

# MİNYATÜR KESİCİ MCB, ARTIK AKIM KORUMA CİHAZI RCD, ARK KORUMA CİHAZI AFDD VE SEÇİCİ E KESİCİ ÜZERİNE TEORİK VE PRATİK UYGULAMA YÖNTEMLERİ

Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı

## ÖZET:

*Elektroteknikğin bilinen kanun ve kuralları ceza ve kamu hukuku ve IEC ve EN standartları ile belirlenmiştir. Bu kurallara elektrik işi yapan herkesin uyması zorunludur. Yasalar ve standartlar aynı zamanda tanınmış teknoloji kurallarını tanımlar bu nedenle bağlayıcıdır. Her bir elektrik mühendisinin ana görevi ilk önce canı ve malı korumak, teorik ve standart bazında plan proje yapmaktır.*

*Bu sunumda son yıllarda kullanılan dört ana koruma cihazı MCB, RCD, AFDD ve E üzerine teorik ve standart bazında bilgiler verilecektir.*

*Anahtar kelimeler: MCB, RCD, AFDD, elektrik çarpması, kısa devre, koruma, AG elektrik şebekeleri, ark koruma*

## GİRİŞ:

Aşırı akım koruma cihazları (AKC), akımı keserek hem operasyonel aşırı yüke (aşırı yük koruması) hem de kısa devreye (kısa devre koruması) karşı koruma amaçlıdır.

Bir kablo veya hattın korunmasını sağlamak için en doğru aşırı akım koruma cihazını seçmek için, kablo veya hattın akım taşıma kapasitesi bilinmelidir.

İletken kesiti, belirli bir yük için iletken herhangi bir noktada veya herhangi bir zamanda izin verilen çalışma sıcaklığının üzerine çıkmayacak şekilde seçilmelidir.

Kablolar ve hatlar üzerindeki yük ile, DIN VDE 0298-4'te verilen akım taşıma kapasitesi alınır.

Kablo veya hattın ısınması ve dolayısıyla akım taşıma kapasitesi şunlara bağlıdır:

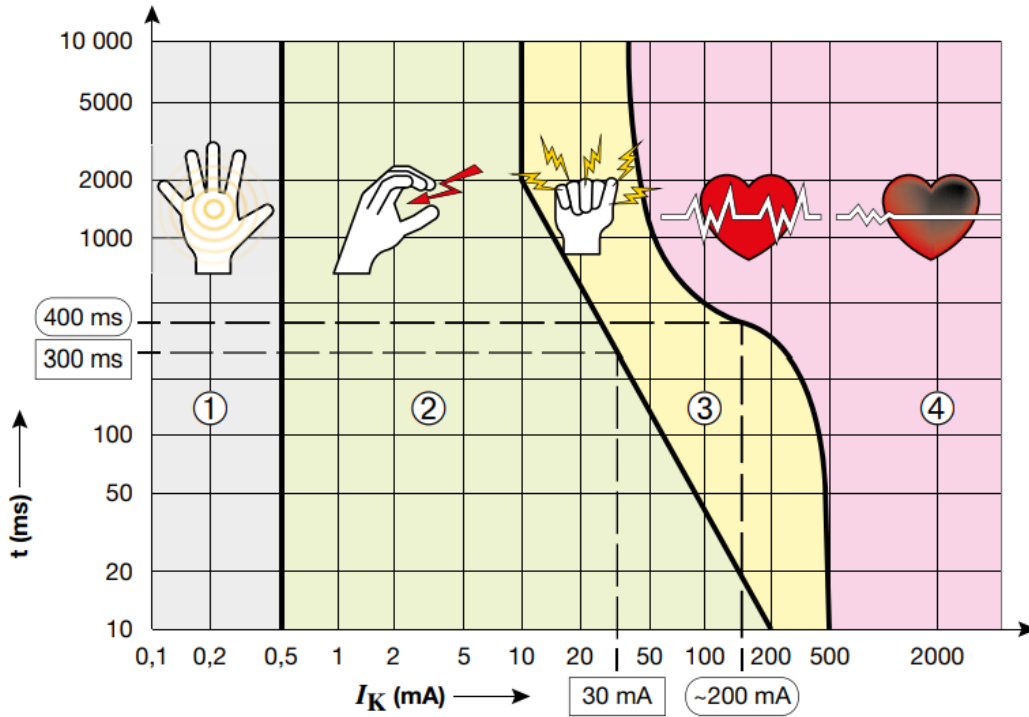
1. Kablo ve iletkenin yapısı
2. Malzeme özellikleri
3. Çalışma koşulları
4. Ortam sıcaklığı
5. Döşeme şekli yığılma

Aşırı akım koruma cihazlarının çalışma koşulları açma akımına bağlıdır. Bu akım son devrelerde  $n \cdot I_n$ 'den fazladır. Kaçak ve artık akımlar mA bazında olup AKC bu akımı göremez ve kesemez.

Bu nedenle 2007 senesinden sonra artık akım koruma cihazların tesis edilmesi zorunlu hale gelmiştir.

Vücudumuzdan akan bir akımın fizyolojik etkisi, gücüne ve süresine bağlıdır. Kas kramplarında bile, ventriküler fibrilasyon oluşmadan önce RCD'nin çalışması gerekir. 1945 senesinden bu yana yapılan bilimsel

çalışmalarda ortaya çıkan sonuca göre vücut akımlarının alternatif akım ile etki aralığı Şekil 1'de gösterilmiştir. Dolayısıyla RCD'nin çalışma eğrisi 15 mA ile 30 mA aralığındadır. 50 mA risiko sınır değer ve vücut direncide 1000  $\Omega$  alındığında müsaade edilen dokunma gerilimi 50 V hesaplanır.



## 2. MİNYATÜR DEVRE KESİCİLER (MINIATURE CIRCUIT BREAKER- MCB)

IEC/EN 60898'a göre minyatür devre kesicilerin sigortalara göre büyük bir avantajı vardır; aşırı akım tetiklendikten sonra da tekrar kullanılabilirler. Termal ve manyetik röleye sahiptirler ve hem aşırı yüke hem de kısa devreye karşı kablolar ve sistemler korunur.

Her iki tetikleyici de seri halindedir. Aşırı yük akımları oluştuğunda, mevcut ısının bir sonucu olarak bimetal şerit bükülür. Bimetal şerit yeterince bükülürse, kontakları gerilmiş bir yay yardımıyla ayıran anahtarlama mekanizmasının kilidini açar.

Elektromanyetik salınım, kısa devre akımlarının kapatılmasından sorumludur. Bu, içinden yük akımının da aktığı bir bobinden oluşur. Belirli bir akımdan tepki akımı, bobinin manyetik kuvveti o kadar büyük olur ki, anahtarlama mekanizmasını armatürü (darbe armatürü) aracılığıyla **gecikmeden** açar.

Anahtar mekanizması, açma etkin kalacak şekilde tasarlandığından, aşırı akımlar olduğunda anahtarı elle açık konumda tutmak imkansızdır.

MCB'ler çeşitli tasarımlarda ve anma akımlarında üretilmektedir. 1 ila 4 kutuplu olarak ticari olarak temin edilebilirler. 4 kutuplu versiyonlar ayrıca üç fazlı devrelerde tüm kutuplu devre kesiciler olarak kullanılır.

Devre kesiciler, 0,2 ila 100 A arasındaki anma akımları için üretilmiştir. Müşteri sistemlerindeki teknik bağlantı koşullarına

göre nominal anahtarlama kapasitesi en az 6000 A olmalıdır. Yeni nesil MCB'ler 6000 A ile 25000 A arasında, hatta bazı üreticiler 35000 A'e kadar anahtarlama kapasitesine sahiptir.

Minyatür kesiciler özellikle binalarda ve endüstride kullanılır. **Otomatik sigorta tanımı yanlıştır.** Bu kesicilerin aşırı yükte ve kısa devrede açma şemaları Şekil 1'de verilmiştir. B ve C kesiciler IEC normlarında standartlaşmıştır. Şekilden de görüldüğü gibi aşırı yükte tüm eğriler aynı karakteristiğe sahiptir. Kısa devrede ise açma akımı için standartlarda katsayılar verilmiştir (Şekil 2) [2].

### Minyatür kesicilerde kullanım yerleri, açma kapasiteleri ve açma akımlarını verelim:

A:  $I_a = 3 \cdot I_n$  Priz ve ışıklar için, son devrede 6 kA

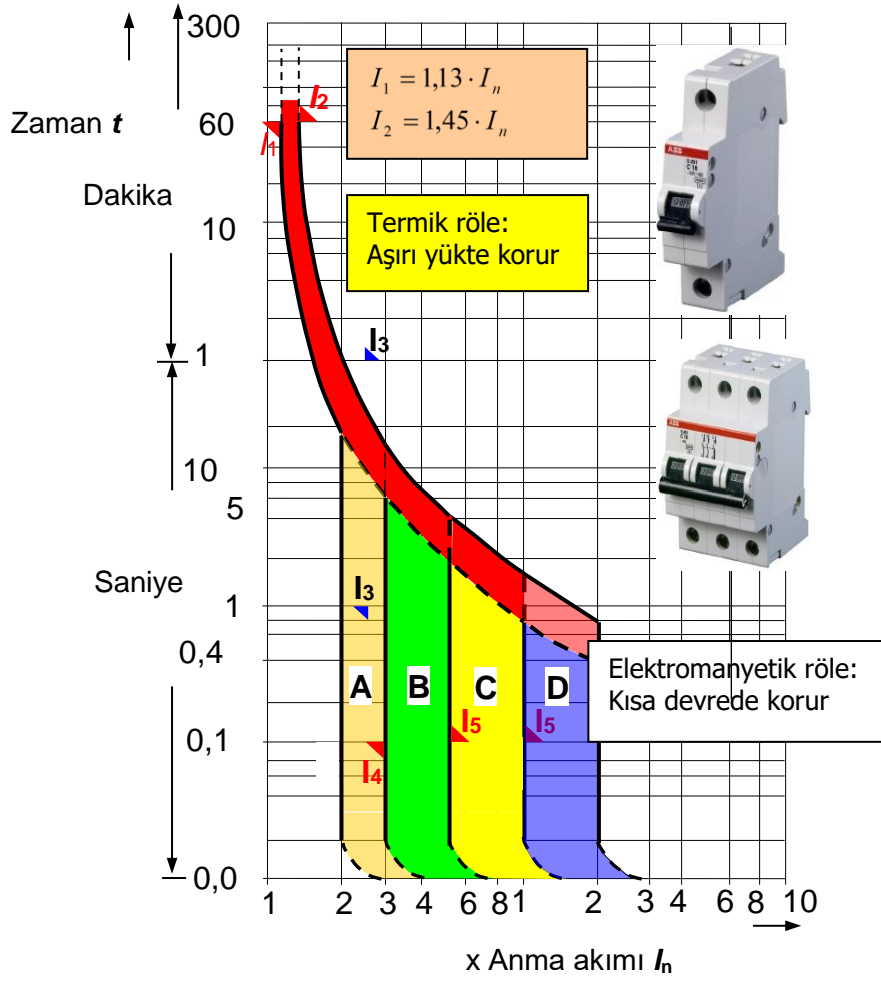
B:  $I_a = 5 \cdot I_n$  Priz ve ışıklar için, son devrede 6 kA, Sayaç öncesi 10 kA

C:  $I_a = 10 \cdot I_n$  Motorlar ve sanayi tesisleri için, YBK'da 25 kA

D:  $I_a = 20 \cdot I_n$  Motorlar ve yüksek kesitlerde kullanılır.

K:  $I_a = 15 \cdot I_n$  Motorlar için üretilmiştir. Motorların moment-hız eğrisi ile K kesicinin eğrisi uyumlu çalışır.

**Önemli not:** A, B, C, K ve D minyatür kesicilerde seçicilik için kesinlikle 1,6 katsayısı kullanılmaz. Bu değer sigortalar için geçerlidir.

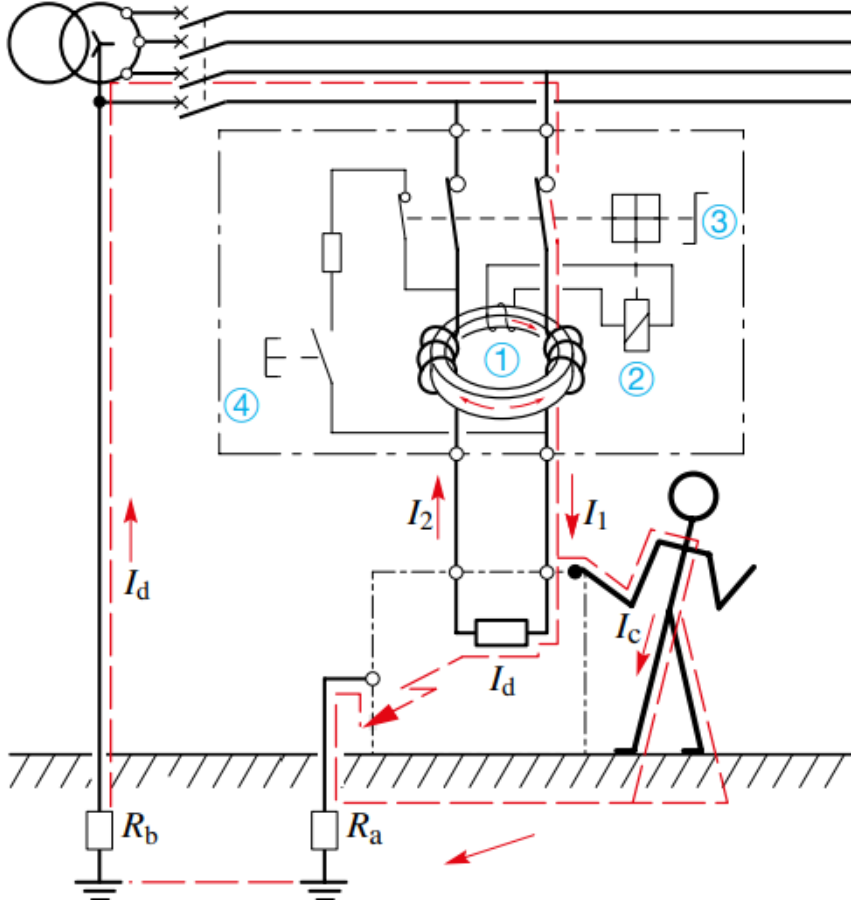


Şekil 2: Minyatür kesicileri (MCB) [2]

### 3. ARTIK AKIM KORUMA CİHAZI (RCD) ( IEC/EN 61008-1)

Artık akım koruma cihazı (RCD), elektrik akımının neden olabileceği hatalardan kişi, can ve malları korumak için tesis edilir. Normal işletmede giren ve çıkan akımlar

birbirine eşittir. Herhangi bir hata anında koruma iletkeni üzerinden akımın belli bir bölümü koruma iletkeni üzerinden akar. Bu akım farkından dolayı akım trafosunda bir manyetik alan oluşur. Bu manyetik alan sekonder sargıda bir akım geçmesini ve RCD'nin tüm kutupları ile açmasını sağlar (Şekil 3).



Şekil 3: RCD'nin çalışma prensibi [Kaynak Hager]

Bir RCCB artık akım devre kesicisinin ana elemanları aşağıdaki gibidir:

1 toplam akım trafosu, 2 tetikleme bobini, 3 anahtar kilidi, 4 test cihazı

Bir artık akım devre kesicisinin çalışması için aşağıdaki koşulların karşılanması gerekir:

- Şebeke transformatörünün yıldız noktası topraklanmalıdır (TN veya TT sistem)
- Devre kesiciden sonra N ve PE iletkenleri arasında bağlantı olmaz
- PE ve PEN iletkenleri toplam akım trafosu üzerinden yönlendirilmemelidir

RCD'nin ana elemanlarına kısaca bir göz atalım.

## Toplam akım trafosu

Aktif ve nötr iletkenler toplam akım trafosunun etrafına sarılır. Bireysel iletkenlerin manyetik alanları, toplam akım trafosunda bir manyetik akı oluşturur. İçeri akan akımlar, dışarı akan akımlarla aynıysa (1. Kirchhoff yasası), manyetik akı birbirini yok eder.

## Tetikleme bobini

Bir arıza durumunda PE üzerinden bir akım geri akarsa, toplam akım trafosunda bir dengesizlik oluşur ve açma bobininde bir akım indüklenir. İndüklenen akım artık akım ve açma rölesi yardımıyla ana devrenin kesilmesine neden olur.

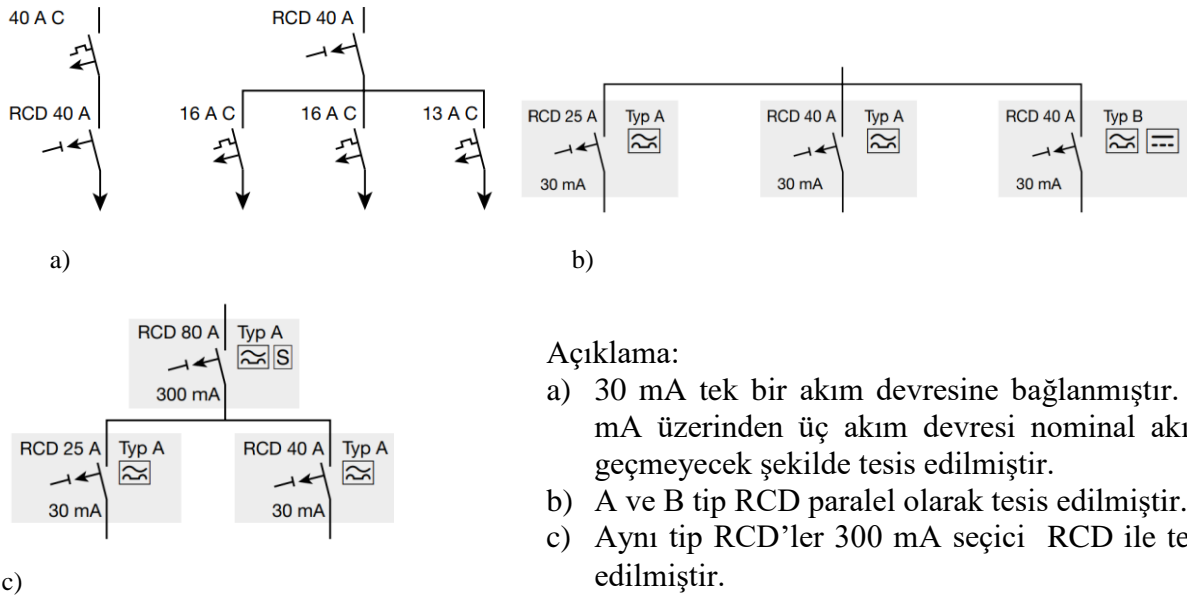
## Anahtar kilidi

Arıza durumunda kontak anahtarı ana devrenin tüm kutuplarını kapatır.

## Test cihazı

Test düğmesine basıldığında, bir direnç üzerinden bir arıza akımı üretilir. Test cihazının devresi, açma bobininin ve anahtarlama mekanizmasının işlevinin test edilebilmesi için toplam akım trafosunun dışına yerleştirilmiştir. Test cihazı sadece şebeke gerilimi varken çalışır. Test her altı ayda bir yapılır. Sabit olmayan sistemler için günlük kontrol önerilir. Elektriksel ( $t_a$  ve  $I_{\Delta n}$ ) olarak her sene denenmesi gerekir.

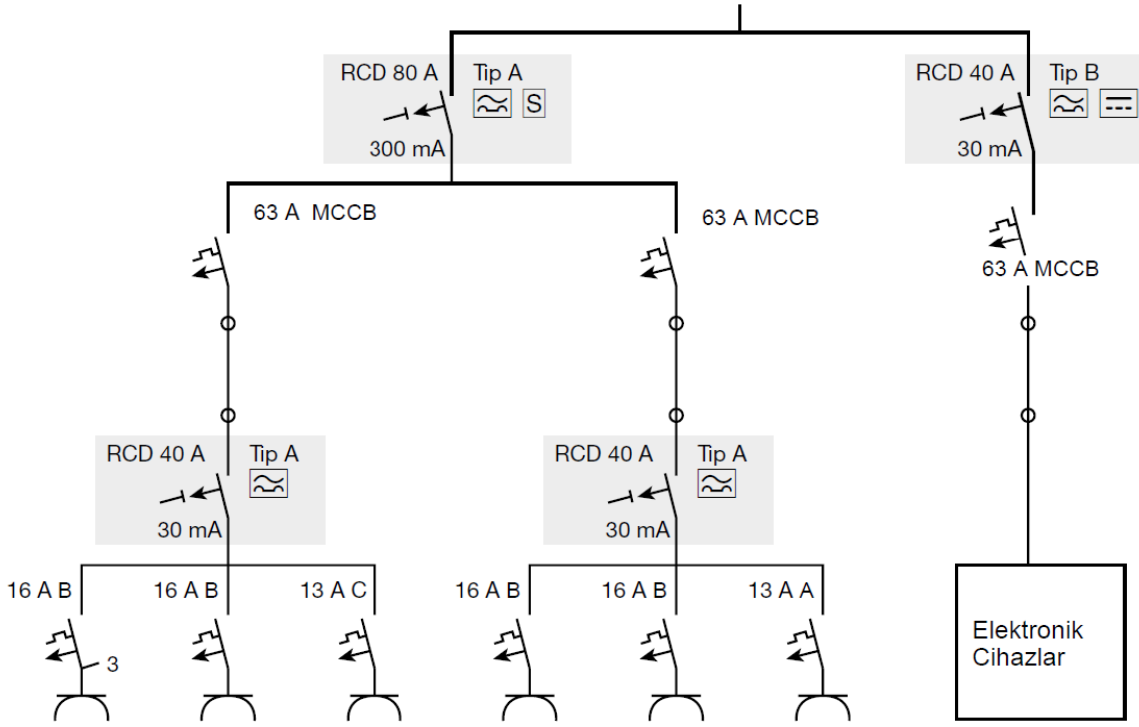
Bir RCD'nin kısa devre veya aşırı yük akımını kesme görevi yoktur. Bu görev için aşırı akım koruma cihazları kullanılır. RCD'nin nominal akımı, seçicilik ve tip uygulaması için aşağıda örnekler verilmiştir.



Şekil 4: RCD uygulamaları

TN ve TT sistemde RCD/30 mA 2007 den itibaren tüm son devrelerde zorunlu hale getirilmiştir. Ana panoda tesis edilen RCD 300 mA ve selektif olmak zorundadır. Tüm akım devrelerine RCD 30mA'in tesisi

zorunludur. Şekil 5 RCD'nin doğru kullanımını açısından bir fikir vermektedir. Şekilden görüldüğü gibi aynı tip cihazlar ancak seri bağlanır.



Şekil 5: Modern bir RCD'nin tesisinin gösterilmesi

#### 4. ARK HATALARINA KARŞI KORUMA (AFDD) (IEC 62606)

IEC 60364-4-42 standardı, ark arızalarının termal etkilerine karşı korunmak için alınması gereken önlemleri belirtir. Spesifik olarak Bölüm 421.7, ark hatası koruma cihazlarının (AFDD'ler) kullanımını açıklamaktadır.

Özünde, ark arızaları tarafından tetiklenebilecek yangınları önlemekle ilgilidir. Ürün standardında (DIN EN 62606) ve kurulum standartlarında buna ark hatası koruma cihazı veya kısaca AFDD denir.

Tüm elektrik tesisleri MCB ve RCD'nin yanı sıra 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. Ark koruma cihazı bu koruma boşluğunu doldurmuştur.

#### Uygulama alanları:

AFDD'lerin kullanımı yeniden düzenlenmiştir: AFDD'lerin belirli zorunlu uygulamaları artık mevcut değildir. Özel riskler söz konusu olduğunda ark arızalarının (termal etkiler) etkilerinden korunmak için özel önlemlerin alınması tavsiye edilir. Bu özel risklere planlama aşamasında bir risk ve güvenlik değerlendirmesi yapılması gerektiğini ve sonucu belgelemek için üç olası önlem alınabilir:

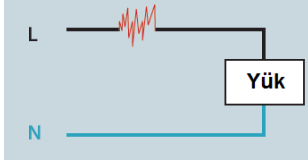
- 1) Yapısal önlemler (topraklama ve kısa devre güvenli kurulum, (örnek; kapalı yerde tek iletken)
- 2) Organizasyon önlemleri (örnek; müzede gözetmen)
- 3) Tesislerde özel önlemler

AFDD'ler sistemle ilgili bir önlem olarak kullanarak ark arızalarının termal etkilerinden kaynaklanan özel riskler azaltılır. Gerekli risk ve güvenlik değerlendirmesi büyük ölçüde

basitleştirilebilir. AFDD kullanımına ilişkin alınan karar ve alınan tedbirler yazılı olarak belgelenmelidir.

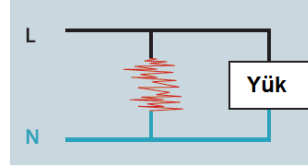
İletkenlerde seri ve paralel hatalar, yalıtım hataları AFDD, MCB ve RCD ile çok etkili bir şekilde korunur (Şekil 6) [Kaynak Siemes].

Aktif iletkende hata durumu:

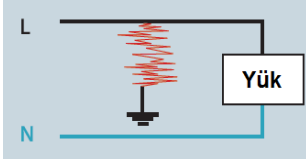


Şekil 7’de görüldüğü gibi AFDD çok küçük akımlarda MCB’ye göre devreyi açmaktadır.

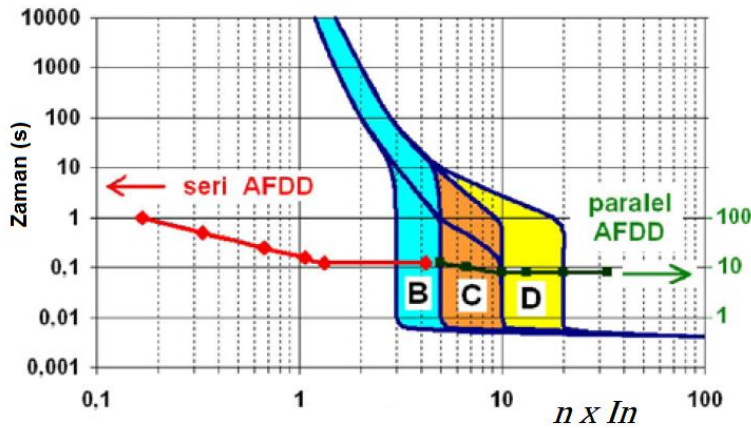
Nötr ve koruma iletkeni arasında hata Durumu:



Aktif iletken ve koruma iletkeni arasında hata durumu:



Şekil 6: İletkenlerde hatalar [Kaynak Siemens]



Şekil 7: AFDD (16 A) ve MCB eğrileri [Kaynak Siemens]

Şekil 8’ de yangın koruma cihazı temel çalışma prensibi açıklanmıştır. Tüm aktif iletkenler - burada aktif 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.

AFDD herhangi bir ark anında tüm devreyi kesmek zorundadır. Ark hata akımları 2 A ile 32 A arasında değişir.

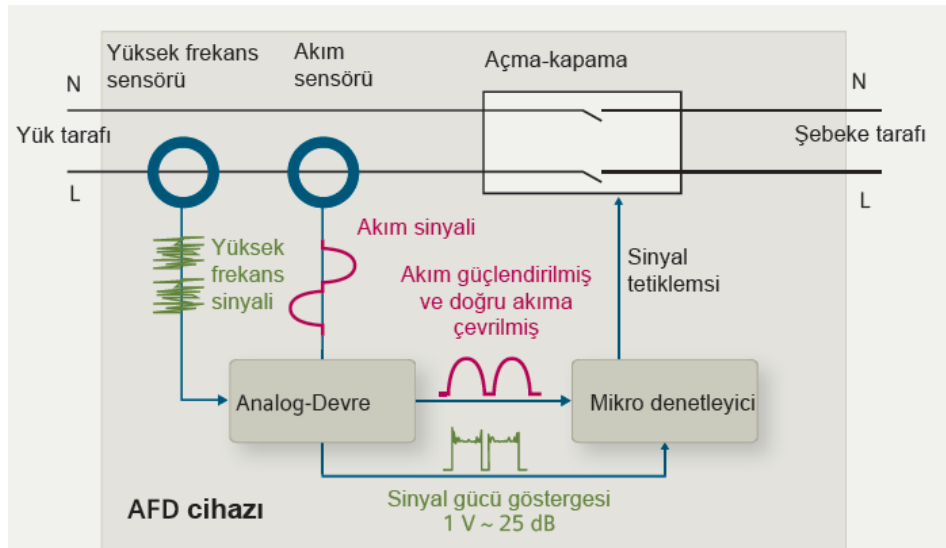
AFDD'ler 16 A' e kadar aşağıdaki alanlarda kullanılır:

- Konutlarda: Yatak odası, çocuk yatak odası
- Mutfakta: Çamaşır makinesi, bulaşık makinesi
- Huzur evleri, hastaneler
- Değerli eşya veya eserlerin saklandığı kütüphaneler, müzeler, galeriler
- Kolay tutuşabilir malzemelerden imal edilmiş ürünler, ahşap yapılar ve paneller, ekolojik yapı malzemeleri
- Kolay yanıcı maddelerin işlendiği yerler, marangoz atölyeleri, fırınlar ve ahırlar

Çalışma prensibi:

AFDD'ler (Ark Hata Tespit Cihazları), akım ve gerilimin sinüs dalgasını izler. 2,5 A

akım değerinden belirli bir enerji içeriğine sahip karakteristik akım ve gerilim eğrileri tespit edilirse yangın riskini açan ve kötü bir temas noktasının sonucu olarak bir ark arızasını gösteren ark hatası tespit anahtarı devreyi kapatır. Kapatma için eşik değeri olarak 450 joule 'lük bir enerji içeriği kullanılır. Bu, bir PVC kabloyu tutuşturabilir. Her kapatma işleminde önce, ark arızası algılama ünitesinin entegre yazılımı tarafından 120 farklı parametrenin izlendiği ve değerlendirildiği mikro işlemci tabanlı bir analiz yapılır. AFD üniteleri seri ve paralel ark hatası koruması sağlar. Ark arızalarının meydana gelmesinin birkaç olası nedeni vardır. Tetikleyiciler, mekanik veya termal yükler, eskime veya kirlenme sonucu oluşabilecek arızalı kablolar, yalıtım hataları veya gevşek temas noktalarıdır



şekil 8: AFDD' nin çalışma prensibi [Kaynak Siemens]

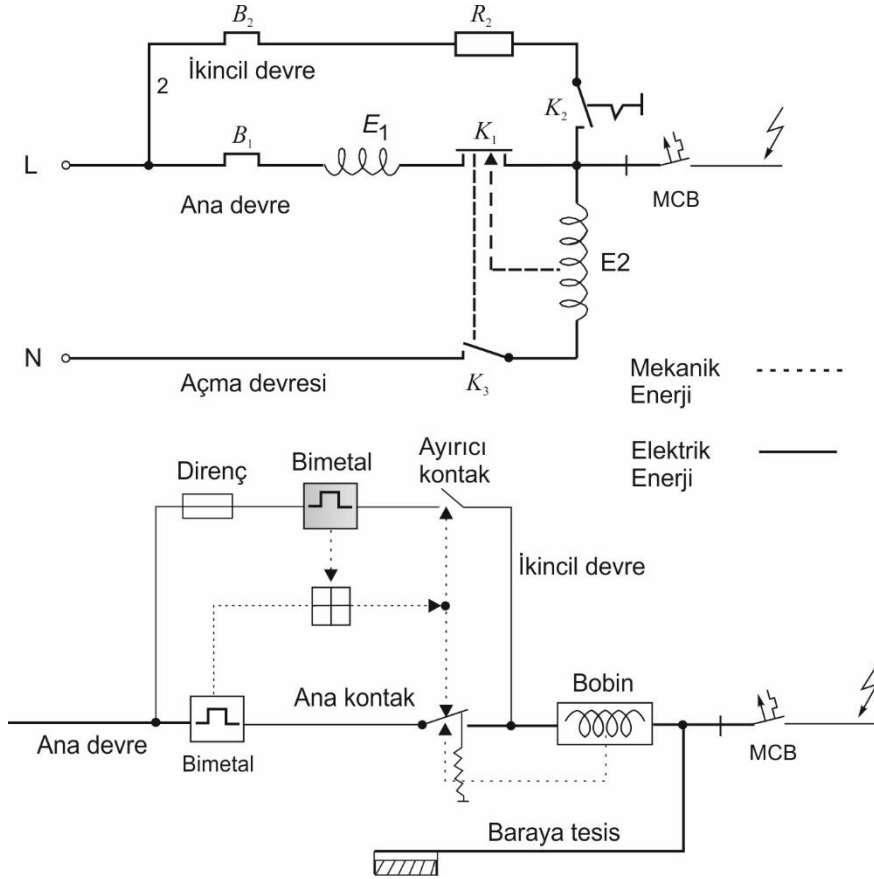
## 5. E KARAKTERİSTİK Lİ SEÇİCİ KESİCİLER (IEC/EN 61008-1)

Daha önceleri yapı bağlantı kutusundan tali panoya kadar NH ve D02 sigortaları kullanıldı. Bir kısa devrede hem seçicilik hem de pahalı olduğundan E kesiciler geliştirilmiş ana kabloya sayaçtan önce sadece E seçici kesici tesis edilmiştir. Dolayısıyla tesis daha

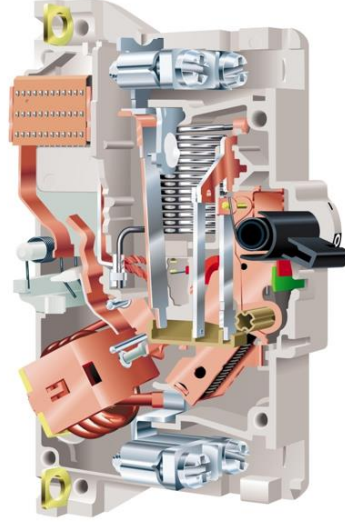
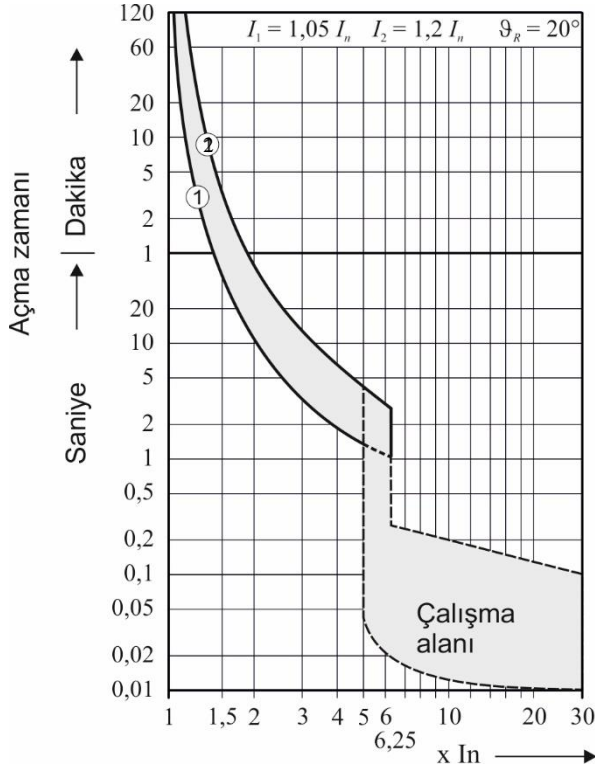
güvenli hale gelmiştir. E kesici ana devre, giriş terminali, bimetal, elektro mıknatıs, hareketli çift kontak ve bir çıkış terminali içerir. İkincil devre bimetal, omik direnç ve temastan oluşur. Açma devresi bir elektromıknatıs, hareketli bir kontak ve bir terminal içerir. Bimetal B1 aşırı yüklenme durumunda, K2 kontağını açan S1 anahtar mekanizmasının

kilidini açar. Kısa devre durumunda, elektromıknatis E1 S2 anahtar mekanizmasının kilidini açar ve aynı anda K1 kontağına etki eder. Açma karakteristiğı, devre kesiciye benzer. Ek olarak, ikincil devrede bimetel şerit B2'nin serbest bırakma bandı vardır.

Kısa devre durumunda, ark açıldıktan ve söndükten sonra akım yardımcı devreye girer (Şekil 9). Burada E harfi **Exact**: tam, eksiksiz anlamında kullanılmıştır. Seçici kesicinin çalışma prensibi Şekil 9'da gösterilmiştir.



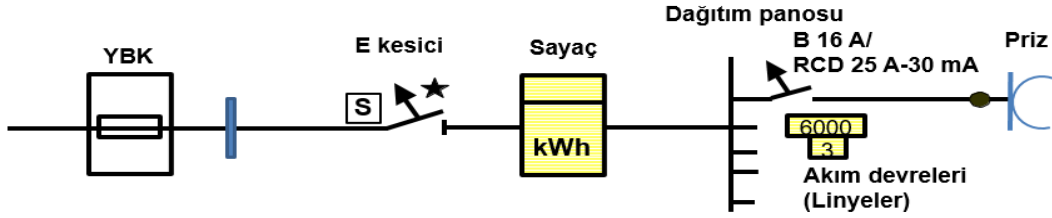
Şekil 9: Seçici kesicinin çalışma prensibi



Şekil 10: Seçici kesicinin çalışma prensibi [Kaynak Hager]

### Örnek : Modern bir elektrik tesisi

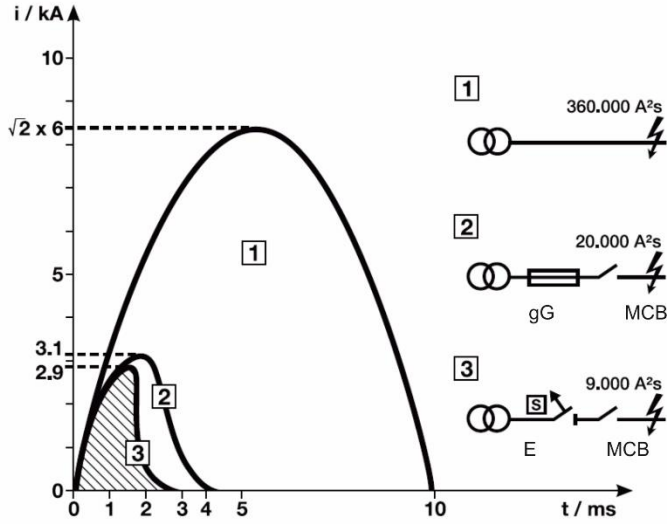
Aşağıdaki örnekte modern bir elektrik tesisini verilmiştir.



Şekil 11: Modern bir daire tesisi

Burada bir dairede yapı bağlantı kutusuna en az 63 A kesici veya sigorta tesis edilir. Sayaçtan önce E 40 A kesici, dağıtım panosuna ise kombine edilmiş B 16A - RCD 25 A-30 mA takılır. YBK'dan itibaren C ve B kesicilerin seri olarak tesis edilmesi doğru değildir. Yeni uygulamaya göre 30 mA ve 300 mA RCD'lerde seri olarak tesis edilmektedir. Buda yanlıştır.

E kesici çalışma şekli nedeniyle, seçici ana devrede kademeli bir şekilde otomatik olarak kısa devre koruması sağlar. Enerji sınırlayıcı etkisi, sistemin zarar görmesini en aza indirir. Şekil 12'de devreden geçen enerjinin 1) korumasız 2) sigorta ve MCB ile 3) E ve MCB ile korunduğunda en aza indirildiğini gösteriyor.



Şekil 12: Seçici kesicinin çalışma prensibi [Kaynak Hager]

#### Kaynaklar ve yararlanılan kitaplar:

[1] IEC 60479-1: a.a etkilerinin akım-zaman eğrileri

[2] İsmail Kaşıkçı: Elektrik tesisleri, proje uygulama ve yönetmelikler, Birsen yayın evi, 3. Baskı 2018

[3] Hager: Technisches Handbuch, Grundlagen Schutz

[4] İsmail Kaşıkçı: Elektrik tesislerinde doğru bilinen yanlışlar, Birsen yayın evi, 1. Baskı 2021

[5] İsmail Kaşıkçı: Güç sistemleri tasarımı, Birsen yayın evi, 1. Baskı 2021

[6] İsmail Kaşıkçı: Elektrik güç sistemleri, Birsen yayın evi, 1. Baskı 2021