

Elektronik Resmi Gazete

21.08.2001 Salı

Sayı: 24500 (Asıl)

Son Güncelleme: 25.08.2001 18:02

Yönetmelikler

Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği (2.Kısım) * WEB Sayfalarının izlenmesi için bölümlere ayrılmıştır. Orijinalinde buradaki gibi kısımlar yoktur.*
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığından:

Sayfa: 191 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

Çizelge-20 Şebeke bağlantı kombinasyonlarına ve ayrı iletişim tesislerinin veya iletişim tesisi ile uzaktaki son eleman arasındaki bağlantı iletkenlerinin yapılışına ve bunların ekranlanmasına bakış

Potansiyel dengeleme tesisi			
Birlikte (Madde 27-e)	Ayrıık (Madde 27-f)		
Bağlantı	Şebeke bağlantısı		
iletkenlerinin şekli	Aynı tüketici tesise veya aynı alt dağıtım panosuna	Ayrıık tüketici tesislerine panolarına	Ayrıık alt dağıtım
	Cihaz düzeni		
	Sık birlikte, Örneğin bir odada	Uzaktaki son eleman	Uzaktaki son eleman
Ekranlı bağlantı hatları	Şekil-24	Şekil-25 (Madde 27-f1/i)	Şekil-27 (Madde 27-f1/ii)
Ekranlı bağlantı hatları	--	Şekil-25'deki nota bakınız	Simetrik hat çekimi gereklidir; Şekil-28 (Madde 27-f2)

Şekil-24 ila Şekil-28 şematik olarak, elektromanyetik uyumluluk (EMC) ve koruma potansiyel dengelemesinin koşullarını özetle sağlayan fonksiyon potansiyel dengelemesine örnekler göstermektedir.

Çizelge-20 için not: Fonksiyon potansiyel dengelemesi için öne sürülen koşulların zor olması durumunda (örneğin elektromanyetik uyumluluk), merkezi ünitelerin yerleştirildiği mekan içinde, bakır çubuklarla, yükseltilmiş taban içinde, yaklaşık 50 cm'lik göz açıklığı bulunan bir gözlü şebeke (M) veya benzerinin kurulması tavsiye edilir ve her bir cihazın mahfazası (referans yüzeyi; Şekil-24 ila Şekil-28'de 2 numaralı) en kısa yol üzerinden bu potansiyel dengeleme şebekesiyle bağlanmalıdır. Şebekenin kendisi, odanın potansiyel dengeleme barasıyla (PA) birçok kez bağlanmalıdır. Bağlantı iletkenlerinin, doğrudan doğruya yüzeysel topraklamanın gözlü şebekesi (M) üzerine dşenmesi avantajlıdır. Cihazların üst tarafındaki kablo merdiven veya tavaları da yüzeysel topraklamanın işlevi için kullanılabilir şekilde yapılmalıdır.

Birbirinden ayrı noktalardan yapılan akım beslemelerinde veya iletişim tesislerinin şebekeye bağlanmaları için gerekli alt dağıtım panolarında, bunlar arasında galvanik bir bağlantı olsa dahi, genel olarak birbirinden ayrı potansiyel dengeleme tesisinden hareket edilmelidir. Bu galvanik bağlantının empedansı, çoğu durumda, dengeleme akımlarının artan frekansıyla birlikte, öyle izin verilemeyen yüksek direnç değerlerine ulaşır ki, yüksek frekans bölgesinde, ortak potansiyel dengeleme tesisinin belirgin özelliği kaybolur.

e) Ortak potansiyel dengeleme tesisi bulunan iletişim tesisleri: İletişim tesisleri, uzaktaki son elemanları da dahil olmak üzere aynı tüketici tesisine veya aynı alt dağıtım panosuna bağlanıyorsa, Şekil-24 veya Şekil-25'e göre yapılmalıdır.

f) Birbirinden ayrı potansiyel dengeleme tesisi bulunan iletişim tesisleri: İletişim tesislerinin kısımları, bunların iletim ve son cihazları da dahil olmak üzere, farklı şebekelere, bina bağlantılarına veya alt dağıtım panolarına PEN iletkeni (PEN) ile bağlanıyorsa, bu durumda bu kısmi tesisler arasındaki iletim hatları (Şekil-26'da No.7'ye bakınız) galvanik olarak ayrılmalıdır.

İletim hatlarının çeşidine göre, ek olarak Madde 27-f1 veya Madde 27-f2 geçerlidir.

Şekil-24 ila Şekil-28 için açıklamalar

Gösterilen cihaz ve işletme elemanları:

- A Topraklama birleştirme iletkeni (Ana potansiyel dengelemesi için bara),
- EE Son eleman,
- H Bina bağlantı kutusu (kofra) veya benzeri,
- M İletişim tesisinin bulunduğu yerde potansiyel dengelemesi için yüzeyel topraklamaya ilişkin gözlü şebeke,
- PA İletişim tesisinin bulunduğu yerde potansiyel dengeleme barası,
- T Galvanik ayırma için düzen,
- UV Tüketici tesisine ilişkin alt dağıtım panosu.

Gösterilen iletken ve bağlantılar:

- 1 Madde 18-b2.4'e göre topraklama iletkenleri için bağlantı (eğer varsa),
- 2 Bir cihazın referans iletkeni veya yüzeyi; gövde ile çok kez bağlanmış olabilir,
- 3 Gövdeye izin verilen bağlantı,
- 4 Referans iletken,
- 5 Bir sinyal hattının ekranı (No. 6), aynı zamanda potansiyel dengeleme iletkeni,
- 6 Sinyal hattı,
- 7 Sinyal hatlarından (No.6) ve referans iletkenlerden (No.2 veya No.4) galvanik olarak ayrılmış iletim hattı
- 8 PA ve koruma iletkeni (PE) arasında potansiyel dengeleme iletkeni,
- 9 PA ve A arasında potansiyel dengeleme iletkeni.

1) Ekranlı iletim hatları bulunan iletişim tesisleri:

i) Farklı şebekelerden besleme: Bu tesislerde, (sinyal) iletim hatlarının ekranlarının gerekli olan iki taraflı bağlantıları ile bir potansiyel dengeleme ortaya çıkar (Şekil-26'ya bakınız). Bu ekranların, her bir ilgili potansiyel dengeleme tesisine bağlantısı, ilgili topraklama tesisine veya potansiyel dengeleme barasına (A, M, PA), örneğin ilgili binaya girdikten sonra en kısa yoldan yapılmalıdır ve ek olarak ilgili cihazın mahfazasına bağlanmalıdır. Hat ekranlarının kesiti için Madde 27-d2 geçerlidir.

Tesislerin arasındaki sinyal iletim hatlarının galvanik olarak ayrılmasından sadece, eğer belirgin şekilde görülebilen ve güvenlik altına alınmış olan ortak bir topraklama ve potansiyel dengeleme tesisi varsa (Çizelge-20'deki Not) vazgeçilebilir.

ii) Aynı şebekeden, farklı alt dağıtım panolarıyla besleme: Bir iletişim tesisinin cihazlarının bu şekilde düzenlenmesi durumunda (Şekil-27'ye bakınız), L1 ila L3 ana iletkenlerinin fark akımları sinyal iletim hattının ekranı ve potansiyel dengeleme iletkeni üzerinden akabilir ve fonksiyon bozulmalarına neden olabilir.

Bu fonksiyon bozulmaları sadece, fark akımların azaltılması, potansiyel dengeleme tesisinin empedansının azaltılması gibi başka önlemlerle veya bunlardan başka, galvanik olarak tamamen ayrılmış iletim sistemleriyle azaltılabilir veya ortadan kaldırılabilir.

Sayfa: 192 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

2) Ekransız sinyal iletim hatları kullanılan iletişim tesisleri: Ekransız sinyal iletim hatlarının kullanılması durumunda uzaktaki son cihaz, merkezi ünitenin potansiyel dengelemesine dahil edilemez ve sinyal iletim hatları, iletişim sistemine ilişkin donanımlardan galvanik olarak ayrılmalıdır; zira

aksi takdirde potansiyel dengeleme iletkenleri ve aynı zamanda sinyal hatları L1 ila L3 ana iletkenlerinin fark akımlarını geçirirler. Bununla ilgili bir örnek Şekil-28'de gösterilmiştir.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-24 Bir iletişim tesisinin santral merkezi ünitelerinin topraklamasına ve potansiyel dengelemesine örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir vermek amacını taşımaktadır.)

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-25 Aynı alt dağıtım panosundan beslenen uzaktaki bir son cihaza sahip iletişim tesislerinin topraklamasına örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir vermek amacını taşımaktadır.)

Not: Uzaktaki son cihaza giden sinyal hattı ekransızsa, akım devresinin simetrik olması, yani çaprazlanmış iletkenlerin kullanılması ve hatların simetrik olarak sonlandırılmaları gerekir.

Sayfa: 193 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-26 Aynı şebeke beslemeli, ekranlı iletim hatlı ve ayrık topraklama veya potansiyel dengeleme tesisine sahip iletişim tesislerinin topraklamasına örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir vermek amacını taşımaktadır.)

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-27 Aynı şebeke beslemesinin başka bir alt dağıtım panosundan beslenen ve ekranlı sinyal iletim hatlarıyla bağlanan uzaktaki bir son cihaza sahip iletişim tesisinin topraklamasına örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir vermek amacını taşımaktadır.)

Not: Bu düzenlemede fonksiyon bozulmaları mümkündür (Madde 27-fl/ii'ye bakınız).

Sayfa: 194 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-28 Aynı şebeke beslemesinin başka bir alt dağıtım panosundan beslenen ve ekransız, galvanik olarak ayrılmış sinyal iletim hatlarıyla bağlanan uzaktaki bir son cihaza sahip iletişim tesisinin topraklamasına örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir vermek amacını taşımaktadır.)

Görüntü ve Ses İletim Arabalarını da Kapsayan Televizyon ve Radyo Yayın Tesisleri için Topraklama Kuralları

Madde 28-a) İletişim tekniği (radyo, televizyon, ses ve görüntü tekniği) ile ilgili sinyal iletim tesisleri, örneğin sinyal iletim arabaları ve sinyal iletim cihazları, tüketici tesislerine bağlanmışsa ve sinyal iletim tesisinin koruma iletkeni (PE)'nin, tüketici tesisin koruma iletkeni (PE) veya PEN iletkeni (PEN) ile bağlantısında arızalar ortaya çıkıyorsa, bu durumda, dolaylı dokunmada ortaya çıkacak tehlikeli vücut akımlarına karşı korumanın sağlanması için, Madde 28-b ila Madde 28-d'de belirtilen önlemlerden biriyle yardım sağlanır.

b) Tekil cihazlar, koruma ayırması ile koruma önlemine uygun olarak bağlanmalıdırlar.

c) Bulunduğu yerde sabit olan iletim tesisleri için Madde 28-c1 veya Madde 28-c2 geçerlidir.

1) Sinyal iletim tesisleri Madde 21-c'ye uygun olarak TT sistem olarak kurulmalıdır.

2) Sinyal iletim tesisi Madde 21-e ve Şekil-21'de olduğu gibi bir ayırma transformatörü üzerinden beslenmelidir.

d) Hareketli sinyal iletim tesislerinde, sekonderinde potansiyel dengelemesi bulunan bir ayırma transformatörü kullanılmalıdır.

Ayırma transformatörü çok sayıda tüketicinin bağlanması durumunda Madde 28-d1 veya Madde 28-d2 sağlanmış olmalıdır.

1) Hat ve kabloların toplam uzunlukları sınırlandırılıyorsa, ilgili standartlardaki hükümler (örneğin DIN VDE 0100 Kısım 728/04.84, Madde 4.2.4.2.2 vb) geçerlidir.

2) Hat ve kabloların toplam uzunlukları sınırlandırılmıyorsa, Madde 28-d2/i ila Madde 28-d2/vii'deki koşullarla ilgili standartlardaki hükümler (örneğin DIN VDE 0100 Kısım 728/04.84, Madde 4.2.4.2.1 vb) geçerlidir. Örnekler için Şekil-29 ve Şekil-30'a bakınız.

i) Bir veya üç fazlı olan ve işletme bakımından birbirini tamamlayan sinyal iletim tesisleri tek bir ayırma transformatörüne bağlanabilir.

ii) Anma alternatif gerilimi, her ana iletkenin toprağa karşı 250 V olarak sınırlandırılmalıdır.

iii) Potansiyel dengeleme iletkeni, üç fazlı alternatif akımda ayırma transformatörünün sekonder tarafındaki yıldız noktasıyla veya bir fazlı alternatif akımda, sekonder taraftaki her iki bağlantı noktasından biriyle bağlanmalıdır.

iv) Potansiyel dengeleme iletkeninin yapılışı, kesiti ve işaretlenmesi ile ilgili olarak Üçüncü Bölüm'deki koruma iletkenleri için belirlenmiş olan koşullar geçerlidir.

v) Potansiyel dengeleme iletkeni topraklanabilir.

vi) Koruma yalıtımı uygulanmış ayırma transformatörleri, ilgili standartlara uygun olan yer değiştirebilen transformatörler için belirlenen koşulları sağlamalıdır.

vii) Aşırı akım koruma düzenlerine ek olarak, anma açma akımı 30 mA olan hata akımı koruma düzenleri de kullanılmalıdır.

Not: Hata akımı koruma düzenleri bir veya birden çok akım devresi için kullanılabilir.

Sayfa: 195 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-29 Madde 28-d2'de belirtilen, üç fazlı alternatif akıma bağlı, ayırma transformatörlü, aşırı akım ve hata akımı koruma düzenleri ve potansiyel dengelemesi bulunan bir sinyal iletim tesisine örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir vermek amacıyla taşımaktadır.)

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-30 Madde 28-d2'de belirtilen, bir fazlı alternatif akıma bağlı, ayırma transformatörlü, aşırı akım ve hata akımı koruma düzenleri ve potansiyel dengelemesi bulunan bir sinyal iletim tesisine örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir vermek amacıyla taşımaktadır.)

Sayfa: 196 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

Yeri Değiştirilebilen Elektrikli Müzik Tesislerinin Topraklamasıyla İlgili Kurallar

Madde 29- Örneğin şebekeden beslenen bir kuvvetlendirici ve buna bağlı müzik cihazları, mikrofonlar ve hoparlörlerden meydana gelen ve yerleri değiştirilebilen elektrikli müzik tesislerinin gürültüsüz işletilebilmesi için, özellikle bu tip çok sayıda müzik tesisinin birlikte işletilmesi sırasında, bunların mahfazaları, ekranları veya ortak referans potansiyelli (fonksiyon topraklamalı veya fonksiyon ve koruma topraklamalı) alçak frekanslı sinyal devrelerinin referans iletkenleri, dolaylı veya dolaysız olarak Madde 29-a ve Madde 29-b'deki koşullar altında birbirleriyle bağlanabilir.

a) Doğrudan doğruya şebekeye bağlanacak cihazlar, IEC 60065'e uygun olmalıdır.

b) Madde 29-a'daki koşulun sağlanıp sağlanmadığı kullanım yerinde test edilemiyorsa, bunun dışında, şebeke ile çalışan her cihaz, şebekeye, her

birinin kendisine ilişkin olan bir ayırma transformatörü üzerinden bağlanır.

Bu husus, cihazların üzerine monte edilmiş prizler ile şebekeye bağlanan cihazlar için de geçerlidir.

Not: Cihazı bağlamadan evvel, en azından, ayırma transformatörü ile, şebeke ile çalışan cihaz arasındaki şebeke bağlantısının dış görünüşünün hatasız olup olmadığının kontrolü gözle yapılmalıdır.

Taşınabilir İşletme Yerlerindeki İletişim Sistemleri için Alınacak Koruma Önlemlerine İlişkin Kurallar

Madde 30-a) Taşınabilir işletme yerlerindeki, örneğin taşıtlardaki veya kabinlerdeki, iletişim sistemleri, bunları besleyen şebekenin koruma yöntemi çeşidinden bağımsız olarak işletiliyorsa ve kullanım yerinde belirgin özelliklere sahip bir topraklama sağlanamıyorsa, bu durumda aşağıdaki koşullarla, her taşınabilir işletme yerinin şebekesi, bir ayırma transformatörü ile besleme şebekesinden ayrılmak zorundadır. Böylece sekonder tarafta yeni bir şebeke meydana gelir.

Ayrırma ile, besleyen taraftaki dokunma gerilimlerinin sekonder tarafta, taşınabilir işletme yerindeki gövdeler ile toprak arasında ortaya çıkması önlenmelidir. Bu husus, Madde 30-a1 ila Madde 30-a6'daki önlemlerin yerine getirilmesini gerektirir.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-31 Taşınabilir bir işletme yerine (örneğin taşıt, kabin) örnek (Not: Bu şekil mecburi olmayıp, yalnızca bir fikir vermek amacıyla taşınmaktadır.)

Sayfa: 197 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

1) Örneğin hat girişi, şalter ve transformatör gibi, besleyen şebeke ile bağlı bütün kısımlar, koruma yalıtımı olarak tanımlanan koruma önleminin koşullarını sağlamak zorundadır.

2) Ayrırma transformatörü, koruma yalıtımlı ayırma transformatörleri için geçerli olan ilgili standartlara uygun olmalı ve en azından mutlaka kısa devreye karşı dayanıklı olmalıdır.

3) Ayrırma transformatörünün çıkış tarafında, bir fazlı transformatörlerde bir iletken, üç fazlı transformatörlerde yıldız noktası, taşınabilir işletme yerinin mahfazasına ve koruma iletkenine (PE) bağlanmalıdır.

4) Taşınabilir işletme yerinin içinde, uygun bir TN sistem kurulmalıdır; Ancak burada koruma iletkeni topraklanacak yerde, taşınabilir işletme yerinin iletken mahfazası ile iletken bir şekilde bağlanır; bu bağlantıda, mahfazanın herhangi bir noktası ile ayırma transformatörünün bağlantı noktası arasındaki direnç 2 (Ω)'dan büyük olmamalıdır.

5) Potansiyel dengelemeyi tesis etmek üzere, koruma yalıtımlı olmayan, sabit yerleştirilmiş cihazların gövdeleri ve prizlerin koruma kontakları, birbirleriyle iletken olarak bağlanmalıdır.

6) İletişim düzenleri için, koruma iletkeni (PE) ile, taşınabilir işletme yerinin mahfazası ve fonksiyon topraklamasının bağlantı noktasıyla iletken olarak bağlanmış olan bir potansiyel dengeleme iletkeni (potansiyel dengeleme barası) tesis edilmelidir. Koruma önlemlerinden bağımsız olarak bir fonksiyon topraklaması iletkeni (FE) bağlanabilir (Şekil-31'e bakınız).

b) Şebekeye bağlanan iletişim cihazları, Madde 30-a'ya göre donatılmış taşınabilir işletme yerlerinin dışında da kullanılacaksa, bunlar DIN VDE 0100 Kısım 728'e göre, Madde 30-b1 ila Madde 30-b6'daki koşulların da dikkate alınması koşulu ile, sadece, taşınabilir işletme yerinin dışındaki işletme elemanları için öngörülen ek bir ayırma transformatörü üzerinden bağlanabilirler.

1) Ek ayırma transformatörünün sekonder akım devresi hiçbir noktadan, başka bir akım devresiyle, taşınabilir işletme yerinin mahfazasıyla veya toprakla bağlantılı olmamalıdır.

2) Taşınabilir işletme yerlerinin dışındaki işletme elemanlarının bağlantıları için kullanılan koruma kontaklı prizler işaretlenmeli ve ip şeklinde akan suya karşı korunmuş veya yerleştirilmiş olmalıdır.

3) Gövdelerin potansiyel dengelemesi için, ek ayırma transformatörünün aynı sekonder akım devresine ilişkin bütün prizlerin koruma kontakları birbirleriyle, bir potansiyel dengeleme iletkeni vasıtasıyla bağlanmalı, ancak topraklanmamalıdır.

4) Taşınabilir işletme yerinin dışındaki işletme elemanları için öngörülen potansiyel dengeleme iletkeni, Madde 30-a'nın aksine, bu ayırma transformatörünün yıldız noktasına bağlanamaz.

5) Potansiyel dengeleme iletkeni Üçüncü Bölüm'e göre boyutlandırılmış olmalı ve sarı-yeşil renkle işaretlenmelidir.

c) Burada açıklanmamış koruma önlemleri, taşınabilir işletme yerlerinin içinde ve dışında, eğer tamamen doğru düzgün bir iletişim işletmesi mümkün olacaksa, ilgili standartlar da göz önünde tutularak kullanılabilir.

Not: Madde 30-a ve Madde 30-b'deki koruma önlemleri iletişim cihazlarının basitçe kullanımını ve kolayca güdültülerden temizlenmesini mümkün kılar.

ALTINCI BÖLÜM

Son Hükümler

Yürürlükten Kaldırılan Hükümler

Madde 31- Bu Yönetmeliğin yayımı tarihinde 1/12/1979 tarihli ve 16715 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği yürürlükten kaldırılmıştır.

Yürürlük

Madde 32- Bu Yönetmelik yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

Yürütme

Madde 33- Bu Yönetmelik hükümlerini Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı yürütür.

Ekler: Ek-A'dan Ek-Z'ye kadardır.

Sayfa: 198 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

Ek-A

Korozyon ve Mekanik Dayanım Bakımından Topraklayıcı Malzemelerin Tipleri ve Minimum Boyutları

Malzeme	Minimum boyutlar						
	Topalayıcı çeşidi	İletken			Kaplama/Dış kılıf		
		Çap (mm)	Kesit (mm ²)	Kalınlık (mm)	Tekil değerler (um)	Ortalama değerler (um)	
Çelik	Sıcak daldırma galvaniz	Şerit (2)	90	3	63	70	
	galvaniz	Profil (levhalar dahil)	90	3	63	70	
		Boru	25	2	47	55	
		Derin topraklayıcılar için yuvarlak çubuk	16		63	70	
		Yüzeysel topraklayıcılar için yuvarlak tel	10			50	
Kuşun(1)	Yüzeysel kılıflı topraklayıcılar için yuvarlak tel	8		1000			
	Sıvanmış bakır kılıflı topraklayıcılar için yuvarlak çubuk	15		2000			
Elektrolitik bakır	Derin topraklayıcılar için	14,2		90	100		

	kaplamalı	yuvarlak çubuk							
		Şerit	50	2					
Bakır	Çıplak	Yüzeysel							
		topraklayıcılar için	25(3)						
		yuvarlak tel							
		Örgülü iletken	1,8(*)	25					
		Boru	20	2					
	Kalaylı	Örgülü iletken	1,8(*)	25	1	5			
	Galvanizli	Şerit	50	2	20	40			
	Kurşun(1)	Örgülü iletken	1,8(*)	25	1000				
	kılıflı	Yuvarlak tel	25		1000				

(*) Örgülü iletkeni oluşturan her bir tel için
(1) Beton içine doğrudan gömülenler için uygun değildir
(2) Kenarları yuvarlatılmış, soğuk çekme veya kesilmiş şeritler.
(3) Deneyimlere dayanarak korozyon ve mekanik aşınma tehlikesinin çok az olduğu tespit edilirse olağanüstü koşullarda 16 mm² kullanılabilir.

Ek-B

Topraklama İletkenlerinin ve Topraklayıcıların Akım Taşıma Kapasitelerinin Hesaplanması

5 saniye içerisinde kesilebilen hata akımları için topraklama iletkenlerinin ve topraklayıcıların kesiti aşağıdaki formülden hesaplanacaktır.

* Formül Vardır *

Burada

A Kesit (mm²),

I İletken akımı (A, etkin değer),

t Hata akımı süresi (s),

K Akım taşıyan kısmın malzemesine bağlı katsayı, çizelge B.1 de başlangıç sıcaklığı 20°C baz alınarak en çok kullanılan malzemeler için değerler verilmiştir,

B Akım taşıyan kısmın 0°C'deki direncinin sıcaklık katsayısının tersi (Çizelge B1 e bakınız),

(i) Başlangıç sıcaklığı (°C); değerler IEC 60287-3-1 den alınabilir. Tespit edilmemiş ise 1 m derinlikteki toprak sıcaklığı 20°C olarak kabul edilebilir,

(f) Son sıcaklık. (°C).

Sayfa: 199 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-
Çizelge-B.1 Malzeme katsayıları

Malzeme	(beta) K	
	°C	A (s) 1/2/mm ²
Bakır	234,5	226
Alüminyum	228	148
Çelik	202	78

Havadaki topraklama iletkenleri ve toprakta bulunan topraklayıcılar için yağın koşullarda 20°C başlangıç sıcaklığı ve 300°C'e kadar son sıcaklıklar

için kısa devre akım yoğunluğu $G(=I/A)$ Şekil-B.1'den alınabilir.

Daha uzun süreli hata akımları için (Yıldız noktası yalıtılmış veya kompanze edilmiş şebekelerde olduğu gibi) izin verilen kesitler Şekil-B2'de verilmiştir. 300øC'den farklı bir son sıcaklık seçilirse (Bak Şekil B.2'deki 1, 3 ve 4 nolu eğriler) akım, Çizelge-B.2'den seçilecek bir katsayı ile hesaplanabilir. Örneğin yalıtılmış iletkenler ve beton içine gömülü iletkenler için daha düşük son sıcaklıklar önerilir.

Çizelge-B.2 300øC son sıcaklık için verilen sürekli akımın diğer son sıcaklıklara dönüştürülmesi için katsayılar

Son sıcaklık (øC)	Dönüştürme katsayısı
400	1,2
350	1,1
300	1,0
250	0,9
200	0,8
150	0,7
100	0,6

* ŞEKİL VARDIR *

1,3 ve 4 no'lu eğriler 300øC, 2 no'lu eğri 150øC son sıcaklık için geçerlidir.

Şekil-B.1 Hata akımı süresi tF'ye bağlı olarak topraklama iletkenleri ve topraklayıcılar için kısa devre akım yoğunluğu G

Sayfa: 200 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

* ŞEKİL VARDIR *

1, 2 ve 4 no'lu eğriler 300øC, 3 no'lu eğri 150øC son sıcaklık için geçerlidir. Diğer son sıcaklıklara dönüştürme katsayılarını Çizelge-B.2'de verilmiştir.

Şekil-B.2a Dairesel kesitli (A) topraklama iletkenleri için kesite bağlı olarak sürekli akım değerleri ID

Sayfa: 201 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

* ŞEKİL VARDIR *

1, 2 ve 4 no'lu eğriler 300øC, 3 no'lu eğri 150øC son sıcaklık için geçerlidir. Diğer son sıcaklıklara dönüştürme katsayılarını Çizelge-B.2'de verilmiştir.

Şekil-B.2b Kesit ile profil çevresi (A x s) çarpımına bağlı olarak dikdörtgen kesitli topraklama iletkenleri için sürekli akım değerleri ID

**Sayfa: 202 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-
Ek-C**

Dokunma Gerilimi ve Vücut Akımı

C.1 Dokunma gerilimi ile vücut akımı arasındaki bağıntı

YG tesislerindeki dokunma geriliminin izin verilen değerlerini hesaplamak için aşağıdaki kabuller yapılır:

- Bir el ve her iki ayak üzerinden geçen akım yolu,
- Vücut empedansı değeri için %50 olasılık,
- Kalp kasımın kasılmasının (ventriküler fibrilasyon'un) ortaya çıkma olasılığı %5,

- Ek dirençler ihmal edilmiştir.

Not: Bu kabuller, özellikle uzman kişilerin deneyimleri, kabul edilebilir maliyetler vb. göz önüne alınarak, YG tesislerinde ortaya çıkan toprak hatalarında kabul edilebilecek, tahmin edilebilen riskleri de kapsayan dokunma gerilimi eğrilerinin elde edilmesini sağlarlar.

Vücut akımlarına bağlı olarak hesapların yapılması için IEC/TR2 60479-1'in esas alınacağı ve akımın izin verilen sınır değeri için Şekil-C.3'te gösterilen C2 eğrisinin göz önüne alındığı (sol elden iki ayağa doğru olan akım yolu için ventriküler fibrilasyon olasılığının %5'ten küçük olduğu) kabulü ile, aşağıdaki Çizelge C.1'de gösterilen değerler elde edilir.

Çizelge-C.1 Hata süresine tF bağlı olarak izin verilen en yüksek vücut akımı IB

Hata süresi (s)	Vücut akımı (mA)
0,05	900
0,1	750
0,2	600
0,5	200
1	80
2	60
5	51
10	50

İzin verilen ilgili dokunma gerilimini elde etmek için, toplam vücut empedansını tespit etmek gerekir. Bu empedans dokunma gerilimine ve akım yoluna bağlıdır. Elden ele veya elden bir ayağa doğru akım yolları için IEC/TR2 60479-1'de değerler verilmiş olup Çizelge-C.2'deki değerler bunlarla bulunmuştur (vücut empedansı olasılığı \leq %50).

Çizelge-C.2 Elden ele veya elden ayağa doğru bir akım yolu için dokunma gerilimi UT'ye bağlı olarak toplam vücut empedansı ZB

Dokunma gerilimi (V)	Toplam vücut empedansı (Ω)
25	3250
50	2625
75	2200
100	1875
125	1625
220	1350
700	1100
1000	1050

Elden ayaklara doğru bir akım yolunun dikkate alınması durumunda vücut empedansı için düzeltme faktörü olarak 0.75 katsayısı kullanılır (IEC/TR2 60479-1: 1994'deki Şekil. 3). Her iki çizelgenin birleştirilmesi ve düzeltme faktörünün göz önüne alınması ile, bir iterasyon yöntemi kullanılarak her hata süresi için dokunma geriliminin sınırını hesaplamak mümkündür. Sonuç Şekil-6'da gösterilmiştir. Çizelge-C.3'de, Şekil-6'daki eğrinin birkaç noktadaki değerleri verilmiştir.

Çizelge-C.3 İzin verilen dokunma geriliminin UTp hata süresine tF bağlı olarak hesaplanan değerleri

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

Hata süresi, tF (s)	İzin verilen dokunma gerilimi, UTP (V)
10	80
1,1	100
0,72	125
0,64	150
0,49	220
0,39	300
0,29	400
0,20	500
0,14	600
0,08	700
0,04	800

Sayfa: 203 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

C.2 Ek dirençlerin göz önüne alınması

Ek dirençlerin göz önüne alınması durumunda dokunma devresinin eşdeğer şeması Şekil-C.1'de verilmiştir.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-C.1 Dokunma devresinin eşdeğer şeması

Çizelge-C.4 Ek dirençler gözönüne alınarak yapılacak hesaplar için kabuller

Dokunma Türü	Sol el-her iki ayak
ZB değerinin aşılmama olasılığı	%50
IB= f(tF) eğrisi	IEC/TR2 60479-1: 1994'deki Şekil-14'te gösterilen C2 eğrisi
Akım devresinin eşdeğer empedansı	ZB(%50) + Ra
Ek direnç	Ra= Ra1 + Ra2 = Ra1 + 1,5 m(üssü-1) x P3

Hesaplama yöntemi:

tF (Hata süresi)

UTP = f(tF) C.1'den alınacak (veya Şekil-6)

ZB = f(UTP) C.1, Çizelge-C.2'den alınacaktır (veya IEC/TR2 60479-1, Şekil-4 ve Şekil-5). UTP

IB = --- Tanıma göre

ZB

USTP(tF)= UTP(tF) + (Ra1 + Ra2) x IB

Ra

= UTP(tF) x (1+--)

ZB

Şekil-C.2'de, USTP(tF)= f(tF) eğrileri Ra'nın dört değeri için gösterilmiştir.

Sayfa: 204 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-C.2 Farklı ek dirençler Ra = Ra1 + Ra2 için USTP= f(tF) eğrilerine örnekler

C.3 Alternatif akımda vücut akımı-zaman eğrileri
İnsan vücudunda sol elden her iki ayağa doğru akan 15 Hz'den 100 Hz'e kadar frekanslı sinüsoidal alternatif akımın etkileri Şekil-C.3'te etki bölgelerine ayrılarak verilmiştir.

Bölgelere ilişkin açıklamalar:

Bölge No	Bölge sınırları	Fizyolojik etkiler
AC-1	0,5 mA'e kadar a doğrusu	Genellikle bir tepki yoktur.
AC-2	0,5 mA b doğrusuna kadar	Genellikle zararlı bir fizyolojik etki yoktur.
AC-3	b(*) doğrusu c1 eğrisine kadar	Genellikle organik bir hasar beklenmez. Akım akış süresinin 2 s'den daha uzun olmasıyla kaslarda kramp kasılmaları ve nefes almada zorluklar görülür. Akımın büyüklüğü ve süresinin artmasıyla ventriküler fibrilasyon hariç, atriyel fibrilasyon ve geçici kalp kasılmaları gibi kalpte, kalp atışlarının iletiminde ve biçiminde bozulmalar görülür.
AC-4	c1 eğrisinden sonra	AC-3 bölgesindeki etkilere ek olarak kalpte ve nefes alıp vermede akımın büyüklüğü ve süresinin artmasıyla tehlikeli fizyolojik etkiler ve ağır yanıklar meydana gelebilir.
AC-4.1	c1-c2	Ventriküler fibrilasyon olasılığı yaklaşık %5'e kadar yükselir.
AC-4.2	c2-c3	Ventriküler fibrilasyon olasılığı yaklaşık %50'ye kadardır.
AC-4.3	c3 eğrisinden sonra	Ventriküler fibrilasyon olasılığı yaklaşık %50'nin üzerindedir.

(*) 10 ms'nin altındaki akım akış süreleri için b doğrusundaki vücut akımı için olan sınır 200 mA'lik bir değerde kabul edilir.

Sayfa: 205 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-C.3 15 Hz'den 100 Hz'e kadar a.a. etkilerinin akım/zaman bölgeleri
C.4 Doğru akımda vücut akımı-zaman eğrileri
İnsan vücudunda sol elden her iki ayağa doğru akan doğru akımın etkileri Şekil-C.4'te etki bölgelerine ayrılarak verilmiştir.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-C.4 Doğru akım etkilerinin akım/zaman bölgeleri

Bölgelere ilişkin açıklamalar:

Bölge No	Bölge sınırları	Fizyolojik etkiler
DC-1	2 mA'e kadar a doğrusu	Genellikle bir tepki yoktur. Devre açıldığında veya devre kapandığında hafif karıncalanma.
DC-2	2 mA b doğrusuna kadar	Genellikle zararlı bir fizyolojik etki yoktur.
DC-3	b(*) doğrusu c1 eğrisine kadar	Genellikle organik bir hasar beklenmez. Akımın büyüklüğü ve süresinin artmasıyla kalp atışlarının iletiminde ve biçiminde bozulmalar meydana gelebilir.
DC-4	c1 eğrisinden sonra	Akımın büyüklüğü ve süresinin artmasıyla DC-3 bölgesindeki etkilere ek olarak, ağır yanıklar gibi tehlikeli fizyolojik etkiler beklenir.

DC-4.1	c1-c2	Ventriküler fibrilasyon olasılığı yaklaşık %5'e kadar yükselir.
DC-4.2	c2-c3	Ventriküler fibrilasyon olasılığı yaklaşık %50'ye kadardır.
DC-4.3	c3 eğrisinden sonra	Ventriküler fibrilasyon olasılığı %50'nin üzerindedir.
(*) 10 ms'nin altındaki akım akış süreleri için b doğrusundaki vücut akımı için olan sınır 200 mA'lık bir değerde olduğu kabul edilir.		

Sayfa: 206 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

Ek-D

Kabul Edilmiş ve Belirlenmiş M Önlemlerinin Açıklanması

Çizelge-D.1 İzin verilen dokunma gerilimlerinin UTp güvenlik altına alınması için (Şekil 6'ya bakınız), M ek önlemlerinin kullanılması ile ilgili koşullar

Hata süresi	Topraklama	Tesislerin dış duvarlarında		Tesislerin içinde	
		gerilimi ve çitlerinde		Bina dışı (harici tip)	
tF	UE	Bina içi (dahili tip)		Bina dışı (harici tip)	
		tesis	tesis		
tF>5s	UE≤4xUTp	M1 veya M2		M3	M4.1 veya M4.2
	UE>4xUTp	UT≤UTp olduğunun ispatı		M3	M4.2
tH≤5s	UE≤4xUTp	M1 veya M2		M3	M4.2
	UE>4xUTp	UE≤UTp olduğunun ispatı			

M1: İçinde bina içi (dahili tip) tesisler bulunan binaların dış duvarları için ek önlemler:

Dış tarafta oluşacak dokunma gerilimine karşı koruma önlemi olarak M1.1 ila M1.3 ek önlemlerinden biri kullanılabilir.

M1.1: Dış duvarlar için iletken olmayan malzemenin kullanılması (örneğin, tuğla duvar veya tahta) veya dışarıdan temas edilebilecek topraklanmış metal kısımların kullanılmaması

M1.2: Yaklaşık olarak dış duvarın 1 m dışında ve en fazla 0,5 m derinliğe gömülü, topraklama tesisine bağlanmış bir yüzeysel topraklayıcı ile potansiyel düzenlemesi.

M1.3: Kumanda için üstünde bulunulan yerin yalıtımı: Yalıtkan tabaka, bu tabakanın dışındaki basılan yerden, topraklanmış iletken bir kısma elle dokunma mümkün olmayacak şekilde, yeterince büyük olacaktır. Sadece yan yönden bir dokunma mümkün ise, yalıtkan tabakanın 1,25 m genişliğinde olması yeterlidir.

Aşağıdaki koşullarda basılan yerin yalıtımı yeterli kabul edilir:

- En az 100 mm kalınlığında çakıl taşlı bir tabaka
- Alt yapısı yeterli (örneğin mıcır) olan asfalt tabaka
- Minimum yüzeyi 1000 mm x 1000 mm ve kalınlığı en az 2,5 mm olan yalıtkan örtü veya aynı mertebede yalıtımı sağlayacak bir önlem.

M2: Bina dışı (harici tip) tesislerin dış çitlerinde alınacak ek önlemler:

Dış tarafta ortaya çıkabilecek dokunma gerilimlerine karşı koruma önlemi olarak M2.1 ila M2.3 de belirtilen ek önlemlerden biri kullanılabilir; dış çitlerdeki kapılarda M2.4 ek önlemi ek olarak göz önüne alınmak zorundadır.

M2.1: İletken olmayan malzemeden meydana gelen veya plastik kaplı örgü tel çitlerin kullanılması (Yalıtılmamış iletken çit kazıklarının kullanılması durumunda da geçerlidir)

M2.2: Çitin dışında 1 m açıklıkta ve en fazla 0.5 m derinliğe gömülü, çite bağlanmış bir yüzeysel topraklayıcı ile potansiyel düzenlemesi sağlanmış olan

iletken malzemeli çitlerin kullanılması. Çitin topraklama sistemine bağlanması isteğe bağlıdır (ancak bu durumda M2.4'e bakınız).

M2.3: Kumanda için üstünde bulunulan yerin M1.3 ek önlemine uygun olarak yalıtılması ve aynı zamanda çitin ya Ek-F'ye uygun şekilde topraklanması veya bir topraklama tesisine bağlanarak topraklanması.

M2.4: Dış çitlerde bulunan kapılar doğrudan doğruya veya koruma iletkenleri üzerinden veya kapı haberleşme cihazları ve benzeri tesislerin kablolarının metal kılıfları ile topraklama tesisine bağlanmış ise, bu kapıların açılma bölgelerinde de bir potansiyel düzenlemesi veya M1.3 ek önlemine uygun olarak basılan yerin yalıtılması gerekir.

Ayrı olarak topraklanmış iletken bir çitin kapıları ana topraklama tesisine bağlanmışsa, kapılar çitin iletken kısımlarından en az 2,5 m uzaklıkta elektriksel ayırma sağlanacak şekilde olmalıdır. Bu durum, çitin bir bölümünün iletken olmayan bir malzeme ile yapılması veya iletken çitin her iki sonunda yalıtkan ayırma bölgeleri kullanılması durumunda sağlanabilir. Kapı tam olarak açıldığında bu elektriksel ayırmanın kalıcı olmasına da dikkat edilmelidir.

M3: Bina içi tesislerde ek önlemler:

Bina içi tesislerde M3.1 ila M3.3 ek önlemlerinden biri kullanılabilir.

M3.1: Bina temeli içine gömülmüş hasır (örneğin, minimum kesiti 50 mm² ve en büyük göz genişliği 10 m olan hasır veya çelik yapı) topraklayıcı ile eşpotansiyel düzenleme yapılır ve topraklama tesisine yer olarak birbirinden ayrı en az iki noktadan bağlanır.

Beton içindeki çelik hasır aynı zamanda hata akımlarının iletilmesi için de kullanılıyorsa, çelik hasırın bu amaç için uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Parçalı çelik hasırlar kullanılıyorsa yan yana olan hasırlar en az bir kere birbirleriyle bağlanmalı ve hasırların tamamı en az iki ayrı noktadan topraklama tesisine bağlanmalıdır.

Mevcut binalarda dış duvarların yakınında toprağa gömülmüş ve topraklama tesisini ile bağlanmış bir yüzeysel topraklayıcı kullanılabilir.

M3.2: Kumanda için üstünde bulunulan yerin metal malzemeden yapılması (örneğin metal hasır veya metal plaka) ve bu yerden dokunulması mümkün olan ve topraklanması gerekli olan metal kısımlara bağlanması.

M3.3: Kumanda için üstünde bulunulan yerin M1.3 ek önlemine uygun olarak topraklama gerilimine karşı yalıtılması.

Burada, eş potansiyel dengelemesi sağlamak üzere, kumanda için üstünde bulunulan yerden aynı anda dokunulabilecek topraklanması gereken metal kısımların kendi aralarında bağlanması. M4: Bina dışı tesislerde ek önlemler:

M4.1: Kumanda için üstünde bulunulan yerler:

Yaklaşık 0,2 m derinlikte ve kumanda edilecek kısımdan yaklaşık 1 m uzaklıkta bulunan bir yüzeysel topraklayıcı ile potansiyel dengelemesi. Yüzeysel topraklayıcı, kumanda için üstünde bulunulan yerden dokunulması mümkün olan topraklanmış metal kısımların hepsine bağlanmalıdır.

Veya;

Kumanda için üstünde bulunulan yerin metal malzemeden yapılması (örneğin, metal hasır veya metal plaka) ve bu yerden dokunulması mümkün olan topraklanması gerekli metal kısımlarla bağlanması.

Sayfa: 207 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

Ya da;

Kumanda için üstünde bulunulan yerin M1.3 ek önlemine uygun olarak topraklama gerilimine karşı yalıtılması. Burada, eş potansiyel dengelemesi sağlamak üzere, kumanda için üstünde bulunulan yerden aynı anda dokunulabilecek topraklanmış metal kısımlar kendi aralarında bağlanmalıdır.

M4.2: Topraklama tesisini bir kapalı halka şeklinde çevreleyen yüzeysel topraklamanın yapılması.

Bu halkanın içinde her bir gözü en fazla 10 m x 10 m büyüklüğünde olan gözlü topraklama şebekesi tesis edilmelidir. Bu halkanın dışında bulunan ve topraklama tesisine bağlanan her bir tesis kısmı için, yaklaşık 1 m aralıklı

ve yaklaşık 0,2 m derinliğe gömülen potansiyel düzenleyici topraklayıcı yapılmalıdır (örneğin, koruma iletkeni üzerinden topraklama tesisine bağlanan aydınlatma direkleri).

Ek-E

Yüksek Frekanslı Girişimlerin Etkilerinin Azaltılması ve Kontrol Sistemlerinin Elektromanyetik Uyumluluğu için Alınacak Önlemler

E.1 Yüksek frekanslı girişimlerin etkilerinin azaltılması için topraklama tesisinde alınacak önlemler: Her ne kadar topraklama tesisleri, esas itibarıyla 50 Hz frekanslı akımlara dayalı taleplere uygun olarak tasarlanmış olsa da, yüksek frekanslı akımlara dayalı talepler de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu akımlar esas itibarıyla yıldırımlar veya YG tesislerindeki açma kapama olayları nedeniyle ortaya çıkarlar. Ortaya çıkan geçici akımlar veya bunlara karşı düşen gerilimler örneğin kumanda ve koruma düzenlerinin çalışmalarını bozabilirler. Mevcut topraklama tesisinin değiştirilmesiyle bu etkilerin azaltılması çok yüksek masraflarla mümkün olabilir; bu nedenle, topraklama tesisi projelendirilirken ve tesis edilirken aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır:

- a) Akım yollarının endüktansı mümkün olduğu kadar küçük olmak zorundadır:
- Topraklayıcılar ve topraklama iletkenleri sık gözlü olmalıdır.
 - Büyük geçici akımların ortaya çıkması olası olan bölgelerde topraklama şebekesinin göz yoğunluğu artırılmalıdır. Bu özellikle parafudrlar, gerilim transformatörleri, akım transformatörleri ve gaz yalıtımlı metal muhafazalı (GIS) tesisler için geçerlidir.
 - YG işletme elemanları, kumanda dolaplarının, röle panolarının vs. topraklama noktaları bir göz oluşturacak şekilde bağlanmalıdır.
 - Topraklama tesisine yapılan bağlantı mümkün olduğu kadar kısa bir topraklama iletkeni ile yapılmalıdır.
 - Topraklama iletkenleri kesişme noktalarına bağlanmalıdır.
 - Ortaya çıkan gözler kısa devre edilmelidir.
 - Karşılıklı empedans (kuplaj empedansı) ya birçok paralel topraklayıcı veya topraklama iletkeni birbirlerinden en az 0,5 m aralıkla döşenerek veya bir iletkenin bölünmesi ve her bir iletkenin ayrı ayrı döşenmesiyle azaltılabilir.
 - Kablo kanallarında, topraklama iletkenleri kabloya paralel olarak döşenmelidir. Kablo ekranları kablounun her iki sonunda topraklama sistemi ile bağlanmalıdır. Ekran, toprak hata akımının üzerinden geçen kısmını taşıyabilecek şekilde boyutlandırılmalıdır.

b) Daha iyi bir elektromanyetik ekranlama ve endüktansı küçük bir akım yolu elde etmek için binaların metalik konstrüksiyon kısımları ve beton içine gömülmüş çelikler, topraklama tesisine bağlanmalıdır.

Not: Beton içindeki çelikler ve metalik konstrüksiyon kısımlarının dallandığı bölümler potansiyel düzenlemesi ve/veya topraklama için kullanılmanın dışında hassas ve verici olarak çalışan bölgeler arasında (örneğin, bir YG kablusunun GIS tesisine bağlantı noktası) ekran etkisi yapma üzere de kullanılabilir. Bu durumda ekran etkisi, çelik beton dallanmalarının göz aralıklarının küçültülerek ve çelik hasırdan meydana gelen bu şebeke GIS tesislerinin metal kısımlarıyla veya beton içinden geçirilen kumanda kablolarının ekranlarıyla sık sık bağlanarak artırılabilir. Topraklama iletkenlerinin kendi aralarında iletken olarak bağlanması sadece, eğer büyük akımlar göz önüne alınacaksa veya çelik hasır, topraklama şebekesinin bir kısmını oluşturuyorsa gereklidir. Normalde çelik hasırın tellerle birçok yerden bağlanması yeterlidir. Bütün kısımların birbirleriyle ve topraklama tesisleriyle, birçok yerde bağlanmasını sağlayacak sayıda bağlantı noktaları öngörülmelidir.

E.2 Kontrol sistemlerinin elektromanyetik uyumluluğu için temel kurallar: Bu madde elektro-manyetik girişimlere karşı kontrol devrelerinin korunması ile ilgilidir.

- a) Yüksek gerilim tesislerinde elektriksel gürültü kaynakları: Parazitler, yüksek gerilim tesislerine iletkenlerle kapasiteler üzerinden, endükleme ile veya radyasyonla iletilir.

- 1) Yüksek frekanslı girişimler:
- Primer devredeki manevralarla,
 - Enerji nakil hatlarına veya yüksek gerilim tesislerinin topraklamasının bir parçasına düşen yıldırım darbeleriyle,
 - Hava aralıklı parafudrların çalışmasıyla,
 - Sekonder devredeki bağlama olayları ile,
 - Yüksek frekanslı radyo vericileriyle,
 - Elektrostatik boşalma yoluyla üretilirler.

- 2) Alçak frekanslı girişimler:
- Kısa devrelerle,
 - Toprak arızalarıyla,
 - Cihazlar (baralar, güç kabloları, reaktanslar, transformatörler vb) tarafından yaratılan elektromanyetik alanlar yoluyla üretilirler.

Elektromanyetik girişimlere karşı korumalar iki genel ilkeye dayanır:

- Cihazlara elektromanyetik alanların girişimini azaltmak,
- Her cihaz parçasıyla ve topraklama sistemi arasında eşpotansiyeli tesis etmek.

b) Yüksek frekanslı girişimlerin etkilerinin azaltılması için alınması gereken önlemler: Yüksek frekanslı girişimlerin etkilerinin azaltılması için aşağıda sıralanan öneriler en önemlileridir.

1) Uygun ölçü transformatörlerinin yapımı (gerilim transformatörleri, akım transformatörleri) primer ve sekonder sargılar arasında etkili ekranlama, yüksek frekans iletim davranışının deneyden geçirilmesi.

Sayfa: 208 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

- 2) Yıldırım darbelerine karşı koruma,
- 3) Topraklama sisteminin ve topraklama bağlantılarının kontrol edilerek gerektiğinde yenilenmesi (Madde 6-b'ye bakınız),
- 4) Sekonder devre kablolarının ekranlanması:
- Ekranlar kesintisiz olmalıdır,
 - Ekranlar düşük dirençli olmalıdır (birkaç Ω /km),
 - Ekranlar girişim frekans aralığı içinde düşük kuplaj empedansına sahip olmalıdır,
 - Ekran topraklamaları mümkün olduğunca kısa olmalıdır,
 - Ekranlar her iki uçtan ve mümkünse ara noktalardan topraklanmalıdır,
 - Ekranlardaki akım sirkülasyonunun ekranlanmamış devreleri etkilenmemesi için, ekranlar kontrol panosunun girişinde topraklanmalıdır. Bağlantılar, tercihen uygun kablo pabuçları kullanılarak veya lehim işlemleri ile, dairesel olarak yapılmalıdır.

5) Devrelerin gruplandırılması.

Aşırı gerilimlerin oluşturduğu fark durumunu (diferensiyel modunu) azaltmak için, aynı fonksiyonla ilişkili giriş ve çıkış kabloları aynı kablo içerisinde gruplandırılmalıdır. Yardımcı kablolar kontrol kablolarından mümkün olduğunca uzakta tutulmalıdır.

c) Alçak frekanslı girişimlerin etkilerini azaltmak için alınması gereken önlemler:

Alçak frekanslı girişimlerin etkilerini azaltmak için aşağıda sıralanan öneriler en önemlileridir:

- 1) Kablolarla ilgili önlemler:
- Değişik güzergahlar veya uygun ayırmalar kullanılarak kontrol kablolarının güç kablolarından ayrılması,
 - Güç kablolarının üçgen düzende döşenmiş olmaları, yatay düzende döşenmiş olmalarına göre tercih edilmelidir,
 - Kablo güzergahları mümkün olduğunca baralara ve güç kablolarına paralel ve yakın olmamalıdır,
 - Kontrol kabloları endüktanslardan ve tek fazlı transformatörlerden uzakta döşenmelidir.

2) Devre düzenlemesine ilişkin alınacak önlemler:

- İletkenlerin halka oluşturmasından sakınılmalıdır,

- D.a. yardımcı besleme devresi için ring (halka) şekinden çok radyal şekilde düzenleme uygundur,
 - İki farklı d.a. devresinin korunmasında aynı elektriksel koruma düzeni kullanılmamalıdır,
 - Ayrı panolarda bulunan paralel sargılardan sakınılmalıdır,
 - Aynı devreye ilişkin bütün teller aynı kablo içine yerleştirilmelidir.
- Değişik kablolar kullanıldığında aynı kanal içerisine yatırılmalıdır.

3) Bükümlü çift kablolar düşük seviye sinyalleri için tavsiye edilir.

d) Cihaz seçimine ilişkin önlemler:

1) Tesis her biri özel çevresel sınıfları temsil eden değişik bölgelere ayrılmalıdır. Sınıflar IEC standartlarında (IEC SC 17B) tanımlanmıştır. Her bölgedeki işletme elemanları kendi çevre sınıfına uygun seçilmelidir.

2) İç devrelerde gerektiğinde aşağıdaki önlemler alınmalıdır.

- I/O sinyal devrelerinin elektriksel olarak ayrılması,
- Yardımcı güç besleme devrelerinde filtrelerin tesisi,
- Gerilim sınırlama cihazlarının (örneğin, kondansatörler veya RC devreleri, alçak gerilim parafudurları, zener diyodları veya varistörler, transzorb diyodları vb) tesisi.

Bu cihazlar koruma ve kontrol cihazlarının içine konulmalıdır.

3) Gaz yalıtımlı anahtarlama tesislerinde alınacak ek önlemler:

- Özellikle zeminde olmak üzere (Ek-L'de L.3'e bakınız) beton içindeki çelik hasırların değişik noktalarda topraklama sistemine bağlanması,
- GIS merkezlerinde mahfaza ve tesis duvarı (beton demir hasırına veya metal muhafazaya) arasında çoklu bağlantılarla iyi bir ekranlama yapılması ve duvarla topraklama sistemi arasında çoklu bağlantıların yapılması,
- Sekonder donanımın elektriksel geçici rejim büyüklüklerine karşı bağışıklığı ile ilgili deneyden geçirilmesi ve uygun tasarım.

e) Girişim etkilerinin azaltılması için alınabilecek diğer önlemler:

Aşağıda listelenen diğer tavsiyeler uygulanabildiği ölçüde yerine getirilmelidir.

- Kontrol kablolarının metalik kablo boruları içinde tesis edilmesi önerilir. Bu boruların topraklanması ve sürekliliğinin bütün uzunluk boyunca sağlanması önerilir,
- Kablo tesisatlarının mümkün olduğu kadar metalik yüzeyler boyunca yapılması önerilir,
- Uygun fiber optik kabloların kullanılması önerilir.

Ek-F

İşletme Elemanlarının ve Tesislerin Topraklanması için Özel Önlemler

F.1 Elektrik kuvvetli akım tesisleri etrafındaki çitler: Çıplak metal çitler topraklanmak zorundadır. Bunun için, örneğin her köşede birden fazla topraklama noktası kullanılmak zorundadır. Yerel koşullara uygun olarak (çitin topraklama tesisinin içinde veya dışında olması durumuna göre) toprak bağlantısı, ya YG topraklama sistemine bağlantı yapılarak veya özel topraklayıcılarla yapılmalıdır.

Yalıtkan malzeme ile kaplanmış çitlerin çıplak metal kısımları topraklanmak zorunda değildir.

Bir tesisi çevreleyen çitteki bütün mekanik kesintiler (örneğin kapılar), çit bölümleri arasında tehlikeli potansiyellerin meydana gelmesi önlenecek şekilde bağlanmalıdır.

F.2 Metal borular: Transformator merkezi içerisindeki metal borular istasyona ilişkin topraklama tesisiyle bağlanmalıdır.

Transformator merkezi dışından gelen örneğin su beslemesi için kullanılan metal boruların kullanılmasından kaçınılmalı ve bunun için metal olmayan malzemeler kullanılmalıdır.

F.3 Demiryolu rayları: Transformator merkezi sahası içinden geçen ve elektrikli olmayan demiryolu sistemlerindeki raylar transformator merkezine

ilişkin topraklama sistemine bağlanmalıdır.

Sayfa: 209 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

Transformatör merkezinin sahası sınırında, demiryolu sisteminin diğer kısımlarıyla elektriksel ayırmanın sürekliliğini sağlamak üzere uygun yalıtkan ray ekleri öngörülmelidir. Bazı durumlarda, tren vagonlarıyla köprülemeyi önlemek için iki yalıtkan ray eki gerekli olabilir. Ray kenarındaki kumanda yerlerine özel dikkat gösterilmelidir. Önlemlerin belirlenmesinde demiryolu sistemi işletmecisiyle bilgi alışverişinde bulunulmalı ve bunun dışında Madde 6-c'deki tespitler göz önüne alınmalıdır.

F.4 Direk tipi transformatörler ve/veya direk tipi anahtarlama elemanları: Genel olarak, anahtarlama donanımı olsun, yada olmasın direk üzerine monte edilen transformatör tesisleri topraklanmalıdır.

Sadece bir transformatörün yerleştirildiği direkler söz konusu olduğunda küçük bir topraklama tesisi (örneğin, derin topraklayıcı, halka topraklayıcı veya iletken malzemeden yapılmış direğin temeli) bir transformatörün topraklanması için gerekli koşulları sağlar.

Genel olarak çelikten veya başka bir iletken malzemeden yada betondan yapılan direklerin üzerine bulunan anahtarlama tesisleri topraklanmalıdır. Kumanda yerlerindeki topraklama tesisi, en azından eş potansiyel dengelemeyi sağlayacak bir topraklama ağıyla yapılmalıdır. Eğer kumanda için bulunan yerin yalıtılması yapılmışsa veya anahtarlama işlemi yalıtkan bir düzenek yardımı ile yapılıyorsa (örneğin, yalıtılmış aletlerle, çubuklarla veya eldivenlerle), küçük bir topraklama tesisi (örneğin, derin topraklayıcı veya halka topraklayıcı) yeterli olabilir.

İletken olmayan malzemeden yapılmış direkler üzerine monte edilmiş anahtarlama donanımları topraklanmayabilir. Eğer bu tesisler topraklanmamışsa mekanik olarak güvenilir izolatörler (örneğin, dolu çekirdekli izolatörler) kumanda çubuğunun elle ulaşılması mümkün olmayan bölümleri içerisine yerleştirilmiş olmalıdır.

Bunlar anma gerilimine uygun olarak boyutlandırılmış olmalıdır. Tahrik mekanizmasının toprak yüzeyinden erişilebilen bölümü olası kaçak akımların iletilmesi için topraklanmak zorundadır. Bunun için en az 1 m uzunluğunda bir topraklama çubuğu veya direk etrafında 1 m açıklıkta bulunan yüzeysel topraklayıcı yeterlidir. Topraklayıcı ve topraklama iletkenlerinin en küçük kesitleri Ek-A ve Madde 5-b ve Madde 5-c'ye uygun olmalıdır.

F.5 Ölçü transformatörlerinin sekonder devreleri: Bütün ölçü transformatörlerinin sekonder devreleri, ölçü transformatörlerinin sekonder bağlantı uçlarına mümkün olduğu kadar yakın topraklanmalıdır.

Madde 5-b2'deki en küçük kesitler donanımın bu tiplerine uygulanmaz. En küçük kesit olarak 2,5 mm² bakır kullanılması şarttır. Eğer topraklama iletkeni mekanik olarak korunmamış ise 4 mm² bakır iletken gereklidir.

Bununla birlikte eğer başka noktalardan da topraklanması gerekli ise, bu durumda oralarda toprağın yanlılıkla ayrılması olanağı bulunmamalıdır.

F.6 Direkler: Tüm YG şebekelerinde kullanılan direkler ve bunların traversleri ile, AG şebekelerinde, çok sayıda insanın bulunduğu ya da girip çıktığı bina ve tesislerin (okul, sinema, hastane, stadyum, tören alanı vb.) yakınında bulunan direkler ve bunların traversleri etkin şekilde topraklanacaktır. Alçak gerilimli ağaç direkli şebekelerde koruma topraklaması yapılacaksa, izolatörler direklere deve boyunları ile bağlanmayıp metal konsollar üzerinden bağlanacaktır. Ayrıca sistem (şebeke) tipinin gerektirmesi durumunda AG hava hattı şebekelerinde tüm nihayet direkleri ile AG yeraltı kablo şebekelerinin sonundaki nihayet panolarında işletme topraklaması yapılacaktır.

Toprak iletkeni bulunan YG hava hatlarının toprak iletkenleri, hat boyunca faz iletkenleri üzerinden bağlama tesisine kadar gelmeli ve tesisin topraklamasına bağlanmalıdır. Ayrıca açık hava merkezlerindeki demir ve çelik yapılar hava hattı direkleri gibi topraklanmalıdır.

Ek-G

Dokunma Gerilimlerinin Ölçülmesi

Dokunma gerilimlerinin ölçülmesi için, akım-gerilim ölçme yöntemi kullanmak zorunludur (Ek-N'ye bakınız).

Dokunma gerilimi, insan vücudu direncinin 1 k() olduğu kabul edilerek belirlenir.

İnsan ayağı yerine kullanılan ölçme elektrodu(ları) 400 cm² toplam alana sahip olmalı ve toprak üzerine minimum 500 N'luk bir toplam kuvvetle basmalıdır.

Eğer ek dirençler dikkate alınmak zorunda değilse, ölçme elektrodu yerine toprağa en az 20 cm çakılmış bir sonda kullanılabilir. Tesisin her hangi bir kısmındaki dokunma geriliminin ölçülmesi için, elektrot dokunulabilecek tesis kısmından 1 m açıklığa yerleştirilmelidir. Beton veya kurumuş toprak durumunda bu elektrot ıslak bir bez üzerine veya bir su tabakasında bulunmalıdır. İnsan eli yerine, boya (yalıtım malzemesi olarak kullanılmamış) tabakasını güvenli şekilde delebilecek sivri bir ucu olan elektrot kullanılmak zorundadır. Voltmetrenin bir bağlantı ucu el elektroduna, diğeri ayak elektroduna bağlanır. Bu ölçmelerin bir tesiste numune deneyi şeklinde yapılmış olması yeterlidir.

Not: Dokunma akım devresinin kaynak gerilimi (USDp) hakkında çabuk bir karar verebilmek için, ölçmenin iç direnci yüksek bir voltmetre ve 10 cm derinliğe çakılmış bir sonda ile yapılması çoğunlukla yeterlidir.

Sayfa: 210 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

Ek-H

Doğrudan Yıldırım Darbelerine Karşı Koruma Yöntemleri

Uzun yıllar boyunca yapılan model çalışmaları, ölçümler, gözlemler ve deneylerden elde edilen bilgiler sonucunda; aşağıda açıklanan düzende yerleştirilmiş yıldırımdan koruma telleri ve yakalama çubukları yardımıyla doğrudan yıldırım darbelerine karşı yeterli güvenilirlikte koruma sağlanabilir. Koruma bölgeleri (Şekil-H.1'den Şekil-H.4'e kadar) 25 m. yüksekliğe kadar olan tesisler için geçerlidir. 25 m'den yüksek tesisler için koruma güvenliği azaltılır.

Not: 420 kV'a kadar olan şebeke yapıları ortalama 25 m yüksekliğindedir.

Aşağıda verilen yöntemlerle, ayrıntılı yalıtım koordinasyonu çalışmaları yapmaya gerek olmadan, yeterli bir koruma seviyesi elde edilir.

H.1 Koruma telleri:

Tek bir koruma teli koruma bölgesi sağlar. Koruma bölgesinin sınırları, H yüksekliğindeki koruma telinden başlayan (Şekil- H.1'e bakınız), yere teğet olan ve koruma teli boyunca devam eden $2 \times H$ yarıçapında daire yaylarıdır.

İki koruma teli ile koruma durumunda teller arasındaki uzaklık $2 \times H$ 'dan daha küçük tutulup, koruma bölgesi tellerin her biri tarafından korunan bölgelerin genişletilmiş halidir. İki koruma teli arasındaki koruma bölgesi, koruma tellerinden geçen, $2 \times H$ yükseklik çizgisindeki MR merkezli ve R yarıçaplı yay ile belirlenir. (Şekil H.2'ye bakınız). Bu bölge, koruma telleri boyunca devam eder.

H.2 Yıldırım yakalama çubukları:

Yıldırım yakalama çubukları, kanal boşalmasının yukarıya doğru (buluta doğru) gelişmesini koruma tellerinden daha önce sağlar.

Yıldırım yakalama çubuklarının koruma bölgesi genellikle aynı yükseklikteki koruma tellerinden daha geniştir.

Tek bir yakalama çubuğu, tepesinden geçen $3 \times H$ yüksekliğindeki yayın sınırladığı konik şekilli, koruma bölgesi sağlar (Şekil-H.3'e bakınız).

İki yıldırım yakalama çubuğu arasındaki uzaklığın $3 \times H$ 'dan az olması durumunda, yakalama çubukları arasındaki koruma bölgesi, yakalama çubuklarının tepesinden geçen, $3 \times H$ yükseklik çizgisindeki MR merkezli R yarıçaplı yayın altında kalan bölgedir (Şekil-H.4'e bakınız).

H.3 Yıldırım etkilerine karşı topraklama koşullarının sağlanması:

Elektrik tesislerinin topraklanmış bölümlerine (toprak iletkenleri, demir ve beton direkler, topraklama iletkeni toprağa kadar indirilmiş ağaç direkler, açık hava tesislerindeki dayanaklar) yıldırım düştüğünde, topraklanmış tesis

bölümleri ile işletme gereği gerilim altında bulunan bölümler arasında atlama (geri atlama) olabilir.

Darbe topraklama direnci R_{da}

U_{da}
 $R_{da} \leq \frac{U_{da}}{I_{da}}$

bağıntısını sağlayacak değerde ise, genel olarak geri atlamalar beklenmez.

Burada:

R_{da} Direk ya da dayanak topraklama tesisinin darbe topraklama direnci,
 U_{da} Yalıtkanın darbe dayanım gerilimi,
 I_{da} Direk ya da dayanaktan geçen yıldırım akımının tepe değeri.

Yıldırım akım şiddetleri üzerine bir görüş edinmek için Çizelge-H1'de hava hattı direklerinden geçen bazı yıldırım akım değerleri verilmiştir. İkinci sırada da tüm yıldırım düşmelerinin yüzde kaçında bu akım değerlerinin üzerine çıkılmadığı belirtilmiştir. Örneğin bir direğe düşen tüm yıldırımların %95'inde bu direkten geçen yıldırım akımlarının şiddeti 40 kA'ı aşmamaktadır. Geri atlamayı azaltmak için tesisin güvenliği düşünülerek gerekli önlemler alınabilir. Açık hava bağlama ve transformatör tesislerinde darbe topraklama direnci, genellikle geri atlamalar oluşmayacak kadar küçüktür.

Çizelge-H1 Toprak iletkeni bulunan hava hattı direklerinde direktten geçen yıldırım akımları

Ida	kA	20 30 40 50 60
Bir direğe düşen tüm yıldırım akımlarının % si olarak		
aşılmayan değerler 80 90 95 98 99		

Bir topraklayıcının darbe topraklama direnci bunun RE yayılma direncinden farklıdır. Küçük boyutlu topraklayıcılarda (örneğin direk ayaklarında, uzunlukları yaklaşık 10 m'ye kadar olan derin topraklayıcılarda ve ışınlarının uzunluğu 20 m'yi pek aşmayan yıldız topraklayıcılarda), darbe topraklama direnci yaklaşık olarak yayılma direncine (toprak iletkeninin direktten çözülüp ayrılması durumunda) eşit alınabilir.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-H.1 Tek koruma teli

Sayfa: 211 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-H.2 İki koruma teli

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-H.3 Tek yıldırım yakalama çubuğu

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-H.4 İki yıldırım yakalama çubuğu

Sayfa: 212 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

Ek-J

Hava Hattı Koruma Telleri ve Yeraltı Kablolarının Metal Kılıfları ile İlgili Azalma Katsayıları

J.1 Genel:

Hava hatları koruma telleri ve yeraltı kablolarının metal kılıfları toprağa akan hata akımlarının bir kısmını taşır. Bunlar, Şekil-3'e uygun olarak, ilgili devrenin toprak akımının bir kısmını taşırlar. Toprak hatasından etkilenen yüksek gerilim tesislerinin topraklama sistemi, bu etkiyle toprak hata akımı bakımından, etkin bir şekilde deşarj edilecektir. Bu durum azalma faktörü ile ifade edilir.

Üç fazlı hava hattının bir toprak teli için azalma katsayısı r , toprak dönüş akımının, üç fazlı devrenin toplam sıfır bileşen akımlarına oranıdır.

$$r = \frac{IE}{3I_0} = \frac{IEW}{3I_0}$$

Burada,
IEW Toprak telindeki akım (dengeli durum),
IE Toprak dönüş akımı,
3I₀ Sıfır bileşen akımlarının toplamı.

Benzer tanım metal kılıflı, ekranlı, zırhlı yeraltı kabloları veya civardaki çelik borular için yapılabilir. Toprak telindeki akım IEW yerine metal kılıf ve benzerlerindeki akım kullanılabilir.

Bir hava hattının dengeli akım dağılımında bir toprak telinin azalma katsayısı, faz iletkenlerinin self empedansları ZL-E ve toprak teli empedansı ZE-W-E ve faz iletkenleri ve toprak teli karşılıklı empedansları ZML-EW göz önüne alınarak hesaplanır.

$$r = \frac{ZEW-E - ZML-EW}{ZEW-E} = 1 - \frac{ZML-EW}{ZEW-E}$$

En etkileyici terim ZML-EW için, faz iletkenleri ile toprak teli arasındaki ortalama mesafe, ZE-W-E için ise toprak teli direncidir. Böylece, toprak akımıyla bağlantılı olarak toprak telinin azalma etkisi, daha düşük toprak teli direnci ve faz iletkenleri ile toprak teli arasındaki uzaklığın azalması ile artar (r azalma eğilimi gösterir).

J.2 Hava hatlarının ve kabloların azalma katsayılarının tipik değerleri (50 Hz)

Hava hatlarının toprak telleri (110 kV)	
Çelik 50 ila 70 mm ²	$r = 0,98$
ACSR 44/32 mm ²	$r = 0,77$
ACSR 300/50 mm ²	$r = 0,61$
Kağıt yalıtımlı kablolar (10 ve 20 kV)	
Cu 95 mm ² /1,2 mm kurşun kılıf	$r = 0,20 - 0,60$
Al 95 mm ² /1,2 mm alüminyum kılıf	$r = 0,20 - 0,30$
Tek damarlı XLPE kabloları (10 ve 20 kV)	
Cu 95 mm ² /16 mm ² bakır ekran	$r = 0,50 - 0,60$
Tek damarlı yağlı kablolar (110 kV)	
Cu 300 mm ² /2,2 mm alüminyum kılıf	$r = 0,37$
Çelik boru içerisinde gaz basınçlı kablolar (110 kV)	
Cu 300 mm ² /1,7 mm çelik	$r = 0,01 - 0,03$
Tek damarlı XLPE kablolar (110 kV)	
Cu 300 mm ² /35 mm ² bakır ekran	$r = 0,32$
Tek damarlı yağlı kablolar (400 kV)	
Cu 1200 mm ² /1200 mm ² Alüminyum kılıf	$r = 0,01$

Topraklama Sistemlerinin Tasarım Esasları

K.1 Toprak özdirenci

Toprak özdirenci PE değişik yerlerdeki toprak cinsine, tane yapısına, yoğunluğuna ve neme bağlı olarak değişir (Çizelge-K.1'e bakınız). Tasarımda yerinde ölçme yapılmalıdır.

Çizelge-K.1 Alternatif akım frekanslarında toprak özdirenci (sık ölçülen değerler)

Toprak cinsi	Toprak özdirenci PE
Bataklık	5-40
Çamur, kil, humus	20-200
Kum	200-2500
Çakıl	2000-3000
Havanın etkisiyle dağılmış taş	çoğunlukla <1000
Kumtaşı	2000-3000
Granit	>50000
Morenin (Buzultaş)	>30000

Birkaç metre derinliğe kadar topraktaki nem oranının değişimi, toprak özdirencinde geçici değişimlere neden olur. Göz önüne alınması gereken diğer bir durum, değişik derinliklerdeki farklı toprak özdirençli toprak tabakalarının varlığı nedeniyle toprak özdirencindeki değişimdir.

K.2 Topraklayıcının yayılma direnci

Topraklayıcının yayılma direnci RE topraklayıcının düzenlenmesine ve boyutlarına bağlı olduğu kadar toprak özdirencine de bağlıdır. Esas olarak topraklayıcının uzunluğuna ve daha az olarak kesitine bağlıdır. Şekil-K.1 ve Şekil-K.2'de yüzeyel topraklayıcıların ve derin topraklayıcıların toplam uzunluğuna göre yayılma dirençlerini gösteren eğriler verilmiştir.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-K.1 Homojen toprak içerisinde halka şeklinde veya düz olarak yerleştirilmiş (şeritten, yuvarlak malzemedен veya örgülü iletkenden yapılmış) yatay topraklayıcıların yayılma direnci

Sayfa: 214 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

Uzun yüzeyel topraklayıcıların bulunması durumunda (örneğin topraklayıcı etkisi olan kablolar) topraklama direnci uzunluğa bağlı olarak düşer, ancak belirli bir son değere yaklaşır. (Şekil-K.3'e bakınız)

Temel topraklayıcılar, toprak içine gömülü bir topraklayıcı olarak kabul edilebilir.

Gözlü topraklayıcının toprak direnci, D Gözlü topraklayıcının alanına eşdeğer alanlı daire çapı olmak üzere yaklaşık olarak:

* Formül Vardır *

Şerit ve halka topraklayıcılar için yayılma direnci hesapları aşağıdaki formüllere göre yapılır. Şerit topraklayıcı

* Formül Vardır *

Halka topraklayıcı * Formül Vardır *

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-K.2 Homojen toprak içinde düşey olarak gömülmüş derin topraklayıcıların yayılma direnci

Sayfa: 215 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-
Hesaplamalar aşağıdaki formüle göre yapılır.

* Formül Vardır *

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-K.3 Kablo boyuna ve toprak öz direncine bağlı olarak topraklayıcı etkisi olan kablonun yayılma direncinin tipik değerleri

Muhtelif topraklayıcı tiplerine ilişkin hesaplama örnekleri Ek-T'de verilmiştir.

Sayfa: 216 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-
Ek-L

Topraklayıcıların ve Topraklama İletkenlerinin Tesisi

L.1 Topraklayıcıların tesisi

L.1.1 Yüzeysel topraklayıcılar: Yüzeysel topraklayıcılar genellikle kanal diplerine veya temel kazılarına döşenirler.

Topraklayıcıların;

- Dolgu toprakla sıkıştırılması,
- Kayaların veya çakılların doğrudan gömülmüş elektrotlarla temasının önlenmesi,
- Mevcut toprağın uygun olmaması durumunda uygun dolgu toprakla değiştirilmesi tavsiye edilir.

L.1.2 Temel topraklayıcılar:

a) Temel topraklamasının işlevi: Temel topraklaması, potansiyel dengelemesinin etkisini artırır. Bunun dışında, Üçüncü Bölüm'deki kurallar yerine getirildiği takdirde, temel topraklaması kuvvetli akım tesislerinde ve yıldırıma karşı koruma tesislerinde topraklayıcı olarak uygundur.

Bu topraklama, yapı bağlantı kutusunun arkasındaki elektrik tesisinin veya buna eşdeğer bir tesisin ana bölümüdür.

b) Yapılışı

1) Genel

i) Temel topraklayıcı, kapalı bir ring şeklinde yapılmalıdır ve binanın dış duvarların temellerine veya temel platformu içine yerleştirilmelidir (Şekil-L.1 ve Şekil-L.2'ye bakınız). Çevresi büyük olan binalarda temel topraklayıcı tarafından çevrelenen alan, enine bağlantılarla 20 m x 20 m'lik gözlemlere bölünmelidir (Şekil-L.3'e bakınız).

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-L.1 Tek bir ev durumunda temel topraklayıcının yerleştirilmesine örnek

ii) Temel topraklayıcı, her tarafı betonla kaplanacak şekilde düzenlenmelidir. Çelik şerit topraklayıcı kullanıldığında, bu şerit dik olarak yerleştirilmelidir.

iii) Temel topraklayıcı, dilatasyon derzlerinin olduğu yerlerde kesilmelidir. Son noktalar temelin dışına çıkarılmalı ve yeterince esnek bağlantı yapılmalıdır. Bağlantı yerleri her zaman kontrol edilebilir olmalıdır (Şekil-L.4'e bakınız).

2) Malzeme: Temel topraklaması için en küçük kesiti 30 mm x 3,5 mm olan çelik şerit veya en küçük çapı 10 mm olan yuvarlak çelik kullanılmalıdır. Çelik, çinko kaplı olabilir veya olmayabilir. Bağlantı filizleri çinko kaplı çelikten yapılmış olmalıdır. Bağlantı kısımları korozyona dayanıklı çelikten olmalıdır.

3) Çelik hasırlı olmayan (kuvvetlendirilmemiş) temel içinde yerleştirme:

Temel topraklayıcı, temel betonu döküldükten sonra, her yönde en az 5 cm beton içinde kalacak şekilde yerleştirilmelidir. Topraklayıcının beton içindeki yerini sabitlemek için uygun mesafe tutucular kullanılmalıdır. (Şekil-L.5'e bakınız)

4) Çelik hasırlı (kuvvetlendirilmiş) temel ve su yalıtım malzemesi içinde yerleştirme: Temel topraklayıcı, en alt sıradaki çelik hasır üzerine yerleştirilmeli ve yerini sabitlemek için yaklaşık 2 m'lik aralıklarla çelik hasırla bağlanmalıdır (Şekil-L.6 ve Şekil- L.7'ye bakınız).

Dışarıdan basınç yapan suya karşı (DIN 18195 Kısım 6'ya göre) yalıtılmış binalarda temel topraklayıcı, yalıtımın altındaki beton tabakası içine yerleştirilmelidir. Bağlantı filizleri ya dış yüzeyden veya yalıtım malzemesi arkasındaki dolgu tabakasından beton içine gömülü durumda yukarı çıkarılmalı ve en yüksek yeraltı su seviyesinin üstünden bina içine sokulmalıdır. Bağlantı filizleri veya kısımları, gerekli önlemler alınır (DIN 18195 Kısım 9'a göre) yalıtım malzemesi içinden de geçirilip bina içine sokulabilir.

Sayfa: 217 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-L.2 Bitişik nizam evlerde temel topraklayıcının yerleştirilmesine örnek

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-L.3 Büyükçe bir iş merkezinde temel topraklayıcının yerleştirilmesine örnek

Sayfa: 218 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-L.4 İnşaatların içinde, esnek bağlantı ile hareket aralıklarının köprülenmesine örnek

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-L.5 Demir hasırı olmayan (kuvvetlendirilmemiş) temel içinde temel topraklayıcının yerleştirilmesine örnek

Sayfa: 219 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-L.6 Demir hasırı olan (kuvvetlendirilmiş) temel içinde temel topraklayıcının yerleştirilmesine örnek

c) Temel topraklayıcının kısımlarının bağlantısı: Temel topraklayıcının kısımlarını birbirleriyle bağlamak için (DIN 48845'e uygun) çapraz bağlayıcılar ve uygun kamalı (DIN 48 834'ye göre) bağlantılar kullanılmalıdır veya bağlantılar DIN 1910 serisi standartlara uygun şekilde (L.1.2/b.1-iii'ye de bakınız) kaynakla yapılmalıdır.

d) Bağlantı filizleri ve bağlantı parçaları:

i) Ana potansiyel dengeleme yapmak amacıyla, potansiyel dengeleme barasına bağlanacak bağlantı filizi veya bağlantı parçası bina bağlantı kutusunun yakınına yerleştirilmelidir.

ii) Bağlantı filizleri, bina içine girdikleri yerden itibaren en az 1,5 m'lik bir uzunluğa sahip olmalıdır. Bu filizler, giriş noktalarında korozyona karşı ek olarak korunmalıdır. Bağlantı filizleri, inşaat sırasında göze çarpacak şekilde işaretlenmelidir.

iii) Temel topraklayıcı yıldırıma karşı koruma topraklayıcısı olarak kullanılacaksa, özel bağlantı filizleri veya parçaları, yıldırımlık

(paratoner) iletkenlerinin bağlantısı için dışarı doğru çıkarılmalıdır. Bu bağlantı filizlerinin veya parçalarının sayısı ve yapılışı için DIN VDE 0185 Kısım 1 geçerlidir.

iv) Örneğin asansör rayları gibi metal malzemeden yapılmış konstrüksiyon kısımları doğrudan temel topraklayıcı ile bağlanacaksa, gerekli yerlerde ek bağlantı filizleri veya parçaları öngörülmalıdır.

L.1.3 Düşey veya derin topraklayıcılar: Düşey veya derin topraklayıcılar, toprak içerisine çakılırlar ve birbirleri arasında çubuk boyundan daha az mesafe bırakılmamalıdır. Çakma sırasında çubuklara zarar vermeyen uygun araçlar kullanılmalıdır.

L.1.4 Topraklayıcıların eklenmesi: Topraklama şebekesi içerisindeki topraklama ağının iletken parçalarının bağlanması için ekler kullanılır. Ekler topraklayıcıların elektriksel iletiminin, mekaniksel ve ısı dayanım eşdeğerlerini sağlayacak şekilde boyutlandırılmalıdır.

Topraklayıcılar aşınmaya dayanıklı olmalı ve galvanik pil oluşumunun etkisinde kalmamalıdır. Çubukların eklerinde kullanılan malzemeler çubuklarla aynı mekanik dayanıma sahip olmalı ve çakma esnasında mekanik darbelere dayanıklı olmalıdır. Galvanik aşınmaya neden olabilecek değişik metaller bağlandığında; ekler, etraflarındaki elektrolitlerle temasa karşı dayanıklı düzenlerle korunmalıdır.

L.2 Topraklama iletkenlerinin tesis edilmesi: Genel olarak topraklama iletkenleri, mümkün olduğunca kısa yoldan bağlanmalıdır.

L.2.1 Topraklama iletkenlerinin tesisi: Aşağıdaki yöntemler tesis edilme sırasında göz önüne alınmalıdır.

- Gömülü topraklama iletkenleri: Mekanik tahribata karşı korunması gerekmektedir.

- Ulaşılabilir olarak tesis edilmiş topraklama iletkenleri: Topraklama iletkenleri toprak üzerine yerleştirilebilir. Böyle bir durumda bunlara her an ulaşılabilir. Eğer bir mekanik tahribat riski söz konusu olacaksa, topraklama iletkeni uygun şekilde korunmalıdır.

- Betona gömülü topraklama iletkenleri: Topraklama iletkenleri beton içerisine de gömülebilirler. Bağlantı uçları her iki uçta da kolaylıkla erişilebilir olmalıdır.

Çıplak topraklama iletkenlerinin, toprağa veya betona girdiği yerlerde aşınmayı önlemek amacıyla özel itina gösterilmelidir.

L.2.2 Topraklama iletkenlerinin eklenmesi: Ekler, hata akımı geçme durumlarında herhangi bir kabul edilemez ısı yükselmesini önlemek için, iyi bir elektriksel sürekliliğe sahip olmalıdır.

Ekler gevşek olmamalıdır ve korozyona karşı korunmalıdır. Değişik metaller bağlanmak zorunda kalındığında, galvanik piller ve sonucunda galvanik aşınma oluşumu nedeniyle ekler, etraflarındaki elektrolitlerle temasa karşı dayanıklı düzenlerle korunmalıdır.

Sayfa: 220 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

Topraklama iletkenini, topraklayıcıya, ana topraklama bağlantı ucuna ve herhangi bir metalik kısma bağlamak için, uygun bağlantı parçaları kullanılmalıdır. Civata bağlantısı yalnız bir civata ile yapılırsa, en azından M10 civata kullanılmalıdır. Örgülü iletkenlerde (ezmeli, sıkıştırılmalı ya da vidalı bağlantılar gibi) kovanlı (manşonlu) bağlantılar da kullanılabilir. Örgülü bakır iletkenlerin kurşun kılıfları bağlantı noktalarında soyulmalıdır; bağlantı noktaları korozyona karşı (örneğin bitüm gibi maddeler ile) korunmalıdır. Deney amacıyla, ayırma yerleri ihtiyacı karşılanabilmelidir.

Özel aletler kullanılmadan eklerin sökülmesi mümkün olmamalıdır.

L.3 Beton içerisinde demirlerin topraklama amacı için kullanımı

Beton demirleri çeşitli amaçlar için kullanılabilir:

a) Topraklama sisteminin bir parçası olarak; bu durumda beton demirlerinin boyutu Madde 5-b2 ile uygun olmalıdır. b) İşletmecinin korunması için gerilim düzenleyicisi olarak; bu durumda çelik yapının bütün ilgili parçalara aralarında gerilim farkı oluşturmayacak şekilde birbirleriyle bağlanmalıdır. Bağlantılar Madde 5-b3 ile uygun olarak boyutlandırılmalıdır.

c) Yüksek frekanslı akımlarla bağlantılı elektromanyetik ekran olarak; bu durumda çelik konstrüksiyonun bütün ilgili parçaları, yüksek frekanslı akımlar

için çok küçük empedans yolu teşkil etmek amacıyla birbirleriyle bağlanırlar. Cihaz bağlantıları ulaşımının zor olduğu durumlar için, bir çok bağlantı noktası olmalı ve elektromanyetik etkileri en aza indirmek amacıyla mümkün olduğunca kısa bağlantılar yapılmalıdır.

Çelik konstrüksiyon baraları bu amaçlarla kullanıldığında, korozyon olasılığı en az seviyede tutulmalıdır. Çelik konstrüksiyon baralarına yapılan bağlantılar bu Ek'e uygun olmalıdır.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-L.7 Bina temeli yalıtım malzemesi içinde kalan temel topraklayıcının yerleştirilmesine örnek

**Sayfa: 221 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-
Ek-M**

Basit Topraklama Sistemlerinde Tehlikeli Gerilimlerden Korunmak için Yaklaşık Formüller ve Uygun Mesafeler

Basit topraklama sistemleri için tehlikeli gerilimlerden korunmak için yaklaşık formüller ve uygun mesafeler Çizelge- M.1'de verilmiştir.

Çizelge-M.1 Basit topraklama sistemlerinde tehlikeli gerilimlerden korunmak için yaklaşık formüller ve uygun mesafeler

* ŞEKİL VARDIR *

**Sayfa: 222 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-
Ek-N**

Yeni Tesis Edilecek veya Mevcut Topraklama Tesislerinde Yapılacak Ölçmeler

Bu bölümde adı geçen deney yöntemleri referans yöntemlerdir. Doğrulukları daha az olmamak kaydıyla, başka yöntemler de kullanılabilir.

N.1 Toprak öz direncinin ölçülmesi: Toprak yayılma direncini veya topraklama empedansını önceden belirlemek amacıyla toprak öz direncinin ölçülmesi, bu direncin çeşitli derinlikler için tespit edilmesini sağlayan "Dört Sonda Yöntemi" (örneğin, Wenner Yöntemi) ile yapılmalıdır.

N.2 Toprak yayılma dirençlerinin ve topraklama empedanslarının ölçülmesi:

N.2.1 Bu dirençler ve empedanslar farklı şekillerde belirlenebilir. Hangi ölçme yönteminin amaca uygun olduğu, topraklama sisteminin büyüklüğüne ve etkilenmenin derecesine (N.4'e bakınız) bağlıdır.

Not: Topraklanmış kısımlarda veya bunların arasında (örneğin, direk ile yukarı kaldırılmış toprak teli arasında), bu ölçmeler ve yapılan hazırlıklar sırasında, enerjinin kesik olduğu durumda da tehlikeli dokunma gerilimlerinin ortaya çıkabileceğine dikkat edilmelidir.

N.2.2 Uygun ölçme yöntemleri ve ölçü cihazlarının tipleri için örnekler:

N.2.2.1 Topraklama ölçme cihazı: Bu cihaz, topraklayıcılar veya küçük veya orta büyüklükteki topraklama sistemlerinde, örneğin tek bir derin topraklayıcı, şerit topraklayıcı, toprak teli havaya kaldırılmış (direkle irtibatı ayrılmış) veya kaldırılmamış durumdaki hava hattı direklerinin topraklayıcıları, AG topraklama tesisinden ayrılmış orta gerilim şebekesindeki topraklama tesisleri için kullanılır. Kullanılan alternatif gerilimin frekansı 150 Hz'i aşmamalıdır.

Ölçme yapılacak topraklayıcı, sonda ve yardımcı topraklayıcılar, mümkün olduğu kadar birbirinden uzakta olmak üzere mümkün mertebe bir doğru üzerinde bulunmalıdır. Sondanın ölçme yapılacak topraklayıcıyla arasındaki mesafe, 20 m'den az olmamak kaydıyla, en büyük topraklayıcı uzunluğunun en az 2,5 katı (ölçme yönüne doğru), yardımcı topraklayıcının mesafesi ise, 40 m'den az olmamak kaydı ile en az 4 katı olmalıdır.

N.2.2.2 Yüksek frekanslı topraklama ölçme cihazı: Bu cihaz, topraklama telinin havaya kaldırılmasını gerektirmeksizin tek bir direğe ilişkin toprak

yayıma direncinin ölçülmesini mümkün kılar. Burada, ölçme akımının frekansı, toprak teli ve komşu direkler arasında oluşan zincir iletken empedansı büyük dirençli olacak ve her bir hava hattı direği topraklayıcısıyla pratik olarak ihmal edilebilecek bir paralel bağlantı ortaya çıkaracak kadar yüksek olmalıdır.

N.2.2.3 Oldukça büyük akımların kullanıldığı akım-gerilim yöntemi: Bu yöntem, özellikle büyük çaplı topraklama tesislerinin topraklama empedansını ölçmek için kullanılır (Şekil-N.1'e bakınız).

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-N.1 Oldukça büyük akımların kullanıldığı akım-gerilim yöntemiyle topraklama empedansının belirlenmesine örnek

Topraklama tesisine uzaktaki bir topraklayıcı arasına yaklaşık şebeke frekanslı bir alternatif gerilim uygulayarak topraklama tesisine, bu tesiste ölçülebilir bir potansiyel yükselmesi ortaya çıkarabilecek bir IM test akımı akıtılır.

Bu sırada işletme sırasında tesise bağlı bulunan toprak telleri ve topraklayıcı etkisi olan kablo kılıfları ayrılmalıdır.

Topraklama empedansının mutlak değeri aşağıdaki formülle bulunur
 $ZE = UEM / (IM \cdot r)$

Burada:

UEM Topraklama tesisine, referans toprak bölgesindeki sonda arasında ölçülen gerilim (V),

IM Ölçülen deney akımı (A),

r Hattın uzaktaki topraklayıcıya göre azalma katsayısı (Ek-J'ye bakınız). Azalma katsayısı hesap ile veya ölçme yoluyla tespit edilebilir. Toprak teli olmayan hava hatları ve ekran ve zırh bulunmayan kablolar için $r = 1$ 'dir.

Sayfa: 223 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

Hatların, ayrı konsolda döşeli, test edilen hatta paralel giden, topraklayıcı ve uzaktaki topraklayıcı arasındaki toprak telleri, eğer test edilen topraklayıcıya ve uzaktaki topraklayıcıya bağlı iseler, dikkate alınır. Test hattı olarak iyi iletken metal bir kılıf bulunan ve her iki taraftan topraklanmış bir kablo kullanılıyorsa, test akımının oldukça büyük bir kısmı kılıf üzerinden geri akacaktır. Bu kılıfın üzerinde yalıtkan bir dış kılıf bulunuyorsa, bu nedenle, kılıfın topraklamalarının kaldırılması gerekebilir.

Ancak topraklayıcı etkisi bulunan kablolar metal dış kılıfların topraklamaları ayrılamaz.

Topraklayıcı ve uzaktaki topraklayıcı arasındaki mesafe, mümkün olduğunca 5 km'den az olmamalıdır. Test akımı, mümkün olduğunca en az, ölçülecek gerilimler (test akımına bağlı topraklama ve dokunma gerilimleri) mevcut olabilecek yabancı ve bozucu gerilimlerden daha büyük olacak şekilde seçilmelidir.

Genel olarak bu durum 50 A'ın üzerindeki test akımlarıyla sağlanır. Voltmetrenin iç direnci, sondanın yayılma direncinin en az 10 katı olmalıdır.

Not: Küçük topraklama tesisleri için daha küçük uzaklıklar yeterli olabilir.

Gerektiği takdirde yabancı ve bozucu gerilimler yok edilmelidir (N.4'e bakınız).

N.2.2.4 Tekil dirençlerden hesaplama yöntemi: Topraklama tesisleri birbirini pratik olarak etkilemeyen, ama örneğin topraklama hatları veya hava hattı toprak telleri gibi bağlantı hatlarıyla birbirlerine bağlanmış tekil topraklayıcılardan meydana geliyorsa, topraklama empedansı ZE aşağıdaki şekilde belirlenebilir.

Her bir topraklayıcının yayılma direnci bağlantı hatları açılarak topraklama ölçme cihazıyla tespit edilir, bağlantı hatlarının empedansları hesaplanır ve topraklama empedansı, yayılma dirençleriyle bağlantı hatlarının

empedanslarının oluşturduğu eşdeğer devreden bulunur.

N.3 Topraklama geriliminin tespiti: UE Topraklama gerilimi, $UE = ZE \times IE$ ile tanımlanır (Şekil-N.1'e bakınız):

Burada:

ZE Topraklama empedansı (örneğin, Ek-N'deki N.2.2.3'e göre yapılan ölçmeden veya Ek-N'deki N.2.2.4'e göre yapılan hesaplamadan bulunan),
IE Madde-5'e uygun topraklama akımı.

Ölçme sırasında kullanılan IEM topraklama akımı, $IEM = r \times IM$ bağıntısıyla verilir.

ZE topraklama empedansı, $ZE = UEM/IEM$ bağıntısıyla verilir.

Hata durumundaki UE topraklama gerilimi, $UE = IE \times ZE = UEM \times IE / (r \times IM)$ bağıntısıyla verilir.

3 fazlı bir alternatif akım şebekesindeki toprak hatası inceleniyorsa ve transformatör merkezinden çıkan bütün hava hatlarının toprak teli azalma katsayısı yaklaşık olarak aynıysa, topraklama akımı için,

$IE = r \times () 3 I_o$ bağıntısı geçerlidir.

Burada

r Toprak teli azalma katsayısı

() 3 I_o Bu şebekenin bütün faz iletkenlerinden tesise doğru akan akımların vektörel toplamı

Transformatör merkezinde, ortaya çıkan bir hata durumunda () 3 I_o , toprak kısa devre akımı ile transformatör yıldız noktası (nötr) akımı arasındaki farktır.

Transformatör merkezinden çıkan A, B, C ... hatlarının toprak teli azalma katsayıları birbirinden farklıysa,

$IE = rA \times 3 I_oA + rB \times 3 I_oB + rC \times 3 I_oC + \dots$ bağıntısı geçerlidir.

Burada:

I_oA A hattının bir faz iletkenin (örneğin L1 fazının) sıfır akım bileşeni, I_oB aynı şekilde B hattı için v.s.

rA A hattının toprak teli azalma katsayısı, rB aynı şekilde B hattının v.s.

Transformatör merkezine gelen hatlardan biri kablo ise, bu durumda bu hat için, IE'nin hesaplanması için verilen yukarıdaki formülde topraklama teli azalma katsayısı yerine kablo kılıfı azalma katsayısı yerleştirilir.

N.4 Topraklama ölçmelerinde yabancı ve bozucu gerilimin yok edilmesi: N.2.2.3'e uygun olarak topraklama geriliminin tespit edilmesi sırasında her çeşit yabancı ve bozucu gerilim ile (örneğin, işletmede bulunan komşu sistemler tarafından deney akım devresinin endüktif olarak etkilenmesi) ölçme hataları ortaya çıkabilir.

Bu tip bozucu etkilerin yok edilmesi için kullanılan yöntemlere örnekler:

N.4.1 Salınım yöntemi: Bu yöntemde, frekansı şebekeninkinden onda birler mertebesinde farklı olan bir gerilim kaynağı (örneğin acil ihtiyaç generatörü) kullanılır. Deney akımı tarafından oluşturulan gerilimler, bir ölçme çevriminin süresinin yeteri kadar kısa olması durumunda mutlak değeri ve faz açısı sabit olarak kabul edilebilecek diğer bozucu gerilimlerin U'd üzerine vektörel olarak toplanır. Asenkron süperpozisyon nedeniyle voltmetrenin ibresi veya göstergesi bir maksimum U1 ve minimum U2 değeri arasında salınır. Test akımı tarafından oluşturulan gerilim için bu durumda;

$$U = \frac{U1 + U2}{2} \quad 2 \times U'd < U1 \text{ için}$$
$$U = \frac{U1 - U2}{2} \quad 2 \times U'd > U1 \text{ için}$$
$$U = \frac{U1}{2} \quad 2 \times U'd = U1 \text{ için}$$

bağıntıları geçerlidir.

N.4.2 Kutup değiştirme yöntemi: Bu yöntemde, gerilimin faz açısı akımsız bir bekleme süresi sonunda elektriksel olarak 180° döndürülen şebeke ile senkron bir gerilim kaynağı (transformatör) kullanılır. Kutup değiştirmesi yapılmadan önce test akımı akarken ortaya çıkan gerilim U_a , kutup değiştirildikten sonra U_b ve test akımının kesildiği sıradaki bozucu gerilim U_d ölçülür. Vektörel bağıntılar nedeniyle test akımı tarafından ortaya çıkarılan gerilim için,

* Formül Var * bağıntısı geçerlidir.

N.4.3 Vektör ölçme yöntemi: Uzun ölçü iletkenleri, test hattıyla mümkün olduğunca dik açı yapacak şekilde döşenmelidir. Yer nedeniyle bu mümkün değilse, test akımı tarafından ölçme iletkeninde endüklenen gerilim kısmı, vektör ölçü aletiyle kısmen elimine edilir.

N.4.4 Doğru akımların bloke edilmesi: Bozucu gerilimlerin içinde yüksek değerli doğru gerilim bileşenleri mevcutsa, doğru gerilimi bloke eden bir voltmetrenin kullanılması gerekebilir.

Sayfa: 224 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

N.5 Arıza çevrim (halka) empedansının ölçülmesi: Örnek olarak, aşağıdaki metotlar, arıza çevrim (halka) empedansının ölçülmesi sırasında TN sistemlerine uygulanabilir.

Not 1: Bu ekte önerilen metotlar, gerilimin vektörel yapısını yani gerçek bir toprak arızasındaki koşulları dikkate almadığından arıza çevrim (halka) empedansının sadece yaklaşık değerini verir. Bununla birlikte, yaklaşım derecesi, söz konusu devrenin reaktansı ihmal edilebiliyorsa kabul edilebilir.

Not 2: Arıza çevrim (halka) empedansı ölçülmesi deneyi uygulanmadan önce, nötr noktası ile açıktaki metal bölümler arasında bir süreklilik deneyi (Madde 10-c2'ye bakınız) yapılması istenir.

Metot 1: Arıza çevrim (halka) empedansının gerilim düşümü yardımı ile ölçülmesi:

Not: Bu metodun uygulamada güçlükler gösterdiğine dikkat edilmelidir.

Doğrulanacak devrenin gerilimi, bir değişken yük direnci bağlı iken ve bağlı değilken ölçülür ve arıza halka empedansı

$U_1 - U_2$

$Z = \frac{U_1 - U_2}{I}$ formülü ile hesaplanır.

I

Burada;

Z Arıza çevrim (halka) empedansı,

U_1 Yük direnci bağlı değilken ölçülen gerilim,

U_2 Yük direnci bağlı iken ölçülen gerilim,

I Yük direncinden geçen akımdır,

Not: U_1 ile U_2 arasındaki fark, belirgin olmalıdır.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-N.2 Arıza çevrim (halka) empedansının gerilim düşümü yardımı ile ölçülmesi deneyi

Metot 2: Arıza çevrim (halka) empedansının ayrı bir besleme yardımı ile ölçülmesi: Ölçme, normal besleme hattı kesilmiş ve transformatörün primeri kısa devre bağlanmış iken yapılır. Bu metotta ayrı bir besleme kaynağı kullanılır (Şekil-N.3) ve arıza çevrim (halka) empedansı $Z = U/I$ formülü ile hesaplanır.

Burada;

Z Arıza çevrim (halka) empedansı,

U Ölçülen deney gerilimi,

I Ölçülen deney akımıdır.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-N.3 Arıza çevrim (halka) empedansının ayrı bir besleme yardımı ile ölçülmesi deneyi

**Sayfa: 225 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-
Ek-P**

Topraklama Sistemlerinin Dokümantasyonu ve Denetim Ayrıntıları
Bir topraklama sisteminin saha uygulama ve denetleme planı bulunmalıdır.
Bu plan üzerinde:

- Topraklayıcıların yerleri,
 - Çeşitleri,
 - Boyutları,
 - Topraklama için kullanılan malzemeler,
 - Gömülme derinlikleri,
 - Topraklayıcıların düzenlenme biçimleri,
 - Topraklama iletkenlerinin cinsi,
 - Topraklama iletkenlerinin bağlantılarına ilişkin detaylar,
 - Ölçmelerin yapılabileceği ayırma noktaları,
 - Başka topraklayıcılar ile bağlantı yerleri,
 - Topraklamalara ilişkin direnç değerleri.
 - . Toprak özdirenci,
 - . Topraklayıcının ve topraklama tesisinin yayılma direnci,
 - . Topraklama direnci,
 - . Toplam topraklama direnci,
 - . Topraklama empedansı,
 - . Darbe topraklama direnci.
 - Dokunma gerilimleri,
 - Topraklamanın yapıldığı tarih,
 - Hava hattı şebekelerindeki direklerin ve transformatör merkezlerinin periyodik olarak denetlenecek kısımlarına ilişkin denetim programı (direk numaraları, planlanan denetim tarihleri, TM'lerinde kontrol edilecek yerlere ilişkin koordinatlar).
 - Planlanan denetleme tarihleri ve ölçme sonuçları,
 - Proje Mühendisi (Adı soyadı, Ünvanı, Oda kayıt no vb),
 - Ölçmeyi yapan elektrik mühendisi (Adı soyadı, Ünvanı, Oda kayıt no vb),
- gösterilmelidir.

Tesis gerçekleştirilmeden önce, bu Yönetmeliğin kapsamında gözetilecek ihtiyaçları içeren bir rapor hazırlanmalıdır. Global topraklama sisteminin dışında her tesisin toprak direnci hesaplanmalı ve sistematik olarak ölçülmelidir (ölçme tekniği detayları Ek-N'de verilmiştir), ve topraklama gerilimi (toprak potansiyel yükselmesi) hesaplanmalı veya ölçülmelidir. Eğer gerekli ise, dokunma gerilimi ispatı, hesaplama veya ölçme ile yapılmalıdır.

Global topraklama sistemi içerisindeki alanlarda toprak direncini veya topraklama gerilimini doğrulamaya gerek yoktur. Çünkü topraklama sisteminin temel (esas) tasarımı yeterlidir.

İzin verilen dokunma gerilimlerini elde etmek için özel ölçmelere gereksinim duyulursa, bunlar da saha uygulama ve denetleme planına dahil edilmeli ve proje ekindeki belgelerde tanımlanmalıdır.

Çeşitli topraklama tesislerinin işletme dönemi içindeki muayene, ölçme ve denetlemelere ilişkin önerilen periyotlar aşağıda verilmiştir:

- 1) Elektrik üretim iletim ve dağıtım tesisleri (enerji nakil ve dağıtım hatları hariç) için: 2 yıl,
- 2) Enerji nakil ve dağıtım hatları için: 5 yıl,
- 3) Sanayi tesisleri ve ticaret merkezleri için:
 - i) Topraklamalara ilişkin dirençlerinin muayene ve ölçülmesi: 1 yıl,
 - ii) Topraklama tesisleri ile ilgili diğer muayene, ölçme ve kontroller: 2 yıl,
- 4) Sabit olmayan tesisler için:

+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Topraklamada Kullanılan simgeler:

YGT (Yüksek Gerilim Topraklaması)

AGT (Alçak Gerilim Topraklaması)

l: Topraklayıcının uzunluğu (m)

h: Topraklayıcının derinliği (m)

Derin topraklayıcı: *****

Ring topraklayıcı: * ŞEKİL VARDIR *

Temel topraklayıcı: *****

Yüzeysel topraklayıcı

Yıldız topraklayıcı:

Ölçme yönü:

Sayfa: 227 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

Binalardaki Topraklama Tesislerinde Yapılacak Gözle Muayene,
Denetleme ve Ölçmeye İlişkin Örnek Form

TESİSATIN TANIMI

Bina Adresi:

Proje Onay Tarihi/No'su:

Elektrik Tedarik Eden Kuruluş Adı:

Şebeke Gerilimi:/..... Volt Şebeke Tipi: ++ TN Sistemi ++ TT Sistemi ++ IT Sistemi

KONTROLÜN NEDENİ:

++++

|++ |++ |++ |++ |++ |
|++ YENİ TESİS|++ GENİŞLETME|++ DEĞİŞİKLİK|++ DÜZELTME|++ TEST TEKRARI|

A. GÖZLE MUAYENE

++ ++

++ İşletme elemanlarının çevre koşullarına uygun olarak seçimi ++ Ana potansiyel dengelemesi PE ve PEN
iletkenleri

++ ++
++ İletkenlerin yerleştirilmesi ++ Topraklama iletkeni

++ ++
++ İletkenlerin işaretlenmesi (etiketlenmesi) ++ Su boru hattı

++ ++
++ PE-N iletkenlerinin karıştırılmaması ++ Gaz boru hattı

++ ++
++ PE/PEN-L iletkenlerinin karıştırılmaması ++ Isıtma sistemi boru hattı

++ ++
++ Fiş-Priz düzenlerinin etkinliği ++ Anten tesisatı

++ ++
++ Zemin yalıtımı ++ Telefon tesisatı

++ ++
++ PE ve PEN iletkenleri üzerinde koruma elemanı yok ++ Bilgi işlem tesisatı (varsa)

++ ++
++ Küçük gerilimle koruma ++ Tamamlayıcı potansiyel dengelemesi:

++ ++
++ Koruma ayırması ++ Banyo ve duş kabini

++ ++
++ Direk temasa karşı koruma ++ Hata akımı koruması

++ ++
++ Koruma düzenlerinin yerleştirilmesi ++ Akım devrelerinin işaretlenmesi

++ ++
++ Temel topraklayıcı ++

Notlar:

.....
.....
.....
.....

B. DENETLEME

++

++ Koruma düzenlerinin bütün test butonlarının fonksiyonlarının denetlenmesi

++

++ Bütün ihbar düzenlerinin denetlenmesi

++

++ Koruma cihazlarının anma değerlerinin korudukları işletme elemanına uygun olup olmadığının denetlenmesi

++

++ Uygulanan topraklama tesisinin projeye uygunluğu

Notlar:

.....
.....
.....

C. ÖLÇME

Ölçme Koşulları: ++ Kuru ++ Nemli ++ Islak

Kullanılan ölçme cihazları:

İmalatçı:	Tip:	İmalatçı:	Tip:
İmalatçı:	Tip:	İmalatçı:	Tip:
Akım devresi No:			
İletken çeşidi			
Boyutlar			
Aşırı akım koruma cihazı			
In [A]			
Ik [A]			
Ik [A] bulunan			
Hata akımı koruma cihazı			
In [A]			
IAn [A]			
IAn [A] bulunan			
Yalıtım ölçmesi			
L1-L2			
L1-L3			
L2-L3			
L1-N			
L2-N			
L3-N			
L1-PE			
L2-PE			

L3-PE										
PE-N										

Topraklama direnci RE(Ω) Topraklama gerilimi UE(V) Toprak öz direnci (ρ):(Ω .m)
 Bir sonraki deney tarihi:/...../.....
 Yukarıdaki değerlerin doğruluğu teyit edilir Adı Soyadıİmza Tarih:/...../.....

**Sayfa: 228 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-
 Ek-R**

İzin Verilen Dokunma Gerilimi Dikkate Alınarak Yapılan Doğru Tasarımın Kontrol Edilmesi İçin Örnekler

 * ŞEKİL VARDIR *

Şekil-R.1 Özel durumlar için hata akımının geri dönüş yoluna bağlı olarak çözüm örnekleri,

**Sayfa: 229 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-
 Ek-S**

Topraklayıcı, Koruma İletkeni ve Potansiyel Dengeleme İletkenlerinin Gösterilişi Şekil-S.1'de topraklayıcılar, koruma iletkeni ve potansiyel dengeleme iletkenleri şematik olarak gösterilmiştir.

 * ŞEKİL VARDIR *

Şekil-S.1 Topraklayıcı, koruma iletkeni ve potansiyel dengeleme iletkenlerinin gösterilişi

**Sayfa: 230 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-
 Ek-T**

Çeşitli Topraklayıcı Tiplerine İlişkin Hesaplama Örnekleri
 Topraklayıcılar, akımın yere akmasını sağlayan metal parçalarıdır. Akımın topraktaki dağılımını en basit şekilde bir yarım küre topraklayıcı ile açıklanır. Homojen toprakta toprağa akan akım, her yöne simetrik olarak yayılır ve akım ilk önce çok az bir dirençle, uzaklığa bağlı olarak gittikçe yükselen bir direnç ile karşılaşır (Şekil-T.1'e bakınız).

Toprağa akan akım, topraklayıcı eşpotansiyel yüzeyler göz önüne alınsın. Şekil-T.1'de görüldüğü gibi bu topraklayıcıdan 10 A hata akımı aktığı ve yerin toprak öz direncinin 150 (Ω)m olduğu kabul edilsin. İkinci eşpotansiyel yüzeyin kesiti, topraklayıcı ile arasındaki direnç ve gerilim aşağıdaki formüller ile hesaplanabilir.

 * ŞEKİL VARDIR *

Şekil-T.1 Bir yarım küre topraklayıcıdan akımın toprağa yayılması

 * Formül Vardır *

Olası bir hatada insan veya hayvanın hangi potansiyel aralıklarında durduğu, yani topraklayıcıya olan uzaklık en önemli etken olup buna adım gerilimi denilir. Adım gerilimi insanlar için 1 m, hayvanlar için 2 m aralıktaki potansiyel farkı (gerilim) olarak kabul edilmektedir. Düzenleyici topraklayıcılar ile dokunma ve adım gerilimlerini düşürmek mümkündür (Şekil-T.2'ye bakınız).

 * ŞEKİL VARDIR *

Şekil-T.2 Adım (U_s), dokunma (UST) ve topraklama (UE) gerilimlerinin şematik olarak gösterilmesi

Toprak öz direncinin 150(Ω)m, topraklayıcı yarıçapının 0,5 m ve topraklayıcıdaki gerilimin 100 V verildiğini varsayarak, topraklayıcıdan 4

metre uzaktaki bir noktaya kadar olan direnç:

Sayfa: 231 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

* Formül Vardır *

* Formül Vardır *

Topraklayıcıdan akacak akımın değeri:

U . E

I = ----

R E

UE 100 ~

I = -- = ---- = 2A

RE 47,7

4 metredeki potansiyelin değeri:

* Formül Vardır *

* Formül Vardır *

olur. Bu hesaptan da görüldüğü gibi 50 m uzaklıktaki potansiyelin değeri sadece 1 V olmaktadır. Bu noktaya referans toprağı da denir. Adım gerilimi iki nokta arasındaki potansiyel farkı ile hesaplanabilir. 1 metredeki adım gerilimi:

* Formül Vardır *

* Formül Vardır *

Şekil-T.3 bir yarım küre topraklayıcının potansiyel dağılımını ve eşpotansiyel çizgilerini göstermektedir.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-T.3 Bir yarım küre topraklayıcı çevresindeki potansiyel dağılımı, eşpotansiyel çizgileri ve adım gerilimleri

Topraklayıcıların yayılma direnci (Şekil-T.4), zeminin cinsi ve özelliğı (toprak özdirenci) ile topraklayıcıların boyutlarına ve düzenleme biçimine bağlıdır.

Topraklayıcının, çevresindeki toprağı iyi temas etmesi gerekir. Topraklayıcıların tesisinde iyi iletken toprak tabakaları kullanılmalıdır. Toprak tabakalarının kuru olması durumunda, topraklayıcının çevresindeki toprak yapışkan değilse ıslatılıp çamur durumunda getirilmeli; yapışkan ise topraklayıcı gömüldükten sonra dövülerek sıkıştırılmalıdır. Topraklayıcının yanındaki taş ve iri

Sayfa: 232 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

çakıllar yayılma direncini arttırmırlar. Bunlar ayıklanmalıdır. Şerit ve çubuk topraklayıcıların yayılma direnci daha çok kendi uzunluklarına, daha az olarak da kesitlerine bağlıdır.

* ŞEKİL VARDIR *

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-T.4 Bir topraklayıcıda yayılma direncinin uzaklıkla değışimi

a) Yarım küre topraklayıcı: Yarım küre topraklayıcının direncini Şekil-T.5'te açıklayalım: Toprak özdirenci ve toprağı akan akım ile yarı kürenin potansiyel değışimi, x uzaklıktaki kesit $S = 2().x2$ ile;

* Formül Vardır *

Kürenin merkezinden herhangi bir r uzaklığındaki potansiyel

* Formül Vardır *

Kürenin yarıçapı r ile, yarı küreden toprağa geçiş anındaki potansiyel değeri

* Formül Vardır *

Sayfa: 233 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

* ŞEKİL VARDIR *

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-T.5 Yarım küre topraklayıcıda akım ve potansiyel dağılımı

Yarım küre topraklayıcının topraklama direnci $RE = (\text{Çap})/I$ ile

* Formül Vardır *

Adım gerilimi, adım uzunluğuna ve bulunan yere göre değiştiği için, iki nokta arasındaki potansiyel farkı

* Formül Vardır *

Topraklama gerilimi, topraklayıcıdan akan akıma ve yayılma direncine bağlıdır.

$$UE = RE \cdot IE$$

b) Derin (çubuk) topraklayıcı: Boru ya da profil çelikten yapılan ve toprağa çakılarak kullanılan topraklayıcılardır. Çubuk topraklayıcılar yere olabildiğince dik olarak çakılmalıdır. İstenilen küçük yayılma direncinin sağlanabilmesi için birden çok çubuk topraklayıcının kullanılması gerekiyor, bunlar arasındaki açıklık, en az bir topraklayıcı boyunun iki katı olmalıdır. Toprağın üst tabakasının kurumması ve donması gibi nedenlerle paralel bağlı çubuk topraklayıcılar bütün uzunlukları boyunca etkili olmadıklarından, bunlar arasındaki uzaklık bir topraklayıcının etkili boyunun en az iki katı olmalıdır.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-T.6 Derin (çubuk) topraklayıcı

Sayfa: 234 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

Ana formül

$$PE = 4.1$$

$$RE = \frac{2 \cdot l \cdot d}{\ln \dots}$$

$$2 \cdot l \cdot d$$

Yaklaşık hesap ile

$$PE$$

$$RE = \frac{PE}{l}$$

$$l$$

Bu formüllerde, l topraklayıcının boyu, d topraklayıcının çapı ve PE toprak özdirencidir.

c) Yüzeysel (şerit) topraklayıcı: Şerit, yuvarlak iletken ya da örgülü iletkenle yapılan ve genellikle derine gömülmeyen topraklayıcılardır (Şekil-T.7). Bunlar, uzunlamasına döşenebileceği gibi yıldız, halka, gözlü topraklayıcı ya da bunların bazılarının bir arada kullanıldığı biçimde

düzenlenebilir. Zemin koşulları elverişli ise, şerit topraklayıcılar genel olarak 0,5 ila 1m derinliğe gömülmelidir. Bu arada yayılma direncinin üst zemin tabakasının nemine bağlılığı ve donma olasılığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Şerit topraklayıcıların uzunluğu istenen yayılma direncine göre seçilmelidir.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-T.7 Yüzeysel topraklayıcıların yüzeye veya H derinliğine tesis edilmesi durumu

PE 2.1

Ana formül: $RE = \frac{PE}{0.1} \cdot \ln \frac{2.1}{d}$

Topraklayıcı H derinliğine tesis edilmiş ise:

$RE = \frac{PE}{2 \cdot (0.1)} \cdot \ln \frac{2.1}{d} \cdot \left(1 + \frac{\ln 1/(2.H)}{\ln 2.1/d}\right)$

$d = \frac{1}{2} \cdot (b + s)$ veya $d = \frac{1}{2} \cdot (b + s)$

Bu formüllerde,

l Topraklayıcının uzunluğu,

b Topraklayıcının kalınlığı,

d Topraklayıcı kalınlığının yarısı veya yuvarlak iletkenin çapı,

s Topraklayıcının genişliği,

H Topraklayıcının gömülme derinliği.

d) Yıldız topraklayıcı: Yıldız topraklayıcılarda (Şekil-T.8) ışınların dağılımı düzgün olmalı ve komşu iki ışın arasındaki açı 60°'den küçük olmamalıdır. Işınlardan birbirine karşılıklı olarak etki etmesi sonucunda çok ışınlı yıldız topraklayıcılarda yayılma direnci artabileceğinden, üç yada en çok dört ışınlı yıldız topraklayıcıların kullanılması tavsiye edilir. Levha topraklayıcılar zemine düşey olarak gömülmelidir. Bunların boyutları gerekli yayılma direncine göre seçilmelidir. Topraklama tesislerinde genel olarak 1 m x 0,5 m'lik levhalar kullanılır. Levhanın üst kenarı toprak yüzeyinden en az 1 m derinde olmalıdır. Küçük bir yayılma direnci elde etmek için birden çok levha topraklayıcı kullanılması gerektiğinde bunlar arasındaki uzaklık en az 3 m olmalıdır. Aynı yayılma direncini elde etmek için şerit ve çubuk topraklayıcılar yerine levha topraklayıcı kullanıldığında, bunlara oranla daha fazla gereç kullanılması gerekir.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-T.8 Yıldız topraklayıcı çeşitleri

Sayfa: 235 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

Yıldız topraklayıcının topraklama direnci kollar arası açılara göre değişir.

1) Üç kollu 120° açılı yıldız topraklayıcı için:

$RE = \frac{PE}{2 \cdot (0.1)} \cdot \ln \frac{12}{0,27 \cdot H \cdot d}$

2) Dört kollu 90° açılı yıldız topraklayıcı için:

$RE = \frac{PE}{2 \cdot (0.1)} \cdot \ln \frac{12}{0,22 \cdot H \cdot d}$

3) Altı kollu 60° açılı yıldız topraklayıcı için:

$RE = \frac{PE}{2 \cdot (0.1)} \cdot \ln \frac{12}{0,009 \cdot H \cdot d}$

Bu formüllerde, l yıldız topraklayıcının kol uzunluğu, d kol çapı, H topraklayıcının gömülme derinliği ve PE toprak öz direncidir.

e) Gözlü topraklayıcı: Gözlü topraklayıcılar daha çok santrallerde, transformatör merkezlerinde kullanılır (Şekil-T.9).

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-T.9 Gözlü topraklayıcı

$$PE = \frac{PE}{2.D} + \frac{PE}{L}$$

Bu formülde, D gözlü topraklayıcının alanına eşit alanlı dairenin çapı, L topraklayıcıda kullanılan toplam iletken uzunluğu ve PE toprak öz direncidir.

f) Halka (ring) topraklayıcı: Halka (ring) topraklayıcı (Şekil-T.10) özellikle transformatör merkezlerinde, bina ve fabrikalarda topraklama direncini düzeltmede kullanılır.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-T.10 Halka (ring) topraklayıcı

Ana formül:

$$PE = \frac{PE}{2.D} \cdot \ln \frac{L}{d}$$

Sayfa: 236 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

Yaklaşık formül:

$$RE = \frac{2.PE}{3.D}$$

$$D = 1,13 \cdot (\text{karekök})A$$

g) Daire şeklindeki levha topraklayıcı: Dolu ya da delikli levhalardan yapılan topraklayıcılardır. Bunlar genel olarak öteki topraklayıcılara göre daha derine gömülürler (Şekil-T.11).

1) Levha topraklayıcı düşey olarak gömülürse;

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-T.11 Toprağa düşey olarak gömülen levha topraklayıcı

$$PE = \frac{PE}{2.D} \cdot (0,5 + \frac{d}{4.H})$$

Bu formülde, D topraklayıcının çapı, d topraklayıcının (levhanın) kalınlığı, H topraklayıcının merkezine göre gömülme derinliği ve PE toprak öz direncidir.

2) Levha topraklayıcı yatay olarak yere gömülürse:

$$RE = \frac{PE}{2.D}$$

Bu formülde, D topraklayıcının çapı ve PE toprak öz direncidir.

h) Kare şeklindeki levha topraklayıcı: Kare şeklindeki levha topraklayıcı

ana topraklama şeridini korozyondan korumak için yardımcı topraklayıcı olarak kullanılır. Günümüzde önemini yitirmiştir (Şekil-T.12).

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-T.12 Kare şeklindeki levha topraklayıcı

1) Levha topraklayıcı yüzeyde tesis edilirse;
PE
RE= ----
2,2.S

2) Levha topraklayıcı H derinliğine gömülürse;
PE
RE= ---- eğer H < S ise
4,4.S

PE
RE= --- eğer H > S ise
3.S

Bu formüllerde, S kare topraklayıcının bir kenarının uzunluğu, H kare topraklayıcının ortasına göre gömülme derinliği ve PE toprak özdirencidir.

Sayfa: 237 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

j) Küre şeklindeki topraklayıcı

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-T.13 Küre şeklindeki topraklayıcı

PE 1 1
RE= ---- . (- + --)
4.() r 2H

Bu formülde, r küre topraklayıcının yarıçapı, H küre topraklayıcının merkezine göre gömülme derinliği ve PE toprak özdirencidir.

Bu formülde, küre çapı d < H dir.

1) Yarım küre şeklindeki topraklayıcı

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-T.14 Yarım küre şeklindeki topraklayıcı

PE PE
RE= ----- = ----
4.().r ().d

Ek-U

Malzeme Katsayısı k'nin Elde Edilmesi İçin Yöntem
Malzeme katsayısı k aşağıdaki denklem yardımıyla belirlenir:

* FORMÜL VAR *

Çizelge-U.1

	B	QC	P20	* FORMÜL VAR *
İletken malzemesi				
	(ØC)	(J/ØC mm3)	(Ø mm)	AS(1/2)/mm2
Bakır	234,5	3,45 . 10(-3)	17,241 . 10(-6)	226

Alüminyum	228 2,5 . 10(-3) 28,264 . 10(-6)	148
Kurşun	230 1,45 . 10(-3) 214 . 10(-6)	42
Çelik	202 3,8 . 10(-3) 138 . 10(-6)	78
+-----+-----+-----+-----+		

Sayfa: 238 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-
Ek-V

Bir Kablo veya Hattın Kılıf veya Zırhından Meydana Gelen Koruma İletkeni İçin Malzeme Katsayılarının Seçimi, Yabancı Gerilimi Az Olan Yerlerde Potansiyel Dengelemesi ve PEN İletkeni Olarak Kullanılacak Profil Raylara İlişkin Tamamlayıcı Bilgiler
V.1 Bir kablo veya hattın kılıf veya zırhından meydana gelen koruma iletkeni için malzeme katsayıları k

Çizelge-V.1 Bir kablo veya hattın kılıf veya zırhından meydana gelen koruma iletkeni için malzeme katsayıları k

+-----+-----+-----+-----+				
Yalıtkan malzeme				
+-----+-----+-----+-----+				
PVC XLPE, EPR IIK				
+-----+-----+-----+-----+				
İletkenin başlangıç sıcaklığı 50øC 60øC 80øC 75øC				
+-----+-----+-----+-----+				
Son sıcaklık 200øC 160øC 250øC 220øC				
+-----+-----+-----+-----+				
As(1/2)/mm2 cinsinden k				
+-----+-----+-----+-----+				
Fe ve Cu kaplı Fe 53 44 54 51				
+-----+-----+-----+-----+				
Al 97 81 98 93				
+-----+-----+-----+-----+				
Pb 27 22 27 26				
+-----+-----+-----+-----+				
Çizelgedeki kısaltmaların anlamları:				
G Lastik yalıtkan				
PVC Polivinilklorür yalıtkan				
XLPE Çaprazlanmış Polietilen yalıtkan (PE-X)				
EPR Etilen-Propilen-Kauçuk yalıtkan				
IIK Bütil-Kauçuk yalıtkan				
Son sıcaklık, iletken için izin verilen en yüksek sıcaklıktır.				
+-----+-----+-----+-----+				

V.2 Yabancı gerilimi az olan potansiyel dengelemesi

Bir bina içine iletişim tesislerinin yerleştirilmesi öngörülmüşse veya en azından bu mümkün ise, bu tesislerde ortaya çıkabilecek fonksiyon bozulmalarının önlenmesi için aşağıdaki hususlar tavsiye edilir:

a) Bütün binada PEN iletkeni kullanılmamalıdır.

Not: TN sistemi mevcutsa TN-S sistemi kullanılmalıdır. TT sistemleri ve IT sistemleri bu koşulu kendiliğinden sağlarlar.

b) İçine iletişim tesislerinin kurulacağı her katta veya bina bölümünde, eğer varsa her bir katın veya bina kısmının:

- Koruma iletkenleri,
- Su boruları,
- Gaz boruları,
- Örneğin merkezi ısıtma ve klima tesislerinin yukarı çıkan hatları gibi diğer metal boru sistemleri

- Mümkün olduğu takdirde bina konstrüksiyonunun metal kısımları da dahil olmak üzere bir potansiyel dengelemesi yapılmalıdır.

V.3 PEN iletkeni olarak kullanılacak profil raylar

Profil raylar, eğer çelikten yapılmamışlarsa ve sadece klemensleri varsa, cihaz taşıyamıyorsa PEN iletkeni olarak kullanılabilirler. Bir PEN rayına PEN iletkenleri, nötr iletkenleri ve koruma iletkenleri bağlanabilir.

Örneğin aşağıdaki Çizelge-V.2'de belirtilen malzemelerden meydana gelen ray profiller PEN iletkeni için gerekli koşulları sağlarlar.

Çizelge-V.2 PEN iletkeni için ray profiller ve bunların akım taşıma kapasiteleri

Ray profil	Malzeme	Bir Cu iletkenin akım taşıma kapasitesi (mm ²)
Şapka profil EN 50 045 - 15 x 5	Bakır	25
Şapka profil EN 50 045 - 15 x 5	Alüminyum	16
G - Profil EN 50 035 - G 32	Bakır	120
G - Profil EN 50 035 - G 32	Alüminyum	70
Şapka profil EN 50 022 - 35 x 7,5	Bakır	50
Şapka profil EN 50 022 - 35 x 7,5	Alüminyum	35
Şapka profil EN 50 022 - 35 x 15	Bakır	150
Şapka profil EN 50 022 - 35 x 15	Alüminyum	95

Örneğin hat koruma anahtarı, hata akımı koruma anahtarı gibi cihazların yerleştirilmesi durumunda profil rayın ısı dağıtımını güvenli değildir.

Normal işletmede çeliğin akım taşıyan iletken olarak kullanılması olağan değildir. Çelik bu yönetmelikte PEN iletkeni malzemesi olarak öngörülmemiştir.

Sayfa: 239 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

Ek-Y

Beşinci Bölüm'de Yer Alan m, n, p Katsayılarının Belirlenmesi

Y.1 Periyodik olaylar

Y.1.1 Doğru bileşenli, sinüs şeklindeki değişimler: Aşağıdaki hesap yöntemi, verilen akım veya gerilimin, doğru bileşene, süperpoze olmuş alternatif bileşene ve bunun frekansına bağlı olarak, Çizelge-15 ve Çizelge-16'da belirtilen boyutlandırma sınıflarından hangisine girdiğini tespit etmeye yarar.

Bunun için akım veya gerilimin zamana göre değişiminin aşağıdaki karakteristik değerleri belirlenmelidir:

- Doğru bileşen i^{\sim} veya u^{\sim}
- Bütün olaydaki alternatif bileşen i^{\sim} veya u^{\sim} ,
 i^{\sim} veya u^{\sim} tepe değerleri yardımıyla
 $I^{\sim} = i^{\sim}$ veya $U^{\sim} = u^{\sim}$
şeklinde belirlenir.
- Alternatif bileşenin frekansı f
Örnek olarak Şekil-Y.1'e bakınız.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-Y.1 Boyutlandırma sınıfı 2'de belirtilen değerlerin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilecek olan, süperpoze edilmiş doğru bileşeni bulunan $f = 5$ kHz frekanslı sinüs şeklindeki bir değişim için örnek; gerilim kaynağı için $R_i = 0$ kabul edilmiştir.

Bu şekilde bulunan karakteristik değerler, her birine karşı düşen akım ve gerilim değerleriyle birlikte (Çizelge-15 ve Çizelge-16'ya göre I^{\sim} ve I^{\sim} veya U^{\sim} ve U^{\sim})

- Akım ve gerilim için sırasıyla
* Formül Vardır *
* Formül Vardır * eşitsizliklerine yerleştirilir.

I^{\sim} ve I^{\sim} veya U^{\sim} ve U^{\sim} değerleri, şimdilik kabul edilen boyutlandırma

sınıfına göre m ve n_1 veya n_2 frekans katsayıları da işe sokularak belirlenir. Eğer kısa süreli bir olay söz konusu ise, alternatif bileşen için ya m ve n_1 veya n_2 frekans katsayıları veya p_{\sim} veya p_U kısa süre katsayıları ile doğru bileşen için $p_{=}$ veya $p_{u=}$ kısa süre katsayıları göz önünde bulundurulmalıdır (Çizelge-15 ve Çizelge-16'ya bakınız).

Yukarıdaki eşitsizlikler sağlanıyorsa, kabul edilerek değerleri esas alınan boyutlandırma sınıfı aşılmamış demektir.

Eşitsizlikler daha düşük bir boyutlandırma sınıfına ilişkin (I_{\sim} ve $I_{=}$ veya U_{\sim} ve $U_{=}$) değerlerle de sağlanıyorsa, değerlendirilen akım veya gerilim değeri bu daha düşük boyutlandırma sınıfına sokulmalıdır.

Hesap yöntemi için örnek: $u^{\sim} = 30$ V, $u_{=} = 40$ V ve $f = 5$ kHz değerleriyle Şekil-7'den $m = 1,5$ olarak bulunur.

Çizelge-16'ya göre boyutlandırma sınıfı 2'de, Şekil-Y.7'den bulunan gerilim katsayısı $m = 1,5$ ile aşağıdaki değerler elde edilir

$$U_{\sim} = 1,5 \cdot 50 \text{ V} = 75 \text{ V ve}$$

$$U_{=} = 120 \text{ V}$$

Bununla, yukarıda gerilim için verilen eşitsizlik şöyle sağlanmaktadır:

$$[30 \text{ V} / (75 \text{ V} (\text{karekök}2))] + [40 \text{ V} / 120 \text{ V}] = 0,616 < 1$$

Kontrol edilen değişim bu sonuca göre boyutlandırma sınıfı 2'ye dahildir.

Aynı değişim için boyutlandırma sınıfı 1B için verilen değerlerden hareketle bulunacak sonuç 1,232 olup bu sonuç ≤ 1 olma koşulunu sağlamayacaktır. Buna göre Şekil-Y.1'de verilen değişim boyutlandırma sınıfı 2'ye dahil edilmelidir.

Şekil-Y.1'deki gerilim, iç direnci 6 k() olan bir gerilim kaynağının boşta çalışma gerilimi olarak kabul edilecek olursa, bu gerilim geniş yüzeyli bir temas durumunda (Şekil-11'de verilen bağlantı devresiyle, $f = 5$ kHz için ve seri bağlanacak 6 k() ile 6,507 k() değeri hesaplanarak) aşağıdaki hesapla şu akım değerleri bulunur:

$$i^{\sim} = [30 \text{ V} / 6,507 \text{ k}()] = 4,61 \text{ mA}$$

$$i_{=} = [40 \text{ V} / (6 \text{ k}() + 2 \text{ k}())] = 5 \text{ mA}$$

Çizelge-15'e göre, kabul edilen boyutlandırma sınıfı 1B'ye göre, 5 kHz'de Şekil-Y.6'dan bulunacak $n_2 = 3,4$ değeri ile aşağıdaki değerler bulunur:

Sayfa: 240 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

$$I_{\sim} = 3,4 \cdot 3,5 \text{ mA} = 11,9 \text{ mA ve}$$

$$I_{=} = 10 \text{ mA.}$$

Bu değerlerle, yukarıda akımlar için verilen eşitsizlik sağlanır:

$$[4,61 \text{ mA} / (11,9 \text{ mA} (\text{karekök}2))] + [5 \text{ mA} / 10 \text{ mA}] = 0,774 < 1$$

Y.1.2 Doğru bileşenli, sinüs şeklinde olmayan değişimler: Doğru bileşeni olan, sinüs şeklinde olmayan değişimlerin değerlendirmesi için, Y.1.1'deki gibi aynı şekilde hareket edilir, ancak alternatif bileşenin frekansının ve bununla ilgili m ve n_1 veya n_2 katsayılarının bulunması için değişimin periyodunun tersi alınmalıdır.

Boyutlandırma sınıfı 1B, 2 ve 3'e dahil akımların ve gerilimlerin periyotlarının bu şekilde tespiti sırasında en düşük frekanslı harmonik kısmı (örneğin, 50 Hz'lik gürültü gerilimi), eğer genliği $12 \cdot (\text{karekök}2)$ V veya $0,5 \cdot (\text{karekök}2)$ mA'i geçmiyorsa, dikkate alınmaz.

Örnek olarak Şekil-Y.2'ye bakınız.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-Y.2 Doğru bileşeni bulunan, sinüs şeklinde olmayan bir değişim için örnek

Not: Daha iyi açıklama amacıyla, boyutlandırma sınıfı 2 için izin verilen akım değerleri i^{\sim} ve $i_{=}$ (Şekil-Y.3'e bakınız) ve aynı şekilde izin verilen gerilim değerleri u^{\sim} ve $u_{=}$ (Şekil-Y.4'e bakınız) gösterilmiştir.

Y.2 Frekans ve etki süresinin tesiri için m , n ve p katsayıları:

Y.2.1 Frekans katsayısı n_1 (Şekil-Y.5'e bakınız), Çizelge-15'deki

boyutlandırma sınıfı 1A için verilen 0,5 mA'lık alternatif akımın frekansa bağlı olarak izin verilen artışını belirler.

Y.2.2 Frekans katsayısı n2 (Şekil-Y.6'ya bakınız), Çizelge-15'deki boyutlandırma sınıfı 1B ve 2 için verilen 3,5 mA ve 10 mA'lık alternatif akımın frekansa bağlı olarak izin verilen artışını belirler.

Y.2.3 Frekans katsayısı m (Şekil-Y.7'ye bakınız), Çizelge-16'daki boyutlandırma sınıfı 2 için verilen alternatif akımların frekansa bağlı olarak izin verilen artışını belirler.

Not: Şekil-Y.5, Şekil-Y.6 ve Şekil-Y.7 için, 100 kHz'in üstündeki frekanslarda, 100 kHz için tespit edilenden daha yüksek olan değerlere izin verilmez.

Y.2.4 Kısa zaman katsayıları pI~, pI~, pu~ ve pu= (Şekil-Y.8 ve Şekil-Y.9'a bakınız), daha kısa süreli etki süresinde, Çizelge-15 ve Çizelge-16'daki boyutlandırma sınıfı 2 için verilen akım ve gerilim değerlerinin izin verilen artışını belirler. pI~ alternatif akımlar, pI= doğru akımlar, pu~ alternatif gerilimler ve pu= doğru gerilimler için geçerlidir.

* ŞEKİL VARDIR *

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-Y.3 Boyutlandırma sınıfı 2'de izin verilen akım Şekil-Y.4 Boyutlandırma sınıfı 2'de izin verilen gerilim değerleri

Sayfa: 241 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-Y.5 Frekansa f bağlı olarak frekans katsayısı n1'in değişimi

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-Y.6 Frekansa f bağlı olarak frekans katsayısı n2'nin değişimi

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-Y.7 Frekansa f bağlı olarak frekans katsayısı m'nin değişimi

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-Y.8 Etki süresine t bağlı olarak kısa süre katsayıları pI~ ve pI='nin değişimi

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-Y.9 Etki süresine t bağlı olarak kısa süre katsayıları pu~ ve pu='nun değişimi

**Sayfa: 242 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-
Ek-Z**

İletişim Kablolarının Ekran Topraklaması ve İletişim Kablolarının Yüksek Gerilimli Enerji Nakil Hatlarına (ENH) ve Bunların Direklerinin Topraklama Tesislerine Yaklaşması Durumunda, Tesis Etme Aşamasında Alınacak Önlemler

Z.1 1200 V.tan daha küçük toprak potansiyel yükselmeleri için koruma:

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-Z.1 Koruma için prensip şeması

Z. 1.1 Tanımlama:

a) Transformatör merkezi içindeki koruma: Transformatör merkezi toprağı ve her bir iletken arasında bir adet parafudrdan ibarettir.

b) Transformatör merkezi giriş devresi: Bu, 50 Hz'de, hem iletkenleri arasında hem de gerilme bu değerin %60'ını aşmaması için yalıtkan dış kılıfı ile en az 2 kV'luk bir dielektrik dayanımı olan bir kablodan ibarettir (2000 V x 0,6 = 1200 V). Bir çıplak telli hava hattı veya kablo yardımıyla uzaktaki tesise uzatılabilir.

c) Dış koruma:

- Her bir iletkenle topraklanmış nötr arasında bir parafudr,
- Bir uzak topraktan (B noktası) ibarettir.

Uzak toprak, bir arıza durumunda akacak toprak akımlardan dolayı transformatör merkezinde toprak potansiyelinin yükselmesinde önemli bir etki oluşturmayan, bu merkezin dışında uzak bir noktadır.

Bu nokta genellikle:

- Ya, yalnızca bir transformatör merkezi içinde bulunan bir devreyi kullanan bir bağlantı ise, yerel (lokal) bir görüşmede,
- Veya, uzak toprak olarak kabul edilebilen bir toprağın kontrol edilmesinden sonra genel şebekeyle bağlanan (jonksiyon) bir noktada, yeri belirlenir.

Z. 1.2 Çalışma: Transformatör merkezindeki toprak potansiyelinin yükselmesine neden olan bir olayın oluşması durumunda çalışma yöntemi aşağıdaki gibidir:

- Uzak toprağa bağlanan dış parafudrun ve transformatör merkezi topraklama sistemine bağlanan dahili parafudrun seri olarak çalışması. İletişim sistemi devrelerinin iletkenlerinden bir akım akar.

Eşdeğer devre Şekil Z.A.2 de gösterilmiştir.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-Z.2 Eşdeğer devre

ZA Transformatör merkezinin toprak empedansı,

ZS İletişim devresi iletkenlerinin empedansı,

UE Bir arıza anında transformatör merkezinin topraklama gerilimi (toprak potansiyelinin yükselmesi) (IE akımı ile),

RB Uzak topraklama direnci.

B noktasındaki uzak toprağın direnci, hangisi uygulanabilirse; bu noktadaki gerilim yükselmesi 430 veya 650 V'tan az olacak şekilde olmalıdır.

RB 430V 430V
430 V için, ----- <= ---- veya yaklaşık olarak RB <= RS, -----
RB + ZS UE UE - 430V

olmalıdır.

Sayfa: 243 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

Şekil-Z.3, transformatör merkezindeki toprak potansiyel yükselmesinin 800 V veya 1200 V'a yükselmesi durumunda, B noktasındaki potansiyel yükselmesinin 430 V'u geçmeyeceği RB topraklama direncinin en büyük değerini gösterir. Bu değer transformatör merkezi ile B noktası arasındaki kablo uzunluğu ve içinden akım akan tüm iletişim devre iletken kesitlerinin bir fonksiyonudur.

* ŞEKİL VARDIR *

Şekil-Z.3 A noktasındaki potansiyel yükselmesi $U_E=800$ V veya 1200 V olduğunda B noktasındaki potansiyel yükselmesinin 430 V'u aşmaması için, iletişim kablolarının (L) uzunluğu ve bakır iletkenlerin (ACu) toplam kesitlerinin bir fonksiyonu olarak RB topraklama direncinin en büyük değeri.

Arıza durumunda yıldırıma karşı korunmuş iletişim devrelerinin iletkenlerinden akan akımın izin verilen değerleri aşmaması için gerekli önlemler alınmalıdır (özellikle A-B uzaklığı kısa olduğu zaman).

Notlar:

- Bu koruma sistemi çok düşük dirençli topraklamaları gerektirir. Devre doğru akım ile de çalışabilir (özellikle, otomatik telefon görüşmelerinde).
- Arıza sırasında parafudrlar çalışırken iletişim devreleri kullanılamaz. Olaydan sonra derhal eski duruma dönülür.
- Kablonun her iki ucundan da topraklanmış, mutlaka yalıtılmış metal bir zırhı bulunur. Böylece kablunun ekranlama etkisinden yararlanır. Zırhtan akan akımın B noktasında aşırı potansiyel yükselmesine neden olmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Z.2 Enerji üretim tesislerinde veya transformator merkezlerinde kullanılan iletişim kabloları: Enerji üretim tesisleri ve transformator merkezlerinde kullanılan iletişim kablolarının zırhlarının erimesini engellemek amacıyla, elektrik tesisinde oluşabilecek bir arıza durumunda akacak akımın süresi ve değeri sınırlandırılmalıdır. Örneğin küçük kesitli iletişim kablolarının söz konusu olması nedeniyle, arızaların 0,2 s'den kısa bir sürede ya da her durumda 0,5 s'den kısa sürede giderildiği ve 500 A mertebesinde bir akımın zırhtan aktığı değerlendirildiğinde, çevresi ile akım alışverişi engellenecek şekilde doğru döşenmiş bir kabloya ilişkin zırhın erime riski düşüktür. Deneyimler göstermektedir ki, böyle bir akım seviyesine, üretim ya da transformator merkezine ilişkin topraklama sistem direncinin 0,15 (Ω)'dan düşük ve arıza akımının 10 kA'den küçük olması durumunda ulaşılamamaktadır.

Sayfa: 244 © Copyright; TAM Bilgi İletişim A.Ş., -REGA Bilgi Bankası-

- İletişim kablolarının zırhlarından akan akım zırhın yapıldığı malzemeye ve zırhla toprak arasındaki akım değişimine bağlıdır. Yalıtılmış bir metal zırhın her iki ucundan da topraklanmadığı durumda akım çok büyük değildir. Akım, kablo zırhı her iki uçtan topraklı olduğu zaman, metal zırh devresinin ve toprak geri dönüşünün empedansına bağlıdır. Yalıtkan olmayan metal zırh kullanılması durumunda, zırhtaki akım büyük ölçüde toprak özgül direncine bağlıdır.

Eğer iletişim kablolarında sirkülasyon akımının yok edilmesi veya azaltılması düşünülüyorsa, aşağıdaki düzenlemeler yapılabilir:

- Metal zırhla kaplı kablo gerilim konisinin kenarına kadar plastik kılıflı kablo ile değiştirilebilir. Eğer bu kablo metal ekranlı ise, bu, ya kablunun gerilim konisinin dışında kalan metal zırhına veya enerji üretim tesislerinin topraklama sistemine veya tercihen yüksek gerilim olasılığını düşürmek amacıyla bir "yüzen potansiyel"de bırakılır;

- Kablonun metal zırhı, gerilim konisinin kenarına kadar yalıtılabilir ve yalıtılmış bir başlık bu noktada enerji üretim tesislerine en yakın metal zırh ile santraldan uzaklaşan ve doğrudan toprak ile temasta olan metal zırh arasına eklenebilir.

Bu durumda, kablunun etki alanı içerisindeki kısmını bir "yüzen potansiyel"de bırakmak tercih edilir.

Bu yüzden, tehlikeli gerilimlerin oluşması riskinin bulunduğu yerlerde, uygun bir düzenleme ile, bir zırh veya ekrana ulaşılmasının engellenmesi tavsiye edilir.

Eğer iletken ve zırh arasındaki gerilimi azaltmak için metal kablo zırhındaki sirkülasyon akımının kompanze etkisinin avantajından faydalanılmak istenirse, zırhın metalik devamlılığı sağlanmalıdır. Metal zırh dahil, bir dış yalıtkan ile kablo tamamen veya bir parçası kaplanarak, kompanzasyonun ters etkisi olmaksızın, zırhtaki akım sirkülasyonu, zırha zarar vermeyecek bir

değere düşürülebilir. Metal zırh, enerji üretim tesislerinin veya transformatör merkezinin topraklama sistemine ve yeterli uzaklıktaki bir toprağa bağlanır. Eğer santralin topraklama sisteminin gerilim sınırları aşılsa, kablo üzerinde çalışan personelin korunması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Z.3 İletişim kablolarının yüksek gerilimli enerji nakil hatlarına (ENH) ve bunların direklerinin topraklama tesislerine yaklaşması durumunda, tesis etme aşamasında alınacak önlemler

Z.3.1) İletişim kablolarının yüksek gerilimli ENH direklerinin topraklama tesislerine yaklaşması durumunda tesis etme aşamasında alınacak önlemler:

a) Yıldız noktası küçük değerli direnç üzerinden topraklanmış şebekelerde alınacak önlemler:

i) Ya, bir tarafta, kendilerine bağlı potansiyel dengelemeleri de dahil olmak üzere, kuvvetli akım tesislerine ilişkin direk topraklamaları, diğer tarafta iletişim düzenleri olmak üzere, bunlar arasındaki mesafe en az 15 m olacak şekilde (bu özellikle bağlama noktaları, jetonlu telefon cihazları, saha düzenleri ve benzerleri için geçerlidir),

ii) Veya, geçip giden iletişim kabloları için, direk topraklamaları ile iletişim kabloları arasındaki mesafe 2 m'den daha fazla olacak şekilde,

iii) Ya da, en azından direk topraklamasının sağ ve solundaki 5 m'lik bölgede yeterli yalıtım sağlayan bir dış mahfaza içinde bulunan geçip giden iletişim kabloları için, direk topraklamaları ile iletişim kabloları arasındaki mesafe en az 0,5 m olacak şekilde,

iv) Veya, direk topraklamasından en az 2 m uzaklıkta bulunan ara kablolar (yüksek gerilim hatlarıyla kesişme noktalarında, toprak üstündeki iletişim hatlarının kablolu bağlantıları) için, en azından direk topraklamasının sağ ve solundaki 5 m'lik mesafede yalıtım sağlayan bir dış mahfaza bulunacak şekilde, tesis etme aşamasında önlemlerin alınmış olması gerekir.

b) Diğer şebekelerde alınacak önlemler:

i) Ya, bir tarafta, kendilerine bağlı potansiyel dengelemeleri de dahil olmak üzere, kuvvetli akım direk topraklamaları, diğer tarafta iletişim düzenleri olmak üzere, bunlar arasındaki mesafe 2 m olacak şekilde,

ii) Veya, geçip giden iletişim kabloları için, direk topraklamaları ile iletişim kabloları arasındaki mesafe 0,5 m'den daha fazla olacak şekilde,

iii) Ya da, direk topraklamasından en az 0,5 m uzaklıkta bulunan ara kablolar (yüksek gerilim hatlarıyla kesişme noktalarında, toprak üstündeki iletişim hatlarının kablolu bağlantıları) için, en azından direk topraklamasının sağ ve solundaki 5 m'lik mesafede yalıtım sağlayan bir dış mahfaza bulunacak şekilde,

tesis etme aşamasında önlemlerin alınmış olması gerekir.

c) Yıldırım düşme sıklığı yüksek olan bölgelerde, Ek-Z.3.1/a ve Ek-Z.3.1/b'de belirtilen mesafelerin artırılması gerekebilir.

d) Bağlama noktaları (örneğin kablo dağıtım kutuları, abone bağlantı yerleri), direk topraklamalarından en az 15 m uzakta bulunmalıdır.

Z.3.2) İletişim hatlarının, kuvvetli akım hatlarıyla kesişme ve yaklaşım noktalarında tesis etme aşamasında alınması gereken önlemler:

Beşinci Bölüm'e, Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği'ne ve VDE210'a bakınız.

Z.3.3) İletişim kablolarının, yıldız noktaları küçük değerli direnç üzerinden topraklanmış 110 kV'un üstündeki yüksek gerilim tesislerine ve aynı şekilde, transformatör merkezi içine girmemek koşulu ile, kendi kendine sönmeyen toprak temaslarında içlerinde bulunan toprak teması bobinleri köprülenen transformatör merkezlerine yaklaşımında tesis etme aşamasında alınması gereken önlemler,

a) İletişim kablolarının topraklama tesisine mesafesi 15 m'den büyük olmalıdır. Daha küçük mesafelerde, gerekli görüldüğü takdirde, Ek-Z.3.1'dekine benzer önlemler alınmalıdır.

b) Santrallerin ve ana indirici transformatör merkezlerine ilişkin topraklama tesislerinin gerilim konisi bölgesinde bağlama noktaları, küçük kuvvetlendirici merkezleri vb. bulunmamalıdır.

Not: Ortalama bir toprak iletkenliği için bu bölgenin sınırı yaklaşık 300

m civarındadır.
