

ELEKTRİK TESİSLERİ STANDARTLARINDA YENİLİKLER

GÜVENLİK, TOPRAKLAMA, PROJE ve UYGULAMALAR

Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı

Özet

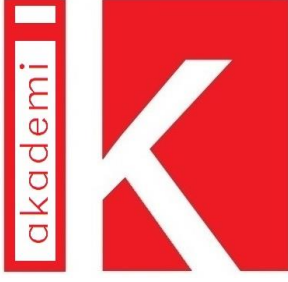
Elektrik tesislerinin planlanması, boyutlandırılması, hesaplanması ve değerlendirilmesi için tasarımcının geniş çapta elektrik temel bilgisinin yanısıra her projede geçerli olan Norm ve Standartlara, yönetmeliklere, bilgisayar destekli programlara ihtiyacı vardır. Elektrik tesislerinin sağlıklı kurulması,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

Anahtar kelimeler:

Otomatik açma, topraklama, aşırı yük ve kısa devrede koruma, potansiyel dengeleme, açma akımı, açma zamanı, kesiciler, seçicilik, harmonikler, kaçak akımlar, ölçümler.

1. GİRİŞ

Elektrik sistemlerinin kurulması ve işletilmesinde kısa devre akımlarının hesaplanması, topraklama, koruma potansiyel dengelemesi, fonksiyon topraklama, kablo ve iletkenlerin ve aşırı akımlara karşı korunması, koruma cihazlarının seçimi, gerilim düşümü, seçicilik çok önemlidir. Öncelikle insan ve yararlı hayvanlar tehlikeli akımlardan korunmalıdır. **Koruma, fonksiyondan önce gelir. Merkezi topraklama (CET) ve ana potansiyel dengeleme (MET),** günümüzde en temel tesisat kuralıdır. Aynı zamanda elektrik cihazları, kablo ve iletkenler ile makinaların, elektrik akımının termik ve dinamik etkilerine karşı korunması gerekmektedir. TN sistemde hata akımları topraklama direncine bağlı değildir. Binalardaki temel topraklama ve işletme topraklaması birbirlerine paralel bağlandığından topraklama direnci her zaman bir Ohmun altında ölçülür. Demek ki topraklama ikinci



plandadır. TT sistemde aşırı akım koruma cihazları hata akımını kesmekte zorlanır. Dolayısıyla akım devrelerine RCD takılması zorunludur. Topraklama direnci 100 Ω olsada koruma şartları sağlanır. TN ve TT sistemde 2016 dan sonra tüm akım devrelerine RCD 30 mA takılması zorunlu hale getirilmiştir. Binaya enerji verilmeden önce IEC 60364 Kısım 6'da belirtilen tüm ölçümler yapılmalıdır. Topraklama direnci ölçümü bunlardan sadece bir tanesidir ve bir fikir edinmek açısından önemlidir.

2. ALÇAK GERİLİM ELEKTRİK

TESİSATI

Elektrik tesislerinde güvenliğinin sağlanması için aşağıda en önemli IEC 60364 kısımları verilmiştir:

1. Elektrik çarpmasına karşı koruma (Kısım 410)
2. Termal etkilere karşı koruma (Kısım 420)
3. Aşırı akıma karşı koruma (Bölüm 430)
4. Hata akımına karşı koruma (Bölüm 442)
5. Aşırı gerilimlere karşı koruma (Kısım 443)
6. Elektromanyetik etkilere karşı koruma (Kısım 444)
6. Güç kesintisi de koruma (Bölüm 450)

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

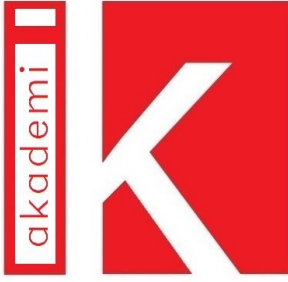
- IEC 60364: Alçak gerilim Elektrik Tesisleri Bir ve bir kV altındaki tüm tesisler için geçerlidir. Kelime anlamı itibarı ile iç tesis ile ilgisi yoktur.
- IEC 60909-0: Elektrik Sistemlerinde Kısa Devre Hesapları.
- DIN VDE 0101: Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği.
- EN 50522 Kuvvetli Akım Elektrik Tesisleri ve Topraklamalar > 1 kV.
- EN 50110 Kuvvetli Akım Elektrik Tesislerinin İşletilmesi.
- IEC 62305: Yıldırımdan korunma.

3. AG ELEKTRİK TESİSLERİNDE

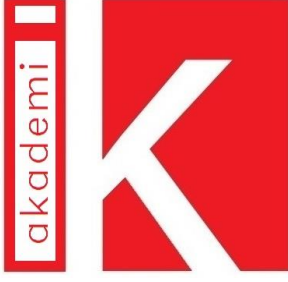
YENİLİKLER

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].

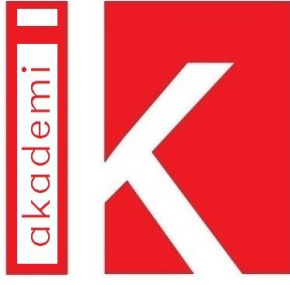
Sistemler, donanım, uygulama ve aşırı akım koruma cihazları sigorta (gG), MCB ile ilgili değişiklikleri, yanlış bilinen tanımları tekrar etmekte yarar var.



1. Açma akımı için kullanılan k faktörü kalktı.
2. Açma zamanı son devreler ve dağıtım panosu olarak için tekrar düzenlendi. 0,1-0,07-0,2-0,4 ve 5 saniyeler getirildi.
3. B,C ve D minyatür kesiciler normlaştı. Açma katsayıları 5, 10, 15 ve 20 kabul edildi.
4. **W, L ve G** üretimden kalktı. W otomat tanımını yanlışdır.
5. AG'de Dokunma gerilimi $U_T = 50$ V AC, 120 V DC. olarak kabul edildi.
6. Dokunma gerilimi YG'de 65 V'tan 80 V'a çıkartıldı.
7. TN, TT ve IT sistemleri kabul edildi.
8. TT sistemi tamamen terk edilmekte.
9. Artık akım koruma cihazının RCD (Residual Current Protective Device) TN ve TT sistemde her akım devresi için 2016 senesinden sonra zorunlu hale getirildi.
10. R, S, T, Mp yerine L1, L2, L3, PEN (N) terimleri kabul edildi.
11. Küçük voltaj ve koruma ayrılması yerine SELV ve PELV getirildi.
12. Kablo ve iletkenlerin boyutlandırılmasında 30 derece ortam sıcaklığı kabul edildi.
13. MCB: Hat veya iletken koruma düzeneği tanımlandı. Art arda bağlı MCB'ler seçici çalışamazlar. Bu yüzden MCB'ler sadece son devrelerde kullanılmalıdır.
14. MCCB: Moulded Compound Circuit Breaker, Kompak güç şalteridir.
15. RCD: Artık akım koruma düzeneğidir. Hiçbir zaman el ile açma-kapama işlevi için kullanılmaz. TN-C sistemde kullanılamaz.
16. RCBO: Hat koruma düzeneği ve artık akım koruma düzeneği kombine edilmiştir.
17. SPD: Surge Protective Device, Aşırı gerilim koruma düzeneğidir. Parafudr yanlış tanımdır.
18. Doğrudan temasa karşı koruma **Temel koruma** olarak değiştirildi.
19. Dolaylı temasa karşı koruma **Hata koruması** olarak değiştirildi.
20. 16 A'e kadar her devreye ark koruma cihazı (AFDD) tesis edilecek.
21. Toprak iletkeni, koruma iletkeni (PE) değildir.
22. Gövdede oluşan hata akımı faz-toprak hatası değildir.



23. Hayvanlar için kullanılan 25 V dokunma gerilimi normlardan kalkmıştır.
24. Hata gerilimi koruması normlardan kalkmıştır.
25. Faz-toprak kısa devresi ancak AG ve YG'de ana dış iletkenin kopması ve yer ile irtibat halinde oluşur.
26. Faz iletkeni, akımı veya gerilimi diye bir tanım yoktur.
27. Çok sayıda topraklama elektrotu ile iyi bir eşpotansiyel sağlanmaz.
28. Paralel topraklayıcılar göz empedansını düşürmez.
29. Kesicilerde (Güç şalteri) kısa devre açma faktörü 1,2 değildir.
30. Prize ve lamba linyelerine sigorta takılmaz.
31. Tek kutuplu kısa devre akımı kablo ve iletkenlerin direnci için en az 80°C'de hesaplanır.
32. Üç kutuplu kısa devre akımı 20°C de hesaplanır.
33. Tüm topraklayıcılar tek bir noktada birleştirilir (merkezi topraklama).
34. TT ve TT sistemde aşırı akım koruma cihazları, RCD ve yangın koruma cihazları (AFDD) kullanılmak zorundadır.
35. Kısa devre ve gerilim düşümü hesaplarında reaktanslar 25 mm² ye kadar ihmal edilir.
36. Topraklı, topraksız priz olmaz. Bu tanım yanlıştır. Tüm prize koruma iletkeni çekilmelidir.
37. Hiç bir IEC ve EN standartında paratoner tanımı yoktur. Bu kelime Fransızcadır. SPD1, SPD2 ve SPD 3 (Surge Protection Device) kısaltmalarını kullanmak gerekir.
38. W-Otomat diye bir tanım ve bir kesici yoktur.
39. NEC'de topraklama için **Grounding** IEC ve EN standartlarında **Earthing** kullanılır.
40. Aktif paratonerler, ne bilimsel gerçeklere, ne de standartlara uymamaktadır. IEC standartlarında aktif paratonerlere yer yoktur.
41. Toprak öz direncini düşürmek için kimyasal maddelerin kullanılması önerilmez.
42. Topraklamada 30 mm × 3,5 mm çelik şerit ya da en küçük çapı 10 mm olan yuvarlak çelik kullanılmalıdır.

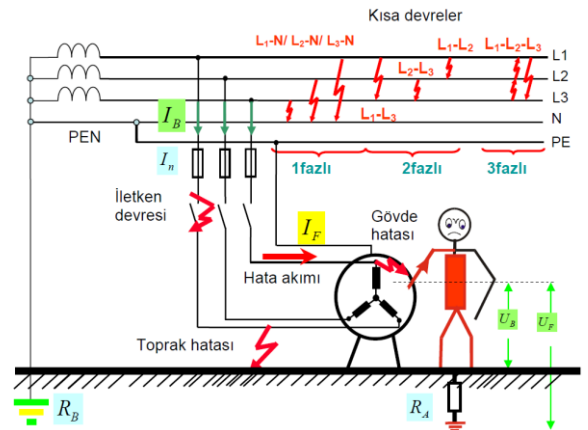


43. Bir tesiste en büyük 3 fazlı kısa devre ve en küçük tek faz kısa devre akımı her zaman hesaplanmalıdır. Bazen tek faz kısa devre akımı 3 faz kısa devre akımından büyük olabilir.
44. TT sistemde koruma iletkeni kesiti 25 mm^2 ile sınırlandırılmıştır.
45. Nötr ve koruma iletkeni arasında ölçülen gerilimler tesisinin topraklama direncinden bağımsızdır.
46. Nötr ve koruma iletkeni arasındaki gerilimi düşürmek için koruma iletkenine herhangi bir cihaz takılamaz.
47. RCD'nin anma akımları yüklere göre hesaplanmalı, ezbere alınmamalıdır.
48. RCD açma-kapama cihazı olarak kullanılmamalıdır. Ana girişte tesis edilmemelidir.
49. Her akım devresine L-N-PE çekilmelidir.
50. Kablo ve iletkenler gerilim düşümü açma kurallarına göre uzatılmalıdır.
51. Kablo ve iletken kesitleri ortama göre uygun seçilmelidir.
52. Tüm MCCB'de troit kullanılması anlamsızdır.

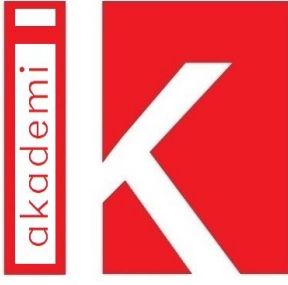
53. 30 mA/RCD'nin S serisi olmaz.
54. Yapı deneticiler topraklamalar yönetmeliğindeki Madde 10a: Test ve deneyleri uygulamak zorundadır.
55. Tüm projelerde topraklama ve potansiyel dengeleme şekilleri gösterilmelidir.
56. Tüm projelerde son durum projesi kesinlikle yapılmalıdır.

4. KISA DEVRE HESAPLARI EN 60 909-0

İlk önce elektrik tesislerinde ortaya çıkan hata akımlarını tanımlayalım [2,3]. Normal işletme şartlarında potansiyelleri farklı olan gerilim altındaki iletkenler arasında ihmal edilebilir empedanslı bir hata sonucu meydana gelen akımlara hata akımı denir. Ancak hata akımının cinsini tanımlamak gerekir.



Şekil 1: Hataların tanımı



Çeşitli hata akımları **Şekil 1**'de gösterilmiştir. TN sistemde hata akımı devresini şebeke üzerinden (çevrim empedansı), TT sistemde ise toprak üzerinden (toprak çevrim empedansı) tamamlar. TN sistemde gövdede oluşan hata PE ve PEN iletkeni üzerinden devresini tamamladığı için tek kutuplu kısa devre akımı gibi hesaplanır. Bazı hesap programları L-N ve L-PE arasındaki akımları ayrı olarak hesaplar.

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 açıktaki 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.

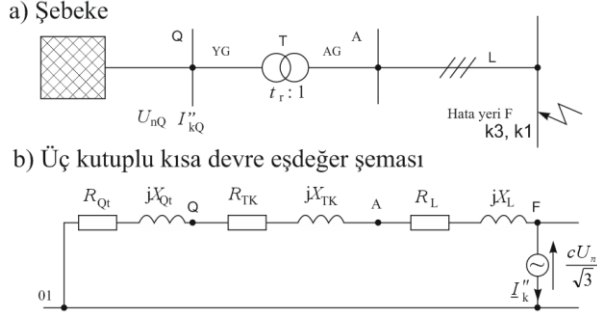
Kısa devre akımı : Normal işletme şartlarında potansiyelleri farklı olan gerilim altındaki iletkenler arasında ihmal edilebilir empedanslı bir hata sonucu meydana gelen akımdır. Kısa devre akımı sadece ana dış iletken (L1-L2-L3) veya ana dış iletken ve nötr (N) arasında ortaya çıkar. Projelerde bir ve 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. İşletme cihazları üç fazlı kısa devreye göre seçilecek ve akımın tepe noktası dikkate alınacaktır.

Üç fazlı kısa devre akımı için

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

Formülü kullanılır. Burada $Z_{(1)}$ pozitif bileşen kısa devre empedansıdır. Gerilim faktörü 1,1 alınır. Üç kutuplu kısa devre eşdeğer şeması **Şekil 2**'de gösterilmiştir.



Şekil 2: Elektrik dağıtım şebekesi ve üç kutuplu kısa devre eşdeğer şeması

Gövdede oluşacak bir hata durumunda (dolaylı temasa karşı korumada), koruma cihazının açma koşullarını sağlaması için; TN sistemlerde, I''_{k1} en az (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. Bir faz kısa devre akımı için

$$I''_{k1} \approx \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_s} \quad (2)$$

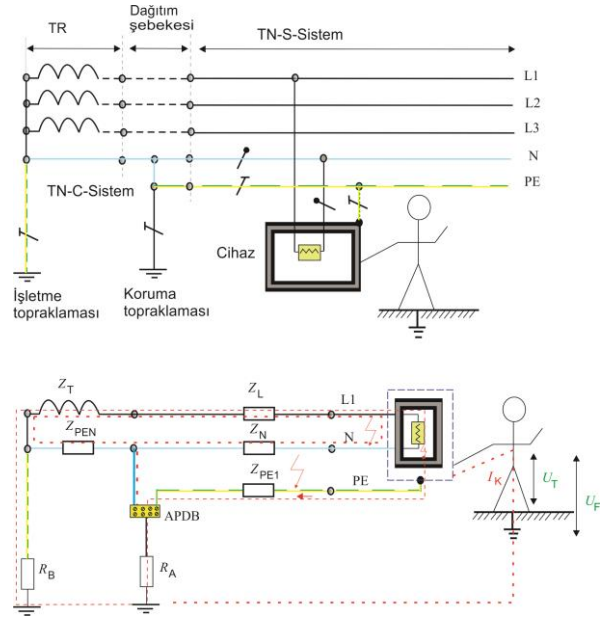
İşaretlerin anlamı:

Z_s Çevrim empedansı, c gerilim faktörü 0,9 alınacak,

$Z_{(1)}$ Pozitif empedansı, c gerilim faktörü 1,1 alınacak

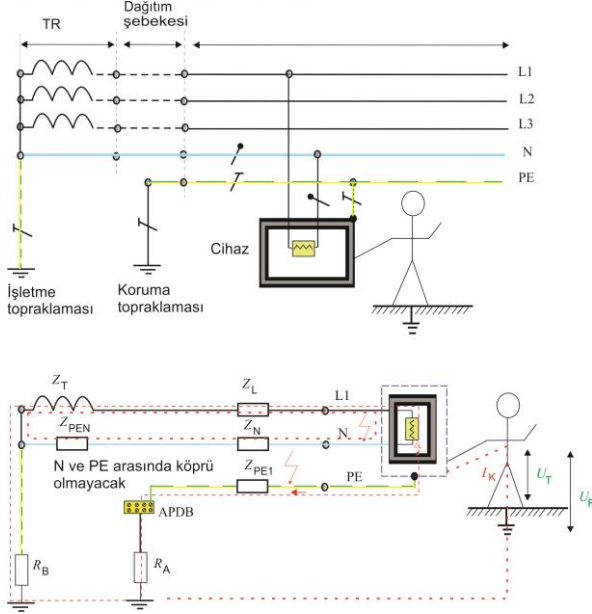
U_n Şebeke beyan gerilimi V olarak.

Şekil 3 de bir elektrik dağıtım şebekesi (TN-Sistem) ve tek kutuplu kısa devre eşdeğer şeması gösterilmiştir. Alçak gerilimde en güvenilir sistem TN-S sistemdir. Topraklama elektrik tesisatının ana ögesi değildir, yani ikinci plandadır ve hata akımı topraklama direncine bağlı değildir.



Şekil 3: TN elektrik dağıtım şebekesinde kısa devre ve gövde hata akımının gösterilmesi

TT sistemlerde; R_A (toprak direnci) hesabı ; I''_{k1} (tek fazlı hata akımı) ve hata akımı I_f hesabı yapılacaktır.



Şekil 4: TT elektrik dağıtım şebekesinde kısa devre ve gövde hata akımının gösterilmesi

Şekil 4 de koruma şartlarının ispatı için hata yolu üzerindeki dirençler gösterilmiştir. Hesaplarda işletme ve koruma topraklaması dirençleri sistemin diğer dirençlerine göre çok yüksek olduğundan sadece bu ikisi dikkate alınır. Yani $R_B + R_A \gg Z_T + Z_L$ olur.

TT sistemde hata akımı

$$I_F = \frac{U_0}{R_A + R_B} \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

5. ELEKTRİK ÇARPMASINA KARŞI KORUMA IEC 60 364-4-41

Bu kısım IEC 60364'ün en önemli konusudur. Tesisin güvenli çalışması ve insana, cana ve mala

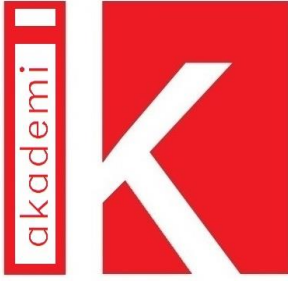
zarar gelmemesi için en temel güvenlik önlemleri verilmiştir. Akım kaynağının ve cihazların nasıl topraklanması gerektiği, açma ve koruma şartları geniş bir şekilde anlatılmıştır.

Ülkemizde TT sisteminin uygulandığı söylenir. Ama pratikte ne olduğu pek bilinmez. TT sistemde akım kaynağı sadece bir noktada topraklanmıştır. Şebeke boyunca Nötr iletkenin topraklanması gerekmez. Cihaz ise koruma iletkeni (PE) ile ana potansiyel dengeleme barasına bağlanmıştır (Şekil 4). Bu durumda nötr iletkeni (N) ile koruma iletkeni (PE) ayrı ayrı tesis edilir.

TT sistemde topraklama direncinin hesabı, toprağın özgül toprak direncine ve topraklama elektrodunun tipine bağlı olarak değişir ve istenilen direnci elde etmek oldukça zordur. Dolayısıyla artık akım koruma cihazının (RCD) tesisi zorunludur.

Sisteme aşırı akım koruma düzeneği (örnek sigorta (NH00/63A), minyatür kesiciler MCB (B, C) veya MCCB) tesis edilirse, çevrim empedansı için

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



şartı yerine getirilmelidir. Bu formül TN sistemi içinde geçerlidir ve çevrim empedansı sistem içinde hesaplanır. Toprak ile ilgisi yoktur.

Simgeler:

Z_s : Akım aynığı, 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 gerilim 230 V olarak.

Kısa devrede TT sistemi TN gibi çalışır. Koruma düzeneğinin bir artık akım koruma düzeni (RCD) olması halinde, I_a 'nın yerine artık çalıştırma akımı RCD'nin nominal akımı $I_{\Delta n}$ (Ör. 30 mA) alınmalıdır. Bu durumda gerilim 50 V alınacaktır. TT sistemde sigorta veya minyatür kesicinin yanısıra RCD her Linyeye kesinlikle tesis edilmelidir. 2016 senesinden sonra yapılan tüm tesislerde yangın koruma cihazı, 16 Ampere kadar olan linyelere **AFDD** tesis edilmelidir.

Akım devresine RCD tesis edilirse aranan topraklama direnci:

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

formülü ile bulunur.

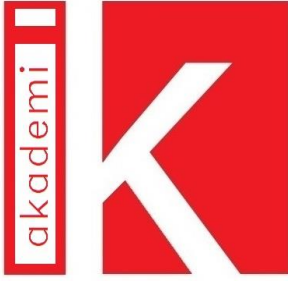
IEC 60364 Kısım 41'e göre TN ve TT sistemde yeni açma zamanları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1: TN ve TT sistemde yeni açma zamanları

Şebeke topraklama şekli	Şebeke gerilimi	
	230 V	400 V
TN	0,4 s	0,2
TT	0,2 s	0,07 s

TT dağıtım panosunda açma zamanı 1 s ve TN sistemde 5 s olarak verilmiştir.

RCD'nin tesis edildiği bir sistemde topraklama direncinin (1) bir veya (5) beş Ohm istenmesi anlamsızdır. Amerika ve bir çok Avrupa ülkelerinde bu değer 20 ile 100 Ohm arasında sınırlanmıştır. Ülkemizde bu değerler uygulanabilir.



Sadece bir fikir edinmek açısından topraklama direnci ölçülmelidir.

Genel olarak transformatörü kendine ait olan tesislerde TN-S sisteminin kurulması yararlı olacaktır.

6. KABLO VE İLETKENLERİN AŞIRI AKIMLARA KARŞI KORUNMASI

IEC 60 364-4-43

İletken ve kablolar aşırı akımlara karşı (aşırı yük ve kısa devre akımı) korunmalıdırlar. Doğru seçim ve uygun seçilmiş aşırı akım koruma cihazları ile bu husus güvenlik altına alınabilir. Ayrıca düzeltme faktörleri (ortam sıcaklığı, döşeme şekli, harmonikler) dikkate alınmalıdır.

Koruma için üç şart gereklidir:

1.Anma akımı kuralı: $I_B \leq I_n \leq I_z$ (5)

2.Tetikleme kuralı: $I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$ (6)

3. 5 saniyeye kadar devam eden kısa devrelerde iletken sıcaklığının, izin verilen en yüksek sıcaklığı aşmaması için izin verilen açma zamanı yaklaşık olarak

$$t_{\text{müs}} = \left(\frac{k \cdot S}{I''_{kl}} \right)^2 \quad (7)$$

Burada:

I_B : İşletme akımı

I_n : Aşırı akım koruma düzeneğinin nominal akımı (güç kesicilerinde ayar akımıdır I_e)

I_z : Kablo veya iletkenin akım taşıma kapasitesi

I_2 : En büyük test akımı (aşırı akımda koruma düzeneği hatayı en geç 1 saat içinde açması gerekir)

k: malzeme sabiti, PVC yalıtımlı bakır iletkenler için $115 \text{ A} \cdot \sqrt{s} / \text{mm}^2$

S : İletken kesiti, mm^2 olarak

I''_{kl} : Tek kutuplu devrede akımı veya kesinin açma akımı, A olarak

4. SEÇİCİLİK IEC 60364-5-53, 710-718

Normal elektrik tesislerinde, hastane ve insan kalabalıklarının olduğu bina ve meskenlerde kesinlikle 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.

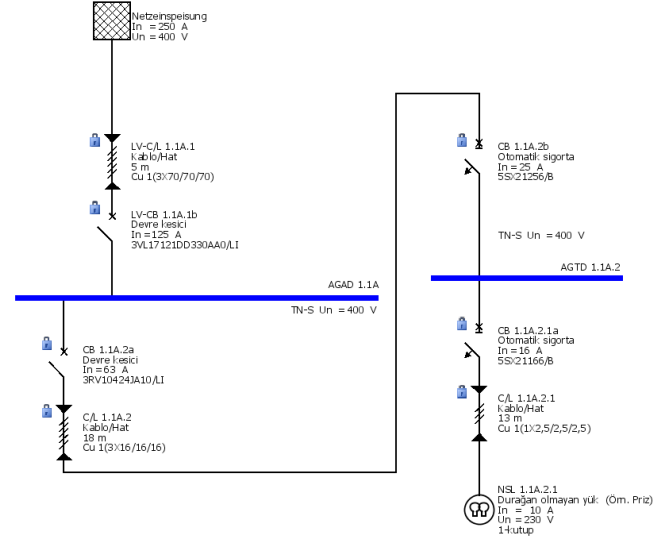
YBK’dan itibaren B32, B25 ve B16 A art arda tesis edilmektedir. Dairelerde her Linyeye kaçak akım rölesinin (RCD 30 mA) tesisi zorunludur. Dairenin ana girişine kesinlikle tek bir RCD 30mA tesis edilmemelidir. Ana panoda 300 mA,

RCD seçici olmalıdır. Bu ancak yangın riski olan tesislerde önerilir. Aslında bunada gerek yoktur. Çünkü yangın koruma cihazının (AFD) tesisi zorunlu hale getirilmiştir.

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

Bu tesisde seçicilik sağlanamaz.

1. Ana dağıtım panosuna tesis edilen RCD 300mA selektif olmalıdır.
2. Her akım devresine RCD/30mA tesis edilmelidir.
3. 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.
4. Topraklama elektrodunun direnci R_A en büyük kesiciye göre seçilmelidir. Aksi takdirde RCD’nin çalıştırma akımı $I_{\Delta n}$ dikkate alınmalıdır.
5. **Önemli açıklama:** C minyatür kesici gecikmeli değildir. Kesinlikle bina ve dairelerde priz veya ışıklandırma Linyeleri için kullanılamaz.

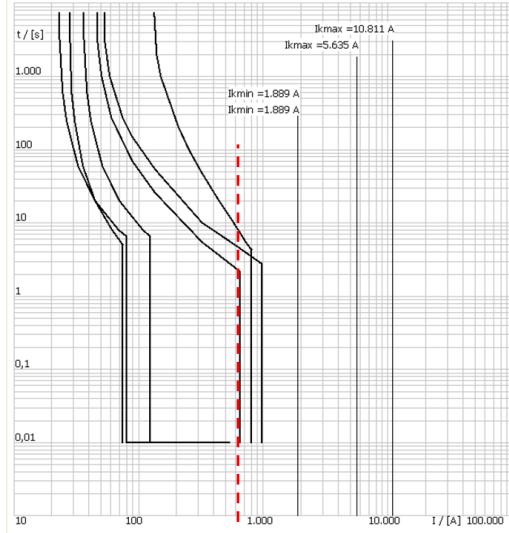


Şekil 5: Şebeke inceleme

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 (I_{cn}) dikkate alınmalıdır. Örnek: 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 eğrilerini inceleyelim.



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'dir. 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

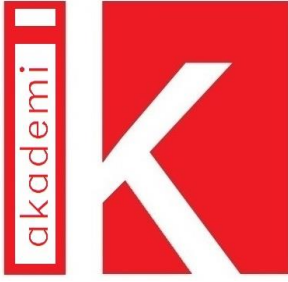
tarafından kesilecektir ve sağlıklı bir tesis kurulmuş olacaktır.

TT sistemde yapılan hesaba göre 32,85 A hata akımı B16 A MCB tarafından 8,3 s de kesilecektir. Bu durumda insanın 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. Kaldığı 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 20A ve bina dışındaki 32A e kadar olan tüm linyelere (akım devrelerine) kesinlikle 30mA RCD tesis edilecektir. TT sistemde hata açma süreleri son linyelerde 230V-AC de 0,2s ve 400V-AC de 0,07s olduğunun isbatı zorunludur. Ana dağıtım panosunda 1s istenir. **TT sistemdeki daha önce geçerli olan 5 saniye açma süresi yürürlükten kalkmıştır.**

Örnek: 2 kW bir cihazın işletme akımı 8,7 A'dir. 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.

Önemli açıklama:

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. Kesiciler (MCCB): Ana kolon ve çok büyük yüklerde ve motorlarda kullanılır. MCCB lerde zaman ve akım ayarı yapılır. Artık (Kaçak) akım koruma cihazı (RCD): Aşırı yük ve kısa devre akımlarını kesmez. Sadece yalıtkanlığın bozulduğu durumlarda, gövde hata akımlarını

kesebilir. Ana şalter olarak kullanılmaz. **AC tipi hiçbir şekilde kullanılmamalıdır.**

Her linyeye ayrı olarak koruma iletkeni çekilmelidir. Örnek $2 \times 2,5 + 2,5 \text{ mm}^2$ seçilmesi yanlıştır. Kablo kesiti $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$ olmalıdır.

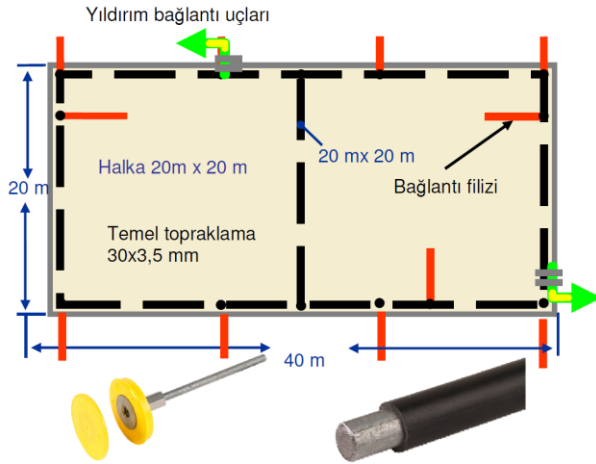
Koruma iletkeni hiçbir şekilde cihazların gövdesine seri olarak tesis edilmemelidir. Her grup veya linyeye yüksek güçteki yüklere RCD ayrı şekilde çekilecektir. Ana panoya girişe tesis edilen kompakt şalter ve bir adet troid röle koymanın anlamı yoktur. Bunun yerine tüm tesise mümkün olduğu kadar fazla RCD takılmalıdır. Tek koruma iletkeni ile bütün makineleri köprü şeklinde dolaştırıp potansiyel dengeleme barasına bağlamak tehlikeli ve yasaktır.

5. AG ELEKTRİK TESİSLERİNDE TOPRAKLAMA VE KORUMA İLETKENİ (IEC 60 364-5-54)

7.1 Temel Topraklama

Yeni yapılan tüm binalarda temel topraklamanın uygulanması zorunludur (Şekil 7) [5,7]. Son yıllarda mesafe tutucular ile yapılan temel topraklamanın yanısıra hasırı olan veya olmayan

bina temeli, kuşaklama denen beyaz ve siyah tekne metodu ile yapılan topraklamalar ile tesisler daha güvenli hale gelmiştir. Temel topraklama genişleme direncinin hesabı için aşağıda **formül** genelde kullanılır. Burada **D** temel topraklayıcının **eşdeğer çapıdır**. Temel topraklamaya ek olarak **koruma, potansiyel dengeleme** elektrik ve



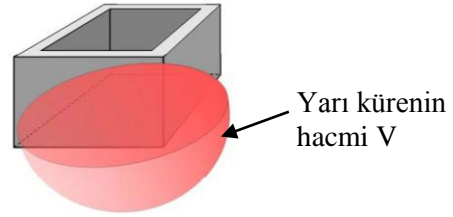
Şekil 7: Temel topraklamaya örnek

$$R_A = \frac{2 \cdot \rho_E}{\pi \cdot D} \quad D = \sqrt{\frac{4 \cdot a \cdot b}{\pi}} \quad (8)$$

mekanik iletken tesisler arasında (Örnek gaz, su kalorifer, elektrik ve elektronik tesisler) ortaya çıkan hatalar nedeniyle potansiyel farklılıkları ve gerilimleri 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. Beton içine tesis edilen temel topraklamanın direnci genelde (1) bir Ohmun altındadır.

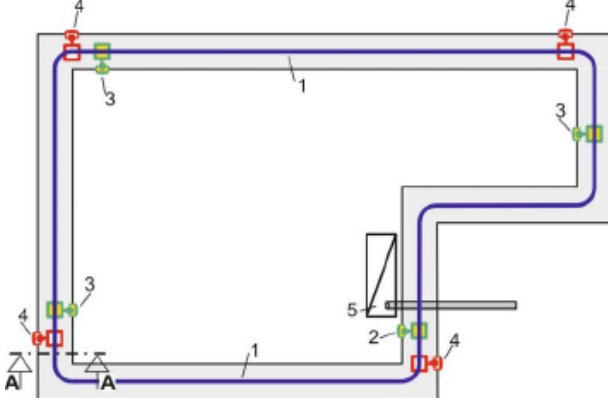
Temel topraklamanın genişleme direnci yarı küre metotuna göre aşağıdaki **yeni formül** ile hesaplanacaktır (Şekil 8):



Şekil 8: Yarı küre metodu

$$R_A = \frac{\rho_E}{\pi \cdot d} \quad d = 1,57 \cdot \sqrt[3]{V} \quad (9)$$

Beyaz ve siyah tekne adı verilen yalıtımlı temelde **temel topraklama** potansiyel düzenleyici görevini yapar. Geçiş direnci $\leq 0,2$ Ohmun altında olmalıdır ve ölçülmelidir. Burada halka topraklama ana topraklama görevini görür (Şekil 9). Buna ek olarak kazıkların çakılması yanlıştır.



Şekil 9: Temel topraklamaya örnek

Açıklamalar: 1. Temel topraklama 2. Topraklama iletkeni bağlantı noktası 3. Potansiyel dengeleme iletkeni bağlantı noktası 4. Yıldırım indirme iletkeni 5. YBK ve pano

Halka topraklamanın genişleme direnci:

$$R_A = \frac{\rho_E}{\pi^2 \cdot D} \cdot \ln \frac{2\pi \cdot D}{d} \quad D = 1,13 \cdot \sqrt{A} \quad (10)$$

7.2 Koruma iletkeni kesitleri

Koruma iletkenleri kesitleri ana dış iletkene bağlı olarak Çizelge 2' ye göre seçilecektir.

Bu çizelge sadece TN sistemi için geçerlidir.

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 iletkeninin kesiti hesaplanmak istenirse, aşağıdaki formül ile kesit, elde edilen değerden küçük olmayacaktır.

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k} \quad (11)$$

Burada:

S İletkenin mm² olarak anma (nominal)

kesit alanıdır.

I Hata akımı. (a.a. için etkin değer). Biliniyor ise ya tek kutuplu kısa devre akımı yada açma akımı alınır,

t Koruma cihazının hata akımına (A) karşılık

gelen açma süresi (s),

k İletken malzemesinin öz direncini, sıcaklık

katsayısını, ısı kapasitesini, ve aynı zamanda

ilgili başlangıç ve son sıcaklıkları hesaba alan

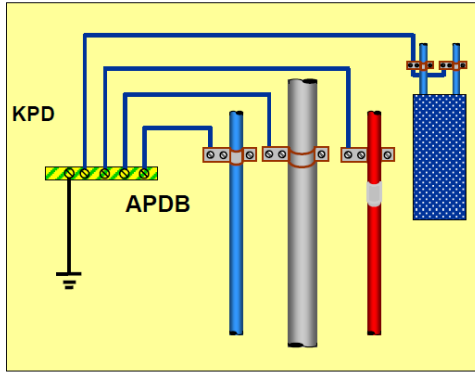
bir katsayıdır. k katsayısının değeri Çizelgeden

okunur veya hesap yolu ile bulunur.

5.3 Koruma potansiyel dengeleme iletkenleri kesitleri

Ana potansiyel dengeleme barasına tesis edilen koruma potansiyel dengeleme iletken (KPD) kesitleri aşağıdaki değerlerden küçük olmayacaktır (Şekil 10):

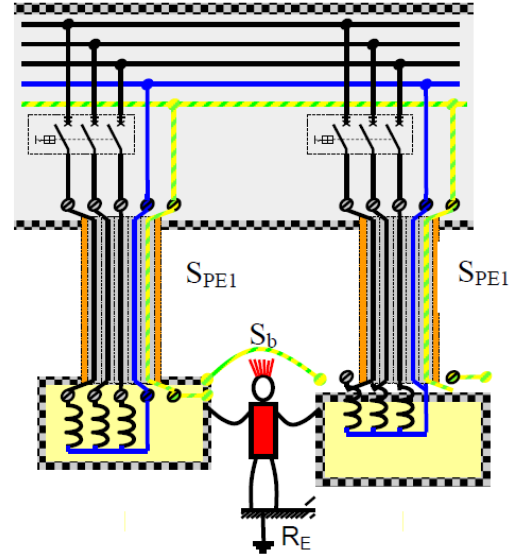
Bakır 6 mm^2 , Alüminyum 16 mm^2 , Çelik 50 mm^2



Şekil 10: KPD tesisi

5.4 Tamamlayıcı potansiyel dengeleme iletken kesitleri

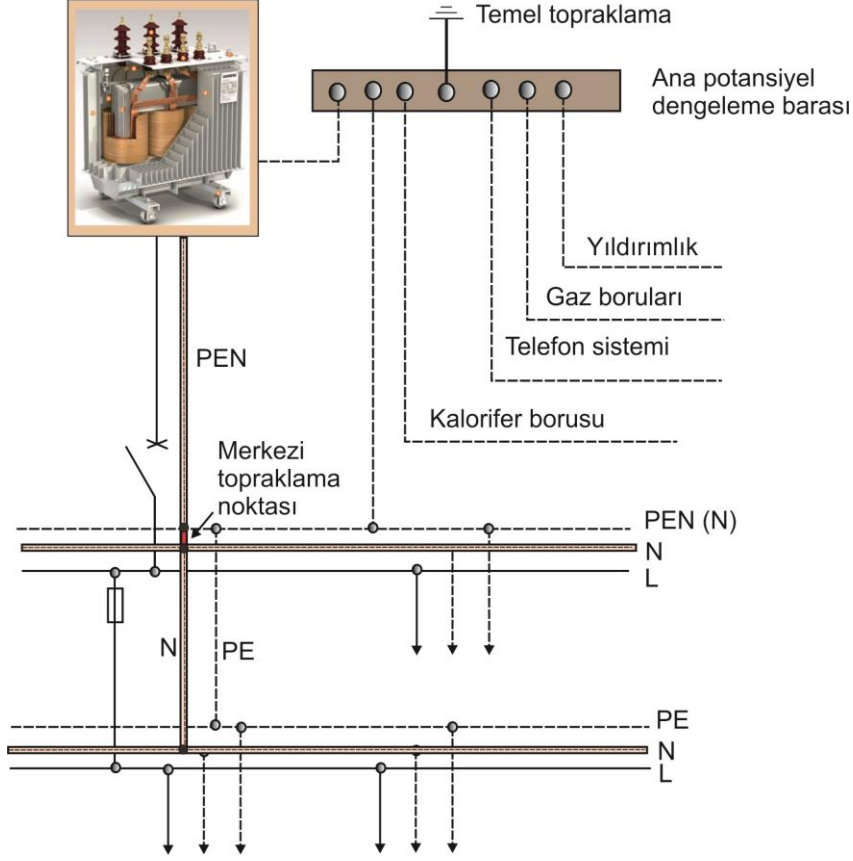
Koruma şartlarının sağlanamadığı koşullarda yapılır. İki işletme cihazını birbiriyle bağlayan tamamlayıcı potansiyel dengeleme iletkenin kesiti en küçük koruma iletkenin kesitinden küçük olmamalıdır (Şekil 11).



Şekil 11: Tamamlayıcı potansiyel dengeleme

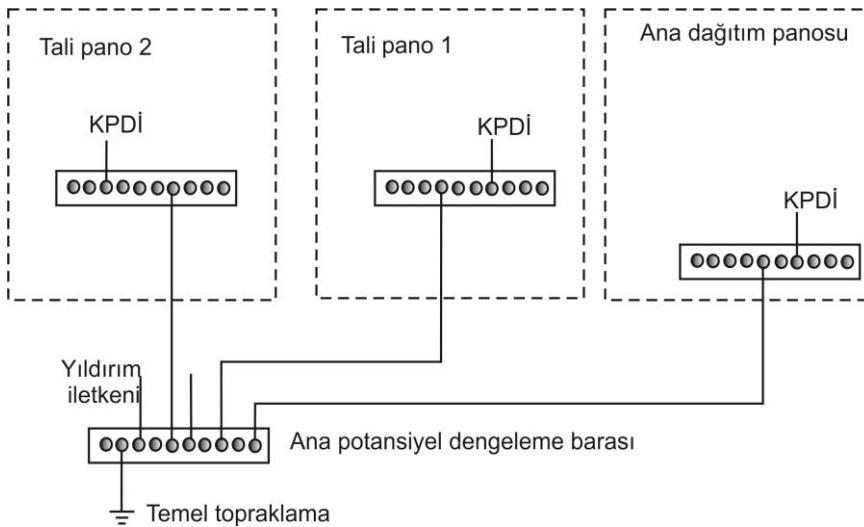
Merkezi topraklama ve potansiyel dengeleme

Koruma iletkeni ve bilgi işlem informasyon kabloları üzerinden akan akımlar sistemde hatalara ve bozukluklara yol açar. Topraklamanın şekli bu hatalar için belirleyicidir. TN sistemde Nötr ve koruma iletkeni tamamen ayrılmalı, transformatörün yıldız noktasından gelen hat izole edilmelidir. İşletme ve koruma topraklaması bir noktada birleştirilmeli ve topraklanmalıdır (Şekil 12). TT sistemde bu sorun yoktur ve nötr ile koruma iletkeni hiçbir zaman birleştirilmemelidir.

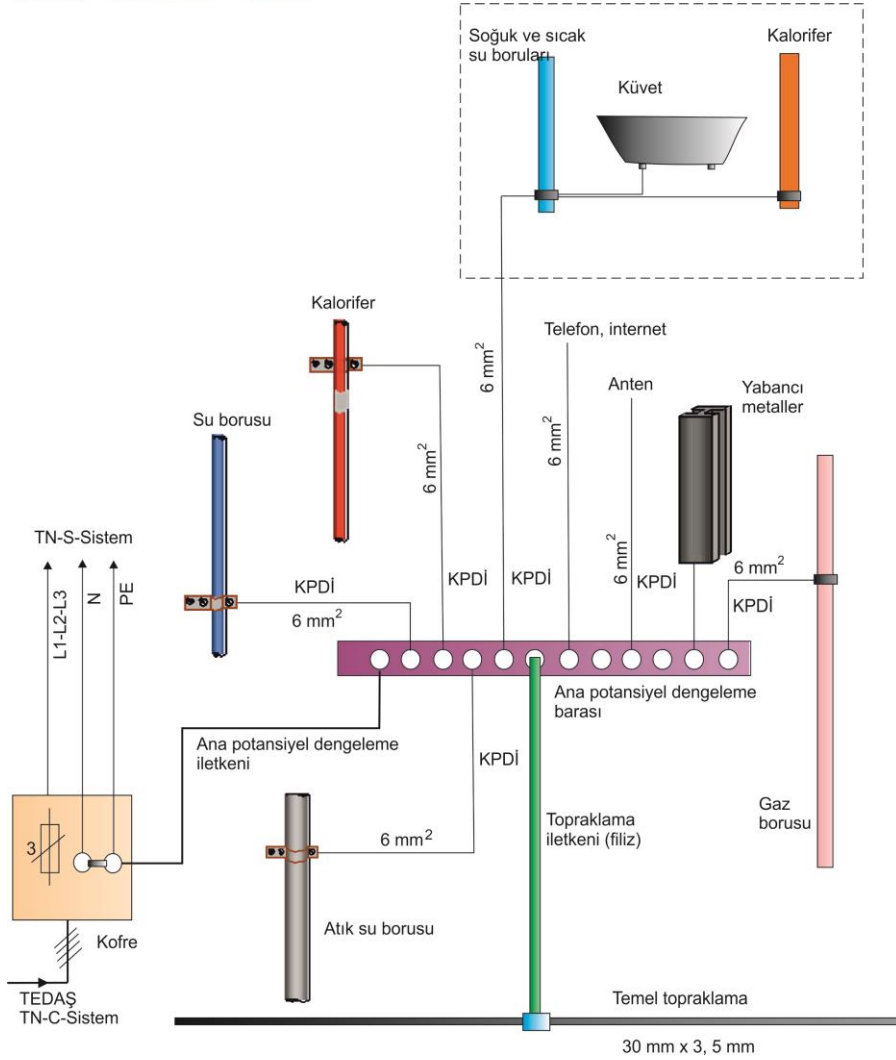


Şekil 12: Potansiyel dengeleme ve merkezi topraklamaya örnekler

Koruma potansiyel dengeleme için tesisin genel anlamda bir blok şemasının yanısıra (Şekil 13), kullanılacak iletken kesitleri ve bağlanacak metal borular ayrı bir planda gösterilmelidir (Şekil 14).



Şekil 13: Potansiyel dengeleme blok şeması



Şekil 14: TN sistem kurulan bir binada potansiyel dengelemeye örnekler (TT sistemde de aynı potansiyel dengeleme uygulacaktır)

TT sistemde kofredeki nötr N ile PE arasındaki köprü ve ana potansiyel dengeleme iletkeni olmayacak. Linyelerden gelen koruma iletkenleri (PE) dağıtım panosundaki PE klemensine tesis

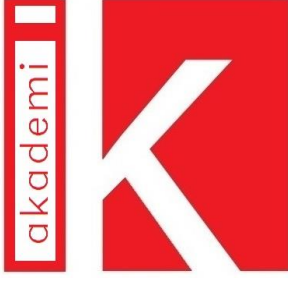
edildikten sonra tek bir iletken ile ana potansiyel dengeleme barasına bağlanacak.

Bir fikir edinmek açısından çeşitli ülkelerde istenen topraklama dirençleri aşağıda verilmiştir.

Bu değerler toprağa daha çok bakır, kazık vs. çakılması anlamına gelmez.

	Ülkeler	Yapılar	Koruma topraklaması Genişleme direnci	İşletme topraklaması
1	İtalya	TT ve TN	$R_A \leq 20 \Omega$	$R_B \leq 2 \Omega$
2	İspanya	TT ve IT	$R_A \leq 25 \Omega$	$R_B \leq 2 \Omega$
3	Fransa	TT ve TN		$R_B \leq 2 \Omega$
4	Belçika	TT ve TN	AG, $R_A \leq 30 \Omega$	
5	Avusturya	TT ve TN	$R_A \leq 100 \Omega$	
6	ABD	TN	YG, $Z_E \leq 1 \Omega$ AG, $R_A \leq 25 \Omega$ SPD $R_A \leq 1 \Omega$	$R_B \leq 1-5 \Omega$
7	UK (İngiltere)	TT ve TN	$R_A > 200 \Omega$ sabit değil 542.2.2'e bak	$R_B \leq 2 \Omega$
8	Almanya	TT ve TN	R_A için bir değer yok	R_B için bir değer yok
8	Hollanda	TN	$R_A \leq 166 \Omega$	
9	Norveç	IT	-	-
10	İrlanda	TN	$R_A < 100 \Omega$	-
11	Türkiye	TT, TN veya her ikisi karışık	$R_A \leq 2 \Omega$ $R_A \leq 1 \Omega$ $R_A \leq 5 \Omega$ $R_A \leq 0,5 \Omega$	$R_B \leq 2 \Omega$

			$R_A \leq 0,3\Omega$ Direkler $R_A \leq 5 \Omega$ YKS $R_A \leq 10 \Omega$	
12	Türkiye	Yüksek gerilim: 380 kV : $Z_E \leq 0,5 \Omega$, 154 kV: $Z_E \leq 1 \Omega$ 31,5 kV: $Z_E \leq 2 \Omega$		



6. İLK DENETLEME VE ÖLÇÜMLER

IEC 60364-600, DIN VDE 0701/0702

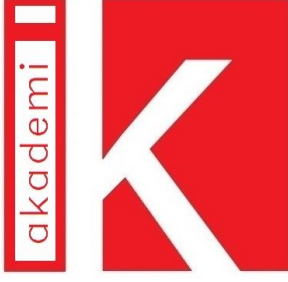
Elektrik tesisleri işletmeye alınmadan önce ve işletme esnasında mühendis veya yetkili tesisatçı tarafından ölçümleri yapılmalı, ölçüm sonuçları protokole geçirilmeli ve beş sene saklanmalıdır [8,9].

Ölçümler sırasıyla:

1. Koruma iletkeninin 1Ω dan küçük ve potansiyel dengeleme iletkeninin $0,1 \Omega$ dan küçük bir dirence sahip olup olmadığı ölçülür.
2. İletkenlerin izolasyon direncinin ölçülür $1 M\Omega$. dan büyük bir değer sahip olup olmadığı ölçülür.
3. Bir fikir edinmek açısından topraklama direnci ölçülür.
4. Çevrim (kısa devre) direnci ölçülür.

5. RCD Koruma cihazının zaman ve akım bazında açma değerleri ölçülür.
6. Gerekli ise zeminin izolasyon direnci ölçülür.
7. Şebekenin iç direnci gerekirse ölçülür.
8. Döner alan ölçülür.
9. Ayrıca elektrikli ev ve el cihazlarının (örnek ütü ve fön gibi) her sene sürekli olarak koruma iletkeni direncinin $0,3 \Omega$ dan küçük olduğu, izolasyon direnci nin $1 M\Omega$ dan büyük olduğu , dokunma veya kaçak akım değerlerinin $0,5 \text{ mA}$ den küçük olduğu ölçülmelidir.

Türkiye’de maalesef sadece topraklama direnci ölçülmektedir.



7. KABLO VE İLETKENLERİN ARK HATALARINA KARŞI KORUNMASI (AFDD)

Elektrik tesislerindeki temel sorunları şöyle sıralayabiliriz:

1. Temel (doğrudan) ve hata anında (dolaylı temasa) koruma tamamen garanti edilemedi.
2. Kablo ve iletkenlerin döşenmesinde yapılan hatalar var.
3. İşletme cihazlarında hatalar ortaya çıkıyor.
4. Kullanılan ekipmanlarda meydana gelen hasarlar var.
5. Aksesuarlar da bulunan (uyarı, emniyet ve isim levhaları, pankartlar, bakım günlükleri, ekipmanlar) eksiklikler veya hatalar
6. İletken tesisleri ve bağlantılarında hatalar yapılıyor.
7. Koruma iletkenlerinin yanlış tesis edilmesi ve N iletken etiketleri, devrelerin işaretleri ve elektrik donanımlarında bulunan eksikler

8. Aşırı yük ve kısa devrede koruma, cihazlarının eksik veya yanlış tesis edilmiş olması, potansiyel dengelemede eksiklikler veya hatalar

9. Prize bağlı elektrik tesisatında veya sonrasında sık sık ortaya çıkan hatalar

10. Yalıtımda meydana gelen hatalar, örneğin; Çivi, vida, sıkışma ya da klipsler tarafından meydana hatalar

11. Kabloların yarıçaplarından daha çok bükülmesi dolayısıyla meydana gelen riskler

12. UV ışınları nedeniyle, sıcaklık, nem, gazlar gibi çevresel etkilere karşı yalıtımda meydana gelen hasar ve yaşlanmalar

13. Kemirgen hayvanların zararları

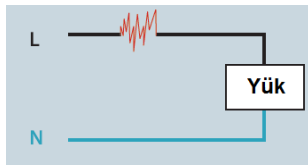
14. Yetersiz ve gevşek klemensler, darbe ile hasarlanmış iletkenler

Tüm elektrik tesisleri MCB ve RCD'nin yanısıra ark hatalarına karşı AFDD (Arc fault Detection Device) cihazı ile korunmalıdır. Kablo ve iletkenleri aşırı akımlara karşı koruyan cihazlar, sigorta ve kesiciler uzun yıllar kanıtlanmış ve denenmiştir.

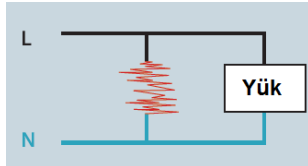
Ancak sigorta ve kesiciler çok küçük olan ark akımlarını korumak için uygun değildir. Yangın koruma şalteri bu koruma boşluğunu doldurmuştur.

İletkenlerde seri ve paralel hatalar, yalıtım hataları AFDD, MCB ve RCD ile çok etkili bir şekilde korunacaktır (Şekil 14).

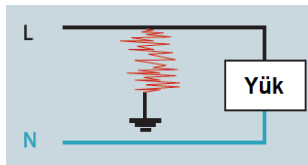
Şekil 15’de görüldüğü gibi AFDD çok küçük akımlarda devreyi açmaktadır.



Dış iletken hata durumu

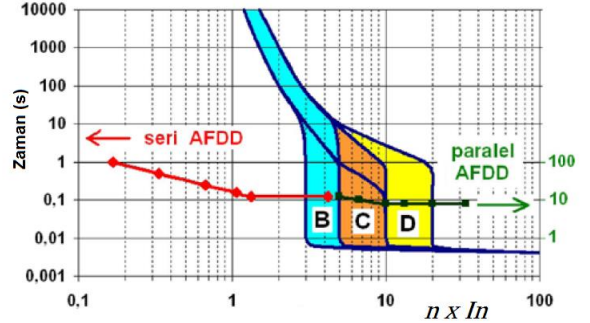


Nötr ve koruma iletkeni arasında veya dış iletken arasında paralel hata durumu



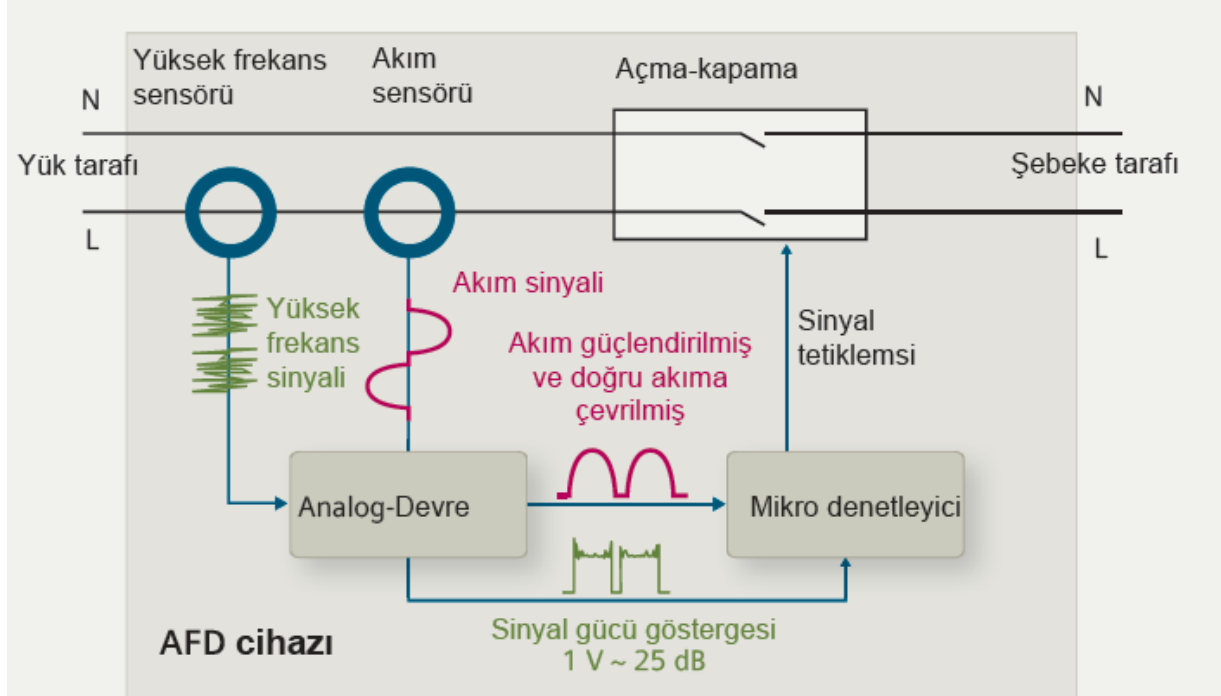
Dış iletken ve koruma iletkeni arasında hata durumu

Şekil 15: İletkenlerde hatalar [13]



Şekil 16: AFDD (16 A) ve MCB eğrileri [13]

Aşağıdaki Şekil 17 de yangın koruma cihazı temel çalışma prensibi açıklanmıştır. Tüm aktif iletkenler - burada dış iletken ve nötr iletkeni - cihaz tarafından gerçekleştirilen düşük frekanslı sinyallerin tespit edilmesi (Şebeke frekansı) için, bir akım sensörü üzerinden yüksek frekanslı sinyallerin tespit edilmesi için bir RF sensörü kullanılmaktadır. Bu sinyaller analog devre ile toplanır ve daha sonra mikrodenetleyicide işlenir. Bir tetikleme sinyali üretilir ve bir şönt sürümü yoluyla kesiciye iletilir. Burada mekanik bağlantı elemanı olarak açma-kapama cihazı (termik ve manyetik) B 16 A cihazı kullanılır. AFD herhangi bir ark anında tüm devreyi (linyeyi) kesmek zorundadır. Ark hata akımları 2 A ile 32 A arasında değişir.



Şekil 17: AFDD' nin çalışma prensibi [13]

8. AG VE YG'de TOPRAKLAMA

EN 50522, VDE 0141' in genişletilmiş ve yenilenmiş şeklidir. Bu norm Türkiye'de yıllar önce tercüme edilmiş ve uygulanmıştır. 2001 senesinde EMO Bursa şubesinin öncülüğünde yapılan çalışmalar sonucu şimdiki topraklamalar yönetmeliği yayımlanmış (aslında buna sadece topraklamalar yönetmeliği demek yanlıştır) ve aşağıdaki bölümlerden oluşmuştur:

1. AG Elektrik tesisleri: IEC 60 364-20
2. AG Elektrik tesisleri: IEC 60 364-4-41

3. AG Elektrik tesisleri: IEC 60 364-4-442
4. Doğrulama: IEC 60 364-6-600
5. AG'de Topraklama: IEC 60 364-5-54
6. Kısa devre hesapları: IEC 60 909-0
7. YG'de Topraklama: EN 50522
8. YKS Tesisi: IEC 62305-3
9. İletişim sistemleri: DIN VDE 0800

Görüldüğü gibi Yönetmelik sadece AG ve YG'de topraklamayı değil başka konularıda içermektedir ve çok ciddi konuları içermektedir.



10. GERİLİM BOZUKLUKLARI VE ELEKTROMANYETİK KİRLİLİĞE KARŞI KORUMA

IEC 60364-4-44: 2007 / A1: 2015, değiştirilmiş; HD 60364-4-443'e: 2016

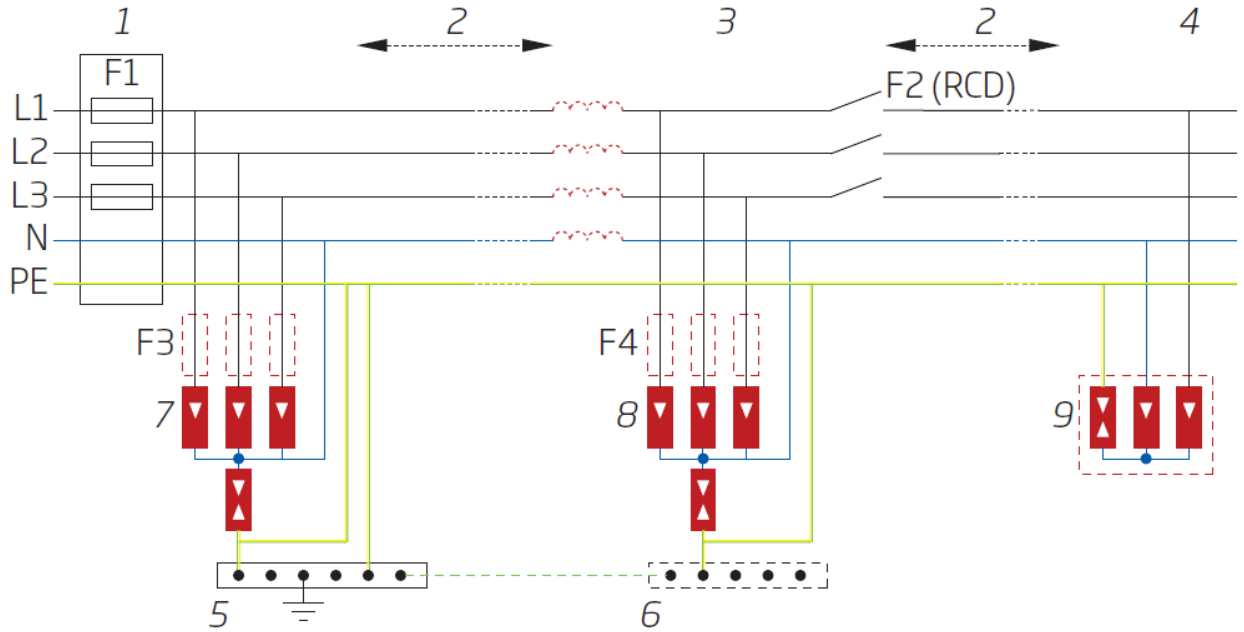
Bölüm 4-44: Güvenlik için koruma – Madde 443 - gerilim bozuklukları ve elektromanyetik kirliliğe karşı koruma: Atmosferik kökenli geçici dalgalanmaları veya bağlı anahtarlama ve koruma için hangi koşullarda SPD'nin tesis edilmesi ve (IEC 60364-5-53:2001/A2:2015, HD 60364-5-534:2016: Aşırı gerilim koruma cihazları ise hangi SPD'nin kurulması gerektiğini açıklar. Bununla her binada SPD'nin tesisi zorunlu hale getirilmiştir.

Bu standartlar atmosferik kökenli geçici aşırı gerilim ile elektrikli cihazların korunmasını kapsar. Bu etkiler nedeniyle anahtarlama ve operasyonlar besleme hatları ve geçici aşırı gerilim doğrudan yıldırımlar da dahil olmak üzere, güç kaynağı ağı üzerinden iletilebilir. Koruyucu cihazlar (SPD) tarafından dalgalanmaların kontrolü için yeni kurallar getirilmiştir.

Standart da ana değişiklikler aşağıda kısaca aşağıda açıklanmıştır:

- a) Aşırı gerilim koruma cihazları, İngilizce "Surge Protective Device " kısaltması "SPD" olarak anılacaktır.
 - b) Bu kapsamda SPD 1 besleme hatlarında doğrudan yıldırım çarpması için yer alacaktır.
 - c) Petrokimya tesisleri ve kimyasal tesisler gibi patlama riski bina yapıları bu standart kapsamına girmez.
 - d) Koruma cihazları (SPD'ler) bir sistemde nasıl kullanılacağı ve karar kriterleri, gözden geçirilmiş ve genişletilmiştir.
 - g) IEC 62305-2 -VDE 0185-305-2 göre yeni bir basitleştirilmiş risk analizi eklenmiştir. Aşırı gerilim koruma cihazlarının (SPD'ler) kurulumu için karar kriteri olarak hesaplanan risk seviyesi (CRL) getirilmiştir.
 - h) Anma darbe gerilimleri DC sistemlerde 1500 V kadar uzatıldı.
- Binalarda dış yıldırımlık için ilk önce koruma sınıfına göre risk analizi yapılmalıdır. Ancak insan kalabalıklarının olduğu yerlerde, okul ve camilerde tesisi zorunludur. Yıldırım potansiyel dengelem sisteminde kurulması

gerekir. Şekil bir TN sistemdeki SPD tesisini göstermektedir.



1: Ana pano 2: Kablo 3: Tali pano 4: Akım devresi 7:SPD1, 8:SPD2, 9:SPD3, 5,6: APDB

Şekil 18: SPD tesisatı

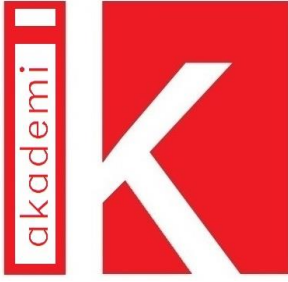
11. TT SİSTEMDEN TN SİSTEME GEÇİŞ

2003 senesinde IEC TC 64, TT sistemden TN sisteme geçilmesini karar altına almıştır. Sistemi değiştirmek için sistemin güvenlik ve uygulama şartlarını çok iyi bilmek gerekir. Her sistem için otomatik açma şartı, açma akımı ve zamanı nedir, potansiyel dengeleme nasıl yapılır, sisteme bağlı olarak koruma nasıl uygulanır, seçi-cilik nedir vs. Bunları bilmeden yapıla-cak bir sistem hiç bir

zaman çalışmaz. 2007 senesinde merkezi topraklama sistemi (MTS) getirilmiştir.

Ülkemizde TT sistem uygulanır veya uygulandığı varsayılır. Ama koruma ve güvenlik şartları yerine getirilmez. Tesisler ezbere yapılır. Bazen TT ve TN birbirine karıştırılır.

IEC 60364’de belirtilen tesis koşulları TT ve TN sistemde farklıdır. Örnek koruma ve



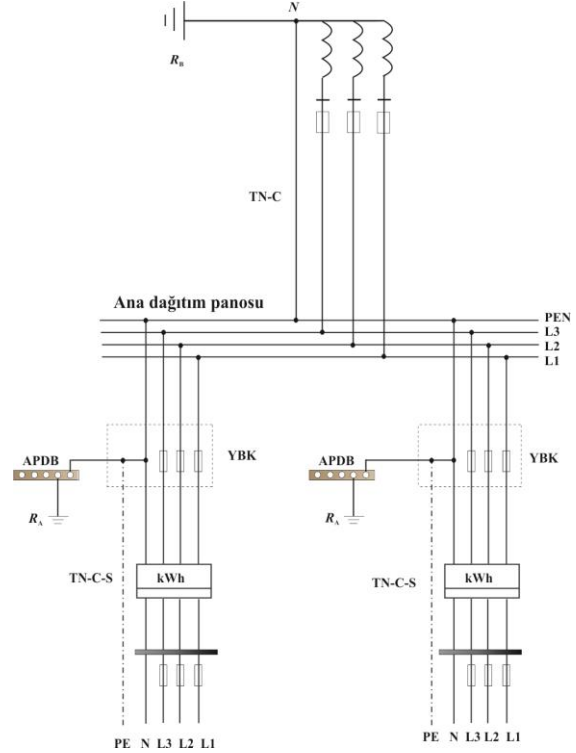
potansiyel dengeleme iletkeni kesiti TT’de 25 mm² ile sınırlıdır. Ancak topraklama ve potansiyel dengeleme uygulaması hiç bir sistemde değişmez.

TT sistemden TN sisteme nasıl geçilecek?

Burada iki uygulama söz konusudur.

1. **Uygulama:** Kendine ait transformatör dağıtım şebekelerinde (örnek fabrikalar ve yerleşim merkezleri) (Şekil 18).

Sistem transformatörden itibaren mümkün ise TN-C değilde doğrudan TN-S olarak kurulmalıdır. Kaldığı TN-C sistemi elektro manyetik kirlilik (EMC) açısından çok kötü bir sistemdir.



Şekil 18: TN Sistem uygulaması

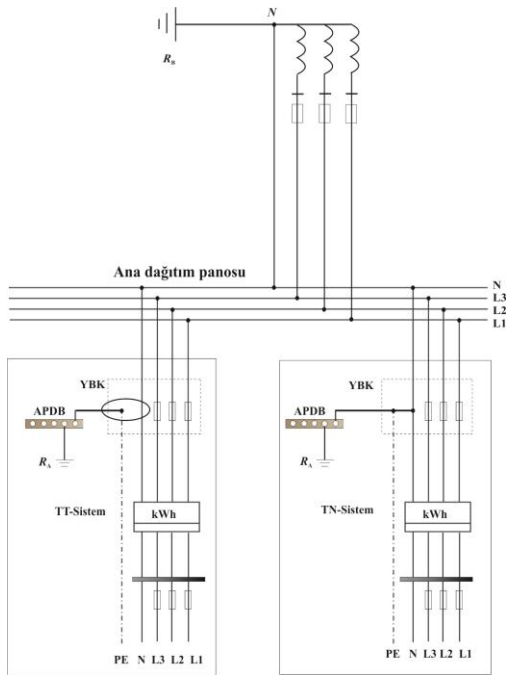
2. **Uygulama:** Mevcut bir TT dağıtım şebekesinde sadece bir binada, yüksek yapılarda, hastanelerde, otellerde, yeni kurulan yerleşim birimlerinde, bir fabrika ve fabrikanın bir bölümünde, zirai donatım sulama tesislerinde TN sistem kurulabilir (Şekil 19). Burada kontrol ve dikkat edilmesi gereken en önemli nokta kablo ve iletken kesitlerinin tek kutuplu kısa devre akımlarının dinamik ve termik etkilerine dayanıp dayanmadıklarıdır. Bu durum plan ve projede hesap edilmeli, tek hat şemalarında gösterilmeli

ve belirtilmelidir. TN sistemde nötr ve koruma iletkeni ayrıldıktan sonra kesinlikle tekrar birleştirilemez. RCD her zaman PEN' ayrıldıktan sonraki bölümüne tesis edilmelidir.

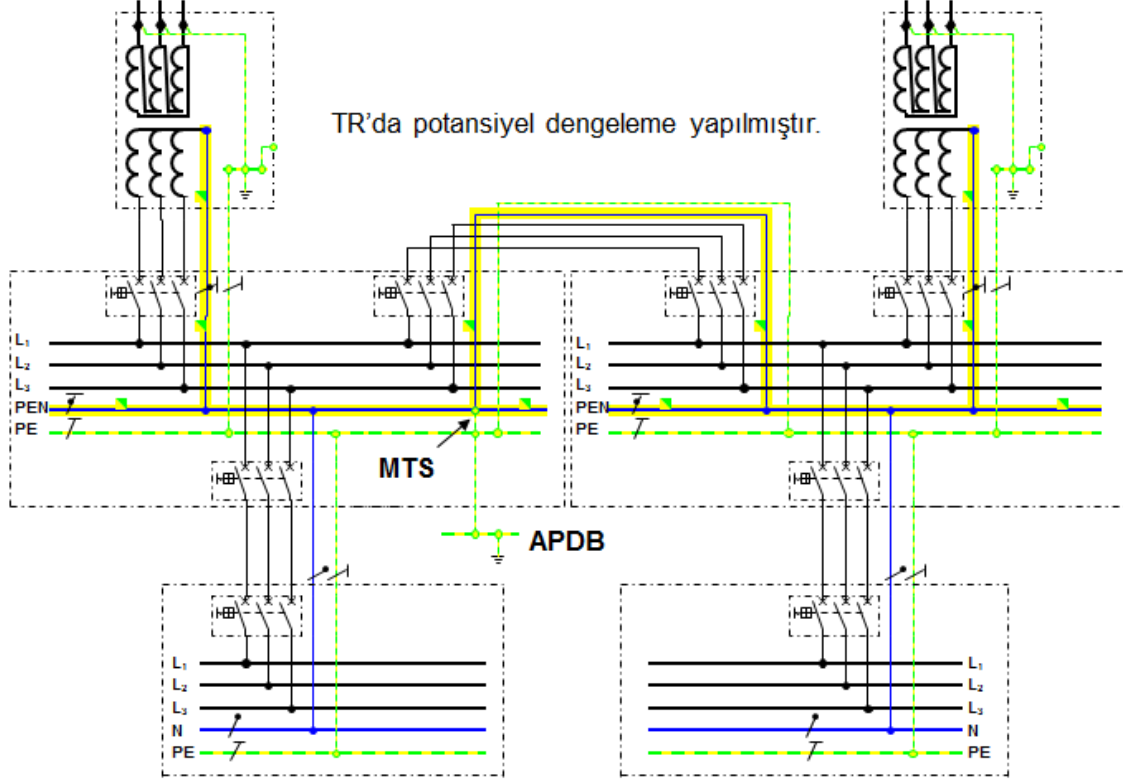
Şekil 19'da koruma ile nötr iletkeni yapı bağlantı kutusunda birleştirilmiştir.

Merkezi topraklama sistemi tüm tesiste ancak bir noktada, ana panoda yapılır. PEN iletkeni tamamen yalıtkan olmalıdır (Şekil 20).

Genel olarak koruma ile potansiyel dengeleme fonksiyonları anlaşılmadığı için TN sistemde motor gövdeleri tekrar ayrı bir yerde topraklanmakta veya potansiyel dengeleme barasına tesis edilmektedir. Bu çok yanlış bir uygulamadır.



Şekil 19: TT sistemde, TN Sistem uygulaması



Şekil 20: TT sistemde, TN Sistem uygulaması

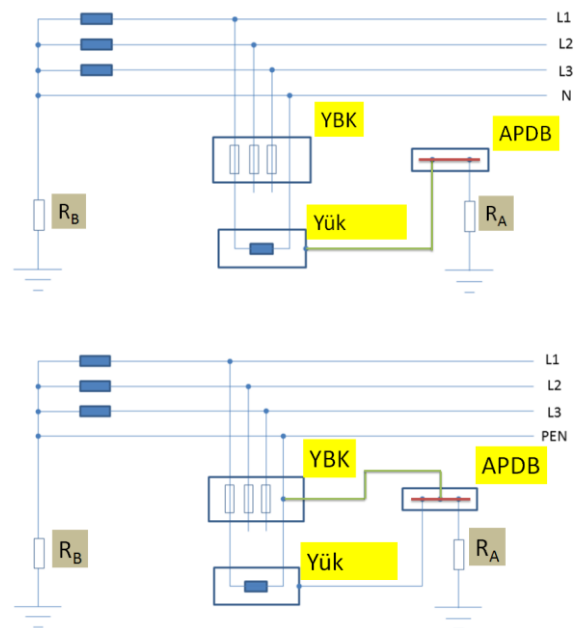
Aşağıdaki şekillerde bir uygulama olarak TT sistemden TN sisteme geçiş örnekleri verilmiştir.

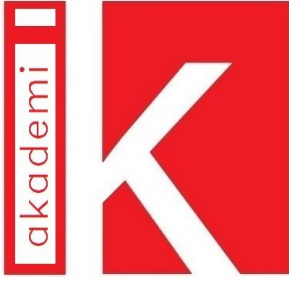
Şekil 21'de TT sistem TN sisteme çevrilmiştir, Şekilde APDB'dan bir iletken

(sarı-yeşil olacak) YBK'na bağlanmıştır.

İşletme cihazları kesinlikle tek tek

topraklanmamalıdır.



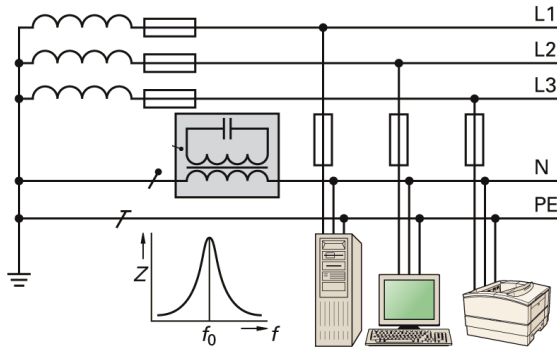


Şekil 21: Uygulama örnekleri

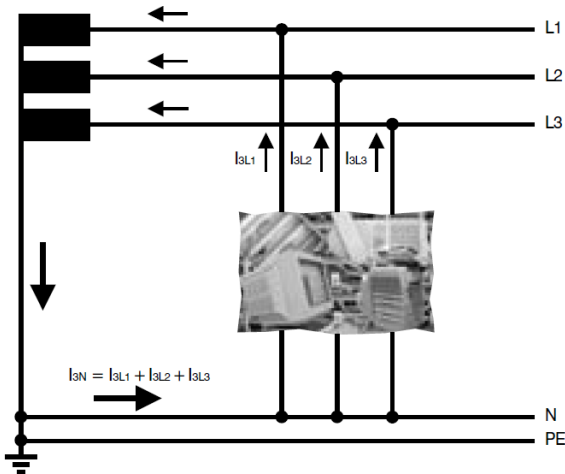
12. KORUMA İLETKENİ AKIMLARI,

N ve PE ARASINDAKİ GERİLİMLER

Binalarda kaçak (parazit) akımlar, harmonikler, nötr iletkenin fazla yüklenmesi, N ve PE arasındaki gerilimler lineer olmayan yükler tarafından ortaya çıkar. Bu yükler özellikle elektronik elementlerin kullanıldığı cihazlardır.

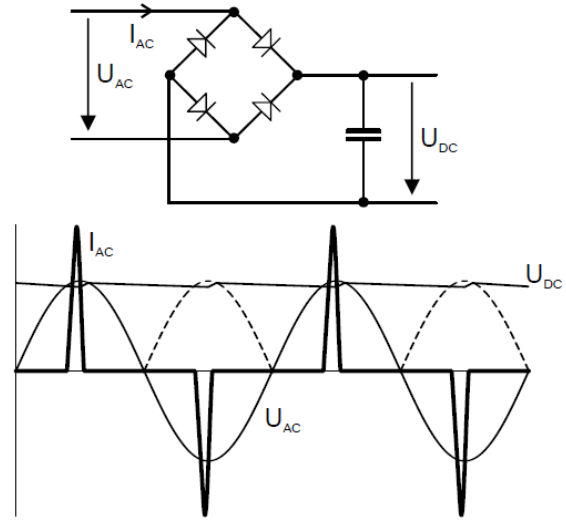


Şekil 22: Lineer olmayan yükler Bu elektronik devreler akım ve gerilim eğrilerini tamamen



Şekil 24: Nötr iletkenin yüklenmesi

bozar ve sistemin düzenli çalışmasını engeller (Şekil 23).



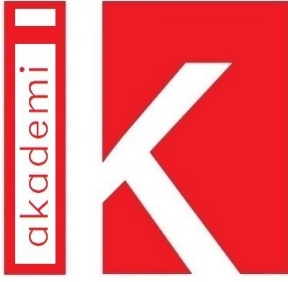
Şekil 23: Akım kaynağı çıktıları

Sistem eğer simetrik olarak yüklenmez ise veya 3. harmonikler de var ise nötr iletkeninden canlı iletkenin üç katı daha fazla akımlar akar ki buda nötr iletkenin ısınmasına dolayısıyla yangınlara yol açar (Şekil 24).

Nötr hattı akımının faz akımlarından büyük olduğu durumlarda kablo kesiti nötr akımına göre seçilir (IEC 60364-5-52).

Kablo kesitinin nötr akımına göre belirlendiği ve nötr akımının faz akımlarından çok fazla büyük olmadığı hallerde, faz akımları için listelerdeki akım taşıma kapasitelerinin azaltılması zorunludur.

Normal işletmede aynı zamanda koruma iletkeninde 10 mA' geçen akımda kesit



yükseltilmelidir. Sistemde dengeli besleme sağlanmalıdır.

Nötr-toprak arasında ölçülen gerilimler tesisinin topraklama direncine bağımlı değildir. Sorun Telekomculara aittir.

Çözüm olarak:

3. Harmonikler ölçülmelidir.
- Varsa, nötr iletkeninde harmonik filtresi tesis edilmelidir.
- Nötr iletkeni üzerinden geçen akım kontrol edilmeli ve kesit yükseltilmelidir.
- İzolasyon transformatörü kullanılmalıdır,

İstem test edilmek istenirse, sırasıyla şu yöntem uygulanır:

- L-N arasındaki gerilim ölçülür.
- L-PE arasında gerilim ölçülür.
 - Bir değer okunmaz ise PE bağlı değildir.
 - L-N arasındaki değer okunur ise topraklama bağlantısı vardır.
 - N-PE arasında 0 V ölçülür ise N-PE kısa devredir.
 - < 3 Volta kadar bir değer sorun yaratmaz.
 - Tesiste gevşek bağlantı olup olmadığını kontrol ediniz.
 - Ortak Nötr iletkeni kullanmayınız.

% 20 üçüncü harmonik varsa 0,86 zayıflatma faktörü uygulaması ile yük akımı $39 \text{ A} / 0,86 = 45 \text{ A}$ 'e yükseltilir. Bu yük için 10 mm^2 'lik kablo gerekir.

Çizelge 2: Dört ve beş damarlı kablolarda harmonik akımlar için zayıflatma faktörleri

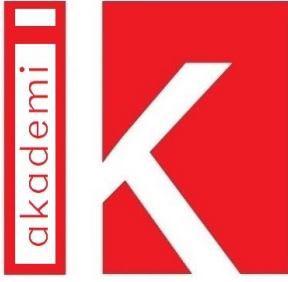
- Nötr ve koruma iletkenin irtibatlı olup olmadığını kontrol ediniz.
- Her Linye için ayrı hat çekiniz.
- Fazla yükleri ve fazlar arasındaki etkileşimi en aza indirin.
- Normal ve bilgisayar yüklerini ayrı tesis ediniz.
- Gerekirse ayrı bir koruma iletkeni çekiniz.

Unutmayalım: Tesiste farklı potansiyel farklı kaçak akımları oluşturacaktır.

Pratikte uygulanan çözüm 3. Harmonik ölçüldükten sonra akım miktarına göre zayıflatma faktörü ile nötr iletkenin kesiti canlı iletkenlere eşit bir değerde yükseltilir (Çizelge 2).

Bir örnek verelim:

Tesis şekli, C metoduna göre duvar üzerine tutturulmuş, üç fazlı, PVC yalıtımlı, dört damarlı bir kablonun 39 A taşıdığı farzedilsin. Eğer devrede harmonik yoksa akım taşıma kapasitesi 41 A olan 6 mm^2 'lik kablo yeterlidir. Eğer



Üçüncü harmonik akımlarının miktarı %	Zayıflatma faktörü	
	Faz akımına göre seçim	Nötr akımına göre seçim
0-15	1,0	-
15-33	0,86	-
33-45	-	0,86
> 45	-	1,0

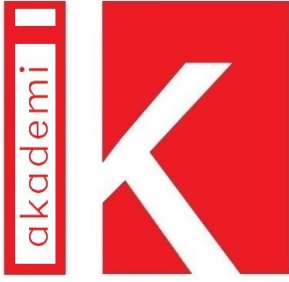
13. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye’de elektrik mesleği denince akla topraklama gelir. Bu işlem topraklama direncini ölçmekten, kazıklar çakmaktan öteye geçememiştir. Her ne kadar temel topraklama sisteminin uygulandığı zannedilse de, yapılan işin norm ve standartlara uymadığı kesindir. Son yıllarda IEC 60364’ün tüm bölümlerinde güvenlik açısından çok önemli değişiklikler olmuştur. Türkiye’de bunu yayımlatacak, uygulatacak ve kontrol edecek bir kurum ve TSE’deki tercüme alınıp uygulanmalıdır. En basit ve en uygun çözüm, Enerji Bakanlığı tüm IEC ve EN standartlarını tekrar tercüme etmeden, ettirmeden TSE’ye yönlendirerek resmi gazetede atf yapıp yürürlüğe koymasdır. Herhangi bir dernek, grup veya odanın IEC ve EN’den bağımsız norm çalışması anlamsız ve gereksizdir.

kuruluş yoktur. Meslek okulları ve üniversitelerde yönetmelikler IEC 60364 ve IEC 60909-0 dersin bir parçası olmalıdır. TSE ülkemizi IEC ve CENELEC’te temsil etmekte ve standartları tercüme etmektedir. Ancak bu çalışmalar pratiğe yansımamakta uygulamada zorluklar ve çelişkiler çıkmaktadır. Diğer taraftan yönetmelikleri Enerji Bakanlığı yayımlamaktadır. Yürürlükte olan ETTY’i eskimiştir. Kısa devre normu IEC 60909-0, YKS normu IEC 62305 acilen resmi olarak yayımlanmalıdır. Veya Bunun yerine her meslek grubundan kalıcı norm çalışma grupları ve teknik uzmanlar grubu kurulmalıdır.

Her projede uygulanması gereken işlemleri tekrar belirtelim:

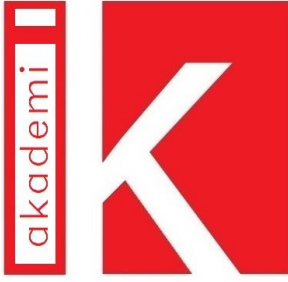
- İşletme (tasarım) akımı hesaplanır.



- 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 ölçümler ve 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.
- **Topraklama direnci kaç Ohm olmalıdır** gibi bir soru sorulmaz. Projeye göre bir fikir edinmek açısından hesaplanması gerekir. Sonrada ölçülür.
- 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 testleri yapılmalı, denetlenmelidir.
- Tüm binalarda son devrelere (Örnek 30 mA-RCD, ana dağıtım panosunada gerekli ise seçici özelliğe sahip 300 mA RCD tesis edilebilir.
- RCD kesinlikle açma kapama şalteri olarak kullanılmamalıdır.
- Binalara tesis edilen RCD'den kullanıcı, mühürlü yerlerde enerji veren kuruluş sorumludur. Söküldüğünde yasal işlem uygulanmalıdır.
- Kazık ve levha topraklamasına son verilmelidir.
- Yüksek gerilim elektrik tesislerinde topraklama direnci, topraklama empedansı,



dokunma gerilimi, termik ve dinamik gerilime göre hesap ve ölçmeler değişiktir. Zorlamalar çok önemli bir yer tutar. Alçak

Kısaltmalar

AFD: Arc Fault Detection Device (Ark hatalarını algılama ve koruma cihazı)

AFCI: Arc Fault Circuit Interruptor (AFD+MCB), MCB ile kombine edilmiş

MCB: Miniature Circuit Breaker (Aşırı akım koruma cihazı, B ve C gibi)

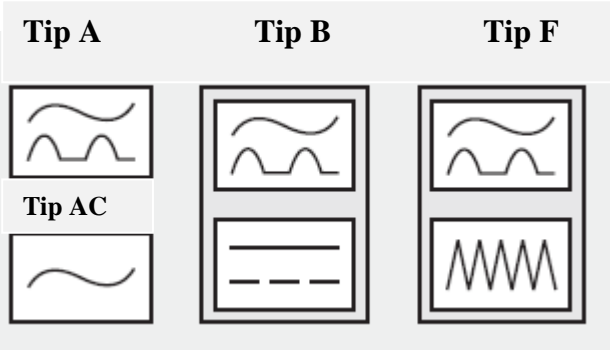
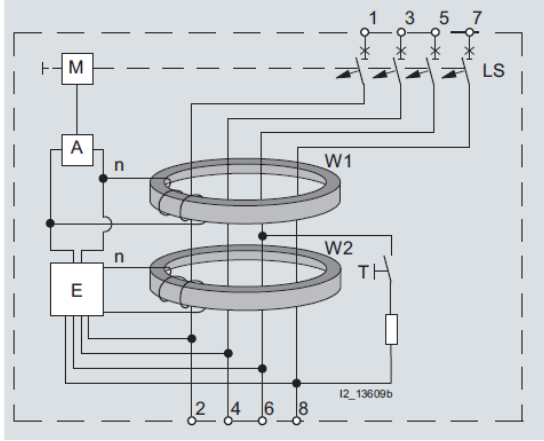
RCD: Residual Current Protective Device (Artık akım koruma cihazı)

Örnek 1: Bir son akım devresinin (Linye) korunması



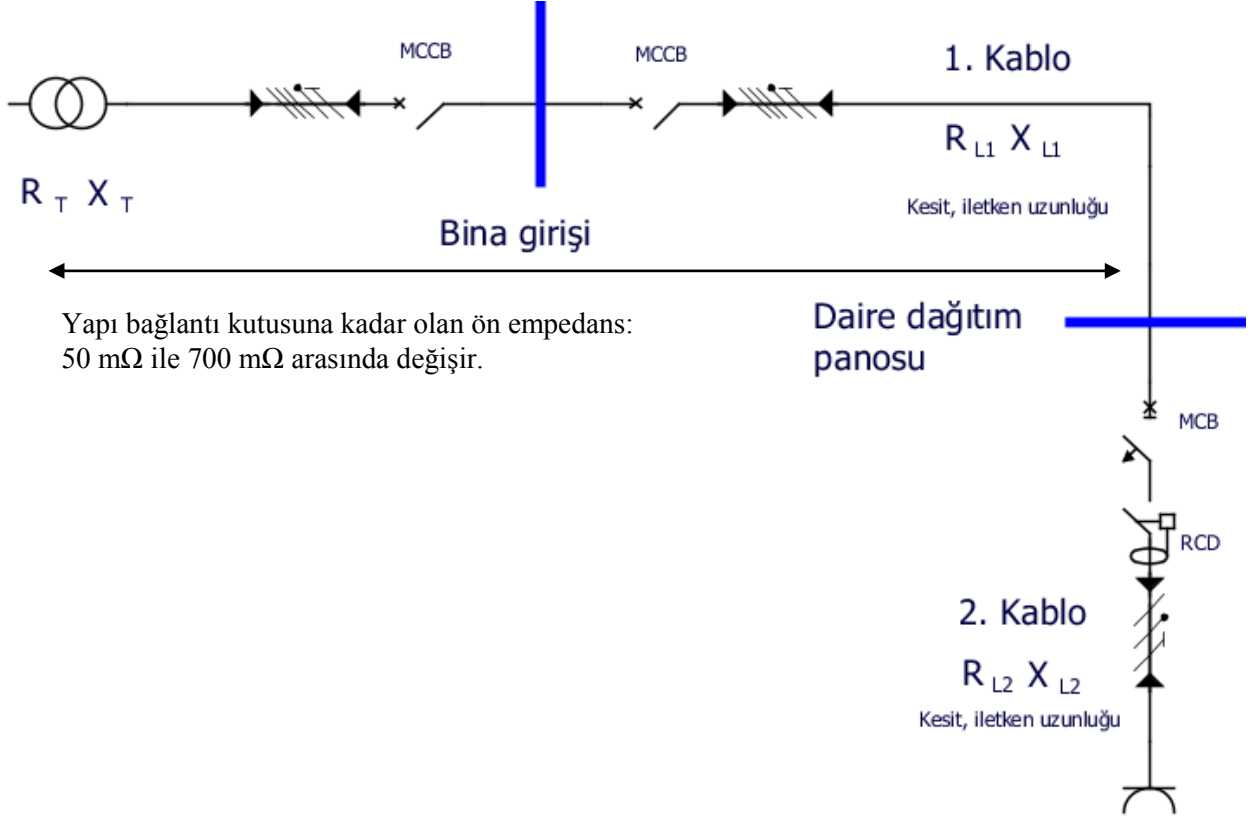
Açıklama: AFDD herhangi bir ark anında tüm devreyi (linyeyi) kesmek zorundadır.

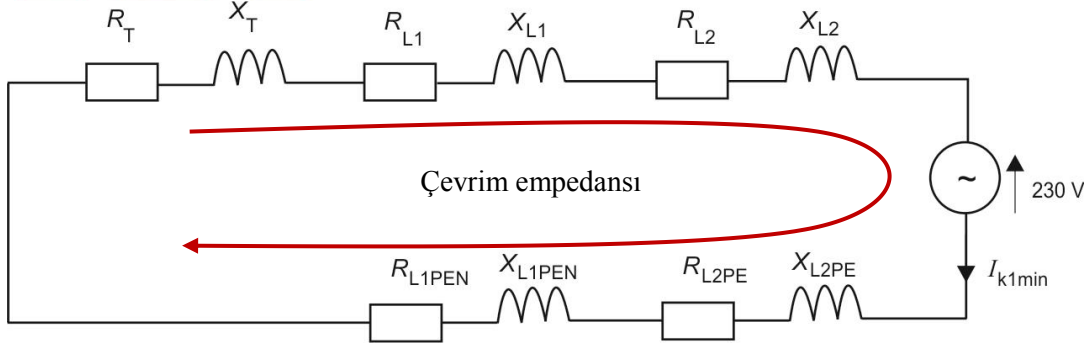
Örnek 2: Kombine edilmiş MCB/RCD



Not: Tip B en uygun olan RCD koruma cihazıdır. AC Tip RCD' lerin Omik yükler dışında kullanılması yasaktır.

Örnek 3: TN ve TT sisteminin eşdeğer şeması ve basit hesapları

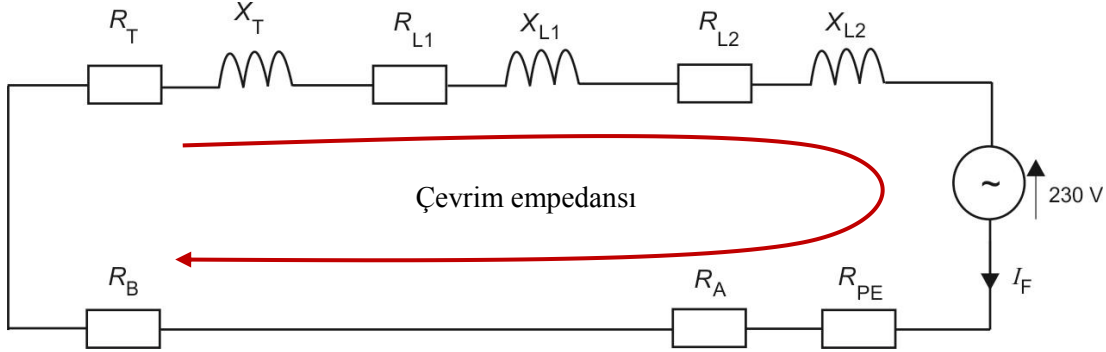




Şekil 3.1: TN elektrik dağıtım sisteminde gövde hatası

Önemli formülleri tekrar verelim:

$$Z_S \leq \frac{U_0}{I_a}, \quad I''_{k1min} = \frac{c_{min} \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_S}, \quad I''_{k1min} \geq I_a$$



Şekil 3.2: TT elektrik dağıtım sisteminde **toprak hatası** eşdeğer şeması

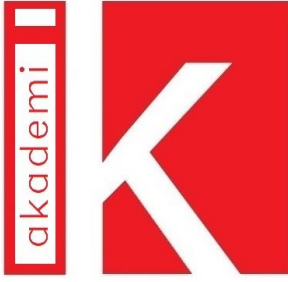
YN ve TT sismde önemli formüller:

$$Z_S \leq \frac{U_0}{I_a}, \quad R_A \leq \frac{U_T}{I_{\Delta n}}, \quad I_F \geq I_a, \quad I''_{k1} \geq I_a$$

Her projede dikkat edilmesi gereken hususları ve hesapları yukardaki örnek bir proje ile tekrar edelim. Burada sadece 4 ve 5 nolu konu ele alınacaktır ve çok basit bir şekilde hesapları yapılacaktır.

$$I_F = \frac{U_0}{Z_S} = \frac{U_0}{R_B + R_A}$$

1. İşletme (tasarım) akımının hesaplanması
2. Aşırı akım koruma cihazının nominal akımının tesbit edilmesi



3. Kablo veya iletken kesit hesabının yapılması
4. Üç ve tek kutuplu kısa devre akımlarının hesaplanması
5. Şok akımlara karşı güvenliğin sağlanması (Otomatik açma)
6. Gerilim düşümü hesaplarının yapılması
7. Seçiciliğin sağlanması
8. Topraklama hesaplarının yapılması
9. Potansiyel dengelemenin yapılması
10. Önemli ikazların belirtilmesi

a) TN sistemi için açma şartları:

Tek kutuplu kısa devre akımı için Örnek NYM, bakır iletkende sıcaklık faktörünü $80^{\circ}C$ 'de hesaplayalım (IEC 60909-0 NYM iletkenleri için $80^{\circ}C$ ile $160^{\circ}C$ arasında bir değer verir, ancak $80^{\circ}C$ yeterlidir):

$$T = 80^{\circ}C \Rightarrow 1 + 0,004 \frac{1}{K} (80^{\circ}C - 20^{\circ}C) = 1,24 \text{ alınır.}$$

Priz Linyesi için dirençler:

$80^{\circ}C$ 'de:

$$\left(\begin{array}{l} R_L = 1,24 \frac{2 \cdot 12 \text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2} \cdot 2,5 \text{ mm}^2} = 212,57 \text{ m}\Omega \\ X_L = 2 \cdot \ell \cdot x_L' \\ X_L = 2 \cdot 12 \text{ m} \cdot 0,08 \text{ m}\Omega / \text{m} = 1,92 \text{ m}\Omega \end{array} \right) \text{ Burada reaktans ihmal edilir.}$$

Dirençlerin toplamı

$$R_T = R_{\text{Ön}} + R_K$$

$$R_T = 150 \text{ m}\Omega + 212,57 \text{ m}\Omega = 362,57 \text{ m}\Omega$$

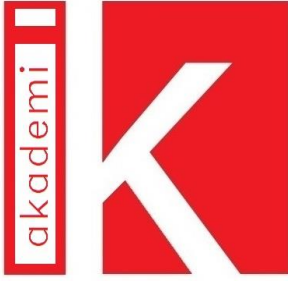
Tek kutuplu kısa devre akımı:

$$I'_{k1\text{min}} = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 362,57 \text{ m}\Omega} = 605 \text{ A}$$

Priz linyesi için (MCB) B16A aşırı akım koruma cihazı seçilmiştir. Açma akımı ile tek kutuplu kısa devre akımını karşılayalım.

$$I_a = 5 \cdot 16 \text{ A} = 80 \text{ A}$$

$$I'_k \geq I_a \quad 605 \text{ A} \geq 80 \text{ A}$$



Yönetmeliğe göre 0,4 s için açma şartları yerine getirilmiştir.

b) TT sistemi için açma şartları

İşletme ve koruma topraklaması değerleri hata akımını belirler. Örnek olarak

$R_B = 2 \Omega$ ve $R_A = 25 \Omega$ olduğunu kabul edelim. Sistemin iç empedansları çok küçük olduğundan

ihmal edilmiştir. Hata akımını hesaplayalım:

$$I_F = \frac{230 \text{ V}}{R_B + R_A} = \frac{230 \text{ V}}{2 \Omega + 25 \Omega} = 8,518 \text{ A}$$

En az 80 A açma akımına ihtiyaç var. Bu durumda açma şartları sağlanamaz. RCD tesis edersek

topraklama direnci:

$$R_A = \frac{50 \text{ V}}{I_{\Delta n}} = \frac{50 \text{ V}}{30 \text{ mA}} = 1,666 \text{ k}\Omega \text{ olur.}$$

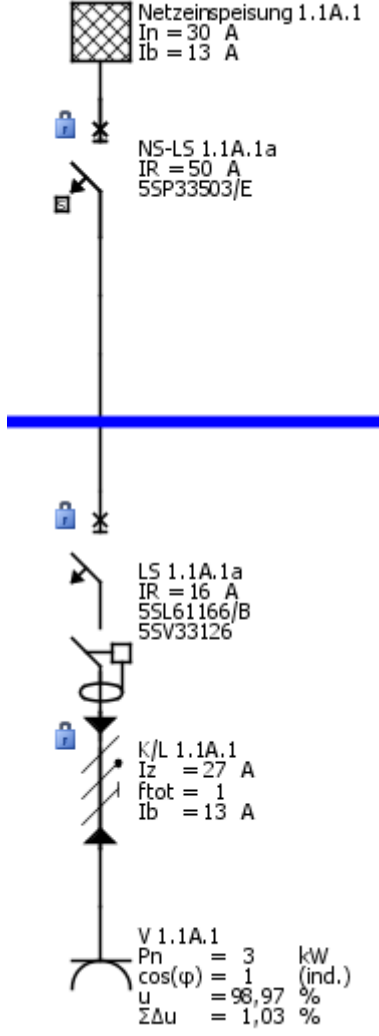
RCD ise hata akımını 20 ms altında kesecektir. Dolayısıyla açma şartları sağlanır. Burada topraklama direncinin 25Ω olması önemli değildir.

c) Gerilim düşümü hesabı ($\cos\phi = 1$ alınmıştır, dairelerde 0,95 de alınabilir)

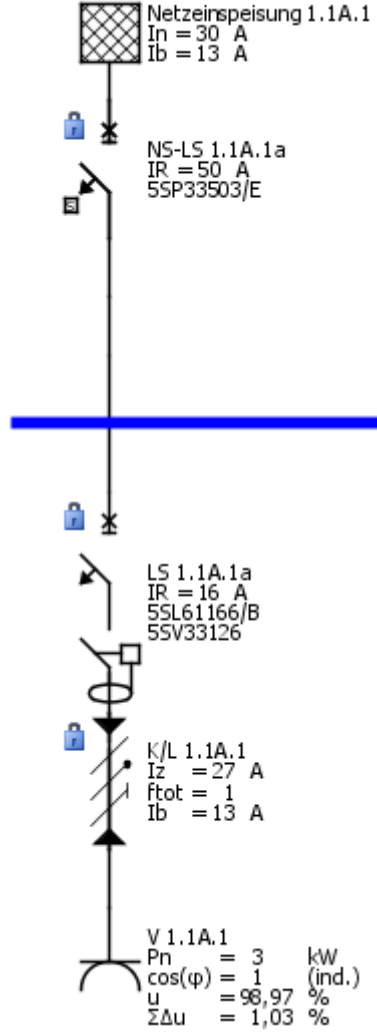
$$\Delta U = \frac{I \cdot 2 \cdot l}{\kappa \cdot A} = \frac{13 \text{ A} \cdot 2 \cdot 12 \text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2} \cdot 2,5 \text{ mm}^2} = 2,22 \text{ V}$$

$$\Delta u = \frac{2,22 \text{ V}}{230 \text{ V}} \cdot \%100 = \%1,027$$

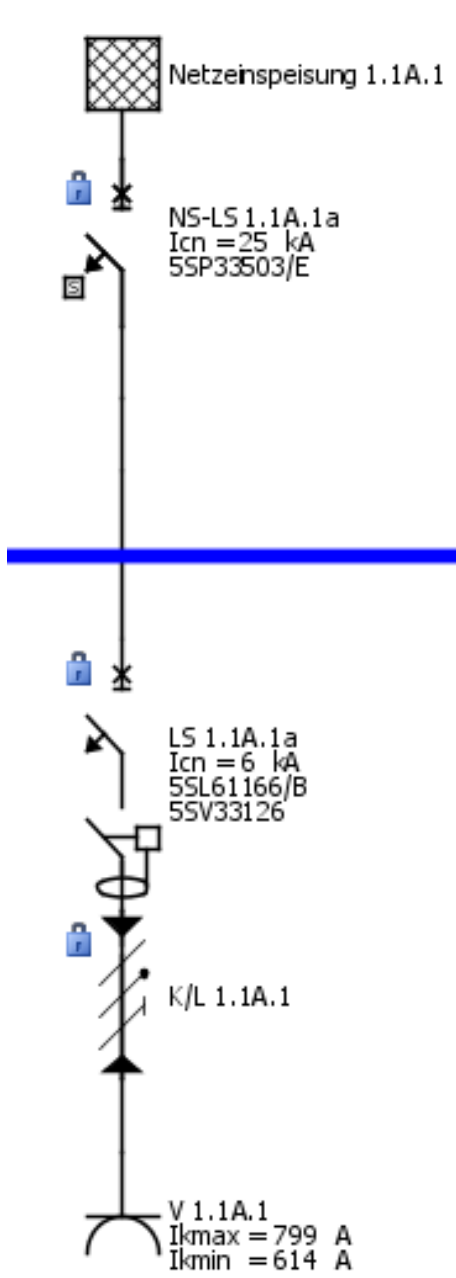
Proje Simaris ile hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çok az bir fark Simaris deki Siemensin verilerinden dolayıdır.



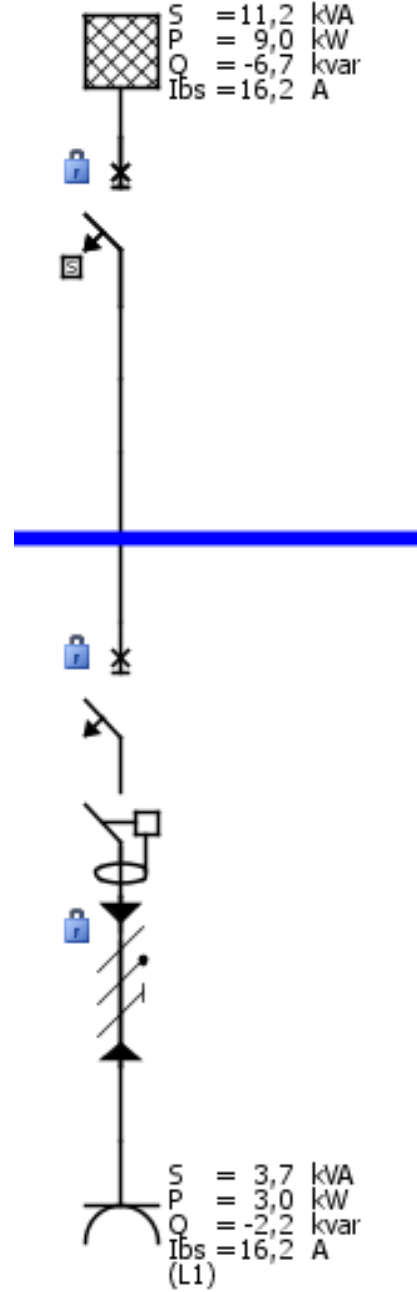
Proje verileri



Gerilim düşümü hesabı



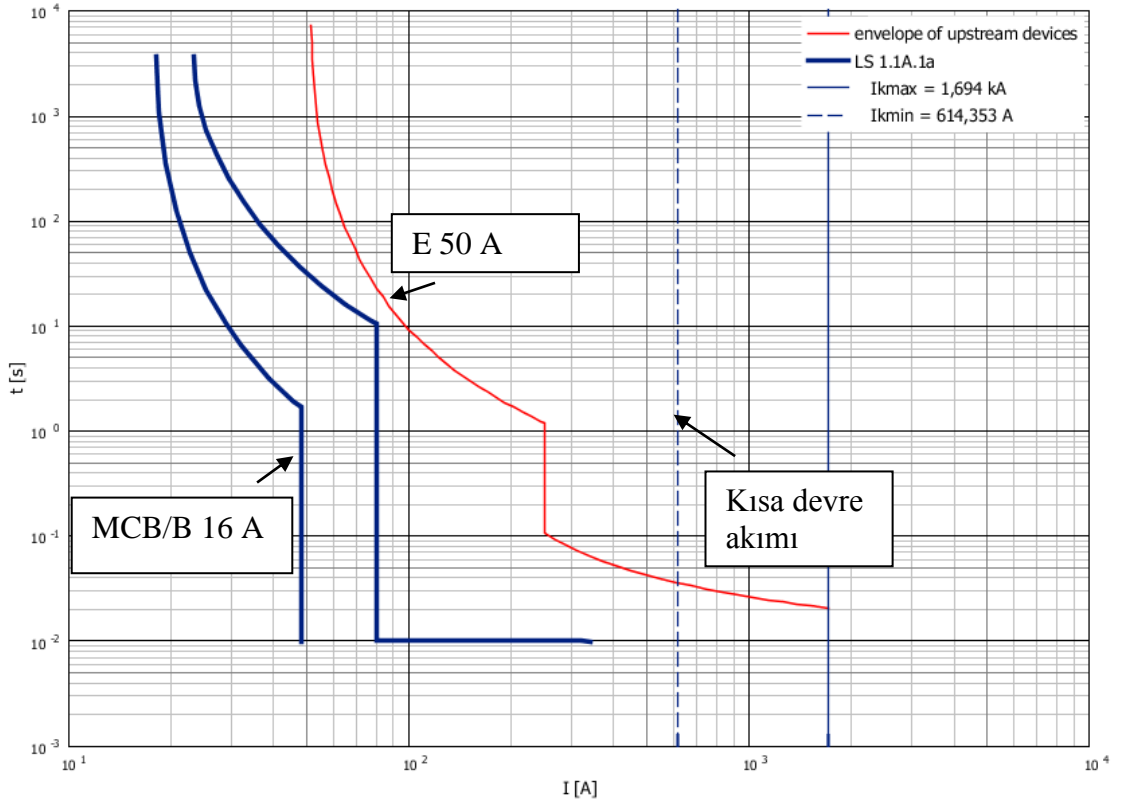
Kısa devre hesabı

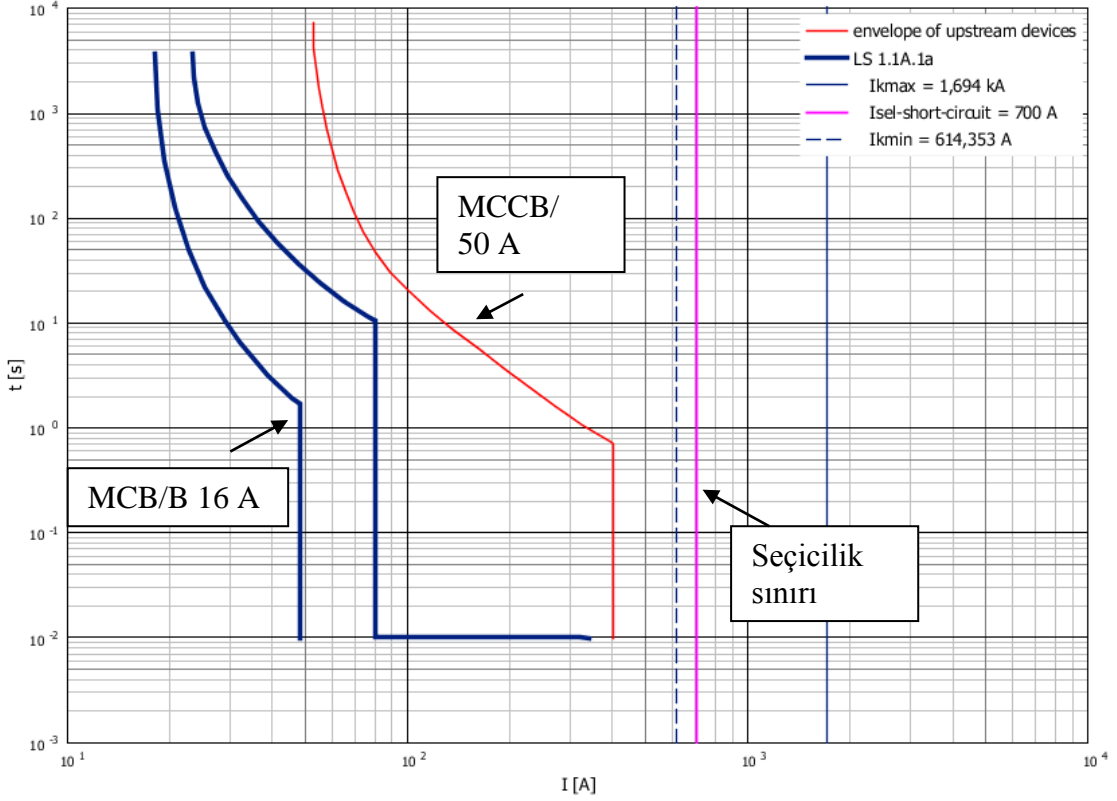


Güç hesapları

Elektrik tesislerinde aşırı akım koruma cihazları arasındaki seçicilik çok önemlidir. Aşağıdaki şekillerde sayaçtan önce tesis edilen E serisi kesiciler 50 A ve termik manyetik kesici MCCB/ 50 A, MCC/B 16 A minyatür kesici ile karşılaştırılmıştır. Sadece E 50 A ile MCC/B 16 A arasında seçicilik sağlanmıştır.

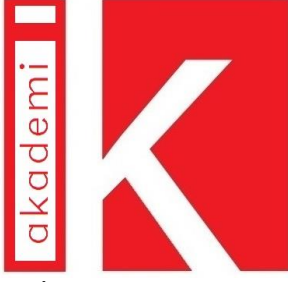
Seçicilik eğrilerinin incelenmesi:





KAYNAKLAR:

1. IEC 60364, Alçak gerilim elektrik tesisleri
2. IEC 60909-0:2002-07: Short-circuit current calculation in three-phase ac-systems
3. İsmail Kaşıkçı, IEC 60909: 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, 2. Baskı, 2014 Birsen Yayınevi



7. İsmail Kaşıkçı, Alçak Gerilim Elektrik Tesislerinin Projelendirilmesi, Cihazlar, Standartlar, Pratik Uygulama Örnekleri, ETMD Dizisi 2, 2002 ISBN975-97704-0-7-7
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, 2004, ISBN 975-97704-0-1-5
10. İsmail Kaşıkçı, YG Elektrik Tesislerinde Topraklama, TMMOB EMO İzmir, 2005 ISBN 975-97704-0-1-5
11. İsmail Kaşıkçı, Elektrik Muhendisliği, Üretim, İletim ve Dağıtım, Birsen Yayınevi, 2013
12. Brandschutzschalter, Siemens, 5SM6, Technik-Fibel, www.siemens.de/lowvoltage/afdd