

ÇEŞİTLİ EKLATÖRLERLE

ORTA GERİLİM TESİSLERİNİN

AŞIRI GERİLİMLERE KARŞI KORUNMASI

UĞUR ÜNVER

UDK: 621.316.933

ÖZET

Orta gerilim (1-35 kV) tesislerinin atmosferik ya da dahili aşırı gerilimlere karşı korunması bazı sakıncalarına rağmen en ekonomik ve en basit bir şekilde eklatörlerle sağlanabilir. Eklatörlerle sağlanan korumaya etkiyen etkenler içinde en önemlilerinden biri de eklatör elektrotlarının geometrik biçimleridir.

Bu yazıda, çeşitli elektrot biçimlerine sahip eklatörler içinde belirli bir işletme geriliminde çalışan bir yüksek gerilim aygıtını aşırı gerilimlere karşı en iyi şekilde koruyan eklatör tipi deneysel araştırmalarla saptanmaya çalışılmıştır. Yapılan araştırmalarda, çeşitli boyut ve biçimlerde 22 çift elektrot gittikçe artan atlama uzaklıklarında darbe (vurum) gerilimi altındaki davranışı incelenerek atlama karakteristiği elde edilmiştir. Bu karakteristikler birbirleriyle koruma yönünden karşılaştırılarak verilen bir işletme geriliminde en iyi korumayı sağlayan elektrot çifti bulunmuştur.

SUMMARY

Protection of medium-voltage (1-35 kV) electrical installations against atmospheric or internal over-voltages can be provided by spark-gaps in a simplest and cheapest way in spite of some disadvantages. One of the most important factors affecting the protection provided by spark-gaps is the spark-gap geometry.

in this paper, among various spark-gap electrodes the optimum pair which provides the best protection for a given apparatus operating at a given system voltage has been tried to be determined by experimental investigations. in these experiments, 22 electrode pairs with different dimensions and shapes have been subjected to impulse voltages at increasing gap-spacings. Later, flashover characteristics have been obtained by examining the performance of each one of these electrode pairs under impulse voltage tests. The electrode pair which provides the best protection at a given voltage level is determined by comparing these characteristics with one another from protection point of view.

1. GİRİŞ

Elektrik tesisleri zaman zaman özellikle yıldırımların yol açtığı aşırı gerilimlerle karşılaşılır. Bunun sonucu olarak, işletmede bulunan elektrik aygıtında ciddi hasarlar ya da atlamalar meydana gelebilir. Tesislerin aşırı gerilimlerden zarar görmemeleri ve korunabilmeleri için genellikle parafudr, genleşme tübü ve eklatör adı verilen koruyucu düzenler kullanılır. Bunlar, korunacak aygıtın terminalleri arasında meydana gelecek herhangi bir aşırı gerilimi sınırlayarak zararsız hale getirirler. Bu tertipleri kullanırken bunların atlama karakteristikleri (impulse flashover characteristics) ile korunacak aygıtın darbe yalıtkanlık seviyeleri aşağıda açıklanacağı gibi göz önünde bulundurulmalıdır.

1.2 Yalıtkanlık Koordinasyonu

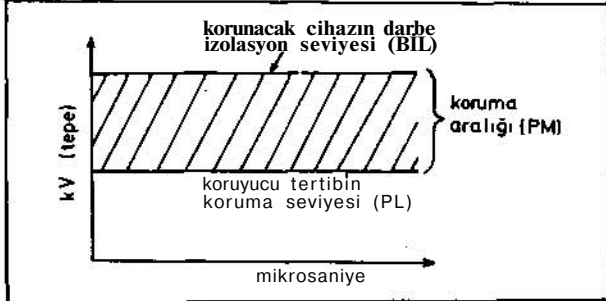
Yalıtkanlık koordinasyonu, korunacak elektrik aygıtının darbe yalıtkanlık seviyesi ile kullanılan koruyucu düzen koruma seviyesi (sınırladığı darbe gerilim seviyesi) arasında aygıt yalıtkanlığını aşırı gerilimlerden korumak üzere karşılıklı bir münasebet kurmaktır. Bu münasebete görl, kullanılacak olan koruyucu tertibin koruma seviyesi, korunacak aygıtın darbe yalıtkanlık seviyesinden daha düşük olmalıdır. Bu esasa dayanarak, bir trafo istasyonunda transformatörlerin, kesicilerin, bara mesnet izolatörlerinin ve diğer aygıtların darbe yalıtkanlık seviyeleri kullanılacak olan koruyucu düzenlerin koruma seviyelerinden daima daha yüksek seçilmelidir.

Muhtelif işletme gerilimlerinde çalışan elektrik aygıtının darbe yalıtkanlık seviyeleri bugün standartlaştırılmış bulunmakta ve esas yalıtkanlık seviyesi (BİL) değerleri olarak anılmaktadır. Herhangi bir yalıtkanlık koordinasyonunda, korunacak aygıtın darbe yalıtkanlık seviyesi olarak BİL değerleri esas alınır.

Genellikle korunacak olan bir elektrik aygıtının yalıtkanlık seviyesi ile kullanılacak olan koruyucu düzenin koruma seviyesi arasında 4 ek il l'de görüldüğü gibi belirli bir koruma aralığı bırakılır.

Uğur Ünver, TEK

6. teknik kongre



Şekil 1. Korunacak aygıtın darbe yalıtkanlık seviyesi (BİL) ile kullanılacak olan koruyucu tertibin koruma seviyesi arasındaki bağıntı

Koruma aralığı pratikte yüzde olarak aşağıdaki şekilde tanımlanabilir.

$$PM = [(BIL/PL) - 1] \cdot 100$$

Burada,

PM = Koruma aralığı

BİL = Korunacak aygıtın esas yalıtkanlık seviyesi

PL = Koruma tertibinin koruma seviyesi

Yukarıdaki (BİL/PL) ifadesi koruma oranı diye tanımlanabilir. Minimum koruma oranı, darbe gerilimleri için 1,20 ; manevra gerilimleri için ise 1,15 olmalıdır. Bu oranlar sırasıyla % 20 ve Z 15'lik koruma aralıkları sağlarlar. Ancak, bu değerler aygıt ve koruyucu tertipler arasında doğrudan doğruya bağlantıları yapılmış olduğundan geçerlidir.

2. EKLATÖRLER

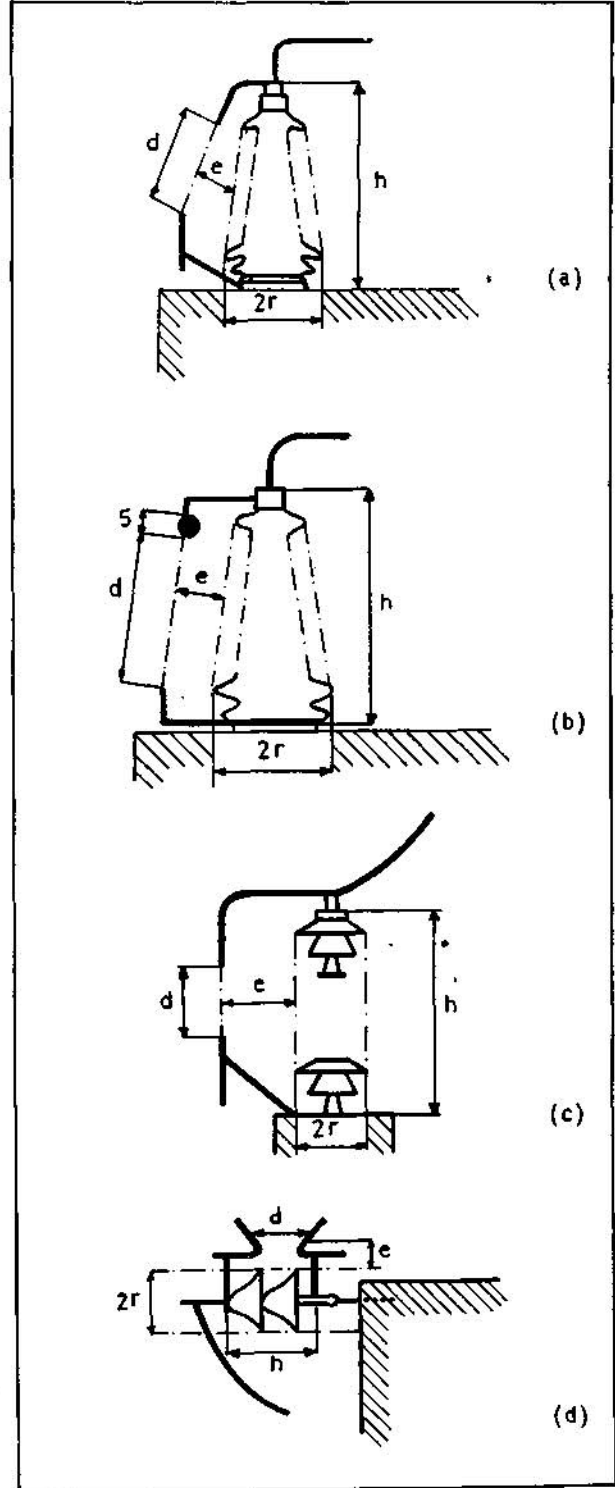
2.1 Genel

Salt aygıtlarının aşırı gerilimlere karşı korunması, koruyucu düzenler arasında en basit ve en ucuz olarak eklatörlerle sağlanabilir.

Eklator, biri enerjili diğeri topraklı elektrotla, bunlar arasındaki açık havadan meydana gelen belirli bir elektrot açıklığından ibaret bir tertiptir. Pratikte, aşırı gerilimlere karşı elektrik tesislerinde kullanılan eklatörler uygun kesit ve biçimlerde metal çubuklu elektrotlardan meydana gelir ve ark boynuzu adını alırlar.

2.2 Eklatorlerin Pratikteki Uygulaması

Eklatorler, aşırı gerilimden korunması istenen ağıta paralel olarak ve ağıttan belli bir mesafeye ya da ağıttan buşingleri üzerine yerleştirilirler. Elektrot açıklığını ayarlayarak elektrotlar arası hava aralığının delinme gerilimi belirli bir seviyeye getirilir. Bu seviye eklatorün koruma seviyesini belirler. Elektrot açıklığı öyle ayarlanmalıdır ki, en yüksek şebeke geriliminde eklatorde herhangi bir atlama olmamalı fakat, bu gerilimin hemen belirli bir aralıktan sonra her değerinde elektrot açıklığında atlama meydana gelmelidir.



Şekil 2. Pratikte kullanılan bazı eklatörlerle elektrik aygıtının korunması

6. teknik kongre

En yüksek şebek gerilimi (kV (rms))	Korunacak aygıtın darbe ya- lıtkanlık seviyesi (BİL) kV (tepe)	Elektrot açıklığı d (cm)		h (cm)	2r (cm)	e (cm)
		Normal Maksimum				
		Normal	Maksimum			
12	75	4	6	30	11	6
17,5	95	6	8	30	11	6
24	125	9	13	30	11	6
52	250	22	27	95	30	18
72,5	325	28	36	110	35	20
100	450	46	55	135	42	25
170	650	72	86	185	71	40
...	750	86	108	185	71	40
...	> 0	108	128	245	80	60
245	1050	130	150	245	80	60

Tablo 1. En yüksek şebek gerilimine göre Şekil 2 (a) daki elektrot açıklığı'nın ve elektrot-aygıt arası uzaklıkların değişimi

En yüksek şebek gerilimi (kV (rms))	Korunacak aygıtın darbe ya- lıtkanlık seviyesi (BİL) kV (tepe)	Elektrot açıklığı d (cm)		h (cm)	2r (cm)	e (cm)
		Normal Maksimum				
		Normal	Maksimum			
100	450	46	55	135	42	16
170	650	72	86	185	71	20
...	750	86	108	185	71	20
...	900	108	128	245	80	30
245	1050	130	150	245	80	30

Tablo 2. En yüksek şebek gerilimine göre Şekil 2 (b) daki elektrot açıklığı'nın ve elektrot-aygıt arası uzaklıkların değişimi

En yüksek şebek gerilimi (kV (m.))	Korunacak aygıtın darbe ya- lıtkanlık seviyesi (BİL) kV (tepe)	Elektrot açıklığı d (cm)		h (cm)	2r (cm)	e (cm)
		Normal Maksimum				
		Normal	Maksimum			
170	650	72	86	156	44	50
...	750	86	108	156	44	50
420	1675	230	35	350	90	90

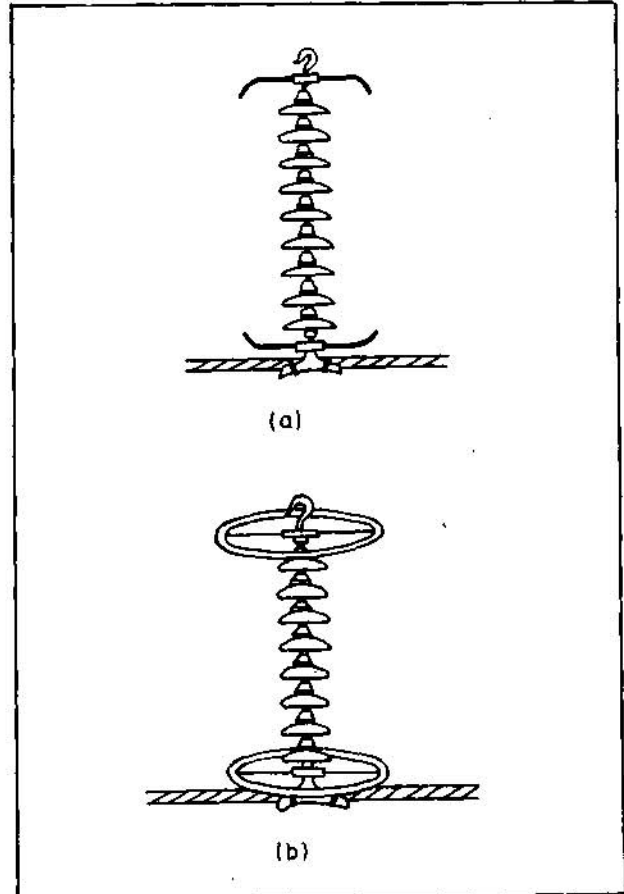
Tablo 3. En yüksek şebek gerilimine göre Şekil 2 (c) daki elektrot açıklığı'nın ve elektrot-aygıt arası uzaklıkların değişimi

En yüksek şebek gerilimi (kV (rms))	Korunacak aygıtın darbe ya- lıtkanlık seviyesi (BİL) kV (tepe)	Elektrot açıklığı d (cm)		h (cm)	2r (cm)	e (cm)
		Normal Maksimum				
		Normal	Maksimum			
17,5	95	4	5	20	15,5	5
24	125	7	9	20	15,5	5
36	170	12	15	20	15,5	5

Tablo 4. En yüksek şebek gerilimine göre Şekil 2 (d) daki elektrot açıklığı'nın ve elektrot-aygıt arası uzaklıkların değişimi

Şekil 2'de halen kullanılmakta olan muhtelif eklätörler gösterilmiştir. Şekildeki eklätörlerin boyutları, mesnet yerlerine olan uzaklıkları ve en yüksek şebek geriliminin değerine göre değişen elektrot açıklıklarına ilişkin tablolarda verilmiştir (Tablo 1, 2, 3 ve 4).

Eklätörler enerji iletim hatları boyunca kullanılan izolätörlerin korunmasında da kullanılabilir. Enerji hatları zaman zaman yıldırımlardan hasar görüp uzun süre servis dışı kalabilmektedir. Halbuki bir hattı değiştirmek oldukça masraflı ve külfetli olduğundan ark boynuzları ve dairesel ark çemberleri eklätör tertipleri olarak enerji iletim hatlarında kullanılmaktadır. Şekil 3'de görüldüğü üzere bunlar izolätörlere paralel olarak yerleştirilirler. Dairesel ark çemberleri ark boynuzlarına göre daha düzgün bir alan dağılımı sağladıklarından daha az koronaya yol açarlar. Buna karşılık, izolätörler üzerine yerleştirilmeleri güçtür.



Şekil 3. Enerji nakil hattı izolätörlerinin korunması

- a) Ark boynuzları ile
b) Dairesel ark çemberleri ile

6. teknik kongre

2.3 Eklatörlerle Korumada Dikkat Edilecek Noktalar

Orta seviyede yıldırım düşen (izokronik seviyesi 10-15 arasında olan) bölgelerde ve manevra aşırı gerilimlerinin yüksek olmadığı yerlerde eklatörlerle koruma tatminkâr kabul edilmiştir. Eğer bir sistemde eklatörlerin varlığı devrede açma-kapama (tripping closing) sayısını artırıyorrsa bu taktirde eklatörler bu sistemde kullanışlı değildirler demektir. Çünkü, sistem kararlı bir durum göstermemektedir.

Koruma yönünden eklatörlerin iki önemli sakıncası vardır :

Birincisi; herhangi bir aşırı gerilim olduğunda eklatör, aşırı gerilimi sınırlamak üzere atlama yaptıktan sonra devre enerjisini kesemediğinden deşarjdan hemen sonra şebeke geriliminin etkisiyle meydana gelen art akımının (follov current) kesilmesi olanaksızdır. Bu yüzden, elektrot açıklığında meydana gelen deşarjın temizlenebilmesi için eklatörün her atlama yapışında devre enerjisinin sistem kesicileri tarafından kesilmesi gerekir. Eklatör atlama yaptığı zaman elektrotlar arasında deşarj meydana gelir gelmez kesiciler faz toprak arızası varmışçasına çalışarak devre enerjisini keserler.

ikincisi; eklatörün darbe atlama karakteristiğinden de görülebileceği üzere, dalga cephesi dik olan aşırı gerilim dalgalarına karşı eklatör, elektrik aygıtının yalıtkanlığını aşırı gerilimlere karşı koruyamaz.

Yukarıdaki iki nedenden ötürü eklatörler genellikle enerji kesilmesine katlanılabilen devrelerde ya da çok hızlı tekrar kapamalı otomatik kesiciler yardımıyla enerji kesilmesinin giderilebileceği sistemlerde kullanılabilir.

Bir eklatörün darbe atlama gerilimi parafudrunki kadar belirli değildir. Bir başka deyimle, eklatörle sağlanan koruma seviyesi kesinlikle belirtilemez. Bunu etkileyen etkenler şunlardır:

1. Eklatörde atlama, aşırı gerilim dalgasının cephesinde meydana gelirse, dalga cephesi ne kadar dikse atlama gerilimi de o derecede yüksek olur.
2. Eklatörün geometrik biçimi atlama gerilimini etkiler.
3. Aynı elektrot açıklıklarında atlama gerilimleri bir dağılım (dispersion) göstermektedir. Bu dağılım, Şekil 4'de taralı olarak gösterilmiştir.

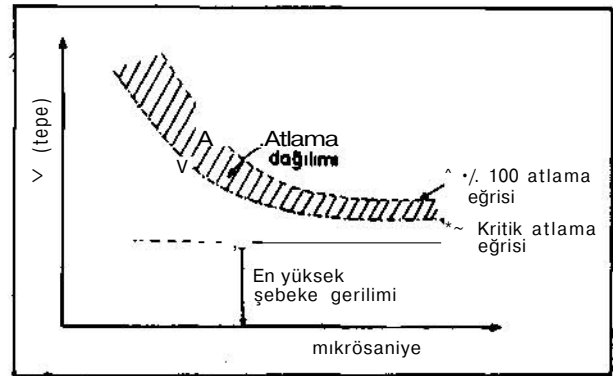
Şekil 5 'de, 40 kV luk bir transformatörü korumak amacıyla kullanılan bir eklatörün sağladığı koruma, değişken dirençli DELLE PZ 8 tipi bir parafudrun sağladığı koruma ile karşılaştırılmıştır. Şekilde görüldüğü üzere, transformatöre gelen aşırı gerilim dalgasının cephe dikliği ne kadar dik olursa olsun (şekilde maksimum 400 kV/ys) parafudr transformatörü korumaktadır. Halbuki eklatör, sadece cephe dik-

liği 50 kV/ys den daha düşük olan dalgalara karşı etkili olabilmektedir. Dolayısıyla, değişken dirençli parafudr, dalga cephesi dik olan aşırı gerilimlere karşı eklatöre göre daha etkili bir koruma sağlayabilmektedir.

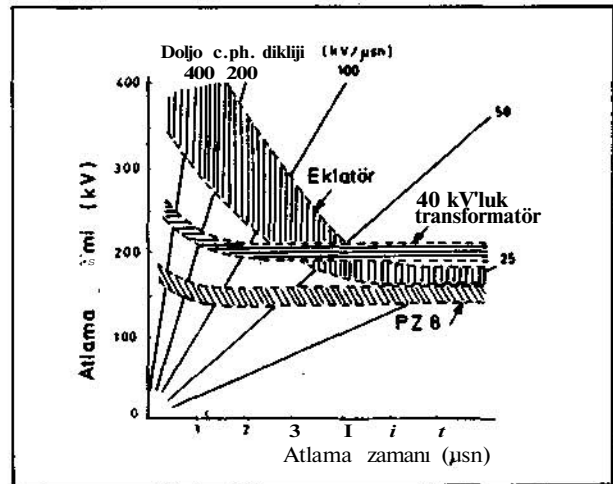
2.4 Elektrot Açıklığının Ayarlanması

Elektrik aygıtının korunmasında kullanılacak eklatörün elektrot açıklığı belirli bir koruma seviyesini sağlayacak şekilde ayarlanır. Bu amaçla aşağıdaki sıra izlenmelidir:

1. Esas yalıtkanlık seviyelerini gösteren Tablo 5' ten yararlanarak korunacak aygıtın BİL değeri saptanır.
2. Aygıtın BİL değeri ile eklatörün % 100 darbe atlama gerilimi ÜF arasında koruma oranı olarak minimum 1,25 değeri seçilir. Böylece, $(BİL/U^{\wedge} > 1,25$ olur. Koruma iletkenleri (shielding wires) yardımıyla tra-



Şekil 4. Bir eklatörün darbe geriliminin dağılımı



Şekil 5. Bir eklatör ile değişken dirençli PZ 8 tipi bir parafudrun 40 kVluk bir transformatörü korumaları

6. teknik kongre

Nominal şebeke gerilimi (fazlar arası)	En yüksek şebeke gerilimi (fazlar arası)	Aygıt yalıtkanlığı için standart darbe dayanma gerilimi (BİL)		Koruyucu tertipler için standart darbe koruma seviyeleri	
(Efikas değer) kV	(Efikas değer) kV	Tam yalıtma (Tepe değeri) kV	Azaltılmış yalıtma (Tepe değeri) kV	Tam yalıtma (Tepe değeri) kV	Azaltılmış yalıtma (Tepe değeri) kV
3,3	3,6	45	-	16	-
6,6	7,2	60	-	26	-
11	12	75	-	47	-
15	17,5	95	-	70	-
22	24	125	-	95	-
33	36	170	-	130	-
47	52	250	-	180	-
66	72,5	325	-	245	-
88	100	450	380	330	306
110	123	550	450	415	330
132	145	650	550	450	415
			450		330
150	170	750	650	565	450
			550		415
220	245	1050	900	825	660
			825		612
			750		565
275	300	-	1175	-	925
			1050		825
			900		660
400	420	-	1675	-	1280
			1550		1140
			1425		1100
			1300		1020

Tablo 5. Standart darbegerilimleri (BİL) ve bunlara tekabül eden standart darbe koruma seviyeleri

fo merkezleri üzerinde belirli bir uzaklığa kadar uygun bir koruma alanı sağlanabilirse, ya da sistemde çok diğ cepheli dalgaların meydana gelmesini önleyecek koruyucu tertiplerin bulunması halinde, bu oranın genellikle yeterli bir koruma sağladığı kabul edilmiştir. % 100 darbe atlama gerilimi U^{\wedge} nin değeri (BİL/UI) = 1,25 eşitliğinden bulunabilir.

3. Madde 2'de bulunan % 100 darbe atlama gerilimi, U^{\wedge} ye tekabül eden elektrot açıklığı deneysel % 100 darbe atlama eğrilerinden yararlanarak bulunabilir.

Elektrot açıklığının ayarlanması bir dereceye kadar deneyime dayanır. Önce düşük bir esas yalıtkanlık seviyesi seçilip buna tekabül eden elektrot açıklığı bulunur. Daha sonra, gerekirse bu açıklık yeterli koruma sağlayan sınırlar içinde artırılabilir.

3. ÇEŞİTLİ EKLATÖRLER ÜZERİNDE KORUMA YÖNÜNDEN YAPILAN ARAŞTIRMALAR

3.1 Genel


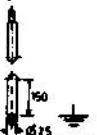
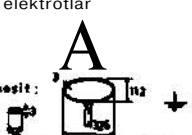
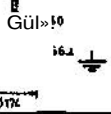
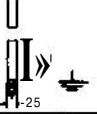

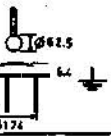
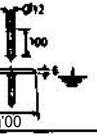
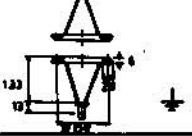
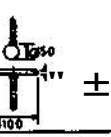

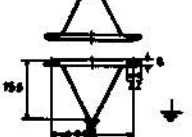


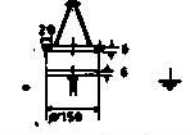
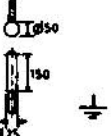
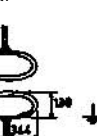
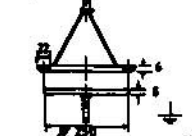
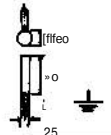
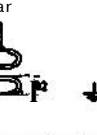
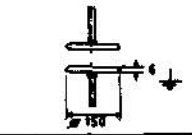
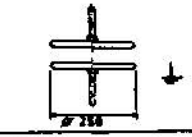
Bir eklatörün atlama gerilimini etkileyen etkenler

içinde en önemlisi eklatörün geometrik biçimidir. Elektrotun biçimi, elektrot açıklığındaki alan dağılımını ve dolayısıyla eklatörün koruma seviyesini büyük ölçüde etkiler. Bu bakımdan, işletmede çalışan bir aygıtı en iyi kpruyan eklatörün geometrik biçimi nasıl olmalıdır Sorusuna cevap bulabilmek amacıyla muhtelif geometrik biçimlerdeki elektrot çiftleri değişik polariteli darbe gerilimlerine tabi tutularak değişen elektrot açıklıklarında sınınamışlardır. Bu sınınamalarla elde edilen darbe atlama karakteristikleri yardımıyla bir sonuca varılmaya çalışılmıştır.

3.2 Eklatörler Üzerinde Yapılan Testler

Eklatörler teker teker pozitif ve negatif polariteli 1/50 darbe dalgalarına tabi tutularak sınınamışlardır. Bu amaçla düşey olarak ve biri topraklı diğeri enerjili olmak üzere yerleştirilen elektrotların arasındaki açıklık uzaktan kumandalı bir motor aracılığıyla 1 cm'den başlayarak 10-12 cm'ye kadar artırılmıştır. Her elektrot açıklığında atlama gerilimleri ölçülmüş ve elektrot açıklıklarının bir işlevi olarak darbe atlama karakteristikleri elde edilmiştir.

6. teknik kongre

Eklator no	Eklator düzeni	Eklator no	Eklator düzeni	Eklator no	Eklator düzeni
1	Küre - Küre 	8	Çubuk - Çubuk 	15	Bruce profilli elektrotlar 
2	Küre - Bruce 	9	Çubuk - Çubuk 	16	Bruce profilli elektrotlar 
3	Küre - Bruce 	10	Çubuk - Disk 	17	Halka - Halka 
4	Küre - Disk 	11	Çubuk - Disk 	18	Halka - Halka 
5	Küre - Disk 	12	Bruce - Bruce 	19	Halka - Disk 
6	Küre - Çubuk 	13	Bruce profilli elektrotlar 	20	Halka - Disk 
7	Küre - Çubuk 	H	Bruce profilli elektrotlar 	21	Disk - Disk 
Tablo 6. Teste tabi tutulan eJcJatörler					
				22	Disk - Disk 

6. teknik kongre

3.2.1 Teste Tabi Tutulan Eklatorler

Koruma seviyelerinin belirlenmesi amacıyla darbe testi uygulanan eklatorler Tablo 6'da gösterilmiştir. Tabloda her eklator'e bir numara verilmiş ve ileride ilgili eklatorün darbe atlama karakteristiği bu numara ile tanımlanmıştır. ..

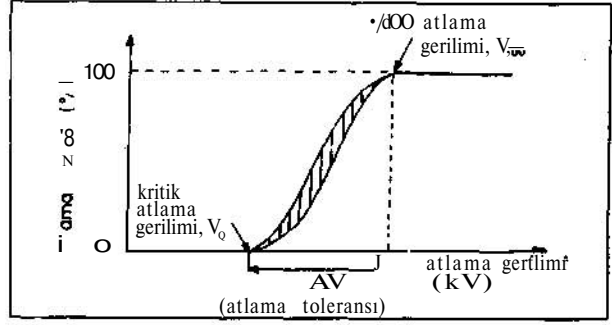
Darbe testi uygulanan eklatorler arasında Bruce tarafından kullanılan düzgün alanlı elektrotlar da (Tablo 6'da 12 sayılı eklator) bir eklator düzeni olarak koruma yönünden incelenmiştir.

Bruce elektrotlarının bir adaptasyonu olarak dairesel ve dikdörtgen kesitli çubuklar bükülmek suretiyle küçük ve büyük boyutlu Bruce profilli elektrot çiftleri elde edilmiş (Tablo 2'de 13, 14, 15 ve 16 sayılı eklatorler) ve eklator tertipleri olarak teste tabi tutulmuşlardır.

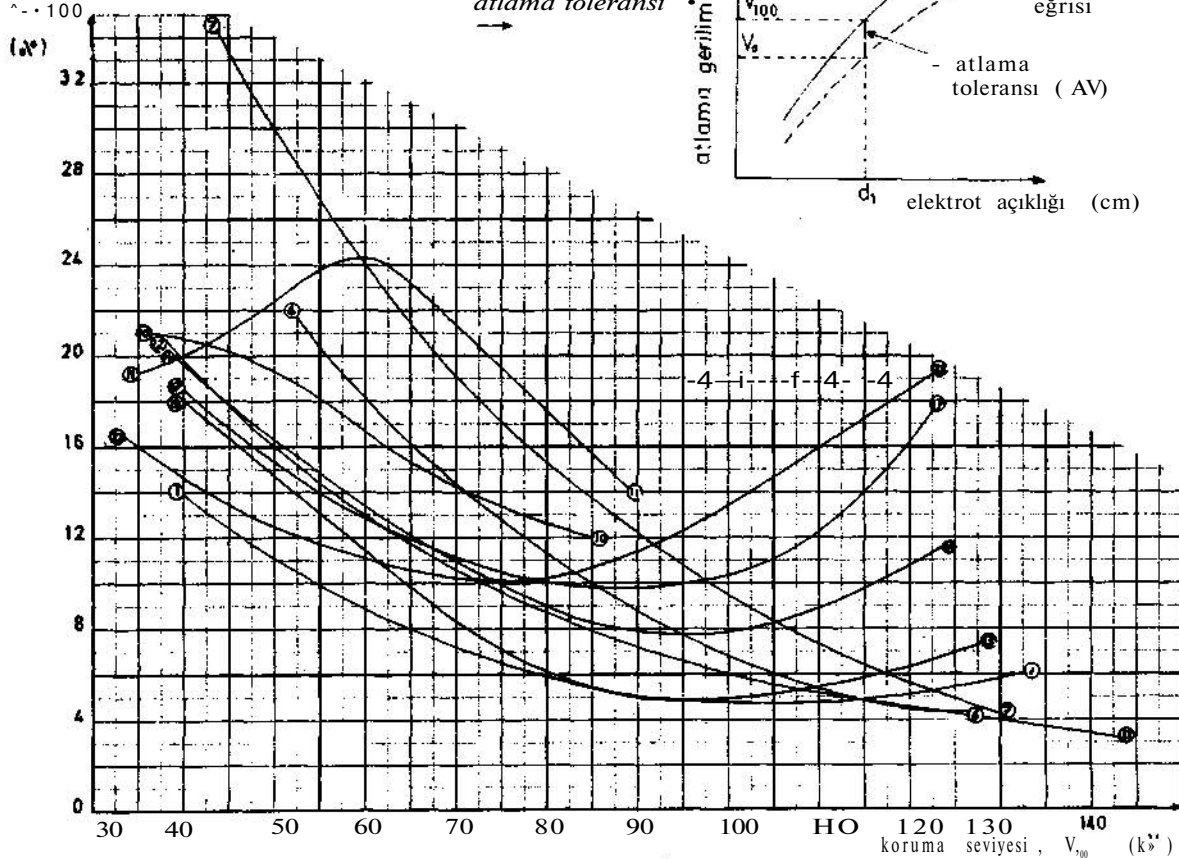
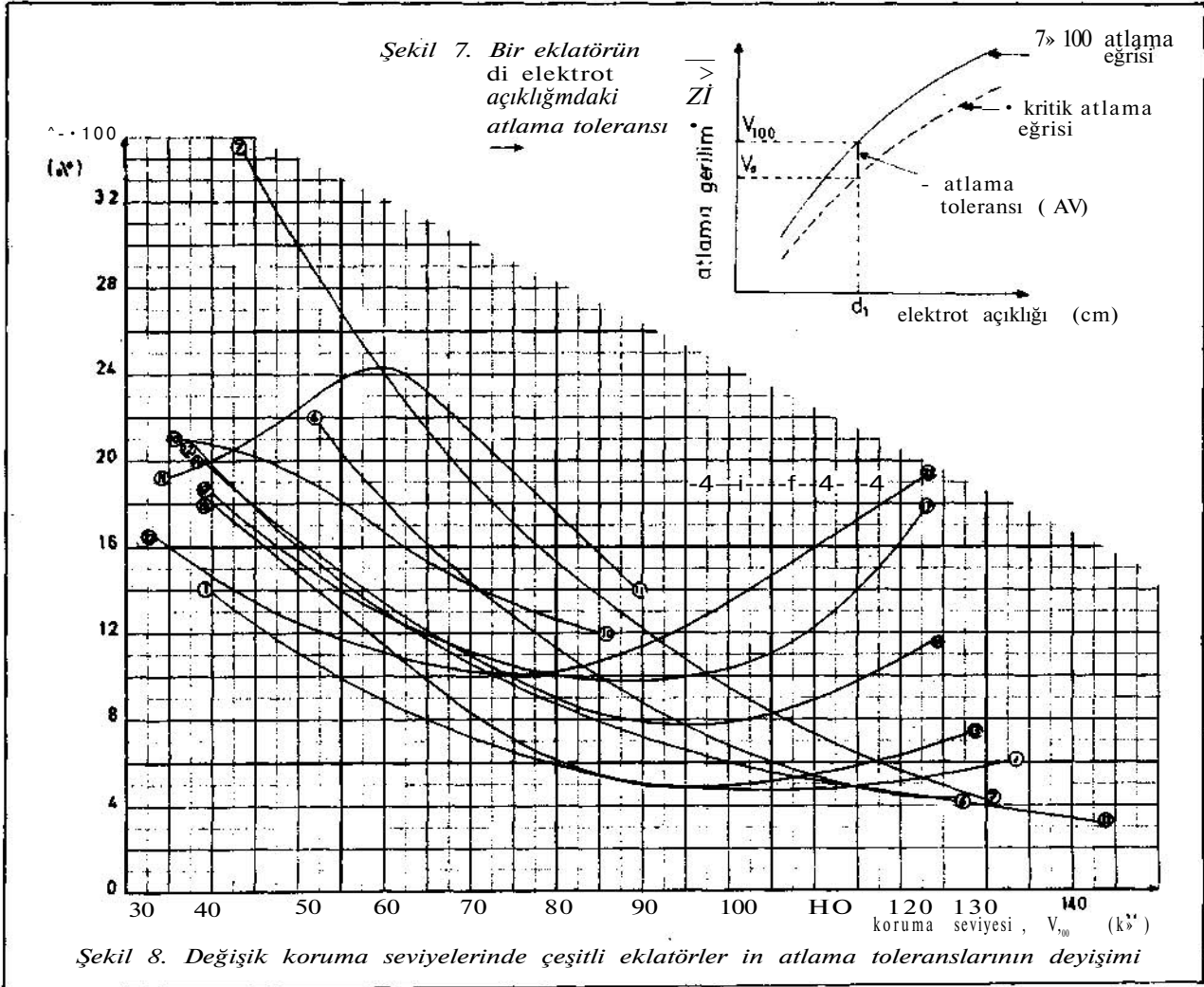
3.3 Eklatorlerin Darbe Atlama Gerilimleri

Her eklatorün değişik elektrot açıklıklarında kri-

tik ve % 100 olmak üzere iki önemli atlama gerilimi değerleri ölçülmüştür. Bu gerilimler Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6. Sabit bir elektrot açıklığında atlama geriliminin değişimi



Şekil 8. Değişik koruma seviyelerinde çeşitli eklatorlerin atlama toleranslarının değişimi

6. teknik kongre

Kritik atlama gerilimi, eklatörün en yüksek darbe dayanım geriliminin tepe değeridir. Bu gerilimin altında atlama olasılığı sıfırdır. % 100 atlama gerilimi ise arka arkaya uygulanan beş darbe geriliminin her birinde eklatörde atlama meydana getiren minimum gerilimin tepe değeridir. Her eklatör değişik elektrot açıklıklarında farklı kritik ve % 100 atlama gerilimlerine sahiptir.

3.3.1 Atmosferik Şartların Atlama Gerilimine Etkisi

Eklatörün atlama gerilimi basınçla doğru, sıcaklıkla ters orantılı olarak değişir. Bu değişim, görelî hava yoğunluğuyla doğru orantılıdır. Görelî hava yoğunluğu $6=0,386 P/(273+t)$ olarak verilir. Burada, 6 = görelî hava yoğunluğunu, P = ölçme anındaki hava basıncını (mm Hg), t = ölçme anındaki ortam sıcaklığını ($^{\circ}C$) gösterir.

6 görelî hava yoğunluğunda, bir eklatörün V atlama geriliminin değeri, standart atmosferik şartlarda V 'ye tekabül eden V_0 gerilimi türünden şu şekilde tanımlanabilir: $V=KV_{V_0}$

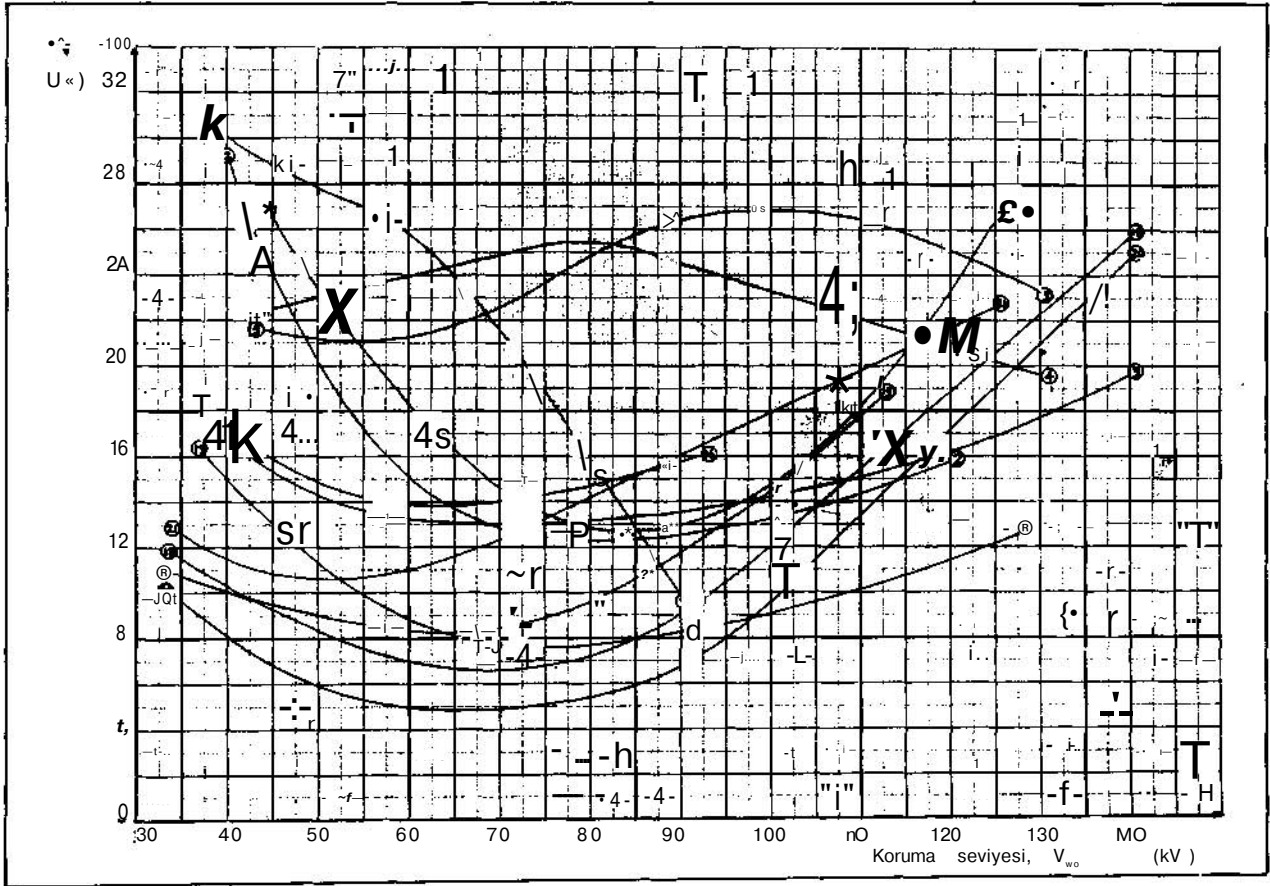
Burada K , 6 ya bağlı bir düzeltme çarpanı olup 6; 0,95-1,05 değerlerine eşit olduğu zaman $K=6$ olur.

3.4 Darbe Atlama Karakteristikleri

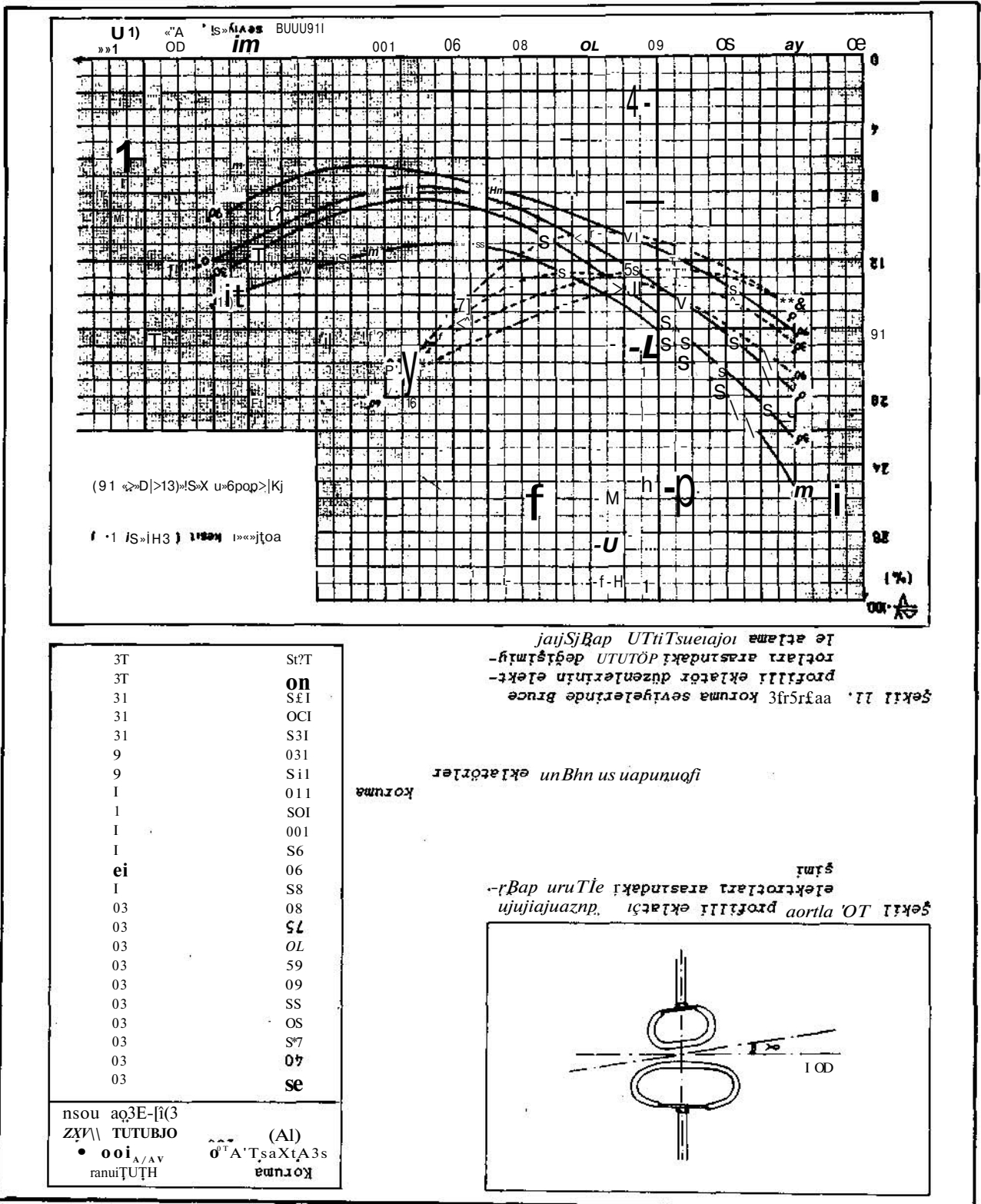
Koruma yönünden en iyi eklatörü bulabilmek için eklatörlerin darbe atlama karakteristiklerinden yararlanılmıştır. Darbe atlama karakteristikleri, değişen elektrot açıklıklarında eklatörlere pozitif ve negatif polariteli darbe dalgaları uygulayarak bulunmuşlardır.

Negatif atlama Karakteristikleri genellikle pozitif olanlara göre daha hızlı yükselmektedir. Bununla beraber, 10 cm'den küçük elektrot açıklıklarında ise pozitif polariteli atlama gerilimleri negatif olanlara göre daha yüksektir.

Herhangi bir elektrot açıklığında, pozitif ve negatif polariteli darbe atlama gerilimleri birer AV atlama toleransı arz etmektedirler. Bu tolerans % 100 ve kritik darbe atlama karakteristiklerinden yararlanılarak bulunabilir. Şekil 7'de bir di elektrot açıklığındaki atlama toleransı AV gösterilmiştir.



Şekil 9. Değişik koruma seviyelerinde çeşitli eklatörlerin atlama toleranslarının değişimi



6. teknik kongre

3.5 Koruma Yönünden Eklatörlerin Birbirleriyle Karşılaştırılması

Eklatörlerin koruma yönünden birbirleriyle karşılaştırılması için atlama karakteristiklerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla her eklatörün her elektrot açıklığında % 100 atlama gerilimi V_{00}^{at} atlama toleransı AV değerleri bulunmuştur. Bu değerlerden yararlanarak her V_{00} değeri için bir AV/ V_{00} oranı hesaplanmıştır. Böylece, Şekil 8 ve Şekil 9'dan görülebileceği gibi her eklatör için V_{00} 'e bağlı olarak AV/ V_{00} 'ün değişimini gösteren birer eğri elde edilmiştir.

Bir aygıtı korumak amacıyla kullanılacak olan eklatörün koruma seviyesine ait atlama toleransının elden geldiğince küçük olması istenir. Yani, belirli bir V_{00} koruma seviyesinde AV/ V_{00} oranı olabildiğince küçük olmalıdır.

Şekil 8 ve 9'daki eğriler incelendiğinde çeşitli eklatörlerin minimum AV/ V_{00} oranına farklı koruma seviyelerinde (% 100 atlama gerilimlerinde) sahip oldukları görülmektedir. Bazı koruma seviyelerinde en iyi koruma sağlayan eklatörler Tablo 7'de gösterilmiştir. Tablodan da görülebileceği üzere 20 no'lu halka-disk eklatör düzeni 35-80 kV'luk gerilim seviyelerinde en iyi korumayı sağlamaktadır. 1 no'lu küre-küre eklatör düzeni 85 kV'ta ve 95-110 kV'luk gerilim seviyelerinde, 13 no'lu Bruce profilli eklatör düzeni 90 kV'ta, 6 no'lu küreçubuk eklatör düzeni 115-120 kV'luk gerilim seviyelerinde ve 12 no'lu Bruce-Bruce eklatör düzeni 125-145 kV'luk gerilim seviyelerinde en iyi korumaları sağlamaktadır.

3.6 Bruce Profilli Eklatör Düzeninin Elektrotları Arasındaki Açının Korumaya Etkisi

Eğer Bruce profilli eklatör düzeninin elektrotları arasındaki yatay a açısı Şekil 10'daki gibi değiştirilecek olursa atlama karakteristiklerinin de değişeceği düşünülmektedir. Bu testlerde a açısı 30° lik basamaklar halinde 0° den 90° ye kadar değiştirilmiş ve her açı değerinde bir pozitif polariteli atlama karakteristiği elde edilmiştir. Daha sonra bu karakteristikler koruma yönünden birbirleriyle karşılaştırılmışlardır.

Adı geçen atlama karakteristiklerinden yararlanarak değişik elektrot açıklıklarında AV/ V_{00} oranları bulunmuş ve V_{00} 'e karşı AV/ V_{00} 'ün değişimi Şekil 11'deki gibi her açı değeri için ayrı ayrı elde edilmiştir. Şekilde, $V_{00} > 40$ kV'tan 125 kV'a kadar değişmekte ve a=90° için 14 no'lu daire kesitli Bruce profilli eklatör düzeni bütün gerilim seviyelerinde minimum AV/ V_{00} oranına sahip bulunmaktadır. Bir başka deyimle 14 no'lu eklatör a=90° de her gerilim seviyesi için en iyi korumayı vermektedir.

16 no'lu dikdörtgen kesitli Bruce profilli eklatör düzeni ise $\alpha=60^\circ$ 'de en iyi korumayı vermektedir. Bruce profilli eklatör düzenlerinin pratikteki uygulamasında elektrotlar arasındaki açının eklatörün sağladığı korumaya yaptığı etki göz önünde bulundurulmalı ve eklatör en iyi korumayı sağlayacak şekilde bu açı ayarlanmalıdır.

3.7 Verilen Bir İşletme Geriliminde Çalışacak ve Koruma Yönünden En Uygun Olan Eklatörün Seçimi

Belli bir işletme geriliminde çalışan ve koruna yönünden en uygun olan eklatörün seçimi için şebekenin en yüksek gerilimine tekabül eden koruma seviyesi U^{\wedge} bilinmelidir. Bu seviye genel olarak $(BIL/U_i) = 1,25$ şartını sağlar.

Burada örnek olarak 11 kV ve 15 kV'luk anma şebeke gerilimlerinde çalışan aygıtın korunması ele alınacak ve bu amaçla kullanılacak eklatörlerden hangilerinin bu işletme gerilimlerinde en iyi koruma sağladıkları ayrı ayrı bulunacaktır.

11 kV ve 15 kV'luk anma işletme gerilimleri Tablo 5'teki gibi sırayla 12 kV ve 17,5 kV'luk en yüksek şebeke gerilimlerine müsaade etmektedirler. Bu gerilimlere ait ilgili koruma seviyeleri ise yine Tablo 5'ten bakılarak 12 kV için 47 kV ve 17,5 kV için de 70 kV olarak bulunabilir. Şekil 8 ve 9'daki eğrilerin her birinden $V_{00} = 47$ kV için birer

Eklatör No	Elektrot açıklığı (cm)	(AV/47) < 100 (Z)
1	1,4	11,8
2	1,4	22,5
3	1,4	14,9
4	1,4	22,8
5	1,3	21,6
6	1,0	24,5
7	1,5	32,1
8	1,3	25,3
9	2,8	28,6
10	2,4	20,0
11	2,5	21,6
12	1,5	17,4
13	1,5	15,8
14	1,4	17,4
15	1,8	9,3
16	1,5	15,5
17	1,6	16,4
18	1,7	8,9
19	1,9	12,5
20	1,9	6,5
21	1,8	10,8
22	1,8	13,2

Tablo 8. 47 kV'luk koruma seviyesini en iyi sağlayan eklatörün seçimi

AV/47 ve $V_{100} = 70$ kV için de birer AV/70 değerleri bulunarak Tablo 8 ve 9'da ayrı ayrı listelenmiştir. Muhtelif eklätörler için listelenen AV/47 değerleri incelendiğinde, minimum AV/47 değerinin 20 no'lu halka-disk eklätör düzeni tarafından sağlandığı, yani 47 kV'luk koruma seviyesinin en iyi, 20 no'lu eklätör tarafından sağlandığı sonucuna varılmıştır. Aynı şekilde, minimum AV/70 değerinin ise yine 20 no'lu eklätör tarafından sağlandığı Tablo 9'dan görülmektedir. Bu duruma göre, 20 no'lu halka-disk düzeni 70 kV'luk koruma seviyesi için de koruma yönünden en uygun eklätör durumundadır.

3.7.1 Seçilen Eklätörün Elektrot Açıklığının Ayarlanması

20 no'lu halka-disk eklätör düzeni, 11 kV veya 15 kV'luk sistemlerde koruma amacıyla kullanılacağı zaman elektrot açıklıkları sırayla 47 kV ya da

Eklätör No	Elektrot açıklığı (cm)	(AV/70) «100 (%)
1	2,5	7,16
2	3,0	12,8
3	2,6	13,1
4	2,5	25,0
5	2,3	22,6
6	2,9	14,3
7	3,4	19,1
8	2,7	14,7
9	6,6	21,7
10	3,9	14,1
11	3,7	21,4
12	2,5	10,8
13	2,8	8,5
14	2,5	11,1
15	3,5	8,5
16	3,4	14,1
17	2,8	11,3
18	3,0	6,7
19	3,4	7,8
20	3,3	4,9
21	3,1	14,1
22	3,2	10,4

Tablo 9. 70 kV'luk koruma seviyesini en iyi sağlayan eklätörün seçimi

70 kV'luk koruma seviyelerini sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır.

Elektrot açıklığını ayarlamadan evvel eklätörün pozitif ve negatif polariteli atama karakteristiklerini incelemek gerekir. İstenen koruma seviyesine tekabül eden elektrot açıklığı hem pozitif hem de negatif polariteli karakteristiklerden yararlanılarak ayrı ayrı bulunur. Tatminkar bir koruma sağlayabilmek için daha küçük olan elektrot açıklığını tercih etmeliyiz. Çünkü, küçük olan elektrot açıklığı kendisinden büyük olan elektrot açıklığının sağlayacağı korumayı daha güvenilir olarak sağlayabilecektir.

Yukardaki hususlar göz önüne alınarak 20 no'lu eklätörün elektrot açıklığı, 47 kV'luk koruma seviyesinin sağlanması için 1,9 cm; 70 kV'luk koruma seviyesinin sağlanması için de 3,3 cm olmalıdır.

4. SONUÇ

Eklätörlerin atama karakteristiklerinden faydalanarak elektrik aygıtını aşırı gerilimlerden en iyi koruyan (optimum) eklätör her gerilim seviyesi için ayrı ayrı saptanmıştır, örneğin, 70 kV'ta en iyi koruma sağlayan eklätör, 20 no'lu halka-disk eklätör düzenidir. 100 kV'ta ise 1 no'lu küre-küre eklätör düzeni ve 130 kV'ta 12 no'lu Bruce-Bruce eklätör düzeni en iyi korumaları sağlamaktadırlar.

Genel olarak, Şekil 8 ve 9'dan da görülebileceği gibi 82 kV'a kadar olan gerilim seviyelerinde 20 no'lu eklätör en iyi korumayı sağlamaktadır. 83-86 kV ve 95-114 kV'luk gerilimlerde 1 no'lu küre-küre eklätör düzeni, 87-94 kV'luk gerilimlerde 13 no'lu Bruce profilli eklätör düzeni, 115-123 kV'luk gerilimlerde 6 no'lu küre-çubuk eklätör düzeni ve 123 kV'm üzerindeki gerilimlerde ise 12 no'lu Bruce-Bruce eklätör düzeni en iyi korumaları sağlamaktadırlar.

Ayrıca, deneysel araştırmalar sonucunda 3 no'lu küre-Bruce eklätör düzeninin 5 no'lu küre-disk eklätör tertibine; 8 no'lu daire kesitli çubuk-çubuk eklätör tertibinin 9 no'lu kare kesitli çubuk-çubuk eklätör düzenine, 13 ve 15 no'lu büyük boyutlu Bruce profilli eklätör düzenlerinin 14 ve 16 no'lu küçük boyutlu Bruce profilli eklätör düzenlerine göre daha iyi korumalar sağladıkları görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Hint Standardı, "Application Guide for Non-linear Resistor-Type Lightning Arresters for Alternating Current Systems", IS: 4004, Ekim 1967
2. Amerikan Standardı, "Guide for Application of Valve-Type Lightning Arresters for Alternating Current Systems", USAS 062.2, Mart 1969
3. IEC Standardı, "Recommendations for Insulation Coordination, Application Guide", IEC 71 A, 1962
4. Karabiber, H.K., Yıldırım Surge'lerine Karşı Korunma, Ankara: DSİ İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, 1965
5. Bowdler, G.tf., Measurements in High-Voltage Test Circuits, Pergamon Press, 1973
6. Hawley, W.G., Impulse-Voltage Testing, London: Chapman and Hall, 1959
7. Türk Standardı, Yalıtma Koordinasyonu, TS 855 Nisan 1970