

Yüksek Gerilim Tesislerinin İzolasyon Dizaynı Ve Aşırı Gerilimlere Karşı Korunması

Yazan :
Dr. H. Dorsch
Siemens

Çeviren :
O. Zeki DEMİRAY
Y. Müh.
E.E.İ.M.

Elektrik tesislerinin ve kısımlarının izolasyon dizaynının temelini işletmelerde hasıl olan gerilimler teşkil eder. Gerilimin yüksekliği yanında zamana bağlı geçici rejimi de (herşeyden önce zorlama süresi) bilhassa önemlidir işletme vasıtalarının izolasyonu genel olarak söz konusu edilen muhtelif gerilim zorlamalarına dayanabilecek şekilde dizayn edilmelidir.

Bu şart dış izolasyon için, tesis yerindeki en gayri müsait atmosferik şartlarda da gerçekleşmelidir. Bilhassa harici tip izolatörlerde, aşırı kirlenme, çiy, sis, vs. gibi iklim tesirleri dolayısı ile husule gelen izolasyon zayıflaması da nazarı itibara alınmalıdır.

Gerilim zorlamaları, sürelerine uygun olarak tefrik edilir :

- Yıldırım tesiri ile hasıl olan atmosferik ağır gerilimler
- Arızı veya iradi açma - kapama olayları dolayısı ile hasıl olan dahili aşırı gerilimler.
- Geçici gerilim yükselmeleri, toprak kaçaklarında iletken ile toprak arasındaki izolasyonun aşırı zorlanması gibi.
- Normal sürekli işletmedeki gerilim.

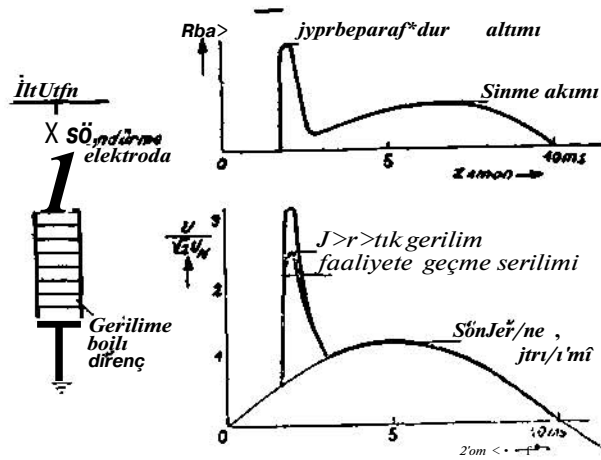
1 — Atmosferik aşırı gerilimlerin sınırlandırılması.

İşletme vasıtalarının izolasyon dizaynında hareket noktası, atmosferik aşırı gerilimler dolayısı ile zorlanmadır. Bir tesisin izolasyonu ekonomik bakımdan direkt yıldırım isabetinde hasıl olan aşırı gerilim zorlamalarına dayanacak şekilde dizayn edilemez. Aşırı gerilime karşı korumanın ödevi, aşırı gerilimleri istasyonda müsaade edilen değerlere göre sınırlandırmaktır. Toprak telinin, bilhassa istasyona girişteki son hava hat üzerindeki toprak telinin yeterli bir koruması ile faz teline direkt yıldırım isabeti geniş ölçüde önlenir. Direklerin düşük toprak geçiş dirençleri ayrıca geri atlamalara da mani olur. Bugün bu önleyici tedbirler yanında, istasyonlarda aşırı gerilimlerin sınırlandırılması için geniş ölçüde ventil parafudurlar kullanılır.

1.1 Ventil parafudurun çalışma tarzı ve karakteristik büyüklükleri.

Ventil parafudurun en önemli iki kısmı sön-

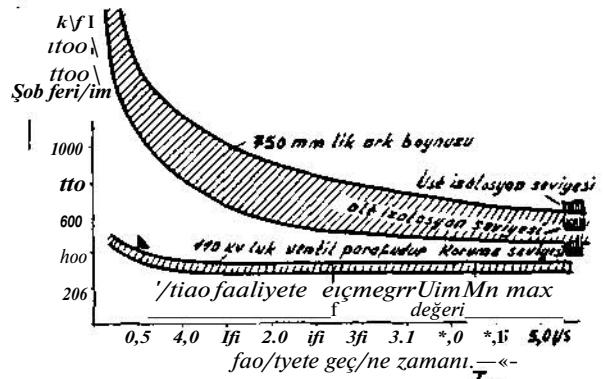
dürme elektrodu ve gerilime bağlı direnç sütunudur Söndürme elektrodunun yapısı parafudurun faaliyete geçme gerilimini tesbit eder. Diğer bir ödevi de, işletme gerilimi dolayısı ile parafudurdan akan sönme akımını kesmektir. (Şekil 1).



Şekil : 1 — Ventil parafudurun çalışma tarzı.

Bir ventil parafudurun faaliyete geçme durumu :

- U as 100, % 100 faaliyete geçme şok gerilimi ile,
- Faaliyete geçme şok karakteristiği ile, (Şekil 2) (VDE'ye göre: 0,5 ^ s'lik faaliyete geçme zamanında max. faaliyete geçme gerilimi tesbit edilir.)



Şekil : 2 — Ark boynuzu ile ventil parafudurun mukayesesi

c) Alternatif faaliyete geçme gerilimi ile karakterize edilir.

Şok geriliminin sınırlandırılması için şu iki husus önemlidir :

d) Artık gerilim (= akım geçişi esnasında şok geriliminin max. değeri).

e) Artık gerilim karakteristiği (darbe akımının tesbit edilen seyri için).

Sönme akımının istenildiği gibi söndürülebilmesi için;

f) İşletmede parafudurdaki müsaade edilen max. gerilim_A (işletme frekansında) $[U_A (m) = 1,15 \times \text{parafudur nominal gerilimi}]$ olmalı ve

g) Çalışma muayenesinde parafudura söndürme gerilimi tatbik edilebilir.

($U_L = 1,05 U_A (m)$) söndürme gerilimi, sönme akımı henüz kesilmemişken parafudurdaki işletme frekanslı max. gerilimdir, ye aktif değer.

Parafudur kabiliyeti;

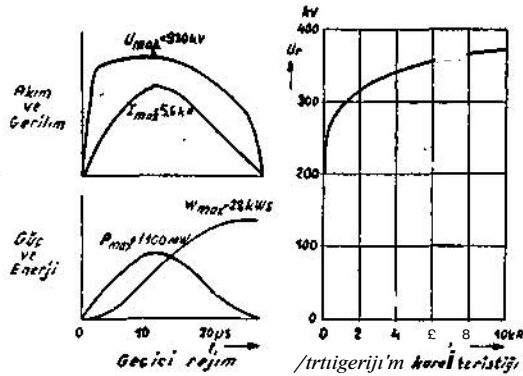
h) Nominal darbe parafudur akımı ile, (VDE'ye göre : 10/20 μ s'lik 30 akım darbesi).

i) Uzun dalgalı darbe parafudur akımı (dalga süresi 500 2000 μ s) ile,

j) Yüksek darbe akımı ile, (5/10 μ s'lik dalga) karakterize edilir.

Tablo 1 de SSW'nin katodik parafudurlarına ait karakteristik değerler bir arada verilmiştir.

Şekil 3 bir ventil parafudurun direnç elemanlarının zorlanışını göstermektedir.



Şekil : 3 — H0 kv'luk ventil parafudur (H420) direnç elemanlarının zorlanması.

1.2 Atmosferik aşırı gerilimlere karşı izolasyon koordinasyonu :

Ventil parafudurun montajı ile, parafudurun montaj yerindeki atmosferik aşırı gerilimler sınırlandırılır. Koruma seviyesi ile aşırı gerilim

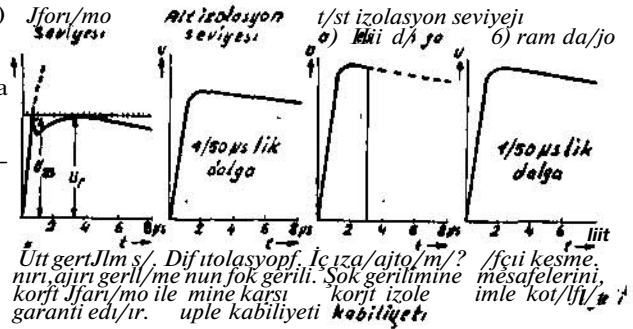
parafuduru kullanılması halinde aşılmayan bir gerilim sınırı belirtilir. Tesis içinde hiçbir atlama veya delinmenin hasıl olmamasını garantiye alabilmek için işletme vasıtalarının izolasyonu, o şekilde koordine edilmelidirki, İç ve dış izolasyonunun izole kabiliyetine tekabül eden max. şok seviyesine erişilsin. VDE 0111 talimatları aşağıdaki seviyeleri tesbit eder.

a) Alt izolasyon seviyesi, elektrik! işletme vasıtalarının dış izolasyonlarının 1/50 μ s'lik (cephe süresi 1 μ s, yarı değer süresi 50 μ s) norm şok gerilimine karşı izole kabiliyetidir.

b) Üst izolasyon seviyesi, elektrik! işletme vasıtalarının iç izolasyonlarının keza ayırıcı ve kesicilerin açma mesafelerinin şok gerilimlerine karşı izole kabiliyetidir.

Katı, sıvı ve basınç altında bulunan gaz izolasyonların üst seviye dayanımları kesik dalga ile tahkik edilmelidir.

Yeni VDE 0111/2.61 talimatnamesinde şart koşulan şok seviyeleri «normal sıra» (karakteristik harf N) ve «özel sıra» (karakteristik harf S) olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Hasıl olan harici aşırı gerilimlerin belirli değerlen aşmıyacağı garanti ediliyorsa özel sıranın düşürülmüş şok seviyesinin kullanılması caizdir. Şekil 4 de üç seviye bir kere daha açıklanmıştır.



Şekil : 4 — Atmosferik aşırı gerilimlere karşı izolasyon koordinasyonu.

Tablo 2 de, VDE 0111/2, 61 ve VDE 0101/7, 60 dan alınan değerler topluca verilmiştir.

Almanya'da dahili tesislerde uzun zamandan beri, açık hava tesislerine nazaran daha küçük olan ve S sırasının bugünkü değerine hemen hemen eşit olan izolasyon seviyeleri kullanılmaktadır. Yeni VDE 0111 talimatına göre, uygun tedbirlerle küçültülmüş zorlanmalar bekleniyorsa, daha evvelki prensiplerden farklı olarak açık hava tesisleri bile S sırasına uygun olarak izole edilebilmektedir.

1.3 Ventil parafudurun koruma sabası :

Ventil parafudur tesis yerinde atmosferik aşırı gerilimleri, faaliyete geçme geriliminin veya

TABLO: 1
Katodik parafudurlarm karakteristik değerleri

Tip	Nominal gerilim U_A (n) kV	Prafudurda müsaade edilen max. gerilimi U_A (m) kV	Söndürme gerilimi U_L kV	Alternatif faaliyete geçme gerilimi (tepe değer) $U_{\%}$ kV*	Oran U_{gw} / U_A (m)	% 100 faaliyete geçme geriliminin max. değeri kV	Cephede faaliyete geçme Şok D kV	Artık gerilimin max. değeri		Nominal parafudurların akmu	Uzun dalęalı parafudurların akmu	Yüksek darbe akmu	İzole mesnet hariç montaj yüksekliği cm	Ağırlık kgr
								5 kA kV	10 kA kV					
H415n	6	7	4,7	19 21	1,9 2,1	25	31	24	26	10kA	100A	65kA	24,5	2,5
	10	11,5	12	31 34	1,9 2,1	42	50	40	44	10kA	1000, μ s	5/10 \wedge s	29,2	2,5
	15	17,5	18,5	47 52	1,9 2,1	63	74	60	66	10kA	1000, μ s	5/10 \wedge s	39	4,5
	20	23	24	62 68	1,9 2,1	80	95	80	88	10kA	1000, μ s	5/10 \wedge s	48	5,5
H410n	10	11,5	12	31 34	1,9 2,1	40	44	34,5	38	10kA	200A	100kA	43	9
	15	17,5	18,5	47 52	1,9 2,1	60	66	52	57	10kA	2000, μ s	5/10 \wedge s	58,5	12
	20	23	24	62 68	1,9 2,1	80	88	70	76	10kA	2000, μ s	5/10 \wedge s	70,5	16
	30	35	37	94 105	1,9 2,1	120	133	104	114	10kA	2000, μ s	5/10 \wedge s	97,5	20
H420n	30	35	37	94 105	1,9 2,1	120	131	93	120	5kA	400A	5/10 \wedge s	86,5	60
	45	52	54,5	130 145	1,8 2,0	160	190	140	153	5kA	400A	5/10 \wedge s	142	100
	60	70	73,5	175 195	1,8 2,0	180	254	185	205	5kA	2000 \wedge	1000mA	163	115
	110	126	133	320 325	1,8 2,0	320	430	340	375	5kA	2000 \wedge	1000mA	295	210
	150	170	181	435 480	1,8 2,0	435	590	465	510	5kA	2000 \wedge	1000mA	395	275
	180	207	218	530 585	1,8 2,0	520	705	560	610	5kA	2000 \wedge	1000mA	470	360
220	253	265	645 715	1,8 2,0	640	860	685	750	5kA	2000 \wedge	1000mA	600	420	

1) Faaliyete geçme zamanı 0,5 \wedge s

2) 10/20 \wedge s'lik darbe akımı

3) Dik montaj ve asma montaj

TABLO: 3A

VDE 0111/2.61 ve VDE 0101/7.60'a göre normal sırah yüksek gerilim tesislerinin izolasyon dizaynı

Sıra	Müsaade edilen max. sürekli işletme gerilimi U_m kV	$U_e (m) = 5 \cdot U_m$ kV	Parafudurun korunma seviyesi kV	Alt şok seviyesi kV	Üst şok seviyesi ^(b) kV	Ark boy-nuzlarının atlama aralığı mm	Tesis teid asgari mesureler		İzolasyon grupları için kV olarak alternatif muayene gerilimi ⁽³⁾				
							Dahili mm	Harici mm	A	O	D	E	F
6N	7	7	26	60	70	60	90	150	35	35	20	11	27
10N	11,5	11,5	40	75	85	86	115	150	45	40	30	17	35
20N	23	23	80	125	145	155	215		75	65	50	30	55
30N	35	35	120	170	195	220	325		100	120	70	45	75
45N	52	52	175	250	290	305	520		145	85	90	70	105
60N	70	70	235	325	375	400	700		190	150	120	90	140
110N	125	125	415	• 550	630	750	1100		310	260	220	—	230
150N	170	170	565	750	860	1680	1558		440	350	300	—	325
220N	250	250	825	1050	1200	1450	2200		620	505	440	—	460
110NE	125	100	330	450	520	650	950		250	210	175	—	185
150NE	170	136	450	650	750	830	1350		370	280	240	—	275
220NE	250	200	660	900	1040	1210	2850		535	405	355	—	395
380NE	420	390	1160	1425	1640	2300	2900		900	750	640	—	630"

TABLO : 2B
VDE 0111/2.61 ve VDE 0101/7.60'a göre özel sıralı yüksek gerilim tesislerinin
İzolasyon dizaynı

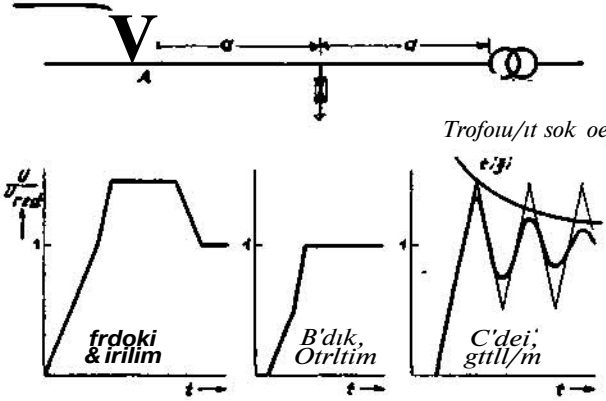
Sıra	Müsaade edilen max. sürekli işletme gerilimi Um KV	Ue (m) = U _m KV	Parafudurunun korunma seviyesi KV	Alt şok seviyesi KV	Üst şok seviyesi KV	Ark boy-nuzlarının atlama aralığı mm	Tesis tebli asgari mesafeleri		Tzaiasyon grupları için kv olarak alternatif muayene gerilimi (3)					
							Dahili mm	Harici mm	A	O	D	E	F	
6S	7	7	26	50	58	50	75	150	35	35	20	11	27	
10S	11,5	11,5	40	60	70	60	90	100	45	40	20	17	35	
20S	23	23	80	95	110	115	160		75	65	50	30	55	
30S	35	35	120	145	170	180	270		100	85	70	45	75	
45S	52	52	155	190	220	240	330		145	120	90	70	105	
60S	70	70	205	250	290	330	520		190	150	120	90	140	
110S	125	125	375	450	520	650	950		310	260	220	—	230	
150S	170	170	510	650	750	900	1350		440	350	300	—	325	
220S	250	250	750	900	1040	1350	1850		620	505	440	—	460	
110SE	125	100	306	375	430	530	800		250	210	175	—	185	
150SE	179	136	408	550	630	700	1100		370	280	240	—	275	
220SE	250	290	612	750	860	1100	1550		535	495	345	—	395	
380SE	420	345	1020	1300	1500	2100	2700		900	750	(40)	—	630	

(1) Arıza anında toprağa kargı max. gerilim 5 = Topraklama katsayısı
(2) Kesik dalgada iç izolasyon için; tam dalgada kesme mesafeleri için.

(3) A: Kesme mesafeleri
C: Yüksek gerilim aletleri
D: Trafolar
E: Kablolar
F: Havai hat İzolatörleri

artık gerilimin tesbit ettiği değerlerde sınırlandırılır, tıy bir koruyucu tesir elde edebilmek için parafudur mümkün' merite korunan objenin yakınına monte edilmelidir. Bir parafudur koruma sahasından korunan obje ile parafudur arasındaki mesafe anlaşılır. Parafudur bu sahada şok gerilimlerinin müsaade edilen değerleri aşmasına engel olur.

Hat sonu istasyonunun en gayri müsait durumu için şartlar kolayca kavranabilir. (Şekil 5).



"resi z Venhl porofuJurun orhlt grni/ni

Şekil : 5 — Ventil parafudurun koruma sahası.

Parafudurun tesis yeri -B-noktasından; geçen şok gerilimi koruma seviyesinde sınırlandırılır. A ve C noktalarında ise yürüyen dalgaların yansımından dolayı hasıl olan gerilimler- dah'a yüksektir. Bu artış önemli derecede a masafesine ve geçen S₀ dalgasının dikliğine bağlıdır.

Tablo 3 de bir hat sonu istasyonu için. koruma sahasının büyüklüğüne alt' bir kaç değer verilmiştir. Bu değerlerin tayininde transformatörün şok kapasitesinin tesiri nazarı itibare alınmıştır. Bir kaç ondabir mikrosaniye zarfında kısa zamanlı gerilim sıçraması şeklinde hasıl olan müsaade edilen şok gerilimleri için sınır olarak şok gerilim karakteristiğine tekabül eden statik gerilim esas alınır.

İç ve dış izolasyonlar farklı şok karakteristilerine sahip olduklarından, iç izolasyon (meselâ trafo) ve dış izolasyon (meselâ ark boynuzları) için farklı koruma sahaları verilir. Transmilyon istasyonlarında veya birkaç hattın çıktığı* İstasyonlarda parafudurun koruma sahası oldukça büyüktür. Bu hususta genel bilgiler verilmemiştir.

2. Dahili aşın gerilimlere karşı izole kabiliyeti.

2.1 — Açık havada izolasyon tertibi :

Tesis kısımlarının şok gerilimlerine karşı izole kabiliyeti mutad norm gerilimleri için. tallmat-

TABLO : m

Mat. sonu istasyonunda bulunan katodik parafudurlarm koruma sahasına ait değerler.

Referans gerilimi (sıra gerilimi) (norm gerilimi)	Geçen dalğanın diktiği kV/^s	K o r u m a S a h a s ı			
		İç izolasyon trafo		Dış izolasyon (ark boynuzları)	
		Sıra S (')	Sıra N	Sıra S	Sıra N
15	250	(10)	35	40	60
	500	(7)	20	25	40
	1000	—	7	10	20
20	250	(15)	45	50	75
	500	(10)	25	30	45
	1000	i 5	10	15	25
30	250	(30)	50	70	90
	500	(15)	30	40	55
	1000	(7,5)	15	25	35
60	500	(30)	50	50	75
	1000	(12)	30	30	40
	2000	(4)	12	15	25
110	500	(75)	120	90	120
	1000	(40)	60	50	70
	2000	(15)	25	30	40

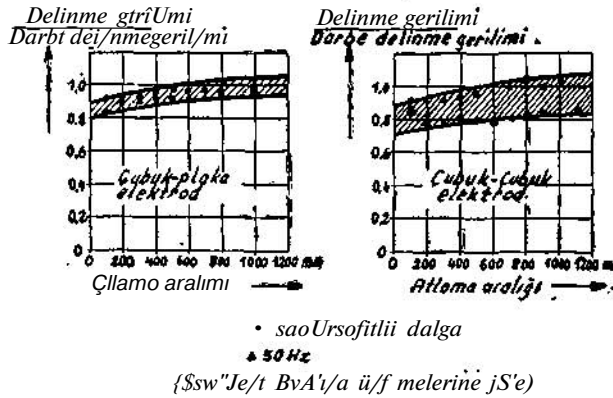
(1) Transformatörde S 3irasına göre izolasyon kullanılması mutad değildir.

nameler ile tesbit edilir. (1/50 [^] S'lık norm şok dalgası için). Yeni VDE 0111/2.61 talimatnamesine göre tesisler yukarıda izah edildiği gibi ya normal sıraya göre veya düşürülmüş izolasyona ve daha küçük asgari mesafelere müsaade eden özel sıraya göre tesis edilirler. Asgari mesafeler yalnız tesisler içindir, münferit aletler için tayin edilmez. Dahili ağırlı gerilimlere karşı izole kabiliyeti hakkında şimdiye kadar hiçbir tayin yapılmamıştır. Sadece muhtelif yüksek gerilim laboratuvarlarında dahili ağırlı gerilimlerle ilgili deneyler yapılmıştır.

Şekil 6 da ölçme neticeleri gösterilmiştir. (Bay Buch'un ölçmeleri) deneyde cephe süresi 600 [^] S, yan değer süresi 2700 [^] S olan uzun süreli bir çok gerilimi, dahili aşırı gerilimleri temsilen kullanılmıştır.

Değerler delinme geriliminin darbe delime gerilimine oranı olarak taşınmış olup 1/50 [^] S'lık pozitif norm dalgaya tekabül eden % 50 delinme gerilimine irca edilmiştir. Keza pozitif polariteü çubuk - çubuk ve çubuk - plâka elektrod tertipleri için muteberdir. Muayene edilen atlama aralıklarında çubuk - plâka elektrod tertibinde dahili aşırı gerilimlere tekabül eden delinme gerilimi darbe delinme geriliminin % 80...100 ü civarındadır.

Bu ölçmelere ve VDE 0101/7.60'a göre açık havada asgari mesafelere istinaden şekil 7 de 10 S ilâ 110 S sıraları için dahili aşırı gerilimlere tekabül eden izolasyon seviyesine irca edilmiş faz nötr geriliminin tepe değeri verilmiştir. İrca edilmiş toprağa karşı statik gerilimler 110 S sırasında yıldız gerilimin 4 ilâ 4,5 katı, 10 S sırasında ise 5 ilâ 5,5 katı civarındadır.

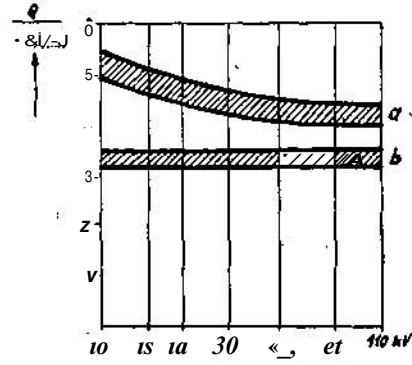


Şekil: 6 — Pozitif polanteli ve işletme frekanslı açma kapanma aşırı gerilimleri için açık havadaki izolasyon tertiplerinin % 50 atlama gerilimleri.

Bu değerlere erişen hiçbir dahili aşırı gerilimin hasıl olmayacağı garanti edilen tesislerde özel koruma tedbirlerinin alınmasına lüzum yoktur.

Bu husus tabiatıyla hiçbir atmosferik aşırı ge-

rilimin bahis konusu olmaması kaydıyla (meslâ kablo şebekeleri) muteberdir. Tesmiye edilen değerlere yaklaşan dahili aşırı gerilimler bahis konusu olduğu takdirde sınırlandırılmaları için parafudur monte edilmelidir. Şekil 7 de ventil parafudurun, alternatif faaliyete geçme gerilimine eşit olan dahili aşırı gerilimler için faaliyete geçme gerilimi sahası çizilmiştir. Faaliyete geçme geriliminin max. değeri ile minimum izole kabiliyeti arasındaki aralık S sırasında % 15...40,a erişir ki, kafi (derecede) kabul edilmiştir.



a) vu otoifrs'o'ag'ire s'irasına iebül eden astarı
»tesaflı Uras ç/büA-plata »erd'Ataifli statik gerilimi
b) fffirt geril'm parafv^rvau/) fao/fyefe feeme gerilimi

Şekil: 7 — Dahili aşırı gerilimler için parafudurun faaliyete geçme gerilimi ve toprağa karşı izolasyon seviyesi.

2.2 Dahili aşırı gerilimlerin yükseklik ve tekkerrü :

Dahili aşırı gerilimler toprak kaçaklarında hasıl olur. Bu geçici rejimin frekansı takriben 100 ilâ bir kaç 1000 HZ arasındadır. Yani zorlama süresi olarak bir kaç ondabir milisaniyeden bir kaç milisaniyeye kadar olan zamanlar bahis konusudur.

Toprak kaçağı kompanzasyonlu şebekelerde toprak kaçağından doğan aşırı gerilimler faz-nötr gerilim tepe değerinin 2-5...3 katına erişir. Açık yıldız noktalı şebekeler için şimdiye kadar dokümanlar kâfi derecede toplanmamıştır. Bununla beraber toprak kaçağı kompanzasyonu olmayan küçük şebekelerde toprak kaçağından doğan aşırı gerilimler, topeak kaçağı kompanzasyonlu şebekelerdekine n^jgeran önemli bir artış göstermezler.

Açma - kapama aşırı gerilimleri yüksüz transformator ve hatların açılmasında hasıl olur. Şekil 8 de misal olarak, 110 KV'luk bir Expansion şalterlerle 5...10 A sahasında boşa çalışma akımlarının açılmasındaki toprağa karşı aşırı gerilimlerin tekerrür dağılışı verilmiştir. Toplam olarak 19 deneyde toprağa karşı aşırı gerilim faktörlerinin max. değeri faz-nötr geriliminin 1,5...2,2 katı arasına dağılmaktadır. Aşırı gerilim faktö-