

Elektrik tesisatında topraklama büyük bir önem taşır. Kanun ve kurallar genellikle bu doğrultuda şekillenir. Bu konuda birçok yayınlar vardır. NEU-CEE 2001 sempozyumunda yönetim kurulu üyemiz Doğan Haktanır da bu konuyu işlemiş ve önemini belirtmeğe çalışmıştır. Prof. Dr. Mustafa Bayram bu konuda özel bir kitap yayımlamıştır. Konunun önemine binaen Prof. Dr. Mustafa Bayramın bu kitabından açığıdaki alıntıya yer vermiş bulunuyoruz.

ELEKTRİK TESİSLERİNDE TOPRAKLAMA

PROF. DR. MUSTAFA BAYRAM

1. Giriş: Elektrik makinelerinde, elektrik cihazlarında ve elektrik tesislerinde meydana gelen bir izolasyon hatası, makinelerin, cihazların ve tesislerin, işletme ile doğrudan doğruya ilgisi olmayan madeni ve iletken gövdelerinin, mahfazalarının veya tesbit kısımlarının gerilim altında kalmasına sebep olur. *Temas gerilimi* veya *adım gerilimi* adı verilen bu gibi tehlikeli gerilimler, gerek işletme personeli için ve gerekse bahis konusu elektrik tesisleri ile herhangi bir şekilde temas halinde bulunabilecek olan şahıslar için hayat tehlikesine yol açarlar. İşletme personelini ve elektrik tesisleri ile temas edebilecek olan şahısları temas ve adım gerilimlerine karşı korumak için kuvvetli akım tesislerinde *topraklama* yapılır.

Bundan başka şebeke geriliminin toprağa karşı değerini belirli bir duruma getirmek için, bir işletme zorunluğu olarak gerek şebekenin ve gerekse işletme araçlarının belirli noktaları da topraklanır.

Topraklama, esasen alçak gerilim tesislerinde insanları ve genel olarak canlıları tehlikeli temas ve adım gerilimlerine karşı korumak için kullanılan çeşitli koruma metodlarından biri olarak bilinir. Fakat bu gün alçak gerilim tesislerinde hata akımından ve hata geriliminden yararlanarak çalışan ve topraklama metodundan daha emin ve tesirli koruma metodları vardır. Buna karşılık yüksek gerilim tesislerinde hata gerilimlerine karşı yegâne koruma metodu topraklamadır.

Gerek alçak gerilim tesislerinde ve gerekse yüksek gerilim tesislerinde topraklamanın tesirli ve yararlı olabilmesi, bunun iyi yapılmış olmasına ve gerektiği anda öngörüldüğü şekilde çalışabilmesine bağlıdır. Enerji üretim, iletim, dağıtım ve tüketim tesislerinin projelendirilmesi, bu tesislerin yapılması ve işletilmesi esnasında topraklama tesislerine gerekli önemi vermemek çok hatalı bir tutum olur. Maalesef bazı kısır görüşlü teknik personel, diğer tesisler yanında topraklama tesislerini daha az önemli görerek ve bu tesislerin yönetmelik şartlarına uygun bir şekilde yapılması için masraf yapmaktan kaçınarak tasarruf yaptıklarını zannederler ve en azından topraklama tesislerini ilginç bulmazlarsa da sonunda bu hatalarını işletme personelinin veya tesisi kullanan şahısların sıhhati veya hâttâ hayatı ile öderler.

Bir enerji sistemine ait topraklama tesisleri icabında yıllarca hiçbir fonksiyon icra etmeden, atıl bir durumda kalabilir ve ancak günün birinde bir izolasyon hatası baş gösterdiğinde bunun koruyucu tesiri, bu tesisler için yapılan masrafları ve yatırımları da bir anda haklı gösterebilir. Onun için enerji tesislerinin projesini hazırlayan ve tesisi kuran mühendislerin ve teknik personelin en önemli görevlerinden biri de, topraklama tesislerinin projelerini itinalı bir şekilde hazırlamak, tesisin kurulması esnasında bunun yönetmelik esaslarına uygun bir şekilde yapılmasını sağlamak, işletme esnasında kontrol etmek ve bunun bakım ve tamirini de yapmaktır.

2. Genel bilgi: Enerji tekniğinde 1 kV'a kadar olan gerilimlere alçak gerilim ve 1 kV dahil olmak üzere daha yüksek gerilimlere yüksek gerilim denir. Evlerde ve bütün sanayi tesislerinde kullanılan küçük ve orta güçlü tüketiciler alçak gerilimli dağıtım şebekesi tarafından beslenirler; ancak çok büyük güçlü tüketiciler yüksek gerilim ile beslenirler. Alçak gerilimli dağıtım şebekeleri ise yüksek gerilim şebekelerine bağlıdır. Her nevi elektrik tesisinin, makinelerin ve cihazların projelendirilmesi, kurulması ve işletilmesi, her memlekette geçerli olan standartlar ve yönetmelik hükümlerine göre yapılır. Yönetmelikler, temas ve hata gerilimlerinin meydana gelmesine yol açan izolasyon hatalarının, birinci mertebede işletme araçlarının ve tesislerin en iyi kaliteli izolasyon malzemesi kullanılarak ve en bilgili ve yetiştirilmiş elemanlar tarafından, gayet itinalı bir şekilde yapılması ile önlenmelerini emreder. Buna ilâve olarak ayrıca koruma tedbirlerinin alınması da öngörülmüştür.

Bu cümleden olmak üzere topraklamalar ve topraklama tesisleri de yine yönetmelik hükümlerine göre projelendirilir, tesis edilir ve işletilir. Yalnız alçak gerilim tesislerindeki topraklamalar ile yüksek gerilim tesislerindeki topraklamalar bakımından yönetmelikler farklı hükümler ihtiva ederler.

Topraklamaların ve topraklama tesislerinin birinci gayesi, bir izolasyon hatasının baş göstermesi halinde meydana gelecek olan temas ve adım geriliminin insan hayatını tehlikeye sokacak mertebede olmasını önlemek veya bu gibi tehlikeli gerilimleri tamamen ortadan kaldırmaktır. Böylece

bir taraftan insan hayatının emniyetini sağlandığı gibi, diğer taraftan da işletme emniyeti şartları yerine getirilmiş olur.

Alçak gerilim tesislerinde insan hayatını tehlikeli gerilimlere karşı korumak için topraklamadan başka, belki daha da tesirli metodlar olduğu halde yüksek gerilim tesislerinde tehlikeli hata gerilimlerine karşı korunmak için yegâne çare topraklamadır. Onun için topraklamanın özellikle yüksek gerilim tesislerinde önemi çok büyüktür. Şu halde topraklamanın yapılışında birinci derecede, bir izolasyon hatası sonucunda insan vücudu tarafından köprülenen gerilimlerin tehlikeli değerlere yükselmemesine dikkat edilmelidir. İkinci derecede de atmosferik deşarjların düşük dirençli topraklamalar üzerinden toprağa sevk edilmeleri halinde bir çok işletme arızaları önlenilmektedir; onun için son yıllarda havaî hat şebekelerinde büyük masraflar yaparak düşük dirençli topraklamaların yapılması sağlanmıştır.

Çeşitli memleketlerde topraklamanın nerelerde ve nasıl uygulanacağı ve ne şekilde tesis edilip işletileceği hakkında yönetmelikler esas itibariyle birbirine çok benzerler. Onun için burada memleketimizde yürürlükte olan yönetmelikler(*) yanında,

1) Alçak gerilim tesisleri için VDE 0100 sayılı «Nominal gerilimi 1000 V'a kadar olan kuvvetli akım tesislerinin kurulması için esaslar» isimli Alman yönetmeliği ile

2) Yüksek gerilim tesisleri için VDE 0141 sayılı «Nominal gerilimi 1 kV'un üstünde olan alternatif akım tesislerinde topraklamalar için esaslar» isimli Alman yönetmeliği bilhassa belirtilmeğe değerler.

3. Elektrik akımının insan vücudu üzerine tesiri : Arızasız bir yüksek gerilim şebeke işletmesinde toprak üzerinden gayet küçük akımlar geçerler; bu akımlar daha ziyade kapasitif olup her üç faz hattının toprağa karşı kapasitesinin eşit olduğu kabul olunursa, her üç faza ait bu kapasitif akımların toplamı toprakta sifıra eşit olur. Buna karşılık bir faz ile toprak arasında bir temas meydana gelirse oldukça büyük bir toprak akımı geçer. Eğer bir insan vücudu bu toprak akımının devresi üzerinde veya buna paralel olarak bulunursa, insan vücudundan da bir akım geçer. İnsan vücudundan geçen akımın şiddeti, insan vücudu tarafından köprülenen gerilime bağlı olduğu gibi insan vücudunun direnci ile temas noktalarındaki (iki el, iki ayak veya bir el ve bir ayak) geçiş dirençlerinin toplamına bağlıdır. Tehlikeli temas veya adım gerilimlerine karşı koruma maksadı ile tesis edilen topraklamanın yapılışı, şu halde insan vücudundan geçen akımın insan sağlığı üzerine olan tesirine bağlıdır. 50 Hz'lik alternatif akımla insanlar üzerinde yapılan deneylere göre elde olunan sonuçlar cetvel 1'de gösterilmiştir. Bu deneylerde temas gerilimine iki el ile veya bir el ve bir ayak ile temas edilmiştir.

Cetvel 1. 50 Hz'lik alternatif akımın insan vücudundan geçtiğinde yaptığı tesirler.

50 Hz'lik akım şiddeti	İnsan vücudundaki tesirler
1 mA	His edilebilir
2.....4 "	Parmaklarda sinirler titreşir.
5.....7 "	Kolda hafif kramp his edilir.
10.....15 "	Tutulan cisim henüz bırakılabilir.
19.....22 "	Çok acı duyulur, tutulan cisim bırakılmaz
30 "	Şiddetli acılar duyulur, eller çalışamaz olurlar
50.....100 "	Ölümlü sonuçlanır.
1.....10 A	Yanmalar baş gösterir.

Buradan anlaşıldığına göre, insan vücudundan en fazla 10 – 15 mA mertebesinde bir akımın geçmesine müsaade edilebilir. İnsan hayatı için tehlikeli akım sınırı 30 – 50 mA olup eğer insan vücudundan 50 – 100 mA kadar bir akım geçecek olursa, olay mutlaka ölümlü sonuçlanır. Zira bu mertebedeki bir akımın kalp üzerinden geçmesi, kalpte anormal titreşimlere yol açarak kalbin normal çalışmasını önler ve nefes alma organlarının felç olmasına sebep olur. Böylece en fazla 4 dakika gibi bir süre beyin kanla

beslenemezse, hayati merkezler harap olarak ölüm baş gösterir.

Bilindiği gibi kalbin normal çalışması, bir çok adalenin ritmik bir şekilde hareket etmesi ile meydana gelen kuvvet tesirine bağlıdır ve kalbin pompa gibi çalışması neticesinde vücutta kan dolaşımı sağlanır. Kalp üzerinden elektrik akımının geçmesi ile kalbin bu şekilde normal çalışması sona erer ve kalp adaleleri anormal bir titreşim yapmağa başlarlar. Böylece kan dolaşımı durur.

Kan dolaşımının en önemli ve hayatî tesiri, beyin hücrelerinin beslenmesidir. Eğer beyin hücrelerine kan yolu ile oksijen sevk edilemezse, birkaç saniye içinde baygınlık baş gösterir. Bu duruma ancak birkaç dakika (en çok dört dakika) tahammül edilebilir. Eğer bu süre içinde kalp üzerinden akım geçmesi önlenir ve sunî teneffüs yaptırılırsa, elektrik akımına çarpılan şahıs tekrar hayata dönebilir. Fakat akımın tesiri 4 dakikadan fazla uzun olursa veya sunî teneffüs yaptırılmazsa beyinde hayatî merkezler felç olurlar, bundan sonra ya bir nevi bitkisel hayat başlar yahut da olay ölümle sonuçlanır. Akımın öldürücü tesiri frekansa da bağlıdır. Bu bakımdan 50 p/s frekanslı alternatif akım en tesirli ve en tehlikelidir. Daha yüksek frekanslarda vücut direnci artar ve bu sebeple 50 p/s'lik akımda meydana gelen tesirler ancak daha yüksek akım şiddetlerinde baş gösterir. Yüksek frekansta ise hemen hemen hiçbir tehlike yoktur. Esasen bu sebeple diyatermi yolu ile bazı hastalıkların tedavisi için, hiçbir tehlike bahis konusu olmadan, insan vücudundan yüksek frekanslı bir kaç amper şiddetinde akım geçirebilir.

Doğru akımın insan vücudu üzerine tesiri, 50 p/s'lik alternatif akımınkinden daha azdır; duyarlılık sınırı, alternatif akımındakinin yaklaşık olarak beş katı daha yüksektir. Onun için 50 p/s'lik alternatif akımın meydana getirdiği bir tesir, doğru akımın 4 – 6 katında baş gösterir.

50 p/s frekanslı büyük akımların insan vücudundan geçmesi de şimdiye kadar tam tesbit edilemeyen sebeplerden dolayı kalbin normal çalışması bakımından zararlı bir tesir yapmazlar; şu halde 0,1 – 1 amperlik akım şiddetleri en tehlikeli değerlerdir. Onun için 380 – 500 volt'luk gerilimler, kalp faaliyeti bakımından insan vücudundan tehlikeli olan akımların geçmesine yol açtıklarından, bu gerilimler bilhassa tehlikelidir ve bu gerilimlerde çalışmak özel koruma tedbirlerine ihtiyaç gösterir. Buna karşılık daha yüksek gerilimlere dokunulması halinde vücuttan daha büyük akımlar geçerek ısınmaya ve yanmalara yol açarsa da, bazı hallerde olay ölümle sonuçlanmayabilir.

Her ne kadar insan vücudundan 1 – 10 A gibi büyük akımların geçmesi kalbin anormal çalışmasına yol açarak ölüme sebep olmazsa da bunlar da hayat tehlikesine yol açan ve ekseriya ölümle sonuçlanan yanmalara sebep olurlar. Elektrik yanıklarında insan vücudunda iç dokular çözülürler ve harap olurlar. Onun için elektrik akımı tesiri ile meydana gelen yanıklar, adı yanıklar gibi olmayıp çok zor kapanan yaralar açarlar.

Elektrik akımının insan vücuduna tesiri, akımın geçtiği süreye de bağlıdır. Eğer vücuttan geçen akım çok kısa zamanda, meselâ 0,1 – 0,2 saniye içinde kesilebilirse, bunun verdiği korkudan ve şoktan başka zararlı bir tesiri olmaz. Hayvanlar üzerinde yapılan deneylerde, ölüme sebebiyet veren akım şiddeti, t tesir süresi olmak şartı ile, \sqrt{t} ile ters orantılıdır. İşte bu husus, alçak gerilim tesislerinde

topraklama yolu ile yapılan koruma tesislerinde sigortanın erime süresi bakımından çok önemlidir.

Belirli bir temas geriliminde insan vücudundan geçen akım şiddeti, yukarıda belirtildiği gibi, insan vücudunun iç direnci ile ellerde veya ayaklarda temas noktalarındaki geçiş dirençlerinin toplamına bağlıdır. İnsan vücudunun direnci şahıstan şahsa göre çok farklı değerler alır ve 1000 ohm ile 4000 ohm gibi geniş sınırlar arasında değişir. İnsan vücudunun direncini esas itibariyle derinin direnci teşkil eder ve bu da gerilime çok bağlıdır. İnsan vücudunun iç direnci hemen hemen sabit olup 2000 ohm mertebesinde. Temas noktalarındaki geçiş direnci, temas eden derinin, yani ellerin veya ayakların rutubetli, temiz, derinin yıpranmamış olmasına veya olmamasına göre çok değişik değerler alabilir. Rutubetli, temiz ve yıpranmamış bir deride geçiş direnci küçüktür; buna karşılık kuru, yabancı maddelerle yalıtılmış, nasırlaşmış ellerdeki veya ayaklardaki derinin geçiş direnci çok büyüktür. Genel olarak insan vücudu için toplam direncin 3000 ohm mertebesinde olduğu kabul edilebilir. İnsan hayatını tehlikeye sokmadan insan vücudundan geçmesine müsaade edilen akımın 20 – 25 mA mertebesinde olduğu kabul edilirse, alçak gerilim tesislerinde tehlikeli sınır geriliminin, yani müsaade edilen en yüksek temas geriliminin $U_t=65$ volt olduğu sonucuna varılır. Yüksek gerilim tesislerinde müsaade edilen en büyük temas veya adım gerilimi 125 volt'tur.

Şu halde bir yüksek gerilim tesisinde bir toprak teması halinde topraklama tesisi üzerindeki gerilim düşümü, yani topraklama tesisinden geçen akımla topraklama hattının toplam direncinin çarpımı 125 V dan fazla olmamalıdır. Ayrıca şu da göz önünde tutulmalıdır ki, at, inek v.b. gibi büyük baş hayvanlar, insana göre adımlarının daha büyük olması sebebi ile, daha büyük adım gerilimine maruz kaldıklarından ve ayrıca hayvanın vücudundan geçen akım daima kalp üzerinden geçtiğinden, bunlar toprak akımlarına karşı daha hassastırlar ve insana göre daha büyük tehlikeye maruz kalırlar.

4. Topraklama tesisinin görevi : Yüksek gerilim tesislerinde ekseriya işletme personeli, alçak gerilim tesislerinde ise hem işletme personeli ve hem de çeşitli alçak gerilimli makineleri ve cihazları kullanan şahıslar, bir izolasyon hatası halinde daima tehlikeli temas veya adım gerilimine maruz kalabilirler ve her an hayatları tehlikeye düşebilir. Enerji tesislerinde yapılan topraklama tesislerinin görevi ise, böyle bir izolasyon hatası meydana geldiğinde, arızalı fazdan geçen hata akımının yardımı ile hata akım devresini kesmek veya bu akımların insan hayatını tehlikeye sokacak bir yoldan geçmelerini önlemek yahut da hata gerilimlerinin tehlikeli sınır değerlerin altında kalmasını sağlamaktır. Topraklama tesisinin yukarıda üç madde halinde sayılan görevi şu şekilde açıklanabilir: Meselâ tesisin yıldız noktasının direkt topraklanmış olduğu ve şebekeye bağlı olan cihazın da

topraklandığı kabul edilsin. Bahis konusu cihazda bir izolasyon hatası neticesinde bir gövde teması (veya gövde kısa devresi) baş gösterirse, devreden büyük bir akım geçer. Bu akımın tesiri ile alçak gerilim tesislerinde sigorta veya magnetik açıcı, yüksek gerilim tesislerinde sigorta veya güç anahtarı kısa zamanda devreyi keserek tehlikeli hata gerilimini ortadan kaldırırlar; bu esnada bahis konusu cihaza temas eden insanın hayatı da kurtulmuş olur.

Şu halde yapılan topraklamalar sayesinde hata akımı şiddetlendirilir ve kısa devre akımı mertebesine çıkan bu hata akımlarının tesiri ile, devrenin aşırı akıma karşı koruma cihazları (meselâ sigorta, mağnetik açıcılı otomatik anahtar veya disjonktör) yardımı ile kesilmesi sağlanır.

Eğer tesisin yıldız noktası topraklanmamışsa ve korunması bahis konusu olan cihaz da bir topraklama tesisi ile donatılmışsa, bir faz iletkenin cihazın gövdesi ile temas etmesi halinde, alçak gerilim tesislerinde pratik olarak bir akım geçmez; buna karşılık yüksek gerilim tesislerinde küçük bir kapasitif akım geçer. Eğer böyle bir tesiste bir eli ile bahis konusu cihaza dokunan bir şahıs ayakları ile de çıplak zemin üzerinde durursa, topraklama tesisi bu şahıs tarafından köprülenir ve insanın gövde direnci topraklama tesisine paralel bağlanmış olur. Bu durumda insan hayatının tehlikeye düşmemesi için hata akımı insan üzerinden değil topraklama tesisinden geçmelidir; başka bir deyimle, insan tarafından köprülenen kısımda meydana gelen gerilim düşümü tehlikeli temas gerilimi sınırının altında kalmalıdır. Bu da topraklama direncinin çok küçük olması ile mümkündür.

Yukarıda verilen bilgiler, aşağıdaki misâl ile daha iyi açıklanabilirler: Bir geçiş izolatörü çatlamış ve böylece toprak teması meydana gelmiş olsun. İzolatörün yerleştirildiği duvarın dış yüzü rutubetli olup beher metresi başına 10 ohm'luk bir direnci olsun. Duvar üzerinden toprağa 25 A'lık bir akım geçerse, duvar üzerinde birbirinden 1 metre aralığı olan iki noktaya iki eli ile temas eden bir şahıs $U_f=25.1.10=250$ volt değerinde bir gerilimin tesiri altında kalır ve böylece bu şahsın hayatı tehlikeye düşer. Eğer geçit izolatörünün tesbit edildiği yer, yeteri derecede kalın bir hatla topraklanırsa, bu takdirde toprak akımı toprak hattından, ancak çok az bir kısmî akım duvardan geçer. Bu sebeple duvara dokunan şahıs tehlikeye maruz kalmaz.

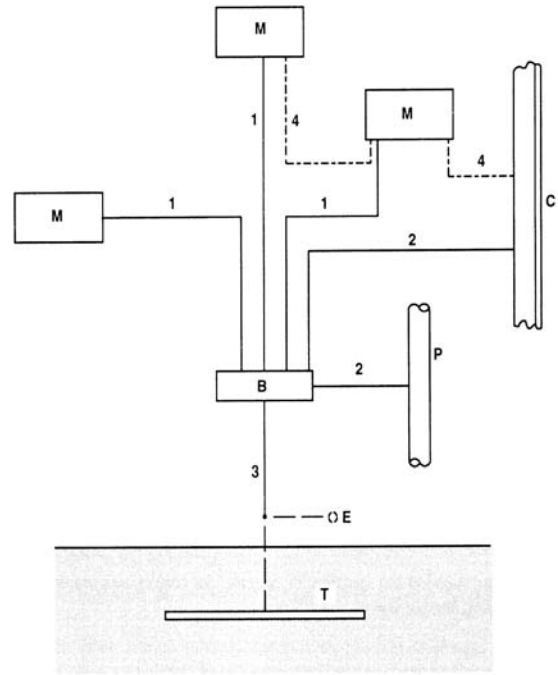
Buraya kadar yapılan açıklamada bahis konusu olan topraklama, canlıların hayatını elektrik akımına karşı koruma ile ilgilidir; ilerde açıklanacağı gibi buna koruma topraklaması denir.

Elektrik tesislerinde koruma topraklamasından başka topraklamalar da vardır. Meselâ şebeke geriliminin toprağa karşı değerini tesbit etmek için şebekenin ve işletme araçlarının belirli noktaları sırf işletme maksadı ile topraklanır ki, buna işletme topraklaması denir. Koruma topraklamasının tesir tarzı, işletme topraklaması ile de ilgilidir; bunlar ilerde söz konusu olacaktır.

BS7671 - EARTHING

Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyetinde topraklama elektrik tesisatlarında elzem görülen çok önemli bir husustur. Aşağıdaki şekil konuyla ilgili olduğu için BS7671 (1992) yayınından alınmıştır. Üyelerimizin proje yapımı esnasında bu hususlara dikkat etmeleri önemle duyurulur.

Daha fazla bilgi edinmek isteyen mühendis veya teknisyenlerimiz bize başvurabilirler. Kendimizin yanıt veremeyeceği hallerde, arzu ettikleri bilgiyi elde edebilmek için en azından yönlendirileceklerdir.



- 1,2,3,4. = protective conductors
- 1 = circuit protective conductor
- 2 = main equipotential bonding conductor
- 3 = earthing conductor
- 4 = supplementary equipotential bonding conductors (where required)
- B = main earthing terminal
- M = exposed-conductive-part
- C = extraneous-conductive-part
- P = main metallic water pipe
- T = earth electrode (TT and IT systems)
- E = other means of earthing (TN systems)