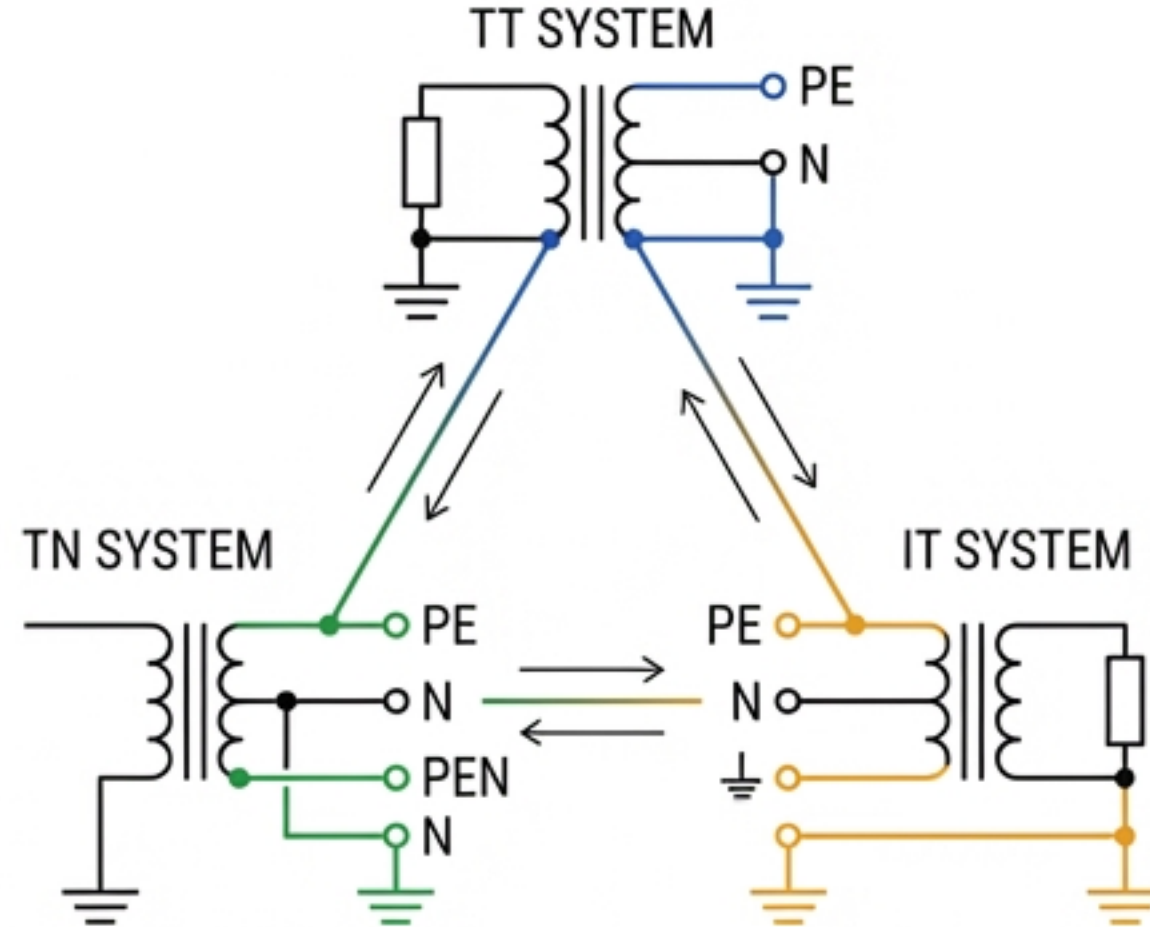


# Elektrik çarpmalarına ve Yangınlarına Karşı Koruma: Bölüm 2

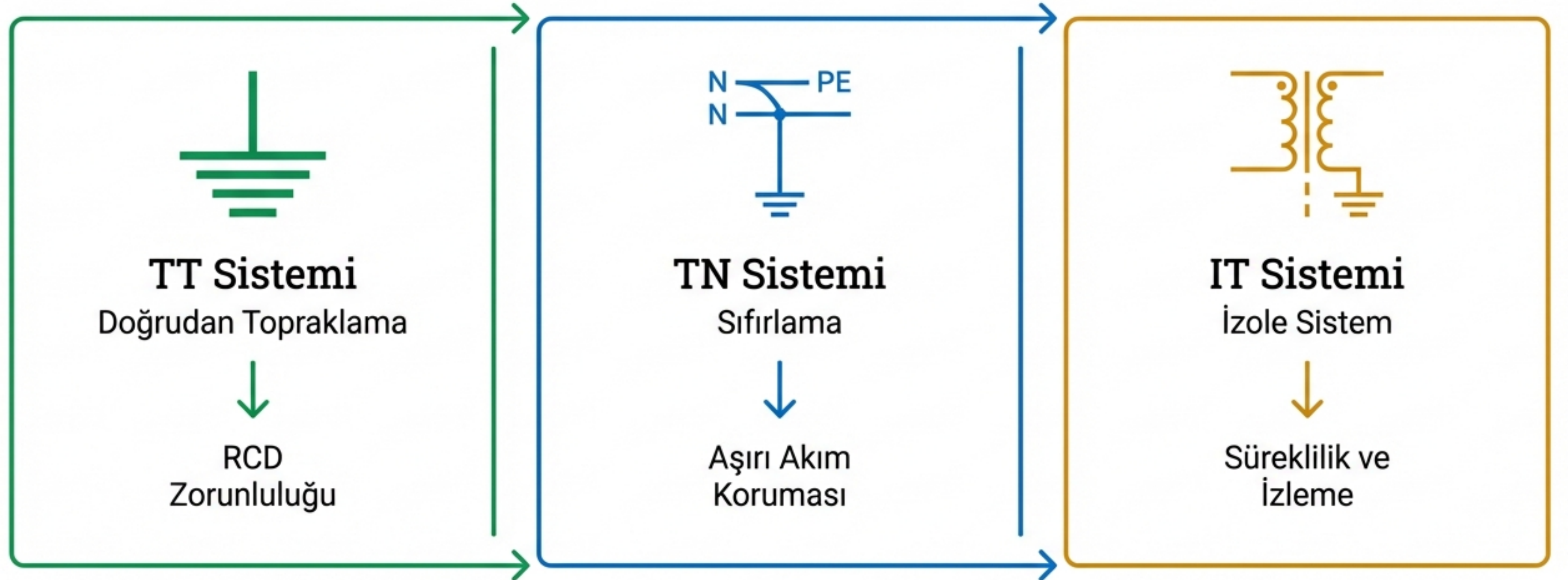
TT, TN ve IT Topraklama Sistemlerinin Uygulama Prensipleri ve Güvenlik Stratejileri



Kaynak: Schneider Electric 'Electrical Installation Guide' & Hüseyin Güzel

# Güvenlik Mimarisi: Doğru Sistemin Seçimi Hayat Kurtarır

Elektrik tesisatlarında can ve mal güvenliği, seçilen topraklama sisteminin (TT, TN, IT) karakteristiklerine uygun koruma cihazlarının entegrasyonuna bağlıdır. Amaç sadece yönetmeliğe uymak değil; arıza anında oluşacak gerilimi  $<50V$  seviyesinde tutmak veya tehlikeli akımı belirtilen sürede kesmektir.



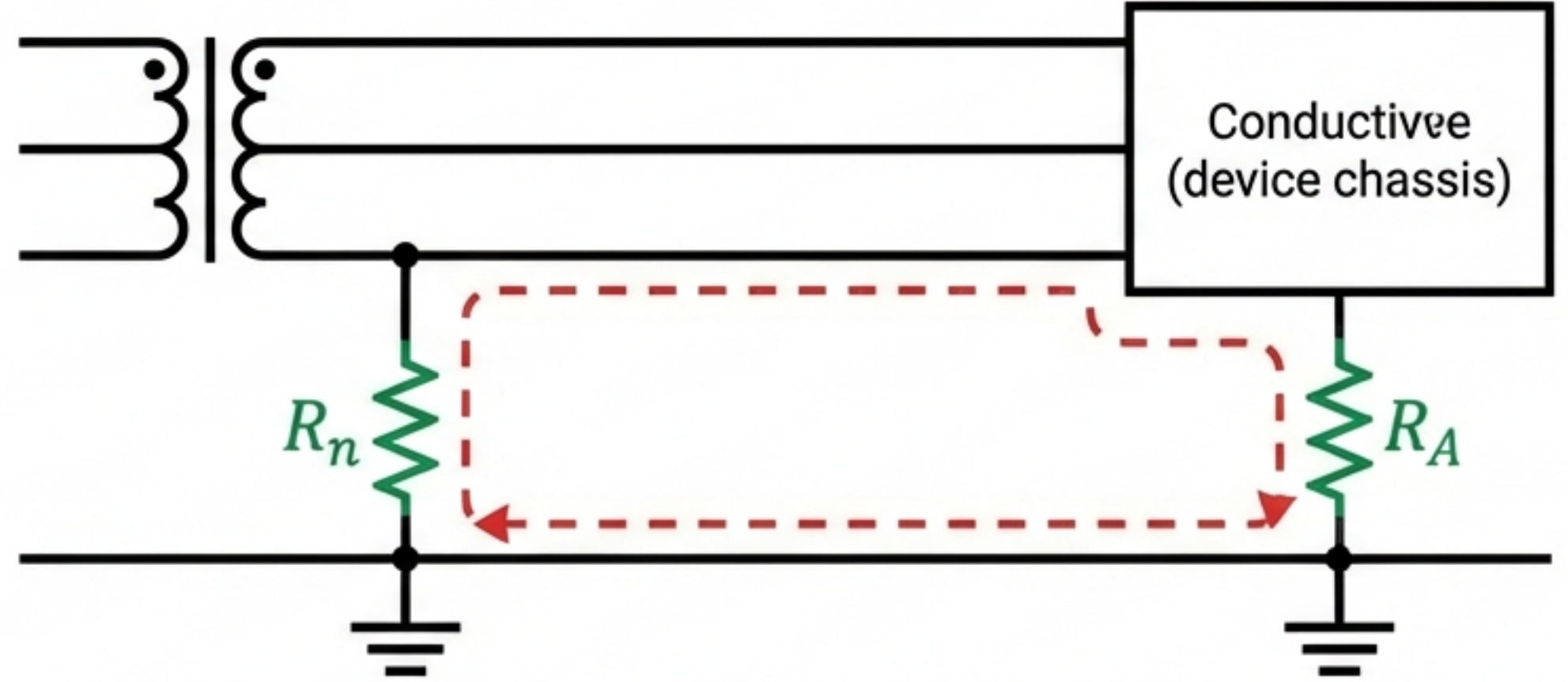


# TT Sistemi: Yüksek Direnç ve Sigortaların Çaresizliği

**Prensip:** Tesisatın iletken kısımları ve güç kaynağının nötr noktası, birbirinden bağımsız ve ayrı elektrotlarla topraklanır.

**Sorun:** Toprak arıza döngüsü iki ayrı direnç ( $R_A$  ve  $R_n$ ) üzerinden tamamlanır.

**Sonuç:** Arıza akımı ( $I_d$ ), aşırı akım koruma cihazlarını (sigorta/kesici) çalıştıramayacak kadar düşüktür.



## Örnek Senaryo

**Veriler:**  $R_n = 10\Omega$ ,  $R_A = 20\Omega$

**Hesaplanan Arıza Akımı:**  $I_d = 7.7\text{ A}$

**Dokunma Gerilimi:**  $U_f = 154\text{V}$  (Ölümcül)

**Sonuç:** 7.7 A akım standart bir sigortayı attırmaz, ancak voltaj öldürücüdür.



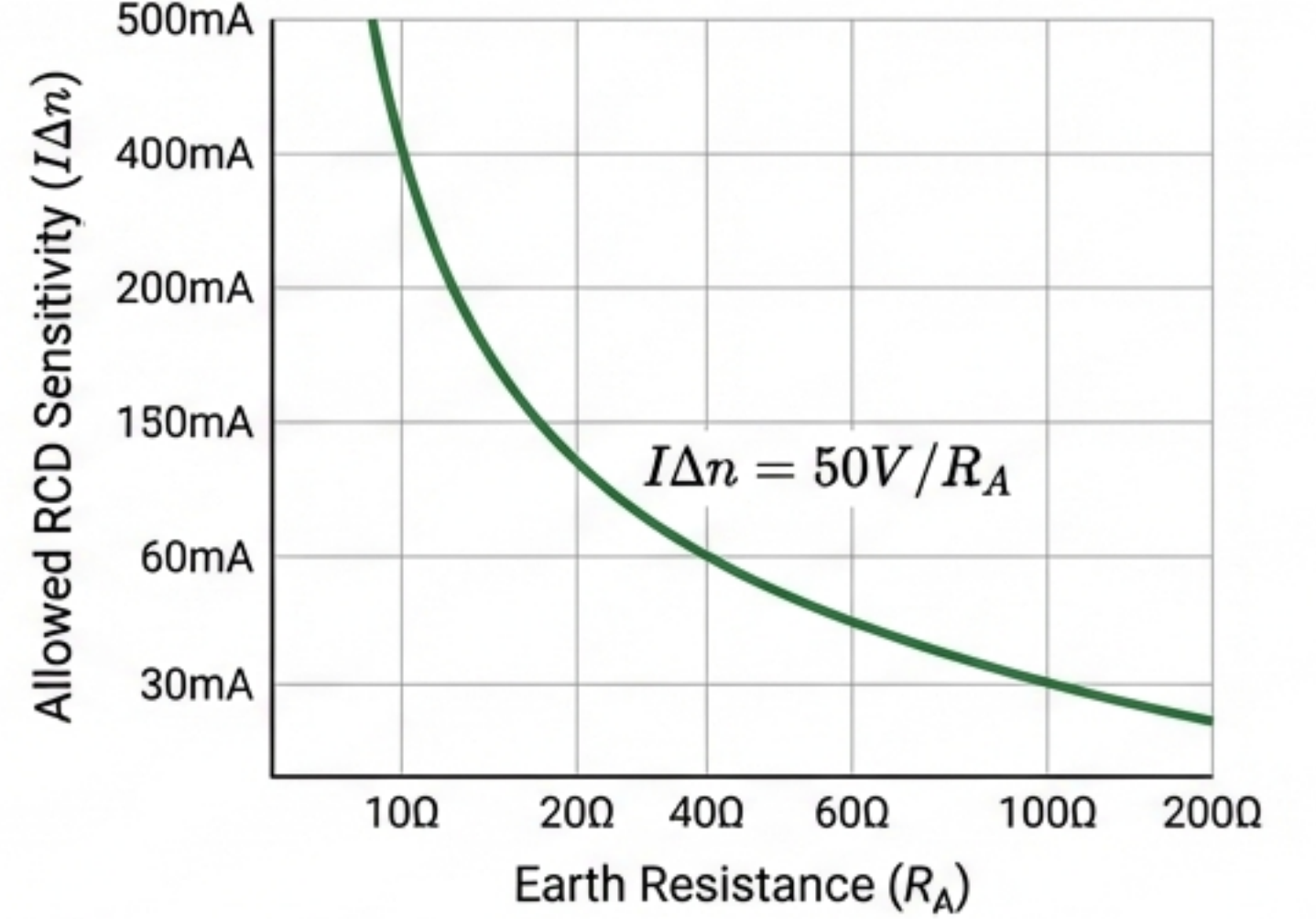
# TT Çözümü: Kaçak Akım Rölesi (RCD) Hakimiyeti

TT sistemlerinde RCD kullanımı bir tercih değil, IEC standartları gereği zorunluluktur. Sigorta akımı kesemediği için, kaçak akıma duyarlı koruma şarttır.

## Hassasiyet Formülü:

$$I\Delta n \leq 50V / R_A$$

(Islak zemin ve tarım alanlarında sınır 25V olarak alınır)



## IEC 60364-4-41 Kesme Süreleri

|   |                      |                                                      |
|---|----------------------|------------------------------------------------------|
| 1 | <63A Priz Devreleri  | Anlık Kesme (Şekil F13 limitleri)                    |
| 2 | Dağıtım Devreleri    | Maksimum 1 Saniye                                    |
| 3 | Seçicilik Stratejisi | Ana Dağıtım: S Tipi (Gecikmeli)   Son Dağıtım: Anlık |



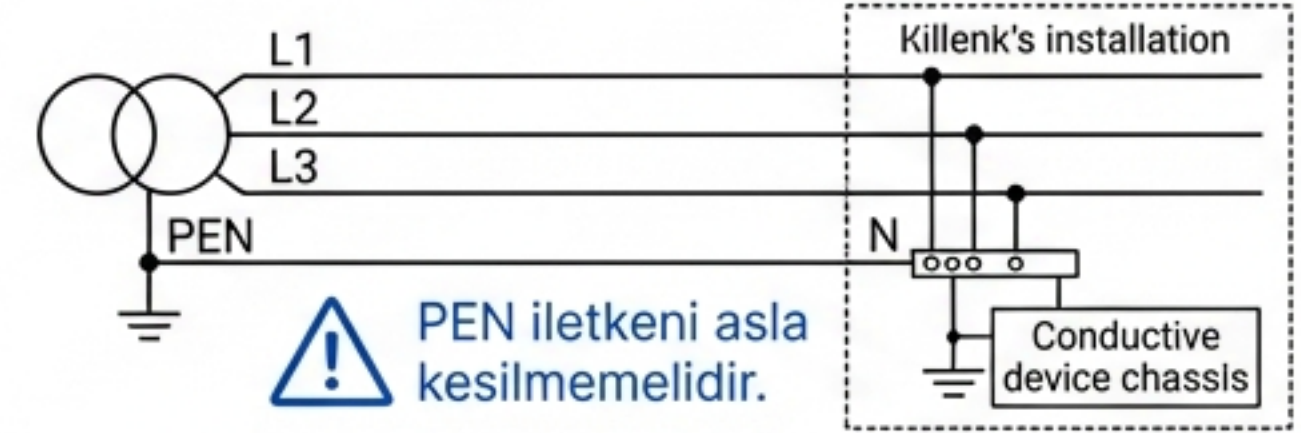
# TN Sistemi: Arızayı Kısa Devreye Dönüştürmek

**Prensip:** Açıkta kalan iletken kısımlar, nötr hattı (veya PEN) üzerinden kaynağa bağlanır.

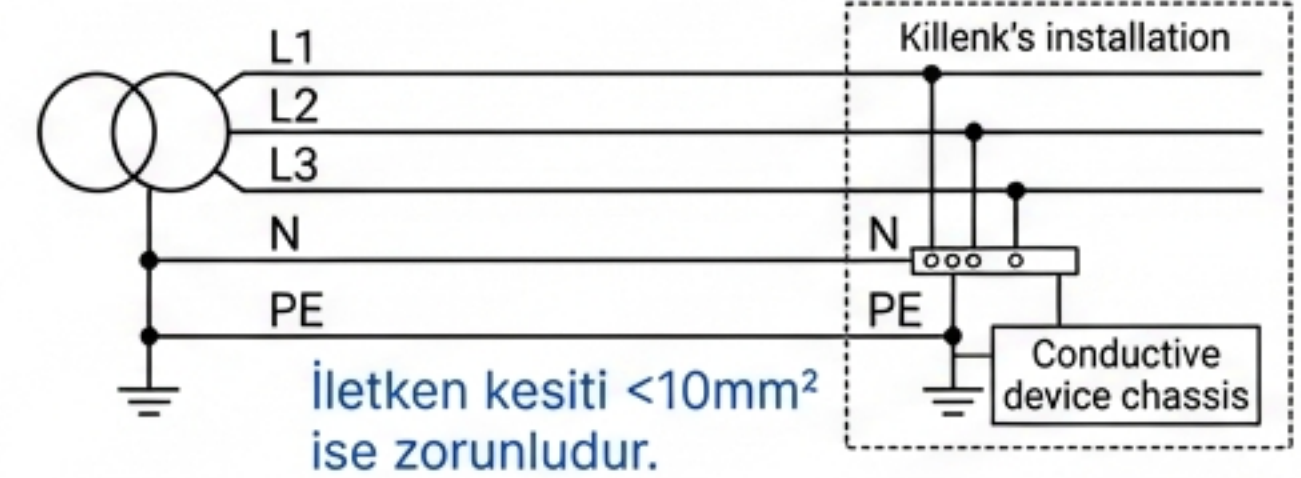
**Mantık:** Toprak hatası = Faz-Nötr kısa devresi.

**Avantaj:** Yüksek arıza akımı ( $I_d = U_0 / Z_s$ ) sayesinde standart devre kesiciler kullanılabilir.

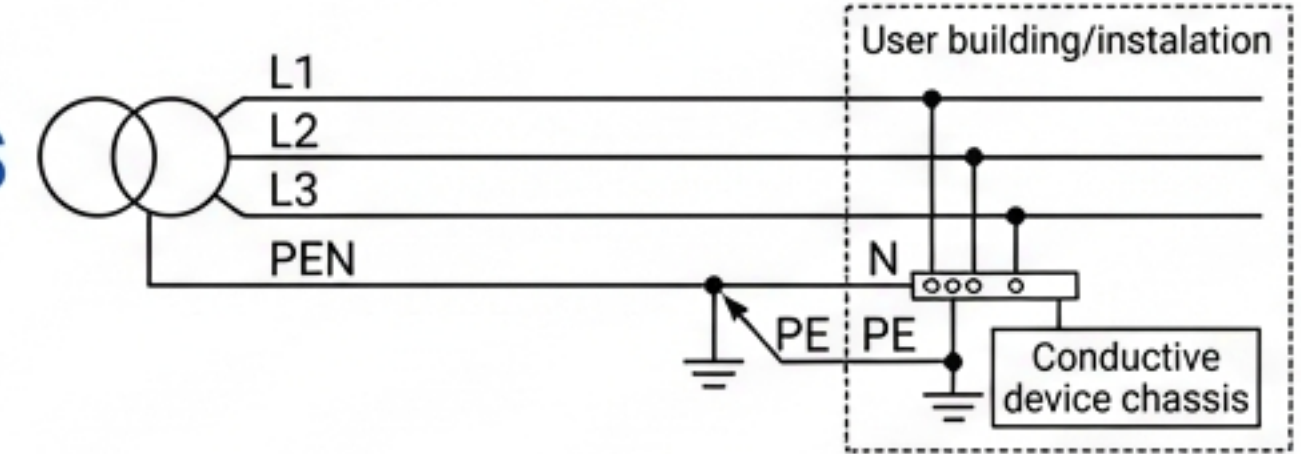
**TN-C**



**TN-S**



**TN-C-S**

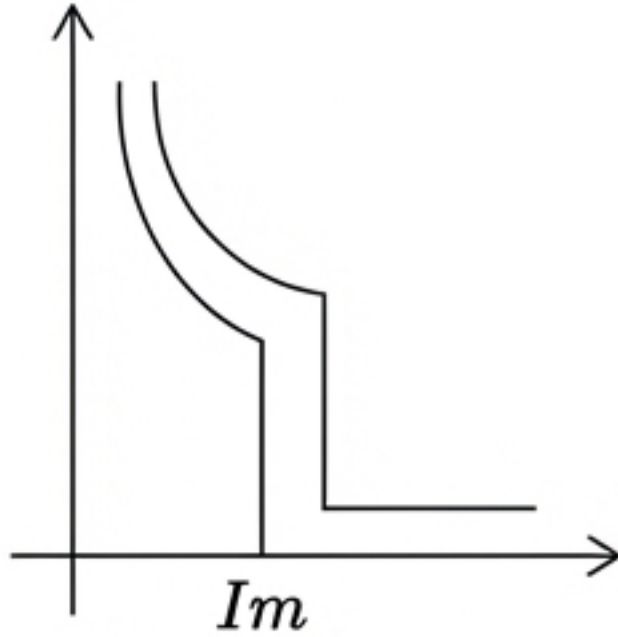


**Kritik Kural:** PEN iletkeni cihazdan önce ayrılmalı ve bir daha asla birleştirilmemelidir.

# TN Koruması: Kesici ve Sigorta Seçim Kriterleri

Temel Koşul: Arıza akımı ( $I_d$ ), koruma cihazını belirtilen sürede açtıracak kadar büyük olmalıdır ( $I_d > I_a$ ).

## Devre Kesiciler

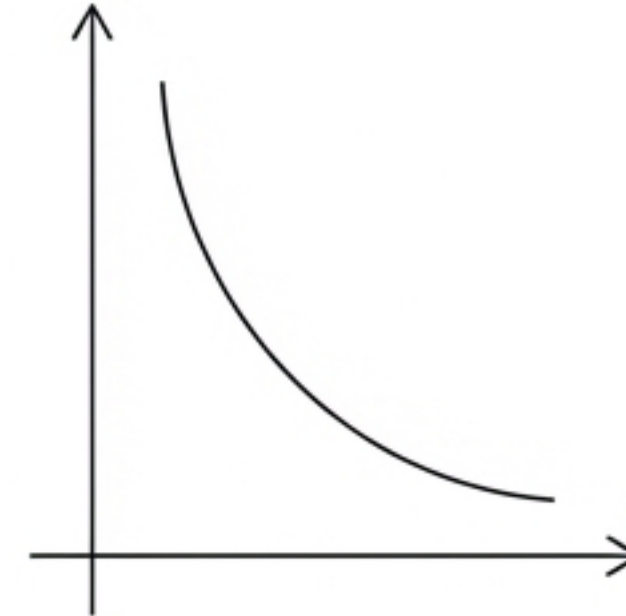


Hesaplanan arıza akımı, manyetik açma eşiğinden büyük olmalıdır.

$$\frac{U_0}{Z_s} \geq I_m$$

Tepki Süresi: < 0.1 saniye

## Sigortalar



Arıza akımı, sigorta eğrisinde belirtilen sürede erimeyi sağlamalıdır.

$$I_a < \frac{U_0}{Z_s}$$

Sigorta eğrileri üzerinden kontrol edilmelidir.



# Kritik Kısıt: Maksimum Kablo Uzunluğu ( $L_{\max}$ )

Kablo uzadıkça empedans ( $Z_s$ ) artar, kısa devre akımı düşer ve kesici açmayabilir. Bu yüzden her devre için maksimum uzunluk hesaplanmalıdır.

$$L_{\max} = \frac{0.8 \times U_0 \times S_{ph}}{\rho \times (1 + m) \times I_a}$$

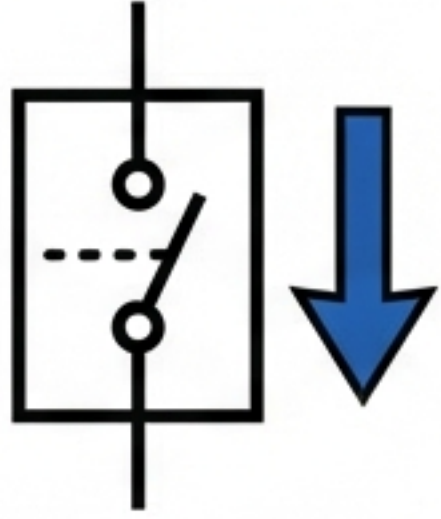
- 0.8: Gerilim düşümü güvenlik katsayısı (%80 kabulü).
- $U_0$ : Faz-Nötr gerilimi (230V).
- $S_{ph}$ : Faz iletken kesiti ( $mm^2$ ).
- $\rho$ : İletken öz direnci (Bakır:  $23.7 \times 10^{-3}$ ).
- $m$ :  $S_{ph}$  / SPE oranı.
- $I_a$ : Koruma cihazının açma akımı.

Bu formül tasarımın sınırlarını çizer. Eğer gerçek uzunluk  $L_{\max}$  değerini aşarsa, koruma cihazı arıza anında açmaz.



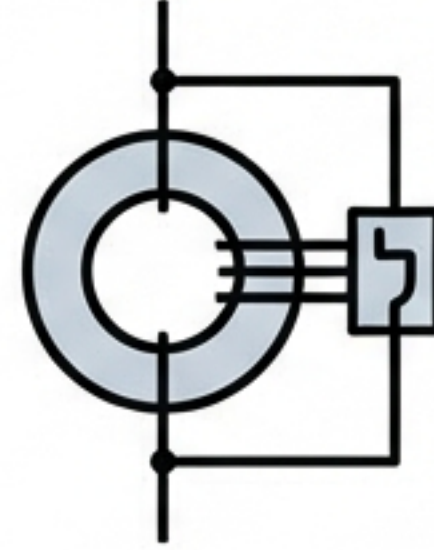
# Sorun Çözme: Empedans Çok Yüksek, Kesici Açmıyor

Uzun hatlar veya yüksek empedans nedeniyle  $I_d < I_m$  durumu oluştursa uygulanacak 4 mühendislik çözümü:



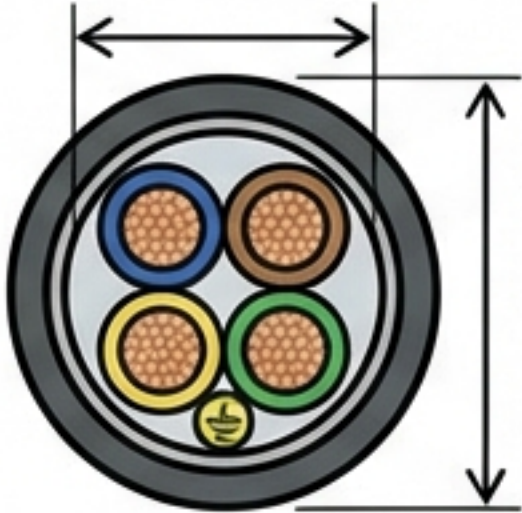
## 1. Kesici Ayarı

Düşük manyetik açmalı kesici kullanın. (Örn: Tip B veya Tip G Kompakt Şalter).



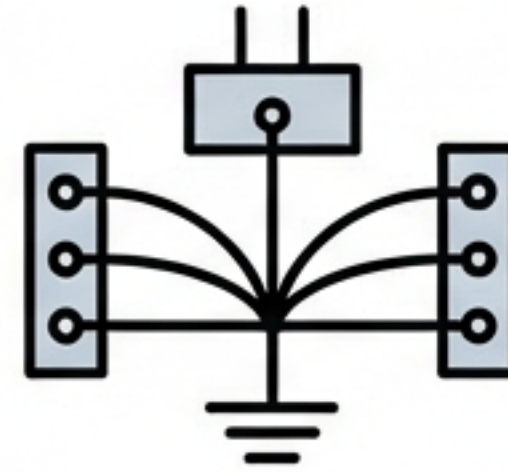
## 2. RCD Ekleyin

En kesin çözüm. Yüksek empedans durumunda bile hayat kurtarır. (TN-C'de kullanılamaz, TN-S dönüşümü gerekir).



## 3. Kesit Büyütme

Faz ve/veya PE iletken kesitini büyütün. Bu işlem direnci düşürerek arıza akımını artırır.



## 4. Eş Potansiyel Kuşaklama

Ek iletkenler ekleyerek dönüş yolunu kısaltın ve empedansı düşürün.

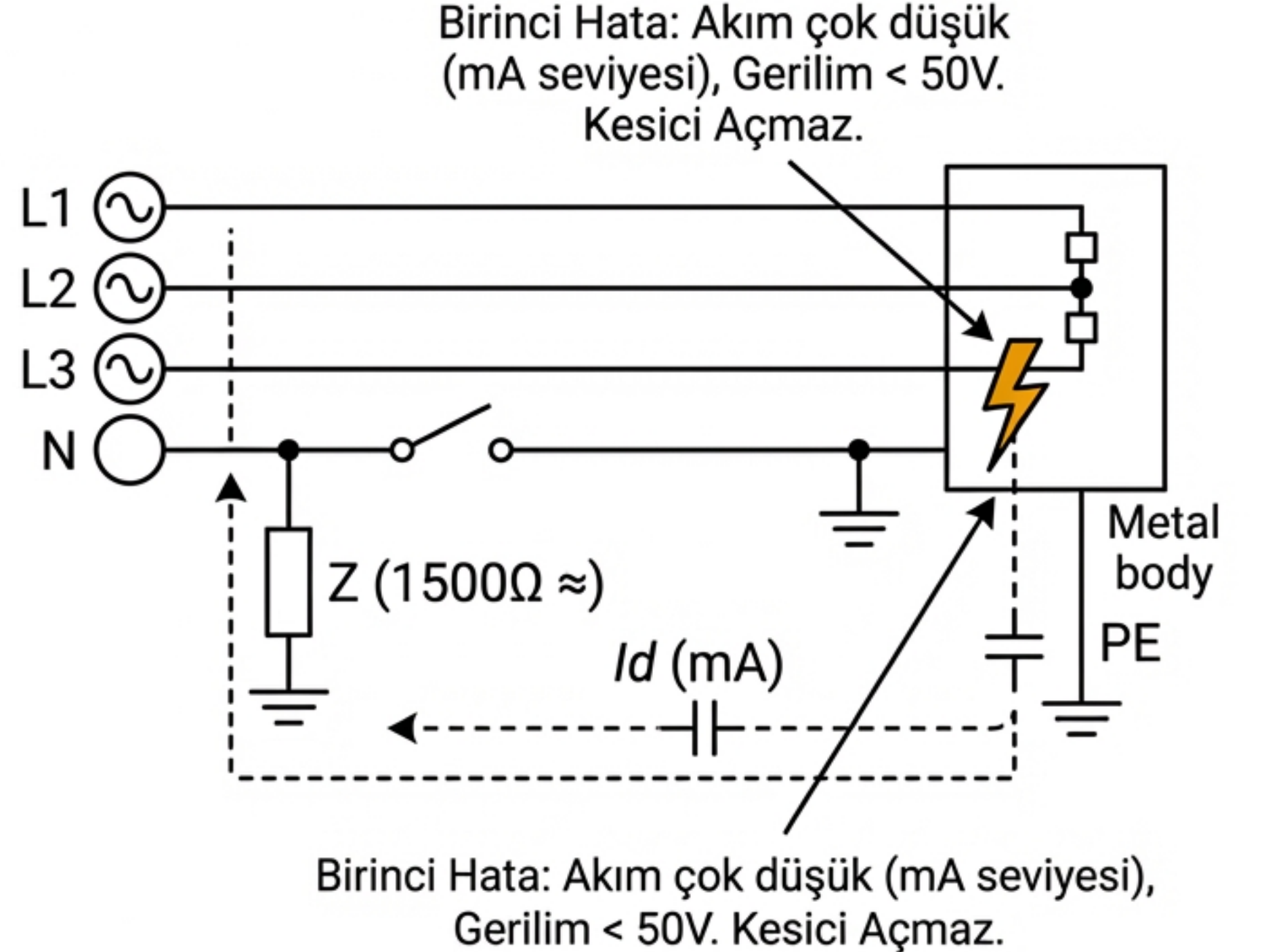


# IT Sistemi: Süreklilik Esastır

**Felsefe:** Enerjinin kesilmesine tahammülü olmayan kritik tesisler (Hastaneler, Endüstri) için tasarlanmıştır. Birinci hata sistemi durdurmamalıdır.

## Yapı:

- Nötr noktası topraktan yalıtılmıştır veya yüksek empedans ( $\approx 1500\Omega$ ) ile bağlanır.
- Tüm gövdeler topraklanır.

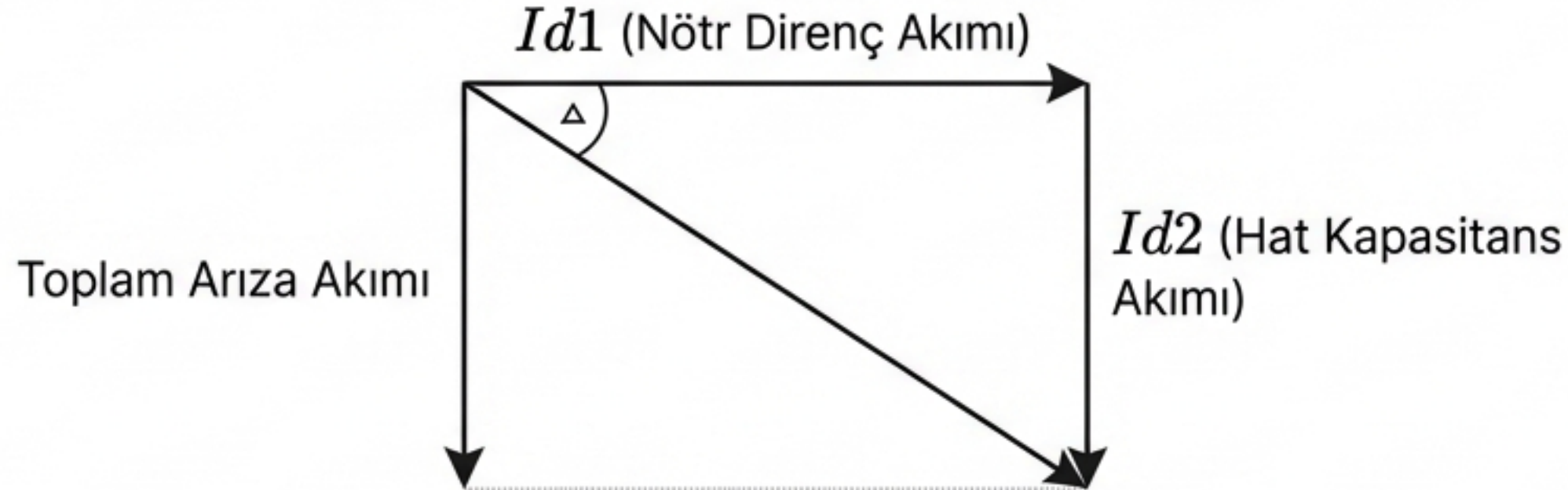




## Birinci Hata: Güvenli ama Geçici

Sistem ilk hatayı tolere eder ancak bu durum kalıcı değildir. İlk hata derhal bulunmalı ve onarılmalıdır.

**Vektörel Analiz:** Arıza akımı, nötr direnç akımı ( $I_{d1}$ ) ve hat kapasitans akımlarının ( $I_{d2}$ ) vektörel toplamıdır.



**Örnek:** Toplam akım  $300mA$  olsa bile,  $50\Omega$  toprak direncinde temas gerilimi sadece  $15V$  olur. (Güvenli Bölge).

**⚠ DİKKAT:** Sağlıklı fazların toprağa karşı gerilimi  $\sqrt{3}$  katına çıkar. Yalıtım zorlanır.



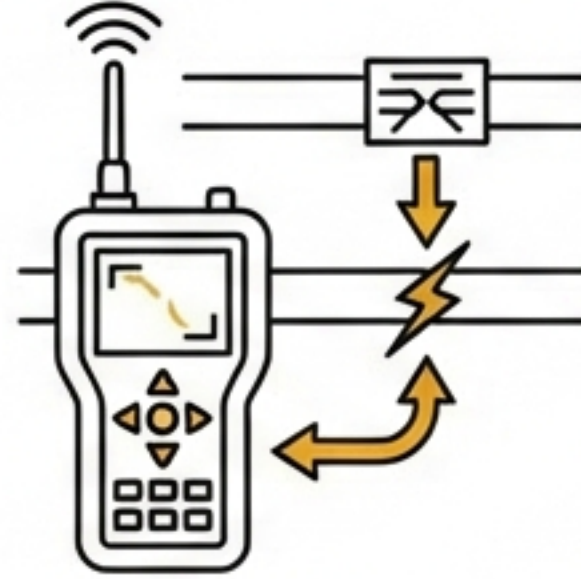
# IT Sisteminin Gözü Kulağı: İzleme Ekipmanları

İzlemezseniz, IT sisteminin güvenliği çöker.



## İzolasyon İzleme (IMD)

Sürekli yalıtım direnci kontrolü yapar. Seviye düşünce haber verir.



## Hata Yeri Tespit

Sistemi durdurmadan arızalı linyeyi bulmak için sabit veya taşınabilir cihazlar.



## Alarm Sistemi

Sesli ve görsel uyarı zorunludur. Bakım personeli anında haberdar edilmelidir.

**Seviye 1:** Önleyici Bakım Uyarısı → **Seviye 2:** Kritik Arıza Alarmı → Müdahale

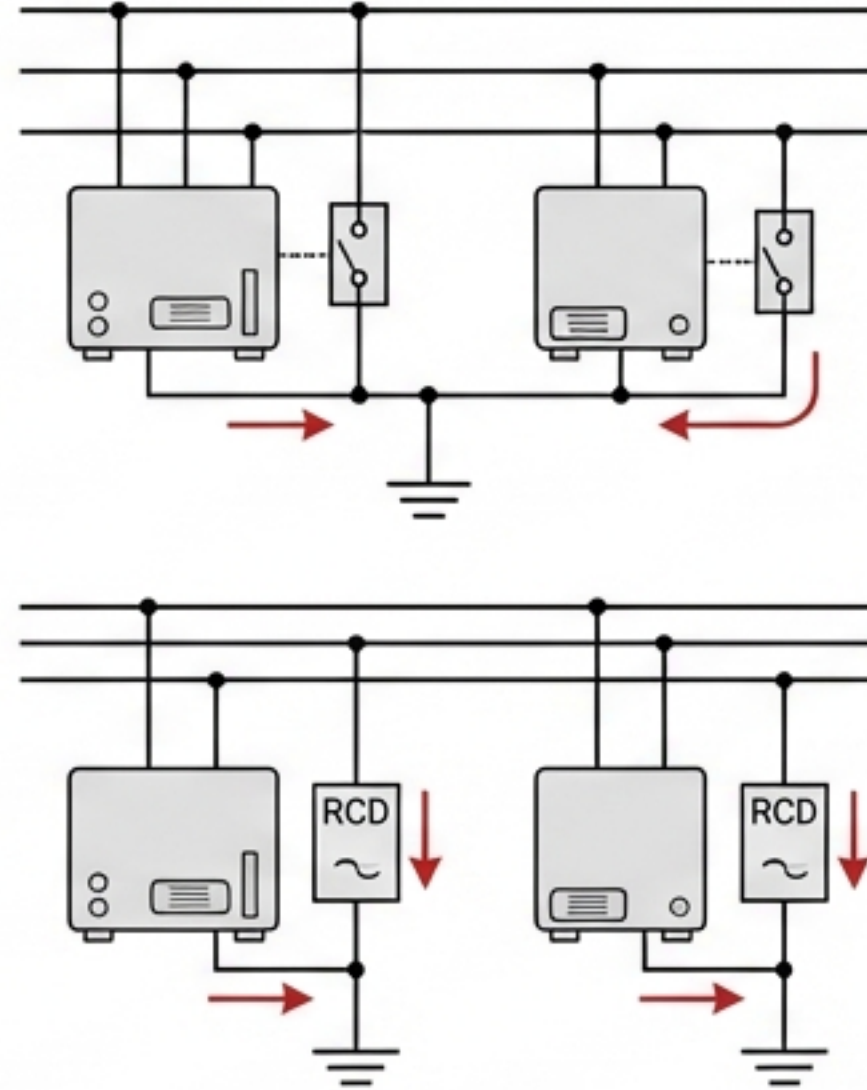


# İkinci Hata: Çift Arıza Durumu

İlk hata giderilmeden farklı bir fazda ikinci hata oluşursa, bu tam bir **Kısa Devredir**. Sistem derhal açmalıdır.

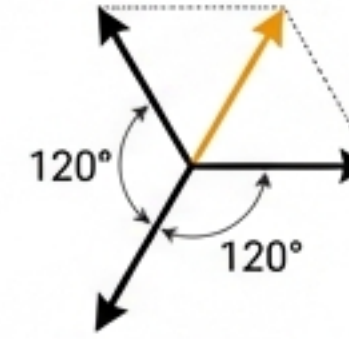
## Koruma Mantığı:

- Gövdeler ortak topraklıysa → **TN gibi** davranır (Aşırı Akım Koruması).
- Gövdeler ayrı topraklıysa → **TT gibi** davranır (RCD Gerekir).

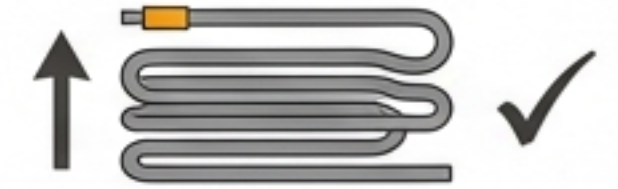


## Nötr Dağıtılmamışsa

$\sqrt{3} U_0$  (Faz-Faz)

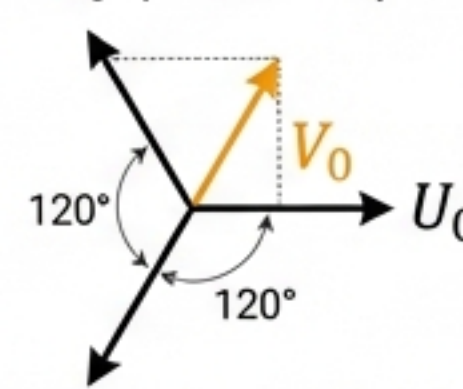


Kablo boyu avantajlıdır.



## Nötr Dağıtılmışsa

$U_0$  (Faz-Nötr)



**Kritik:** İzin verilen maksimum kablo boyu ( $L_{max}$ ), TN sistemine göre **%50 azalır**.



**DİKKAT:** Çift arıza durumunda temas gerilimi tehlikeli seviyelere ulaşabilir.



# Sistem Karşılaştırma Matrisi

| Kriter              | TT Sistemi (Yeşil)       | TN Sistemi (Mavi)               | IT Sistemi (Amber)          |
|---------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Topraklama Prensibi | Doğrudan Topraklama      | Nötr ile Sıfırlama              | İzole / Empedans Üzerinden  |
| Öncelikli Koruma    | RCD (Kaçak Akım Rölesi)  | Sigorta / Devre Kesici          | İzleme Cihazı + Kesici      |
| Süreklilik Avantajı | Düşük (İlk hatada açar)  | Düşük (İlk hatada açar)         | Yüksek (İlk hatada çalışır) |
| Mühendislik Kısıtı  | Toprak Direnci ( $R_A$ ) | Kablo Boyu / Empedans ( $Z_s$ ) | Bakım Ekibi ve İzleme       |
| Uygulama Alanı      | Konutlar, Şantiyeler     | Endüstri, Ticari Binalar        | Hastaneler, Kritik Tesisler |



# Sahadan Altın Kurallar



## 1 TT Sistemi İçin:

Toprak direnci ne olursa olsun, RCD olmadan sistem kurulamaz. Toprağa güvenme, röleye güven.



## 2 TN Sistemi İçin:

Tasarımda  $L_{\max}$  hesabı hayati önem taşır. Kabloyu uzatıyorsan kesiti de büyütmelisin. Empedans kontrolü şarttır.



## 3 IT Sistemi İçin:

İzleme cihazı yoksa sistem kördür. Bakım personeli olmayan yere IT kurulmaz. İlk hatayı bulamıyorsan, ikinci hatada karanlıkta kalırsın.

“En iyi sistem yoktur, ihtiyaca ve işletme koşullarına en uygun sistem vardır.”



# Teşekkür ve Referanslar

**Hazırlayan:** Hüseyin Güzel  
Elektrik Müh. / Schneider Electric Teknik Yazar

**Kaynak Materyal:**  
Schneider Electric - Electrical Installation Guide  
Makale: Elektrik Çarpmalarına ve Elektrik Yangınlarına Karşı Koruma | Bölüm 2

