

# 25 KV 50 Hz. Alternatif Akım Demiryol Elektrifikasyon Havai Hattının, Zayıf Akım (Telekomünikasyon Havai Hat) Tesislerine Etkisi

Yazanlar :

Y. Müh.  
Celâl DIŞPINAR  
TCDD

Y. Müh.  
Oktay BİLKAY  
TCDD

Alternatif akımla beslenen demiryol elektrifikasyon tesislerinin (25 KV. 50 Hz., akımın dönüş yolu ray olması halinde) etki alanı içinde bulunan zayıf akım tesisleri üzerinde yapacağı manyetik ve elektrikli tesirleri inceleyelim. Hesaplarımızda elektrifikasyon tesisleri katener, telekomünikasyon tesisleri ise zayıf akım hattı olarak isimlendirilmiştir.

Etkiden maksat 25 kV 50 Hz. lik katenerin komşu akım hatları üzerinde, endüktif, kapasitif ve omik kuplajlar vasıtasıyla meydana getireceği gerilimlerdir.

Katenerin, komşu zayıf akım tesisleri üzerinde tehlikeler ve parazitler halinde husule getirebileceği alana etki alanı diyoruz. Hatların komşuluğundan, birbirlerine muayyen bir açıklık ve muayyen bir uzunlukta paralel bulunmaları veya yaklaşmaları kastedilmiştir.

1 — Manyetik alandan dolayı meydana gelen tehlike :

a) Seyir akımından dolayı zayıf akım havai hattında endüklenen boyuna EMK. aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$EIF = 2Tcf M_e I_r Lr$$

b) Katenerde hasil olacak bir kısa devre halinde, zayıf akım hattında endüklenecek boyuna EMK. aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$EIK = 2 \tau f M_e I_k Lr$$

Formüllerdeki sembollerin mânaları :

$E_{jF}$  : Seyir akımı tarafından, zayıf akım hattında endüklenen boyuna EMK. in volt cinsinden değeri.

$E_{IK}$  : Ksa devre akımı tarafından, zayıf akım hattında endüklenen boyuna EMK. in volt cinsinden değeri.

f: Katener geriliminin Hz. olarak frekansı.

$M_e$  : iki hat arasında işletme frekansında meydana gelen karşıt endüktans mH/km olarak değeri olup, bu değerler grafik 1 den tâyin edilir. Bunun için de X parametresinin hesabı gerekir.

$$X = a \sqrt{\frac{\sigma \cdot f}{1000}}$$

Bu formüldeki ;

a . Katener ile zayıf akım hattının yaklaşma mesafesi (metre olarak)

G : Güzergâhtaki toprağın geçirgenliği olup, tablo 1 den toprağın cinsine göre seçilir (Birimi [z s/cm dir.)

f: Katener geriliminin Hz. olarak frekansı.

$I_F$  : Seyir akımının kA. olarak değeri olup günlük yük eğrilerinden hesab edilir.

I K : Darbe kısa devre alternatif akımın kA. olarak değeri olup, kısa devre akımı, kısa devre noktasına kadar olan katener empedansına, güzergâhın empedansı seri olarak ilâve edilmek suretile hesaplanır.

L : Etki eden yaklaşma uzunduğu; katener ile zayıf akım hattının muayyen bir açıklıkta yanyana (paralel) bulunmasına denir. Hatlar arasındaki açıklık her noktada aynı olmadığı durumlarda ortalama mesafe kabul edilir.

r : Redüksiyon faktörü, iletkenin, doğru akım direncinin, toprak dönüşlü alternatif akım direncine oranına' denir. Redüksiyon faktörünün (r) hesabında; rayın redüksiyon faktörü ( $r_R >$  ve eğer varsa topraklama halatlarının redüksiyon faktörü ( $r_H$ ) ile kablo zarfının redüksiyon faktörü de ( $r_K$ ) nazarı itibare alınır,

$$r = r_R \cdot r_H \cdot r_K$$

Rayların redüksiyon faktörü ray conta direncinden dolayı oldukça etkilidir. Şayet bu direnç, rayların boyuna direncine oranla küçükse bu halde ray redüksiyon faktörü; Tek veya çift yollu güzergâhlar için

$$r_R = 0,5$$

İkiden fazla yollu güzergâhlar için

$$r_R = 0,25$$

alınır.

Rayların redüksiyon faktörü frekansa hemen hemen hiç bağlı değildir.

TABLO : 1

Frekansları (16 2/3... 50) Hz'e kadar olan Alternatif akımlar için muhtelif toprak cinslerinin geçirgenliği

1	2	3	4	5
Toprağın Cinsi	Normal İklim Yağmur ve kar sularının senelik seviyesi vasatı 500 mm/Senede	Çöl İklimi Yağmur ve kar sularının senelik vasatı seviyesi 200 mm/senede		Yeraltı tuzlu suları
	Muhtemel değer PS/cm	Ölçülen değerlerin toleransı (Dağılımı) uS/cm		
Sel bölgesi ve hafif killi toprak	2000	5 000 ... 1000	2000 ... 10	10 000 ... 2 000
Sel bölgesiz killi toprak	1000	2 000 ... 500	1000 ... 100	3 000 ... 1 000
Tabaka halinde kalkerli ve killi toprak	500	1 000 ... 300	200 ... 30	
Sızdırmalı kireçli toprak (meselâ : Kalker)	200	300 ... 100	200 ... 30	1000 ... 300
Tabaka halinde yarılan killi ve kumlu taş toprak	100	300 ... 30	^ 10	
Kuvars, kireç ve mermer	30	100 ... 10		300 ... 100
Killi toprak	10	30 ... 3		
Granit	10	10 ... 00		
Kraterli toprak	5			

Conta geçirgenliği iyi olmayan, yapım şekli farklı raylar için :

$$\text{Seyir akımında} \quad r_R = 0,9 \dots 0,5$$

Kısa devre akımında  $r_R = 0,6 \dots 0,4$  alınır.

Bu değerler ortalama geçirgenlikteki topraklara uygulanabilir. Geçirgenlik fenalaştıkça  $r_R$  daha müsaitleşir (Meselâ : Balast için  $r_R = 0,5$  yerine 0,3 alınır).

Topraklama halatlarının redüksiyon faktörü ( $r_n$ ) : Demiryolu besleme hatlarının çeşitli topraklama halatlarına ait redüksiyon faktörü değerleri tablo 2 de verilmiştir.

Kablo zarfının redüksiyon faktörü ( $r_k$ ) :

VDE 0816/4, 56 P, 18 (9) da cetvel halinde verilmiştir.

Mağnetik alanlardan doğan tehlikenin hesabında, yakın mesafe muhabere hatlarında 1000 metrenin üzerindeki uzaklıklar ile, uzak mesafe muhabere hatlarında 2000 metrenin üzerinde bulunan uzaklıklar dikkate alınmazlar.

Bununla beraber, uzun hatlardaki yaklaşmalarda, demiryolu hattı veya besleme hattı ile zayıf akım hattı arasındaki büyük mesafeler de gerilim endüklemede rol oynarlar.

Şayet mahalli şartlardan dolayı tablo 3 de verilen endüklenen EMK in sınır değerlerinin aşılmasından endişe ediliyorsa, bu kesimlerin etkisi yaklaşık olarak ve icap ederse kat'ı olarak hesaplanır. Hesap neticesinde, bu kesimler göz önüne alınmadan elde edilen sonuçlar tablo 3 deki değerlerin % 50 sini aşmıyorsa bu takdirde, genellikle کافی hesap yapmaktan vazgeçilir.

Bir besleme kesimindeki muhabere hattının müessir yaklaşma uzunluğu (L); hattın bu bölge içinden geçmesi halinde, demiryolu havai hatlarının her iki tarafından geçen kısmıdır.

Bu uzunluk yakın mesafe muhabere hatları için 1 km. mesafede, uzak mesafe muhabere hatları için ise, 2 km. uzaklıktaki bir doğru ile sınırlandırılmıştır.

Eğer bir muhabere hattı, bir besleme kesimi içinde, yukarıda tarif edilen bölgeden çıkıyor ve ileride tekrar bu bölgeye giriyorsa, bu bölge içindeki kısımlarda boyuna EMK. ler birbiri ile toplanır.

TABLO : i

Öemiryolu besleme hatları topraklama halatlarının ömik dirence (Z. Cos  $\phi$ ) bağılı olarak redüksiyon faktörü

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Toprak halatının cinci	Çelik Alemnium 300/50 mm <sup>2</sup>	Çelik Alemnium 185/32 mm <sup>2</sup>	Çelik Alemnium 44/33 mm <sup>2</sup>	Bronz 50 mm <sup>2</sup>	Bronz 70 mm <sup>2</sup>	Çelik 50 mm <sup>2</sup>	Çelik 70 mm <sup>2</sup>	Çelik - Bakır % 40 50 mm <sup>2</sup>	Çelik - Bakır % 40 70 mm <sup>2</sup>
2	Doğru akım direnci Ohm/Km.	0,093	0,145	0,518	0,473	0,345	3,020	2,310	0,813	0,586
3	Ömik direnç (Z. Cos $\phi$ ) Ohm/Km.	0,10	0,15	0,59	0,51 (0,52)	0,37	3,51 (4,13)	2,46 (2,50)	0,82 (0,86)	0,59 (0,61)
i	Redüksiyon faktörü rn	0,61	0,62	0,76 (0,77)	0,75	0,69	0,99	0,98	0,83 (0,84)	0,77 (0,78)

50 Hz. için verilen ve 16 2/3 Hz. için verilmiş olanlardan farklı olan değerler parantez içinde gösterilmiştir.

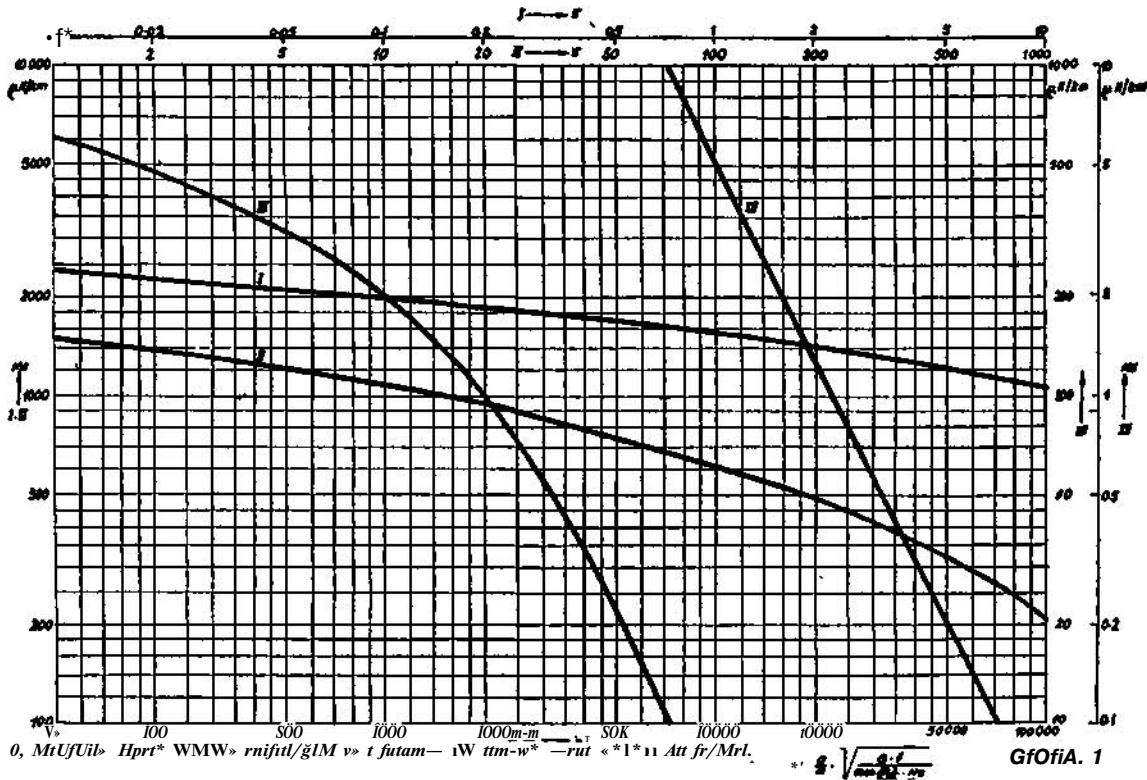
Çaprazlamalarda muhabere hattı (bu noktalarda) iki ayrı eğik yaklaşıma ayrılır. Çaprazlama noktasında yaklaşma uzaklığı; demiryol havai hatları ile muhabere hattı arasındaki mesafenin yarısı olarak kabul edilir.

Yaklaşımların eğik olması halinde etkili yaklaşma uzunluğu, yaklaşma kesiminin demiryolu havai hatları üzerindeki izdüşümüdür.

Eğik yaklaşımlarda, hatlar arasındaki mesafe 1/3 oranında veya daha az bir oranda değişiyor-

sa bu halde, karşıt endüktanslar grafik 1 de ortalama bir ( $a = \sqrt{a_1 \cdot a_2}$ ) mesafesi uzaklığı için alınır. Bu formüldeki  $a_1$  ve  $a_2$  değerleri yaklaşma kesiminin sonlarındaki uzaklıklardır. Şayet bu uzaklık 1/3 oranından daha fazla değişiyorsa bu takdirde, yaklaşmayı bu orana tekabül edecek daha küçük parçalara bölmelidir.

Mağnetik alandan doğan tehlike hesabında bir kolaylık olmak üzere, normal seyir akımı



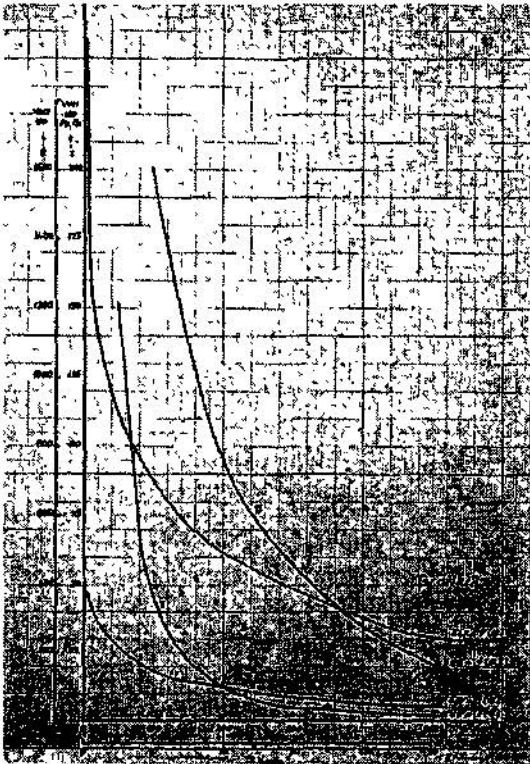
Grafik 1

TABLO : 3

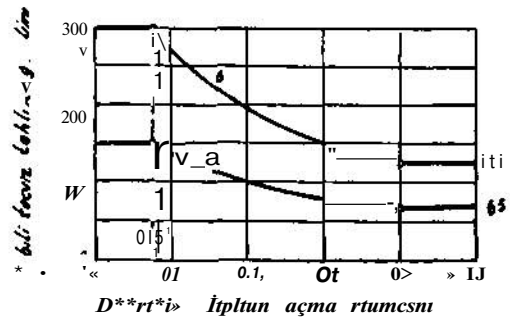
Zayıf Akım Tesislerinde müsaade edilen tehlike gerilimleri

1	2	3 »	4	5
Sıra numarası	Devrenin trafolar vasıtasıyla kapanması	Normal işletme	Kısa Devre	
		Tehlike gerilimi volt	Toplam devre açma zamanı (en çok saniye olarak)	Tehlike gerilimi volt
1 2	Trafosuz	a) Zayıf akım hatları 65 <sup>1)</sup>	- 0,15 <sup>4)</sup>	300
	Trafo ile	125 <sup>2)</sup>	0,15 <sup>4)</sup>	300
3 4	Trafosuz	b) Zayıf akım kabloları 65 <sup>1)</sup>	0,15 <sup>4)</sup>	300
	Trafo ile	250 <sup>3)</sup>	—	60% Kablo tecrübe gerilimi (Kablo iletkeni ile zarfı arasında)

1) VDE 0141/11.58 § 26 ya göre  
2) VDE 0141/11.58 § 27 ye göre  
3) VDE 0105/XII.40 § 8 b ye göre muvakkat ortalama değer.,  
Daha uzun süreli devre açma zamanları için Şekil : 1 de b eğrisine bakınız.  
Daha kısa süreli devre açma zamanları için emniyet bakımından daha yüksek tehlike gerilimlerine müsaade edilmez.



Grafik 2



Şekil : 1

Devrenin kısa devre halindeki açılma zamanına tabi olarak kabili tecviz tehlike gerilimleri «VDE 0141/11 58 Şekil 76) ve VDE 0227 Pr 8 d) 1 ve 2 ile de mukayese et »

- Zayıf akım tesislerinin herkesin temas etmesi tehlikeli olmayan kısımları,
- Zayıf akım tesislerinin herkesin temas etmesi tehlikeli olan kısımları

ve kısa devre akımı için çeşitli a mesafelerinde L = 1 km. için  $E_{1F}$  ve  $E_{1K}$  gerilimleri hesabedilerek,  $E_{1F} = f(a)$ ,  $E_{1K} = f(a)$  değişimleri grafik 2 de gösterilmiştir.

$$E_{1F} = 2ni M_r I_r L r$$

$$\left. \begin{array}{l} f = 50 \text{ Hz} \\ I_F = 0.25 \text{ kA} \\ L = 1 \text{ km.} \\ r = 0,5 \\ a = 200 \mu\text{s/cm} \end{array} \right\} \text{Sabit Muhtelif a mesafeleri için } M_{\leq} \text{ ler grafik 1 den bulunur.}$$

$$E_{1F} = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot M_e$$

$$E_{1F} = 39,25 \cdot M_e$$

$$a = 2 \text{ m için } X = * 2 \sqrt{\frac{200 \cdot 50}{M_e}} = 2 \cdot 3 \cdot 17$$

$$E_{1F} = 39,25 \cdot 1,15 \quad X = 6,34 \quad M_e = 550 \mu\text{H/km}$$

$$E_{1F} = 45 \text{ volt}$$

$$a = 4 \text{ m için } X = 4,3,17$$

$$E_{1F} = 39,25 \cdot 1,05 \quad X = 12,68 \quad M_e = 1050 \mu\text{H/km}$$

$$E_{1F} = 41,2 \text{ volt}$$

$$a = 6 \text{ m için } X = 6,3,17$$

$$E_{1F} = 39,25 \cdot 0,95 \quad X = 19 \quad M_e = 950 \mu\text{H/km}$$

$$E_{1F} = 37,4 \text{ volt}$$

$$a = 8 \text{ m için } X = 8,3,17$$

$$E_{1F} = 39,25 \cdot 0,9 \quad X = 25,36 \quad M_e = 900 \mu\text{H/km}$$

$$E_{1F} = 35,4 \text{ volt}$$

$$a = 10 \text{ m için } X = 10,3,17$$

$$E_{1F} = 39,25 \cdot 0,85 \quad X = 31,7 \quad M_e = 850 \mu\text{H/km}$$

$$E_{1F} = 33,5 \text{ volt}$$

$$a = 25 \text{ m için } X = 25,3,17$$

$$E_{1F} = 39,25 \cdot 0,69 \quad X = 79,25 \quad M_e = 690 \mu\text{H/km}$$

$$E_{1F} = 27 \text{ volt}$$

$$a = 50 \text{ m için } X = 50,3,17$$

$$E_{1F} = 39,25 \cdot 0,525 \quad X = 158,5 \quad M_e = 525 \mu\text{H/km}$$

$$E_{1F} = 20,6 \text{ volt}$$

$$a = 75 \text{ m için } X = 75,3,17$$

$$E_{1F} = 39,25 \cdot 0,45 \quad X = 238 \quad M_e = 450 \mu\text{H/km}$$

$$E_{1F} = 17,7 \text{ volt}$$

$$a = 100 \text{ m için } X = 100,3,17$$

$$E_{1F} = 39,25 \cdot 0,4 \quad X = 317 \quad M_e = 400 \mu\text{H/km}$$

$$E_{1F} = 15,7 \text{ volt}$$

$$a = 150 \text{ m için } X = 150,3,17$$

$$E_{1F} = 39,25 \cdot 0,34 \quad X = 475 \quad M_e = 340 \mu\text{H/km}$$

$$E_{1F} = 13,4 \text{ volt}$$

$$a = 200 \text{ m için } X = 200,3,17$$

$$E_{1F} = 39,25 \cdot 0,28 \quad X = 634 \quad M_e = 280 \mu\text{H/km}$$

$$E_{1F} = 11 \text{ volt}$$

$$a = 300 \text{ m için } X = 300,3,17$$

$$E_{1F} = 39,25 \cdot 0,22 \quad X = 951 \quad M_e = 220 \mu\text{H/km}$$

$$E_{1F} = 8,7 \text{ volt}$$

$$a = 400 \text{ m için } X = 400,3,17$$

$$E_{1F} = 39,25 \cdot 0,17 \quad X = 1268 \quad M_e = 170 \mu\text{H/km}$$

$$E_{1K} = 6,7 \text{ volt}$$

$$a = 500 \text{ m için } X = 500,3,17$$

$$E_{1F} = 39,25 \cdot 0,14 \quad X = 1585 \quad M_e = 140 \mu\text{H/km}$$

$$E_{1F} = 5,5 \text{ volt}$$

$$a = 1000 \text{ m için } X = 1000,3,17$$

$$E_{1F} = 39,25 \cdot 0,055 \quad X = 3170 \quad M_e = 55 \mu\text{H/km}$$

$$E_{1F} = 2,16 \text{ volt}$$

$$a = 2000 \text{ m için } X = 2000,3,17$$

$$E_{1F} = 39,25 \cdot 0,013 \quad X = 6340 \quad M_e = 13 \mu\text{H/km}$$

$$E_{1F} = 0,5 \text{ volt}$$

$$E_m = 2TC f.M_e.I_K.L.r$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$I_K = 1,4 \text{ kA}$$

$$L = 1 \text{ km}$$

$$r = 0,5$$

$$a = 200 \text{ (is/cm)}$$

Sabit M ler bundan önceki hesapta bulunmuştur.

$$E_{1K} = 2,3,14 \cdot 50 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot M_e$$

$$E_{1K} = 220 \cdot M_e$$

$$a = 2 \text{ m için } M_e = 550 \mu\text{H/km} \quad E_{1K} = 253 \text{ volt}$$

$$a = 4 \text{ m için } M_e = 1050 \quad E_{1K} = 231 \quad \gg$$

$$a = 6 \text{ m için } M_e = 950 \quad E_{1K} = 209 \quad \gg$$

$$a = 8 \text{ m için } M_e = 900 \quad E_{1K} = 198 \quad \gg$$

$$a = 10 \text{ m için } M_e = 850 \quad E_{1K} = 187 \quad \gg$$

$$a = 25 \text{ m için } M_e = 690 \quad E_{1K} = 152 \quad \gg$$

$$a = 50 \text{ m için } M_e = 525 \quad E_{1K} = 115 \quad \gg$$

$$a = 75 \text{ m için } M_e = 450 \quad E_{1K} = 99 \quad \gg$$

$$a = 100 \text{ m için } M_e = 400 \quad E_{1K} = 88 \quad \gg$$

$$a = 150 \text{ m için } M_e = 340 \quad E_{1K} = 75 \quad \gg$$

$$a = 200 \text{ m için } M_e = 280 \quad E_{1K} = 61,5 \quad \gg$$

$$a = 300 \text{ m için } M_e = 220 \quad E_{1K} = 48,5 \quad \gg$$

$$a = 400 \text{ m için } M_e = 170 \quad E_{1K} = 37,5 \quad \gg$$

$$a = 500 \text{ m için } M_e = 140 \quad E_{1K} = 31 \quad \gg$$

$$a = 100 \text{ m için } M_e = 55 \quad E_{1K} = 12 \quad \gg$$

$$a = 200 \text{ m için } M_e = 13 \quad E_{1K} = 2,9 \quad \gg$$

Zayıf akım hatlarında (çift iletkenli), katenlerin elektriki alanından dolayı uyarılan akım aşağıdaki formüle göre hesap edilir.

$$I_c = 2 \cdot 7 t \cdot f C_D \cdot U_1 \cdot L \cdot q$$

$I_c$  : Katener tarafından, zayıf akım hattında uyarılan akımın mA olarak değeri

f : Katenerin Hz. olarak frekansı

$C_D$  : Katener ile zayıf akım hattı arasındaki kapasitenin /i.F/km olarak değeri

$U_1$  : Katenerin kV olarak nominal gerilimi

L : Etki eden yaklaşma uzunluğunun km olarak değeri

q : Topraklanmış iletkenlerden veya ağaçlardan elektriki bakımdan korunmayı ifade eden bir faktördür.

Zayıf akım hattının yakınında bulunan sık ağaçlı yerlerde  $q = 0,7$  dir. Ağaçların sık olmadığı yerlerde ise  $q = 1$  dir.

#### Zayıf Akım Tesislerinde Tehlike Bakımından Müsaade Edilen Değerler

Katenerin, zayıf akım hatları üzerindeki tesirleri; magnetik ve elektrik bakımından yukarıda incelenmiştir.

Şimdi, bu tesirlerin insan hayatı bakımından hangi sınırlar dahilinde bulunması gerektiği incelenecektir.

Gerek VDE 0227/150 (1961) ve gerekse W. Schrank'in Schutz gegen Berührungsspannungen isimli kitabın 11. sayfasında insan hayatı emniyeti bakımından sınır gerilimi 65 Volt ve sınır akımı da 15 mA olarak tesbit edilmiştir

Dolayısıyla yapılan hesaplar bu kıymetler üzerinden değerlendirilecektir.

1) Kapasitif tesir :

a) Tehlike gerilimi ( $U_D$ ) :

$U_D$  : yalnız (a) yaklaşma uzaklığına bağlı olduğundan grafik 2 ye göre  $a \geq 82$  m olmalıdır.

b) Tehlike akımı ( $I_c$ ) :

$I_c >$  ( $a$ ) yaklaşma uzaklığı ve (L) yaklaşma uzunluğuna tabiidir. Belli iki nokta arasında meydana gelecek  $I_c$  akımını, tespit edilen sınır değer altında tutabilmek, ancak (a) yaklaşma uzaklığını artırmak suretile mümkündür

2 — Elektrik alandan doğan tehlike :

Zayıf akım hatlarında (Çift iletkenli), katener tarafından uyarılan gerilim aşağıdaki formüle göre hesap edilir.

$$U_D = U_F \cdot \frac{C_D}{C_E}$$

$U_D$  : Katener tarafından uyarılan gerilimin kV olarak değeri,

$U_F$  : Katenerin kV olarak nominal gerilimi,

$C_D$  : Katener ile çift iletkenli zayıf akım hattı arasındaki kapasitenin  $\mu F/km$  olarak değeri,

$C_E$  : Çift iletkenli bir zayıf akım hattı ile toprak arasındaki kapasitenin  $\mu F/km$  olarak değeri.

$$C_D = \frac{9}{4} \cdot \frac{b \cdot c}{a^2 + b^2 + c^2} \cdot 10^{-3} \mu F/km$$

$$C_E = 9 \cdot 10^{-3} \mu F/km \text{ dir.}$$

Bu formüldeki sembollerin ifade ettikleri mânalar :

a : Katener hattı ile çift iletkenli zayıf akım hattı arasındaki uzaklık, metre olarak

b : Katener ile toprak arasındaki uzaklık; metre olarak. Taşıyıcı halatı bulunan katenerlerde

b = 12 m alınır.

c : Çift iletkenli zayıf akım hattı ile toprak arasındaki uzaklık; metre olarak  
Bu uzaklık umumiyetle 6 m dir.

Muhtelif a uzaklıkları için  $C_D$  ve  $U_D$  ler hesaplanarak,  $U_D = f(a)$  değişimi grafik 2 de gösterilmiştir.

$$U_D = U_F \cdot \frac{C_D}{C_E}$$

$$C_D = \frac{9}{4} \cdot \frac{b \cdot c}{a^2 + b^2 + c^2} \cdot 10^{-3} \mu F/km$$

$$C_E = 9 \cdot 10^{-3} \mu F/km$$

$$\left. \begin{array}{l} U_F = 25 \text{ kV} \\ b = 12 \text{ m} \\ c = 6 \text{ m} \\ C_E = 9 \cdot 10^{-3} \mu F/km \end{array} \right\} \text{Sabit}$$

$$U_D = \frac{9}{4} \cdot \frac{12 \cdot 6}{a^2 + 144 + 36} \cdot 10^{-5} = \frac{162}{a^2 + 180} \cdot 10^{-3}$$

a = 10 m için

$$C_D = \frac{162}{100 + 180} \cdot 10^{-3} = 0,58 \cdot 10^{-3} \mu F/km$$

$$U_D = 25 \cdot \frac{0,58 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-3}} = 1,61 \text{ kV}$$

$$U_D = 1610 \text{ volt}$$

$$C_D^a = \frac{162}{225 + 180} \cdot 10^{-3} = 0,4 \cdot 10^{-3} \mu F/km$$

$$U_D = 25 \cdot \frac{0,4 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-3}} = 1,1 \text{ kV}$$

$$U_D = 1100 \text{ volt}$$

a = 20 için

$$C_D = \frac{162}{400 + 180} \cdot 10^{-3} = 0,28 \cdot 10^{-3} \mu F/km$$

$$U_D = 25 \cdot \frac{0,28 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-3}} = 0,78 \text{ kV}$$

$$U_D = 780 \text{ volt}$$

= 25 m için

$$C_D^a = \frac{162}{625 + 180} \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 10^{-3} \mu F/km$$

$$U_D = 25 \cdot \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-3}} = 0,56 \text{ kV}$$

$$U_D = 560 \text{ volt}$$

a = 30 m için

$$C_D = \frac{162}{900 + 180} \cdot 10^{-3} = 0,162 \cdot 10^{-3} \mu F/km$$

$$U_D = 25 \cdot \frac{0.162 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-3}} = 0,45 \text{ kV}$$

$$U_D = 450 \text{ volt}$$

$$a = 40 \text{ m için}$$

$$C_D = \frac{162}{1600+180} \cdot 10^{-3} = 0,1 \cdot 10^{-3} \mu\text{F/km}$$

$$U_D = 25 \cdot \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-3}} = 0,28 \text{ kV}$$

$$U_D = 280 \text{ volt}$$

$$a = 50 \text{ m için}$$

$$C_D = \frac{162}{2500+180} \cdot 10^{-3} = 0,06 \cdot 10^{-3} \mu\text{F/km}$$

$$U_D = 25 \cdot \frac{0,06 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-3}} = 0,167 \text{ kV}$$

$$U_D = 167 \text{ volt}$$

$$a = 75 \text{ m için}$$

$$C_D = \frac{162}{5625+180} \cdot 10^{-3} = 0,03 \cdot 10^{-3} \mu\text{F/km}$$

$$U_D = 25 \cdot \frac{0,03 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-3}} = 0,08 \text{ kV}$$

$$U_D = 80 \text{ volt}$$

$$a = 100 \text{ m için}$$

$$C_D = \frac{162}{10000+180} \cdot 10^{-3} = 0,016 \cdot 10^{-3} \mu\text{F/km}$$

$$U_D = 25 \cdot \frac{0,016 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-3}} = 0,044 \text{ kV}$$

$$U_D = 44 \text{ volt}$$

$$a = 200 \text{ m için, } C_D = \frac{162}{40000+180} \cdot 10^{-3} = 0,004 \cdot 10^{-3} \mu\text{F/km}$$

$$U_D = 25 \cdot \frac{0,004 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-3}} = 0,011 \text{ kV}$$

$$U_D = 11 \text{ volt}$$

$$a = 300 \text{ m için}$$

$$C_D = \frac{162}{90000+180} \cdot 10^{-3} = 0,0018 \cdot 10^{-3} \mu\text{F/km}$$

$$U_D = 25 \cdot \frac{0,0018 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-3}} = 0,005 \text{ kV}$$

$$U_D = 5 \text{ volt}$$

$$a = 400 \text{ m için}$$

$$C_D = \frac{162}{60000+180} \cdot 10^{-3} = 0,001 \cdot 10^{-3} \mu\text{F/km}$$

$$U_D = 25 \cdot \frac{0,001 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-3}} = 0,0028 \text{ kV}$$

$$U_D = 2,8 \text{ volt}$$

$$a = 500 \text{ m için}$$

$$C_D = \frac{162}{250000+180} \cdot 10^{-3} = 0,000648 \cdot 10^{-3} \mu\text{F/km}$$

$$U_D = 25 \cdot \frac{0,000648 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-3}} = 0,0018 \text{ kV}$$

$$U_D = 1,8 \text{ volt}$$

Örneğin: H. Paşa - Adapazarı arasında yapılmış olan PTT hatlarının demiryolu hattını para-

lel takip ettiğinin kabulü edelim. Bu kabule göre, demiryolu 1 güzergâhı 25 kV 50 Hz. sistemle elektrikleştiği takdirde, PTT hatlarında insan hayatı bakımından tehlikeli bir tesir yaratılmaması için (a), yaklaşma uzaklığının minimum değerini tespit edelim.

$$1) I_c = 2 \cdot \pi \cdot C_D \cdot U_F \cdot L \cdot q = 20 \text{ km}$$

$$15 = 2,3,14,50 \cdot C_D \cdot 25,20,1 \text{ (Katenerin bir besleme bölgesi)}$$

$$C_D = \frac{15}{2 \cdot 3,14,50,25,20} \mu\text{F/km}$$

$$C_D = 0,0954 \cdot 10^{-3} \mu\text{F/km}$$

$$C_D = \frac{9}{4} \cdot \frac{b \cdot c}{a^2 + b^2 + c^2} \cdot 10^{-3} \mu\text{F/km}$$

$$0,0954 \cdot 10^{-3} = \frac{9 \cdot 12,6}{4 \cdot a^2 + 144 + 36} \cdot 10^{-3} = \frac{162}{a^2 + 180} \cdot 10^{-3}$$

$$a = \frac{162 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{0,0954 \cdot 10^{-3}} - 180}$$

$$a = 38 \text{ m}$$

2) Endüktif tesir :

$E_{IF}$  ve  $E_{IK}$  gerilimleri de (a) yaklaşma uzaklığı ve (L) yaklaşma uzunluğuna tabi olduğundan, bu gerilimleri sınır gefilimi altında tutabilmek, ancak (a) yaklaşma uzaklığının artırılması ile mümkün olabilecektir.

Yine yukarıdaki örneği alarak asgari (a) yaklaşma uzaklığını bulalım.

a) Kısa devre için :

$$E_{JK} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot M_c \cdot I \cdot L \cdot r \text{ volt}$$

$$350 = 2,3,14,50 \cdot M_c \cdot 1,4 \cdot 20,0,5$$

$$M_c = \frac{350}{2,3,14,50,1,4 \cdot 20,0,5} = 79 \cdot 10^{-3} \text{ mH/km}$$

Grafik 1 den  $M_c = 79 \mu\text{H/km}$  için,

$$X = 2300 \quad 2300 = a,3,17$$

$$a = \frac{2300}{3,17} = 720 \text{ m}$$

a = 720 m bulunur

b) Normal işletme için :

$$65 = 2,3,14,50 \cdot M_e \cdot 0,25,20,0,5$$

$$M_e = \frac{65}{2,3,14,50,0,25,20,0,5} = 82 \cdot 10^{-3} \text{ mH/km}$$

Grafik 1 den  $M_e = 82 \mu\text{H/km}$  için;

$$X = 2300$$

$$2300 = a,3,17$$

$$a = \frac{2300}{3,17}$$

a = 730 m.

Yukarıdaki hesapların neticesi olarak,

1 — a, b ve 2 — a, b fasıllarından hesab edilmiş olan (a) mesafelerinden en büyüğünün nazarı itibare alınması gerekir.

Bu itibarla, zayıf akım hattında hiç bir tedbirin alınmadığı ve (a) yaklaşma mesafesinin her noktada aynı olduğu kabul edilirse, bu güzergâhta, zayıf akım hatlarının, demiryolundan açıklığının en az 730 m olması lâzım gelir.

Katenerin bir besleme bölgesi içinde, bu katenera olan uzaklığı yer yer değişerek devam eden bir zayıf akım hattında meydana gelecek akım ve gerilimler ise şu şekilde hesaplanır.

Her yaklaşma uzaklığı için yukarıda takip edilen hesap metodu ile zayıf akım tesislerinde katener hattı tarafından meydana getirilen gerilim ve akımlar hesap edilir. Neticede her yaklaş/na kesimi için bulunan akım ve gerilimler ayrı ayrı toplanır Gerilim ve akımların bu toplam de-

ğerleri tehlike sınırı için de kalıp kalmadığına göre hüküm verilir. Şayet sınır değerler aşıyorsa; yaklaşma olan kısımlardan bir veya bir kaç, veya icap ederse hepsi tehlike akımı ve gerilimi sınır değerlerin altında kalacak şekilde PTT hatları katenerden uzaklaştırılır.

Referanslar :

- 1 — VDE Band II (1961 baskı)
- 2 — W Schrank'in Schutz gegen Berührungsspannungen.
- 3 — H W Goetsch'in Taschenbuch für Fernmeldetechniker (kısım 2).
- 4 — Dr. Kari Strecker'in Hilfsbuch für üie elektrotechnik

Not Çalışmalarımızda kıymetli yardımlarını esirgemeyen Y Muh Recep Aydınoglu ile Y Mufi Mustafa Erener'e bilhassa teşekkür ederiz.

Dışınnar—Btlkay

## ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİNDEN

Meslekî ve bilimsel teşekküllerle işbirliğini gaye edinen üniversitemiz, bu kere «ELEKTRONİK HESAP» ve «COMPUTER» mevzularında bir ihtisas programı hazırlamıştır. Bu maksatla ilk olarak 4 Ekim 1964 tarihinden itibaren, Ass. Prof. Dr. Y. Mühendis Okan Gürel tarafından, haftada 3 saat olmak üzere Lineer Programming (Lineer Programlama) dersleri verilecek ve bunu 2. sönestrede Dynamic Programming (dinamik programlama) ve Operational Research (Hareket araştırması) dersleri ile seminerler takip edecektir.

Bu alanda ihtisas yapmak ve faydalanmak isteyenlerin O.D.T.Ü. Matematik Bölümü Başkanlığı'na müracaat edebilirler.

## Serbest Müşavir ve Mühendislerin Dikkatine

Çeşitli Devlet ve Özel teşekküller, yaptıracakları işler için zaman zaman Müşavir ve Müteahhit üyelerimizin bildirilmesini istemektedirler.

Odamız, bu istekleri «Serbest Müşavir ve Mühendislik» yönetmeliği çerçevesinde yerine getirmektedir.

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği alanında iş yapan üye ve firmaların bu hususta dikkatlerini çekmeyi faydalı görüyoruz.