

ARK TEHLİKESİ
TS EN 50110-1 (2013) ek B6
IEEE 1584 ed 2(2018) ve DGUV-I 203-077
BÖLÜM -1

aydin.kececi@hotmail.com

Elektrik Mühendisi
İSG A sınıfı

hnurhanparlak@gmail.com

Elektrik Mühendisi
İSG A Sınıfı

armancesin@gmail.com

Elektrik Mühendisi
İSG C Sınıfı

Ark bir kısa devre esnasında oluşan enerji boşalımıdır. Ark parlaması yanıkları yavaş ve acı verici bir ölüme neden olabilir. Ölümcül olmadıklarında bile ciddi hasar verebilirler. Sıcak gazların akciğerlere verdiği hasar ile nefes almakta güçlük çekilebilir. Tedavi edilebilir yanıklar bile iyileşmesi haftalar hatta aylar sürebilen ağrılı cilt ve doku yaralanmasına neden olabilir. Bazen yaralanmalar fiziksel değil ruhsal olabilir. Kişi depresyona girebilir. Anksiyete bozuklukları ve aile içi gerginlik gibi psikolojik etkilerle de kendini gösterebilir. Hatta mesleğin bırakılmasına yol açabilir. Bu durum tesisin elektriksel tehlike indeksi hesaplamasında ölüm ile aynı değerde puanlanır. Bu nedenle, ark her açıdan önemlidir. Elektrikte ark tehlikelerine karşı gerekli tedbirlerin alınması konusunda TS EN 50110-1 (2013) standardı ek B6 maddesinde bahsedilir ve gerekli önlemlerin alınması gerektiği bildirilir.

Ralph Lee tarafından 1982 yılında kaleme alınan “The Other Electrical Hazard: Electric Arc Blast Burns (Diğer Elektrik Tehlikeleri: Elektrik Ark Patlaması Yanıkları)” isimli makalede ark enerjisi hesaplaması ilk defa amprik bir formül ile yapıldı. Bu metoda Lee Metodu denir. Bugün bu metod kullanılmaz.

$$E=2,142*10^6 *V*I_{bf}*(1/D^2)$$

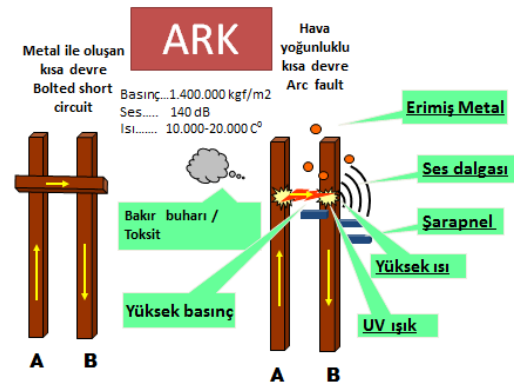
$$V= kV , I_{bf}=kA , D=mm$$

Bu formül 2018 yılına kadar 15kV üzeri gerilimin olduğu yerlerde kullanıldı. IEEE 1584 ed2 (2018) standardıyla bu metodun artık kullanılmayacağı açıklandı. Lee “Ark akımı ne kadar yüksek olursa olsun kısa devre akımından asla büyük değildir” der. Amerika’da 2002 yılında ark flaş hesaplamaları için IEEE 1584 ed1

yayımlandı. 2004, 2011 gibi yıllar içinde bazı değişiklikler gelse de asıl değişim 2018 yılında IEEE 1584 ed2 ile oldu. Bu yeni standart çok değişiklikler getirdi. IEC de ise ilk defa 2006 yılında ark tehlikesinden bahsetti. Ark tehlikesi konusu EN 50110-1 (2013) ek B6 maddesi ile standartta yer aldı. DGUV-I 203-077 hesaplama yöntemi Almanya’nın (Dr. Holger Schau ve tarafından refere edilen diğer uzmanlar) bir grup saygın endüstri uzmanı tarafından geliştirilmiştir. Bu grubun önemli bir üyesi aynı zamanda IEEE 1584 ark flaş hesaplamalarında görev yapmış bir kişidir. Bu yöntem (DGUV-I 203-077) ISSA tarafından da onaylanmıştır. 2006 yılından beri DGUV-I 203-077 (2020)'de ark değerlendirmesi yapılmaktadır.

Ark Sırasında Ne Oluyor?

İki şekilde ark oluşur. Birincisi faz –nötr, faz-toprak veya faz-faz arasına bir metal değmesi sonucu oluşan ark. Burada oluşan akıma kısa devre akımı (Ics) denir. Diğer ark ise havanın delinmesi sonucu oluşan arktır. Burada oluşan akıma ark akımı (Iarc) denir. **Dikkat her zaman Ics > Iarc’tır.**



Şekil 1: Ark parlaması sonuçları

Bir ark flaş olayı uyarı yapmadan meydana gelir. Bunu yaparken çok hızlı bir şekilde şimşek çakar gibi bir ışık ve ses çıkarır. Bu şiddetli olayın sonucu genellikle ilgili ekipmanın imha olması, yangın ve yakınındaki herhangi bir insanın ciddi yaralanması veya ölümü ile sonuçlanır.

Ark oluşumu sırasında 7 etki beraberinde oluşur.

1-Plazma Etkisi: 19.000 °C sıcaklığa ulaşabilir. Bu güneşin sıcaklığının 4 katına yakındır. Hiçbir metal bu ısıya dayanamaz. En sert metal karbon bile 4500 °C'de erir ve buhar olur. Örneğin 10kA kısa devrede yaklaşık 10.000 °C ölçülür. Bu yüzden ark kıyafeti olmadan enerji kesilmemeli/verilmemeli ve önünde durulmamalıdır.

2-Basınç Etkisi: 50kA kısa devre 1m mesafede 70 kg ağırlığında bir kişiyi saatte 180 km/h hızla fırlatabilir.

3-Şarapnel Etkisi: Kopardığı 1000°C sıcaklıktaki metal parçalarını fırlatabilir. Bu deriyi yakarak delebilir. Balaklava bu yüzden çok önemlidir.

4- Ses Etkisi: 140db seslere ulaşabilmektedir. Ender sağırılık yapar. Bu yüzden tüm manevra işlemlerinde kulaklık takmak zorunludur. Kondansatör patlamalarında 44kJ enerji üzerinde kalıcı işitme problemi yaşanır. 112kJ üzeri hiçbir KKD kişiyi koruyamaz. Kondansatör patlamalarıyla oluşan akustik güç akciğeri söndürür. Uzaktan açma kapama ve topraklama yapmak zorunludur.

5- UV etkisi: 7 milyon lux'e kadar çıkabilir. Güneş 100.000 lüks ile bizi aydınlatır. Bu yüzden yüz siperliği önemlidir. Bu güçteki ışık kör edebilir.

6-Toksin etkisi: Metalin yüksek ısı ile eriyerek buhar haline gelmesi sırasında oluşan zehirli dumanlar akciğeri etkileyebilir. Bu yüzden manevra sırasında nefes tutulmalıdır.

7- IR Etkisi: DNA yapısına zarar verir. Kaynakçılarda sık görülen cilt kanseri bu yüzden dir.

Niçin ark meydana gelmektedir:

- Havanın kirli ve tozlu olması

- Korozyon
- Ortamda bulunan havanın yoğunlaşması
- Metal parçalarının düşmesi/ değmesi
- Tesadüfi dokunma
- Bara arası boşluğun düşük tutulması
- Hatalı ürünler
- Yanlış dizayn
- Yanlış çalışma prosedürleri
- Yanlış/ eksik bakım
- Dikkatsizlik ve aşırı güven
- İzolasyon hatası
- Gevşek bağlantı
- Kedi, fare, yılan, kuş gibi canlılar.
- Vb.



Şekil 2: Bir ark patlaması örneği

Ark Çeşitleri

1-Open Air Arc: Açık havada meydana gelen ark. Enerji her yöne eşit miktarda yayılır. VOA, HOA konfigürasyon vardır.



Şekil 3: Açık hava arki

2-Arc in a Box: Pano içinde meydana gelen ark. Açık noktadan enerjiyi dışarı verir. Pano içinde 3 konfigürasyon vardır . HCB,VCB,VCBB



Şekil 4: Pano içinde ark

3-Ejected Arc: Tek yönlü enerjinin çıktığı ark. HCB tipi bir arktır. Tüm enerjiyi direkt yönlendirir.



Şekil 5: Tek yöne doğru ark (HCB benzer)

4-Tracking Arc: İzolasyon testlerinde meydana gelen arktır.

Bu ark şeklini yalıtkan testlerinde görmekteyiz.



Şekil 6: İzolasyon testlerinde kullanılan ark

Kıyafetler ıslak (terli) ise insan üzerinde de bu tip arklar deriyi yakarak ilerler.

5-Running / Traveling Arc: Yüksek gerilimde meydana gelen havai hatlarında oluşan bir ark çeşididir. Oluştuktan sonra hatta ilerler. Bazen tek yön bazen iki yöne ilerler.



Şekil 7: İlerleyen ark

Ark Flaş Hesaplama Yöntemleri

Çok sayıda ark flaş analiz hesaplama metodu mevcuttur.

ABD’de Avrupa’da uygulanan hesaplama yöntemlerini inceleyelim.

IEEE 1584 ed2 (2018) (Yürürlükte), Lee Metodu (iptal edildi), DGUV 203-077 (Almanya) (Yürürlükte), NENS 09 (Avustralya), Wilkinsın, Stokes / oppenlander, Tammy Gammon, Vilademir Terzija and Konglin, Duke Heat FC, EPRI Yöntemi gibi birçok uzmanın çalışmalarını görebiliyoruz.

Özel Şirketler

ARCPRO III, SKM, Sincal, Easy Power, ETAP, ARcad gibi birçok özel firma mevcuttur. Bu metotların tamamı AC uygulamalar içindir.

NFPA tarafından 2012 yılında DC sistemlerde ark hesaplamaları için kabul edilen 2 yöntem vardır. Bu yöntemlere **maksimum güç hesap yöntemi** denilmektedir. Standart her iki yöntemi de onaylamaktadır.

- a)Daniel Doan metodu
- b)Ammerman metodu
- Stokes ve oppenlander (1991)
- Paukert (1993)
- ETAP 14

Son yıllarda solar sistemlerde kullanılan ark flaş analizi çalışmalarında “DC Arc Flash Studies for Solar Photovoltaic Systems: Challenges and Recommendations-Kathryn Klement, Senior Member, IEEE” makalesi ile ilerleme sağlanmıştır. Fakat hala DC konusunda resmi bir standart yoktur. DGUV bu konuda AC uygulamalarının kullanabileceğini söyler. ABD’de ise NFPA’nın yaptığı çalışmalar, pratik tavsiyeler vardır. IEEE’de DC ark

hesaplamaları konusunda çalışmalar sürmektedir.

DGUV I 203-077 (2020) Hesaplaması

IEEE'ye göre çok daha pratik bir yöntemdir.

$$W_{arc} = k_p \cdot 1,739 \cdot U \cdot I_{3k} \cdot t$$

Bu formülde W_{arc} değeri 158kJoule'e kadar APC1, 318kJoule'e kadar APC2 olarak kabul edilir. Eskiden Class1 ve Class2 denirdi. Karıştırılmaması için APC terimi (2020) geldi. Bu değer üzerine çıkıldığı yerlerde standart normalde test metoduna dayanarak çalışmanın yasak olduğunu söyler. Bazı ülkeler IEC 61482 1-1 uygulamaktadır (İngiltere). Bu test yöntemi ASTM F1506 ile bire bir aynıdır. Fakat 2019 yılında bazı değişiklikler gelmiştir. Bu konudaki makale ilerleyen günlerde yayınlanacaktır.

$$W_{LP} = k_p \cdot 1,73 \cdot U_n \cdot I_{cs} \cdot t$$

k_p =Bir katsayıdır. $k_p=0,29$ / $(R/X)^{0,17}$

U_n =İşletme gerilimi (kA)

I_{cs} =Kısa devre akımı (kA)

t =açma zamanı (sn)

Burada hesaplama 3 defa yapılır. Önce I_{cs} yüzde 100 alınır, sonra yüzde 50 sonra yüzde 25 alınır. Bu sürelerdeki açma zamanı ile hesap tekrarlanır. En büyük değer kabul edilir.

DGUV kıyafet testi olan IEC 61482 1-2'ye göre elde edilen APC1 ve APC2'yi DC içinde kullanılabilirliğini söyler.

DGUV'da 20kV'a kadar hesaplamalar yapılabilir.

$$W_{LBS} = k_T \cdot (a/300)^2 \cdot W_{LBP}$$

a :Çalışan kişinin arka olan uzaklığı (mm)

Olası yaralanma şiddetinin belirlenmesi

Açıklama	Olası şiddeti	Ark enerjisi / korum
1 Küçük Yaralanma	2.ci derece yanıkta daaha düşüktür. hafif kızamıklık gibi	$W_{LB} / W_{LBS} \leq 1$
2 İyileşebilir yaralanma	2. derece yanık, Derinin su toplaması, şiddetli ağrı, tam iyileşme veya hafif yara izi	$1 < W_{LB} / W_{LBS} \leq 3$
3 Kalıcı iz bırakan yaralanma	3. derece yanık, Kalıcı hasar yapar. Derin deri yanıkları	$3 < W_{LB} / W_{LBS} \leq 10$
4 Ölümcül yaralanma	3. derece veya daha şiddetli cilt yanıkları kapsamlı, geri döndürülemez, ölümcül sonuçlar	$W_{LB} / W_{LBS} > 10$

Şekil 8 : DGUV I 203-077 (2020) 'den alınmıştır

IEEE 1584 ed2 Hesaplaması

IEEE 1584 (2002)'de yapılan testler VOA ve VCB testleri idi. 2002'de 300 test yapılarak formüller geliştirildi.

IEEE 1584 ed2 (2018) 5 farklı konfigürasyonda toplamda 1800 test yapıldı.

Ayrıca testlerde farklı gerilimler, bara arası mesafe, pano boyutları, değişken gerilimler ve kısa devre akımı gibi değişik değerler alınarak hesaplama yöntemi geliştirildi.

Yeni sistem daha karmaşık bir hesaplama yöntemi sunar. El ile hesaplanması imkânsızdır. Makro program ile yapılması daha sağlıklı ve hızlıdır.

Hesaplamalar 14300 Volt'a kadardır. Bu gerilimin üzerinde hesaplama şimdilik IEEE'de yoktur.

Tali pano boyutu ve 600 Volt'tan daha düşük sistemler için panonun derinliği temel alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalarda çok fazla değişken vardır.

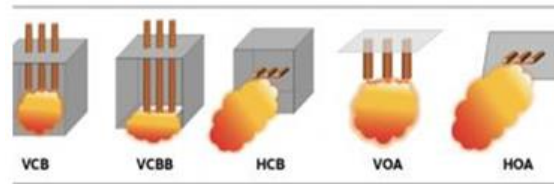
VCB: Bir pano içinde dikey iletkenler / elektrotlar.

VCBB: Bir pano içindeki bariyerli sonlandırılmış dikey iletkenler / elektrotlar.

HCBB: Bir pano içinde yatay iletkenler / elektrotlar.

VOA: Açık havada dikey iletkenler / elektrotlar.

HOA: Açık havada yatay iletkenler / elektrotlar.

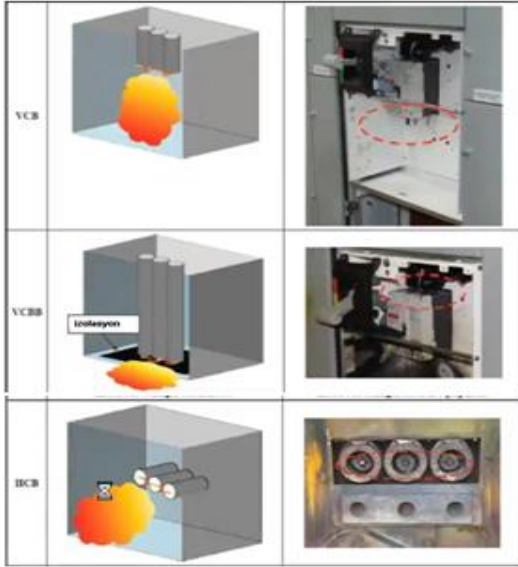


Şekil 9 : Kısa devre sonrası enerji akış yönü

HCBB ark flaşı enerjisi doğrudan panodan dışarıya yönlendirirken, VCBB şeklindeki bir ark önce bariyere çarpar sonra pano dışına doğru yönelir. Bu arada enerjinin bir miktarını kaybeder. VCB şeklindeki ark ise direkt aşağıya doğru enerjisi verecektir. Çoğu zaman VCBB'den daha fazladır. HCBB şeklinde oluşan ark enerjisi en tehlikelidir.

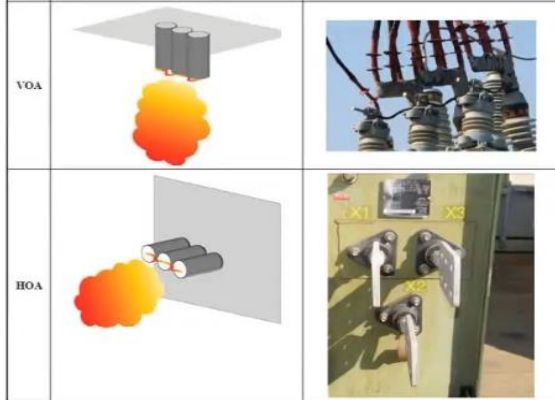
Genelde NH tipi sigorta altlıklarının bıçakları buna örnektir.

VCB ,VCBB, HCB



Şekil 10: Örnek pano içindeki konfigrasyon

VOA, HOA



Şekil 11: Örnek açık havadaki konfigrasyon

Hesaplama Metodu Şeması

1. Kısa devre akımını hesaplayın
2. Ark akımını belirleyin
3. Ark süresini belirleyin
4. Pano boyutlarını belirleyin
5. Pano boyutu düzeltme faktörünü hesaplayın
6. Ortalama olay enerjisini hesaplayın
7. Yaklaşık enerjisini hesaplayın
8. Ortalama ark flaş sınırını hesaplayın (AFB)
9. Yaklaşık ark flaş sınırını hesaplayın.
10. Nihai olay enerji ve ark flaş sınırını hesaplayın.

11. Iarc_min düzeltme faktörünü hesaplayın.

12. Ortalama ark akımını hesaplayın

13. Ark akımlarını hesaplayın

14. Son ark akımlarını belirleyin

15. Ark süresinin belirlenmesi

16. Ortalama olay enerjisini hesaplayın

17. Nihai olay enerjisini hesaplayın

18. Ortalama ark flaş sınırını hesaplayın

19. Nihai ark flaş sınırını hesaplayın

20. Analiz edin. Gerekirse düzeltin ve yeniden başlayın

Görüldüğü gibi analiz hesabı yapana kadar oldukça karmaşık hesaplardan geçilmektedir.

Bu konuda örnek 2 formül görülmektedir.

$$I_{arc_voc} = 10^{(k1+k2 \lg I_{sc} + k3 \lg G)} (k4 I_{bf}^6 + k5 I_{bf}^5 + k6 I_{bf}^4 + k7 I_{bf}^3 + k8 I_{bf}^2 + k9 I_{bf} + k10)$$

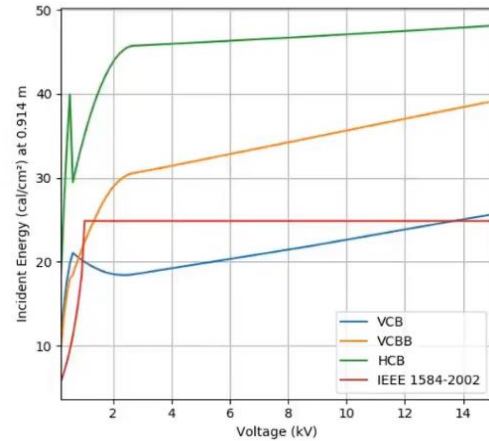
$$VarC_f = k1 V_{oc}^6 + k2 V_{oc}^5 + k3 V_{oc}^4 + k4 V_{oc}^3 + k5 V_{oc}^2 + k6 V_{oc} + k7$$

Örnek

1-14.3kV gerilim D=91.4cm

Ics=10kA, G= 152mm Pano boyutları : 1143X762X762 ,

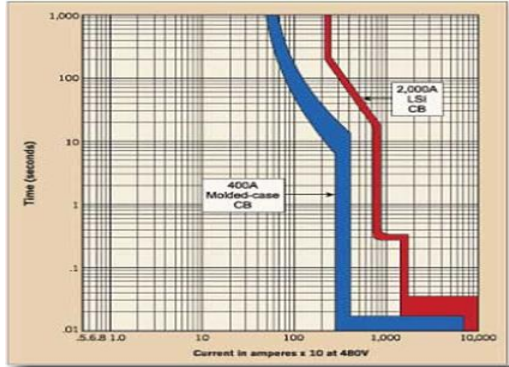
Bu grafikte HCB konfigrasyonundaki enerjinin VCB'ye göre yaklaşık 2 kat olduğu görülmekte. Bu, risk analizi yapılırken oldukça farklı önlemler alınması demektir. Örnek 14.3kV'ta enerji eski sisteme göre VCB'de 25cal/cm² iken HCB pozisyonunda 48cal/cm²'ye çıkmıştır. VCB için NFPA ARC4 kıyafeti giyilmesini tavsiye etmektedir. Fakat HCB pozisyonunda çalışmanın yasak olduğu ortaya çıkar.



Şekil 12: Karşılaştırma grafiği

Açma Zamanının Belirlenmesi

İşe başlamadan önce tüm tesisin açma zaman eğrilerinin aşağıdaki gibi olduğu doğrulanmalıdır.



Şekil 13: Burada iki şalterin akım zaman grafiği

İşe başlamadan önce tesisin kısa devre analizleri yapılmalıdır. Hangi panoda kaç kA kısa devre olduğu kesicilerin açma zaman eğrileri netleştirilmelidir. Bu çalışmadan sonra ark flaş hesaplamasına geçilebilir. Aksi takdirde hesaplama yapılamaz.

15kV Üzeri YG Gerilimde Ark

1931-Ark direnci için Warrington Formülü

1990-Wilkins olay enerjisinin pano içinde ve açık arktaki etkileri.

2001-Vilademir Terzija ark akımı, ark gerilimi ve ark direnci formülü

2009-EPRİ modellemeleri

Çok yüksek gerilimli sahalarda standart olarak baktığımızda NEC'in bir çalışmasını görmekteyiz. Bu çalışma aşağıdadır.

NEC410.2 YG çalışmalarında Kıyafet

Faz arası gerilim (kV)	Ics (kA)	4 cal	8 cal	12 cal
		Maksimum Açma zamanı msn	Maksimum Açma zamanı msn	Maksimum Açma zamanı msn
1,1 -15	5	775	1.549	2.324
	10	300	601	901
	15	167	335	501
	20	108	217	325
15-25	5	460	920	1.379
	10	190	378	568
	15	110	220	330
	20	73	147	220
25,1-36	5	348	695	1.043
	10	147	293	441
	15	87	173	262
	20	58	118	177
36,1-46	5	270	540	810
	10	117	232	348
	15	72	142	213
	20	50	102	152

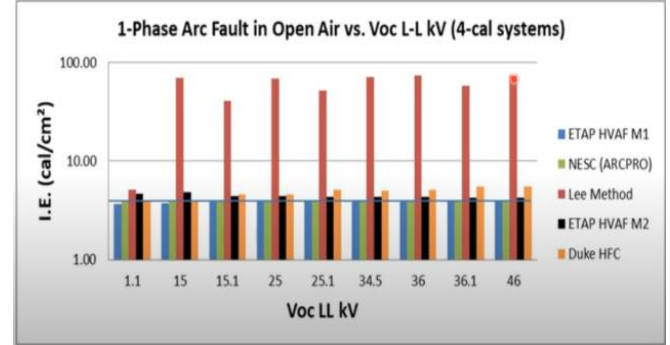
Şekil 14: NEC410.2 orijinali sayıkl, makalede saniyeye çevrilmiştir.

YG Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması

ETAP HVAF M1 ve M2, NECS (ARCPRO)

Lee Metod (İptal edildi) ne kadar uçuk bir değer.

Duke HFC Programı (Eski bilgisayar ile çalışır)



Şekil 15: YG'de ark flash metotlarının karşılaştırılması

Ark Tehlikesini Azaltma Tedbirleri

1- Mühendislik tedbirler yöntemine gidilerek;

- Açma süreleri düşürülür.
- Ark flaş rölesi kullanılır.
- Güç bölünür (Trafo sayısını artırır)
- ZSI röleleri, UFES, Dual setting, Diferansiyel röle, RELT, Bluetooth, hızlı sigortalar, Akım limitörleri gibi yollara başvurulur.

2-KKD kullanılır;

- Olabilecek ark etkisine uygun kıyafet seçilir
 - Kullanılması sağlanır.
- 3) Bariyer koyulur;
- Sahaya kimsenin girmesine izin verilmez.Uyarıcı bariyerler kullanılır.

4)Uyarı etiketleri koyulur. NFPA 70E uyarı etiketleri kullanılabilir.



Şekil 16: Örnek etiketler

Burada en öncelik 1 nolu yöntemdir yani mühendislik yöntemi ile ark enerjisini azaltmadır.

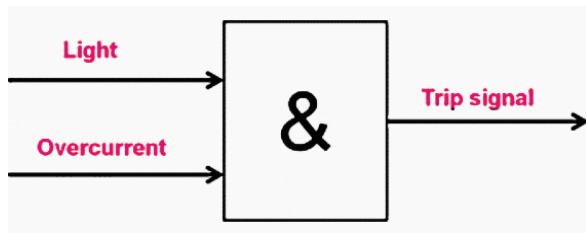
NEC 240.87 (2017) “1200A üzeri sistemlerde arc enerjisi azaltılması için gerekli yapılandırma yapılmalıdır” der. EN “Ark için gerekli tedbirleri alın” der. Gelecekte NEC gibi olabilir.

Mühendislik Yöntemi ile Ark Azaltılması için 4 Farklı Yöntem

1-Ark Flaş Rölesi: Prensipte olarak her kapalı hücreye bir sensör konulmalıdır. Çok miktarda sensör ve akım trafosu üzerinden aşırı akım (I^2*t) tespiti sonucu açma sinyali gönderilmektedir. Tüm bunların hesaplanıp gönderilmesi 1-9 msn'dir. Açma 50 msn olması durumunda 59 msn'de açma yapacaktır. Hedef 70 msn altı açmaları sağlamaktır (Kaynak NEC) . Bu çalışanları korur.

Ark enerjisini azaltmak için kullanılacak ekipmanda dikkat edilmesi gereken konular şöyledir:

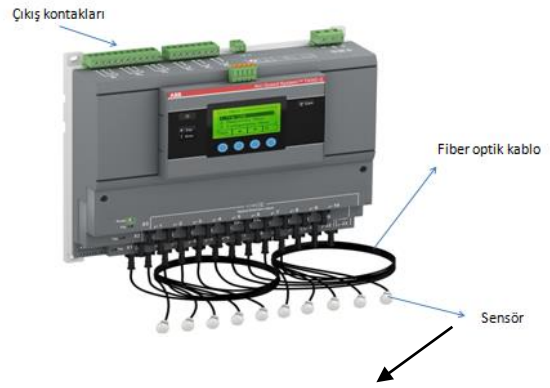
- Rölenin reaksiyon süresi
- Kaç sensör ilave edilebileceği
- Açma güvenilirliği
- Hatalı açmadan kaçınmak için önlem
- Sensör tasarımı ve kurulumu
- Fiber optik kablo
- Kullanım kolaylığı
- Ölçeklenebilirlik ve esneklik.



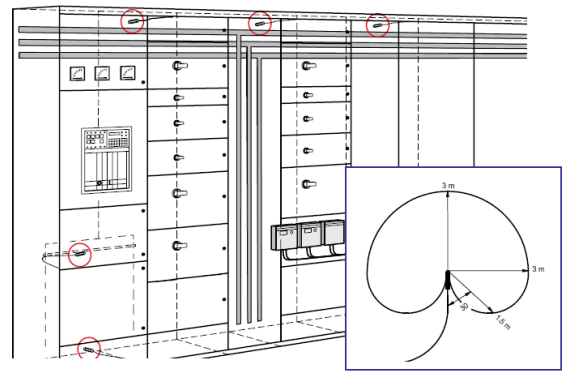
Şekil 17: Temel ark algılama verileri

Hatalı açmadan kaçınmak için iki veri alınmaktadır: Aşırı akım tespiti ve UV ışık.

TVOC 2



Şekil 18: Örnek bir ark sensörü



Şekil 19: Sensörün açısı ve konum yerleri

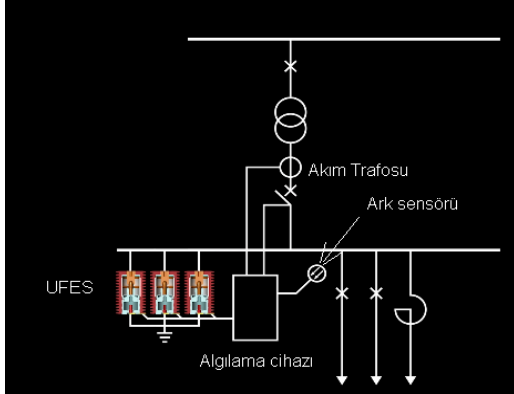
Mühendislik bir çalışma sonucu yapılan ark değerlendirmesine örnek aşağıdaki şekildedir.

	GERİLİM	Kısa Devre	AÇMA SÜRESİ	Olay Enerjisi	AFB	CLASS
Tipi	kV	kA	T2 msn	E_i Joule/cm ²	mm	IEC
VCB	0,4	40	200	52,8039	1.962	HAYIR
VCB	0,4	40	50	13,2010	824	CLASS 1

Şekil 20: Örnek ark flash analiz raporu

Açma süresi 200 msn'den 50 msn ark flaş rölesi kullanılarak çekildiğinde enerjinin 52 joule'den 13 joule/cm² düştüğünü görmekteyiz. IEC 61482 1-2 Almanya'nın kullandığı kıyafet testi ve DGUV'a göre çalışma yasağı var iken bu birden Class1'e düşmektedir. AFB sınırı 1.9 m'den 0.8 m'ye inmiştir. Amaç iyileştirme olduğundan burada ark flaş rölesi takılarak ark meydana gelmesi durumunda hızlı bir şekilde açılması sağlanmalıdır. Hem kişinin korunması hem de ürünlere çok az ya da hiç zarar vermeyecek ortam böylece gerçekleştirilebilir.

2- Çok Hızlı Topraklama Anahtarı (UFES): Mantık ayıdır. Sensör ve akım trafosundan alınan değer ile topraklama anahtarına sinyal gönderilir. Böylece 4 msn'den daha kısa sürede açma sağlanır. Şekilde görüldüğü gibi yalnız çalışını değil aynı zamanda ekipmanı da koruyacaktır. Burada hesap yapılırken kişi+ekipman+zaman+diğer masraflardahil edilmelidir.



Şekil 21: UFES şalterin tek hat şeması

Görüldüğü gibi akım trafosu ve sensörden gelen bilgileri değerlendiren algılama cihazı UFES'e 4 msn içinde devreye girmesi için komut verir. Böylece oluşacak ark akımı çok küçük olacağından hem kişiyi hem cihazı koruyacaktır.

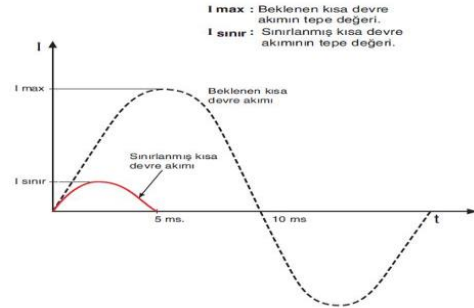


Şekil 22: UFES devrede iken 4 msn süren bir kısa devre gören bara



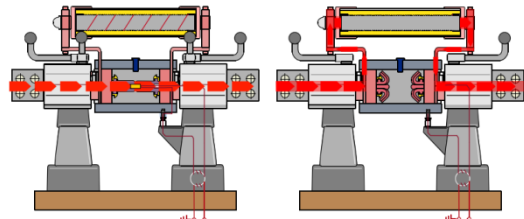
Şekil 23: UFES devrede değilken 100 msn süren bir kısa devre gören bara

3- Kısa Devre Akım Sınırlama Yöntemi (FLC): Kısa devre akımının mümkün olan en kısa sürede kesilmesi için akım sınırlayıcı kullanılması bir başka yöntemdir.



Şekil 24: Ark anında sinisoidal değişim diyagramı

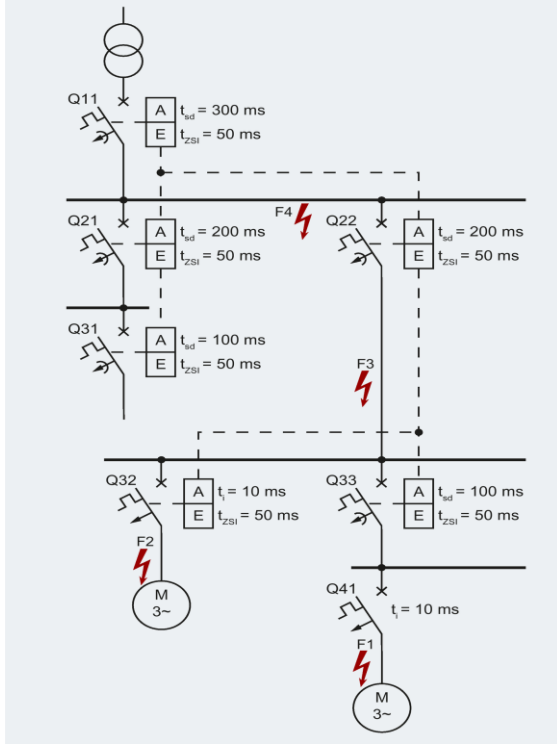
AG kompakt şalterde limitörsüz devre kesicinin izin verdiği tepe akımı 60 – 70kA ve kesme süresi 15-20 milisaniye iken, limitörlü devre kesicinin izin verdiği tepe akımı 15-20 kA ve kesme süresi 5-6 milisaniye olacaktır. Bu yöntem YG sistemlerde de kullanılır.



Şekil 25: YG'de akım sınırlama çalışması

Kısa devre akımı, ilk akım tepe noktasına ulaşmadan önce ilk yükselme sırasında kısa devre akımını sınırlayan yüksek kesme kapasiteli bir paralel sigortaya geçer. Bu çok hızlı bir sürede olduğundan milisaniye mertebesinde açma yapacaktır.

4- ZSI (Zone Selective İnterlog)



Şekil 26: Örnek tek hat şeması

Tek hat şemasında görülen F1, F2, F3, F4 noktalarında kısa devre olması durumunda sistemin kısa devreyi besleyen şalteri açması beklenir. F1’de olan bir kısa devrede Q22 nolu şalterin açması istenmez bunun için şalterler arasında selektivite sağlanır. Burada en büyük sorun F3 noktasında bir kısa devre olması durumunda Q22 nolu şalterin açması gerekir fakat sorun açma süresidir. Bu yüksek açma süresi orada bulunan kişiyi bu süre içinde yaralayabilir ya da öldürebilir. Burada ark enerjisini düşürmek için ZSI rölesi güç şalterlerine bağlanarak bu süre beklenilmeden açma sağlanır. Bu genelde 50 msn’dir. Tek hat şemada görüldüğü gibi Q1, Q2, Q3 şalterlerine takılan ZSI rölesi sayesinde şalterler arasında bir analiz yapılarak 200 msn beklenmeden 50 msn içinde Q22 şalteri açılır.

Böylece açma hızlı bir şekilde gerçekleşmiş olur.

F2 şalterine ZSI bağlanmasına gerek yoktur. Çünkü şalter zaten 10 msn’de açacaktır.

Kaynakça

DGUV Information 203-077 (2020)
NFPA 70E

2018StandardforElectricalSafety in
theWorkplace®

IEE 1584 ed 2 2018IEEE Guide
forPerforming

Arc-Flash HazardCalculations

TS EN 50110-1 2013Elektrik
tesislerinin işletilmesi Bölüm 1: Genel
kurallar.

ABB Fault Current Limiters – I S-
limiter™ and FC-Protector®

Siemens Dynamic Arc Flash
Sentry (DAS) veya Sm @ rtDAS

NOT: Yazının ikinci bölümünde, ark tehlikesi için giyilecek kıyafetler anlatılacaktır. Bu kapsamda IEC61482-1-1 ve IEC 61482 1-2 testler ve ABD’de uygulanan testler arasındaki fark, stoll eğrisinin kullanımı, NFPA70E’ye göre pratik ark kıyafetleri hakkında bilgi verilecektir.