''_{k1}	I_E ⁵⁾
Toprak teması kompanze edilmiş ve geçici olarak yıldız noktası değeri düşük bir empedans üzerinden topraklanmış şebekeler	Yıldız noktası geçici olarak topraklanmış tesislerde	I''_{k1} ⁴⁾	I''_{k1} ⁸⁾	I_E ⁵⁾
	Öteki bütün tesislerde	Söndürme bobinli		$I_E = r \times (I_L^2 + I_{Res}^2)^{1/2}$ ²⁾
		Söndürme bobinsiz	6)	I''_{kEE} ³⁾

- 1) Ek-A'daki en küçük kesitler dikkate alınmalıdır.
- 2) Sadece iyi kompanze edilmiş şebekelerde geçerlidir. Ek olarak artık akımın reaktif bileşeninin önemli miktarda rezonans dışı olması dikkate alınmalıdır.
- 3) Söndürme bobinlerinin beyan akımları, kendi topraklama iletkenlerinin tasarımında da dikkate alınmalıdır.
- 4) Birden fazla akım yolu mümkün ise, ortaya çıkan akım dağılımı, toprak elektrot sisteminin tasarımında dikkate alınmalıdır.
- 5) Genel formül yoktur (örnek olarak Şekil-3'e bakınız).
- 6) Ek-A'daki en küçük kesit yeterlidir.
- 7) Yerel olarak sınırlanmış bir yüksek gerilim şebekesinde (örneğin sanayi tesislerinde) toprak hatası uzun süre (örneğin saatlerce) kalırsa; çift toprak hata akımı (I''_{KEE}) dikkate alınmalıdır.
- 8) I''_{KEE} I''_{ki} 'den daha büyükse, yüksek olan bu değer kullanılmalıdır.
- 9) Hata temizleme süresi 1 saniyeden daha kısa ise, I_C veya I_{Res} kullanılabilir.

Simgelerin tanımları:

I_C	Hesaplanan veya ölçülen kapasitif toprak hata akımı
I_{Res}	Toprak hata artık akımı (Şekil-4 b'ye bakınız). Tam değer belli değilse I_C 'nin %10' u alınabilir.
I_L	İlgili transformatör merkezindeki paralel söndürme bobinlerinin beyan akımlarının toplamı
I''_{ki}	Tek kutuplu toprak kısa devresinde başlangıç alternatif akımı (IEC 60909 veya HD533 e göre hesaplanır)
I''_{KEE}	Çift toprak hata akımı (IEC 60909 veya HD533 e göre hesaplanır). (I''_{KEE} için en yüksek değer olarak başlangıç üç kutuplu kısa devre alternatif akımının % 85 inin kullanılmasına izin verilir)
I_E	Toprak akımı (Şekil-3'e bakınız)
r	Azalma (redüksiyon) katsayısı (Ek-J'ye bakınız). Transformatör merkezinden çıkan iletken ve kabloların azalma katsayıları farklı ise, hesaplarda temel alınacak akım Ek-N'ye göre belirlenir.

d) Dokunma ve adım gerilimlerine göre boyutlandırma:

1) İzin verilen değerler : İnsanlar için tehlikeli olan, vücuttan akan akımdır. Bu akımın etkileri, IEC/TR2 60479-1'de akımın süresi ve büyüklüğüne bağlı olarak açıklanmıştır. Uygulamada dokunma geriliminin dikkate alınması yeterlidir. Dokunma gerilimi için sınır değerler, hata süresine bağlı olarak Şekil-6'da verilmiştir.

Bu eğri, çıplak elden çıplak ayağa insan vücudu boyunca oluşabilen gerilim değerlerini gösterir. Bu değerlerin hesaplanmasında başka ek dirençler dikkate alınmamıştır. Bununla birlikte Ek-C'de verilen hesap yöntemi ile bu ek dirençler (örneğin ayakkabı, yüksek dirençli yüzey kaplama malzemeleri) bulunabilir.

Her toprak hatasında akım devresi kesilir, dolayısıyla toprak hataları sonucunda uzun süreli veya belirsiz süreli dokunma gerilimleri oluşmaz.

Adım gerilimleri için izin verilen değerlerin tanımlanması gerekli değildir.

Not: Adım gerilimleri için izin verilen değerler, dokunma gerilimleri için izin verilen değerlerden bir miktar daha büyüktür. Dolayısıyla topraklama sistemi dokunma gerilimi koşullarını yerine getirdiğinde, genellikle tehlikeli adım gerilimlerinin oluşmayacağı varsayılır.

Göz önüne alınan hata akımı süresinde, koruma düzenlerinin ve devre kesicilerin doğru çalıştığı varsayılır.

2) İzin verilen dokunma gerilimlerinin elde edilmesi için alınacak önlemler: Topraklama tesisinin temel tasarımında Madde 5-a'da verilen ilk üç koşul kullanılır. Tasarım, dokunma gerilimlerine göre kontrol edilmelidir ve sonra benzer durumlar için bir tip tasarım olarak dikkate alınabilir. Şekil-7'deki akış diyagramı uygun çözüm yolunu göstermektedir. Hata akımlarının geri dönüş yoluna bağlı olan özel durumlar için çözüm örnekleri Ek-R'de verilmiştir.

İzin verilen dokunma gerilimi U_{Tp} 'nin değerleri için Şekil-6 kullanılmalıdır. Ek dirençler, Ek-C'de kullanılan hesap yöntemine göre dikkate alınabilir. İzin verilen bu değerler, aşağıdaki hususlardan birisinin veya diğerinin yerine getirilmesi ile

gerçekleştirilmiş sayılır:

-Ya; C1 ve C2 den birinin sağlanması durumunda,

C1: Söz konusu olan tesis, global topraklama sisteminin bir parçası ise,

C2: Ölçme yoluyla veya hesaplama yoluyla bulunan topraklama gerilimi (potansiyel yükselmesi), Şekil-6'ya uygun olan izin verilen dokunma geriliminin iki kat değerini aşmıyorsa;

-Ya da, toprak potansiyel yükselmesinin büyüklüğüne ve hata süresine bağlı olarak kabul ve tespit edilen Ek-D'deki M önlemleri alınmış ise. Bu önlemler Ek-D'de açıklanmıştır.

M önlemleri ve C1 veya C2 koşullarının hiç birisi yerine getirilmezse, genellikle ölçme yaparak Şekil-6'da izin verilen dokunma geriliminin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmelidir.

Buna alternatif olarak, Madde 5-a'daki tüm koşulları yerine getiren bir tip tasarım da kullanılabilir.

Not: C1 veya C2 koşullarının ve M önlemlerinin alınmasına alternatif olarak, dokunma gerilim değerleri sahada yapılan ölçmelerle kontrol edilebilir.

Potansiyel sürüklenmeleri, daima ayrı olarak kontrol edilmelidir.

Bir topraklama sisteminin dokunma ve topraklama gerilimleri elde bulunan verilerden (toprak öz direnci, mevcut topraklama tesislerinin topraklama empedansı, Ek-K'ya bakınız) hesaplanabilir. Hesaplama için, yeterli akım taşıma kapasitesine sahip olan ve topraklama tesisi ile güvenli bir şekilde bağlanmış olan tüm topraklayıcılar ve diğer topraklama tesisleri göz önünde bulundurulabilir. Bu husus özellikle, tesis edilmiş hava hattı topraklama iletkenleri ve topraklama etkisi olan kablolar için geçerlidir. Aynı şekilde bu husus kablo zırhı veya kılıfı, PEN iletkeni veya başka bir yolla, göz önünde bulundurulmuş topraklama tesisine bağlanmış bulunan topraklama sistemlerine de uygulanabilir.

Şekil-K3 yardımıyla yapılacak hesaplamaların ispatı için, dörtten fazla güzergahta döşenmemiş topraklama etkisi olan kabloların tümü göz önüne alınabilir. Bu kablolar farklı gerilimli sistemlere ilişkin olabilir.

Not: Güzergah sayısının dörtten fazla olması durumunda karşılıklı etkilenme göz ardı edilemez. Bundan dolayı, sadece mevcut güzergahlardan dördünün seçilmesine izin verilir. Bir güzergahta çok sayıda kablo bulunması halinde, yalnızca bir uzunluk dikkate alınabilir.

Dokunma ve topraklama gerilimlerinin tespiti için gerekli olan akımlar Çizelge-1'de verilmiştir.

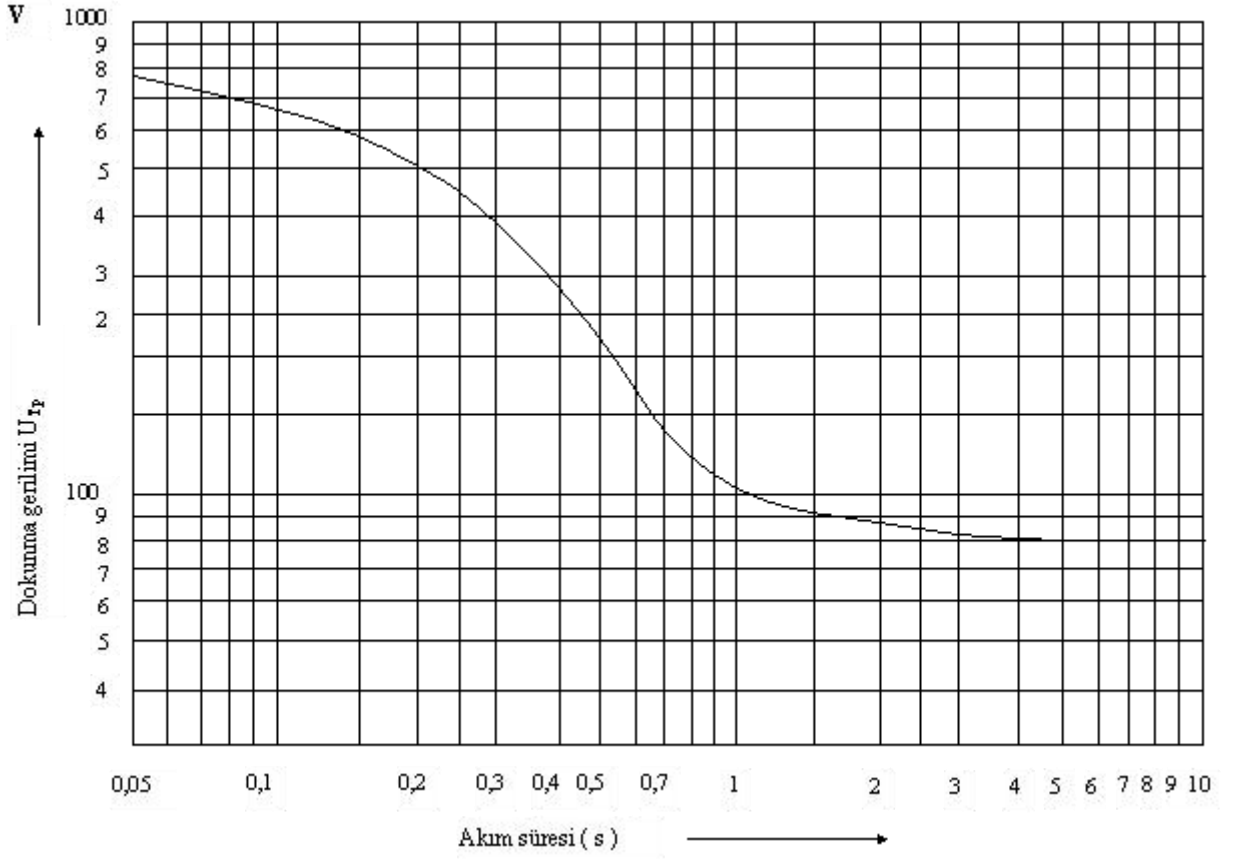
Ölçme yoluyla ispat için Madde 7 (sırasıyla Ek-N ve Ek-G) dikkate alınmalıdır.

Topraklama tesislerinin boyutlandırılmasında iki durum özel olarak dikkate alınmalıdır:

-Toprak teması dengelenmiş (kompanze edilmiş) şebekeler,

-Yıldız noktası yalıtılmış şebekeler.

Yıldız noktası geçici olarak değeri düşük bir empedans üzerinden topraklanmış elektrik tesislerindeki topraklama sistemleri, toprak hatasının beş saniyeden daha kısa zamanda kesildiği şebekeler gibi boyutlandırılabilir; aksi taktirde beş saniyeden daha büyük toprak hata açma zamanlı şebekelerde olduğu gibi boyutlandırılır (Ek-D'deki Çizelge-D.1'e bakınız).



Not 1: Bu eğri sadece yüksek gerilim şebekelerindeki toprak hataları için geçerlidir.

Not 2: Akım, diyagramda verildiğinden daha uzun süre akarsa U_{Tp} değeri için 75 V değeri kullanılabilir.

Şekil-6 Sınırlı akım süreleri için izin verilen en yüksek dokunma gerilimleri U_{Tp}