

Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliđi (1.Kısım) *
WEB Sayfalarının izlenmesi için bölümlere ayrılmıştır. Orijinalinde buradaki gibi kısımlar yoktur.
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığından:

Resmi Gazete
21.08.2001 Salı
Sayı: 24500 (Asıl)

BİRİNCİ BÖLÜM

Amaç, Kapsam, Dayanak, Uygulama ve Tanımlar

Amaç ve Kapsam

Madde 1- Bu Yönetmelik esas itibariyle, 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 girmeyeceđi 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 aşığıdaki 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 yapılırsa.

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 alışlagelmiş kullanımları açısından işletme sırasında buldukları yere bağlanmamış elemanlardır.

Bu tanıma, şekilleri ve alışlagelmiş 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) iletken çeşitleri:

i) Ana iletken (Faz iletkeni) (L1, L2, L3): 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 iletkene de orta iletken denir).

iii) Koruma iletkeni (PE): Elektriksel olarak tehlikeli gövde akımlarına karşı alınacak güvenlik önlemleri için işletme elemanlarının açığıtaki 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 önleendiği 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 itibariyle 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.

* ŞEKİL VARDIR *

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.

* ŞEKİL VARDIR *

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 parafudur 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 ($suseptans=1/x$) duyarlık, 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 toprağa 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): Toprağa 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 (PE): 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 (RE): 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 (ZE): 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) (UE): Bir topraklama tesisi ile referans toprağı arasında oluşan gerilimdir (Şekil-2'ye bakınız).

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

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

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

21) Adım gerilimi (US): Topraklama geriliminin, insanın 1 m'lik adım açıklığı ile köprüleyebildiği bölümüdür. Bu durumda insan vücudu üzerindeki akım yolu ayaktan ayağıdır (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.

* ŞEKİL VARDIR *

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 etmektir (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 arttırılmasıdır.

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 yapmaması 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 olduğu 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 (IF): Hata yerinde (toprak teması olan yer) yalnızca bir toprak temas 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 IC,
- Yıldız noktası söndürme bobini ile donatılmış (rezonans topraklı) şebekelerde, artık toprak teması akımı IRES,
- 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 (IE): Topraklama empedansı üzerinden toprağı geçen akımdır (Şekil-3'e bakınız).

Not: IE topraklama akımı, IF toprak hata akımının, bir topraklama tesisinin potansiyelinin yükselmesine neden olan bölümüdür. IE'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.

Not: Bu akımın, işletme elemanlarının toprağı karşı kapasitelerinden veya özellikle kondansatörlerin kullanılmasından kaynaklanan bir kapasitif bileşeni bulunabilir.

15) Yüksek kaçak akım (Bilgi-işlem donanımları için): TS 40'a uygun fiş-priz veya benzeri ile bağı IEC 60435'e uygun olarak ölçülen ve belirtilen sınırı aşan toprak kaçak akımıdır.

16) Hızlı açma: Bir toprak hata akımının 0,5 saniyeden daha kısa sürede kesilmesidir.

17) Azalma (redüksiyon) katsayısı (r): Üç fazlı bir sistemde, kısa devrenin meydana geldiğı yerden ve merkezlerin topraklama tesislerinden belli bir uzaklıkta akan toprak akımının, işletme akım devresindeki iletkenlerden

geçen akımlarına ilişkin sıfır akım bileşenlerinin toplamına ($r = I_E/3 I_O$) oranıdır.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-4a Yıldız noktası yalıtılmış bir şebekede toprak hata akımı

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-4b Toprak teması kompanze edilmiş (rezonans topraklı) bir şebekede toprak hata akımı

* ŞEKİL VARDIR *

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

* ŞEKİL VARDIR *

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

* ŞEKİL VARDIR *

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

- IF Toprak hata akımı,
- IC Kapasitif toprak akımı,
- IL Paralel söndürme (kompanzasyon) bobinlerinin akımlarının toplamı,
- IR Kaçak akım,
- IH Harmonik akım,
- IRES Toprak teması artık akımı,
- I["]kl Tek kutuplu toprak kısa devresinde alternatif başlangıç kısa devre akımı,
- I["]kEE Çift toprak teması akımı.

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

d) Şebeke (sistem) tiplerine ilişkin tanımlar:

l) 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.

Alternatif akım sistemleri Doğru akım sistemleri

-----	-----
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 açıktaki 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 iletkende birleştirilmiştir.

- TN-C sistemi : Sistemin tamamında nötr ve koruma fonksiyonları tek iletkende birleştirilmiştir.

Şekil-5'teki sembollerin açıklaması:

Nötr iletkeni (N) _____/_____

Koruma iletkeni (PE) _____/_____

Birleşik koruma ve nötr iletkeni (PEN) _____/_____

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-5a TN-S Sistemi

* ŞEKİL VARDIR *

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

* ŞEKİL VARDIR *

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 açıktaki iletken bölümleri, güç sistemi topraklayıcısından elektriksel olarak bağımsız olan topraklayıcılara bağlanır.

* ŞEKİL VARDIR *

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.

* ŞEKİL VARDIR *

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.

* ŞEKİL VARDIR *

* ŞEKİL VARDIR *

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.

* ŞEKİL VARDIR *

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.

* ŞEKİL VARDIR *

* ŞEKİL VARDIR *

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.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-5j TT Doğru akım sistemi

* ŞEKİL VARDIR *

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 IB'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 malzemedir 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 mm² (Ek-F, F.5'deki istisnaya bakınız)
- Alüminyum 35 mm²
- Çelik 50 mm²

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 bulundurulan 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.

Çizelge-1 Topraklama sistemlerinin tasarımı ile ilgili akımlar

+-----+-----	
+-----+	
	Isıl yüklenme ile ilgili akımlar(1)
Topraklama gerilimi	
	+-----+(toprak
potansiyel	

Yüksek gerilim sisteminin tipi artışı) ve dokunma gerilimleri ile ilgili	(Topraklayıcılar (Topraklama elektrodu)	Topraklama iletkeni	akımlar
Yıldız noktası yalıtılmış şebekeler Formül Var *	(6)	 -	 "KEE 9) *
Toprak teması kompanze * Formül Var * edilmiş	 +6)	 "KEE 3) 9)	 "KEE 3) 9)
(dengelenmiş) Var * şebekeler	 	 	* Formül
Şebekeler	Söndürme bobinsiz tesislerde	-	
Yıldız noktası değeri düşük bir empedans üzerinden topraklanmış şebekeler Formül Var *			"kl 4) "kl *
Toprak teması kompanze Formül Var * edilmiş ve geçici	Yıldız noktası geçici olarak topraklanmış tesislerde	"kl 4)	"kl 8) *
olarak yıldız Formül Var * noktası değeri	Söndürme bobinli Öteki bütün		*
düşük bir empedans üzerinden Formül Var * topraklanmış	tesislerde 	(6)	"KEE 3)
		-	
	Söndürme bobinsiz		*

|şebekeler | | | | |

+-----+-----+-----+-----+-----

+-----+

| 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''_{k1} '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''_{k1} 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 UTp'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 takdirde beş saniyeden daha büyük toprak hata açma zamanlı şebekelerde olduğu gibi boyutlandırılır (Ek-D'deki Çizelge-D.1'e bakınız).

* ŞEKİL VARDIR *

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

Not 2: Akım, diyagramda verildiğinden daha uzun süre akarsa UTp değeri için 75 V değeri kullanılabilir.

Şekil-6 Sınırlı akım süreleri için izin verilen en yüksek dokunma gerilimleri UTp

Topraklama Tesislerinin Yapılması

Madde 6-a) Topraklayıcıların ve topraklama iletkenlerinin tesis edilmesi: Bir topraklama tesisi genel olarak toprak içine gömülen veya çakılan yatay, düşey veya eğik birkaç topraklayıcının bir araya getirilmesiyle (uygun toprak yayılma direncinin elde edilmesi için çeşitli topraklayıcı kombinasyonları) yapılır.

Toprak öz direncini düşürmek için, kimyasal maddelerin kullanılması önerilmez.

Yüzeysel topraklayıcılar 0,5m ile 1 m arasında bir derinliğe yerleştirilmelidir. Bu mekanik olarak yeterli bir güvenlik sağlar.

Topraklayıcının, donma noktası sınırı altında kalan bir derinliğe tesis edilmesi tavsiye edilir.

Düşey çakılan çubuklar durumunda her bir çubuğun başı, genellikle toprak seviyesinin altına yerleştirilmelidir. Toprak öz direncinin derinliğe bağlı olarak azalması halinde düşey veya eğik olarak çakılmış topraklayıcıların özellikle yararı vardır.

Bu Yönetmeliğe uygun olarak topraklanmış ve inşaatın bir birimini oluşturan metal iskelet, bu iskelete doğrudan bağlanan toprak bölümleri için topraklama iletkeni olarak kullanılabilir. Sonuç olarak, bütün iskelet yapısının iletken kesiti yeterli olmalı ve bütün ek yerleri elektriksel iletkenlik ve mekanik bağlantı bakımından güvenli olmalıdır. Geçici sökme işlemleri yapılacaksa, iskelet yapısı bölümünün topraklama sisteminden ayrılmasının önlenmesi için önlem alınmalıdır. Büyük metal iskelet yapılar, topraklama sistemine yeterli sayıda (en az iki) noktada bağlanmalıdır.

Topraklama tesisinin yapılmasında diğer ayrıntılar Ek-L ve Ek-T'den alınabilir.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-7 UE Topraklama gerilimi (toprak potansiyel artışı) veya UT dokunma geriliminin kontrol edilmesi ile UTP izin verilen dokunma gerilimine göre global topraklama sisteminin (C1) bir parçası olmayan topraklama tesisinin tasarımı

b) Yüksek frekanslı girişimlerin azaltılması için topraklama tesislerinde alınması gereken önlemler:

Yüksek frekanslı girişimleri önlemek için gerekli uyarılar Ek-E'de bulunmaktadır.

c) Potansiyel sürüklenmesi: Yüksek gerilim topraklama sistemlerinin içinde veya yakınındaki iletişim sistemlerinin topraklama kuralları Beşinci Bölüm'de verilmiştir. İletişim sistemlerinden doğan sürüklenen potansiyellere karşı, bu Yönetmelikte yer almayan hususlar için, yürürlükteki uluslararası dokümanlar (örneğin CCITT/ITU direktifleri) dikkate alınır.

Transformatör merkezine giren veya çıkan kablolar ve yalıtılmış metal borular, transformatör merkezi içindeki bir toprak arızası süresince gerilim farklılıkları gösterebilir.

Kablo ekranının ve/veya koruyucu zırhının topraklama şekline bağlı olarak

(bir veya her iki ucunda), ekran ve/veya koruyucu zırh üzerinde dikkate değer zorlama gerilimleri ve akımlar oluşabilir. Kablonun veya borunun yalıtımı buna göre boyutlandırılmalıdır.

Bir uçtan topraklama durumunda bu işlem transformatör merkezi içinde veya dışında yapılabilir. Yalıtılmış diğer uçta dokunma gerilimlerinin meydana gelebileceğine dikkat edilmelidir.

Aşağıdaki örneklerde gösterilen önlemler, gerektiğinde sağlanmalıdır:

- Metal bölümlerin topraklama sisteminin bulunduğu alandan dışarı çıktığı noktadan devamlılığının kesilmesi,
- İletken bölümlerin veya alanların yalıtılması,
- İletken bölümlerin veya alanların etrafına, dokunmayı engellemek üzere uygun engeller tesis edilmesi,
- Farklı topraklama sistemlerine bağlı bölümler arasına yalıtkan engellerin tesis edilmesi,
- Uygun potansiyel düzenlenmesi yapılması,
- Uygun düzenler kullanılarak aşırı gerilimlerin sınırlandırılması.

Normal olarak tehlikeli potansiyel farklarının meydana gelmeyeceği yerlerde, yüksek gerilim tesisine ilişkin topraklama sistemi, bir global topraklama sisteminin bir bölümünü oluşturuyorsa, yalıtılmış boruların, kabloların vb.nin iletken bölümleri uzaktaki bir toprak potansiyeline bağlı ise ve yüksek gerilim tesisinin topraklanmış iletken bölümlerine aynı anda erişilebiliyorsa problemler büyür.

Buna göre, bu donanımın topraklayıcıdan etkilenen alandan yeterince uzağa yerleştirilmesi gerekir. Bu mümkün değilse, uygun önlemler alınmalıdır.

Genel bir uzaklık belirtilemez, tehlike derecesi her bir durum için özel olarak belirlenmelidir. Böyle bir uzaklığın hesabı Ek- M'de verilmiştir.

d) İşletme araçlarının ve tesislerin topraklanmasına ilişkin önlemler: Elektrik sisteminin bir bölümü olan bütün açıktaki iletken bölümler topraklanmalı, özel durumlarda, yalıtılmış bölgeler oluşturulmalıdır.

Dış iletken bölümler, uygunsa (örnek olarak ark, kapasitif ve endüktif bağlantılar nedeniyle) topraklanmalıdır.

Tesis çitlerinin, metal boruların, demir yolu raylarının vb. topraklamaları ile ilgili ayrıntılı önlemler Ek-F'de verilmiştir.

e) Yıldırım etkilerine karşı topraklama önlemleri: Yıldırımdan korunma için yüksek gerilim topraklama tesisi kullanılmalıdır.

Bütün aşırı gerilim koruma düzenlerinin, toprağa boşalma yolunun direnç ve endüktansı olabildiğince küçük tutulmalıdır. Bu sebeple topraklama elektroduna

bağlantı mümkün olduğu kadar düz, köşe yapmadan ve en kısa yoldan yapılmalıdır. Ek-H'ye de bakınız.

Yapıların yıldırım etkilerine karşı koruma önlemleri için ilgili standartlara (TS 622, TS IEC 61024 (seri) ve TS IEC 60364-4-443 vb) ve diğer ilgili mevzuatta belirtilen hususlara da uygulanacaktır.

f) Parlayıcı ve patlayıcı ortamlarda alınacak ek topraklama önlemleri: Parlayıcı ve patlayıcı ortamlarda alınacak ek topraklama önlemleri için ilgili standartlarda (örneğin EN 60079-14 vb), tüzük ve genelgelerde belirtilen hususlara uyulacaktır.

Topraklama Tesislerinde Ölçmeler

Madde 7- Ölçme için genel açıklamalar Ek-N'de, dokunma geriliminin ölçülmesi için açıklamalar Ek G'de verilmiştir.

a) Topraklama tesislerinde sahada yapılan muayeneler ve belgelendirme: Her

topraklama tesisi, kullanıcı tarafından işletmeye alınmadan önce, montaj ve tesis aşamasında, gözle muayene edilmeli ve deneyden geçirilmelidir.

Topraklama tesislerinin bir yerleşim planı bulunmalıdır. Montaj sırasında özellikle bağlantılarda korozyona karşı koruma için doğru önlemlerin alındığı, gözle muayene ile kontrol edilmelidir. Gerek tesis etme aşamasında, gerekse işletme dönemindeki muayene, ölçme ve denetleme periyotları için Ek-P'ye bakınız.

b) Topraklama tesislerinin kontrolü ve gözetimi için genel kurallar:

1) Muayene ile kontrol: Topraklama sistemlerinin bazı bölümlerinin durumu Ek-P'de belirtilen periyotlarda gözle muayene ve ölçme ile kontrol edilmelidir.

Not: Uygulamada genel olarak birkaç noktanın (örnek olarak ek yerlerinin, toprağa geçiş bölümlerinin) kazılması uygundur.

2) Ölçme veya hesap yoluyla kontrol: Ayrıca topraklamanın temel kurallarını etkileyen büyük değişikliklerden sonra, toprak empedansının veya dokunma gerilimlerinin ölçülmesi ya da hesaplanması gereklidir (Madde 5'e bakınız). Elde edilen sonuçların raporlanması gerekir. Bu hesap ve ölçme periyotları için Ek-P'ye bakınız.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Alçak Gerilim Tesislerinde Topraklama

Alçak Gerilim Tesislerinde Dolaylı Temasa Karşı Koruma

Madde 8- Alçak gerilim tesislerinde dolaylı temasa karşı koruma yöntemleri:

- Beslemenin otomatik olarak ayrılması ile koruma,
 - Koruma sınıfı II olan donanım kullanarak veya eşdeğeri yalıtım ile koruma,
 - İletken olmayan mahallerde koruma,
 - Topraklamasız tamamlayıcı yerel (mahalli) eşpotansiyel kuşaklama ile koruma,
 - Elektriksel ayırma ile koruma,
- olarak gruplandırılabilir.

a) Beslemenin otomatik olarak ayrılması ile koruma: Beslemenin otomatik olarak ayrılması, bir arıza meydana geldiğinde, dokunma geriliminin değeri ve süresinden doğan, kişide patofizyolojik zararlı etkileri ortaya çıkması riski bulunduğu gereklidir.

Bu koruma düzenleri, sistem topraklaması tipi ve koruma iletkenleri ile koruma düzenlerinin karakteristiklerinin koordinasyonunu gerektirir. Topraklama sisteminin projelendirilmesi, kurulması ve işletilmesi döneminde bu hususlara dikkat edilmelidir.

1) Beslemenin ayrılması ve topraklama:

i) Beslemenin ayrılması: Bir devrede veya donanımda bir gerilimli bölüm ile açıktaki iletken bölüm veya koruma iletkeni arasındaki bir arıza durumunda, aynı anda erişilebilen iletken bölümler ile temas durumundaki kişide 50 V a.a. etken değer veya 120 V d.a. dalgacıksız beklenen değeri aşan dokunma geriliminin tehlikeli fizyolojik etki yapması riskinin ortaya çıkmasına yetecek süre devam etmeyeceği şekilde, dolaylı temasa karşı koruma sağlayan bir düzen, devrenin veya donanımın beslemesini otomatik olarak ayırmalıdır.

Dokunma gerilimine bağlı olmaksızın 5 saniyeyi aşmayan bir ayırma süresine, sistemin topraklama tipine bağlı olarak bazı durumlarda izin verilir (Madde 8-a3.5'e bakınız).

Not 1: Daha yüksek ayırma süresine ve gerilime, elektrik üretim ve dağıtım sistemlerinde izin verilebilir.

Not 2: Özel tesislerde veya iletken olmayan mahallerde ayırma süresinin ve gerilimin daha düşük değerleri gerekli görülebilir.

Not 3: IT sistemlerinde ilk arızanın ortaya çıkmasında otomatik ayırma genellikle gerekmez.

Not 4: Bu kurallar 15 Hz ile 1000 Hz arasındaki a.a. ve dalgacıksız d.a. kaynaklarına uygulanabilir.

Not 5: "Dalgacıksız" ifadesi etken değeri %10 dan fazla dalgacık içermeyen anlamında kullanılmıştır. 120 V dalgacıksız d.a da tepe geriliminin en büyük değeri 140 V'u aşmaz.

ii) Topraklama: Açıktaki iletken bölümler, sistem topraklamasının her bir tipinin özel koşullarında bir koruma iletkenine bağlanmalıdır.

Aynı anda erişilebilen açıktaki iletken bölümler tek tek, gruplar halinde veya ortak olarak aynı topraklama sistemine bağlanmalıdır.

2) Potansiyel dengeleme:

i) Ana potansiyel dengeleme: Her binada, aşağıdaki iletken bölümler potansiyel dengeleme hattına bağlanmalıdır.

- Ana koruma iletkeni,
- Ana topraklama iletkeni ve ana topraklama bağlantı ucu,
- Gaz, su gibi bina içindeki besleme sistemlerine ilişkin metal borular,
- Yapısal metal bölümler, uygulanabiliyorsa merkezi ısıtma ve iklimlendirme sistemleri.

Bina dışından başlayan bu gibi iletken bölümler, mümkün olduğunca bina içinde, girişlerine yakın noktalarında irtibatlandırılmalıdır.

Potansiyel dengelemesi, iletişim kablolarının bütün metal kılıflarında

yapılmalıdır. Bununla birlikte, bu kabloların sahiplerinin veya işletmecilerinin izni alınmalıdır.

ii) Tamamlayıcı potansiyel dengeleme: Bir tesisatta veya tesisatın bir bölümünde Madde 8-a1/i'de belirtilen otomatik ayırma koşulları tam olarak gerçekleştirilemiyorsa, tamamlayıcı potansiyel dengelemesi olarak adlandırılan

bir yerel potansiyel dengeleme uygulanmalıdır (Madde 8-b'ye bakınız).

Not 1: Tamamlayıcı potansiyel dengelemesinin kullanılması, beslemenin başka sebeplerle ayrılması gereğini ortadan kaldırmaz (örneğin yangına karşı koruma, donanımın ısıl zorlanmaları vb).

Not 2: Tamamlayıcı potansiyel dengelemesi, tüm tesisatı, tesisatın bir bölümünü, bir cihazı veya bir mahali kapsayabilir.

3) TN sistemleri:

3.1) Tesisatın açıktaki bütün iletken bölümleri, ilgili her bir transformatörde veya generatörde veya yakınında, topraklanması gereken koruma

iletkenleri ile, güç sisteminin topraklanmış noktasına bağlanmalıdır.

Genel olarak güç sisteminin topraklanmış noktası nötr noktasıdır. Nötr noktası bulunmuyorsa veya erişilemiyorsa, bir faz iletkeni topraklanmalıdır. Hiçbir durumda faz iletkeni, PEN iletkeni olarak çalışmamalıdır (Madde 8-a3.2'ye bakınız).

Not 1: Başka etkili toprak bağlantıları varsa, koruma iletkenlerinin mümkün olan her yerde böyle noktalara da bağlanması tavsiye edilir. Arıza durumunda, koruma iletkenlerinin potansiyelinin toprak potansiyeline mümkün

olduğunca yakın olmasını sağlamak için, mümkün olduğu kadar düzgün dağıtılmış

noktalarda ek topraklama yapılması gerekli olabilir.

Çok yüksek binalar gibi büyük binalarda, uygulama sebebi ile koruma iletkeninin ek topraklanması mümkün değildir. Bununla birlikte, koruma iletkenleri ile dış iletken bölümler arasındaki eşpotansiyel kuşaklama, bu durumda benzer işlem görür.

Not 2: Aynı sebeple, koruma iletkeninin bütün binalara veya evlere girdiği yerlerde topraklanmış olması istenir.

3.2) Sabit tesisatta tek bir iletken, Madde 9-h'de yer alan hususların sağlanması koşulu ile, koruma iletkeni ve nötr iletkeni olarak hizmet yapabilir (PEN iletkeni).

3.3) Koruma düzeninin karakteristikleri (Madde 8-a3.8'e bakınız) ve devre empedansları, tesisatın herhangi bir yerinde bir faz iletkeni ile bir koruma iletkeni veya açıktaki iletken bölüm arasında ihmal edilebilecek kadar düşük empedanslı bir arıza meydana gelirse, belirtilen süre içinde beslemenin otomatik olarak ayrılması mümkün olacak şekilde olmalıdır. $Z_s \times I_a \leq U_0$ koşulu bu kuralı yerine getirir.

Burada;

Z_s Besleme kaynağının, arıza noktasına kadar gerilimli iletkeni ve kaynakla arıza noktası arasındaki koruma iletkenini içeren arıza çevriminin empedansıdır.

I_a U_0 anma geriliminin fonksiyonu olarak veya 5 saniyeyi aşmayan

alışlagelmiş sürede Madde 8-a3.1'de belirtilen koşullarda, Çizelge-2'de belirtilen süre içinde ayırıcı koruma düzeninin otomatik olarak çalışmasına sebep olan akımdır.

Uo Toprağa karşı a.a. anma geriliminin etkin değeridir.

Çizelge-2 TN Sistemleri için en büyük açma (ayırma) süreleri

Uo (V)	Açma (ayırma) Süresi (s)
120	0,8
230	0,4
277	0,4
400	0,2
>400	0,1

Not 1: TS 83 (IEC 60038)'de belirtilen tolerans aralığı içindeki gerilimler için, anma gerilimine uygun açma (ayırma) süresi uygulanır.

Not 2: Gerilim ara değerlerinde Çizelge-2'de verilen bir üst değer uygulanır.

3.4) Çizelge-2'de belirtilen en büyük açma sürelerinin, I sınıfı koruma sistemi kullanılan ve elde kullanılan veya prizsiz doğrudan beslenen donanımların nihai devreleri için Madde 8-a1/i'deki hususları karşıladığı kabul edilir.

3.5) Dağıtım şebekelerinde 5 saniyeyi aşmayan genellikle kabul görmüş açma sürelerine izin verilir.

Sadece sabit donanımı besleyen devrelerin son çıkışları için Çizelge-2'de istenilen değerleri aşan, ancak 5 saniyeyi aşmayan bir açma süresine, Çizelge-2'ye uygun açma süreleri gerektiren başka devrelerin son çıkışlarının, ayrı dağıtım tablosuna veya bu son çıkışı besleyen dağıtım devresine bağlı olması durumunda, aşağıdaki koşullardan birinin sağlanması durumunda izin verilir.

i) Dağıtım tablosu ile koruma iletkeninin ana eşpotansiyel kuşaklamaya bağlandığı nokta arasındaki koruma iletkeninin empedansı $[(50/U_o) \cdot Z_s]$ değerini aşmaz veya,

ii) Dağıtım tablosunda, ana potansiyel dengeleme ile aynı tipteki dış iletken bölümleri kapsayan ve ana potansiyel dengeleme koşullarına (Madde 8-a2/i'ye bakınız) uyan eşpotansiyel kuşaklama bulunur.

3.6) Madde 8-a3.3 -a3.4 - a3.5'deki koşullar aşırı akım koruma düzenleri ile yerine getirilemiyorsa, tamamlayıcı potansiyel dengeleme (Madde 8-a2/ii) uygulanmalıdır. Diğer bir yol olarak, koruma bir artık akım koruma düzeni ile sağlanmalıdır.

Not: Madde 8-a3.9'daki nota bakınız.

3.7) Bir arızanın faz iletkeni ile toprak arasında meydana gelebileceği çok özel durumlarda, örneğin hava hatlarında aşağıdaki koşullar karşılanmalıdır:

Koruma iletkeni ve buna bağılı açıktaki iletken bölümlerin gerilimleri, toprağa göre 50 V'u aşmamalıdır.

RB 50
-- <= -----
RE Uo-50

Burada;

RB Paralel bağılı bütün topraklayıcıların eşdeğer yayılma direnci,
RE Üzerinde faz-toprak arızası oluşabilen bir koruma iletkenine bağlanmamış dış iletken bölümlerin toprağa göre en küçük temas direnci,
Uo Toprağa göre anma a.a. geriliminin etkin değeridir.

3.8) TN sistemlerinde, aşağıdaki koruyucu düzenlerin kullanılması kabul edilir:

- Aşırı akım koruma düzenleri,
- Artık (kaçak) akım koruma düzenleri

İstisnalar:

- TN-C sistemlerinde artık akım koruma düzenleri kullanılmamalıdır.
- TN-C-S sisteminde bir artık akım koruma düzeni kullanıldığında, yük tarafında bir PEN iletkeni kullanılmamalıdır. Koruma iletkeni ile PEN iletkeninin bağlantısı, artık akım koruma düzeninin kaynak tarafında yapılmalıdır.

3.9) Ana eşpotansiyel kuşaklamanın etki alanı dışındaki bir devrede otomatik ayırma için artık akım koruma düzeni kullanıldığında, açıktaki iletken bölümler TN sisteme bağlanmamalı, ancak koruma iletkenleri, artık akım

koruma düzeninin çalıştırma akımına uygun bir direnç sağlayabilen bir topraklayıcıya bağlanmalıdır. Böyle korunan devre TT sistemi olarak işlem görür ve Madde 8-a4 uygulanır.

Not: Ana potansiyel dengelemenin etki alanı dışında kullanılacak diğer koruma düzenleri;

- Ayırma transformatörü ile besleme,
- Ek yalıtım uygulanmasıdır.

4) TT sistemleri:

i) Aynı koruma düzeni ile ortak korunan açıktaki bütün iletken bölümler, koruma iletkenleri ile birlikte bu gibi bölümlerin tümü için ortak olan bir topraklayıcıya bağlanmalıdır. Birkaç koruma düzeninin seri bağılı olarak kullanılması durumunda, bu kural, her bir düzen tarafından korunan açıktaki iletken bölümlerin hepsine ayrı ayrı uygulanır.

Nötr noktası veya bu mevcut değilse her bir generatör veya transformatör merkezinin bir faz iletkeni topraklanmalıdır.

ii) $RA \times I_a \leq 50 \text{ V}$ koşulu yerine gelmelidir ($50 \text{ V} = U_L$).

Burada;

RA Topraklayıcı ve açıktaki iletken bölümlerin koruma iletkeninin toplam direnci, I_a Koruyucu düzenin otomatik çalışmasına sebep olan akımdır.

Koruma düzeninin bir artık (kaçak) akım koruma düzeni olması halinde, I_a ; beyan artık (kaçak) çalıştırma akımı I_n 'dir.

Seçiciliği sağlamak amacı ile, S tipi artık akım koruma düzenleri genel

tip artık akım koruma düzenleri ile seri bağı olarak kullanılabilir. S tipi artık akım koruma düzeni ile seçiciliğin sağlanması için, dağıtım şebekelerinde 1 saniyeyi aşmayan çalışma süresine izin verilebilir.

Koruma düzeninin bir aşırı akım koruma düzeni olması durumunda, bu düzen ya;

- Ters zaman karakteristikli bir düzen olmalı ve Ia, 5 saniye içinde otomatik çalışmaya sebep olan en küçük akım olmalıdır veya,
- Ani tetikleme karakteristikli bir düzen olmalı ve Ia, ani tetiklemeye sebep olan en küçük akım olmalıdır.

iii) Madde 8-a4/ii'deki koşullar tamamen sağlanamazsa, Madde 8-a2/ii ve Madde 8-b'ye uygun bir potansiyel dengelemesi yapılmalıdır.

iv) TT sistemlerinde, aşağıdaki düzenlerin kullanılması kabul edilir:

- Artık akım koruma düzenleri,
- Aşırı akım koruma düzenleri.

Not 1: Aşırı akım koruma düzenleri, sadece RA'nın çok düşük değerlerinin varlığında TT sistemlerinde dolaylı temas karşı koruma için uygulanabilir.

Not 2: Arıza gerilimi ile çalışan koruma düzenlerinin kullanılması, yukarıda belirtilen koruma düzenleri kullanılmadığında özel uygulamaları dışarıda bırakmaz.

5) IT sistemleri:

5.1) IT sistemlerinde, tesisat topraktan yalıtılmalı veya toprağa yeterince yüksek bir empedans üzerinden bağlanmalıdır. Bu bağlantı ya sistemin nötr noktasında veya yapay nötr noktasında yapılabilir. Sonuç olarak tek kutuplu empedans yeterince yüksek ise yapay nötr noktası doğrudan toprağa bağlanabilir. Hiçbir nötr noktası olmaması durumunda bir faz iletkeni, bir empedans üzerinden toprağa bağlanabilir.

Bu durumda açıktaki iletken bölümde veya toprağa karşı tek bir arıza meydana geldiğinde, arıza akımı düşük olur ve Madde 8-a5.3'deki koşul sağlanmak kaydı ile zorunlu olarak devrenin kesilmesi gerekmez. Bununla birlikte, iki arızanın aynı anda meydana gelmesi durumunda, aynı anda erişilebilen iletken bölümlerle temas eden kişide ortaya çıkabilecek zararlı patofizyolojik etkilerin riskini önlemek için önlemler alınmalıdır.

5.2) Tesisattaki hiçbir gerilimli iletken doğrudan toprağa bağlanmamalıdır.

Not: Aşırı gerilimlerin azaltılması veya gerilim salınımlarının bastırılması için, empedanslar üzerinden veya yapay nötr noktasından topraklamanın yapılması gerekli olabilir. Bunların karakteristik özellikleri tesisat kurallarına uygun olmalıdır.

5.3) Açıktaki iletken bölümler ayrı ayrı, grup halinde veya topluca topraklanmalıdır.

Not: Yüksek binalar gibi büyük binalarda uygulama nedenleri ile koruma iletkenlerinin bir topraklayıcıya doğrudan bağlanması mümkün olmaz.

Açıktaki

iletken bölümlerin topraklanması, koruma iletkenleri, açıktaki iletken bölümlerin ve dış iletken bölümlerin kuşaklanması ile sağlanabilir.

Aşağıdaki koşul sağlanmalıdır:

RA X Id <= 50 Volt

Burada;

RA Açığıtaki iletken bölümler için topraklayıcının yayılma direncidir.

Id Bir faz iletkeni ile açığıtaki bir iletken bölüm arasındaki ihmal edilebilir empedanslı ilk arızanın arıza akımıdır. Id değeri, kaçak akımları ve elektrik tesisatının toplam topraklama empedansını dikkate alır.

5.4) Beslemenin devamlılığı nedeni ile IT sisteminin kullanıldığı durumlarda, gerilimli bir bölümden açığıtaki iletken bölümlere veya toprağa karşı birinci arızanın oluştuğunu gösteren bir yalıtım izleme sistemi bulunmalıdır. Bu düzen işitilebilir ve/veya görülebilir bir işareti (alarmı) harekete geçirmelidir.

İşitilebilir ve görülebilir işaretlerin her ikisi de varsa, işitilebilen işaretin kapatılmasına izin verilebilir, ancak görülebilir işaret, arıza sürdükçe devam etmelidir.

Not: Birinci arızanın uygulamada mümkün olan en az gecikme ile giderilmesi istenir.

5.5) Birinci arızanın oluşmasından sonra, ikinci arıza durumunda beslemenin ayrılması için koşullar, bütün açığıtaki iletken bölümlerin bir koruma iletkenine bağlanmış olmasına (kollektif topraklama) veya tek tek veya

gruplar halinde topraklanmasına bağlı olarak aşağıdaki gibi olmalıdır:

i) Açığıtaki iletken bölümlerin gruplar halinde veya tek tek topraklanmış olması durumunda koruma koşulları, Madde 8- a4/i'nin ikinci paragrafının uygulanmaması dışında, Madde 8-a4'te verilen TT sistemlerindeki gibidir.

ii) Açığıtaki iletken bölümlerin kollektif olarak topraklanmış bir koruma iletkenine bağlanması durumunda, Madde 8-a5.6'ya bağlı olarak TN sistemlerinin koşulları uygulanır.

5.6) Aşağıdaki koşullar sağlanmalıdır:

Nötrün dağıtılmamış olması durumunda:

* Formül Vardır *

veya nötrün dağıtılmış olması durumunda:

$$Z's \leq \frac{U_0}{2 I_0}$$

Burada:

U₀ Faz-nötr arasındaki a.a. anma geriliminin etkin değeri,

U Faz arası a.a. anma geriliminin etkin değeri,

Z_s Devrenin faz iletkenini ve koruma iletkenini içeren arıza çevriminin empedansı,

Z'_s Devrenin nötr iletkenini ve koruma iletkenini içeren arıza çevriminin empedansı,

I_a Uygulanabildiğinde Çizelge-3'te belirtilen ayırma süresi t veya bu sürenin kabul edildiği bütün diğer devrelerde 5

saniye içinde, koruma düzenini çalıştıran akımdır (Madde 8-a3.5'e bakınız).

Çizelge-3 IT sistemlerinde en büyük açma (ayırma) süresi (ikinci arıza durumunda)

Tesisatın anma gerilimi Uo/U (V)	Açma (ayırma) süresi(s)	
	Nötrü dağıtılmamış	Nötrü dağıtılmış
120/240	0,8	0,8
230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1000	0,1	0,2

Not 1: TS 83 (IEC 60038)'de belirtilen tolerans aralığı içinde kalan gerilimlerde anma gerilimlerine uygun ayırma süresi uygulanır.

Not 2: Gerilimin ara değerlerinde, çizelgedeki bir üst değer kullanılır.

5.7) IT sistemlerinde, aşağıdaki izleme ve koruma düzenleri kullanılır:

- Yalıtım izleme düzenleri,
- Aşırı akım koruma düzenleri,
- Artık akım koruma düzenleri.

b) Tamamlayıcı eşpotansiyel kuşaklama: Tamamlayıcı eşpotansiyel kuşaklamada, sabit donanımın aynı anda erişilebilen bütün açıktaki iletken bölümleri ve pratikte mümkün ise, inşaat betonarmesindeki ana metal konstrüksiyon dahil bütün dış iletken bölümler bulunmalıdır. Eşpotansiyel sistem, prizler dahil bütün donanımın koruma iletkenlerine bağlanmalıdır.

Tamamlayıcı eşpotansiyel kuşaklamanın etkinliği hakkında kuşku durumunda,

aynı anda erişilebilen açıktaki iletken bölümler ile dış iletken bölümler arasındaki R direncinin $R \leq 50 \text{ V}/I_a$ koşulunu sağladığı doğrulanmalıdır:

Burada;

I_a : Koruma düzeninin çalışma akımı olup;

- Artık akımlı düzenlerde, $I(n)$
- Aşırı akım düzenlerinde 5 saniyenin altında çalıştırma akımıdır.

Not 1: Dolaylı temasa karşı diğer koruma yöntemleri için TS IEC 60364-4-41 standardına bakınız.

Not 2: Alternatif akımda ve doğru akımda insan vücudu üzerinden geçen akımların etkileri için Ek-C'ye bakınız.

Alçak Gerilim Tesislerinde Topraklama, Koruma ve Potansiyel Dengeleme İletkenlerinin Seçimi ve Tesisi

Madde 9-a) Toprağa olan bağlantılar:

1) Topraklama tesisleri: Topraklama tesisleri, elektrik tesislerinin gereksinime göre, koruma veya işletme amaçları için, birlikte veya ayrı olarak kullanılabilir.

2) Topraklama tesisinin her bir kısmının (işletme elemanı) seçimi ve kurulması ile ilgili aşağıdaki hususlar sağlanmalıdır:

- Topraklayıcının yayılma direnci değeri koruma için gerekli koşullara ve tesisin işletmesine uygun olmalı, ayrıca topraklayıcının fonksiyonu değişmeden kalabilmelidir.

- Toprak hatası akımları ve toprak kaçak akımları, örneğin ısı (termik), termomekanik ve elektrodinamik zorlanmalardan dolayı ortaya çıkacak tehlikelere meydan vermeksizin toprağa akıtılabilmelidir.

- Her bir kısım (işletme elemanı), beklenen dış etkilere karşı dayanıklı olmak üzere yeteri kadar sağlam olmalı veya ek mekanik koruma ile donatılmalıdır.

3) Diğer metal kısımların elektrolitik etkilerle, önceden beklenebilen hasara uğraması tehlikesine karşı önlemler alınmalıdır.

b) Topraklayıcı (topraklama elektrodu):

1) Topraklayıcı olarak aşağıdaki malzemeler kullanılabilir:

- Çubuk topraklayıcı veya boru topraklayıcı,
- Şerit veya örgülü iletken topraklayıcı,
- Levha topraklayıcı (kullanılması tavsiye edilmez),
- Temel topraklayıcı,
- Toprağa gömülü beton içindeki demir donatı.

Not: Özellikle çelik kafes yapıların tüm metal kısımları iyi bir topraklama etkisi elde edilecek şekilde topraklanmalıdır.

- Toprağa gömülü veya toprakla temasta bulunan toprak altındaki diğer uygun konstrüksiyon kısımlar.

Not: Topraklayıcının etkisi yerel toprak koşullarına bağlı olup, toprak koşullarına ve yayılma direncine göre bir veya birkaç topraklayıcı kullanılmalıdır.

Toprak yayılma direncinin değeri hesaplanabilir veya ölçülebilir.

2) Topraklayıcının türü ve gömme derinliği, toprağın kuruması veya buz tutması durumları topraklayıcının topraklama direncini gereken değerine çıkartmayacak şekilde seçilmiş olmalıdır.

3) Topraklayıcıların malzemeleri ve yapılış şekilleri, beklenen korozyon etkilerine karşı dayanıklı olacak şekilde seçilmelidir (Ek-A'ya bakınız).

4) Topraklama tesisinin tasarımında, topraklayıcıların topraklama dirençlerinin korozyon nedeniyle yükselmesinin mümkün olduğu göz önünde tutulmalıdır.

5) Yanıcı sıvı veya gazlar için kullanılan borular ile sıcak su borusu şebekesi vb. metal boru şebekeleri kesinlikle topraklayıcı olarak kullanılamazlar.

Not: Fakat bu koşul bu tesislerin potansiyel dengeleme düzeni olarak kullanılmasını engellemez.

6) Geniş kapsamlı korozyona uğraması olanaksız olan kabloların kurşun kılıfları veya diğer metal kılıfları aşağıdaki koşulların sağlanması durumunda topraklayıcı olarak kullanılabilirler:

- Kablonun sahibi ve işletmecisinden izin alınmalı,
- Kabloda, topraklama etkisini bozabilecek, bilerek yapılacak değişikliklerin önceden haber verilmesi hususunda elektrik tesisinin kullanıcısı ile uygun bir anlaşma yapılmalıdır.

7) Yeni yapılacak binalarda temel topraklayıcı tesis edilmesi zorunludur. Temel topraklama ve diğer topraklayıcı türlerine ilişkin yapılış ve

boyutlandırma esasları Ek-L ve Ek-T'de verilmiştir.

c) Topraklama İletkenleri: Topraklama iletkenleri Madde 9-e'ye ve toprağa döşenme durumunda da Çizelge-4a'ya uygun olmalıdır.

Bir topraklama iletkenin topraklayıcıya bağlantısı güvenilir ve elektroteknik açıdan kusursuz yapılmış olmalıdır (Ek-L'ye bakınız).

Bir topraklama kelepçesi kullanılıyorsa, bu kelepçe topraklayıcıyı (örneğin bir boru) veya topraklama iletkenini zedelememelidir.

d) Ana topraklama baraları: Her tesiste bir ana topraklayıcı barası öngörülmek zorundadır. Aşağıdaki iletkenler bunlara bağlanmalıdır:

- Topraklama iletkenleri,
- Koruma iletkenleri,
- Ana potansiyel dengeleme iletkenleri,
- Gerektiği takdirde, fonksiyon topraklaması için kullanılan topraklama iletkenleri.

Topraklama iletkenlerinin ayrılması için gerekli düzenekler, topraklama tesisinin topraklama direncini ölçebilmek için, ulaşılması kolay yerlerde bulunmalıdır; ayırma düzeneği, ana topraklama barası ile birleşik olabilir. Bu ayırma düzeneği sadece alet yardımıyla sökülebilir olmalıdır; bunun mekanik dayanımı yeterli seviyede olmalı ve topraklama sisteminin elektriksel sürekliliği güvenlik altına alınmış olmalıdır.

Çizelge- 4a Topraklama iletkenlerinin (Toprağa döşenmeleri durumunda) minimum kesitleri

Mekanik olarak korunmuş	Mekanik olarak korunmamış
Korozyona karşı korunmuş(*)	Madde 9-e'de öngörüldüğü gibi
16 mm ² bakır,	16 mm ² demir, daldırma galvaniz
Korozyona karşı korunmamış	25 mm ² bakır,
50 mm ² demir, daldırma galvaniz	

(*) Korozyona karşı koruma, bir mahfaza ile sağlanabilir.

Çizelge- 4b Potansiyel dengeleme iletkenlerinin kesitleri

Ana potansiyel dengeleme	Tamamlayıcı potansiyel dengeleme
Normal iletken kesiti	0,5 x Tesisin en büyük İki gövde arasında 1 x En küçük
koruma iletkeninin kesiti	
	Bir gövde veya yabancı 0,5 x Koruma

		iletken bölümler arasında kesiti	
Enaz veya Al(*)	6 mm ² Cu	Mekanik olarak korunmuş	Cu 2,5 mm ²
		Mekanik olarak korunmamış	Cu 4 mm ² veya Al(*)
Yapılabilecek sınırlama	iletkenlikte		
	25 mm ² Cu veya eşdeğer	-	-

(*) Alüminyum iletkenli hatların korumasız olarak döşenmesi durumunda, mümkün olan korozyon ve düşük mekanik dayanımından dolayı iletken kopma olasılığı yüksektir.

e) Koruma İletkenleri:

1) Minimum kesitler: Koruma iletkenlerinin kesitleri;

- Ya Madde 9-e1/i'ye göre hesaplanmalı,
- Ya da Madde 9-e1/ii'ye göre seçilmelidir.

Not: Eğer ana iletkenlerin kesiti kısa devre akımı ile belirlenmiş ise, koruma iletkeninin kesitinin Madde 9-e1/i'ye göre tekrar hesaplanması gerekebilir.

Her iki durumda da Madde 9-e1/iii dikkate alınmalıdır.

i) 5 s den daha az kesme zamanı için hesaplanacak kesit değerlerinin bulunması için $S = (I^2t)^{1/2}/k$ bağıntısı kullanılır.

Burada;

S Kesit (mm²),

I Empedansı ihmal edilebilecek bir hata durumunda koruma düzeninden akabilecek hata akımı (A, a.a., etkin değer),

t Kesme düzeni için çalışmaya başlama zamanı (s).

Not: Aşağıdaki hususlar dikkate alınmak zorundadır:

- Akım devresine ilişkin empedansın akım sınırlama etkisi ve
- Koruma düzeninin sınırlama yeteneği (joule integrali) (akım-ısı

değerlerinin sınırlanması).

k değeri, koruma iletkeni malzemesine, yalıtımın ve diğer kısımların malzemesine ve koruma iletkeninin başlangıç ve son sıcaklığına, bağlı olan $A \cdot s^{1/2} / \text{mm}^2$ cinsinden bir katsayı (malzeme katsayısı). (Malzeme katsayısı k nin

hesaplanması için Ek-U'ya bakınız).

Koruma iletkenleri için malzeme katsayısı k, farklı kullanma durumları ve farklı işletme çeşitleri için Çizelge-5, Çizelge-6 ve Çizelge-7'de verilmiştir.

Eğer bu denklemin kullanılması sonucu standart değerler bulunmamış ise bir

üst standart değer kullanılmak zorundadır.

Not 1: Bu şekilde hesaplanan kesit, hata çevrim empedansındaki geçerli olan koşullarla uyumlu olmalıdır.

Not 2: Patlama tehlikesi bulunan bölgelerdeki tesislere ilişkin sıcaklık

sınırlamaları için IEC 60079-8'e bakınız.

Not 3: Ek yerleri için izin verilen en yüksek sıcaklık dikkate alınmalıdır.

Bir kablo veya hattın kılıfı veya zırhından meydana gelen koruma iletkeni için malzeme katsayıları k için tavsiye niteliğindeki değerler Ek-V'deki V.1'de verilmiştir.

ii) Koruma iletkeninin kesiti, hesaplanarak bulunacaktır; ancak Çizelge-8 de verilen değer altında olamaz. Bu durumda Madde 9-el/i'e göre bir hesap kontrolü yapılması gerekli değildir, ancak Madde 9-e1'deki not dikkate alınmalıdır.

Çizelge-8'in kullanılması sonunda standart kesit değerler elde edilmez ise bir üst standart kesitli iletken kullanılmak zorundadır.

Çizelge-5 Kablo veya iletkenlerin dışında bulunan yalıtılmış koruma iletkenleri için veya kablo dış kılıfları ya da iletken dış kılıfları ile temas eden çıplak koruma iletkenleri için malzeme katsayısı k

Koruma iletkenlerinin veya kabloların ve iletkenlerin dış kılıflarının yalıtım			
malzemeleri			
Polivinil Klorür (PVC)		Çapraz bağlı Polietilen	
Butilkauçuk (IİK)		(XLPE)	
Etilen-Propilen-Kauçuk		(EPR)	
Başlangıç sıcaklığı	30øC	30øC	30øC
Son sıcaklık	160øC	250øC	220øC
A.s1/2/mm2 cinsinden malzeme katsayısı k			
iletken malzemesi:			
Bakır	143	176	166
Alüminyum	95	116	110
Çelik	52	64	60

Çizelge-6 Çok damarlı kablo veya çok damarlı iletken içindeki yalıtılmış koruma iletkeni için malzeme katsayısı k

Yalıtım malzemesi	
Çapraz bağlı Polietilen	
Polivinil Klorür (PVC)	Butil kauçuk (IİK)
(XLPE)	

		Etilen-Propilen-Kauçuk (EPR)	
Başlangıç sıcaklığı	70øC	90øC	85øC
Son sıcaklık	160øC	250øC	220øC
A.s1/2/mm2 cinsinden malzeme katsayısı k			
İletken malzemesi			
Bakır	115	143	134
Alüminyum	76	94	89

Çizelge-7 Çizelgede verilmiş olan sıcaklıklarla komşu kısımların tehlike altında kalmayacağı durumlarda çıplak iletkenler için malzeme katsayısı k

İletken malzemesi	Görülen ve sınırlandırılmış bölgelerde(*)	Normal koşullar	Yangın tehlikesi durumunda	
				Koşullar
	Maksimum sıcaklık	500øC	200øC	150øC
Bakır	Malzeme katsayısı k	228	159	138
	Maksimum sıcaklık	300øC	200øC	150øC
Alüminyum	Malzeme katsayısı k	125	105	91
	Maksimum sıcaklık	500øC	200øC	150øC
Çelik	Malzeme katsayısı k	82	58	50

Not: İletkenin başlangıç sıcaklığı 30øC olarak alınmıştır.

(*) Verilmiş olan sıcaklık dereceleri sadece, ek yerinin sıcaklığı ekin kalitesine etki etmediği taktirde geçerlidir.

Çizelge-8 Ana iletken kesitlerine bağlı olarak koruma iletkeni kesiti

Tesisin ana iletken kesiti	Buna karşı düşen koruma iletkeninin minimum kesiti
S (mm2)	Sp (mm2)
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16

$|S > 35$

$|S/2$

|

+-----+-----+-----+

Çizelge-8 deki değerler sadece, eğer koruma iletkeni, ana iletkeninin malzemesi ile aynı malzemeden meydana gelmiş ise geçerlidir. Aksi takdirde koruma iletkeninin kesiti, Çizelge-8'de verilen değerlere karşı düşen iletkenlik değeri sağlanacak şekilde belirlenir.

iii) Besleme kablosunun veya bunun mahfazasının içinde bulunmayan her koruma iletkeninin kesiti, hiçbir şekilde;

- Mekanik koruma kullanılmış ise 2,5 mm² den,
- Mekanik koruma kullanılmamış ise 4 mm² den küçük olamaz.

iv) Eğer bir koruma iletkeni birçok akım devresi için ortak olarak kullanılıyor ise bunun kesiti, en büyük ana iletkenin kesitine uygun olarak boyutlandırılmalıdır.

2) Koruma iletkenlerinin çeşitleri:

2.1) Koruma iletkeni aşağıdakilerden oluşabilir:

- Çok damarlı kablo ve hatlardaki iletkenler,
- Gerilimli iletkenler ile aynı mahfaza içindeki yalıtılmış veya çıplak iletkenler,

- Sabit olarak döşenmiş çıplak veya yalıtılmış iletkenler,
- Kabloların kılıfı, ekranı ve zırhı gibi uygun metal kılıflar,
- İletken ve hatlar için metal borular veya diğer metal kılıflar,
- Madde 9-e2.4'e uygun yabancı iletken kısımlar.

2.2) Eğer tesis anahtarlama cihazı kombinasyonlarının veya metal mahfazalı

bara sistemlerinin mahfaza veya konstrüksiyon kısımlarını da içeriyor ise, bunların aşağıdaki üç koşulu da aynı zamanda yerine getirmesi durumunda metal

mahfaza veya konstrüksiyon kısımları koruma iletkeni olarak kullanılabilir:

i) Bunların sürekli elektrik bağlantıları, mekanik, kimyasal veya elektro-kimyasal etkiler nedeniyle kötüleşmesinin önlenmesi konstrüktif olarak

güvenlik altına alınmışsa,

ii) İletkenlikleri en az Madde 9-e1/i'deki kesitlere uygun ise,

iii) Bunun için öngörülmüş her bir yere başka koruma iletkenleri ile bağlanabilecek durumdaysa.

Not: Son koşul sadece dışarıdan gelen koruma iletkenlerinin bağlanması için geçerlidir.

2.3) Kablo ve iletkenlerin metal mahfazaları (çıplak veya yalıtılmış), özellikle elektrik tesislerinde kullanılan, kimyasal maddelerle yalıtılmış hatların ve metal borularla metal kanalların mahfazaları, ilgili akım devresinin koruma iletkeni olarak kullanılabilirler. Ancak bu durumda Madde 9-e2.2/i ve 9-e2.2/ii'deki koşullar sağlanmak zorundadır. Elektriksel amaçlar için, diğer borular koruma iletkeni olarak kullanılamaz.

2.4) Yabancı iletken kısımlar, aşağıdaki dört koşulu aynı anda yerine getirdikleri takdirde, koruma iletkeni olarak kullanılabilirler:

i) Bunların sürekli elektrik bağlantılarının, mekanik, kimyasal veya elektro-kimyasal etkiler nedeniyle bozulmasının önlenmesi, ya konstrüktif olarak veya uygun bağlantı elemanlarının kullanılmasıyla güvenlik altına

alınmışsa,

- ii) İletkenlikleri en az Madde 9-e1'deki kesitlere uygun ise,
- iii) Yabancı iletken kısımların genişletilmesine karşı önlemler alınmış ise (zira yedek olarak köprülemeler öngörülmüş olabilir),
- iv) Bu kısımlar bu tip kullanımlar için öngörülmüş ise veya gerektiği takdirde uygun şekilde adapte edilebilecek ise.

Not: Metal su boruları, genel olarak bu koşulları sağlamazlar.

Gaz boruları koruma iletkeni olarak kullanılamazlar.

2.5) Yabancı iletken kısımlar PEN iletkeni olarak kullanılamazlar.

3) Koruma iletkenlerinin elektrik bağlantılarının sürekliliğinin sağlanması:

i) Koruma iletkenleri, özelliklerinin mekanik ve kimyasal kötüleşmelere ve elektrodinamik zorlanmalara karşı korunmak zorundadır.

ii) Koruma iletkeni bağlantıları, görülebilir ve deney amacıyla ulaşılabilir olmalıdır.

iii) Koruma iletkeni üzerine anahtarlama elemanı bağlanamaz. Bununla birlikte, deney amacıyla alet kullanılarak ayrılabilir bağlantı noktaları öngörülebilmektedir.

iv) Toprak sürekliliğinin elektriksel olarak izlenmesinin kullanıldığı yerlerde, buna ilişkin bobinler koruma iletkeni üzerine bağlanamaz.

v) Elektriksel işletme elemanlarının gövdeleri, Madde 9-e2.2'ye göre izin verilmesi durumunda dışında, başka elektrik işletme elemanlarının koruma iletkeni olarak kullanılamaz.

f) Topraklama iletkenlerinin ve koruma iletkenlerinin kullanılışı:

Not: TN, TT ve IT sistemlerinde (şebekelerinde) kullanılan koruma önlemleri için Madde 8'e bakınız.

1) Aşırı akım koruma düzenleri ile birlikte kullanılan koruma iletkenleri: Aşırı akım koruma düzenleri dolaylı dokunmaya karşı koruma olarak kullanılıyorsa, koruma iletkeni, ana ve nötr iletkenler gibi aynı güzergah üzerinde tesis edilmelidir veya koruma iletkeni bunların hemen yakınına döşenmelidir.

2) Hata gerilimi ile çalışan koruma düzenleri için topraklama iletkenleri ve koruma iletkenleri:

i) Yardımcı topraklayıcı, örneğin metal konstrüksiyon kısımlar, borular ve kablo kılıfları gibi bütün diğer topraklanmış metal kısımlardan ayrılmak zorundadır. Bu koşul, eğer yardımcı topraklayıcı diğer bütün topraklanmış metal kısımlardan, önceden belirlenmiş bir uzaklığa tesis edilmiş ise, yerine getirilmiş sayılır.

ii) Yardımcı topraklamaya giden topraklama iletkeni, koruma iletkeni ile veya buna bağlı kısımlarla veya bunlarla bağlı veya temas edebilecek diğer yabancı iletken kısımlarla temas etmesi önlenerek şekilde yalıtılmış olmalıdır.

Not: Bu koşul, gerilime duyarlı elemanın (açma düzeni) istem dışı olarak köprülenmesini önlemek için kaçınılmazdır.

iii) Koruma iletkeni sadece, beslemesi bir hata durumunda çalışmaya başlayan bir koruma düzeni ile kesilen işletme elemanlarının gövdelerine bağlanabilir.

g) İşletme topraklaması: İşletme topraklaması, işletme elemanlarının kusursuz işletilmesi güvenlik altına alınacak ve/veya tesislerin güvenilir ve doğru çalışmaları mümkün olacak şekilde yapılmış olmalıdır.

h) Koruma ve işletme amaçlı birleşik topraklama:

1) Genel: Topraklamanın aynı zamanda hem koruma hem de işletme amaçlı kullanılmasında, koruma önlemleri için yapılan tespitlerin önceliği vardır.

2) PEN iletkeni:

i) TN Sistemlerinde (şebekelerinde), sabit döşenmiş olmak kaydıyla ve en küçük iletken kesitinin bakır için 10 mm² veya alüminyum için 16 mm² olması

durumunda, hem koruma, hem de nötr iletkeni olan tek bir iletken kullanılabilir. İlgili tesis kısmı bir hata akımı koruma düzeni ile korunuyorsa buna izin verilmez.

Bununla birlikte eş eksenli kablo veya hatlar söz konusu ise PEN iletkeninin minimum kesiti 4 mm² olabilir. Bunun için ön koşul, eş eksenli iletkenler boyunca bulunan her bağlantı noktasında ve klemenslerde çift bağlantıların bulunmasıdır.

ii) PEN iletkeni, kaçak akımların önlenmesi amacıyla beklenen en yüksek gerilime uygun olarak yalıtılmalıdır.

Not 1: Anahtarlama ve kumanda dolaplarının içinde PEN iletkeninin yalıtılmasına gerek yoktur.

Not 2: TN-C sistemindeki, iletişim tekniği tesislerinde ortaya çıkması mümkün olan fonksiyon arızalarının önlenmesi için Ek-V'de V.2'ye bakınız.

iii) PEN iletkeninin nötr ve koruma iletkeni olarak ayrılmasından sonra bu iletkenler artık birbirleriyle birleştirilemez. Ayrılma noktalarında, koruma ve nötr iletkenleri için ayrı klemensler veya baralar öngörülmelidir. PEN iletkeni, koruma iletkeni için belirlenmiş baraya bağlanmak zorundadır.

Not: PEN iletkeninin ayrılma yerinde, teker teker sadece bir koruma iletkeni ve bir nötr iletkeni ayrılıyorsa, bu durumda bunun sadece uygun tek bir klemensle yapılmasına izin verilir. Uygun klemenslere ek olarak potansiyel dengeleme iletkeni de bağlanabilir. Ortak bir bara üzerindeki ayrı klemens yerleri de bunun için aynı şekilde uygundur.

j) Potansiyel dengeleme iletkeni:

1) Minimum kesitler:

i) Ana potansiyel dengelemesi için iletken kesiti: Ana potansiyel dengelemesi için kullanılan iletkenlerin kesitleri en az, tesisdeki en büyük kesitli koruma iletkeninin kesitinin yarısı kadar, ancak minimum 6 mm² olmalıdır. Potansiyel dengeleme iletkeni kesitinin, bakır olması durumunda 25 mm²'den, başka metallerden olması durumunda, akım taşıma kapasitesine karşı

düşen buna eşdeğer kesitten daha büyük olması gerekmez. Ana potansiyel dengeleme iletkenlerinin kesitleri için Çizelge-4b'ye bakınız.

ii) Tamamlayıcı potansiyel dengeleme için iletken kesiti: Tamamlayıcı potansiyel dengeleme için kullanılan ve iki gövdeyi bağlayan bir iletken (Ek-S), en az, gövdelere bağlı daha küçük koruma iletkeninin kesitine eşit kesite sahip olmalıdır.

Gövdeleri yabancı kısımlara bağlayan tamamlayıcı potansiyel dengeleme iletkeninin kesiti en az, buna karşı düşen koruma iletkeni kesitinin yarısına eşit kesite sahip olmalıdır. Tamamlayıcı potansiyel dengeleme iletkenlerinin kesitleri için Çizelge-4b'ye bakınız.

Herhangi bir çelişki halinde, Madde 9-e1/iii'deki koşullar yerine

getirilmelidir.

Ek bir potansiyel dengeleme, örneğin metal konstrüksiyonlar veya ek iletkenler ya da her ikisinin bir kombinasyonu gibi, yabancı sabit iletken kısımlar yardımıyla da gerçekleştirilebilir.

iii) Su sayaçlarının köprülenmesi: Bir binanın kullanım suyu hattı metal borulu ise ve bu borular topraklama sistemine bağlanmış ise, su sayacı ve flanşların köprülenmesi zorunludur. Köprüleme iletkeninin (potansiyel dengeleme iletkeninin) kesiti, bu iletkenin koruma iletkeni, potansiyel dengeleme iletkeni veya fonksiyon amaçlı topraklama iletkeni olarak kullanılması mümkün olacak şekilde boyutlandırılmalıdır.

Topraklama Tesislerinde Muayene, Ölçme ve Denetleme

Madde 10-a) Genel: Her topraklama tesisi, kullanıcı tarafından işletmeye alınmadan önce, montaj ve tesis aşamasında, gözle muayene edilmeli ve deneyden

geçirilmelidir. Gerek tesis etme aşamasında, gerekse işletme dönemindeki muayene, ölçme ve denetleme periyotları için Ek-P'ye bakınız.

İnsan hayatının korunması ve monte edilmiş işletme elemanlarının ve diğer eşyaların hasara uğramasını önlemek amacıyla, test sırasında koruma önlemleri alınmalıdır.

Mevcut bir tesisin genişletilmesi veya değiştirilmesi durumunda, bu genişletme ve değiştirme çalışmalarının mevcut tesisin güvenliğini bozup bozmayacağı kontrol edilmelidir.

Deneyler sırasında tesis koşullarının, örneğin izin verilen en küçük ve en büyük değerlerin sağlanamadığı tespit edilirse, hata araması ve eksikliklerin giderilmesi sırasında, hata veya hataların bulunup giderilmesine kadar denetlemelere devam edilmelidir.

Gözle muayene ve deneylerin tamamlanmasından sonra bir rapor hazırlanmalıdır.

b) Gözle muayene: Gözle muayene genel olarak tamamen enerjisiz duruma

getirilmiş tesiste, deney ve ölçme işlemlerinden önce yapılmalıdır.

1) Göz ile muayene, birbiri ile bağlanmış elektrik işletme elemanlarının aşağıdaki koşulları sağlayıp sağlamadıklarını kontrol etmek için yapılır:

i) İlgili işletme elemanlarının, standartlardaki güvenlik kurallarını sağlayıp sağlamadıkları kontrol edilir.

Not: Bu işlem, işletme elemanları üzerindeki etiketlerinin veya sertifikalarının kontrolü ile yapılabilir.

ii) İşletme elemanlarının, doğru seçilip seçilmedikleri, doğru tesis edilip edilmedikleri, imalatçı verileri dikkate alınarak kontrol edilir.

iii) Görünmeyen, fakat güvenliği etkileyen hasarların olup olmadığı tespit edilir.

2) Gözle muayene, ilgili konularda, en azından aşağıdaki hususları kapsamalıdır:

i) Tehlikeli gövde akımlarına karşı koruma önlemlerinin alınıp alınmadığının kontrolü.

ii) Topraklama tesisinde kullanılan kablo, iletken ve baraların, akım taşıma kapasitelerine uygun olarak seçilip seçilmediğinin kontrolü.

- iii) Koruma ve ihbar düzenlerinin ayarlarının yapılması ve kontrolü.
 - iv) İşletme elemanlarının dış etkiler göz önünde bulundurularak seçilip seçilmediğinin kontrolü.
 - v) Nötr ve koruma iletkenlerine ilişkin işaretlemelerin doğru olup olmadığının kontrolü.
 - vi) İletken bağlantılarının uygun şekilde yapılıp yapılmadığının kontrolü.
 - vii) Topraklama tesislerinde yapılacak işletme, bakım ve ölçme noktalarına kolay ulaşılabilirliğin kontrolü.
- c) Ölçme ve denetleme:
- 1) Genel: İlgili yerlerde aşağıda belirtilen ölçme ve denetlemeler yapılmalı, mümkünse aşağıda belirtilen sıraya dikkat edilmelidir:
 - i) Koruma iletkenlerinin, ana ve tamamlayıcı potansiyel dengeleme iletkenleri bağlantılarının sürekliliğinin ölçülüp denetlenmesi,
 - ii) Elektrik tesisinin yalıtım direncinin ölçülüp denetlenmesi,
 - iii) Toprak öz direncinin ölçülmesi,
 - iv) Topraklama direncinin ölçülmesi,
 - v) Beslemenin otomatik açma işlemiyle kesilip kesilmediğinin denetlenmesi.

Bir hatanın belirlenmesi durumunda, bu hatadan dolayı etkilenmiş olması mümkün olan ölçme ve denetlemeler, bu hata giderildikten sonra tekrarlanmalıdır.

Bu bölümde adı geçen deney yöntemleri referans yöntemlerdir.

Doğrulukları

daha az olmamak kaydıyla, başka yöntemler de kullanılabilir. Deneylerde kullanılan ölçme cihazlarının kalibrasyonları akredite edilmiş laboratuvarlarda yapılmış olmalıdır.

2) Koruma iletkenlerinin, ana ve tamamlayıcı potansiyel dengeleme iletkenleri bağlantılarının sürekliliğinin ölçülmesi ve denetlenmesi: Koruma iletkenlerinin, ana ve tamamlayıcı potansiyel dengeleme iletkenleri bağlantılarının sürekliliğini bir deneyle ölçmek ve denetlemek zorunludur. Bu deneyin, en az 0,2 A'lık akım verecek ve boşta çalışma gerilimi 4 V ile 24 V arasındaki d.a. veya a.a. olan bir besleme kaynağı ile yapılması tavsiye edilir (Şekil-8a'ya bakınız). Tavsiye edilen en büyük direnç değeri, koruma iletkenleri için $< 1 \Omega$, potansiyel dengeleme iletkenleri için $< 0,1 \Omega$ 'dur.

3) Elektrik tesisinin yalıtım direncinin ölçülmesi ve denetlenmesi: Yalıtım direnci, her bir aktif bölüm ile toprak arasında ölçülmelidir.

Not 1: Topraklanmış koruma iletkeni, toprak olarak kabul edilebilir. TN sistemlerinde (şebekelerinde) ölçme, aktif iletkenlerle, topraklanmış olarak kabul edilebilecek PEN iletkeni arasında yapılabilir.

Not 2: Ölçmenin karmaşıklığını önlemek için, yalıtım direncinin ölçülmesi sırasında ana ve nötr iletkenleri birbirleriyle bağlanabilir.

Ölçmeler doğru gerilimle yapılmalıdır. Bu şekilde iletkenler arasındaki ve iletkenlerle toprak arasındaki kapasitelerin olumsuz etkisi, ölçme tekniği açısından önlenmiş olur. Deney cihazı, 1 mA değerindeki bir ölçü akımında Çizelge-9'da belirtilen d.a. ölçme gerilimini verebilmelidir. Ölçme gerilimi, kuvvetli akım tesisinin anma geriliminden birkaç kat daha yüksek olmadığı takdirde, bunun büyüklüğünün yalıtım direnci ölçmesine etkisi çok azdır.

Yalıtım direnci ölçülürken nötr iletkeni topraktan ayrılmak zorundadır; ama PEN iletkeni ayrılmamalıdır.

Çizelge-9'da verilen ölçme doğru gerilimleriyle ölçülen yalıtım direnci,

tüketici bağlanmamış her akım devresi, Çizelge-9'da bu gerilime uygun olarak verilen değerden daha küçük değilse, yeterlidir.

Akım devresi üzerinde elektronik düzenler varsa, ölçme sırasında ana ve nötr iletkenleri birbirleriyle bağlanmak zorundadır. Bu ölçmenin, elektronik düzenlerin daha devreye bağlanmadığı tesis aşamasında yapılması tavsiye edilir.

Tüketicilerin bağlı olduğu durumda yapılan ölçmelerde, tüketicilerin de bir kaçak akıma neden olabilecekleri dikkate alınmalıdır. Bu kaçak akımların toplamı, bazı durumlarda ölçme sonuçlarının izin verilen yalıtım dirençlerinin altında çıkmasına neden olabilir.

Çizelge-9 Ölçme gerilimleri (d.a.) ve yalıtım direncinin en küçük değerleri

Devrenin anma gerilimi direnç (V)	Deney gerilimi (V)	Yalıtım direnç (M())
500 V dahil, SELV ve PELV durumunda gerilimler >= 0,25	250	
SELV ve PELV haricinde, 500 V'a kadar olan gerilimler (500 V dahil) >= 0,5	500	
500 V'un üstündeki gerilimler	1000	>= 1,0
Not: SELV Çok düşük güvenlik gerilimi		
PELV Çok düşük koruma gerilimi		

Tesisi kuran bu ölçme ile, yalıtımın teknik güvenliği hakkında bir fikir sahibi olur. Yalıtım direncinin izin verilenlerden küçük çıkmasının nedeni genellikle, iletkenlerin yalıtkan kılıflarının izin verilmeyecek şekilde yüksek mekanik zorlanmalara maruz kalmasından, örneğin bükme yarıçaplarının

ilgili standartlarda belirtilen değerlerin altında olmasından veya noktasal olarak uygun olmayan kroşelerle ve döşeme yöntemi nedeniyle yüksek basınç

uygulanmasından kaynaklanmaktadır. Normalde yalıtım direnci M() mertebesinde

olup istenen minimum değerlerin çok üzerindedir.

4) Toprak öz direncinin ölçülmesi: Topraklayıcıların dirençlerini hesaplamak ve ölçmek için, toprak öz direncinin bilinmesi gerekmektedir. Özgül

toprak dirençleri, bir fikir vermek amacıyla Ek-K'daki Çizelge-K.1'de verilmiştir. Toprak öz direncinin ölçme yöntemi Ek-N'de verilmiştir.

5) Topraklama direncinin ölçülmesi: Topraklama direnci, kompanzasyon veya akım-gerilim yöntemiyle ölçülebilir (Şekil- 8b'ye bakınız). Yoğun yerleşim bölgelerinde kapalı çevrim empedansının, iki topraklayıcı ile, akım-gerilim yöntemine göre ölçülmesi mümkündür. Bunun için aşağıdaki gibi hareket edilir.

Ölçülen topraklayıcı, koruma iletkeni veya PEN iletkeninden ayrılır. Bu topraklayıcı ve daha uzaktaki düşük dirençli topraklama tesisi arasındaki (örneğin bir TN sistemindeki PEN iletkeni) direnç ölçülür. Ölçülen değer, izin verilen en yüksek topraklama direncine eşit veya bundan küçük olmalıdır.

Ölçme

için, topraklayıcı ile ana topraklama barası arasındaki iletken, topraklama barasından ayrılarak ölçme cihazının bir ucuna, ana iletken de ölçme cihazının

diğer ucuna bağlanır ve topraklama direnci ölçülür.

Yatay doğrultuda geniş alan kaplayan topraklayıcılarda "gerilim konisi"nin şekli değişir. Büyüklük belirlemek üzere yapılan ölçmelerde, ölçülecek topraklayıcının, yardımcı topraklayıcının ve gerektiğinde ölçme sondasının gerilim konilerinin birbirleriyle kesişmemeleri hatta birbirlerine dokunmamaları gerektiğinden, topraklama direncinin ölçülmesinden önce daima,

topraklayıcının konumu ve şekli hakkında tamamen bilgi sahibi olunması gereklidir. Ölçülen topraklayıcı, yardımcı topraklayıcı veya ölçme sondası arasındaki bölge metal boru hatlarından, toprağa gömülü iletken topraklama tesislerinden ve katodik koruma tesislerinden arındırılmış olmalıdır. Eğer bu sağlanamıyorsa, yardımcı topraklayıcıya olan uzaklık bu metal kısımlardan başlar.

*** ŞEKİL VARDIR ***

Şekil-8a Koruma iletkenlerinin bağlantısının ölçülmesi Şekil-8b Topraklama direncinin ölçülmesi için örnek

Şekil-8b'de örnek olarak verilen ölçme yöntemi için; kontrol edilecek topraklama direnci, topraklanmamış bir ana iletken ile, aşırı akım koruma düzeninden sonra bağlanan ve 1000() ile 20() arasında ayarlanabilen bir direnç

ve ampermetre üzerinden bağlanır. Daha sonra, ön dirençten itibaren Ri iç direnci yaklaşık 40k() olan bir voltmetre ile, topraklayıcı ile en az 20 m uzaklıktaki ölçme elektrodu (sonda) arasındaki gerilim ölçülür. Topraklama direnci, ölçülen gerilimin akıma bölünmesiyle bulunur.

Sık yerleşim bölgelerinde topraklama direncinin ölçülmesi için gerekli sondaları referans toprağa yerleştirmek genelde mümkün değildir. Bunun yerine,

iki topraklayıcı üzerinden çevrim direncinin ölçmeye izin verilir.

(Ek-N de N.5'e bakınız). Ölçülen

değer, şart koşulan topraklama direncine eşit veya ondan daha küçük olmak zorundadır.

Kompanzasyon ölçme yöntemine göre iki veya dört iletkenli ölçme yöntemiyle

yapılan bu ölçmede (bunun için kullanılan ölçme cihazının kullanma kılavuzunda bulunan ölçme ve çalışma prensibi hakkındaki açıklamalara bakınız), akım-gerilim ölçme yöntemiyle elde edilenden daha değişik (yani çoğunlukla daha yüksek) değerler elde edilebilir. Bu nedenle iki topraklayıcı üzerinden yapılan ilk kontroller sadece son olarak belirtilen ölçme yöntemine göre yapılmalıdır.

Ölçme sonuçlarının değerlendirilmesi sırasında, ortam sıcaklığı ve toprak neminin topraklama dirençlerinin değerleri üzerindeki mevsimlere bağlı etkileri dikkate alınmalıdır.

6) Beslemenin otomatik açma işlemiyle kesilip kesilmediğinin denetlenmesi:

6.1) Alternatif gerilimler için TN, TT ve IT sistemlerindeki koruma önlemlerinin doğrulanması:

6.1.1) Bütün şebeke şekilleri için yapılacak kontroller: Madde 10-c3 ve ilgili olması durumunda veya istenmesi durumunda Madde 10-c6.1.2'den Madde 10-c6.1.5'e kadar, Madde 10-c2, Madde 10-c5, Madde 10-c6.2, Madde 10-c6.3'de belirtilen deneyler yapılmalıdır.

i) Gözle muayene: Koruma iletkeni ile yapılan koruma önlemlerinde gözle muayene ile aşağıdaki hususlar tespit edilmelidir:

- Koruma iletkeni, topraklama iletkeni ve potansiyel dengeleme iletkeninin kesitlerinin şart koşulan en küçük kesite uygun olup olmadığı,
- Koruma iletkeni, topraklama iletkeni ve potansiyel dengeleme iletkeninin doğru döşenmiş olup olmadığı, bağlantı noktalarının kendiliğinden gevşemeye

karşı güvenlik altına alınıp alınmadığı ve gerektiğinde korozyona karşı korunmuş olup olmadığı,

- Koruma iletkenleriyle ana iletkenlerin karıştırılıp karıştırılmayacağı,
- Koruma ve nötr iletkenlerinin karıştırılıp karıştırılmayacağı,
- Koruma ve nötr iletkenlerinin işaretlenmesi, bağlantı ve ayırma noktaları için şart koşulan hususların yerine getirilip getirilmediği,
- Prizlerdeki koruma kontaklarının işlevlerini yapıp yapamayacaklarının (eğilmemiş olduğunun, kirli ve boyanmış olmadığının) kontrolü,
- Koruma ve PEN iletkenlerinin üzerinde aşırı akım koruma düzeni olmadığının ve bu iletkenlerin kesilemeyeceğinin kontrolü,

- Aşırı akım, hata akımı koruması, yalıtım kontrol düzenleri ve parafudrlar gibi koruma düzenlerinin, ilgili yönetmeliklerde belirtilen kriterlere uygun olarak seçilip seçilmediğinin kontrolü.

ii) Denetleme: Madde 10-c'de belirtilen denetlemelerin yapılması gereklidir.

iii) Ölçme: Madde 10-c6.1.2'den Madde 10-c6.2'ye kadar olan maddelere bakınız

6.1.2) TN sisteminde yapılacak kontroller:

6.1.2.1) Gözle muayene: Madde 10-b ve Madde 10-c6.1.1'de belirtilen

hususlar göz önünde bulundurularak gözle muayene yapılır.

6.1.2.2) Denetleme: Madde 10-c'de belirtilen hususlar göz önünde bulundurularak denetleme yapılır.

6.1.2.3) Ölçme:

i) Bütün işletme topraklayıcıların toplam direncinin ölçülmesi için Madde 10-c6.1.5'e bakınız.

ii) Dolaylı dokunmaya karşı koruma için aşırı akım koruma düzenleri kullanılıyorsa; çevrim empedansının ölçülmesiyle veya, hesaplama ile ya da şebekenin, şebeke modeli üzerinde incelenmesiyle, her açma zamanı için gerekli olan açma akımının akıp akamayacağı tespit edilmelidir (Çizelge-10'a bakınız).

iii) Hata akımı koruma düzenleri kullanıldığında, Madde 10-c 6.1.2.3/ii'deki önlemlere gerek yoktur. Bununla birlikte Madde 10-c6.3 dikkate alınmalıdır.

6.1.3) TT sisteminde yapılacak kontroller:

6.1.3.1) Gözle muayene: Madde 10-b ve Madde 10-c61.1/i'de belirtilen hususlar gözönünde bulundurularak gözle muayene yapılır. Ek olarak, aynı anda

dokunulabilecek veya ortak bir koruma düzenine bağlı bütün cihaz gövdelerinin

ortak topraklayıcılarının olup olmadığı tespit edilmelidir. Dolaylı dokunmaya karşı koruma için aşırı akım koruma düzenleri kullanılıyorsa,

i) Şebekenin herhangi bir yerinde ilgili koruma düzeninin 0,2 s içinde açma yaptırap yaptırmadığı (Nötr iletkeni üzerinde de bir aşırı akım koruma düzeni bulunabilir. Açmanın kanıtlanması Madde 10-c6.1.3.3'de belirtilen ölçme ile yapılabilir.),

ii) Aşırı akım koruma düzeninin, nötr iletkeni hiçbir şekilde ana iletkenin önce açılmayacak, ana iletkenin sonra kapanmayacak şekilde yapılmış olup olmadığı, tespit edilmelidir.

Madde 10-c6.1.3.1'deki i) ve ii) koşulları yerine getirilemiyorsa, tamamlayıcı potansiyel dengelemesinin yapılmış olup olmadığı tespit edilmelidir.

6.1.3.2) Denetleme: Madde 10-c'de belirtilen hususlara uygun denetleme gereklidir.

6.1.3.3) Ölçme:

i) İşletme topraklayıcısının topraklama direncinin ölçülmesi için Madde 10-c6.1.5'e bakınız.

ii) Dolaylı dokunmaya karşı koruma için aşırı akım koruma düzenleri kullanılıyorsa, Madde 10-c5'e göre ölçülecek topraklama direncinin, Çizelge-11'de verilen ve her bir açma zamanı için gerekli olan açma akımını geçirebilecek kadar küçük olup olmadığı tespit edilmelidir.

iii) Hata akımı koruma düzeninin kullanılması durumunda Madde 10-c6.3'ye göre deney yapılmalıdır.

iv) Hata gerilimi koruma düzenleri kullanılıyorsa, yardımcı topraklayıcının topraklama direncinin 200 (Ω)'u, istisnai durumlarda 500 (Ω)'u

geçmediği kontrol edilmelidir.

Not: Hata gerilimi bobininin, örneğin yabancı iletken kısımlar veya yardımcı topraklayıcıya giden topraklama iletkeninin bozulmuş yalıtımı tarafından köprülenmemiş olmasına dikkat edilmelidir.

6.1.4) IT sisteminde yapılacak kontroller:

6.1.4.1) İlk hata durumunda koruma önlemlerinin etkisinin kontrolü:

IT sisteminde ilk hata durumunda koruma önlemlerinin etkili olup olmadığının kontrolü, ancak ölçme için yapay bir toprak teması meydana getirildikten sonra yapılabilir. Bu yapay toprak teması ile, sağlam iletkenlerin toprağa karşı yükselen geriliminden dolayı, işletme elemanlarının yalıtımlarında zorlanmalar baş gösterir. Ayrıca ölçme sırasında meydana gelebilecek ikinci bir hata ile tehlikeli durumlar ortaya çıkabilir. Bu nedenle, yapay bir topraklama yapmadan mümkün olabilecek ölçme yöntemlerine gereksinim vardır.

i) Gözle muayene: Madde 10-b ve Madde 10-c6.1.1/i'de belirtilen hususlar göz önünde bulundurularak gözle muayene yapılır.

Ek olarak;

- Tesisin hiçbir aktif kısmının doğrudan topraklanmamış olduğu ve,
- Cihaz gövdelerinin tek tek, gruplar durumunda veya tamamının bir

koruma

iletkeni ile bağlı olup olmadıkları, tespit edilmelidir.

ii) Denetleme: Madde 10-c'de belirtilen hususlara uygun denetleme gereklidir.

iii) Ölçme;

Ya;

- Madde 10-c5'deki tespitlere uygun olarak RA topraklama direnci ve bir ana iletkenin besleme kaynağında topraklanmasından sonra şebekeden toprağa geçen Id akımı ölçülmelidir. Tamamlama amacıyla Id, tasarım dokümanlarından tahmin edilebilir.

- RA.Id çarpımı izin verilen sürekli dokunma geriliminin sınırını (UL=50 V) sınırını aşmamalıdır.

Ya da;

- Bir ana iletkenin besleme kaynağında topraklanmasından sonra, topraklama direnci RA üzerindeki gerilim düşümü ölçülmelidir; bu gerilim düşümü sürekli dokunma gerilimi UL'den küçük veya ona eşit olmalıdır.

Not: Kural olarak, eğer topraklama direnci $RA \leq 15 (\Omega)$ ise, besleme transformatörünün gücü 3,15 MVA'ya kadar ve anma gerilimi 660 V'a kadar olan

veya besleme transformatörünün gücü 1,6 MVA ve anma gerilimi 660 V'un üstünde

1000 V'a kadar olan, gözlü olmayan şebekelerde, ilk hata durumunda koruma

önleminin etkili olup olmadığı ölçme yapmadan veya kaçak akım tahmin edilmeden

ya da dokunma gerilimi ölçülmeden de güvenlik altına alınabilir. Bu koşullar sağlanmadığı takdirde, ölçme yerine, kaçak akımlar tahmin edilebilir. Tahmin sırasında şebekenin anma gerilimi, kablo ve hatların yapım şekilleri, bütün şebekedeki iletken kesitleri ve uzunlukları göz önünde tutulur. Literatürde verilen değerler kullanılabilir. Burada anma geriliminin sınır değeri olarak verilen 660 V, IEC 60038'e göre 690 V'a yükselir.

Örneğin çok yüksek binalarda olduğu gibi, yerel IT sisteminin tesis edilmesi durumunda, yapay toprak teması, topraklanmış bir potansiyel dengeleme

iletkeni üzerinden de yapılabilir. IT sisteminin sınırlı olan genişliği nedeniyle izin verilen büyük topraklama direncinden dolayı $R_{A,Id} < U_L$ koşulunun kontrolünde, eğer IT sisteminin potansiyel dengelemesine bağlı olduğu noktadan itibaren topraklama tesisine olan bağlantısı yeterli derecede düşük dirençli ise, binanın topraklama tesisatına ilişkin topraklama direnci koşulunun sağlanması yeterli olur.

6.1.4.2) Çift hata durumunda koruma önleminin etkisinin kontrolü:

IT Şebekenin yapılışına uygun olarak Madde 10-c6.1.4.2.1 veya Madde 10-c6.1.4.2.2 ya da Madde 10-c6.1.4.2.3'e göre kontrol yapılır.

6.1.4.2.1) Yalıtım izleme düzeniyle tamamlayıcı potansiyel dengeleme:

i) Gözle muayene: Madde 10-b ve Madde 10-c6.1.1/i'de belirtilen hususlar göz önünde bulundurularak yapılacak bir gözle muayene gereklidir.

ii) Denetleme: Yalıtım izleme düzeni, deney düzeni üzerindeki test butonu ile veya şebekede simüle edilecek bir yalıtım hatasıyla (ana iletken ile koruma iletkeni arasına bağlanacak bir direnç ile) denetlenmelidir. Bu denetleme sırasında ana iletkenle koruma iletkeni arasına bağlanacak direnç, en az 2 k() olmak üzere, her halükarda yalıtım izleme düzeninde ayarlanmış değerden küçük olmalıdır. Genelde yalıtım izleme düzeninin çalışmaya başlayacağı değer olarak en az 100 (/m ayarlanır.

iii) Ölçme: Tamamlayıcı potansiyel dengelemesinin sürekliliğinin Madde 10-c2'ye göre ölçülmesi gereklidir.

6.1.4.2.2) TN sisteminin koşullarına göre açma:

i) Gözle muayene: Madde 10-b ve Madde 10-c6.1.1/i'de belirtilen hususlar göz önünde bulundurularak yapılacak bir gözle muayene gereklidir.

ii) Denetleme: Madde 10-c'ye uygun bir denetleme gereklidir.

iii) Ölçme: Madde 10-c6.1.2.3/ii veya Madde 10-c6.1.2.3/iii'e uygun bir ölçme yapılmalıdır.

Not: Bu ölçmenin değerlendirilmesinde Madde 8-a3 dikkate alınmalıdır.

Çevrim empedansının ölçülmesi yerine, koruma iletkeni direnci de ölçülebilir. Ana ve koruma iletkeninin yaklaşık aynı uzunlukta ve yaklaşık eşit özgül dirençli olması durumunda koruma iletkeninin direnci aşağıdaki koşulu sağlamalıdır:

$$R < 0.8 \cdot \frac{SA + U}{SA + SPE} + \dots$$

Burada;
Ia Otomatik açma işlemini gerçekleştiren akım (Madde-8'e bakınız),
SA Ana iletken kesiti,
U Nötr iletkenli şebekede Uo, Nötr iletkeni olmayan şebekede Un,
U0 Ana iletken ile nötr iletkeni arasındaki anma gerilimi,
Un Ana iletkenler arasındaki gerilim (fazlar arası gerilim),
0,8 Direnç ölçmesinde göz önüne alınmamış olan empedansları hesaba katan katsayıdır.

Alçak gerilim gL-sigortaları (Ia ve Zs'e ilişkin sayısal değerler güvenli tarafta kalacak şekilde yuvarlatılmıştır), hat koruma anahtarları, sabit ayarlanan kesiciler (örneğin 5 In, 10 In, 15 In'e ayarlanmış, kesme akımı ayarlanabilen kesiciler) için Ia değeri Çizelge-10'dan alınabilir.

6.1.4.2.3) TT sisteminin koşullarına göre açma: TT sistemlerinde alçak gerilim gL-sigortaları (Ia ve Zs'e ilişkin sayısal değerler güvenli tarafta kalacak şekilde yuvarlatılmıştır), hat koruma anahtarları, kesiciler (örneğin 5 In, 10 In, 15 In'e ayarlanmış, kesme akımı ayarlanabilen kesiciler) için 5 s ve 0,2 s'lik açma zamanlarına karşı düşen Ia açma akımları ve bu akımlar için izin verilen işletme elemanlarının gövdelerine ilişkin en büyük RA topraklama dirençleri Çizelge-11'de verilmiştir.

i) Gözle muayene: Madde 10-b ve Madde 10-c6.1.1/i'de belirtilen hususlar göz önünde bulundurularak yapılacak bir gözle muayene gereklidir. Ek olarak, aynı anda dokunulabilecek veya ortak bir koruma düzenine bağlı bütün cihaz gövdelerinin ortak bir topraklayıcılarının olup olmadığı tespit edilir.

ii) Denetleme: Madde 10-c'ye uygun bir denetleme gereklidir.

iii) Ölçme: Madde 10-c6.1.3.3/ii veya Madde 10-c6.1.3.3/iii ve Madde 10-c6.1.3.3/iv'ye uygun bir ölçme yapılmalıdır.

6.1.5) Bir ana iletkenin toprakla teması durumunda gerilim sınırlaması: Hava hatlarında, toplam topraklama direnci RB, Madde 10-c5'e göre ölçülmelidir. Toplam topraklama direnci RB olarak 2 ()'luk değer aşılsa, üzerlerinden bir toprak temasının meydana gelmesi mümkün olan yabancı iletken

kısımların topraklama dirençleri ölçülmelidir. Yabancı iletken kısımlar olarak, tüketici tesislerin dışında yerleşik bulunan ve TN sistemi içinde PEN iletkenine bağlı olmayan kısımlar dikkate alınır. Madde 8- a3.7'deki eşitsizlikte en düşük değer olarak RE değeri yerleştirilir.

Not: Toplam topraklama direnci RB'nin ölçülmesi, hava hattını işleten kuruluşun sorumluluk alanına girer.

Çizelge-10 TN sistemleri için, 5 s, 0,4 s ve 0,2 s'lik açma zamanlarına karşı düşen Ia açma akımları ve bu akımlar için izin verilen en büyük çevrim empedansları

+-----+-----
+-----+

|Uo2) = 230 V |Alçak gerilim gL, gG, gM-sigortaları |Hat koruma anahtarları
(1) (düzenleri) ve kesiciler(1)'in ani açma kontrolü|

|50 Hz | |için Ia ve Zs değerleri

In Ia=15 In s) (A) (I)	Ia (5 s) (<=0,2 s) (A)	Zs (5 s) (<=0,2 s) (I)	Ia (0,4 s) (A)	Zs (0,4 s) (I)	Ia=5 In (A)	Zs (<=0,2 s) (I)	Ia=10 In (A)	Zs (<=0,2 s) (A)
	2	9,5	24,2	17	13,529	10	23,000	20
11	30	7,3						
	4	19	12,1	32	7,187	20	11,500	40
5,5	60	3,7						
	6	28	8,2	50	4,6	30	7,666	60
3,65	90	2,4						
	10	48	4,791	80	2,875	50	4,600	100
2,2	150	1,5						
	16	70	3,285	120	1,916	80	2,875	160
1,4	240	0,9						
	20	86	2,674	150	1,533	100	2,300	200
1,1	300	0,7						
	25	115	2,0	210	1,095	125	1,840	250
0,9	375	0,6						
	32	150	1,533	250	0,920	160	1,437	320
0,7	480	0,5						
	35	173	1,3	367	0,6	175	1,3	350
0,65	525	0,4						
	40	200	1,150	300	0,766	200	1,150	400
0,55	600	0,37						
	50	250	0,920	460	0,500	250	0,920	500
0,45	750	0,29						
	63	330	0,696	610	0,377	315	0,730	630
0,35	945	0,23						
	80	430	0,534	800	0,287	--	--	--
--	--	--						
	100	580	0,396	1050	0,219	--	--	--
--	--	--						
	125	715	0,321	1300	0,176	--	--	--
--	--	--						
	160	950	0,242	1800	0,127	--	--	--
--	--	--						

|(1) Hat koruma anahtarları ve kesiciler için Ia değerleri, In'nin katı olarak ilgili standartlardan veya imalatçı |

|karakteristiklerinden alınır ve standartta belirtilen toleranslar gözönünde tutularak çevrim empedansı Z_s bulunur. |

|Örnek:

|Kesicilerde, + %20 sınır toleransla çevrim direncinin bulunması:

|a) Gecikmesiz açma için gerekli kısadevre akımı : 100 A

|b) + %20 olarak alınan sınır toleransla kısadevre akımı: 120 A

|c) $Z_s = (230 \text{ V}/120 \text{ A}) = 1,916 (\Omega)$

|Ani açma kontrolü için yeterli yaklaşıklıkla aşağıdakiler kullanılabilir:

|a) $I_a = 5 I_n$ B karakteristikli (eski L karakteristikli), ilgili standartlara uygun hat koruma anahtarları için |

|b) $I_a = 10 I_n$ C karakteristikli (eskiden G ve U karakteristikli, hat koruma anahtarları), ilgili standartlara uygun hat koruma |
| anahtarları için

| - Uygun ayarlanması durumunda ilgili standartlara (örn. DIN VDE 0660, Kısım 101 vb) kesiciler |

|c) $I_a = 15 I_n$ - İlgili standartlara (örn. DIN VDE 0660, Kısım 102 ve Kısım 104 vb) motor yolvericileri, |

| - Uygun ayarlanması durumunda ilgili standartlara (örn. DIN VDE 0660, Kısım 101 vb) kesiciler |

|2) U_o Topraklanmış iletkenlere göre anma gerilimi

+-----+
-----+

6.2) Çevrim empedansının kontrolü:

i) Dolaylı dokunmada koruma için ana iletken ile koruma iletkeni arasındaki ve ana iletken ile PEN iletkeni arasındaki çevrim empedansı tespit edilmelidir.

Bu değer; ölçme cihazları ile yapılacak ölçmeyle, hesaplama veya şebekenin, şebeke modeli üzerinde modellenmesiyle elde edilir. Öndeki dağıtım şebekesinin empedansları, bu şebekenin işletmecisinden öğrenilebilir.

Not: Ölçme sırasında şebekede gerilim sınımları ortaya çıkabileceğinden, çok sayıda ölçme yapılmalı ve bu değerlerden bir ortalama değer elde edilmelidir.

Ölçme değerleri değerlendirilirken, çevrim empedansının ölçülmesi sırasında ortaya çıkan hataların sadece ölçme cihazından kaynaklanmadığı, ölçme sırasında ortaya çıkabilecek gerilim sınımlarının ve ölçme çevrimi içindeki güçlü reaktif akım tüketicilerinin de ölçme sonucunu oldukça yanıltabileceği göz önünde tutulmalıdır.

Bu ölçme hataları Çizelge-10'da dikkate alınmamıştır. Genelde çevrim empedansı ölçmeleri oda sıcaklıklarında veya mevsimlere bağlı ortam sıcaklıklarında, örneğin 20°C'de yapılır. Bundan dolayı, Çizelge-10'da verilen

değerlerle bir karşılaştırma yapabilmek için ölçme sonucunun uygun bir düzeltme faktörüyle 80°C'ye dönüştürülmesi gerekir. Örneğin 20°C'de yapılan ölçmeler için düzeltme faktörü 1,24'dür. Diğer ortam sıcaklıkları 9x için düzeltme faktörü şöyle hesaplanabilir:

* Formül Var *

* Formül Var *

Ölçme değerleri sınır bölgesinde ise, tesisin işletme durumuna göre daha yüksek bir sıcaklığın olabileceği, dolayısıyla daha geç bir açmanın yapılabileceği göz önünde tutulmalıdır.

Ayrıca ölçme değerlerinin değerlendirilmesi sırasında, Çizelge-10'da belirtilen, izin verilen maksimum çevrim empedanslarının gL işletme sınıfı karakteristiğine sahip sigortaların zaman/akım karakteristiklerinin üst zarf eğrisi baz alınarak belirlendiğinin bilinmesinde yarar olabilir.

Çevrim empedansı ölçmesi, bir akım devresinin en uzak yerinde yapılmalıdır. Bunun dışında bu akım devresi için, koruma iletkeni bağlantısının sürekliliğinin kanıtlanması yeterlidir. İç tesisatların son akım devrelerinde kural olarak çevrim empedansının endüktif kısmı ihmal edilebilir.

ii) Kısa devrede koruma:

Kısa devrede korumanın kontrolü için;

- Aşırı akım koruma düzenlerinin doğru seçilip seçilmediklerinin ve/veya doğru ayarlanıp ayarlanmadıklarının,

Sayfa: 166 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

- Bütün elektrik işletme elemanlarının, bağlı buldukları yerde ortaya çıkabilecek en büyük kısa devre akımı kesilinceye kadar bu akıma dayanıp dayanmayacaklarının ve eğer bunun için öngörülmüşlerse, bu kısa devre akımını

kesip kesemeyeceklerinin gözle muayene edilmesi yeterlidir.

Çizelge-11) TT sistemleri için 5 s ve 0,2 s'lik açma zamanlarına karşı düşen la açma akımları ve bu akımlar için izin verilen işletme elemanlarının gövdelerine ilişkin en büyük topraklama dirençleri RA

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+									
Alçak gerilim gL-sigortaları (düzenleri) ve kesiciler(1)'in ani açma kontrolü					Hat koruma anahtarları(1)				
için Ia ve Zs değerleri									
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+									
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+									
In	Ia	RA	RA	Ia=5 In	RA	RA	Ia=10 In	RA	RA
RA	Ia=15 In	RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA
		UL=50V	UL=25V		UL=50V	UL=25V			
UL=50V	UL=25V		UL=50V	UL=25V					

	İçin	İçin	İçin	İçin	İçin	İçin	İçin	İçin	İçin
(A)	(A)	(I)	(I)	(A)	(I)	(I)	(A)	(I)	(I)
2,5	2	9,5	5,26	2,63	10	5,0	2,5	20	
1,25	1,25	30	1,7	0,83					
1,25	4	19	2,63	1,32	20	2,5	1,25	40	
0,83	0,63	60	0,83	0,41					
0,83	6	28	1,8	0,893	30	1,7	0,83	60	
0,50	0,41	90	0,56	0,28					
0,50	10	48	1,04	0,521	50	1,0	0,50	100	
0,31	0,25	150	0,33	0,16					
0,31	16	70	0,714	0,357	80	0,63	0,32	160	
0,25	0,16	240	0,21	0,10					
0,25	20	86	0,581	0,291	100	0,50	0,25	200	
0,20	0,13	300	0,17	--					
0,20	25	115	0,435	0,217	125	0,40	0,20	250	
0,16	0,10	375	0,13	--					
0,16	32	150	0,333	0,167	160	0,31	0,16	320	
0,14	--	480	0,10	--					
0,14	35	173	0,289	0,145	175	0,29	0,14	350	
	--	525	0,09	--					

(1) Hat koruma anahtarları ve kesiciler için la değerleri, In'nin katı olarak ilgili standartlardan veya imalatçı karakteristiklerinden alınır ve standartlarda belirtilen toleranslar gözönünde tutularak işletme elemanlarının gövdesine ait topraklama direnci RA bulunur.

Örnek:

Kesicilerde, + %20 sınır toleransla ve $UL=50$ V için işletme elemanlarının gövdesine ait topraklama direnci RA'nın bulunması:

a) Gecikmesiz açma için gerekli kısadevre akımı : 100 A

b) + %20 olarak alınan sınır toleransla kısadevre akımı: 120 A

c) $RA = (50 \text{ V}/120 \text{ A}) = 0,417$ ()

Ani açmanın kontrolü için yeterli yaklaşıklıkla a.a. 50 Hz için aşağıdakiler kullanılabilir:

a) $I_a = 5 I_n$ B karakteristikli (eskiden L karakteristikli), ilgili standartlara uygun hat koruma anahtarları için

b) $I_a = 10 I_n$ C karakteristikli (eskiden G ve U karakteristikli, koruma anahtarları), ilgili standartlara uygun hat koruma

| anahtarları için
|
| - Uygun ayarlanması durumunda ilgili standartlara (örn. DIN VDE 0660, Kısım 101 vb) kesiciler
|c) $I_a = 15 I_n$ - İlgili standartlara (örn. DIN VDE 0660, Kısım 102 ve Kısım 104 vb) motor yolvericileri,
| - Uygun ayarlanması durumunda ilgili standartlara (örn. DIN VDE 0660, Kısım 101 vb) kesiciler
+-----+
+-----+

6.3) Hata akımı koruma düzenlerinin kullanılması durumunda yapılacak muayeneler:

i) Hata akımı koruma düzeninin arkasında meydana getirilen bir hata akımıyla;

- Hata akımı koruma düzeninin, en azından kendi anma akımına ulaşıldığında açtığı ve

- Tesis için kararlaştırılmış bulunan, izin verilen sürekli dokunma gerilimi UL'nin aşılmadığı, ispatlanmalıdır.

+++

DIN VDE 0664 Kısım 1'e uygun olan |s| işaretli hata akımı koruma düzenleri

+++

için Çizelge-12'deki dipnot geçerlidir.

Tespit, artan bir hata akımıyla, yapılır ve hata akımı koruma düzeninin açma akımı ile bu açma akımında ortaya çıkan dokunma gerilimi ölçülür. Bu değerlerle anma hata akımındaki dokunma gerilimi veya koruma iletkenini, ana iletkeni ve klemensleri de kapsayan topraklama direnci hesaplanabilir. Ancak sonuçların, Çizelge-11 veya Çizelge-12'de belirtilen izin verilen maksimum değerleri aşmaması gerekir.

Çizelge-12 Hata akımı koruma düzenlerinin anma hata akımı I_{Dn} ve işletme elemanlarının gövdelerinde ölçülen izin verilen en büyük topraklama direnci R_A

Topraklama direnci	Anma hata akımı I_{Dn}	I_{Dn} [mA]	10
30 100 300 500			
İşletme elemanlarının gövdelerinde ölçülen izin verilen en büyük topraklama direnci		R_A	UL=50 V için
() 5000 1666 500 166 100			

83 50		UL=25 V için ()	2500	833 250
+-----+-----+-----+-----+-----				
+--+				
s İşaretli(1) seçici hata akımı koruma düzenlerinin				
+--+		UL=50 V için ()	--	-- 250
83 50				
arkasındaki işletme elemanlarının gövdelerinde RA +-----+-----				
+-----+-----+-----+-----+-----				
ölçülen izin verilen en büyük topraklama direnci UL=25 V için				
() -- -- 125 41 25				
+-----+-----+-----+-----+-----				
+-----+-----+-----+-----+-----				
(1) Bu tip hata akımı koruma düzenlerinin üzerinde izin verilen en büyük				
direnç değerleri belirtilmiştir.				
Bu değerler $RA = (UL/2IDn)$ bağıntısıyla belirlenir.				
+-----+-----+-----+-----+-----				
--+				

ii) Hata akımı koruma düzeninin arkasındaki bir yerde koruma önleminin etkisi kanıtlandığı takdirde, bundan sonra, bu hata akımı koruma düzeni tarafından korunan bütün tesis kısımlarının, koruma iletkeni vasıtasıyla bu ölçme noktasına güvenli şekilde bağlandığının kanıtlanması yeterlidir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

YG ve AG Sistemlerinde Topraklama Tesislerinin Birleştirilmesi ve AG Tesislerinin, YG Sistemleri ile Toprak

Arasında Meydana Gelen Arızalara Karşı Korunması

YG ve AG Sistemlerinde Topraklama Tesislerinin Birleştirilmesi

Madde 11-a) Birleştirilmiş topraklama tesisleri için kurallar: Bir yüksek gerilim tesisinde, toprak hatası esnasında;

- Alçak gerilim şebekesinde veya tesis edilen tüketim tesislerinde tehlikeli dokunma gerilimleri ortaya çıkmaz ise (Şekil-6'ya bakınız) (ortak topraklama tesisinin topraklama gerilimi Çizelge-13'deki değerleri aşmıyorsa) ve,

- Tüketim tesislerindeki alçak gerilim cihazlarının gerilim zorlanmasının (işletme frekansında) büyüklüğü, alçak gerilim yıldız noktasındaki bir potansiyel yükselmesinin sonucu olarak Çizelge-13'de izin verilen değerleri aşmaz ise, alçak gerilim şebekelerinin nötr ve PEN iletkeni, yüksek gerilim şebekesinin topraklama tesisleri ile bağlanabilir.

b) Yüksek gerilim topraklama tesisleri alanı içindeki, alçak gerilimli tesislerin beslenmesi durumunda: Bir yüksek gerilim tesisi, alçak gerilim tüketicilerini besliyorsa; YG topraklama tesisleri içindeki tüm işletme ve koruma topraklamaları ortak bir topraklama sistemine bağlanmalıdır. Böylece Madde 11-a'daki tüm koşullar alçak gerilim tüketicileri için geçerlidir.

c) Yüksek gerilim topraklama tesislerinin alanı dışındaki alçak gerilimli

tesislerin beslenmesi durumunda:

- Söz konusu yüksek gerilim topraklama tesisi global topraklama sistemine bağlanmış ise,

- Veya alçak gerilim şebekesinde koruma iletkeni ve hata süresi Çizelge-13'deki koşullara bağlı olarak yerine getirilmişse, Madde 11-a'daki koşullar yerine getirilmiş sayılır.

Bu koşullar yerine getirildiğinde ortak topraklama tesisinin yapılması önerilir.

Çizelge-13 Bir yüksek gerilim topraklama tesisinin dışındaki alçak gerilim tesislerinin beslenmesi durumunda ortak topraklama tesisinin yapılabilmesi için koşullar

Alçak gerilim Sistem (Şebekesinin) tipi(1)	Hata süresi	Ortak topraklama sistemi için koşullar(2),
		Dokunma gerilimi açısından
		Zorlanma gerilimi
TT(4)	$t_F \leq 5 \text{ s}$	Uygulanmaz $U_E \leq 1200 \text{ V}$
	$t_F > 5 \text{ s}$	$U_E \leq 250 \text{ V}$
TN(5)	$U_E \leq U_{Tp}(6)$	Uygulanmaz
	$U_E \leq X \cdot U_{Tp}(7)$	

[X katsayısı için uygun değer 2 dir, özel durumlarda deneyimler, X değerinin 5'e kadar alınabildiğini göstermektedir.]

|(1) AG koruma iletkeni YG topraklama tesisine bağlı IT sistemleri, çoğunlukla sanayi tesislerinde kullanıldığından |

|Madde 11-b'de dikkate alınmıştır. Diğer IT sistemleri göz önünde bulundurulmamıştır. |

|(2) Ortak topraklama tesisinin topraklama gerilimi U_E dir. U_E , Ek-N'de belirtildiği gibi hesaplanabilir. |

|(3) Transformatör merkezi potansiyelinin sürüklenmiş potansiyel tarafından etkilendiği (örneğin komşu tesislere |

|bağlanmış kablo zırhları vasıtasıyla) dikkate alınmalıdır. |

| (4) AG malzemelerinin yalıtkanlık dayanımı dikkate alınmalıdır.

| (5) İnsanların güvenliği için dokunma gerilimi dikkate alınmalıdır.

| (6) AG şebekesinin PEN iletkeni ile YG topraklama tesisi arasındaki bağlantı sadece transformatör merkezinde | yapılmıştır.

| (7) PEN iletkeninde ortaya çıkabilecek gerilimleri sınırlamak için, AG şebekesinin PEN iletkeni, birçok noktada | toprak ile bağlanmıştır.

+-----+
-----+

d) Ayrılmış topraklama tesisleri: Madde 11-c'deki koşullar yerine getirilmezse AG ve YG topraklama tesisleri mutlaka ayrılmalıdır. Bu tesislere ilişkin topraklayıcıların ayrılması; AG tesisinde, insanlar veya işletme araçları için tehlike oluşmayacak şekilde yapılmalıdır. YG tarafında, toprak hatasından dolayı oluşan potansiyel yükselmesi, alçak gerilim topraklama tesisinde Çizelge-13'de verilen değerlerden küçük olmalıdır. 50 kV'un altındaki işletme gerilimli tesislerde AG ve YG topraklama tesislerine ilişkin topraklayıcıların arasında en az 20 m mesafe olmalıdır. Gerekli olan mesafe (dKabul) formüller ile hesaplanabilir. Bu arada topraklayıcının geometrik şekli dikkate alınmalıdır (Ek-M'deki örneklere bakınız).

$d \leq d_{\text{Kabul}}$ olan yüksek gerilim tesislerinin civarındaki alanlarda, AG şebekelerinin toprakla bağlanmasına kesinlikle izin verilmez. Bu durumda özel önlemler alınmalıdır.

Ayrılmış topraklama tesisleri, yıldırıma karşı koruma sağlamak için, transformatör merkezinde bir parafudr üzerinden birbirleriyle bağlanabilir.

Not: Parafudrun atlama gerilimi (hava aralıklı parafudrda) veya sürekli işletme gerilimi (metaloksit parafudrda) YG tesisinin topraklama geriliminden fazla olmalıdır.

YG transformatör merkezinin içinde bulunan AG işletme araçlarının gövdeleri, dolaylı dokunmaya karşı koruma için, koruma iletkeni vasıtasıyla YG topraklama tesisine bağlanmalıdır.

YG ve AG topraklama tesisleri ayrılmış ise; YG transformatör merkezi içindeki AG işletme araçlarının yalıtkanlık boyutlandırılmasında, topraklama geriliminin büyüklüğü ve süresi göz önünde bulundurulmalıdır.

Alçak Gerilim Tesislerinin, Yüksek Gerilim Sistemleri ile Toprak Arasında Meydana Gelen Arızalara Karşı Korunması için Alınması Gereken Önlemler

Madde 12- Bu maddede alçak gerilim tesisini besleyen bir transformatör merkezinde yüksek gerilim sistemi ile toprak arasındaki bir arıza durumunda, alçak gerilim tesisinde bulunan elektrik işletme elemanlarının ve kişilerin güvenliğine dair kurallar yer almaktadır.

Transformatör merkezinin açığındaki iletken bölümlerinin, transformatör merkezinin topraklama tesisine bağlanması için kurallar Madde 11'de yer almaktadır.

Bu maddede yer alan kurallar genel elektrik besleme sisteminin (şebekesinin) bir bölümü olan alçak gerilimli sistemlere uygulanmaz.

a) Güç frekanslı zorlanma gerilimi: Yüksek gerilim sisteminde bir toprak hatasından dolayı, alçak gerilim tesisindeki elektrik işletme elemanlarındaki güç frekanslı zorlanma geriliminin büyüklüğü ve süresi Çizelge-14'deki değerleri aşmamalıdır.

Çizelge-14 Alçak gerilim tesisinde bulunan elektrik işletme araçlarının üzerinde izin verilen güç frekanslı zorlanma gerilimi

+-----+-----+	
Alçak gerilim tesisinde bulunan elektrik işletme araçlarının Ayırma (açma) süresi	
üzerinde izin verilen güç frekanslı zorlanma gerilimi (Vetkin) (s)	
+-----+-----+	
U ₀ + 250	> 5
U ₀ + 1200	≤ 5
+-----+-----+	

Burada U₀ AG sisteminin faz-nötr gerilimidir. IT sistemlerinde U₀ için, faz arası gerilim değeri alınır.

Not 1: Güç frekanslı zorlanma gerilimi AG işletme elemanlarının yalıtımı üzerinde ve AG sistemine bağlı aşırı gerilim koruma düzenleri üzerinde meydana çıkan gerilimdir.

Not 2: Transformatör merkezine ilişkin AG elektrik işletme elemanları için güç frekanslı zorlanma gerilimi ile ilgili kurallar Madde 12-c'de verilmiştir.

Not 3: Çizelge-14'ün ilk satırı örnek olarak yıldız noktası yalıtılmış veya kompanze edilmiş YG sistemleri gibi uzun ayırma süreleri bulunan YG sistemleri ile ilgilidir. İkinci satır, küçük değerli bir empedans üzerinden topraklanmış YG sistemleri gibi kısa ayırma süreleri bulunan YG sistemleri ile ilgilidir. Her iki satır geçici güç frekanslı aşırı gerilime göre, AG işletme elemanlarının yalıtımı için ilgili tasarım kriterleridir.

Not 4: Yıldız noktası transformatör merkezinin topraklama tesisine bağlı bir sistemde bu gibi geçici güç frekanslı aşırı gerilimler işletme elemanları bir binanın dışında iken, topraklanmış bir mahfaza içinde olmayan yalıtım üzerinde de beklenir.

b) Bu maddede yer alan sembollerin anlamları aşağıda verilmiştir:

IE YG sistemi içinde, transformatör merkezinin topraklama düzenlemesi içinden geçen toprak kaçak akım bölümü,

RE Transformatör merkezi topraklama direnci,

RA AG işletme elemanlarının açıktaki iletken bölümlerinin topraklama direnci,

RB Transformatör merkezi topraklama tesisi ile AG sisteminin yıldız noktasının elektriksel olarak bağımsız olduğu AG sistemi için AG sisteminin nötrünün topraklama direnci,

U₀ AG sisteminin faz-nötr gerilimi,

UF AG sisteminde, hata süresinde açıktaki iletken bölümle toprak arasında oluşan gerilim,

U1 Transformatör merkezine ilişkin AG işletme elemanlarındaki güç

frekanslı zorlanma gerilimi,

U2 AG tesisine ilişkin AG işletme elemanlarındaki güç frekanslı zorlanma gerilimi,

Not: RE ve RB ana potansiyel dengeleme hattı (eşpotansiyel kuşaklama) ve topraklayıcıların toprağa göre empedansından etkilenebilir.

AG tesisine ilişkin işletme elemanlarının açıktaki iletken bölümleri, transformatör merkezinin topraklama tesisinden elektriksel olarak bağımsız bir

topraklama düzenine bağlandığında, IT sistemleri ile ilgili olarak aşağıdaki ek semboller kullanılır.

Ih AG sistemine ilişkin işletme elemanlarının açıktaki iletken bölümlerinden, YG'de hata olduğu ve AG tesisinde ilk arıza olduğu sürede geçen arıza akımı (Şekil-9d),

Id AG sistemindeki ilk arıza süresinde, AG tesisinin açıktaki iletken bölümlerinin topraklama düzenlemesinden geçen arıza akımı (Şekil-9e ve Şekil-9f),

Z Transformatör merkezinin topraklama tesisi ile AG sisteminin nötrü elektriksel olarak bağımsız olduğunda, AG sistemi için AG nötrüne ilişkin topraklama empedansı.

Not: Bir topraklama tesisinde topraklama gerilimi (toprağa göre potansiyel artışı), diğer topraklama tesisinde toprağa göre kabul edilemeyecek bir topraklama gerilimi meydana getirmiyorsa, bir topraklama tesisinin diğer topraklama tesisinden elektriksel olarak bağımsız olduğu kabul edilir. Elektriksel olarak bağımsız topraklama tesislerine ilişkin kurallar İkinci ve Üçüncü Bölüm'de verilmiştir.

c) Transformatör merkezlerinin topraklama tesisleri: İkinci Bölüm'e, Üçüncü Bölüm'e ve Madde 11'e bakınız.

d) AG sistemlerindeki topraklama düzenlemeleri:

1) TN sistemleri

i) Uf, (RE x IE) geriliminin, Şekil-6'da verilen sürede ayrılması durumunda, alçak gerilim sisteminin nötr iletkeni transformatör merkezinin topraklama düzenine bağlanabilir (Şekil-9a TN-a).

Not 1: Bu koşul, alçak gerilim sistemi nötr iletkeninin (TN C sistemlerinde PEN iletkeninin) sadece transformatör merkezinin topraklama düzenlemesinde topraklandığı basit ve en elverişsiz durumu esas alır. Nötr iletkeni veya PEN iletkeninin birkaç noktadan topraklandığında veya topraklama

global topraklama sisteminin bir bölümü içinde ise, Madde 11'deki kurallar uygulanabilir.

Not 2: Genel olarak, TN-a sistemi için (Şekil-9a ya bakınız), bina içinde ana eşpotansiyel kuşaklama uygulandığında, hiçbir dokunma gerilimi ortaya çıkmaz.

ii) Alçak gerilim sisteminin nötr iletkeni, Madde 12-d1/i koşuluna uygun biçimde transformatör merkezinin topraklama düzenine bağlı değilse, alçak gerilim sisteminin nötr iletkeni, elektriksel olarak bağımsız bir topraklama düzenlemesi yardımı ile topraklanmalıdır (Şekil-9a'da TN-b). Bu durumda Madde 12-e1 uygulanır.

Not: Transformatör merkezi bir binanın içinde ise, transformatör merkezine, alçak gerilim sistemi nötr iletkeninin topraklama düzeninden elektriksel olarak bağımsız bir topraklama düzeni yapılması mümkün olmayabilir.

2) TT sistemleri

i) Zorlanma gerilimi U_2 , $(RE \times IE + U_0)$ ve Çizelge-14'de verilen ayırma süresi arasındaki bağıntı, tesisin alçak gerilim işletme elemanları için olanlarla uyumlu ise, alçak gerilim sisteminin nötr iletkeni, transformatör merkezinin topraklama düzenlemesine bağlanabilir (Şekil-9b'de TT-a).

Not: Transformatör merkezi, global topraklama sisteminin bir bölümü ise, Madde 11'deki kurallar uygulanabilir.

ii) Madde 12-d2/i'deki koşul sağlanamıyorsa, alçak gerilim sisteminin nötr iletkeni, elektriksel olarak bağımsız bir topraklama düzenlemesi yardımı ile topraklanmalıdır (Şekil-9b'de TT-b). Bu durumda Madde 12-e1 uygulanır.

3) IT sistemleri:

i) U_f , $(RE \times IE)$ geriliminin Şekil-6'da verilen sürede ayrılması durumunda, alçak gerilim tesisine ilişkin işletme elemanlarının açıktaki iletken bölümleri, sadece transformatör merkezine ilişkin topraklama düzenlemesine bağlanabilir (Şekil-9c ve Şekil-9g).

Bu koşul tam olarak sağlanamaz ise;

- Alçak gerilim tesisine ilişkin işletme elemanlarının açıktaki iletken bölümleri, transformatör merkezinin topraklama düzenlemesinden elektriksel olarak bağımsız bir topraklama düzenlemesine bağlanmalıdır (Şekil-9d ve Şekil-9f) ve

- IT-b sistemi (Şekil-9d) için alçak gerilim tesisine ilişkin işletme elemanlarının açıktaki iletken bölümlerinin düzenlemesinin toprağa geçiş direnci, U_f geriliminin (bu durumda $RA \times I_h$) Şekil-6'daki eğri ile uyumlu olacak bir sürede ayrılmasına yetecek kadar düşük olmalıdır.

ii) Zorlanma gerilimi * Formül Vardır * ve Çizelge-14'de verilen ayırma süresi arasındaki bağıntı, AG tesisine ilişkin işletme elemanları için olanlarla uyumlu ise, alçak gerilim tesisine ilişkin işletme elemanlarının açıktaki iletken bölümleri, transformatör merkezine ilişkin topraklama düzenlemesinden (Şekil-9d) elektriksel olarak bağımsız bir topraklama düzeni üzerinden topraklandığında, varsa alçak gerilim sisteminin nötr empedansı, transformatör merkezinin topraklama düzenlemesine bağlanabilir.

Bu koşul tam olarak sağlanamaz ise, nötr empedansı, elektriksel olarak bağımsız bir topraklama düzenlemesi üzerinden topraklanmalıdır (Şekil-9e ve Şekil-9f). Bu durumda Madde 12-e2 uygulanır.

e) Transformatör merkezlerindeki alçak gerilim işletme elemanlarında güç frekanslı zorlanma gerilimi:

1) TN ve TT sistemleri: TN ve TT sistemlerinde nötr iletkeni, transformatör merkezinin topraklama düzenlemesinden elektriksel olarak bağımsız bir topraklama düzenlemesi yardımı ile topraklanıyorsa (Şekil-9a'da TN-b ve Şekil-9b'de TT-b), transformatör merkezine ilişkin AG işletme elemanlarının yalıtım düzeyi, güç frekanslı zorlanma gerilimi $(RE \times IE + U_0)$ ile uygun olmalıdır.

2) IT sistemleri: IT sistemlerinde, tüketici tesisatının açıktaki iletken bölümleri ve varsa nötr empedansı, transformatör merkezinin topraklama

düzenlemesinden elektriksel olarak bağımsız bir topraklama düzenlemesi yardımı

ile topraklandığında (Şekil- 9e ve Şekil-9f), transformatör merkezine ilişkin AG işletme elemanlarının yalıtım düzeyi, güç frekanslı zorlanma gerilimi * Formül vardır * ile uyumlu olmalıdır.

Not: Elektrik tedarik eden kuruluş, beklenen zorlanma gerilimlerine göre genel bir kılavuz verebilir.

3) TN ve TT sisteminde nötr iletkeninin kopması durumunda zorlanma gerilimi: Üç fazlı TN veya TT sisteminde nötr iletkeni koptuğunda, faz-nötr gerilimine göre boyutlandırılan bileşenler ile birlikte temel, çift ve takviyeli yalıtımın da geçici olarak faz arası gerilimle zorlanabileceği gerçeği dikkate alınmalıdır. Zorlanma gerilimi * Formül Vardır * kadar yükselebilir.

4) IT sisteminin yanlışlıkla topraklanması durumunda zorlanma gerilimi: Bir IT sisteminde bir faz iletkeni yanlışlıkla topraklandığında, faz-nötr gerilimine göre boyutlandırılan bileşenler ile birlikte temel, çift ve takviyeli yalıtımın da geçici olarak faz arası gerilimle zorlanabileceği incelenmelidir. Zorlanma gerilimi * Formül Vardır * kadar yükselebilir.

5) Bir faz iletkeni ile nötr iletkeni arasında kısa devre durumunda zorlanma gerilimi: Bir faz iletkeni ile nötr iletkeni arasında kısa devre olması durumunda zorlanma geriliminin 5 saniyeye kadar bir süre için $1,45 U_0$ değerine yükselebileceği dikkate alınmalıdır.

* ŞEKİL VARDIR *

Sayfa: 170

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-9a TN sistemleri

* ŞEKİL VARDIR *

Sayfa: 171

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-9b TT sistemleri

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-9c IT sistemleri, örnek a

Sayfa: 172

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-9d IT sistemleri, örnek b

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-9e IT sistemleri, örnek c

Not: Nötrü büyük değerli bir Z empedansı üzerinden topraklanmış AG sistemlerinde aynı koşullar uygulanır.

Sayfa: 173

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-9f IT sistemleri, Örnek d

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-9g IT sistemleri, Örnek e

Not: Nötrü büyük değerli bir Z empedansı üzerinden topraklanmış AG sistemlerinde aynı koşullar uygulanır.

Sayfa: 174

BEŞİNCİ BÖLÜM

İletişim Sistemleri ve Bilgi İşlem Tesisleri için Topraklama

Kuralları Kullanım Alanı ve Amacı

Madde 13-a) Genel: Bu bölüm, iletişim tekniğine ilişkin cihaz ve tesislerin, insan ve hayvanlar için yaşam ve sağlık açısından ve nesnelere için ortaya çıkabilecek diğer tehlikelere karşı güvenliğini sağlamayı amaçlar. Ayrıca iletişim tesislerine ilişkin topraklama tesislerinin düzenlenmesi (iletişim topraklama tesisleri) ve aynı zamanda iletişim tesislerindeki potansiyel dengeleme tesisleri veya bunların diğer topraklama tesisleri ile karşılaşma durumları için de bu bölüm geçerlidir.

Bu bölüm, kendileri için ayrı bir standart bulunmayan haberleşme ve bilgi-işlem tesislerinin güvenliği için de aynı şekilde geçerlidir.

Not 1: İletişim sistemlerine örnekler aşağıda verilmiştir:

- Her çeşit ve büyüklükte, hatlı veya hatsız iletişim yapabilen telefon, yazı ve resim iletişim tesisleri,
 - Kısa mesafeli el telsizleri,
 - Akustik ve optik göstergeli çağırma, arama ve sinyal tesisleri,
 - Ses düzenleri,
 - Elektriksel çalışma saati tesisleri,
 - Yangın, hırsız ve soygun tehlikesi alarm tesisleri,
 - Diğer tehlike uyarı ve güvenlik tesisleri,
 - Raylı sistem ve trafik sinyalizasyon tesisleri,
 - Uzaktan kumanda tesisleri,
 - İletişim (kuranportör vb) düzenleri,
 - Radyo, televizyon, ses ve görüntü aktarma tekniği tesisleri.
- İletişim cihazları, yukarıda adı geçen tesislerde kullanılan cihazlardır.

Not 2: Bilişim tekniği (information) düzenleri de (bilgi-işlem düzenleri ve büro makineleri) EN 60950'ye göre yukarıda belirtilen tesislerin içinde bulunabilir.

Not 3: Bilgi işlem makinelerine takılan radyo frekanslı girişim bastırma filtreleri yüksek toprak kaçak akımı meydana getirebilirler. Bu gibi durumlarda koruyucu toprak bağlantısındaki bir devamlılık arızası tehlikeli dokunma gerilimine neden olabilir. Bu bölümün amaçlarından biri de bu tehlikeyi ortadan kaldırmaktır.

Bu bölümdeki kurallar,

- TS 40'a uygun bir fiş ve priz ile bağlanan veya benzeri donanım için, toprak kaçak akımı TS EN 60950'de belirtilen sınırları aşan,
- Kaçak akımı, TS EN 60950'de belirlenen kurallara uygun olan, bilgi-işlem donanımının binanın elektrik güç tesisatına bağlanmasında da kullanılır.

Bu bölümdeki kurallar, binalar için donanımın bağlantı ucuna kadar olan sabit tesisata (priz veya bağlantı kutusuna kadar) uygulanır. Ayrıca bilgi işlem dışında, radyo frekans girişim bastırma filtrelerine ilişkin kurallardan doğan, yüksek kaçak akımı geçiren endüstriyel kontrol ve haberleşme donanımı

gibi tesisatlara da uygulanır.

Bilgi-işlem tesislerinin bu bölümde yer almayan diğer topraklama kuralları için TS IEC 60364-7-707'ye, potansiyel dengeleme ve topraklama düzenlemeleri

için TS IEC 60364-5-548 standartlarına da bakınız.

Bina tesisatlarında elektromanyetik girişimlere karşı koruma önlemleri için TS IEC 60364-4-444 standardında öngörülen hususlar dikkate alınmalıdır.

b) Bu bölüm, iletişim tesislerinin yapılması, genişletilmesi, değiştirilmesi ve işletilmesi sırasında ortaya çıkabilecek, özellikle tehlikeli vücut akımlarına karşı (dolaylı dokunma) kullanılacak koruma yöntemlerini ve bunların deneyden geçirilmelerini kapsar. Ayrıca bir iletişim tesisinin çalışması için, topraklama ve potansiyel dengelemesi açısından öngörülen koşullar da bu bölümde özetlenmiştir.

c) Ana amacı yaşamın ve nesnelerin korunması olan ve güvenilirlik, çalışma güvenliği ve işletme açısından özel koşullar istenen iletişim tesisleri için, bunlarla ilgili standartların ayrıca göz önünde tutulması gerekir.

Not: Özel koşullar gerektiren tesislere örnekler,

- Raylı sistem sinyalizasyon tesisleri,
- Trafik sinyalizasyon tesisleri ve,
- Yangın, hırsız ve soygun tehlikesi alarm tesisleridir.

İletişim tesisleri ve cihazlarının içindeki, alçak veya yüksek gerilimli tesis ve cihazlardan güvenli şekilde ayrılmaları mümkün olmayan kısımlar için,

bu gerilimlerle işletilen tesis ve cihazlar için geçerli olan (kuvvetli akım tesisleri ve cihazlarına ilişkin) standart ve yönetmelikler geçerlidir.

Yüksek gerilim hatlarını iletim ortamı olarak kullanan taşıyıcı frekansla iletişim tesislerinin (kuranportör tesislerinin) yüksek gerilim koruması için IEC 60481 geçerlidir.

Genel Kurallar ve Kontroller

Madde 14-a) İletişim tesisleri ve cihazları, dokunabilecek kısımlarında;

- Normal ve anormal işletme koşullarında 2. boyutlandırma sınıfından,
- Hata durumunda 3. boyutlandırma sınıfından bir gerilim meydana gelmeyecek şekilde planlamalı, imal edilmeli, kurulmalı ve bakımları yapılmalıdır (boyutlandırma sınıfları için Madde 4'e ve Madde 16'ya bakınız).

Kontrol: Gözle muayene ve ölçme (Madde 15-b/i ve Madde 15-b/ii'ye bakınız) ile yapılmalıdır.

b) Koruma düzenleri, kendileri için geçerli olan standartlara uygun olmalıdır. Bunlar, elektrik değerleri (örneğin yalıtım dirençleri veya çalışmaya başlama gerilimleri), toz, yoğunlaşmış su ve benzerleri gibi dış etkilerle zararlı değişimlere uğramayacak şekilde düzenlenmelidir.

Değiştirilebilen koruma düzenlerinin kullanılması durumunda, bunlara ilişkin karakteristik değerler veya renkler, tutma kolu üzerinde veya bunun hemen yakınında belirgin şekilde işaretlenmelidir.

Sayfa: 175

Koruma düzenleri, koruma iletkenleri (PE) veya fonksiyon topraklaması ve koruma iletkenleri (FPE) üzerinde bulunmamalıdır.

Kontrol: Gözle muayene (Madde 15-b/i'ye bakınız) ile yapılmalıdır.

c) İletişim cihazlarının kaçak akımları için, yüksek frekanslarda elektrik akımına karşı daha az duyarlılık göz önünde tutulabilir.

1) Koruma sınıfı I olan iletişim cihazlarının gövdelerindeki kaçak akım, sürekli olarak buna ilişkin koruma iletkeni üzerinden akar.

2) İletişim cihazının koruma iletkeni genel kullanım amaçlı bir fiş-priz sistemi üzerinden tüketici tesisatının koruma iletkeni ile bağlanıyorsa, kaçak akım değeri 3,5 mA'lık sınır değerini aşmamalıdır.

3) İletişim cihazının koruma iletkeninin kesiti en az:

- 1,5 mm² ise ve bu iletken tüketici tesisatının koruma iletkenine doğrudan sıkı şekilde bağlanıyorsa,

- 2,5 mm² ise ve bu iletken tüketici tesisatının koruma iletkenine bir geçmeli klemensle bağlanıyorsa, bu durumlarda kaçak akım değeri 10 mA'lık sınır değerini aşmamalıdır.

4) İletişim cihazı, kesiti ≥ 10 mm² olan bir koruma iletkeni ile tüketici tesisatına veya fonksiyon ve koruma topraklaması üzerinden topraklayıcıları birleştirme iletkenine bağlanıyorsa, kaçak akım, 10 mA'lık sınır değeri aşabilir.

Not: Kaçak akım, kişiler tarafından, ancak koruma iletkeninin kesilmesi durumunda hissedilebilir. Kesitleri ≥ 10 mm² olan iletkenler için mekanik nedenlerle koruma iletkeninde bir kesinti olmayacağı kabul edilir.

Kontroller için Temel Kurallar

Madde 15-a) İletişim cihazlarının imalatı sırasında ve iletişim tesislerinin kuruluşunda, yaşam, sağlık ve nesnelere tehlikelerden korunması için güvenlik koşullarının yerine getirilmiş olup olmadığı tespit edilmelidir.

b) Kontrol yöntemleri: Kontrol, gözle muayeneyi, denetimi ve ölçmeyi kapsar.

i) Gözle muayenede:

- İşletme elemanlarındaki zarar ve noksanların görülüp görülemediği,
- İşletme elemanlarının ilgili standartlara uygun olup olmadıkları ve öngörüldüğü şekilde yerleştirilip yerleştirilmedikleri, örneğin bir güvenliğinin kontrol edildiğine ilişkin test işaretine sahip olup olmadıkları veya imalatçı tarafından güvenlik tekniği ile alakalı özelliğine dair bir açıklamasının olup olmadığı,
- İletkenlerin hatasız, kusursuz ve bağlama şemalarına uygun olarak bağlanmış olup olmadıkları,
- Koruma düzenleri ve koruma iletkenlerinin istenildiği şekilde düzenlenmiş ve işaretlenmiş olup olmadığı,
- İsim plakalarının, anma değerlerinin, norm renklerin istenilenlere uygun olup olmadığı,
- İstenilen kapak veya mahfazaların mevcut olup olmadıkları, tespit edilir.

ii) Ölçmede, uygun ölçü düzenleriyle, öngörülen değerlerin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Ölçme için, mümkün olduğu takdirde, örneğin aşağıdaki büyüklükler söz konusu olabilir:

- Yalıtım direnci,
- Topraklama direnci, çevrim direnci,
- Kısmi boşalma gerilimi,
- Dokunma gerilimi,
- Kaçak akım.

Vücut Akımlarını veya Dokunma Gerilimlerini Sınırlayarak Koruma Madde 16-a) Vücut akımının sınırlanması ile koruma:

Gerilim altındaki kısımlara dokunma sırasında insan vücudundan akan akımların tehlikesi, akımın yüksekliğine, etki süresine ve alternatif akımda ek olarak onun frekansına ve dalga şekline bağlıdır. Akım değerleri, fizyolojik etkilerinin farklı derecelerine göre 1A, 1B, 2 ve 3 gibi boyutlandırma sınıfına ayrılır (Çizelge-15'e bakınız).

Çizelge-15 Doğru ve alternatif akım için belirlenen boyutlandırma sınıflarına ilişkin anma değerleri

Boyutlandırma sınıfı	1A	1B	2	3
Alternatif akımlar(1)	$n1 \cdot 0,5 \text{ mA}$	$n2 \cdot 3,5 \text{ mA}$	veya(2)	2'yi aşan değerler
Doğru akımlar(1)	2 mA	10 mA	$Pi = . 30 \text{ mA}$	

+-----+-----+-----+-----

+-----+

|(1) n1, n2 katsayıları 100 Hz'e kadar frekanslarda, Pi-, Pi= katsayıları 2 s'den sonraki etki sürelerinde 1|

|değerini alırlar. |

|(2) n2 veya Pi- katsayısından daima daha büyük olanı dikkate alınır. |

|

+-----

---+

n1, n2, Pi -, Pi= katsayıları için Ek-Y'de Y.2'ye bakınız. Akım değerleri, büyüklükleri açısından dokunma direncinden bağımsız olan (sabit akım kaynaklarına dokunma) vücut akımları için de geçerlidir.

b) Çizelge-15'deki akımların kontrolü:

100 Hz'in üzerindeki alternatif akımlar (doğru akım bileşenleri olanlar da dahil) Şekil-10'daki bağlantı devresi üzerinden ölçülür. Ampermetrenin iç direnci, ilgili frekans bölgesinde 5 ()'u geçmemelidir.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-10 100 Hz'in üzerindeki frekanslara sahip periyodik akımların ölçülmesi için bağlantı devresi

Sayfa: 176

Sadece, yapısal olarak tamamen kavramanın mümkün olmadığı küçük yüzeyli dokunmalar mümkün ise ve normal işletmedeki toprağa karşı boşa çalışma gerilimi 250 V'u geçemezse, 100 Hz'e kadar alternatif akımlar ve doğru akımlar

10 k()'luk bir direnç üzerinden ölçülebilir. 100 Hz'in üstündeki alternatif akımlarda (doğru akım bileşenleri olanlar da dahil) Şekil-11'deki bağlantı devresi kullanılır. 10 k()'luk direncin ve Şekil-11'deki bağlantı devresinin kullanılması durumunda, ek olarak aşağıda belirtilen koşullardan birinin sağlanması zorunludur:

i) Elektrik işletme yerlerindeki sabit akım devreleri söz konusu olmalıdır veya

ii) Dokunulabilecek kısımların genel bir tehlike uyarısıyla donatılmış olmaları gerekir veya

iii) Akımların, güvenli bir akım kaynağından üretilmeleri gerekir.

Not: Korku tepkisi nedeniyle, küçük yüzeyli bir el teması aynı zamanda kısa süreli bir temastır.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-11 Küçük yüzeyli temaslarda 100 Hz'in üstündeki periyodik akımların ölçülmesi için bağlantı devresi

c) Dokunma geriliminin sınırlanması ile koruma:

i) Düşük dirençli gerilim kaynaklarına (sabit gerilim kaynakları) dokunma sırasında ortaya çıkan vücut akımları, vücut direncinden başka, dokunma akım devresinde tesadüfen mevcut olabilecek ek geçiş dirençlerine de bağlı olduğundan, akımlar yardımıyla gerilimlerin hesaplanması, esas itibariyle mümkün değildir.

Çizelge-16'daki boyutlandırma sınıfları 1A, 1B, 2 ve 3'e karşı düşen gerilim değerleri, bu gerilimlerle normal çevre koşullarında gerçekte ortaya çıkan akımların, Çizelge-15'deki her boyutlandırma sınıfı kapsamında kaldığı, genel olarak kararlaştırılmış gerilim değerleridir. Örneğin nemli ortamlar gibi daha kötü çevre koşulları için, ilgili güvenlik standartlarında özel koruma önlemleri şart koşulur.

m, Pu -, Pu = katsayıları için Ek-Y'de Y.2'ye bakınız.

Çizelge-16 Doğru ve alternatif gerilimlerin boyutlandırma sınıflarına ilişkin anma değerleri

Boyutlandırma sınıfı	1A	1B	2	3
Alternatif akımlar(1)	$m \cdot 12 \text{ V}$	$m \cdot 25 \text{ V}$	veya(3)	aşan değerler
Doğru akımlar(1)	30 V	60 V	$P_i = . 120 \text{ V}$	

(1) m katsayısı 1000 Hz'e kadar frekanslarda, Pu -, Pu= katsayıları 2 s'den sonraki etki sürelerinde 1 | değerini alırlar. |

(2) Bu değerler, iletişim tekniğinin, gövdeleri işletme nedeniyle gerilim altında kalan elektrik işletme | elemanları için de geçerlidir. |

(3) m veya Pu - katsayısından daima daha büyük olanı dikkate alınır. |

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-12 Farklı boyutlandırma sınıflarında, C kapasitesine bağlı

olarak izin verilen dolma (şarj) gerilimleri U_0

Sayfa: 177

Not: IEC 60479-2'de, 100 us ila 10 ms'lik zaman bölgesi için (Şekil-12'de 66,7 nF ila 6,67 uF'a karşı düşmektedir), tek kutuplu darbelerin çok sayıda mümkün olan şekillerinden boşalma darbesinin, dikdörtgen darbenin ve sinüs yarı dalga darbesinin eşdeğer etkileri için dönüşüm katsayıları verilmiştir. 3T süreli darbeye dolma gerilimi başlangıç değerinin %5'ine düşmüştür.

ii) Çizelge-15 ve Çizelge-16'daki anma değerleri, DIN VDE 0228 Kısım 1 ila 5'deki etkilenme olaylarının sınır değerlerine, nadiren ve düzensiz olarak meydana gelen olaylara ilişkin değildir.

iii) Gerilim altındaki kondansatörlere dokunma durumunda, boşalma-zaman

sabiti (T) nedeniyle sadece sınırlı bir etki süresi ortaya çıkar.

Şekil-12'de, 1A, 1B ve 2 boyutlandırma sınıfına karşı düşen dolma gerilimlerinin, kapasiteye bağlı anma değerleri gösterilmiştir. Bu değerler sadece, kondansatörün insan vücudu üzerinden tek bir kerelik boşalması gibi bir özel durum için geçerlidir.

Boşalmalar 2 s'den daha az bir zamanda tekrarlayabilirse, bu periyodik bir olaydır (Ek-Y'de Y.1'e bakınız).

Frekans ve etki süresinin tesiri için m, n ve p katsayılarının belirlenmesine ilişkin detay bilgiler Ek-Y'de Y.2'de verilmiştir.

iv) Kontrol:

Sadece cihazlarda: İlgili cihaz standardına uygun olarak tip testi çerçevesinde yapılan ölçümedir.

1A, 1B ve 2 boyutlandırma sınıfındaki gerilimlerin ölçülmesinde gerilim kaynağı, her bir ilgili boyutlandırma sınıfında izin verilen akımlar aşılmayacak şekilde yüklenebilir.

d) Vücut akımlarının veya dokunma gerilimlerinin sınırlandırılmasıyla yapılan koruma sadece akım ve gerilimler için verilen boyutlandırma değerlerinin tutulmasına bağlı olmayıp, boyutlandırma için esas alınmış olan frekanslardan, etki sürelerinden veya dalga şekillerinden fizyolojik olarak daha elverişsiz olanların engellenmesine de dayanır.

Evcil hayvanların korunması için genel olarak 1B boyutlandırma sınıfının değerleri kullanılır.

Topraklama Direnci, Potansiyel Dengeleme ve Korozyona Karşı Koruma ile ilgili Kurallar

Madde 17-a) Topraklama direnci: Topraklama direnci, fonksiyon topraklaması, fonksiyon ve koruma topraklaması ve aşırı gerilim koruma düzenlerinin topraklamasından istenilen özelliklere uygun olarak boyutlandırılmalıdır.

Not: Fonksiyon topraklamasından topraklama direncinin sınır değeri, toprak

üzerinden iletilen işletme akımlarının mutlak değeri ve toprağı da kullanan işletme akım devrelerinde izin verilen yabancı gerilimle tespit edilir.

Fonksiyon ve koruma topraklanmasında topraklama direnci, ek olarak, izin verilen dokunma gerilimiyle tayin edilir (Madde 21'e bakınız.)

Aşırı gerilim koruma düzenlerinin topraklanmasında sadece, eğer işletme akım devrelerinin azaltılmış aşırı gerilimleri uzak bir referans toprağına göre ölçülüyorsa veya komşu tesis kısımları arasındaki tehlikeli olabilecek

gerilimler, örneğin potansiyel dengeleme bağlantılarıyla önlenemiyorsa, topraklama direnci küçük olmalıdır. Burada aşırı gerilim koruma düzenlerinin çalışması güvenlik altına alınmalıdır.

b) Potansiyel dengelemesi:

1) Aralarında, insanlar için tehlikeli olabilecek veya örneğin arklı atlamalar sonucunda nesnelere zarar verebilecek gerilimlerin ortaya çıkabileceği birbirinden bağımsız sistemlerin topraklama tesisleri veya topraklama tesislerinin kısımları, potansiyel dengelemesi için birbirleriyle iletken olarak veya açık topraklamalarla bağlanmalıdır.

Potansiyel dengelemesi iletkenlerle, hatların ekranıyla veya iletken mahfazalarla ya da tesis kısımlarıyla yapılabilir.

Not: Tesis kısımları olarak metal su boruları, kalorifer tesisatı, kablo kanalları ve benzerleri kullanılabilir.

2) Bir potansiyel dengeleme iletkeninin veya iki cihaz arasındaki başka bir potansiyel dengeleme bağlantısının kesiti en azından daha küçük olan cihaz

koruma iletkeninin (PE) kesitine uygun olmalıdır. Bununla birlikte bükülgen şebeke bağlantı hatları için kesit en az 0,75 mm² bakır ve sabit döşenmiş şebeke bağlantı hatları için minimum 1,5 mm² bakır olmalıdır.

Eğer kesitlerin toplamı belirtilen koşullar için yeterliyse, iki cihaz arasındaki potansiyel dengeleme iletkeni olarak bütün referans iletkenleri kullanılabilir.

3) İletişim tesisinin bulunduğu yerdeki potansiyel dengeleme barası ile buna ilişkin şebeke beslemesinin koruma iletkeni (PE) arasındaki tamamlayıcı potansiyel dengelemesi için kullanılan potansiyel dengeleme iletkeninin kesiti bu koruma iletkeninin (PE) 0,5 katı, mekanik koruma durumunda en az 2,5 mm², mekanik korumasız en az 4 mm² olmalıdır; bununla beraber kesitin 50 mm²'yi geçmesi gerekmez.

Madde 21-f1'deki koşul sağlandığı takdirde, ana potansiyel dengelemesine bağlanan topraklama birleştirme iletkeni ile iletişim tesisinin bulunduğu yerdeki bir potansiyel dengeleme barası arasında özel bir potansiyem iletkeni gerekmez.

4) Madde 17-b2'ye veya Madde 17-b3'e göre boyutlandırılmış potansiyel dengeleme iletkenleri veya herhangi bir potansiyel dengeleme bağlantısının bağlantı kısımları sarı-yeşil renkle işaretlenebilir. Kesitleri daha küçük olan işletme potansiyel dengeleme iletkenleri sarı-yeşil renkle işaretlenemez.

c) Korozyona karşı koruma: İşletme doğru akımları, çıkan doğru akımın yoğunluğu, metal koparması sonucu topraklayıcıları ve böylece bunların etkilerini bozmayacak bir büyüklükte topraklayıcı üzerinden geçirilmelidir. Madde oluşumu ile korozyon zararlarını önlemek için, topraklama toplama iletkenlerine, elektrokimyasal olarak uygun olmayan topraklayıcıların bağlanmaması gerekir.

İletişim Sistemleri için Kullanılacak Topraklama Tesislerinin Yapılmasıyla İlgili Kurallar

Madde 18-a) Genel: İletişim sistemlerindeki topraklama tesisatının yapılışı, onda aranan koşullara ve yerel özelliklere uygun olarak değişir. Bu

topraklama, ya tamamen işletme amacıyla kullanılmak üzere fonksiyon topraklaması olarak veya fonksiyon ve koruma amacıyla kullanılmak üzere fonksiyon ve koruma topraklaması olarak yapılır. Fonksiyon topraklaması aynı zamanda fonksiyon potansiyel dengelemesi amacına hizmet edebilir, aynı şekilde

fonksiyon ve koruma topraklaması, fonksiyon ve koruma potansiyel dengelemesinin görevlerini üstlenir.

Fonksiyon ve koruma topraklaması, Madde 18-c'de belirtilen ek koşullar da sağlanmalıdır.

b) Fonksiyon topraklaması:

1) Topraklayıcılar: İletişim tesisine ilişkin topraklama tesisi için yapılan topraklayıcı olarak, (Ek-T'ye göre) yapılan topraklayıcılardan birisi yerine şunlarda kullanılabilir:

- Topraklama etkisi olan iletişim kablolarının iletken dış kılıfları,

Sayfa: 178

- Betonarme binaların demir hasırları da dahil olmak üzere temel topraklayıcılar,

- Binanın TS 622 ve TS IEC 60364-4-443 standartlarına uygun olarak yapılmış yıldırıma karşı koruma tesisi,

- Gaz boru hatları dışında topraklama etkisi olan boru hatları (burada korozyon tehlikesi dikkate alınmalıdır),

- Alternatif akımla çalışan raylı sistemlerde, özel olarak demiryollarında kullanılan iletişim tesisleri için yapılan raylı sistem toprağı.

Burada, bu topraklayıcıların görevlerini tam olarak yerine getirdikleri kabul edilmektedir.

2) Toprak toplama (birleştirme) iletkeni: Topraklama birleştirme iletkeni (A), topraklama ring iletkeni, toprak toplama barası veya topraklama klemensi olarak yapılabilir.

2.1) Topraklama ring iletkeni:

- Eğer binanın taban alanı büyükse, topraklama tesisine duyarla teknik donanımlar bağlanmışsa ve bağlanacak topraklayıcılar ve bağlantı yerleri binanın büyük bölümüne dağılmış ise, bir topraklama ring iletkeninin yapılması

gereklidir. Topraklama ring iletkeni, topraklayıcı olarak kullanılan iletken kablo dış kılıfları, bu ve kalorifer boruları ve benzerleri en kısa yoldan birbirleriyle bağlanabilecek şekilde döşenmelidir.

Not: Bu şekilde, kablo dış kılıfları, su boruları ve benzerleri üzerinden dışarıdan gelerek topraklama tesisatına ulaşan potansiyeller, düşük dirençli topraklama ring iletkeni bağlantısı üzerinden doğruya topraklayıcılar vasıtasıyla dengelenir (eşitlenir) ve iletişim tesisinin topraklama tesisine bağlantı kısımlarını etkilemez.

- Malzeme olarak kesiti en az 50 mm² olan bakır kullanılmalıdır.

Topraklama ring iletkeni sıva üzerine, amaca uygun şekilde duvardan 3 ila 5 cm

uzaklıkta döşenmelidir. Yalıtılmamış malzeme kullanılması durumunda topraklama

ring iletkeni, tutturucularda ve duvar geçişlerinde korozyona karşı yalıtılmalıdır. Topraklama ring iletkeni üzerindeki bağlantılar lehim, kaynak veya elektrik olarak bunlara eşdeğer, çözülmesi mümkün olmayan başka bir yöntemle yapılmalıdır. Giriş ve çıkış bağlantıları klemenslerle yapılmalıdır.

2.2) Toprak birleştirme (topraklama) barası:

- İçlerinde özellikle bozulmaya duyarlı (parazit gürültü vb. bozucu etkiler) ileşim tesisleri bulunmayan ve bir topraklama ring iletkeninin gereksiz yere büyük bir külfet getireceği durumlarda, topraklama birleştirme iletkeni (A) olarak bir topraklama barası yeterli olur.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-13 Anma gerilimi ≤ 120 V doğru gerilim veya ≤ 50 V alternatif gerilim olan iletişim sistemi besleme kaynağına sahip bir iletişim tesisi için işletme topraklamasına örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir vermek amacıyla taşımaktadır.)

Toprak toplama barası olarak bakır, bakır - çinko alaşımı (pirinç) veya çinko kaplı çelik kullanılır. Baranın uzunluğu ve kesiti, buna bağlanarak topraklayıcı ve hat sayısına uygun olarak belirlenir. Malzeme birikmesi sonucunda korozyon oluşması önlenmelidir. Giriş ve çıkış bağlantıları vidalı veya klemensli bağlantılarla yapılmalıdır.

2.3) Topraklama klemensi: Topraklama iletkenleri çok az olan tesislerde topraklama birleştirme iletkeni (A) olarak vidalı klemens kullanılabilir.

Malzeme birikmesi neticesinde korozyon oluşması önlenmelidir.

2.4) Topraklama birleştirme iletkenlerine yapılan bağlantılar:

Farklı topraklayıcıların topraklama iletkenleri (Madde 18-b.5'e bakınız), sadece topraklama birleştirme iletkeninde (A) birbiriyle bağlanmalıdır. Eğer topraklama ring iletkeni veya toprak toplama barası şeklinde bir topraklama birleştirme iletkeni

Sayfa: 179

gerekiyorsa, bu, binada mevcut olan potansiyel dengeleme barasına bağlanmalıdır. Topraklama ring iletkeni veya toprak toplama barası bulunmayan

daha küçük iletişim tesislerinde, tüketici tesisin mevcut bir potansiyel dengeleme barası, iletişim tesisinin topraklama birleştirme iletkeni olarak kullanılabilir.

Henüz tüketici tesisinin potansiyel dengeleme barasına bağlanmamış olmaları koşulu ile, topraklama birleştirme iletkenine (A) şunlar bağlanabilir:

- i) İletişim sistemi topraklayıcısı,
- ii) Binanın temel topraklaması,
- iii) İletişim kablolarının iletken dış kılıfları,
- iv) Binanın çelik hasır konstrüksiyonu,
- v) İletken malzemedен yapılmış içme suyu ve pis su boruları,
- vi) Merkezi ısıtma sistemi,
- vii) Raylı sistem toprağı,

- viii) Anten tesisatı için topraklama iletkeni,
ix) Aşırı gerilim koruma cihazlarının topraklama iletkenleri,
x) Madde-25'e uygun, binalara ilişkin yıldırıma karşı koruma topraklaması,
xi) Bina içindeki gaz hatları (sadece potansiyel dengelemesi için),
xii) Koruma iletkeni (PE),
xiii) PEN-iletkeni (PEN),
xiv) 1 kV'un üstündeki gerilimlerde transformatörlerin alçak gerilim tarafındaki yıldız noktaları,
xv) İletişim sisteminin merkezi beslenmesi durumunda, besleme tesisinin topraklanan kutbu; bu iletken aynı zamanda, koruma sınıfı 1 olan (Şekil-14 ve Şekil-15'e bakınız) iletişim cihazları için fonksiyon topraklaması ve koruma iletkeni (FPE)'dir,
xvi) Koruma sınıfı II olan iletişim cihazları da dahil olmak üzere, iletişim cihazları için kullanılan fonksiyon topraklama iletkeni (FE).

2.5) Topraklama iletkeni:

- Toprak üstündeki topraklama iletkenleri kontrol edilebilecek şekilde döşenmeli ve bağlantı noktalarına ulaşılabilir olmalıdır. Bunlar mümkün olan mekanik ve kimyasal bozulmaya karşı korunmalıdır.

- Topraklama iletkenleri ve topraklama birleştirme iletkenlerinin (A) birbirleriyle ve aynı zamanda bunlara yapılan saplamalarla olan bağlantıları, elektriksel olarak iletken bağlantının sürekliliği güvenlik altına alınacak şekilde yapılmalıdır. Bağlantı yerleri korozyona karşı korunmalıdır.

- Çelik-beton konstrüksiyonlarda ve çelik-beton yapılarda, sadece koruma amacına hizmet edenlerin dışındaki topraklama iletkenleri beton konstrüksiyonlar içine gömülebilir. Bunlar, kolay erişilebilir bağlantı noktalarına sahip olmalı ve bunların arasında, beton konstrüksiyon içinde kesintisiz olarak devam etmelidirler.

- Toprak teması veya kısa devresi durumunda, onun vasıtasıyla iletişim besleme akım devresine ilişkin öndeki koruma düzeninin, fonksiyon topraklaması

iletkeninde izin verilmeyen bir sıcaklık ortaya çıkmadan açmak zorunda olduğu

fonksiyon topraklaması iletkeninin (FE) parçaları için minimum kesit, koruma düzeninin anma akımına ve Çizelge-17'ye göre seçilir.

Çizelge-17 Fonksiyon topraklaması iletkeninin (FE) parçaları için minimum kesitler

İlgili koruma düzeninin anma akımı(1) (A)	Bakır iletkenin minimum kesiti (mm ²)
25'e kadar	2,5
35'e kadar	4
50'ye kadar	6
63'e kadar	10
125'e kadar	16
160'a kadar	25
224'e kadar	35
250'ye kadar	50
630'a kadar	70

800'e kadar	95	
1000'e kadar	120	
+-----+-----+		
(1) Koruma düzeni, topraklama iletkeninin yolu üzerine konamaz.		
+-----+-----+		

- Eğer topraklama iletkeni, toprağı kullanan bir işletme akım devresinin parçası olmakla birlikte, kesilmesi durumunda nesnelere zarara uğraması mümkün olmayacaksa, Çizelge-17'de 2,5 mm² olarak verilen minimum kesitin altına inilebilir.

Not: Bu durum örneğin, bir toprak tuşu ile yardımcı bir devrenin tetiklenebildiği telefon cihazları için geçerlidir.

Tesis kısımlarının fonksiyon topraklaması olarak kullanılan ve besleyen işletme akım devresinin topraklanmış iletkeninin dışında döşenen (Şekil-15'e bakınız) ek topraklama iletkeni (C3)'ün minimum kesiti, öndeki koruma düzeninin anma akımına ve açma koşullarına uydurulmalıdır. Bunun için Çizelge-17'den alınan değer, aşağıdaki denklemden hesaplanan değerle karşılaştırılır.

Ek topraklama iletkeninin minimum kesiti daha sonra bu iki değer in büyüğüne uygun olarak boyutlandırılır.

$$S_1 = \frac{I \cdot L}{U_d \cdot X} \cdot S_2$$

Burada:

S1 Tamamlayıcı topraklama iletkeni C3'ün kesiti (mm²),

S2 Gerilim altında bulunan (aktif) C1 iletkeninin kesiti (mm²),

UN Anma gerilimi (V),

IA Önde bağılı bulunan koruma düzeninin ≤ 5 s'lik açma zamanı için açma akımı (A),

X Elektriksel iletkenlik (S m/mm²),

L Tek kablo uzunluğu (m).

Sayfa: 180

Not: Koruma iletkenlerinin kesitlerinin boyutlandırılması için Üçüncü Bölüm'e bakınız.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-14 İletişim sistemine ilişkin akım beslemesinin anma gerilimleri sınırlanmaksızın bir iletişim tesisi için işletme ve koruma topraklamasına örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir vermek amacıyla taşımaktadır.)

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-15 İletişim sistemine ilişkin akım beslemesinin anma gerilimleri sınırlanmaksızın bir iletişim tesisi için ek topraklama iletkeni ile yapılan işletme ve koruma topraklamasına örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir vermek amacını taşımaktadır.)

Şekil 14 ve 15 için açıklamalar:

- A Topraklama birleştirme iletkeni, Topraklama birleştirme iletkenine (A)
- B İletişim düzeni, yapılabilecek bağlantılar.
- C1, C2 İletişim sistemi-İşletme akım devresi, 1 Tüketici tesisinin koruma iletkeni için,
- (PE) Topraklanmış iletken C2 veya potansiyel 2 İletişim tesisi topraklayıcısı için,
- dengeleme iletkeni, 3 Temel topraklayıcı için,
- Şekil 2'ye göre aynı zamanda FPE ve 4 Haberleşme kablolarının iletken dış kılıfları için,
- iletişim sisteminin referans iletkenleriyle 5 Bina çelik hasır için, bağlanmış, 6 Binadaki iletken su boruları için,
- Şekil 3'de yalıtılmış olarak döşenmiş ve 7 Kalorifer tesisatı için, iletişim sisteminin referans iletkenleriyle 8 Yıldırıma karşı koruma topraklayıcısı için,
- bağlanmamış, 9 Topraklayıcılar için,
- C3 Besleme akımı geçirmeyen, aynı zamanda 10 Fonksiyon topraklaması ve koruma iletkeni
- FPE olan ve iletişim sisteminin referans (FPE) için, iletkenleriyle bağlanmış ek topraklama iletkeni,
- D İletişim sistemi akım beslemesi,
- G Akım kaynağı,
- L1, N Tüketici tesisinin akım devresi,
- U Çevirici (Konverter).

Sayfa: 181

vi) Çelik konstrüksiyonların ve demir hasırların topraklama tesisine dahil edilmesi: Binanın çeşitli yerleri arasındaki potansiyel farklılıklarını ve bu nedenle ortaya çıkan dengeleme akımlarını önlemek için, işletme açısından bir

binanın topraklama tesisi için özellikle yüksek koşullar öne sürülüyorsa, çelik konstrüksiyonların ve demir hasırların topraklama tesisine dahil edilmesi için önlemler alınmış olmalıdır. Eğer çelik hasırların her biri birbirleriyle iletken şekilde bağlanmış ise, çelik hasırlar topraklama birleştirme iletkeni (A)'ya bağlanmalıdır.

Not: Eğer çok büyük empedanslar nedeniyle iletişim akım devreleriyle izin verilmeyen kuplajlar ortaya çıkar veya geçiş dirençleri değişken olursa, farklı potansiyellerdeki kısımlar arasında, potansiyel dengeleme iletkenlerine paralel olan çelik hasırlar üzerinden akan dengeleme akımları, iletişim sisteminde arızalara neden olabilir.

Çelik hasırların iletken olarak bağlantısı, örneğin kaynak veya itinalı

şekilde yapılan tel bağlantılarıyla yapılabilir. Bina statığı nedeniyle kaynak yapmak mümkün değilse, kendi aralarında kaynaklanan ve çelik hasıra tel ile bağlanan ek inşaat demirleri yerleştirilir.

Bir binanın çelik hasırının iletken olarak bağlanması hazır duvarlarla yapılan binalarda dahi sadece binanın yapılışı sırasında mümkündür. Çelik konstrüksiyon ve çelik hasırlar üzerinden yapılacak potansiyel dengelemesinin, bu nedenle, daha temellerin ve yüksek binaların planlanması sırasında göz önünde tutulması gerekir.

c) Fonksiyon ve koruma topraklaması:

Fonksiyon ve koruma topraklaması,

- Ya, iletişim işletme akım devresinin aynı zamanda besleme için de kullanılan topraklanmış iletkeni Şekil-14'deki gibi kullanılarak,
- Ya da Şekil-15'deki gibi tamamlayıcı bir topraklama iletkeni (C3) ile, yapılabilir.

Şekil-14 ve Şekil-15'e göre yapılan topraklamalarda, Madde 18-a ve Madde 18-b'de belirtilenlerin dışında Madde 18-cl ila Madde 18-c9'daki koşullar da geçerlidir.

1) Madde 18-b2.4'de xii) ila xvi)'de belirtilmiş olan topraklama birleştirme iletkenine (A) yapılabilecek bağlantıların mutlaka yapılması zorunludur.

2) Eğer kesinti nedeniyle koruma fonksiyonu ortadan kalkacak ve bağlı bulunan kuvvetli akım tüketicilerinin koruma önlemleri etkisiz duruma gelecekse, bir tesise ilişkin fonksiyon topraklaması ve koruma iletkeninin (FPE) hiçbir yerde kesilmesine izin verilemez.

3) Fonksiyon topraklaması ve koruma iletkeninin (FPE) kesintilerden korunması için, bağlantı ve klemens yerlerinin iyi iletken şekilde yapılması ve sadece alet yardımıyla sökme işlemi yapılabilecek şekilde, mekanik olarak güvenlik altına alınmış olmalıdır.

4) Tesislerin iletken kısımlarına (mahfaza, konstrüksiyon kısımları ve iskeletlerine) Fonksiyon ve koruma topraklaması durumunda sadece aşağıdaki

koşulların sağlanmış olması durumunda koruma işlevi verilebilir:

i) Bu kısımların bizzat kendilerinin, dolaylı dokunmada ortaya çıkabilecek tehlikeli vücut akımlarına karşı koruma amaçlı bir önlem içine dahil edilmiş olması ve buna uygun olarak birbirleriyle iyi iletken şekilde bağlanmış olmaları durumunda,

ii) Bunların uzaklaştırılması durumunda koruma iletkeni kesilmeyecek ve dolaylı dokunmada ortaya çıkabilecek tehlikeli vücut akımlarına karşı koruma önlemleri ortadan kalkmayacaksa,

iii) Sabit mahfaza kısımlarındaki bağlantı yerlerinin, sürekli iyi iletken kalacak şekilde kaynaklanmış veya (gerektiği takdirde dişli ve katlı rondelalar kullanılarak) vidalanmış olması durumunda,

iv) Mahfaza uzunluğunun 10 m'yi aşması durumunda her iki ucundaki topraklama iletkeni ile topraklama birleştirme iletkenine (A) ve aynı zamanda koruma iletkenine bağlanmış olması durumunda.

5) Fonksiyon topraklaması ve koruma iletkeni (FPE) üzerine, örneğin

sigortalar gibi hiçbir koruma düzeni bağlanamaz.

6) Fonksiyon topraklaması ve koruma iletkeni (FPE) koruma fonksiyonlarından dolayı, bütün uzunlukları boyunca sürekli olarak sarı-yeşil renkle işaretlenmelidir.

Bu işaretleme:

- Koruma fonksiyonu olan potansiyel dengeleme iletkeni ve,
- Koruma fonksiyonu olan topraklama iletkeni için de kullanılabilir. Diğer iletkenler için sarı-yeşil renklerle işaretleme yasaktır.

Dış kılıflı, tek damarlı hatlarda ve kablolarda damar yalıtkanının sürekli olarak renkle işaretlenmesinden vazgeçilebilir; ancak montaj sırasında, son uç noktalarına sürekli bir sarı-yeşil işaret konulmalıdır.

Not: Bu anlamdaki son uç noktaları, kablonun veya hattın bağlantı yerlerinde dış kılıfının sıyrıldığı kısımlardır.

7) TN sistemlerde, hata durumunda üzerlerinden geçecek akımla tüketici tesisine ilişkin öndeki koruma düzeninin açma kumandası vereceği fonksiyon topraklaması ve koruma iletkeni (FPE) ve mevcutsa topraklama birleştirme iletkeninin kısımları (A), en az bunlara ilişkin nötr iletkeni ile (N) aynı iletkenlik değerine sahip olmalıdırlar.

8) TT ve IT sistemlerinde fonksiyon topraklaması ve koruma iletkeninin (FPE) kesiti, tüketici tesisinin faz iletkeni esas alınarak Çizelge-8'e göre belirlenir. Ancak her topraklayıcı başına minimum kesit 10 mm² bakırdır. Buna

ilaveten Üçüncü Bölüm'deki kesitler geçerlidir.

9) İletişim sistemleri için özel olarak diğer tüketici tesislerinden ayrı kurulmuş ve dolaylı dokunmada tehlikeli vücut akımlarına karşı koruma için açma ve ihbar kumandası ile yapılan önlemlerin gerekli olduğu tüketici tesislerinde koruma iletkeninin kesiti Çizelge-8'e göre boyutlandırılır.

Topraklayıcı ve Topraklama Tesislerinin Topraklama Dirençlerinin Kontrolü ve Ölçülmesi için Kurallar

Madde 19-a) Koruma topraklaması görevi yapan topraklayıcıların çalışma özellikleri işletmeye alma işleminden önce kontrol edilmelidir. Koruma iletkeni ile yapılan koruma önlemleri için Üçüncü Bölüm'deki kurallar geçerlidir. Ölçme yöntemleri için Üçüncü Bölüm ve Ek'lere bakınız.

Topraklama direnci, örneğin kötü ortam koşulları nedeniyle kötüleşip topraklayıcılar etkisiz kalabileceğinden, topraklama tesisine ilişkin topraklama direncinin Ek-P'de öngörülen periyotlara uygun olarak ölçülmesi ve topraklama tesisinin kurallara uygun durumda olup olmadığının kontrol edilmelidir.

Sayfa: 182

Aşırı gerilim sınırlayıcılarına (parafudrlar) ilişkin tekil topraklayıcılar, aşırı gerilim sınırlayıcılarıyla birlikte kontrol edilmelidir.

b) 1 ()'dan küçük topraklama dirençleri ve büyük topraklama şebekelerinin topraklama dirençleri akım ve gerilim ölçmesiyle tespit edilebilir. Bir ölçü

akımı, yeterli uzaklıkta bulunan yardımcı toprağa sokulur ve beklenen gerilim konisi dışındaki bir yardımcı sonda ucunda buna ilişkin topraklayıcı gerilimi okunur. Detaylı bilgi için Üçüncü Bölüm'e bakınız.

Not: Bilinen topraklama ölçme cihazlarıyla (yardımcı topraklayıcı ve gerilim sondasıyla köprülü ölçme metodu), sadece yaklaşık 20 m'ye kadar olan

küçük boyutlu topraklayıcılar yeterli derecede doğru olarak ölçülebilir.

c) Örneğin kablo, boru hattı veya raylı sistem şebekesi gibi büyük boyutlu topraklayıcıların dirençleri, Madde 19-b'de belirtilen yöntemlerin hiçbirisiyle doğru olarak ölçülemez. Bununla birlikte, eğer yardımcı topraklayıcı ve gerilim sondasının hat güzergahında değil de, buna dik doğrultuda olmasına dikkat edilirse, yaklaşık bir yönlendirici değer elde edilebilir.

d) İletişim tesisinin cinsine bağlı olarak topraklama tesisinin direncinin frekansa göre değişimi de dikkate alınmalıdır.

Koruma İletkeni Bağlantısı Olmayan İletişim Cihazları Bulunan İletişim Tesislerindeki Kurallar

Madde 20- Koruma sınıfı II'ye karşı düşen ve koruma iletkeni bağlantıları bulunmayan iletişim cihazlarından meydana gelen iletişim tesislerinin dokunulabilen kısımları, diğer tüketici tesisleriyle herhangi bir bağlantıya sahip olmadığı için, iletişim cihazlarının işletme topraklaması bağlantı ucu herhangi bir topraklayıcıya bağlanabilir.

Bununla beraber, bir tek iletişim cihazının diğer tüketicilerle birlikte işletildiği bir tüketici tesisine ilişkin nötr iletkeni (N), fonksiyon arızalarının ortaya çıkmasını önlemek için, bir iletişim cihazının fonksiyon topraklaması bağlantı ucuna bağlanmaz.

Eğer Madde 21-fl'deki akım ve gerilim sınırları aşılmıyorsa, o zaman koruma iletkeni (PE) fonksiyon topraklaması olarak kullanılabilir.

Koruma İletkeni Bağlantısı Olan İletişim Cihazları Bulunan İletişim Tesislerindeki Kurallar

Madde 21-a) Farklı şebeke şekillerindeki bir tüketici tesisinin parçası olan iletişim tesisleri: İletişim tesislerinde, koruma iletkeni bağlantısı olan iletişim cihazları olarak, koruma sınıfı I olan cihazlarla, koruma yalıtımlı kısımları bulunan cihazlar kullanılır.

Koruma sınıfı I olan cihazlarda koruma iletkeni bağlantısı cihaz gövdesi üzerindedir. Koruma yalıtımlı kısımları bulunan cihazlarda koruma iletkeni (PE) cihaz gövdesine karşı yalıtılmış olarak cihaz içine sokulur.

Koruma sınıfı I olan iletişim cihazları bulunan iletişim tesisleri bir fonksiyon topraklaması gerektirirlerse ve bu Madde 18-c'ye göre fonksiyon ve

koruma topraklaması olarak yapılırsa, Üçüncü Bölüm'e göre dolaylı dokunmada

tehlikeli vücut akımlarının oluşmasına karşı korumanın aynı zamanda sağlanması

için, her şebeke şekline uygun olarak farklı önlemler geçerlidir.

Çizelge-18, her biri için geçerli madde ve resimlerin isimlerini göstermektedir.

Çizelge-18 Şebeke şekilleri ve koruma düzenlerine toplu bakış

Şebeke sistem şekli ve koruma düzeni Şekil	Madde
Aşırı akım koruma düzeni bulunan TN-S sistem; İletişim tesisinin bulunduğu bölgede müstakil transformatörü bulunan; Komşu elektrik işletme elemanlarının koruma iletkeni bağlantısı PE veya FPE'ye	21-b1 16
Aşırı akım koruma düzeni bulunan TN-C-S sistem; Komşu elektrik işletme elemanlarının koruma iletkeni bağlantısı PE veya FPE'ye	21-b2 17
Aşırı akım koruma düzeni bulunan TN-C-S sistem; Komşu elektrik işletme elemanlarının koruma iletkeni bağlantısı sadece PE'ye	21-b3 18
Aşırı akım ve hata akımı koruma düzeni bulunan TT sistem;	21-c1 19
Aşırı akım koruma düzeni bulunan TT sistem;	21-c2 20
Yalıtkanlık gözleme düzeni veya aşırı akım koruma düzeni veya aşırı akım ve hata akımı ile koruma düzeni bulunan IT sistem;	21-d --
Fonksiyon arızalarını önlemek için ayırma transformatörlü tüketici tesisi	21-e3 21

Madde 21-b ila Madde 21-e'deki her bir şebeke sistem şekli için öngörülen önlemler, iletişim sistemine ilişkin akım beslemesine ve aynı şekilde tesis içindeki, şebeke tarafından beslenen cihazlara ve prizlere ilişkin bağlantıların, bütün şebeke şekillerinden bağımsız olarak yapılabilmesine izin verir.

İletişim sistemi beslemesine ilişkin düzenlerdeki koruma iletkeni (PE) için, şebekeye bağlantı cihazlarının, doğrultucuların, bağlama tesislerinin ve benzerlerinin içinde öngörülen bağlantı yerleri, besleme hatlarının fonksiyon ve koruma topraklaması üzerinden topraklanmış başlığıyla bağlanabilir (kesit, Çizelge-17'ye göre). Prizlerin koruma kontakları ve iletişim tesisindeki alçak gerilime bağlanabilen cihazların, koruma iletkenleri (PE) için öngörülen bağlantı yerleri, gövde veya fonksiyon ve koruma topraklamasıyla iyi iletken şekilde bağlanmalıdır.

Not: Madde 21-b ila Madde 21-e'de ve Şekil-16 ila Şekil-21'de "komşu elektrik işletme elemanları (E)" ile gösterilmiştir. Potansiyel farklılıklarını veya fonksiyon arızalarını önlemek için, bunların koruma iletkeni bağlantı noktaları, iletişim sisteminin koşullarına uygun olarak ya bir koruma iletkeni (PE) ile veya fonksiyon topraklaması ve koruma iletkeni (FPE) ile bağlanır.

Şekil-16 ila Şekil-21 için açıklamalar:

- A Topraklama birleştirme iletkeni,
- B İletişim düzeni,
- C Dağıtım rafı,
- D İletişim tesisine ilişkin akım beslemesi,
- E İletişim tesisinin bulunduğu bölgedeki komşu elektrik işletme elemanları,
- FPE Fonksiyon topraklaması ve koruma iletkeni,
- H Bina bağlantı kutusu (kofra),
- K Transformatör merkezi,

Sayfa: 183

- P PE veya FPE'ye yapılan bağlantı,
- PE Koruma iletkeni,
- Z Ayırma transformatörü.

Topraklama birleştirme iletkenine (A) yapılabilecek bağlantılar:

- 1 Transformatör merkezinin (K) topraklama iletkenine veya yapı bağlantı kutusuna (H=Kofra) ya da ayırma transformatörün (Z) sekonder tarafındaki yıldız noktasına bağlanan koruma fonksiyonlu potansiyel dengeleme iletkeni veya iletişim sisteminin bulunduğu bölgedeki komşu elektrik işletme elemanlarının (E) koruma iletkenleri (PE),
- 2 İletişim tesisi topraklayıcısı,
- 3 Temel topraklayıcısı,
- 4 İletişim kablolarının iletken dış kılıfları,
- 5 Bina çelik hasırı için,
- 6 Bina içindeki, iletken su boruları,
- 7 Kalorifer tesisatı,
- 8 Yıldırıma karşı koruma topraklayıcısı,
- 9 Topraklayıcılar,
- 10 Fonksiyon topraklaması ve koruma iletkeni (FPE).

b) Aşırı akım koruma düzeni bulunan TN sistemler:

1) Aşırı akım koruma düzeni bulunan TN-S sistemi; İletişim sisteminin bölgesi içinde kalan, kendisine ilişkin transformatör merkezi; komşu elektrik işletme elemanlarının koruma iletkeni bağlantısının PE veya FPE'ye yapılması:

i) İletişim tesisinin, bulunduğu bölgedeki bir transformatör merkezi üzerinden, 1 kV'un üstündeki gerilimlere sahip bir şebekeye bağlanması durumunda, transformatör merkezinin alçak gerilim topraklama tesisi, iletişim

tesisine ilişkin topraklama tesisinin topraklama birleştirme iletkenine (A) bağlanmalıdır. Örnek için Şekil-16'ya bakınız.

ii) Transformatör merkezinin alçak gerilim tarafındaki doğrudan

topraklanmış yıldız noktası ile iletişim sisteminin topraklama tesisi arasında sadece tek bir bağlantı yapılmasına izin verilir. Bu bağlantının kesiti, iletişim sistemi akım beslemesine ilişkin giriş hattı üzerinde bulunan veya iletişim cihazlarının mahfazası içindeki kuvvetli akım tüketicilerine bağlı koruma düzeni, bağlantı hattı üzerindeki gövde veya toprak teması durumunda

çalışacak şekilde boyutlandırılmalıdır. Bu bağlantı, koruma işlevi olan bir potansiyel dengeleme iletkenidir (Şekil-16'da A üzerinde bulunan 1 bağlantısına bakınız).

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-16 Madde 21-b1'de belirtilen bir iletişim sisteminin fonksiyon ve koruma topraklamasına örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir

vermek amacını taşımaktadır.)

iii) Koruma işlevi de olan potansiyel dengeleme iletkeni için gerekli kesit, Çizelge-8'de belirtilen kesitler de dikkate alınmak kaydıyla, en az 10 mm² bakır olmak zorundadır.

Not: Koruma iletkenleri için geçerli olan en küçük kesitin boyutlandırılması, öncelikle potansiyel dengelemesinin işlevine göre belirlenir ve PEN iletkeninin kırılmaya karşı dayanımına bağlıdır (Üçüncü Bölüm'e bakınız).

iv) Komşu elektrik işletme elemanlarının (E) koruma iletkeni bağlantı noktaları, ya iletişim sisteminin fonksiyon ve koruma iletkeni (FPE) ile veya diğer tüketici tesisinin koruma iletkeni (PE) ile bağlanmalıdır.

2) Aşırı akım koruma düzeni bulunan TN-C-S sistemleri; komşu elektrik işletme elemanlarının (E) koruma iletkeni bağlantı noktalarının PE veya FPE'ye bağlanması:

i) Tüketici tesisi bir TN sisteminin parçası ise, bina bağlantısının (H) PEN-iletkeni ile (PEN) topraklama birleştirme iletkeni (A) arasında bir bağlantı yapılmalıdır. Bu durumda iletişim tesisinde, Üçüncü Bölüm'deki TN-S sistem için istenen koşullar geçerli olur. Örnekler için Şekil-17'ye bakınız.

ii) Aksi takdirde iletişim tesisinin arızalanması tehlikesi ortaya çıkabileceğinden, tüketici tesisindeki diğer yerlerde, PEN iletkeni (PEN) ile iletişim sisteminin topraklama tesisi arasında (fonksiyon topraklaması) başka bağlantılar yapılmamalıdır.

iii) Ek olarak Madde 21-b1/iii ve Madde 21-b1/iv geçerlidir.

Sayfa: 184

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-17 Madde 21-b2'de belirtilen bir iletişim tesisinin fonksiyon ve koruma topraklamasına örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir

vermek amacını taşımaktadır.)

3) Aşırı akım koruma düzenleri bulunan TN-C-S sistemler; komşu elektrik işletme elemanlarının (E) koruma iletkeni bağlantı noktalarının sadece PE'ye bağlanması:

Madde 21-b1/iii, Madde 21-b2/i ve Madde 21-b2/ii geçerlidir. Örnek için Şekil-18'e bakınız.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-18 Madde 21-b3'de belirtilen bir iletişim tesisinin fonksiyon ve koruma topraklamasına örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir vermek amacını taşımaktadır.)

c) TT sistem:

1) Aşırı akım ve hata akımı koruma düzenleri bulunan TT sistem:

i) Tüketici tesisi bir TT sisteminin bir parçası olarak işletilecekse, nötr iletkeni (N) ile topraklama birleştirme iletkeni (A) arasında bir bağlantı yapılmamalıdır. İletişim tesisinde, Üçüncü Bölüm'deki bir TT sistem için öngörülen koşullar geçerlidir. Örnek için Şekil-19'a bakınız.

ii) Eğer iletişim tesisinin işletme ve koruma topraklamasına bağlı olan kısımları ile koruma iletkenleri (PE) vasıtasıyla bağlanmış bulunan komşu elektrik işletme elemanları (E) arasında potansiyel farkları ve iletişim tesisinin duyarlı kısımları üzerine ters etkiler ortaya çıkıyorsa, komşu elektrik işletme elemanlarının (E) koruma iletkeni bağlantı noktaları, iletişim tesisinin topraklama birleştirme iletkeni (A) ile, Şekil-19'da gösterilen örnekte olduğu gibi bağlanmalıdır. Bağlantı hattının kesiti, TT sistemindeki koşullara uygun olarak boyutlandırılmalıdır.

iii) Hata akımı ile koruma düzeninin çalışmasının, doğru akım ile ön miktatsızlanma nedeniyle veya harmonikler nedeniyle etkilenmemesine dikkat edilmelidir.

2) Aşırı akım koruma düzeni bulunan TT sistem:

Madde 21-c1/i ve Madde 21-c1/ii geçerlidir. Örnek için Şekil-20'ye bakınız.

d) Yalıtım gözleme düzeni veya aşırı akım koruma düzeni ya da aşırı akım ve hata akımı koruma düzeni bulunan IT sistem:

1) Tüketici tesisi bir IT sisteminin parçası ise, iletişim tesisinde, IT sistemi için öngörülen koşullar geçerlidir.

2) Ek olarak Madde 21-c1/ii ve Madde 21-c1/iii geçerlidir.

Sayfa: 185

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil- 19 Madde 21-c1'de belirtilen bir iletişim tesisinin fonksiyon ve koruma topraklamasına örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir vermek amacını taşımaktadır.)

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil- 20 Madde 21-c2'de belirtilen bir iletişim tesisinin fonksiyon ve koruma topraklamasına örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir vermek amacını taşımaktadır.)

e) Fonksiyon topraklaması (FE)'nin koruma iletkeni (PE) ile bağlanması sırasındaki bozulmanın (gürültü) ortadan kaldırılmasını sağlayacak önlemler: Fonksiyon topraklamasının tüketici tesisinin koruma iletkeni (PE) ile bağlanmasıyla ortaya çıkabilecek iletişim tesisindeki fonksiyon arızalarını ortadan kaldırmak için, Madde 21-e1 ila Madde 21-e3'te belirtilen önlemlerden biri tavsiye edilir.

- 1) Koruma sınıfı II olan cihazların kullanılması.
- 2) Koruma ayırması.
- 3) Fonksiyon arızalarını önlemek için, Madde 21-e3/i ila Madde 21-e3/vi'deki koşullar altında ayırma transformatörlü (Z) tüketici tesisi. Örnek için Şekil 21'e bakınız.
 - i) Ayırma transformatörünün sekonder tarafında yeni kurulan şebekede, TN-S- veya TT sistemlerde şart koşulduğu üzere, dolaylı dokunmadaki tehlikeli vücut akımlarına karşı bir koruma önlemi uygulanmalı veya yeni kurulan şebekede, hatların ve kabloların toplam uzunlukları ve potansiyel dengeleme iletkenlerinin kesitleri için öne sürülen koşullar yerine getirilmelidir.
 - ii) Ayırma transformatörleri olarak yapı tarzlarına göre, ilgili standartlara uygun transformatörler kullanılmalıdır.
 - iii) Koruma sınıfı I olan bir ayırma transformatörü kullanılması durumunda, bunun gövdesi, bunu besleyen şebekenin koruma önlemine dahil edilmeli, yani bunu besleyen şebekenin koruma iletkeni (PE)'ye veya PEN iletkenine (PEN) bağlanmalıdır.

iv) Ayırma transformatörünün sekonder tarafında, yıldız noktası veya bir kutup, iletişim sistemine ilişkin topraklama birleştirme iletkeni ile bağlanmalıdır. Bu bağlantının kesiti, Çizelge-8'e göre boyutlandırılmalıdır.

v) Madde 21-b2 ve Madde 21-b3'de belirtilen koşulların aksine, besleme şebekenin PEN iletkeni (PEN) ile iletişim tesisinin topraklama birleştirme iletkeni (A) arasında herhangi bir bağlantı yapılmamalıdır.

vi) Topraklama birleştirme iletkenine (A), ayırma transformatörü köprüleyecek hiçbir topraklama iletkeni bağlanmamalıdır.

Hata akımı koruma düzeni kullanılması, iletişim tesisi işletmesi için sakıncalı oluyorsa, ayırma transformatörü kullanılması tavsiye edilir.

Sayfa: 186

* ŞEKİL VARDIR *

Not: Koruma sınıfı I olan bir ayırma transformatörü (Z) ve sekonder taraftaki şebeke olarak da TN-S sistem gösterilmiştir. Madde 21- e3/vi'de belirtilen şekliyle 3 ila 9 bağlantı noktaları sadece, eğer ayırma transformatörü (Z) köprülenmiyorsa bağlanmalıdır.

Şekil- 21 Madde 21-e'de belirtilen bir iletişim tesisinin fonksiyon ve koruma topraklamasına örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir vermek amacını taşımaktadır.)

f) Özel fonksiyon topraklama iletkeni kullanmaksızın, koruma iletkeni bağlantı ucu bulunan bir iletişim cihazının fonksiyon topraklaması için kurallar:

1) Eğer bir iletişim tesisinde fonksiyon topraklaması üzerinden akan işletme akımı 9 mA alternatif akımdan ve/veya 60 V'luk bir doğru gerilim kaynağı kullanıldığında 100 mA'lik doğru akımdan veya 120 V'luk bir doğru akım kaynağı kullanıldığında 50 mA'lik doğru akımdan büyük ise, koruma iletkeni (PE), tek başına iletişim sisteminin fonksiyon topraklaması iletkeni (FE) olarak kullanılamaz.

2) Eğer fonksiyon topraklaması iletkeni (FE) yoksa (Madde 18-b'ye bakınız) koruma iletkeni (PE), gerilim ve akım sınır değerlerinin tutulması koşulu ile, Madde 21-f1'e göre fonksiyon topraklaması yerine kullanılabilir. Örnek için Şekil-22'ye bakınız.

Bu koşullar altında, iletişim cihazlarına, koruma yalıtımlı kısımlarla birlikte sokulmuş olan koruma iletkeni (PE) de fonksiyon topraklaması olarak kullanılabilir.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-22 Sınırlandırılmış gerilim veya akımlarda, iletişim cihazlarının fonksiyon topraklamasının, koruma iletkeni (PE) üzerinden yapılmasına örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir vermek amacını taşımaktadır.)

Sayfa: 187

g) Acil ihtiyaç beslemesi:

1) Enversör şalter üzerinden acil ihtiyaç tesisinden veya benzerinden beslenen iletişim tesislerinde diğer tüketici tesisinin şebeke şekline ve koruma düzenine uyulmalıdır.

2) Enversör şalteri olmayan acil ihtiyaç tesisinden beslenen iletişim tesislerinde, Madde 21-b ila Madde 21-d'deki şebeke şekillerinden biri ilgili koruma düzenleriyle birlikte kullanılmalıdır.

Santrallar veya Ana İndirici Transformatör Merkezleri ve Yüksek Gerilim Direkleri Civarındaki İletişim Tesislerinin Topraklama Kuralları

Madde 22-a) Santralların ve ana indirici transformatör merkezlerinin içindeki iletişim tesislerine ilişkin topraklama tesisleri:

1) Santrallar veya ana indirici transformatör merkezleri, İkinci Bölüm'e uygun bir topraklama sistemiyle donatılırlar. Bu topraklama veya koruma topraklaması tesisinin topraklama birleştirme iletkeni, ana topraklama barası veya potansiyel dengeleme barası ile birlikte, örneğin Şekil-13 ile Şekil-20'de gösterildiği gibi, aynı zamanda iletişim tesisinin topraklama birleştirme iletkeni (A)'dır.

Bu müşterek topraklama birleştirme iletkeni (A)'ya yapılacak bağlantıyla, Şekil-13 ile Şekil-20'de gösterilen topraklama iletkenleri, mevcut bütün topraklayıcılara bağlanmalıdır. Özel bir iletişim topraklayıcısının yapılmasına gerek yoktur.

Bir santral veya ana indirici merkezin topraklama tesisi bölgesine giren veya buradan çıkan haberleşme kablosunun zırhı, iletken dış kılıfı, ekranı ve kablo başlığı, gerektiğinde hep birlikte en kısa yoldan bu topraklama tesisine bağlanmalıdır. (Madde 27-fl/i'e bakınız) (Ek-Z'ye bakınız).

2) İletişim kablosu veya bunun kablo başlığı ile santral veya ana indirici merkezin topraklama tesisi arasındaki topraklamaveveya potansiyel dengeleme

iletkeninin kesiti, her uzunluk birimi başına iletkenlik değeri, en azından zırhı ve ekranı ile birlikte dış kılıfıninkine eşit olacak şekilde belirlenmelidir. Ancak bu kesit en az 1,5 mm² olmalıdır.

3) İletişim tesisinin cihazları için, yerel olarak sınırlandırılmış bir potansiyel dengelemesi yapılmalıdır. Bunun için (Şekil-24 ile Şekil-28'e göre) tercihen, iletişim tesisinin bulunduğu yerde bir potansiyel dengeleme barası (PA) kullanılmalı ve bu, bir potansiyel dengeleme iletkeni üzerinden (Şekil-24 ile Şekil-28'de 9 no.'lu) en kısa yoldan santral veya ana indirici merkezin topraklama tesisinin ortak topraklama birleştirme iletkeni (A) ile bağlanmalıdır. Bu potansiyel dengeleme iletkeninin kesiti, bir fonksiyon topraklaması ve koruma iletkeninde (FPE) olduğu gibi, Madde 18-c'nin son iki paragrafına göre boyutlandırılır; ancak bu kesit en az 50 mm² bakır olmalıdır.

Potansiyel dengeleme barası, Madde 18-b2.2'nin son paragrafındaki gibi yapılmalıdır. Bu bara, iletişim tesisinin bulunduğu bölgede, her bir potansiyel dengeleme iletkeninin cihazlara olan uzunluğu yaklaşık 10 m'yi aşmayacak şekilde düzenlenmelidir.

4) Koruma amaçlı potansiyel dengelemesi için, iletişim tesisinin dokunmaya

açık bütün iletken kısımları (gövde), potansiyel dengeleme barasıyla (PA) bağlanmalıdır. Bu husus, koruma iletkeni bağlantısı olmayan iletişim cihazları (koruma sınıfı II'ye göre olan cihazlar) ve koruma yalıtımlı kısımlara sahip cihazlar için de geçerlidir.

Potansiyel dengelemesi Madde 27-e'ye göre yapılırsa, potansiyel dengeleme

iletkenlerinin kesitleri, Madde 17-b2 veya Madde 17-b3'e göre boyutlandırılır. Bu boyutlandırma kuralı, tüketici tesisine bağlantısı olmayan her bir cihazın potansiyel dengelemesi için de geçerlidir (bu durum Şekil-24 ile Şekil-28'de gösterilmemiştir).

Bütün diğer durumlarda, kesit boyutlandırması da dahil olmak üzere, fonksiyon ve koruma topraklaması iletkeni (FPE) için Madde 18-c'de öngörülen koşullar geçerlidir.

Bir santral veya ana indirici merkeze ilişkin topraklama tesisinin bulunduğu bölge içinde döşenmiş olan ve kendi potansiyel dengeleme barası (PA)

bulunan bir cihaz grubuna giden iletişim kablosunun zırhı, iletken kılıfı, ekranı ve kablo başlığı, tercihen topraklama birleştirme iletkeni (A) ile potansiyel dengelemesine dahil edilmelidir. Bunun için, Madde 22-a2'deki harici haberleşme kabloları için öngörülen koşullar geçerlidir. Bununla birlikte potansiyel dengeleme iletkeninin kesiti, iletişim tesisinden (potansiyel dengeleme barası (PA)), santral veya ana indirici merkezin topraklama tesisine (ortak topraklama birleştirme iletkeni (A)) giden potansiyel dengeleme bağlantısının kesitinden daha büyük olmamalıdır.

5) Bir santral veya ana indirici merkezin iletişim tesisindeki iletişim cihazlarına ilişkin cihaz grupları bir potansiyel dengeleme barasından (PA) yaklaşık 10 m daha uzakta bulunuyorsa, bu düzenlerin bulunduğu yerde, Madde

22-a3'e göre, bu düzenlere ilişkin bir potansiyel dengeleme barası (PA) düzenlenmeli ve koruma potansiyel dengelemesi Madde 22-a4'e göre yapılmalıdır.

Bir santral veya ana indirici merkeze ilişkin iletişim sisteminin potansiyel dengeleme baraları (PA) birbirleriyle en kısa yoldan bağlanmalıdır. Bu potansiyel dengeleme bağlantısının kesiti, Madde 22-a3'e göre en az, santralin ve ana indirici merkezin potansiyel dengeleme barası (PA) ile ortak topraklama birleştirme iletkeni (A) arasındaki potansiyel dengeleme iletkeninin en küçük kesitine eşit olacak şekilde seçilmelidir.

İletişim düzenlerinin bağlantı kabloları, bunların azalma etkilerinden yararlanmak amacıyla, potansiyel dengeleme bağlantılarının hemen yakınından

çekilmelidir. Azalma etkisi, potansiyel dengelemesinin iletken kablo merdivenleri veya tavaları ile yapılması durumunda arttırılabilir. Bu bağlantı kablolarının iletken dış kılıfları veya ekranları her iki ucundan potansiyel dengelemesine dahil edilebilir. Bu işlem doğrudan doğruya her bir haberleşme

kablosunda yapılmıyorsa, Madde 22-a4'deki koşullar geçerlidir. Bağlı bulunan iletişim cihazları, hatların kesişim yerlerinde, beklenen etkilenme gerilimlerine uygun olarak korunmalıdır.

6) Bir iletişim tesisinin iletişim düzenleri, tüketici tesisinin farklı alt dağıtım panolarına bağlı iseler (Madde 27-f1/ii), bağlantı trafiğindeki fonksiyon bozulmalarının önlenmesi için, iletişim akım devrelerinde, gerektiğinde, örneğin potansiyel ayırma gibi önlemlere başvurulur.

7) Dokunulabilir iletken kısımları bulunan iletişim cihazları (örneğin iklim koşullarına dayanıklı iletişim cihazları), yüksek gerilim işletme cihazlarının dokunmaya müsait iletken kısımlarıyla (gövde) el mesafesinde bulunuyorlarsa, iletişim cihazı, haberleşme bağlantı kablosunun zırhı, iletken dış kılıfı ve ekranı gibi aynı şekilde, santral veya ana indirici merkezin topraklama tesisine en kısa yoldan bağlanmalıdır. Potansiyel dengeleme iletkenlerinin tesislerinin boyutlandırılması için Madde 22-a4'e bakınız.

8) Santrallara veya ana indirici merkezlere sokulmuş olan haberleşme kabloları kuvvetli akım tesisleri tarafından etkilenirler; bu nedenle gerekli önlemler alınmalıdır. Yıldırım etkisiyle ortaya çıkan aşırı gerilimlere karşı bu kablolar uygun şekilde korunmalıdırlar.

b) Santral veya ana indirici merkezlerin dışındaki iletişim tesislerine ilişkin topraklama tesisleri:

Sayfa: 188

1) İletişim sisteminin topraklama tesisi ile santral veya ana indirici merkezin topraklama tesisi arasındaki yüksek gerilim direklerinden veya bunların, yıldız noktaları doğrudan veya akım sınırlandırıcı dirençler üzerinden topraklanmış şebekelerdeki potansiyel sürüklenmelerinden olan minimum mesafeleri Ek-Z'de Z.3'te verilmiş olup, bu mesafeler topraklama tesislerinin kenarları baz alınarak verilmiştir. Aynı minimum mesafeler, örneğin dağıtım panosu ve ankesörlü telefonlar gibi, toprak potansiyeline bağlı, halka açık iletişim tesisi kısımları için de geçerlidir.

2) Münferit durumlarda, topraklayıcıların veya bunlarla iletken olarak bağlı bulunan tesis kısımlarının yer değiştirmesi veya tesis kısımlarının topraklayıcılardan ayrılması durumunda, Madde 22-b1'deki minimum mesafelerin hala sağlanıp sağlanamayacağı kontrol edilmelidir.

3) İletişim kablolarının yüksek gerilim topraklama tesislerine yaklaşması durumlarında, iletişim sistemlerinin işletme akım devreleri ve iletken kablo dış kılıfları için uygun (DIN VDE 0845) koruma önlemleri uygulanmalıdır.

Alternatif Akımla Çalışan Raylı Sistemlerin Civarında Bulunan İletişim Sistemlerinin Topraklanması için Kurallar

Madde 23-a) Raylı sistem toprağına yapılan bağlantı ile koruma topraklanması: Üst hat bölgesindeki geniş bir alana yayılmış iletken kısımları doğrudan veya dolaylı olarak raylı sistem toprağına bağlanmalıdır. Bu, toprak üstündeki iletişim sistemlerinin iletken kısımları için de geçerlidir. Bu kısımlar, bu nedenle ray potansiyeline sahip olabilirler.

Not: Üst hat bölgesi, iletişim cihazlarına ilişkin kısımların bulunmadığı bölge (katener) olup bunun sınırları, kopan bir iletim telini aşamaz.

b) Ray potansiyeli ve ray potansiyeli nedeniyle demiryolu enince gerilim değişimi, dokunma gerilimleri:

1) $16(\text{üssü}2/3)$ Hz'lik raylı sistemlerde, orta büyüklükteki toprak direnci durumunda, referans toprağına karşı (tren yolunun enine doğru 100 m'den daha büyük mesafede), ray potansiyeli Us'ye ilişkin yönlendirici değerler için Çizelge-19'a bakınız.

2) Ray potansiyeli Us nedeniyle, $16(\text{üssü}2/3)$ Hz'lik raylı sistemlerde, tren yolu eninden (a) uzaklığındaki (u) geriliminin tipik değerleri için Şekil-23'e bakınız.

3) Tipik değerler, 50 Hz'lik raylı sistemlerde yaklaşık %40 daha yüksektir.

4) Ray potansiyeli Us'in hesaplanmasında, işletme durumu için, bağlantı yerinden geçen elektrikli bir lokomotifin çektiği en büyük akım kullanılır. Kısa devre durumunda, kısa devre yerine doğru akan akımların toplamıyla hesap

yapılır.

5) Ray potansiyeli Us nedeniyle ortaya çıkan dokunma gerilimleri için Şekil-6 geçerlidir.

* ŞEKİL VARDIR *

Okuma örneği: Demiryolu eninden (a) = 10 m mesafedeki referans toprağa

göre (u) gerilimi, ray potansiyeli Us'nin %20'si kadardır.

Şekil-23 Ray potansiyeli Us nedeniyle, $16(\frac{2}{3})$ Hz'lik raylı sistemlerde, demiryolu eninden (a) mesafesindeki (u) geriliminin % cinsinden tipik değerleri

Çizelge-19 Demir yolu sayısına bağlı olarak ray potansiyeli Us'in referans toprağa karşı tipik değerleri

Demir yolu sayısı	Her demir yolu başına 100 A'lik besleme durumunda ray potansiyeli Us
4 demir yolundan fazla peronu olan istasyonlar	0,5 ila 2 V
4 demir yolundan az peronu olan istasyonlar	2 ila 5 V
Boş (serbest) ray güzergahı	2 ila 5 V
Otomatik işaret yeri için yalıtılmış rayı bulunan boş (serbest) ray güzergahı	4 ila 8 V

c) İletişim sistemlerinin topraklama tesisleri için alınacak önlemler:

1) Raylı sistem dışındaki iletişim topraklama tesisleri ve toprakla bağlanmış olan iletişim tesisleri, üzerine seyir iletkeni döşeli demiryolundan en az 5 m'lik bir uzaklıkta bulunmalıdır.

İletişim topraklama tesisleri için en az 15 m'lik bir uzaklık bırakılmasına gayret edilmelidir.

2) Raylı sisteme ilişkin iletişim topraklama tesisleri, eğer bağlantı noktasında en az 4 adet ray bulunuyorsa, istasyonlarda ve boş (serbest) ray güzergahı boyunca yalıtılmış raylar olmaksızın raylı sistem toprağına bağlanabilirler.

Raylı sistem toprağının, her iki rayı da yalıtılmış olan iki ve daha fazla demiryolu güzergahlarında, sadece demiryolu veya topraklama bobinlerinin orta noktalarında veya bobin orta noktaları arasındaki bağlantı iletkenlerinde yapılmasına izin verilir.

Bir güzergahlı yollarda iletişim topraklama tesisleri boş (serbest) ray güzergahı boyunca genel olarak raylı sistem toprağına bağlanamazlar.

3) Raylı sistemdeki dönüş akımları için izin verilmeyen başka akım yollarının ortaya çıkmasını önlemek amacıyla, raylı sistem dışındaki iletişim topraklama tesislerinin raylı sistem toprağına bağlanabilmesi şu koşullar ile geçerlidir:

- Bağlantı sadece en az 4 demiryollu istasyonlarda, en az 6 güzergahlı

tramvay bölgelerinde öngörülebilir.

- Bağlantı yerinde en az 4 hareket rayı kesişmelidir.

Sayfa: 189

- Tramvay bölgelerinde, raylı sisteme ilişkin olmayan iletişim topraklama tesisleri 5'den az demiryollu istasyonlarda ve aynı şekilde boş (serbest) ray güzergahı boyunca, genel olarak raylı sisteme bağlanamazlar.

4) İletişim topraklama tesisi sadece bir yerde raylı sistem toprağıyla bağlanabilir.

Raylı sistem toprağına giden iletken, topraktan yalıtılmış olarak çekilmeli ve mekanik nedenlerle kural olarak 95 mm² (Cu)' lik minimum kesite

sahip olmalıdır. Topraklama birleştirme iletkeninin (A) bir noktasından, 10 mm

çaplı, sıcak daldırma galvaniz kaplı çelik tel de raylı sistem topraklamasına dönebilir.

5) Topraklama ring iletkenlerinin minimum kesitleri yaklaşık 120 mm² olan bakır iletkenler olmalıdır.

d) Raylı sistem toprağına bağlı kısımları bulunan iletişim sistemlerindeki önlemler:

1) Toprak üstündeki iletişim tesisleri:

Raylı sistem toprağına bağlı kısımlar ile referans toprak potansiyeline sahip hat klemensleri arasında Madde 23-b3'e göre çok yüksek dokunma gerilimleri ortaya çıkıyorsa, Madde 23-d1/i ila Madde 23-d1/iii'deki önlemlerden birinin alınması gerekir.

i) İletken kısımların yalıtkan malzeme ile değiştirilmesi:

ii) İletken kısımların üzerlerinin dokunmayı önleyici şekilde kapatılması; bu durumda bu kısımların raylı sistem toprağına bağlantısından vazgeçilebilir.

iii) Çalışmaları durumunda elektrotları birbirine kaynamasından dolayı gözlenmek zorunda olan, yüksek akıma karşı dayanıklı aşırı gerilim sınırlayıcıları (eklatör, parafudr) üzerinden, iletişim tesisi kısımlarının raylı sistem toprağına dolaylı olarak bağlanması.

2) İletişim kabloları:

i) Toprakla bağlı olsalar bile, haberleşme kabloları için Madde 23-c1 ve Madde 23-d2/ii geçerlidir.

ii) Aşağıdaki kısımlarla iletişim kabloları arasındaki minimum mesafeler şöyle olmalıdır:

Seyir teli rayı,1,2 m

Seyir teli hattı direkleri ve benzerleri,0,8 m

Raylı sistem toprağına bağlanmamış, yüksek gerilim direkleri (topraklama tesisi de dahil),0,5 m

söndürülmüş işletme (petersen bobinli) durumunda (örneğin 110 kV'luk tren

hattı),

Yıldız noktaları doğrudan topraklanmış şebekelerdeki yüksek gerilim direkleri.2,0 m

Eğer kablolar iyi yalıtılmış bir dış koruma kılıfına sahip ise veya korumalı şekilde kapatılmış iseler, demiryollarıyla bağlı seyir teli raylarına ve iletişim sistemlerine ilişkin kısımlara olan bu mesafelerin altına düşülebilir.

İletişim sistemine ilişkin hava hattı güzergahı üzerindeki kablolaştırılmış kısımlar için yüksek gerilim direklerine minimum mesafeler, söndürülmüş şebekede 2 m (0,5 m), doğrudan topraklanmış şebekede 15 m (2m)

olmalıdır. Parantez içindeki değerler, ayrı bir boruyla korunmuş kablolar içindir.

iii) Raylı sisteme ilişkin olmayan iletişim kabloları:

- Eğer 50 V'un üzerindeki alternatif gerilimler veya izin verilmeyen yüksek akımlar, kablo dış kılıfları üzerinden taşınıp sürüklenebilecek ise, demiryolları arasında uzanan ve ayrı bir boruyla korunmamış, raylı sisteme ilişkin olmayan haberleşme kablolarına, istasyon sahasından çıkarken yalıtım mufları monte edilmelidir.

- Köprüler üzerinde bulunan ve raylı sisteme ilişkin olmayan iletişim kabloları, köprünün iletken ve raylı sistem toprağına bağlanmış yapı kısımlarına karşı yalıtılmalı ve kopacak bir seyir iletkeni tarafından dokunulamayacak şekilde döşenmelidir. Kablo dış kılıfı ile raylı sistem toprağı arasında yüksek gerilimlerin ortaya çıkması veya dış kılıf üzerinden yüksek akımların akmasının mümkün olmayacağı kanıtlandığı takdirde bir yalıtıma gerek görülmeyebilir. Ancak bu durumda dış kılıf ve zırh, iletken köprü kısımları ile iletken olarak bağlanmalıdır.

iv) Raylı sisteme ilişkin iletişim kabloları:

Raylı sisteme ilişkin haberleşme kablolarının iletken dış kılıfları, kural olarak raylı sistem toprağına bağlanır ve bu durumda seyir hattı direklerine veya seyir raylarına olan minimum uzaklıklar sadece yapısal nedenlerle tutulması gereken uzaklıklardır.

e) Raylı sisteme ilişkin iletişim sisteminin, raylı sistem toprağına bağlı kısımları üzerinde çalışılırken alınması gereken önlemler:

1) Toprak üstü iletişim tesislerinde Madde 23-d1'e uygun önlemler alınmamışsa, uygun şekilde yalıtılmış aletlerle çalışılmalı ve taban yalıtımı öngörülmelidir.

2) Raylı sistem toprağı iletişim sisteminin topraklama tesisleriyle bağlanmamış olan tesislerde çalışılırken, elle temas edilebilecek bölgede bulunan ve raylı sistem toprağına bağlı kısımlar örtülmelidir.

3) Eğer çalışma sırasında uzaktaki toprağı karşı engelleyici dokunma gerilimleri bulunuyorsa, raylı sistem toprağına bağlı gövdeler (mahfaza) çalışma sırasında bundan geçici olarak ayrılabilir.

f) İletişim tesislerinin şebeke beslemeleri: İletişim tesisini besleyen ve raylı sisteme dahil olmayan bir tüketici tesisinin PEN iletkeni (PEN) raylı sistem toprağı ile bağlanmamışsa, aşağıdaki önlemlerden biri alınmalıdır:

1) Gerilimi 1 kV'un üzerinde olan bir şebekeden besleme (Şekil-16'ya bakınız).

2) Çevirme oranı 1:1 olan ayırma transformatörleri üzerinden besleme (Şekil-21'e bakınız).

3) Hata akımı koruma düzeni üzerinden bağlantı (Şekil-19'a bakınız).

Doğru Akımlı Raylı Sistemler Çevresinde Bulunan İletişim Tesislerinin Topraklanması için Kurallar

Madde 24-a) İletişim sistemine ilişkin topraklama tesisleri, topraklama birleştirme iletkenleri veya toprak yayılma dirençleri küçük olan iletken kısımlar (kablo dış kılıfları, temeller) doğrudan doğruya seyir raylarına

bağlanamazlar. Gerekli koruma topraklamaları üst hat (kataner) bölgesinde sadece, faaliyete geçtikleri zaman elektrotları birbirine kaydığı için gözlem altında tutulmak zorunda olan yüksek akıma dayanıklı aşırı akım sınırlayıcıları üzerinden (eklatör, parafudr) yapılmalıdır.

Not: Üst hat bölgesi, iletişim cihazları bulunmayan ve sınırları, kopan bir seyir iletkeni tarafından aşılmayan bölgedir

b) Hacimsel olarak fazla büyük olmayan ve topraklama dirençleri büyük olan, örneğin kabloların, içlerine yalıtılmış olarak sokulduğu dairesel dağıtıcılar gibi yapı elemanları, koruma topraklaması için doğrudan doğruya seyir raylarına bağlanabilir.

c) Raylı sistem sahası içindeki kablolar kuru kanallar içine döşenmeli veya iyi yalıtılan dış koruma boruları ile donatılmalıdır. Kablo dış kılıflarının seyir raylarıyla hiçbir iletken bağlantısı olmamalıdır. Kabloların bina içine sokulduğu yerde kural olarak yalıtıcı muf öngörülmelidir.

d) Tüketici tesisinden beslenen iletişim tesisleri, korozyonu önlemek amacıyla, doğru akım raylı sisteminin toprağından galvanik olarak ayrılmış olmalıdır. Kural olarak bir ayırıcı transformatör kullanılmalıdır.

Sayfa: 190

e) İletişim tesisine ilişkin topraklayıcılar, seyir raylarından yeterli uzaklıkta olmalıdır. Kural olarak en az 30 m'lik bir mesafe yeterlidir.

f) Yeraltı raylı sistemlerinde (metro) haberleşme kablolarının iletken dış kılıfları, harmonik etkisini önlemek üzere, her iki ucundaki kondansatörler üzerinden tünelin topraklamasına bağlanabilir.

Yıldırımdan Korunma Tesislerinin Civarındaki İletişim Tesisleri için Topraklama Kuralları

Madde 25-a) Komşu topraklayıcılar: Yıldırıma karşı koruma topraklamalarına

2 m'den daha küçük mesafede başka topraklayıcılar bulunuyorsa, bütün topraklayıcılar birbirleriyle bağlanmak zorundadır. Topraklayıcı mesafelerinin 2 ila 20 m arasında olması durumunda bütün topraklayıcıların birbirleriyle bağlanması tavsiye edilir.

Toprak öz direncinin 500 (Ω)m'den daha yüksek olduğu durumlarda, aralarındaki mesafeler 20 m'den büyük olan topraklayıcıların da yıldırıma karşı koruma topraklamasına bağlanması tavsiye edilir.

Geçip gitmekte olan ve her bir yüksek gerilim direğine ilişkin tekil topraklama tesisine yaklaşan iletişim kablolarının iletken dış kılıfları için yukarıdaki koşullar geçerli değildir (Madde 22-b'ye bakınız).

Yıldırıma karşı koruma topraklayıcılarına bağlantılar, galvanik olarak veya eklatörler üzerinden (açık topraklama) yapılabilir. Farklı metallere meydana gelen topraklayıcıların galvanik bağlantısı sonucu korozyon zararlarının ortaya çıkması kaçınılmaz olursa, açık topraklama kullanmak zorunludur.

b) Binaların yıldırımdan korunması: İletişim sistemine ilişkin topraklama tesislerinin, binanın yıldırıma karşı koruma tesisine bağlanması tavsiye edilir. Bunun için, yıldırıma karşı koruma tesisinde olduğu gibi aynı iletken kesitleri ve elemanlar kullanılmalıdır.

Bu amaçla topraklama kuşaklama (ring) iletkenleri birçok kere, ancak

topraklama baraları veya topraklama klemensleri sadece bir kere bağlanırlar.

İçlerinde iletişim tesisleri işletilen, yıldırım tehlikesine maruz kalabilecek yüksek binalarda (örneğin çelik-beton haberleşme kulelerinde), atlamaları önlemek için, dikey metal kısımlar yeterli kesitteki inşaat demiri (St 37) ile sarılmış olmalıdır. Topraklama birleştirme iletkeninin, teknik donanım için yukarıya taşınması boyunca, fonksiyon topraklaması ve koruma iletkeni (FPE) her katta, fakat en az 10 m aralıklarla ve aynı şekilde binanın en üst ve en alt noktalarında, örneğin binanın demir iskeleti gibi sarılı dikey metal kısımlarına bağlanmalıdır. Bu durumda bu kısımların kolay erişilebilir bağlantı noktaları bulunmalıdır.

Yıldırıma karşı koruma tesisi bir ana indirici merkezin işletme topraklamasından ayrı tutuluyorsa, bu işletme topraklamasıyla bağlanmış iletişim sistemine ilişkin topraklama tesisi, Madde 25-a'daki gibi, sadece eklatör üzerinden yıldırıma karşı koruma tesisiyle bağlanabilir.

Anten Tesislerinin Civarındaki İletişim Tesisleri için Topraklama Kuralları

Madde 26- İşletme gereksinimleri bunun aksini gerektirmediği müddetçe, şart koşulan topraklama tesisi, iletişim tesisinin topraklama birleştirme iletkenine bağlanmalıdır.

İletişim tesislerinin topraklama birleştirme iletkenleri, anten tesislerinin topraklanmamış elektriksel karşı ağırlıklarıyla bağlanmaz.

Santral Merkezi Birimleri ve Bunların İletim ve Nihai Donanımları da Bulunan İletişim Tesislerinin Topraklanması için Kurallar

Madde 27-a) Çok sayıda topraklama ve potansiyel dengeleme: Kendilerine özel beslemeleri olan, örneğin tüketici tesisi tarafından beslenen, çok sayıda cihazdan meydana gelen iletişim tesislerinde, münferit koruma iletkenleri (PE)

ile iletişim tesisinin çok sayıda topraklanması söz konusu olur. Böyle bir düzenleme, tehlikeli vücut akımlarına karşı koruma koşullarını sağlar.

Tekil cihazlar arasında başka potansiyel dengeleme bağlantıları mevcutsa, fonksiyon bozulmalarını önlemek için gerilim düşümleri sınırlandırılmalıdır. Bu sınırlama, dengeleme akımları ve/veya empedanslar azaltılarak sağlanabilir.

b) Potansiyel dengelemeli tesislerde, işletme nedeniyle akan akımların sınırlandırılması:

Sınırlandırma için alınacak önlemler şunlardır:

1) İletişim tesisinin bağlantı noktasından itibaren TN-S sisteminin kullanılması,

2) Bütün tesis kısımlarının, tüketici tesisin aynı bağlantı noktasından beslenmesiyle dengeleme akımlarının ortadan kaldırılması.

Not: İşletmede akan akımlara, gürültü süzücü filtrelerin süzölmüş harmonik akımları da dahildir.

c) Potansiyel dengeleme ve topraklamada empedansların sınırlandırılması: Bu sınırlama, potansiyel dengeleme iletkenlerinin, bir potansiyel yüzeyi oluşturacak biçimde, ağ şeklinde düğümlenmesiyle, bunların yıldız şeklinde yapılmasına kıyasla daha çabuk gerçekleştirilir.

Not: Gözlü veya yüzeysel şekilli potansiyel dengelemesi, esas itibarıyla yıldız şekline kıyasla daha düşük empedanslıdır.

Endüktif bir azalma etkisi, yıldız şekilli potansiyel dengelemesinde değil, sadece gözlü veya yüzeysel şekilli potansiyel dengelemesinde ortaya çıkar. Endüklenen akımların manyetik alanları, uyarıcı manyetik alana ters yönde olduğundan, toprak sistemi içindeki çevrimler (gözler) genel olarak azaltıcı etki yaparlar.

d) Potansiyel dengelemesi için koşullar:

1) Koruma potansiyel dengelemesi için koşullar: Yaşam ve eşya koruması için koşulları belirleyen Madde 17-b2 ve Madde 17-b3 geçerlidir.

2) Fonksiyon potansiyel dengelemesi için koşullar: Fonksiyon potansiyel dengelemesi için koşullar, iletişim tesisinin işletildiği frekans bölgelerine ve elektromanyetik uyumluluk (EMC) koşullarına göre belirlenir. Bununla, Madde

17-b2 ve Madde 17- b3'de belirtilen koruma potansiyel dengelemesindeki iletken

olma koşulu ötesinde, potansiyel dengeleme bağlantılarından düşük bir empedansa sahip olmaları, aynı zamanda iletişim akım devrelerini ekranlamaları

ve potansiyel ayırması yapmaları istenir.

Çizelge-20, şebeke bağlantı kombinasyonları ve Madde 27-e ve Madde 27-f'ye

göre iletişim sistemlerine ilişkin bağlantı iletkenlerinin yapılışı hakkında bir fikir vermektedir.