

elektrik tesislerinde güvenlik

Yazan:

Çeviren:

UDK: 621.316.17-781

ÖZET

Elektrik tesislerinin giderek büyümesi ve genişlemesi, kişilerin ve tesislerin güvenliğini sağlamayı amaçlayan idari ve teknik yönerge ve ilkelerin buna koşut olarak pekiştirilmesini gerektirir. Kişilerin ve tesislerin güvenliği denince optimal bir güvenlik anlaşılmalıdır. Bu güvenlik hem sözü edilen tehlikeleri etkin biçimde sınırlayacak hem de ekonomik yönden ölçülü olacaktır. Yazı böyle bir temele dayandırılmıştır. Ayrıca özel olarak can güvenliği ve koruma sorunları incelenmiştir.

SUMMARY

The growing extension of electric installations has led to a parallel reinforcement of the technical and administrative rules aiming at the safety of persons and the equipment itself. The establishment of such rules and instructions does not disregard the necessity of conceiving a maximum threshold of safety which efficiently limits the risks and is still economically reasonable. The article lays stress on such definitions and especially deals with safety and protection problems concerning persons.

1. GİRİŞ

Elektrik tesislerinde insanların ve aygıtların güvenliğinin sağlanması temel ilkedir. Elektrik tesisi, normal çalışması yada bir öğesinin arızalanması sırasında insan ve aygıtlar üzerinde tehlike yaratmamalıdır.

Gerçekte soyut güvenlik yoktur ve çok kötü koşullarda koruyucu aygıtlar da arızalanabilir. Ayrıca çok ayrıntılı güvenlik önlemleri almaya çalışmak bizi oransız yatırımlara götürür.

Claude Rémond, UTE.

Kemal Bakırcıoğlu, TEK

"La sécurité dans les installations électriques",
Revue Générale de l'électricité. Mayıs 1973,
Cilt 82, No 5, s.314-322

İnsan güvenliğine ilişkin diğer ilkeleri hatırlamak yararlı olacaktır. Yangın tehlikesi nedeniyle tesisin aşırı akımlardan korunması özellikle insan sayısı bakımından kalabalık binalarda çok önemlidir.

2. ELEKTRİK AKIMININ YARATTIĞI TEHLİKELER

2.1. Elektrik Şoku

Elektrik akımının yaratacağı tehlikelere karşı kullanılan koruyucu aygıtlar insan vücudundan tehlikeli akımların geçmesini önlemeyi amaçlar.

Akla hemen insan için tehlikeli elektrik akımı nedir sorusu gelebilir. İnsanlar üzerinde gerçek deneyler yapılamadığı ve yapılamayacağından bilgiler yalnız, hayvanlar üzerindeki bulgular ve kazaların yorumlanmasından çıkarılır. Bu yüzden ancak insanın ölümüne yol açan değerler üzerinde yaklaşıma varılabilmektedir.

Kişinin eliyle tutabileceği bir iletkeni geçecek en yüksek akım 6 ile 10 miliamper arasında değişmektedir. Daha yüksek akımlar adale kasılması ve iletkenin elden atılmaması gibi olaylara yol açmaktadır.

Nesne tutulmaksızın yapılan elektrikselsel temaslarda; kişiye göre 20 ve 30 miliamper arasında değişen akımlar kalpte kasılma olayları yaratmaz. Bu akımlarda gerilimli nesneye dokunan kişi itilir. Daha yüksek akımlarda itilme olmayabilir.

2.2. Güvenlik Eğrisi

Uluslararası düzeyde çok sayıdaki doktor ve uzmanın yaptığı çalışmalar, insan vücudu için tehlike yaratmayacak akımın zamanın işlevi olduğunu ortaya koymuştur:

$$I = I_1 + A/T$$

I_1 : Sürekli akım (mA)

T : Zaman (sn)

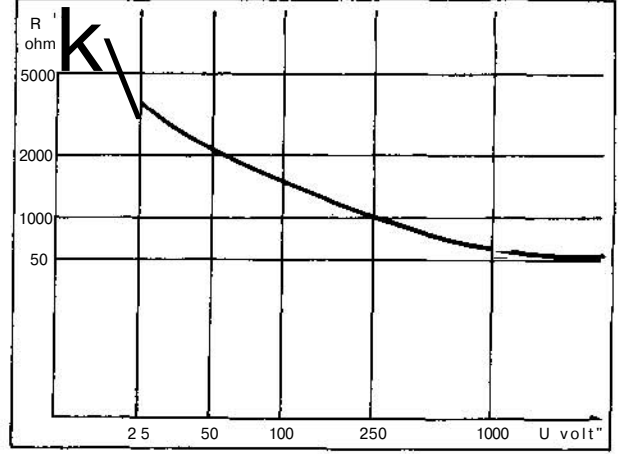
A : Katsayı

Formül pratik olarak tehlikenin insan vücudundan geçen elektrik akımının niceliğine bağlı olduğunu gösteriyor. Katsayının değeri genel olarak 10 alınır ve I_1 akımının değeri kişilere ve temasın niteliğine bağlı olarak 6 ile 20 mA arasında değişir.

Yukardaki formülle belirlenen güvenlik eğrisi, sıklığı 10 ile 500 Hz arasında olan alternatif akımlar için geçerlidir. Daha yüksek sıklıklarda I_1 akımının değeri sıklıkla orantılı artar. Ancak yüksek sıklığın burada incelemeyeceğimiz bazı yan etkileri vardır.

Doğru akım için formülde bulunan değer T (msn) zamanının logaritmasıyla çarpılır. Çünkü T zamanı çok küçükse doğru ve alternatif akımlarının genlikleri (etkin değer yönünden) aynıdır. Zaman birkaç saniyeyi bulduğunda doğru akımın yaratacağı tehlike alternatif akımının dört katına ulaşır.

Bu güvenlik eğrisi normal koşullarda 50 kg ağırlığındaki çocuk ve yetişkinler için geçerlidir.



Şekil 1. İnsanda vücut direncinin gerilimle değişimi.

Hiç kimse bu değer altındaki akımların kesinlikle tehlike yaratmayacağını söyleyemez. Yazının başında da belirttiğimiz gibi bu eğri optimum güvenlik düzeyini göstermektedir.

Ancak daha düşük akımların insan vücudundan geçmesinin öldürücü kazalara yol açmayacağı açıktır. Yine de bu akımlar vücutta refleks hareketlerinin doğmasına örneğin insanın düşmesine yolaçabilir. Ayrıca kalbinden rahatsız olan kişi çok küçük akımlarda bile ölebilir.

2.3. Vücut Direnci

Pratikte korumalar elektrik şokunun üreteceği akıma dayandırılmaz, çünkü böyle bir akımın doğrudan ölçümü olanaksızdır. Ancak elektrik şokunu üreten gerilim koruma için temel alınabilir.

Güvenlik gerilimi, insanın dayanabileceği en büyük gerilim farkı yada vücutta uygulandığında "sürekli akım" değerinde bir akım üreten gerilim olarak tanımlanır.

Bu gerilim, insanın vücut direncinin bilinmesiyle saptanabilir. Vücut direnci de uygulanan gerilimin bir işlevidir (Şekil 1):

$$R = A + B/U$$

U : Gerilim (V)

A : En küçük direnç (normalde 650 ohm dolayındadır, çok nemli ortamlarda bu değer düşebilir)

B : Katsayı (87 500 olarak alınabilir)

Bu durumda bağıntı aşağıdaki biçimi alır:

$$R = 650 + 87\,500/U$$

Bu formül, bir elden diğerine yada bir elden ayağa kadar olan akım yolunda vücudun göstereceği dirençleri verir. Ayrıca A ve B değerleri az nemli ortamlar ve metalik temaslar (dirençsiz temaslar) için alınmıştır. Böylece direnç, oldukça kötü koşullar için ve güvenliği artıracak yönde saptanmış olur.

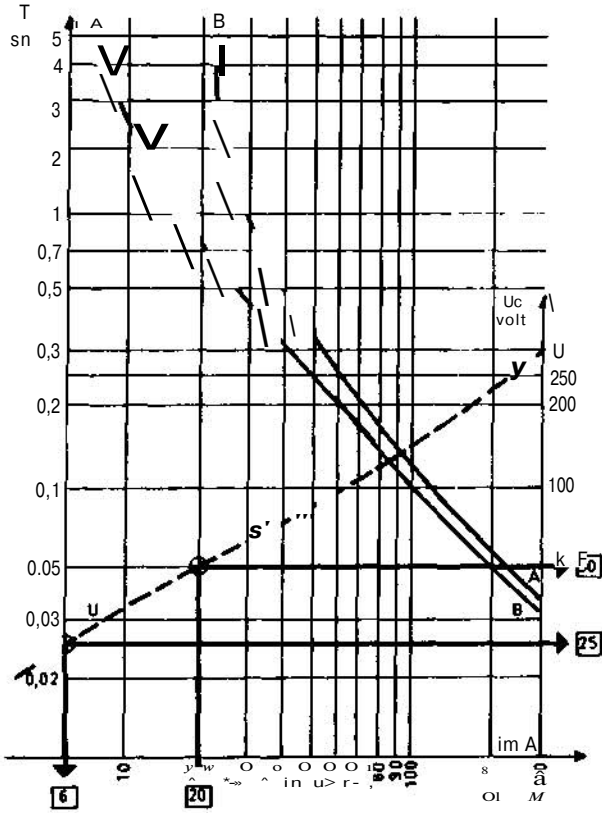
2.4. Güvenlik Gerilimi

Güvenlik gerilimi sürekli akım değerine göre saptanır. Sürekli akım da temel olarak insanın elektrik akımını alış biçimine bağlıdır. Örneğin kişi elektrik aygıtını avucunda tutuyor yani sıkıca kavramışsa adale kasılması doğar ve a"ucunu açıp aygıtı atması güçleşir. Bir yüzeye dokunma söz konusuysa kişi itilir ve dokunma ancak çok kısa sürer. Elektrik şokunun etkisiyle refleks hareketleri doğar ve kişi dengesini kaybedebilir.

Arızanın başlangıcından koruma sisteminin gerekli açtırmaları yaptırmaya kadar geçen süre içinde kişinin arızalı aygıtta dokunma olasılığı ayrıca gözönüne alınmalıdır. Özellikle, elde tutularak çalıştırılan örneğin gezer (portatif) aygıtlarda bu olasılık fazla, çalışma anında elle denetimi gerektirmeyen birimlerde daha azdır (örneğin tavadaki aydınlatma aygıtları).

Sürekli akım için iki değer alınmasının nedeni budur. Sürekli akım elde çalıştırılan aygıtlar için 6 mA, diğerleri için de 20 mA alınır.

Vücut direnci gözönüne alınırsa bu akımlara karşılık olan güvenlik gerilimleri 25 V ve 50 V tur (Şekil 2).



Şekil 2. Güvenlik eğrileri (patofizyolojik olarak tehlikeli akım sınırları).

- A. 6mA sürekli akım için (Elde çalıştırılan aygıtlar)
- B. 20 mA sürekli akım için (Diğer aygıtlar)

3. DOĞRUDAN ve DOLAYLI TEMASLAR

Kişinin korunması açısından teması iki biçimde tanımlayabiliriz:

Elektrik aygıtlarının normal işletme gerilimindeki bölümleriyle olan temasa doğrudan, normal işletme geriliminde olmayan (daha düşük) bölüm yada gövdeleriyle olan temasa da dolaylı diyoruz.

Örneğin aygıtın sargılarıyla gövdesi arasında bir kaçak varsa bu dolaylı temastır. Bu durumda gövde işletme geriliminden küçük bir gerilime yükselir, çünkü gövde ile sargılar arasında bir yalıtkanlık direnci olacaktır.

3.1. Doğrudan Temaslara Karşı Koruma

Doğrudan temaslara karşı koruma, tesis sırasında gerilimli bölmeler tehlike yaratmayacak biçimde yapılarak (kişinin dokunamayacağı biçimde) sağlanır.

Elektrikli ev aygıtları ve benzerlerinin yapımı sırasında gerilimli bölmelerle elle tutulabilecek bölmeler arasında gerekli yalıtım sağlanır.

Yapım sırasında böyle bir yalıtım sağlanamıyorsa gerilimli bölmeler ya dokunulamayacak yüksekliğe çıkarılır (havai hatlarda olduğu gibi) yada kapalı birimler biçimine sokulur (dağıtım ve transformator kabinleri gibi).

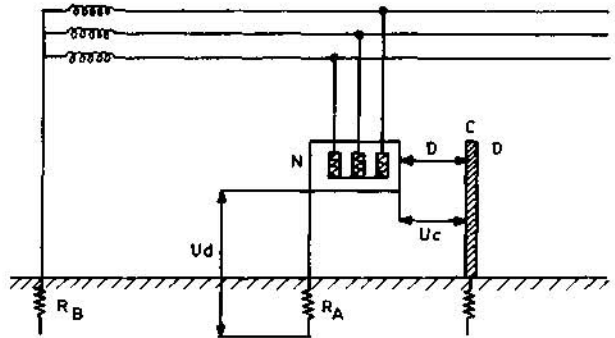
Doğrudan temaslara karşı koruma yüksek duyarlılık (30 mA fark akımında çalışan) diferansiyel koruma aygıtlarıyla sağlanabilir. Böyle bir rölenin çalışma eğrisi güvenlik eğrisi ile uyum içindedir.

Yalıtma, uzaklaştırma ve engel çıkarma gibi koruyucu önlemlerin ortadan kalkması durumunda ek bir önlemin devreye girmesi kuşkusuz yararlıdır.

3.2. Dolaylı Temaslara Karşı Koruma

3.2.1. Koruma ilkesi

Dolaylı temaslara karşı korumada temel ilke; insanın aynı anda dokunabileceği iletken öğeler arasında güvenlik geriliminden büyük bir dokunma geriliminin oluşmasını önlemektir.



Şekil 3. Arıza ve dokunma gerilimlerinin gösterilişi.

- D: Ulaşılabilir (dokunulabilir) uzaklık
- C: Toprağa bağlı iletken

Dolaylı temaslara karşı korumanın koşullarını saptayabilmek için önce arıza ve dokunma gerilimlerinin belirlenmesi gerekir.

Yalıtım arızalarında U_p arıza gerilimi gövde ile topraklama elektrotu arasında, U_c dokunma gerilimi ise diğer dokunulabilir iletkenler (diğer gövdeler, toprak ve iletken öğeler) arasındaki gerilimlerdir. Her ikisi arasındaki fark Şekil 3'te gösterilmiştir.

U_c dokunma gerilimi, kişi arıza anında gövdeye dokunmasa bile vardır. Eğer kişi dokunursa U_c geriliminin azda olsa düştüğü görülür. Güvenliği artırıcı yöndeki bu düşmeyi yok varsayacağız.

Günümüz uygulamalarında çoğunlukla arıza gerilimi temel alınır, çünkü dokunma gerilimi her zaman arıza geriliminden küçüktür.

3.2.2. Güvenlik eğrisinin kullanılışı

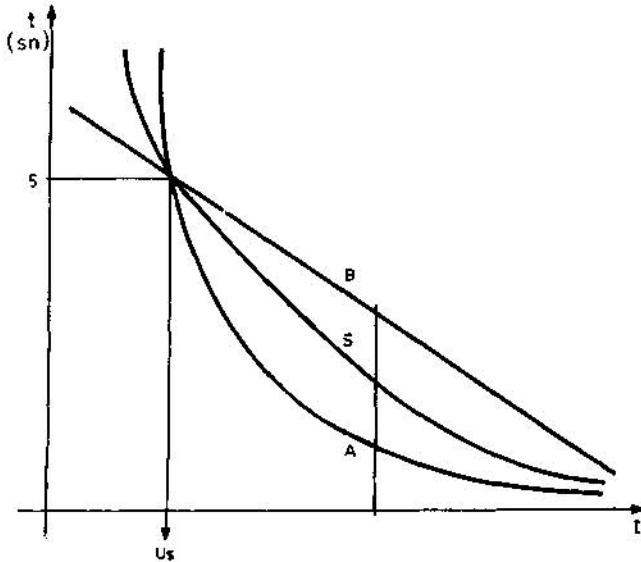
Güvenlik eğrisi aşağıdaki koşullarda kullanılabilir (Şekil 4) :

a) Koruyucu sistem dolaylı temaslarda arızayı 5 saniye içinde temizlemelidir. Bu sürede arıza gerilimi U_s güvenlik gerilimine ulaşır (güvenlik eğrisinde A noktası).

Kuramsal olarak, U_s gerilimi uzun süre tutulabilir. Ancak 5 saniyelik kesme süresi, koruyucu aygıtların çalışma nitelikleri gözönüne alındığında güvenliği sağlamak için yeterlidir.

Bu ilk koşul, koruyucu aygıtın I_n anma çalışma akımıyla (artık *residuel*) diferansiyel rölelerinde I_n anma artık diferansiyel akımı) kısa devre akım yolunun Z empedansı arasındaki bağıntıyı verir:

$$Z < \frac{U_g}{I_{a5s}} \quad (I_{a5s} = K_i I_n)$$



Şekil 4. Güvenlik eğrisinin (S) koruyucu aygıtların çalışma eğrileriyle (A ve B) karşılaştırılması.

yada

$$Z < \frac{U_s}{I_{an}}$$

b) İşleyiş açısından koruyucu aygıtın çalışma eğrisi (pratikte en üst çalışma sınırı) ile S güvenlik eğrisinin karşılaştırılması yapılabilir.

- Koruyucu aygıtın A çalışma eğrisi S güvenlik eğrisinin altındaysa, güvenlik tüm kısa devrelerde sağlanmıştır. Yani arıza geriliminin değeri ne olursa olsun; güvenlik için ayrıca bir koruma aygıtına gerek yoktur.

- Koruyucu aygıtın B çalışma eğrisi S güvenlik eğrisinin üzerindeyse, aynı anda dokunulabilecek tüm gövde ve iletken öğelerin eşgerilim bağlantısı yapılmalıdır. Öyle ki koruma sisteminin çalışması sırasında temas gerilimi, U_g güvenlik geriliminin üzerine çıkamasın.

3.2.3. İletken yerler

İletken yerlerde kişinin normal olarak toprak gerilimindeki iletken öğelere dokunabileceği varsayılır.

Bu durumda güvenlik, dokunma gerilimi arıza gerilimine eşit alınarak saptanır. Uygulamada belirli bir güvenlik katsayısı alınır. Katsayı tesisin yerel koşullarına bağlı olarak 2 ile 3 arasında değişebilir.

a) Sabit aygıtların korumasında güvenlik gerilimi 50 volt alınır.

Koruma sistemi, dokunma gerilimi 50 volta ulaştığında 5 saniye içinde açtırmaları yapmalıdır (Koşul A).

Bu koşul, koruma sistemi arıza gerilimini (doğrudan yada dolaylı) ölçer ve arıza gerilimi 50 V'a ulaştığında 5 saniye içinde temizlemeyi garanti-lerse sağlanmış olur. Diferansiyel korumalar kullanılırsa temizleme süresi 1 saniyeye düşürülebilir.

Dokunma gerilimini yada arıza gerilimini denetlemek olanaksızsa koruma sisteminin, faz ile gövde arasındaki dirençsiz arızayı en az 5 saniye içinde temizleyeceği garanti edilmeli ve aynı anda dokunulabilecek tüm iletken öğeler ve gövdelerin eşgerilim bağlantısı yapılmalıdır.

B koşulunu doğrulama gereği yoktur. Çünkü kişinin, arıza başlangıcı ile korumanın çalışması arasındaki zaman diliminde arızalı malzemeye dokunma olasılığı çok zayıftır. Koruma sistemlerinin çalışma eğrileri incelendiğinde bu zamanın çok kısa olduğu görülür.

b) Elde çalıştırılan aygıtların korumasında güvenlik gerilimi 25 volt alınır.

Elde çalıştırılan aygıtlar durumunda; 3.2.2. bölümünde anlatılan a ve b koşullarının araştırılması gerekir.

Pratikte koruyucu aygıtların çalışma eğrilerinin Çizelge 1'deki değerlere uygun olması gerekir. Çizelgede tüm kullanılabilir koruma sistemlerinin ve özellikle aşırı akımla çalışanların (sigortalar, kesiciler) gerçek karakteristikleri gözönüne alınmıştır.

İnsan Vücudundan Geçen Akım (mA)	Dokunma Gerilimi (V)	Maksimum Kesme Süresi (Sn)
6	25	5
20	50	1
27	60	0,7
44	80	0,4
80	110	0,2
145	150	0,1
220	220	0,05
280	280	0,03

Çizelge 1.

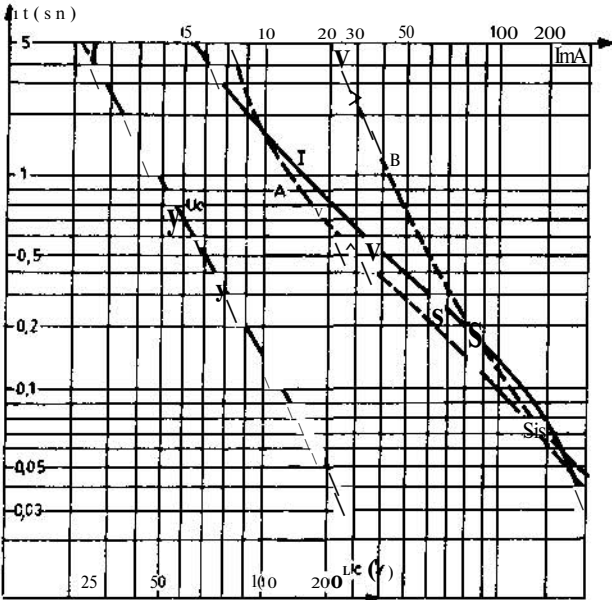
Bu çizelgedeki değerler Şekil 5'te I eğrisi ile gösterilmiştir. Koruyucu aygıtların çalışma eğri-leri bu eğrinin ya altında yada üzerine çakışır durumda olmalıdır.

Bu eğri güvenlik eğrisine çok yakındır. Güvenlik eğrisine olan uzaklığın, tehlikenin olasılığı gözönüne alındığında kabul edilebilir sınırlarda olduğu görülür.

Eldede çalıştırılan aygıtların tutulacak bölümleri çift yalıtılmışsa koruyucu aygıtın çalışma eğri-sinin doğrulanmasına gerek yoktur.

3.2.4. İletken olmayan yerler

Toprağın ve döşemenin direnci öyle bir değerdedir ki, arızalı bir gövdeye dokunulduğunda insan vücudundan geçen akım sürekli akım değerininin (6 mA) altında kalır. Bu durumda söz konusu gövde için bir koruma önlemi alınmayabilir.



Şekil 5. U_c : Dokunma gerilimi
 I : İnsan vücudundan dokunma geriliminde geçecek akım.
A ve B Şekil 2'deki güvenlik akım sınırları.

Bu direncin değeri gövdenin toprağa olan gerilime bağlıdır.

6 mA'lık bir sınır akımı için gerilim ve direnç değerleri aşağıdadır:

Gövdenin Toprağa Olan Gerilimi (V)	Toprak ve Döşemenin En Küçük Direnci (ohm)
250	42 000
500	84 000
1000	168 000

Çizelge 2.

NFC 15-100 de konut tesisatları için 50 000 ohm alınmıştır. Konut tesisatlarında toprağa olan gerilim daima 250 V'un altındadır. Doğrudan temaslarda bile vücuttan geçecek akım 5 mA'in altında kalacaktır. Bu değer öte yandan bazı ısıtıcı aygıtlardaki kaçak akımın sınır değeridir.

İletken olmayan yerlerde yalıtkanlığı O sınıfı malzemelerin kullanılması bu nedenle kabul edilebilir. Çünkü böyle bir malzemenin yanılmış bir gövde ile toprağa bağlı bir iletken öge yada diğer bir gövde arasında aynı anda bir dokunma olanaksızdır.

4. FARKLI TESİSLERDE DOLAYLI TEMASLARA KARŞI KORUMA İLKELERİNİN UYGULANMASI

4.1. Topraklamanın Üç Biçimi

Koruma koşulları; tesisin nötr noktasının toprağa göre durumuna ve gövdelerin sistemin nötr noktası ile olan olası (muhtemel) bağlantılarına bağlıdır. Bu yoldaki uygulamaları üç bölümde toplayabiliriz.

4.1.1. Nötr noktasının doğrudan topraklanması ve tesisteki gövdelerin ayrı topraklanması (bu tür tesisleri TT diye tanımlıyoruz)

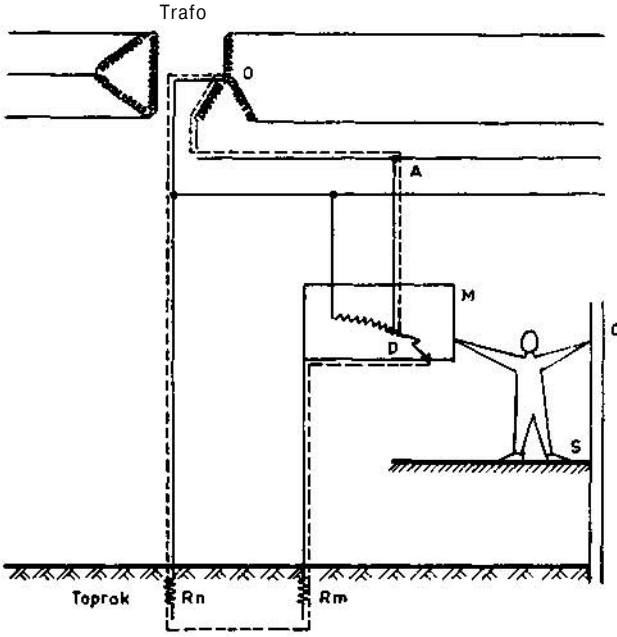
Bu yöntem, alçak gerilim dağıtım sistemlerinden (konut aboneleri gibi) doğrudan beslenen tesislerde kullanılır. Bu tür tesislerde dolaylı temaslara karşı korunma; artık diferansiyel akımla çalışan yani doğrudan toprağa akan akımı ölçen koruyucu aygıtlarla sağlanır (Şekil 6).

25 V'luk arıza geriliminin 1 sn'de temizlenmesinin garantilediği güvenlik eğrisi hem sabit aygıtlara hem de elde çalıştırılan aygıtlara uygundur. Örneğin artık diferansiyel akımla çalışan koruma, diferansiyel akım, $I_{\Delta n}$ ama diferansiyel akımına eşitse en çok 1 sn içinde çalışır.

Bu koşullarda tesisteki korumanın aşağıdaki iki koşulu yerine getirmesi gerekir.

a) Tesisteki gövdelerin bağlı olduğu topraklama direnci, güvenlik geriliminin diferansiyel koruma sisteminin ama akımına oranından küçük olmalıdır:

$$R < \frac{U_s}{I_{\Delta n}} = \frac{25}{I_{\Delta n}}$$



Şekil 6. Nötr noktasının doğrudan topraklanması, tesis gövdelerinin ayrı topraklanması (TT tesisleri).

M aygıtındaki *D* yalıtıklık arızasında; noktalı olarak gösterilen arıza devresinde bir akım oluşur ve *M* gövdesi ile toprağa bağlı *C* iletken ögesi arasında bir gerilim görünür (dokunma gerilimi).

Eğer bu gerilim 25 V'un altında tutuluyorsa yada bu gerilim aşıldığında devre güvenlik eğrisine karşılık bir zaman içerisinde kesiliyorsa koruma sağlanmış olur.

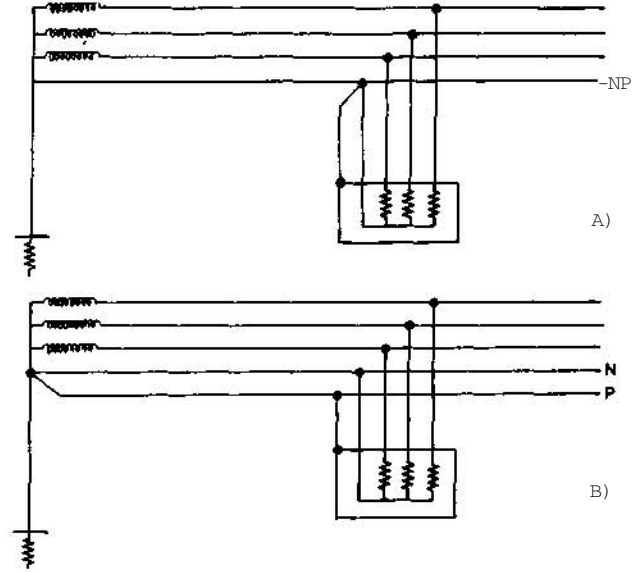
Koruma sistemi konut tesisatları için bir besleme kolu (branşman) kesicisi ise I_{An} 500 mA dolayındadır (NF C 62-411). Bu durumda topraklama direnci 50 ohm'dan küçük yada eşit olmalıdır. Binanın temeline yerleştirilecek topraklama levhaları ile bu değer kolayca sağlanabilir.

b) Aynı koruyucu sistemle korunan tüm gövdeler aynı topraklama elektrotuna bağlanmalıdır.

Bu koşul aynı binadaki tesisler için ortak bir topraklama elektrotu ile gerçekleştirilebilir. Bu durum özellikle konut amacıyla kullanılan binalar için geçerlidir.

4.1.2. Nötr noktasının doğrudan topraklanması ve tesisteki gövdelerin nötr iletkeni yada nötr noktası ile birleştirilmesi (bu tesisleri de TN diye tanımlıyoruz)

Böyle bir çözüm sistemlerin sadeleştirilmesini sağlar. Dolaylı temaslara karşı korunma aşırı akımla çalışan koruyucu aygıtlarla sağlanır ve bir fazın gövdeye kısa devresinde yalnızca o fazla nötr arasında kısa devre akımı akar.



Şekil 7. Nötrü doğrudan topraklı ve gövdeleri nötr noktasına bağlı tesisler (TN tesisleri).

- A. Nötr iletkeni ile koruma iletkeni aynıdır. Gövdeler yerel olarak nötr iletkenine bağlıdır.
- B. Nötr iletkeni ile koruma iletkeni ayrıdır. Yalnız tesisin kaynağında birbirine bağlıdır.

Ancak nötr iletkeninin geriliminin yükselmesi önlenmelidir, çünkü gövdeler arası bağlantı açıkta ve elle dokunulabilecek durumdadır. Bunun için de tüm gövde ve iletken ögelerin eşgerilim bağlantısı yapılmalı ve nötr iletkeni topraklama elektrotuna bağlanmalıdır.

Güvenlik eğrisinin doğrulanması için, koruma sisteminin çalışma eğrisi (sigorta yada kesicinin kesme eğrisi) ile U_c güvenlik geriliminin aynı anda dokunulabilecek tüm iletken öge ve gövdeler arasında ölçülen dirence oranı karşılaştırılır. Buradan dokunma geriliminin koşulu çıkarılabilir:

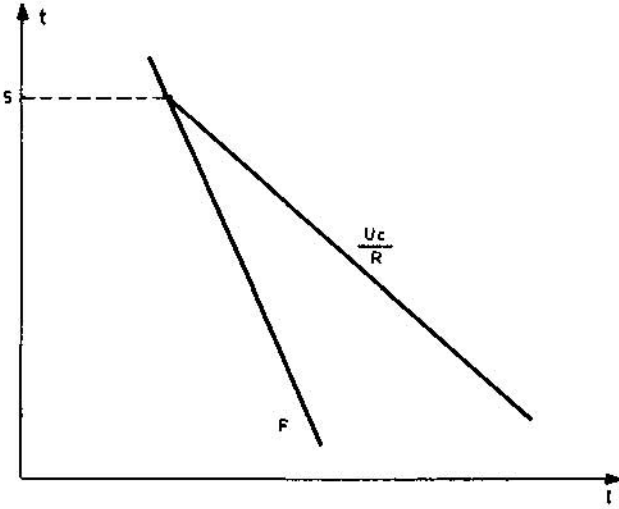
$$R \ll U_c / I$$

U_c : Güvenlik gerilimi (Şekil 5).

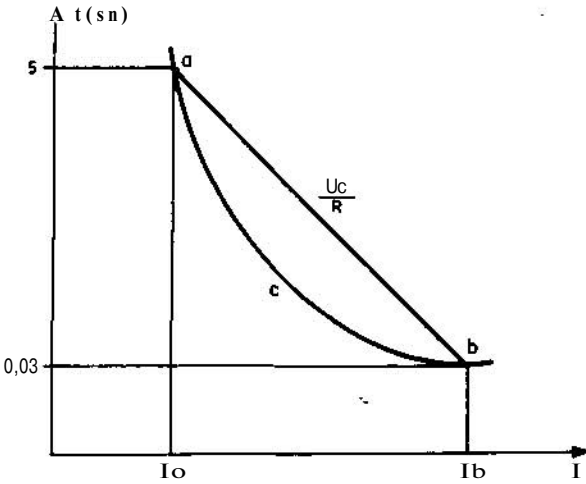
R : Bir gövdeyle diğer gövde arasındaki direnç.

Koruyucu sistem sigortaysa en az 5 saniyelik çalışma zamanı için koşulun doğrulanması yeterli olur. Çünkü sigortanın çalışma eğrisi güvenlik eğrisine göre daha dik yada eğimi daha fazladır (Şekil 8).

Koruma kesicilerle sağlanıyorsa, bunların normalize edilmiş eğrileri olmadığından yapımcının verdiği eğriyi U_c/R eğrisi ile karşılaştırmak gerekir. Yalnız termik koruyucusu bulunan kesicilerde bu doğrulama yalnız 5 saniye ve 30 ms'lik zamanlar için yapılmalıdır. Bunlar güvenlik eğrisinin uç noktalarıdır (Şekil 9).



Şekil 8. Sigortayla koruma.



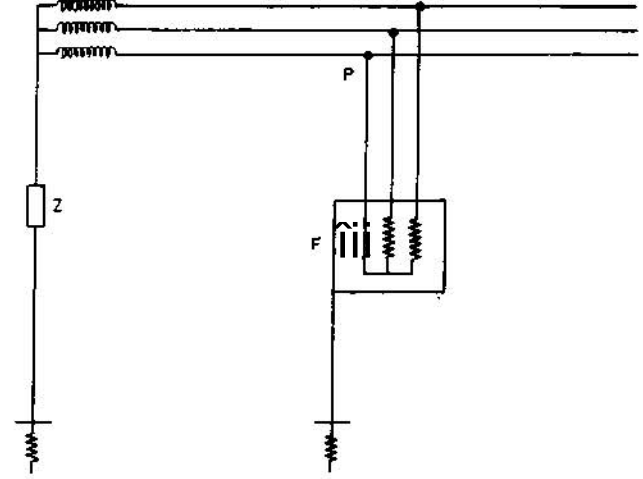
Şekil 9. Termik açtırcılı devre kesiciyle koruma.

Bu sistem yalnız, bir trafo merkezinden yada bağımsız bir kaynaktan beslenen tesislerde kullanılabilir. Gerçekte AG şebekesinden doğrudan beslenen tesislerde korumanın etkinliği şebekenin çalışma koşullarına bağlıdır. Fransız dağıtımçıları genellikle, bu koşulların nötrleme ile bağdaşmadığını düşünmüşlerdir.

Bu koruma sistemi BAlmanya ve ABD gibi ülkelerde özellikle konut tesisatlarında geniş biçimde kullanılmaktadır.

4.1.3. Nötr noktasının empedans üzerinden topraklanması yada nötr noktası ile topraklama arasında hiçbir bağlantının olmaması (İT tesisleri)

Bu tesisler beslemenin ilk yalıtıklık (bir faz-toprak) arızalarında kesilmesini önler. Çünkü ilk faz toprak arızasında akım küçüktür ve gövdenin gerilimi güvenlik geriliminin üzerine çıkamaz. İlk arızada akım yoğunluğu temel olarak tesis yapısından gelen kaçak empedanslara bağlıdır.



Şekil 10. Nötrü doğrudan topraklı olmayan yada bir empedans üzerinden topraklı tesisler (İT tesisleri).

Z empedansı öyle bir değerdedir ki ilk arızada (F) doğan akım gövdelerin gerilimini güvenlik geriliminden büyük bir gerilime yükseltmez.

Böylece tesislerde tüketimin sürekliliği sağlanmış olur. Bu durum özellikle kısa süreli enerji kesilmesinin bile ciddi tehlikelere yol açabildiği büyük sanayi tesisleri için önemlidir.

Tesisin yalıtıklığı sürekli denetlenmeli ve yalıtıklık düzeyindeki bir düşmede hemen sinyal alınmalıdır. Arıza sinyali alınır alınmaz; ikinci bir arıza olmadan arızanın yeri araştırılıp bulunmalı ve arıza temizlenmelidir.

Bu tür tesislerde kalifiye bakım personelinin kullanılması gerekir.

Birinci arıza bulunmadan ikincisi olursa; dolaylı temaslara karşı korunma 4.1.2. bölümünde anlatılanlarla sağlanır, yani:

- Tesislerde öngörülen aşırı akımlara karşı koruma sistemleri ile,
- Tüm iletken öğeler ve gövdeler arasındaki eşgerilim bağlantısı ile.

Böylece iki ayrı yerdeki faz toprak arızası faz arası arızasına dönüştürülerek aşırı akım koruma sisteminin çalışması sağlanır ve koruma sistemlerinin çalışması sırasında aynı anda dokunulabilecek iki öğe arasında güvenlik geriliminden büyük bir gerilim farkının oluşmaması sağlanır.

4.2. Artık Diferansiyel Akımla Çalışan Koruma Sistemleri

TT tesislerinde (nötrü doğrudan topraklı ve gövde topraklaması nötrü topraklamasından ayrı) dolaylı temaslara karşı korumanın artık diferansiyel koruma sistemleri ile (bundan sonra kısa'ca AD diyeceğiz) sağlandığını görmüştük.

Bu koruma sistemleri aynı biçimde diğer tesisler için de (İT ve TN) gerekli olabilir. Özellikle tesisin aynı topraklamaya bağlı olmayan bölümler-

rini korumak için (örneğin farklı binalardaki). Diferansiyel korumaların duyarlılığı çok yüksektir. Örneğin 30 mA'lık bir diferansiyel akımda çalışırlar. Aygıt gövdelerindeki topraklama devreleri kopsa bile personelin güvenliğini sağlarlar. Elde çalıştırılan aygıtlarda esnek besleme kablusunun içindeki koruma iletkeninin kopmasından korkulur. Yüksek duyarlılıklı artık diferansiyel rölesi bu aygıtı kullanan kişiyi de güvenlik altına alır.

Anma akımı 6 mA'lık diferansiyel röle dolaylı temaslara olduğu kadar doğrudan temaslara karşı da korumayı sağlar. Ancak daha düşük anma akımlı rölelerin kullanılması (örneğin 3 mA'lık diferansiyel akımda çalışan röle) tesisin kaçak akımlarıyla uyumun sağlanmasında güçlük çıkaracak ve çok sayıda istenmeyen açmanın olmasına yolaçacaktır.

Yüksek duyarlılıklı diferansiyel röleler, doğrudan temaslara için yedek (back-up) bir koruma sağlar (koruyucu önlemlerin bozulması durumunda örneğin iletken üzerindeki yalıtkanlığın bozulması).

Elektrikli aygıtların kullanılma koşulları kötüyse yüksek duyarlılıklı diferansiyel korumaların kullanılması önerilir. Örneğin esnek kablodaki koruma iletkeninin kopmasından yada nemli ortamın malzemenin yalıtkanlığını bozmasından korkulduğu durumlarda kullanılır. Bu duruma özellikle aşağıdaki koşullarda raslanır.

- Harici yerler: elde çalıştırılan aygıtları, bahçe aygıtlarını vb. beslemek için.
- Şantiye tesisleri: taşınabilir ve elde çalıştırılan aygıtları beslemek için.
- Gezici ve daha çok geçici tesisleri beslemek için.
- Kıyıda eğlence gemisi ve karavanının beslenmesi için.
- Laboratuvar, tıp merkezi, sergi vb. tesislerin bulunduğu römork ve arabaların beslenmesi için.
- Binaların duvarlarına gömülen ısıtıcı elektrikli iletkenleri (özellikle bu iletkenler metal kılıflar içinde değilse) beslemek için.

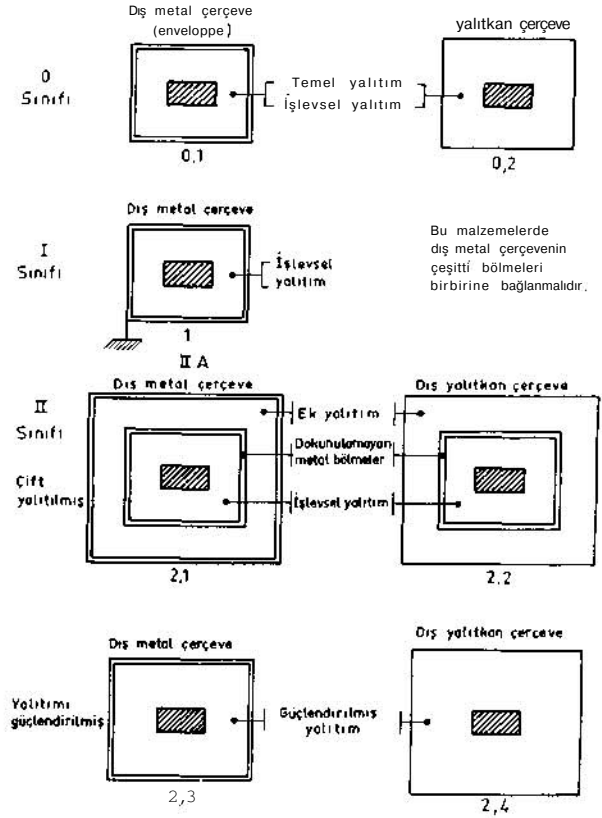
Artık diferansiyel akımla çalışan rölelerin yanığına karşı da belirli bir korumayı sağladığı düşünülebilir. Çünkü röle, çoğunlukla yangının nedeni olan arıza akımının büyüklüğünü sınırlar.

4.3. Artçı Koruma Önlemleri

Buraya kadar daha çok tesisin niteliğine bağlı olan geneldeki koruma önlemlerini gördük. Şimdi ise bazı yerlerde yada bazı malzemelerde kullanılması gerekebilecek ek koruma önlemlerini göreceğiz. Bunları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Devrelerin güvenliğinin birbirinden ayrılması. Bir aygıt yada makinenin iki sargılı bir transformatör üzerinden beslenmesi gibi. İki sargı arasındaki yalıtım bunlar arasında bir kısa devre olamayacak düzeydedir. Bunlara ayırma yada yalıtma transformatörü denir.
- Devrelerin 50 V'un altındaki bir gerilimden beslenmesi. Bu durumda çok düşük gerilimli devreler ile diğer devreler arasında herhangi bir arıza tehlikesi olmaz.

Şekil 11. Dolaylı temaslara karşı korunma yönünden farklı yalıtım sınıfındaki malzemelerin gösterimi.



- Gövdelerin yalıtılması. Malzemelerin etrafına ek bir yalıtım yapılarak normal çalışmada gerilim altındaki bölmelerle diğer erişilebilir bölmeler arasındaki arıza tehlikesi ortadan kaldırılır. Bu tür ek yalıtımı bulunan malzemelere II sınıfı yalıtılmış malzemeler denir (4.4. bölümüne bakınız).

4.4. Elektrik Malzemelerinin Dolaylı Temaslara Karşı Korunma Yönünden Sınıflandırılması

Elektrik malzemeleri, dolaylı temaslara karşı korunma biçimlerine göre temel olarak üç sınıfa ayrılırlar (Şekil 11):

- 0 sınıfı malzeme gerilimli bölmeleri ile dokunulabilir bölmeleri arasında yalnız bir işlevsel yada temel yalıtımı olan malzemelerdir. Ancak dokunulabilir metalik bölmeler topraklanmaz. 0 sınıfı malzemeler taşınabilir ısıtıcı aygıtlarda kullanılır (ütü, ekme kızırtma makinesi, aydınlatma aygıtları vb.).

Bu malzemeler yalnız konut yada benzeri kullanımlı kuru ve iletken olmayan yerlerde kullanılır.

- I sınıfı malzemeler 0 sınıfı ile aynı yalıtıma sahiptir. Ancak dokunulabilir metalik bölmeleri (gövdeler) topraklamak için düzenlemeler yapılır.

- II sınıfı malzemelerde işlevsel yada temel yalıtımın yanısıra ikinci bir ek yalıtım vardır. Böylece dokunulabilir bölmelerin gerilim kazanması olanaksızlaşır.

Bu tür malzemelerin kullanılmasının dolaylı temaslara karşı ek bir koruma önlemi olacağını belirtmiştik. Ancak gelecekte yalıtkan malzemelerin teknolojisindeki gelişmelerle II sınıfı malzemelerin yaygınlaştırılacağı ve tesislerde top luca II sınıfı malzemelerin kullanılacağı düşünülebilir.

Son olarak 50 V'un altındaki gerilimle beslenen malzemeler için III sınıfı yalıtım kullanılır. Bu da dolaylı temaslara karşı ek bir koruma sağlar.

4.5. Dolaylı Temaslara Karşı Kullanılan Koruma Önlemlerinin Pratik Uygulaması

4.5.1. Konut tesisleri

Konutlarda dolaylı temaslara karşı korunma elektrikli aygıtların gövdelerinin topraklanması ile sağlanır. Ayrıca artık diferansiyel akımla çalışan koruyucu öğeli branşman kesicileri kullanılır (TT tesisleri).

Kuru yada iletken olmayan yerlerde (salon ve odalar gibi) eğer elektrikli aygıtlar topraktan yalıtılmamış iletken öğelerden (merkezi ısıtma radyatörü, metal kapı yada pencere çerçeveleri) en az 1 m uzakta bulunuyorsa bu aygıtların gövdelerinin topraklanması düşünülebilir. Burada 0 sınıfı malzemeler kullanılabilir.

Su içindeki insan vücudu büyük bir tehlike ile karşı karşıya olduğundan (çünkü suda vücut direnci 200 ohm'un altına düşebilir) banyolarda ek (artçı) koruma önlemleri alınmalıdır. Bu önlemleri şöyle sıralayabiliriz:

- Tüm gövdeler ve iletken öğeler arasında eşgerilim bağlantıları yapılmalıdır.
- Banyo teknesi ve duş iletken malzemelerden uzakta olmalıdır.
- Esnek kablo ile beslenen aygıtların devreleri güvenlik korumasından ayrı tutulmalıdır (traş makinesi gibi).
- Elektrik iletkenlerinin bulunduğu kanallar gövdelerden yalıtılmalıdır.

4.5.2. Sanayi tesisleri

Trafo merkezinden beslenen bu tesislerde TT, TN yada İT koruma şemalarından birinin (nötr noktasının çalışma biçiminin) seçimi ekonomik ve işletme ölçütleri gözönüne alınarak yapılır. Tesislerin farklı yerlerinde farklı koruma şemaları kullanılmaz.

Daha genel olarak bu tesislerde iyi bir topraklama gerçekleştirilmeli ve gövdeler ile aynı anda dokunulabilecek iletken öğeler arasında eşgerilim bağlantıları yapılmalıdır.

Artık diferansiyel akımla çalışan korumalar tesislerde (bu korumaların gerekli olmadığı TN ve İT tesislerinde bile) güvenliği artırır.

Ayrıca bazı çalışma merkezlerinde yada bölümlerinde artçı koruma önlemleri alınabilir. Tank ve ka-

zan gibi metal bölmelerde yalnız düşük gerilimde güvenlik yönteminin kullanılması istenir.

Not:

Burada tesisleri yalnız konut ve sanayi tesisleri diye iki bölümde topladık. Gerçekte de her tesis bu iki bölümden birine girer.

İkisi arasındaki fark tesislerin işletme, bakım ve denetim biçimlerinden kaynaklanıyor.

Konut tesisleri daha çok elektrik konusunda fazla bilgisi olmayan kişilerle ilişkili olduğundan tesisat kendi başına denetimi yapılmadan işlev görecek durumda olmalıdır.

Sanayi tesisleri ise tersine, bu işi bilen, malzeme arızalandığında tamir eden yada değiştiren kişilerin denetiminde işletilir.

Bürolardaki tesisler de; bakım ve işletme personelinin kullanılıp kullanılmamasına göre konut yada sanayi tesisleri gibi düşünülebilir. Koruma önlemleri duruma göre farklılık gösterir. Bu personelin kuruluşa ait olması gerekemeyebilir. Bu tür tesislerin bakım ve denetimini yapan kuruluşlara mukavele ile bu iş gördürülebilir.

5. SONUÇ

Kişilerin güvenliğini sağlamak için alman önlemler, tesisin tipine ve elektrik makinelerinin kurulduğu yerlerin niteliğine bağlıdır.

Bu önlemler genel olarak, elektrikli aygıtların gövdelerinin topraklanması, aynı anda dokunulabilecek iletken öğelerin eşgerilim bağlantılarının yapılması ve uygun kesme aygıtlarının kullanılmasıyla ilgilidir.

Elektrik malzemeleri, yalnız elektriksel zorlanmalara göre değil, çalışma ortamının koşullarına (nem, mekanik zorlanma, korozyon, sıcaklık, vb.) da uyacak biçimde seçilmesi gerekir.

Artık diferansiyel akımla çalışan rölelerin gelişmesi güvenlik düzeyini artırdığı gibi yüksek duyarlılığı ile koruma önlemlerinde daima olabilecek aksaklıklara karşı insanlar korunmuş olacaktır. Elektrik tesislerinde güvenlik düzeyini artıracak diğer bir öğe de gövdelerin yalıtımındaki gelişmedir. Örneğin çift yalıtımlı malzemelerin kullanımının (II sınıfı) yaygınlaştırılması ve II sınıfında yalıtılmış aygıtların gerçekleştirilmesi.

Fransız Elektrik Teknik Birliği'nin (UTE) bu konuya ilişkin son yayımlanan üç pratik kılavuzu (*guide*) aşağıda verilmiştir.

- UTE 15-125- Hiçbir noktası doğrudan toprağa bağlı olmayan tesislerin işletilmesi (İT tesisleri).
- UTE 15-126- Artık diferansiyel akımla çalışan koruma rölelerinin kullanılması.
- UTE 15-127- Nötrün doğrudan topraklanması ve gövdeler ile kullanılan kesicilerin nötre bağlanması (TN).

Bu üç kılavuz NF C 15-100 genel normunu yararlı biçimde tamamlıyor. Bu normun hazırlanışında temel olarak nötrü doğrudan topraklı sistemler (TT) gözönüne alınmıştır. Diğer tesislerin (İT ve TN) gelişmesi yenidir.