

# 1 kV'a kadar olan sistemlerdeki elektrik şoklarından korunma

y. müh. henryk gasotvski

UDK: 621.316.93

## ÖZET

1 kV'a kadar olan sistemlerde elektrik şok korunması konusunda Polonya'da benimsenen ilkeler açıklanmakta ve diğer ülkelerde yapılandırılan farklı uygulamalar vurgulanmaktadır.

## SUMMARY

Principles adopted in Poland for electrical shock protection in systems up to 1 kV are presented, together with the differences in standards betw/een Poland and other contries.

## 1. GİRİŞ

Özellikle 1 kV'a kadar olan gerilimlerde, elektrik şoklarından korunmaya ilişkin sorunlar Polonya'da uzun yıllar gerek elektrikçilerin gerekse doktor ve psikologların üzerinde çalıştıkları temel sorunlar olmuşlardır. Bu konuda çok sayıda araştırma yapılmıştır. Elektrik şoklarının neden olduğu kazaların istatistikleri tutulmuş, bu tür kazaları giderme yöntemlerinde gelişmeler sağlanmıştır. Benzer durum elektrik enerjisinin hem endüstride, hem de günlük hayatta güvenlikle kullanılması gereğinin bilincinde olan tüm ülkelerde vardır. Polonya IEC (Uluslararası Elektrik Komisyonu) tarafından gerçekleştirilen elektrik şok korunmasına ilişkin çalışmalara yoğun şekilde katkı koyarken, bu örgüte kendi çalışmalarının sonuçlarını içeren çok sayıda öneri de sunmaktadır.

Bu seminerin sınırlı kapsamı içerisinde yalnızca elektrik şok korunmasının bizce benimsenen ilkeleri üzerinde duracağız ve diğer ülkelerde yapılandırılan farklı uygulamaları vurgulayacağız. Bu farklılıkların belirtilmesi, Polonya ile diğer ülkeler arasında elektrik sistemi, araç ve gereçleri alanında yapılacak sıkı işbirliği bakımından özellikle gereklidir.

Elektrik akımının insan vücudu üzerindeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkileri çok değişik biçimlerde görülebilir. Bu etkiler kalbin durmasına yol açarak ölüme sebep olabileceği gibi, in-

san hayatı için esas olan bazı işlevlerde de önemli bozukluklar yaratabilir. Örneğin; merkezi sınıftaki sistemdeki bozukluklar, kalp atışının bozulması, bilincin kaybedilmesi, yanıklar, işitme ve görme organlarının tahrip olması ve son olarak da elektrik şoku sonucu düşmelerle gelen bazı sorunlar; elektrik şoklarının aynı zamanda zihinsel işlevlerde giderilemez bazı değişiklikler yaptığı ve kısmi felce de neden olduğu gözlenen etkiler arasındadır.

Elektrik akımının kas dokuları üzerindeki etkisini belirlemek, bu etkinin kazaların oluş biçimini anlamada getireceği açıklık bakımından önemlidir. 75 mA'lık DA (doğru akım) ve 15 mA'lık AA (alternatif akım) değerlerinin kas kasılmasına yol açtığı görülmüştür. Aynı zamanda kaza sonucu gerilimli bir kabloya dokunulduğunda, dokunan parmağın irade dışı gerilip kasıldığı da gözlenmiştir. Buna benzer etkiler insan vücudunun elektrikli bir nesneye yaklaşması sonucu ortaya çıkan elektrik arkının olduğu daha yüksek gerilimlerde de gözlenmiştir.

Daha ince ayrıntılara girmeden, elektrik akımının insan vücudu üzerindeki etkilerinin akımın cinsine, şiddetine, akış süresine, akış yoluna ve organizmanın özel durumuna bağlı olduğu söylenmelidir. Buna göre frekansı 50 Hz olan bir AA için aşağıdaki gerçekler saptanmıştır.

- Değeri 0,5 mA ve daha düşük olan akımlar geçiş süresi ne olursa olsun hissedilmezler.
- Değeri 0,6 mA (birçok durumda 15 mA'e) kadar olan akımlarda geçiş süresinden bağımsız olarak, vücudundan akım geçen kişinin zarara uğramadan kendisini kurtarması olanaklıdır.
- Değeri 15 mA'den büyük akımlar kaslarda kasılmaya yol açar ve akımın geçiş süresi 15 saniyeyi geçerse kişinin kendini kurtarması zorlaşır.
- Değeri 25 mA olan akımlar, geçiş süresi bir ya da birkaç düzine saniyeyi geçmedikçe, insan hayatı için zararsız kabul edilebilecek en büyük akımlardır.
- 50 mA'lık bir akım, 1-3 saniyeden daha uzun bir süre geçmedikçe, kalbin fibrilasyonuna (atış ritminin bozulması) yol açmayacak güvenlikte bir değerdedir.
- Geçiş süresi 1 saniyeden büyük olmamak koşulu ile fibrilasyona neden olmayacak en büyük akım değeri 65 mA olarak kabul edilebilir.

İnsan organizmasının üzerinden geçen elektrik akımına gösterdiği tepkilerin yukarıda açıklanan özellikleri, ülkemizde bu tepkilerin istenmeyen biçimler almamasında ve elektrik şoklarından korunmada temel alınmaktadır.

Teknolojinin insan yaşamındaki rolünün giderek artması ve bunun sonucunda elektrik aygıtlarının evlerde daha büyük ölçüde kullanılmasıyla elektrik şoklarının olma olasılığı da artmaktadır. Ancak yalıtma gereçlerinin yapımındaki yeni gelişmeler ve diğer önlemler elektrik şoklarının neden olduğu kazaların sayısında bir düşüşü getirmiştir. Örneğin Polonya'da çeşitli kazaların elektrik şoklarından ileri gelen nedenleri oran olarak yıllardır % 0,8'i geçmemektedir.

Seminerin bundan sonraki kısmında, bir elektrik devresinin iletken parçalarına dokunan bir insanı

devredeki akımın doğrudan ve bir elektrik arkı yoluyla olan etkisinden korumak için alınması gereken önlemleri, yani kısaca ana elektrik şok koruma ilkelerini tartışmayacağız. Adı geçen önlemler içerisinde örneğin elektrik devrelerinin metal kısımlarının yalıtılması ya da gerilimli devrelere kaza sonucu dokunmayı önleyici koruyucular yetiştirilmesi vardır.

Sunulacak sorunlar genellikle bilinen ve dünyanın hemen her yanında benzer biçimde çözümlenen sorunlardır. Ayrıca farklı bir koruma önlemi üzerinde de durulacaktır. Bu, elektrik devrelerinin bir parçası olmayan iletkenlere dokunma sonucu ortaya çıkan tehlikeli gerilim etkilerini gidermeye ya da tehlikeli dokunma gerilimlerinin üretilmesini önlemeye yönelik korunmadır.

Bugün Polonya'da, 1 kV'a kadar gerilimli elektrik aygıtları için, kullanılan elektrik şok koruma önlemleri 1969 yılında belirlenmiş olanlardır. Adı geçen bu önlemler aşağıda belirtilen yerlerde kullanılanlar hariç diğer tüm elektrik aygıtlarına ilişkin düzenlemelerdir;

- Madenlerin derin bölgelerinde
- Askeri alanlarda
- Elektriksel frenlemede
- Gemilerde, uçaklarda ve motorlu taşıtlarda
- Deniz fenerlerinde ve yüzme tesislerinde

Elektrik şoklarına karşı koruma önlemleri ve tavsiye edilen yöntemler aşağıdadır:

Dokunma gerilimi uzun bir zaman sürer ve şu değerleri aşarsa tehlikeli kabul edilir:

65 V - gelişigüzel (*ordinary*) elektrik şoklarında ve AA kullanılan durumlarda,  
30 V - özel (*particular*) bazı elektrik şoklarında ve AA kullanılan durumlarda,  
110 V - gelişigüzel elektrik şoklarında ve DA kullanılan durumlarda,  
60 V - özel bazı elektrik şoklarında ve DA kullanılan durumlarda.

Gelişigüzel elektrik şok tehlikesinin olduğu durumlarda bu şokun, eğer zarar gören elektrik devresi yeterince çabuk devreden çıkıyorsa "uzunca bir zaman" sürmediği kabul edilir. Devrenin işler durumdan çıkışına yetecek akım, alabileceği en büyük değer belirtilmiş kesme akımından büyük olmalıdır. Yani,

$$J > J_n = k \cdot J_w \quad (1)$$

$$w \quad n$$

dir.

Burada

$J$  = devrenin işler durumdan çıktığı akım

$J_w$  = kesme akımı

$J_n$  = aygıtın kendisinin kesme akımı

$k$  = otomatik kesici aygıtın tipine bağlı bir katsayıdır.

Örneğin sigortalar (*fuse*) için  $k$  katsayısı 2,5 ile 4,0 arasındadır ve antişok diferansiyel akımı  $k=1,2$  değerinde başlar.

Bir elektrik şoku tehlikesi durumunda devrenin işleştikten çıkışı, çıkış zamanı 0,2 saniyenin altında ise yeterince çabuk sayılır.

Daha önce adı geçen gelişigüzel yada özel elektrik şoku tehlikeleriyle ilişkili olarak aşağıdaki noktalar göz önüne alınmalıdır:

- Organizmanın dış gerilim etkilerine karşı direncini düşürme yönünde etki yapan nem, yüksek sıcaklık ve benzeri çevre koşulları (A).
- Akım taşıyan iletkenlere, örneğin iletken bir tabakaya, elin uzanabileceği bir yerde kalan topraklı metal nesnelere ve benzeri cisimlere çok yaklaşma sonucu oluşacak elektrik şoklarını artıracak koşullar (B).
- Elektrik aygıtının kullanılış biçimi; örneğin aygıtın dokunularak yada elde tutularak çalıştırılması.

Yukarıda sözü geçen koşullar uygun çizelgeler biçiminde standartlarda belirtilmiştir. Böylece şok tehlikesinin derecesi kolaylıkla saptanır.

Polonya'da yaygın olarak kullanılan 220 V şehir gerilimi için, gelişigüzel elektrik şok tehlikesi hemen hemen tüm aygıtlar için yukarıda anlatılan (A) durumu yada (B) durumu yada (A) ve (B) durumlarının birlikte bulunmasıyla ortaya çıkar.

Adı geçen gerilim değerinde özel elektrik şok tehlikesi yalnızca bazı el araçları kullanıldığında ve (A) ve (B) durumları birlikte olduğunda ortaya çıkar.

Şok eğer gelişigüzel, aşağıdaki koruma önlemlerinden birisi uygulanabilir:

- Nötr topraklaması
- Koruma topraklaması
- Koruma şebekesi
- Şoka karşı devre kesicisi
- Koruyucu yalıtma
- Çalışma geriliminin (korunma önlemleri alınarak) düşürülmesi
- Ayırma
- Servis panosunun yalıtılması

Şok özel ise şu koruma önlemleri geçerlidir:

- Şoka karşı devre kesicisi
- Koruyucu yalıtma
- Çalışma geriliminin (korunma önlemleri alınarak) düşürülmesi
- Ayırma

Geçici olarak (31 Aralık 1978'e kadar) nötr topraklaması yada koruma topraklaması gibi önlemler de özel elektrik şoklarına karşı kullanılabilirler. Burada şu noktalara dikkat edilmelidir:

- (1) nolu bağıntı sigortalar için kullanılırken, kesme süresinin 0,2 saniyenin altında olması için k katsayısı 6-10 arasında alınmalıdır.
- İşletme topraklaması ve nötr iletkeni yada toprak teli en az iki noktadan sistem topraklamasına (direnci  $R < 0,5 \text{ Ohm}$ ) bağlanmalıdır.

Polonya'da uygulanmakta olan elektrik şoklarından korunma önlemleri teker teker aşağıda incelenmiştir.

## 2. NÖTR TOPRAKLAMASI

Uç fazlı sistemlerde nötr topraklaması gerilim değeri 500 V'u geçmemek koşuluyla yapılmaktadır. Şebekenin nötr topraklamasından aşağıdakiler anlaşılmaktadır:

- Transformatörlerin alçak gerilim uçlarındaki nötr noktaların doğrudan topraklanması,
- Nötr iletkeninin başka bazı noktalardan da topraklanması.

Nötr iletkeni diğer faz iletkenleri gibi yalıtılarak yerleştirilmelidir. Toprak iletkeni kablo şebekesinde koşullara bağlı olarak kabloların alüminyum yada kurşun kablo kılıfları olabilir.

Koruma topraklamasında nötr iletkeni hem üç faz hem de tek faz devrelerinde kullanılabilir. Ayrıca bir koruma toprak iletkeni kullanmaya gerek yoktur.

Bir kısa devre olması durumunda kısa devre akımının dolaşacağı devrenin empedansı en fazla

$$Z = \frac{U_f}{J_w} \quad (2)$$

olmalıdır.

Burada

$U_f =$  ana faz-toprak gerilimi (Volt)

$J_w =$  (1) nolu bağıntıda kullanılan kesme akımı (Amper)

$Z =$  empedans (Ohm)

## 3. KORUMA TOPRAKLAMASI

Koruma topraklaması gerilimi 1000 V'a kadar olan AA ve DA şebekelerinde yapılır.

Koruma topraklamasının direnci aşağıdaki değerlerden büyük olmamalıdır.

- Yalıtma koşullarının sistematik incelemesinin yapıldığı, servis topraklaması olmayan şebekelerde: 5 Ohm.
- Yalıtma koşullarının sistematik incelemesinin yapılmadığı, servis topraklaması olmayan şebekelerde:

$$R_o = \frac{U_d}{J_w} \quad (3)$$

Burada

$R_o =$  koruma topraklamasının direnci (Ohm),

$U_d =$  güvenli dokunma gerilimi (Volt),

$J_w =$  (1) nolu bağıntıda kullanılan kesme akımı (Amper).

Doğrudan servis topraklamasının olduğu bir şebekede:

$$R_o = \frac{U_d}{J_w} \quad \text{yada} \quad R_o = \frac{0,5 U_f}{J_w} \quad (4)$$

Burada

$U_f =$  ana faz-toprak gerilimi (Volt).

(4) nolu bağıntı yalnızca salt merkezlerinde servis topraklamasının direnci bu yolla hesaplanan koruma topraklamasının direncinden küçük ise kullanılabilir.

Koruma topraklaması, salt merkezinin servis topraklaması ile aynı yere bağlanırsa, nötr topraklamasındakine benzer biçimde, kısa devre empedansının (2) nolu bağıntıda verilen değeri ( $Z = U_f/J_w$ ) geçmemesi gerekir.

Nötr topraklaması olan devrelerde ayrıca koruma topraklaması yapılmamalıdır.

#### 4. KORUMA ŞEBEKESİ

Koruma şebekesi, gerilim taşıyan bütün metal nesnelere, korunmanın yapıldığı bölgedeki doğal yada insan yapımı topraklara yine metal iletkenlerle bağlanmasından oluşur.

Koruma şebekesi hem AA hem de DA uygulamaları için kullanılabilir. Bunun için aşağıdaki koşulların yerine getirilmesi gerekir:

- Fabrika (*plant*) ayrı bir transformatörden yada ayrı bir kaynaktan beslenmelidir.
- Şebekede kullanılan tüm kablolar ve akım taşıyıcılar toprağa göre yalıtılmalıdır.
- Fabrikanın bütün bölümleri hizmete hazır durumda olmalı ve sürekli inceleme altında tutulmalıdır.

Bu tür koruma, antişok korumanın olanaksız olduğu yada kullanılmasının tavsiye edilmediği yerlerde yaygın olmamakla birlikte kullanılır.

#### 5. ANTIŞOK DEVRE KESİCİLERİ

Antişok devre kesicileri çalışma gerilimi 500 V'u geçemeyen şebekelerde kullanılabilir.

Polonya standartları devre kesicilerin hem diferansiyel akım hem de gerilim tiplerinin kullanılmasına izin verir.

Gerilim tipi devre kesicileri bilinen sakıncaları nedeniyle Polonya'da pratik olarak hemen hiç kullanılmazlar.

Diferansiyel akım tipi devre kesicileri ise aşağıdaki koşulları sağlamalıdır:

- Korunması yapılan sistem, geçen akımın kesme (*cut-off*) akımına eşit olmasıyla, 0,2 saniyeden daha az bir zamanda devre dışı kalabilmelidir.
- Devre kesicisinin kesme akımı 3 A'i geçmemelidir.
- Devreden geçen akım belirlenmiş en büyük kesilme akımının 1,2'sine ve çalışma gerilimi de belirlenmiş en büyük gerilimin 0,95-1,1'ine vardığında, sistem anında işlemden alınabilmelidir.

Diferansiyel akım tipi devre kesicilerinin belirlenmiş anma kesme akımı (*rated cut-off current*) 30 mA'i geçiyorsa, bu tür devre kesicileri yalnızca nötrü topraklanmış şebekelerde kullanılırlar.

Korunması yapılacak müşteri sistemi direnci aşağıda verilen devreden daha büyük bir yardımcı toprak hattı ile bağlanmalıdır.

$$R = \frac{U_d}{J_w} \quad (5)$$

Burada

$$J_w = k_1 J_{znw}^{-1,2} J_{znw}$$

$J_{znw}$  = devre kesicisinin anma kesme akımı (Amper) dir.

$J_{znw}$ 'nm değeri 20 mA'i geçemiyorsa, antişok diferansiyel akım tipi devre kesicileri koruma iletkeni (yardımcı toprak hattı) olmadan kullanılabilirler. Ancak böyle bir koruma mükemmel olmayan bir korumadır.

#### 6. KORUYUCU YALITMA

Koruyucu yalıtma fabrika yapımı AA ve DA aygıtlarında uygulanır. Üç tip koruyucu yalıtma ayırde diledilebilir. Bunlar;

- İki kat yalıtma
- Dayanıklı yalıtma
- Koruyucu yalıtıcı ekran

#### 7. ÇALIŞMA GERİLİMİNİ DÜŞÜREREK KORUMA

Bu tür koruma, düşürülmüş değeri AA'da 500 V, DA'da da 750 V'u geçmeyen gerilimleri içeren aygıtlarda ve gereçlerde kullanılır.

Gerilim düşürülürken, geçerli standart koşullarını karşılayan emniyet transformatörleri ve emniyet konvertörleri kullanılır.

Düşürülmüş gerilim değerleri aşağıda belirtilen koşullarda belirtilen değerleri geçmemelidir.

- 42 V - gelişigüzel elektrik şokları olduğu durumlarda (AA için)
- 24 V - özel elektrik şokları olduğu durumlarda (AA için)
- 80 V - gelişigüzel elektrik şokları olduğu durumlarda (DA için)
- 40 V - özel elektrik şokları olduğu durumlarda (DA için)

#### 8. MÜŞTERİLERİN AYRILMASI

Ayırma, gerilim değeri AA devreleri için 500 V, DA devreleri için de 750 V'a kadar olan şebekelerde kullanılır.

Ayırma devresinin en büyük gerilimi 380 V, en büyük akımı da 16 A'dir. Endüstriyel nitelik taşımayan yapılarda (hastane, otel ve benzeri) da ayırma bazı özel durumlarda kullanılırsa da bu pek tavsiye edilmez.

Ayırma için, geçerli standart koşullarını sağlayan ayırma trafoları ve ayırma konvertörleri kullanılır.

#### 9. İSTASYONUN YALITILMASI

Bu tür koruma, en büyük gerilim değerine bakılmaksızın AA ve DA düzeneklerinde ve yalnızca kuru yerlerde kullanılır.

İstasyonun yalıtımı sürekli yalıtım ve mekanik özellikler göstermeli ve döşemeye ayrılmaz biçimde tutturulmalıdır. Ayrıca, yalnızca işletme odalarında kullanılan taşınabilir yalıtma araçları da vardır (örneğin geçitler yada platformlar gibi).

Yalıtılmış çalışma istasyonunun elektriksel direnci şu değerden küçük olmamalıdır!

$$R_{st} = \frac{1.1 - 0.01}{5} \cdot 10^6 \quad (6)$$

Burada

$R_t =$  çalışma istasyonunun direnci (Ohm).

$U_a =$  en büyük gerilim değeri (Volt) dir.

Bütün elektrik aygıtlarının toprağı bazı özel durumlar dışında aynı olmalıdır. Bu topraklama gerçekleştirilirken doğal olarak toprağa bağlanan uçlardan yararlanılmalıdır.

Koruyucu kablolar tüm uygulanan koruma önlemlerinin bir parçasını oluştururlar ve çalışma akımlarının yüklem etkisine de uğramazlar. Yapının ve kullanılan aygıtların metal kısımlarında da özel koşulları sağlayan koruma kabloları vardır. Bu koruma kabloları uygun direnç değerlerine sahip olmalı, ayrıca boyutları da Çizelge 1'de verilen değerlerden küçük olmamalıdır.

Hareketli aygıtların nötr topraklaması özel bazı koşullarda yapılır. Burada hareketli kablonun ayrıca bir koruyucu iletkeni yoktur.

Elektrik şoklarına karşı korunmada bazı özel ek koşulların sağlanması zorunluluğu vardır. Bunlar:

Elektriklendirilmiş binanın en alt katına eşitleyici bir ray yerleştirilmelidir. Yapının metal kısımları, topraklanmış nötr hatları ve tüm toprağa bağlayan teller bu rayda birleştirilirler. Antişok devre kesicilerinin toprak hatları bunun dışındadır.

Çalışma koşullarının oldukça güç olduğu elektrik sistemlerinde elektrik şoklarından korunmada adı geçen diğer önlemlere ek olarak aşağıdaki önlemler de alınmalıdır.

- Çok çekirdekli bir kabloda koruma iletkeni ayrı bir iletken olarak bulunmalıdır, yani 3 fazlı bir sistemde 5.iletken, tek fazlı bir sistemde de 3.iletken koruma iletkenidir.
- (1) nolu bağıntıdaki k katsayısı sigortalar için standartların gösterdiği değerinin % 50 fazlasını almalıdır, yani k katsayısı 3,75 ile 6 arasında olmalıdır.

Polonya standartlarındaki değerler ile diğer ülkelerin standartları arasındaki ana farklılıklar aşağıda belirtilen 3 grupta toplanabilir:

- 1) Alüminyum koruma iletkenlerinin en küçük kabul edilebilir kesit alanı  $2,5 \text{ mm}^2$  dir (bazı durumlarda  $1,5 \text{ mm}^2$ , Çizelge 1'e bakınız). Birçok ülkenin standartlarında bu değerler 10 ile  $6 \text{ mm}^2$  arasındadır.
- 2) Koruyucu iletken olarak nötr hattı kullanılır ancak bunun için iletkenin aşırı yüke ve kısa devrelere karşı korunabilir olması ve kaynak trafosunun nötr noktasının doğrudan toprağa bağlanması gerekir.

Diğer birçok ülkenin standartlarında nötr hatta ek olarak ayrıca bir koruyucu iletken kullanılması zorunlu kılınmaktadır.

- 3) Geçici de olsa, özel bazı elektrik şok tehlikelerinin olduğu durumlarda nötr topraklaması yapılması kabul edilmektedir. Bu, daha ciddi korumanın gerekli olduğu bazı durumlarda da böyledir. Burada istenen, zarar gören devrenin yeterince çabuk işlerlikten çıkartılabilesidir.

Birçok ülkenin standartları daha ciddi antişok korunmada nötr topraklamasına izin vermezler.

Kesit alanları  $2,5$ ,  $4$  ve  $6 \text{ mm}^2$  olan alüminyum koruyucu iletkenler Polonya'da 1950'den beri kullanılmaktadır. Bu tarih aynı zamanda bu iletkenlerin teknolojiye sokulduğu ve nötr topraklamasının koruyucu bir önlem olarak uygulanmaya başlandığı zamanı gösterir. 1950 yılma dek,  $1 \text{ kVa}$  kadar olan sistemlerde, ayrı bir toprak hattı kullanan koruma topraklaması uygulanmıştır. Kesit alanı en az  $10 \text{ mm}^2$  olan alüminyum iletkenlerin kullanılması zorunluluğu koruma iletkenlerinin yeterli mekanik dayanıklılığa sahip olması gerekliliğinden doğmaktadır. Ülkemizde çeşitli çevre koşullarında 25 yıldan fazla bir sürede edindiğimiz deneyim göstermektedir ki kesit alanı  $2,5 \text{ mm}^2$  olan alüminyum iletkenlerin dayanıklılığı bütünüyle yeterlidir. Bu iletkenlerde herhangi bir kopma yada gerilme gözlenmemiştir. Aydınlatma sistemlerinde kesit alanı  $1,5 \text{ mm}^2$  olan alüminyum teller kullanılmaktadır. Bu koşullar altında elektrik şokunun sebep olduğu bir kazaya rastlanmamıştır. Nötr topraklamasının antişok korunmada bir önlem olarak kullanılmaya başlanmasından, yani zaman süresi olarak 25 yıldan bu yana, bütün sistemlerde ve her çeşit çevre koşullarında (patlamalar sonucu oluşan çevre koşulları bunun dışında) nötr hattı koruyucu nötr iletkeni olarak kullanılmaktadır. Nötr hattı tek fazlı bir sistemde ve üç fazlı sistemlerin birçok değişik biçiminde etkin (aktif) olup kendi kendini denetleyebilir durumdadır. Olası bir kopma (örneğin bağlantı noktasındaki bir gevşeklik sonucu) çalışmakta olan elektriksel aygıtın durmasına yada yanlış işlev görmesine neden olur. Nötr hattından ayrı olarak çekilen koruma hattı kopmaya dayanıklı olduğundan bu tür koruma daha az etkilidir. Bu yüzden bizim kullandığımız sistem daha emniyetlidir.

Daha ciddi antişok korunmada Polonya standartları nötr topraklamasına izin vermez. Ancak 4 yıldan beri bir deney sonucuna dayanarak bu tür koruma kullanılmaktadır. Burada dikkat edilecek nokta şudur: Bir kısa devre durumunda ve yalıtkanın bozulması halinde yeterli korumanın  $0,2$  saniye içerisinde yapılabilmesi gerekir.

Göreceli olarak büyük bir kısa devre akımının insan hayatı için, vücuttan geçiş süresinin kısa olması nedeniyle tehlikeli olmayacağı kabul edilebilir. Ancak koruyucu araçlarda böyle kısa çalışma sürelerinin sağlanması eğer kaynak trafosu kısa devre noktasından çok uzakta değilse olanaklıdır. Bu koşullar özel bazı durumlarda ve büyük endüstri işletmeleri ve geniş yapıların kurulu olduğu yerlerde sağlanır. Elektrik şoklarına karşı kullanılan koruma devrelerinin dikkatli bir incelemesi uzun yıllar bu devrelerin hatasız çalıştığını göstermiştir.

Antişok korunma konusunda yapılan araştırmalar ve özellikle kazaların ve nedenlerinin istatistiksel incelemeleri ülkemizde çeşitli merkezlerde yapılmaktadır. Bu araştırma ve incelemeler diğer ülkelerde yapılan benzer çalışmalarını da kapsamaktadır ve bu yüzden bu seminerde bunlar tartışılmayacaktır. Diğer ülkeleri, binaların topraklanması üzerine Polonya'da yapılan araştırmalar konusunda bilgilendirmenin yararları vardır. Her ne kadar

bu araştırmalardaki esas amaç, belirli yerlerde toplanan durgun elektriğin yada aydınlatma sistemindeki elektrik boşalmalarının emniyetli bir şekilde giderilmesi ise de, bu araştırmaların sonuçları antişok korunmanın etkinliğini hesaplamada da gözönüne alınabilir. 1976'da Varşova Politeknigi Yüksek Gerilim Enstitüsü'nde çelik ve çelik-betonarme karışımı yapıların geniş koridorlarının aydınlatma korunması için yapılan çalışmalar göstermiştir ki, bu korunmanın iyi ve sistemin geri kalan kısımlarıyla uyumlu olabilmesi için betonarmenin metal gereçlerle dayanıklılığının artırılması gereklidir. Bu yapılırsa, boşalma akımına gösterilen dirençte genel bir azalmanın yanı sıra şebekenin, kullanılan aygıtların ve bunların içe-

risinde yer aldığı yapının metal aksamları aynı gerilim değerinde tutularak, elektrik şoklarına karşı korunma önlemlerinde bir gelişme sağlanmış olacaktır. Çelik platformları olan sistemlerde ve tiristorlu konvertörleri olan sistemlerde etkin antişok korunma üzerine araştırmalar yapılmaktadır. Bu tür sistemlerde gerilim değişmelerinin korumada çoğu kez sorunlar yarattığı bilinmektedir.

Öyle görünüyor ki, IEC'nin düzenli toplantılarında yapılan resmi tartışmalardan ayrı olarak, çeşitli ülkelerin uzmanları arasında antişok korunmayı kapsayan fikir ve deneyim alışverişi, sorunun giderek büyüyen toplumsal önemi nedeniyle özellikle gereklidir.

Koruyucu İletkenin Biçimi ve Boyutları	Mekanik Zorlanmaların Olmadığı Yerlerde			Mekanik Zorlanmaların Olduğu Yerlerde
	Bakır	Alüminyum	Çelik	
1. Çıplak raylar, baralar, teller yada Örgülü iletkenler Kalınlık yada çap, mm Kesit alanı, mm <sup>2</sup>	1 4	4 16	3* 10	Çeşitli zorlanmalara karşı etkili bir koruyucu uygulanmalı yada koruyucu iletkenin kesit düzlemi içerisindeki boyutları olası tehlikelere karşı yeterli elektriksel direnci sağlayacak derecede büyütülmeli.
2. Tüp içerisinde yada bir başka koruyucu ile yalıtılmış tek çekirdekli, dış iletkenlerle birlikte serilmiş tel Kesit alanı, mm <sup>2</sup>	1	2,5	kullanılmaz	
3. Plaster kullanılarak, tüp içerisine konarak yada ekranlanarak yalıtılmış çok çekirdekli kablo Kesit alanı, mm <sup>2</sup>	1	1,5	kullanılmaz	Yukarıdaki gibi
4. Aydınlatmada kullanılan bağlantı iletkeni (tek yada çok çekirdekli) Kesit alanı, mm <sup>2</sup>	0,5	kullanılmaz	kullanılmaz	
5. 2, 3 ve 4 nolu maddelerdeki gibi tel ve kablolar. Yalnız bunların seriliş yada asılış biçimleri farklı Kesit alanı, mm <sup>2</sup>				
6. Çok çekirdekli esnek kablo Kesit alanı, mm <sup>2</sup>	0,25	2,5	kullanılmaz	Uygun direnci olan otomobil lastik kablosu kullanılmalı

\* Devrenin 10 A'den büyük bir akıma karşı korunmasında 2 mm çaplı çelik tel kullanılır.

Çizelge 1. Duruma ve Materyale Bağlı Olarak İzin Verilen En Küçük Boyutlar Üzerine Veriler.