

YILDIRIM ELEKTROMANYETİK DARBESİNİN ETKİSİNE KARŞI DIŞ KORUNMANIN ÖNEMİ

Turan ÇAKIL - *Elektrik-Elektronik Yüksek Mühendisi*

turan_cakil23@hotmail.com

Bu çalışma da ülkemizde Yıldırım Elektromanyetik Darbesine (YEMD) karşı dış korumanın önemi hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Ülkemizde oluşan bu geçici (transient) duruma karşı kullanılan koruma yöntemleri hakkında da bilgiler verilmiştir.



Resim 1. Şehirlerde oluşan yıldırımlar

YEMD Riskinin Analizi

YEMD riskinin analizi için çok sayıda faktör dikkate alınır. Bu makale faktörlerden birine ışık tutmaya çalışacaktır. Yapıların korunması ve en önemli beş faktör: YEMD yakalama iletkenleri, elektrojeometrik model, YEMD yakalama yüzey alanları, YEMD'in toprağa akması için iniş iletkenleri (downconductor) ve tabii ki topraklama sistemleridir.

Şebeke ve tesisatlarda bulunan elektrikli veya elektronik ekipmanların korunması burada ele alınmamaktadır, sadece yapıların dış korumasının en önemli yönleri ele alınmıştır.

Şehirlerde oluşan yıldırım riski Resim 1'de verilmektedir. Resimde görüldüğü gibi şehir içerisinde birçok nokta yıldırım riski içindedir.

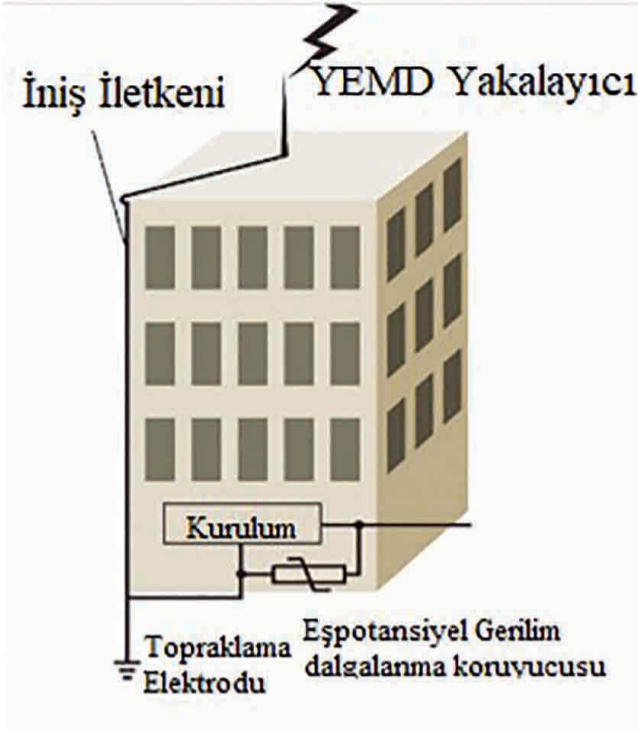
1. Korunma Sistemleri (YEMD yakalama iletkenleri)

Bunların amacı yapıları doğrudan YEMD düşmelerine karşı korumaktır. YEMD darbesini yakalayarak ve deşarj akımını toprağa ileterek, aşağıdakileri önlerler

YEMD 'in kendisi ve ilgili akımın dolayısıyla bağlantılı hasarların engellenmesini sağlar. YEMD iletkenleri dört gruba ayrılır:

1.1. Tek Çubuklu YEMD Yakalama İletkenleri (Franklin Çubuğu)

Bunlar yapının büyüklüğüne ve iniş iletkenlerine bağlı olarak bir veya daha fazla uçtan oluşur. Bunlar ya doğrudan tesisatın topraklama elektroduna (temel) ya da koruma türüne ve ulusal çalışma uygulamalarına bağlı olarak, kendisi de tesisatın veya şebekenin topraklamasına bağlı olan özel bir topraklama elektroduna (yıldırım iletkeni topraklama elektrodu) bağlanır. Resim 2'de tek çubuklu topraklama şeması görülmektedir. Resim 3'de ise YEMD iletken çubuğu (Franklin Çubuğu) görülmektedir.



Resim 2. Tek çubuklu YEMD iletkenin topraklama şeması



Resim 3. Tek çubuklu YEMD iletkeni (Franklin Çubuğu)

1.2. Sparkover Cihazı ile YEMD Yakalama İletkenleri

Bunlar tekli çubukların geliştirilmiş halidir. Uçta elektrik alan oluşturan, YEMD'in yakalanmasına yardımcı olan ve etkinliklerini artıran bir sparkover cihazı ile donatılmıştır. Resim 4'de görülmektedir. Aynı yapı üzerine birden fazla YEMD yakalama çubuğu monte edilebilir. Topraklama elektrotlarının yanı sıra birbirlerine de bağlanmaları gerekir.

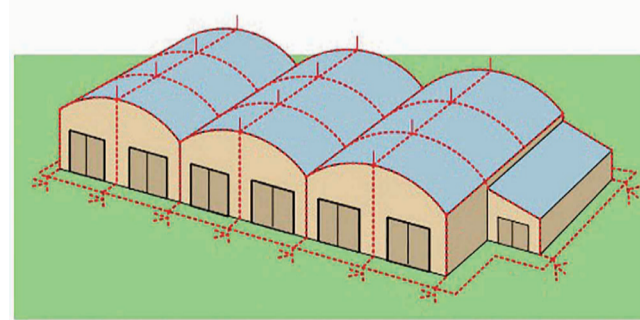


Resim 4. YEMD iletkenine bağlı Sparkover cihazı

Tek çubuklu YEMD iletkenleri veya kıvılcım atlama tertibatlı YEMD iletkenleri ile korunan 60 m'den daha yüksek binalar için bir koruma sistemi olan sparkover cihazı, yanıl YEMD vurma riskini önlemek için üstte metal bir halka ile tamamlanır.

1.3. Ağ Örgülü Kafesli YEMD İletkenleri

Ağ örgülü kafes, tüm hacmi çevreleyecek şekilde binanın dış çevresine yerleştirilmiş bir iletken ağından oluşur (örnek bir Faraday kafesi gibi). Yakalama çubukları (0,3 ila 0,5 m yüksekliğinde) bu ağa çıkıntılı noktalarda (çatılar, oluklar vb.) düzenli aralıklarla eklenir. Tüm iletkenler iniş iletkenleri ile topraklama sistemine (temel) bağlanır. Resim 5.'de ağ örgülü kafesli yapı görülmektedir.

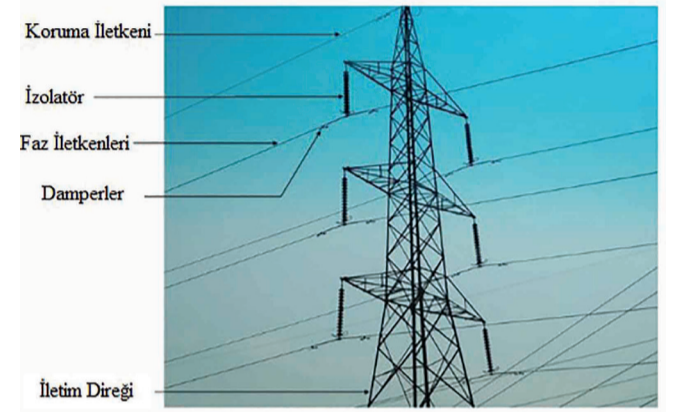


Resim 5. Ağ örgülü kafesli YEMD iletkenleri yapısı

Ağ örgülü kafesli YEMD yakalama iletkenleri, binaları birbirine bağlanması gereken yayılan elektromanyetik alanlara karşı korumak için ağ sistemlerini tamamlar.

1.4. Enerji iletim hatlarında kullanılan YEMD koruma iletkenleri

Bu sistem belirli binaların, açık depolama alanlarının, elektrik hatlarının (havai topraklama teli) vb. üzerinde kullanılır. Kürenin elektro geometrik modeli bunlar içinde geçerlidir. Resim 5'de enerji iletim hatlarında kullanılan YEMD koruma iletkeni görülmektedir.



Resim 5. Ülkemizdeki enerji iletim hatlarındaki koruma sisteminin görünümü

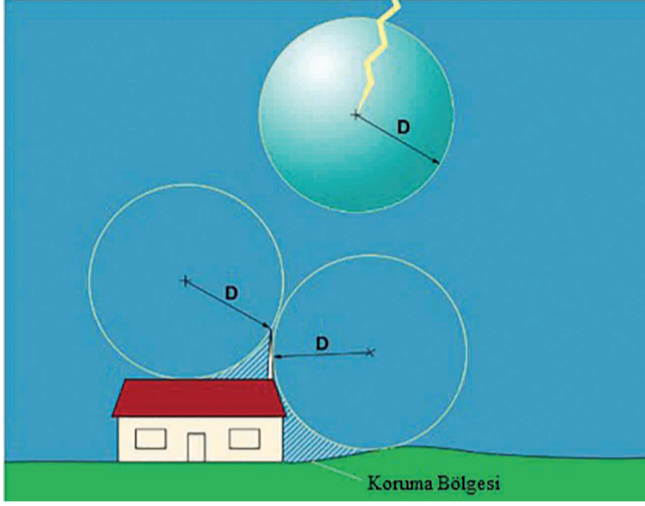
YEMD yakalama iletkenlerinin montajı aşırı gerilim riskini önemli ölçüde artırdığından, gerilim dalgalanma koruyucuları da kullanılmalıdır. IEC 60364 standardına göre, tesisatın başlangıcında bir sınıf I voltaj dalgalanma koruyucusu (min darbe akımı 12,5 kA- dalga formu 10/350us) gereklidir. Bu değer gerekirse bir risk analizi ile belirlenebilir (IEC 62305 veya benzeri). Ancak şu anda ülkemizde TEİAŞ tarafından enerji iletim hatlarında hat parafudurları da belirli hatlarda kullanılmaya başlanmıştır.

2. Elektro Geometrik Model

YEMD yakalama cihazlarının seçimi ve konumlandırılması, her bir saha için özel bir çalışma gerektirir; amaç, YEMD'in tesisin başka bir yerine değil, tercihen önceden tanımlanmış noktalardan (YEMD iletkenleri) birine "düşmesini" sağlamaktır.

Yakalama cihazının (YEMD iletkenleri) türüne ve ulusal çalışma uygulamalarına bağlı olarak bunu yapmak için çeşitli yöntemler vardır (bkz. IEC 62305).

Bunlardan biri olan elektro jeotemetrik model yöntemi, ilk arkın deşarj akımının yoğunluğuna göre bir YEMD yakalama iletkeni tarafından teorik olarak korunan küresel hacmi tanımlar. Resim 6'da elektro-geometrik küresel model görülmektedir.



Resim 6. Elektro-geometrik küresel model

Bu akım ne kadar yüksek olursa, yakalama olasılığı o kadar yüksek ve korunan alan o kadar geniş olur. Lider vuruşun (veya öncünün) ucunun, yarıçapı D olan hayali bir kürenin merkezini temsil ettiği kabul edilir. Bu küre, lider vuruşun rastgele yolunu takip eder. Kürenin teorik yarıçapı (D) şu ilişki ile tanımlanır: $D=10.I^{2/3}$, burada D metre cinsinden ve I kA cinsindedir. Çizelge 1'de bazı değerleri verilmiştir.

Çizelge 1. Kürenin teorik yarıçapı (D) ile I (akım) bazı değerleri.

D (m)	15	29	46	96	135	215
I (kA)	2	5	10	30	50	100

Muhtemel en düşük YEMD akımı değerlerini (koruma seviyesi I) içeren optimum koruma için, 20 m'lik (I = 2,8 kA) bir küre dikkate alınmalıdır.

2.1. Korunma Seviyeleri (IEC 62305)

Model, koruma cihazının türüne (tek çubuklu YEMD iletkeni, ağ örgülü kafes, topraklama telleri) ve korunacak yapıya göre uyarlanmalıdır. IEC 62305 standardı, yakalama ola-

sılığına dayalı olarak dört koruma seviyesine göre koruma hacimlerini tanımlar. Çizelge 2'de görülmektedir.

Çizelge 2. IEC 62305 standardı koruma seviyeleri

Seviye	I	II	III	IV
Muhtemel Yakalama(%)	99	97	91	84
Min. Yakalama Akımı	3	5	10	16
Maks. Sparkover mesafesi	20	30	45	60

3. Yüzey Alanlarına göre YEMD'in Yakalanması

Korunacak alan birkaç tesisten oluştuğunda veya tek bir yakalama cihazının (YEMD iletkeni) menziline ötesine uzandığında, alan için farklı teorik yakalama yüzey alanlarını yan yana getiren bir koruma planı hazırlanmalıdır.

Koruma planının alanı, yerleşim planı üzerine yerleştirilmesi, kapsanmayan alanları görmeyi mümkün kılar, ancak her şeyden önce aşağıdakileri dikkate alarak derinlemesine değerlendirmeye yardımcı olmalıdır:

- Ana düşme noktalarını (kuleler, bacalar, antenler, lamba direkleri, direkler, vb.) belirleyerek YEMD düşme olasılığı
- Tesislerde bulunan ekipmanların hassasiyeti (iletişim ve bilgisayar ekipmanları, PLC vb.)
- İşle veya depolanan malzeme türleriyle bağlantılı potansiyel risk (yangın, patlama, vb.)

Tesisler arasındaki çok sayıda bağlantının (bilgisayar ağları, uzaktan izleme, iletişim, alarmlar ve güç) yıldırımın elektromanyetik alanının veya zeminde oluşan voltaj gradyanının etkisinin bir sonucu olarak parazit oluşturabileceği de unutulmamalıdır.

Bu bağlantıların korunabilmesi için iki yol vardır:

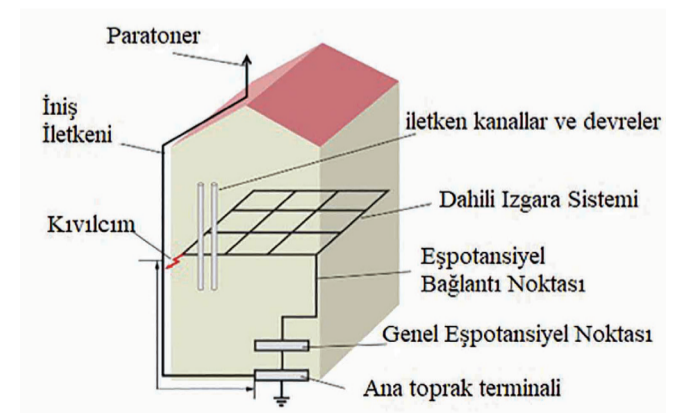
- Bu alanlara karşı koruma sağlamanın yanı sıra öncelikle bağlantının eş potansiyelliğini koruyacak ekranlama veya Faraday kafeslerinin kullanılması (bitişik topraklama iletkeni, büküm, iletken ekran vb.)

- Tesisleri elektriksel olarak ayırarak galvanik dekopljaj (optokuplörler, fiber optikler, izolasyon transformatörleri, vb.)

Koruma planı, doğrudan YEMD düşmelerine karşı korunacak bina ve tesisleri dikkate almalı, ancak YEMD düşmelerinin yıkıcı etkilere neden olabileceği unsurları veya inşa edilmiş alanları da hesaba katmalıdır.

4. İniş İletkenleri

Bunlar, YEMD iletkeninin kendisi (çubuk, kafes, tel) ile topraklama elektrodu arasındaki bağlantıyı sağlar. Yoğun akımlara maruz kalırlar ve bu nedenle yeterli kesitte (min. 50 mm² bakır), düz (HF akımı), sıkıca sabitlenmiş olmalı ve mümkün olan en kısa yolu izlemelidirler. Yükselteleri veya keskin açıları olmamalıdır. İletkenlere YEMD düşme sayaçları takılabilir. Her birindeki akımları ve ilgili termal, elektrodinamik ve endüktif etkileri azaltmak için iniş iletkenlerinin sayısını artırmak tavsiye edilir. İniş iletkenleri kafesli, eş potansiyel bir toprak devresiyle sonlanmalıdır. Resim 7'de iniş iletkenlerinin yapı içerisinde bağlantı şemasını gösteren durum görülmektedir.



Resim 7. İniş iletkenlerinin yapı içerisinde bağlantı şemasını gösteren durum

YEMD akımının iniş iletkenlerinde dolaşımından kaynaklanan etkilerin kurulumdaki sonuçları şu şekilde en aza indirilebilir:

- Akımı bölmek ve neden olduğu etkileri sınırlamak için iniş iletkenlerin sayısını artırmak.
- İniş iletkenlerinin binadaki tüm katlardaki kuşaklama sistemleri ile birbirine bağlanmasının sağlanması. (eş bir gerilim potansiyeli oluşturmak)
- Erişilemeyenler de dahil olmak üzere tüm iletken elemanlarını içeren eş potansiyel kuşaklama sistemlerinin oluşturulması; akışkan boruları, koruma devreleri, betonda donatılar ve metal çerçeveler, vb.
- İniş iletkenleri hassas alanların veya ekipmanların (bilgisayar, telekomünikasyon vb.) yakınına yerleştirmekten kaçınmak.

Birkaç katlı tesislerde, YEMD iletkeni iniş iletken(ler)inin her kattaki kuşaklama sistemlerine bağlanması önerilir. Bu yapılmazsa, iniş iletkenleri ile dahili açıktaki iletken parçalar arasında oluşan voltaj farkı, tesisin

duvarlarında bir kıvılcıma neden olabilir.

HF (yüksek frekans) YEMD akımının dolaşımı, aslında yüksek frekans empedansındaki artış nedeniyle iniş iletkeninde önemli bir voltaj artışına (birkaç yüz kV) neden olabilir. Bu nedenle yapı içerisindeki elektronik kartların bulunduğu tablolarda yüzey alanı minimum seviyede tutulmalıdır.

5. Topraklama Sistemi

YEMD' e karşı korumada bu sistem temel unsurdur. Optimum olarak topraklama sisteminden istenilen, kendileri ile birbirine bağlı olan tüm açıktaki iletken parçalar bağlı olmalı ve sistem, topraklama sisteminin kendisinde ve çevresindeki toprakta voltaj artışını önleyerek YEMD akımını boşaltabilmelidir. Yeterince düşük olmasına rağmen ($< 10 \Omega$), topraklama elektrodunun düşük frekans direnç değeri, yüksek frekanslı YEMD akımının boşaltılması durumunda şekli ve boyutundan daha az önemlidir.

Genel bir kural olarak, her bir iniş iletkeni, en az 0,5 m derinliğe gömülü bir karga ayağı düzeninde iletkenlerden

(en az üç) veya tercihen üçgen bir düzende topraklama çubuklarından oluşabilen bir topraklama elektrotunda sonlanmalıdır. Ayrıca IEC 62305, YEMD yakalama iletkenlerinin, iniş iletkenlerine ana eş potansiyel bağlantı ile kuşaklama sistemi ile birbirine bağlanması gerektiğini belirtir.

Mümkün olduğunca, iniş iletkenlerin ve bağlantı noktalarının (her katta) sayısını artırmak ve böylece eş potansiyel kuşaklama sisteminin genel ölçeğini büyütme her zaman tavsiye edilir. Bununla aynı zamanda, topraklama sisteminin gerilim artışını mümkün olduğunca sınırlandırmak için topraklama sistemi elbette YEMD akımlarını tahliye edebilmelidir.

Son olarak bu sistemlerde sadece bir topraklama sistemi olmalıdır. Ayrı, bağımsız devreler (güç, bilgisayar, elektronik, iletişim) yasaklanmalıdır.

Sonuç olarak, YEMD'in elektrik sistemlerine düşmesine engel olamayacağımıza göre, elektrik şebekemizi ve sistemlerimizi bu doğa olayına karşı korumak için en uygun korunma yöntemleri ile korumamız gerektiğini unutmamalıyız.

Kaynakçalar

- 1) “The analysis of transient phenomena on power transmission lines due to lightning electromagnetic pulses” T.Cakil H. F. Carlak and S.Ozen. 2017 Progress In Electromagnetics Research Symposium-Spring (PIERS), IEEE Russia 2017.
- 2) “Protection against Lightning Electromagnetic Pulses Using Surge Arresters: A Simulation Study for the Realistic High-voltage Power Line Region” T.Cakil H. F. Carlak and S.Ozen. 2021 Photonics & Electromagnetics Research Symposium (PIERS), IEEE China 2021.
- 3) “Protection Analysis of Surge Arresters and Isolators Against Overvoltages Caused by Lightning Electromagnetic Pulses” Turan Cakil H Feza Carlak and Sukru Ozen. International Conference on Advances and Innovations in Engineering (ICAIE),Firat University, Elazığ 2018.
- 4) “Yıldırım Elektromanyetik Darbesinin Enerji Tesislerinde Meydana Getirdiği Geçici Olayların Analizi Ve Koruma Önlemleri” Turan Çakıl, H Feza Carlak ve Şükrü Özen. V. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi, Elektrik Müh. Odası (EMO) 2017.
- 5) “Yıldırım Ve Aşırı Gerilimlerin Yüksek Gerilim Hatlarına Etkileri-Direklerin Topraklama Direnci İle İzolatörlerin Atlama Gerilimi İlişkisi - Parafudrlar-Transformatör Eklatörlerinin Etkinliği” N.Cahit Gençer. Elektrik Müh. Odası (EMO) Ankara Şubesi Haber Bülteni, Ankara 2015.