

Tekrar kapamanın (Reclosing) sistem stabilitesindeki önemi

Ragıp DAMAR
Y. Müh - ETIBANK

GİRİŞ: Bir enerji sistemi üzerindeki arızaların büyük bir kısmı geçici cinstendir. Arızanın başladığı anda veya bu andan çok kısa bir zaman sonra hattın enerjisi kesilecek olursa meydana gelmiş olan ark kolayca söndürülmüş olur.

Ark kâfi derecede de - iyonize olduktan sonra hattı kapatıp, servise devam etmek işletmede devamlılığı sağlar. Enerji nakil hatlarına yıldırım tesirleri ve hatların sallanarak birbirlerine veya yabancı cisimlere dokunmasından hasıl olan arızalar geçici cinsten arızalardır. Buna mukabil, nakillerin kopması veya direklerin yıkılmasından hasıl olan arızalar belli başlı daimi arızalardır. Daimi arıza karakterini haiz bu cins arızalar, hat tekrar servise konmadan evvel tamir edilmelidir. Muhtelif uzunluktaki enerji nakil hatlarına sahip birçok işletmelerin tecrübelerinden elde olunan sonuç'ar, bu hatlar üzerindeki arızaların 70 % - 90 % nın geçici karakterde olduğunu göstermiştir. Bu duruma göre, çok kısa bir müddet için devam eden bu şekil arızalarda, hattı arıza müddetince açık tuttuktan sonra derhal kapamak, yük merkezlerinin arızadan müteessir olmamalarını temin eder.

Bu gayeye varmak için devre kesicileri otomatik tekrar kapama (Automatic reclosing) ile teçhiz etmek lâzımdır. Devre kesicileri bu iş için çalıştıran tekrar kapama röleleri (reclosing relay) vardır. Bu röleler ilgili oldukları devre kesiciyi 1, 2, 3 ilâ 4 defa tekrar kapatacak surette ve her kapama zamanı farklı uzunlukta olmak üzere ayarlanabilmektedirler. Tekrar kapamanın ilk kullanıldığı zamanlarda tekrar kapama 15, 30, 45 ilâ saniyeye ayarlanıyordu.

Bu demektirki, ilk tekrar kapama, devre kesicinin açılmasından 30 saniye sonra olacak; arıza ortadan kalkmamış ise devre kesici açılacak ve açıldıktan 45 saniye sonra tekrar kapanacaktır, Arıza ortadan kalkmış ise röle kendi kendini başlangıç durumuna getirecek (resetting) ve başka bir operasyon

için hazır bulunacaktır. Şayet arıza ikinci tekrar kapamadan evvel ortadan kalkmamış ise aynı şık, daha uzun bir zaman süresi ile bir defa daha tekrar edecektir. Tekrar kapama rölesinin ve devre kesicinin karakteristiğine tabi olarak bu iş ya bir defada birer veya dört defa tekrar eder. (Single shot - four shot reclosing).

Birinci tekrar kapama zamanının uzun tutulması,, istihlâk mevkezlerinde, bilhassa endüksiyon motorlarının devreden çıkmasına mani olamıyordu Bunun önüne geçmek için birinci tekrar kapama zamanını bir saniyeden daha küçük tutmak cihetine gidilmiştir. Bu zamanın kısaltılması ile birinci tekrar kapamadaki müspet neticeler azaltılmış değildir. Endüksiyon motorları starterleri, çabuk gerilim röleleri (instantaneous undervoltage relay) yerine beklemeli gerilim röleleri (time-delay undervoltage relay) ile teçhiz edilirse, tekrar kapama müddeti içinde bu motorların devreden ayrılmaları önlenmiş olur. Tekrar kapamanın bu kadar kısa bir zamana sığdırılmış şekline yüksek süratli tekrar kapama (High - Speed Reclosing) denmektedir.

Bu nevi tekrar kapama, arızanın meydana getirmiş olduğu ark'ın bu zaman zarfında sönüp sönmeyeceği bakımından tetkike değer görülmektedir.

DE - İYONİZASYON ZAMANI:

Birinci tekrar kapamanın basan ile yapılabilmesi, tekrar kapama zamanının ark karakteristiğine göre ayar edilebilmesi ile mümkündür. Ark sönme süresi bu zamandan uzun olduğu hallerde hat kapanır kapanmaz arıza beslenmiş olacağından röleler tekrar faaliyete geçeceklerdir. Bu zamanın uygun olarak ayarlanması ile arızaların 90 % nın birinci tekrar kapamada elimine edildiği işletme neticelerinden anlaşılmaktadır. De - iyonizasyon zamanı diye adlandıracağımız bu ark sönme zamanı değişik kimseler tarafından laboratuvarlarda incelenmiş ve elde edi-

len sonuçlar sonradan işletme tecrübeleri ile de teyid edilmiştir.

Aşağıdaki tabloda muhtelif gerilimler için, üç kutuplu bir tekrar kapamada, De - iyonizasyon zamanları gösterilmiştir.

TABLO : I.
Tipik ark sönmeye zamanları

Hat Gerilimi (kV)	De - iyonizasyon zamanı (50 cps bazda siki)
23	3.3
46	4.2
69	5.0
115	7.1
138	8.3
161	10.8
230	15.0

De-iyonizasyon zamanı, hat gerilimi ile beraber, iletkenlerin açıldığına, arıza akımına, arıza süresine, rüzgâr süratine ve havanın rutubetine bağlıdır. Bütün bu faktörler sabit tutulsa bile bu zaman yine büyük bir değişiklik gösterir. Yağmur ve ark akımı ile, uzadığı gibi, arıza açıklığının uzaması ve rüzgâr sür'atinin artması He kısalabilir.

De - iyonizasyon zamanı, tekrar kapamanın üç kutuplu (three - pole) veya tek kutuplu (single - pole) olmasına da tabiidir. Uzun bir enerji nakil hattı üzerinde, tek kutuplu bir tekrar kapamadaki de - iyonizasyon zamanı, üç kutuplu tekrar kapamadaki de - iyonizasyon zamanından daha uzundur. Bunun sebebi; arızalı fazın devre harici edilmesi neticesinde, arızalı faz ile arızasız fazlar arasında mevcut kapasitif kuplajın arka beslemeye devam etmesidir. Bu hâdisenin teorik ispatı H. A. Peterson tarafından yapılmış olup Ref. 2, sayfa 239, 240, 241 de teferruatlı olarak izah edilmiştir. Tek kutuplu tekrar kapamada arkın sönebilmesi için zamanın uzun tutulması sistemin stabilesine tesir etmeyecektir. Çünkü diğer iki fazın faal halde bırakılması ile stabilite limiti arttırılmış olacaktır. Bunun teferruatlı olarak izahı biraz sonra verilecektir.

TÜKSEK SÜRATLİ TEKRAR KAPAMA ve STABİLİTE ANALİZİ

Yüksek sür'atlı tekrar kapamanın stabiliteye yapacağı tesirleri incelemeye evvel (stabilite), (stabilite limiti) ve (bağlama hattı) anlamlarının tarifinde fayda vardır.

Stabilite :

Bir sistem herhangi cins bir arızaya maruz kaldıktan sonra stabil (kararlı) vaziyete

dönabiliyorsa o sistemin stabilitesi vardır denir.

Stabilite Limiti:

Bir sistemin herhangi bir parçasının stabilite limiti, o parça üzerinden - bütün sistemin veya onun herhangi bir kısmının stabilesini bozmamak şartı ile - nakledilen maksimum güce denir.

Bağlama Hattı (Tie Line) :

İki enerji sistemini (enterkonnekte iki şebeke) veya bir enerji nakili sistemi ile bir kuvvet merkezini birbirine bağlayan enerji nakil hatlarına denir.

Bizim burada stabilite bakımından üzerinde duracağımız iki sistemin birbiriyle olan münasebetlerinden ziyade, bir kuvvet merkezi üe bunun bağlı bulunduğu sistem arasındaki münasebetlerdir.

Herhangi bir kuvvet merkezini bir sisteme bağlayan enerji nakil hatlarının çift yapılması, stabilite bakımından çok önemli olmakla beraber, kuvvet merkezlerinin kapasiteleri ekonomik bakımdan çift devre inşasına müsait olmadığı takdirde mecburî olarak tek devre yapılacaktır. İşte tekrar kapamanın önemi, bilhassa böyle tek devreli bağlama hatlarında kendisini göstermektedir. Böyle bir bağlama hattında tekrar kapama olmadığı hallerde güç limiti sıfırdır. Çünkü, arkın de - iyonize olması için hat açılır açılmaz sistemi besleyen generatörlerin sisteme nazaran faz durumları derhal değişmeye başlayacaktır. Devre kesiciler hemen kapanmadığı takdirde bu faz değişmesi devam edecek ve bir müddet sonra sistemle kuvvet merkezi generatörleri arasında senkronizm kaybolacaktır. Eğer devre kesicilerin açık kaldığı zaman süresince (dead time) generatörler senkronizmden pek çok ayrılmamışlarsa, başarılı bir tekrar kapama yapılacak ve sistem emniyetle çalışmaya devam edecektir.

Çift devreli bağlama hatlarında, devrelerden birisi üzerinde meydana gelen arızada o devre servis dışı edilse bile, diğer devre üzerindeki yük tamamen veya kısmen mevcut olduğundan faz durumlarında sisteme nazaran çok az veya hiç değişiklik olmayacaktır. Bazı hallerde, devrelerde birinin elden çıkması ile, kapasitesinden daha fazla yüklenmek durumunda kalan ikinci devrenin de aşın yüklenmeden dolayı servisten çıktığı ve iki sistemin birbirinden izole olduğu çok görülmüştür. Bu gibi hâdiselere mani olmak

sistem plâncılarının en önemli vazifelerinden dir.

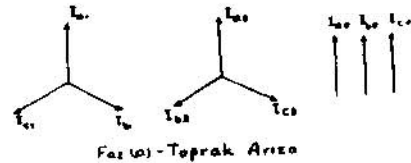
Bağlama hatları tek devreli olduğu zaman devrede meydana gelecek arızanın stabilite bakımından ne kadar önemli olduğu kendiliğinden meydana çıkmaktadır. Bu gibi bağlama hatları üzerinde tek kutuplu tekrar kapama kullanılması ile stabilite limitini arttırmak mümkündür. Anzaların 70 % den fazlasının faz - toprak arızası olduğu bugüne kadar edilen işletme tecrübelerinden anlaşılabilir olduğundan arızalı fazı diğerlerinden ayırarak o faz üzerindeki devre kesiciyi faaliyete getirerek fazı açmak ve belirli bir zaman sonra tekrar kapamak işletme emniyeti bakımından büyük avantajlar sağlamıştır. Çünkü, böyle bir durumda tek fazın açık olduğu zaman süresince diğer iki fazın generasyonunun önemli bir kısmını sisteme nakletmeye devam edecektir.

Tek kutuplu tekrar kapamayı sağlamak için, arızanın meydana geldiği fazı seçip o faz üzerindeki devre kesiciyi açtırmak ve tekrar kapatmak gerekir. Bu arızayı seçmek için faz seçici röleler (Phase Selector Relay) kullanılır.

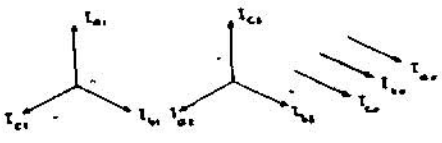
FAZ SEÇİCİ RÖLELER:

Bugün kullanılan faz seçici rölelerden en çok tesadüf edilen tip, sıfır ve negatif bi-

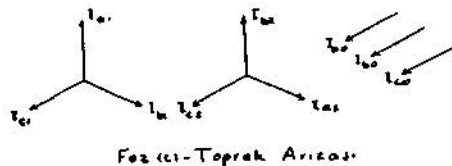
Positif Bileşenler Negatif Bileşenler Sıfır Bileşenler



Faz (a) - Toprak Arıza



Faz (b) - Xoprak Arızası



Faz (c) - Toprak Arızası

ŞEKİL: 1,

(a), (b) ve (c) fazları ile toprak arasında meydana gelen arızada sekuens akım vektörleri.

leşen akımlarının faz açılan münasebetlerinden faydalanılarak meydana getirilmiştir. Faz - toprak arızalarında akımların sekuens vektörleri aşağıdaki, şekilde gösterildiği gibidir.

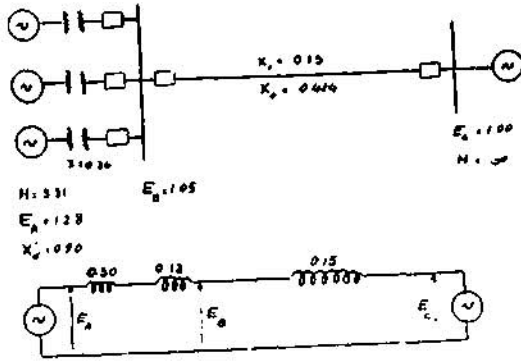
Şekil: 1 de görüldüğü gibi arızalı faz üzerindeki üç akım bileşimi aynı faz ve büyüklükte; arızalı olmayan fazlarda ise aynı büyüklükte fakat 120° faz farklıdır. Sekuens akım vektörlerinin hattın iki ucundaki karakterleri genel olarak arıza noktasındaki benzer. Bu bakımdan hattın iki ucuna konacak, röleler aynı anzaayı görürler. Faz seçici rölelerin üç adet direksiyonel elemanı mevcuttur. Bu elemanların herbiri sıfır sekuens akımı ve fazlardan birinin negatif sekuens akımı ile beslenir. Sıfır sekuens akımları ile negatif sekuens akımı aynı faz durumunda olunca maksimum tork meydana gelir. Yani (a) fazı elemanı (I_0) ve (I_{a2}) akımları ile; (b) fazı elemanı (I_0) ve (I_{b2}) akımları ile; (c) fazı elemanı (I_0) ve (I_{c2}) akımları ile; maksimum tork hasil edebilirler. Bu duruma göre (a) fazından meydana gelecek bir toprak arızası, (a) fazı elemanlarından (I_0) ve (I_{a2}) akımlarının aynı faz durumu ile akmasına sebep olacak ve bu elemanın kontakları kapanacaktır. Kontaklar (a) fazındaki devre kesici operasyon bobinini beslenmesini temin ettikleri için bu devre kesici açılacaktır. Şekilde görüldüğü gibi d_0 ile (I_{b2}) ve (I_{c2}) 120° faz farklı oldukları için bu elemanların hasil ettiği tork maksimum olmayacaktır. Arıza (b) veya (c) fazlarından birinde olduğu takdirde (a) fazı için söylenenler bu fazlar için de muteber olacaktır. Bu şekilde arızalı fazı seçmek mümkün olmaktadır.

Buraya kadar anlattıklarımızı bir misale tatbik ederek, tekrar kapanmanın stabilite ile ilgisini daha zayıf bir şekle sokma? olacağımız kanaatiyle memleketimizden bir misal alınmıştır.

Bir tarafta Soma Termik Santrali, diğer tarafta Kemer Hidrolik Santrali ile beraber İzmir generasyonunun teşkil etmiş olduğu sisteme Demirköprü Hidrolik Santrali bir bağlama hattı ile bağlanmış bulunmaktadır. Demek oluyor ki, Demirköprü generasyonu tek bir devre ile Manisa'da bir sisteme bağlanmaktadır. Hesabımızı basitleştirmek için Soma, İzmir, Kemer Santrallerinin teşkil etmiş olduğu sistemi, Demirköprü generasyonuna kıyasla büyük bir sistem kabul edeceğiz. Başka bir şekilde ifade etmek istersek, Manisa - Demirköprü arasında meydana gelecek arızalardan bu sistemin müteessir olmayacağını kabul ediyoruz, Demirköprü gene-

rasyonunu taşıyan bağlantı hattı, bir enfinit basa, (enfinit bus) bağlanmış demektir. Gene hesap kolaylığı bakımından enfinit bas gerilimini 1.00 P. u. kabul edeceğiz. Bu basın enerji sabitesi (inertia constant) sonsuz olarak alınır.

Aşağıdaki şekil Demirköprü generatörlerinin ve Demirköprü ile Manisa arasındaki enerji nakil hattının tek hat şemasını göstermektedir. Generatör, transformator ve hat reaktansları, 100 MVA bazına göre ifade edilmiştir. Rezistanslar ihmal edilmiştir.



ŞEKİL : 2

Demirköprü Santrali ve Demirköprü - Manisa enerji nakil hattı eşdeğer şemaları.

Evvelâ direkt eksen transient reaktansı arkasındaki gerilimi bulalım. Bağlantı hattının enfinit basa 1.00 P. u. MVA verdiğini kabul edersek.

$$P = \frac{E_B E_C}{X} \sin \delta$$

$$1.00 = \frac{1.05 \times 1.00}{0.15} \sin \delta$$

$$\delta = 8.3^\circ$$

E_C yi referans olarak (I) hat akımını bulalım.

$$\bar{I} = \frac{\bar{E}_B - \bar{E}_C}{jX} = \frac{1.05 \angle 8.3^\circ - 1.00 \angle 0^\circ}{j0.15}$$

$$= 1.03 \angle -15^\circ$$

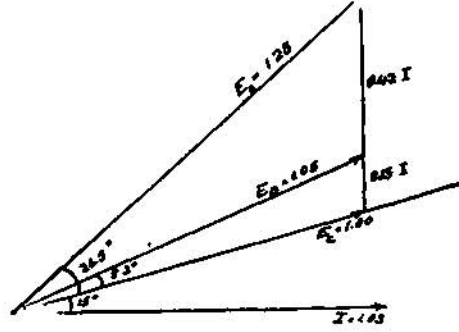
Buradan E_A yi bulabiliriz.

$$\bar{E}_A = \bar{E}_C + j0.57 \bar{I}$$

$$= 1.00 + 0.57 \angle -90^\circ \times 1.03 \angle -15^\circ$$

$$= 1.28 \angle 26.5^\circ$$

Vektör diyagramını çizerek :



ŞEKİL : 3

Enfinit bas, santral bası ve direkt eksen transient reaktansı arkasındaki gerilimler.

Yukarıda izahına çalıştığımız sistem, bir tarafta Demirköprü generasyonu ($E = 1.28$; A

$H = 3.31$), diğer taraftan enfinit bas ($E = 1.00$; $H = \infty$) olan iki generatorlü bir sistem gibi düşünülecektir. Bu sistemin stabilite durumunu tetkik etmek için iki cins arıza durumu ve iki nevi tekrar kapama ele alınacaktır.

1 — Demirköprü 154 KV çıkışında faz - toprak arızası ve tek kutuplu tekrar kapama,
2 — Aynı noktada iki faz - toprak arızası ve üç kutuplu tekrar kapama.

Her iki cins arıza için kullanılacak metod eşit alanlar metodu (equal - area criterion) diye adlandırılan bir methodur. Bu metodu tatbik edebilmek için :

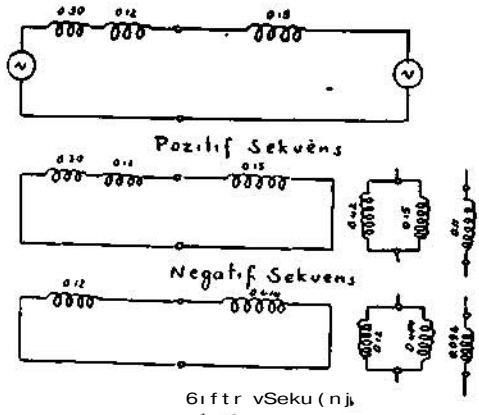
- Arıza meydana gelmeden evvel,
- Arızanın devamı müddetince,
- Arıza ortadan kalmış vaziyette,
- Arızalı hat tekrar servise konmuş vaziyette

güç açısı eğrileri (Power-angle curve) çizilmesi lâzımdır, (a) ve (d) durumları aynı olduğuna göre üç değişik eğri çizilecek demektir. Eğrilerin çizilmesinden sonra, santral maksimum generasyonu (100 MVA = 1.00 p.u.) sabit tutularak, bu eğriler üzerinde, sıfır saniyeden (arıza baş'angıcı) 0,45 saniyeye kadar geçen zaman süresince ve 0,05 saniye aralıklarla, grafik entegrasyon metodu ile (point - by - point computation) salınım eğrisi (swing curve) hesap edilecektir.

Salınım eğrisinin güç açısı eğrileri üzerine tatbiki ve alanların hesabından santral ünilerinin stabilite durumları tespit edilecektir. 0,45 saniyeye kadar hesaplayışımızın sebebi; hatlar üzerinde devre kesicilerin tekrar kapama zamanları 0,3 saniyedir. 0,15 saniye ise arıza temizleme zamanı (clearing time) olarak kabul edilmiştir. Hat üzerinde kuranportörlü koruma (Carrier Current Protection) olduğuna göre, röle zamanı 3 siki, devre kesicilerin açma zamanı ise 0,09 saniye = 4,5 siki alınarak toplam açma zamanının 7,5 siki olduğu görülür ki, bu da 0,15 saniyeye tekabül eder.

1 — Demirköprü çıkışında faz - toprak arızası halinde yapılacak hesaplar :

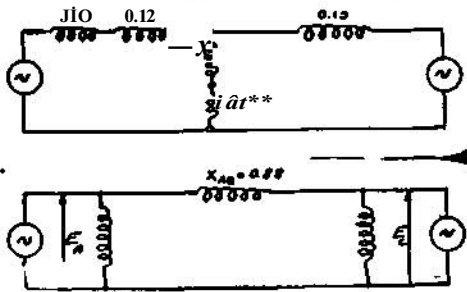
ilk yapılacak iş pozitif, negatif ve sıfır sekuens şemalarının basitleştirilmesidir. Şekil : 4 bu şemaları göstermektedir.



ŞEKİL : 4

Pozitif, negatif ve sıfır sekuens şemalarının basitleştirilmesi

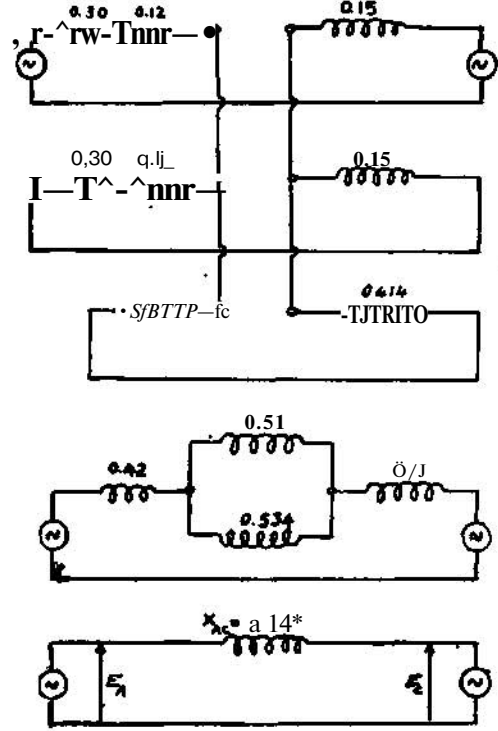
Faz - toprak arızası halinde negatif ve sıfır sekuens empedansları, pozitif sekuens diyagramında anza noktasına serî olarak gireceklerinden genel şema aşağıdaki Şekil : 5 durumunu alır.



ŞEKİL : 5

Faz - toprak arızası halinde genel şema.

Devre kesicilerin açılması ile anza her iki uçtan izole edilecektir. Bu halde faz'ardan birinin açık olması Şekil • 6 da gösterilmiştir.



ŞEKİL: 6

Demirköprü çıkışında faz - toprak arızası halinde devre kesicinin açık bulunduğu zaman süresince devrenin durumu.

Yukandaki anza durumlarını, $P = \frac{E_A E_U}{m \times AC}$

denklemini kullanarak aşağıdaki Tablo : II. de hülâsa edebiliriz.

TABLO : II

Muhtelif durumlarda şebeke reaktansları ve güç eğrileri azamî değerleri.

Durum	Reaktans X_{AC} (p.u.)	Güç açısı eğrisi azamî değeri P_m (p.u.)
Arızadan evvel	0.57	2.22
Faz - toprak arızası	0.88	1.45
Anza! faz açık	0.846	1.51
Arızalı faz tekrar kapalı	0.57	2.22

Grafik entegrasyonda lüzumlu aşağıdaki sabiteleri, zaman fasılları $dt = 0.05$ saniye alınarak bulacağız.

$$M = \frac{G H}{180 f} = \frac{1.0 \times 3.31}{180 \times 50} = \frac{1}{2720}$$

$$K = \frac{(dtp)}{M} = \frac{(\ddot{u}/20)^2}{1/2720} = 6.8$$

Burada:

- M = Enerji sabitesi
(Megajul - Saniye / Elektrikî derece)
- G = Santral kapasitesi (p.u.)
- H = Enerji sabitesi (Majejul/Megavolt - amper)
- f = Sistem frekansı
- dt = zaman parçası
- K = Sabite

Tablo : III Grafik entegrasyonu neticele-rini göstermekte olup bu tablo hakkında ta-mamlayıcı bilgi daha sonra verilecektir.

2 — Demirköprü çıkışında 2 faz - toprak arızası halinde yapılacak hesaplar :

İlk iş olarak pozitif, negatif ve sıfır seku-ens şemalarının basitleştirilmesi yapılır. Ne-gatif ve sıfır sekuens şemaları Şekil: 4 de bu-lunmuş olduğundan bu değerler pozitif seku-ens şemasına Şekil: 7 deki gibi konarak 2 faz - toprak arızası halinde genel şema bulunur.

Şurasını işaret etmek faydalı olacaktır: İki faz - toprak arızası halinde fazlardan her üçü açılacak ve enerji nakli tekrar kapama zamanı kadar (0,3 saniye) kesilecek; bunu ta-kiben üç kutuplu tekrar kapama yapılacaktır.

Aşağıdaki tablo iki faz - toprak arızası halinde muhtelif operasyon durumlarını gös-termektedir. Güç açısı eğrilerinin maksimum değerlerini bulmak için yukarıda kullandığı-mız güç açısı denklemini kullanacağız.

TABLO: m
Grafik entegrasyon tablosu

•t (San)	Sin S	$P_i = 1.25 \text{ p.n.}$		$p_a = P_i - P_u$		$\Delta \delta$ (deg)	6 (deg)
		P_m	$P_u = P_m$	P_a	KP_a (deg)		
0 —	0.563	2.22	1.25	0			34.25
0 +	0.563	1.45	0.817	0.433			
0 or.				0.217	1.48		
						1.48	
0.05	0.583	1.45	0.844	0.406	2.76		35.73
						4.24	
0.10	0.642	1.45	0.930	0.32	2.17		39.97
						6.41	
0.15 —	0.724	1.45	1.05				46.38
0.15 +	0.724	1.51	1.09				
0.15 or			1.07	0.18	1.22		
						7.63	
0.20	0.809	1.51	1.22	0.03	0.20		54.01
						7.83	
0.25	0.882	1.51	1.33	0.08	0.54		61.84
						7.29	
0.30	0.934	1.51	1.41	0.16	1.09		69.13
						6.20	
0.35	0.967	1.51	1.46	0.21	1.43		75.33
						4.77	
0.40	0.985	1.51	1.49	0.24	1.63		80.10
						3.14	
0.45 —	0.993	1.51	1.50				83.24
0.45 +	0.993	2.22	2.20				
0.45 or			1.85	0.60	4.08		
						0.94	
0.50							82.30

TABLEO : IV

Muhtelif durumlarda şebeke reaktansları ve güç açısı eğrileri maksimum değerleri

Durum	Reaktans X (p.u.) AC	Güç açısı eğrisi maksim- um değeri P (p.u.) m
Arızadan evvel	0.57	2.22
2 faz - toprak arızası	1.21	106
3 faz açık	w	—
3 faz tekrar kapalı	0.57	2.22

Salınım formülü grafik entegrasyonu neticelen aşağıdaki tabloda gösterilmiştir:

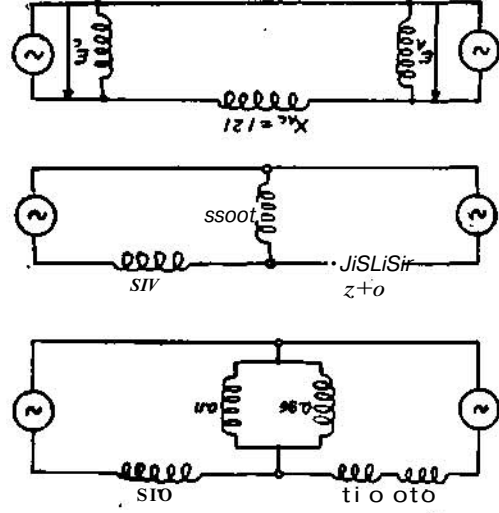
Tablo : III ve Grafik: 1 üzerinde bazı açıklamalar yapmak uygun olacaktır :

1 — Tablo : II deki güç açısı eğrisi maksimum değerlerine göre üç eğri çizilir.

2 — Demirköprü'den çekilecek maksimum güç tahmin edilerek ($P_i = 1.25$) bu güce ait doğru çizilir. (Kuvvet merkezi 25 % aşın yüklemek kabul edilmiştir).

3 — Sistemle santral generatörlerinin yapmış olduğu ilk açılma ($A = 34.25^\circ$) grafikten okunur.

4 — Anza anı tablo : III üzerine sıfır saniye olarak yazılır. (0—) arızadan hemen evvelini, (0 +) arıza başlangıcından hemen son-



ŞEKİL ; 7

2 faz-toprak arızası halinde pozitif, negatif ve sıfır sekans diyagramlarının birleştirilmesi.

rasını, (Oor.) ise ortalama zaman göstermektedir, bu zaman içinde sistemde (P_a) gibi bir ivmelendirme gücü tezahür eder. $P_u = P_m$ Sin A muhtelif zamanlar ve durumlardaki çıkış gücünü gösterir.

5 — Arızanın devamı müddetince generatörlere arızanın başında verilmiş olan mekanik giriş gücünün (ki bu güç elektrik! çıkış

TABLEO : V.

Grafik entegrasyon hesabı neticeleri

$$P = 1.25 \text{ p.u.} ; P = P - P$$

t (San)	Sin 8	P_m	$P_u = P_m$	Sin &	P_a	KP _a (deg)	A & (deg)	δ (deg)
0 —	0.563	2.22	1.25		0			34.25
0 +	0.563	1.06	0.597		0.653			
0 or					0.327	2.22		
0.05	0.595	1.06	0.631	1	0.619	4.21	2.22	36.47
0.10	0.680	1.06	0.720		0.530	3.60	6.43	42.90
0.15 —	0.798	1.06	0.845				10.03	52.93
0.15 +		0	0					
0.15 or			0.423		0.827	5.62		
a.20		0	0		1.25	8.50	15.65	68.58
0.25		0	0		1.25	8.50	24.15	92.73
0.30		0	0		1.25	8.50	32.05	125.38
0.35/				*			41.15	16&53

gücüne eşittir) değişmeyip sabit kaldığı kabul edilir

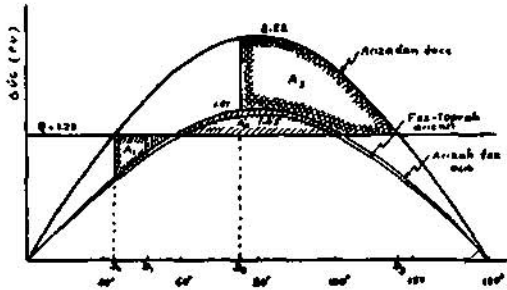
6. — Bundan sonra 0.05 saniyelik zaman fasılları ile hesaplama yapılır.

7 — 0.15 nci saniye ($A = 46.38^\circ$), arızanın izole edilmesi zamanıdır. Bu an için de (0.15—), (0.15 +) ve (0.15 or.) durumları gözönüne alınır.

8 — 0.45 nci saniye ($A = 83.24^\circ$) arızalı fazın tekrar kapandığı andır. Bu an için de (0.45—), (0.45 +) ve (0.45 or.) durumları gözönüne alınır.

Tablo : III ile Grafik : Tin beraberce tetkikinden anlaşıldığına göre; 0.25 nci saniyede hızlandırma gücü işaret değiştirmiş ve ters hızlandırma gücüne dönmüştür. 0.45 nci saniyede ise salınım 83.24° maksimum noktasından geriye dönmüş bulunmaktadır. Grafik : 1 deki A_1 , A_2 ve A_3 alanlarının da tetkikinden kolayca anlaşılacağı gibi $A_2 + A_3 > A_1$ olduğundan, yukarıda kabul edilen şartlar altında generatörler stabilite durumlarını kaybetmeyecekler demektir.

Yukarıda maddeler halinde izahına çalışılan hususlar; iki faz-toprak arızası için de uygulanabileceğinden burada tekrarına lüzum görülmemiştir. Ancak Tablo : IV ün tetkikinden anlaşılmaktadır ki; arıza başladığı zaman 34.25° olan açısız ayrılma, 0.25 saniye sonra 125.38° yi bulmuş ve tekrar kapama için geçmesi lâzım gelen 0.3 saniye geçmeden generatörler senkronizmden ayrılmışlardır. Bu hakikati Grafik : 2 nin tetkikinden de kolayca görebiliriz. A_2 alanı A_1 alanından (tekrar kapama zamanı tamamlanmadığı halde) çok büyüktür ve generatörlerin bu şartlar altında senkronizmde kalmaları gayri mümkündür. Aynı şartlarda stabilite isteniyorsa, stabilite limitini 1.25 p.u yerine çok küçük bir değerde tutmak icap etmektedir. Bu limitin tayini, yukarıda anlatılanların muhtelif giriş (P_i) değerleri için tekrar edilmesi



GRAFİK: 1

Faz - toprak arızasında, muhtelif durumdaki güç açısı eğrileri ve bu eğrilerle salınım eğrisinin teşkil ettiği alanlar.

ve $A_1 = A_2$ eşitliğinin temini ile mümkündür.

NETİCE :

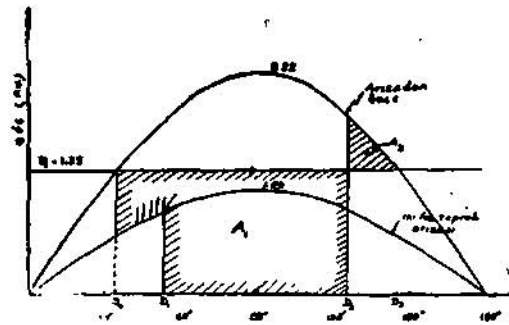
Buraya kadar söylediklerimizi kısaca bir neticeye bağlamak istersek bu neticeyi şöyle ifade edebiliriz :

Bir sisteme muayyen bir güç taşıyan bağlantı hatlarının stabilite bakımından çift yapılması lâzım gelmektedir. Enerji sabitleri buhar generatörlerine nazaran çok küçük olan hidro - generatörler için bu lüzum daha bedihîdir. Çift devre yapılmadığı halde stabülite probleminin dikkatle gözönüne alınması gerekir. Stabilite limitinin artırılmasını temin eden yegâne çare tekrar kapamadır. Ancak yukarıda verilen misalde de görüldüğü gibi üç kutuplu tekrar kapama, tek kutuplu tekrar kapama ile mukayese edildiği zaman stabilite limiti lehinde pek az bir avantaj sağlamaktadır. Böyle durumlarda tek kutuplu tekrar kapamanın sağladığı avantajlar meydandadır.

Verilen misalde kabul edilen arıza durumları hakikate mümkün olduğu kadar yaklaşık alınmaya çalışılmıştır. Fakat şunu da işaret etmek lâzımdır ki, gerek arıza şartları ve gerek bu şartlar altındaki yük durumlarının stabilite lehinde veya aleyhinde tezahür edebileceğini unutmamak lâzımdır.

Referanslar :

- (1) Power System Stability, Volume I. Elements of Calculations; Edward Wilson Kimbark, Sc.D.
- (2) Power System Stability, Volume II. Power Circuit Breakers and Protective Relays Edward Wilson Kimbark, Sc. D.
- (3) Power System Stability, Volume : III Synchronous Machines, Edward Wilson Kimbark, Sc. D.
- (4) Circuit Analysis of A - C Power Systems Volume I. Symmetrical and Related Comments Edith Clarke.



GRAFİK : 2

İki faz-toprak arızasında, muhtelif durumdaki güç açısı eğrileri ve bu eğrilerle salınım eğrisinin teşkil ettiği alanlar.