

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Elektrik Güç Sistemlerindeki Stabilitenin İnc.

Mustafa Kıvrak

Yüksek Lisans Tezi

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

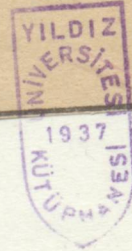
ELEKTRİK GÜC SİSTEMLERİNDE
STABİLİTENİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELK.MÜH.MUSTAFA KIVRAK

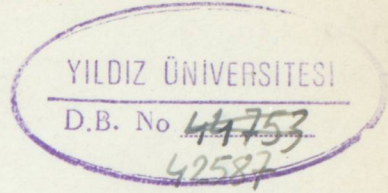
İSTANBUL 1985

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R 152
Alındığı Yer : Fen Bil. Ens. 17
Tarih : 25.3.1987
Fatura :
Fiatı : 1000 TL.
Ayniyat No : 1/1
Kayıt No : 44753
UDC : 621.3
Ek : 373.242



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Comp

ELEKTRİK GÜC SİSTEMLERİNDE STABİLİTENİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELK.MÜH.MUSTAFA KIVRAK

İSTANBUL 1985

İÇİNDEKİLER

1:	Giriş	1
2.	Stabilite Problemi	3
2.1	Yuvarlak kutuplu senkron generatör	5
2.2	Çıkık kutuplu senkron generatör	7
2.3	Statik stabilite	10
2.4	Geçiçi rejim stabilite.....	13
2.5	Çok makinalı enerji sistemi	16
3.	Birçok senkron makinaya eşdeğer senkron makina..	17
3.1	Salınım denklemi	19
3.2	İki kapılı dört uçlu şebekenin genel durumu.....	21
3.3	Çeşitli dengesizliklerde eşdeğer reaktanslar ...	23
3.4	Stabilitenin eşit-alan kriteri	26
3.5	Eşit-Alan kriterinin ilave uygulamaları	31
4.	Salınım eğrisi	36
4.a	Kutup kayması	40
4.1	Otomatik Tekrar kapama	40
4.2	Arızaların giderilme süresi	42
4.3	Tek devre sistem.....	45
4.4	1 faz tekrar kapama	49
4.5	Çift devre sistem	50
	Başarılı 1 faz tekrar kapama	51
	Başarısız 1 faz tekrar kapama	52
.	Uygulama	53
.1	Keban-Gölbaşı enerji iletim sistemine ilişkin karakteristikler	54
.2	Sistem karakteristiklerinin birim değerlerle ifadesi	55
.3	Sistem çeşitli işleme durumlarına ait geçiş reaktansları	57
.4	Senkron generatörün geçiçi emk'ı	68
.5	Çeşitli işleme durumları için stabilite sınırları	69
.6	Adım-Adım entegrasyon yöntemi ile salınım eğri- lerinin elde edilmesi	70

6.	Programa ait açıklamalar	74
6.1	Ana program	74
6.2	Noremp altprogramı	75
6.3	Aremp altprogramı	76
6.4	Dısemp altprogram	77
6.5	Programda kullanılan önemli değişkenler	78
6.6	Akış diyagramı	81
7.	Sonuc	86
EK-1	BILGISAYAR PROGRAMI	
EK-2	PROGRAM ÇIKIŞLARI	
	FAYDALANILAN KAYNAKLAR	

ÖZET

Ülkemizde nüfusun artması ve endüstrinin gelişmesiyle elektrik enerjisi tüketimi de büyümektedir. Elektrik enerjisinin tüketim yerlerinden oldukça uzun mesafelerde ve büyük güçlerde iletilmesi enerji kayıplarını azaltmak ve dağılımını kolaylaştırmak için gerekli olan enerji iletim hatlarının inşaatı ve işletilmesi için gerekli olan bilgilerin hazırlanması için gerekli bilgileri esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Hüseyin ÇAKIR 'a, bilgisayar programının hazırlanmasında ve sonuçlarının elde edilmesinde yardımcı olan Ar. Gör. Selahattin Dinler'e ve Bogaziçi Üniversitesi program mühendisi M. Alpaslan Dogusan'a teşekkürü bir borç bilirim.

ÖNSÖZ

Enerji iletim hatlarının önemli konularından biri olan değişik arızalarda güç sistemlerinde stabilite konusunda bana çalışma imkanı sağlayan, araştırmalarımı titizlikle yöneten ve çalışmanın hazırlanması için gerekli bilgileri esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Hüseyin ÇAKIR 'a, bilgisayar programının hazırlanmasında ve sonuçlarının elde edilmesinde yardımcı olan Ar. Gör. Selahattin Dinler'e ve Bogaziçi Üniversitesi program mühendisi M. Alpaslan Dogusan'a teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Ülkemizde nüfusun artması ve endüstrinin gelişmesiyle elektrik enerjisi tüketimi de büyümektedir. Elektrik enerjisinin tüketim yerlerinden oldukça uzun mesafelerde ve büyük güçlü merkezlerde üretilip enerji iletim hatlarıyla çeşitli bölgelere dağıtılması gerekmektedir. Üretim ve dağıtımın büyümesi önemli işletme ve kontrol sorunlarının da birlikte getirmektedir. Bunlardan en önemlisi güç sistemlerinde stablitedir.

Bu çalışmamızda, kısa devreler, hatların açılıp kapanması gibi aniden meydana gelen düzensizliklere karşı şebekenin gösterdiği tepki incelenmiş ve sonuçta kısa devrelerin çabuk giderilmesi şebekelerin stabilitesini sağlamakta en iyi yöntem olduğu gözlenmiştir.

1. Giriş

Memleketimizde nüfusun artması ve endüstrinin gelişmesiyle elektrik enerjisi tüketim merkezleri de büyümektedir. Bu durum elektrik enerjisinin tüketim yerlerinden oldukça uzak mesafelerde ve büyük güçlü merkezlerde üretilip, enerji iletim hatlarıyla çeşitli bölgelere dağıtılması gerektirmektedir. Üretim ve dağıtımın büyümesi önemli işletme ve kontrol sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bunlardan önemli bir tanesi enerji sisteminin stabilitesiyle ilgilidir.

SÜMMARY

In our country the consumption of the electrical energy increases proportionalled with the population increasing and the development of the industries. This leads to require the distribution of this energy to many location with transmission lines after it is produced in the big power plants and far away distance from the consumption places increasing of the production and the distribution were caused to the important operating and control problems. One of these problems is associated with the stability in the power systems.

In this study, stability is examined for reactions of network to sudden changes, such as short circuit and switching of lines. It was seen the best method that was removing of the short circuit quickly obtain the transmission lines stability.

1. GİRİŞ

Memleketimizde nüfusun artması ve endüstrinin gelişmesiyle elektrik enerjisi tüketim merkezleri de büyümektedir. Bu durum elektrik enerjisinin tüketim yerlerinden oldukça uzun mesafelerde ve büyük güçlü merkezlerde üretilip, enerji iletim hatlarıyla çeşitli bölgelere dağıtılması gerekmektedir. Üretim ve dağıtımın büyümesi önemli işletme ve kontrol sorunlarını da birlikte getirmektedir. Bunlardan önemli bir tanesi enerji sisteminin stabilitesiyle ilgilidir.

Bir enerji sisteminin stabilitesi, olabilecek her türlü etkilerden sonra sistemde bulunan makinaların birbirleriyle senkronizmada kalıp kalmaması ve normal işletmeye dönebilmesi yeteneğidir. Güç sistemlerinde iki çeşit stabilite söz konusudur.

I. Statik Stabilite

II. Geçici rejim stabilitesi

Statik Stabilite; türbin regülatörleri ile gerilim regülatörlerinin etkisi sonucu oluşan küçük ve yavaş bir düzensizlikten sonra sistemin eski haline gelebilmesidir. Böyle bir sistemde statik stabilite bir sonsuz güç şebekesine bağlı senkron makina üzerinden incelenir. Makinaya uygulanan işletme momentleri ile direnç momentler arasındaki denge ile ilgili sınır güçlere statik stabilite sınırları denir. Generator tarafından iletilen gücün artması, sınır güce ulaşınca kadar çok yavaştır. Böylelikle her anda makinaya uygulanan işletme momenti ile direnç momenti arasındaki denge hemen hemen gerçekleşmiş olur ve bundan dolayı generatörün rotoru önem verilebilecek genlik salınımlarına uğramaz.

Geçici Rejim Stabilitesi; Büyük arızaların oluşturduğu etkilerle ilgilenir. Eger sistem büyük ve ani düzensizlikten sonra yeniden eski durumuna gelirse geçici rejimde stabildir. Sistem sürekli rejimde iken iletilen güç statik stabilite sınırlarının altında olsa bile, şiddetli bir düzensizlik olduğu zaman makinaların stabilitesinde bozulma ve senkronize kayıpları ortaya çıkabilir. Böyle durumlarda makinaya uygulanan işletme momentleri ile direnç momentleri arasındaki denge bozulduğu sonucuna varılır, ve sistemin geçici rejim

stabilitesi söz konusudur. Gerçekten geçiçi rejim sırasında elektriki büyüklükler , akımlar , gerilimler ve bunlara göre güçler başlangıçtaki değerlerinden şebekenin yeni durumuna ilişkin değerlerine çok çabuk olarak geçerler. Buna karşılık değişimleri hem regülatörlerin etkisine ve hemde işletmede kullanılan cihazların ataletine bağlı olan mekanik momentler, aynı süre içinde değişimlerine yeterli zaman bulamaz. Bu durumda gözönüne alınan makinaya uygulanan direnç momentini dengelemesi son bulur ve bundan dolayı generatörün rotoru pozitif veya negatif belirli bir ivme alır. Şebekeye bağlı bir senkron generatörün geçiçi rejim stabilitesine etki eden faktörler şunlardır.

- a. Arıza çeşidi
- b. Arıza süresi
- c. Şebekenin yapısı ve arızanın yeri
- d. Generatörün ve uyarma sisteminin seçimi
- e. Generatörün yüklenmesi
- f. Farklı özellikteki diğer generatörlerin etkisi

Arıza süresi sistem stabilitesine etki eder. Arıza uzun sürerse rotor açısı sürekli artacağından ve senkronizma bozulacağı için devre kesicilerinin çalışma zamanı önemlidir. Önemli olan bir diğer konuda tekrar kapamalı devre kesicileridir. Geçiçi rejim stabilite sınırlarını belirlerken tekrar kapama olayı süresinde düşünülmelidir.

Çalışmamızda, T.E.K.'dan alınan gerçek karakteristiklerle Keban-Gölbaşı çift devre enerji iletim hattının geçiçi rejim stabilitesi incelenmiştir.

2. STABİLİTE PROBLEMİ

Büyük bir güç kaynağına bir transformatörle bağlı bir senkron motor gözönüne alalım. Motora verilen güç kaynağının gerilimi motorun iç gerilimi ve bu iki gerilim arasındaki faz farkı tarafından belirlendiğini görürüz. Faz açısı motorun rotorunun korunmasına bağlıdır. Eğer mekanik yük artarsa motor güç girişi artıncaya kadar tam yük veremez, bu yüzden durur. İç gerilimi ve motor gerilimi arasındaki faz açısı ve sistemin gerilimi motora giren elektrikli gücü :çıkan güç, kayıpların toplamına eşit oluncaya kadar artar. Açı artarken giren elektrik gücünün üzerinde motora gereken güç dönen sistemde depo edilen enerjiden sağlanır. Motor hızı azalırken depo edilen enerji yükün bir kısmını karşılar. Eğer motor yeni denge noktası etrafında salınım yapar ve sonunda durursa yük uygulanması motorun stabilitesinin kaybetmesine sebep olmaz.

Yükteki artış çok büyükse ve ani uygulanırsa Stabilite Limitini geçtiği durumda motor senkronizelini kaybedebilir. Statik Stabilite Limiti güç yavaş arttığı zaman stabilite kaybı olmaksızın belirli bir noktadaki maksimum güç akışını ifade eder. Geçici Stabilite Limiti ani bir dalgalanma meydana geldiği zaman stabilite kaybı olmaksızın belirli bir noktadaki maksimum güç akışını ifade eder. Geçici dalgalanma eğer yavaş yavaş uygulanır, fakat uygulanmasındaki hızlilik sebebiyle stabilitenin kaybına sebep olursa stabilite iletaşıyan ani bir yük artışı olabilir, Geçici Stabilite Limitinin bilinmesi için arzu edilen daha sık bir dalgalanma bir arıza veya devrenin çeşitli paralel hatlarının açılması veya sistemin ayrılan parçasının izolasyonu ve bir arızanın birleşimi tarafından meydana getirilir. Çünkü her sistem geçici dalgalanmalara maruzdur. Geçici stabilite limiti hemen hemen daima Statik stabilite limitinden daha küçüktür. Bazı durumlarda geçici stabilite yerinde Statik stabilite geçiciliğinin azalmasından sonra aşırı yüklenen sistemlerde sınırlama faktörü olabilir. Geçici salınımları belirleyen bir bilgisayar programı bu durumda statik stabiliteyi belirtmek için kullanılabilir.

Çok basit bir güç sistemi sonsuz bir baraya bağlı motor ve generator içerir. Bir diğeri de iki senkron makina ihtiva eden bir sistemdir. Bir güç sisteminde makinalar herhangi bir noktada tutuldukları için beraberce etki ederler. Stabilite çalışmalarında bir noktadaki bütün makinaları büyük bir makina olarak dikkate almak alışılmış bir durumdur. Aynı baraya bağlı olmayan fakat yüksek reaktanslı hatlarla birbirinden ayrılmamış olan çoğu makinalar bir baraya getirilebilir ve tek bir makina olarak gözönüne alınabilir.

Büyük bir sisteme bağlı bir makinanın performansını incelerken sistem sabit gerilim ve sabit frekansa sahip olarak düşünülebilir. Böyle bir sisteme "sonsuz bara" denir. Böylece çok makinalı bir sistem bazen iki makinalı eşdeğer bir sisteme indirgenebilir. İki makinalı sistemin veya sonsuz bir baraya bağlı bir makinanın stabilitesine etki eden faktörler çok makinalı bir sisteme etki eden faktörlerin aynıdır.

Şekil 2.1 : İki kutuplu senkron generatorun gerilim-akım fazör ve mak vektör diyagramı

Bu da kaçak reaktansın arkasındaki

$$E = V + jI X_d$$

Eak'ın üreten hava aralığı alanına meydana getirir. Böyle ihmal edilirse endüvi reaksiyonu yük akımı ile orantılı olacak ve V_d ile V_q 90° dereceleri benzer doğan olacaktır. X_d senkron reaktansı ile endüvi reaksiyonu statiksel kendine toplar, ve

$$E_d = V_d + jI_d X_d$$

Her bir yük değişimine veya bir dış arızaya uğrayan yüklü bir generatörde görülen reaktans X_d kaçaklar reaktansından biraz daha büyük olan X_d' alt geçici değerece artmaya başlar. X_d' geçici değerece, erken süreklilikteki X_d değerece değerece verir. Anaristik sargısının olması var sayılırsa alt geçici devre, rotor dışarı gövdesi yüzeyinde

endüklenen akımlara bağlı kalır. Bu akımlar ortak endüktansla birleşmiş iki devrede, akımların ani olarak değişmeyeceği teorisine göre oluşan endüvi reaksiyonu etkisi ile azalır. Bu reaktansların arkasında bunlara ilişkin alt geçişi, geçişi ve senkron emk'lar sırasıyla $E'' - E'$ ve E_0 dir.

Şekil 2.1 de stabiliteye anlam kazandıran durumlara yararlı olmadığı için alt geçişi şartlarda işleme belirtilmemiştir. E_0 ile V arasındaki açı δ , yüksüz konumdan yüklü konuma hareket ettirilen rotorun, baştan sonuna kadar geçtiği açıdır. Türbinin net mekanik gücü, generatörün bütün kayıplarını karşıladıktan sonra generatörün faz başına P_1 giriş gücüne eşittir.

$R \neq 0$ kabulü ile

$P_1 = E_0 \cdot I$ denkleminin gerçel kısmı alınır,sa,

$$P_1 = \frac{E_0^2}{Z_s} \cos \theta - \frac{V \cdot E_0}{Z_s} \cos(\theta - \delta) \quad (2.1)$$

Burada:

θ : Generatörün empedans açısı

Z_s : faz başına senkron empedanstır.

$\theta = \arctan \frac{X_d}{R}$ ve $Z_s = |R + jX|$ ile ifade edilir.

Generatörün P_2 çıkış gücü :

$$P_2 = \frac{V \cdot E_0}{Z_s} \cos(\theta - \delta) - \frac{V^2}{Z_s} \cos \theta \quad (2.2)$$

Bu durumda maksimum güç $\delta = \theta$ şartlarında sağlanır.

$R=0$ kabulü ile faz başına güç (2.1) ve (2.2) denklemlerinden

$$P = P_1 = P_2 = \frac{V \cdot E_0}{X_d} \sin \delta \quad (2.3)$$

ile bulunur.

Bu sonuç Şekil (2.1) deki diyagramdan

$$I \cdot X_d \cdot \cos \varphi = E_0 \cdot \sin \varphi$$

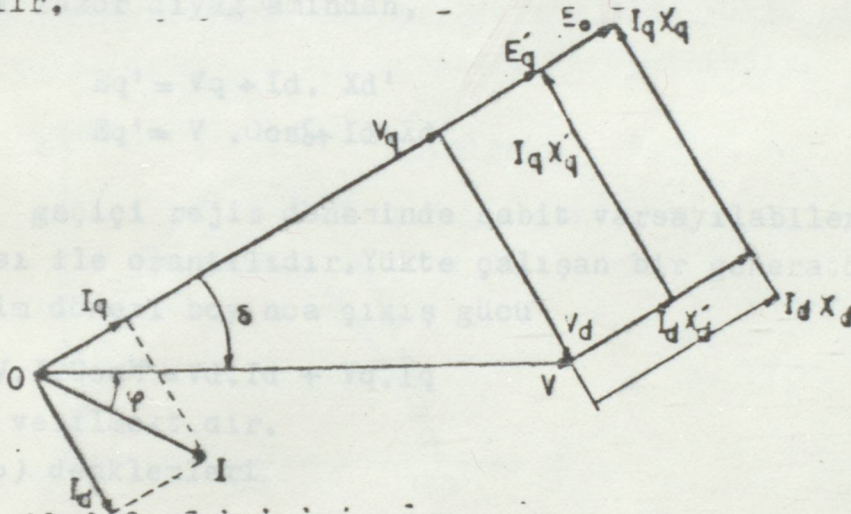
olduğu gözönüne alınarak doğrudan doğruya elde edilir. Eger δ tek bağımsız değişken ise, $\delta = 0$ olduğu zaman çıkış gücü sıfır olacak ve $\delta = 90^\circ$ de maksimuma erişecektir. Daha genel olarak

$R \neq 0$ olduğu varsayılırsa maksimum güç $\delta = \theta$ şartında sağlanır. $R=0$ ise bulunan $\frac{V \cdot E_0}{X_d}$ max.gücü statik stabilite sınırınıdır.

δ , yükteki rotor kutup durumu ile yüksüz konum arasındaki açı olduğundan, generator sonsuz güç barasına ilk senkronize edildiği zaman $\delta=0$ olur. Generator türbinini besleyen buhar artırıldığında generatorün ω ; elektriksel hızı, geçişi olarak ω_s senkron hızından daha büyük bir değer alır.

2.2. ÇIKIK KUTUPLU SENKRON GENERATOR

Stator direnci, çıkık kutuplu bir senkron generatörde de senkron reaktansının yanında ihmal edilebilir. P çıkış gücü ya yuvarlak kutuplu senkron makinada olduğu gibi yada Şekil(2.2)deki fazör diyagramından doğrudan doğruya elde edilir.



Şekil(2.2) Çıkık kutuplu senkron generatorun Akım-Gerilim fazör diyagramı

$$I \cdot \cos \varphi = I_q \cdot \cos \delta + I_d \cdot \sin \delta \quad (2.4)$$

$$V_q = V \cdot \cos \delta = E_0 - I_d \cdot X_d \quad (2.5)$$

$$V_d = V \cdot \sin \delta = I_q \cdot X_q \quad (2.6)$$

Güç ifadesi

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$P = V \cdot (I_q \cdot \cos \varphi + I_d \cdot \sin \delta)$$

I_d ve I_q değerleri (2.5) ve (2.6) denklemlerinden alınarak güç formülünde yerine konursa;

$$P = V \cdot \left[\frac{V}{X_q} \cdot \sin \delta \cdot \cos \delta + \left(\frac{E_0 - V \cdot \cos \delta}{X_d} \right) \sin \delta \right]$$

$$P = \frac{V^2}{X_q} \cdot \sin \delta \cos \delta + \frac{V \cdot E_0}{X_d} \cdot \sin \delta - \frac{V^2 \sin \delta \cos \delta}{X_d}$$

$$P = \frac{V \cdot E_0}{X_d} \cdot \sin \delta + V^2 \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \cdot \sin \delta \cos \delta \quad (2.7)$$

Bu denklemlerden de anlaşılacağı gibi çıkık kutuplu generatör daha sağlam çalışır. Çünkü bu makine belli bir yük için yuvarlak kutuplu makinadan daha küçük bir güç açısında çalışmaktadır. Stator direnci ihmal edilmiş, yüklü çıkık kutuplu bir senkron generatörün T_d' zaman sabitinde küçük kısa bir zaman aralığındaki geçişi rejimin incelenmesi boyunca ve enine eksen akım bileşenleri ile yapıldığında, gerçek stator faz akımlarına dayanılarak yapılandır daha kolaydır. Senkron generatorün çalışma şartlarındaki ani bir değişimi izleyen kısa bir zaman aralığında endüktansa ilişkin akısı sabit kalır. Şekil(2.2)deki fazör diyagramından,

$$E_{q'} = V_q + I_d \cdot X_d' \quad (2.8)$$

$$E_{q'} = V \cdot \cos \delta + I_d \cdot X_d' \quad (2.9)$$

$E_{q'}$ geçişi rejim döneminde sabit varsayılabilen toplam alan akısı ile orantılıdır. Yükte çalışan bir generatörün geçişi rejim dönemi boyunca çıkış gücü

$$P = V \cdot I \cdot \cos \psi = V_d \cdot I_d + V_q \cdot I_q \quad (2.10)$$

ile verilmektedir.

(2.6) denklemleri

$$V_d = V \cdot \sin \delta = I_q \cdot X_q \quad \text{den}$$

$$V_d = V \cdot \sin \delta \quad \text{ve} \quad I_q = \frac{V \cdot \sin \delta}{X_q} \quad \text{degeri ile}$$

(2.9) denklemi

$$E_{q'} = V \cdot \cos \delta + I_d \cdot X_d' \quad \text{den} \quad I_d = \frac{E_{q'} - V \cdot \cos \delta}{X_d'} \quad \text{degeri hesaplanabilir.}$$

V_d , I_q , I_d ve (2,5)denkleminde alınan

$V_q = V \cdot \cos \delta$ değerleri (2.10) denkleminde yerlerine konursa

$$P = V \cdot \sin \delta \left(\frac{E_{q'} - V \cdot \cos \delta}{X_d'} \right) + V \cdot \cos \delta \cdot \frac{V \cdot \sin \delta}{X_q}$$

$$P = \frac{E_{q'} \cdot V \cdot \sin \delta}{X_d'} - \frac{V^2}{2} \left(\frac{1}{X_d'} - \frac{1}{X_q} \right) \sin 2\delta \quad (2.11)$$

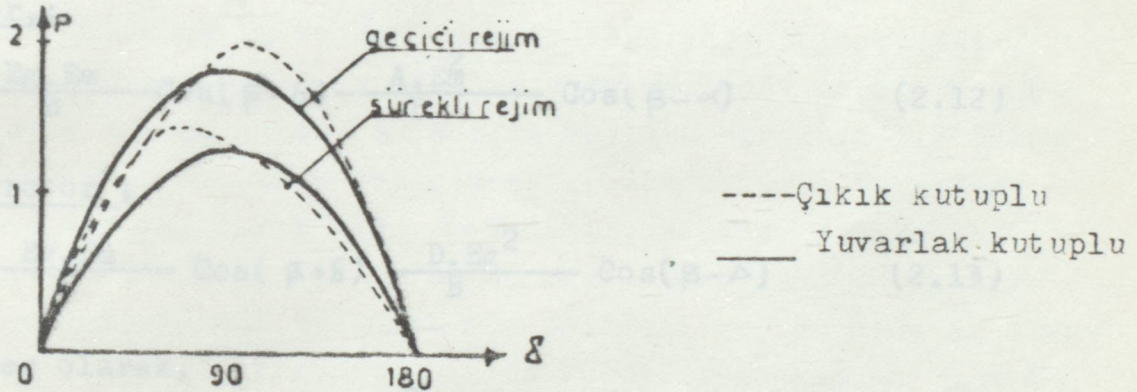
denklemini elde edilir.

Bu denklem (2.7) ile ifade edilen sürekli rejim güç denklemleriyle kıyaslanırsa E_0 yerine E_q' , X_d yerine de X_d' nün geçtiği görülür.

$\frac{E_q'}{X_d'} > \frac{E_0}{X_d}$ olduğundan geçiçi rejimdeki max.güç sürekli rejimden daha büyüktür.

Ayrıca $X_d > X_q > X_d'$ olduğundan ikinci terimin işareti ters döner. Enine eksen alan sargısı olmadığı da varsayılarak $X_q' = X_q$ sonucuna varılır.

Bir generatörde sonsuz güçteki bir baraya bağlandığı zaman sabit bağlantı reaktansının değişik generatör reaktanslarına eklenmesi sürekli ve geçiçi rejim güç açı egrileri arasındaki farkı azalır. Şekil(2.3)de yüklü bir çıkık kutuplu generatörün güç açı egrileri görülmektedir.



Şekil(2.3) Çıkık kutuplu bir generatörün sürekli ve geçiçi rejimde Güç-Açı egrileri

Güç ifadesindeki ikinci terim atılarak geçiçi rejimdeki çıkık kutupluluk etkisi ihmal edilir. Böylece güç-açı karakteristiği sinüsoidal olur. Bu yaklaşım, δ nın küçük değerlerindeki güçlere göre maksimum güçler gözönüne alındığında daha iyi görülebilir. Çünkü küçük güçlerde gerçekten ikinci terim, birinci terimle aynı mertebeden olmaktadır. Ayrıca E_q' yerine X_d' reaktansı arkasındaki E' emk. kullanılır.

2.3 STATİK STABİLİTE

Bir sistemde statik stabilite, bir sonsuz güç şebekesine bağlı senkron makina üzerinden incelenir. Eğer generatör küçük bir dalgalanmadan sonra stasyoner çalışmaya geri dönebiliyorsa, statik stabilite var demektir. Sistemdeki büyük arızalar nedeniyle denklemler lineer değildir. Küçük kayıplar nedeniyle lineer duruma getirilebilir.

Statik için gönderme ucu gerilimi generatörün senkron reaktansının arkasındaki gerilimdir. Alma ucu gerilimi senkron motor reaktansı arkasındaki gerilimdir. Burada V_s , V_r makinanın senkron reaktansının arkasındaki gerilimleri gösterir ve genelleştirilmiş devre sabitleri makinaların senkron empedansları tarafından oluşturulan şebeke ve onlara bağlı devreyi kapsar. Denklemler şöyle olur.

Motor, :

$$P_m = \frac{E_g \cdot E_m}{B} \cos(\beta - \delta) - \frac{A \cdot E_m^2}{B} \cos(\beta - \alpha) \quad (2.12)$$

Generatör ;

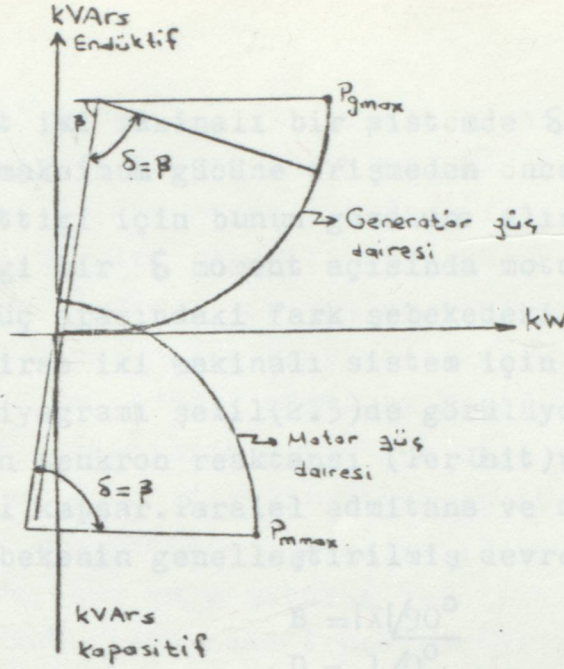
$$P_g = \frac{E_g \cdot E_m}{B} \cos(\beta + \delta) - \frac{D \cdot E_g^2}{B} \cos(\beta - \Delta) \quad (2.13)$$

Benzer olarak,

$$P_m \cdot \max = \frac{E_g \cdot E_m}{B} - \frac{A \cdot E_m^2}{B} \cos(\beta - \alpha) \quad (2.14)$$

$$P_g \cdot \max = \frac{E_g \cdot E_m}{B} + \frac{D \cdot E_g^2}{B} \cos(\beta - \Delta) \quad (2.15)$$

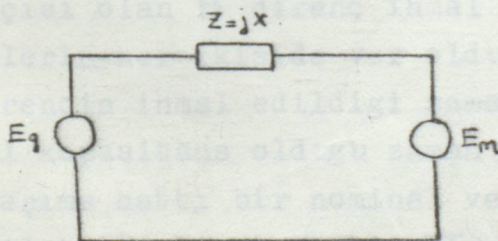
Önceki denklemlerden bulunan güç, gerilimler faz-nötr gerilimleri ise faz başına düşen güçtür, Gerilim üç fazlı faz gerilimi ise güç toplam üç fazlı güçtür. Devre herhangi bir direnç ihtiva ediyorsa generatörün maksimum Çıkış gücü, motora maksimum güç girişi generatörün max. güç çıkışına erişilmeden aşılacağı için gerçekleşemez. İki makinalı bir sistemin generatör ve motor tarafından oluşturulan güç daire diyagramları Şekil (2.4) de görülmüyor.



Şekil(2.4) İki makinalı sistemin motor ve generatör için daire diyagramı

Daireler E_g ve E_m 'in eşit değerleri için çizilir.

$P_{m,max}$ noktası motor tarafından verilebilecek maksimum güçtür. Eğer moment açısı $\delta < \beta$ mile verilen herhangi bir ilave yük δ 'ın artmasına sebep olacaktır. Yük motorun maksimum gücünü verdiği durum olan $\delta = \beta$ durumuna kadar artırılabilir. Mildeki yük $\delta = \beta$ olduğu zaman verilen daha büyük bir güç gerektiriyorsa, üretilen güç, mildeki güçten daha az olduğu zaman motor senkronize hızını koruyamayacağından δ artmaya devam edecektir. Gerekli güç fazlası motor durunca dönen sistemde depo edilen enerjiden karşılanır. δ, β 'nın üzerinden artmaya devam ettikçe üretilen gücün azalmasına, motorun yavaşlamasına sebep olur.



Şekil(2.5) İki makinalı sistemde Pozitif bileşen empedans diyagramı

δ artıkça üretilen güçte azalır, motor senkronizeligini tamamen kaybeder işaretlenen $P_{g,max}$ Şekil(2.4)de generatör tarafından üretilebilecek teorik maksimum güçtür.

Fakat iki makinalı bir sistemde $\delta = \beta$ olduğu zaman ve generator maksimum gücüne erişmeden önce motor senkronizeliğini kaybettiği için bunun gözönüne alınması gerekli değildir. Herhangi bir δ moment açısında motor ve generatorun ürettiği güç arasındaki fark şebekedeki kayıp güçtür. Direnç ihmal edilirse iki makinalı sistem için Pozitif-bileşen empedans diyagramı şekil(2.5)de görülmüyor. Burada X : motor ve generatorun senkron reaktansı (Per Unit) ve bağlı devrenin reaktansını kapsar. Paralel admitans ve direnç ihmal edildiği için şebekenin genelleştirilmiş devre sabitleri

$$A = 1 \angle 0^\circ$$

$$B = |X| \angle 90^\circ$$

$$C = 0$$

$$D = 1 \angle 0^\circ$$

Yukarıdaki genelleştirilmiş devre sabitleri (2.12) ve (2.13) denklemlerinde yerine konulduğunda makinalar arasında transfer edilen güç şöyle verilir.

$$P = \frac{E_g \cdot E_m}{X} \sin \delta \quad (2.16)$$

Benzer olarak (2.14) ve (2.15) den mümkün olan güç transferi için

$$P_{max} = \frac{E_g \cdot E_m}{X} \quad (2.17)$$

Direnç ihmal edildiği için I^2R kayıpları yoktur ve generatör tarafından üretilen bütün elektrik gücü motor tarafından alınır. İhmal edilen direnç ve paralel kapasitans motor yavaş olandan daha yüksek bir Statik stabilite limiti verir. Denklem (2.14)deki B sabiti devrenin seri empedansıdır. Direnç varsa B denklem (2.17)deki X teriminden biraz daha büyüktür. Empedans açısı olan β direnç ihmal edilirse 90° den küçüktür. Bu faktörlerin her ikisinde var olduğu kabul edilerek hesaplanan güç, direncin ihmal edildiği zaman hesaplanan güçten küçüktür?. Paralel kapasitans olduğu zaman gönderme ve alma uçları arasındaki taşıma hattı bir nominal veya bir eşdeğer Π tarafından gösterilebilir. Simetrik bir Π için genelleştirilmiş devre sabitleri

$$A = 1 + \frac{ZY}{2}$$

ve

$$B = Z$$

$X=0$ olduğu zaman $A=1$ olur. Fakat direnç ve paralel kapasitans varsa $A < 1$ ve α küçük bir pozitif açıdır. A 'nın azalması α 'nın artması maksimum güç üzerinde ters etkilere sahiptir. Çoğunlukla paralel kapasitansın ihmal edilmesi stabilite limiti için kötümser bir sonuç verir. Stabilite sonuçlarında aynı sonuç, diğer hesaplar yapılırken kullanılan analizdeki gibi direnç ve paralel admitansın varlığında da kullanılmalıdır. Geçici stabilite durumunda direnç salınımlarının sönümlenmesi önemlidir. Bir sistemin statik stabilite limitlerini artırma metotları denklem (2.17) ile gösterilmiştir.

Generatör veya motorun, her ikisinde tahrikindeki bir artış makineler arasında transfer edilebilen maksimum gücü artırır. Transfer edilen güçte bir artış olmaksızın iç gerilimler artarsa denklem (2.16) den görüleceği gibi moment açısı azalır. Şebekenin reaktansındaki herhangi bir azalma stabilite limitini artırır. Taşıma hatları sistemin toplam reaktansına önemli bir miktar katkıda bulunursa stabilite limitindeki bir artış iki paralel hat kullanılarak sağlanabilir. Paralel hatların kullanılması diğer hatta bir arıza olduğu zaman hat gücünü taşıyacağı için sistemin bağımsızlığında artıracaktır.

Gerilim regülasyonunu sağlamak için hatlarda seri kondansatörler kullanılmaktadır. Böyle tesisler sabit olarak inşa edilerek ve hat reaktansı azaltılarak stabilite limiti yükseltilir.

2.4 GEÇİCİ REJİMDE STABİLİTE:

Geçici rejimde stabilite büyük arızaların oluşturduğu etkilerle ilgilenmektedir. Şebekeye bağlı bir senkron generatörün geçici stabilitesini etkileyen faktörler şunlardır.

- Arıza çeşidi
- Arıza süresi
- Şebekenin yapısı ve arızanın yeri
- Generatörde uyarma sisteminin seçimi
- Generatör yüklenmesi
- Farklı özellikteki diğer generatörlerin etkisi.

Senkron generatörün kutuplarında bir arıza oluştuğunda bir endüktif devreyi besliyormuş gibi verdiği güç arızanın oluştuğu kısa bir süre içinde değişebilmek için hız kazanmaya çalışır.

Arıza uzun sürerse rotor açısı sürekli artar, senkronizma kaybolur. Bu nedenle koruma elemanlarının ve devre kesicilerinin çalışma zamanı çok önemlidir.

Herhangi bir güç sisteminin geçici rejim stabilitesini belirlemek üzere yapılan analizi, güç transferinin durumunu bulmak üzere her dalgalanmadan sonra makinaların rotorlarının rölatif açılarını ayarlamaları gerektiği için sistem makinalarının bazı mekânîk özelliklerini içerir. Problem elektriki olduğu kadar mekânîkidir. Bazı mekanik prensipler problem ele alındığı zaman açıklıkla ortaya konmalıdır.

Şekil (2.4) lineer hareketin mekaniğiyle ilgili problemlerde ortaya çıkan büyüklükleri gösteriyor. Tabloda dönmenin mekaniği ile ilgili bilgilerde verilmiştir. Dönen sistemler ile bağıntılar geçici stabilite problemlerin çözümüne uygulanabilir.

Dönen bir cismin kinetik enerjisi:

$$K.E = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad \text{joul}$$

Ötelenmiş kinetik enerji: $\frac{1}{2} m.v^2$ $\omega = \text{rad/sn}$ olduğu zaman

Atalet momenti: $\frac{\text{joule.sn}^2}{\text{rad}^2}$ olur.

Şekil (2.6) doğrusal ve dönme hareketinde bazı büyüklükler verilmiştir

Doğrusal Hareket				Dönme Hareketi			
Büyükük	Sembol	Denklemler	Birim	Büyükük	Sembol	Denklemler	Birim
Yol	s	-	m	Açısal Yol	δ	$\delta = \frac{s}{r}$	rad
Kütle	m	-	Kg	Atalet Momenti	I	$I = \int r^2 dm$	kg m^2
Zaman	t	-	s	Zaman	t	-	s
Hız	v	$v = \frac{ds}{dt}$	m/s	Açısal Hız	ω	$\omega = \frac{d\delta}{dt}$	rad/s
İvme	a	$a = \frac{dv}{dt}$	m/s^2	Açısal İvme	α	$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$	rad/s^2
Kuvvet	F	$F = ma$	N	Dönme Momenti	T	$T = Fr = I\alpha$	N.m veya J/rad
Moment	M'	$M' = mv$	N.S	Açısal Moment	M	$M = I\omega$	J.s/rad
İş	W	$W = \int F ds$	J	İş	W	$W = \int T d\delta$	J
Güç	P	$P = \frac{dW}{dt}$	W	Güç	P	$P = \frac{dW}{dt} = T\omega$	W

Bir elektrik makinasının depo edilmiş enerjisi uygun bir şekilde (MJ) cinsinden ifade edilir. Mühendislikte açılar genellikle derece cinsinden ölçülür. Bununla beraber açısal momentum (M) genellikle $\frac{MJ.sn}{Elk}$ cinsinden ölçülür. $M = I\omega$ dan hesaplandığı zaman

ω : makinanın senkron hızı, M: Atalet sabiti

Bu uygulama H harfiyle gösterilen başka bir terimde atalet sabiti olarak adlandırıldığı için bazı dalgalanmalara sebep olur. Atalet sabiti (H) makina gücünün MVA başına senkron hızda makinanın depoladığı MJ cinsinden enerji olarak tanımlanır, böyle tanımlandığı zaman M ve H arasındaki bağıntı aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$H = \frac{\text{Depolanan enerji (MJ)}}{\text{Makina nominal gücü (MVA)}}$$

$$G = \text{Makina gücü (MVA)}$$

$$GH = \text{Depolanan enerji (MJ) (2.7) denkleminde}$$

$$\text{Depolanan enerji} = \frac{1}{2} I.\omega^2 \quad (2.19)$$

$$M = \frac{MJ.sn}{\text{derece}} \quad \text{ve } \omega = \frac{\text{derece}}{sn} \quad \text{ise depo edilen enerji (MJ) cinsinden}$$

$$\omega = 360.f \quad f: \text{frekans (1/sn) böylece (2.19) eşitliği,}$$

$$GH = \frac{1}{2} M.(360.f) \quad M = \frac{GH}{180.f} \quad \left(\frac{MJ.sn}{Elk^0} \right) \quad (2.20)$$

Daha sonra göreceğimiz gibi geçici stabiliteyi incelemek için M belirlenmelidir. Fakat M makinanın tipine olduğu kadar büyüklüğünde bağlıdır. Oysa H büyüklükle çoğu zaman değişmez. H büyüklüğü makinanın KVA sı ve hız aralığı ne olursa olsun her makina sınıfı için relatif olarak dar bir değer aralığına sahiptir. Eger makinanın $\omega.R^2$ yani bir generatörün ilk hareket ettirici ve bir motorun bağlı yükü biliniyorsa H aşağıdaki gibi belirlenir. (2.18) eşitliğinden İngiliz birimleri ile,

$$KE = \frac{I}{2} \cdot \frac{\omega.R^2}{32.2} \left(\frac{2.\pi.n}{60} \right)^2 \quad \text{ft.lb} \quad (2.21) \text{ elde ederiz.}$$

ft.lb yi MJ'e çevirerek ve makinanın gücüne bölerek

$$H = \frac{\frac{746}{550} 10^{-6} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\omega.R^2}{32.2} \left(\frac{2.\pi.n}{60} \right)^2}{\text{MVA}} \quad (2.22)$$

$$H = \frac{2.31 \cdot 10^{-10} \cdot w \cdot R^2 \cdot n^2}{MVA} \quad (2.23)$$

Bir yerdeki çeşitli makinaları bir makina olarak düşündüğümüz zaman tek eşdeğer makina ,geçiçi periyod boyunca beraber etki ettiği düşünülen çeşitli makinaların güçlerine eşit bir güce sahip olur. Eşdeğer makinanın atalet sabiti M tek tek makinaların atalet sabitleri toplamıdır.

2.5 ÇOK MAKİNALI ENERJİ SİSTEMİ

Çok makinalı enerji sistemlerinin hesabında genellikle ikindereceden önemli olan faktörlerin gözönüne alınmaması sözkonusudur ve aşağıdaki varsayımlar yapılır.

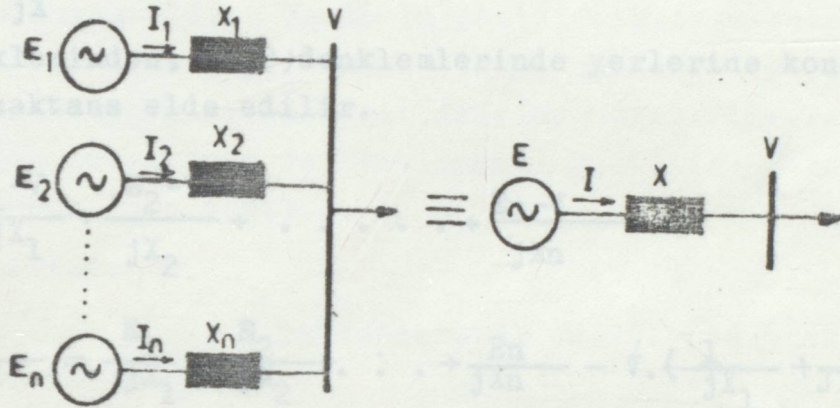
- 1.Geçiçi çıkık kutupluluk etkisi ihmal edilir.
- 2.Geçiçi reaktans sabit tutulur.
- 3.Amortisman momentleri ve alt geçiçi etkiler ihmal edilir.
- 4.Senkron makinaların mekanik momentleri sabittir.
- 5.Yükler,sabit şönt empedanslar ile gösterilir.
- 6.Sistemin nominal frekansda empedansı sabittir.
- 7.Stabilite makinaların ilk salınımlarına göre belirlenir.

İkiden fazla eşdeğer makina gruplarınının güç açılarındın maksimum değerlerine bir kere ulaştıktan sonra,ikincide daha fazla açılmadıkları fakat daha küçük bir degerde döndükleri açıklık kazanınca-ya kadar adım adım hesaplara devam edilir.Böylece ilk şartlar için verilen açma zamanınının stabil kalması sağlayıp sağlamadığını hesaplamak üzere deneme yöntemi kullanılır.Kesin kritik açma zamanı enterpolasyon ile bulunur.Çok makinalı enerji sisteminin salınım eğrisinin hesaplanması için aşağıda belirtilen yol izlenir.

- 1.Enerji sistemi basit eşdeğer devreye indirgenir.
- 2.Geçiçi devre şartları için geçiş empedansları belirlenir.
- 3.Fakibeden geçiçi şartlar için başlangıç şartları ve güç akışı denklemleri belirlenir.
- 4.Her makina grubu için hızlandırıcı moment sabiti hesaplanır.
- 5.Sistemin stabil olup olmadığı belirleninceye kadar verilen açma zamanı için salınım egrisi hesapları yapılır.

3. BİRÇOK SENKRON MAKİNAYA EŞDEĞER SENKRON MAKİNA

Birçok senkron makina küçük empedanslarla birbirinden ayrılan zaman (aynı bir santralin aynı bara üzerine bağlı generatörleri) Eger arıza bunlardan birini doğrudan doğruya etkilemezse, makinaların birbirlerine göre etkili bağıl hareket göstermeyecekleri kabul edilebilir. Bu şartlar altında bunların yerine tek bir makina koymak imkanı vardır. Aynı bara üzerine paralel bağlı, V gerilimli n adet generatör alalım. Şekil(3.1)



Şekil(3.1),Çok makinalı üretici sistemin tek eşdeğer makinaya indirgenmesi.

Generator emk'leri : E_1, E_2, \dots, E_n

Generator geçiçi reaktansları Baraya bağlı olan bağlantı reaktansları : X_1, X_2, \dots, X_n

Eşdeğer generatöre ilişkin emk : E

Eşdeğer generatöre ilişkin reaktans : X

n adet generatör için

$$E_1 = V + jX_1 I_1$$

$$E_2 = V + jX_2 I_2$$

⋮

$$E_n = V + jX_n I_n \quad (3.1)$$

Eşdeğer generatör için

$$E = V + jX.I \quad \text{yazılabilir.}$$

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Her bir generatöre ilişkin akımlar (3.1)denkleminde

$$I_1 = \frac{E_1 - V}{jX_1}$$

$$I_2 = \frac{E_2 - V}{jX_2}$$

$$\vdots$$

$$I_n = \frac{E_n - V}{jX_n} \quad (3.3)$$

Eşdeğer generatöre ilişkin akım değeri

$$I = \frac{E - V}{jX}$$

(3.3)denkleminde, (3.2)denklemlerinde yerlerine konursa eşdeğer emk ve reaktans elde edilir.

$$\frac{E - V}{jX} = \frac{E_1 - V}{jX_1} + \frac{E_2 - V}{jX_2} + \dots + \frac{E_n - V}{jX_n} \quad (3.7)$$

$$\frac{E}{jX} - \frac{V}{jX} = \frac{E_1}{jX_1} + \frac{E_2}{jX_2} + \dots + \frac{E_n}{jX_n} - V \left(\frac{1}{jX_1} + \frac{1}{jX_2} + \dots + \frac{1}{jX_n} \right)$$

Buradan eşdeğer Emk ve reaktans elde edilebilir.

$$\frac{E}{X} = \frac{E_1}{X_1} + \frac{E_2}{X_2} + \dots + \frac{E_n}{X_n}$$

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \dots + \frac{1}{X_n} \quad (3.8)$$

İki generatörlü sistem için (3.4) ve (3.5) denklemlerinden

$$E = \frac{E_1 X_2 + E_2 X_1}{X_1 + X_2} \quad (3.9)$$

$$X = \frac{X_1 \cdot X_2}{X_1 + X_2}$$

elde edilir.

$$E = \dots + 5$$

$$(3.10)$$

şuna göre türev alırsak,

$$\frac{dE}{dX} = \dots - \frac{dE}{dX}$$

$$(3.11)$$

3.1 SALINIM DENKLEMİ

Bir makinada nüve kayıpları sürtünme ve rüzgarın sebep olduğu moment dikkate alınmazsa elektromagnetik moment ve mil momenti arasındaki herhangi bir farkın makinanın hızlanma veya yavaşlamasına sebep olması gerekir. T_s :mil momenti , T_e :elektromagnetik momenti gösterirse ve bir generator için bunlar pozitif olarak düşünülürse ivmelenmeyi sağlayan moment,

$$T_a = T_s - T_e \quad (3.6)$$

T_s T_e den büyük olduğu zaman T_a pozitifdir, ivmelenmeyi gösterir. Bu denklem bir motor için kullanıldığı zaman T_s ve T_e elektrik girişini ve mekanik çıkışı gösterir. İkiside negatiftir. T_a , T_e T_s olduğu zaman pozitifdir ve ivmelenmeyi gösterir, Benzer denklem ivmelenme gücü için yazılır.

$$P_a = P_s - P_e \quad (3.7)$$

Burada, P_s :mil gücü , P_e :Generatör tarafından üretilen elektrik gücüdür. Bir motor için;

P_e :motorun elektrik kayıpları ve giriş elektrik gücü arasındaki negatif farktır. Yani P_e üretilen negatif elektirik gücüdür. Eger dönel kayıplar' sürtünme, rüzgar, nüve kayıpları' gözönüne alınırsa P_s ; bir motor için çıkış gücü ve dönel kayıpların toplamıdır.

P_s ; bir generatör için, mil gücü - dönel kayıplar
Güç:moment. açısal hız, P_a İvmelenme gücü (MW)

$$P_a = T_a \cdot \omega = I \cdot \omega \cdot \alpha = M \cdot \alpha \quad (3.8)$$

$$M = M_j \cdot \frac{sn}{ek}^0 \quad ; \quad \text{açısal ivme (der./sn}^2)$$

α ivmesi, Rotorun açısal konumu cinsinden şöyle ifade edilir.

$$\alpha = \frac{d^2 \theta}{dt^2} \quad (3.9)$$

θ 'zamanla sürekli olarak değiştiği için açısal konumu senkron hızda dönen bir referans eksenine göre ölçmek daha elverişlidir.

Eger senkron olarak dönen referans eksenine göre ölçülen derece cinsinden açısal hız ise ve ω_s :derece/sn

Senkron hız,

$$\theta = \omega_s \cdot t + \delta \quad (3.10)$$

zamana göre türev alırsak,

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega_s + \frac{d\delta}{dt} \quad (3.11)$$

Tekrar türev alırsak,

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{d^2\delta}{dt^2} \quad (3.12)$$

(3.8), (3.9) ,(3.10) dan,

$$M \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_a = P_s - P_e \quad (3.13) \text{ salınım denklemdir.}$$

sonsuz baraya bağlı bir makina için açısı (2.12),(2.13),(2.14) de kullanılan moment açısıdır.Çünkü açı bu durum,sonsuz bara olduğundan makinanın iç açısı ve senkron olarak dönen referans çerçevesi arasındaki açıdır.İki makinalı bir sistem için herbiri bir makina için olmak üzere iki salınım denklemi gereklidir.İki makina arasındaki moment açısı her makinanın ve senkron olarak dönen referans çerçevesinin arasındaki açılara bağlıdır.Bir makinanın açısal momentumu M , açısal hız değişken olduğundan sabit değildir. Fakat stabilite limiti aşılmadıkça makinanın hızı senkron hızdan farklı olmadığı için M sabit olarak alınabilir.Atalet sabiti senkron hızdaki açısal momentum olarak tanımlandığı için gerçekten sabittir. Mil gücü P_s ,denklemin çözümünde sabit olarak gözönüne alınır.Bir generatör için bu varsayım ile hareket vericinin girişi bir regülatör ile kontrol edilerek gerçekleşir.Çünkü regülatörlerde hız en az %1 değişinceye kadar etki etmezler ve bunların etkilerine verilen cevaplar ani değildir.Bir bilgisayar programında regülatörlerin etkisi hesaplanabilir.

Bilgisayar programında böyle bir durum,inceleme 2sn den fazla bir periyot içinde yapılırsa gerçekleşir.Bir motor için, yük,hız, stabilite kayboldukça sezilebilir.Ölçüde değişmediği için yük sabit kalır. P_e :elektrik gücü (2.12),(2.13),(2.16) denklemleri tarafından verilir.Geçici reaktans (2.12),(2.13) denklemlerindeki genelleştirilmiş devre sabitleri ve(2.16) için X 'i belirlemekte kullanılır. Burada direnç ihmal edilirse geçici reaktans kullanılacak en iyi değerdir.Çünkü makinanın rotoru armatür akımının 'mmk' ına göre sabit olarak konum değiştirir.Böylece rotor yüzeyinde geçici reaktans ele alındığındaki akı değişimine benzer bir durumda akı değişir. E_g ve E_m motor ve generatörün geçici reaktansının arkasındaki gerilimlerdir.

salınım denklemi (2.16)dan şöyle olur.

$$M \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_s - \frac{E_g \cdot E_m}{X} \sin\delta \quad (3.14)$$

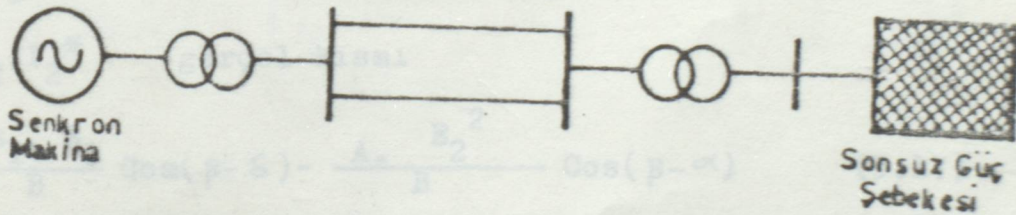
(2.17)denkleminde,

$$M \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_s - P_{max} \cdot \sin\delta \quad (3.15)$$

Çeşitli salınım denklemlerini ihtiva eden çok makinalı bir sistemde denklemin formül şeklinde bir çözümü elde edilemez. Bu çalışma bilgisayarda veya hesap makinasında yapılırsa nokta nokta çözüm yapılmalıdır. Direncin ihmal edildiği sonsuz bara, bir makina gibi basit, bir durum için bile (3.15) formülüyle çözümü sadece $P_s = 0$ iken mümkündür ve eliptik integrallerin kullanımını gerektirir. Çözüm farklı zamanlar için δ değerlerini verir ve çoğunlukla bir $\delta - t$ grafiği çizilir. Böyle bir grafik "Salınım Grafiği" olarak adlandırılır. Eğer δ açısı maksimum değerine ulaştıktan sonra azalmaya başlarsa genellikle sistemin stabilitesini kaybettiği, δ 'ın denge noktası etrafında gittikçe daha küçük salınımlar yapmaya devam edeceği ve sonunda sonümleneceği farzedilir.

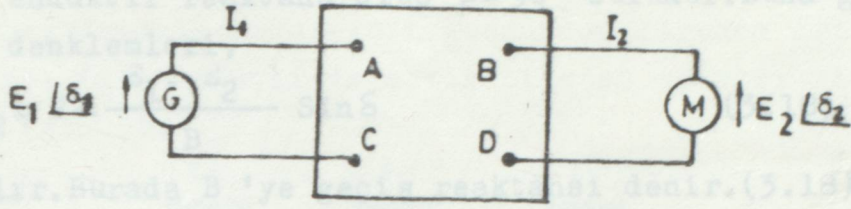
3.2 İKİ KAPILI DÖRT UÇLU ŞEBEKENİN GENEL DURUMU

Gerilimi ve frekansı sabit olan şebekeye sonsuz güç şebekesi denir. Bir senkron makina bir hat üzerinden şekil(3.2)de görüldüğü gibi sonsuz güç şebekesine beslesin.



Şekil(3.2) Sonsuz güç şebekesine bağlı senkron makina

Şekil(3.2)deki güç sistemi, şekil(3.3)de olduğu gibi 2 kapılı bir şebekeye indirgenebilir.



Şekil(3.3) iki kapılı şebekeye indirgenen güç sistemi

Burada G, güç üreten bölgedeki eşdeğer generatör, M ise güç tüketen bölgeyi yada sonsuz güç barasını gösteren senkron motordur.

Bir uçtan öbür uca geçiş matrisi;

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}$$

G ile M senkron makinalarına ilişkin geçiş matrislerinin hatta ilişkin matrisle çarpımı sonucu elde edilir.

İki kapılı şebekenin denklemleri,

$$E_1 = A \cdot E_2 + B \cdot I_2$$

$$I_1 = C \cdot E_2 + D \cdot I_2$$

$$P_1 = E_1 \cdot I_1^* \quad \text{gerçel kısım}$$

$$P_1 = \frac{D \cdot E_1^2}{B} \cos(\beta - \Delta) - \frac{E_1 \cdot E_2}{B} \cos(\beta + \delta) \quad (3.16)$$

$$P_2 = E_2 \cdot I_2^* \quad \text{gerçel kısım}$$

$$P_2 = \frac{E_1 \cdot E_2}{B} \cos(\beta - \delta) - \frac{A \cdot E_2^2}{B} \cos(\beta - \alpha) \quad (3.17)$$

olur. Burada,

$$A = A \angle \alpha^\circ, \quad B = B \angle \beta^\circ, \quad D = D \angle \Delta^\circ$$

ile gösterilir.

Güç sisteminin baştan sonuna kadar toplam güç açısı $\delta = \delta_1 - \delta_2$ değerindedir. Eger δ tek bağımsız değişken ise $\delta = \beta$ olduğunda P_2 maksimum değerini alır. Kayıpsız ve hat üzerinde şönt yükler

bulunmayan bir enerji sistemi için A gerçel yani $\alpha=0^\circ$ olur. B ise saf endüktif reaktans olup $\beta=90^\circ$ bulunur. Buna göre (3.16) ve (3.17) denklemleri,

$$P_1 = P_2 = P = \frac{E_1 \cdot E_2}{B} \sin \delta \quad (3.18)$$

şeklini alır. Burada B 'ye geçiş reaktansı denir. (3.18) bağıntısına göre dört uçluda iletilebilen maksimum güç B katsayısıyla ters, çalışma gerilimlerinin karesiyle doğru orantılıdır. B dört uçlunun giriş ve çıkışı arasındaki seri empedansa bağlı olduğuna göre, sonuç olarak böyle bir devrede gerilim sabit tutulduğu noktalar arasındaki empedans ne kadar küçük ise iletilebilecek maksimum güç o kadar yüksek olur.

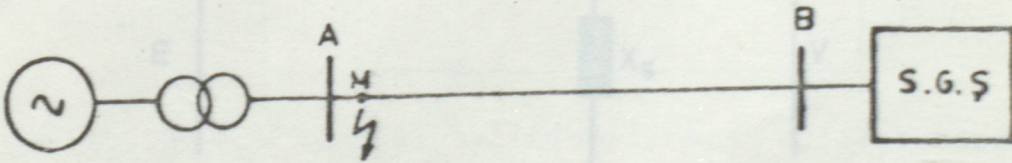
$\delta = 90^\circ$ olması durumunda iletilebilecek güç,

$$P = \frac{E_1 \cdot E_2}{B} \quad (3.19)$$

Bu değer enerji iletim hattının statik stabilite sınırındadır.

3.3 ÇEŞİTLİ DENGESİZLİKLERDE EŞDEĞER REAKTANSLAR

Şekil (4.1)de görüldüğü gibi sonsuz güç şebekesini besleyen bir generatörün bulunduğu iletim sistemini ele alalım.

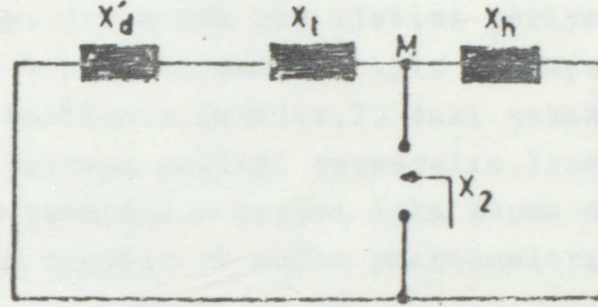


Şekil(4.1)

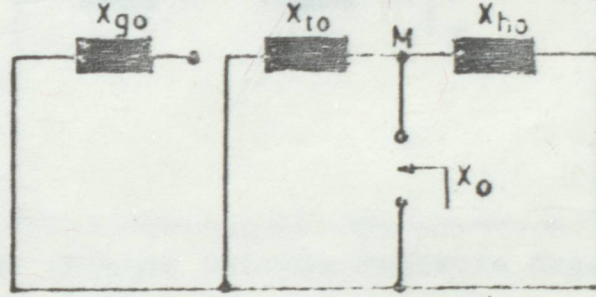
Böyle bir şebekede M noktasında meydana gelebilecek her çeşit kısa devreler ile bir veya iki faz kopukluğu gibi çeşitli dengesizlik durumlarında, verilen şemadaki simetrisizlik kaldırılıp üç faz değeri simetrisizlik cinsine bağlı eşdeğer reaktanslar ilave ederek doğru sistem şemaları elde edilir. (Dirençler ihmal edilerek reaktanslar üzerinden inceleme yapılmıştır.)

KISA DEVRELERDE EŞDEĞER REAKTANSIN DEĞERİ

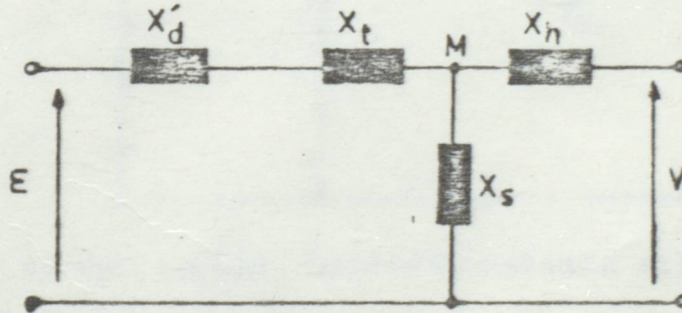
Şekil(4.1)deki şebekeye M noktasında meydana gelebilecek çeşitli kısa devrelerde arıza noktasından görünen eşdeğer reaktansların hesabı için negatif ve sıfır bileşen eşdeğer reaktansların bilinmesi gerekir.



Şekil(4.2) Şebekenin negatif bileşen devresi



Şekil(4.3) Şebekenin sıfır bileşen devresi



Şekil(4.4) Kısa devre durumunda sistemin eşdeğer devresi

M noktasında ölçülen negatif reaktans X_2 ve sıfır reaktans X_0 olmak üzere X_s in değeri,

Bir faz toprak kısa devresinde: $X_s = X_2 + X_0$

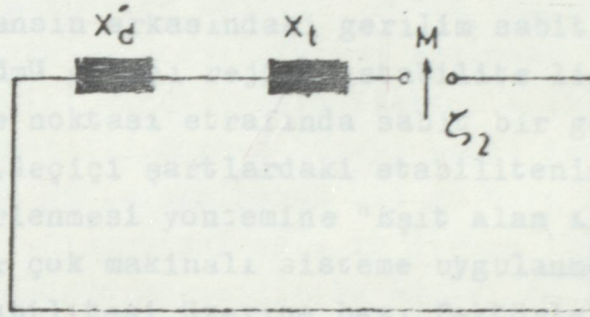
iki faz kısa devresinde : $X_s = X_2$

İki-faz toprak kısa devresinde : $\bar{X}_s = \frac{X_2 \cdot X_0}{X_0 + X_2}$

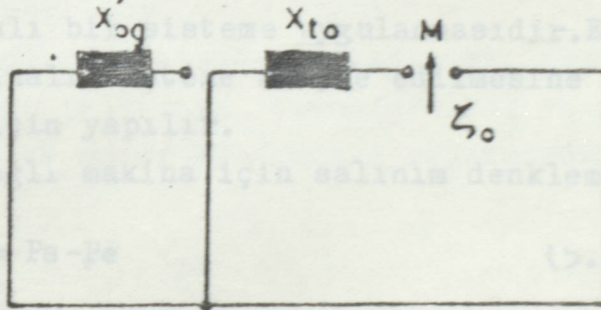
Uç fazlı kısa devrede : $\bar{X}_s = 0$

HAT KOPMALARINDA EŞDEĞER REAKTANS DEĞERİ

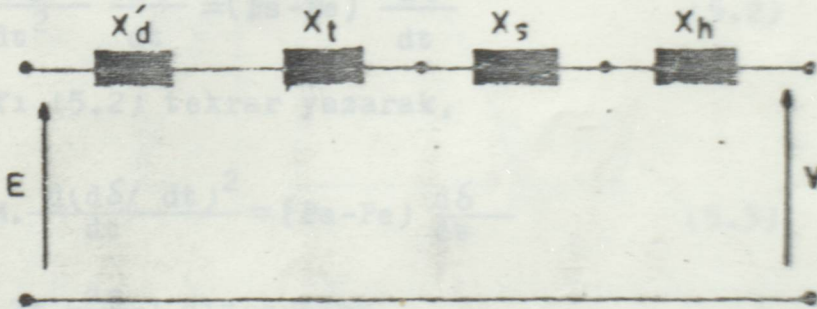
Faz kopması durumunda güç iletimi geriye kalan iki faz yoluyla olur. Otomatik tekrar kapama amacıyla faz açılması uygulandığı zaman bu duruma rastlanır. Şekil(4.1) daki şebekede M noktasında 1 ve 2 faz kopukluğu meydana geldiği varsayalım. Yine aynı yolla kopma anındaki eşdeğer reaktansın hesabı için kopma noktasının sınırları arasından görünen negatif ve sıfır reaktansların bilinmesi gerekir.



Şekil(4.5) Hat kopması halinde sistemin negatif bileşen devresi



Şekil(4.6) Hat kopması halinde sistemin sıfır bileşen devresi



Şekil(4.7) Hat kopmasının halindeki sistemin eşdeğer reaktans devresi

Kopuklugun iki sınırı arasında ölçülen negatif reaktans τ_2 ve sıfır reaktans τ_0 olmak üzere eşdeğer reaktans X_s 'in değeri

$$\text{Bir faz kopmasında: } X_s = \frac{\tau_2 \cdot \tau_0}{\tau_2 + \tau_0}$$

iki faz kopmasında: $X_s = \tau_2 + \tau_0$ olur.

3.4 STABILİTENİN EŞİT ALAN KRİTERİ

Sonsuz güç şebekesine bağlı bir makinalı sistemde makinanın güç açısının bir denge noktası etrafında salınım yapıp yapmadığını belirlemek için salınım eğrilerini çıkartmak gerekmez. P_s , giriş gücü ve geçiçi reaktansın arkasındaki gerilim sabit varsayılarak salınım denkleminin çözümü geçiçi rejimde stabilite limiti aşılmadıkça güç açısı δ nın denge noktası etrafında sabit bir genlikle salınım yaptığını gösterir. Geçiçi şartlardaki stabilitenin salınım denklemi çözülmeyen belirlenmesi yöntemine "Eşit Alan Kriteri" denir. Bu yöntem her ne kadar çok makinalı sisteme uygulanmazsa da bir sistemin geçiçi rejim stabilitesi üzerine bazı faktörlerin nasıl etki ettiklerini anlamaya yardımcı olur. Yöntemin esası sonsuz güç şebekesine bağlı tek makinalı bir sisteme uygulanmasıdır. Eşit alan kriterinin türevi iki makinalı sisteme adapte edilmesine rağmen sonsuz baraya bir makina için yapılır.

Baraya bağlı makina için salınım denklemi,

$$M \cdot \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_s - P_e \quad (5.1)$$

her iki tarafı $\frac{d\delta}{dt}$ ile çarparsak

$$M \cdot \frac{d^2 \delta}{dt^2} \cdot \frac{d\delta}{dt} = (P_s - P_e) \cdot \frac{d\delta}{dt} \quad (5.2)$$

sol tarafı (5.2) tekrar yazarak,

$$\frac{1}{2} M \cdot \frac{d(d\delta/dt)^2}{dt} = (P_s - P_e) \frac{d\delta}{dt} \quad (5.3)$$

$(\frac{dx^2}{dt} = 2x \cdot \frac{dx}{dt})$ olduğundan,

Düzenleyip dt ile çarpıp integral alınır,

$$\left(\frac{d\delta}{dt}\right)^2 = \int_{\delta_0}^{\delta} \frac{2(P_s - P_e)}{M} d\delta \quad (5.4)$$

$$\frac{d\delta}{dt} = \sqrt{\int_{\delta_0}^{\delta} \frac{2 \cdot (P_s - P_e)}{M} d\delta} \quad (5.5)$$

Burada, δ_0 dalgalanmadan önce $\frac{d\delta}{dt} = 0$ anında makina senkron olarak çalıştırılırken moment açısıdır. δ açısının değişmesi duracak ve makina $\frac{d\delta}{dt} = 0$ veya

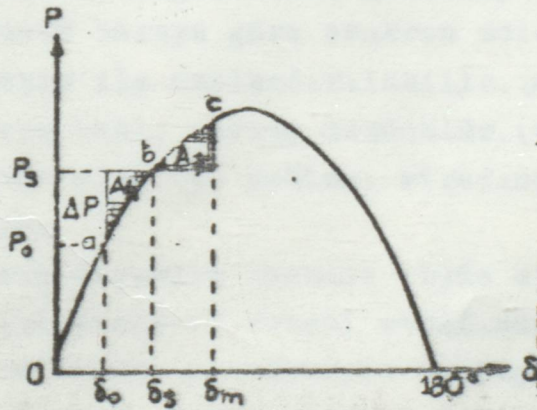
$$\int_{\delta_0}^{\delta} \frac{2 \cdot (P_s - P_e)}{M} d\delta = 0 \quad (5.6)$$

olduğu zaman dalgalanmadan sonra senkron hızda çalışacaktır. Daha sonra göreceğimiz gibi makina $\frac{d\delta}{dt}$ ilk defa sıfır olduğu zaman sonsuz baraya göre sukunette kalmaz. δ 'ın değişmesinin ani olarak durması, δ bir maksimuma eriştiği ve azalmaya başladığı zaman salınım eğrisinin gösterdiği stabilitenin izahını açıklayan, stabiliteyi göstermek üzere alınabilir. Sonsuz baraya bağlı senkron bir motordaki mekanik yükün ani artışının sebep olduğu bazı durumlar şekil(5.1)de analiz edilmiştir. Sinüsoidal eğri P_e direnç ihmal edilmiş, motora giren elektrik gücünün eğrisidir. P_e eğrisi (2.16), (2.17) denklemlerinden elde edilir. Burada,

E_g : sonsuz bara gerilimi

E_m : motorun geçiçi reaktansının arkasındaki gerilim

X : motorun geçiçi reaktansı transformator ve hattın reaktansı, bazende sonsuz bara ve motor arasındaki reaktansdan elde edilir.



Şekil(5.1) Moment açısı (δ)nin fonksiyonu olarak motora elektrik güç girişi, Yük aniden P_0 dan P_s 'e artar ve motor δ_s , δ_0 ve δ_m arasında salınım yapar.

Orjinal olarak motor bir δ moment açısı ile senkron hızda çalıştırılır.

Mekanik güç çıkışı P_o , δ_o 'a tekabül eden giriş elektrik gücü P_e 'ye eşittir. Mekanik yük aniden arttığı zaman δ_o açısında çıkış elektrik gücü P_s giriş elektrik gücünden daha büyük olur. Güçler arasındaki fark dönel sistemde depolanan kinetik enerjiden karşılanmaktadır. Bu ancak moment açısı δ 'da bir artışa sebep olan hızdaki bir azalmayla mümkün olur. arttıkça baradan alınan elektrik gücü eğri üzerindeki (b) noktasında $p_e = p_s$ oluncaya kadar artar. Bu noktadan giriş ve çıkış momentlerinin dengesi vardır. Bu yüzden ivme sıfırdır. Fakat motor δ arttığı için senkron hızdan daha düşük bir hızda çalışır. δ artmaya devam eder. Fakat (b) noktasını geçtikten sonra giriş elektrik gücü P_e, P_s den daha büyüktür. Aradaki fark hızdaki bir artışla beraber kinetik enerjideki bir artışla sistemde depolanmalıdır. Böylece (b) ve (c) noktaları arasında δ arttıkça (c) noktasında tekrar senkron hıza ulaşınca kadar hız artar. (c) noktasında P_e henüz P_s den büyüktür, hız artmaya devam eder. Fakat δ hız motorun senkron hızını aşar. aşmaz azalmaya başlar. δ nin maksimum değeri (c) noktasındaki δ_m dir. δ azaldıkça b noktası senkron hızının üzerindeki hıza tekrar erişir. Böylece δ , (a) noktasına erişinceye kadar azalmaya devam eder. motor tekrar senkron hızda çalışır ve sistem tekrarlanır. motor δ_a ve δ_m açıları arasındaki moment denge açısı δ_s etrafında salınım yapar. Eger sönümlenme varsa salınımlar azalır ve δ_s de kararlı çalışma olur. Tablo(2.3) hızda, açıda, elektrik gücü, elektrik çıkış gücü, depolanan enerji ve makinanın yaptığı salınımların hızlanmasını ve yavaşlamasındaki değişimleri gösteriyor.

Bir sonsuz baraya göre senkron motor salınımları değişen konumu bir benzeşim ile canlandırılabilir. Şekil(2.6)da görüldüğü gibi sabit bir yere bağlı sarkaç düşünülür. (a) ve (c) noktaları sarkacın denge konumu olan (b) noktası etrafındaki salınımların maksimum noktalarıdır.

Sönümlenme sarkacın sonunda (b)de sükunete getirilir. Şekil(5.2)b deki gibi sarkacın eksenini etrafında saat yönünde dönen bir disk düşünün ve diskin hareketiyle sarkacın hareketini süperpoze ediniz. Sarkaç (a)dan (c) ye hareket edince açısal hız diskin açısal hızından daha yavaştır. Sarkaç (c) den (a)ya hareket edince açısal hızı diskininkinden fazladır. (a) ve (c) noktalarında sarkacın açısal hızı sıfırdır. Sarkaç ve disk diskin hızı ile motor salınımlarının açıklanması için yeterlidir.

Sekil (5.1)den görülen sinüsoidal Eğri	Motor hızı (w)	Moment Açısı (δ)	Elektrik Gücü (P_e)	Depolanan Enerji $\frac{1}{2}Iw^2 = W$	Dönel Sistem İfadesi
(a) noktasında	$w = w_s$ azalma	$\delta = \delta_0$ min	$P_e < P_s$ min	$W = W_s^*$ azalma	Yavaşlama
(a) dan (b) ye	$w < w_s$ azalma	artma	$P_e < P_s$ artma	$w < w_s$ azalma	Yavaşlama
(b) noktasında	$w < w_s$ min	$\delta = \delta_s$ artma	$P_e = P_s$ artma	$w < w_s$ min	—
(b) den (c) ye	$w < w_s$ artma	artma	$P_e > P_s$ artma	$w < w_s$ artma	Hızlanma
(c) noktasında	$w = w_s$ artma	$\delta = \delta_m$ max	$P_e > P_s$ max	$w = w_s$ artma	Hızlanma
(c) den (b) ye	$w > w_s$ artma	azalma	$P_e > P_s$ azalma	$w > w_s$ artma	Hızlanma
(b) noktasında	$w > w_s$ max	$\delta = \delta_s$ azalma	$P_e = P_s$ azalma	$w > w_s$ max	—
(b) den (a) ya	$w > w_s$ azalma	azalma	$P_e < P_s$ min	$w > w_s$ azalma	Yavaşlama
(a) noktasında	Yukarıdaki gibi tekrarlanır.				

Tablo(2.3) Ani yük artışında, sonsuz barayla senkron motor salınımlarındaki değişimler.

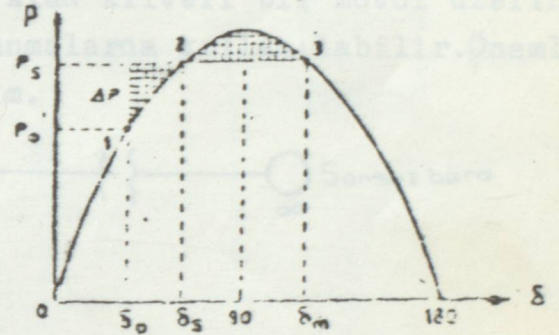
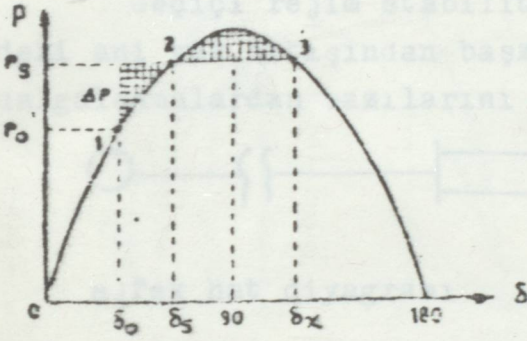
W_s^* = senkron hızdaki depolanan enerji



Şekil(5.2)Sarkaç ve dönen diskin sonsuz bara ile motor salınımlarının açıklanmasını gösterir.

Birleştirilmiş açısal hız diskin açısal hızına eşittir. Eğer diskin açısal hızı motorun senkron hızını gösterirse ve sarkaçın hareketi motorun senkron baraya göre salınımını ifade ederse sarkaçın disk üzerindeki süperpoze edilmiş hareketi motorun herhangi bir andaki açısal hareketini gösterir. Motorun (δ_m) moment açısına tekabül eden maksimum salınım denklemin (5.6) gösterilişi ile bulunur. Bu denklem sağlandığı zaman δ in maksimum değerine eşittir. $\frac{d}{dt} = 0$ olur.

Taranmış alan A_1 şekil(5.1) de,



Şekil (5.3) A_2 A_1 de ani yük artışında güç-açı karakteristiği

Şekil(5.4) Stabilite kaybı olmadan max. ani yük artışında güç-açı karakteristiği

$$A_1 = \int_{\delta_0}^{\delta_s} (P_s - P_0) d\delta \quad (5.7)$$

$$A_2 = \int_{\delta_e}^{\delta_m} (P_e - P_s) d\delta \quad A_2 \text{ taranmış alanı} \quad (5.8)$$

$$A_1 - A_2 = \int_{\delta_0}^{\delta_s} (P_s - P_e) d\delta - \int_{\delta_e}^{\delta_m} (P_e - P_s) d\delta \quad (5.9)$$

$$A_1 - A_2 = \int_{\delta_0}^{\delta_m} (P_s - P_e) d\delta \quad (5.10)$$

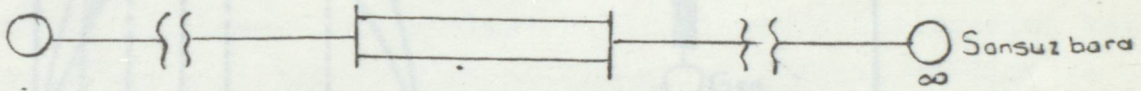
(5.6) denklemini sağlanır ve $A_1 = A_2$ iken $\frac{d\delta}{dt} = 0$ dır.

Maksimum moment açısı $A_1 = A_2$ eşit olacak şekilde grafik üzerindedir. Tablo(2.3) incelemesi kaybedilen enerjinin motor yavaşladıkça ve $\delta \rightarrow \delta_s$ artıkça δ_m 'e ulaşmasıyla tekrar kazanıldığını gösteriyor. Şekil(5.3), şekil(5.1)dekinin daha büyük ani, bir yük uygulamasını gösteriyor.

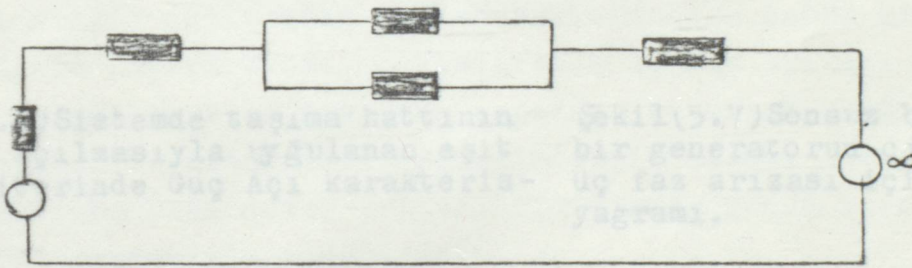
P_s üstünde ve A_2 alanı A_1 den küçüktür. $\delta = \delta_x$ de $\frac{d}{dt} \neq 0$ sıfır değildir. Bu yüzden δ , $\delta = \delta_x$ den sonra artmaya devam eder. P_e tekrar P_s den küçük olur. Moment açısı δ, δ_x in üzerinde artmaya devam eder. ve depolanan kuvvetler karşılanmaz. Sistem sadece eger P_s üstündeki az alanı A_1 e eşit ise kararlıdır. P_e gücünü sağlayan motordan alınan ani güçte mümkün olan maksimum artış şekil(5.4) de görülüyor. Şekil(5.4)de görüldenden daha büyük, ani yük uygulaması giriş gücü gerekli güçten daha küçük hale gelmeden önce motorun moment açısındaki artışı durduramaz. Çünkü P_s üzerinde alan A_1 den küçüktür.

3.5 EŞİT ALAN KRİTERİNİN İLAVE UYGULAMALARI

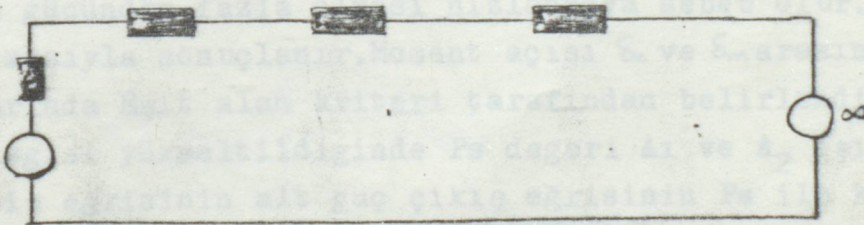
Geçici rejim stabilitenin Eşit Alan kriteri bir motor üzerindeki ani yük artışından başka dalgalanmalarda kullanılabilir. Önemli dalgalanmalardan bazılarını inceleyelim.



a) Tek hat diyagramı



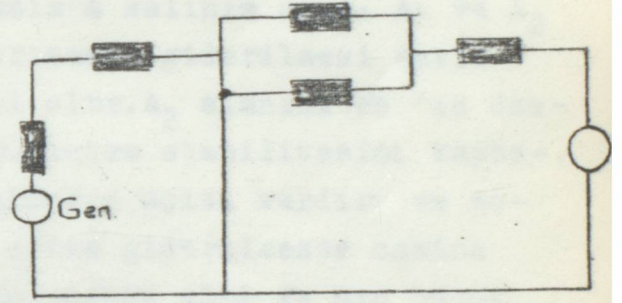
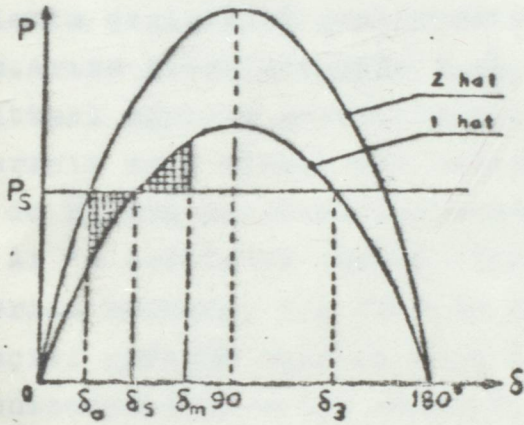
b) Pozitif bileşen reaktans diyagramı



c) Bir hat açıkken pozitif bileşen reaktans diyagramı

Şekil(5.5) İki paralel taşıma hattının zıt uçlarındaki iki transformator boyunca, sonsuz baraya güç sağlayan generatorun Pozitif Bileşen Reaktans diyagramı ve tek hat diyagramı.

Bir generatörün iki paralel taşıma hattından sonsuz baraya güç sağlandığı zaman hatların birinin açılması sürekli rejimdeki diğer hattan güç çekilsebile generatörün senkronizasyonu kaybolur. Bir hatın açılması bara ve generatör arasındaki reaktansı artırır. Reaktansın artması demek, hattın açılmasından önce sistemdeki aynı gücün taşınması için moment açısının artırılması gerekir. Artırılmış reaktansın giriş gücünden azlığı sebebiyle, çıkış gücünün azalması generatörü hızlandırır ve hız moment açısını artırır.



Şekil (5.6) Sistemde taşıma hattının birinin açılmasıyla uygulanan eşit alan kriterinde Güç Açısı karakteristiği.

Şekil (5.7) Sonsuz baraya bağlanmış bir generatorun çift hat ucunda üç faz arızası için reaktans diyagramı.

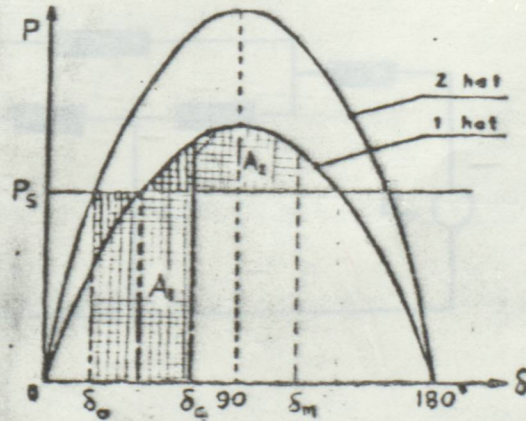
P_a : Generatör girişindeki mekaniki güç

Bir hat açıldığında, çıkış gücü üst güç egrisinin δ_s ordinatındaki noktadan alt güç egrisinin δ_o ordinatına kadar düşer. Giriş gücünün çıkış gücünden fazla olması hızlanmaya sebep olur. Bu moment açısının artmasıyla sonuçlanır. Moment açısı δ_o ve δ_m arasında δ_s denge noktası civarında Eşit alan kriteri tarafından belirlendiği gibi salınır. P_s hat çizgisi yükseltildiğinde P_s değeri A_1 ve A_2 eşit alanları δ belirlenmiş egrisinin alt güç çıkış egrisinin P_s ile kesiştiği noktada A_1 ve A_2 alanları eşitlenir. P_s çizgisi yükseltildiğinde, $\delta_m - P_s$ ve alt çıkış gücü egrileri arasındaki A_2 alanı A_1 alanına eşit olduğunda P_s değeri bulunur. Bulunan P_s değeri açıklanan Açma-kapama işlemi için geçiçi rejim stabilite sınırlandırır.

Arızanın kısa bir zaman içinde izole edilerek ayrılrsa bile kısa devre arızaları stabilitenin sık sık kaybolmasına neden olur.

Şekil(5.7)de çift hattın ucundaki üç faz arızası görülmektedir. Generatörün bütün akım arızanın saf reaktansından sadece reaktif güç akar ve generatörün aktif gücü sıfırdır. Bütün giriş gücünün hızlanma için kullanılması nedeni ile arızanın devam ettiği ve girişin sabit olduğu farzedilirse δ belirsiz bir şekilde artacaktır. Arızalı devrenin her iki ucundaki kesicilerin açılması ile çift hattın bir ucundaki üç faz arızası ayrıldığında güç tekrar kalan hat vasıtasıyla generatörden sonsuz baraya doğru iletilir.

Eşit Alan Kriteri şekil(5.8)de görüldüğü gibi uygulanır. Üst eğri arıza meydana gelmeden önceki moment açısına karşılık gelen güç iletim değişimini göstermektedir. Arıza esnasında hiçbir güç iletilmez. Arıza giderildiğinde $\delta = \delta_c$ değerinde güç kalan devreden geçen güç alttaki eğriyle gösterilmektedir. Maksimum salınım açısı A_1 ve A_2 alanlarının eşit olması ile belirlenir. Arızanın giderilmesi şekil (5.8) de δ_c nin büyümesi durumundaki gibi olur. A_2 alanını P_s 'in üzerinde A_1 'e eşitlemek mümkün olmayabilir, sistem stabilitesini kaybeder. Ayrıca herhangi bir P_b için kritik giderme açısı vardır ve moment açısı giderme açısına eşit olmadan arıza giderilmezse makina senkronizasyonu kaybedip şekil(5.8)den görüldüğü gibi P_s nin büyük değerleri stabil çalışmanın sağlanması, arızanın çabuk giderilmesi gerekir. Devre hattının bazı noktalarında üç faz arızası meydana geldiğinde paralel baralar arasında empedans ve arıza vardır. Bu yüzden sistemde arıza tamamen giderilmediğinde bir miktar güç iletilir. Bunun istenen kısa devre arızası bir miktar gücün iletimine müsaade eden üç faz arızasıyla ilgilidir.



Şekil(5.8) Eşit Alan Kriteri ,iki paralel hattın açılmasıyla sisteme üç faz arızası uygulanır. Arıza süresince güç iletilmez.

Yerine olursa olsun bütün üç fazla ilgili olmayan kısa devre arızaları bir miktar gücün iletimine mücadele eder. Çünkü kısa devreden daha çok Pozitif bileşen reaktans diyagramında arıza noktası ve referans barası arasında bazı empedans bağlantı olarak gösterilir. Şekil(5.7) de üç faz arızası görüldüğü gibi arızayı gösteren pozitif bileşen şebekesi paralel bağlanmış empedans büyüdükçe arızada iletilen güç buyur, Arıza durumunda sonsuz bara ve iç gerilim generatörü arasında üçgen bağlanmış devre şeklinde gösterilecek hale indirgenmiş durumda arıza esnasında iletilen güç hesaplanabilir. İndirgenmeden önceki 2. devre şekil(5.9) a ve b de görülmektedir. Ayrıca (5.9c)deki üçgen şebekeye indirgenebilir.

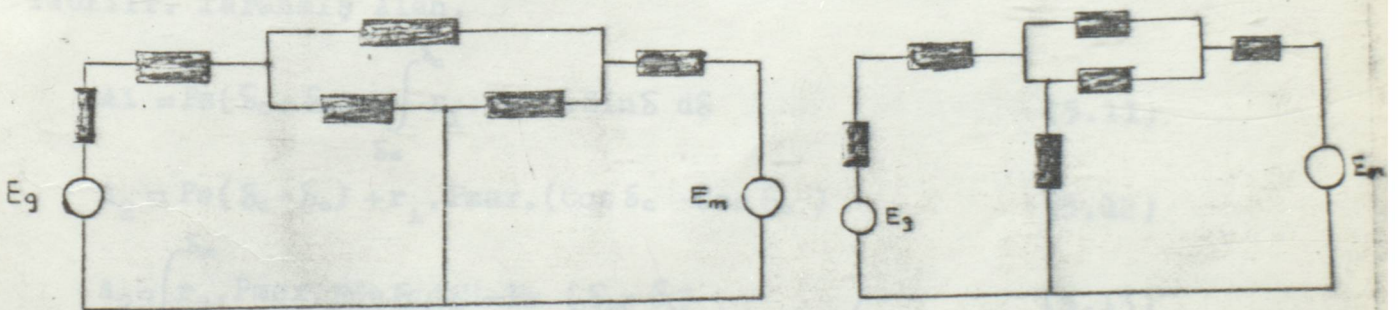
X_a reaktansındaki akım generatör gerilimiyle fazın dışında 90° dir ve bu bacadaki güç reaktiftir.

$$\text{İletilen Aktif güç} = \frac{E_g \cdot E_m}{X_B} \sin \delta$$

E_g : Generator geçişi reaktansın arkasındaki gerilim

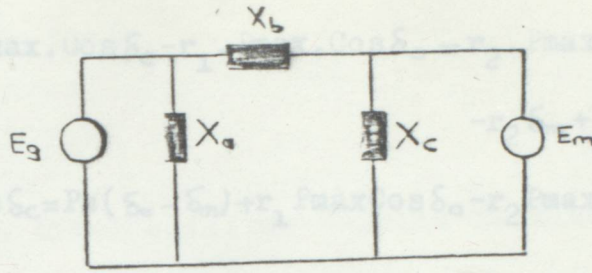
E_m : Sonsuz bara gerilimi

Arıza esnasında güç iletiliyorsa Eşit Alan Kriteri Şekil(5.10) de görüldüğü gibi uygulanır. Burada " $P_{max} \cdot \sin \delta$ " arızadan önce iletilen güç , $r_1 \cdot P_{max} \cdot \sin \delta$ arıza esnasında iletilen güç ve " $r_2 \cdot P_{max} \cdot \sin \delta$ " $\delta = \delta_c$ olduğu zaman devreyi açarak arıza giderildikten sonra iletilen güç r_1 ve r_2 terimleri arızadan sonra ve arıza esnasında iletilebilecek maksimum güç , arızadan önce iletilebilecek maksimum güçlere karşılık gelen oranlardır.



a) İki paralel hattın birinin ortasında üç faz arıza için devre

b) Tek hattın uçundaki üç faz arızasından başka arıza için devre



c) a ve b ye eşdeğer devre

Şekil(5.9) stabilite tesbitinde şebeke indirgenmesi şekil(5.10) da gösterilen durumda $\delta_c = \delta$ kritik giderme açısı A_2, A_1 'e eşit olduğundan P_s ile " $r_2 \cdot P_{max} \cdot \sin \delta$ " arasındaki A_2 alanıdır. A_1 eşit olduğundan δ_c olur. Arıza esnasında iletilen güç verilen herhangi bir giderme açısı için A_1 değerinin azaltılmasına yardımcı olur. Böylece r_1 'in küçülen değerleri sistemde büyük dalgalanmalara neden olur. r_1 'in küçülmesi demek arıza esnasında iletilen gücün taşınması demektir. " $r_1 \cdot P_{max}$ " azaldığı zaman şiddetin artmasıyla çeşitli arızalar şunlardır.

1. Tek faz-Toprak Arızası
2. Faz-Faz Arızası
3. Çift faz-Toprak Arızası
4. Üç faz Arızası

Tek faz toprak arızası çok sık meydana gelir, üç faz arızası ise en az sıklıktadır. Sistemin tam bir emniyeti en kötü yerleşimlerdeki üç faz arızası geçişi stabilitesi için dizayn edilmelidir. Ekonomik sebeplerden bu mümkün olmadığından çift-faz toprak arızası için geçişi stabilitenin dizaynındaki genişleme için güvenlikten fedakarlık edilebilir. Kritik giderme açısı için bir formül Şekil(5.10)dan çıkarılabilir. İntegrasyon Alanı,

$$A_1 = P_s (\delta_c - \delta_0) - \int_{\delta_0}^{\delta_c} r_1 \cdot P_{max} \cdot \sin \delta \, d\delta \quad (5.11)$$

$$A_2 = P_s (\delta_c - \delta_0) + r_1 \cdot P_{max} \cdot (\cos \delta_c - \cos \delta_0) \quad (5.12)$$

$$A_2 = \int_{\delta_c}^{\delta_m} r_2 \cdot P_{max} \cdot \sin \delta \, d\delta - P_s (\delta_m - \delta_c) \quad (5.13)$$

$$A_2 = r_2 \cdot P_{max} (\cos \delta_c - \cos \delta_m) - P_s (\delta_m - \delta_c) \quad (5.14)$$

Stabilite için ; $A_1 = A_2$ veya

$$P_s \delta_c - P_s \delta_o + r_1 \cdot P_{max} \cdot \cos \delta_c - r_1 \cdot P_{max} \cdot \cos \delta_o = r_2 \cdot P_{max} \cdot \cos \delta_c - r_2 \cdot P_{max} \cdot \cos \delta_m - r_2 \delta_m + P_s \delta_c \quad (5.15)$$

$$(r_1 - r_2) P_{max} \cdot \cos \delta_c = P_s (\delta_o - \delta_m) + r_1 P_{max} \cos \delta_o - r_2 P_{max} \cdot \cos \delta_m \quad (5.16)$$

δ 'ın çözülmesi için elde edebiliriz.

$$\delta_c = \cos^{-1} \frac{(P_s / P_{max}) \cdot (\delta_m - \delta_o) + r_2 \cdot \cos \delta_m - r_1 \cdot \cos \delta_o}{r_2 - r_1} \quad (5.17)$$

δ_c 'ın degerini hesaplariken şunlara dikkat etmeliyiz.

$$P_s = P_{max} \cdot \sin \delta_o \quad (5.18)$$

$$P_s = r_2 \cdot P_{max} \cdot \sin \delta_m \quad (5.19)$$

$$\delta_o = \sin^{-1} \frac{P_s}{P_{max}} \quad \delta_o < 90^\circ \quad (5.20)$$

$$\delta_m = \sin^{-1} \frac{P_s}{r_2 P_{max}} \quad \delta_m > 90^\circ \quad (5.21)$$

Okuyucu arıza esnasında sıfır güç iletimi elle kritik giderme açısı için özel formüller türetebilir.

4. SALINIM EĞRİSİ

Mekanik momentle elektriksel moment arasındaki fark makinanın ivmelenmesine sebep olur.

$$\Delta M_a = M_m - M_e$$

Benzer şekilde aynı deklemler güç için yazılabilir.

$$\Delta P = P_1 - P_2 \quad (6.1)$$

P_1 : Mekanik güçtür.

Regulatör ve kontrol düzenlerinin zaman sabitleri oldukça uzun olduğundan P_1 sabit sayılır.

$P_m \cdot \sin \delta$: Enerji sisteminin çıkış güçüdür. İletim hattının iletebileceği güce eşittir.

$$P_m \cdot \sin \delta = \frac{V_1 \cdot V_2}{X_{12}} \sin \delta$$

$$\Delta P = P_1 - P_m \cdot \sin \delta \quad (6.2)$$

Amortisör etkisi ihmal edilirse hareket denklemi

$$M \cdot \frac{d^2 \delta}{dt^2} + P_m \cdot \sin \delta = P_1 \quad (6.3)$$

Bu denklem lineer değildir ve genellikle adım adım entegrasyon yöntemi yada iteratif işlemle yaklaşık olarak çözüm yoluna gidilir. Birkaç salınım denklemi olan çok makinalı sistem için denklemi çözmek oldukça yorucudur. Adım adım çözüm ancak bilgisayarla çalışıldığı zaman sağlanabilir. Sonsuz şebekeyi besleyen bir makinalı sistemde direncin ihmal edilmesiyle (6.3) denkleminin çözümü $P_1=0$ olduğu zaman mümkündür. Çözüm farklı zamanlara tekabül eden δ değerlerini verir ve $(\delta - t)$ karakteristiği çıkarılır. Böyle karakteristiğe salınım eğrisi denir. Eğer salınım eğrisi δ açısının bir maksimum değerinden sonra azalmaya başladığını gösteriyorsa, bu durum sistemin stabiliteyi kaybetmediğini ve δ açısının bir denge noktası etrafındaki salınımın giderek küçüleceği ve nihayet sönüceğini gösterir.

Adım adım entegrasyon yönteminde işlemlerde kısa bir Δt zaman aralığı boyunca çeşitli büyüklüklerin sabit kaldığı varsayılır. Bu zaman aralığı çoğunlukla 0.05 sn. veya daha hassas hesaplar için 0.02 sn. alınır. $t=0$ anında ani ve büyük bir değişiklik olduğunda $\delta = \delta_0$ olduğunda güç farkı ΔP bilinmektedir. Bu güç farkı hızlandırıcı güç olarak alındığında açının değişimi hesaplanabilir. Böylece işlemler tekrarlanır. Varsayılan hızlandırıcı güce göre elde edilen sonuç daima gerçek hızlandırıcı güçtekenden daha büyük olduğundan aşağıdaki varsayımlar yapılır.

a) Herhangi bir aralığın başlangıcındaki varsayılan hızlandırıcı gücün bir önceki aralığın ortasından gözönüne alınan aralığın ortasına kadar olduğu varsayılır. Grafiğin bir adımında kabul edilen bu sonuçlar, ortalama değeri gerçek güce yaklaştırır. İlk aralıkta hızlandırıcı güç $P_1 - P_2$ bir önceki yarı aralıkta sıfırdır. Böylece hızlandırıcı güç P_a ilk aralık için $(P_1 - P_2) / 2$ olarak, ΔP süreksizliğinden hemen önce ve sonraki güçlerin farkının ortalaması alınarak kullanılır. Aynı şekilde δ_1 açma açısı bir zaman aralığının

sonunda oluşursa aralık için $(P_3 - P_4)/2$ değeri ortalama değer olarak varsayılır. Süreksizlik bir zaman aralığının ortasında oluşursa düzeltme gerekli değildir.

b, Yukarıda sözü geçen süreksizlik için,

$$M \cdot \frac{d^2 \delta}{dt^2} + P_m \cdot \sin \delta = P_1 \quad \text{denklemleri}$$

$$\frac{d^2 \delta}{dt^2} = \left(\frac{180 \cdot f}{GH} \right) P_a \quad \text{Elektrik derece/sn}^2$$

denklemindeki birimlerle,

$$\frac{d^2 \delta}{dt^2} = \left(\frac{180 \cdot f}{H} \right) \cdot P_{ab} = - \frac{\Delta w}{\Delta t}$$

$$\Delta w = \left(\frac{180 \cdot f \cdot t}{H} \right) P_{ab} \quad \text{olarak yazılır.}$$

Bu denklem Δt zaman aralığı süresince, hızdaki Δw değişimini verir. Δw hız değişiminin aralığın başlangıcında olduğu varsayılır. İterasyon $t=0$ da senkron hıza göre $w=0$ ile başlatılır. Herhangi bir aralık için hesaplanan hızın bu aralığın ortasında olduğu varsayılır.

c) Herhangi bir aralık süresince açısal hız,

$$w = \frac{d\delta}{dt} = \frac{\Delta\delta}{\Delta t}$$

$$\Delta\delta = \Delta t \cdot w \quad \text{olur.}$$

Bu denklem aralık boyunca güç açısındaki değişimi verir. İterasyon $t=0$ da $\delta = \delta_0$ ile başlar. Herhangi bir aralık için hesaplanan güç açısının bu aralığın sonunda doğru olduğu varsayılır. Eğer iterasyon sayısı büyükse, iterasyon için aşağıdaki yöntem uygulanır. Aralık sayısı 'n' ise ve $(n-1) \cdot \Delta t$ den $(n) \cdot \Delta t$ 'ye gidiliyorsa şekil(6.7)den

$$\Delta w_{n-1} = w_{n-\frac{1}{2}} - w_{n-\frac{3}{2}} = \frac{d^2 \delta}{dt^2} \Delta t = \frac{180 \cdot f \cdot \Delta t}{H} P_{ab(n-1)}$$

$$\Delta\delta_n = \delta_n - \delta_{n-1} = w_{n-\frac{1}{2}} \cdot \Delta t$$

$$\Delta\delta_{n-1} = \delta_{n-1} - \delta_{n-2} = w_{n-\frac{3}{2}} \cdot \Delta t$$

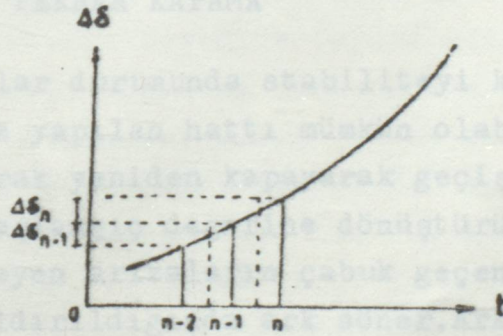
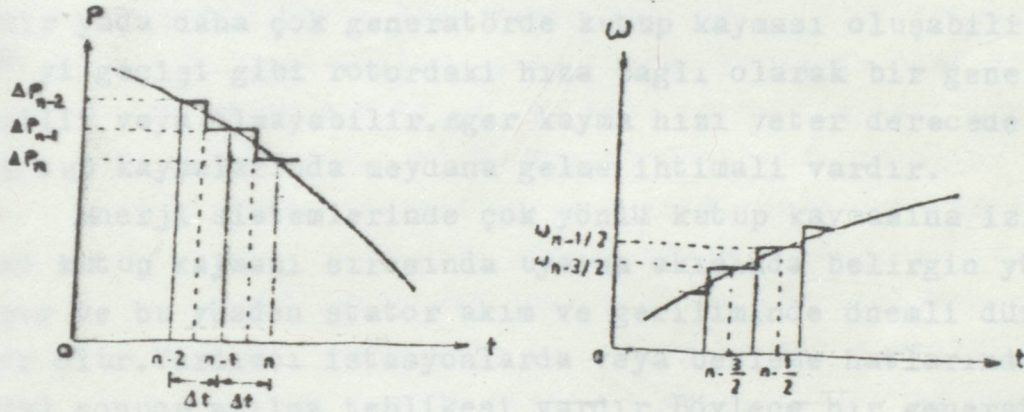
Bu iki denklemden,

$$\Delta \delta_n - \Delta \delta_{n-1} = \left(\omega_{n-\frac{1}{2}} - \omega_{n-\frac{3}{2}} \right) \Delta t$$

Buradan,

$$\Delta \delta_n = \Delta \delta_{n-1} + \left(\frac{180 \cdot f \cdot (\Delta t)^2}{H} \right) \cdot P_{ab}(n-1) \quad \text{bulunur.}$$

Herhangi bir aralığın sonunda güç açısından değişim bu aralığın başlangıcındaki hızlandırıcı güce bağlı olarak açıdaki değişimle bir önceki aralıktaki güç açısından olan değişimin toplamına eşittir.



Şekil(6.7) P, ω ve δ 'in zamana bağlı değişimleri.

KUTUP KAYMASI

Kutup kayması, generatör ile sonsuz güçteki bara arasındaki δ güç açısı 360° yi aştığı zaman meydana gelir. Bir sistem arızası sırasında özellikle bu arıza generatöre yakın olduğunda kendini gösterme ihtimali vardır. Bir iletim hattının devreden çıkarılması sonucu olarakta oluşabilir. Genellikle bir hat servisten çıkarılırsa, devre kesicileri açmadan önce bu hat tarafından iletilen güç olabildiği kadar fazla ölçüde düşürülür. Bununla beraber eğer bir hat aşırı yüklenme sonucu açarsa yükün komşu hatlara ani olarak devredilmesi geçişi rejimler ve bundan dolayı generatör grupları arasında güç salınımları oluşturur. Bu salınımların genliği artar, yani sistem stabiliteyi kaybederse, bir yada daha çok generatörde kutup kayması oluşabilir. δ açısının 360° yi geçişi gibi rotordaki hıza bağlı olarak bir generatör yeniden olabilir veya olmayabilir. Eger kayma hızı yeter derecede yüksekse başka kutup kaymalarında meydana gelme ihtimali vardır.

Enerji sistemlerinde çok yönlü kutup kaymasına izin verilmez. Çünkü kutup kayması sırasında uyarma akımında belirgin yükselmeler oluşur ve bu yüzden stator akım ve geriliminde önemli düzensiz değişimler olur. Yardımcı istasyonlarda veya besleme hatlarında da gerilim düşümü sonucu açılma tehlikesi vardır. Böylece bir generatörün, belli bir zaman süreci içinde birden fazla kutup salınımı yaparsa genellikle sistemden alınır.

4.1 OTOMATİK TEKRAR KAPAMA

Uzun hatlar durumunda stabiliteyi korumak amacıyla arızayı gidermek için açma yapılan hattı mümkün olabilen en kısa süre içinde ve otomatik olarak yeniden kapayarak geçiş reaktanslarının X_{ij} son değerleri, X_{ij} başlangıç değerine dönüştürülebilir. Çoğu durumlarda hava hatlarını etkileyen arızaların çabuk geçen bir karakteri vardır, gerilim bir defa kaldırıldığında ark söner. Ark yolunun iyonlaşmasını önlemek için açma ve kapama arasında 0.25 sn. mertebesinde bir zaman aralığı tutmak şartıyla hat yeniden gerilim altına konduğu zaman ark tekrar tutuşmaz. Arıza sürekli ise bir daha gerilim altına koymayı bu defa kesin yeni bir açma izler. Tekrar kapama başarılı olmadığı zaman henüz ilkinin etkisi ile geçişi rejimde bulunan şebekeye yeni bir arıza uygulanması, iletilebilir sınır gücünün, tekrar kapama olmadığı duruma göre azaltılır.

Arıza giderilmesinin neden olduğu darbe, kısa devrenin kendisine

bağlı sarsıntının karşısında ne kadar büyük olursa, başarılı oldu-takdirde, tekrar kapama o oranda önemlidir. Yeni arızalı kesimin dev-dışı edilmesiyle oluşan sarsıntı kadar şiddetli ise şebekeyi başlan-gıçtaki konumuna getirmek o kadar kolaydır.

3 fazlı arızada stabilite bakımından yavaş tekrar kapama, tek-rar kapama bulunmasına eşdeğer olduğundan, yavaş tekrar kapama çabuk tekrar kapamadan daha az yararlıdır. Bununla birlikte burada yine sı-nır güçler arasındaki fark çok büyük değildir. Çünkü 3 fazlı kısa dev-re yüzünden meydana gelen genel olarak arızanın giderilmesinde olu-şandan daha büyüktür. Öte yandan 3 fazlı kısa devreler oldukça seyrek görüldüğünden iletilen gücün sınır gücü aşması ihtimali azalır. Böy-lece çoğu kez 3 fazlı kısa devre halinde 3 fazlı tekrar kapama kabul edilebilir. 3 fazlı tekrar yavaş tekrar kapamada, açma ile tekrar kapa-ma arasında geçen birkaç saniye kesilen hattın iki ucunda bulunan ma-kinaların rotorlarının büyük açısal farklar almalarına bolca zaman bırakır. Eğer tekrar kapama meydana geldiğinde anahtarın iki yanındaki gerilimlerin fazı birbirine göre zıtlığa yaklaşırsa tehlikeli olabilen yeni bir düzensizlikten kaçınmak için, bu gerilimler arasındaki faz f farkını ölçen ve açı belirli bir değeri (genel olarak $\pm 30^\circ$) aştığı zaman tekrar kapamayı engelleyen otomatik aygıt kullanmak gerekir.

— 1 FAZIN AÇILMASI —

3 fazlı olmayan arızalar söz konusu ise, tekrar kapama uygula-nırsa sağlam faz veya fazların kısa bir süre için tekrar kapama ya-pılmak için açılması bütünü faydasızdır. Buna göre çok doğal olarak yalnız arızalı bir veya iki fazın açılması söz konusudur.

Kısa devrenin yer aldığı fazın hangileri olduğunu bilmek ko-ruma sisteminin görevidir. Arızalı faz iki uçundan yalıtıldığı zaman gerilim altında bulunan diğer iki faz ile kapasitesi olduğundan top-raga göre belirli bir artık gerilim taşır. Bu artık gerilim yeter de-recede yüksek ise hattın iki ucundaki akım kesicileri açıldığı durum-da arıza çevresi iyonlaşmasını yok etmeye zaman bulamaz. Bundan dolayı diğer fazların arızalı faza göre kapasitesinden oluşan akımların bi-leşkesinin meydana getirdiği hafif bir ark tutuşur ve toprak kısa dev-resi arkının yerine geçer. Bununla beraber ikinci derecede arktaki bu akım birkaç Amper mertebesinde, ve kendi kendine söner. Hafif ark kendiliginden sönmeyince tekrar kapama kuşkusuz yapılmaz. Çünkü ge-rilim tekrar uygulandığında kısa devre yeniden oluşacaktır.

Bu yüzden anahtarlar açılır açılmaz iyonlaşmanın kalkması için gerekli zaman içinde arızalı fazı topraga bağlamak ve tabii bu fazı yeniden kapamadan önce yalıtılmak gerekir. Arızalı fazın açılmasında bağlantı hiçbir zaman üç fazlı açma ile üç fazlı tekrar kapama durumundaki gibi bütünü kesilmediğinden arızalı fazların açılmasına ilişkin empedansın, üç fazın açılmasındaki empedandan küçük olacağı açıktır.

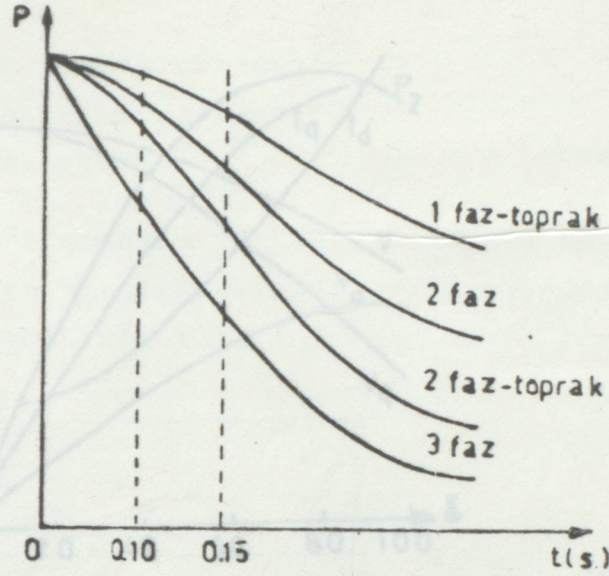
Böylece stabilite üzerinde buradaki kazanç, arızanın giderilmesi anında geçiş empedansının küçülmesinden ileri gelir. Faz başına açma ve tekrar kapama ile stabilitenin artması üç fazlı açma ve tekrar kapama ile olandan daha büyüktür. Bir faz ile toprak arızasında arızalı fazın açılmasının şebekede yol açtığı sarsıntı çok azalır. Bu nedenle çok çabuk tekrar kapama yapmanın zorunlu olup olmadığı incelenmelidir. Çünkü 1 fazın ve 3 fazlı hızlı tekrar kapama özel akım kesicileri gerektirir. Oysa 1 fazlı yavaş tekrar kapama tek kutuplu kumanda ile donatılmaları yeterli olan sıradan anahtarla yapılabilir. Öte yandan çabuk tekrar kapama kullanma, kapamadan önceki açmanın arızalı hattın iki ucunda aynı anda yapılmasını gerektirir. Bu durum ise her zaman sağlanamaz.

4.2. ARIZALARIN GİDERİLME SÜRESİ

Bu etken geçişi rejim stabilitesinde önemli bir rol oynar. Çünkü kısa devre, makinalara uygulanan işletme momentleri ile direnç momentleri arasındaki dengesizliğin başlangıcıdır. Arıza ne kadar çabuk giderilirse bileşke moment, makinaları o kadar kısa süre etkiler ve stabilitenin korunma şansı o oranda artar. Momentler arasındaki dengesizlik kısa devrenin cinsine bağlıdır. Çeşitli tipteki arızalar oluşturdukları tehlikeli durumlara göre şu şekilde sıralanır.

- a) 1 faz-Toprak arızası
- b) 2 faz arızası
- c) 2 faz-toprak arızası
- d) 3 faz arızası

Çeşitli arıza tiplerinde aynı uygulama süresi için iletilebilen maksimum güç bu sıraya göre azalır. İletilebilen maksimum gücün arızaların giderilme süresinin fonksiyonu olarak değişimleri şekil (7.1)de gösterilmiştir. Bu eğrilerin çok veya az hızla azalması şebekenin yapısına ve arızaların yerine bağlıdır. Ancak genel gidişleri aynıdır.



Şekil(7.1) İletilebilen maksimum gücün arızaların giderilme süresiyle değişimleri.

Bu eğriler arızaların giderilme çabukluğu belirli bir değerin Örneğin, 0.15 saniyenin ötesinde artırılırsa güç üzerindeki kazancın 1 faz toprak kısa devresinde çok sınırlı öteki kısa devrelerde daha çok önemsenecek büyüklükte olduğu gösterir.

OTOMATİK TEKRAR KAPAMANIN GEÇİÇİ REJİM STABİLİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

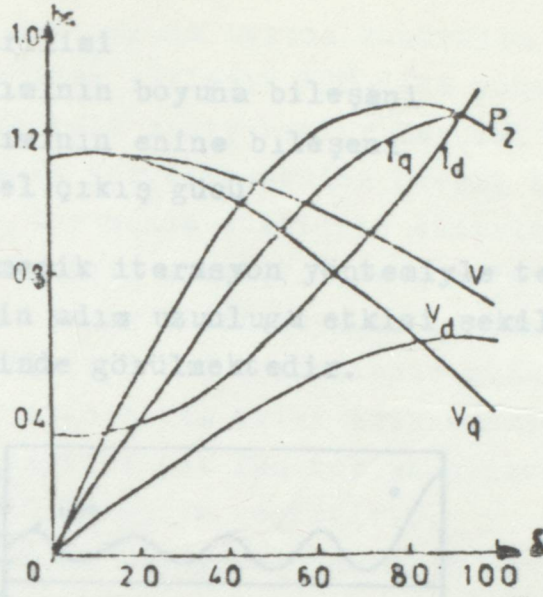
SİSTEM DEĞİŞKENLERİ

Uyarma kontrol sisteminin olmaması durumunda sürekli rejim şartları $p = \frac{d}{dt}$ operatörü sıfır kabul edilerek sistem denklemlerinin çözülmesiyle elde edilir. Sürekli rejimde makina değişkenleri şekil (7.2)de rotor açısının fonksiyonları olarak gösterilmiştir. Örnek olarak 1.4 birim değerindeki sabit bir uyarma gerilimi için maksimum sürekli rejim elektriki güç sınırı 1.26 birimdir. Uyarma kontrol sisteminin eklenmesi, dinamik stabilite bölgesi denilen bölgede çalışmaya müsaade eder ve bu durumda p operatörü sıfır değildir. Dinamik stabilite sınırı sürekli rejimde generatörün giriş gücünü biraz artırarak belirlenebilir.

Dengesiz işleme, arızanın başlangıcından itibaren belirli aralıklarla giderek artan geçiçi rejim rotor açısı değerlerinin okunmasıyla tespit edilir.

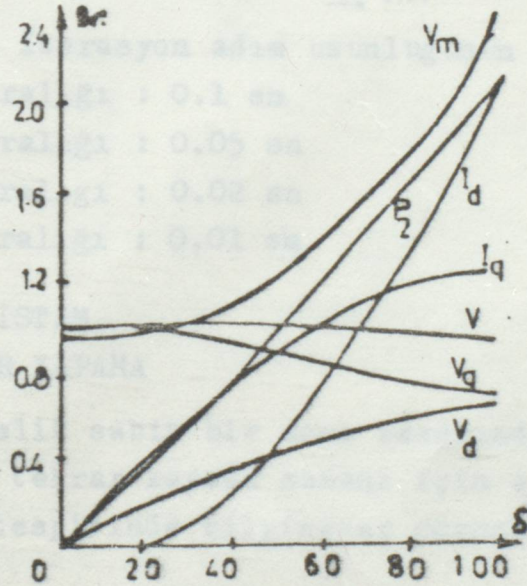
V_q : Stator geriliminin enine bileşeni

V_d : Stator gerilimi



Şekil(7.2) Uyarma kontrolsüz sürekli rejim makina büyüklükleri

Uyarma kontrol cihazlarının bulunması durumunda rotorraçısına bağlı olarak generatorün büyüklükleri şekil(7.3) de verilmiştir. Elektriksel çıkış gücü rotor açısının doğrusalla yakın bir fonksiyonu olarak değişir ve 1 birim çıkış gücünde çıkış gerilimindeki düşüş yüksüz durumda %1 den daha az, uyarma kontrolünün olmaması durumunda ise %7 dir. Sürekli rejim güç sınırı ise 1.92 birimdir.



Şekil(7.3) Uyarma kontrollü sürekli rejim makina büyüklükleri

- Vd : Stator geriliminin boyuna bileşeni
- Vq : Stator geriliminin enine bileşeni
- V : Stator gerilimi

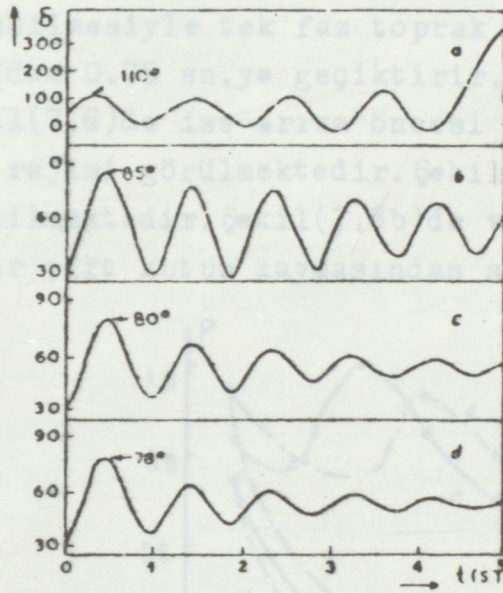
V_m : Uyarma gerilimi

I_d : Stator akımının boyuna bileşeni

I_q : Stator akımının enine bileşeni

P_2 : Elektriksel çıkış gücü

Runge-Kutta nümerik iterasyon yöntemiyle tespit edilen negatif düşüş üzerinde, yöntemin adım uzunluğu etkisi şekil (7.4)de geçiçi rejim rotor açısı eğrilerinde görülmektedir.



Şekil(7.4) İterasyon adım uzunluğunun etkisi

- a : Adım aralığı : 0.1 sn
- b : Adım aralığı : 0.05 sn
- c : Adım aralığı : 0.02 sn
- d : Adım aralığı : 0.01 sn

4.3 TEK DEVRE SİSTEM

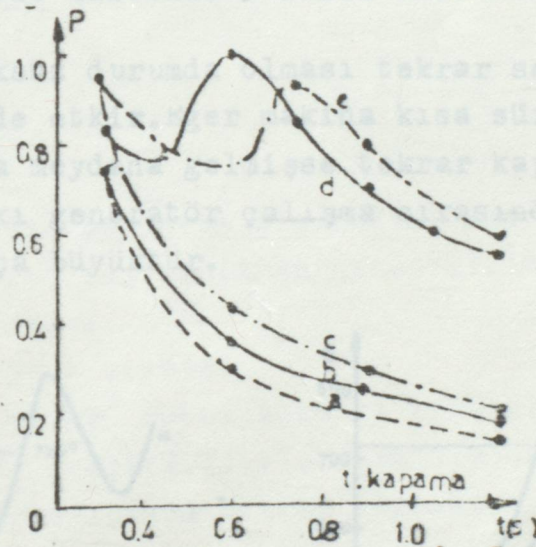
3. FAZ TEKRAR KAPAMA

0.14 saniyelik sabit bir açma zamanında başarılı bir açmayı izleyen bir dizi tekrar kapama zamanı için arıza öncesi iletilebilecek sınır gücün tespitinde bilgisayar çözümünde şekil(7.5)da gösterilmiştir.

- Burada;
- a : Uyarma kontrolsüz 3 faz arızası
 - b : Uyarma kontrollü 3 faz arızası
 - c : Uyarma kontrollü 1 faz arızası
 - d : Bir çift kutup kaymalı 3 faz arızası
 - e : Bir çift kutup kaymalı 1 faz arızası

Üç faz arızasında uyarma kontrollü durumda stabilite sınırı kontrolsüz durumdan yaklaşık %20 daha yüksektir ve tekrar kapama zamanının artmasıyla sınır azalır. Her iki durumda hızlı tekrar kapama stabilitenin gerçekleşmesine önemli bir etkindir. Geçici tek faz toprak arızası durumunda stabilite sınırları da, 3 faz arızasıyla karşılaştırma amacı için şekil(7.5)de görülebilir. Genel görünümü 3 faz arızasınıninkine benzer kutup kayması olmaksızın tek faz arızasında stabilite sınırları 3 faz arızasından daha yüksektir. Fakat tekrar kapama zamanının artmasıyla ikisi arasındaki fark azalır. Kutup kaymasına müsaade edilmesiyle tek faz toprak arızasının maksimum sınır noktasını 0.6sn den 0.75 sn.ye geçiktirir.

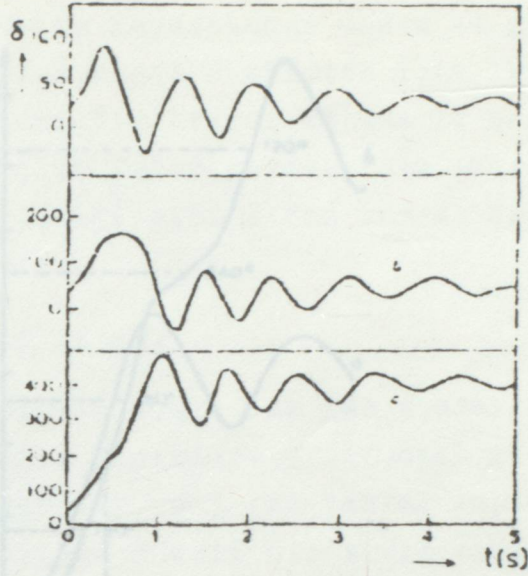
Şekil(7.6)de ise arıza öncesi 3 farklı güç değeri için rotor açılı geçici rejimi görülmektedir. Şekil(7.6)a da stabilite kolaylıkla muhafaza edilmektedir. Şekil(7.6b)de ve (7.6c)de şartlar birbirine yakındır, bir çift kutup kaymasından sonra makina tekrar senkronize olur.



Şekil(7.5) 1 ve 3 faz arızasında 3 faz tekrar kapamalı tek devre sistemin stabilite sınırı,

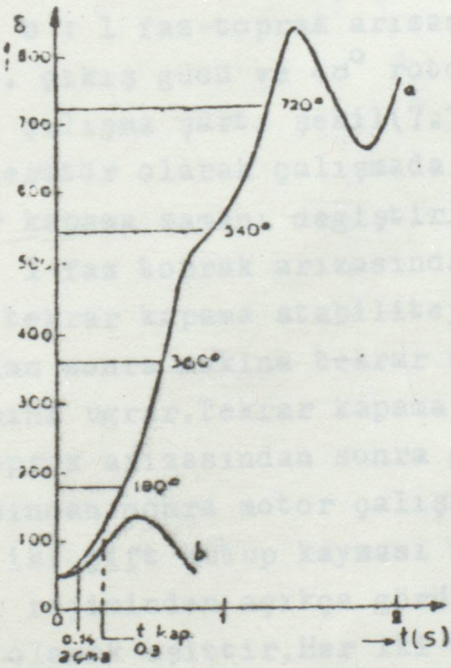
- a : Arıza öncesi güç :0.51 Birim
- b : Arıza öncesi güç :0.75 b.
- c : Arıza öncesi güç :0.79 b.

Şekil(7.5)de gösterilen kutup kaymalı stabilite sınırlarının genel şekillerinin bir açıklamasını veren şekil(7.7).(7.8) ve(7.9) da tek ve 3 faz arızasının bir karşılaştırması yapılabilir. Rotor ardarda kutup kaymasına girdiği zaman, makina motor çalışmaya geçer.

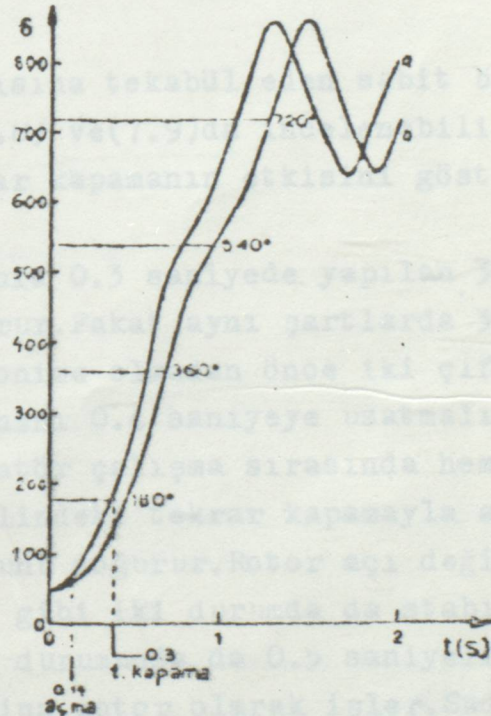


Şekil(7.6) 0.14 sn açma ve 0.5sn de başarılı tekrar kapamalı tek devre sistemde 3 fazlı arızada rotor açığı geçişi rejimi

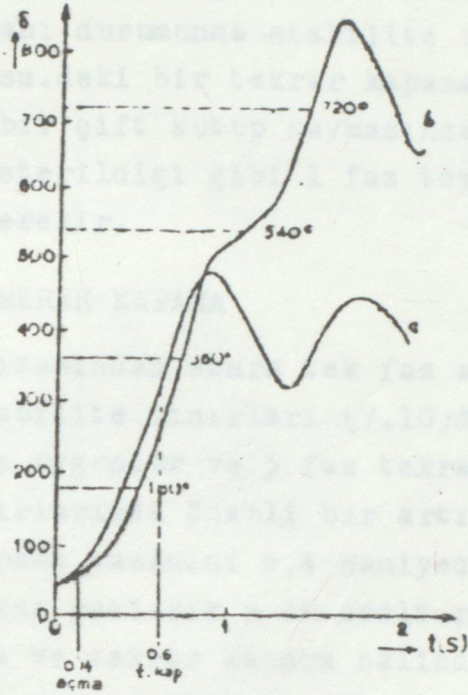
Rotörün yüksüz durumda olması tekrar senkronizasyonun elde edilmesine olumlu yönde etkir. Eger makina kısa süreli motor çalışmada iken tekrar kapama meydana gelmişse tekrar kapamadan hemen sonraki dönme momenti farkı generatör çalışma sırasında kapama yapılması durumlarından oldukça büyüktür.



Şekil(7.7)



Şekil (7.8)



Şekil(7.9)

3 faz tekrar kapamalı tek devre sistemde 1 faz toprak ve 3 faz arızasında rotor-açı geçişi rejiminin karşılaştırılması

a : 3 faz arızası

b : 1 faz-toprak arızası

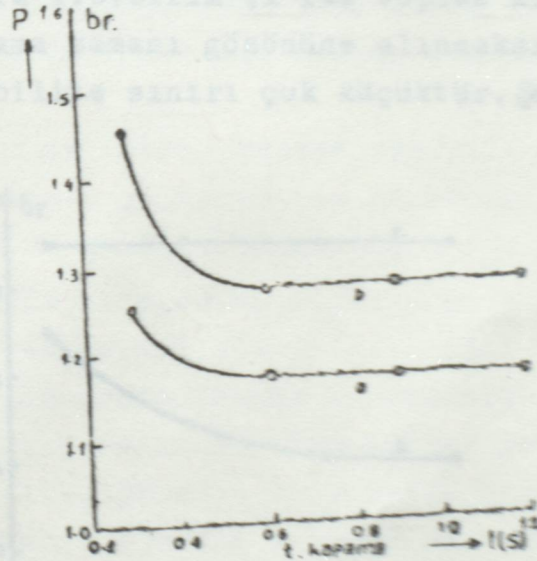
0.92 b. çıkış gücü ve 48° rotor açısına tekabül eden sabit bir arıza öncesi çalışma şartı şekil(7.7),(7.8) ve(7.9)da incelenebilir.Motor ve generatör olarak çalışmada tekrar kapamanın etkisini göstermek için tekrar kapama zamanı değiştirilir.

1 faz toprak arızasından sonra 0.3 saniyede yapılan 3 fazlı hızlı tekrar kapama stabiliteyi korur.Fakat aynı şartlarda 3 faz arızasından sonra makina tekrar senkronize olmadan önce iki çift kutup kaymasına ugrar.Tekrar kapama zamanını 0.4 saniyeye uzatmalı,hem tek faz toprak arızasından sonra generatör çalışma sırasında hemde 3 faz arızasından sonra motor çalışma halindeki tekrar kapamayla aynı şekilde iki çift kutup kayması sonucunu doğurur.Rotor açı değişiminin geçişi rejiminden açıkça görüldüğü gibi iki durumda da stabilite yaklaşıklık olarak eşittir.Her iki arıza durumunda da 0.5 saniyelik bir tekrar kapamayla,kapama anında makina motor olarak işler.Sadece 3 faz arızasından sonra şartlar daha stabildir.Bu durumda senkronizasyon

yalnızca bir çift kutup kaymasından sonra az miktarda düşer. Oysa tek faz toprak arızası durumunda stabilite için iki çift kutup kayması gereklidir. 0.0 sn.deki bir tekrar kapanayla senkronizasyon, 3 faz arızasını izleyen bir çift kutup kaymasından sonra sağlanabilir. Fakat şekil(7.9)da gösterildiği gibi 1 faz toprak arızasından sonra iki çift kutup kayması gerekir.

4.4.. 1 FAZ TEKRAR KAPAMA

1 faz arızasından sonra tek faz açması ve kapaması yapılmasına tekabül eden stabilite sınırları (7.10)daki gibidir. Daha uzun tekrar kapama zamanları uygundur ve 3 faz tekrar kapamaya göre geçici rejim stabilitesi sınırlarında önemli bir artış vardır. Kutup kayması durumunda tekrar kapama zamanını 0,4 saniyeden 1.0 saniyeye kadar artırma, stabilite sınırını yaklaşık % 10 azaltır. Eğer 1 faz toprak arızasından sonra 3 faz açma ve tekrar kapama halinde karşılaştırılırsa bu azalma %50 civarındadır. Uyarma kontrol cihazlarının etkisi sınırı yaklaşık %20 artırma yönündedir. Fakat bir çift kutup kaymasına müsaade edilirse kazanç %3den daha azdır.



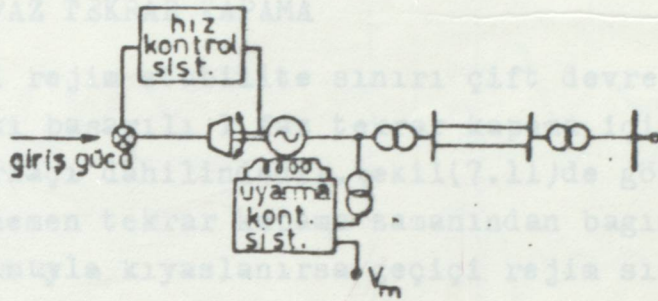
Şekil(7.10) 1 faz arızalı tek devre sisteme 0.14sn. açma ve 1 faz tekrar kapama stabilite sınırları.

- a : Uyarma kontrolsüz ve kutup kayması olmaması durumu
- b : Uyarma kontrollü ve kutup kayması olmaması durumu,

4.5... ÇİFT DEVRE SİSTEM

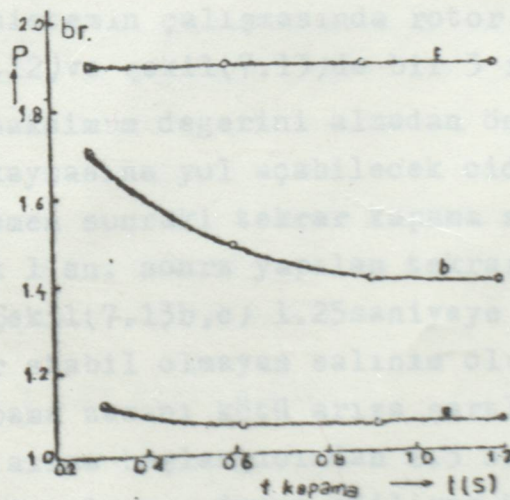
BAŞARILI 3 FAZ TEKRAR KAPAMA

inceleme amacıyla sürekli rejim sınırı 1.92 birim olan şekil (7.11)deki çift devre sistemini ele alalım. Paralel bağlı iki hattın birisiyle yeni güç sınırı 1.4 birime düşer.



Şekil(7.11) uyarma kontrollü çift devre sistem

Bu sistemde,tekrar kapama yapılırsa geçiçi rejim stabilite sınırı 3 faz arızasından sonra 1.07birim ,1 faz toprak arızasından sonra 1.4 birimdir.Tekrar kapama zamanı gözönüne alınmaksızın başarılı 3 faz tekrar kapamada stabilite sınırı çok küçüktür.Şekil(7.11) aynı zamanda,



Şekil(7.11) Çift devre sistemde 1 ve 3 faz tekrar kapamanın karşılaştırılması,

- a : 3 faz arızasından sonra 3 faz tekrar kapama
- b : 1 faz toprak arızasından sonra 3 faz tekrar kapama
- c : 1 faz tekrar kapama

Geçiçi 1 faz arızasından sonra yapılan 3 fazlı tekrar kapamanın etkisi görülmektedir ve 0.6sn tekrar kapama için geçiçi rejim stabilite-
sindeki kazanç tekrar kapama yapılmamasına göre %5 dir.

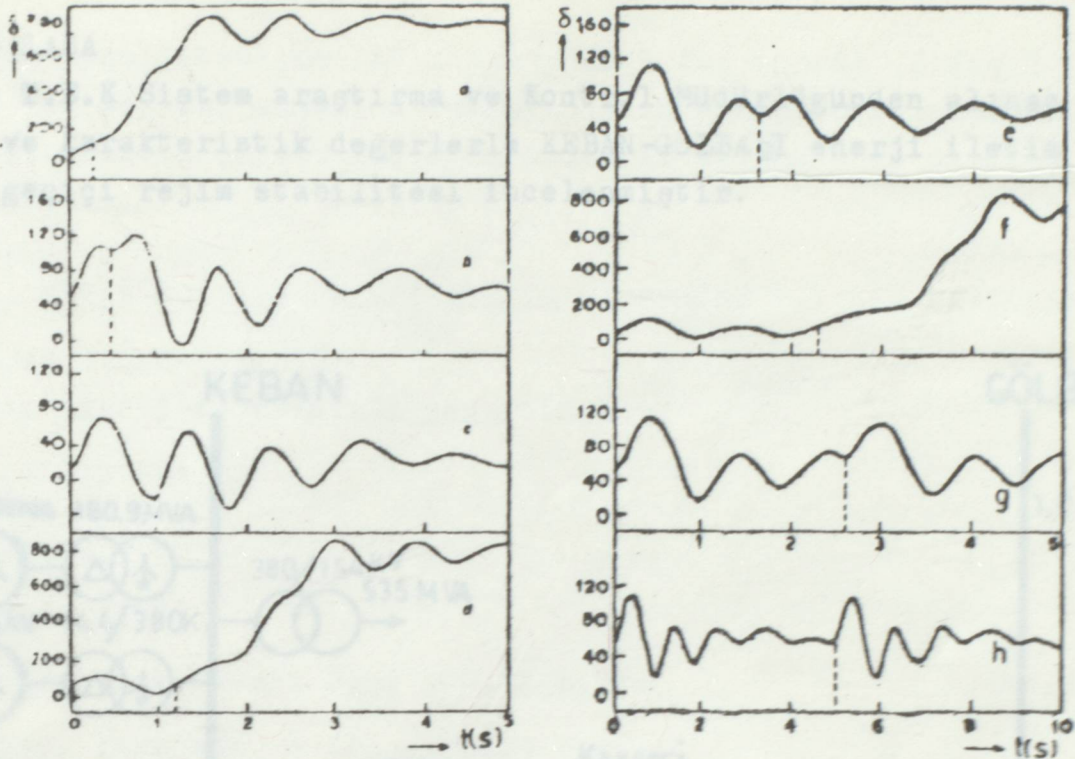
BAŞARILI 1 FAZ TEKRAR KAPAMA

Geçiçi rejim stabilite sınırı çift devre sistemde faz arızasından sonraki başarılı 1 faz tekrar kapama için sürekli rejim sınırının yüzde birkaçı dahilindedir. Şekil(7.11)de gösterildiği gibi bu sınır hemen hemen tekrar kapama zamanından bağımsızdır. Tekrar kapama olmaması durumuyla kıyaslanırsa geçiçi rejim sınırındaki kazanç %35 civarındadır.

BAŞARISIZ 3 FAZ TEKRAR KAPAMA

Yüksek hızlı otomatik tekrar kapamalı devre kesicilerin kullanılması sonucunda devam eden bir arızada tüm sistem gerilimi yeniden uygulandığı zaman tehlikeli bir durumda karşılaşılr. Böyle durumlar ya 3 faz arızasının başlangıcında veya hızla artan sürekli hal evresinde oluşur. Bu nedenle başarısız tekrar kapama daha şiddetli arızalara sebep olur.

Bunların çoğu da tekrar kapama başarılı olduğu zaman tekrar kapamadan sonra sistemin çalışmasında rotor açısının ulaştığı degere bağlıdır. Şekil(7.12)ve şekil(7.13)de bir 3 faz arızası incelenmiştir. Rotor açısı ilk maksimum değerini almadan önce yapılan hızlı tekrar kapamanın kutup kaymasına yol açabilecek ciddi tehlikesi vardır. Maksimum değerden hemen sonraki tekrar kapama stabilite açısından güvenlidir ve yaklaşık 1 sn. sonra yapılan tekrar geçiçi rejim stabilitesi için faydalıdır. Şekil(7.13b,c) 1.25saniyeye çıkarılan tekrar kapama zamanı, ikinci bir stabil olmayan salınım oluşturur. Şekil(7.13d) oysa 1.6sn. tekrar kapama zamanı kötü arıza şartlarını önemli ölçüde azaltır. Şekil(7.13e) arıza başlangıcından 2.3 sn. sonra yapılan tekrar kapama zamanı için incelemeye devam edilirse, üçüncü bir stabil olmayan eğri ortaya çıkar. Şekil(7.13f) 5sn kadar geçiktirilen tekrar kapamayla rotor açısı değeri oldukça düşürülür ve başarısız tekrar kapama hemen hemen arıza başlangıcındakine benzer yükselmeye sebep olur. Bu durumda tüm geçiçi rejim periyodu 10sn. sürdürülür.



Şekil(7.13) Sürekli bir 3 faz arızasında tekrar kapamadan sonra rotor açığı geçişi rejimi

a: t_k : 0.3 sn.

b: t_k 0.5 sn.

c: t_k 1.05 sn.

d: t_k 1.25 sn.

t_k : Tekrar kapama zamanı

e: t_k : 1.6 sn.

f: t_k 2.3 sn.

g: t_k 2.6 sn.

h: t_k 5.0 sn.

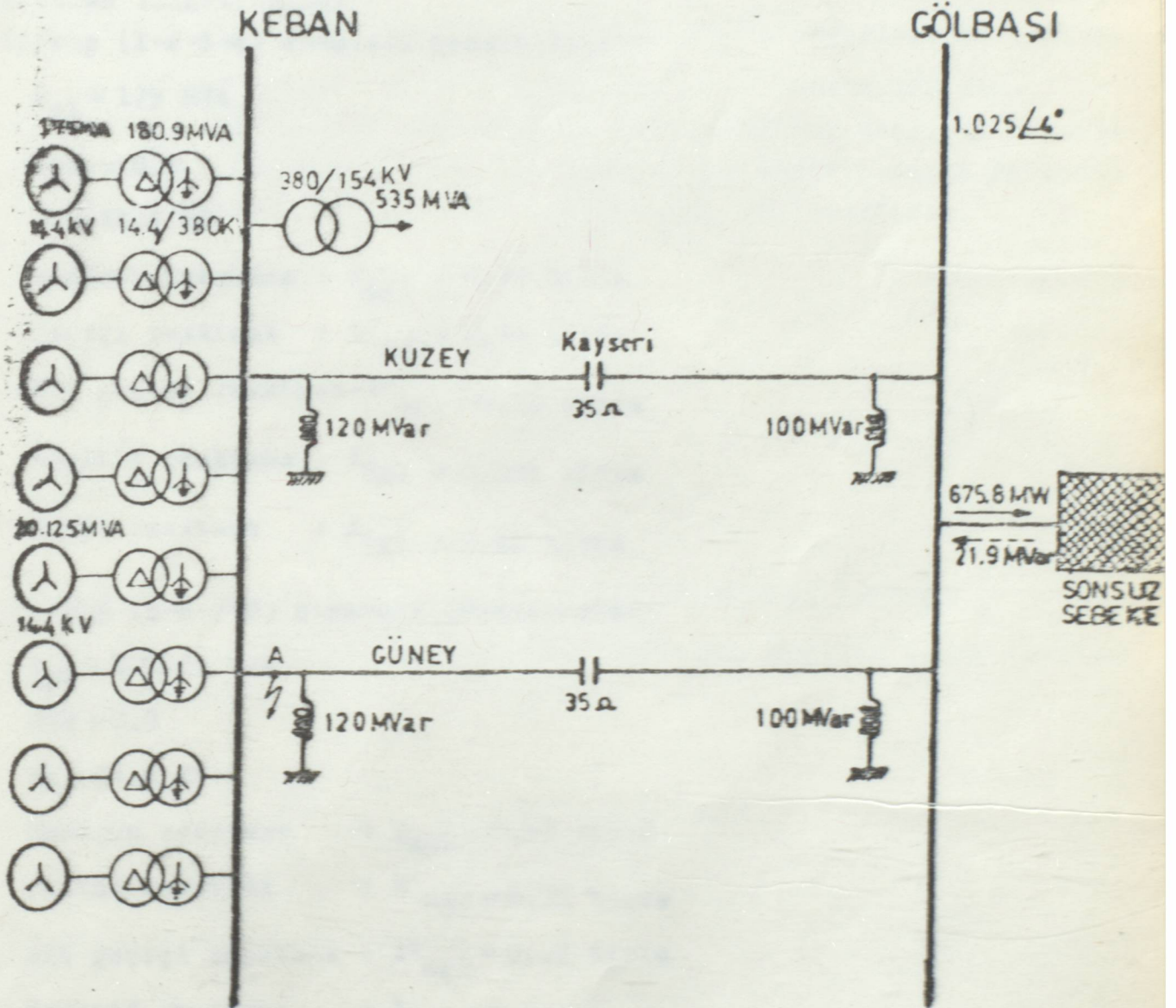
Geçici rejim stabilitesinin başarısız tekrar kapama noktası üzerinde kritik olarak bağımlı olması nedeniyle sınır grafiksel göstermeye uygun değildir. Onun yerine tekrar kapama zamanlarının bir dizisi için birbirinden bağımsız sınırlar verilebilir. 3 fazlı arızada yüksek hızlı başarısız tekrar kapama, tekrar kapama yapılmaması durumuna göre geçici rejim stabilite sınırını yaklaşık %15 azaltır. 1 faz arızasında sınır yaklaşık %8 azalır.

BAŞARISIZ 1 FAZ TEKRAR KAPAMA

Sürekli 1 faz toprak arızasında 1 faz tekrar kapama için, rotor açısı geçici rejimde stabilite sınırının tekrar kapama noktasına bağımlılığı 3 faz arızasındakine benzer 1.0sn. tekrar kapama zamanı 1 faz arızası için tekrar kapama olmamasına göre stabilite sınırını yaklaşık %5 azaltır.

5. UYGULAMA

T.E.K Sistem araştırma ve Kontrol Müdürlüğünden alınan gerçek ölçüm ve karakteristik değerlerle KEBAN-GÖLBAŞI enerji iletim sisteminin geçiçi rejim stabilitesi incelenmiştir.



Şekil(8.1) KEBAN-GÖLBAŞI Enerji iletim sistemi şeması

Şekil(8.1)de stabilite incelemelerinin yapıldığı Keban-Gölbaşı enerji iletim sistemi görülmektedir. Şekil(8.1)de "A" ile gösterilen Keban barasına yakın bir noktada çeşitli arıza durumlarının olduğu varsayılmıştır.

Sistem stabilitesi, bu "A" noktasında 1 faz toprak, 2 faz, 2 faz toprak ve 3 faz arızası olması durumlarında incelenmiştir. İncelemelerde Gölbaşı barası sonsuz güçlü bara olarak seçilmiş ve dirençler ihmal edilmiştir.

5.1.. KEBAN-GÖLBAŞI ENERJİ İLETİM SİSTEMİNE İLİŞKİN KARAKTERİSTİKLER

1. KEBAN JENERATÖRLERİ

I. Grup (1-2-3-4) numaralı jeneratörler:

$$S_{g1} = 175 \text{ MVA}$$

$$\cos = 0.9$$

$$U_n = 14.4 \text{ kV}$$

$$\text{Senkron reaktans} : X_{dg1} = 0.92 \text{ birim}$$

$$\text{Geçiçi reaktans} : X'_{dg1} = 0.29 \text{ birim}$$

$$\text{Alt geçiçi reaktans} : X''_{dg1} = 0.19 \text{ birim}$$

$$\text{Negatif reaktans} : X_{2g1} = 0.205 \text{ birim}$$

$$\text{Sıfır reaktans} : X_{0g1} = 0.11 \text{ birim}$$

II. Grup (5-6-7-8) numaralı jeneratörler:

$$S_{g2} = 201.25 \text{ MVA}$$

$$\cos = 0.9$$

$$U_n = 14.4 \text{ kV}$$

$$\text{Senkron reaktans} : X_{dg2} = 0.87 \text{ birim}$$

$$\text{Geçiçi reaktans} : X'_{dg2} = 0.32 \text{ birim}$$

$$\text{Alt geçiçi reaktans} : X''_{dg2} = 0.22 \text{ birim}$$

$$\text{Negatif reaktans} : X_{2g2} = 0.23 \text{ birim}$$

$$\text{Sıfır reaktans} : X_{0g2} = 0.085 \text{ birim}$$

2. KEBAN GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİ

$$S_t = 180.9 \text{ MVA}$$

$$U_n = 14.4 / 380 \text{ kV}$$

$$U_k = \%11$$

3..KEBAN-GOLBAŞI HAT KARAKTERİSTİKLERİ(Devre adedi :2)

Doğru ve negatif bileşenler sıfır bileşenler

$$\text{Hattın direnci : } R_h = 18.9 \Omega$$

$$R_{ho} = 99.9 \Omega$$

$$\text{Hattın reaktansı } X_h = 171.8 \Omega$$

$$X_{ho} = 628.8 \Omega$$

$$\text{Hattın admıtansı } Y_h = 1887.8 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/\Omega$$

$$Y_{ho} = 969.5 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/\Omega$$

Çift devre (kuzey ve güney) hatların tek devre değerleri verilmiştir.

380 kV'lık hattın her devresinde Keban ucunda 120 MVar, Gölbaşı ucunda 100MVar şönt reaktör vardır.Her hat üzerinde Kayseri- de 35 Ω luk seri kapasitör mevcuttur.Bu değer Kayseri-Keban hattında %40,Keban-Golbaşı hattında %20 kompanzasyon sağlamaktadır.

4. SERİ KONDANSATÖR

Her faz için

$$I_n = 720 \text{ A}$$

$$U_h = 25.2 \text{ kV}$$

$$X_c = 35 \Omega$$

$$Q_n = 18.144 \text{ MVar}$$

$$C_n = 90.99 \text{ F}$$

5.2..SİSTEM KARAKTERİSTİKLERİNİN BİRİM DEĞERLERLE İFADESİ

Eğer 'x' değeri birim olarak verilmişse seçilen birim gerilim ve güç değerine göre yeni Xb değeri,

$$X_b = X \cdot \frac{S_b}{U_b} \left(\frac{U}{U_b} \right)^2 \text{ eşitliği ile bulunur.}$$

X değeri Ω olarak verilmişse,

$$X_b = X \cdot \frac{S_b}{U^2}$$

eşitliği kullanılarak X değeri birim değere çevrilir.

$$S = 100 \text{ MVA} = 1 \text{ birim}$$

$$U = 380 \text{ kV} = 1 \text{ birim}$$

1..KEBAN GENERATÖRLERİ

I.Grup generatörleri

$$k_1 = \frac{100}{175} \left(\frac{380}{380} \right)^2 = 0.571428$$

$$X_{dg1} = 0.92 \times 0.571428 = 0.52571 \text{ b.}$$

$$X'_{dg1} = 0.29 \times 0.571428 = 0.16571 \text{ b.}$$

$$X_{2g1} = 0.205 \times 0.571428 = 0.11714 \text{ b.}$$

$$X_{og1} = 0.11 \times 0.571428 = 0.06285 \text{ b.}$$

II..Grup Generatörleri

$$k_2 = \frac{100}{201.25} \left(\frac{380}{380} \right)^2 = 0.496894 \text{ b.}$$

$$X_{dg2} = 0.87 \times 0.496894 = 0.43229 \text{ b.}$$

$$X'_{dg2} = 0.32 \times 0.496894 = 0.15900 \text{ b.}$$

$$X_{2g2} = 0.23 \times 0.496894 = 0.11428 \text{ b.}$$

$$X_{og2} = 0.085 \times 0.496894 = 0.04223 \text{ b.}$$

2.. KEBAN GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİ

$$X_t = 0.11 \cdot \frac{100}{180.9} \left(\frac{380}{380} \right)^2 = 0.06080 \text{ b.}$$

3..KEBAN- GÖLBAŞI KUZAY GÜNEY HATLARI

$$X_{hk} = X_{hg} = 171.8 \frac{100}{380^2} = 0.11897 \text{ b.}$$

$$X_{hok} = X_{hog} = 628.8 \frac{100}{380^2} = 0.43545 \text{ b.}$$

$$X_{yhk} = X_{yhg} = \frac{1}{Y_h} \frac{10^6}{1887.8} \frac{100}{380^2} = 0.36684 \text{ b.}$$

$$Y_h = \frac{1}{X_{yhk}} = 2.72598 \text{ b.}$$

$$X_{yhok} = X_{yhog} = \frac{1}{Y_{ho}} = \frac{10^6}{969.5} \frac{100}{380^2} = 0.71430 \text{ b.}$$

$$Y_{ho} = \frac{1}{X_{yhok}} = 1.39995 \text{ b.}$$

4.. REAKTÖRLER

$$X_{120} = \frac{380^2}{120} \frac{100}{380^2} = 0.832989 \text{ b.}$$

$$Y_{120} = \frac{1}{X_{120}} = 1.20049 \text{ b.}$$

$$X_{100} = \frac{380^2}{100} \frac{100}{380^2} = 1 \text{ b.}$$

$$Y_{100} = \frac{1}{X_{100}} = 1 \text{ b.}$$

5..KAPASİTÖRLER

$$X_c = 35 \cdot \frac{100}{380^2} = 0.02423 \text{ b.}$$

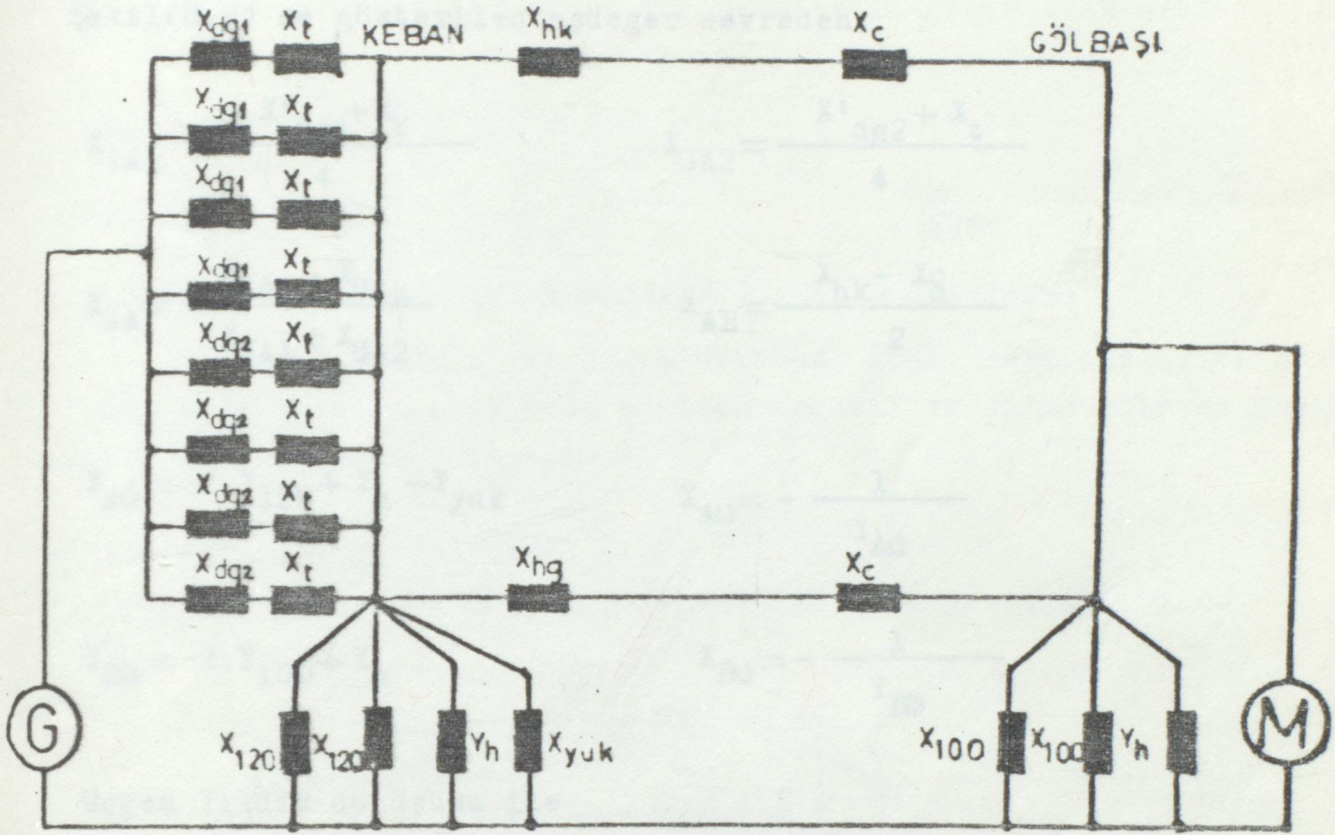
6..KEBAN BARASINA PARALEL YÜK

$$X_{yük} = \frac{380^2}{535} \frac{100}{380^2} = 0.18691 \text{ b.}$$

$$Y_{yük} = \frac{1}{X_{yük}} = 5.35 \text{ b.}$$

5.3..SİSTEMİN ÇEŞİTLİ İŞLEME DURUMLARINA AİT GEÇİŞ REAKTANSLARI

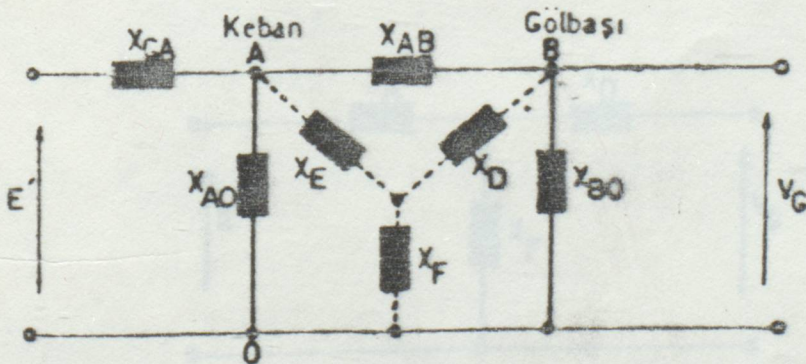
Şekil(8.1)de gösterilen sisteme ilişkin eşdeğer devre şekil(8.2) de gösterilmiştir.



Şekil(8.2) şekil(8.1)de gösterilen sisteme ilişkin eşdeğer devre

1..ARIZA ÖNCESİ GEÇİŞ REAKTANSI

Şekil(8.2) devresi şekil(8.3) de gösterilen II eşdeğer devre-
sine indirgenebilir.



Şekil(8.3) sistemin II eşdeğeri

Şekil(8.2) de gösterilen eşdeğer devreden,

$$X_{GA1} = \frac{X'_{dg1} + X_t}{4}$$

$$X_{GA2} = \frac{X'_{dg2} + X_t}{4}$$

$$X_{GA} = \frac{X_{GA1} \cdot X_{GA2}}{X_{GA1} + X_{GA2}}$$

$$X_{AB} = \frac{X_{hk} - X_c}{2}$$

$$Y_{AO} = -2 \cdot Y_{120} + Y_h - Y_{yuk}$$

$$X_{AO} = - \frac{1}{Y_{AO}}$$

$$Y_{BO} = -2 \cdot Y_{100} + Y_h$$

$$X_{BO} = - \frac{1}{Y_{BO}}$$

Üçgen Yıldız dönüşümü ile

$$X_D = \frac{X_{AB} \cdot X_{BO}}{X_{top}}$$

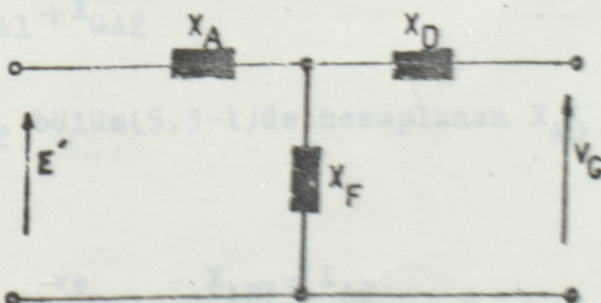
$$X_{top} = X_{AB} + X_{AO} + X_{BO}$$

$$X_E = \frac{X_{AB} \cdot X_{AO}}{X_{top}}$$

$$X_F = \frac{X_{AO} \cdot X_{BO}}{X_{top}}$$

$$X_A = X_{GA} + X_E$$

Bulunur ve eşdeğer devre şekil(8.4)de gösterilen T eşdeğer devresine indirgenebilir.



Şekil(8.4) Sistemin T eşdeğeri

Bu eşdeğer devreden arızasız duruma ilişkin geçiş reaktansı

$$X_{12} = X_A + X_D + \frac{X_A \cdot X_D}{X_F} \quad (8.1)$$

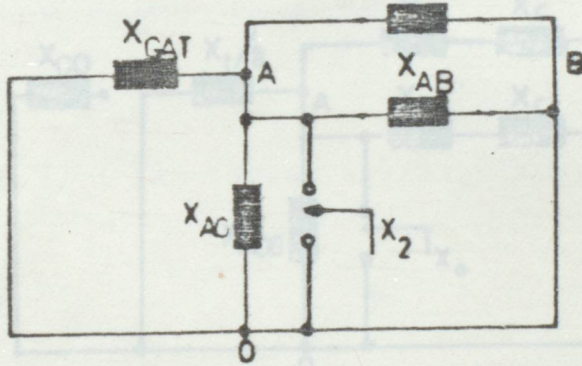
olarak elde ederiz.

2..ARIZA NOKTASINDA GÖRÜNEN NEGATİF VE SIFIR REAKTANS

Geçici rejimde arıza durumlarındaki geçiş reaktanslarının bula-bilmek için arıza noktasından görünen negatif ve sıfır bileşen reaktanslarını belirlemek gerekir.

a) NEGATİF BİLEŞEN REAKTANSI

Negatif bileşen eşdeğer devre şekil(8.5)de gösterilmiştir.



Şekil(8.5) Negatif bileşen eşdeğer devresi

$$X_{GA1} = \frac{X_{2g1} \cdot X_t}{4}$$

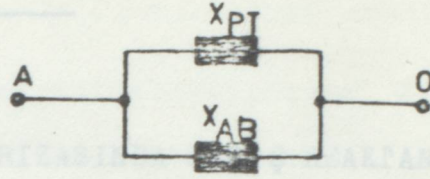
$$X_{GA2} = \frac{X_{2g2} \cdot X_t}{4}$$

$$X_{GAT} = \frac{X_{GA1} \cdot X_{GA2}}{X_{GA1} + X_{GA2}}$$

X_{AOT} ve X_{ABT} bölüm(5.3-1)de hesaplanan X_{AO} ve X_{AB} değerlerindedir, yani,

$$X_{ADT} = X_{AO} \quad \text{ve} \quad X_{ABT} = X_{AB}$$

$$X_{PT} = \frac{X_{GAT} \cdot X_{AO}}{X_{GAT} + X_{AO}}$$

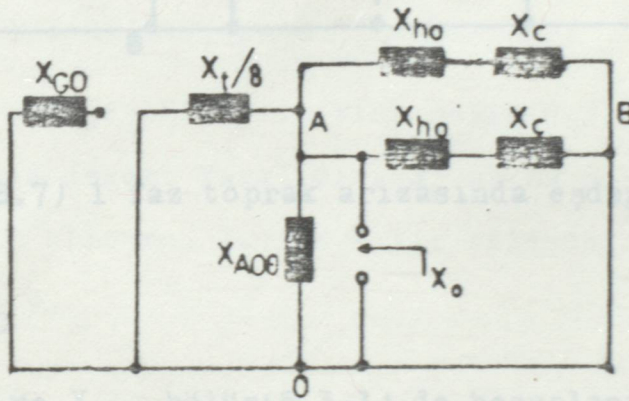


Arıza noktasından görünen reaktansın negatif bileşeni

$$X_2 = \frac{X_{PT} \cdot X_{AB}}{X_{PT} + X_{AB}}$$

B) SIFIR BİLEŞEN REAKTANSI

Sıfır bileşen eşdeğer devre şekil(8.6)da gösterilmiştir.



Şekil(8.6) Sıfır bileşen eşdeğer devresi

$$X_{TO} = \frac{X_t}{8}$$

$$Y_{A00} = -2 \cdot Y_{120} + Y_{ho} - Y_{yük}$$

$$X_{A00} = - \frac{1}{Y_{A00}}$$

$$X_{PO} = \frac{X_{TO} \cdot X_{A00}}{X_{TO} + X_{A00}}$$

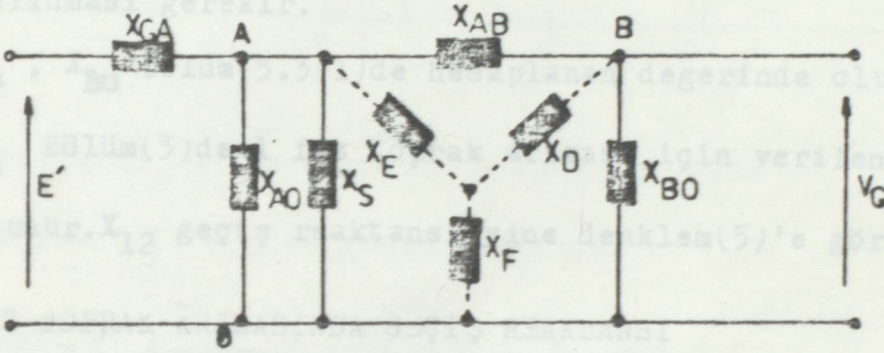
$$X_{ABO} = \frac{X_{ho} \cdot X_c}{2}$$

Arıza noktasından görünen reaktansın sıfır bileşeni

$$X_0 = \frac{X_{FO} \cdot X_{ABO}}{X_{FO} + X_{ABO}}$$

3) 1 FAZ TOPRAK ARIZASINDA GEÇİŞ REAKTANSI

1 faz toprak arızasında sistemin eşdeğer devresi şekil(8.7)de gösterilmiştir.



Şekil(8.7) 1 faz toprak arızasında eşdeğer devre

$$X_s = X_2 + X_0$$

X_{AO} , X_{AB} ve X_{BO} bölüm(5.3-1) de hesaplanan değerindedir.

$$X_k = \frac{X_{AO} \cdot X_s}{X_{AO} + X_s}$$

$$X_{Top} = X_k + X_{AB} + X_B$$

$$X_D = \frac{X_{AB} \cdot X_{BO}}{X_{top}}$$

$$X_B = \frac{X_k \cdot X_{AB}}{X_{Top}}$$

$$X_F = \frac{X_k \cdot X_{BO}}{X_{top}}$$

$$X_A = X_{GA} + X_B$$

Şekil(3.4)deki T eşdeğer devresi burada da geçerlidir. Bu devre ve denklem(3.1)'e göre 1 faz toprak arızalı durumda geçiş reaktansı hesaplanır.

4.. 2 FAZ ARIZASINDA GEÇİŞ REAKTANSI

Şekil(8.7) devresi ele alınırsa, 2 faz arızasında sadece X_{B_0} reaktansının değeri değişiktir. Burada X_s arıza noktasından görünen reaktansın negatif bileşenine eşittir.

Buna göre,

$$X_s = X_2$$

olarak alınması gerekir.

X_{A_0} , X_{AB} , X_{B_0} bölüm(5.3-1)de hesaplanan değerinde olup X_k , X_D , X_E , X_F ve X_A Bölüm(3)de 1 faz toprak arızası için verilen eşitliklere göre bulunur. X_{12} geçiş reaktansı yine denklem(5)'e göre hesaplanır.

5.. 2 FAZ TOPRAK ARIZASINDA GEÇİŞ REAKTANSI

Bu arıza çeşidinde de yine şekil(8.7) eşdeğer devresindeki X_s reaktansının değeri farklıdır. X_s , arıza noktasından görünen reaktansın negatif bileşeni X_2 ile sıfır bileşeni X_0 'nın paralel bağlanmasına eşdeğerdir.

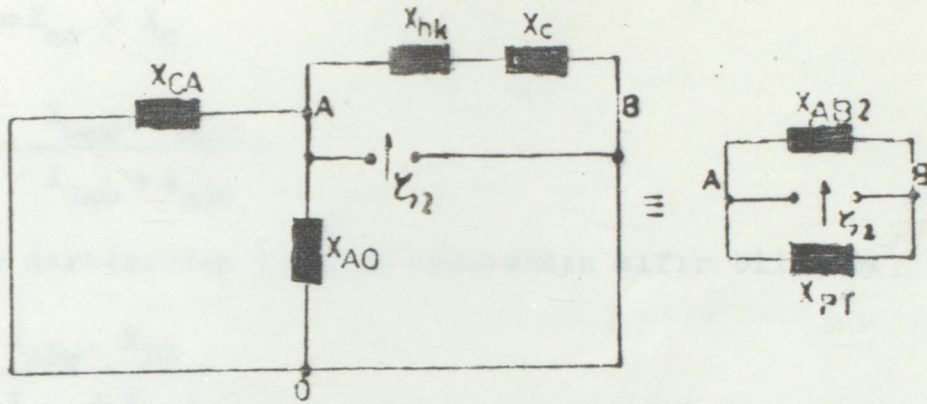
$$X_s = \frac{X_2 \cdot X_0}{X_2 + X_0}$$

değerinde olacaktır.

X_{A_0} , X_{AB} , X_{B_0} bölüm(5.3-1)deki değerlerindedir. X_k , X_D , X_E , X_F ve X_A da bölüm(3) de verilen eşitliklere göre, X_{12} geçiş reaktansı denklem (8.1) de hesaplanır.

6.. 3 FAZ ARIZASINDA GEÇİŞ REAKTANSI

3 faz arızasında $X_s = 0$ olduğu için eşdeğer devre şekil(8.8)deki gibidir. Buna göre AO arasındaki X_k reaktansı sıfır demektir. Böylece üçgen yıldız dönüşümü sonunda $X_E = 0$, $X_F = 0$ olacaktır. X_{AB} ve X_{B_0} bölüm(5.3-1)deki değerindedir.



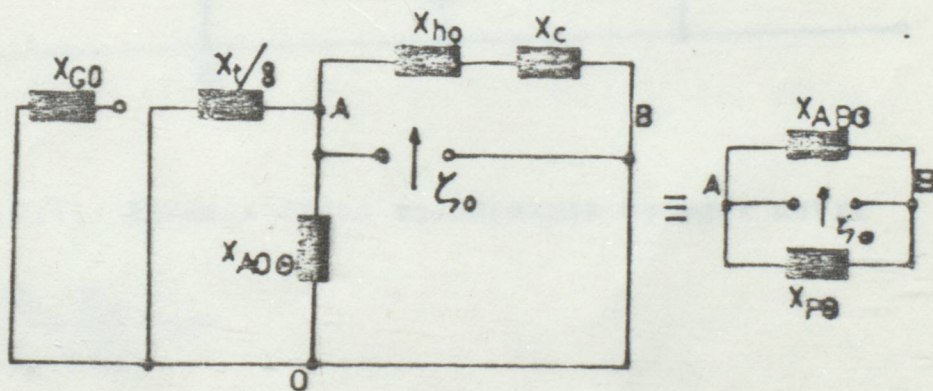
Şekil(8.9) Arızalı fazın açılmasında negatif sistem eşdeğer devre

$$X_{PT} = \frac{X_{GAT} \cdot X_{AO}}{X_{GAT} + X_{AO}}$$

Arıza noktasından görünen reaktansın negatif bileşeni,

$$Z_2 = \frac{X_{AB2} \cdot X_{PT}}{X_{AB2} + X_{PT}}$$

8.2..SIFIR BİLEŞEN REAKTANSI



Şekil(8.10) Arızalı fazın açılmasında sıfır sistem eşdeğer devre

$$X_{GA0} = \frac{X_{G0}}{3}$$

$$Y_{A00} = -2 \cdot Y_{120} + \frac{Y_{ho}}{2} - Y_{yuk}$$

$$X_{A00} = - \frac{1}{Y_{A00}}$$

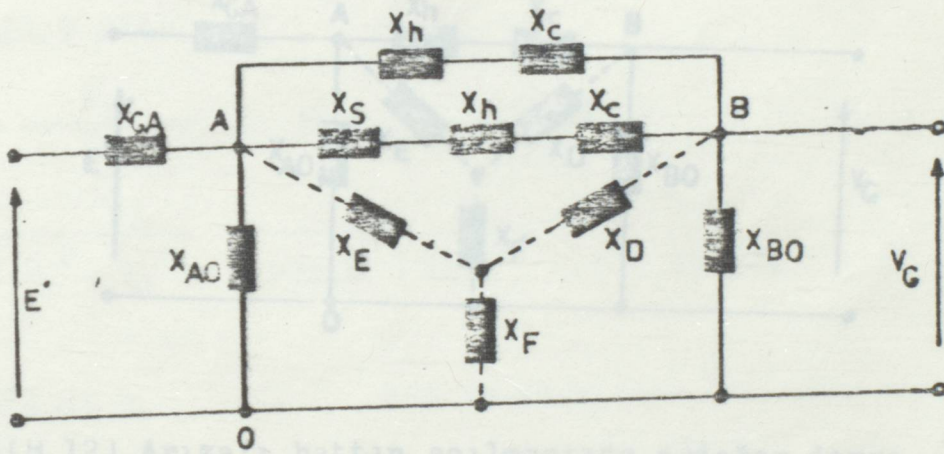
$$X_{AB0} = X_{ho} - X_c$$

$$X_{PO} = \frac{X_{GA0} \cdot X_{AO0}}{X_{GA0} + X_{AO0}}$$

Arıza noktasından görünen reaktansın sıfır bileşeni, 11. bölümde tanımlanan ve (8.12) denklemiyle (8.17)'e göre hesaplanır.

$$Z_0 = \frac{X_{AB0} \cdot X_{PO}}{X_{AB0} + X_{PO}}$$

Arızalı fazın devre dışı bırakılmasında sistemin eşdeğer devresi şekil(8.11)de gösterilmiştir.



Şekil(8.11) Arızalı fazın açılmasında eşdeğer devre

$$X_s = \frac{Z_2 \cdot Z_0}{Z_2 + Z_0}$$

$$X_{ABFAC} = X_s + X_{AB2}$$

$$X_{AB} = \frac{X_{ABFAC} \cdot X_{AB2}}{X_{ABFAC} + X_{AB2}}$$

X_{AO} ve X_{BO} bölüm(5.3-1)de hesaplanan değerindedir.

$$X_{top} = X_{AO} + X_{AB} + X_{BO}$$

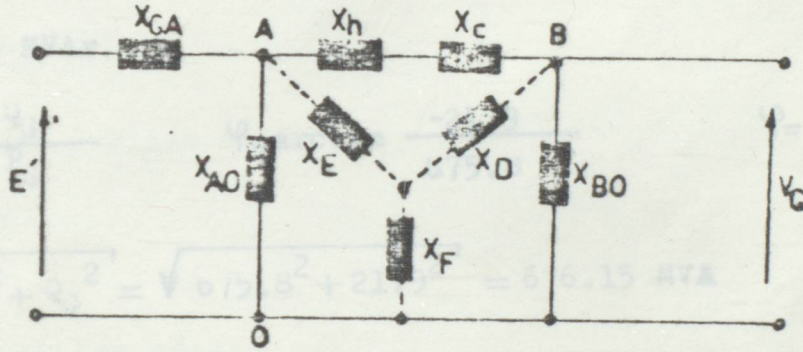
$$X_D = \frac{X_{AB} \cdot X_{BO}}{X_{top}} \quad X_E = \frac{X_{AB} \cdot X_{AO}}{X_{top}} \quad X_F = \frac{X_{AO} \cdot X_{BO}}{X_{top}}$$

$$X_A = X_{GA} + X_E$$

Şekil(8.4)deki sistemin 'T' eşdeğeri burada da geçerli olması nedeniyle geçiş reaktansı X_{12} denklem(8.1)'e göre hesaplanır.

8.. ARIZALI HATTIN DEVRE DIŞI BIRAKILMASINDA GEÇİŞ REAKTANSI

Arızalı hattın açılmasında eşdeğer devre şekil(8.12)de gösterilmiştir.



Şekil(8.12) Arızalı hattın açılmasında eşdeğer devre

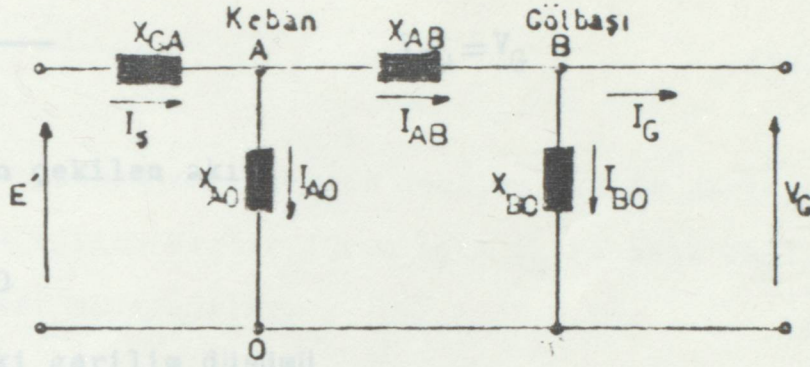
$$X_{AB} = X_h - X_c$$

$$Y_{AO} = -2 \cdot Y_{120} + \frac{Y_h}{2}, -Y_{yük}$$

$$X_{AO} = \frac{1}{Y_{AO}}$$

X_{GA} ve X_{BO} bölüm(5.3-1)deki değerindedir. X_D , X_E , X_F , X_A bölüm(5) de verilen eşitlikler yardımıyla bulunur. Geçiş reaktansı X_{12} yine denklem(6.1)'e göre hesaplanır.

5.4.. SENKRON GENERATORÜN GEÇİÇİ EMK'İ



Şekil(8.13) sistemin II eşdeğer devresi sonsuz güçlü varsayılan Gölbaşı barasından çekilen akım,

$$P_G = 675.8 \text{ MW}$$

$$Q_G = -21.9 \text{ MVar.}$$

$$\tan \varphi = \frac{Q_G}{P_G} \quad \varphi = \arctan \frac{-21.9}{675.8} \quad \varphi = -1.86^\circ$$

$$S_G = \sqrt{P_G^2 + Q_G^2} = \sqrt{675.8^2 + 21.9^2} = 676.15 \text{ MVA}$$

$$100 \text{ MVA} = 1 \text{ b.}$$

$$380 \text{ kV} = 1 \text{ b.}$$

$$S_G = 6.75 \angle -1.86^\circ \text{ b.}$$

$$V_G = 1.025 \angle -4^\circ \text{ b.}$$

$$V_G = 1.025 - j 0.072 \text{ b.}$$

$$I_G^* = \frac{S_G}{V_G} = \frac{6.75 \angle -1.86^\circ}{1.025 \angle -4^\circ} = 6.585 \angle 2.14^\circ \text{ b.}$$

$$I_G = 6.585 \angle -2.14^\circ \text{ b.}$$

$$I_G = 6.585 - j 0.245 \text{ b.}$$

X_{BO} reaktansından çekilen akım,

$$I_{BO} = \frac{V_{BO}}{X_{BO}} \quad V_{BO} = V_G \quad (8.2)$$

AB hattından çekilen akım,

$$I_{AB} = I_G + I_{BO}$$

AB hattındaki gerilim düşümü

$$V_{AB} = X_{AB} \cdot I_{AB}$$

AO barasındaki gerilim

$$V_{AO} = V_{AB} + V_{BO}$$

AO barasından çekilen akım

$$I_{AO} = \frac{V_{AO}}{X_{AO}}$$

Şebekeden çekilen akım:

$$I_{\text{Ş}} = I_{AB} + I_{AO}$$

Generatorün uç gerilimi:

$$V_{GA} = X_{GA} \cdot I_{\text{Ş}}$$

Generatörün geçişi EMK'si

$$E' = V_{GA} + V_{AO}$$

5.5 ..ÇEŞİTLİ İŞLEME DURUMLARI İÇİN STABİLİTE SINIRLARI

Arıza öncesi normal durumda, 1 faz toprak, 2 faz toprak ve 3 faz arızalı durumlarda, arızalı fazın ve arızalı hattın devre dışı bırakılması durumlarında hesaplanan sistemin geçiş reaktansları X_{12} lere göre aynı durumlar için stabilite sınırları bulunabilir.

$$P_2 = P_m \cdot \sin \delta$$

$$P_m = \frac{E' \cdot V_G}{X_{12}} \quad (8.2)$$

Bilinen ve hesaplanan degerler denklem(8.2)de yerlerine konursa, yukarıda sözü edilen herbir durum için P_m ve buna bağlı olarak $P_2=f(\delta)$ fonksiyonları elde edilir.

5,6.ADIM ADIM ENTEGRASYON YÖNTEMİ İLE SALINIM EĞRİLERİNİN ELDE EDİLMESİ

Generatörlerin atalet sabitleri :

$$H_{1-4} = 3.5 \text{ MJ/MVA}$$

$$H_{5-8} = 3.52 \text{ MJ/MVA}$$

Eşdeğer generatörün atalet sabiti :

Denklem(3.10a) ve $100 \text{ MVA} = 1 \text{ b. ' göre}$

$$H = H_{1-4} + H_{5-8}$$

$$H = 4 \times 3.5 \frac{175}{100} + 4 \times 3.52 \frac{201.25}{100}$$

$$H = 52.83 \text{ MJ/MVA}$$

Denklem(3.8)'e göre ivme:

$$\frac{d^2 \delta}{dt^2} = \frac{180 \times 50}{52.83} \cdot P_{ab} \quad (\text{Elk derece/sn}^2)$$

$t = 0.02 \text{ sn.}$ olarak alındığında ,

$$w = \frac{180 \cdot F}{H} \cdot t \cdot P_{ab} = \frac{180 \cdot 50}{52.83} \cdot 0.02 \cdot P_{ab}$$

$$w = 3.41 P_{ab} \quad (\text{elk derece/ sn}^2) \quad (8.3)$$

Adım adım entegrasyon yöntemine göre, arıza sırası ve arıza sonrasında herbir adım sonunda rotor açısının aldığı degerlerin bulunuşu aşağıdaki gibidir.

Arıza öncesi : P_2 değerine göre,

Arıza öncesinden P_1 giriş gücü, P_2 çıkış gücüne eşit olduğundan için

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 0 \quad \text{olur.}$$

Hızlandırıcı güç $\Delta P = 0$ olması nedeniyle rotor açısı sürekli rejim değerinde herhangi bir değişikliğe uğramadan sabit olarak işlemeye devam eder.

İncelemelerimizde,

$$P_2 = P_m \cdot \sin \delta$$

genel formülündeki P_m denklem(8.2)ye göre hesaplanır. Arızalı, arıza giderilmesi ve tekrar kapama yapılması gibi işlem değişikliklerine göre değerler alacaktır. Bunları şu şekilde belirleyebiliriz.

P_{11} : Arızasız ve tekrar kapama yapılmasında,

P_{12} : Arızalı durumda,

P_{13} : Arıza giderilmesinde (hat veya faz açılması)

işlemlere girecektir.

Arızalı durum :

$t = 0$ anında arızanın başladığını varsayalım. Aynı anda açısal hız $w = 0$ dır.

$$P_2 = P_{11} \cdot \sin \delta$$

denklemden arıza öncesi giriş gücü P_1 ' e tekabül eden sürekli işleme açısı bulunabilir.

$$P_2 = P_1$$

$$\delta = \arcsin \frac{P_1}{P_{11}} \quad \text{olarak bulunur.}$$

Entegrasyonun birinci aralığı :

Arıza başladıktan sonra

$$P_2 = P_{12} \cdot \sin \delta \quad \text{denklemleri geçerlidir.}$$

n : Entegrasyonun yapıldığı aralık numarası

t_n : n 'inci aralıkta arıza süresi (sn)

Bu durumda hesaplanan P_2 değerine göre,

$$t_n = t_{n-1} + \Delta t$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 \quad \text{ve} \quad P_{ab} = \frac{\Delta P}{2} \quad \text{olarak bulunur.}$$

Denklemler(8.3)'e göre aralık boyunca açısal hız artışı :

$$\Delta w_n = 3.41 \cdot P_{ab} \quad (\text{elk. derece / sn})$$

Aralığın sonunda açısal hızın son değeri :

$$w_n = w_{n-1} + \Delta w_n \quad (\text{elk. derece / sn})$$

Aralık boyunca δ açısındaki artış :

$$\Delta \delta_n = \Delta t \cdot w_n \quad (\text{elk. derece})$$

Aralığın sonunda açısının son değeri :

$$\delta_n = \delta_{n-1} + \Delta \delta_n \quad (\text{elk. derece})$$

İkinci ve sonraki aralıklar :

Birinci aralığa göre sadece P_{ab} farklıdır. Açma yapılarak arıza giderilinceye kadar $P_{ab} = P_1 - P_2$ olarak kabul edilir. Her bir aralık için

t_n , Δw_n , w_n , $\Delta \delta_n$ ve δ_n değerleri birinci aralıkta verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

Arızanın giderildiği aralık :

Yine burada sadece P_{ab} 'nin değeri bundan önceki aralıklara göre farklıdır. Açma yapılmadan hemen önceki δ değerine göre,

$$P_2 = P_{12} \cdot \sin \delta$$

$$\Delta P_1 = P_1 - P_2$$

Açma yapıldıktan sonra yine,

$$P_2 = P_{13} \cdot \sin \delta$$

$$\Delta P_2 = P_1 - P_2 \quad \text{değerleri bulunur.}$$

Sadece bu aralıkta

$$P_{ab} = (\Delta P_1 + \Delta P_2) / 2 \quad \text{olarak alınacaktır.}$$

Arızanın giderildiği ilk aralıktan sonraki aralıklar için

$$P_{ab} = P_1 - P_2 \quad \text{olacaktır.}$$

Arıza giderildiğinde hem ilk aralık, hemde sonraki aralıklar için t_n , Δw_n , w_n , $\Delta \delta_n$ ve δ_n değerleri arızalı durumda verilen eşitlikleri ve buradaki son değerlerine ilave olarak hesaplanır. Böylece iterasyona devam edilir. Tekrar kapama yapılmasında ise işlemler buraya kadar sürdürülür. t_n tespit edilen t_k (tekrar kapama) zamanına geldiğinde aşağıdaki değişiklikler oluşur. P_{ab} 'nin bulunuşu yine arızanın giderildiği ilk aralıkta hesaplandığı gibi kabul edilmiştir. Yani,

$$P_2 = P_{13} \cdot \sin \delta$$

$$\Delta P_1 = P_1 - P_2 \quad \text{ve kapama yapılmasıyla}$$

$$P_2 = P_{11} \cdot \sin \delta$$

$$\Delta P_2 = P_1 - P_2 \quad \text{değerleri bulunur.}$$

$$P_{ab} = (\Delta P_1 + \Delta P_2) / 2 \quad \text{olur.}$$

Kapama yapıldığı ilk aralıktan sonraki aralıklar için,

$$P_{ab} = P_1 - P_2 \quad \text{olacaktır.}$$

Tekrar kapama yapıldıktan sonraki tüm aralıklar için t_n , w_n , $\Delta \delta_n$ ve δ_n yine bundan önceki evrelerde hesaplandığı gibi bulunur.

Tekrar kapamasız veya kapamalı haller için iterasyon sürdürülmesiyle belli bir inceleme aralığı için rotor açısının zamana bağlı olarak salınım değerleri elde edilir.

6.. PROGRAMA AİT AÇIKLAMALAR

Bölüm 5 de tanıtılan şebekenin çeşitli arızalarında, arıza süresine bağlı olarak işleme sınırlarını tespit amacıyla bir program hazırlanmıştır. Bu program Yıldız Üniversitesindeki IBM bilgisayarda denenmiştir.

6.1 ANA PROGRAM

Programın görevi. Keban Gölbaşı enerji iletim hattında tekrar kapamasız ve tekrar kapanmalı olmak üzere hat açılmalı 1 faz toprak, 2 faz, 2 faz toprak, 3 faz ve faz açılmalı lifaz toprak arızalarına ait toplam 10 değişik durumu ele almaktadır.

Programda şu değişkenler dışarıdan verilmektedir.

- 1) Her arıza için inceleme aralığı olarak P_1 giriş gücünün ilk değerleri ile son değerleri
- 2) P_1 deki artım
- 3) Sonsuz şebeke varsayılan Gölbaşı barası gerilimi
- 4) Tekrar kapama zamanı
- 5) Denklem(8.3)de hesaplanan WDT adı verilen şebekenin ataletine bağlı bir katsayı

Keban Gölbaşı enerji iletim hattında Keban barasına yakın bir noktada varsayılan çeşitli arızalarda, değişik durumlara ait stabilite sınırları NOREMP -, AREMP ve DISEMP altprogramlarında hesaplanmakta ve başlangıçta bu değerler ana programa çağrılmaktadır. Bu stabilite sınırlarına göre sırayla incelenecek arıza için inceleme şartları tespit edilmektedir. Program temel olarak şebekeye uygulanan P_1 giriş güçlerini P_1 artımıyla değiştirmekte ve her bir giriş gücü için ,açma zamanı t_a 'yı 0.04 saniyeden 0.30 saniyeye kadar 0.02 sn. aralıklarla rotor açısı α nın aldığı değerleri adım adım entegrasyon yöntemiyle hesaplamaktadır. Yöntem bölüm 5.7 de ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Tespit ettiğimiz arıza inceleme süresi 2sn.dir. Herhangi bir giriş gücü ve açma zamanına ait rotor açısı değerleri 1 ve 2 inci saniyenin sonunda dışarıya yazılmaktadır. Normalde 2. saniyedeki değeri 1. saniyedeki değerinden küçüktür. Bu durum açısının bir maksimum değerden geçtikten sonra sönüme doğru gittiği ve o giriş gücü ile açma zamanı için stabilitenin korunduğu ifade etmektedir. Eğer 2. saniyedeki değeri belli bir sınır değerden daha yüksekse (burada 130° sınır seçilmiştir.) bu açma zamanı stabilite bakımından tehlikeli kabul edilmektedir. Böyle bir durumda program, hem o giriş gücü ve açma zamanı için iterasyon kesip başka bir P_1 değerine geçmekte ve hemde rotor

açısının tehlikeli degere ulaştığı bu t_a açma zamanından faydalanarak $t_{maç} = t_a - 0.02$ denklemi ile incelemesi yapılan P_1 değeri için maksimum açma zamanını tespit etmektedir. İşte bu anda P_1 ve $t_{maç}$ değerlerini daha sonradan kullanmak amacıyla bir disk ünitesinde saklanmaktadır.

İterasyon, arıza çeşidine göre başta verilen P_1 ilk değeri ile başlayıp P_1 son değerine kadar sürmektedir. Her açma zamanı için arızanın 1 ve 2. saniyesinde dışarıya gerekli değerler yazdırılmaktadır. Bu bakımdan dışarıya alınan çıkış miktarını artırmak amacıyla inceleme aralığı P_1 değerleri, sonuca en yakın P_1 ilk ve son değerleri olarak önceden tespit edilmiş ve PILK ve PLS adlı dizilerde başta verilmiştir. Arıza çeşidine göre kontrol 10 aşamalı DO çevrimiyle yapılmaktadır. Çevrimin her basamağında inceleme şöyledir.

Tekrar kapamasız

1. Hat açılmalı 1 faz toprak arızası
2. Hat açılmalı 2 faz arızası
3. Hat açılmalı 2 faz toprak arızası
4. Hat açılmalı 3 faz arızası
5. Faz açılmalı 1 faz toprak arızası

Çevrimin 6-10 'uncu basamağı arasında aynı arızalar bu defa tekrar kapamalı olarak incelenmekte ve bu işlemler bittikten sonra da GRAFİK altprogramı çağrılmaktadır.

Ana programın akış diyagramı ve altprogramlar arasındaki bilgi alışverişi genellikle COMMON deyimi yolu ile yapılmaktadır.

6.2.. NOREMP ALT PROGRAMI

Bu altprogramın görevi arıza öncesi normal durumda geçiş reaktansı, stabilite sınırları ve şekil(8.3) deki eşdeğer devrede $X_{GA}, X_{AO}, X_{AB}, X_{BO}, X_{12}$ reaktanslarını ve senkron generatörün geçiçi emk'ını hesaplamaktır.

Okuma ünitesinden Gölbaşı barası gerilimi ve baradan çekilen akım, generatörlerin, transformatörlerin, hatların, seri kondansatörlerin reaktansları ile hatların, reaktörlerin ve A noktasındaki paralel yükün admitans değerleri verilir.

$X_{GA}, X_{AO}, X_{AB}, X_{BO}, X_{12}$ reaktanslarını hesaplamak için gerekli formüller bölüm 5.3-L de, senkron generatörün geçiçi emk'ı

P_{MAX} hesaplamak için gerekli formüller bölüm(5.4)de verilmiştir.

NOREMP altprogramı bu formüllerden faydalanarak sözü geçen değişkenleri hesaplamaktadır. Formüller programda aynı indislerle kullanıldığı için burada tekrar verilmemiştir. Stabilite sınırı 8.2 denklemine bağlı olarak :

$$P_{MAX} = \frac{EIMD \cdot VSS}{X_{12}} \quad (9.1)$$

değişkenleri ile hesaplanmaktadır. Bu altprogram akış diyagramı şekil (9.2)de verilmiştir.

6.3.. AREMP ALT PROGRAMI

Bu alt program , 1 faz toprak, 2 faz ve 2 faz toprak arızalı durumda arıza noktasından görünen negatif ve zıfır reaktansları , geçiş reaktanslarını ve stabilite sınırlarını hesaplamaktadır. 3 faz arızalı durumda bölüm(5.3-6)da gösterildiği gibi geçiş reaktansı $X_{12} = \infty$, stabilite sınırı $P_m = 0$ dır. Bu değer ana program içinde verilmiştir.

AREMP altprogramındaki hesaplarda kullanılacak değerlerin NOREMP altprogramından getirilmesiyle birlikte okuma ünitesinden generatörün, transformatör hatların, kondansatörlerin negatif reaktansları hattın, reaktörlerin ve A noktasındaki paralel yükün negatif admitans değerleri, hattın sıfır reaktans ve admitans değerleri verilmektedir.

Bölüm(5.3.2) de negatif bileşen reaktansı X_2 ve sıfır bileşen reaktansı X_0 için bölüm(5.3-3)de X_{top} , X_D , X_E , X_F , X_A için verilen formüller burada kullanılmaktadır. Arızanın çeşidine göre farklı olan sadece X_k 'dir. X_k , 1 faz toprak arızası için bölüm(5.3-3)de, 2 faz arızası için bölüm(5.3.4)de ve 2 faz toprak arızası için bölüm(5.3-5) de verilen eşitlikler yardımıyla bulunur. X_{12} , denklem(8.1), stabilite sınırları denklem(8.2)ye bağlı olan 9.1 denklemine göre bulunur. Sırasıyla hesaplanan stabilite sınırları, GUÇ(I) adlı dizide saklanmakta ve daha sonra ana programda kullanılan isimlere atanmaktadır. Yukarıda sözü geçen formül ve değişkenler, bu altprogramda aynı indislerle kullanıldığı için tekrar anlatılmamıştır. Altprogramın akış diyagramı şekil(9.3)de verilmiştir.

6.5 PROGRAMDA KULLANILAN ÖNEMLİ DEĞİŞKENLER

6.4. DISEMP ALTPROGRAMI

Bu altprogram, arızalı hattın ve 1 faz toprak arızasında arızalı fazın devreden çıkarılmasında geçiş reaktansı ve stabilite sınırlarını hesaplamaktır.

Ana programdan ve altprogramdan gerekli değişkenlerin getirilmesiyle, transformatorün, hattın, seri kondansatörün negatif reaktansları, hattın sıfır reaktansı, hattın negatif ve sıfır admitansı reaktörlerin ve paralel yükün admitansları okuma ünitesinden verilmektedir.

Arızalı fazın devre dışı bırakılmasında bölüm(5.3-7)de, arızalı hattın devre dışı bırakılmasında ise bölüm(5.3-8)de verilen formüller aynı indislerle bu alt programda geçerlidir. Bu değişkenlerden farklı olan X_{AB} değeridir. Bunlar yukarıda sözü geçen bölümlerde ayrı ayrı verildiği için DISEMP Altprogramında da ayrılmış, ortak olan X_{top} , X_D , X_E , X_F , X_A , X_{12} değerleri tek formülde toplanmıştır. Stabilite sınırları denklem 9.1 deki indislere göre hat açılmasında PMHDIS, faz açılmasında PMFDIS şeklinde hesaplanmıştır.

PMHDIS değerinin hesabında bir noktayı açıklamak gerekir. Kurduğumuz model Türkiyenin birçok bölümünü içeren enerji iletim şebekesi üzerinden yalnız bir bölümüne aittir. Dolayısıyla şebekenin diğer bölümlerinin etkisini ve dirençleri ihmal ettigimiz içinde edilen sonuçlarda ihmal ve yöntem hatalarından söz edilebilir. İşte bu hataların etkisini hesaba katmak ve kurduğumuz modelin 1 faz toprak arızasında incelemeyi kolaylaştırmak için PMHDIS değeri 1.2 katsayısıyla çarpılmıştır. Bu konuda ayrıntılı açıklama sonuç bölümünde altprogramın akış diyagramı şekil(9.4)de verilmiştir.

VAB : Hattaki gerilme düşümü

VAO : Kaban barası gerilimi

VGA : Generatörün uç gerilimi

VBO, IB, IBO, IS, YAB, VAO, VOA Kompleks değerlerdir.

GUC(I) : Arızalı durumda stabilite sınırlarının kaydedildiği 3

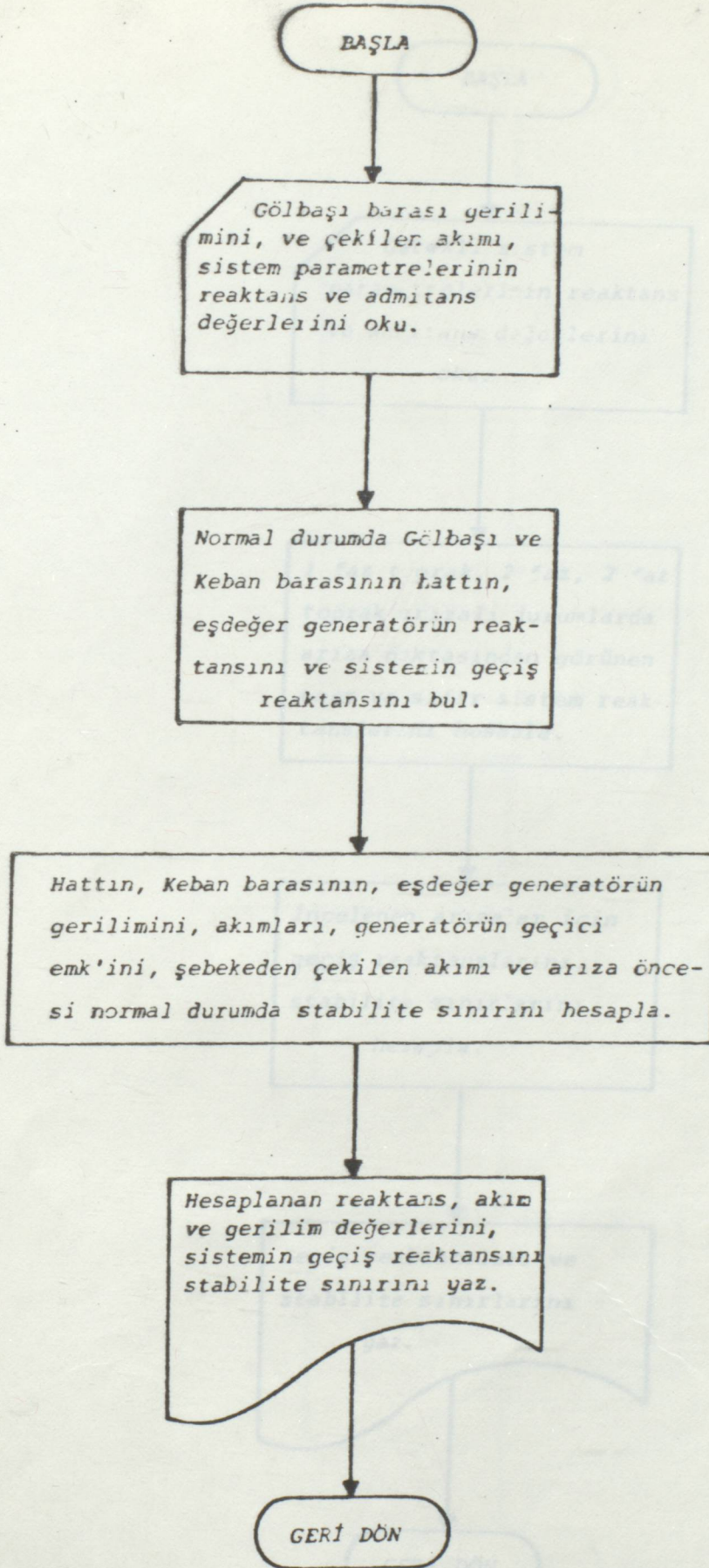
elemanlı dizi

6.5 PROGRAMDA KULLANILAN ÖNEMLİ DEĞİŞKENLER

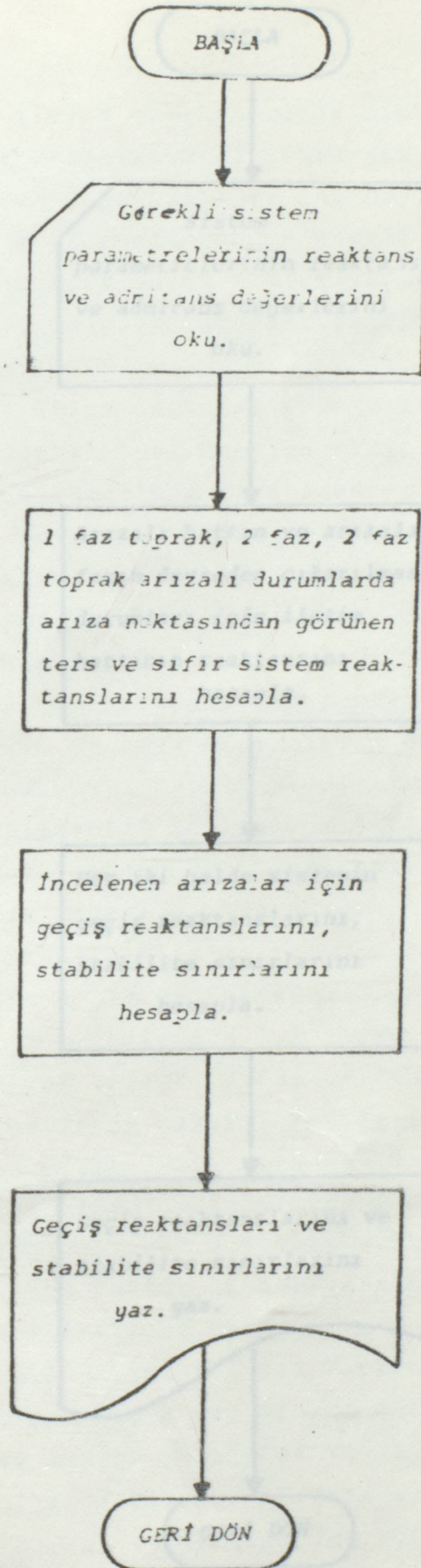
- PILK : Her elemanı bir arızaya ait olmak üzere giriş güçlerinin iterasyondaki ilk değerini belirten 10 elemanlı dizi
- PLS : Her elemanı bir arızaya ait olmak üzere giriş güçlerinin iterasyondaki son değerini belirten 10 elemanlı dizi
- DPI : İterasyondaki giriş güçlerinin artım değerleri, Her elemanı bir arızaya ait olmak üzere 10 elemanlı dizi
- IB : Bir arızaya ait giriş gücü ve maksimum açma zamanlarının 3 numaralı kütükte kayıt yerinin başlangıcını belirleyen 10 elemanlı dizi. Her elemanı bir arızaya aittir.
- IS : IB dizisinde başlangıcı verilen değerlerin bittiği kayıt numarasını gösteren 10 elemanlı dizi.
- VSS : Sonsuz güç şebekesi gerilimi
- TK : Tekrar kapama zamanı
- WDT : Şebekenin ataletine bağlı açısal hız artım katsayısı
- PMAX : Arıza öncesi stabilite sınırı
- PMXFAT : 1 faz toprak arızasında stabilite sınırı
- PMXFF : 2 faz arızasında stabilite sınırı
- PMXFFT : 2 faz arızasında stabilite sınırı
- PMEDIS : HAT açılmasında stabilite sınırı
- PMFDIS : Faz açılmasında stabilite sınırı
- VAB : Hattaki gerilim düşümü
- VAO : Keban barası gerilimi
- VGA : Generatörün uç gerilimi
- VBO , IG , IBO , IS , VAB , VAO , VGA Kompleks değerlerdir.
- GUC(I) : Arızalı durumda stabilite sınırlarının kaydedildiği 3 elemanlı dizi

- BURUM : Arıza çeşidini belirleyen karakter deyimi
- ISLEM 1 : Tekrar kapama yapılıp yapılmadığını belirleyen karakter deyimi
- ISLEM 2 : Arızanın hat veya faz açılarak giderildiğini belirleyen karakter deyimi
- DT : Adım-Adım Entegrasyon yönteminde adım uzunluğu
- TS : Geçici rejimde inceleme zamanının üst sınırı
- HATA : Bellekte sayıların gerçek değerinden çok küçük miktarda farklı(Örneğin 0.2 değerinin 0.1999999 olması gibi) olmasından meydana gelen program dallanma hatalarını önlemek için kullanılan bir deger
- P1 : Giriş gücü
- P2 : Çıkış gücü
- DP : Giriş gücü ile çıkış gücü arasındaki fark
- PI2 : Stabilite sınırlarının sırayla atandığı deger
- PMAX1 : PI2 degerinin atandığı degişken
- PAB : Rotoru hızlandırıcı güç
- TA : Açma zamanı
- T : Entegrasyon her aralığındaki geçici rejim süresi
- W : Rotoru açısal hızı
- DW : İterasyonun her adımındaki açısal hız artımı
- DEL : Rotor açısı
- DDEL : İterasyonun her adımındaki rotor açısı artımı
- FI : Rotor açısının aşırı yükselip yükselmediğini kontrol eden sayısal deger
- TMAC : Maksimum arıza giderme süresi
- PIMG : Maksimum arıza giderme süresine ait iletilebilecek güç
- XAO : Keban barası reaktansı
- XBO : Gölbaşı barası reaktansı
- XAB : Hattın toplam reaktansı

- XGA : Generatörün reaktansı
- ~~BIMB~~ : Generatörün geçiçi emk'ı
- VBO : Gölbaşı barası gerilimi
- IG : Sonsuz şebekenin çektiği akım
- IBO : Gölbaşı barasından çekilen akım
- IAB : Hattan çekilen akım
- IAO : Keban barasından çekilen akım
- IS : Şebekeden çekilen akım
- XG1 : I? Grup generatörün geçiçi reaktansı
- XG2 : II. Grup generatörün geçiçi reaktansı
- X2G1 : I. grup generatörlerinin negatif reaktansı
- X2G2 : II. grup generatörlerin negatif reaktansı
- XT : Transformatörün reaktansı
- XH : Hattın doğru ve negatif reaktansı
- YH : Hattın doğru ve negatif admitansı
- XHO : Hattın sıfır reaktansı
- YHO : Hattın sıfır admitansı
- Y_{120} : Keban barasındaki reaktörün admitans olarak değeri
- Y_{100} : Gölbaşı barasındaki reaktörün admitans olarak değeri
- XC : Seri kapasitörün reaktansı
- YYUK : Keban barasına bağlı paralel yükün admitans değeri
- X2 : Arıza noktasından görünen negatif sistem reaktansı
- XO : Arıza noktasından görünen sıfır bileşen reaktansı



Şekil- 9.2



Şekil- 5.3

7..SONUÇ

Yüksek gerilim iletim şebekelerinde sistem stabilitesini etkileyen birçok faktörler vardır. Bunlar şebekenin karakterine bağlı büyüklükler, küçük ve yavaş değişiklikler ile büyük ve ani düzensizliklerdir. Hem teknik hemde ekonomik yönden önemli olması nedeniyle , stabiliteye olumsuz yönde en büyük etkiyi yapan büyük ve ani düzensizlikleri imkanlar ölçüsünde çabuk ortadan kaldırmak ve dogabilecek hasarı en düşük tutmak gerekir.

Bu çalışmamızda arıza çeşidine göre arıza süresi ve tekrar kapama olayının sistem stabilitesi üzerine etkisi incelenmiş ve bir uygulama sunulmuştur. Çalışmamızda faydalandığımız T.E.K 'dan verilen iletim şeması: Keban, Kayseri , Gölbaşı, Gökçekaya, Adapazarı, Uramiye, Seyitömer, Elbistan ve Usmaniye üretim ve Tüketim merkezlerinden oluşmaktadır. Kurduğumuz model ise Keban-Gölbaşı iletim hattına aittir. Böylece şebekenin diğer bölümü işleme girmemiştir. Verilen karakteristik değerlerin çoğu tüm sisteme yöneliktir. Bu durumda modelin dışında kalan bölümlerin ve omik dirençlerin etkisi ihmal edildiği için birtakım yöntem hataları yapılmaktadır. Bu hatalar sadece 1 faz toprak arızasında incelememizi belirsiz kıldığı için bu arızada hataların etkisini hesaba katmak ve sonuçları belirgenleştirmek amacıyla arızalı durum ile arıza giderildikten sonraki stabilite sınırı arasındaki farkı artırmak yönüne gidilmiştir. Bunun için arızalı hattın devreden çıkarılmasına ait geçiş reaktansı %20 azaltılmış ve stabilite sınırı PMHD1S değeri program içinde 1.2 katsayısıyla çarpılmıştır.

Bu çalışmada 1 faz toprak ,2 faz ,2 faz toprak ve 3 faz arızasında arızalı hattın devreden çıkarılması ve 1 faz toprak arızası için arızalı fazın devreden çıkarılması durumlarına göre bütün arızalar tekrar kapamasız ve tekrar kapamalı olarak incelenmiştir. Sonuçlardan görüleceği gibi genel olarak hat açılmalı arıza giderilmesinde, arıza başladıktan 0.8 sn. sonra tekrar kapama yapıldığı zaman ,tekrar kapamasız duruma göre iletilebilecek güç sınırı % 3.5 civarında artmıştır. Sadece arızalı fazın açıldığı 1 faz toprak arızasında ise hat açılmalı duruma göre iletilebilecek güç sınırı ortalama %35 artmıştır. 1 faz açılmasında tekrar kapama yapılması ve yapılmamasına ait sonuçlar eşdeğerdir. Buna göre iletilebilecek güç sınırında önemli bir artma görüldüğü için 1 faz toprak arızasında faz açılarak giderilmesi daha uygundur.

Genel olarak özetlenirse bir şebekenin üzerinde empedansların etkisine ilişkin , aşağıdaki önlemler alınarak stabilite düzeltilir.

- 1.) Şebekenin çeşitli elemanlarının empedanslarının azaltılması, bu işlem iki merkez arasındaki bir güç alışverişi için, bu merkezlerde birbirine bağlanmış bulunan makinaların rotorlarının açılma farkını azaltmayı sağlar.
- 2.) Sıfır empedansların artırılması: Böylece 1 faz veya 2 faz toprak arızalarının şebekede oluşturduğu darbe sınırlanır.
- 3.) Devrelerin paralel bağlantılarının çoğaltılması: Bu durum hem geçiş empedanslarını azaltır, hemde arızalı duruma ait Z''_{ij} geçiş empedansını arıza öncesi değere yaklaştırarak direnç momentinde başlangıç değerine yakın bir değere dönüşü kolaylaştırır.
- 4.) 1 faz toprak arızasında, şebekede en azından iki paralel hat bulunduğu yavaş tekrar kapanmanın izlediği 1 fazlı açma yapılmalıdır.

Kısa devrede bazı koruma sistemleri çoğu zaman bir hattın iki ucunda bulunan akım kesicilerinin aynı anda açılmasını sağlamazlar. Bu özellik yukarıdaki sonuçları temel olarak değiştirmez. Genel olarak ilk açılan anahtar, kısa devre akımının en büyük bölümünü keser ve bu açılmadan sonra arızada görünen empedans, kısa devrenin başlangıcındaki değerden daha yüksek bir değer alır. Çoğu kez ikinci anahtarın işlenmesi , büyük sakıncası olmadan hafifçe geciktirilebilir.

Kısa devrelerin çabuk giderilmesi, iletim şebekelerinin stabilitesini sağlamakta bugün için en etkili yoldur ve anahtarlarla bunlara kumanda eden koruma sistemlerinin çalışmasında büyük bir çabukluk gerektirir.

KINBARK , Edward Wilson .
Power System Stability (1948)

Crary, Selden Bronson .
Power System Stability

T.E.K. - S.A.K.
T.E.K. Sistem Araştırma ve Kontrol Müdürlüğünden alınan ölçüm ve karakteristik değerler.

FAYDALANILAN KAYNAKLAR

1. Glenn.W.Stagg - Ahmet H.El-Abiad
Computer methods in power system analyses
2. William D.Stevenson, Jr.
Elements of Power System Analyses, 1975
3. WEEDY ,
Power System Stability
4. P.Henriet , Çeviren: Doç.Dr.Nesrin TARKAN,-
Elektrik İletim Şebekelerinin İşlenmesi ve KorunmasıII.
Bölüm, 1982
5. Brian Statt - Orhan Tarkan (ODTU)
Elektrik Enerji Şebekeleri çözümlerinde modern metotlar
6. Humpage W.D. , and B.SPOCTT
Effect of Autoreclosing Circuit Breakers on Transient
Stability in E.H.V. Transmission Systems.
Proc.I.E.E. 111(7), 1287(1964)
7. A.E. GÜMLE- W. Paterson,
Electrical Power Systems
8. KIMBARK , Edward Wilson ,
Power System Stability (1948)
9. Crary,Selden Bronson ,
Power System Stability
10. T.E.K -S.A.K.
T.E.K. Sistem Araştırma ve Kontrol Müdürlüğünden alınan
ölçüm ve karakteristik değerler.

ÖZGEÇMİŞ

1961 yılında Konya'da doğdum. 1972 yılında Mümtaz Kuru ilkokulunu bitirdikten sonra, Mevlana Ortaokulunu ve Konya Teknik Lisəsi Elektrik Bölümünden mezun oldu. 1979 yılında Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Bölümüne girdi. 1983 yılında Elektrik bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Yıldız Üniversitesi Yüksek Lisans Elektrik Bölümüne başladı. Halen öğrenimine devam etmektedir.

YILDIZ UNIVERSITESI

ELEKTRİK TESİSLERİ VE SİSTEMLERİ BİLİM DALI

KERAN-GÖLBASI ÇİFT DEVRE ENERJİ İLETİM HATTINDA
 A ÇEŞİT ARIZADA, KESİCİ ACMA ZAMANLARININ
 SİSTEM STABİLİTESİ ÜZERİNE ETKİSİNİ İNCELEYEN PROGRAM

```

DIMENSION PILK(10),PIS(10),DPI(10),IB(10),IS(10)
COMMON /PM/ PMXFAT,PMXFF,PMXFFT,/E2/ VSS,/E3/ TK
CHARACTER DURUM*14,ISLEM1*11,ISLEM2*12
OPEN(3,ACCESS='DIRECT',RECL=40,FORM='FORMATTED')
READ(5,*) PILK
READ(5,*) PIS
READ(5,*) DPI
READ(5,*) VSS,TK,WDT
DT=0.02
TS=1.98
TNO=2
HATA=1.E-4
CALL NOREMP(PMAX)
CALL AREMP
CALL DISEMP(PMHDIS,PMFDIS)
DO 35 I=1,10
TKK=3.
IF(I.GT.5) TKK=TK
GO TO(10,10,10,10,15,21,10,10,10,25),I
15 PTHDIS= PMHDIS
25 PMHDIS=PMFDIS
GO TO 10
21 PMHDIS=PTHDIS
10 TNO=TNO+1
ISLEM1='KAPAMASIZ,'
IF(I.GT.5) ISLEM1='KAPAMALI,'
ISLEM2='HAT ACILMASI'
IF(I.EQ.5.OR.I.EQ.10) ISLEM2='FAZ ACILMASI'
DURUM='1 FAZ TOPRAK'
IF(I.EQ.2.OR.I.EQ.7) DURUM=' 2 FAZ '
IF(I.EQ.3.OR.I.EQ.8) DURUM=' 2 FAZ TOPRAK '
IF(I.EQ.4.OR.I.EQ.9) DURUM=' 3 FAZ '
P12=PMXFAT
IF(I.EQ.2.OR.I.EQ.7) P12=PMXFF
IF(I.EQ.3.OR.I.EQ.8) P12=PMXFFT
IF(I.EQ.4.OR.I.EQ.9) P12=0.
TB(I)=TNO
IF(I.GT.1) IS(I-1)=IB(I)-1
WRITE(3,REC=TNO,FMT=125)I,ISLEM1,ISLEM2,DURUM
WRITE(6,55) DURUM,ISLEM1,ISLEM2
TSAY=0
P1=PILK(I)
90 IF(TSAY.LT.66) GO TO 26
WRITE(6,180)
WRITE(6,55) DURUM,ISLEM1,ISLEM2
TSAY=0
26 P1=P1+DPI(I)
TA=0.02
    
```

KIV0001
 KIV0002
 KIV0003
 KIV0004
 KIV0005
 KIV0006
 KIV0007
 KIV0008
 KIV0009
 KIV0010
 KIV0011
 KIV0012
 KIV0013
 KIV0014
 KIV0015
 KIV0016
 KIV0017
 KIV0018
 KIV0019
 KIV0020
 KIV0021
 KIV0022
 KIV0023
 KIV0024
 KIV0025
 KIV0026
 KIV0027
 KIV0028
 KIV0029
 KIV0030
 KIV0031
 KIV0032
 KIV0033
 KIV0034
 KIV0035
 KIV0036
 KIV0037
 KIV0038
 KIV0039
 KIV0040
 KIV0041
 KIV0042
 KIV0043
 KIV0044
 KIV0045
 KIV0046
 KIV0047
 KIV0048
 KIV0049
 KIV0050
 KIV0051
 KIV0052
 KIV0053
 KIV0054
 KIV0055
 KIV0056
 KIV0057
 KIV0058
 KIV0059
 KIV0060
 KIV0061
 KIV0062

20	TA=TA+0.02	KIV00630
	P12=PI2	KIV00640
	DP=0.	KIV00650
	W=0.	KIV00660
	T=0.	KIV00670
	IF(TA.GT.0.3) GO TO 100	KIV00680
	DEL=P1/P12	KIV00690
	DEL=AR SIN(DEL)	KIV00700
	GO TO 70	KIV00710
30	DFI=DEL/57.29	KIV00720
70	P2=P12*SIN(DEL)	KIV00730
	FARK=ABS(T-TKK)	KIV00740
	IF(T.EQ.0.OR.T.EQ.TA) GO TO 50	KIV00750
	IF(FARK.LT.HATA) GO TO 50	KIV00760
	P12=P1-P2	KIV00770
	GO TO 60	KIV00780
60	DP=DP+(P1-P2)	KIV00790
	P12=DP/2.	KIV00800
40	DW=WDT*P12	KIV00810
	W=W+DW	KIV00820
	DDEI=DT*W	KIV00830
	DEI=57.29*DEL	KIV00840
	DEI=DEI+DDEI	KIV00850
	T=T+DT	KIV00860
	IF(T.LT.0.98) GO TO 150	KIV00870
	IF(T.LT.1.) GO TO 160	KIV00880
	IF(T.GT.1.98) GO TO 160	KIV00890
	GO TO 150	KIV00900
160	WRITE(6,120) TA,T,DEL,P1	KIV00910
	ISAY=ISAY+1	KIV00920
	IF(P1.GT.P1S(1)) GO TO 190	KIV00930
	IF(T.LT.1.98) GO TO 195	KIV00940
	FI=DEI	KIV00950
	IF(FI.LT.130.) GO TO 195	KIV00960
	IND=IND+1	KIV00970
	PIMG=P1	KIV00980
	TMAC=TA-DT	KIV00990
	JGR=TMAC*200	KIV01000
	IF(JGR.NE.JGRE) GO TO 196	KIV01010
	PIMG=(PIMG+PIMGE)/2.	KIV01020
	IND=IND-1	KIV01030
196	WRITE(3,REC=IND,FMT=130) PIMG,TMAC	KIV01040
	JGRE=JGR	KIV01050
	PIMGE=PIMG	KIV01060
	GO TO 90	KIV01070
195	IF(ISAY.LT.66) GO TO 150	KIV01080
	WRITE(6,180)	KIV01090
	WRITE(6,55) DURUM,ISLEM1,ISLEM2	KIV01100
	ISAY=0	KIV01110
150	IF(T-TA) 30,40,80	KIV01120
40	DP=P1-P2	KIV01130
	P12=P12	KIV01140
	P12=P12	KIV01150
	GO TO 30	KIV01160
30	IF(T.LE.5) GO TO 85	KIV01170
	IF(T.LT.TKK) GO TO 30	KIV01180
	DP=P1-P2	KIV01190
	P12=P12	KIV01200
85	IF(T.LT.TS) GO TO 30	KIV01210
	GO TO 20	KIV01220
20	IF(P1.LE.P1S(1)) GO TO 90	KIV01230
90	WRITE(6,185)	KIV01240


```

35 CONTINUE
   TS(10)=INO
   WRITE(3,REC=1,FMT=200) IB
   WRITE(3,REC=2,FMT=200) IS
   CLOSE(3,STATUS='KEEP')
65 FORMAT(1H1,////,11X,59(' '),/,10X,'I',59X,'I',/,
  *10X,'I',4X,A14,'ARIZASINDA DEGISIK ACMA'
  *.' ZAMANLARI VE',5X,'I',/,10X,'I',59X,'I',/,10X,'I',5X,'DEGISIK '
  *.' GIRIS GUCLERINE GURE ROTOR ACI DEGERLERI',6X,'I',/,10X,'I',
  *59X,'I',/,10X,'I',6X,'( TEKRAR ',A11,A12,' DURUMU )',10X,'I',
  *7.10X,'I',59X,'I',/,10X,'I',59(' '),',I',/,10X,'I',4(14X,'I'),/,
  * 10X,'I',2X,'ACMA ZAMANI',1X,'I',1X,'GECICI REJIM',1X,'I',1X,
  *'ROTOR ACISI',2X,'I',2X,'GIRIS GUCU',2X,'I',/,10X,'I',14X,'I',
  *4X,'SURESİ',4X,'I',14X,'I',14X,'I',/,10X,'I',3X,'TA (SN)',
  *4X,'I',4X,'T (SN.)',2X,'DELTA(EL.DER.)',2X,'P1 (BIRIM)',2X,
  *'T',/,10X,'I',4(14X,'I'),/,10X,'I',4(14(' '),',I'))
101 FORMAT(10(F3.1))
102 FORMAT(10(F2.1))
103 FORMAT(1X,F5.3,1X,F3.1,1X,F3.2)
105 FORMAT(6(F3.5))
120 FORMAT(10X,'I',2(5X,F5.2,4X,'I'),3X,F5.3,3X,'I',5X,F5.2,4X,'I')
125 FORMAT(12,A11,A12,A14)
130 FORMAT(2X,F4.1,1X,F4.2)
138 FORMAT(5X,'I',50A1,3X,'I',50A1)
139 FORMAT(5X,125(' '))
140 FORMAT(2X,A11,A12,A14)
140 FORMAT(10X,'I',14(' '),',I',14(' '),',I',14(' '),',I',14(' '),
  *'T',/)
145 FORMAT(10X,'I',14(' '),',I',14(' '),',I',14(' '),',I',14(' '),
  *'T',/.,1H1)
200 FORMAT(10(1X,13))
   STOP
   END
   SUBROUTINE NOREMP(PMAX)

```

```

KIV01250
KIV01260
KIV01270
KIV01280
KIV01290
KIV01300
KIV01310
KIV01320
KIV01330
KIV01340
KIV01350
KIV01360
KIV01370
KIV01380
KIV01390
KIV01400
KIV01410
KIV01420
KIV01430
KIV01440
KIV01450
KIV01460
KIV01470
KIV01480
KIV01490
KIV01500
KIV01510
KIV01520
KIV01530
KIV01540
KIV01550
KIV01560
KIV01570
KIV01580
KIV01590
KIV01600
KIV01610
KIV01620
KIV01630
KIV01640
KIV01650
KIV01660
KIV01670
KIV01680
KIV01690
KIV01700
KIV01710
KIV01720
KIV01730
KIV01740
KIV01750
KIV01760
KIV01770
KIV01780
KIV01790
KIV01800
KIV01810
KIV01820
KIV01830
KIV01840
KIV01850
KIV01860

```

```

*****
* ARIZA ONCESI NORMAL DURUMDA GECIS REAKTANSI VE *
* STABILITE SINIRINI HESAPLAYAN ALT PROGRAM *
*****

```

```

COMMON /E1/XAU,XBU,XGA,XAB,EIMD,/E2/ VSS
COMPLEX IG,VBO,IBO,XKBO,IAB,VAB,XKAB,XKAO,VAO,IAO,IS,VGA,XKGA,EI
READ (5,*) VBO,IG
READ(5,*) XG1,XG2,XT,XH,YH,Y120,Y100,XC,YYUK
XGA1=(XG1+XT)/4.
XGA2=(XG2+XT)/4.
XGA=(XGA1*XGA2)/(XGA1+XGA2)
XAB=(XH-XC)/2.
YAO=- (2.*Y120)+YH-YYUK
XAO=-1./YAO
YBO=- (2.*Y100)+YH
XBO=-1./YBO
XTOP=XAB+XAO+XBO
XD=XAB*XBO/XTOP
XF=XAB*XAO/XTOP
YF=XAO*XBO/XTOP
XA=XGA+XF
Y12=XAO+XD+(XA*XD)/XF
XKBO=CMPLX(0.,XBO)
XKAB=CMPLX(0.,XAB)
XKAO=CMPLX(0.,XAO)
XKGA=CMPLX(0.,XGA)

```



```

TR0=V50/XK30
TAB=IG+IBU
VAB=XKAB*IAB
VA0=VAB+VBO
TA0=VA0/XK40
A=REAL(IA0)
B=IMAG(IA0)
TS=IAB+IA0
C=RFAL(IS)
D=TMAG(IS)
AKTSMO=(C**2+D**2)**0.5
ACIS=(ATAN(D/C))*57.29
VGA=XKGA*IS
ET=VA0+VGA
E=RFAL(EI)
F=TMAG(EI)
ETMO=(E**2+F**2)**0.5
ACEI=(ATAN(F/E))*57.29
PMAK=(EIMO*VSS)/X12
B=-1.*B
D=-1.*D
TA0=CMPLX(A,B)
TS=CMPLX(C,D)
WRITE(6,10) IBO,IAB,VAB,VA0,IA0,IS,AKTSMO,ACIS,EI,EIMO,ACEI,
*Y12,PMAK
RETURN
10 FORMAT(///,8X,'XBO REAKTANSINDAN CEKILEN AKIM',
*//,10X,'IBO=',F6.3,'+J',F6.3,' B.',
*//,8X,'AB HATTINDAN CEKILEN AKIM',
*//,10X,'IAB=',F6.3,'+J',F6.3,' B.',
*//,8X,'AB HATTINDAKI GERILIM DUSUMU',
*//,10X,'VAB=',F6.3,'+J',F6.3,' B.',
*//,8X,'AO BARASINDAKI GERILIM',
*//,10X,'VA0=',F6.3,'+J',F6.3,' B.',
*//,8X,'AO BARASINDAN CEKILEN AKIM',
*//,10X,'IA0=',F6.3,'-J',F6.3,' B.',
*//,8X,'SEBEKEDEN CEKILEN AKIM',
*//,10X,'IS= ',F5.3,'-J',F5.3,' B.',//,10X,'IS= ',F5.3,' I ',F6.2,
*' B.',/,20X,'-----'//,8X,'SENKRUN GENERATORUN GECICI EMK.I ',
*//,10X,'EI= ',F5.3,'+J',F6.3,' B.',//,10X,'EI= ',F5.3,' I ',F6.2,
*' B.',/,20X,'-----'//,8X,'ARIZA ONCESI NORMAL DURUMDA',
*//,10X,'GECIS REAKTANSI : X12=',F5.2,' B.',2X,'STAB. SINIRI',
*' PMAK= ',F5.2,' B.')
20 FORMAT(4F6.3)
20 FORMAT(9F8.5)
END
SUBROUTINE AREMP
*****
1 FAZ TOPRAK,2 FAZ VE 2 FAZ TOPRAK ARIZALI DURUMDA ARIZA *
NOKTASINDAN GORUNEN NEGATIF VE SIFIR REAKTANSLARI, GECIS *
REAKTANSLARINI VE STABILITE SINIRLARINI HESAPLAYAN ALT PROGRAM *
*****
DIMENSION GUC(3)
COMMON /PM/ PMXFAT,PMXFF,PMXFFT
COMMON /E1/XAO,XBU,XGA,XAB,EIMO,/E2/ VSS /E4/ XGAT
CHARACTER*12 DURUM(3),DGUC(3)*7
EQUIVALENCE (PMXFAT,GUC(1)),(PMXFF,GUC(2)),(PMXFFT,GUC(3))
READ(5,*) X2G1,X2G2,XT,XH,YH
READ(5,*) Y120,XC,YYUK,XHO,YHO
XGAT=(X2G1+XT)/4.
KIV01870
KIV01880
KIV01890
KIV01900
KIV01910
KIV01920
KIV01930
KIV01940
KIV01950
KIV01960
KIV01970
KIV01980
KIV01990
KIV02000
KIV02010
KIV02020
KIV02030
KIV02040
KIV02050
KIV02060
KIV02070
KIV02080
KIV02090
KIV02100
KIV02110
KIV02120
KIV02130
KIV02140
KIV02150
KIV02160
KIV02170
KIV02180
KIV02190
KIV02200
KIV02210
KIV02220
KIV02230
KIV02240
KIV02250
KIV02260
KIV02270
KIV02280
KIV02290
KIV02300
KIV02310
KIV02320
KIV02330
KIV02340
KIV02350
KIV02360
KIV02370
KIV02380
KIV02390
KIV02400
KIV02410
KIV02420
KIV02430
KIV02440
KIV02450
KIV02460
KIV02470
KIV02480

```



```

XGA2=(X2G2+XT)/4.
YGAT=(XGA1*XGA2)/(XGA1+XGA2)
XABT=(XH-XC)/2.
YAOT=- (2.*Y120)+YH-YYUK
XAOT=-1./YAOT
XPT=(XGAT*XAOT)/(XGAT+XAOT)
X2=(XPT*XABT)/(XPT+XABT)
XT0=XT/8.
YAO0=- (2.*Y120)+YH0-YYUK
XAO0=-1./YAO0
XAB0=(XH0-XC)/2.
XPO=XT0*XAO0/(XT0+XAO0)
XO=XPO*XAB0/(XPO+XAB0)
DO 150 I=1,3
GO TO(10,20,30),I
10 XK=XAO*(X2+XO)/(XAO+XO+X2)
DURUM(I)='1 FAZ TOPRAK'
DGUC(I)='PMXFAT='
GO TO 40
20 XK=(XAO*X2)/(XAO+X2)
DURUM(I)=' 2 FAZ '
DGUC(I)=' PMXFF='
GO TO 40
30 XS=(X2*XO)/(X2+XO)
XK=(XAO*XS)/(XAO+XS)
DURUM(I)='2 FAZ TOPRAK'
DGUC(I)='PMXFFT='
40 XTOP=XK+XBO+XAB
XD=XAB*XBO/XTOP
XF=XK*XAB/XTOP
XF=XK*XBO/XTOP
XA=XGA+XE
X12=XA+XD+(XA*XD)/XF
GUC(I)=(EIMD*VSS)/X12
100 FORMAT(10F8.5)
150 WRITE(5,156) DURUM(I),X12,DGUC(I),GUC(I)
156 FORMAT(//,3X,A12,'ARIZALI DURUMDA',//,10X,'GECIS REAKTANSI',
*' :X12=',F9.3,' B.',2X,'STAB.SINIRI :',A7,F8.2,' B.')
RETURN
END
SUBROUTINE DISEMP(PMH0IS,PMFDIS)
*****
ARIZALI HATTIN DEVREDEN CIKARILMASIYLA TEK HAT UZERINDEN *
ARIZALI FAZIN DEVREDEN CIKARILMASIYLA DIGER FAZLAR UZERINDEN *
GUC ILETILMESI DURUMUNDA GECIS REAKTANSLARINI VE *
STABILITE SINIRLARINI HESAPLAYAN ALT PROGRAM *
*****
COMMON /E1/XAO,XBO,XGA,XAB,EIMD,/E2/ VSS,/E4/ XGAT
READ(5,*) XT,XH,Y120,XC,YYUK,XHO,YHO,Y100
DO 150 I=1,2
XAB0=XHO-XC
XPO=(XGA0*XAO0)/(XGA0+XAO0)
TO=(XAB0*XPO)/(XAB0+XPO)
XS=(T2*TO)/(T2+TO)
XABFAC=XS+XAB2
XAB=(XAB2*XABFAC)/(XAB2+XABFAC)
30 XTOP=XAB+XAO+XBO
XD=XAB*XBO/XTOP
XF=XAB*XAO/XTOP
XF=XAO*XBO/XTOP

```

KIV02490
KIV02500
KIV02510
KIV02520
KIV02530
KIV02540
KIV02550
KIV02560
KIV02570
KIV02580
KIV02590
KIV02600
KIV02610
KIV02620
KIV02630
KIV02640
KIV02650
KIV02660
KIV02670
KIV02680
KIV02690
KIV02700
KIV02710
KIV02720
KIV02730
KIV02740
KIV02750
KIV02760
KIV02770
KIV02780
KIV02790
KIV02800
KIV02810
KIV02820
KIV02830
KIV02840
KIV02850
KIV02860
KIV02870
KIV02880
KIV02890
KIV02900
KIV02910
KIV02920
KIV02930
KIV02940
KIV02950
KIV02960
KIV02970
KIV02980
KIV02990
KIV03000
KIV03010
KIV03020
KIV03030
KIV03040
KIV03050
KIV03060
KIV03070
KIV03080
KIV03090
KIV03100

YA=XGA+XE	KIV03110
X12=XA+XD+(XA*XD)/XF	KIV03120
PDEDIS=(EIMD*VSS)/X12	KIV03130
IF(I.EQ.2) GO TO 145	KIV03140
PMFDIS=PDEDIS	KIV03150
XFD=X12	KIV03160
GO TO 150	KIV03170
145 PDEFDIS=1.2*PDEDIS	KIV03180
1.2 TEORIK MODEL DEGERINI GERCEK SEBEKE DEGERINE	KIV03190
YAKLASTIRDIGI KABUL EDILEN KATSAYIDIR.	KIV03200
PMHDIS=PDEDIS	KIV03210
X12=X12/1.2	KIV03220
XHD=X12	KIV03230
150 CONTINUE	KIV03240
WRITE(6,111) XHD,PMHDIS,XFD,PMFDIS	KIV03250
RETURN	KIV03260
100 FORMAT(9F8.5)	KIV03270
111 FORMAT(///,8X,'ARIZALI HATTIN DEVREDEN CIKARILMASI DURUMUNDA :',	KIV03280
*//,10X,'GECIS REAKTANSI :X12=',F8.2,' B.',2X,'STAB. SINIRI',	KIV03290
* :PMHDIS= ',F5.2,' B.',///,8X,'ARIZALI FAZIN DEVREDEN ',	KIV03300
*CIKARILMASI DURUMUNDA :',//,10X,'GECIS REAKTANSI :X12=',F5.2,	KIV03310
* B.',2X,'STAB. SINIRI : PMFDIS= ',F5.2,' B.')	KIV03320
END	KIV03330

XBO REAKTANSINDAN CEKILEN AKIM

$$I_{BO} = 0.052 + j 0.743 \text{ B.}$$

AB HATTINDAN CEKILEN AKIM

$$I_{AB} = 6.637 + j 0.498 \text{ B.}$$

AB HATTINDAKI GERILIM DUSUMU

$$V_{AB} = -0.024 + j 0.314 \text{ B.}$$

AO BARASINDAKI GERILIM

$$V_{AO} = 0.999 + j 0.242 \text{ B.}$$

AU BARASINDAN CEKILEN AKIM

$$I_{AU} = 1.218 - j 5.022 \text{ B.}$$

SEBEKEDEN CEKILEN AKIM

$$I_S = 7.855 - j 4.524 \text{ B.}$$

$$I_S = 9.065 \text{ I } -29.94 \text{ B.}$$

SENKRON GENERATORUN GECICI EMK.I

$$E_I = 1.126 + j 0.461 \text{ B.}$$

$$E_I = 1.217 \text{ I. } 22.29 \text{ B.}$$

ARIZA ONCESI NORMAL DURUMDA

GEÇİS REAKTANSI : $X_{12} = 0.08 \text{ B.}$ STAB. SINIRI $P_{MAX} = 15.23 \text{ B.}$

1 FAZ TOPRAK ARIZALI DURUMDA

GEÇİS REAKTANSI : $X_{12} = 0.145 \text{ B.}$ STAB. SINIRI : $P_{MXFAT} = 8.61 \text{ B.}$

2 FAZ ARIZALI DURUMDA

GEÇİS REAKTANSI : $X_{12} = 0.176 \text{ B.}$ STAB. SINIRI : $P_{MXFF} = 7.07 \text{ B.}$

2 FAZ TOPRAK ARIZALI DURUMDA

GEÇİS REAKTANSI : $X_{12} = 0.365 \text{ B.}$ STAB. SINIRI : $P_{MXFFT} = 3.42 \text{ B.}$

ARIZALI HATTIN DEVREDEN CIKARILMASI DURUMUNDA :

GECIS REAKTANSI :X12= 0.11 B. STAB. SINIRI :PMHDIS= 11.01 B.

ARIZALI FAZIN DEVREDEN CIKARILMASI DURUMUNDA :

GECIS REAKTANSI :X12= 0.08 B. STAB. SINIRI : PMFDIS= 14.98 B.

I FAZ TOPRAK ARIZASINDA DEGISIK ACMA ZAMANLARI VE DEGISIK GIRIS GUCLERINE GORE ROTOR ACI DEGERLERI (TEKRAR KAPAMASIZ, HAT ACILMASI DURUMU)						
ACMA ZAMANI	GECICI REJIM	ROTOR ACISI	GIRIS GUCU			
TA (SN)	T (SN.)	DELTA(EL.DER.)	P1 (BIRIM)			
0.04	1.00	75.882	9.30			
0.04	2.00	66.178	9.30			
0.05	1.00	75.938	9.30			
0.05	2.00	66.906	9.30			
0.03	1.00	76.327	9.30			
0.03	2.00	67.479	9.30			
0.10	1.00	77.092	9.30			
0.10	2.00	67.636	9.30			
0.12	1.00	78.284	9.30			
0.12	2.00	67.892	9.30			
0.14	1.00	79.963	9.30			
0.14	2.00	67.521	9.30			
0.16	1.00	82.195	9.30			
0.16	2.00	66.541	9.30			
0.13	1.00	85.052	9.30			
0.13	2.00	64.684	9.30			
0.20	1.00	88.606	9.30			
0.20	2.00	61.548	9.30			
0.22	1.00	92.931	9.30			
0.22	2.00	56.519	9.30			
0.24	1.00	98.090	9.30			
0.24	2.00	48.670	9.30			
0.25	1.00	104.138	9.30			
0.25	2.00	36.971	9.30			
0.25	1.00	111.105	9.30			
0.23	2.00	25.373	9.30			
0.30	1.00	118.995	9.30			
0.30	2.00	201.161	9.30			
0.04	1.00	79.280	9.40			
0.04	2.00	63.736	9.40			
0.05	1.00	79.481	9.40			

I	0.22	I	2.00	I	31.212	I	9.50	I
I	0.24	I	1.00	I	113.212	I	9.50	I
I	0.24	I	2.00	I	48.840	I	9.50	I
I	0.26	I	1.00	I	120.869	I	9.50	I
I	0.26	I	2.00	I	510.667	I	9.50	I
I	0.04	I	1.00	I	86.862	I	9.60	I
I	0.04	I	2.00	I	56.000	I	9.60	I
I	0.06	I	1.00	I	87.419	I	9.60	I
I	0.06	I	2.00	I	56.072	I	9.60	I
I	0.08	I	1.00	I	88.434	I	9.60	I
I	0.08	I	2.00	I	55.594	I	9.60	I
I	0.10	I	1.00	I	89.967	I	9.60	I
I	0.10	I	2.00	I	54.395	I	9.60	I
I	0.12	I	1.00	I	92.087	I	9.60	I
I	0.12	I	2.00	I	52.225	I	9.60	I
I	0.14	I	1.00	I	94.874	I	9.60	I
I	0.14	I	2.00	I	48.731	I	9.60	I
I	0.16	I	1.00	I	98.417	I	9.60	I
I	0.16	I	2.00	I	43.492	I	9.60	I
I	0.18	I	1.00	I	102.807	I	9.60	I
I	0.18	I	2.00	I	36.491	I	9.60	I
I	0.20	I	1.00	I	108.138	I	9.60	I
I	0.20	I	2.00	I	32.448	I	9.60	I
I	0.22	I	1.00	I	114.494	I	9.60	I
I	0.22	I	2.00	I	112.812	I	9.60	I
I	0.24	I	1.00	I	121.946	I	9.60	I
I	0.24	I	2.00	I	604.191	I	9.60	I
I	0.04	I	1.00	I	91.096	I	9.70	I
I	0.04	I	2.00	I	50.382	I	9.70	I
I	0.06	I	1.00	I	91.873	I	9.70	I
I	0.06	I	2.00	I	49.987	I	9.70	I
I	0.08	I	1.00	I	93.158	I	9.70	I
I	0.08	I	2.00	I	48.840	I	9.70	I
I	0.10	I	1.00	I	95.020	I	9.70	I
I	0.10	I	2.00	I	46.734	I	9.70	I
I	0.12	I	1.00	I	97.534	I	9.70	I
I	0.12	I	2.00	I	43.432	I	9.70	I
I	0.14	I	1.00	I	100.791	I	9.70	I
I	0.14	I	2.00	I	38.891	I	9.70	I
I	0.16	I	1.00	I	104.886	I	9.70	I
I	0.16	I	2.00	I	34.709	I	9.70	I
I	0.18	I	1.00	I	109.919	I	9.70	I
I	0.18	I	2.00	I	46.550	I	9.70	I
I	0.20	I	1.00	I	115.988	I	9.70	I
I	0.20	I	2.00	I	305.584	I	9.70	I
I	0.04	I	1.00	I	95.666	I	9.80	I
I	0.04	I	2.00	I	43.950	I	9.80	I
I	0.06	I	1.00	I	96.692	I	9.80	I
I	0.06	I	2.00	I	43.053	I	9.80	I
I	0.08	I	1.00	I	98.280	I	9.80	I
I	0.08	I	2.00	I	41.381	I	9.80	I
I	0.10	I	1.00	I	100.521	I	9.80	I
I	0.10	I	2.00	I	39.051	I	9.80	I
I	0.12	I	1.00	I	103.482	I	9.80	I
I	0.12	I	2.00	I	37.200	I	9.80	I
I	0.14	I	1.00	I	107.268	I	9.80	I
I	0.14	I	2.00	I	42.808	I	9.80	I
I	0.16	I	1.00	I	111.983	I	9.80	I
I	0.16	I	2.00	I	116.534	I	9.80	I
I		I		I		I		I

1 FAZ TOPRAK ARIZASINDA DEGISIK ACMA ZAMANLARI VE DEGISIK GIRIS GUCLERINE GORE ROTOR ACI DEGERLERI (TEKRAR KAPAMASIZ, HAT ACILMASI DURUMU)				
ACMA ZAMANI TA (SN)	GEÇİCİ REJİM SÜRESİ T (SN.)	ROTOR ACISI DELTA(EL.DER.)	GİRİŞ GÜCÜ P1 (BİRİM)	
0.18	1.00	117.735	9.80	
0.18	2.00	503.295	9.80	
0.04	1.00	100.603	9.90	
0.04	2.00	40.259	9.90	
0.06	1.00	101.916	9.90	
0.06	2.00	40.242	9.90	
0.08	1.00	103.859	9.90	
0.08	2.00	41.845	9.90	
0.10	1.00	106.517	9.90	
0.10	2.00	51.057	9.90	
0.12	1.00	109.983	9.90	
0.12	2.00	101.232	9.90	
0.14	1.00	114.365	9.90	
0.14	2.00	369.630	9.90	
0.04	1.00	105.943	10.00	
0.04	2.00	68.503	10.00	
0.06	1.00	107.582	10.00	
0.06	2.00	91.219	10.00	
0.08	1.00	109.924	10.00	
0.08	2.00	165.950	10.00	
0.04	1.00	111.725	10.10	
0.04	2.00	399.737	10.10	
0.04	1.00	117.991	10.20	

2 FAZ ARIZASINDA DEGISIK ACMA ZAMANLARI VE DEGISIK GIRIS GUCLERINE GORE ROTOR ACI DEGERLERI (TEKRAR KAPAMASIZ, HAT ACILMASI DURUMU)				
ACMA ZAMANI TA (SN)	GEÇİCİ REJİM SÜRESİ T (SN.)	ROTOR ACISI DELTA(EL.DER.)	GİRİŞ GÜCÜ P1 (BİRİM)	

I	0.04	I	1.00	I	61.231	I	8.80	I
I	0.04	I	2.00	I	70.915	I	8.80	I
I	0.06	I	1.00	I	60.683	I	8.80	I
I	0.06	I	2.00	I	72.264	I	8.80	I
I	0.08	I	1.00	I	60.557	I	8.80	I
I	0.08	I	2.00	I	73.739	I	8.80	I
I	0.10	I	1.00	I	60.944	I	8.80	I
I	0.10	I	2.00	I	75.295	I	8.80	I
I	0.12	I	1.00	I	61.964	I	8.80	I
I	0.12	I	2.00	I	76.850	I	8.80	I
I	0.14	I	1.00	I	63.770	I	8.80	I
I	0.14	I	2.00	I	78.264	I	8.80	I
I	0.16	I	1.00	I	66.554	I	8.80	I
I	0.16	I	2.00	I	79.309	I	8.80	I
I	0.18	I	1.00	I	70.546	I	8.80	I
I	0.18	I	2.00	I	79.606	I	8.80	I
I	0.20	I	1.00	I	76.029	I	8.80	I
I	0.20	I	2.00	I	78.513	I	8.80	I
I	0.22	I	1.00	I	83.316	I	8.80	I
I	0.22	I	2.00	I	74.837	I	8.80	I
I	0.24	I	1.00	I	92.758	I	8.80	I
I	0.24	I	2.00	I	66.047	I	8.80	I
I	0.26	I	1.00	I	104.706	I	8.80	I
I	0.26	I	2.00	I	45.801	I	8.80	I
I	0.28	I	1.00	I	119.468	I	8.80	I
I	0.28	I	2.00	I	19.263	I	8.80	I
I	0.30	I	1.00	I	137.223	I	8.80	I
I	0.30	I	2.00	I	881.249	I	8.80	I
I	0.04	I	1.00	I	63.717	I	8.90	I
I	0.04	I	2.00	I	70.997	I	8.90	I
I	0.06	I	1.00	I	63.304	I	8.90	I
I	0.06	I	2.00	I	72.372	I	8.90	I
I	0.08	I	1.00	I	63.365	I	8.90	I
I	0.08	I	2.00	I	73.612	I	8.90	I
I	0.10	I	1.00	I	64.003	I	8.90	I
I	0.10	I	2.00	I	75.254	I	8.90	I
I	0.12	I	1.00	I	65.354	I	8.90	I
I	0.12	I	2.00	I	76.584	I	8.90	I
I	0.14	I	1.00	I	67.590	I	8.90	I
I	0.14	I	2.00	I	77.610	I	8.90	I
I	0.16	I	1.00	I	70.927	I	8.90	I
I	0.16	I	2.00	I	78.014	I	8.90	I
I	0.18	I	1.00	I	75.627	I	8.90	I
I	0.18	I	2.00	I	77.255	I	8.90	I
I	0.20	I	1.00	I	82.001	I	8.90	I
I	0.20	I	2.00	I	74.350	I	8.90	I
I	0.22	I	1.00	I	90.407	I	8.90	I
I	0.22	I	2.00	I	67.294	I	8.90	I
I	0.24	I	1.00	I	101.226	I	8.90	I
I	0.24	I	2.00	I	51.326	I	8.90	I
I	0.26	I	1.00	I	114.832	I	8.90	I
I	0.26	I	2.00	I	18.823	I	8.90	I
I	0.28	I	1.00	I	131.516	I	8.90	I
I	0.28	I	2.00	I	737.783	I	8.90	I
I	0.04	I	1.00	I	66.378	I	9.00	I
I	0.04	I	2.00	I	70.752	I	9.00	I
I	0.06	I	1.00	I	66.122	I	9.00	I
I	0.06	I	2.00	I	72.122	I	9.00	I
I	0.08	I	1.00	I	66.398	I	9.00	I
I	0.08	I	2.00	I	73.480	I	9.00	I
I	0.10	I	1.00	I	67.324	I	9.00	I

I	0.10	I	2.00	I	74.730	I	9.00	I
I	0.12	I	1.00	I	69.053	I	9.00	I
I	0.12	I	2.00	I	75.730	I	9.00	I
I	0.14	I	1.00	I	71.780	I	9.00	I
I	0.14	I	2.00	I	76.197	I	9.00	I
I		I		I		I		I

2 FAZ ARIZASINDA DEGISIK ACMA ZAMANLARI VE
DEGISIK GIRIS GUCLERINE GORE ROTOR ACI DEGERLERI
(TEKRAR KAPAMASIZ, HAT ACILMASI DURUMU)

ACMA ZAMANI TA' (SN)	GECICI REJIM SURESI T (SN.)	ROTOR ACISI DELTA (EL.DER.)	GIRIS GUCU P1 (BIRIM)
0.16	1.00	75.747	9.00
0.16	2.00	75.679	9.00
0.18	1.00	81.251	9.00
0.18	2.00	73.362	9.00
0.20	1.00	88.642	9.00
0.20	2.00	67.637	9.00
0.22	1.00	98.316	9.00
0.22	2.00	54.882	9.00
0.24	1.00	110.687	9.00
0.24	2.00	27.409	9.00
0.26	1.00	126.139	9.00
0.26	2.00	535.617	9.00
0.04	1.00	69.231	9.10
0.04	2.00	70.108	9.10
0.06	1.00	69.156	9.10
0.06	2.00	71.431	9.10
0.08	1.00	69.680	9.10
0.08	2.00	72.642	9.10
0.10	1.00	70.936	9.10
0.10	2.00	73.613	9.10
0.12	1.00	73.097	9.10
0.12	2.00	74.118	9.10
0.14	1.00	76.383	9.10
0.14	2.00	73.775	9.10
0.16	1.00	81.069	9.10
0.16	2.00	71.901	9.10
0.18	1.00	87.489	9.10
0.18	2.00	67.194	9.10
0.20	1.00	96.035	9.10
0.20	2.00	56.850	9.10
0.22	1.00	107.143	9.10
0.22	2.00	34.714	9.10
0.24	1.00	121.255	9.10
0.24	2.00	182.827	9.10
0.04	1.00	72.294	9.20
0.04	2.00	68.972	9.20

I	0.06	I	1.00	I	72.429	I	9.20	I
I	0.06	I	2.00	I	70.193	I	9.20	I
I	0.08	I	1.00	I	73.238	I	9.20	I
I	0.08	I	2.00	I	71.167	I	9.20	I
I	0.10	I	1.00	I	74.672	I	9.20	I
I	0.10	I	2.00	I	71.711	I	9.20	I
I	0.12	I	1.00	I	77.527	I	9.20	I
I	0.12	I	2.00	I	71.501	I	9.20	I
I	0.14	I	1.00	I	81.451	I	9.20	I
I	0.14	I	2.00	I	69.967	I	9.20	I
I	0.16	I	1.00	I	86.956	I	9.20	I
I	0.16	I	2.00	I	66.037	I	9.20	I
I	0.18	I	1.00	I	94.417	I	9.20	I
I	0.18	I	2.00	I	57.509	I	9.20	I
I	0.20	I	1.00	I	104.273	I	9.20	I
I	0.20	I	2.00	I	39.670	I	9.20	I
I	0.22	I	1.00	I	116.996	I	9.20	I
I	0.22	I	2.00	I	41.155	I	9.20	I
I	0.24	I	1.00	I	133.043	I	9.20	I
I	0.24	I	2.00	I	856.438	I	9.20	I
I	0.04	I	1.00	I	75.527	I	9.30	I
I	0.04	I	2.00	I	67.227	I	9.30	I
I	0.06	I	1.00	I	75.965	I	9.30	I
I	0.06	I	2.00	I	68.264	I	9.30	I
I	0.08	I	1.00	I	77.102	I	9.30	I
I	0.08	I	2.00	I	68.674	I	9.30	I
I	0.10	I	1.00	I	79.166	I	9.30	I
I	0.10	I	2.00	I	68.735	I	9.30	I
I	0.12	I	1.00	I	82.336	I	9.30	I
I	0.12	I	2.00	I	67.522	I	9.30	I
I		I		I		I		I

2 FAZ ARIZASINDA DEGISIK ACMA ZAMANLARI VE
DEGISIK GIRIS GUCLERINE GORE ROTOR ACI DEGERLERI
(TEKRAR KAPAMASIZ, HAT ACILMASI DURUMU)

ACMA ZAMANI TA (SN)	GECICI REJIM SURESI T (SN.)	ROTOR ACISI DELTA(EL.DER.)	GIRIS GUCU P1 (BIRIM)
0.14	1.00	87.038	9.30
0.14	2.00	64.194	9.30
0.16	1.00	93.476	9.30
0.16	2.00	57.046	9.30
0.18	1.00	102.122	9.30
0.18	2.00	42.498	9.30
0.20	1.00	113.457	9.30
0.20	2.00	26.629	9.30
0.22	1.00	127.987	9.30
0.22	2.00	726.037	9.30
0.04	1.00	79.134	9.40

I	0.04	I	2.00	I	64.715	I	9.40
I	0.06	I	1.00	I	79.792	I	9.40
I	0.06	I	2.00	I	65.450	I	9.40
I	0.08	I	1.00	I	81.305	I	9.40
I	0.08	I	2.00	I	65.514	I	9.40
I	0.10	I	1.00	I	83.065	I	9.40
I	0.10	I	2.00	I	64.490	I	9.40
I	0.12	I	1.00	I	87.727	I	9.40
I	0.12	I	2.00	I	61.646	I	9.40
I	0.14	I	1.00	I	93.200	I	9.40
I	0.14	I	2.00	I	55.569	I	9.40
I	0.16	I	1.00	I	100.707	I	9.40
I	0.16	I	2.00	I	43.552	I	9.40
I	0.18	I	1.00	I	110.074	I	9.40
I	0.18	I	2.00	I	27.381	I	9.40
I	0.20	I	1.00	I	123.693	I	9.40
I	0.20	I	2.00	I	583.630	I	9.40
I	0.04	I	1.00	I	82.957	I	9.50
I	0.04	I	2.00	I	61.248	I	9.50
I	0.05	I	1.00	I	83.940	I	9.50
I	0.05	I	2.00	I	61.516	I	9.50
I	0.08	I	1.00	I	85.884	I	9.50
I	0.08	I	2.00	I	60.747	I	9.50
I	0.10	I	1.00	I	89.009	I	9.50
I	0.10	I	2.00	I	58.327	I	9.50
I	0.12	I	1.00	I	93.604	I	9.50
I	0.12	I	2.00	I	53.127	I	9.50
I	0.14	I	1.00	I	100.081	I	9.50
I	0.14	I	2.00	I	43.130	I	9.50
I	0.15	I	1.00	I	100.735	I	9.50
I	0.15	I	2.00	I	29.716	I	9.50
I	0.18	I	1.00	I	120.235	I	9.50
I	0.18	I	2.00	I	450.026	I	9.50
I	0.04	I	1.00	I	87.091	I	9.60
I	0.04	I	2.00	I	56.533	I	9.60
I	0.05	I	1.00	I	88.443	I	9.60
I	0.05	I	2.00	I	56.138	I	9.60
I	0.08	I	1.00	I	90.480	I	9.60
I	0.08	I	2.00	I	54.150	I	9.60
I	0.10	I	1.00	I	94.451	I	9.60
I	0.10	I	2.00	I	49.747	I	9.60
I	0.12	I	1.00	I	100.983	I	9.60
I	0.12	I	2.00	I	41.567	I	9.60
I	0.14	I	1.00	I	107.554	I	9.60
I	0.14	I	2.00	I	31.970	I	9.60
I	0.15	I	1.00	I	117.059	I	9.60
I	0.15	I	2.00	I	42.337	I	9.60
I	0.04	I	1.00	I	91.260	I	9.70
I	0.04	I	2.00	I	59.264	I	9.70
I	0.05	I	1.00	I	93.260	I	9.70
I	0.05	I	2.00	I	47.093	I	9.70
I	0.08	I	1.00	I	96.260	I	9.70
I	0.08	I	2.00	I	42.253	I	9.70
I	0.10	I	1.00	I	100.260	I	9.70
I	0.10	I	2.00	I	37.270	I	9.70

2 FAZ ARIZASINDA DEGISIK ACMA ZAMANLARI VE
 DEGISIK GIRIS GUCLERINE GORE ROTOR ACI DEGERLERI
 (TEKRAR KAPAMASIZ, HAT ACILMASI DURUMU)

ACMA ZAMANI TA (SN)	GEÇİCİ REJİM SÜRESİ T (SN.)	ROTOR ACISI DELTA(EL.DER.)	GİRİŞ GÜCÜ P1 (BİRİM)
0.12	1.00	107.231	9.70
0.12	2.00	35.069	9.70
0.14	1.00	115.950	9.70
0.14	2.00	273.704	9.70
0.04	1.00	96.402	9.80
0.04	2.00	43.553	9.80
0.06	1.00	98.670	9.80
0.06	2.00	41.220	9.80
0.08	1.00	102.315	9.80
0.08	2.00	37.728	9.80
0.10	1.00	107.661	9.80
0.10	2.00	43.132	9.80
0.12	1.00	115.126	9.80
0.12	2.00	309.020	9.80
0.04	1.00	101.653	9.90
0.04	2.00	40.114	9.90
0.06	1.00	104.481	9.90
0.06	2.00	42.508	9.90
0.08	1.00	108.861	9.90
0.08	2.00	72.604	9.90
0.10	1.00	115.161	9.90
0.10	2.00	410.474	9.90
0.04	1.00	107.356	10.00
0.04	2.00	85.023	10.00
0.06	1.00	110.822	10.00
0.06	2.00	207.112	10.00
0.04	1.00	113.554	10.10
0.04	2.00	485.805	10.10
0.04	1.00	120.296	10.20

2 FAZ TOPRAK ARIZASINDA DEGISIK ACMA ZAMANLARI VE
 DEGISIK GIRIS GUCLERINE GORE ROTOR ACI DEGERLERI
 (TEKRAR KAPAMASIZ, HAT ACILMASI DURUMU)

ACMA ZAMANI TA (SN)	GEÇİCİ REJİM SÜRESİ T (SN.)	ROTOR ACISI DELTA(EL.DER.)	GİRİŞ GÜCÜ P1 (BİRİM)
------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------------

I		I		I		I		I
I	-----	I	-----	I	-----	I	-----	I
I	0.04	I	1.00	I	37.348	I	7.50	I
I	0.04	I	2.00	I	56.670	I	7.50	I
I	0.06	I	1.00	I	35.235	I	7.50	I
I	0.06	I	2.00	I	57.482	I	7.50	I
I	0.08	I	1.00	I	33.554	I	7.50	I
I	0.08	I	2.00	I	59.068	I	7.50	I
I	0.10	I	1.00	I	31.824	I	7.50	I
I	0.10	I	2.00	I	61.566	I	7.50	I
I	0.12	I	1.00	I	30.837	I	7.50	I
I	0.12	I	2.00	I	65.107	I	7.50	I
I	0.14	I	1.00	I	30.682	I	7.50	I
I	0.14	I	2.00	I	69.780	I	7.50	I
I	0.16	I	1.00	I	31.802	I	7.50	I
I	0.16	I	2.00	I	75.565	I	7.50	I
I	0.18	I	1.00	I	34.858	I	7.50	I
I	0.18	I	2.00	I	82.222	I	7.50	I
I	0.20	I	1.00	I	40.842	I	7.50	I
I	0.20	I	2.00	I	89.105	I	7.50	I
I	0.22	I	1.00	I	51.245	I	7.50	I
I	0.22	I	2.00	I	94.805	I	7.50	I
I	0.24	I	1.00	I	68.277	I	7.50	I
I	0.24	I	2.00	I	96.103	I	7.50	I
I	0.26	I	1.00	I	95.044	I	7.50	I
I	0.26	I	2.00	I	81.976	I	7.50	I
I	0.28	I	1.00	I	135.153	I	7.50	I
I	0.28	I	2.00	I	263.077	I	7.50	I
I	0.04	I	1.00	I	39.750	I	7.70	I
I	0.04	I	2.00	I	59.836	I	7.70	I
I	0.06	I	1.00	I	37.703	I	7.70	I
I	0.06	I	2.00	I	61.029	I	7.70	I
I	0.08	I	1.00	I	35.983	I	7.70	I
I	0.08	I	2.00	I	63.041	I	7.70	I
I	0.10	I	1.00	I	34.745	I	7.70	I
I	0.10	I	2.00	I	65.995	I	7.70	I
I	0.12	I	1.00	I	34.238	I	7.70	I
I	0.12	I	2.00	I	69.987	I	7.70	I
I	0.14	I	1.00	I	34.844	I	7.70	I
I	0.14	I	2.00	I	75.029	I	7.70	I
I	0.16	I	1.00	I	37.145	I	7.70	I
I	0.16	I	2.00	I	80.958	I	7.70	I
I	0.18	I	1.00	I	42.031	I	7.70	I
I	0.18	I	2.00	I	87.265	I	7.70	I
I	0.20	I	1.00	I	50.859	I	7.70	I
I	0.20	I	2.00	I	92.786	I	7.70	I
I	0.22	I	1.00	I	65.692	I	7.70	I
I	0.22	I	2.00	I	94.839	I	7.70	I
I	0.24	I	1.00	I	89.568	I	7.70	I
I	0.24	I	2.00	I	84.993	I	7.70	I
I	0.26	I	1.00	I	126.421	I	7.70	I
I	0.26	I	2.00	I	-0.670	I	7.70	I
I	0.28	I	1.00	I	179.372	I	7.70	I
I	0.28	I	2.00	I	1278.612	I	7.70	I
I	0.04	I	1.00	I	42.434	I	7.90	I
I	0.04	I	2.00	I	62.960	I	7.90	I
I	0.06	I	1.00	I	40.504	I	7.90	I
I	0.06	I	2.00	I	64.546	I	7.90	I
I	0.08	I	1.00	I	39.020	I	7.90	I
I	0.08	I	2.00	I	66.973	I	7.90	I
I	0.10	I	1.00	I	38.127	I	7.90	I
I	0.10	I	2.00	I	70.335	I	7.90	I

I	0.12	I	1.00	I	38.332	I	7.90	I
I	0.12	I	2.00	I	74.666	I	7.90	I
I	0.14	I	1.00	I	39.959	I	7.90	I
I	0.14	I	2.00	I	79.858	I	7.90	I
I	0.16	I	1.00	I	43.851	I	7.90	I
I	0.16	I	2.00	I	85.520	I	7.90	I
I		I		I		I		I

2 FAZ TOPRAK ARIZASINDA DEGISIK ACMA ZAMANLARI VE
 DEGISIK GIRIS GUCLERINE GORE ROTOR ACI DEGERLERI
 (TEKRAR KAPAMASIZ, HAT ACILMASI DURUMU)

ACMA ZAMANI T _A (SN)	GECICI REJIM SURESI T (SN.)	ROTOR ACISI DELTA (EL.DER.)	GIRIS GUCU P ₁ (BIRIM)
0.13	1.00	51.217	7.90
0.13	2.00	90.701	7.90
0.20	1.00	63.934	7.90
0.20	2.00	93.189	7.90
0.22	1.00	84.860	7.90
0.22	2.00	86.461	7.90
0.24	1.00	117.997	7.90
0.24	2.00	28.402	7.90
0.26	1.00	167.447	7.90
0.26	2.00	1202.726	7.90
0.04	1.00	45.454	8.10
0.04	2.00	65.951	8.10
0.06	1.00	43.706	8.10
0.06	2.00	67.925	8.10
0.03	1.00	42.556	8.10
0.03	2.00	70.727	8.10
0.10	1.00	42.278	8.10
0.10	2.00	74.398	8.10
0.12	1.00	43.301	8.10
0.12	2.00	78.875	8.10
0.14	1.00	46.303	8.10
0.14	2.00	83.857	8.10
0.16	1.00	52.343	8.10
0.16	2.00	88.577	8.10
0.18	1.00	63.091	8.10
0.18	2.00	91.216	8.10
0.20	1.00	81.151	8.10
0.20	2.00	36.661	8.10
0.22	1.00	110.381	8.10
0.22	2.00	47.960	8.10
0.24	1.00	155.447	8.10
0.24	2.00	1090.091	8.10
0.04	1.00	48.875	8.30
0.04	2.00	68.686	8.30
0.06	1.00	47.395	8.30

I	0.06	I	2.00	I	71.018	I	8.30	I
I	0.08	I	1.00	I	46.709	I	8.30	I
I	0.08	I	2.00	I	74.108	I	8.30	I
I	0.10	I	1.00	I	47.180	I	8.30	I
I	0.10	I	2.00	I	77.919	I	8.30	I
I	0.12	I	1.00	I	49.386	I	8.30	I
I	0.12	I	2.00	I	32.224	I	8.30	I
I	0.14	I	1.00	I	54.241	I	8.30	I
I	0.14	I	2.00	I	86.402	I	8.30	I
I	0.16	I	1.00	I	63.201	I	8.30	I
I	0.16	I	2.00	I	88.960	I	8.30	I
I	0.18	I	1.00	I	78.580	I	8.30	I
I	0.18	I	2.00	I	85.830	I	8.30	I
I	0.20	I	1.00	I	103.944	I	8.30	I
I	0.20	I	2.00	I	58.846	I	8.30	I
I	0.22	I	1.00	I	144.110	I	8.30	I
I	0.22	I	2.00	I	931.074	I	8.30	I
I	0.04	I	1.00	I	52.777	I	8.50	I
I	0.04	I	2.00	I	71.001	I	8.50	I
I	0.06	I	1.00	I	51.675	I	8.50	I
I	0.06	I	2.00	I	73.619	I	8.50	I
I	0.08	I	1.00	I	51.624	I	8.50	I
I	0.08	I	2.00	I	76.847	I	8.50	I
I	0.10	I	1.00	I	53.107	I	8.50	I
I	0.10	I	2.00	I	80.514	I	8.50	I
I	0.12	I	1.00	I	56.905	I	8.50	I
I	0.12	I	2.00	I	84.116	I	8.50	I
I	0.14	I	1.00	I	54.269	I	8.50	I
I	0.14	I	2.00	I	86.413	I	8.50	I
I	0.16	I	1.00	I	77.211	I	8.50	I
I	0.16	I	2.00	I	84.133	I	8.50	I

2 FAZ TOPRAK ARIZASINDA DEGISIK ACMA ZAMANLARI VE
DEGISIK GIRIS GUCLERINE GORE ROTOR ACI DEGERLERI
(TEKRAR KAPAMASIZ, HAT ACILMASI DURUMU)

ACMA ZAMANI TA (SN)	GEÇİCİ REJİM SÜRESİ T (SN.)	ROTOR ACISI DELTA (EL.DER.)	GİRİŞ GÜCÜ P1 (BİRİM)
0.18	1.00	98.921	8.50
0.18	2.00	64.315	8.50
0.20	1.00	134.043	8.50
0.20	2.00	692.968	8.50
0.04	1.00	57.258	8.70
0.04	2.00	72.663	8.70
0.06	1.00	56.683	8.70
0.06	2.00	75.436	8.70
0.08	1.00	57.491	8.70
0.08	2.00	78.546	8.70

I	0.10	I	1.00	I	60.337	I	8.70	I
I	0.10	I	2.00	I	81.585	I	8.70	I
I	0.12	I	1.00	I	66.282	I	8.70	I
I	0.12	I	2.00	I	83.520	I	8.70	I
I	0.14	I	1.00	I	77.052	I	8.70	I
I	0.14	I	2.00	I	91.638	I	8.70	I
I	0.16	I	1.00	I	95.425	I	8.70	I
I	0.16	I	2.00	I	66.235	I	8.70	I
I	0.18	I	1.00	I	125.659	I	8.70	I
I	0.18	I	2.00	I	204.470	I	8.70	I
I	0.04	I	1.00	I	62.441	I	8.90	I
I	0.04	I	2.00	I	73.340	I	8.90	I
I	0.06	I	1.00	I	62.586	I	8.90	I
I	0.06	I	2.00	I	76.037	I	8.90	I
I	0.08	I	1.00	I	64.553	I	8.90	I
I	0.08	I	2.00	I	78.581	I	8.90	I
I	0.10	I	1.00	I	69.233	I	8.90	I
I	0.10	I	2.00	I	80.098	I	8.90	I
I	0.12	I	1.00	I	78.082	I	8.90	I
I	0.12	I	2.00	I	78.301	I	8.90	I
I	0.14	I	1.00	I	93.479	I	8.90	I
I	0.14	I	2.00	I	65.558	I	8.90	I
I	0.16	I	1.00	I	119.184	I	8.90	I
I	0.16	I	2.00	I	21.037	I	8.90	I
I	0.18	I	1.00	I	160.409	I	8.90	I
I	0.18	I	2.00	I	1245.343	I	8.90	I
I	0.04	I	1.00	I	68.477	I	9.10	I
I	0.04	I	2.00	I	72.523	I	9.10	I
I	0.06	I	1.00	I	69.598	I	9.10	I
I	0.06	I	2.00	I	74.723	I	9.10	I
I	0.08	I	1.00	I	73.125	I	9.10	I
I	0.08	I	2.00	I	75.849	I	9.10	I
I	0.10	I	1.00	I	80.275	I	9.10	I
I	0.10	I	2.00	I	73.920	I	9.10	I
I	0.12	I	1.00	I	93.050	I	9.10	I
I	0.12	I	2.00	I	62.671	I	9.10	I
I	0.14	I	1.00	I	114.688	I	9.10	I
I	0.14	I	2.00	I	20.971	I	9.10	I
I	0.16	I	1.00	I	149.996	I	9.10	I
I	0.16	I	2.00	I	1147.369	I	9.10	I
I	0.04	I	1.00	I	75.559	I	9.30	I
I	0.04	I	2.00	I	69.374	I	9.30	I
I	0.06	I	1.00	I	77.996	I	9.30	I
I	0.06	I	2.00	I	70.241	I	9.30	I
I	0.08	I	1.00	I	83.616	I	9.30	I
I	0.08	I	2.00	I	68.077	I	9.30	I
I	0.10	I	1.00	I	94.088	I	9.30	I
I	0.10	I	2.00	I	57.555	I	9.30	I
I	0.12	I	1.00	I	112.143	I	9.30	I
I	0.12	I	2.00	I	25.138	I	9.30	I
I	0.14	I	1.00	I	142.019	I	9.30	I
I	0.14	I	2.00	I	1051.992	I	9.30	I
I	0.04	I	1.00	I	83.925	I	9.50	I
I	0.04	I	2.00	I	62.389	I	9.50	I
I	0.06	I	1.00	I	88.127	I	9.50	I
I	0.06	I	2.00	I	60.059	I	9.50	I
I		I		I		I		I

2 FAZ TUPRAK ARIZASINDA DEGISIK ACMA ZAMANLARI VE DEGISIK GIRIS GUCLERINE GORE ROTOR ACI DEGERLERI (TEKRAR KAPAMASIZ, HAT ACILMASI DURUMU)						
ACMA ZAMANI TA (SN)	GECICI REJIM SURESI T (SN.)	ROTOR ACISI DELTA(EL.DER.)	GIRIS GUCU P1 (BIRIM)			
0.08	1.00	96.551	9.50			
0.08	2.00	49.938	9.50			
0.10	1.00	111.471	9.50			
0.10	2.00	31.408	9.50			
0.12	1.00	136.511	9.50			
0.12	2.00	982.917	9.50			
0.04	1.00	93.874	9.70			
0.04	2.00	49.083	9.70			
0.06	1.00	100.432	9.70			
0.06	2.00	40.407	9.70			
0.08	1.00	112.592	9.70			
0.08	2.00	72.954	9.70			
0.10	1.00	133.390	9.70			
0.10	2.00	957.466	9.70			
0.04	1.00	105.777	9.90			
0.04	2.00	45.266	9.90			
0.06	1.00	115.459	9.90			
0.06	2.00	415.157	9.90			
0.04	1.00	120.085	10.10			

3 FAZ ARIZASINDA DEGISIK ACMA ZAMANLARI VE DEGISIK GIRIS GUCLERINE GORE ROTOR ACI DEGERLERI (TEKRAR KAPAMASIZ, HAT ACILMASI DURUMU)						
ACMA ZAMANI TA (SN)	GECICI REJIM SURESI T (SN.)	ROTOR ACISI DELTA(EL.DER.)	GIRIS GUCU P1 (BIRIM)			
0.04	1.00	25.202	6.30			
0.04	2.00	38.335	6.30			
0.06	1.00	22.364	6.30			
0.06	2.00	37.398	6.30			
0.08	1.00	19.467	6.30			
0.08	2.00	37.246	6.30			
0.10	1.00	16.576	6.30			

I	0.10	I	2.00	I	38.156	I	6.30	I
I	0.12	I	1.00	I	13.325	I	6.30	I
I	0.12	I	2.00	I	40.503	I	6.30	I
I	0.14	I	1.00	I	11.459	I	6.30	I
I	0.14	I	2.00	I	44.763	I	6.30	I
I	0.16	I	1.00	I	9.905	I	6.30	I
I	0.16	I	2.00	I	51.475	I	6.30	I
I	0.18	I	1.00	I	9.894	I	6.30	I
I	0.18	I	2.00	I	61.099	I	6.30	I
I	0.20	I	1.00	I	12.681	I	6.30	I
I	0.20	I	2.00	I	73.701	I	6.30	I
I	0.22	I	1.00	I	20.470	I	6.30	I
I	0.22	I	2.00	I	88.318	I	6.30	I
I	0.24	I	1.00	I	37.264	I	6.30	I
I	0.24	I	2.00	I	101.829	I	6.30	I
I	0.26	I	1.00	I	70.436	I	6.30	I
I	0.26	I	2.00	I	105.321	I	6.30	I
I	0.28	I	1.00	I	131.887	I	6.30	I
I	0.28	I	2.00	I	5.811	I	6.30	I
I	0.30	I	1.00	I	228.225	I	6.30	I
I	0.30	I	2.00	I	1373.523	I	6.30	I
I	0.04	I	1.00	I	26.536	I	6.50	I
I	0.04	I	2.00	I	41.032	I	6.50	I
I	0.06	I	1.00	I	23.621	I	6.50	I
I	0.06	I	2.00	I	40.406	I	6.50	I
I	0.08	I	1.00	I	20.696	I	6.50	I
I	0.08	I	2.00	I	40.700	I	6.50	I
I	0.10	I	1.00	I	17.852	I	6.50	I
I	0.10	I	2.00	I	42.224	I	6.50	I
I	0.12	I	1.00	I	15.270	I	6.50	I
I	0.12	I	2.00	I	45.394	I	6.50	I
I	0.14	I	1.00	I	13.273	I	6.50	I
I	0.14	I	2.00	I	50.708	I	6.50	I
I	0.16	I	1.00	I	12.432	I	6.50	I
I	0.16	I	2.00	I	58.667	I	6.50	I
I	0.18	I	1.00	I	13.738	I	6.50	I
I	0.18	I	2.00	I	69.552	I	6.50	I
I	0.20	I	1.00	I	18.938	I	6.50	I
I	0.20	I	2.00	I	82.945	I	6.50	I
I	0.22	I	1.00	I	31.220	I	6.50	I
I	0.22	I	2.00	I	96.824	I	6.50	I
I	0.24	I	1.00	I	56.577	I	6.50	I
I	0.24	I	2.00	I	105.405	I	6.50	I
I	0.26	I	1.00	I	105.861	I	6.50	I
I	0.26	I	2.00	I	30.145	I	6.50	I
I	0.28	I	1.00	I	191.697	I	6.50	I
I	0.28	I	2.00	I	1233.666	I	6.50	I
I	0.04	I	1.00	I	27.982	I	6.70	I
I	0.04	I	2.00	I	43.902	I	6.70	I
I	0.06	I	1.00	I	25.009	I	6.70	I
I	0.06	I	2.00	I	43.646	I	6.70	I
I	0.08	I	1.00	I	22.088	I	6.70	I
I	0.08	I	2.00	I	44.452	I	6.70	I
I	0.10	I	1.00	I	17.347	I	6.70	I
I	0.10	I	2.00	I	46.667	I	6.70	I
I	0.12	I	1.00	I	17.025	I	6.70	I
I	0.12	I	2.00	I	50.732	I	6.70	I
I	0.14	I	1.00	I	15.558	I	6.70	I
I	0.14	I	2.00	I	57.141	I	6.70	I

3 FAZ ARIZASINDA DEGISIK ACMA ZAMANLARI VE
DEGISIK GIRIS GUCLERINE GORE ROTOR ACI DEGERLERI
(TEKRAR KAPAMASIZ, HAT ACILMASI DURUMU)

ACMA ZAMANI TA (SN)	GEÇİCİ REJİM SÜRESİ T (SN.)	ROTOR ACISI DELTA (EL.DER.)	GİRİŞ GÜCÜ P1 (BİRİM)
0.16	1.00	15.713	6.70
0.16	2.00	66.287	6.70
0.18	1.00	18.854	6.70
0.18	2.00	78.132	6.70
0.20	1.00	27.466	6.70
0.20	2.00	91.496	6.70
0.22	1.00	46.255	6.70
0.22	2.00	102.595	6.70
0.24	1.00	84.218	6.70
0.24	2.00	98.122	6.70
0.26	1.00	155.646	6.70
0.26	2.00	906.839	6.70
0.04	1.00	29.562	6.90
0.04	2.00	46.941	6.90
0.06	1.00	26.553	6.90
0.06	2.00	47.114	6.90
0.08	1.00	23.680	6.90
0.08	2.00	48.497	6.90
0.10	1.00	21.113	6.90
0.10	2.00	51.468	6.90
0.12	1.00	19.177	6.90
0.12	2.00	56.477	6.90
0.14	1.00	18.455	6.90
0.14	2.00	63.959	6.90
0.16	1.00	19.995	6.90
0.16	2.00	74.108	6.90
0.18	1.00	25.707	6.90
0.18	2.00	86.354	6.90
0.20	1.00	39.198	6.90
0.20	2.00	98.310	6.90
0.22	1.00	67.515	6.90
0.22	2.00	102.442	6.90
0.24	1.00	123.642	6.90
0.24	2.00	30.954	6.90
0.26	1.00	220.468	6.90
0.26	2.00	1413.767	6.90
0.04	1.00	31.299	7.10
0.04	2.00	50.138	7.10
0.06	1.00	28.288	7.10
0.06	2.00	50.797	7.10
0.08	1.00	25.518	7.10
0.08	2.00	52.817	7.10
0.10	1.00	23.221	7.10
0.10	2.00	56.591	7.10

I	0.12	I	1.00	I	21.836	I	7.10	I
I	0.12	I	2.00	I	62.544	I	7.10	I
I	0.14	I	1.00	I	22.152	I	7.10	I
I	0.14	I	2.00	I	70.991	I	7.10	I
I	0.16	I	1.00	I	25.621	I	7.10	I
I	0.16	I	2.00	I	81.769	I	7.10	I
I	0.18	I	1.00	I	34.966	I	7.10	I
I	0.18	I	2.00	I	93.477	I	7.10	I
I	0.20	I	1.00	I	55.520	I	7.10	I
I	0.20	I	2.00	I	101.532	I	7.10	I
I	0.22	I	1.00	I	97.776	I	7.10	I
I	0.22	I	2.00	I	84.507	I	7.10	I
I	0.24	I	1.00	I	177.862	I	7.10	I
I	0.24	I	2.00	I	1202.820	I	7.10	I
I	0.04	I	1.00	I	33.222	I	7.30	I
I	0.04	I	2.00	I	53.471	I	7.30	I
I	0.06	I	1.00	I	30.252	I	7.30	I
I	0.06	I	2.00	I	54.670	I	7.30	I
I	0.08	I	1.00	I	27.659	I	7.30	I
I	0.08	I	2.00	I	57.371	I	7.30	I
I	0.10	I	1.00	I	25.760	I	7.30	I
I	0.10	I	2.00	I	61.962	I	7.30	I
I		I		I		I		I

3 FAZ ARIZASINDA DEGISIK ACMA ZAMANLARI VE
DEGISIK GIRIS GUCLEKINE GORE ROTOR ACI DEGERLERI
(TEKRAR KAPAMASIZ, HAT ACILMASI DURUMU)

ACMA ZAMANI TA (SN)	GEÇİCİ REJİM SÜRESİ T (SN.)	ROTOR ACISI DELTA (EL.DER.)	GİRİŞ GÜCÜ P1 (BİRİM)
0.12	1.00	25.146	7.30
0.12	2.00	58.797	7.30
0.14	1.00	26.904	7.30
0.14	2.00	77.963	7.30
0.16	1.00	33.071	7.30
0.16	2.00	88.729	7.30
0.18	1.00	47.605	7.30
0.18	2.00	98.295	7.30
0.20	1.00	78.465	7.30
0.20	2.00	96.512	7.30
0.22	1.00	140.412	7.30
0.22	2.00	583.365	7.30
0.04	1.00	35.367	7.50
0.04	2.00	56.906	7.50
0.06	1.00	32.495	7.50
0.06	2.00	58.690	7.50
0.08	1.00	30.176	7.50
0.08	2.00	62.093	7.50
0.10	1.00	28.844	7.50

I	0.10	I	2.00	I	67.467	I	7.50	I
I	0.12	I	1.00	I	29.303	I	7.50	I
I	0.12	I	2.00	I	75.024	I	7.50	I
I	0.14	I	1.00	I	33.064	I	7.50	I
I	0.14	I	2.00	I	84.469	I	7.50	I
I	0.16	I	1.00	I	43.035	I	7.50	I
I	0.16	I	2.00	I	94.150	I	7.50	I
I	0.18	I	1.00	I	65.058	I	7.50	I
I	0.18	I	2.00	I	98.414	I	7.50	I
I	0.20	I	1.00	I	110.833	I	7.50	I
I	0.20	I	2.00	I	58.890	I	7.50	I
I	0.22	I	1.00	I	197.599	I	7.50	I
I	0.22	I	2.00	I	1368.943	I	7.50	I
I	0.04	I	1.00	I	37.777	I	7.70	I
I	0.04	I	2.00	I	60.394	I	7.70	I
I	0.06	I	1.00	I	35.077	I	7.70	I
I	0.06	I	2.00	I	62.788	I	7.70	I
I	0.08	I	1.00	I	33.163	I	7.70	I
I	0.08	I	2.00	I	66.879	I	7.70	I
I	0.10	I	1.00	I	32.624	I	7.70	I
I	0.10	I	2.00	I	72.931	I	7.70	I
I	0.12	I	1.00	I	34.569	I	7.70	I
I	0.12	I	2.00	I	80.909	I	7.70	I
I	0.14	I	1.00	I	41.124	I	7.70	I
I	0.14	I	2.00	I	89.900	I	7.70	I
I	0.16	I	1.00	I	56.510	I	7.70	I
I	0.16	I	2.00	I	96.577	I	7.70	I
I	0.18	I	1.00	I	39.377	I	7.70	I
I	0.18	I	2.00	I	86.437	I	7.70	I
I	0.20	I	1.00	I	155.732	I	7.70	I
I	0.20	I	2.00	I	1037.414	I	7.70	I
I	0.04	I	1.00	I	40.505	I	7.90	I
I	0.04	I	2.00	I	63.860	I	7.90	I
I	0.06	I	1.00	I	38.076	I	7.90	I
I	0.06	I	2.00	I	66.865	I	7.90	I
I	0.08	I	1.00	I	36.738	I	7.90	I
I	0.08	I	2.00	I	71.577	I	7.90	I
I	0.10	I	1.00	I	37.299	I	7.90	I
I	0.10	I	2.00	I	78.100	I	7.90	I
I	0.12	I	1.00	I	41.302	I	7.90	I
I	0.12	I	2.00	I	85.987	I	7.90	I
I	0.14	I	1.00	I	51.782	I	7.90	I
I	0.14	I	2.00	I	93.270	I	7.90	I
I	0.16	I	1.00	I	74.932	I	7.90	I
I	0.16	I	2.00	I	92.666	I	7.90	I
I	0.18	I	1.00	I	123.271	I	7.90	I
I	0.18	I	2.00	I	9.365	I	7.90	I
I		I		I		I		I

3 FAZ ARIZASINDA DEĞİŞİK ACMA ZAMANLARI VE
 DEĞİŞİK GİRİŞ GÜÇLERİNE GÖRE ROTOR ACI DEĞERLERİ
 (TEKRAR KAPAMASIZ, HAT ACILMASI DURUMU)

I	I	I	I	I	I			
I	ACMA ZAMANI	I	GECICI REJİM	I	ROTOR ACISI	I	GİRİŞ GÜCÜ	I
I		I	SÜRESİ	I		I		I
I	TA (SN)	I	T (SN.)	I	DELTA(EL.DER.)	I	P1 (BİRİM)	I
I		I		I		I		I
I	0.20	I	1.00	I	214.413	I	7.90	I
I	0.20	I	2.00	I	1497.907	I	7.90	I
I	0.04	I	1.00	I	43.615	I	8.10	I
I	0.04	I	2.00	I	67.205	I	8.10	I
I	0.06	I	1.00	I	41.588	I	8.10	I
I	0.06	I	2.00	I	70.781	I	8.10	I
I	0.08	I	1.00	I	41.057	I	8.10	I
I	0.08	I	2.00	I	75.969	I	8.10	I
I	0.10	I	1.00	I	43.135	I	8.10	I
I	0.10	I	2.00	I	82.602	I	8.10	I
I	0.12	I	1.00	I	49.998	I	8.10	I
I	0.12	I	2.00	I	89.542	I	8.10	I
I	0.14	I	1.00	I	66.030	I	8.10	I
I	0.14	I	2.00	I	92.680	I	8.10	I
I	0.16	I	1.00	I	100.304	I	8.10	I
I	0.16	I	2.00	I	69.325	I	8.10	I
I	0.18	I	1.00	I	169.449	I	8.10	I
I	0.18	I	2.00	I	1239.684	I	8.10	I
I	0.04	I	1.00	I	47.189	I	8.30	I
I	0.04	I	2.00	I	70.288	I	8.30	I
I	0.06	I	1.00	I	45.737	I	8.30	I
I	0.06	I	2.00	I	74.339	I	8.30	I
I	0.08	I	1.00	I	46.321	I	8.30	I
I	0.08	I	2.00	I	79.747	I	8.30	I
I	0.10	I	1.00	I	50.493	I	8.30	I
I	0.10	I	2.00	I	85.884	I	8.30	I
I	0.12	I	1.00	I	61.350	I	8.30	I
I	0.12	I	2.00	I	90.323	I	8.30	I
I	0.14	I	1.00	I	85.270	I	8.30	I
I	0.14	I	2.00	I	82.935	I	8.30	I
I	0.16	I	1.00	I	135.141	I	8.30	I
I	0.16	I	2.00	I	664.675	I	8.30	I
I	0.04	I	1.00	I	51.327	I	8.50	I
I	0.04	I	2.00	I	72.917	I	8.50	I
I	0.06	I	1.00	I	50.681	I	8.50	I
I	0.06	I	2.00	I	77.260	I	8.50	I
I	0.08	I	1.00	I	52.799	I	8.50	I
I	0.08	I	2.00	I	82.448	I	8.50	I
I	0.10	I	1.00	I	59.865	I	8.50	I
I	0.10	I	2.00	I	87.027	I	8.50	I
I	0.12	I	1.00	I	76.323	I	8.50	I
I	0.12	I	2.00	I	85.546	I	8.50	I
I	0.14	I	1.00	I	111.389	I	8.50	I
I	0.14	I	2.00	I	38.216	I	8.50	I
I	0.16	I	1.00	I	181.676	I	8.50	I
I	0.16	I	2.00	I	1377.789	I	8.50	I
I	0.04	I	1.00	I	56.154	I	8.70	I
I	0.04	I	2.00	I	74.320	I	8.70	I
I	0.06	I	1.00	I	56.623	I	8.70	I
I	0.06	I	2.00	I	79.135	I	8.70	I
I	0.08	I	1.00	I	60.848	I	8.70	I
I	0.08	I	2.00	I	83.339	I	8.70	I
I	0.10	I	1.00	I	71.922	I	8.70	I
I	0.10	I	2.00	I	84.225	I	8.70	I
I	0.12	I	1.00	I	96.243	I	8.70	I
I	0.12	I	2.00	I	65.957	I	8.70	I

I	0.14	I	1.00	I	146.525	I	8.70	I
I	0.14	I	2.00	I	1034.695	I	8.70	I
I	0.04	I	1.00	I	61.831	I	8.90	I
I	0.04	I	2.00	I	75.596	I	8.90	I
I	0.06	I	1.00	I	63.829	I	8.90	I
I	0.06	I	2.00	I	79.316	I	8.90	I
I	0.08	I	1.00	I	70.945	I	8.90	I
I	0.08	I	2.00	I	81.064	I	8.90	I
I	0.10	I	1.00	I	87.533	I	8.90	I
I	0.10	I	2.00	I	72.730	I	8.90	I
I	-----	I	-----	I	-----	I	-----	I

I
I 3 FAZ ARIZASINDA DEGISIK ACMA ZAMANLARI VE I
I
I DEGISIK GIRIS GUCLERINE GORE ROTOR ACI DEGERLERI I
I
I (TEKRAR KAPAMASIZ, HAT ACILMASI DURUMU) I
I
I

I	I ACMA ZAMANI	I	I GECICI REJIM	I	I ROTOR ACISI	I	I GIRIS GUCU	I
I	I TA (SN)	I	I SURESI	I	I DELTA(EL.DER.)	I	I P1 (BIRIM)	I
I	I	I	I T (SN.)	I	I	I	I	I
I	0.12	I	1.00	I	122.630	I	8.90	I
I	0.12	I	2.00	I	95.917	I	8.90	I
I	0.14	I	1.00	I	192.719	I	8.90	I
I	0.14	I	2.00	I	1494.659	I	8.90	I
I	0.04	I	1.00	I	68.560	I	9.10	I
I	0.04	I	2.00	I	74.611	I	9.10	I
I	0.06	I	1.00	I	72.647	I	9.10	I
I	0.06	I	2.00	I	76.651	I	9.10	I
I	0.08	I	1.00	I	83.729	I	9.10	I
I	0.08	I	2.00	I	72.525	I	9.10	I
I	0.10	I	1.00	I	108.062	I	9.10	I
I	0.10	I	2.00	I	34.917	I	9.10	I
I	0.12	I	1.00	I	157.936	I	9.10	I
I	0.12	I	2.00	I	1241.801	I	9.10	I
I	0.04	I	1.00	I	76.598	I	9.30	I
I	0.04	I	2.00	I	70.755	I	9.30	I
I	0.06	I	1.00	I	83.528	I	9.30	I
I	0.06	I	2.00	I	68.716	I	9.30	I
I	0.08	I	1.00	I	100.045	I	9.30	I
I	0.08	I	2.00	I	48.516	I	9.30	I
I	0.10	I	1.00	I	134.362	I	9.30	I
I	0.10	I	2.00	I	906.930	I	9.30	I
I	0.04	I	1.00	I	86.275	I	9.50	I
I	0.04	I	2.00	I	61.846	I	9.50	I
I	0.06	I	1.00	I	97.063	I	9.50	I
I	0.06	I	2.00	I	49.599	I	9.50	I
I	0.08	I	1.00	I	120.967	I	9.50	I

