

ELEKTRİK TESİSLERİNDE SORUNLAR GÜVENLİK VE TOPRAKLAMADA YENİLİKLER

Prof. Dr. İsmail KAŞIKÇI

**Biberach Üniversitesi Almanya
Karlstr. 11, 88400 Biberach
ismailk@t-online.de**

ÖZET

Elektrik tesislerinin planlanması, boyutlandırılması, hesaplanması ve değerlendirilmesi için tasarımcının geniş çapta elektrik temel bilgisinin yanısıra her projede geçerli olan Norm ve Standartlara, yönetmeliklere, bilgisayar destekli programlara ihtiyacı vardır. Elektrik tesislerinin sağlıklı kurulması, işletilmesi can ve mal güvenliği açısından çok önemlidir. Bu bildiride IEC ve EN Standartlarındaki yenikler anlatılacak, Türkiye’de yapılan hatalar üzerinde durulacaktır.

1. BİNALARDA ELEKTRİK TESİSATI

Elektrik Kullanımı için Merkezi Danışma Bürosu "Mesken inşaatında elektrik tesisatı - Talepler, proje ve değerlendirme" konusunda DIN 18015 Normu yayınlamıştır. Bu çalışma Tesisatın donanım değeri olarak, binalardaki elektrik tesisatının kalite ve işlevsel yönlerden değerlendirilebilmesini mümkün kılmıştır. Tesisatın donanım değeri **Çizelge 1**’de gösterildiği gibi binalarda elektrik tesisleri ve otomasyon, yeni teknik ve bilimsel gelişmelere göre yeniden düzenlenmiştir.

Çizelge 1: Binalarda tesisat donanımı

Tesis şekli	Tanımı	Kalitesi
Normal elektrik tesisi donanım şekli		
1	*	En az donanım tesisi
2	**	Standart donanım
3	***	Lüks donanım
Otomasyon (akıllı bina) tesis donanım şekli		
1 artı	* artı	En az donanım tesisi
2 artı	** artı	Standart donanım (bir işlev alanına sahip)
3 artı	*** artı	Lüks donanım (iki işlev alanına sahip)

Projelerde uygulanması gerekli olan bir kaç önemli norm ve yönetmelikleri verelim:

- IEC 60364 Binalarda Elektrik Tesisleri <1kV (Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği)
- IEC 60909 Elektrik Sistemlerinde Kısa Devre Hesapları
- Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği
- EN 50522 Kuvvetli Akım Elektrik Tesisleri ve Topraklamalar >1 kV
- EN 50110 Kuvvetli Akım Elektrik Tesislerinin İşletilmesi

2. ELEKTRİK TESİSAT YÖNETMELİKLERİNDE YENİLİKLER

IEC 60 364

IEC 60364, 50 Hz., 1000 V a.a. veya 1500 V d.a. gerilim değerlerine (bu değerler dahil) kadar anma gerilimi olan elektrik iç tesislerinin, güvenli ve düzgün çalışmasını sağlayacak tasarım, uygulama ve işletme kurallarının belirlenmesi amacıyla hazırlanmıştır [1].

Sistemler, donanım, uygulama ve aşırı akım koruma cihazları sigorta (gG), MCB ile ilgili değişiklikleri şöyle sıralamak mümkündür:

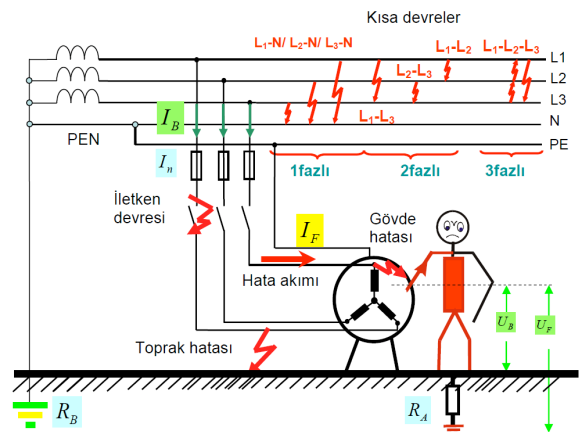
1. Açma akımı için kullanılan **k** faktörü kalktı.
2. Açma zamanı için 0,1-0,07-0,2-0,4 ve 5 saniyeler getirildi.
3. B,C ve D kesiciler normlaştı. Açma katsayıları 5, 10, 15 ve 20 kabul edildi. **L** ve **G** üretimden kalktı.
4. AG'de Dokunma gerilimi $U_B = 50$ V AC, 120 V DC ve ev hayvanları için 25 Volta indirildi.
5. Dokunma gerilimi YG'de 65 V'tan 75 V'a çıkartıldı.
6. TN, TT ve IT sistemleri kabul edildi.
7. TT sistemi tamamen terk edilmekte.

8. Artık akım koruma cihazının tesisatı- RCD (Residual Current Protective Device) TN ve TT sistemde her linie için kullanımı zorunlu hale getirildi.
9. R, S, T, Mp yerine L1, L2, L3, PEN (N) terimleri kabul edildi.
10. Küçük voltaj ve koruma ayrılması yerine SELV ve PELV getirildi.
11. Kablo ve iletkenlerin boyutlandırılmasında 30 derece sıcaklık kabul edildi.
12. MCB: Hat veya iletken koruma düzeneği (halk dilinde otomatik sigorta denir) tanımlandı.
13. CB: (Circuit Breaker) TMS'dir.
14. MCCB: Moulded Compound Circuit Breaker, Kompak güç şalteridir.
15. RCD: Artık akım koruma düzeneğidir.
16. RCDBO: Hat koruma düzeneği ve artık akım koruma düzeneği kombine edilmiştir.
17. SPD: Surge Protective Device, Aşırı gerilim koruma düzeneğidir.

3. KISA DEVRE HESAPLARI

EN 60 909-0

İlk önce elektrik tesislerinde ortaya çıkan hata akımlarını tanımlayalım [2,3].



Şekil 1: Hataların tanımı

Normal işletme şartlarında potansiyelleri farklı olan gerilim altındaki iletkenler arasında ihmal edilebilir empedanslı bir hata sonucu meydana gelen akımlara hata akımı denir. Çeşitli hatalar Şekil 1’de gösterilmiştir. TN sistemde hata akımı devresini şebeke üzerinden (çevrim empedansı), TT sistemde ise toprak üzerinden (toprak çevrim empedansı) tamamlar.

Hata akımı : Normal olmayan veya istenmeyen bir yol oluşması sonucunda akım akan bir devre durumudur. Genellikle bir yalıtım hatası veya yalıtımın köprülenmesi sonucu oluşur. Hata durumunda, gerilim altındaki iletkenler arasında veya gerilim altındaki iletkenler ile açığı veya yabancı iletken bölümler arasında empedansın ihmal edilecek kadar çok küçük olacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

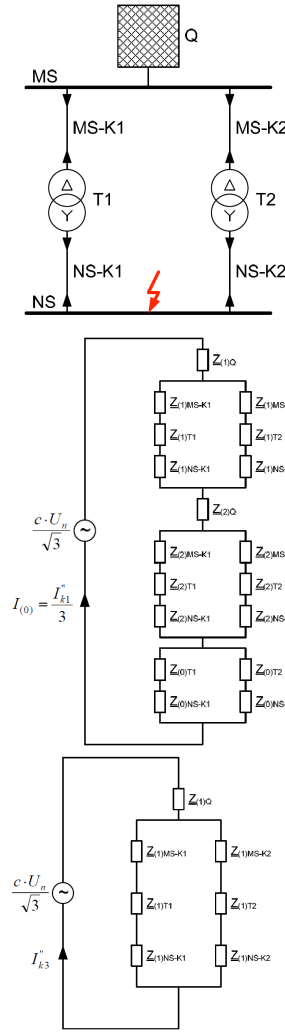
Aşırı akım : Beyan değerinden büyük bütün akımlardır. İletkenler için beyan değeri, akım taşıma kapasitesidir. Aşırı akım, aşırı yük akımı ve kısa devre olmak üzere ikiye ayrılır.

Aşırı yük akımı : Bir devrede hata yok iken, oluşan aşırı akımdır.

Kısa devre akımı : Normal işletme şartlarında potansiyelleri farklı olan gerilim altındaki iletkenler arasında ihmal edilebilir empedanslı bir hata sonucu meydana gelen akımdır. Kısa devre akımı sadece ana dış iletken (L1-L2-L3) veya ana dış iletken ve nötr (N) arasında ortaya çıkar. Projelerde bir ve üç fazlı kısa devre akımlarının hesabı yapılmalıdır.

Kaçak akım : İşletme araçlarının gerilim altındaki bölümlerinin yalıtımları içinden veya üzerinden, normal şartlarda toprağa akan akımdır. Bu akımlar bilgisayar sistemleri için tehlikelidir.

Şekil 3’ de bir elektrik dağıtım şebekesi ve kısa devre eşdeğer şemaları (EŞ) gösterilmiştir.



a) Tek kutuplu EŞ b) Üç kutuplu EŞ

Şekil 3: Kısa devre hesabı

İşletme cihazları üç fazlı kısa devreye göre seçilecek ve akımın tepe noktası dikkate alınacaktır.

$$I''_{k3} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_k} \quad (1)$$

Dolaylı temasa karşı korumada, koruma cihazının açma koşullarını sağlaması için; TN sistemlerde, I''_{k1} (en küçük kısa devre akımı) hesabı, L_{max} (en uzun kablo boyu) hesabı ve Z_s (çevrim empedansı değeri) hesabı yapılacak, tek hat şemasında belirtilecektir. TT sistemlerde; R_A (toprak direnci) hesabı ; I''_{k1} (tek fazlı hata akımı) ve hata akımı I_f hesabı yapılacaktır.

$$I''_{k1} = \frac{\sqrt{3} \cdot c \cdot U_n}{|2 \cdot Z_{(1)} + Z_{(0)}|} \quad (2)$$

İşaretlerin anlamı:

$Z_{(1)}$ Kısa devre pozitif bileşen empedansı

$Z_{(0)}$ Kısa devre sıfır bileşen empedansı Ω olarak

C Gerilim faktörü (0,95 ve 1,1)

U_n Şebeke beyan gerilimi V olarak.

Transformatör ve generatörlerde empedans düzeltme faktörleri dikkate alınacaktır. Aşırı akımlara karşı (aşırı yük ve kısa devre), aşırı akım koruma cihazları bu akımlara göre seçilecek ve ayarlanacaktır. Örnek olarak:

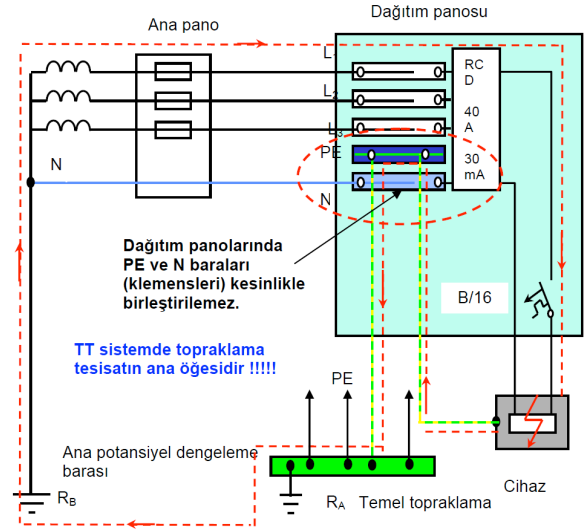
1. Sigortalar (NH veya DO2): Çok yüksek kısa devre akımlarında devreyi hızlı bir şekilde açar. Son devrelerde kullanılmaz. Seçicilik için en az $1,6 \times I_n$ şartı aranır.
2. Hat koruma cihazları veya minyatür kesiciler (MCB), A,B,C, K ve D tipleri gibi: A ve B binalarda, diğerleri motorlarda kullanılır. MCB'lerde seçicilik sağlanamaz.

Açma akımları I_a : B: $5 \times I_n$, C: $10 \times I_n$, K: $15 \times I_n$ ve D: $20 \times I_n$ olmalıdır.

Termik manyetik şalterler (MCCB): Ana kolon ve çok büyük yüklerde ve motorlarda kullanılır. MCCB'lerde zaman ve akım ayarı yapılır.

Kaçak akım röleleri (RCD): Aşırı yük ve kısa devre akımlarını kesmez. Sadece yalıtkanlığın bozulduğu durumlarda, gövde hata akımlarını keser. Ana şalter olarak kullanılmaz. 300 mA'de S (selektif) sembolü aranır.

4. IEC 60 364-4-41 ŞOK AKIMLAR



Şekil 4: TT sistemde hatalar

TT sistemde topraklama direncinin hesabı, toprağın özgül toprak direncine ve topraklama elektrodunun tipine bağlı olarak değişir ve istenilen direnci elde etmek oldukça zordur. Dolayısıyla kaçak akım rölesinin (RCD) tesisi zorunludur. TT sistemde topraklama şartlarını **Şekil 4** ile inceleyelim [3].

Sisteme aşırı akım koruma düzeneği tesis edilirse, çevrim empedansı için

$$Z_S \leq \frac{U_0}{I_a} \quad (3)$$

şartı yerine getirilmelidir.

Simgeler:

Z_S : Akım kaynağı, kablo ve iletkenler, koruma iletkeni, koruma ve işletme topraklayıcıların dirençlerinin toplamı Ω olarak.

I_a : Koruyucu düzenin otomatik çalışmasına sebep olan akım A olarak.

U_0 : Ana dış iletken ile toprak arasındaki gerilimi (50 V) V olarak.

Koruma düzenin bir artık (kaçak) akım koruma düzeni olması halinde, I_a 'nın yerine artık (kaçak) çalıştırma akımı RCD'nin nominal akımı $I_{\Delta n}$ (Ör. 30 mA) alınmalıdır. TT sistemde sigorta veya minyatür kesicinin yanısıra RCD her Linyeye kesinlikle tesis edilmelidir. Bu

durumda topraklama dirençleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

Akım devresine RCD tesis edilirse aranan topraklama direnci:

$$R_A \leq \frac{50V}{I_{\Delta n}} \quad (4)$$

formülü ile bulunur.

IEC 60364 Kısım 41'e göre TT sistemde yeni açma zamanları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2: TT sistemde yeni açma zamanları

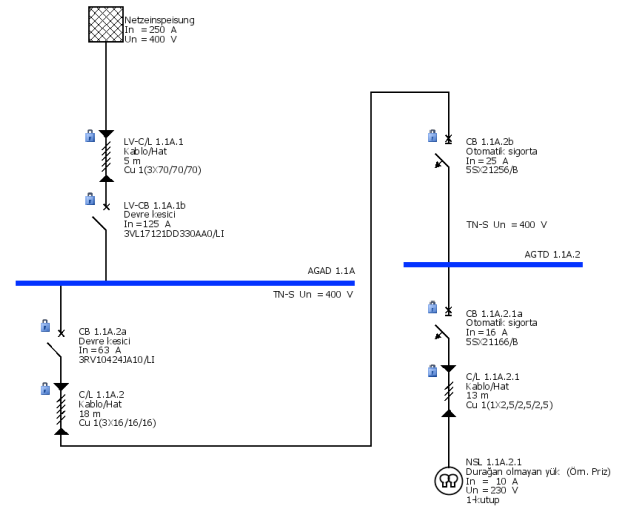
Şebeke gerilimi	230 V	400 V	> 400 V
t_a	0,2 s	0,07 s	0,04 s

5. SEÇİCİLİK IEC 60364-5-53, 710-718

Normal elektrik tesislerinde, hastane ve insan kalabalıklarının olduğu bina ve meskenlerde kesinlikte seçiciliğin sağlanıp sağlanmadığı hesap yolu ve ölçme ile kontrol edilmelidir [4,5]. Tek kutuplu kısa devre hesabı yapıldıktan, kablo ve iletkenler seçildikten sonra tesiste seçicilik incelenir. IEC 60364 Bölüm 43 ve 53 e göre tesiste aşırı akım koruma düzeneklerinin koordinasyonu çok önemlidir. Amaç sadece hatanın olduğu yerde devreyi açmaktır. Türkiye'de yapılan projelerde seçicilik yoktur. YBK'dan itibaren B32, B25 ve B16 A ard arda tesis edilmektedir. Dairelerde her Linyeye kaçak akım rölesinin (RCD 30 mA) tesisi zorunludur. Dairenin ana girişine kesinlikle RCD 30mA tesis edilmemelidir. Ana panoda 300mA, RCD seçici olmalıdır. Bu ancak yangın riski olan tesislerde önerilir. Aslında buna da gerek yoktur.

Türkiye'de uygulanan tip projelerde yapılan hataları inceleyelim (Şekil 5).

1. Bu tesiste seçicilik sağlanamaz.
2. Ana dağıtım panosuna tesis edilen RCD 300mA selektif olmalıdır.
3. Her linyeye RCD 30mA tesis edilmelidir.
4. Son devrelere kesinlikle C tesis edilemez. Bunun yerine prizler için B16A, NYM-J 3x2,5 mm² ve aydınlatma için B10 A, NYM-J 3x1,5 mm² tesis edilmelidir.
5. Topraklama elektrodunun direnci R_A en büyük kesiciye göre seçilmelidir. Aksi takdirde RCD'nin çalıştırma akımı $I_{\Delta n}$ dikkate alınmalıdır.
6. Ana dağıtım panosu metalden oluşmuş ise topraklama direnci 300 mA'e göre hesap edilmelidir.
7. **Önemli açıklama:** C minyatür kesici geçikmeli değildir. Kesinlikle bina ve dairelerde priz veya ışıklandırma linyeleri için kullanılamaz.

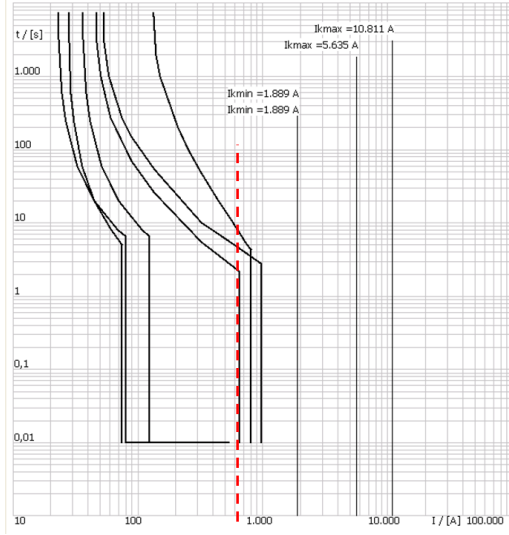


Şekil 5: Şebeke incelemesi

Sigortalarda seçicilik için en önemli şart bir önceki sigortanın anma akımı son devredeki sigortanın anma akımına göre en az 1,6 (2) katı olmalıdır. Termik manyetik şalterler aşırı yükte şalterin anma akımına, kısa devrede tek kutuplu kısa devre akımına göre ayar edilmelidir. Her iki koruma düzenekleri için üretici firmaların

verileride önemlidir. Üç kutuplu kısa devre akımları için koruma düzeneğinin kesme kapasitesi dikkate alınmalıdır. Şimdi. İlk önce ana kabloya B25A-MCB, son linyeye B16A-MCB ile tesis edildiğini düşünelim.

MCB-B16 A, MCB-B25 A, E63 A ve 125 A TMS arasında seçicilik eğrileri:



625A

Şekil 6: Seçicilikte akım-zaman eğrileri

Simaris ile yapılan hesaplara göre eğrilerde gösterildiği gibi B16 A ile B25 A arasında kesinlikle seçicilik yoktur (Şekil 6). B16 A ve B25 A kesicilerin açma akımları 80 A ve 125 A'dır. Dolayısıyla her iki kesici 625 A'de devreleri açacaktır. MCB'ler seri olarak tesis edilemez.

Örnek: Ana kablodaki B25 A' in yerine E63A selektif kesici tesis edelim. Son linyeler B16 A veya B10 A olsun. Bu durumdaki selektif seçiciliği inceleyelim.

Eğrilerde gösterildiği gibi E63 A ile B16 A arasında seçicilik vardır. Devre sadece B16 A tarafından kesilecektir ve sağlıklı bir tesis kurulmuş olacaktır.

TT sistemde yapılan hesaba göre 32,85 A hata akımı B16 A MCB tarafından 8,3 s'de kesilecektir. Bu durumda insan ve malın kurtulma olanağı yoktur. Devreye 30 mA RCD tesis ettiğimizde insan kurtulacaktır. Normlara göre RCD %50 ile %100 fark hata akımında devreyi kesmelidir. Ancak 22 mA' i geçmemelidir. Kaldı ki RCD her

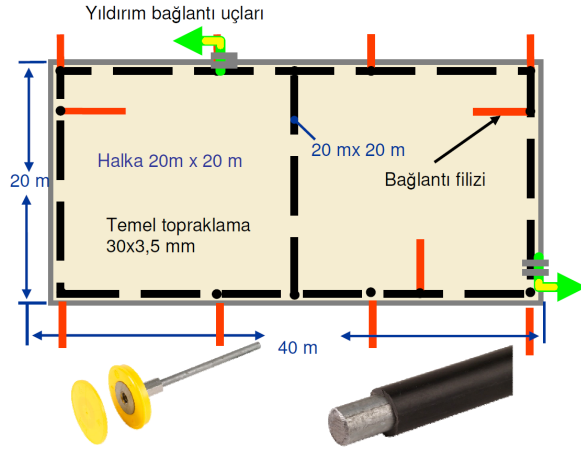
ay mekanik olarak el ile, her 6 ayda bir elektriksel olarak kontrol edilmelidir.

2007 Temmuz ayında yayınlanan IEC 60364 Bölüm 41'e göre bina içindeki 20 A ve bina dışındaki 32 A'e kadar olan tüm linyelere (akım devrelerine) kesinlikle 30 mA RCD tesis edilecektir. TT sistemde hata açma süreleri son linyelerde 230V-AC'de 0,2 s ve 400V-AC'de 0,07 s olduğunun ispatı zorunludur. Ana dağıtım panosunda 1 s istenir. TT sistemdeki daha önce geçerli olan 5 s açma süresi yürürlükten kalkmıştır.

Örnek: 2 kW bir cihazın işletme akımı 8,7 A'dır. Normal şartlarda bu akım L1 den cihaza gelir ve N üzerinden devresini tamamlar. Herhangi bir gövde hatasında nötr üzerinden geçen akım geçiş direncine göre bir miktarı bu sefer cihazın gövdesine tesis edilmiş olan koruma iletkeni üzerinden devresini tamamlar. RCD koruma iletkeni üzerinden akan kaçak akımı görecektir ve devreyi istenilen zaman ve akımda kesecektir.

6. TT SİSTEMDE TOPRAKLAMA VE KORUMA (IEC 60 364-54)

Temel topraklamanın uygulanması zorunludur (Şekil 7) [5,7]. Buna ek olarak kazıklar çakılmakta veya sadece Levha topraklama uygulanmaktadır. Bu yanlıştır. Potansiyel dengeleme elektrik ve mekanik iletken tesisler arasında (Örnek gaz, su kalorifer, elektrik ve elektronik tesisler) ortaya çıkan hataları önlemek veya en az indirmek için yapılan bir işlemdir. Potansiyel dengeleme güvenlik amaçlı olarak (koruma potansiyel dengeleme) her bina ve tesiste uygulanması zorunlu ve gereklidir. Fonksiyon potansiyel dengeleme işletme şartlarından dolayı (Örnek elektro manyetik dayanıklılık veya binaların yıldırıma karşı korunması gibi) gereklidir.



Şekil 7: Temel topraklama

6.1 Koruma iletkenleri kesitleri

Koruma iletkenleri kesitleri ana dış iletkenine bağlı olarak Çizelge 2' e göre seçilecektir.

Çizelge 2: Faz iletkeninin kesit alanına göre koruma iletkeninin minimum kesit alanı hesabı

Ana dış iletken kesiti S_L mm ²	Koruma iletkeni kesiti S_{PE} mm ²	
	Koruma iletkeni ile ana dış iletken aynı malzemeden	Ayrı malzemeden olursa
$S_L \leq 16$	$S_{PE} = S_L$	$\frac{k_1}{k_2} \cdot S_L$
$16 < S_L \leq 35$	16	$\frac{k_1}{k_2} \cdot 16$
$S_L > 35$	$\frac{S_L}{2}$	$\frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{S_L}{2}$

TT sistemde koruma iletkeni kesiti 25 mm² Bakır ve 35 mm² Alüminyum ile sınırlandırılmıştır. Koruma iletkenin kesiti hesaplanmak istenirse, aşağıdaki formül ile kesit, elde edilen değerden küçük olmayacaktır.

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}$$

(5)

Burada:

S: İletkenin mm² olarak anma (nominal) kesit alanıdır.

I: Hata akımı. (a.a. için etkin değer).

T: Koruma cihazının hata akımına (A) karşılık gelen açma süresi (s),

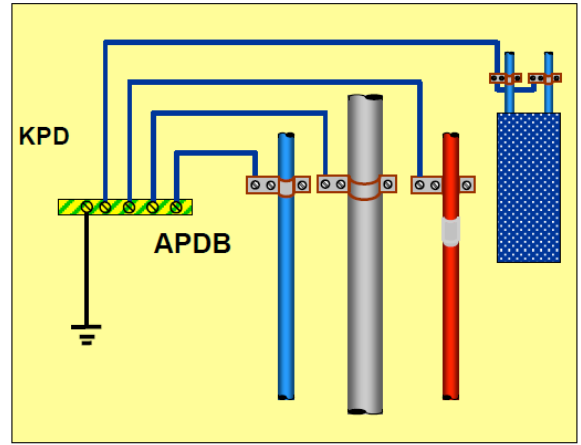
k: İletken malzemesinin öz direncini, sıcaklık katsayısını ve ısı kapasitesini, ve aynı zamanda ilgili başlangıç ve son sıcaklıkları hesaba alan bir katsayı. k

katsayısının değeri Çizelgeden okunur veya hesap yolu ile bulunur.

6.2 Koruma potansiyel dengeleme iletkenleri kesitleri

Ana potansiyel dengeleme barasına tesis edilen koruma potansiyel dengeleme iletken (KPD) kesitleri aşağıdaki değerlerden küçük olmayacaktır (Şekil 8):

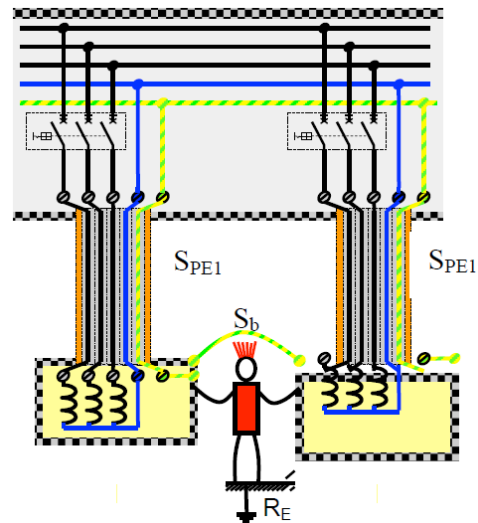
Bakır 6 mm² , Alüminyum 16 mm² , Çelik 50mm² .



Şekil 8: KPD tesisi

6.3 Tamamlayıcı potansiyel dengeleme iletken kesitleri

Koruma şartlarının sağlanamadığı koşullarda yapılır. İki işletme cihazını birbirisiyle bağlayan tamamlayıcı potansiyel dengeleme iletkenin kesiti en küçük koruma iletkenin kesitinden küçük olmamalıdır (Şekil 9).



Şekil 9: Tamamlayıcı potansiyel dengeleme

7. İLK ÖLÇÜMLER

IEC 60364-600

Elektrik tesisleri işletmeye alınmadan önce aşağıdaki ölçümler, mühendis veya yetkili tesisatçı tarafından yapılmalı, ölçüm sonuçları protokole geçirilmeli ve beş sene saklanmalıdır [8,9].

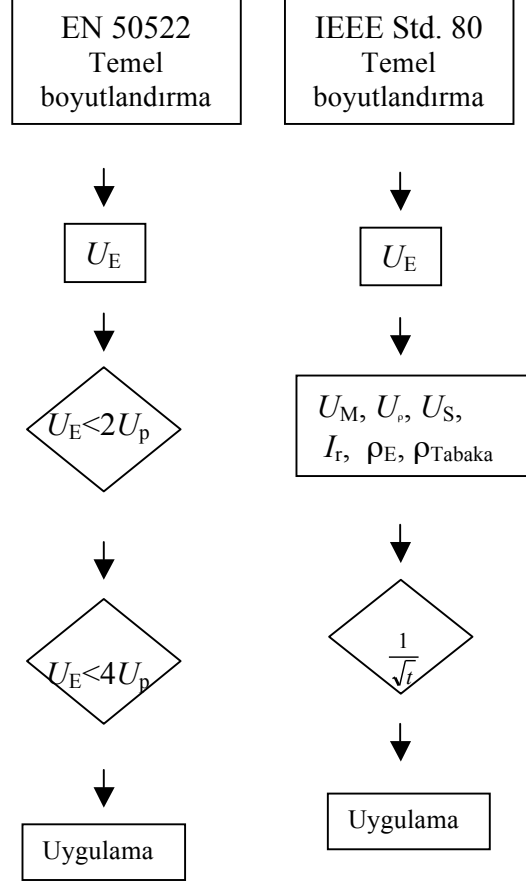
Ölçümler sırasıyla:

1. Koruma ve potansiyel dengeleme iletkeninin çok küçük bir dirence sahip olup olmadığı ölçülür.
2. İletkenlerin izolasyon direnci ölçülür.
3. Topraklama direnci ölçülür.
4. Çevrim (kısa devre) direnci ölçülür
5. RCD Koruma önlemi zaman ve akım bazında denenir ve ölçülür.
6. Zeminin izolasyon direnci ölçülür.
7. Şebekenin iç direnci gerekirse ölçülür.
8. Döner alan ölçülür.

Türkiye’de maalesef sadece topraklama direnci ölçülmektedir.

8. IEEE Std. 80 ve EN 50522 KARŞILAŞTIRMASI

Bu bölümde her iki uygulama kısaca karşılaştırılacaktır [11,12].



IEEE Std. 80’de:

- Dokunma gerilimi önemsiz.
- Global grounding yok.
- Temel topraklama yok.
- Potansiyel sürüklenmesi yok.
- 50 kg ve 75 kg insan önemli.
- 0,5s veya 1 s açma zamanına göre insan vücudundan geçen akım çok fazla.
- Bakırın erime noktası baz alınıyor
- (1048 °C), 80 kA.
- Halka kenarında ve dışında dokunma ve adım gerilimi önemsiz.

- AG elektrik tesislerinde kullanılamaz!!!!

IEEE Std. 80 uluslararası bir Norm değildir.

SONUÇ

Son iki yılda IEC 60364 Bölüm 41, 43, 53,54 de çok önemli değişiklikler olmuştur. 2001'de Enerji Bakanlığı tarafından yayınlanan Topraklamalar Yönetmeliğinin ve halen Taslak halinde bekleyen Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliğinin acilen ve tamamen yenilenmesi gerekmektedir. Her projede uygulanması gereken işlemleri belirtelim:

- İşletme (tasarım) akımı hesaplanır.
- Aşırı akım koruma cihazının nominal akımı tesbit edilir.
- Kablo veya iletken kesiti, döşeme usulüne, ortam sıcaklığına ve damar sayısına göre Çizelgelerden okunur.
- Kısa devre hesapları yapılır.
- Şok akımlara karşı güvenlik kontrol edilir (Otomatik açma).
- Gerilim düşümü hesapları yapılır.
- Seçicilik kontrol edilir.
- Temel topraklama, tek hat ve ana potansiyel dengeleme şemaları çizilir.
- Tesis işletmeye alınmadan önce testler yapılır.

Topraklama direnci hesaplarında dikkat edilmesi gereken hususları genel hatları ile tekrar belirtelim:

- TT ve TN sistemlerinde temel topraklama direncinin 2Ω 'dan küçük olması IEC ve EN normlarında belirtilmemiştir. Böyle bir değer hiçbir kurum ve kuruluş tarafından istenemez.
- 2Ω gerilim terazisinden dolayı verilen bir değerdir. Normlardan kalkmıştır.
- TT sistemde **topraklama direnci** kaç Ohm olmalıdır gibi bir soru sorulamaz. Projeye göre hesaplanması gerekir.

- TT sistemde RCD kullanıldığında genel olarak topraklama direnci hesabına gerek yoktur.

- RCD tüm sistemlerde ve tesislerde her ayda bir mekanik ve her 6 ayda bir elektriksel olarak deneyleri yapılmalı, denetlenmelidir.
- Tüm binalarda her son devrelere (Örnek 30mA RCD, ana dağıtım panosuna selektif 300 mA RCD tesis edilmelidir.
- Binalara tesis edilen RCD'den kullanıcı, mühürlü yerlerde enerji veren kuruluş sorumludur. Söküldüğünde yasal işlem uygulanmalıdır.
- Levha topraklamaya son verilmelidir.

KAYNAKLAR

1. IEC 60364, Elektrik İç Tesisat Yönetmeliği
2. IEC 60909-0:2002-07: Short-circuit current calculation in three-phase ac-systems
3. İsmail Kaşıkçı, IEC 60 909: Elektrik Tesislerinde Kısa Devre Hesapları, 2007, Birsen Yayınevi
4. İsmail Kaşıkçı, Uygulamalı AG Elektrik Tesisleri, IEC 60364 Normları ve Açıklamaları, 2010, Birsen Yayınevi
5. İsmail Kaşıkçı, AG Elektrik Tesislerinde Topraklama ve Ölçme, IEC 60364-30-41-54-600, DIN 18014, 2010 Birsen Yayınevi
6. İsmail Kaşıkçı, Elektrik Tesisleri Proje ve Uygulamaları, IEC 60364'e Giriş, 2011, Birsen Yayınevi
7. İsmail Kaşıkçı, Alçak Gerilim Elektrik Tesislerinin Projelendirilmesi, Cihazlar, Standartlar, Pratik Uygulama Örnekleri, ETMD Dizisi 02, 2002 ISBN 975-97704-0-7-7
8. İsmail Kaşıkçı, Elektrik Tesislerinde Topraklama Yönetmeliği Uygulama Kitabı, ETMD Dizisi 01, 2002, ISBN 975-97704-0-1-5
9. İsmail Kaşıkçı, AG Elektrik Tesislerinde Topraklama ve Ölçme Tekniği, TMMOB EMO İzmir Şb., 2004, ISBN 975-97704-0-1-5
10. İsmail Kaşıkçı, YG Elektrik Tesislerinde Topraklama, TMMOB EMO İzmir Şb., 2005, ISBN 975-97704-0-1-5
11. IEEE Std. 80 Guide for Safety in AC Substation Grounding