



Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi (Journal of Global Engineering Studies)

TESİSLERİ YILDIRIMA KARŞI KORUMADA RİSK YÖNETİMİ DEĞERLENDİRMESİ EVALUATION OF RISK MANAGEMENT IN PROTECTION OF STRUCTURES AGAINST LIGHTNING

İlhan Tarımer¹, Tomasz Kisielewicz², Bolesław Kuca², Mehmet Biçer³

ÖZET

Yıldırım deşarjları, yapılar ve özellikle enerji üretim tesisleri için ciddi zarar ve hasara yol açabilmektedir. Dolayısıyla yapı ve tesislerin yıldırım çarpmalarına karşı korunmaları oldukça önem taşıyan bir konudur. Bu çalışmada yıldırım deşarjına maruz ortamlarda her türlü yapı ve tesis için yıldırımdan korunmaya olan ihtiyaç vurgulanmış; bu maksatla riskli çalışma ortamlarındaki yıldırıma karşı korunmadaki risk yönetimi ele alınmıştır. Risk yönetiminin başarımı için uygun korunma önlemlerinin seçimi, bu önlemlerin uygulanması ve verimliliği konuları incelenmiştir. Yıldırım tehdidine maruz kalan bir güç üretim merkezi için muhtemel riskler tanımlanarak riskli hadiselerin sıklıkları tahmin edilmiş ve riskli durumların neticeleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde yıldırımın neden olacağı zarar ve hasar riskini, kabul edilebilir bir seviyenin altına çekmek üzere uygulanması gereken korunma önlemleri hususunda önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yıldırım riski, yıldırımdan korunma, risk yönetimi.

ABSTRACT

Lightning discharges may lead to serious injury and damage to structures, especially power production plants. Therefore, protection of the structures and plants against lightning is an issue which is quite important. In this study, the need for lightning protection in environments exposed to lightning discharges has been emphasized for all types of buildings and plants; for this purpose, risk management in risky work environments has been discussed against lightning. The selections of appropriate protection measures, the implementation of these measures and issues of efficiency have been examined. Frequency of risky events has been estimated and results of risky events have been stated for a centre of power generation exposed to lightning threats by determining probable risks. Several recommendations have been made that in order to decrease risk of loss or damage caused by lightning below to accessible level by means of that the data obtained were evaluated.,

Keywords: Lightning discharges and threats, lightning protection, risk management.

1. GİRİŞ

Gök gürültüsü, şimşek ve yıldırım deşarjları gibi doğal hava olaylarını engellemeye muktedir bir cihaz ve bir yöntem yoktur. Dolayısıyla yıldırımdan korunmak için gerekli önlemlerin alınması zorunludur. Herhangi bir enerji santralinde mevcut güç üretim ve iletim sistemleri dışında, düşük gerilimli analog ve dijital elektronik sistemleri yaygın bir şekilde kullanılmakta olduğundan yıldırıma karşı korunma da bir hayli önem taşımaktadır. Düşük gerilimli dijital ve analog elektronik sistemleri düşük dâhili işletim gerilimleri ve yüksek dâhili işletim frekansları yüzünden, yıldırımın neden olacağı endüksiyon akımlarına karşı zayıf ve korunmasızdır.

Direk yıldırım deşarjları ile bulut–yer yakınındaki deşarjlar canlılara, yerleşim yerlerine, tesislere, havaalanlarına, binalara ve yapılardaki sistemlere tehlike arz eder; bu nedenle yıldırımdan korunma için çeşitli önlemler alınmalıdır (Kisielewicz T. ve ark., 2012). Türü ne olursa olsun bir enerji santralinde yıldırımdan korunma önemlidir ve korunma önlemlerini seçme ihtiyacı, ‘risk terminolojisi’ açısından belirtilmelidir (Tarımer İ. ve ark., 2012). Alınması öngörülen önlemler, yıldırım riskini kabul edilebilir bir düzeye indirmek için yeterli olmalıdır.

Yapıların yakınındaki bir yere, doğrudan hatlara ve bir enerji santraline giren hatların yakınına yıldırım düşmesi risklere neden olabilir. Böyle riskleri gidermek üzere uygun yıldırımdan korunma

¹ Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, Türkiye, itarimer@mu.edu.tr

² Politechnika Warszawska, ul. Koszykowa, Warszawa, Polska, kucab@ee.pw.edu.pl, t.kisielewicz@gmail.com

³ Enerji Bakanlığı, Elektrik Üretim A.Ş. Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye. mehmet.bicer@euas.gov.tr

önlemleri seçilirse, doğrudan ve dolaylı yoldan düşen yıldırım deşarjlarının büyük hasara ve düşük gerilimli sistemlere olası zararlarına engel olunur.

Cooper M.A. ve Ab.Kadir M.Z. günümüzde, ülkeleri yıldırım deşarjlarının muhtemel tehlike ve hasarlarına karşı uyarılmış; yıldırımdan korunmaya ilişkin olarak gerekli önlemleri almada etkili biçimde bilinçlendirici çalışmalar yapılması hususunda dikkat çeken açıklamalarda bulunmuşlardır (Cooper M.A. ve Kadir M.Z.; 2010).

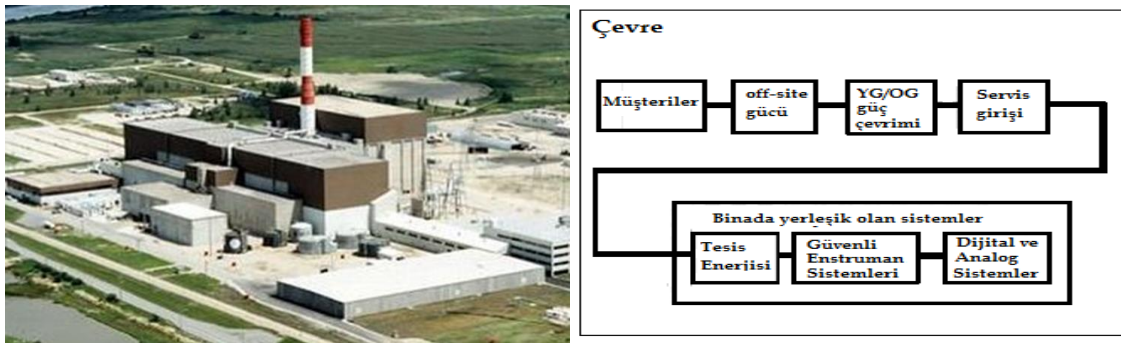
Berger ve arkadaşları, yıldırım deşarjı ve yıldırım parametrelerini araştırmış (Berger K. ve ark., 1975); Anderson ve arkadaşları enerji iletim hatlarına düşen yıldırım deşarjlarının sayısını tahmin etmedeki işlemleri ve yıldırımı çeken yarıçap kavramını belirlemişlerdir (Anderson R.B. ve ark., 1984). Toprak ile yıldırım yoğunluğu arasındaki ilişki fırtınalı günler için ayrı olmak üzere yıllık dönemler halinde tespit edilmiş ve bulut ile yıldırım yoğunluğu arasındaki yoğunluğu ölçmek için belirgin bir sayaç da geliştirilmiştir (Eriksson A.J., 1987). Geride kalan 40 yıllık sürede yıldırım ve yıldırımdan korunma üzerine araştırmacıların ortaya koydukları veriler, CIGRE'nin çeşitli süreli yayınlarında basılmıştır (www.cigre.org/, 2014). Bu yayınlardaki veri ve parametreler genellikle yüksek nesnelere alınan ölçümlerden elde edilmiştir.

Cummins K.L. ve diğerleri, yaptıkları bir çalışmada yıldırım erişim zamanını bulan manyetik yön bulucusunu tasarlamış; diğer bir çalışmada ise bulut ile yer arası yıldırım oluşumunu tanımlayarak yere gelmesi muhtemel birincil hasarı ve bu deşarjların yerlerini göstermiştir (Cummins K.L. ve ark., 1998) (Cummins K.L. ve ark., 1998).

Bu çalışmada tesis ve enerji santrallerini yıldırım deşarjlarının etkisinden korumada uygulanacak önlemlerin seçimindeki kriterler ortaya konmak istenmiş; kabul edilebilir risk değeri belirlenerek önerilerde bulunulmuştur. Uluslararası standartlar çerçevesinde tesis ve enerji santrallerinin güvenilirliği açısından, yıldırım riski değerlendirmesi yapılmış; planlı risk hesaplamasıyla yıldırım çarpmasının neden olacağı tehlikeli olayların sayısı ve tehlike olasılığı öngörülmüştür.

2. YILDIRIM AKIMININ ETKİLERİ

Bir tesise yıldırım çarpması halinde, hemen akabinde yıldırım deşarjları meydana gelir. Bu deşarjların etkileri ağır ve ardışıktır; ayrıca yıldırım deşarjıyla birlikte radyoaktif emisyonlar da indüklenmektedir. Bu nedenle, yıldırım deşarjları genelde tüm yapılara kadar olduğu kadar tabii ki bir nükleer enerji santrali için de tehlike arz eder. Dolayısıyla tüm enerji santralleri yıldırım deşarjlarına karşı 'kritik yapılar' arasında kabul edilir (Regulatory Guide, 2003). Bu durumda enerji üretim tesislerinin yıldırıma karşı korunmaları elzemdir. Şekil 2.1.(a) ve (b)'de yıldırım deşarjına karşı korumalı bir güç üretim santrali görünümü ve bir enerji santralinin yapısı verilmiştir.



(a) Yıldırım korumalı bir enerji üretim istasyonu (b) Bir enerji santralinin genel yapısı.
Şekil 2.1. Yıldırım korumalı bir enerji santrali görünümü (NEM, 2014) (a) ve bir santral blok yapısı (b).

Şekil 2.1.(a)'daki gibi kritik bir yapı yüksek ve orta gerilim (YG/OG) güç istasyonu, harici besleme hattından sağlanan elektrik beslemesi, servis girişleri, binada yerleşik elektrifikasyon, bina içi algılama ve ölçüm, denetim, emniyet sistemleri ile dijital ve analog sinyallerden oluşur (Şekil 2.1.(b). IEC (Uluslararası Elektrik Konseyi) Teknik Komitesininin 81 numaralı yayını, yıldırımdan korunma önlemlerinin tasarım, tesisat ve bakım kriterlerini belirlemiştir. Bu kriterler:

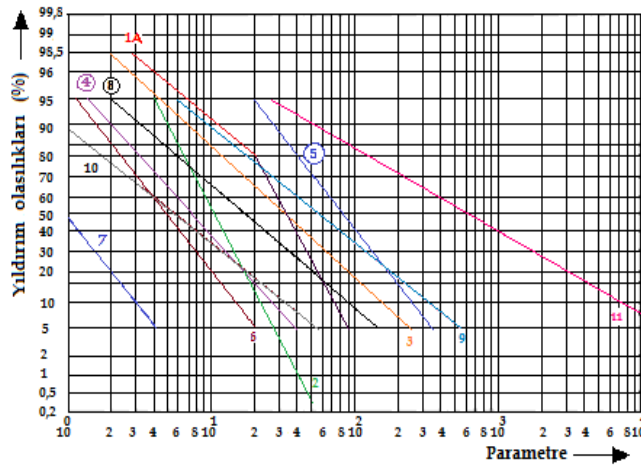
- ✓ Mekanik bozulmalar, yangın ve patlama tehlikesi gibi fiziksel zararları ve yıldırımın yapılara doğrudan düşmesi halinde meydana gelecek hayati tehlikeyi azaltan korunma önlemlerini,
- ✓ Enerji santralının elektrik ve elektronik sistemlerinde, yıldırımın elektromanyetik etkilerine karşı korunma önlemlerini,
- ✓ Bir enerji santraline güç, telekomünikasyon ve veri hatları şeklinde giren hizmetlerin kaybını azaltmaya yarayan korunma önlemlerini kapsamaktadır (IEC 62305-1 Kısım 1, 2010).

Tablo 1’de verilen istatistiksel veriler ile yıldırım akımı parametre tipleri, IEC 62305 standartlarına göre yıldırımdan korunma amacıyla kullanılır. Bunlar yıldırım akımının kilo Amper, Coulomb ve ohm başına kilo Joule değerleridir. Bunlarla ilişkili olarak verilen Şekil 2.2, yıldırım deşarjı parametrelerinin birikimli ve yoğun frekans dağılım eğrilerini göstermektedir.

Tablo 2.1. IEC 62305 Standartlarına göre yıldırım akımı parametreleri ve en yüksek koruma seviyesi için (1. Seviye) değerler (IEC 62305-2 Kısım 2, 2010).

Parametre	Birimi	Değişken Değerler			1.Seviyeye Sabit	Darbe Tipi	Şekil 2.3’deki Eğri Numarası
		% 95	% 50	% 5			
I	kA	4 (%98)	20 (%80)	90	—	İlk negatif kısa	1A+1B
		4,9	11,8	28,6	50	Ardışık negatif kısa	2
		4,6	35	250	200	İlk pozitif kısa	3
Q _{şimşek}	C	1,3	7,5	40	—	Negatif şimşek	4
		20	80	350	300	Pozitif şimşek	5
Q _{kısa devre}	C	1,1	4,5	20	—	İlk negatif kısa	6
		0,22	0,95	4	—	Ardışık negatif kısa	7
		2	16	150	100	İlk pozitif kısa	8
W/R	kJ / Ω	6	55	550	—	İlk negatif kısa	9
		0,55	6	52	—	Ardışık negatif kısa	10
		25	650	15000	10000	İlk pozitif kısa	11

Tablo 2.1’de I=4kA ve I=20kA’lık değerler sırayla verilmiştir. Tesisleri yıldırım deşarjlarına karşı korumak için kurulacak sistemlerin tasarımında en önemli parametreler “ilk vuruş akımının tepe değeri, yıldırım vuruşlarının en büyük artış miktarı, şimşek süresi, şimşekteki şarj ve enerji miktarı” olarak verilmiştir (Kisielewicz T. ve ark., 2012). İlk vuruş anından itibaren aşağı yönlü olarak giderek azalan yıldırımların akım genliklerinin istatistiksel dağılımlarının en düşük değerleri, korunacak olan yapıya doğrudan çarpan yıldırım akımlarını engelleyen hava sonlandırma sisteminin konum ve sayısının seçimi önemlidir. Ayrıca akım genliklerinin istatistiksel dağılımlarının en yüksek değerleri koruma önlemlerinin boyutlandırmasında önem taşır. Yıldırım vuruşlarından sonra indüklenen aşırı gerilim ve tehlikeli kıvılcımları ortadan kaldırmadaki koruma önlemlerini belirlerken istatistiksel dağılımın en yüksek değerleri önemlidir. Ayrıca şimşek süresi, şimşekteki toplam şarj miktarı ve enerji, yıldırım vuruş noktasındaki ısı tesirleri sınırlandıran hava sonlandırma sisteminin boyutlandırması için önemlidir.



Şekil 2.2. Yıldırım parametreleri kümülatif frekans dağılım eğrileri (IEC 62305-2 Kısım 2-3, 2010).

Bir güç santraline yıldırım düşme riskini değerlendirirken enterkonnekte hatların yerleştirildiği sahanın yıllık ortalama yıldırım düşme yoğunluğunun (N_g değerlerinin) bilinmesi oldukça önemlidir. Bu N_g değerleri yıl/ km^2 /yıldırım sayısı ile gösterilir; fırtına ve yağışlı günler haritasından, yıldırım düşme sayıcıları ve yıldırım yer belirleme sistemlerini kullanarak belirlenir.

Bir enerji santraline düşen yıldırımın deşarj akımı yapının kendisine, içinde bulunan kişi, nesne, araç gereç ve teçhizata ciddi zararlar verir. Bu yüksek akımlar özellikle elektrik elektronik sistemlerde hızlı bir hasara neden olabilir. Bu durumda doğacak zarar ve hasar, yapının ve enerji santraline düşen yıldırımın karakteristiğine bağlıdır. Zarar ve hasarın boyutunu belirleyen faktörler ise yapının üretim şekli ve fonksiyonu, içindeki kişi nesne ve tesisatlar, yıldırım çarpmasına karşı alınmış önlemler ve tehlikenin uzamasına bağlıdır. Yıldırım deşarj akımının kendisi başlıca bir tehlike ve muhtemel bir zararın kaynağıdır. Bu zarar ise santrale yıldırımın çarpma noktasının konumuyla oldukça ilişkilidir. Bir enerji santraline ve iç elektrik tesisatına, haberleşme ile veri hatlarına ve diğer servislere doğrudan çarpan yıldırımlar “ani bir mekanik hasara, patlamaya, metallerin ergimesine, parlama patlama ve yangına, insanlara zarara, elektrik ve elektronik sistemlerde hasara” neden olur. Bu olağan dışı durumlar eğer bir nükleer santralde meydana gelirse kullanılan radyoaktif yakıtın doğal çevreye yayılarak çevrenin kirlenmesine neden olabilir. Bir enerji santraline yıldırım çarpması yüzünden meydana gelen zararlar aşağıdaki gibi belirtilebilir (Mazzetti ve ark., 2012; IEC 62305-2 Kısım 1-4, 2010):

- ✓ Dışarıdan santral iç ihtiyacını karşılayan güç sisteminde kayıp: Bir güç santrali normalde yedek güç besleme kaynaklarına sahiptir. Dışarıdan santral iç ihtiyacını karşılamakta olan kaynak gücü tamamen kesilse dahi santral için yeterli güç sağlanmaya devam edilir.
- ✓ Mevcut araç gereç ve teçhizata zarar ve dışarıdan santral iç güç ihtiyacını karşılayan sistemde kayıp,
- ✓ Reaktörün devre dışı kalması,
- ✓ İndüktif aşırı gerilimler yüzünden veri sisteminde arıza,
- ✓ Doğrudan yıldırım çarpması yüzünden bina dışındaki saha ekipmanının fiziksel zararı,
- ✓ İnsan hayatı kaybı,
- ✓ Elektrik temin hizmetlerinde kayıp,
- ✓ Ekonomik değer kaybı.

3. YILDIRIM RİSKİNİN DEĞERLENDİRMESİ

Bir enerji santralini tehdit eden yıldırım tehlikesi, yıldırım deşarjına bağlı olarak çeşitli tesirler doğurur. Bu tesirler ise enerji santralinin yapısal özelliklerine, içindeki insan sayısına, tesiste yerleşik tesisatlara ve diğer hizmet birimlerine bağlıdır (Flisowski Z. ve ark., 1999). Eğer zaman saati $t=1$ yıl olarak sabitlenirse, yıldırım nedeniyle bir enerji santralinde bir yıllık kayba sahip olma olasılığı olarak tanımlanan risk, aşağıdaki ifade ile hesaplanması mümkündür (Kisielewicz T. ve ark., 2012; Tarimer İ. ve ark., 2012):

$$R = 1 - e^{(-NPL)} \quad (1)$$

Burada;

N – enerji santralini etkileyen yıldırım darbelerinin yıllık ortalama sayısını,

P – yıldırım çarpması halinde enerji santralinin zarar görme olasılığını,

L – yıldırım çarpması halinde ardışık etkilerle birlikte ortalama kayıp miktarı,

NPL – yıldırımın, enerji santralindeki yıllık kayıp adedi (sıklığı) veya riskin seviyesidir.

Eğer $NPL \ll 1$ ise olasılık olarak risk ve risk seviyesi birbirine eşittir. Uluslararası Standart (IEC 62305-2 Kısım 1-4, 2010) riski, yıldırımın bir yapıda neden olduğu genel yıllık kayıp olarak tanımlamaktadır ve bunu, aşağıdaki formül yardımıyla hesaplatmaktadır:

$$R = N * P * L \quad (2)$$

N sayısı belirlenirken yıldırım yer vuruş yoğunluğu (N_g) ve yapının toplam alanı (A) dikkate alınır. Yıldırım yer vuruş yoğunluğu, yıldırım vuruş sayısının km^2 başına ve yıllık cinsinden ölçülmesiyle belirlenir. Yıldırım yer vuruş sayıcıları ise ülkelerin N_g haritalarını hazırlamak için kullanılır. Eğer böyle bir harita yoksa N_g değerini tahmin etmek için bir yıldaki fırtınalı ve yağışlı gün sayısının bir fonksiyonu veya bölgenin uzun süredir aynen devam eden coğrafi seviyesi (T_d) dikkate alınmalıdır. N_g 'yi hesaplarken aşağıdaki eşitlik kullanılır (IEC 62305-2 Kısım 1-4, 2010):

$$N_g = 0,04 * T_d^{1,25} \quad (3)$$

Burada; T_d – tesisin bulunduğu bölgenin yıldırıma maruz kalma durumlarını gösteren (isokronik) haritalardan alınan bir değerdir.

Bir yapıyı, tüm binayı ve bina iç servislerini etkisi altına alan yıldırım darbelerinin kapsadığı eşdeğer toplam alan; yapının yüksekliğine, konumuna, yapıya giren ve çıkan hatlara, arazinin topolojisine ve yıldırım olaylarının etkililiğine bağlıdır. Zarar olasılığı P 'yi hesaplamada farklı zorluklar vardır. IEC 81 no'lu teknik komitenin verdiği kural, tablo ve araçlar, yıldırımdan korunma ve yıldırım düşmesi esnasında vuku bulacak zarar olasılıklarını azaltacak etkili önlemleri belirler.

Bir yıldırım çarpması ve muhtemel zararı, iki ayrı ihtimalin toplamının bir sonucudur. Zarar olasılığı (P), parlama (p_s) olasılığı ve bu parlamanın bir yangını tetikleme olasılığının (p_f) çarpım çıktısı olarak hesaplanır:

$$P = p_s * p_f \quad (4)$$

Bir yapıya doğrudan çarpan yıldırımdan doğan aşırı yüksek gerilimler yüzünden elektronik sistemlerin hasar görme olasılığı vardır; bu olasılık ise aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$P = [1 - (1 - p_r)(1 - p_i)] \quad (5)$$

Burada;

p_r – buluttan yere doğru yönelmiş olan yıldırım deşarj akımının rezistif kuplaj yüzünden doğan aşırı yüksek gerilimin sebep olduğu hasar olasılığını,

p_i – iletkenlerden geçen yıldırım akımı ile iç kapalı devre tesisatların indüktif kuplajı nedeniyle ortaya çıkan aşırı yüksek gerilimin neden olduğu hasar olasılığını gösterir.

Yıldırımın neden olacağı kayıp değerleri yıldırım tehlikesine karşı risk analizi yapılan enerji santrali dışında, radyoaktif saçıntı halinde bölgede yaşayan canlıların sayısına, kişilerin ilgili alanda bulunma zamanı toplamına, halka verilmekte olan servislerin türüne, tehlikeden etkilenen malların değerine, zararı sınırlamak için alınan önlemlere de bağlıdır. Bu nedenle kayıp tiplerine bağlı olarak aşağıdaki türden riskler verilebilir:

$R1$: insan hayatı kaybını belirten riski,

$R2$: halka sağlanan servislerdeki kaybını belirten riski,

$R4$: ekonomik değer kaybı riskini gösterir.

$R3$: IEC 62305'e göre mevcut kültürel mirasın kaybını gösterir, bu riskin kullanılması ihmal edilir.

Risk tipleri (2) nolu eşitlik ile ifade edilir, çeşitli risk bileşenlerinin toplamı ve zararın sebebine bağlı olarak hesaplanır. Bir yapıya doğrudan çarpan yıldırım darbeleri canlılarda şoka (R_A); bina içi ve

dışında yangın, patlama, mekanik, kimyasal ve radyoaktif etkilere (R_B); enerji santrali dâhili tesisatında ve bina içi servislerde elektrikli ve elektronik sistem hasarına (R_C) neden olur. Bina yakınındaki bir yere düşen yıldırım deşarjları dâhili tesisatlarda aşırı-yüksek gerilimlere, bunlar da santral elektrik elektronik güvenlik sistemleri hasarına (R_M) yol açar. Binaya giren hatta doğrudan yıldırım düşmesi canlılarda şok (R_U); bina içi ve dışında yangın, patlama, mekanik, kimyasal ve radyoaktif etkiler (R_V); santralin elektrikli ve elektronik güvenlik sistemlerinde hasar (R_W) doğurur. Santral binasına giren hatların yakınına düşen yıldırım deşarjları hatlar üzerinde indüklemeye aşırı-yüksek gerilimler iletilmesine, santralin elektrik ve elektronik güvenlik sistemlerinde hasara (R_Z) neden olur.

Hangi kayıp türü ortaya çıkarsa çıksın bunlar için risk (R) değeri, bileşenler toplamı halinde verilir ve yıldırımın vurduğu nokta referans alınarak hesaplanır. Yıldırım darbesi vuruş noktasını referans alınırsa aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

$$R = R_D + R_I \quad (6)$$

Burada;

$$R_D = R_A + R_B + R_C,$$

R_D – Binaya doğrudan çarpan yıldırım darbelerinin doğurduğu risk,

$$R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z,$$

R_I – Binaya dolaylı yoldan çarpan yıldırım darbelerinin doğurduğu risk'tir.

Yıldırıma karşı korumanın amacı riski (R 'yi), minimum seviye olan R_K 'ye düşürmektir ki bu değer, korunacak olan yapı(lar) için kabul edilebilir bir seviyedir:

$$R \leq R_K \quad (7)$$

Tesis ve bina(lar)da birden fazla tehlike durumunun olabileceği düşünüldüğünde $R \leq R_K$ şartının varlığı, her tehlike türü için tatmin edici olacaktır. Yıldırımın çarpmalarının kamuya ait binaların bulunduğu yerlere zarar vermesi söz konusu olduğunda kabul edilebilir risk değerleri (R_K), ulusal yetkili kuruluşların sorumluluğu altında olur. Şahsi ve özel ekonomik kaybın söz konusu olabileceği yerlerde yıldırım çarpmalarının kabul edilebilir risk değeri (R_K), yapı sahibi veya koruma önlemlerini öngören tasarımcı tarafından sabit tutulur. Uygulamada yıldırımdan korunma önlemlerinde ekonomik kriterler dikkate alınır.

Yıldırımın muhtemel yıkıcı zararlarına karşı bir enerji santralini koruyabilmek daima elzemdir. Bunun için uygun koruma önlemlerinin, doğru ve itina ile seçilmesi gereklidir. Bu işi yaparken dikkat edilmesi gereken başlıca hususlar aşağıdaki gibi olmalıdır:

- Öncelikle yıldırıma karşı korunacak olan yapı ve onun temel özellikleri belirlenir,
- Yıldırımın yapıda neden olacağı zarar ve hasara ilişkin risk çeşitleri belirlenir,
- Her zarar tipi için risk (R) ayrı ayrı değerlendirilir; riskin kabul edilebilir değeri seçilir; R değeri, R_K ile karşılaştırılır,
- Eğer değerlendirme sonunda $R \leq R_K$ durumuna ulaşılmış ise yıldırımdan korunma gerekli değildir.
- Eğer değerlendirme sonunda $R > R_K$ ise yıldırımdan koruma önlemleri, $R \leq R_T$ durumunu sağlayacak şekilde uygulanır.
- $R \leq R_K$ durumunu azaltacak teknik ve ekonomik açıdan en uygun koruma önlemleri seçilir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada IEC standartları çerçevesinde, bir tesisi yıldırımdan korumak üzere tesise yerleştirilecek sistemlerin tasarım ve kurulumunu yapmadan önceki altyapı değerlendirmeleri ve risk analizleri yapılmış; tesisin durumuna göre farklı risklerin olabileceği ortaya konmuştur. Enerji santrallerinde yıldırım riski değerlendirmesi IEC standart ve kuralları bağlamında güvenilirlik ve olasılık temel alınarak yapılmış; rasyonel riskin tehlikeli olay sayısı, tehlike olasılığı ve ardışık kayıp miktarına göre hesaplanacağı değerlendirilmiştir. Tesisleri yıldırım akımı deşarjlarına karşı korurken bir enerji santrali yerleşimi için yıldırım riskinin hesaplanmasında yıldırım akımı dağılım karakteristiğinin önemli bir husus olduğu görülmüştür. Bununla birlikte risk değerlendirmesinde tesislerin yerleşimi, yapısı ve sistemine ilişkin veriler de oldukça önem taşımaktadır.

5. KAYNAKLAR

- [1] Kisielewicz T., Fiamingo F., Mazzetti C., Kuca B., Krasowski D. *Impact of Overvoltage Shape Caused by Lightning Stroke on Sensitive Apparatus Protection by Means of SPD*, Przegląd Elektrotechniczny 88 (9 B) , pp. 282-284, 2012
- [2] Tarimer, I., Kuca, B., Kisielewicz, T. *A case study to risk assessment for protecting airports against lightning*, Elektronika ir Elektrotechnika (1) , pp. 49–52, 2012
- [3] Berger, K., Anderson, R. B. ve Kroninger, H., *Parameters of lightning flashes*, Electra, 80, 223–237. 1975
- [4] Anderson R. B., Van Niekerk H. R., Kroninger H, Grad S. A. ve Meal D. V., *Development and field evaluation of a lightning earth-flash counter*, IEE Proceedings, Vol. 131, Pt. A, No. 2, March 1984
- [5] Eriksson, A.J., *The Incidence of Lightning Strikes to Power Lines*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. PWRD-2, No. 3, July 1987
- [6] <http://www.cigre.org/> , 16.12.2014
- [7] IEC 62305-1-4, 2010 Sürüm 2.0 (09-12-2010), Yıldırıma karşı korunma, Kısım 1-4.
- [8] Mazzetti C., Kisielewicz T., Fiamingo F., Kuca B., Flisowski Z. *Rational approach to assessment of risk due to lightning for nuclear power plants*, Przegląd Elektrotechniczny 88 (6), s.s. 72–74, 2012
- [9] Journal of Nuclear Energy Engineering, *Yıldırım çarpması sonrası LaSalle Nükleer Enerji Santrali Görünümü*, <http://www.power-eng.com/articles/2013/04/nrc-monitoring-lasalle-nuclear-plant-after-lightning-strike.html>, December 2014
- [10] Regulatory Guide 1.180, Revision 1, *Guidelines for Evaluating Electromagnetic and radio–frequency interference in safety–related instrumentation and control systems*, U. S. Nuclear Regulatory Commission, Aug. 2003
- [11] Flisowski Z., Mazzetti C., D'Elia B. *New approach to assessment of frequency of electronic system damage due to nearby lightning stokes*, International Symposium on High Voltage (ISH 99) London, August 1999
- [12] Cummins K. L., Murphy M. J., Bardo E. A., Hiscox W. L., Pyle R. B., Pifer A. E., *A Combined TOA/MDF Technology Upgrade of the U.S. National Lightning Detection Network*, Journal of Geophysical Research, Vol. 103, No. D8, p.p. 9035-9044, April 1998.
- [13] Cummins, K.L., Krider, E.P. , Malone, M.D., *The US National Lightning Detection NetworkTM and applications of cloud-to-ground lightning data by electric power utilities*, Electromagnetic Compatibility, IEEE Transactions on (Volume:40 , Issue: 4), p.p. 465 – 480, ISSN : 0018-9375, November 1998.
- [14] Cooper M. A., Ab Kadir M. Z. A, *Lightning Injury Continues To Be A Public Health Threat Internationally*, 21st International Lightning Detection Conference, USA, April 2010.