

Kirli İzole Yüzeylerde Deşarjların Yayılımı ve Atlama

Prof. Dr. Ahmet RUMELİ
ODTÜ

ÖZET

Kirli bir izole yüzeyi boyunca atlama, deşarjların tutuşması ve yayılması sonucu meydana gelir. Bu yazıda, kirli bir izolasyon yüzeyinde oluşan arkın yayılımına ve atlamaya etki eden faktörler teorik olarak araştırılmıştır. Vardırılan teorik sonuçlar, kirli izole bir yüzeyde tutuşan bir arkın yayılmasını ve atlamasının meydana gelmesini iki ana faktörün kontrol ettiğini ortaya koymaktadır : a) ark gerilim gradyanı ile kir bölgesi efektif gradyan farkı

1) ve (b) arka seri kir
 d^*

bölgesi direncinin enerji bağımlılığı (

Kir bölgesi direncinin enerji bağımlılığı ihmal
AR

edilebilirse ($\frac{AR}{9w} = 0$), arkın yayılması ve

atlamasının meydana gelmesi için $\&E < 0$ olmalıdır.

SUMMARY

Flashover on a polluted insulating surface is caused by the formation and subsequent growth of discharges. The factors affecting the growth of discharges on a polluted insulating surface have been studied theoretically. It has been found that the growth of an arc discharge and therefore the probability of flashover is controlled by the main factors: (a) the difference between the arc and the effective pollution gradient

and (b) the energy

dependences of the pollution resistance in series

with the arc ($\frac{AR}{9w}$). When $\frac{AR}{9w} = 0$,

the flashover can occur if $\&E < 0$

1. GİRİŞ

izolatörlerde kirlenme atlaması, kirli yüzeyde deşarjların oluşması ve yayılması sonucu meydana gelir. Bir kirlenme atlaması, (a) izolatör yüzeyinin iletken bir kir filmi ile kaplanması sonucu yüzey boyunca kaçak akımların açığa çıkardığı ısı enerjisinin oluşturduğu kuru kir bölgelerinde ön deşarjların tutuşması ve (b) ön deşarjların kirli izolatör yüzeyi boyunca yayılması ve kısa devre olmak üzere iki ana kısımda incelenebilir [1]. Bu makalede kirli bir izole yüzeyde deşarjın yayılımını ve atlamayı etkileyen faktörler incelenmiştir.

(*) Odamızın hazırladığı dizi teknik konferanslar serisinden 26 Aralık 1972 Sah günü saat 15'de Mimarlar Odası Konferans Salonu'nda verilmiştir.

Kirli bir izole yüzeyde deşarj yayılımını açıklamaya çalışan çeşitli görüşler ileri sürülmüştür. Kuru kir bölgeleri boyunca tutuşmakta olan ön deşarjların yayıldıkları ve bir süre sonra atlama yapmaksızın söndükleri müşahede edilmektedir. Ön deşarjların bu yayılması, kuru kir bölgesinin büyümesi sonucu olduğu öne sürülmüştür [2, 3, 4, 5, 6]. Ancak, su seti boyunca deşarjın yayılarak atlama yapması ve aşırı gerilim altında kirli izole modeller üzerinde Cron [7, 8] tarafından yapılan deneylerde atlamaların kir tabakasında herhangi bir kuruma olmaksızın meydana gelmesi bu görüşü doğrulamaktadır [6].

Kirli izole yüzeyde tutuşan ön deşarjların neden söndüğü şöylece izah edilebilmektedir:

Kuru bir kir bölgesinin bir ön deşarjla kısa devre edilmesi kaçak akımda ani bir artışa se-

beb olur. Büyük değerdeki kaçak akım genellikle akımı sınırlıyan kir tabakası direncinde ısı kaybına, kirin rutubetini buharlaştırarak kurumasına, direncinin artmasına dolayısıyla akımın azalması ve deşarjın sönmesine sebep olur. Bu kendi kendine deşarj tutuşma ve sönmesi, bir atlamaya sebep olmaksızın servis şartlarındaki izolatörlerde sık sık görülür [4, 9, 10, 11, 12, 13, 14]. Çok kirli şartlar altında ve izolatör yüzeyini kaplıyan ıslak kir filmi direncinin çok küçük değerli olması hallerinde tutuşan ön deşarj, yüksek akım yoğunluklu ark deşarjı şeklinde dönüşerek yayılmakta ve atlama yapmaktadır.

Pratikteki gözlemlerden izolatör yüzeyinde kaçak akımın 100-200 mA değerine erişmesi halinde atlamaya meydana geldiği görülmüştür [9, 13, 16, 17, 18]. Ancak, izolatörler yıkanırken ve laboratuvarlarda tuzlu sis testine tabi tutulurken, ön deşarjların sebep olduğu kaçak akım 0,5-1 A değerine eriştiği halde atlama olmadığı görülmüştür [19, 20]. Bu bakımdan sızma akımının değeri ile atlamaya meydana gelip gelmeyeceği arasında kesin bir bağıntı kurmak mümkün değildir. Ancak, izolatör yüzeyi boyunca kaçak akım değerinin artması atlama ihtimalinin artması demektir.

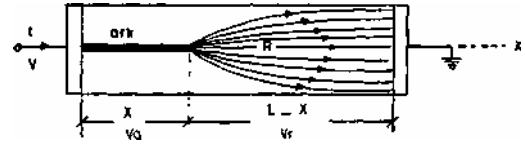
Aleksandrov ve Kizevetter [21] adlarındaki araştırmacılar, ark birim uzunluk iletkenliğinin, arka seri kir filmi birim uzunluk iletkenliğinden büyük olması halinde arkın yayılabileceğini belirtmişlerdir. Alston ve Zoledziowski [5] kir filmi birim uzunluk direncini homojen ve sabit kabul ederek teorik bir çalışma ile arkın atlama yapma şartını incelemişlerdir. Hesketh [22] bir filmi direncinde ısı değişim etkisini dikkate almaksızın teorik bir yaklaşımla atlama şartını bulmaya çalışmıştır. Hampton [23] bir su seti boyunca yaptığı atlama deneyleriyle, atlama için ark gradyanının kir tabakasındaki gradyandan küçük olması gerektiğini göstermiştir. Hampton tarafından «gradyan kriteri» olarak adlandırılan bu şart ile Aleksandrov - Kizevetter ve Alston - Zoledziowski tarafından bulunan sonuçların aynı olduğu kolaylıkla gösterilebilir [24]. Aynı sonuçları Cron'un yaptığı deneysel sonuçlardan çıkarmak da mümkündür [3]. Hampton tarafından, özel bir durum arzeden, su jeti için ifade edilen «gradyan kriteri» daha sonra, şartlar tamamen farklı olmasına rağmen, kirli izolatörlere tatbik edilmek istenmiştir. Arka seri kur filminde gradyan her noktada farklı olduğundan, gradyan kriteri değiştirilerek bir «ortalama kir gradyanı» dikkate alınmıştır [24, 25]. Ancak, ortalama bir kir gradyanı tanımı, kir tabakasının homojen olmıyan dağılımını ve kir direncinin enerji bağımlılığını dikkate alamadığından gerçek bir anlam kaza-

namamış ve pratik şartlara uygulandığında uygun sonuç verememiştir [20].

izolatörlerde atlamaya çok sayıda faktör etki etmektedir. Bunlardan, izolatörün konumu ve şekli, yüzeyde tutuşan deşarj sayısı, tatbik edilen gerilimin tipi ve deşarj üzerinde termik tesir ile kir filmi direncinin enerji bağıllığı en önemli faktörlerdir. Bu çalışmada, homojen dağılımlı olmıyan ve direnci ısı enerjisi ile değişen bir kir filmi ile kaplı izole bir yüzeyde tutuşan bir ve daha çok sayıdaki deşarjların atlama yapabileceği şartı teorik olarak araştırılmıştır.

2. BİR ARK KÖKÜNÜN KIRLI İZOLE BİR YÜZEYDE HAREKETİ VE ATLAMA

2.1 Atlama denklemleri:



Şekil 1. Atlama modeli.

Atlama problemi Şekil 1'de gösterildiği tarzda iki elektrod arasında kirli izole bir yüzeyde tutuşan bir ark şeklinde basitleştirilebilir. Modelde, (a) ark ve (b) arka seri kir tabakası (deşarj sız bölge) olmak üzere iki bölge vardır. Ark boyunca gerilim düşümü, i akım, x ark boyu, E (i) ark gerilim gradyanı ve V_{ka} ark-anod, katod gerilim düşümleri toplamı ise

$$V = x \quad (D)$$

olur. Bir çok araştırmacı ark gerilim gradyanı için $E(i) = Ai^{-n}$ şeklinde bir bağıntı dikkate almışlardır. [5, 6, 15, 27]. A ve n katsayılarının değerleri arkın tutuştuğu ortama bağlı olarak değişmektedir. Havada tutuşan bir ark için $A = 63$ ve $n = 0,7$ olmaktadır. V_{ka} 'nın değeri ark ucunun temas ettiği yüzeyin cinsine bağlıdır. Metal yüzeyler için bu değer, bir kaç yüz volt olup, ark köklerinin kirli izole bir yüzeyde tutuşması hallerinde birkaç katı artabilir. Şekil 1'deki modelde yalnız bir ark gözönüne alınmış, arkın elektrodlardan birinden başladığı ve bir doğru boyunca yayıldığı ve V_{ka} 'nın sabit kaldığı kabul edilmiştir.

Deşarjsız bölge boyunca gerilim düşümü, R ark ucu ile topraklı elektrod arasında toplam idi direnci ise,

$$V_r = IR \quad (2)$$

olur. R direncinin artan ark boyu ile azaldığı

$(-\frac{dR}{dx} < 0)$ kabul edilebilir. R direnci ayrıca, kir filminin ıslaklığına bağlı olarak değişir. Kaçak akımın açığa çıkardığı ısı enerjisi ($dw = Ri^2 dt$) kir filmini ısıtarak çözünebilir iletken maddelerin çözünmesine ve kir filminin iletkenliğinin artmasına yol açabileceği gibi, fazla enerji nemin buharlaşmasına, dolayısıyla artmasına da sebep olabilir. Bu nedenle R direnci hem ark boyu x, hem de ısı enerjisi v'nin fonksiyonu, $R = R(x, w)$, şeklinde düşünülmelidir.

$\frac{3R}{dx, dt}$ zamanında ark boyunun dx kadar artması ile dirençteki değişimi temsil eder.

PR ken $\frac{dw}{Qw}$ bu süre içinde enerjinin bu di-

rençte sebep olduğu değişimleri temsil eder. Pratik şartlar dikkate alınır, ön deşarjların tutuşmasından sonra w enerjisinin kir filminde buharlaşmaya sebep olacağı ve direnci arttırıcı

r)R yönde etki yapacağı ($\frac{dR}{dx} > 0$) söylenebilir.

Ark kir filmi boyunca çok süratle yayılıyorsa kir direncinin enerji ile değişimi ihmal edilebilir.

Tatbik edilen gerilim V ise (1) ve (2) denklemlerinden

$$V = x E(i) + V_{ka} + \dot{I}R(x, w) = f(x, i, R) \quad (3)$$

yazılabilir. (3) denkleminin «atlama denklemi» denilmiştir.

Atlama denkleminin diferansiyelinden, doğru gerilim için ($dV = 0$)

$$-dx \frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial i} di + \frac{\partial f}{\partial R} dR = 0 \quad (4)$$

bulunur. $R = R(x, w)$ ve $dw = R i^2 dt$ oldukları dikkate alınır

$$(5a) \quad \frac{\partial R}{\partial x} \frac{3R}{\partial x} i^2 dt + \frac{\partial R}{\partial w} uw$$

$$dR = \frac{\partial R}{\partial x} dx + \frac{\partial R}{\partial w} dw$$

AE = yazılabilir, (4) ve (5)

$$v = \frac{dx}{dt} + R, \quad i' = \frac{di}{dt}$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = E - i \left\{ \frac{\partial R}{\partial x} \right\}$$

$$\frac{\partial f}{\partial i} = \left(x \frac{\partial E}{\partial i} \right)$$

denklemlerinde

$0 = Ri^3$ dönüşümleri yapılarak

$$\frac{3R}{AE}$$

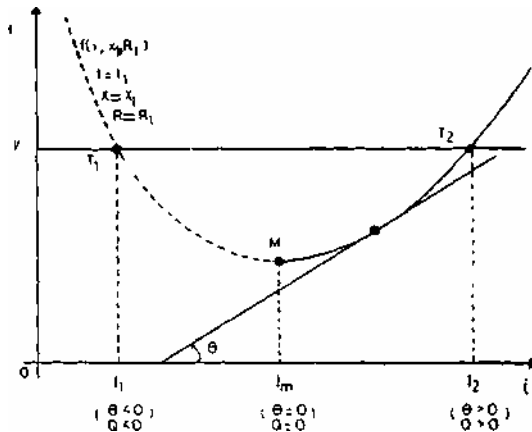
$$v = \frac{0}{AE} \quad (16)$$

bulunur. [6] denkleminde v arkın ucunun yayılma hızını ve i' akımın zaman türevini gösteren temel değişkenler ve Q, 0 ve AE zamanın fonksiyonu parametrik değişkendir.

$$\frac{3}{R} = ri = E_{-}$$

ark uzunluğunda birim değişmeye karşılık bir bölgesi gelirim düşümündeki değişmeyi gösterir. r ve E_r'ye «efektif bir birim uzunluk direnci» ve «efektif (kir) gradyanı» denilmiştir.

AE = = E-E_r bağıntısı, ark gradyanı ile efektif gradyan farkını gösterir. 0, direncin enerji bağımlılığını temsil eder. AE ve 0 pozitif ve negatif olabilirler.



Şekil 2. f(i) eğrisi T₁ ve T₂ çalışma noktaları ve Q'nün işareti.

$$= \frac{1}{3i} \left(f \frac{\partial E}{\partial i} \right) + R$$

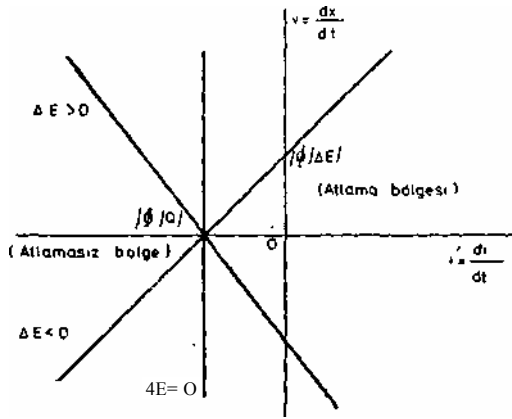
zamanın fonksiyonu ve daima pozitif kalan bir parametredir. Atlama denklemini tekrar dikkate alalım. Bu denklemin geometrik çözümü şöylece yapılabilir. Bir t = t_j anı için x = x_j ve R = R_j olup f(i) eğrisi Şekil 2'deki gibi olacaktır. V gerilim doğrusu ile f(i) eğrisinin T₁ ve T₂ kesim noktaları, atlama denkleminin bu andaki çözümlerini veren çalışma noktaları olacaktır. T₁ noktasının labil ve T₂ noktasının stabil oldukları görülebilir. Bu nedenle, t = t_j için l₂ alanı atlama denklemini sağlayan gerçek alan olacaktır. Stabil çözüm noktaları daima f(i) eğrisinin stabil kolunda Q = 3f/3i > 0

olacağından $Q(t) > 0$ olacaktır. Ve doğrusunun $f(i)$ eğrisi ile kesim noktasının olmadığı hal arkin fiziksel olarak tutuşmamasına 'teka-bül' edecektir.

2.2 Atlama şartı:

Atlamanın meydana gelmesi için arkin yüzey boyunca yayılarak elektrodlar arasını kısa devre yapması ($x = L$) gerekir. Bir çok araştırmacılar [22,24,28] atlamanın meydana gelebilmesi için ark boyu ve akımın beraberce artması fiziksel şartını kriter olarak almaktadır. Matematik olarak bu şart $v > 0$ ve $i' > 0$ veya $dx/di > 0$ şeklinde ifade edilebilir.

Atlama şartı (6) denkleminde şöylece araştırılabilir: Q , 0 ve $A E$ değişken parametreler olarak dikkate alınır, (6) denkleminin $v-i'$ koordinatlarında bir doğru gösterir. Bu doğrunun konumu parametrelerin değerlerine bağlıdır. Atlama kriteri yönünden $v-i'$ koordinatlarında $n > 0$ ve $i' > 0$ bölgesi «atlama bölgesi» ve $v < 0$ ve $i' < 0$ bölgesi «atlamasız bölge» olarak tarif edilmiştir (Şekil 3). Bu doğru üzerindeki her nokta teorik olarak (6) denklemini sağlarsa da, fiziksel olarak akım ve ark boyunun bir t anında yalnızca bir değeri mümkün olduğundan, $v-i'$ doğrusu üzerinde yalnızca bir nokta gerçek çözüme teka-bül 'edecektir. Bu noktanın atlama bölgesine göre konumu atlamanın meydana gelme ihtimalini belirtecektir.



Şekil 3. Kirliliğe sahip bir yüzeyde bir ark kökünün hareketi için $v-i'$ değişimi ($0 > 0$).

2.2.1. özel durum: $0 > 0$

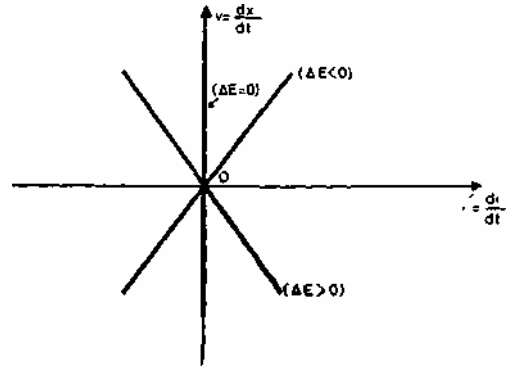
Bu durum, pratikte karşılaşılan kir tabakası direncinin ısınma ve diğer etkilerle zamanla artmasına teka-bül eder. $A E < 0$ için $v-i'$ eğrisi Şekil 3'de çizilmiştir. Görüleceği gibi, ancak $A E < 0$ halinde doğrunun atlama bölgesinden geçmesi, yani atlama ihtimali bahis konusudur. $A E > 0$ halinde atlama mümkün

değildir. $A E = 0$ halinde ark boyu x değişirken akım sabit kalır. $A E = 0$ durumuna «kritik durum» ve bu şartı sağlayan akıma «kritik akım», denilmiştir. Kritik akım I_c

şartından bulunabilir.

2.2.2 Özel durum: $0 = 0$

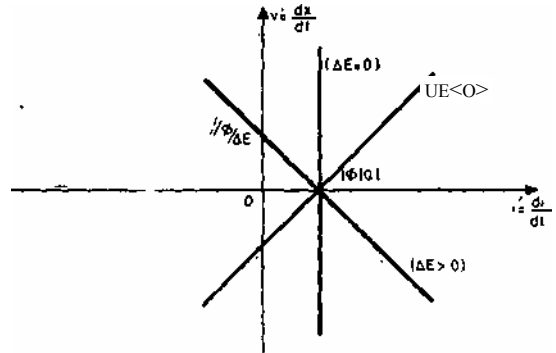
Bu durum, kir direncinin yalnızca ark boyu ile değişmesine teka-bül eder. Bu şart için (6) denkleminde, $A E = 0$ için $v-i'$ doğruları Şekil 4'te çizilmiştir. Benzer açıklamalarla, ancak $A E < 0$ halinde atlama ihtimali bahis konusudur.



Şeldi 4. Kirliliğe sahip bir yüzeyde bir ark kökünün hareketi için $v-i'$ değişimi ($0 = 0$).

2.2.3 özel durum: $0 < 0$

Bu durum kir direncinin enerji ve diğer etkenlerle azalmasına teka-bül eder. Şekil 5 bu halde $v-i'$ doğrularını göstermektedir. $A E > 0$ hallerinde atlama teorik olarak mümkündür. Ark boyundaki her artış, $A E < 0$ halinde, akımda bir artışa yol açar. $A E > 0$ halinde atlama için ayrıca $0 < v < 0/AE$ veya $0 < i' < 0/Q$ ilave şartı gerekmektedir.

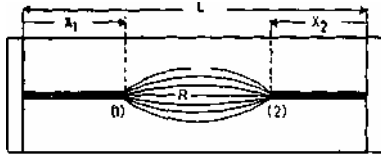


Şekil 5. Kirliliğe sahip bir yüzeyde bir ark kökünün hareketi için vJ' değişimi ($0 < 0$).

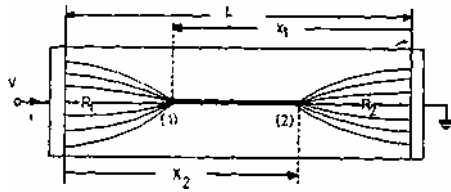
3. İKİ ARK KÖKÜNÜN KİRLİ İZOLE BİR YÜZEYDE HAREKETİ VE ATLAMA

3.1 Atlama denklemleri:

Şekil 6'da kirli izole bir modelde 'iki ark kökünü hareketi dikkate alınmıştır. Şekil 6a'da, aynı doğru üzerinde yayılan ve elektrodlerden başlıyan iki ark düşünülmüştür. Her iki arkın toplam boyunda bir arkın elektrodlerden birinden yayılmaya başladığı veya şekil 6b'de, orta bölgede tutuşan arkın, elektrodların birinden yayılmaya başladığı tarzında bir düşünüşle problemin bir önceki durumuna dönüşümü akla gelebilirse de, akım çizgileri dağılımı dolayısıyla arka seri kir dirençlerinin değişimleri farklı olacağından dönüşüm yanlış olur. Ayrıca kirli yüzeyde tutuşan ark kökü sayısı farklı, dolayısıyla ark anod-katod gerilim düşümleri farklı olacaktır.



(a) Elektrodlerden başlıyan iki ark



(b) Orta bölgede bir ark.

Şekil 6. Kirli izole bir yüzeyde iki ark kökünü hareketi.

Atlama denklemleri

$$V = x_1 E(i) + V_{ka1} + x_2 E(i) + V_{ka2} + \dot{I}R$$

(x₁, x₂, w)

veya

$$V = (x_1 + x_2) E + (V_{ka1} + V_{ka2}) + \dot{I}R \quad (7a)$$

dur.

Şekil 6b'de, arkın elektrodlar arasından başladığı ve elektrodlara doğru yayıldığı düşünülmüştür.

Atlama denklemleri

$$V = (x_1 + x_2 - L) E + V_{ka} + i R_j(x_1, w_1) + i R_2(x_2, w_2)$$

veya

$$V = (x_1 + x_2 - L) E + V_{la} + i (R_1 + R_2) \quad (7b)$$

olur.

(6) denkleminin çıkarıldığındaki benzer işlemler tekrarlanırsa

bağıntısı bulunur. A^{E_1} ve A^{E_2} ü ve $(2)^{no}$ lu ark kökleri için gradyan farklarını, v_1 ve v_2 (1) ve (2) nolu ark köklerinin hızlarını ve i' akımın zaman türevini gösterirler. Şekil 6a için

$$Q = L \cdot \frac{d}{dt} \cdot \frac{1}{R_1 + R_2}$$

ve Şekil 6b için

$$Q = \frac{L}{R_1 + R_2} \cdot \frac{d}{dt} \quad (8)$$

ve $0 =$

$$dw_1 = R_1 i^2 dt \text{ ve } dw_2 = R_2 i^2 dt$$

oldukları, (8) denkleminde gözönünde tutulmalıdır. Benzer tarzda $Q(t) > 0$ olduğu gösterilebilir. (8) denkleminde i' , x , ve k^{\wedge} değişkenler ve 0 , Q , A^{E_1} ve A^{E_2} değişken parametreler olarak alınarak atlama ihtimali incelenebilir. Atlama için $i' > 0$, $V_j > 0$ ve $v_2 > 0$ olmalıdır.

3.2 Atlama şartı:

(7) atlama denklemleri her t için sağlanmalıdır. (8) denklemleri v_1 , v_2 ve i' koordinatlarında bir düzlemi ifade eder. Bu düzlemin koordinat eksenlerine göre konumu parametrelerin gözönüne alınan t anındaki değerlerine bağlıdır. Düzlemin (v_1 , v_2) koordinat eksenlerinin teşkil ettiği düzlem ile arakesit doğrusu, (8) denkleminde $i' = 0$ konularak

$$v_2 + 0 = 0 \quad (9)$$

veya

$$v = \frac{AE_i}{-v} - \frac{0}{-v} = v_i \cdot \tan \alpha + 2 \quad (9a)$$

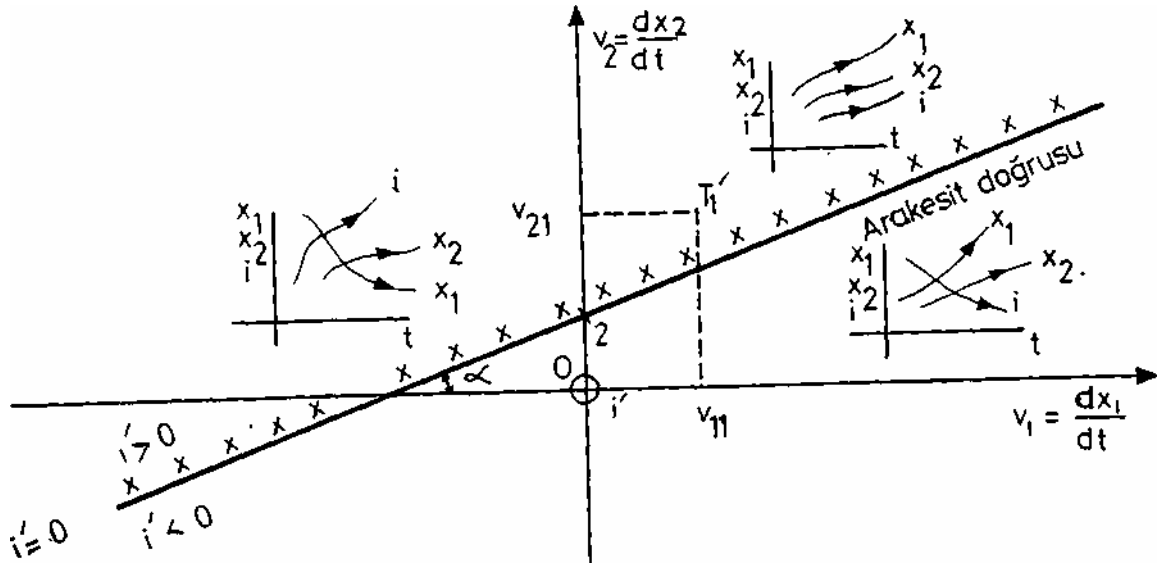
$$* \gg - (-n,,$$

ve

Şekil 7, (v_1, v_2) koordinat düzleminde atlama bölgesi ve arakesit doğrusunu göstermektedir. Arakesit doğrusunun taralı kısmı, düzlem üzerinde $i' > 0$ olan noktaların izdüşüm bölgesidir. Şekil 7'de, $x_1(t)$, $x_2(t)$ ve $i(t)$ değişimleri bazı bölgeler için gösterilmiştir. Atlama için $v_j > 0$, $v_2 > 0$ ve $i' > 0$ şartı gerektiğinden $v_2 T$ a bölgesine atlama bölgesi denilmiştir.

Şekil 7 yardımıyla atlama ihtimali şu şekilde araştırılabilir: (9) denklemi ile beliren düzlem üzerindeki her nokta bu denklemi sağlar. Ancak bir $t=t_j$ anı için

tek ve belirli değerleri haizdirler. Bu, düzlem üzerinde yalnızca bir noktanın gerçek çözüm olabileceği anlamına gelir. Çözüm noktası T , (v_u, v_m, i') ve bunun (v_{1F}, v_2) düzleminde izdüşümü T' olsun (Şekil 7). T' daima atlama bölgesinde kalıyorsa ($v_1 > 0$, $v_2 > 0$ ve $i' > 0$) atlama şartı sağlanacağından, akım ve uzunluklar beraberce artabilir ve atlama meydana gelebilir. Bu düşünüşle, 0 , AE_i ve AE_j parametrelerinin pozitif, sıfır ve negatif değerleri için atlama ihtimalleri Tablo 1'de özetlenmiştir. Benzer tarzda $Q(t) > 0$ alınmıştır.



Şekil 7. Kiril izole bir yüzeyde Ud ark kökünün yayılımı halinde (v_1, v_2) düzleminde atlama bölgesi.

Tablo 1. x_{lt} X_j ve l 'nin beraberce artma (atlama) ihtimali:

AE_j	$0 > 0$	$0 = 0$	$0 < 0$
	yok -	$0 < v_1 < 0/ABJ$ ve $0 < v_2 < 10/ABJ$	yok
	yok	$V_j > 0$ ve $v_2 > 0$	yok yok
+	yok	$0 < v_1 < 10/ABJ$ ve $v_2 > 0$	$v_1 > 0$ ve $v_2 > 0$
	yok	$ 0/AE_j $ 0 ve	$V_j > 0$ ve
	$i' > 0,$ $v_1 > 0/AE_1 $ ve $v_2 > 0/AB^*$	$i' > 0$ $v_1 < 0/AE_j $	$i' > 0, v_1 > 0$ ve $v_2 > 0$
	$i' > 0$ ve $V_j \wedge / AB_j$ $v_1 > 0$		

Tablo l 'in incelenmesinden şu sonuçlar çıkarılabilir :

a. $AE_1 > 0, AE_2 > 0$ hallerinde atlama ihtimali en az, $AE_j < 0, AE_2 < 0$ hallerinde atlama ihtimali en fazladır. $0 > 0$ için atlama ihtimali $0 < 0$ 'e göre daha az, $0 = 0$ için atlama ihtimali $0 < 0$ 'a göre daha azdır. Şu halde atlama olmaması bakımından en uygun şart $AE_1 > 0, AE_2 > 0$ ve $0 > 0$ olmaktadır. $0 > 0$ arka seri kir bölgesi direncinin açığına

$$AE_{1,3}^{i'}$$

$$Q = \frac{0}{V_1} \quad Q$$

çıkan ısı enerjisi ile artışını ve pratikteki durumu temsil eder.

4. ÇOK SAYIDA ARKIN KIRLI İZOLE BİR YÜZEYDE YAYILIMI VE ATLAMA

Şekil 8 kirli izole bir yüzeyde, aynı doğrultu üzerinde hareket eden $2v-2$ sayıda ark kökünü göstermektedir. Benzer şekilde, ark köklerinin hızı ve akımın zaman türevi arasında

$$AE_{y-1,2}$$

$$Q$$

(10)

yazılabilir. Bu bağıntıda değişken ve parametreler

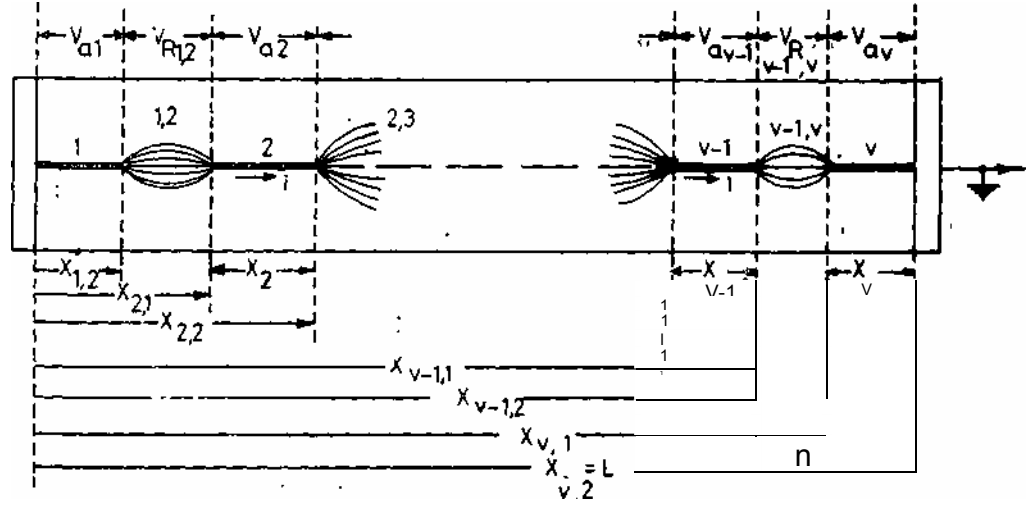
$$r = \frac{di}{dt} \quad i = \frac{3^R v_l v}{3E} = \frac{E - i 3^R v_l A}{3^R v_l} \quad dt = v$$

$$= v u \cdot - >$$

Q =

$$- \left[\begin{array}{l} \text{ve } 0 = i' \quad | \quad R_u - \\ S^* - * - + R_{,3} \\ \text{bağıntıları ile tarif} \\ \text{edilmişlerdir.} \end{array} \right] \quad]^{9R} v_l v$$

+ .. + R



Sekli 8. Kiril izole bir yüzeyde v sayıda ark.

(10) denkleminde, bütün gradyan farkları ve 0 negatif ise, arkların büyümesi akımın artışı gerektirir. (2.2) ve (3.2) kısımlardakine benzer tarzda atlama ihtimalinin parametrelerin değişik işaretleri için incelenebilmesi $2v-1$ boyutlu koordinat sistemini gerektirdiğinden mümkün değildir.

5. SONUÇ

Kirli izole yüzeylerde ark yayılım mekanizması ve atlama olayı' oldukça karışıktır. Bazı basitleştirmeler yapılarak, doğru gerilim altında ve problemin fiziksel karakterini mümkün olduğu kadar bozmaksızın atlamının matematiksel olarak temsili ve ark yayılımını etkileyen faktörlerin araştırılması yapılmıştır.

Teorik analiz, kir tabakasının homojen pimiyan dağılımının deşarj yayılımını etkilediğini ve ark gradyanı ile efektif (kir) gradyan farkının (AE) ark yayılımı, dolayısıyla atlamayı kontrol eden en önemli faktör olduğunu göstermektedir, ikinci derecede önemli faktör arka seri kir bölgesi direncinin enerji bağımlılığı (0) olmaktadır.

Tek bir ark kökünün kirli izole bir yüzeyde yayılması halinde ve $0 = 0$ ise atlama yalnızca $AE < 0$ halinde mümkün olur. $AE = 0$ kritik bir durumu temsil eder. $0 > 0$ ise atlama için $AE < 0$ şartı gerek ancak yeterli değildir, ilave şartlar sağlanmalıdır.

Kirli izole bir yüzeyde çok sayıda ark tutuşmakta ise, bunlar birbirlerinin yayılımını etkilerler. Ark ucundaki kir bölgesi ile bağımlı efektif gradyanın ark yayılımını kontrol eden

en önemli faktör olduğu gösterildiğinden, çok sayıda arkin tutuşması halinde bunların eşdeğer uzunlukta tek bir ark gibi dikkate alınması problemin fiziksel karakterini bozacaktır. Bu nedenle, tek bir ark hali için bulunan sonuçlar, eşdeğer çok arklı durum için geçerli olmayacaktır. Arkın yüzey üzerinde tutuşma bölgesinin ark yayılımı ve atlama üzerine önemli etkisi olacaktır.

Teorik analizin ortaya koyduğu en önemli sonuç arkin ucundaki kir bölgesinin durumunun (efektif gradyanın) ark yayılımını kontrol eden başlıca etken olduğudur. Ark gradyanının efektif gradyandan büyük tutulabilmesi halinde ark yayılımı dolayısıyla atlama ihtimali önlenilecektir. Bu sonuçtan pratikte atlamaları önlemede nasıl faydalanılacağı daha sonraki çalışmalarında incelenecektir.

'Semboller Listesi:

- V = Tatbik edilen gerilim (V) V_a = Ark boyunca gerilim düşümü (V) V_r = Arka seri kir bölgesi boyunca gerilim düşümü (V)
- R = Arka seri kir bölgesi direnci (Ω) X = Ark boyu (cm) i = Akım (A)
- E_r = Effektif (kir) gradyan (V/cm) E = Ark gerilim gradyanı (V/cm) A, n = Ark sabitleri
- V_{ka} = Ark katod-anod -gerilim düşümleri toplamı
- v = dx/dt i' = di/dt

KAYNAKLAR

1. *Rumeli, A.*: "izolatörlerin Kirlenme ve Atlama Problemi", Elektrik Mühendisliği, C. XIII, S. 156, s. 7-15, 1969.
2. *Gillam, G. H.*: "Report on the activities of study committee No. 5. "insulators", CIGRE, Report 234, 1960.
3. *Korbut, E. V., Merkhalev, S. F.*: "Investigation of the flashover characteristics of dirty insulators", Elektrichestvo, 3, pp. 76-81, 1962.
4. *Von Cron, H. ve Estorft, W.*: "The H. V. insulator as a problem of extraneous films". E.T.Z., 73, pp. 57-62, 1952.
5. *Alslon, L. L. ve Zoledziowski, S.*: "Growth of discharges on polluted insulation", Proc. I.E.E., 110, pp. 1260-1266, 1963.
6. *Zoledziowski, S.*: "Time to flashover characteristics of polluted insulation", I.E.E.E. Trans. Power Apparatus Syst. (USA), Vol PAS. - 87, No. 6, pp. 1397-1404 (June 1968).
7. *Von Cron, H.*: "Flashover due to extraneous films on insulators" Siemens Zeits. 29, pp. 427434, 1955.
8. *Von Cron, H. ve Dorsch, H.*: "Proportioning transmission systems insulation to service frequency overvoltages and switching surges with due consideration for loss of insulation strength through foreign surface layers", CIGRE Report 402, 1958.
9. *Forrest, J. S.*: "The performance of high voltage insulators in polluted atmosphere", Elektrotechnik, 35, pp. 448-456, 1957.
10. *Forrest, J. S.*: "The characteristics and performance in service of high voltage porcelain insulators", J.I.E.E., 89, pp. 60-92, 1942.
11. *James, A. G.*: "Review of the problem of polluted insulation", SOJ (I.E.E.), 35, pp. 140-146, 1965.
12. *Conner, J. E. ve Lantz, A. D.*: "The insulator contamination problem as influenced by silicone surface coatings" Trans. A.I.E.E., 77, pp. 1101-1112, 1958.
13. *Lantz, A. D.*: "A review of the surface leakage problem", Proc. 9th Annual Power Conference, (The University of Texas, Texas, U.S.A.), 1956.
14. *Merkchalev, S. F. ve Solomonik, E. A.*: "Mechanism of the development of a discharge along a contaminated insulator surface", Elekt. Stantsii, 12, pp. 50-53, 1964.
15. *Obenaus, F.*: "Extraneous layer flashover and creepage-path length", Deutsche Elektrotechnik, 12, pp. 135-136. 1958.
16. *Clark, C. H. W.*: "Semiconductor glaze on high voltage insulators", Electrical Review, 15 th May, pp. 740-744, 1964.
17. *Khomyakov, M. V.*: "Eliminating contamination of insulation in sub-stations and on over-head lines", Elekt. Stantsii, 12, pp. 51-54, 1962.
18. *Casson, W. ve Howard, P. E.*: "The performance of the outdoor insulation of the transmission systems in England and Wales during the winter of 1962-63". CIGRE Report 420, 1964.
19. *Gillam, G. H.*: "Report on the work of study committee No. 5 (insulators)", CIGRE Report 210, 1966.
20. *Last, F. H., Pegg, T. H., Sellers, N., Stalowski, A., Whittaker, E. G.*: "Live washing of high voltage insulators in polluted areas", Proc. I.E.E., pp. 487-860, 1966.
21. *Aleksandrow, G. N. ve Kizevetter, V. E.*: "Development of a discharge along the conducting surface of high voltage insulation in electrical networks", Izv. V.U.Z., Energetika, 5, pp. 20-27, 1962.
22. *Hesketh, S.*: "General criterion for the prediction of pollution flashover", Proc. I.E.E. (correspondence), 114, pp. 531-532, 1967.
23. *Hampton, B. F.*: "Flashover mechanism of polluted insulation", Proc. I.E.E., 111, (5), pp. 985-990, 1964.
24. *Rumeli, A.*: "The mechanism of flashover of polluted insulation", Ph. D. Thesis, The University of Strathclyde, Glasgow, U. K., 1967.
25. *Lambeth, P. J.*: "Preventing pollution flashover", Electrical Review, 174, pp. 662-666, 1st May 1965.
26. *Toms, J. E. ve Suttie, A. B.*: "insulator surface treatments", Electrical Review, 177, pp. 412415, 17th September 1965.
27. *Nasser, E.*: "The problem of flashover on contaminated insulators", Elektrotech. Z. A., 83, pp. 356-365, 1962.
28. *Billings, M. J., ve Wilkins, R.*: "Consideration of the suppression of insulator flashover by resistive surface film", Proc. I.E.E., 113, pp. 1649-1633, 1966.
29. *Boehme, H. ve Obenaus, F.*: "Pollution flashover tests on insulators in the laboratory and in systems and the model concept of creepage path flashover", CIGRE Report 407, 1966.