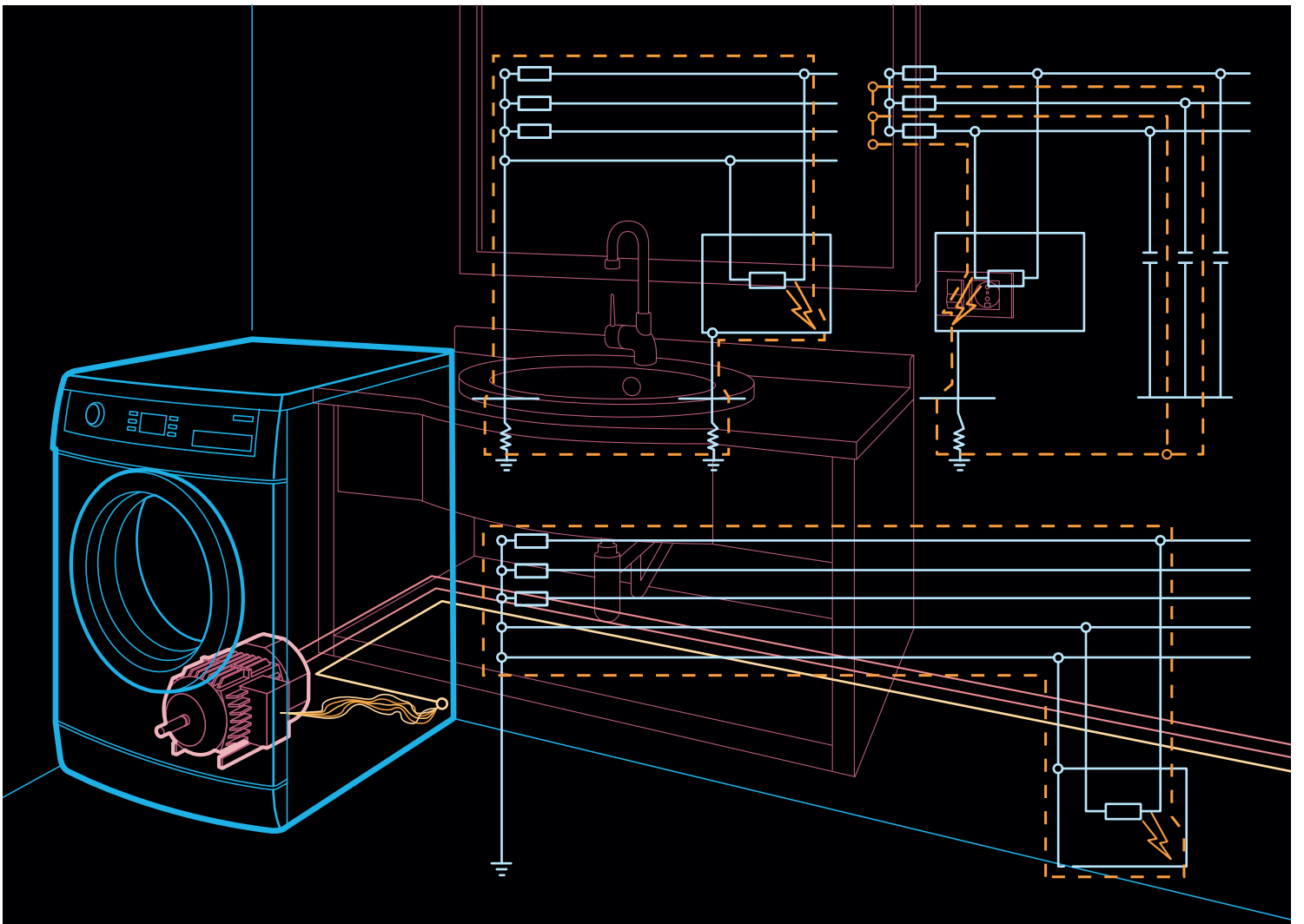




Teknik Uygulama Föyü No.3

Dağıtım sistemleri, dolaylı temas ve toprak hatasına karşı koruma

Dağıtım sistemleri, dolaylı temas ve toprak hatasına karşı koruma

İçindekiler

1 Giriş2

2 Başlıca tanımlar3

3 Toprak hatasına karşı koruma

3.1 Genel hususlar5

4 Elektrik dağıtım tesislerinin sınıflandırılması

4.1 TT sistemi6

4.2 TN sistemi6

4.3 IT sistemi7

4.4 Sonuçlar7

5 Dolaylı temasa karşı koruma

5.1 Akımın insan vücuduna etkileri8

5.2 Devrenin otomatik kesilmesiyle dolaylı temasa karşı koruma9

5.3 TT sistemlerde dolaylı temasa karşı koruma13

5.4 TN sistemlerde dolaylı temasa karşı koruma17

5.5 IT sistemlerde dolaylı temasa karşı koruma20

6 Toprak hatasına karşı ABB SACE çözümleri

6.1 Genel hususlar22

6.2 Kaçak akım cihazlarıyla çözüm23

6.2.1 System pro M ve kaçak akım korumalı System pro M compact otomatik sigortalar23

6.2.2 Tmax kompakt tip devre kesiciler için kaçak akım koruma üniteleri28

6.2.3 Entegre kaçak akım korumalı kompakt ve açık tip devre kesiciler için PR serisi elektronik koruma üniteleri29

6.2.4 Harici transformatörlü kaçak akım rölesi30

6.3 G fonksiyonu ile çözüm31

6.4 G koruma fonksiyonu mu, kaçak akım koruması mı?33

6.4.1 Kaçak akım devre kesicilerinin tipik uygulamaları33

6.4.2 Toprak hatasına karşı G fonksiyonu ile donatılmış kompakt ve açık tip devre kesicilerin tipik uygulamaları34

6.5 Toprak hatasına karşı gelişmiş koruma sistemleri34

6.5.1 Genel hususlar34

6.5.2 Kaynak Toprak Dönüşü35

6.5.3 Sınırlandırılmış Toprak Hatası Koruması35

7 Toprak hatasına karşı korumaların seçiciliği37

Ek A:

Doğru akım dağıtım sistemleri39

Ek B:

Doğrudan temasa karşı koruma41

Ek C:

Devrenin otomatik olarak kesilmesi olmadan dolaylı temasa karşı koruma43

Ek D:

Doğrudan ve dolaylı temasa karşı birleşik koruma... 45

Ek E:

Nötr ve koruyucu iletkenle ilgili hususlar47

Sözlük52

1 Giriş

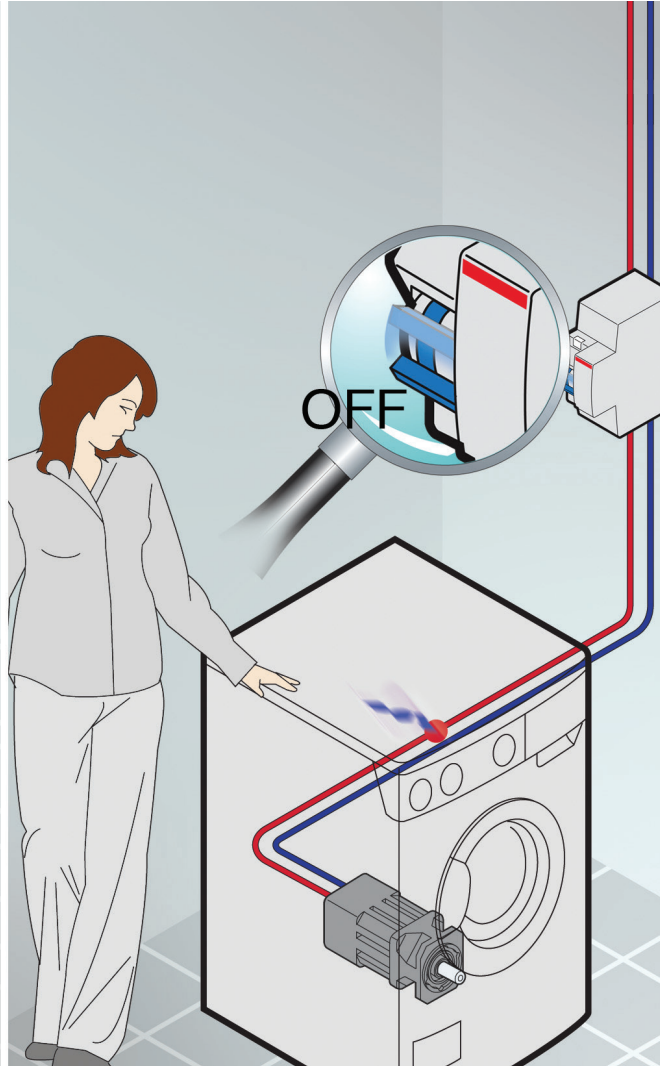
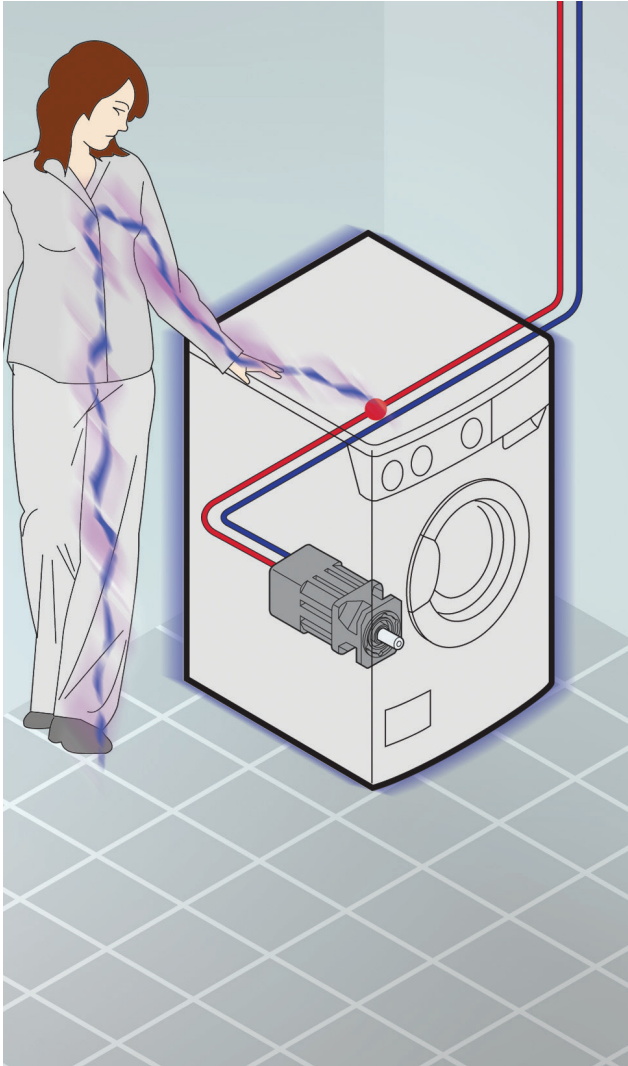
Gerilim altındaki bir iletken ile açıktaki bir iletken kısım arasındaki yalıtım kaybından kaynaklanan toprak hatası, elektrik tesisatlarına zarar verebilecek ve her şeyden önce insanları tehlikeye atabilecek bir tesis mühendisliği problemini temsil eder. Aslına bakılırsa, insanlar normalde gerilim altında olmayan ancak hata nedeniyle toprağa karşı tehlikeli bir potansiyele sahip olabilecek açık iletken bir parça ile temasa geçebilirler.

Bu teknik kitabın amacı, okuyucuya toprak hatasından ve dolaylı temastan korunmayla ilgili başlıca normatif hususlar hakkında bilgi vererek ilgili sorunları açıklığa kavuşturmak ve ABB SACE tarafından önerilen çözümleri göstermektir.

Bu doküman, üç ana kısma ayrılmıştır:

- normatif hususlar (tanımlar, dağıtım sistemlerinin sınıflandırılması, korunmaya ilişkin talimatlar vb.)
- Toprak hatası ve dolaylı temasa karşı ABB SACE çözümleri
- Toprak hatasına karşı korumaların seçiciliği

Buna ek olarak, bu dokümanı tamamlamak üzere özellikle dolaylı temasa karşı korunma, doğrudan ve dolaylı temasa karşı beraber korunma, nötr ve koruyucu iletken hakkındaki hususlar vb. açıklayan elektrik çarpmasından korunma ile ilgili konuları derinlemesine analiz eden bazı ekler vardır.



2 Başlıca tanımlar

Bu dokümanın içeriğini daha iyi anlamak için temel olan tanımlar aşağıda bildirilmiştir. Bu tanımlar IEC 60050 standardı - Uluslararası Elektroteknik Kelime Sözlüğü'nden alınmıştır:

- **(Etkin) dokunma gerilimi:** bir kişi veya bir hayvan tarafından aynı anda dokunulduğunda iletken kısımlar arasındaki gerilim.
- **Beklenen dokunma gerilimi:** aynı anda erişilebilen iletken kısımlar arasında bir kişinin dokunmadığı zamanki gerilim.
- **Bir sisteminin toprağa karşı nominal gerilimi:** toprağa karşı nominal gerilimin anlamı:
 - yalıtılmış nötr veya topraklı nötre sahip bir empedans üzerinden üç fazlı sistemlerde nominal gerilim;
 - toprağa doğrudan bağlı nötr olan üç fazlı sistemlerde nominal gerilime karşılık gelen yıldız gerilimi;
 - topraklanmış noktası olmayan tek fazlı sistemlerde veya alternatif akım sistemlerinde nominal gerilim;
 - orta noktası topraklanmış olan tek fazlı sistemlerde veya alternatif akım sistemlerinde nominal gerilimin yarı değeri;
- **Aktif bölümler:** normal çalışma durumunda gerilim altında bulunan, nötr iletkenin dâhil olup genel kabul olarak PEN iletkenin dâhil olmadığı iletken veya iletken bölümleridir.
- **Tehlikeli aktif bölümler:** belli koşullarda zararlı elektrik çarpmasına neden olabilecek aktif bölüm.
- **Açıktaki iletken bölümler:** ekipmanın dokunulabilen ve normalde gerilim altında bulunmayan ancak temel yalıtım hataları² yüzünden gerilim altında kalabilen iletken bölüm.
- **Doğrudan temas:** insanların aktif bölümlerle elektriksel teması.
- **Dolaylı temas:** insanların hata durumlarında gerilim altında kalabilecek açıktaki iletken bölümlerle elektriksel teması.
- **El mesafesi bölgesi:** insanların durduğu veya hareket ettiği yüzeydeki herhangi bir noktadan herhangi bir yönde, yardım almadan eliyle erişebileceği sınırlara kadar uzanan erişilebilirlik bölgesi.
- **Aynı anda erişilebilen kısımlar:** bir insanın aynı anda dokunabileceği iletkenler veya iletken kısımlar.

Tablo 1

yalıtımlı nötre veya empedans üzerinden topraklı nötre sahip üç fazlı sistemler $U_{ne} = U_n$	
nötrün doğrudan toprağa bağlı olduğu üç fazlı sistemler $U_{ne} = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = U_0^1$	
topraklama noktası olmayan tek fazlı sistemler veya a.c. sistemler $U_{ne} = U_n$	
orta noktası topraklı olan tek fazlı sistemler veya a.c. sistemler $U_{ne} = \frac{U_n}{2}$	

¹ U_0 faz ve nötr arasındaki gerilimi belirtir

² Sadece açıktaki iletken bir bölüm ile temas halinde olduğu için aktif hale gelebilen iletken bir kısım, açıktaki iletken bir bölüm olarak kabul edilmeyecektir.

- **Toprak kaçak akımı:** herhangi bir hata olmadığı durumlarda, toprağa ya da açıktaki iletken bölüme akan akım.
- **Kaçak (artık) akım:** bir elektrik tesisatında bir elektrik devresinin belli bir noktasında aynı anda tüm aktif iletkenlerin elektrik akımlarının değerlerinin vektörel toplamı.
- **Koruyucu muhafaza:** tehlikeli aktif bölümlere her yönde erişimi engellemek için ekipmanın iç parçalarını çevreleyen elektriksel muhafaza.
- **Koruyucu bariyer:** tüm olası erişim yönlerinden gelen doğrudan temasa karşı koruma sağlayan kısım.
- **Koruyucu engel:** kasıtsız doğrudan teması önleyen ancak kasıtlı doğrudan teması önlemeyen kısım.
- **Temel yalıtım:** temel koruma sağlayan tehlikeli aktif bölümlerin yalıtımı.
- **Tamamlayıcı yalıtım:** hata koruması için temel yalıtıma ek olarak uygulanan bağımsız yalıtım.
- **Çift yalıtım:** hem temel hem de tamamlayıcı yalıtımı içeren yalıtım.
- **Kuvvetlendirilmiş yalıtım:** elektrik çarpmasına karşı çift izolasyona denk koruma derecesi sağlayan tehlikeli aktif bölümlerin yalıtımı.
- **Yalıtıcı zeminler ve duvarlar:** odaların, akımın tehlikeli olmayan değerlere sınırlandığı yüksek bir dirence sahip zemin ve duvarları.
- **Referans toprak:** elektrik potansiyeli geleneksel olarak sıfır olarak alınan, toprağın iletken olarak kabul edilen bölümü.
- **Toprak elektrodu:** beton veya kok gibi belirli bir iletim ortamına yerleştirilmiş olabilen toprakla elektriksel teması olan iletken parça.
- **Topraklama direnci:** ana topraklama barası (veya düğüm) ile toprak arasındaki direnç.
- **Bağımsız toprak elektrodu:** elektrik potansiyeli toprak ve diğer toprak elektrotları arasındaki elektrik akımlarından önemli ölçüde etkilenmeyecek bir uzaklıkta bulunan toprak elektrodu.
- **Koruyucu iletken (kısaltması: PE):** Güvenlik amacıyla temin edilen iletken; örneğin elektrik çarpmasına karşı koruma için:
 - açıktaki iletken bölümler;
 - harici iletken bölümler;
 - ana topraklama barası (veya düğüm);
 - toprak elektrodu;
 - kaynağın veya yapay nötrün topraklanmış noktası.
- **PEN iletken:** hem koruyucu topraklama iletkeni hem de nötr iletkenin fonksiyonlarını birleştiren iletken.¹
- **Topraklama düzeni:** bir sistem, tesisat veya ekipmanın

topraklanmasıyla ilgili tüm elektrik bağlantıları ve cihazlar.

- **Hata akımı:** bir yalıtım hatası sonucu oluşan belirli bir hata noktasından akan akım.
- **Toprak hatası:** aktif iletken ve toprak arasında bir hata sonucu iletken bir yolun oluşması.
- **Kalifiye kişi:** riskleri algılamasını sağlamak ve elektriğin oluşturabileceği tehlikeleri önlemek için ilgili eğitim ve deneyime sahip kişi.
- **Bilgili kişi:** riskleri algılamasını sağlamak ve elektriğin oluşturabileceği tehlikeleri önlemek için elektrik konusunda uzman kişiler tarafından yeterli bir şekilde bilgilendirilmiş veya denetlenmiş kişi.
- **Eğitilmiş kişi:** riskleri algılamasını sağlamak ve elektriğin oluşturabileceği tehlikeleri önlemek için ilgili eğitim ve deneyime sahip (kalifiye) veya belli koşullar altında gerçekleştirilen işlemler konusunda yeterli bir şekilde bilgilendirilmiş kişi (bilgili). Bu nedenle, “eğitilmiş” terimi aşağıdakilere bağlı bir niteliktir:
 - işlem tipi;
 - üstünde veya yakınında işlemlerin gerçekleşeceği tesisatın tipi;
 - çevresel ve duruma bağlı koşullar ve daha nitelikli personelin denetimi.
- **Sıradan kişi:** bilgili veya eğitilmiş olmayan kişi.

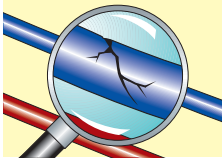
¹ PEN sembolü, koruyucu iletken için PE sembolü ve nötr iletkeni için N sembolünün kombinasyonundan oluşur.

3 Toprak hatasına karşı koruma

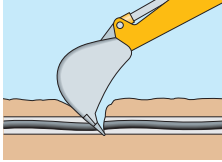
3.1 Genel hususlar

Normalde aktif iletkenler ile açıktaki iletken bölümler arasındaki yalıtım kaybı, genellikle toprak hatası olarak adlandırılan bir hataya neden olabilir.

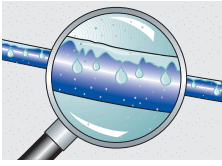
Yalıtım kaybının başlıca nedenleri:



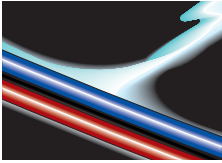
- dielektrik özelliklerin zamanla bozunması (izolasyon kauçuğundaki çatlaklar, vb.);



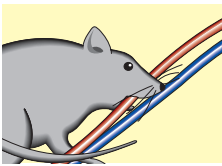
- mekanik kırılma (örneğin zemindeki bir kablounun bir ekskavatör ile kesilmesi);



- özel agresif ortamlar (toz, nem, kirlilik vs.);



- atmosferik kaynaklı veya anahartarlama nedeniyle oluşan aşırı gerilimler;

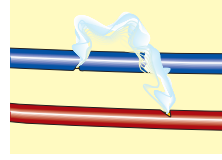


- kemirgenlerin eylemleri.

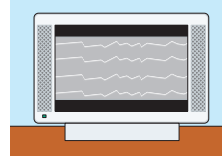
Toprak hatasının başlıca etkileri:



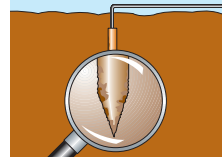
- açıktaki iletken bölümlerin enerjilenmesi;



- bölgesel elektrik arkları ve buna bağlı aşırı ısınma;



- telekomünikasyon sistemlerinde bozulma;



- toprak elektrotlarının erozyon olayları.

Toprak hatası akımı, yalıtım hatasının olduğu bir noktada bölgesel bir ark olarak başlar. Bu ark, onlarca miliamper düzeninin daha ziyade makul akım seviyesi ile karakterize edilir. Daha sonra hata, gerçek bir toprak faz hatası olmak için daha fazla veya daha az bir hızla gelişir. Koruma cihazları tarafından hızla kesilmezse bu hata toprak teması ile üç fazlı kısa devre oluşturarak tüm fazları etkileyebilir.

Bu nedenle, toprak hata akımının ilk sonucu, aşırı akım koruması tarafından tespit edilmesindeki zorluk nedeniyle uzun süre devam edip yangın başlatabilen mütevazı başlangıç ark akımları veya tüm tesisin bütünlüğü tehlikeye girdikten sonra gelişen kısa devre nedeniyle tesise uğratılan zarardır.

Toprak hata akımının bir diğer önemli sonucu, dolaylı temastan kaynaklanan, diğer bir deyişle yalıtımdaki bir bozulma nedeniyle kazara enerji verilen açıktaki kalan iletken bölümlerle temasın ardından kişilere yönelik olan tehlikedir.

4 Elektrik dağıtım tesislerinin sınıflandırılması

Toprak hatasının kapsamı ve açıkta kalan aktif iletken bölümlere temastan kaynaklanan sonuçlar, özellikle güç sisteminin nötr durumuna ve sistem topraklama türlerine bağlıdır.

Sonuç olarak, toprak hatalarına karşı koruma için uygun cihazı seçmek için kurulumun dağıtım sistemini bilmek gereklidir. Uluslararası standart IEC 60364-3, elektrik sistemlerini iki harf kombinasyonu ile sınıflandırır.

Birinci harf, güç sisteminin toprakla ilişkisini belirtir¹:

- T = AC sistemlerde, bir nokta toprakla doğrudan bağlantı, genellikle nötr;

- I = topraktan izole edilmiş bütün aktif bölümler veya bir nokta, genellikle nötr, bir empedans ile toprağa bağlı. İkinci harf, tesisin açıkta kalan iletken bölümlerin toprakla olan ilişkisini belirtir:

- T = açıkta kalan iletken bölümlerin toprakla doğrudan elektrik bağlantısı;

- N = açıkta kalan iletken bölümlerin güç sisteminin topraklanmış noktasına doğrudan elektrik bağlantısı.

Ardından gelen harfler, nötr ve koruyucu iletkenlerin düzenini gösterir:

- S = ayrı iletkenler tarafından sağlanan nötr ve koruyucu fonksiyonlar

- C = tek bir iletkende birleşmiş nötr ve koruyucu fonksiyonlar (PEN iletkeni).

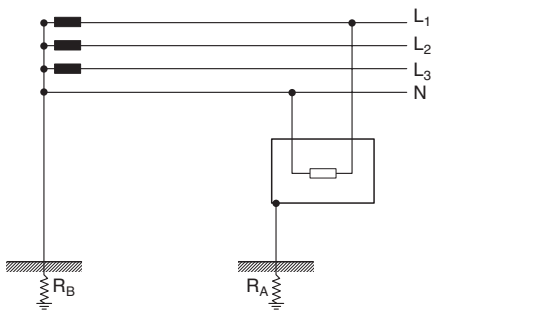
Yukarıdaki tanımlara atfen, burada ana güç sistemlerinin türü açıklanmaktadır.

¹ Bir noktanın OG/AG transformatör düzeyinde topraklanması, tehlikeli gerilimlerin toprağa aktarılmasını önlemek için gereklidir, örn. OG ve AG sargıları arasındaki bir hata nedeniyle gerilimler. IT sistemlerde, insan ve teçhizat için tehlikeli gerilimleri aktarmayacak şekilde üretilen transformatörlerin kullanımı şiddetle tavsiye edilir.

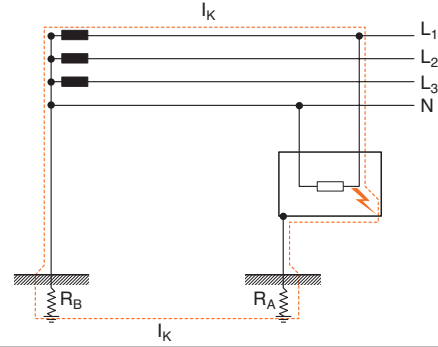
4.1 TT sistemi

TT sistemlerinde nötr ve açıktaki iletken bölümler elektiriksel olarak toprak elektrotlarına bağlıdır (Şekil 1); bu nedenle toprak hata akımı toprak üzerinden güç kaynağı düğümüne geri döner (Şekil 2).

Şekil 1: TT sistemi



Şekil 2: Bir TT sisteminde toprak hatası



Bu tip elektrik tesisatlarında, nötr genellikle dağıtılır ve fonksiyonu, sivil kurulumların tek fazlı yüklerinin beslenmesi için faz gerilimini (örneğin 230 V) kullanılabilir hale getirir.

4.2 TN sistemi

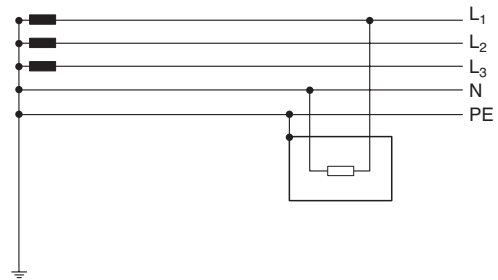
TN sistemlerde, nötr doğrudan topraklanırken, açıkta kalan iletken bölümler nötrün aynı topraklama düzenine bağlanır.

TN elektrik sistemleri, nötr ve koruyucu iletkenlerin ayrı olup olmadığı gerçeğine dayanarak üç tipe ayrılabilir:

1. TN-S: Nötr iletken N ve koruyucu iletken PE ayrılmıştır (Şekil 3)

2. TN-C: Nötr ve koruyucu fonksiyonlar, PEN olarak ad-

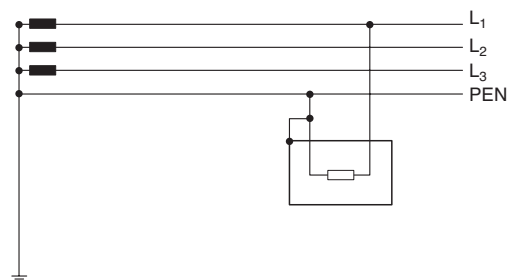
Şekil 3: TN-S sistemi



landırılan tek bir iletken halinde birleştirilir (Şekil 4)

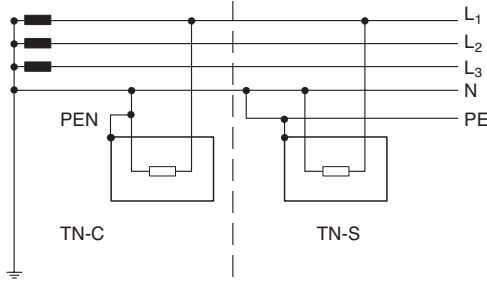
3. TN-C-S: Nötr ve koruyucu fonksiyonlar kısmen tek bir

Şekil 4: TN-C sistemi



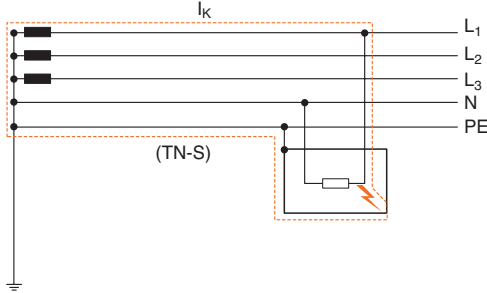
PEN iletkeninde ve kısmen ayrılmış PE + N'de birleştirilir (Şekil 5).

Şekil 5: TN-C-S sistemi



TN sistemlerde, toprak hata akımı, toprak elektrodunu neredeyse etkilemeksizin doğrudan bir metal bağlantı (PE veya PEN iletkeni) yoluyla güç kaynağı düğümüne geri döner (Şekil 6).

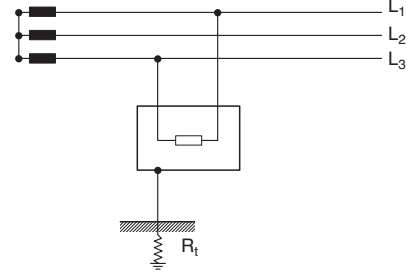
Şekil 6: Bir TN sisteminde toprak hatası



4.3 IT sistemi

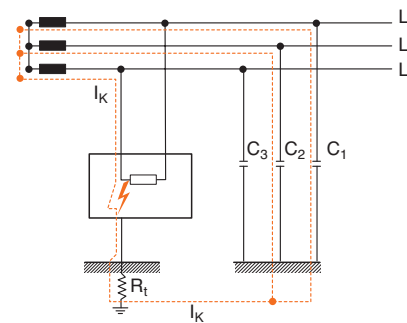
IT sistemlerinin aktif kısımları doğrudan topraklanmış değildir; ancak aktif bölümler, yüksek değere sahip empedansla toprağa bağlanabilmektedir (Şekil 7). Açıkta kalan tüm iletken bölümler, ayrı olarak veya grup halinde, bağımsız bir toprak elektroduna bağlıdır.

Şekil 7: IT sistemi



Topraklama hatası akımı, açıkta kalan iletken bölümlerin topraklama düzenlemesi ve hat iletkenlerinin topraklama kapasiteleri aracılığıyla güç kaynağı düğümüne geri döner.

Şekil 8: Bir TT sisteminde toprak hatası



4.4 Sonuçlar

Dağıtım Sistemi	Ana uygulama	Hata akımlarının tipik değeri	Notlar
TT	ev tesisatı ve benzeri; AG güç kaynağına sahip küçük endüstriler	10÷100 A	TT dağıtım sistemleri, koruyucu iletkenin (PE) dağıtımının sağlanmasının imkansız olduğu ve dolaylı temaslara karşı sorumluluğu kullanıcıya bırakmanın önerildiği zamanlarda kullanılır.
TN	OG güç kaynağı olan endüstriler ve büyük tesisatlar	tek fazlı hataninkine benzer değerler	TN dağıtım sistemleri, güç kaynağı kendi trafo merkezine sahip olan kullanıcılara dağıtılan sistemlerdir; bu gibi durumlarda koruyucu iletken kolayca emniyete alınabilir.
IT	kimya ve petrokimya endüstrileri, yani hizmet sürekliliğinin esas olduğu tesisler	$\mu A \div 2 A$ kurulumun boyutuna bağlı; çift toprak hatası durumunda, hata akımı, açıktaki iletken bölümlerin toprakla bağlantısına bağlı olarak TT veya TN sistemlerine özgü değerleri alır	Bu tür bir sistem, hizmet sürekliliğinin güvence altına alınması gereken durumlar için özellikle uygundur; çünkü ilk hata yüksek akımlara ve/veya insanlar için tehlikeli akımlara neden olmaz.

5 Dolaylı temasa karşı koruma

5.1 Akımın insan vücuduna etkileri

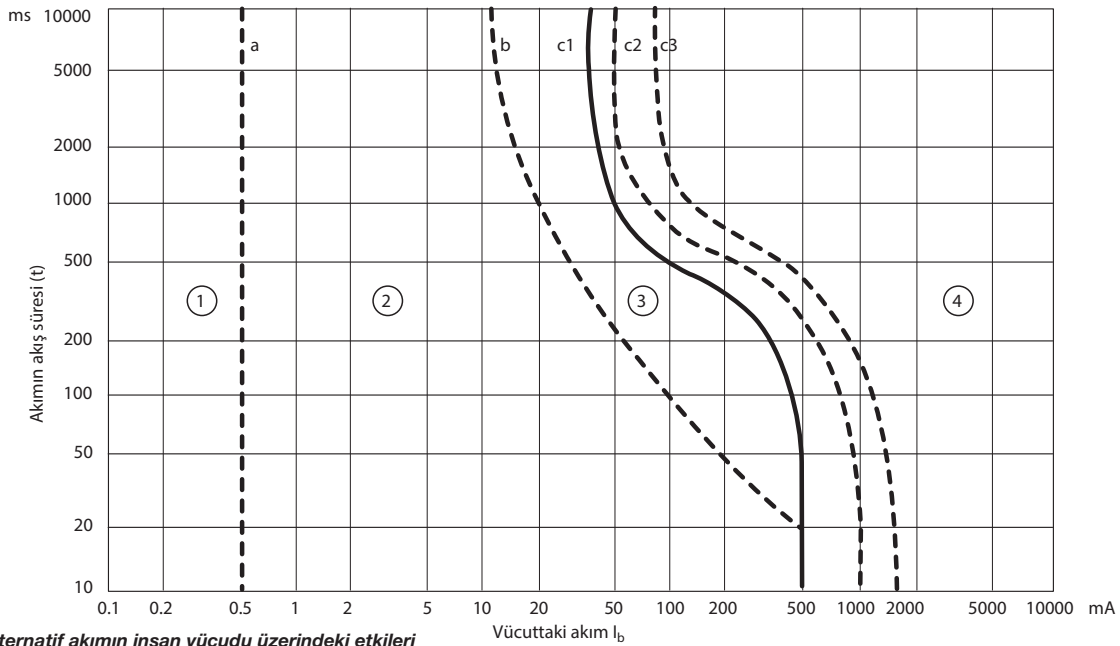
Elektrik yüklü bir parça ile temastan dolayı oluşan tehlikeler, insan vücudundaki akımdan kaynaklanır. Bu etkiler:

- **tetanizasyon:** kaslar akımın istemsiz temasından etkilenmekte ve kavranan iletken bölümlerin bırakılması zor olmaktadır. Not: çok yüksek akımlar genellikle kas tetanizasyonuna yol açmaz, çünkü vücut bu tür akımlarla temasa girdiğinde, kas kontraksiyonu öylesine sürer ki, istemsiz kas hareketleri genellikle kişiyi iletken kısımdan uzağa fırlatır;
- **solunum durması:** eğer akım solunum sistemini kontrol eden kaslar boyunca akarsa, bu kasların istemsiz daralması normal solunum sürecini değiştirir ve hasta boğulma nedeniyle ölebilir veya asfiksiniin neden olduğu travmaların sonuçlarına maruz kalabilir;

- **ventriküler fibrilasyon:** en tehlikeli etkisi, harici akımların, kontrolsüz kontraksiyonlar oluşturarak kardiyak döngüde değişikliğe neden olan fizyolojik olanlar ile üst üste binmesinden kaynaklanmaktadır. Bu anormali, uyarıcı durduğunda bile devam ettiği için geri dönüşsüz bir fenomen haline gelebilir;
- **yanıklar:** Joule etkisi ile, insan vücudundan geçen akımdan gelen ısınmadan kaynaklanmaktadır.

“Akımın insanlara ve hayvanlara etkisi” başlıklı IEC 60479-1 Standardı, elektriksel güvenlik gereksinimlerinin tanımlanması için kullanılacak, insan vücudunda akan akımın etkileri hakkında bir kılavuzdur. Bu standart, bir zaman-akım diyagramında, insan vücudundan geçen alternatif akımın (15 - 100 Hz) fizyolojik etkilerinin ilişkilendirildiği dört bölgeyi (Şekil 1) göstermektedir. Bu bölgeler Tablo 1’de açıklanmıştır.

Şekil 1: Alternatif akımın insan vücudundaki etkilerinin zaman-akım bölgeleri



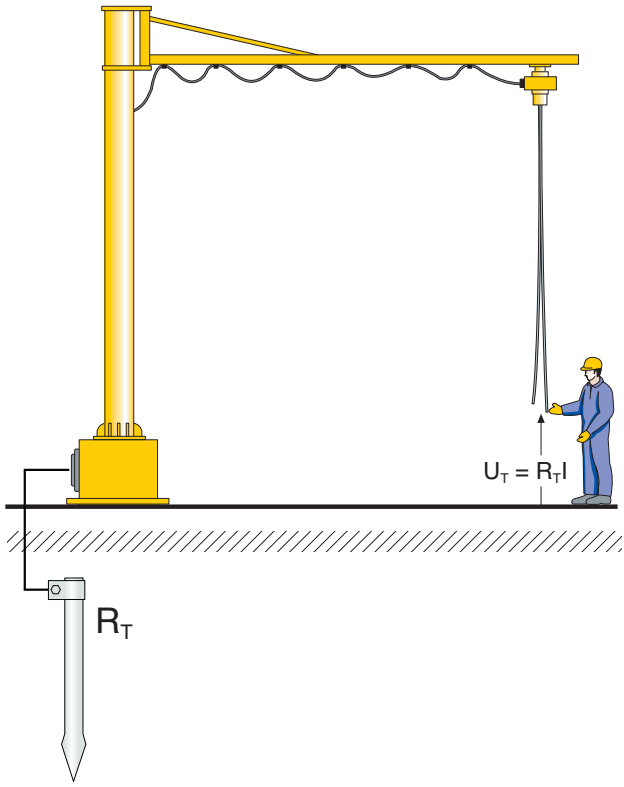
Tablo 1: Alternatif akımın insan vücudu üzerindeki etkileri

Bölge	Etkileri
1	genelde reaksiyon yok
2	genelde zararlı fizyolojik etkileri yok
3	genelde beklenen organik bir hasar yok. Kramp benzeri kas sıkışmaları ve nefes almakta zorlanma olasılığı; akım büyüklüğü ve zamanı ile artan ventriküler fibrilasyon olmaksızın atriyal fibrilasyon ve geçici kalp durması da dâhil olmak üzere kalpteki dürtülerin oluşumunda ve iletilmesinde geri dönüşümlü bozukluklar
4	3. bölgenin etkilerine ek olarak, ventriküler fibrilasyon olasılığı %5'e (c2 eğrisi), %50'ye (c3 eğrisi) ve c3 eğrisinin ötesinde %50'nin üzerine kadar yükselir. Kalp durması, solunum durması ve ciddi yanıklar gibi patofizyolojik etkiler, akım büyüklüğü ve zamanla artabilir.

IEC 60479-1 standardı ayrıca, doğru akım için benzer bir diyagram da verir.

Şekil 1'deki eğriler, insanların güvenliği için izin verilen azami akım sınırlarının tanımına kolayca uygulanamaz. Bu nedenle, insan vücudu empedansının bilinmesi durumunda, Ohm yasasını uygulayarak izin verilen gerilimler için güvenlik eğrilerini tanımlamak mümkündür.

İki ekstremitesinden akan akımın geçişine sunulan insan vücudunun elektrik empedansı çok değişkendir. IEC 60479-1 standardı, dokunma gerilimi ve akım yolunun bir fonksiyonu olarak empedansın farklı değerlerini verir. Standart diyagramında bildirilen empedans için ihtiyati değerler göz önüne alındığında,



Beklenen dokunma gerilimi U_T , iletken bir parça ile zeminin yeterince uzak bir noktası arasında olan gerilimdir.

5.2 Devrenin otomatik kesilmesiyle dolaylı teması karşı koruma

IEC 60364 standardı, dolaylı teması karşı korunmak için kaynağın otomatik olarak kesilmesini öngörür.

Koruyucu cihaz, otomatik olarak beslemeyi kesecektir; böylece yüklü bir parça ile açıktaki iletken bölüm veya bir koruyucu iletken arasında bir hata meydana geldiğinde, 50 Vac'yi (özel ortamlarda 25 V) aşan beklenen dokunma gerilimi, eşzamanlı olarak erişilebilen iletken bölümlerle temas halindeki kişide zararlı bir fizyolojik etki riski oluşturmaya yetecek kadar süreyle devam etmez.

Bu koruyucu önlem, sistemin toprak bağlantısı ve de koruyucu iletken ve cihazların özellikleri arasında bir koordinasyon gerektirir.

Beslemenin otomatik olarak ayrılması için uygun olan ve toprak hata akımlarını algılayan cihazlar şunlardır:

- termomanyetik korumalı otomatik devre kesiciler;
- mikroişlemci tabanlı elektronik koruma ünitesine sahip otomatik devre kesiciler;
- toprak hatasına karşı entegre korumalı mikroişlemci tabanlı elektronik koruma ünitesine sahip otomatik devre kesiciler (G koruması);
- entegre kaçak akım koruma ünitesi olan termik manyetik veya elektronik devre kesiciler;
- saf kaçak akım koruma anahtarları;
- kaçak akım röleleri

Aşağıda bu tarz koruyucu cihazların bir açıklaması bulunmaktadır.

Termomanyetik korumalı otomatik devre kesiciler

Termomanyetik koruma ünitesiyle donatılan otomatik devre kesicilerle sağlanan korumalar şunlardır:

- aşırı yüklerle karşı koruma;
- kısa devrelere karşı koruma;
- dolaylı temaslara karşı koruma

Aşırı yüke karşı koruma, ters zaman-gecikme eğrisine sahip termik koruma ünitesiyle sağlanır; yani aşırı yük akımı arttıkça, açma zamanı da o kadar hızlı olur.

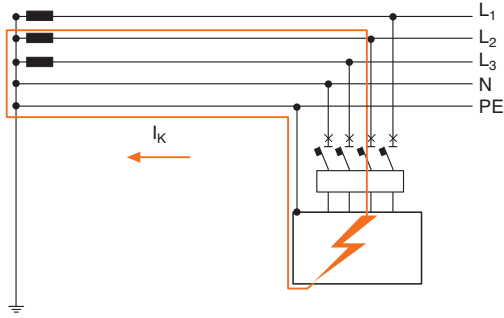
Kısa devreye karşı koruma, bağımsız bir zaman aşımı eğrisine, yani kısa devre akımından bağımsız kesme süresine sahip bir manyetik koruma ünitesiyle sağlanır.

Dolaylı temaslara karşı koruma, hem toprakta oluşan hata akımı en azından bir faz içerdiğinden hem termik koruma ünitesi hem de manyetik koruma ünitesi ile gerçekleştirilebilir; bu akım yeterince yüksekse, devre kesicinin açma yapmasına neden olabilir.

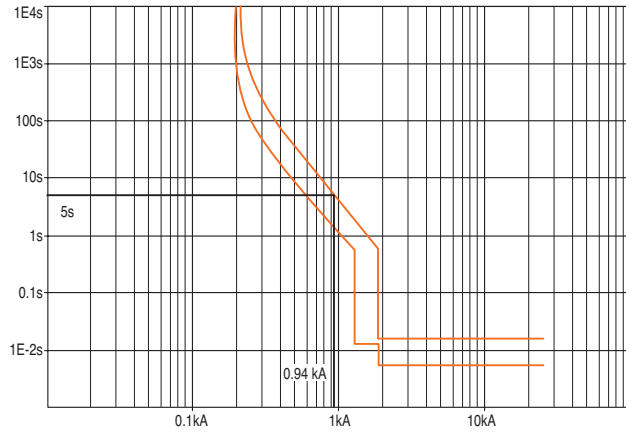
Bu yazıda daha ayrıntılı olarak açıklandığı üzere, koruyucu cihazın, açıktaki iletken bölümlerin dağıtım sistemi ve topraklama yöntemi ile koordine olması gereklidir.

Böylece, hata sonucu açığındaki iletken bölümlerde mevcut tehlikeli dokunma gerilimlerinin devam etmesini sınırlandıracak şekilde açma meydana gelmesi sağlanır. Şekil 2, nötrün doğrudan topraklandığı bir sistemdeki toprak hata akım yolunun bir örneğini göstermektedir. Açıkta kalan iletken bölümler, nötrün (TN sistemi) aynı topraklama düzenlemesine ve Tmax T1C160 R160 tipi bir termik manyetik devre kesicinin açma eğrisine bağlanmıştır.

Şekil 2
Toprak akımı yolu



Açma eğrisi Tmax T1C160 In160



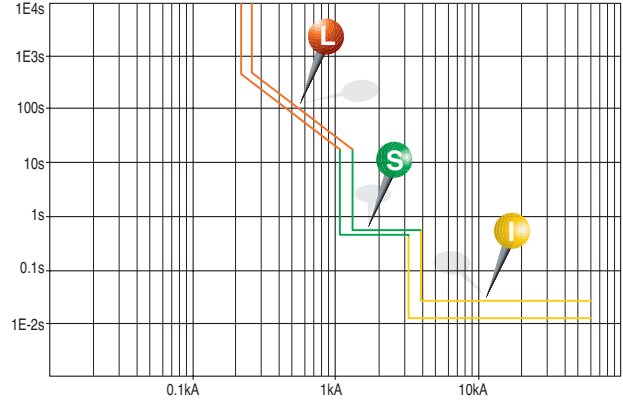
Diyagramda da görüleceği üzere, 940 A'lık bir toprak hata akımı varsayarak, devre kesici azami 5 saniye içinde (yüksek toleranslı eğri üzerinde okunan değer) açma yapacaktır.

Mikroişlemci tabanlı elektronik koruma ünitesine sahip otomatik devre kesiciler

Otomatik devre kesicilerin elektronik koruma üniteleriyle sağladığı koruma, termomanyetik koruma üniteli devre kesiciler tarafından sağlananlara tamamen benzerdir. Mikroişlemci tabanlı elektronik koruma ünitesi tarafından uygulanan koruma fonksiyonları, aşırı yük (L koruması),

kısa devre (S ve I koruması) ve dolaylı temaslara karşı koruma sağlar.

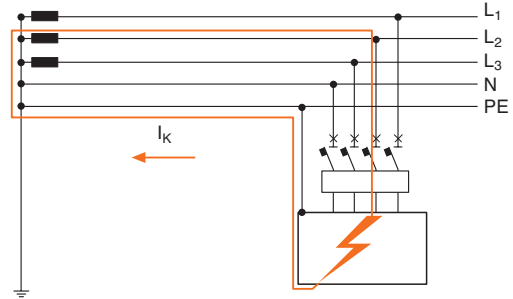
Şekil 3



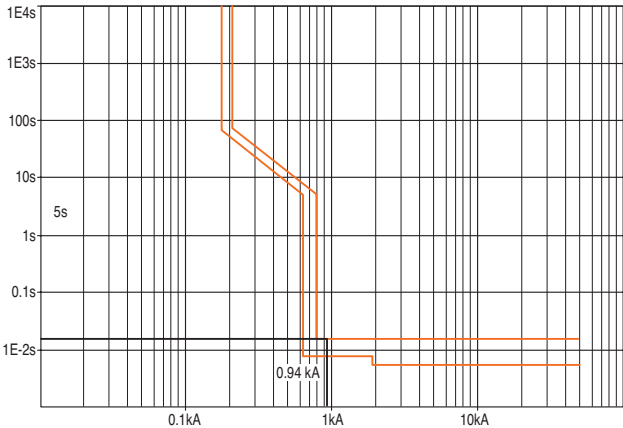
Elektronik koruma üniteleri, hem açma süreleri hem de akım eşikleri bakımından doğru bir ayar yapılmasını ve böylece kurulum gereksinimlerinin tamamen karşılanmasını sağlar. Şekil 4, önceki ile aynı örneği göstermektedir, ancak, elektronik koruma ünitesi, Tmax T2S160 PR221DS-LS / I In160 tipi bir devre kesiciye koruyucu cihaz olarak kurulmuştur.

Şekil 4

Toprak akımı yolu



T2S160 PR221DS-LS/I In160 açma eğrisi



Düşük bir manyetik eşik değeri (yaklaşık 750 A) ayarlama olasılığı, termik manyetik devre ile aynı koşullar altında, aynı boyuttaki termik manyetik bir devre kesici ile elde

edilebilen süreden çok daha hızlı olan manyetik açmaya (yaklaşık on milisaniye) karşılık gelen bir açma süresinin elde edilmesini sağlar.

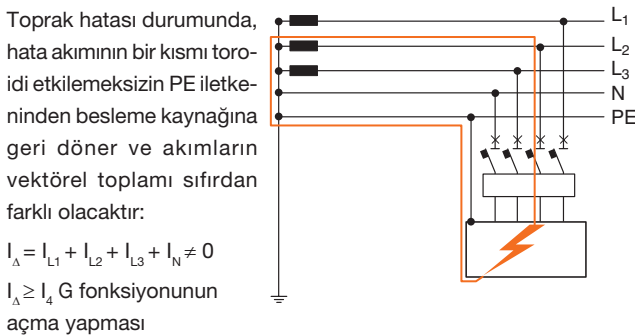
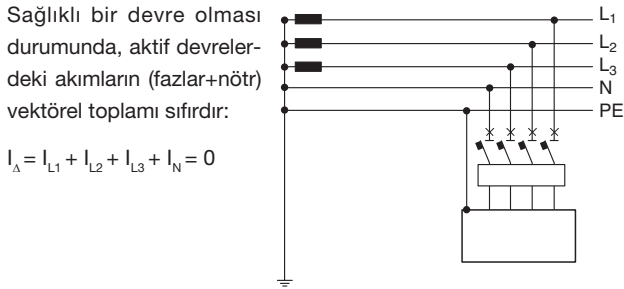
Toprak hatasına karşı entegre korumalı mikroişlemci tabanlı elektronik koruma ünitesine sahip otomatik devre kesiciler (G fonksiyonu)

Mikroişlemci tabanlı elektronik röleler, aşırı yük (L) ve kısa devreye (S ve I) karşı koruma işlevlerine ek olarak toprak hatasına karşı G fonksiyonu adı verilen özel bir koruma fonksiyonu sunar.

G koruma fonksiyonu, yüklü iletkenlerde (üç faz ve nötr) akan akımların vektör toplamını değerlendirebilir. Sağlıklı bir devrede bu toplam sıfırdır, ancak bir toprak hatası mevcut olduğunda, hata akımının bir kısmı, iletkenleri etkilemeden koruyucu iletken ve/veya toprak üzerinden besleme kaynağına geri dönecektir.

Bu akım G fonksiyonu için ayarlanan açma değerinden yüksekse, devre kesici ilgili ayar süresi içinde açma yapacaktır. Şekil 5, çalışma prensibini göstermektedir.

Şekil 5: G fonksiyonunun çalışma prensibi

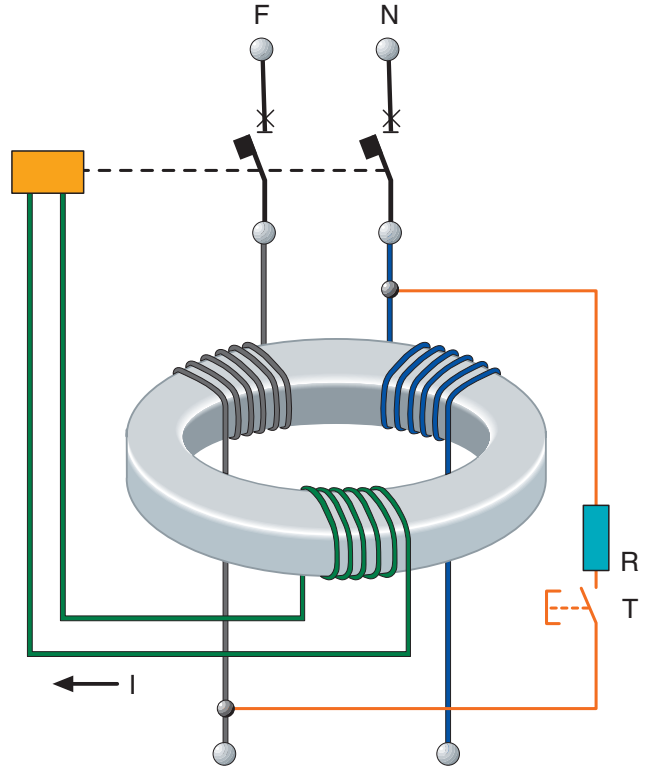


Entegre kaçak akım koruma üniteleri olan termik manyetik veya elektronik devre kesiciler

Entegre kaçak akım koruma ünitesine sahip otomatik devre kesiciler, kaçak akım rölesi ve aşırı akım koruma ünitesini tek bir aygıtta birleştirir ve hem akımın toprak kaçağı hem de aşırı akım/kısa devre nedeniyle açma yapar.

Kaçak akım rölesinin çalışma prensibi, tüm yüklü iletkenleri ve eğer dağıtılıyorsa nötrü içeren toroidal bir transformatör aracılığıyla toprak hata akımının tespit edilmesinden oluşur.

Şekil 6: Kaçak akım rölesinin çalışma prensibi



Bir toprak hatası olmadığında, akımların vektörel toplamı I_{Δ} sıfıra eşittir; bir toprak hatası durumunda, I_{Δ} değeri nominal artık işletim akımı $I_{\Delta n}$ 'yi aşarsa, toroidin sekonder tarafındaki devre, devre kesicinin açma yapmasına neden olan özel bir açma bobinine bir komut sinyali gönderir.

Kaçak akım devre kesicilerinin birincil sınıflandırması, hata akım tiplerine karşı duyarlılığına göre mümkündür:

- AC tipi: sinüzoidal alternatif akım kaçaklarda açma sağlar;
- A tipi: sinüzoidal alternatif akım ve darbeli tek yönlü kaçak akımlar için açma sağlar;

- B tipi: sinüzoidal alternatif akım ve darbeli tek yönlü kaçak akımların yanı sıra sürekli kaçak akımlar için açma sağlanır.

Tablo 2: Kaçak akım cihazlarının tipleri

	Kaçak akım tipi	Cihazların doğru çalışması		
		AC	A	B
Sinüzoidal ac	aniden uygulanan  yavaşça artan 	+	+	+
Darbeli dc	aniden uygulanan  birlikte/hariç 0.006A  yavaşça artan 		+	+
Düz dc				+

Açma gecikmesine dayanarak başka bir sınıflandırma oluşturulur;

- gecikmesiz tip
- zaman gecikmeli tip S.

Saf kaçak akım devre kesicileri

Saf kaçak akım devre kesiciler, sadece kaçak akım bobini ile donatılmıştır ve bu nedenle sadece toprak hatasına karşı koruma sağlarlar. Termik ve dinamik streslere karşı koruma için termomanyetik devre kesiciler veya sigortalarla birleştirilmelidir.

Çalışma prensipleri, daha önce anlatılanla aynıdır.

Kaçak akım röleleri

Pano tipi kaçak akım röleleri olarak da bilinen kaçak akım röleleri, devrenin yüklü iletkenlerine harici olarak kurulacak ayrı bir toroid vasıtasıyla topraklama hata akımının tespit fonksiyonunu gerçekleştirir. Kaçak akım ayarlanan eşiğin üzerine çıkarsa, röle bir devre kesicinin açma mekanizmasına komut vermek için kullanılan bir kontağı devreye sokar.

Bunlar, kurulum koşullarının özellikle kısıtlayıcı olduğu endüstriyel tesislerde kullanılan cihazlardır; örneğin hali hazırda kurulu devre kesiciler veya devre kesici hücresindeki sınırlı alan.

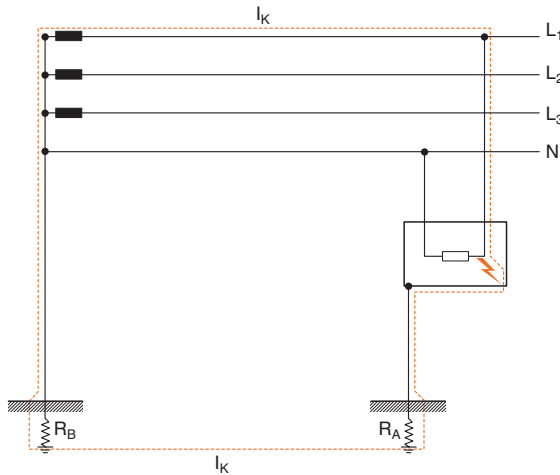
Çalışma prensipleri, daha önce anlatılanla aynıdır.



5.3 TT sistemlerde dolaylı temasa karşı koruma

Bir TT sistemdeki bir toprak hatası, Şekil 7’de gösterilen devreden kaynaklanır.

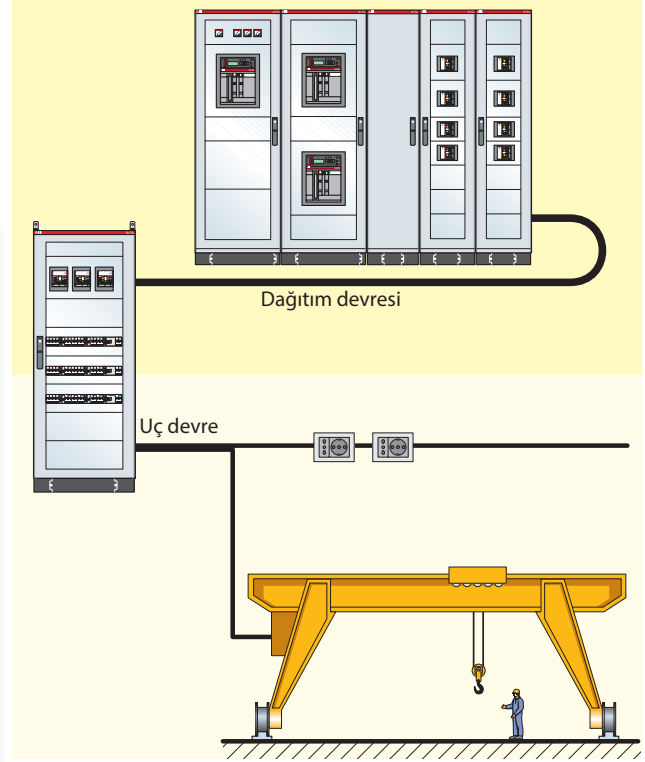
Şekil 7



Hata akımı, transformatörün sekonder sargısı, hat iletkeni, hata direnci, koruyucu iletken ve toprak elektrodu direnci (kullanıcı tesisinin R_A ’sı ve nötrün R_B ’si) boyunca akar. IEC 60364-4 gereksinimlerine göre, dokunma gerilimi insan vücudu için zararlı değerlere ulaştığında, kaynağı hızlı bir şekilde kesmek için koruyucu cihazlar topraklama düzeni ile koordine edilmelidir.

Bu tür gereksinimleri tanımlamadan önce, yukarıda belirtilen standartta tanımlanan farklı devre tiplerini bilmek yararlı olacaktır; özellikle bir fabrikada, devreler aşağıdakilere ayrılabilir:

- uç devre: genellikle ekipmanı besleyen bir devre (örneğin aspiratör, köprü vinç vb.)
- dağıtım devresi: diğer nihai devrelerin bağlı olduğu bir dağıtım panosunu besleyen bir devredir.



Bir TT sisteminde, devrenin otomatik olarak kesilmesi yoluyla dolaylı temasa karşı doğru bir koruma sağlamak için aşağıdaki koşullardan birine uymak gerekir (IEC 60364-4 uyarınca):

Kaçak akım cihazlarıyla korunma

50V’yi limit gerilim olarak varsayarak (standart ortamlar), kaçak akım cihazları ile dolaylı temasa karşı koruma sağlamak için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekir:

$$R_A \cdot I_{\Delta n} \leq 50V \quad \text{ise: } R_A \leq \frac{50V}{I_{\Delta n}}$$

burada:

R_A topraklama elektrodunun ve açıktaki iletken bölümlerin koruyucu iletkeninin toplam direncidir (ohm olarak)¹;

$I_{\Delta n}$ kaçak akım devre kesicisinin nominal artık işletim akımıdır.

¹ Topraklama elektrodunun direnci koruyucu iletkenin direnciyle seri haldedir ve bu direnç R_A ’ya kıyasla önemsizdir; sonuç olarak, formülde, yalnızca kullanıcı tesisi toprak elektrodunun direncini göz önüne almak mümkündür.

Bağlantıyı kesme süreleri ile ilgili olarak standart, iki ihtimali ayırt eder;

- nominal akımları 32A'yı aşmayan nihai devreler: bu durumda, yukarıda belirtilen şartların Tablo 3'te gösterilen sürelerle (hata akımlarına atıfta bulunulan değerler, kaçak akım devre kesicilerinin nominal kaçak akımından önemli ölçüde daha yüksektir, tipik olarak $5 \cdot I_{\Delta n}$) yerine getirilmesi gereklidir;
- dağıtım devresi veya nihai devrenin nominal akımları 32A'yı aşıyorsa: yukarıdaki durumun 1 s'yi geçmeyen bir süreyle (konvansiyonel zaman) yerine getirilmesi gereklidir.

Tablo 3: 32 A'yı aşmayan nihai devreler için maks. ayırma süreleri

	50V < U ₀ ≤ 120V s		130V < U ₀ ≤ 230V s		230V < U ₀ ≤ 400V s		U ₀ > 400V s	
Sistem	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.
TT	0.3	Not 1	0.2	0.4	0.07	0.2	0.04	0.1

U₀ nominal AC veya DC hat-toprak gerilimi.

TT sistemlerde ayırmanın aşırı akım koruyucu bir cihaz tarafından gerçekleştirildiğinde ve koruyucu eş potansiyel kuşaklama, tesisat içerisindeki tüm yabancı iletken bölümlere bağlandığında, TN sistemler için mümkün olan maksimum ayırma süreleri kullanılabilir.

NOT 1 Elektrik çarpmasına karşı koruma dışında nedenlerden dolayı da ayırma gerekebilir.

NOT 2 Yukarıda belirtilen şartlara uyum sağlandığında, yukarıdaki tabloya uygun olarak RCD ile sağlanan ayırma süreleri, RCD'nin nominal kaçak işletim akımı değerinden önemli ölçüde daha yüksek olan beklenen kaçak akımlar ile ilgili olur (tipik olarak $5 \cdot I_{\Delta n}$).

Yukarıdakilerden anlaşılacağı gibi, topraklama düzenlemesinin R_A direncinin değeri, farklı duyarlılığı olan kaçak akım devre kesicileri kullanılarak farklılık gösterir; zira yukarıda belirtilen ilişkide payda bulunan akım miktarı farklıdır. Aslında, 30mA hassasiyette bir artık akım cihazı kullanarak, aşağıdakinden daha düşük bir topraklama direnci değeri

$$R_A \leq \frac{50}{0.03} = 1666.6\Omega$$

elde edilebilirken, daha az duyarlı bir artık akım cihazı (örneğin 300mA hassasiyetli) ile aşağıdakinden daha düşük bir topraklama direnci:

$$R_A \leq \frac{50}{0.3} = 166.6\Omega$$

elde edilecektir.

Örnekte gösterildiği üzere, daha hassas bir kaçak akım cihazı sayesinde, pratik bir bakış açısıyla, cihazın kendi karakteristikleriyle koordine edilmiş bir topraklama sistemini hayata geçirmek daha kolay olacaktır.

Tablo 4, kaçak akım cihazlarıyla ve ortak bir ortam (50V) referans alınarak elde edilebilen maksimum toprak direnci değerlerini göstermektedir:

Tablo 4

I _{Δn} [A]	R _A [Ω]
0.01	5000
0.03	1666
0.1	500
0.3	166
0.5	100
3	16
10	5
30	1.6

Kaçak akım cihazlarının çalışma prensibi

Kaçak akım cihazlarının çalışma prensibi, eğer dağıtılıyorsa nötr de dâhil olmak üzere tüm yüklü iletkenleri kapsayan toroidal bir transformatör aracılığıyla toprak hata akımının tespit edilmesinden oluşur. Bir toprak hatası olmadığı durumda akımların vektörel toplamı (I_Δ) sıfıra eşittir; bir topraklama hatası durumunda, I_Δ değeri, I_{Δn} olarak adlandırılan açma eşiğinin değerini aşarsa, toroidin sekonderindeki devre, devre kesicinin açmasına neden olan özel bir açma cihazına bir komut sinyali gönderir.

Topraklama düzenlemesiyle koordinasyona ek olarak, nominal işletim kaçak akımı I_{Δn}'i seçmek için, normal çalışma koşullarında tesisatın toplam kaçak akımı da dikkate alınacak ve istenmeyen açmalardan kaçınmak için bu tür akımlar 0.5 x I_{Δn}'yi aşmayacaktır.

Aşırı akım koruma cihazlarıyla korunma

Faz-toprak hatalarına ve dolaylı teması karşı koruma için otomatik cihaz seçimi, ayırma sürelerini hata döngüsünün empedansı ile uygun bir şekilde koordine ederek gerçekleştirilmelidir.

Sonuç olarak aşağıdaki koşulu sağlamak gereklidir:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

burada:

Z_s hata döngüsünün empedansıdır (ohm cinsinden)

- kaynak;
- hata noktasına kadar hat iletkeni;
- açıktaki iletken bölümlerin koruyucu iletkeni;
- topraklama iletkeni;
- kurulumun toprak elektrodu;
- kaynağın toprak elektrodu;

I_a 32A'yı aşmayan akımlara sahip nihai devreler için veya 1 saniye içinde akımları 32A'yı aşan dağıtım devreleri ve nihai devreler için Tablo 3'te gösterilen zamanlardaki ayırma akımıdır;

U_0 nominal AC r.m.s. toprak gerilimidir (V).

Otomatik cihazın seçimi, kesme sürelerini hata döngüsünün empedansı ile doğru bir şekilde koordine ederek yapılacaktır.

$Z_s \cdot I_a \leq U_0$ ilişkisi şu şekilde ifade edilebilir:

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_s} = I_{\text{KL-toprağa}}$$

burada $I_{\text{KL-toprağa}}$ faz-toprak hata akımıdır. Dolayısıyla, koruma cihazının açma akımı I_a (Tablo 3'te gösterilen zaman veya 1s içinde), korunacak açıktaki iletken bölümdeki faz-toprak hata akımından ($I_{\text{KL-toprağa}}$) daha düşük olduğu zaman, dolaylı temastan korunmanın doğrulanabileceğini belirtmek mümkündür.

TT dağıtım sistemlerinde kaçak akım cihazının kullanılması, kolaylıkla elde edilebilen bir toprak direnci değerine sahip bir topraklama düzenlemesine izin verirken, otomatik devre kesicilerin kullanımı ancak düşük toprak direnci (R_A) değerleri durumunda mümkündür (pratikte elde edilmesi çok zor); bununla birlikte, bu gibi durumlarda, nötrün topraklama direnci ihmal edilebilir (aslında toprak direnciyle aynı miktarda değerlere erişebilir) kabul edilemeyeceği için hata devresinin empedansını (Z_s) hesaplamak çok zor olabilir.

Elektronik koruma üniteleriyle donatılmış devre kesicilerle dolaylı teması karşı korunma

Daha önce belirtildiği gibi, TT sistemlerde toprak hata akımları düşük değerlere sahiptir ve dolayısıyla, standart tarafından istenen süreler içinde faz korumalı termomanyetik/elektronik koruma üniteleri kullanarak bu korumayı sağlamak zor veya imkânsız olabilir. Bu gibi durumlarda, özellikle çok yüksek olmayan toprak hata akımlarıyla koruma fonksiyonları geliştiren G koruma fonksiyonunu sağlayan gelişmiş elektronik koruma üniteleri kullanmak mümkündür.

Bu korumanın yüklü iletkenlerden akan akımların vektörel toplamını (üç faz ve nötr arasında) değerlendirebileceğini unutmamak önemlidir. Sağlıklı bir devrede bu toplam sıfırdır, ancak bir toprak hatası mevcut olduğunda, hata akımının bir kısmı, hat iletkenlerini etkilemeden koruyucu iletken ve/veya toprak üzerinden besleme kaynağına geri dönecektir.

Bu akım G koruması için ayarlanan değerden yüksekse, devre kesici elektronik koruma ünitesinde ayarlanan sürede açma yapacaktır.

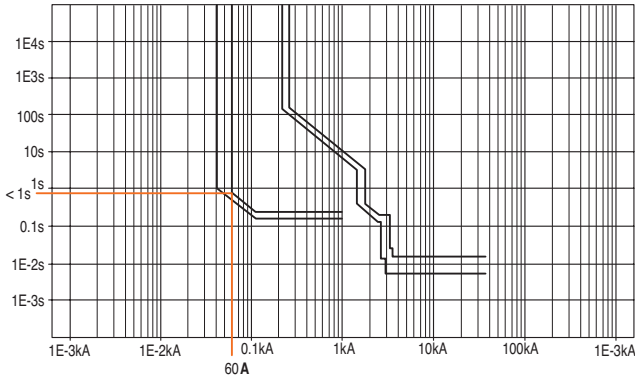
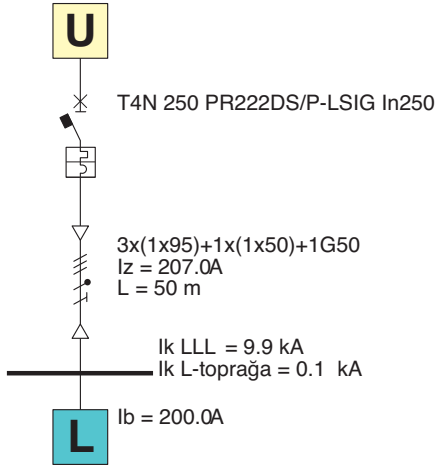
G fonksiyonunu kullanarak, dolaylı teması karşı koruma sağlamak için yerine getirilmesi gereken koşul şu şekildedir:

$$Z_s \cdot I_4 \leq U_0$$

Burada I_4 , koruma fonksiyonunun toprak hatasına karşı amper değeridir; bu değer, In için 0.2'den 1'e ayarlanabilir olduğundan, G fonksiyonunu kullanarak, hata döngüsünün yüksek empedans değerleri ve dolayısıyla düşük toprak hata akımları için dolaylı temaslara karşı nasıl koruma sağlanabileceğinin fark edilmesi kolaydır.

Aşağıdaki örnekte (Şekil 8) elektronik koruma ünitesi tipi PR222DS/P LSIG ile donatılmış devre kesici Tmax T4N250 In250A'nın olası ayarları gösterilmektedir.

Şekil 8



T4N 250 PR222DS/P-LSIG In 250 A

L:	$I_1 = 0.80 \times I_n$	$t_1 = 6s$
S: $I^2t = \text{sabit}$	$I_2 = 6.40 \times I_n$	$t_2 = 0.25s$
I:	$I_3 = 12 \times I_n$	
G: $I^2t = \text{sabit}$	$I_4 = 0.20 \times I_n$	$t_4 = 0.20s$

Bir örnek: $0.20 \times I_n$ (bkz. Şekil 8) olarak ayarlanan koruma fonksiyonu kullanılarak, aşıldığında 1 saniyede açma gerçekleşen akım değeri 60A'dır (üst tolerans da dahil olmak üzere değer).

Faz-toprak hata akımının (100A) değeri 1 saniye içinde açma değerinden daha yüksek olur; böylece dolaylı akıma karşı koruma sağlanır.

Eğer koruma fonksiyonu G kullanılmazsa, bu fonksiyonların ayarları dikkate alınan hata akımlarına kıyasla çok yüksek olduğundan faz korumaları 100A'lık akımı algılamaz.

Sonuçlar

Özetlemek gerekirse, TT sistemlerinde IEC 60364 standardı aşağıdakilerin kullanılmasına izin verir:

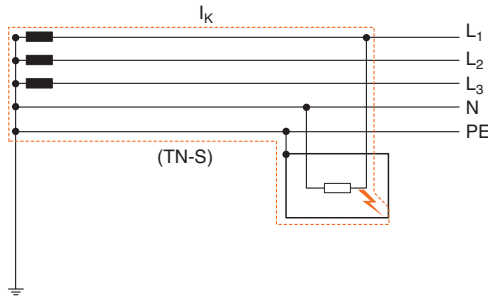
- 32A'dan daha düşük akımlara sahip nihai devreler için Tablo 3'te bildirilen ayırma sürelerinde veya nominal akımları 32 A'yı aşan dağıtım devreleri ve nihai devreler için 1s içinde $R_A \cdot I_{\Delta n} \leq 50V$ koşuluna uyan kaçak akım cihazları;
- 32A'dan daha düşük akımlara sahip nihai devreler için Tablo 3'te bildirilen ayırma sürelerinde veya nominal akımları 32 A'yı aşan dağıtım devreleri ve nihai devreler için 1s içinde $Z_s \cdot I_a \leq U_0$ koşuluna uyan aşırı akımlara karşı otomatik koruyucu cihazlar;

Otomatik ayırma, tablonun ayırma sürelerine uygun olarak ya da konvansiyonel sürede elde edilemiyorsa, toprağa bağlı eş potansiyel kuşaklama(bonding) sağlanmalıdır. Bununla birlikte, ilave koruyucu kuşaklama kullanılması, yangından koruma veya donanımdaki termik stresler gibi başka nedenlerle kaynağı kesme ihtiyacını ortadan kaldırmaz.

5.4 TN sistemlerde dolaylı temasa karşı koruma

Bir TN sistemdeki bir toprak hatası, Şekil 9'de gösterilen hata devresinden kaynaklanır.

Şekil 9



Şekilde görüldüğü gibi, hata döngüsü topraklama düzenlemesini etkilemez ve temel olarak koruyucu iletken (PE) tarafından oluşturulmuştur.

Devrenin otomatik olarak ayrılmasıyla TN sisteminde dolaylı temasa karşı koruma sağlamak için IEC 60364-4-41 standardına göre aşağıdaki koşullar sağlanacaktır:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

burada:

Z_s kaynak, hata noktasına hat iletkeni ve hata noktası ile kaynak arasındaki koruyucu iletkenin oluşan hata döngüsünün empedansıdır (ohm cinsinden);

I_a Tablo 5'te tanımlanan zaman aralıklarında, 32A'yı aşmayan akımlara sahip nihai devreler için ya da 32A'yı aşan akımlara sahip dağıtım devreleri ve nihai devreler için 5 saniye içinde U_0 nominal geriliminin bir fonksiyonu olarak koruyucu cihazın amper cinsinden ayırma akımıdır (devre tipolojilerinin tanımı için TT sistemleri için verilen göstergeler referans alınacaktır).

Tablo 5: 32 A'yı aşmayan nihai devreler için maks. ayırma süreleri

	50V<U ₀ ≤120V s		120V<U ₀ ≤230V s		230V<U ₀ ≤400V s		U ₀ >400V s	
Sistem	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.
TN	0.8	Not 1	0.4	5	0.2	0.4	0.1	0.1

NOT 1 Elektrik çarpmasına karşı koruma dışında nedenlerden dolayı da ayırma gerekebilir.

NOT 2 Yukarıda belirtilen şartlara uyum sağlandığında, yukarıdaki tabloya uygun olarak RCD ile sağlanan ayırma süreleri, RCD'nin nominal kaçak işletim akımı değerinden önemli ölçüde daha yüksek olan beklenen kaçak akımlar ile ilgili olur (tipik olarak $5 \cdot I_{\Delta n}$).

Faz-PE hatalarına ve dolaylı temasa karşı koruma için otomatik cihaz seçimi, ayırma sürelerini hata döngüsünün empedansı ile uygun bir şekilde koordine ederek gerçekleştirilmelidir.

TN sistemlerinde AG tarafında PE olan cıvata bağlantılı bir hata fazı-PE, genellikle hat iletkeninden (veya iletkenlerinden) geçen bir kısa devre ve topraklama hatası akımına benzer bir akım üretir ve koruyucu iletken kesinlikle topraklama düzenini etkilemez.

$Z_s \cdot I_a \leq U_0$ ilişkisi şu şekilde ifade edilebilir:

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_s} = I_{KLPE}$$

burada I_{KLPE} faz-PE hata akımıdır. Dolayısıyla, koruma cihazının açma akımı I_a (Tablo 5'te gösterilen zaman veya 5s içinde), korunacak açıktaki iletken bölümdeki faz-PE hata akımından (I_{KLPE}) daha düşük olduğu zaman, dolaylı temastan korunmanın doğrulanabileceğini belirtmek mümkündür.

TN sistemlerde dolaylı temaslara karşı koruma için aşağıdaki cihazlar kullanılır:

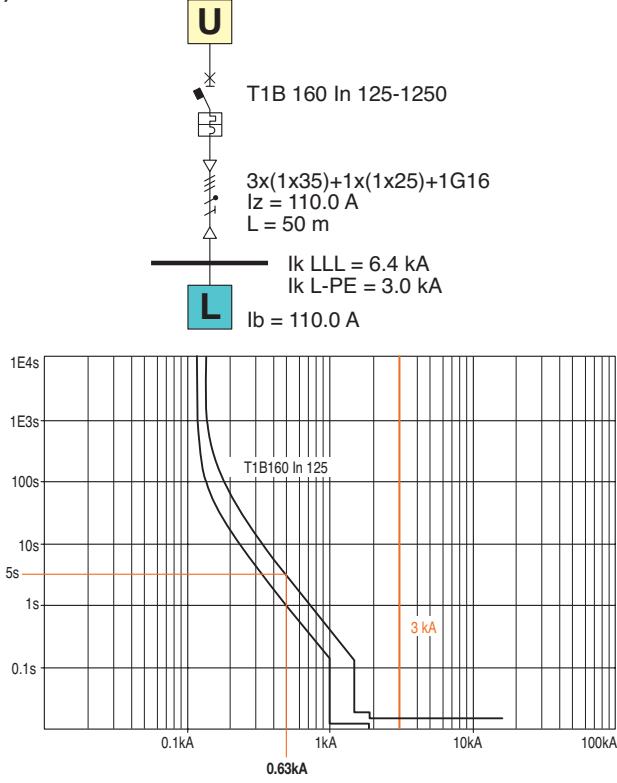
- termomanyetik koruma üniteli devre kesiciler;
- elektronik koruma üniteli devre kesiciler;
- kaçak akım cihazları (sadece TN-S).

Termomanyetik koruma üniteleriyle dolaylı temasa karşı koruma

Daha önce açıklandığı gibi, TN dağıtım sistemlerinde toprak hata akımları (açıktaki iletken bölümlere), hata döngüsünün düşük empedans değeri nedeniyle oldukça yüksek çıkmaktadır; dolayısıyla, çoğu durumda, dolaylı temasa karşı koruma, belirlenen süreler içinde bağlantıyı kesen hata akımının, hata akımından düşük olması koşuluyla, termomanyetik devre kesiciler tarafından garanti edilebilir.

Bir sonraki sayfada verilen örnekte (Şekil 10) 400V'de bir TN-S sisteminde yükü $I_b > 32A$ ile besleyen bir nihai devrede dolaylı temasa karşı korumayı doğrulamak hedeflenmektedir. Bu amaçla, söz konusu açıktaki iletken bölüm ile uyumlu olarak faz-PE hata akımının, 5 saniyede kesilmesine neden olan akımdan daha büyük olduğunu doğrulamak yeterlidir.

Şekil 10



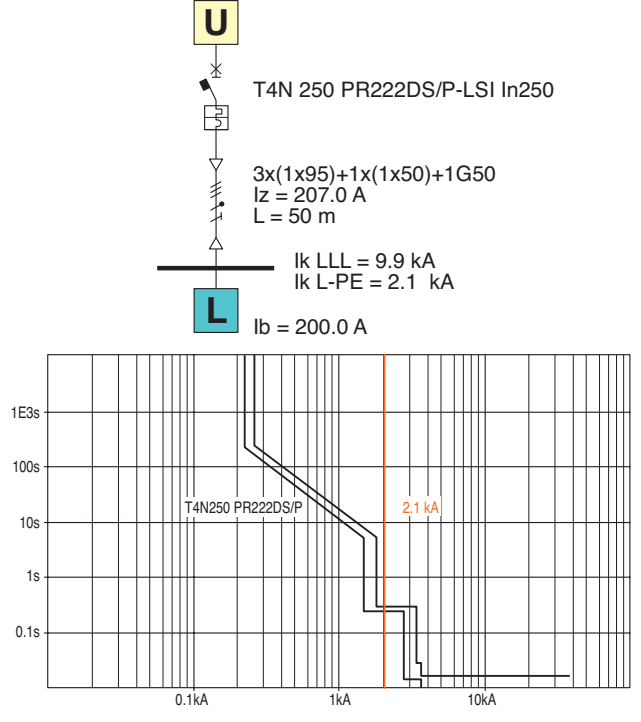
Bu örnekte, 5 saniyeden daha kısa bir sürede ayırmaya neden olan akım (üst tolerans göz önüne alındığında) 3kA olan faz-PE hata akımından daha düşüktür; sonuç olarak, standardın gerektirdiği ayırma süreleri sağlanır. Yük, 32A'dan daha düşük akımlara sahip olan bir nihai devre olsaydı (örn. küçük bir aspiratör), faz-PE hatasında devre kesicinin bağlantısının kesilmesinin, Tablo 5'te verilen daha kısa sürede gerçekleştiğini doğrulamak gerekirdi.

Elektronik koruma üniteleriyle dolaylı temasa karşı koruma
Elektronik koruma üniteleriyle ilgili olarak, koruma fonksiyonları L (aşırı yüke karşı), S (gecikmeli kısa devreye karşı) ve I (ani kısa devre) için önceki durumdaki aynı talimatlar takip edilebilir.

Tabii ki, elektronik koruma üniteleri hem ayırma süreleri hem de akım eşikleri açısından doğru ayarlara izin verir. Bu koruma ünitelerinin kullanımı, faz-PE hata akımlarının yüksek bir değere ulaştığı ve faz korumalarını (L-S-I) etkilediği tesislerde bir uygulama bulmaktadır; bununla birlikte, bu tür bir kullanım çok düşük ayarlar nedeniyle aşırı akım seçiciliğinde (aşırı yük ve kısa devre) olumsuz bir etkiye de sahip olabilir.

Aşağıdaki örnekte (Şekil 11) elektronik koruma ünitesi tipi PR222DS/P LSI ile donatılmış devre kesici T4N 250 In250A'nın olası ayarları gösterilmektedir.

Şekil 11



T4N 250 PR222DS/P-LSI In 250 A

L:	$I_1 = 0.8 \times I_n$	$t_1 = 9s$
S: t=sabit	$I_2 = 6.4 \times I_n$	$t_2 = 0.25s$
I:	$I_3 = 12 \times I_n$	

Özellikle, fonksiyon S'nin I_2 eşiği, hatayı 0.25 saniyeden daha kısa bir sürede söndürmek üzere ayarlanmıştır. Bununla birlikte, bu değer olası ayarlardan sadece birini temsil eder, zira I fonksiyonu dolaylı temasa karşı koruma için de kullanılabilir.

Eğer korunacak devre, nominal akımı 32A'dan daha düşük bir nihai devre olsaydı, korumanın ayırma süresinin Tablo 5'teki zamanlar dâhilinde gerçekleştiğini doğrulamamız gerekirdi.

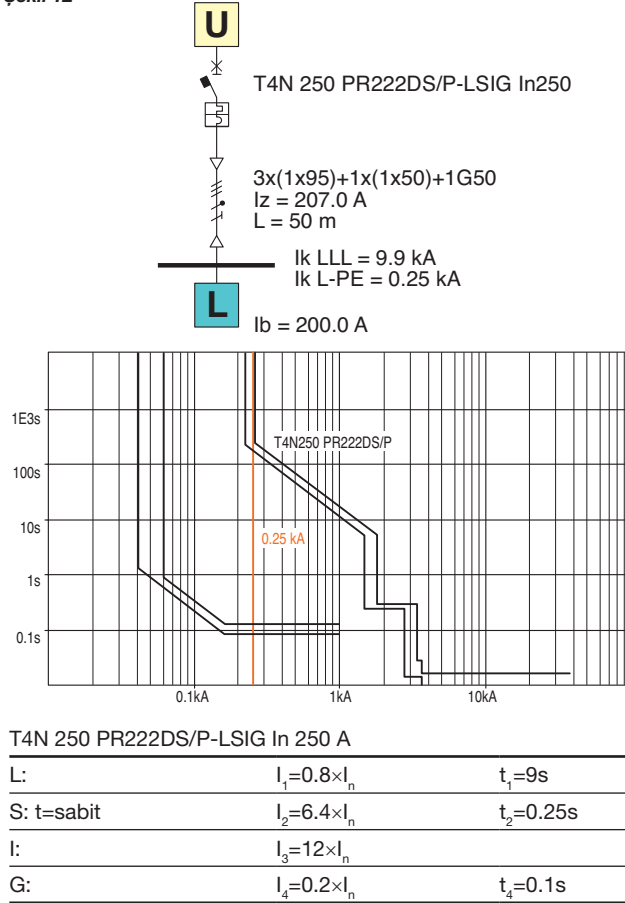
Hata devresinin empedansının, faz korumalarının Standart tarafından öngörülen süreler içinde kesilmesine izin vermeyecek kadar küçük değerler aldığı durumlara karşı gelmesini sağladığından veya seçicilik sebebiyle S ve I fonksiyonlarının yüksek değerlere ayarlanması gerektiğinden, G fonksiyonu toprak hatalarına karşı korumayı güçlendirir. G fonksiyonunu kullanarak, dolaylı temasa karşı koruma sağlamak için yerine getirilmesi gereken koşul şu şekildedir:

$$Z_s \cdot I_4 \leq U_0$$

burada I_4 , toprak hatalarına karşı koruma fonksiyonunun ayar değeridir. Bu değer, (koruma ünitesi tipine göre) 0.2'den 1 In'ye ayarlanabileceğinden, G fonksiyonunu kullanarak, faz korumasına kıyasla daha yüksek hata döngüsü empedans değerleri için dolaylı temasa karşı korumanın nasıl sağlanacağı anlaşılabilir.

Aşağıdaki örnekte (Şekil 12) elektronik koruma ünitesi tipi PR222DS/P LSIG ile donatılmış devre kesici Tmax T4N250 In250A'nın olası ayarları gösterilmektedir.

Şekil 12



TN-S sistemlerde, G fonksiyonu, faz koruma cihazlarının yeterli koruma sağlayamayacağı tüm durumların çözümünü sağlar; nitekim, bu durumda, 0,25kA faz-PE hata akımı ile, hiçbir faz koruması (L-S-I), 5 saniye içinde ayırma garantisi veremeyecektir (çünkü göz önüne alınan devre, $I_b > 32A$ olan bir nihai devredir).

Korunacak devre, nominal akımı 32A'dan daha düşük bir nihai devre olsaydı, bir elektronik/termomanyetik koruma ünitesi kullanmamız ve Tablo 5'teki zamanlar dâhilinde devre kesici faz korumaları yardımıyla dolaylı temas karşı hattı korumamız gerekecekti.

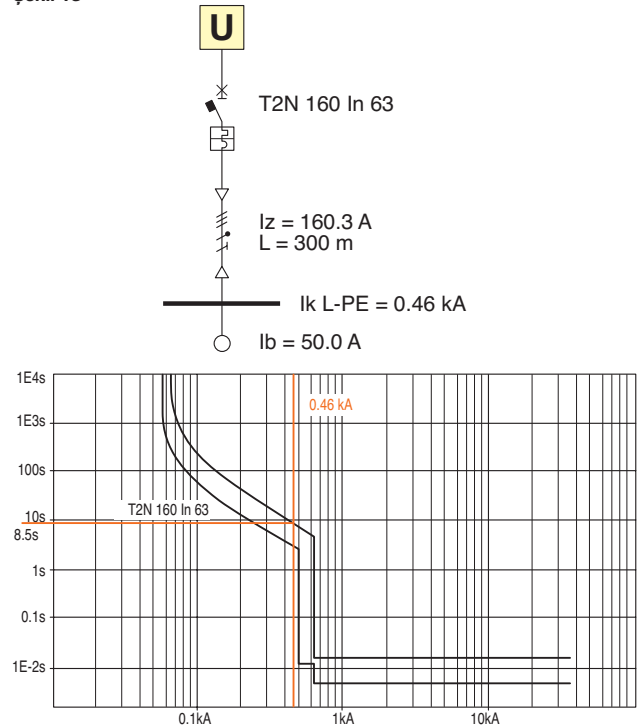
TN-C sistemlerinde, üç fazlı yük ve nötr besleyen bir hatta G fonksiyonunun kullanılması mümkün değildir. Nitekim, bu durumda, bu koşullar altında hat iletkenlerindeki ve nötrdeki akımların toplamı daima sıfıra eşit olacağından mikroişlemci tabanlı koruma ünitesi, toprak hata akımını algılayamayacaktır; çünkü hata akımı, aynı zamanda koruyucu iletken PEN olan nötr iletkenine aittir (daha ayrıntılı açıklama için bir sonraki paragrafta başvurulmalıdır).

Kaçak akım cihazlarıyla dolaylı temas karşı koruma

Kaçak akım devre kesicilerinin kullanılması koruma koşullarını daha da geliştirir; özellikle de cıvatalı bir hata olmadığında veya kısa devre akımını sınırlayan kayda değer bir empedansın bulunduğu çok uzun bir hattın sonunda bir hata olması durumunda; bu, yeterince uzun süre devam edebilir ve böylece sıcaklık artışı ve yangın tehlikesine neden olabilir.

Yukarıda açıklananlar için Şekil 13, 300 m uzunluğunda bir kablo ile beslenen ve termik manyetik devre kesici Tmax T2N 160 In 80 ile korunan bir nihai devre örneğini göstermektedir. Kablonun yüksek empedansı nedeniyle faz-PE hata akımının değeri 0,46 kA'ya eşittir. Bu değerde, devre kesici, standardın gerektirdiği kesme sürelerine uymayarak 5 saniyenin üzerinde bir zamanda (toleransı göz önünde bulundurarak yaklaşık 8,5 saniye) keser. Bu durumda, kaçak akım devre kesicisi, standart gereksinimleriyle uygun olarak hata akımının tespit edilmesine ve hızlı sürelerde bağlantı kesilmesine izin verir.

Şekil 13

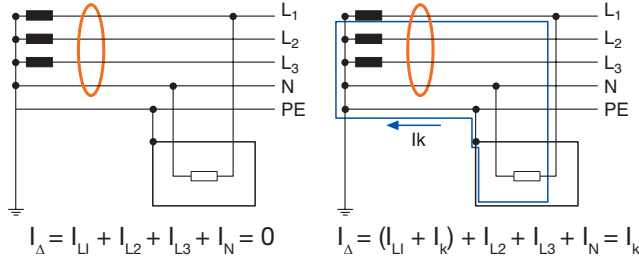


Nötr ve koruma fonksiyonları, bu cihazların çalışmasını engelleyen tek bir PEN iletkeni tarafından sağlandığından, kaçak akım devre kesiciler (G fonksiyonu olarak) TN-C sistemlerde kullanılamaz.

Yukarıdakileri anlamak için, kaçak akım devre kesicisinin çalışma prensibini hatırlamak gerekir; esasen, tüm yüklü iletkenler ve dağıtılmışsa nötr de dâhil olmak üzere bir toroid transformatörü aracılığıyla toprak hata akımını tespit eder.

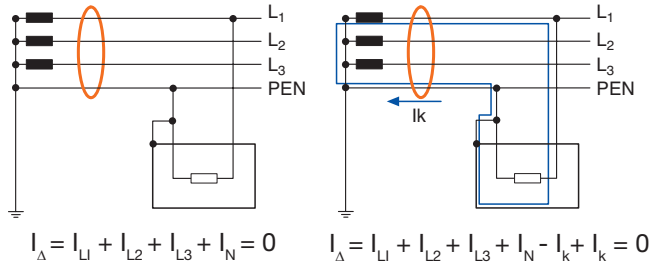
TN-S sisteminde toprak hata akımı, toroidi etkilemek-sizin PE koruyucu iletkeninden geri döner (Şekil 14); bu durumda, akımların vektörel toplamı sıfırdan farklıdır ve ayarlanmış eşikten daha yüksekse, kaçak akım cihazının çalışmasına neden olabilir.

Şekil 14: TN-S sistemlerdeki kaçak akım cihazı



Bir TN-C sisteminde toprak hata akımı, PEN koruma iletkeninden geri döner, böylece tekrar toroid² içinden geçer (Şekil 15); bu durumda akımların vektörel toplamı yine de sıfıra eşittir ve dolayısıyla kaçak akım cihazı ayırma yapamayacaktır.

Şekil 15: TN-C sistemlerdeki kaçak akım cihazı



Öte yandan, aynı sistemde, eğer nötr iletken toroidden geçmezse, tek fazlı bir yükün olması (dengesiz yük), devre hata koşulları altında olmasa bile kaçak akım cihazının istenmeyen açmasına neden olmak için yeterlidir.

Sonuçlar

Özetlemek gerekirse, TN sistemlerinde IEC 60364 standardı aşağıdakilerin kullanılmasına izin verir:

- 32A'dan daha düşük akımlara sahip nihai devreler için Tablo 5'in zamanları dahilinde ya da dağıtım devreleri veya nominal akımları 32A'yı aşan devreler için 5 saniye içinde $Z_s \cdot I_a \leq U_0$ koşulunu yerine getiren cihazlar (aşırı akımlara karşı hem kaçak akım, hem de otomatik cihazlar).

Otomatik ayırma, tablonun ayırma sürelerine uygun olarak ya da konvansiyonel sürede elde edilemiyorsa, toprağa bağlı koruyucu eş potansiyel kuşaklama sağlanmalıdır. Bununla birlikte, ilave koruyucu kuşaklama kullanılması, yangından koruma veya donanımdaki termik stresler gibi başka nedenlerle kaynağı kesme ihtiyacını ortadan kaldırmaz.

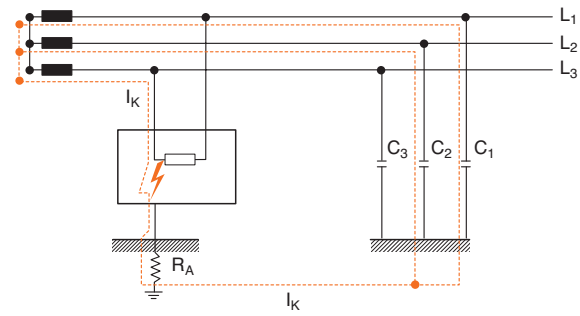
TN-C sistemlerde nötr bağlantılarının kesilmesi ve kaçak akım cihazlarının veya benzer çalışma prensibi olan cihazların (toprak hatalarına karşı G fonksiyonu) kullanımı mümkün değildir.

² Nitekim, toroid tüm yüklü iletkenleri (faz ve nötr) kapsar.

5.5 IT sistemlerde dolaylı temasa karşı koruma

Şekil 16'da gösterildiği gibi IT sistemlerde toprak hata akımı hat iletken dirençlerinden güç kaynağına akar. Bu nedenle, toprak hatası, korumanın kesilmesini önlemek için son derece düşük bir değere sahip olacaktır. Dolayısıyla, elde edilen dokunma gerilimleri de çok düşük olacaktır.

Şekil 16



IEC 60364-4'e göre, tek bir toprak hatası durumunda devrenin otomatik olarak ayrılması gerekli değildir, ancak aşağıdaki koşullar sağlanırsa:

$$R_A \cdot I_d \leq 50 \text{ Va.c.}$$

$$R_A \cdot I_d \leq 120 \text{ Vd.c.}$$

burada:

- R_A topraklama elektrodunun ve açıktaki iletken bölümlerin koruyucu iletkeninin toplam direncidir (ohm olarak);
- I_d bir hat iletkeniyle açıktaki bir iletken bölüm arasındaki ihmal edilebilir empedansın ilk hatasının³ amper cinsinden hata akımıdır; bu değer, kaçak akımları ve elektrik tesisatının toplam topraklama empedansını hesaba katar.

Bu koşul yerine getirilirse, hatadan sonra açıkta kalan iletken kısımdaki dokunma gerilimi, insan vücudu tarafından belirsiz bir süre tolere edilebilen 50 V (alternatif akımda) olacaktır.

IT sistem kurulumlarında, bir hata ortaya çıktıktan sonra anormal bir durumun varlığını belirtmek için bir izolasyon izleme cihazı sağlanacaktır.

IEC 61557-8 standardına uygun bir izolasyon izleme cihazı, bir elektrik tesisatının izolasyonunu sürekli olarak izleyen bir cihazdır.

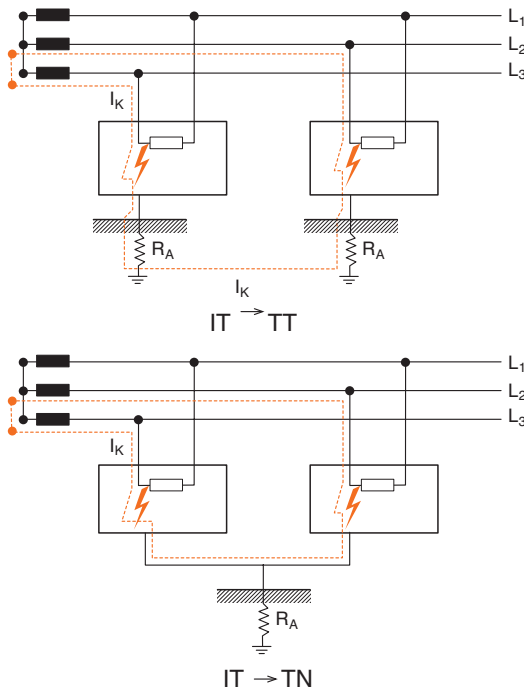
İkinci bir hata meydana gelmeden önce bu redüksiyonun sebebinin bulunması ve böylece güç kaynağının kesilmesini önlemek için bir tesisatın yalıtım seviyesindeki dikkate değer bir azalmanın sinyali vermesi amaçlanır.

³ Bu, standartta toprakla ilgili ilk hata olarak belirtilir; iki farklı evrede iki eşzamanlı hatanın meydana gelmesi, çift toprak hatası olarak adlandırılır.

Toprak hatasının oluşması, topraktan yalıtılmış bir şebekenin avantajlarını ortadan kaldırarak dağıtım sistemini değiştirir. Özellikle, toprakla ilgili bir hata durumunda iki durum meydana gelebilir (Şekil 17):

1. ekipmanın açıktaki iletken bölümlerinin ayrı ayrı topraklandığı durumda IT sistemi bir TT sistemi haline gelir;
2. ekipmanın açıkta kalan iletken bölümlerinin, ortaklaşa topraklanmış korumalı bir iletken ile birbirine bağlandığı durumda, IT sistemi bir TN sistemi haline gelir.

Şekil 17



Bu koşullar altında bir toprak hatası (çift hata) olması durumunda, Standart, aşağıdaki yöntemlere göre beslemenin kesileceğini öngörür:

- a) açıkta kalan iletken bölümlerin gruplar halinde veya ayrı ayrı topraklandığı durumlarda aşağıdaki koşul yerine getirilecektir:

$$R_A \cdot I_a \leq 50V$$

burada:

- R_A topraklama elektrodunun ve açıktaki iletken bölümlerin koruyucu iletkeninin toplam direncidir;
- I_a TT sistemler için uygun bir süre içerisinde koruyucu cihazın otomatik ayırma yapmasına neden olan akımdır.
- b) açıkta kalan iletken bölümlerin aynı topraklama

sistemine topluca topraklanmış bir koruyucu iletken ile birbirine bağlandığı durumlarda, bir TN sisteminin koşulları geçerli olur; özellikle aşağıdaki koşullar doğrulanacaktır:

$$Z_s \leq \frac{U}{2 \cdot I_a}$$

burada nötr dağıtılmaz

$$Z'_s \leq \frac{U_0}{2 \cdot I_a}$$

burada:

- U_0 hat iletkeni ve nötr iletken arasındaki nominal gerilimdir;
- U hat iletkenleri arasındaki nominal gerilimdir;
- Z_s hat iletkeni ve devrenin koruyucu iletkenini içeren hata döngüsünün empedansdır;
- Z'_s nötr iletken ve devrenin koruyucu iletkenini içeren hata döngüsünün empedansdır;
- I_a TN sistemler için gereken süre içerisinde koruyucu cihazın çalışmasına neden olan akımdır.

Standart, nötr iletkenin IT sistemlerde dağıtılmamasını önerir. Sebeplerden biri, Z'_s çift hata döngüsü empedansı için öngörülen şartın yerine getirilmesinin gerçekten zor olmasıdır. Nitekim, dağıtılan nötr bir iletken varlığında empedans, fazlar arasında bir çift hata olması durumunda doğrulan Z_s empedansından %58 daha küçük olmalıdır; dolayısıyla, dolaylı temaslara karşı koruma sağlamak için açma yapması gereken otomatik ayırma cihazı ile koordinasyonda daha büyük bir zorluk olduğu açıktır. Dahası, oldukça karmaşık endüstriyel tesisler için dağıtılan nötrün varlığı, toprakta herhangi bir noktaya yanlışlıkla bağlantı yapma riski içerebilir ve böylece IT sistemlerin sunduğu avantajları ortadan kaldırabilir.

Sonuçlar

Özetlemek gerekirse, IT sistemler açısından, standartlar:

- bir hata oluştuğunda devre beslemesinin otomatik olarak kesilmesini gerektirmez;
- açıktaki iletken bölümlerin toprak bağlantı türüne bağlı olarak, TT veya TN sistemlerine benzer talimatları uygulayarak, birinci söndürülmediğinde ikinci bir hata meydana gelirse, devrenin beslemesinin otomatik olarak kesilmesini öngörür;
- herhangi bir hatanın oluşma sinyalinin verilmesi için şebeke toprak bağlantısı izolasyonunun izlenmesini gerektirir.

6 Toprak hatasına karşı ABB SACE çözümleri

6.1 Genel hususlar

Daha önceki bölümlerde de görüldüğü gibi, birçok elektrik sisteminde aşırı akım ve toprak hatalarına karşı koruma fonksiyonları etkili bir topraklama düzenlemesi ile birleştirilerek güvenilir ve emniyetli bir koruma sağlanır.

Bu seçim, dolaylı temasa karşı korunmanın yanı sıra, yangın risklerinden korunmanın kesinlikle gerekli olduğu küçük değerli toprak hatalarına karşı güvenilir ve zamanında koruma sağlamayı mümkün kılmaktadır.

Koruma cihazlarının uygun seçimi, aşırı akımlara karşı açmanın yanı sıra toprak hatalarına karşı açma seçiciliğinin gerçekleşmesine izin vermelidir.

Toprak hatalarına karşı yeterli koruma şartlarını yerine getirmek için ABB SACE aşağıdaki ürün kategorilerini tasarlamıştır:

- Otomatik sigortalar (Tablo 1)

- RCBO'lar (entegre aşırı akım korumalı kaçak akım işletimli devre kesiciler) 6 A ila 40 A nominal akıma sahip DS9 serisi;
- RCBO'lar (entegre aşırı akım korumalı kaçak akım işletimli devre kesiciler) 6A ila 63A nominal akıma sahip DS200 serisi;
- RCBO'lar (entegre aşırı akım korumalı kaçak akım işletimli devre kesiciler) 125A nominal akıma sahip DS800;
- RCD bloklar (kaçak akım blokları) DDA 200 tipi: 0.5A ila 63 A nominal akıma sahip S200 tipi termik manyetik devre kesicilere bağlanacak;
- RCD bloklar (kaçak akım blokları) DDA 60, DDA 70, DD 90 tipi: C karakteristiğine sahip, 80 A ila 100 A nominal akımı olan S290 tipi termik manyetik devre kesicilere bağlanacak;
- RCD bloklar (kaçak akım blokları) DDA 800 tipi: 100 A'ya kadar nominal akıma sahip S800N ve S800S tipi termik manyetik devre kesicilere bağlanacak. Bu bloklar, iki boyda mevcuttur: 63 A ve 100 A;
- RCCB'ler (kaçak akım devre kesiciler) F200 tipi, 16 A ila 125 A nominal akıma sahip.

Tablo 1: System pro M kaçak akım korumalı termal manyetik otomatik sigortalar

	In [A]	DDA 200	DDA 60	DDA 70	DDA 90	DDA 800
S200	0.5÷63	•	-	-	-	-
S290	80÷100	-	•	•	•	-
S800	10÷100	-	-	-	-	•

- Kompakt tip devre kesiciler (Tablo 2)

- 16 A ila 250 A nominal akımlara sahip Tmax T1, T2, T3 devre kesicilere bağlanacak RC221 kaçak akım koruma ünitesi;
- 16 A ila 400 A nominal kesintisiz akımlara sahip Tmax T1, T2, T3, T4, T5 devre kesicilere bağlanacak RC222 kaçak akım koruma ünitesi;
- hem 225 A'ya (devre kesici üzerinde ayarlanabilen en yüksek akım eşiği) kadar nominal akımlara sahip Tmax T3 devre kesicinin yanı sıra 250A'ya kadar nominal akımlara sahip Tmax T4 devre kesici ile bağlanacak RC223 kaçak akım koruma ünitesi;
- 100 A'dan 1000 A'ya kadar nominal kesintisiz akımlara sahip Tmax T4, T5, T6 devre kesiciler için PR222DS/P, PR223DS/P, PR223 EF LSIG tipi elektronik koruma üniteleri;
- 800 A'dan 1600 A'ya kadar kesintisiz nominal akımlara sahip Tmax T7 devre kesici için PR331, PR332 LSIG tipi elektronik koruma üniteleri;
- 800 A'dan 1600 A'ya kadar kesintisiz nominal akımlara sahip Tmax T7 devre kesiciler için entegre kaçak akım korumalı PR332 tipi elektronik koruma üniteleri.

Tablo 2: Artık akım ve toprak hatalarına karşı koruma sağlayan Tmax tipi kompakt tip devre kesiciler

	In [A]	PR331						
		RC221	RC222	RC223	LSIG	LSIG	LSIG	LSIRc
T1	16 ÷ 160	•	•	-	-	-	-	-
T2	10 ÷ 160	•	•	-	-	-	-	-
T3	63 ÷ 250	•	•	• ¹	-	-	-	-
T4	100 ÷ 320	-	•	• ²	•	•	-	-
T5	320 ÷ 630	-	•	-	•	•	-	-
T6	630 ÷ 1000	-	-	-	•	•	-	-
T7	800 ÷ 1600	-	-	-	-	-	•	•

¹ Maksimum ayar 225 A'dır

² Sadece T4 250 için

- Açık tip devre kesiciler (Tablo 3)

- 630 A'dan 1600 A'ya kadar kesintisiz nominal akımlara sahip Emax X1 devre kesici için PR331, PR332, PR333 LSIG tipi elektronik koruma üniteleri;
- 400 A'dan 6300 A'ya kadar kesintisiz nominal akımlara sahip Emax E1'den E6'ya kadar devre kesiciler için elektronik koruma ünitesi tipi PR121, PR122, PR123 LSIG ile donatılmış açık tip kesiciler;
- 630 A'dan 1600 A'ya kadar kesintisiz nominal akımlara sahip Emax X1 devre kesiciler için entegre kaçak akım korumalı PR332 tipi elektronik koruma üniteleri;

- 400 A'dan 6300 A'ya kadar kesintisiz nominal akımlara sahip Emax E1 ila E6 devre kesiciler için entegre kaçak akım korumalı PR122 tipi elektronik koruma üniteleri.

Tablo 3: Kaçak akım ve toprak hatalarına karşı korumaya sahip Emax tipi açık tip devre kesiciler

		PR331 PR332 PR333 LSIG	PR121 PR122 PR123 LSIG	PR332 LSIRc	PR122 LSIRc
In [A]					
X1	630 ÷ 1600	•	-	•	-
E1	400 ÷ 1600	-	•	-	•
E2	400 ÷ 2000	-	•	-	•
E3	400 ÷ 3200	-	•	-	•
E4	1250 ÷ 4000	-	•	-	-
E6	3200 ÷ 6300	-	•	-	-

- Harici transformatörlü kaçak akım röleleri:

- RCQ: pano tipi elektronik kaçak akım rölesi;
- RD2: DIN rayına sabitlemek için kaçak akım monitörü.

6.2 Kaçak akım cihazlarıyla çözüm

6.2.1 Otomatik sigortalar System pro M ve kaçak akım korumalı System pro M compact

RCBO'lar DS9.. serisi

ABB SACE'nin termik manyetik kaçak akım kesicileri (MCB'ler) DS 9 .. serisi, tek kutuplu ve nötr yelpazesi, modern elektrik mühendisliğindeki tek fazlı devrelerin

farklı tipolojilerini hedefleyen bir koruma sağlayabilen devre kesiciler için gereksinimleri karşılar.

Tüm devre kesiciler, cihazın ön kısmında tek bir kırmızı/yeşil çalışma kolu ve kaçak akım açma bayrağı ile karakterize edilir.

DS 9.. serisi, iki modülde üç farklı kesme kapasitesi değeri, beş farklı artık akım açma değeri arasında seçim yapma imkanı sunarak tek fazlı devrelerin tüm koruma gereksinimlerini karşılar ve her biri için A veya AC tipi kaçak akım koruması arasında seçim yapma olanağı sunar.

DS 951 serisinde parazitlere dayanıklı model, A AP-R de mevcuttur.

DS 9... yelpazesi üç seriden oluşur:

- DS 941, 4.5 kA kesme kapasiteli
- DS 951, 6 kA kesme kapasiteli
- DS 971, 10 kA kesme kapasiteli.

Aşırı yük ve kısa devre koruması, S9 MCB serisi ile aynı termomanyetik bileşen tarafından sağlanır; daha fazla bilgi için teknik kataloğa bakınız.

Her seride, bu devre kesici tiplerinin gerektirdiği tüm hassasiyet değerleri mevcuttur: 30 mA - 100 mA - 300 mA - 500 mA - 1000mA (DS 951 tipi A AP-R hariç, çünkü $I_{\Delta n}=30mA$ hassasiyet ile mevcut).

A, AC veya A AP-R (DS 951 ile) arasında seçim imkânı, korunan hattın bağlı olduğu yüke göre dolaylı temas karşı özel bir koruma sağlamaya imkan verir.

Kaçak akımla çalıştırılan devre kesiciler (RCBO) DS9 ... serisi

		DS941	DS951	DS971
Referans Standardı		IEC/EN 61009, IEC/EN 60947-2		
Tip (algılanan kaçak akımın dalga şekli)		AC, A	AC, A	A AP-R
Açma karakteristikleri		ani		
Nominal akım	In [A]	$6 \leq I_n \leq 40$	$6 \leq I_n \leq 40$	$6 \leq I_n \leq 32$
Kutuplar		1P+N		
Nominal gerilim	Ue [V]	230		
Yalıtım gerilimi	Ui [V]	500		
Nominal frekans	[Hz]	50...60		
IEC/EN 61009'a göre nominal kesme kapasitesi	Icn [A]	4500	6000	6000
Nominal kesme kapasitesi	Icu [kA]	6	10	10
IEC/EN 60947-2 iki kutuplu - 230 V	Ics [kA]	4.5	6	6
Termomanyetik koruma	B: $3 I_n \leq I_m \leq 5 I_n$	•	•	•
Ünitesi karakteristiği	C: $5 I_n \leq I_m \leq 10 I_n$	•	•	•
Nominal hassasiyet $I_{\Delta n}$ [A]		0.01-0.03-0.1-0.3-0.5-1*	0.03-0.1-0.3-0.5-1*	0.03
				0.03-0.1-0.3-0.5-1*

* Sadece AC tipi

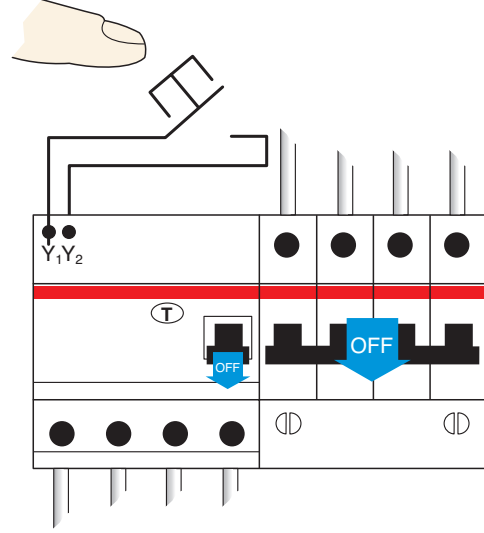
Termik manyetik kaçak akım devre kesiciler (RCCB'ler) DS200 serisi

İki, üç ve dört kutuplu versiyonlarda DS200 L, DS200, DS200 M ve DS200 P tipi termik manyetik kaçak akım devre kesiciler, hem dolaylı temas karşı koruma fonksiyonunu hem de otomatik devre kesicilere özgü termomanyetik fonksiyonları sunar (aşırı yük veya kısa devre nedeniyle ayırma).

Termik manyetik RCCB serisi, kesme kapasitesi, açma eğrisi ve nominal akım açısından aynı özellikleri koruduğu S200 kompakt otomatik sigorta serileri ile türemiştir. Özellikle, DS200 L serisinde aşırı akıma karşı koruma bölümü S200L serisi bir termomanyetik korumadan, DS200 serisinde S200 serisi biri korumadan, DS200M serisinde S200M serisi bir korumadan ve DS200 P serisinden S200 P serisi bir korumadan oluşur.

DS200 ve DS200 M serisi kaçak akım koruma anahtarları, AC ve A tipinde iken, DS200 L ve DS200 P serilerinde bunlar sırasıyla AC ve A tipindedir.

50 ve 63 A boyutlarındaki versiyonlarda, harici buton ile kaçak akım koruma anahtarının uzaktan açma yapması için aşağıdaki resimde gösterildiği gibi iki adet ilave Y1 Y2 terminali bulunmaktadır.



DS200 serisi devre kesicilerin çalışma gerilimi aralığı:

- iki kutuplu versiyon için 110-254V
- üç ve dört kutuplu versiyon için 195-440V

Termik manyetik kaçak akım devre kesiciler (RCCB'ler) DS200 serisi

		DS200L	DS200	DS200 M	DS200 P
Referans Standardı		IEC/EN 61009, IEC/EN 60947-2			
Tip (algılanan kaçak akımın dalga şekli)		AC	AC, A	AC, A	A
Açma karakteristiği		ani			
Nominal akım	I_n [A]	6...32	6...63	6...63	6...25 32
Kutuplar		2P	2P, 3P, 4P	2P, 3P, 4P	2P
Nominal gerilim	U_e [V]	110-254 (2P)/195-440 (3P, 4P)			
Yalıtım gerilimi	U_i [V]	500			
Nominal frekans	[Hz]	50...60			
Nominal kesme kapasitesi IEC/EN 61009	I_{cn} [A]	4500	6000	10000	25000 15000
Nominal kesme kapasitesi * IEC/EN 60947-2	I_{cu} [kA]	6	10	15	25 15
	I_{cs} [kA]	4.5	7.5	11.2	12.5 10
Termomanyetik koruma karakteristikleri	B: $3 I_n \leq I_m \leq 5 I_n$		•	•	
	C: $5 I_n \leq I_m \leq 10 I_n$	•	•	•	
	K: $8 I_n \leq I_m \leq 14 I_n$		•		• •
Nominal hassasiyet	$I_{\Delta n}$ [A]	0.03	0.03, 0.3 (sadece AC tipi C - 2P, 4P)	0.03, 0.3 (sadece AC tipi C - 4P)	0.03

*1P+N@230Vac, 2P, 3P, 4P @400Vac

S200 tipi termik manyetik devre kesiciler (MCB'ler) ile birleştirilecek DDA 200 serisi kaçak akım blokları

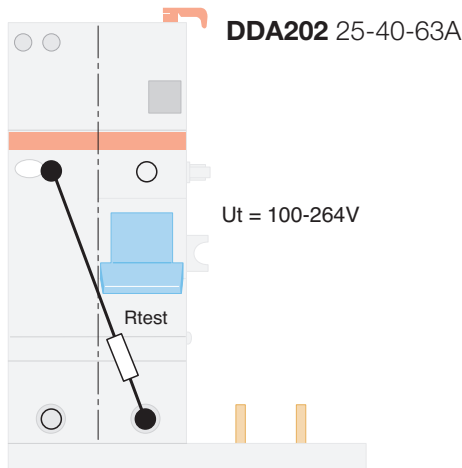
Kaçak akım blokları (RCD blokları), karşılık gelen veya daha düşük nominal akımlara sahip MCB'lerle birleştirilir, böylece hem toprak hata akımları hem de aşırı yük ve kısa devre akımlarına karşı koruma sağlanır.

DDA 200 blokları, sabit kuplaj elemanları ve plastik pimler ile S 200 MCB'lere montaj için uygundur.

Aşağıdaki tiplerde mevcuttur: AC, A, AP-R (parazitlere dayanıklı versiyonları), S (seçici versiyon), AE (acil durdurma fonksiyonlu) ve B (aynı zamanda sürekli artık akımlara veya minimum dalgalanmalı artık akımlara duyarlı); tüm hassasiyet değerleri ve kutup konfigürasyonu için 63 A'ya kadar olan tüm boyutları kapsar. Ayrıca 63 A'lık ürünler NO butonları ile uzaktan açmaya izin veren terminaller ile sağlanır.

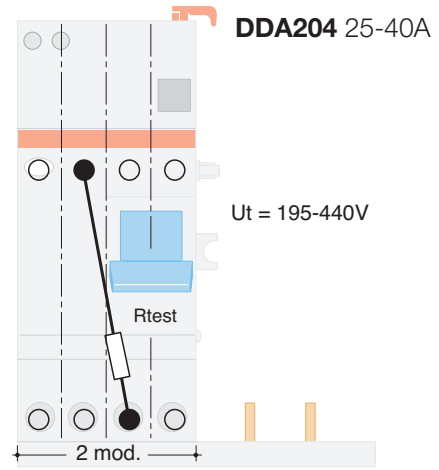
DDA 200 bloklarının 25-40 A standart versiyonu, tasarımları ve test butonu için çalışma aralığı seçimi sayesinde elektrik ve gemi tesisatlarında (gerilim faz-nötr 115-125V'dir) kullanılmaya uygundur.

Nitekim, iki kutuplu kaçak akım blokları, şekilde gösterildiği gibi test butonu için 100-264V çalışma aralığında mevcuttur:

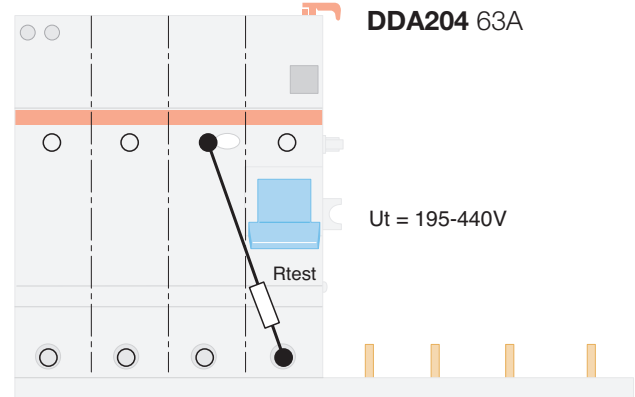


İki modülü olan kompakt dört kutuplu bloklarda (mevcut boyut 25-40A) test butonu, 195 ila 440V arası çalışma aralığında, iki ana faz arasında bir noktaya bağlanır; özellikle bu konfigürasyon için hem fazlar arasında (standart durumlarda olduğu gibi) 400V'luk sistemler, hem de faz ile nötr iletken arasındaki 115-125V gerilimli elektrik tesisatları için uygun olur (bu durumda fazlar arasındaki gerilim test butonunun çalışma aralığında bulunan gerilim

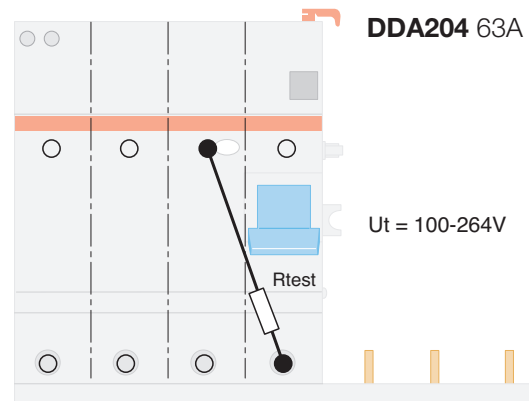
değerleri olan $115-125V \times 1.73 = 200/215V$ olacaktır).



63A boyutunda dört kutuplu bloklarda, test düğmesi 195 ile 440V arasında bir çalışma aralığına sahiptir ve aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi bağlanır:



Bununla birlikte, test butonunun çalışma aralığı 100 ila 264V olan DDA 200 115V blokları da vardır; bu nedenle, bu boyut için de DDA 200 blokları, faz ve nötr arasında 115-125V gerilime sahip gemi tesisatlarında kullanılabilirler.



RCD blokları DDA 200 tipi

		DDA200 AC	DDA200 A	DDA200 A AE	DDA200 AC AP-R	DDA200 A AP-R	DDA200 AC-S	DDA200 A S	DDA200 B/B-S
Referans Standardı		IEC/EN 61009 Ek G							
Tip (algılanan kaçak akımın dalga şekli)		AC	A	A	AC	A	AC	A	B
Açma karakteristiği		ani					seçici		ani seçici
Nominal akım	In [A]	25, 40, 63	25, 40, 63	63	25, 40, 63	25, 40, 63	63	63	63
Kutuplar		2P, 3P, 4P							
Nominal gerilim	Ue [V]	230/400 – 240/415							
Yalıtım gerilimi	Ui [V]	500							
Nominal frekans	[Hz]	50...60							
Nominal kesme kapasitesi IEC/EN 61009	Icn [A]	İlgili MCB'nin Icn'si							
Nominal kesme kapasitesi IEC/EN 60947-2 2	Icu [kA] Ics [kA]	İlgili MCB'nin Icu/Ics'si							
Nominal hassasiyet	IΔn [A]	0.01...1	0.01...1	0.03...1	0.03	0.03	0.1...1	0.1...1	0.03-0.3

S290 MCB'ler ile birleştirilecek DDA 60, DDA 70, DDA 90 serisi RCD blokları

S 290 tipi MCB'ler ile montaj için aşağıdaki RCD blokları mevcuttur: AC tipi DDA 60, A tipi DDA 70 ve S tipi DDA 90.

RCD bloklar DDA 60, DDA 70, DDA 90 serisi

		DDA60	DDA70	DDA90
Referans Standardı		IEC/EN 61009 Ek G		
Tip (algılanan kaçak akımın dalga şekli)		AC	A	A
Açma karakteristiği		ani	ani	seçici
Nominal akım	In [A]	100		
Kutuplar		2P, 4P		
Nominal gerilim	Ue [V]	230/400		
Yalıtım gerilimi	Ui [V]	500		
Nominal frekans	[Hz]	50...60		
Nominal kesme kapasitesi IEC/EN 61009	Icn [A]	İlgili MCB'nin Icn'si		
Nominal kesme kapasitesi IEC/EN 60947-2 2	Icu [kA] Ics [kA]	İlgili MCB'nin Icu/Ics'si		
Nominal hassasiyet	IΔn [A]	0.03 - 0.3	0.03 - 0.3	0.3 - 1

Termik manyetik devre kesici tipi S800N ve S800S ile birleştirilecek DDA 800 serisi RCD blokları

S 800N ve S800S tipi MCB'ler ile montaj için, DDA 800 tipi RCD blokları aşağıdaki tiplerde mevcuttur: AC, A, A seçici ve A AP-R (parazitlere dayanıklı versiyonu).

RCD blokları DDA 800 serisi

		DDA800 AC	DDA800 A	DDA800 A S	DDA800 A AP-R
Referans Standardı		IEC/EN 60947-2 ek Ek B			
Tip (algılanan kaçak akımın dalga şekli)		AC	A	A (seçici)	A (parazitlere dayanıklı)
Açma karakteristiği		ani		seçici	ani
Nominal akım	In [A]	63-100			
Kutuplar		2P, 3P, 4P			
Nominal gerilim	Ue [V]	230/400; 240/415; 400/690			
Yalıtım gerilimi	Ui [V]	690			
Nominal frekans	[Hz]	50...60			
Nominal kesme kapasitesi IEC/EN 61009	Icu [kA] Ics [kA]	İlgili MCB'nin Icu/Ics'si			
Nominal hassasiyet	IΔn [A]	0.03 - 0.3	0.03 - 0.3-0.5	0.3 - 1	0.3

Kaçak Akım Devre Kesiciler (RCCB'ler) F200 serisi

Yeni System pro M compact serisi kaçak akım kesiciler, çok sayıda F200 RCCB sunmaktadır. AC ve A tipi, hem ani hem de seçici versiyonlarda, AP-R tipi parazitlere dayanıklı ve nötrün solda olduğu versiyon gibi özel uygulamalar için bazı konfigürasyonlar ile entegre edilmiştir.

63 A'ya kadar olan tüm boyutlar, iki kutuplu ve dört kutuplu versiyonlarda 1 A'ya kadar tüm hassasiyet değerleri ile mevcuttur.

Ayrıca, 80-100-125A nominal akımlara ve 0,03 ila 0,5A arası hassasiyete sahip A, AC, A parazitlere dayanıklı ve A seçici tip RCCB'ler vardır.

F200 serisi RCCB'ler ayrıca 63A boyutu ve 0.03-0.3 A hassasiyeti olan B tiplerini ve hassasiyeti 0.3A olan 63A boyutlu B seçici tipleri içerir.

Kaçak akım devre kesiciler (RCCB'ler) F200 serisi

	F200 AC	F200 A	F200 AC AP-R	F200 A AP-R	F200 A S	F200 B/B-S
Referans Standardı	IEC/EN 61008					
Tip (algılanan kaçak akımın dalga şekli)	AC	A	AC	A	A	B
Açma karakteristiği	ani				seçici	ani seçici
Nominal akım In [A]	16, 25, 40, 63		25, 40, 63		40, 63	40, 63
Kutuplar	2P, 4P					4P
Nominal gerilim Ue [V]	230/400 - 240/415					
Yalıtım gerilimi Ui [V]	500					
Nominal frekans [Hz]	50...60					
Nominal hassasiyet IΔn [A]	0.01...0.5		0.03		0.1...1	0.03-0.3

6.2.2 Tmax kompakt tip devre kesiciler için kaçak akım koruma üniteleri

Tüm Tmax devre kesiciler, kaçak akım koruma üniteleriyle birlikte kombine montaj için önceden ayarlanmıştır. Özellikle, üç kutuplu ve dört kutuplu Tmax T1, T2 ve T3 devre kesiciler, RC221 veya RC222 serisi ile, dört kutuplu T4 ve T5 ise devre kesici altına kurulacak RC222 ile birleştirilebilirken, T3-T4 devre kesiciler, RC223 serisi kaçak akım koruma ünitesi ile kombine edilebilir.

Otomatik devre kesicilere özgü aşırı yüklerle ve kısa devrelere karşı koruma dışında, bunlardan türeyen kaçak akım devre kesiciler aynı zamanda insanların korunmasını ve toprak hata akımlarına karşı korumayı garanti eder ve böylece dolaylı temas ve yangın tehlikelerine karşı koruma sağlar. Kaçak akım koruma üniteleri ayrıca Tmax T1D, T3D, T4D ve T5D yük ayırıcılara da monte edilebilir; bu durumda, türetilmiş aygıt, “saf” kaçak akım-devre kesicidir, diğer bir deyişle, otomatik devre kesicilere özgü olan korumaları değil yalnızca kaçak akım korumayı garanti eden bir kesicidir. “Saf” kaçak akım devre kesiciler sadece toprak hata akımına karşı duyarlıdır ve genellikle küçük dağıtım panolarında terminal yükleri boyunca ana yük ayırıcı olarak uygulanır.

“Saf” veya “saf olmayan” kaçak akım devre kesicilerinin kullanılması, tesisin yalıtım durumunun sürekli izlenmesini sağlar, böylece dolaylı temas, yangın ve patlama tehlikelerine karşı etkili koruma sağlar ve $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ olan cihazlar için doğrudan temasa karşı insanlara ek koruma sağlarlar.

Kaçak akım koruma üniteleri, aşağıdaki standartlarla uyumludur:

- IEC 60947-2, Ek B
- IEC 61000: istenmeyen açmadan korunma için
- IEC 60755 (RCQ): doğru akım bileşenlerine duyarlılık nedeniyle.

T1, T2 ve T3 için RC221 ve RC222 kaçak akım koruma üniteleri

RC221 ve RC222 tipi kaçak akım koruma üniteleri hem Tmax T1, T2, T3 otomatik devre kesicilere hem de T1D ve T3D yük ayırıcılara monte edilebilir. Mevcut versiyonlarla hem üç kutuplu ve hem de sabit dört kutuplu devre kesicilerde kullanılabilir.

Elektronik teknolojiyi kullanarak inşa edilmişlerdir ve sol kutup alanındaki özel yuvaya yerleştirilecek kaçak akım koruma üniteleri ile birlikte verilen bir açtırma bobini vasıtasıyla doğrudan devre kesiciyi etkilerler. Doğrudan

şebeke tarafından beslendikleri için bir yardımcı güç kaynağına ihtiyaç duymazlar ve tek bir faz artı nötr veya gerilimle beslenen iki faz ile ve direkt bileşenlere sahip tek yönlü darbeleri akımların (A tipi) varlığında bile çalışmaları garanti edilir.

RC222 kaçak akım koruma ünitesi, harici bir NC buton aracılığıyla devre kesicinin uzaktan açılmasını sağlar ve böylece pozitif bir emniyet devresi (AE) oluşturulur.

T4 ve T5 için RC222 kaçak akım koruma üniteleri

T4 ve T5 ile, dört kutuplu versiyonda, devre kesicinin altına monte edilmiş bir RC222 kaçak akım koruma ünitesi kullanmak mümkündür.

Sabit versiyonda bulunan bu RC222 kaçak akım ünitesi, özel dönüştürme kiti eklenerek kolayca takılabilir bir cihaza dönüştürülebilir.

RC222 ünitesi elektronik teknolojiyi kullanarak inşa edilmiştir ve sol kutup alanındaki özel yuvaya yerleştirilecek kaçak akım ünitesi ile birlikte verilen bir açtırma bobini vasıtasıyla doğrudan devre kesiciyi etkiler. Doğrudan şebeke tarafından beslendikleri için bir yardımcı güç kaynağına ihtiyaç duymaz ve tek bir faz artı nötr veya gerilimle beslenen iki faz ile ve direkt bileşenlere sahip tek yönlü darbeleri akımların varlığında bile çalışmaları garanti edilir. RC222 kaçak akım ünitesi, yukarıdan veya aşağıdan beslenebilir. İzolasyon testi sırasında bir güç kaynağından ayırma cihazı mevcuttur.

RC222 kaçak akım ünitesi, harici bir NC buton aracılığıyla devre kesicinin uzaktan açılmasını sağlar ve böylece pozitif bir emniyet devresi (AE) oluşturulur.

T3 ve T4 için RC223 kaçak akım koruma üniteleri (B tipi)

Daha önce açıklanan kaçak akım koruma ünitesi ailesi ile birlikte ABB SACE RC223 kaçak akım cihazını (B tipi) geliştirmiştir; sabit veya takılabilir Tmax T4 dört kutuplu ve sabit Tmax T3 dört kutuplu devre kesici ile kombine edilebilir.

RC222 ünitesi aynı tipte referans ile karakterize edilir fakat aynı zamanda alternatif, alternatif darbeleri ve doğru akım bileşenlerine sahip kaçak hata akımlarına karşı duyarlılığı garanti eden B tipi çalışma ile uyumluluğa sahiptir.

RC223 kaçak akım ünitesi, harici bir NC buton aracılığıyla devre kesicinin uzaktan açılmasını sağlar ve böylece pozitif bir emniyet devresi (AE) oluşturulur.

Referans standartları: IEC 60947-1, IEC 60947-2 Ek B ve IEC 60755.

RC222 kaçak akım koruma ünitesi tipik sinyalleri ve

ayarları haricinde, RC223 ünitesi aynı zamanda kaçak hata frekansında maksimum hassasiyet eşiğinin seçimini sağlar (3 adım: 400 – 700 – 1000 Hz). Bu nedenle, koruma ünitesinin yük tarafında üretilen beklenen hata frekanslarına göre endüstriyel tesislerin farklı gereksinimlerine kaçak akım ünitesi uyum sağlaması mümkündür. Standart tan (50 - 60Hz) farklı frekans eşikleri gerektiren tipik kurulumlar şunlardır; otomobil endüstrisi kaynak tesisatları (1000Hz), tekstil endüstrisi (700Hz), havaalanları ve üç fazlı sürücüler (400Hz).

6.2.3 Entegre kaçak akım korumalı kompakt ve açık tip devre kesiciler için PR... serisi elektronik koruma üniteleri

Emax ve Tmax T7 devre kesiciler, devre kesicinin arkasına

monte edilmiş bir toroid ile teçhiz edilebilir, böylece kaçak akımın tespiti ile toprak hatalarına karşı koruma sağlanır. Özellikle, bu fonksiyonu sağlayan elektronik koruma ünitesi türleri şunlardır:

- PR122/P LSI Rc ve PR332 LSI Rc, “ölçüm modülü” ile
- PR122/P LSIg ve PR332/P LSIg, “ölçüm modülü” ve Rc derecelendirme fişi ile
- PR123/P LSIg ve PR333/P LSIg, Rc derecelendirme fişi ile.

Kaçak akım koruması sağlayan PR332 ve PR333 üniteleri, üç kutuplu ve dört kutuplu Tmax T7 (sadece PR332 ile), Emax X1 tipi devre kesicilerle birlikte sağlanabilirken, PR122 ve PR123 üniteleri, aynı işlevi üç kutuplu ve dört kutuplu Emax E1 ve E2 ve Emax E3 (yalnızca üç kutuplu modellerde) devre kesiciler ile birlikte verilebilir.

Tablo 4

	RC221	RC222	RC223
Devre kesici boyutu	T1-T2-T3	T1-T2-T3	T4 ve T5 4p
Tip	“L” şekilli	“L” şekilli	altına yerleşir
Teknoloji	mikroişlemci tabanlı	mikroişlemci tabanlı	mikroişlemci tabanlı
Çalışması	solenoid ile	solenoid ile	solenoid ile
Primer servis gerilimi ⁽¹⁾	85...500	85...500	110...440
Çalışma frekansı	45...66	45...66	45...66
Kendinden besleme	■	■	■
Test çalışma aralığı ⁽¹⁾	85...500	85...500	85...500
Nominal servis akımı	250 A'ya kadar	250 A'ya kadar	500 A'ya kadar
Nominal kaçak akım hassasiyet değerleri	0.03 - 0.1 - 0.3	0.03 - 0.05 - 0.1 - 0.3	0.03 - 0.05 - 0.1
Açma olmaması için zaman sınırı	ani	ani - 0.1 - 0.2 - 0.3 - 0.5 - 1 - 2 - 3	ani - 0.1 - 0.2 - 0.3 - 0.5 - 1 - 2 - 3
Açma sürelerine karşı tolerans		% ±20	% ±20
Yerel açma sinyali	■	■	■
Açma sinyali için enversör kontaklı açtırma bobini	■	■	■
Uzaktan açtırma için giriş		■	■
Ön-alarm sinyali için NO kontağı		■	■
Alarm sinyali için NO kontağı		■	■
Ön alarmin % 25 I _{Δn} 'den (tolerans ±% 3) gösterimi	■	■	■
Alarm zamanlamasının % 75 I _{Δn} 'den (tolerans ±% 3) gösterimi	■	■	■
Otomatik kaçak akım sıfırlama	■	■	■
Darbeli alternatif akım için "A" tipi, alternatif akım için "AC"	■	■	■
Uzaktan açtırma cihazı için "AE" tipi		■	■
Darbeli akım ve doğru akım için "B" tipi			■
"S" tipi seçici		■	■
Yalıtım testi için buton	■	■	■
Üstten ve alttan güç besleme	■	■	■
Üç kutuplu devre kesicilerle montaj	■	■	■
Dört kutuplu devre kesicilerle montaj	■	■	■
Kaçak akım koruma üniteli devre kesiciyi, sabitten soketli/çekmeceli hale dönüştürmek için kit			■ ⁽³⁾

⁽¹⁾ 50 V faz nötre kadar çalışma (RC223 için 55V)

⁽²⁾ T3 için 225A'ya kadar

⁽³⁾ Sadece T4 için

Geniş ayar yelpazesi sayesinde bu elektronik koruma üniteleri, ana dağıtım panosundan son kullanıcıya kadar çeşitli dağıtım seviyeleri ile koordine edilen kaçak akım korumalı bir sistemin gerekli olduğu uygulamalar için uygundur. Kaçak akım koruması için bu elektronik üniteler, aşağıdakilerin bulunduğu durumlarda kullanılabilir:

- alternatif toprak akımları (AC tipi)
- doğru akım bileşenli alternatif ve/veya darbeleri toprak akımları (A tipi).

Aşağıdaki tabloda kaçak akım korumasının temel teknik özellikleri gösterilmektedir:

Tablo 5

Hassasiyet $I_{\Delta n}$	[A]	3 - 5 - 7-10 - 20 - 30
Açma süreleri	[s]	0.06 - 0.1 - 0.2 - 0.3 - 0.4 - 0.5 - 0.8
Tip		AC ve A

6.2.4 Harici transformatörlü kaçak akım rölesi

ABB SACE devre kesiciler, devre kesicilerin hali hazırda kurulu olması, devre kesici bölmesinde kısıtlı yer olması vs. gibi kurulum koşulları özellikle kısıtlayıcı olduğunda gereksinimleri karşılamak için ayrı toroide sahip RCQ ve RD2 kaçak akım röleleri (hat iletkenlerine harici olarak kurulacak) ile de birleştirilebilir.

Kaçak akımın ve açma sürelerinin ayar özellikleri sayesinde, harici transformatörlü kaçak akım röleleri, tesisin son aşamasında da kolayca monte edilebilir; özellikle, $I_{\Delta n} = 0.03$ A nominal kaçak akımını ani açma ile seçerek

Tablo 6

Kaçak akım röleleri		SACE RCQ
Güç kaynağı gerilimi	AC [V]	80...500
	DC [V]	48...125
Çalışma frekansı	[Hz]	45÷66
Açma eşiği ayarı $I_{\Delta n}$	1. aralık ayarlar/düzeltilmeler [A]	0.03 - 0.05 - 0.1 - 0.3 - 0.5
	2. aralık ayarlar/düzeltilmeler [A]	1 - 3 - 5 - 10 - 30
Açma süresini düzeltme	[s]	0 - 0.1 - 0.2 - 0.3 - 0.5 - 0.7 - 1 - 2 - 3 - 5
Alarm öncesi eşik düzeltme	% x $I_{\Delta n}$	25...75% x $I_{\Delta n}$
Kapalı transformatörlerin kullanım aralığı	Toroid transformatör Ø 60 [mm]	[A] 0.03...30
	Toroid transformatör Ø 100 [mm]	[A] 0.03...30
	Toroid transformatör Ø 185 [mm]	[A] 0.1...30
Açılabilen transformatörlerin kullanım aralığı	Toroid transformatör Ø 110 [mm]	[A] 0.3...30
	Toroid transformatör Ø 180 [mm]	[A] 0.3...30
	Toroid transformatör Ø 230 [mm]	[A] 1...30
Alarm ön eşik değeri için sinyal	San yanıp sönen LED 1 NO enversör kontağı 6 A - 250V AC 50/60 Hz	
Kaçak akım rölesi açma sinyali	San manyetik bayraklı enversör kontakları (NO, NC; NO) 6 A - 250 V AC 50/60 Hz	
Uzaktan açma kontrolü	NO kontak Açma süresi 15 ms	
Toroid transformatöre bağlantı	4 bükümlü iletken ile. Maksimum uzunluk 5m	
Boyutlar: U x Y x D	[mm]	96 x 96 x 131.5
Kapıya montaj için delik	[mm]	92 x 92

devre kesici, dolaylı temasa karşı koruma garantiler ve özellikle yüksek toprak direnci değerlerinin varlığında da doğrudan temasa karşı ilave bir önlem oluşturur (örneğin TT sistemleri).

Bu kaçak akım röleleri dolaylı hareket tipindedir: röle tarafından verilen açma komutu, devre kesicinin bir şönt açtırma bobiniyle (kullanıcı tarafından sağlanacak) açılmasına neden olmalı.

SACE RCQ pano tipi elektronik kaçak akım rölesi

System pro M compact MCB'ler, Tmax kompakt tip devre kesiciler ve Emax açık tip devre kesiciler, ayrı toroidli SACE RCQ pano tipi elektronik kaçak akım rölesi (hat iletkenlerinde harici olarak kurulacak) ile birleştirilebilir ve 30 A'ya kadar eşik değerleri ve 5 s'ye kadar zamanlarla gereksinimleri yerine getirirler.

Geniş ayar yelpazesi sayesinde SACE RCQ pano tipi elektronik kaçak akım rölesi, ana dağıtım panosundan son kullanıcıya kadar çeşitli dağıtım seviyeleri ile koordine edilen kaçak akım korumalı bir sistemin gerekli olduğu uygulamalar için uygundur. Özellikle kişilere doğrudan temasa karşı ilave koruma sağlamak için kısmi (akım) veya toplam (kronometrik) seçici zincirlerde olduğu gibi düşük hassasiyetli kaçak akım koruması gerektiği zamanlarda ve ayrıca yüksek hassasiyetli uygulamalar için (fizyolojik duyarlılık) önerilir.

SACE RCQ cihazı, A tipi kaçak akım rölesidir ve hem alternatif hem de direkt bileşenli tek yönlü darbeleri tip kaçak akımları tespit eder.

RD2 kaçak akım monitörü (RCM'ler)

Az önce de belirtildiği gibi, System pro M compact MCB'ler ve küçük boyutlu Tmax kompakt tip devre kesiciler, ayrı toroidli RD2 kaçak akım monitörleri (hat iletkenlerinde harici olarak kurulacak) ile birleştirilebilir ve 2A'ya kadar eşik değerleri ve 5 s'ye kadar zamanlarla gereksinimleri yerine getirirler.

RD2 RCM uygulamaları, RCQ rölesi ile ilgili halihazırda tarif edilenlere benzer; bu nedenle özellikle kişilere doğrudan temasa karşı ilave koruma sağlamak için kısmi (akım) veya toplam (kronometrik) seçici zincirlerde olduğu gibi düşük hassasiyetli kaçak akım koruması gerektiği zamanlarda ve ayrıca yüksek hassasiyetli uygulamalar için (fizyolojik duyarlılık) önerilir.

RD2 cihazı, A tipi kaçak akım rölesidir ve hem alternatif hem de tek yönlü darbeleri tip kaçak akımları tespit eder. Özel minidipsler sayesinde açma zamanlarını seçebilir ve hassasiyeti ayarlayabilirsiniz. Ayrıca, RD2 doğrudan DIN rayına sabitlenebilir.

Teknik karakteristikler			
Çalışma gerilimi	[V]	230÷400 a.c. (RD2) 48÷150 a.c./d.c. (RD2-48)	
Frekans	[Hz]	50/60	
Hassasiyet ayan I _{Δn}	[A]	0.03; 0.1; 0.3; 0.5; 1; 2	
Açma süresi ayarları	[s]	Hızlı (ani); 0.3; 0.5; 1; 2; 5	
Kontak kapasitesi	[A]	250 Va.c.'de 10 (ohmic)	
Kontak tipi		enversör	
Çalıştırma sıcaklığı	[°C]	-5...+ 40 ±5	
Modüller	[n°]	2	
Standartlar		IEC/EN 62020	

6.3 G fonksiyonu ile çözüm

Nominal akımları 100 A'dan 6300 A'ya kadar olan aralıklarla ilgili olarak, toprak hatalarına karşı koruma, elektronik koruma ünitesiyle kombine edilmiş ABB SACE devre kesiciler ile sağlanmaktadır:

- 250 A'dan 1000 A'ya kadar kesintisiz anma akımlarına sahip Tmax kompakt tip devre kesiciler T4, T5 ve T6 için PR222DS/P (PR222DS/PD), PR223DS ve PR223EF;
 - 800 A'dan 1600 A'ya kadar nominal akımlara sahip kompakt tip Tmax T7 devre kesiciler için PR331 ve PR332;
 - 630 A'dan 1600 A'ya nominal akımı olan Emax X1 tipi açık tip kesiciler için PR331, PR332 ve PR333;
 - 400 A'dan 6300 A'ya kadar nominal akımı olan Emax açık tip kesiciler için PR121/P, PR122/P ve PR123/P.
- Yukarıda belirtilen üniteler, ters zaman gecikmeli veya bağımsız zaman gecikmeli açma karakteristiği olan toprak hatalarına karşı koruma sağlamak için G fonksiyonuyla

sağlanabilir. Tüm teknik özellikler teknik kataloglarda detaylı olarak açıklanmıştır. Aşağıdaki tabloda mevcut ayarlar gösterilmektedir:

Tablo 7

		I _Δ	t _Δ
PR222	I _Δ t=k	0.2 - 0.25 - 0.45 - 0.55 - 0.75 - 0.8 - 1 x I _n manuel ayar	0.1s, 0.2s, 0.4s, 0.8s manuel ayar
		0.2...1 x I _n (adım 0.1 x I _n) elektronik ayar	0.1...0.8s (adım 0.01s) elektronik ayar
PR223	I _Δ t=k	0.2...1 x I _n (adım 0.1 x I _n)	0.1...0.8s (adım 0.01s) elektronik ayar
PR331	I _Δ t=k - t=k	0.2 - 0.3 - 0.4 - 0.6 - 0.8 - 0.9 - 1 x I _n	0.1s, 0.2s, 0.4s, 0.8s
PR332 - PR333	I _Δ t=k - t=k	0.2...1 x I _n (adım 0.02 x I _n)	0.1...1s (adım 0.05s)
PR121	I _Δ t=k - t=k	0.2 - 0.3 - 0.4 - 0.6 - 0.8 - 0.9 - 1 x I _n	0.1s, 0.2s, 0.4s, 0.8s
PR122 - PR123	I _Δ t=k - t=k	0.2...1 x I _n (adım 0.02 x I _n)	0.1...1s (adım 0.05s)

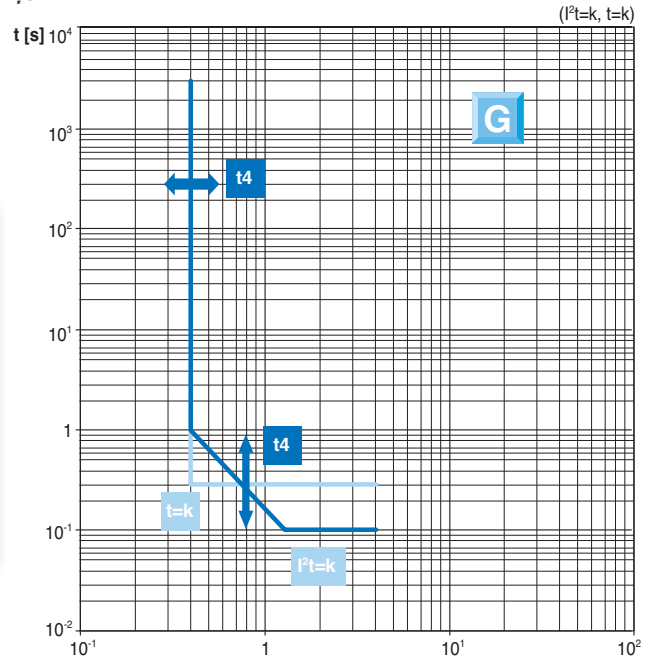
Şekil 1

ABB SACE elektronik koruma üniteleri mikroişlemci tabanlı teknoloji kullanılarak tasarlanmıştır. Bu, yüksek güvenilirliği, açma hassasiyetini ve dış çevreye duyarlılığı garanti eden koruma fonksiyonlarının sağlanmasını sağlar.

Elektronik mikroişlemci tabanlı koruma üniteleri kendi kendine beslenir ve akım sadece bir faz içinden geçtiğinde dahi koruma fonksiyonlarının düzgün çalışmasını garanti eder. Koruma ünitesi, PR ... koruma ünitesinin akım transformatörlerinden (devre kesici kutup sayısına göre üç veya dört) ve devre kesicinin çalışma mekanizmasına doğrudan etki eden bir açma solenoidinden oluşur. Akım transformatörleri, korumanın doğru çalışması ve akım algılaması için gerekli sinyal için gerekli tüm enerjiyi sağlar.

Dolaylı temasa karşı korunmak için elektronik koruma ünitesi kullanımından kaynaklanan avantajlar

Bir örnek olarak, TN-S sistemde bir terminal yükünün dolaylı temaslarına karşı koruma düşünülmelidir.

Kurulum karakteristikleri:

- nötrsüz üç fazlı sistem	
- TN-S dağıtım sistemi	
- gerilim	400 V
- frekans	50 Hz
- kısa devre akımı	$I_k = 30 \text{ kA}$
- iletkenin uzunluğu	$L = 200 \text{ m}$
- yük akımı	$I_b = 187 \text{ A}$
- PVC yalıtımlı tek damarlı bakır kablo	
- faz iletkeninin kesiti	$S = 95 \text{ mm}^2$
- koruyucu iletkenin kesiti	$S_{PE} = 50 \text{ mm}^2$
- kablounun akım taşıma kapasitesi	$I_z = 207 \text{ A}$

Nominal akım, kesme kapasitesi ve de kısa devre ve aşırı yüke karşı kablo koruması bakımından termik manyetik korumalı T3N250 In = 200 A tipi devre kesiciler ve PR222DS/P LSIG tipi elektronik koruma ünitesi T4N250 In = 250 A tipi devre kesicilerin uygunluğu belirlendikten sonra, dolaylı temasa¹ karşı korunan maksimum uzunluk alternatif olarak iki devre kesicisinin termomanyetik ve elektronik koruma ünitesi performanslarını inceleyerek doğrulanır.

Dolaylı temasa karşı korunan kablo uzunluğu testi, koruyucu cihazların kısa devreye karşı açılmasının zamanlamasının kontrol edilmesi için İtalyan CEI 64-8/5 standardına uygun olarak, kısa devreye karşı maksimum korunan uzunluk sorunu ve dolaylı temasa karşı maksimum korunan uzunluk hesaba katılarak yapılır.

Aşağıdaki formül (hata devresine uygulanan Ohm Kanunundan türetilir) dolaylı temasa karşı maksimum koruma uzunluğunu hesaplamaya izin verir:

$$L_{\max} = \frac{0.8 \cdot U_0}{1.5 \cdot \square \cdot (1+m) \cdot \frac{I_a}{S}}$$

burada

- U_0 Toprak besleme gerilimi (230 V) fazı;
- 0.8 kısa devre akımının etkisinden dolayı besleme geriliminde %80'lik bir azalmayı hesaba katan bir katsayıdır;
- 1.5 kısa devre esnasında direnç değerinin artışını hesaba katan bir katsayıdır;

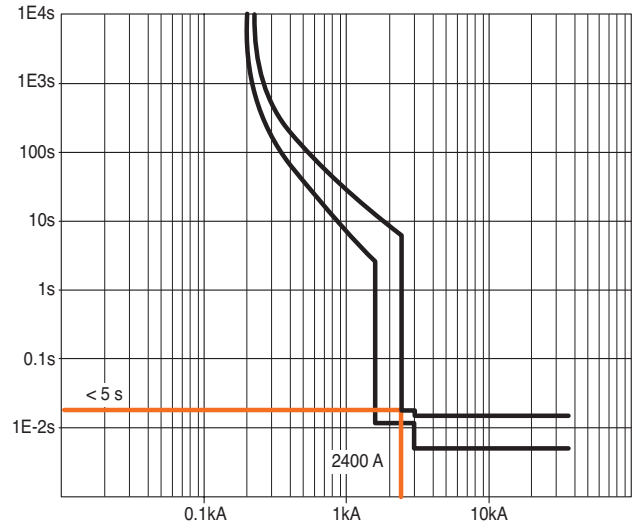
¹ Korunan maksimum uzunluğun doğrulanması, TN sistemdeki dolaylı temasa karşı koruma ilişkilerinden ($Z_{\Sigma} I_{\Delta} \leq U_0$), kablo uzunluğunun bir fonksiyonu olarak ifade edilir. Devre kesicinin anlık devreye girmesine neden olan akımın minimum değerini formüle ekleyerek, faz-toprak hatası için asgari kısa devre akımına karşılık gelen maksimum uzunluğu elde etmek mümkündür; bu kısa devre, devre kesici tarafından kısa sürede ortadan kaldırılabılır, böylece dolaylı temaslara karşı koruma sağlanır.

- P iletken malzemenin 20°C'deki direncidir (bakır için $0.018 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$);
- m faz iletkeninin kesiti ile koruyucu iletken kesiti arasındaki oran;
- I_a devre kesicinin, standart tarafından öngörülen sürelerde açma yapmasına neden olan akım artı tolerans (genelde %20);
- S faz iletkeninin kesiti.

Termomanyetik tip T3N250 In 200 A devre kesici

nominal akım	$I_n = 200 \text{ A}$
termik ayar aralığı	$I_1 = 140 - 200 \text{ A}$
5 s içinde açma akımı	$I_a = 2400 \text{ A}$
açma akımı toleransı	$\pm \%20$

Şekil 2



Formülden çıkan sonuç:

$$L_{\max} = (0.8 \cdot 230 \cdot 95) / [1.5 \cdot 0.018 \cdot (1 + 95/50) \cdot 2400] = 93 \text{ m}$$

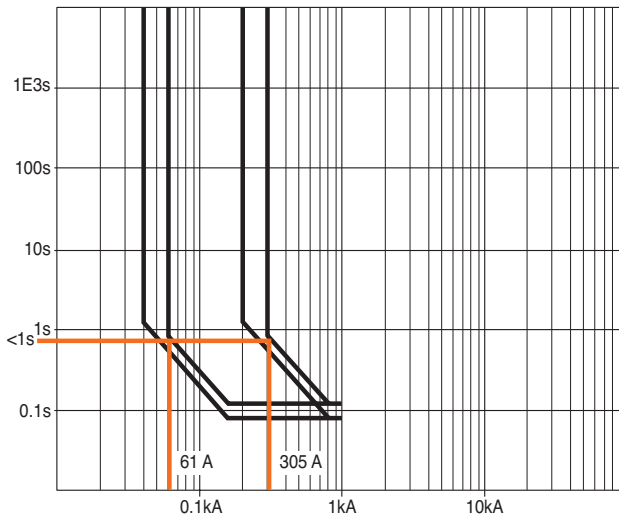
Tesisin kablounun uzunluğu 200 m'dir ve bu nedenle verilen koruma tam değildir.

Elektronik koruma üniteli T4N250 devre kesici

PR 222DS/P L SIG

nominal akım	$I_n = 250 \text{ A}$
G fonksiyonunun ayar aralığı	$I_4 = 50 - 250 \text{ A}$
5 s içinde açma akımı	
minimum ayar	$I_a = 61 \text{ A}, I_4 = 50 \text{ A}$ başına
5 s içinde açma akımı	
maksimum ayar	$I_a = 305 \text{ A}, I_4 = 250 \text{ A}$ başına
açma akımındaki tolerans	$\pm\%10$

Şekil 3



Formülden çıkan sonuç:

$$L_{\max} = (0.8 \cdot 230 \cdot 95) / [1.5 \cdot 0.018 \cdot (1 + 95/50) \cdot 61] = 3659 \text{ m}$$

 $I_4 = 50 \text{ A}$ ile

ve

$$L_{\max} = (0.8 \cdot 230 \cdot 95) / [1.5 \cdot 0.018 \cdot (1 + 95/50) \cdot 305] = 731 \text{ m}$$

 $I_4 = 250 \text{ A}$ ile

Bu nedenle, elektronik koruma ünitesi kullanımı sayesinde kablo 200 m uzunluğunda korunmaktadır.

Koruma, G fonksiyonunu 50 ve 250 A arasında değişen tüm değerlerle ayarlayarak elde edilir.

Bu çok çeşitli olasılıklar ve ayar akımlarının oldukça düşük değerleri, insanların güvenliği ve tesisin güvenilirliği için toprak hatalarına karşı koruma kullanımından elde edilen avantajlar konusunda önceki ifadeleri somutlaştırarak koruma koordinasyonunu kolaylaştırmaya katkıda bulunur.

6.4 G koruma fonksiyonu mu, kaçak akım koruması mı?

Önceki bölümlerde anlatıldığı gibi ABB SACE, toprak hata koruması için iki tip ürün türünü sunmaktadır:

- devre kesicilere bağlanacak artık akım koruması;
- devre kesicilerin elektronik sürümlerine entegre edilen toprak hatası koruma fonksiyonu G.

Kaçak akım koruması, devrenin yüklü iletkenlerinin geçtiği ferromanyetik bir madde toroidi kullanır; bir toprak hatası olduğunda, iletkenlerde akan akımların vektörel toplamı sıfırdan farklıdır ve ayarlanan eşiğin üstünde olduğunda, korumanın açılmasına neden olur. ABB SACE kaçak akım koruma üniteleri, açma akım eşiğinin 0 (ani) ila 5s arasındaki gecikme süreleri ile 30 mA'dan 30 A'ya kadar ayarlanmasına izin verir (daha ayrıntılı bilgi için teknik kataloğa bakın).

G fonksiyonunun çalışma prensibi, kaçak akım korumasının çalışma prensibine benzer ancak akımların vektörel toplamı bir mikro işlemci tarafından işlenir ve toroidal transformatörler yoktur. ABB SACE koruma ünitelerinin G Fonksiyonu, açma akım eşiğini, bağlı devre kesicinin nominal akımının 0.2 ila 1 katı arasında ayarlamayı ve gecikme sürelerini 0.1 ila 1 s arasında ayarlamayı mümkün kılar (daha ayrıntılı bilgi için lütfen teknik kataloğa bakınız).

Hangi korumaların seçileceği kararı, sadece dağıtım sistemini değil aynı zamanda kısa devre akım değerini de analiz ederek alınması gerekir; standart talimatlarıyla uyumlu olması, devre kesicinin akımın zararlı etkilerinden kaçınmak için gerekli süreler içerisinde bir hata akımını tespit edebilmesi ve söndürebilmesi gerektiğini ifade eder.

6.4.1 Kaçak akım devre kesicilerinin tipik uygulamaları

Kaçak akım devre kesicileri, insanların dolaylı temaslara karşı korunması ve doğrudan temasa karşı ek koruma için özellikle uygundur.

Dolaylı temasa karşı koruma için kaçak akım devre kesicilerinin kullanılması, örnek olarak aşağıdaki durumlarda gereklidir:

- TT dağıtım sistemi: halihazırda görüldüğü gibi, hata akımı topraktan güç kaynağına geri döner ve bir termik manyetik devre kesicinin anş açma akımı ile karşılaştırıldığında küçük bir değer alır;
- açıkta kalan iletken bölümlerin topraklanması yetersizdir.

Bununla birlikte, aşağıdaki koşullardan biri mevcutsa, bu koruyucuların başka durumlarda, örneğin tek bir topraklama düzenine (TN-S sistem) sahip olması gibi durumlarda da uygulanması gerekli veya yararlı olabilir:

- normal korumalar, standartların belirlediği sınırlar dahilinde koruma sağlamak için yeterli değildir;
- tehlikeli çevresel şartlar (örn. aşırı nem);
- ihmal edilemeyen empedans değerleri olan hatalar.

Bu devre kesicilerin özellikle kullanışlı olduğu tesislerin bazıları şunları içerir:

- her türlü şantiye (bina, deniz, vb.)
- mobil ekipman veya tesis;
- hastaneler ve ameliyathaneler;
- kazı ve madenler;
- kamp alanı elektrik tesisatları;
- havuzlar, saunalar, kantinler ve genellikle yüksek nem seviyelerine sahip ortamlar;
- akvaryum ve havuz ışıklandırmaları;
- tarım alanları;
- zanaatkâr laboratuvarları;
- okul laboratuvarları.

Ayrıca, kaçak akım devre kesicileri, yangın veya patlama tehlikesine sahip tesisatı korumak için veya genel olarak bir kaçak akımın ekonomik hasarlara neden olabileceği durumlarda uygundur, örneğin:

- kimya fabrikaları;
- tozlu ortamlarda veya yanıcı malzemelerle;
- petrol rafinerileri;
- gaz arıtma tesisleri;
- batarya şarj tesisleri.

6.4.2 Toprak hatasına karşı G fonksiyonu ile donatılmış kompakt ve açık tip devre kesicilerin tipik uygulamaları

G fonksiyonu ile donatılmış açık ve kompakt tip devre kesiciler, günümüzde her iki transformatörün ve dağıtım hattının korunması için OG/AG trafo merkezlerinde kullanılmaktadır.

G fonksiyonu genellikle kısa zaman gecikmesi ile sağlanır ve bu nedenle yük tarafında bulunan kaçak akım koruma ünitelerine karşı seçiciliği garanti eder.

Kaçak akım koruma ünitesine açıkça ihtiyaç duyulan uygulamalar dışında, G fonksiyonu, kurulum koşulları izin verildiğinde, dolaylı temas karşı koruma ve normal faz korumaları açısından toprak hatalarına karşı koruma geliştirmek için kullanılabilir.

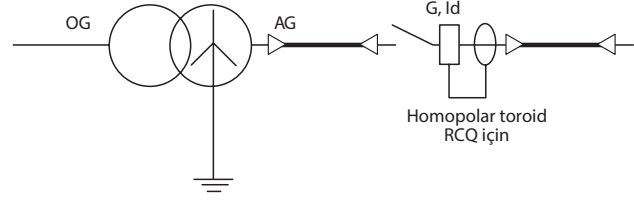
6.5 Toprak hatasına karşı gelişmiş koruma sistemleri

6.5.1 Genel hususlar

Transformatör, kablo ve ana devre kesiciden oluşan bir hattın tipik diyagramına göre hata konumuna bağlı olarak üç bölge seçilebilir ve üç farklı koruma tipi tanımlanabilir:

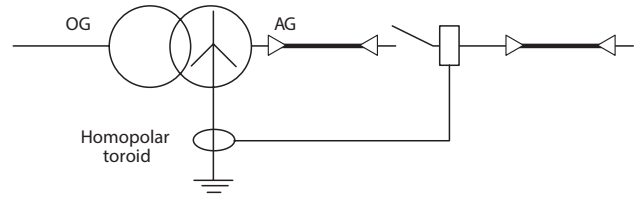
1. Sınırsız Toprak Hata Koruması (UEFP), transformatörün sekonder sargısındaki devre kesici terminallerinin yük tarafında meydana gelen toprak hatalarına karşı koruma sağlamaktadır. Önceki bölümlerde halihazırda ele alınan bu koruma türü (Grafik 4), fonksiyon G, artık akım koruması (RC ..) veya yüksek toprak hata akımlarına karşı normal faz korumaları kullanılarak elde edilmiştir.

Şekil 4



2. “Stand-by Toprak Hatası Koruması” (SEFP) olarak da adlandırılan Kaynak Toprak Dönüşü, transformatörün sekonder sargısındaki devre kesici terminallerinin hem yük hem de kaynak tarafında meydana gelen toprak hatalarına karşı koruma sağlar. Bu koruma, transformatör yıldız noktasının toprak iletkeni için aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi homopololar toroid kullanılarak sağlanır:

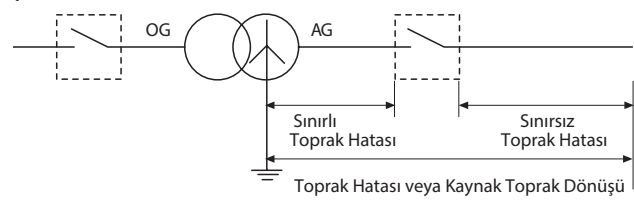
Şekil 5



3. Sınırlanmış Toprak Hatası Koruması (REFP) hem transformatörün sekonder sargısındaki hem de devre kesici terminallerine bağlantı kablolarındaki topraklama hatalarına karşı koruma sağlar.

Aşağıdaki şekil toprak hatası alanlarını göstermektedir.

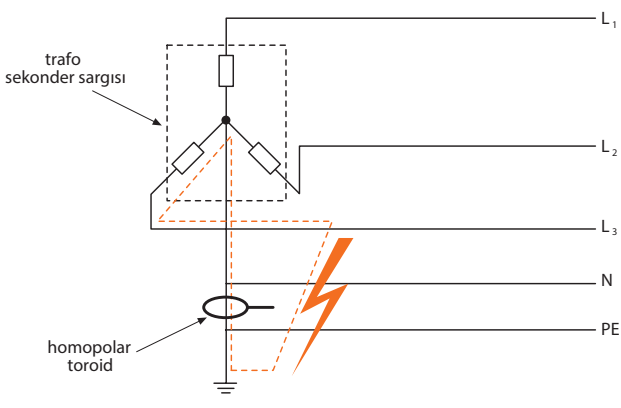
Şekil 6



6.5.2 Kaynak Toprak Dönüşü

“Kaynak Toprak Dönüşü” koruması, OG/AG transformatörünün sekonder sargısındaki devre kesici terminallerinin hem yük hem de kaynak tarafında oluşan toprak hatalarına karşı koruma fonksiyonunu temsil eder. Bu koruma, transformatörün yıldız noktasını toprağa bağlayan iletkeni saran bir homopololar toroid kullanılarak gerçekleştirilir.

Şekil 7



Böylece, toroid aşağıdakileri algılayacaktır:

- faz-PE hata akımları;
- faz-toprak hata akımları;
- kablolama hataları (örneğin, faz-PE iletkeni arasında bir tek fazlı bir yük yanlış bağlanmışsa);
- yıldız noktasından farklı noktalardaki nötr topraklarına bağlantı.

Emax ve Emax X1 açık tip devre kesicilerde PR122, PR123, PR332 ve PR333 tipi ABB SACE elektronik koruma üniteleri, transformatör yıldız noktasını toprağa bağlayan iletken üzerinde bulunan harici bir toroidle birlikte kullanılabilir. Toroidin nominal akımı, 100 A, 250 A, 400 A ve 800 A değerlerinde ayarlanabilir ve dolayısıyla toprak hata koruma eşikini (G fonksiyonu), devre kesici fazlarına monte edilen primer akım transformatörlerinin boyutundan bağımsız hale getirir.

6.5.3 Sınırlandırılmış Toprak Hatası Koruması

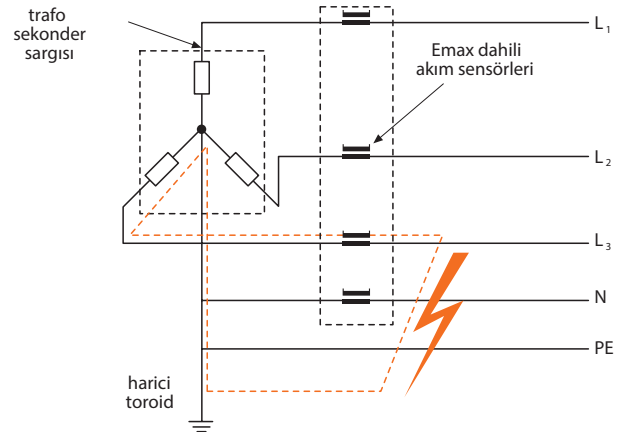
Sınırlandırılmış Toprak Hatası Koruması (REFP) transformatörün sekonder sargısı ile devre kesici terminalleri arasındaki topraklama hatalarına karşı koruma sağlar. PR123 ve PR333 (Emax X1) elektronik koruma ünitesi ile donatılmış Emax serisi devre kesiciler, G koruması için iki bağımsız eğriye izin verir: biri dâhili koruma için (harici toroidsiz G fonksiyonu) ve diğeri harici koruma

için (yukarıdaki paragrafta tarif edildiği gibi harici toroidli G fonksiyonu).

“Çift G” fonksiyonu, hem transformatörün sekonderinin ve devre kesici terminallerine giden bağlantı kablolarının toprak hatalarına (sınırlandırılmış toprak hatası koruması) hem de devre kesicinin yük tarafındaki toprak hatalarına karşı kurulumun aynı anda korunmasını sağlar (sınırlanmış toprak hata korumasının dışında).

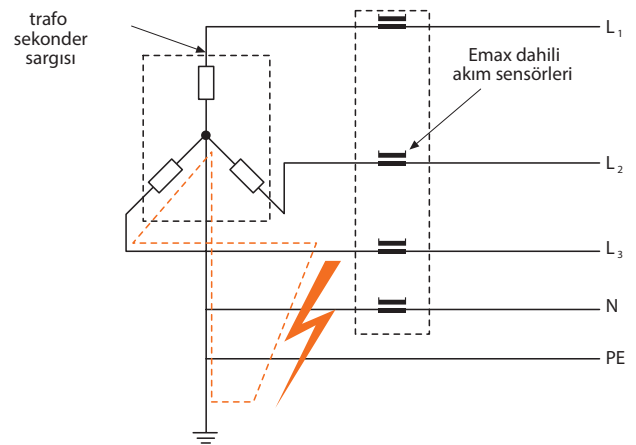
Aşağıdaki şekil, bir Emax devre kesicisinin yük tarafında bir toprak hatasını göstermektedir: hata akımı yalnızca bir faz içinden akar ve eğer dört akım transformatörü (CT) tarafından tespit edilen akımların vektörel toplamı, ayarlanan eşikten yüksek çıkarsa, elektronik koruma ünitesi, G fonksiyonunu etkinleştirir (devre kesici devreyi açar).

Şekil 8



Aynı konfigürasyon ile, devre kesicinin kaynak tarafındaki bir hata (Şekil 9), fonksiyon G'nin müdahalesine neden olmaz; çünkü hata akımı ne fazın ne de nötrün CT'sini etkiler.

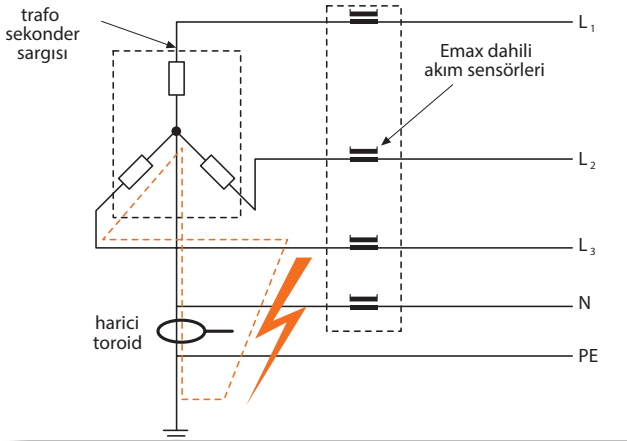
Şekil 9



¹ OG korumaları için özellikle bir üçgen-yıldız transformatör kullanıldığında, bu tür bir hatayı gidermek zordur, çünkü sekonder sargıdaki faz-toprak veya faz-nötr hata akımı, primerde $\sqrt{3}$ kadar azaltılmış görülür.

“Çift G” fonksiyonunun kullanılması, aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi harici bir toroidin kurulmasını sağlar, böylece Emax devre kesicinin kaynak tarafındaki toprak hataları da tespit edilebilir. Bu durumda, ikinci G’nin alarm kontağı, primerde bulunan devre kesicinin açılması ve hatanın kesilmesini sağlamak için kullanılır.

Şekil 10



Şekilde görülen aynı konfigürasyon ile hata, Emax devre kesicinin yük tarafında meydana gelmişse, hata akımı, fazlardaki hem toroid hem de akım transformatörlerini etkileyecektir. Hangi devre kesicinin açma yapacağını tanımlamak için (OG veya AG devre kesici), açma sürelerinin uygun bir şekilde koordine edilmesi gerekir: özellikle dâhili G fonksiyonu nedeniyle AG devre kesicinin, harici toroidden gelen alarm sinyalinin gerçekleşmesinden daha hızlı açılacak şekilde zamanların ayarlanması gereklidir. Bu nedenle, iki G koruma fonksiyonu arasındaki zaman-akım seçiciliği sayesinde, transformatörün primerindeki OG devre kesici, açma komutunu almadan önce, AG tarafındaki devre kesici toprak hatasını ortadan kaldıracaktır. Tabii ki, hata AG devre kesicinin kaynak tarafında oluştuysa, sadece OG tarafındaki devre kesici açma yapacaktır.

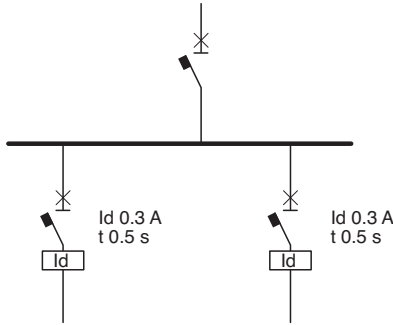
7 Toprak hatasına karşı korumaların seçiciliği

Güvenlik sebeplerinden ötürü, IEC 60364-5-53 standardı, hataya dâhil olmayan tesisat parçalarının beslenmesine süreklilik sağlamak için seri haldeki kaçak akım koruma cihazları arasında seçicilik yapılmasını önermektedir. Bu seçicilik, kaçak akım cihazlarının sadece hataya en yakın cihazın beslemeyi kesmesini sağlayacak şekilde kurulumuyla oluşturulur.

Buna kaçak akım seçiciliği denir ve iki tipe ayrılabilir:

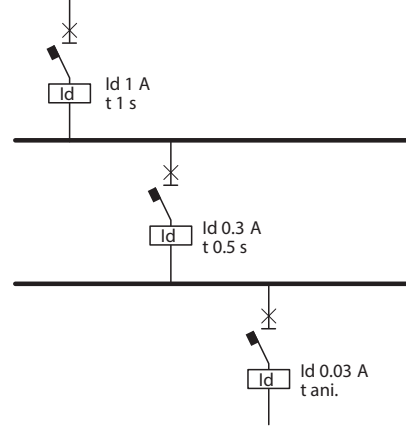
1. Yatay kaçak akım seçiciliği (Şekil 1): her bir hattın bir kaçak akım devre kesicisi ile korunmasından oluşur; bu sayede bir toprak hatası meydana geldiğinde, kaçak akım devre kesicileri herhangi bir hata akımıyla ilgilenmediğinden, sadece hatadan etkilenen çıkışların bağlantısı kesilecektir. Bununla birlikte, kaçak akım rölesinin kaynak tarafındaki pano ve tesisatta dolaylı temasa karşı koruma sağlamak için kaçak akım cihazı dışındaki diğer önlemleri de almak gereklidir;

Şekil 1: Yatay kaçak akım seçiciliği



2. dikey kaçak akım seçiciliği (Şekil 2): seri haldeki kaçak akım devre kesicileriyle elde edilir.

Şekil 2: Dikey kaçak akım seçiciliği



IEC 60364-5-53'e uygun olarak seri haldeki iki kaçak akım koruma cihazı arasındaki seçiciliği sağlamak için bu cihazlar aşağıdaki şartları yerine getirmelidir:

- kaynak tarafında (üst devrede) bulunan kaçak akım koruma cihazının açma olmayan zaman-akım karakteristiği, yük tarafında (alt devrede) bulunan kaçak akım koruma cihazının toplam çalışma süresi-akım karakteristiğinin üstünde olmalıdır;
- kaynak tarafında bulunan cihazdaki nominal kaçak işletim akımı, yük tarafında bulunan kaçak akım koruma cihazınıninkinden daha yüksek olmalıdır.

Açma olmayan zaman-akım karakteristiği, nominal açma olmayandan ($0.5 I_{\Delta n}$ 'e eşit) daha yüksek bir kaçak akımın açma yaptırmadan kaçak devre kesici içinde aktığı maksimum zaman gecikmesi gösteren eğridir.

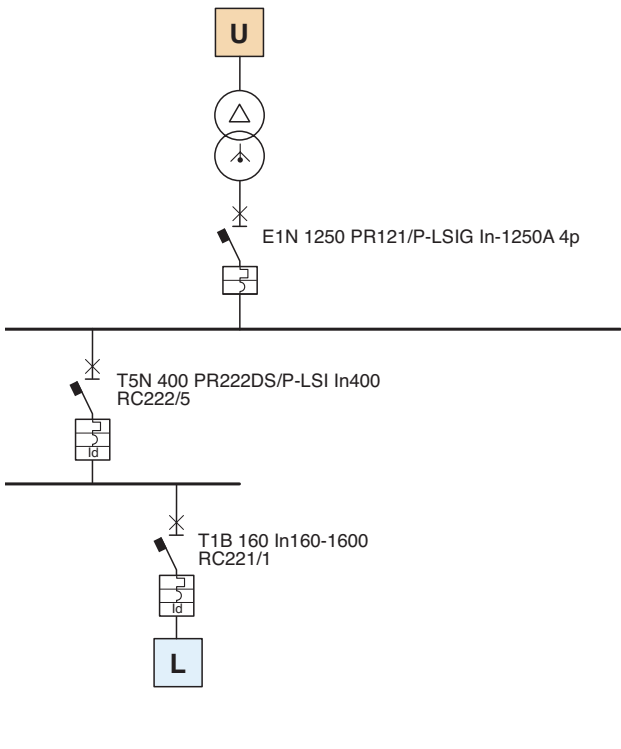
Özetlemek gerekirse, seri bağlı iki kaçak akım cihazı arasındaki seçiciliği garanti altına almak için aşağıdaki koşullar sağlanacaktır:

- a) kaynak tarafında bulunan S tipi kaçak akım devre kesicileri için (IEC 61008-1 ve IEC 61009 standartlarına uygun olarak), üç kat daha düşük olan $I_{\Delta n}$ 'e sahip seçici olmayan yük tarafı devre kesicileri seçmek gereklidir;
- b) kaçak akım elektronik üniteleri (RC 221/222/223, RCQ ve RD2) için kaynak tarafındaki cihazın açma sürelerinin ve akımlarının, toleransları da hesaba katarak yük tarafındaki cihazın açma süreleri ve akımlarından yüksek olması gerekir.

Aşağıdaki örnek (Şekil 3), toprak hatasına karşı G koruma fonksiyonu olan kaçak akım ve elektronik koruma ünitesi ile donatılmış seri halde üç devre kesici bulunan bir tesisatın bir bölümünü göstermektedir. Söz konusu devre kesiciler:

- E1N 1250 PR121/P-LSIG $I_n=1250A$ 4p
- T5N 400 PR222DS/P-LSI $I_n=400A$, RC222 tipi kaçak akım cihazı ile
- T1B 160 TMD $I_n=160A$, RC221 tipi kaçak akım cihazı ile

Şekil 3

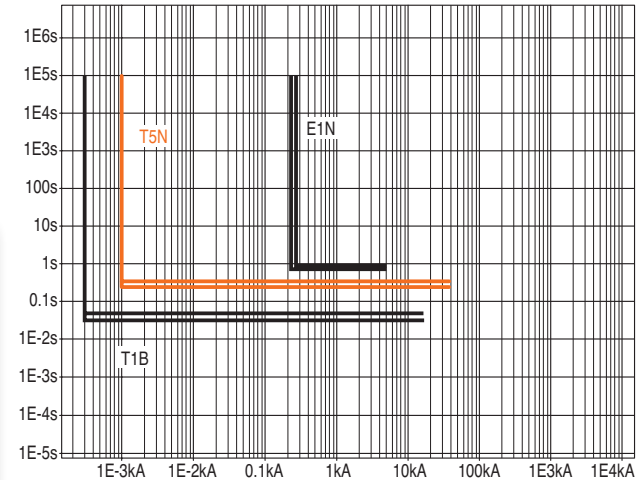


Kaçak akım seçiciliği amacına doğru bir koordinasyon sağlamak için açma akımı ve zaman eşiklerinin, toleranslar da dikkate alınarak doğru şekilde ayarlanması gerekir. Tabii ki, dolaylı temaslara karşı koruma açısından, her devre kesici için standartların gerekliliği doğrudur. Seçicilik elde etmek için olası ayarlar:

- E1N 1250
G (Toprak hatası): $t=sbt.$ - Akım - 250 [A] - Zaman 0.8 [s]
- T5N 400
RC: Akım 1 [A] - Zaman 0.3 [s]
- T1B 160
RC: Akım 0.3 [A] - Zaman ani

Bu ayarlarla ilgili açma eğrileri Şekil 4'te gösterilmektedir:

Şekil 4



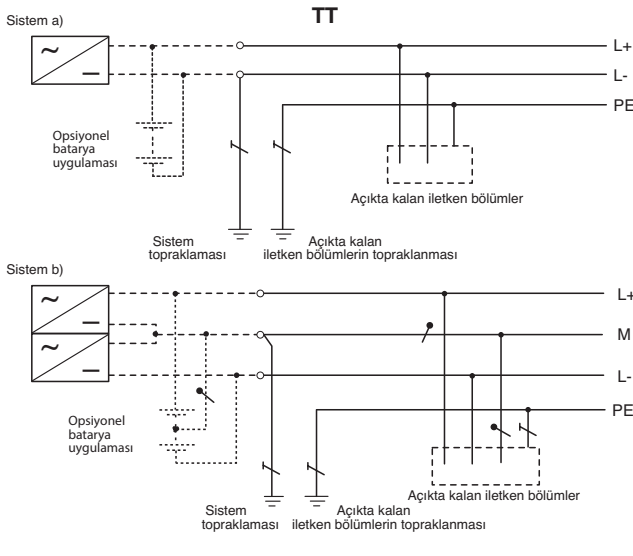
Ek A

Doğru akım dağıtım sistemleri

Doğru akım dağıtım sistemleri, IEC60364-1 standardı ile alternatif akımdakilere benzer şekilde tanımlanır:

TT Sistem: sistemin polaritesi ve açıkta kalan iletken bölümler elektriksel olarak bağımsız¹ iki topraklama düzenine bağlanır.

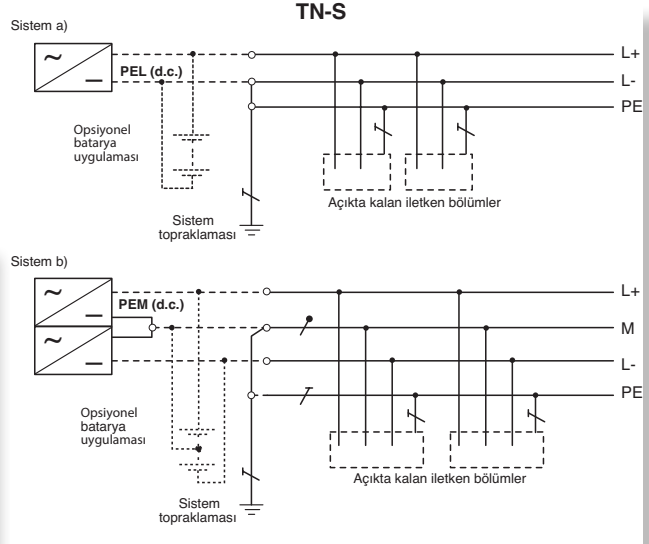
Gerekirse, kaynağın orta noktası toprağa bağlanabilir.



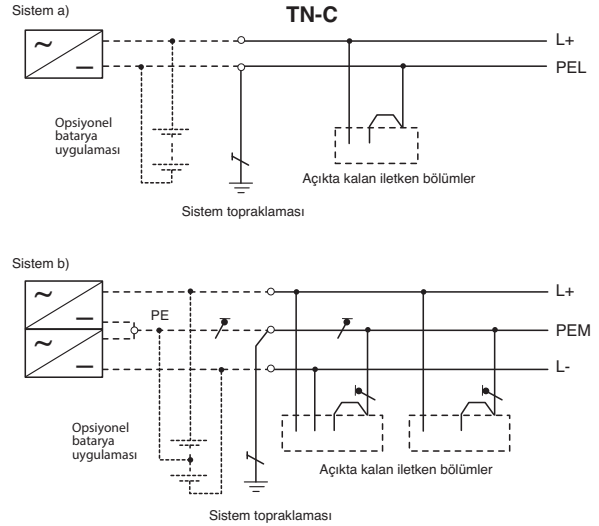
TN Sistem: bir polarite veya kaynağın orta noktası doğrudan topraklanmıştır; açıkta kalan iletken bölümler aynı topraklanmış noktaya bağlanır.

Topraklanmış polaritenin ve koruyucu iletkenin ayrılıp ayrılmamasına göre üç tip TN sistemi aşağıdaki gibi dikkate alınır:

1. **TN-S** – polaritenin toprağa bağlı iletkeni ve PE koruyucu iletken ayrılır

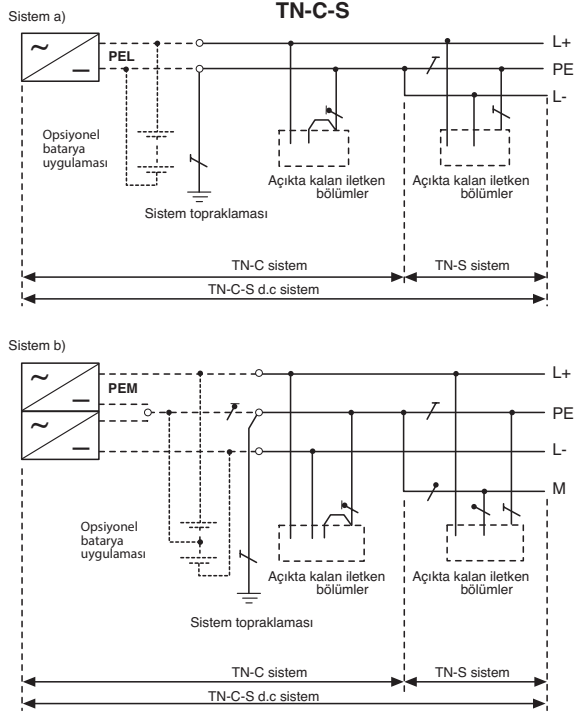


1. **TN-C** – topraklanmış polarite ve koruma iletkeni, PEN adı verilen tek bir iletkende birleşiktir



¹ Pozitif veya negatif polariteye toprak bağlantısı seçimi, bu ekte ele alınmayan nedenlerden dolayı yapılır.

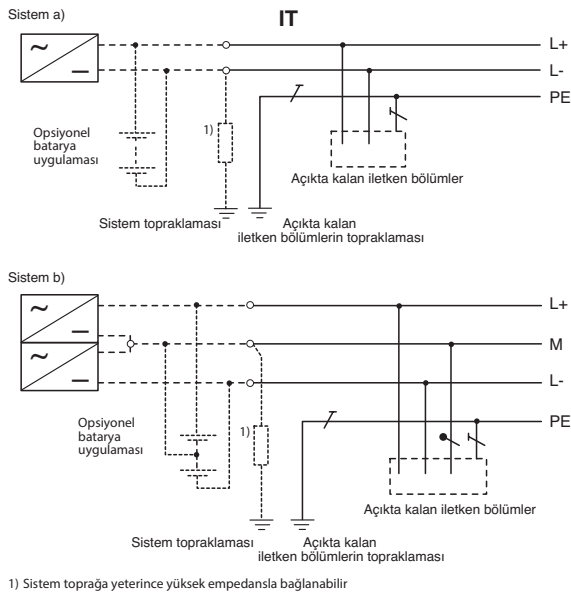
3. TN-C-S – topraklanmış polarite ve koruyucu iletkenin fonksiyonları, PEN olarak adlandırılan ve kısmen ayrılmış tek bir iletken içinde kısmen birleşiktir



Dolaylı temas karşı koruma amacıyla, IEC 60364-4 standardı, bir koruyucu cihazın beslemeyi otomatik olarak kesmesini öngörür; böylece yüklü bir bölüm ve açıkta kalan iletken bölüm veya bir koruyucu iletken arasındaki hata durumunda, 120 V darbesiz DC'yi aşan beklenen bir dokunma gerilimi, insanda zararlı fizyolojik etkilere neden olacak kadar açıktaki iletken bölümler üzerinde kalmaz. Özel kurulumlar veya yerler için belirtilenlerin altındaki zaman ve gerilim değerlerinin kesilmesi gerekebilir. Doğru akım sistemleri için daha fazla gereksinim üzerinde çalışma yapılmaktadır.

Doğru akım güç sistemlerinde doğrudan kaçak akımlara bağlı olarak elektromekanik korozyonun ana yönleri dikkate alınmalıdır.

IT Sistem: besleme şebekesi topraklanmamışken, açıkta kalan iletken bölümler topraklanmıştır.



² IT sistemlerde, ilk hatanın oluşması durumunda devrenin otomatik olarak kesilmesi genellikle gerekli değildir.

Ek B

Doğrudan temasa karşı koruma

Kişilerin ve hayvanların doğrudan temasa karşı korunması, tesisatın aktif kısımlarıyla temastan kaynaklanabilecek tehlikelerin önüne geçilmesi anlamına gelir. Doğrudan temastan kaçınmak için kişilerin güvenliğinin sağlamak üzere belirli özelliklere sahip bir elektrik tesisatı oluşturulmalıdır.

Bu koruma, aşağıdaki yöntemlerden biriyle gerçekleştirilebilir:

- bir akımın herhangi birinin vücudundan geçmesini önlemek;
- bir cisimden geçebilecek akımı fizyolojik olarak zararlı olan şok akımından daha düşük bir değere sınırlamak.

Kurulum türüne ve çevresel koşullara göre koruyucu önlemlerin aralarında uygun bir şekilde bütünleştirileceğini unutmamak gerekir.

Bu hususlara dayanarak güvenlik tedbirleri şu şekilde ayrılabilir:

- genel korumalar;
- kısmi korumalar.

Genel korumalar, kişilerin bilinçli ve bilinçsiz olarak aktif bölümlere temas etmesini önler ve yeterli teknik bilgiye sahip olmayan kişilerin tesisatlara erişebileceği durumlarda (sıradan kişiler) genellikle alınan tedbirlerdir.

Yalnızca eğitilmiş insanlar tarafından erişilebilen yerlerde kullanılan tedbirler, yanlışlıkla kasıtlı dokunulmaya karşı koruma sağladıkları için kısmi koruma olarak tanımlanır. Doğrudan temasa karşı korunma için ana önlemler şunlardır:

- aktif bölümleri yalnızca parçalayarak çıkarılabilen izolasyonla kaplamak (bu durumda toplam koruma vardır);
- aktif bölümleri muhafazaların içine veya arkaya yerleştirmek

Aşağıdaki tablo IEC/CEI EN 60529 standartlarına uygun muhafazaların koruma derecelerini göstermektedir.

İLK RAKAM: katı yabancı nesnelerin girmesine karşı koruma			
IP			Tam tanım
0		Korumasız	Özel korunmalar sağlanmaz
1		50 mm çapında katı yabancı cisimlere karşı korunma (ellerle istem dışı temas)	İnsan vücudunun geniş bir yüzeyi, örneğin bir el (isteğe bağlı koruma sağlanmamıştır) veya 50 mm çaplı ve daha büyük katı yabancı nesneler tamamen nüfuz etmemelidir
2		12.5 mm çapında katı yabancı cisimlere karşı korunma (parmak)	80 mm uzunluğunu aşan parmaklar veya benzer nesneler veya 12 mm çaplı katı yabancı nesneler tamamen nüfuz etmemelidir
3		2.5 mm çapında katı yabancı cisimlere karşı korunma (araçlar, teller)	2.5 mm çapında veya kalınlığında veya daha büyük aletler, teller ya da 2.5 mm çapında ve daha büyük katı yabancı nesneler hiç nüfuz etmeyecektir
4		1.0 mm çapında katı yabancı cisimlere karşı korunma	1.0 mm kalınlığında veya daha büyük teller veya kayışlar veya 1.0 mm çapında ve daha büyük katı yabancı nesneler hiç nüfuz etmeyecektir
5		Toza karşı korumalı	Tozun içeri girişi tamamen önlenmez, ancak toz, cihazın tatminkar çalışmasına müdahale edecek miktarda nüfuz etmeyecektir.
6		Toz geçirmez	Toz girişi yok

İKİNCİ RAKAM: zararlı etkileri olan su girişine karşı koruma			
IP			Tam tanım
0		Korumasız	Özel korunmalar sağlanmaz
1		Dikey düşen su damlalarına (yoğunlaşmaya) karşı korunmuştur	Dikey düşen damlaların zararlı etkileri olmayacaktır
2		Muhafaza 15°'ye kadar eğildiğinde dikey olarak düşen su damlalarına karşı korunur	Dikey düşen damlalar, muhafaza dikey yönde 15°'ye kadar herhangi bir açıda eğildiğinde hiçbir zararlı etkiye sahip olmayacaktır
3		Dikey yüzeyin 60°'ye kadar olan bir açıda su püskürtülmesine karşı korunmuştur	Dikey herhangi bir tarafa 60°'ye kadar açı ile püskürtülen suyun zararlı etkileri olmayacaktır
4		Herhangi bir yönden su sıçramasına karşı korunmuş	Muhafazaya herhangi bir yönden sıçrayan su zararlı etkilere sahip olmayacaktır
5		Her yöne göre su jetlerine karşı korunmuş (su püskürtülen pompalar)	Muhafazaya karşı püskürtülen suyun zararlı etkileri olmayacaktır
6		Güçlü su jetlerine karşı korunmuş (deniz dalgaları gibi)	Ağır dalgalar veya güçlü su püskürtmeleri durumunda, zararlı etkilere neden olan miktarlarda su girişi mümkün olmayacaktır
7		Suya geçici olarak daldırılmasının etkilerine karşı korunmuş	Muhafaza geçici basınç ve zaman standart koşullar altında, su içine daldırıldığı zaman zararlı etkilere sebep miktarlarda su girişi mümkün olmayacaktır.
8		Suya sürekli olarak daldırılmanın etkilerine karşı korunmuş	Muhafaza, üreticinin belirttiği koşullar altında zararlı etkileri olmayan suya sürekli daldırma için uygundur

İlave harf: tehlikeli parçalara erişime karşı korunma			
IP			Tam tanım
0		Elin arka tarafıyla erişime karşı korunmuştur	50 mm çaplı küre olan erişim probu, tehlikeli parçalardan yeterince uzakta olacaktır
1		Parmakla erişime karşı korunmuş	80 mm uzunluğunda, 12 mm çapında eklemli test parmağı, tehlikeli parçalardan yeterince uzakta olacaktır
2		Araçla erişime karşı korunmuş	100 mm uzunluğunda, 2.5 mm çapında erişim probu, tehlikeli parçalardan yeterince uzakta olacaktır
3		Telle erişime karşı korunmuş	100 mm uzunluğunda, 1.0 mm çapında erişim probu, tehlikeli parçalardan yeterince uzakta olacaktır

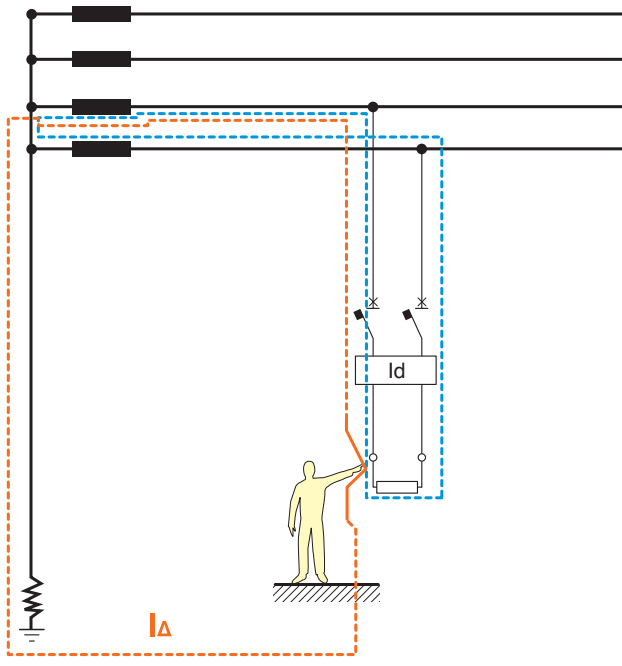
en az IP2X veya IPXXB koruma derecesini sağlayan engeller; engellerden veya muhafazalardan daha büyük olan ve erişim mesafesinde bulunan yatay yüzeyler açısından, en azından IPXXD veya IP4X koruma derecesi gereklidir (koruma, genel korumadır);

- aktif bölümlerle istenmeyen temasları önlemeye yönelik engellerin kullanılması (koruma, istemsiz teması önler, ancak kasıtlı olan teması engellemez ve bu nedenle sadece kısmi bir koruma sağlar);
- bu bölümlerle istemsiz teması önlemek için aktif bölümlerin erişilemeyen yerlere yerleştirilmesi (kısmi koruma);
- 30mA'yı aşmayan nominal kaçak işletim akımı bulunan kaçak akım cihazlarının kullanımı.

Kaçak akım devre kesicileri tarafından koruma, yalnızca standartlar tarafından daha önce tanımlanan korumanın önlemlerini içerecek şekilde düzenlenmiş ek koruma olarak tanımlanır; ancak bunların yerine geçmez. Bunu daha iyi anlamak için Şekil 1, doğrudan temasın yalnızca bir aktif bölümlerle gerçekleştiği durumu göstermektedir.

Kırmızı çizgi, yukarıda sözü edilen koşullar altında kişiye akabilecek akımın yolunu gösterirken, mavi noktalı çizgi normal koşullardaki akım yolunu temsil eder. Toprak hatası olmadığından, açıktaki iletken bölümlerin toprağa bağlantı durumunun herhangi bir etkisi yoktur.

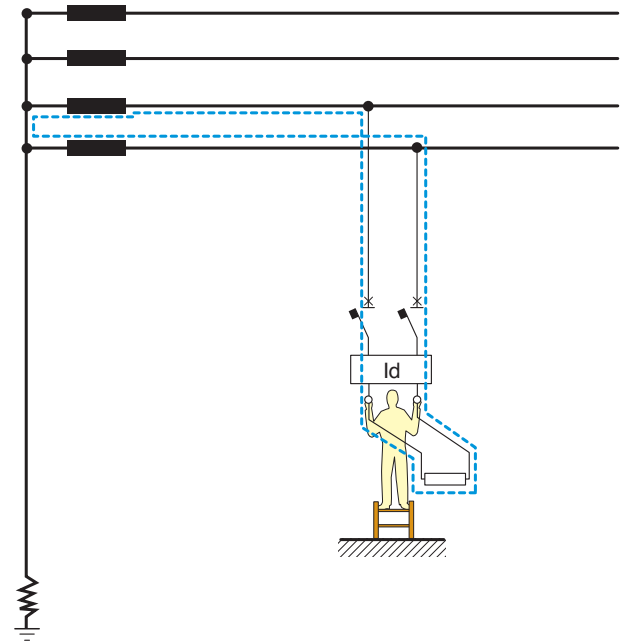
Şekil 1



Bilindiği gibi kaçak akım cihazları kesinlikle $I_{\Delta} \geq I_{\Delta n}$ ile çalışır (burada $I_{\Delta n}$ kaçak akım cihazının hassasiyetidir). Tehlike eğrisine göre (bkz. Bölüm 5), insan vücudu boyunca akan akım 30mA'dan düşük veya ona eşitse, bir kişi herhangi bir hasar görmez ($I_{\Delta n} \leq 30mA$).

Bunun yerine, Şekil 2, farklı potansiyelli iki polaritede doğrudan temas meydana geldiğindeki durumu göstermektedir.

Şekil 2



Bir kişi topraktan yalıtılmışsa (örn. kişi ahşap bir merdivene yaslandığında veya kauçuk tabanlı ayakkabı giydiğinde vb.) veya vücudu, toprak direncinin de eklendiği yüksek bir elektrik direnci değeri sunduğu zaman da tehlike ortaya çıkabilir; aslında bu koşullar altında kaçak akımı I_{Δ} düşük bir değere sahiptir ve kaçak akım cihazı devreye sokulmayacaktır, ancak yine de kişiden tehlikelere neden olabilecek bir akım geçebilir.

Sonuç olarak, bu durumlarda (çok nadiren bile olsa), standart, kaçak akım korumasını, yukarıda sözü edilen araçlarla bütünleştirilmek üzere bir ek koruma olarak tanımlar.

Ek C

Devrenin otomatik olarak kesilmesi olmadan dolaylı temasa karşı koruma

Devrenin otomatik olarak kesilmesiyle dolaylı temaslara karşı koruma sağlanmasına ek olarak, kurulum standartları, otomatik ayırma olmaksızın bu tür korumanın servis devamlılığı açısından belirgin avantajlarla gerçekleştirilmesine olanak tanır; tehlikeli koşulların oluşmasını önlemek için kullanıldıklarından dolayı bu korumalar, önleyici tedbirler olarak düşünülür.

Başlıca tedbirler şunlardır:

- çift veya takviyeli izolasyon ile koruma;
- iletken olmayan bir yerin sağlanması yoluyla koruma*;
- topraksız yerel eş potansiyel kuşaklama ile koruma*;
- sadece bir tane akım kullanan ekipmanın beslenmesi için elektriksel ayırma ile koruma.
- birden fazla akım kullanan ekipmanın beslenmesi için elektriksel ayırma ile koruma*.

Çift veya takviyeli izolasyon ile koruma

Bu koruma, temel izolasyonda bir hata nedeniyle tehlikeli bir gerilim oluşmasını önleyen elektrikli ekipman kullanılarak sağlanmaktadır.

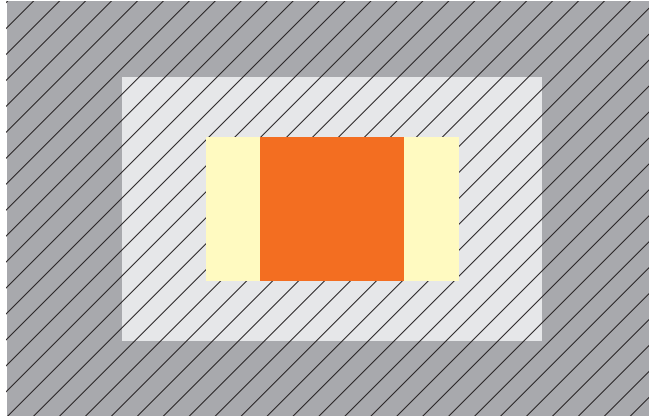
Bu koruyucu önlemi sağlamak için belirli tanımlanmış özelliklere sahip elektrikli ekipmanların kullanılması gereklidir:

- çift izolasyon veya takviyeli izolasyon (sınıf II ekipman);
- Sınıf II ekipmana eşdeğer bir yalıtımı olan bileşenler (örneğin, tamamen izolasyonlu levhalar)
- bir elektrik tesisatı kurma sürecinde temel yalıtıma sahip elektrikli ekipmanlara uygulanan ilave yalıtım;
- bir elektrik tesisatı kurulumunun bir süreci olarak, izole edilmemiş aktif bölümlere uygulanan takviyeli izolasyon.

Yukarıda bahsedilen teçhizata ek olarak, standart, belirli özelliklere sahip mahfazaların ve iletkenlerin kullanımını öngörür; yukarıda belirtilen bileşenlerle ilgili gereksinimlerle ilgili olarak, standardın kendisine başvurulmalıdır.

*Bunlar, tesisat sadece yetenekli ve eğitilmiş kişilerin denetiminde kontrol edildiğinde uygulanan koruyucu önlemlerdir.

Şekil 1



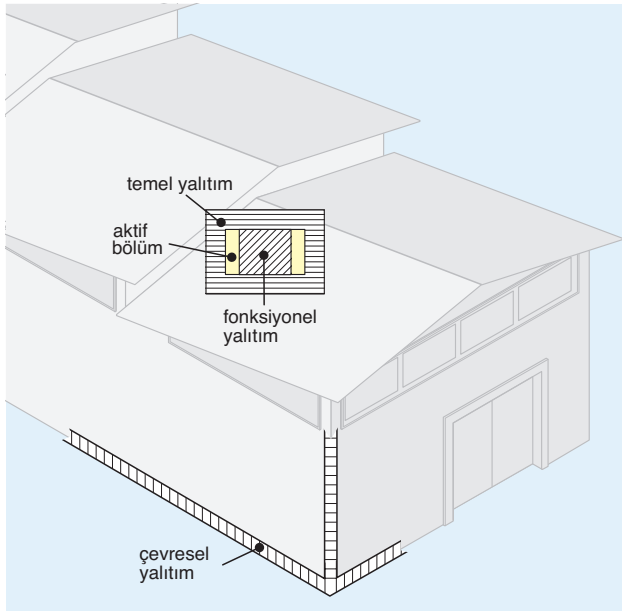
- = aktif bölüm
- = fonksiyonel yalıtım, bir elektrikli cihazda bölümleri farklı potansiyellerde izole ederek operasyonları mümkün kılar
- = temel yalıtım, normalde gerilim altındaki, aktif bölümlerin yalıtımıdır
- = ek yalıtım, temel yalıtıma ek olarak uygulanır ve ikincisinin arızalanması durumunda izolasyonu garanti eder
- = kuvvetlendirilmiş yalıtım, yani temel yalıtım artı ek yalıtım ile sağlanabilen eşdeğer koru derecesini garanti edebilen benzersiz bir yalıtımdır

İletken olmayan yerler ile koruma

İletken olmayan yerlerle koruma, farklı potansiyellerde (örneğin, aktif bölümlerin temel yalıtımında bir hatadan kaynaklanan) eşzamanlı temasların önlenmesine uygun, çevreye özel düzenlemeleri (aralık bırakma, engellerin ve izolasyonun araya girmesi) sağlamayı içerir.

Belirli özellikleri nedeniyle bu koruma yöntemi, sivil bina ve benzerlerinde asla uygulanmaz.

Şekil 2



Topraksız yerel eş potansiyel kuşaklama ile koruma

Bu türden koruma, aynı anda erişilebilen açıktaki iletken bölümlerin birbirine bağlanmasından oluşur.

Bu yöntemi kullanarak, eş potansiyel kuşaklamanın bağlantısının kopması durumunda kişiler, kurulumdaki tehlikeli potansiyel farklılıklara maruz kalabilir.

Bu koruma önlemi, sivil bina ve benzerlerinde asla uygulanmaz ve gerekli koşulların yerine getirilmesindeki zorluklar nedeniyle uygun özelliklere sahip az yer vardır.

Elektriksel ayırma ile koruma

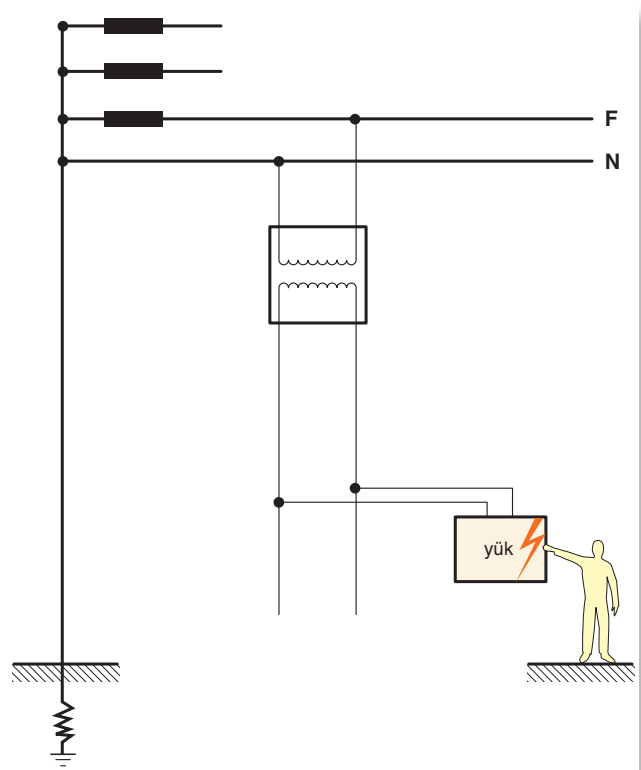
Dolaylı temasa karşı koruyucu bir önlem olarak gösteri-

len elektriksel ayırma ile koruma, topraklama sisteminin yalıtım empedansı sayesinde insan vücudundaki gerilimi sınırlar; bu koruyucu önlemi etkili hale getirmek için, ayrılmış devrelerin düzgün izole edilmesi gereklidir.

Standart gereksinimlerine uymak için kullanılan besleme kaynağı, ayrılmış devreye 500 V'den yüksek olmayan bir maksimum gerilim ile devreye taşınan bir ayırma sahip olmalıdır.

Devre tarafından beslenen, akım kullanan ekipmanın sayısına özellikle dikkat göstermeniz gerekir; nitekim bu koruyucu önlem, tesis, yalnız yetenekli veya eğitilmiş kişilerin denetimi veya kontrolü altındayken daha fazla ürünün beslenmesi için geçerli olup tek bir akım kullanan ekipman kullanıldığında gerekli değildir.

Şekil 3



¹ Kısa mesafeli kablolar için kapasitif akımları göz ardı ederek.

Ek D

Doğrudan ve dolaylı temasa karşı birleşik koruma

Standartlar hem doğrudan hem de dolaylı temaslara karşı birleşik bir koruma kullanmaya izin verir. Bu amaca yönelik olarak, iyi tanımlanmış özelliklere sahip bir sistemin oluşturulması gerekmektedir.

Bu sistemlerin ana özelliği, 50Vac ve 120Vdc'ye eşit bir devrenin nominal gerilimine sahip olmasıdır (ekstra düşük gerilimli sistemler).

İki sargı arasında bir yalıtım kaybı veya daha yüksek gerilim değerlerine sahip diğer devrelerle temas nedeniyle, primeri $U_1 > 50V$ 'de olan bir transformatörün sekonder sargısında bir hata olması durumunda, nominal gerilimin hiçbir durumda artmayacak şekilde uygun önlemler alınarak bu tür koruma sağlanabilir.

Bu nedenle, ekstra düşük gerilim seviyesi aşağıdaki kaynakları kullanarak elde edilebilir:

- standartlara uygun bir emniyet izolasyonlu transformatör (IEC 61558-2-6);
- emniyet izolasyon transformatörünün emniyet derecesine denk gelen bir akım kaynağı;
- uygun özelliklere sahip bir elektrokimyasal kaynak;
- küçük jeneratörler;
- uygun standartlara uyan bazı elektronik cihazlar (bir dâhili hata durumunda dahi, çıkış terminallerindeki gerilimin yukarıda belirtilen değerleri aşmamasını sağlamak için önlemlerin alındığı standartlar).

Bu sistemleri tipleri aşağıdaki gibi tanımlanır:

- SELV (Güvenlik Ekstra-Düşük Gerilimi);
- PELV (Koruma Ekstra-Düşük Gerilimi);
- FELV (Fonksiyonel Ekstra Düşük Gerilim).

Güvenlik Ekstra-Düşük Gerilimi (SELV)

Bir SELV sistemi aşağıdaki karakteristiklere sahiptir:

1. bağımsız kaynaklardan biri veya daha önce bahsedilen emniyet kaynaklarından biri tarafından sağlanır;
2. diğer elektrik sistemlerinden bir koruma (yani bir çift veya takviyeli yalıtım ya da topraklı bir metalik ekran) ile ayrılır;
3. toprakla bağlantılı hiçbir nokta yoktur.

Bu özellikler, sistemin anma değerinden daha yüksek bir gerilim değerine sahip olmasını önlemek için gereklidir.

Koruma Ekstra-Düşük Gerilimi (PELV)

Bir PELV sistemi, yukarıdaki 1. ve 2. maddelerin aynı özelliklerine sahiptir, ancak fonksiyonel nedenlerle veya kontrol devrelerinin güvenliği için topraklı bir noktaya sahip olmalıdır.

PELV sistemleri, SELV sistemlerinden daha az güvenli olur, çünkü devre, toprak bağlantısı üzerinden, sekonder anma gerilimini (ekstra düşük gerilim) aşan bir gerilim elde edebilir.

Bunun sebeplerinden biri de, daha şiddetli koruyucu önlemler gerektiğinde (örneğin, kısıtlayıcı iletken yerler) PELV sistemine izin verilmediği içindir.

Doğrudan ve dolaylı temaslara ilgili hususlar (SELV ve PELV sistemlerinde)

Besleme gerilimi insan için tehlikeli olamayacak kadar düşük bir değere sahip olduğundan SELV veya PELV koruma sistemlerini kullanarak dolaylı temas tehlikesi olmaz. 25Vac ve 60Vdc'yi aşmayan nominal gerilimler için doğrudan temasa ilgili olarak, her iki sistem tipi için de koruma garanti edilmiş olduğundan, gerekli değildir (ancak, PELV sistemleri açısından açıktaki iletken bölümler ve/veya aktif bölümlerin, ana topraklama terminaline bir koruyucu iletken ile bağlanması gerekir).

Daha yüksek gerilimler için (ancak 50Vac veya 120Vdc'den daha düşük) doğrudan temasa karşı koruma aşağıdaki olasılıklardan biri ile garanti altına alınmalıdır:

- IPXXB veya IP2X'den daha düşük olmayan koruma derecelerine sahip bariyerler veya muhafazalar kullanarak (yatay yüzey için IPXXN veya IP4X'den düşük olmayan bir derece);
- açıkta kalan iletken bölümleri, tamamen yırtılma ile sökülebilecek yalıtım ile parçalamak.

Fonksiyonel Ekstra Düşük Gerilim (FELV)

Sistem ekstra düşük gerilimde olduğu halde SELV ve PELV devreleri için yukarıda belirtilen gereksinimler yerine getirmediğinde, sistem FELV (Fonksiyonel Ekstra Düşük Gerilim) olarak adlandırılır.

Doğrudan ve dolaylı temaslara ilgili hususlar (FELV sistemlerinde)

FELV sistemleri emniyetli olmayan normal bir transformator ile beslenebilir; bu nedenle yalıtımdaki bir hata nedeniyle birincil akımın gerilimi sekonder boyunca akabilir. Bu nedenle hem doğrudan hem de dolaylı temaslara karşı güvenlik tedbirleri uygulanmalıdır.

Dolaylı temas

Dolaylı temasla ilgili olarak şunlar gereklidir:

- FELV devresinin açıkta kalan iletken bölümleri, devrenin otomatik olarak ayrılmasıyla korunması şartıyla primer sistemin koruyucu iletkenine bağlanır. Böylece, şekil 1’de görüldüğü gibi, primer sistemin kaçak akım cihazı, çift hata durumunda $I_{\Delta} \geq I_{\Delta n}$ için açma yapacaktır.

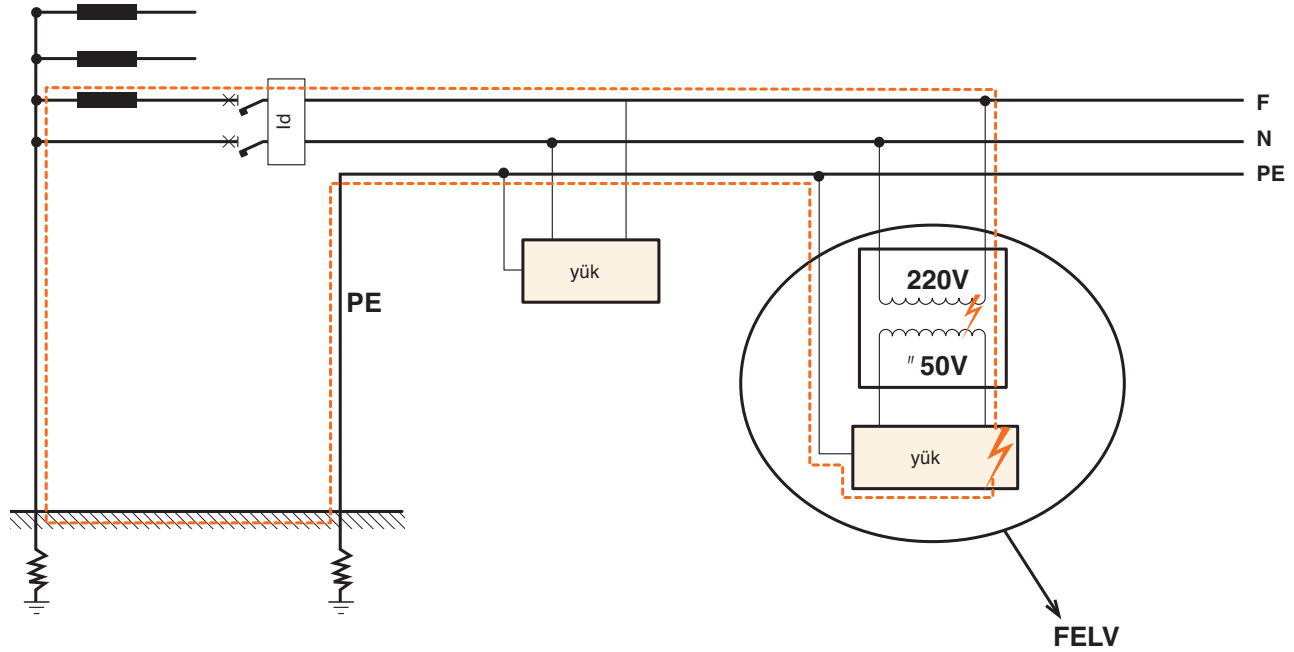
- FELV devresinin açıkta kalan iletken bölümleri, topraksız eş potansiyel kuşaklama izoleli iletkenle (elektriksel ayırma koruma sağlayan bir sistemde) bağlanır.

Doğrudan temas

Doğrudan temasla ilgili olarak şunlar gereklidir:

- aktif bölümler en azından IP2X veya IPXXB koruma derecesine sahip muhafazaların içine veya bariyerlerin arkasına yerleştirilir
- primer devre için gerekli minimum test gerilimine karşılık gelen bir izolasyon garantisi edilir.

Şekil 1



Ek E

Nötr ve koruyucu iletkenle ilgili hususlar

Nötr iletken

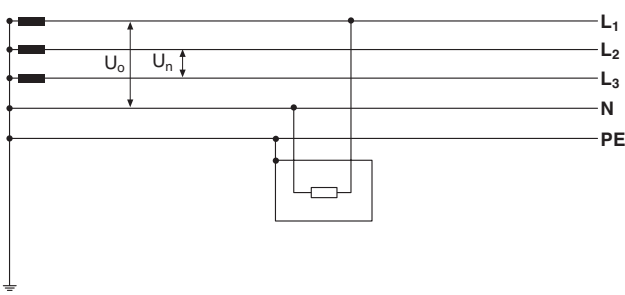
Genel hususlar

Nötr iletken, sistemin nötr noktasına¹ bağlı olan yüklü bir iletkenidir ve elektrik iletimi için katkıda bulunabilir.

Diğer fonksiyonları:

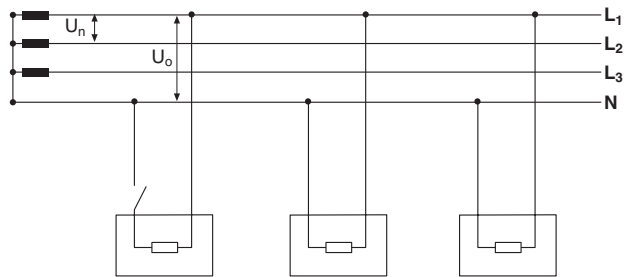
- faz-faz geriliminden (U) farklı bir U_0 gerilimi sağlama (Şekil 1);
- tek fazlı yükleri işlevsel olarak birbirinden bağımsız hale getirir (Şekil 2);
- dengesiz üç fazlı yüklerin mevcudiyetinde yıldız noktasının kaymasını sınırlandırmak (Şekil 3);
- belirli koşullar altında koruyucu iletken (PEN) işlevini de gerçekleştirir (Şekil 4).

Şekil 1

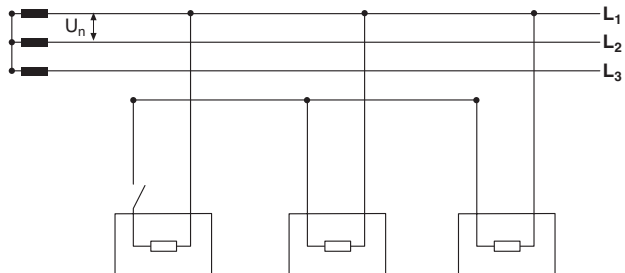


Şekil 2

Dağıtık nötr ile tek fazlı yükler daima U_0 gerilimi ile beslenir.

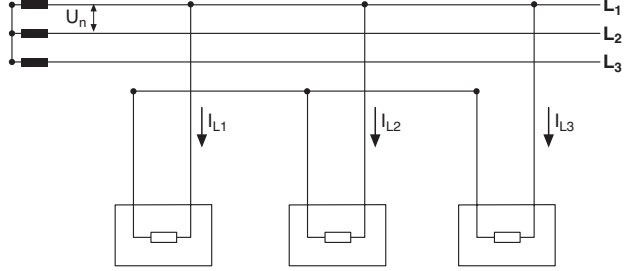


Nötr olmadığında, bir yükün ayrılması, diğer yüklerin $U_n/2$ gerilim-deye eşit bir v çalışmasına neden olabilir.

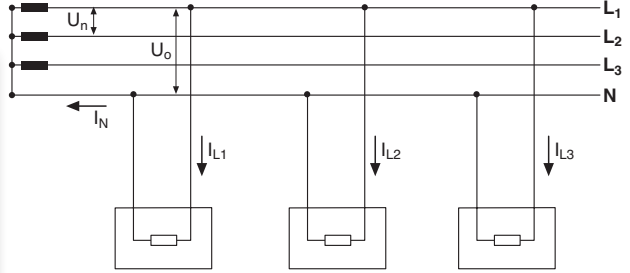


Şekil 3

Nötr olmadığında, akımların toplamı sıfır olmalıdır ve bu da faz gerilimlerinin güçlü bir disimetrisine neden olmaktadır.

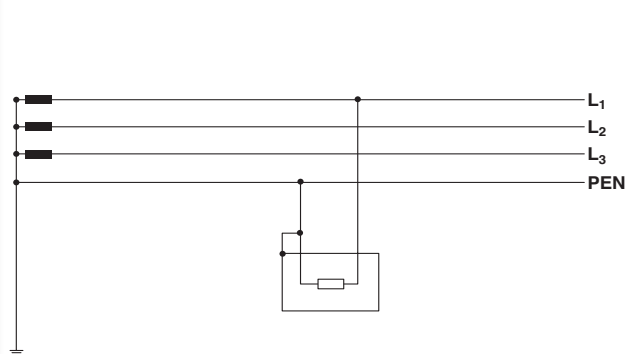


Nötrün varlığı, gerçek yıldız noktasını ideal olana bağlar.



Şekil 4

TN-C sistemde, nötr iletken ayrıca koruyucu iletkenidir.



¹ Nötr nokta genellikle transformatörün veya jeneratörün yıldız noktasına bağlıdır (fakat zorunlu değildir). Pratikte, elektrik tesisatlarında sistemin nötr noktası sıfır potansiyeline sahiptir. Nitekim, sistem dengeliyse, faz-faz ve yıldız gerilimlerinin vektörel diyagramından, nötr nokta üçgenin merkeziyle çakışır. Bir fizik bakış açısından, fazların yıldız bağlantısı durumunda nötr nokta kullanılabilir hale gelir. Aksi takdirde, bağlantı üçgen tipindeyse, fazlardan eşdeğerdeki üçlü bir yıldız bağlantılı empedans grubu türeterek nötr nokta erişilebilir hale getirilebilir.

Nötr iletkenin korunması ve ayrılması

Anormal koşullar altında, nötr iletken, örneğin kazara kopma veya tek kutuplu cihazların (sigortalar veya tek kutuplu devre kesiciler) müdahalesi nedeniyle bir bağlantı kesilmesine bağlı olabilecek toprak gerilimine sahip olabilir. TN-C sistemlerde olduğu gibi nötr iletken aynı zamanda koruyucu iletken olarak kullanılıyorsa, bu anormalliklerin ağır sonuçlar doğurabileceğine dikkat edilmelidir. Bu dağıtım sistemleri ile ilgili olarak, Standartlar, PEN iletkeni bağlantısını kesebilecek ve kazara yırtılma olasılığını ihmal edilebilir kabul etmek için minimum kesit alanlarını öngörebilecek (bkz. aşağıdaki paragraf) herhangi bir cihazın (tekli veya çoklu) kullanımını yasaklar. Daha önce görüldüğü gibi, dört kutuplu bir devrede, nötr iletkenin kesilmesi, yalnızca faz geriliminden farklı bir gerilimle beslenen tek fazlı cihazın besleme gerilimini değiştirebilir. Bu nedenle, nötr iletkenin korunması tek kutuplu cihazlar tarafından sağlanmamalıdır. Nötr iletkenin korunması ve ayrılması, dağıtım sistemlerinin niteliğine göre farklılık gösterir:

- TT veya TN sistemler;
- IT sistemler.

TT veya TN sistemler:

- a) nötr iletkenin kesit alanı en azından faz iletkenlerinin kesit alanına eşit veya ondan büyük olduğunda, nötr iletken veya bu iletkenin bir ayırma aygıtı için aşırı akım tespiti yapılması gerekli değildir (nötr korumalı değildir ve bağlantı kesilmemiştir)¹;
- B) aşağıdaki iki koşul aynı anda yerine getirilirse, aşırı akım algılamasının nötr iletken için sağlanmasına gerek yoktur:
- nötr iletken devrenin faz iletkenleri için koruyucu aygıt tarafından kısa devreye karşı korunursa ve
 - nötr iletken tarafından taşınması muhtemel maksimum akım normal çalışmada bu iletkenin akım taşıma kapasitesinin değerinden açıkça daha düşüktür;

c) nötr iletkenin kesit alanı faz iletkeninin altında olduğunda, nötr iletken için aşırı akım koruması sağlamak gerekir; böylece faz iletkenlerinin ayrılması, nötr iletkenin ayrılmasına gerek olmadan gerçekleşir (nötr korumalı ancak bağlantı kesilmemiş).

TN-C sistemlerde, nötr iletken koruyucu iletken görevi görür ve bu nedenle bağlantı kesilemez. Ayrıca, nötr iletkenin ayrılması durumunda bir toprak hatası sırasında açıkta kalmış iletken bölümler, nominal gerilimi sistemin topraklarına götürecektir.

IT sistemler:

Nötr iletkenin dağıtıldığı durumlarda², her devrenin nötr iletkeni için aşırı akım tespiti yapmak genellikle gereklidir; bu da nötr iletken dâhil, ilgili devrenin tüm yüklü iletkenlerinin kesilmesine neden olur. Aşağıdaki durumlarda nötr iletkenindeki aşırı yük tespiti gerekli değildir:

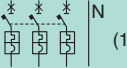
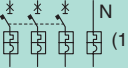
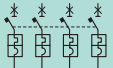
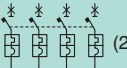
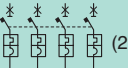
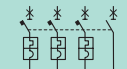
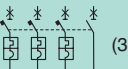
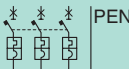
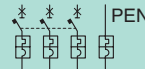
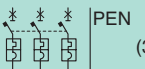
- nötr iletken, kaynak tarafına yerleştirilmiş (diğer bir deyişle tesisatın başlangıcında bulunan) koruyucu bir cihazla kısa devrelere karşı etkili bir şekilde korunursa;
- devre, nominal kaçak akımı, ilgili nötr iletkenin kaçak taşıma kapasitesinin 0.15 katını geçmeyen bir kaçak akım cihazı ile korunursa. Bu cihaz, nötr dahil olmak üzere tüm yükü iletkenleri keser.

¹ TT sistemler her zaman nötr iletkenin ayrılmasını gerektirir; TN-S sistemler, nötr iletkenin üç fazlı devresi artı nötr için ayrılmasını gerektirmez.

²Standart, IT sistemlerde nötrün dağılımına karşı tavsiyelerde bulunur, bkz. Bölüm 5.

Tablo 1, aşağıdaki maddeleri özetler.

Tablo 1

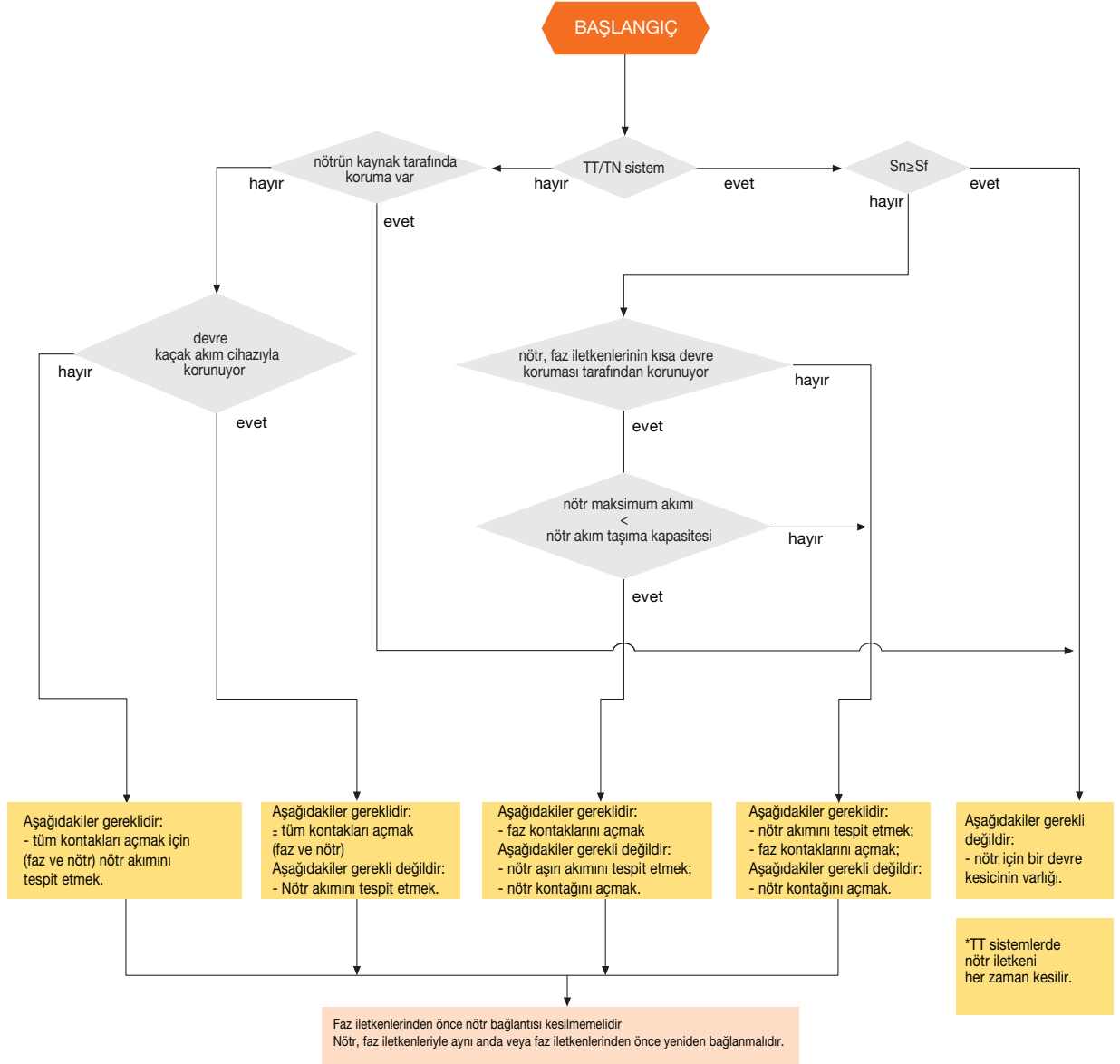
	TT veya TN-S sistemler:		TN-C sistemi		IT sistemi
	$S_N = S$	$S_N < S$	$S_{PEN} = S$	$S_{PEN} < S$	
Üç fazlı + nötr	 (1)	 (1)	-	-	
	 (2)	 (2)			
	 (3)	 (3)			
Faz + nötr	 (1)	-	-	-	
	 (2)				
	 (3)				
Üç fazlı + PEN	-	-			-
	-	-		 (3)	
Faz + PEN	-	-		-	-

(1) Yalnızca TN-S sistemlerine ilişkin kurulum standartları tarafından öngörülen asgari şartlar; buna karşılık TT sistemler nötr iletkenin her zaman ayrılmasını gerektirir

(2) ABB tarafından önerilen konfigürasyon

(3) yeterli konfigürasyon, eğer madde b) doğrulanmışsa

Şekil 5: Akış Şeması "Nötr iletkenin korunması"



Nötr iletkenin asgari kesit alanının belirlenmesi

Nötr iletken varsa, aşağıdaki durumlarda hat iletkeniyle aynı kesit alanına sahip olacaktır:

- hat iletkeninin kesit alanı ne olursa olsun, tek veya iki fazlı devrelerde;
- hat iletkeninin kesiti bakırda 16 mm² veya alüminyumda 25 mm²'den küçük veya eşit olduğunda, üç fazlı devrelerde.

Aşağıdaki koşulların her ikisi de karşılanırsa, faz iletkeninin kesiti bakır kabloyla 16 mm²'den, alüminyum kablo ile 25 mm²'den büyük olduğunda, nötr iletkenin kesiti, faz iletkenininkinden daha küçük olabilir:

- nötr iletkenin kesiti bakır iletkenler için en az 16 mm² ve alüminyum iletkenler için 25 mm² olursa;
- yük akımında yüksek harmonik bozulma yoksa. Yüksek harmonik bozulma varsa, örneğin deşarj lambaları gibi, nötr kesiti faz iletkenlerinin kesitinden daha küçük olamaz.

Özetlersek:

Tablo 2

	Faz kesiti S [mm ²]	Min. nötr kesit S _N [mm ²]
Tek faz/çift faz devreler Cu/Al	herhangi	S ¹
Üç fazlı devreler Cu	S ≤ 16	S ¹
	S > 16	16
Üç fazlı devreler Al	S ≤ 25	S ¹
	S > 25	25

¹TN-C dağıtım sistemlerinde, standartlar, eğer bakır ve 16 mm² alüminyumdan yapılmışsa, PEN iletkenleri için minimum 10 mm² kesiti öngörür.

Koruyucu iletken

Minimum kesitlerin belirlenmesi

PE koruyucu iletkenin minimum kesiti, aşağıdaki Tablo 3 kullanılarak belirlenebilir:

Tablo 3

Faz iletkeninin kesiti S [mm ²]	Koruyucu iletkenin kesit alanı S _{PE} [mm ²]
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 25	16
S > 25	S/2

Daha doğru bir hesaplama için ve koruyucu iletkenin bilinen bir sıcaklıktan nihai olarak belirlenmiş bir sıcaklığa kadar adyabatik ısıtmaya tabi tutulduğunu varsayarak (bu nedenle 5 sn'den daha uzun olmayan hata giderme sürelerinde geçerlidir), SPE koruyucu iletkeninin minimum kesiti aşağıdaki formül kullanılarak elde edilir:

$$S_{PE} = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$$

burada:

- SPE, koruyucu iletkenin kesitidir [mm²];
- I, [A] da düşük empedanslı bir hata durumunda koruyucu iletkenin akan rms akımıdır;
- K, koruyucu iletken malzemesine, izolasyon türüne ve başlangıç ve son sıcaklığa bağlı olan ve Standartların tablolarından alınabilen veya aşağıdaki formüle göre hesaplanan sabittir:

$$K = \sqrt{\frac{Q_c (B + 20)}{\rho_{20}} \ln \left(1 + \frac{f - i}{B + i} \right)}$$

burada:

- Q_c, iletken malzemenin birim hacim başına termik kapasitesidir [J/°C·mm³];
- B, iletken için 0°C'de direnç sıcaklık katsayısının tersidir;
- ρ₂₀, iletken malzemenin 20°C'deki direncidir [Ω·mm];
- θ_i, iletkenin başlangıç sıcaklığıdır [°C];
- θ_f, iletkenin son sıcaklığıdır [°C];
- θ_i ve θ_f hem yalıtım malzemesine, hem de kullanılan kablo türüne bağlıdır; daha ayrıntılı bilgi için standarda bakın.

Tablo 4, yukarıda belirtilen parametrelerin en yaygın değerlerini göstermektedir:

Tablo 4

Malzeme	B [°C]	Q _c [J/°C·mm ³]	ρ ₂₀ [Ω·mm]	$\sqrt{\frac{Q_c (B + 20)}{\rho_{20}}}$
Bakır	234.5	3.45·10 ⁻³	17.241·10 ⁻⁶	226
Alüminyum	228	2.5·10 ⁻³	28.264·10 ⁻⁶	148
Kurşun	230	1.45·10 ⁻³	214·10 ⁻⁶	42
Çelik	202	3.8·10 ⁻³	138·10 ⁻⁶	78

Standartlar tablosunun veya formülün standartlaştırılmış bir kesit sağlamaması durumunda, nispeten daha büyük standartlaştırılmış kesitli bir koruyucu iletken seçmek gerekir.

Tablo veya formülün kullanılıp kullanılmadığına bakılmaksızın, besleme kablosunun bir parçası olmayan koruyucu iletken kesiti en az:

- 2.5 mm², eğer mekanik koruma sağlanmışsa
- 4 mm², eğer mekanik koruma sağlanmamışsa

Sözlük

PE	Koruma iletkeni
PEN	Birleşik iletken (koruma ve nötr)
I_{Δ}	Kaçak akım
$I_{\Delta n}$	Nominal kaçak akım
I_n	Nominal akım
I_3	ani açma eşiği
RCD	Kaçak akım cihazı
U_0	Faz gerilimi (faz - nötr)
U_n	Nominal gerilim (fazlar arası)
Z	Empedans
I_a	Koruma cihazının açma akımı
R	Direnç
R_t	Topraklama düzeninin direnci
N	Nötr
S	Faz iletkeninin kesiti
S_N	Nötr iletkenin kesiti
S_{PE}	Koruma iletkeninin kesiti
S_{PEN}	PEN iletkeninin kesiti

Teknik Uygulama Föyleri

QT1

ABB devre kesiciler ile alçak gerilim seçiciliği

QT7

Üç fazlı asenkron motorlar
Genel özellikler ve koruma cihazlarının
koordinasyonunda ABB çözümleri

QT2

OG/AG trafo merkezleri: kısa devre hesaplama
teorisi ve örnekleri

QT8

Elektrik tesislerinde güç faktörü düzeltme ve harmonik
filtreleme

QT3

Dağıtım sistemleri, dolaylı temas ve toprak
hatasına karşı koruma

QT9

ABB devre kesiciler ile veriyolu haberleşmesi

QT4

AG panoları içindeki ABB devre kesiciler

QT10

Güneş enerjisi santralleri

QT5

Doğru akım uygulamaları için ABB devre
kesiciler

QT11

IEC 61439 standardı Bölüm 1 ve Bölüm 2 ile
uyumlu alçak gerilim panolarının oluşturulmasına
yönelik esaslar

QT6

Ark dayanımlı alçak gerilim anahtarlama ve kontrol
panoları

QT12

Deniz sistemleri ve gemideki tesisatların genel
özellikleri

QT13

Rüzgar enerjisi santralleri

Bize ulaşın

ABB Elektrik Sanayi A.Ş.

Organize Sanayi Bölgesi 2. Cadde No: 16
34776 Yukarı Dudullu / İstanbul
Tel : 0216 528 22 00
Faks : 0216 365 29 45

ABB Müşteri İletişim Merkezi

Tel : +90 850 333 1 222
Faks : +90 850 333 1 225
E-mail : contact.center@tr.abb.com

www.abb.com.tr

Not:

ABB önceden haber vermeksizin teknik değişiklikler yapma veya bu dokümanın içeriğini değiştirme hakkını saklı tutmaktadır. Satınalma siparişlerinde, üzerinde karşılıklı anlaşılmiş özellikler geçerli olacaktır. ABB, bu dokümandaki olası hatalar veya bilgi eksiklikleri için herhangi bir sorumluluk kabul etmeyecektir. Bu doküman ve ilgili konu ile burada kullanılan resimlerin telif hakkını saklı tutmaktayız. ABB'nin yazılı izni olmaksızın, her türlü kopyalama, üçüncü kişilerin kullanımı veya içeriğinden yararlanma – tümü ya da bir kısmı – yasaktır.

© Copyright 2019 ABB
Tüm hakları saklıdır.

1SDC007102G0202 - 05/2008