UDK: OT1.81

Elektronik Hesap Makinaları İle Dinamik Stabihtfc Elleri

Yazanlar :
Orhan Tarkan — Elekt. Y. Müh. — MS. B.
Ongun Alsaç — Elkt. Müh. — O.D.T.Ü.

ÖZET :

Elektronik hesap makinaları memleketi misde gittikçe daha fazla yayılmaya ve elektrik enerji nakil hatları konusunda daha fazla kullanılmağa başlanmıştır.

Ancak bu konudaki yayınlar yok denecek kadar azdır.

Bu makalenin gayesi bu boşluğu dinamik stabilite konusunda doldurmağa ilk adımı teşkil etmektedir.

Bu maksatla dinamik stabilitenin klasik teorisine değinilmiş, daha sonra genel olarak elektrik devrelerinin ve dinamik stabilite etüdünde karşılaşılacak olan differansiyel denklemlerin elektronik hesap makinalarınıa nasıl çözüleceği kısaca gösterilmiştir. Makalenin sonunda ise daha önce anlatılanlar toplanmış ve dinamik stabilite etüdüne uygulanmışlardır.

SVMMARY

Number of computers used in Turkev are getting larger and now thev are toidely used in studies of povıer transmission. But the literatüre (m this subject is very poor.

This article aims to make a first step by shoiDing how computers can be used in solving the differential equations to be met in electricity network analysis and in dynamic stability studies.

The methods mentioned in the article are applied to a dynamic stability study in the last part of the article.

1. GİRİŞ :

Dinamik stabilite etüdü kısa devreler, hatların açılıp kapanması gibi aniden meydana gelen (değişikliklere karşı şebekenin gösterdiği tepkinin hesaplanması için yapılır. Şebekenin bu gibi durumlarda gösterdiği tepki, en iyi en faydalı şekilde, senkron makinaların rotor açılarında meydana gelen değişikliklerin hesaplanmasıyla bulunur. Bir senkron makinaya türbünden giren mekanik güç ile makinenin çıkığı olan elektrik! güç arasındaki denge bozulduğu zaman makina üzerinde dönüş hızını arttıran veya eksilten kuvvetler meydaıa gelir. Bunun sonucu olarak maklnanın yüksek hızdan dolayjl parçalanması veya tamamen durarark devreden çıkması gibi olaylarla karşılaşılabilinir. Her iki olay da hiç bir işletme tarafından arzu edılmiyecek sonuçladır ve genellikle çok pahalıya mâl olurlar. Dolayısiyle stabillte etüdleri enerji şebekelerinin ilk kuruluşlarından itibaren ilgi çekmiş ve ıbu maksatla çeşitli hesaplama araç ve metodlan geliştirilmiştir, örneğin, dalgalı akım şebeke analizörü, geçici rejim analizörü ve Analog hesap rnakınası gibi araçlar bu maksatla uzun seneler kullanılmışlardır.

Ancak, 1950 senesinden sonra elektronik h-2-sap makinalarının elektrik şebekelerine de uygulanması İle bu alanda yeni bir çığır açılmıştır. Elektronik hesap makinası sürati, güvenilirliği ve yüksek hassasiyeti dolayısiyle kısa zamanda dinamik stabilite etüdleri için en fazla kullanılan bir araç haline gelmiştir. Elektronik hesap makinaları uygulamaları ile beraber sayısal analiz metodlan da ön plana geçmişlerdir.

Memleketimizde bu tip uygulamalara karşı olan ligi yeni gelişmektedir. Bu yazınjn amacı konuya ışık' tutmak ve stabilite programı yazmak istlyenlere yazarlaruı hazırlamış olduğu programın esaslarını' vermek suretile yardımcı olmaktır.

Elektronik hesap makinaları ile devre çözümleri ve ilgili bazı problemler konuyu dağıtmamak bakımından derinliğine incelenmemişlerdir. İsteyen okuyucu bu konuları verilen refeanslarda ayrıntıları ile bulabilir.

2. KLASİK DİNAMİK STABİLİTE TEORİSİ [2, 5] :

2.1. Giriş :

Dinamik stabilite, bir enerji şebekesinin, kısa devreler, anî yük değişmeleri veya şebek>-nln topolojisinde birdenbire meydana gelen bir değişiklik sonucunda şebekenin senkron çalı 3-

ma durumuna dönebilme kabiliyetidir. Senkron çalıgma durumu, gebekedeki bütün senkron makinalar sabit bir hızla dönerken ve bunların rotor açıları arasındaki fark sabit iken yaratılmış olur .

Dinamik stabilite limiti ise, yukarıda belirtilen değişiklik hallerinde, şebekenin senkron çalışma durumunu bozmadan, her hangi bir noktadan geçirilebilecek olan maximum güç miktarı olarak tarif edilir. Bu tariften de anlaşılacağı üzere senkron çalışma durumunun bozulmaması İçin şebeke dalma bu limitin altında çalıştınlmahdır.

2.2. Teori:

Bilindiği gibi normal çalışma durumunda bulunan bir enerji şebekesindeki bütün senkron makinalar senkron hızda dönerler. Bu makinaların senkron hızda dönen bir vektöre gör? rotor açılar» «g» olsun. Buna göre :

$$\theta = W_s t + \delta \qquad (2.1)$$

dır. Burada

$ — Rotorun elektriki açı cinsinden hakiki açısı

W_s = senkron hız (elektriki açı/saniye) dK

Tranzient şartlar altında maklnanın girişi olan mekaniki güç ile çıkışı olan elektrik! güç arasındaki denge bozulur. Bunun sonucu olarak rotoru, hızlandırıcı veya yavaşlatıcı bir güç meydana gelir,

$$P = P_m - P_e \qquad (2.2^$$

Rotorun hızındaki bu değişiklik rotor açısı θ'yı değiştirir.

$$I \frac{d^2\theta}{dt^*} = \text{-} \; ^T = ^T \text{I I , -} ^T .$$

Burada:

I = açısal atalet momenti
T = rotor aşısını değiştiren tork
T_m = mekanik ftork
T_e = elektrik! tork

Ancak $P = T\frac{M}{I}$ olduğundenklem (2.3) den

$$M \frac{d\,2\theta}{d\,t^2} = P = P_m \sim P . \qquad (2.4)$$

elde edilir.

Burada : $M = I_w$ atalet sabitesidir. Ayrıca denklem (2.1) den :

$$\frac{de}{dt} = w_s + \frac{d\delta}{dt} \qquad (2\,0\,\text{ı}$$

ve buradan da:

$$\frac{d^2 6}{d\,t^2} = \frac{<\!\!*^2 8}{d\,t=} \qquad (2.6)$$

Bulunur. Bu İfade edenklem (2.4) de yerine konursa

$$M = \frac{d^2 8}{d\,t^*} = P\text{ı} = P_m - P_e \qquad (2.7.)$$

elde edilir. Salınımın denklemi adı verilen bu denklemden dinamik stabilite etüdünün gayesi olan $8^{>nın}$ zamana göre değişimi çözülür. Sistemdeki her senkron generatör için böyle bir salınım denklemi vardır ve çözülmesi gereken denklemler :

$$\frac{d^2 \text{Ş}i}{d\,t^2} = \frac{1}{M_r} (P_{mi} - P_{ei}),\ 1 = 1, \therefore\ n \qquad (2.8)$$

n = generatör sayısı
olur.

3. ELEKTRİK DEVRELERİNİN ELEKTRONİK HESAP MAKİNASINDA GÖSTERİLMESİ [U, 2, 3] :

Elektrik devreleri elektronik hesap makinalarında en iyi ve uygun şekilde, düğüm metodu kullanılarak tanımlanır. Düğüm metodunda değişkenler düğüm noktalan ile toprak noktası arasındaki gerilimler ve düğüm noktalarına veya haralara aşılanmış olarak kabul edilen akımlardır. Düğüm akımı adı verilebilecek olan bu akımlar, baranın bir yük barası olması halinde sıfıra eşittir. Generatör haralarında ise, bir gerilen kaynağı olarak düşünülen generatörün eş değer akım kaynağına çevrilmesile elde edilir.

Düğüm metodu,

$$1 = Y.V \qquad (3.1)$$

denklem sistemi ile tanımlandığından bu sistemin kurulablmesi İçin devrenin admitans matrisinin teşkil edilmesi gerekir. Bir devrenin admitans matrisinin teşkil edilmesi oldukça kolaydır. Admitans matrisinin y_{kk} elemanı herhangi bir «k» barasına bağlanan bütün hatların admltansları ve varsa o haradaki yük admltansının toplamına eşittir. Matrisin Y_{lk} elemanı ise «i» ve «k» baraları arasındaki admltansın ters işaretllsidir. Yukarıdaki açıklamadan da anlaşılacağı üzere admitans matrisi elektrik enerjisi şekelerini meydana getiren devreler İçin kare, simetrik, karmaşık ve birçok elemanı sjfır olan (seyrek) bir matrlsdlr. Matrisin bir çok elemanının sıfır olması elektronik hesap nıaktnasının hafızasından tasarrufta bulunulmasını sağlayan önemli bir özelliktir.

4. DÜĞÜM DENKLEMLERİNİN TEŞKÎ-*KOA* [1, 2, 8] :

4.1. Giriş :

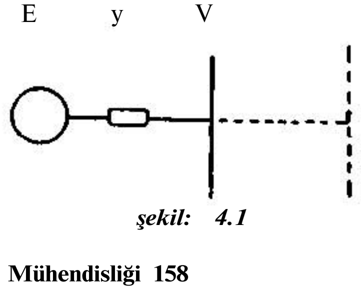
Düğüm metodunun I = Y. V denklem sisteminden meydana geldiği ve dinamik etabillte etüdünün gayesinin salınım denklemini, kabul edilen zaman aralıkları içinde, § *S^{m} Çözmek olduğu önceki bölümlerde belirtilmiştir.

Salınım denkleminin çözülebilmesi için denklemin sağ tarafındaki güç terimlerinin bilinmesi gerekir. Bu terimler düğüm denklemlerlndeki gerilim vektörünün elde edilmesi ile bulunabilirler. Dolayısile düğüm denklemlerini gerilim değerleri için çözmek gerekir. Bunun için ise denklemin sol tarafındaki akım vektörü ve sağ tarafındaki admitans matrisinin teşkil edilmesi icap eder. Akım vektörü ve admitans matrisinin teşkil edilebilmesi için gerekli bilgiler yük akışı etüdünden elde edilir. Yük akışı etüdleri.yüklerin çektikleri güçler ve santralların gerilim genlikleri ve aktif güç üretimlerinden yararlanarak şebekedeki bütün gerilimlerin hatlardan akan akım ve güçlerin ve santralların reaktif üretimlerinin bulunmasında kullanılır. Yük akışı etüdlerinden elde edilen bu bilgilerle dinamik stablUte etüdünün düğîlm denklemlerini teşkil etmek mümkündür.

4.2. Akım Vektörünün Teşkil Edilmesi :

Akım vektörünü meydana getiren elemanların, yük baraları için sıfır, generatör baraları için İse eşdeğer akım kaynağına eşit olduğu belirtilmişti. Dolayısiyle akün vektörünün yük haralarına ait elemanlarjı otomatik olarak sıfıra eşitlenir. Generatör baraları için ise yük akışı etüdünden elde edilen sonuçların kullanılması zorunludur.

Yük akısȷ etüdünün sonunda her generötör barasmdaki güç ve gerilim değerleri bulunur. Dinamik stablUte etüdünde kullanılacak olan düğüm akımım bulmak için ise önce yük akışından elde edilen gerilim ve güç değerleri kullanılarak generatörün translent reaktansının ardındaki geilim elde edülr.



şekil: 4.1

$$P + jQ = VI^* \qquad \textbf{(4.1)}$$

eşitliğinde,

$$1 = (E - V)y \qquad (4.2)$$

ifadesi yerine konursa,

$$(P + JQ)^* = V^* \, (E - V)y \qquad (4.3)$$

ve buradan

$$E = V + \frac{P - JQ}{V^* y}$$

elde ediUr.

Denklem (4.4) birazdaha düzenlenirse,

$$E = V \left(H \frac{P - JQ}{|V|^* y} \right) \qquad (4.5>$$

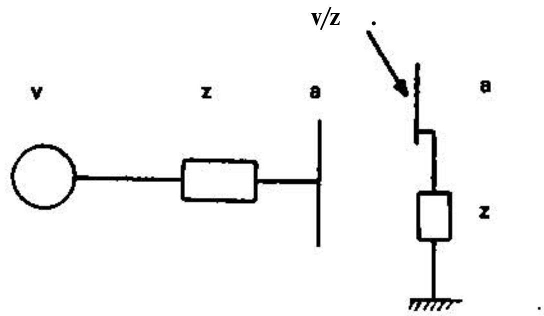
bulunur.

Denklem (4.5) de, V ve S yük akışından PIde edilen gerilim ve güç değerleri E, generatörün transient reaktansının ardındaki gerilim değeri y ise generatörün transeint ve trafo admitanslannın toplamıdır.

Dinamik stablUte etüdünde kullanılacak olan düğüm akımj translent reaktansın ardındaki gerlUmden aşağıdaki şekilde hesaplanır :

$$I = yE \qquad (4.6)$$

Denklem (4.6) basit bir kaynak transformasyonunu ifade etmektedir. Herhangi bir gerilim kaynağı, kaynağın geriUm değerini kaynağa seri olarak giren impedans değerlerine bölmek suretiyle eşdeğer akım kaynağına çevrilebiUr. Şekil (4.2) bu prensibi göstermektedir :



ŞeMl: 43

Denklem (4.5) ve (4.6) şebekedeki bütün generatörlere uygulanırsa düğüm denklemini u akün vektöründeki bütün elemanlar hesaplanmış olur.

4.3. Admitans Matrisinin Teşkil Edilmesi :

Admitans matrisi bölüm (3) de verilen prensiplere göre teşkil edilir. Diyagonal dışı eleman y_{lk}, 1 ve k baraları arasındaki adnütansın ters işaretlisine eşittir. Dolayısıyla bütün diyogonal dışı elemanları hiç bir hesaplama yapılmadan matrise yerteştirilebilir. Ancak, diyagonal elemanları İçin yükleri eşdeğer admitanslara çevirmek ve haralarla toprak arasına bağlı bütün elemanları eklemek gerekir. Bir baradaki güç $S = P + jQ$, gerilim ise V olsu. Bu baradaki yükün eşdeğer admitansı:

$$Y = \frac{S^*}{|V|^2} \qquad (4.7)$$

ile hesplanır.

S. DÜĞÜM DENKLEMLERİNİN ÇÖZÜLMESİ [1, 2, 'S] :

Düğüm denklemlerini elektronik màklnalarında çözümlemek için en çok kullanılan iki yol vardır. Bunlardan biri admitans matrisinin enversini almak suretiyle gerilimleri elde etmektir.

$$V = Y^{-1} I \qquad (5.1)$$

Bir matrisin enversini almak için çok çeşitli sayısal analiz metodu mevcuttur. Ancak, bu metodların hemen en iyisi olan Shipley - Coleman metodunda bile (n x n) mertebesinde bir matrisin enversini alabilmek için ortalama olarak n' çarpma işlemi yapılması gerekir. Bir dinamik stabilite etüdünde devrenin değişik durumları İçin bir kaç kere envers almak gerekebileceğinden yapılacak işlemin çokluğu crtaya çıkar ve mahzuru yüzünden envers alma metodlanndan burada daha fazla bahsedilnoiyecektir.

İkinci yol, yoklama metodu olarak bilinir ve envers alma metodundan daha fazla kullanılır. Yoklama metodunda her değişken için bir değer tahmin edilir. Bu değerler metodun algoritmasında yerlerine konur ve o değişkenler lçl'i bir takjm yeni ve daha doğru değerler elde edilir. Aynı işlem devam ettirilerek sonuç bulunur.

Yoklama metodlan çok çeşitlidir. Bunların içinde elektrik enerji şebekeleri denklemleri içtn en uygun olanı «artıgık üst düzeltmeler» metodu olarak bilinir. Çözülecek denklem sistemi:

$$I_1 = Y_{11} V_1 + Y_{12} V_2 + \dots + Y_{1n} V_n$$
$$I_2 = Y_{21} V_1 + Y_{22} V_2 + \dots + Y_{2n} V_n \qquad (5.2)$$
$$I_n = Y_{n1} V_1 + Y_{n2} V_2 + \dots + Y_{nn} V_n$$

olarak verilirse, ardışık üst düzeltmeler metodu

$$V_i^{k+1} = V_i^k + W(\bar{V}_i^{k+1} - V_i^k) \qquad i = 1, \dots n \quad 2 > w > 1 \qquad (5.3a)$$

$$\bar{V}_i^{k+1} = \frac{1}{Y_{ii}} \left(I_i - \sum_{j=1}^{n} Y_{ij} V_j \right) \quad j \neq i \qquad (5.3b)$$

algoritması ile tanımlanır.

Başlangıç değerleri olarak seçilen V_i^0, $i = 1, \dots, n$, değeirtert (5.3b) de yerine konur ve $\bar{V}_i^1$ elde edilir. Bu değer sonra (5.3a) ya uygulanarak düzeltilir ve V_i^1 bulunur-. Bundan sonra V/ değeri aynı şekilde (5.3b) ve (5.3a) nın arka arkaya kullanılmaları suretile elde edilir. Bu işlem bütün değişkenler için tekrar edilir. Bu şekilde birinci yoklama bitmiş olur. İşleme istenilen yoklama sayışma, daha iyisi elde edilen değerler istenilen hassasiyet derecesine ulaşana kadar, devam edilir.

Algoritma (5.3a) daki w değeri çözümü hızlandırma görevi yapar. «İvme katsayısı» olarak bilinen w'nin en iyi değeri deney yoluyla bulunabilir. Ancak, pratikte doğrusal olmayan sistemler için 1.6, doğrusal olan sistemler için ise 1.1 -1.35 değerlerinin genellikle iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Ardışık üst düzeltmeler metodu 3 fazlı kısa devrelerin incelenmesi için de başarıyla kullanılabilir. Yapılacak bütün iş arızalan baranın gerilimini 0 olarak kabul etmek ve o baraya ait denklemi sistemden çıkarmaktır.

6. DOĞRUSAL DÎFFERENSİYEL, DENKLEM SİSTEMLERİNİN ELEKTRONİK HESAP MAKJtNASINDA ÇÖZÜLMESİ [2, 4] :

6.1' Gtrig:

Bir dinamik stabillte etüdünde, devrenin düğüm denklemleri salınım denklemindeki güç terimini elde etmek için çözülür. • Seçilen her zaman araljğı için, elde edilen bu güç terimi salınım denklemlerinde yerine konur ve denklemler çözülerek g değerleri bulunur. İkinci mertebeden bir differansiyel denklem sistemi olan salınım denklemlerini çözmek için çeşitli sayısal analiz metodlan mevcuttur.

6.2. Birinci mertebeden doğrusal dlfferenslyel Denklemlerinin Çözülmesi :

Differensiyel denklemler bir bağımsız bir ıbağımlı değişkeni olan ve bağımlı değişkenin bağımsıza göre en az bir türevini ihtiva eden denklemler olarak tanımlanır.

Genel olarak dtfansiyel denklemlerin sayısal çözümlerinde, bağımsız değişkenler için bir takım değerler tayin edilir. Bu değerler adım usulü denilen metodla bilinmeyenlerin bulunmasında kullanılır. Bağımsız değişkenler için tayin edilen değerler sabit aralıklarda seçilir; çözümün hassasiyeti kullanılan metoda olduğu kadar bu aralıkların genişliğine de bağlıdır.

. Mevcut birçok çözüm metodu İçinde, hem tatbiki kolay hem de stabilite problemine uygun olduğu İçin burada yalnız Euler metodundan bahsedilecektir.

' Çözümü istenilen diferansiyel denklem:

$$\frac{dy}{dx} = f(x, y) \qquad (6.1)$$

olsun. Bağımsız değişken değerleri için seçilen aralığa da h (h = i x) diyelim .Başlangıç değerleri olarak verilen x_o, y_o İçin h kullanılarak yeni bir y değeri bulunabilir.

$$y_1 = y_o + \Delta y \text{ veya } y_1 = y_o + \frac{dy}{dx}\Big|_0 h. \qquad (6.2)$$

Burada $\frac{dy}{dx}\Big|_0 = f(x_o, y_o)$ dır.

Bağımlı değişkenin ikinci aralıktaki değeri aynı şekilde :

$$y_2 = y_1 + \frac{dy}{dx}\Big|_1 h \qquad (6.3)$$

olarak bulunur, işleme bu şekilde n inci aralıkda y_n değeri bulunana kadar devam edilir.

Yukarıdaki metodda herhangi bir aralığın başındaki $\frac{dy}{dx}$ değerinin o aralığın devamı boyunca sabit kaldığı kabul edilir. Diğer bir deyişle aralığın içinde kalan eğri parçası bir doğru ile temsil edilmektedir. Aralık ne kadar küçük seçilirse seçilsin bu kabul gittikçe büyüyen hatalara .sebebiyet verir. Bu mahzuru ortadan kaldırmak için genellikle bu rnetodla beraber aralığın her iki ucundaki türevi kullanan bir düzeltme uygulanır.

Bu düzeltmede, x_x İçin y nin yeni değeri

$$x_1 = x + h$$

$$y_1^{(0)} = y_o + \frac{dy}{dx}\Big|_0 h \qquad (6.4)$$

olarak bulunur. Bu değerler kullanılarak aralığın sonundaki $\frac{dy}{dx}\Big|_1^{(0)}$ değeri hesaplanır.

$$\frac{dy}{dx}\Big|_1^{(0)} = f(x_1, y_1^{(0)}) \qquad (6.5)$$

Buradan da her'İki uçtaki türevlerin ortalamaları kullanılarak y_x in düzeltilmiş değeri elde edilir:

$$y_1^{(1)} = y_o + \frac{h}{2}\left(\frac{dy}{dx}\Big|_0 + \frac{dy}{dx}\Big|_1^{(0)}\right)$$

İstenildiği takdirde yukarıdakine benzer şekllde y_1 için daha da düzeltilmiş değerler hesaplanabilir.

$$y_1^{(k)} = y_o + \frac{h}{2}\left(\frac{dy}{dx}\Big|_0 + \frac{dy}{dx}\Big|_1^{(k-1)}\right)$$

Burada $\frac{dy}{dx}\Big|_1^{(k-1)} = f(x_1, y_1^{(k-1)})$ dir.

Böylece istenildiği kadar düzeltme yapılarak y_1 bulunur. Bundan eonra aynı yol takip edilerek $y_2 \ldots\ldots y_n$ in hesaplanmasına geçilir.

$$y_n^{(i)} = y_{n-1} + \frac{h}{2}\left(\frac{dy}{dx}\Big|_{n-1} + \frac{dy}{dx}\Big|_n^{(k-1)}\right) \qquad (6.8)$$

6.3. tkinoi Mertebeden Doğrusal Diferansiyel Denklemlerin Çözülmesi:

Eğer bir diferansiyel denklemin en yüksek mertebeli (n inci) türevi, daha küçük mertebeli türevler ve denkleminin bağımlı ve bağımsız değişkenleri cinsinden ifade edilebiliyorsa bu denklem basit bir değişken transformasyonu ile n tane birinci mertebeden denkleme indirilebilir.

Dinamik stabilite etüdündeki salınım denklemi bu cinsten olduğu için iki tane birinci dereceden denklem olarak ifade edilebilir.

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

$\frac{d\delta}{dt} = W$ olduğuna göre, bu bağıntı kullanılarak denklem (6.9):

$$\frac{d\delta}{dt} = W - 2\pi f$$

$$\frac{dw}{dt} = \frac{1}{M}(P_s - P_e)$$

sistemi ile İfade edilebilir.

Düzeltilmiş Euler Metodu yukarıdaki iki denklemi! sisteme de uygulanabilir:

$$\frac{dy}{dx} = f(x, y, z) \qquad (6.10)$$

$$\frac{dz}{dx} = g(x, y, z)$$

verilmiş olsun. x_o, y_o, z_o başlangıç değerleri İçin $y_1^{(0)}$ ve $z_1^{(0)}$ aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$y_1^{(o)} = y_o + h \left.\frac{dy}{dx}\right|_o \qquad (6.11a)$$

$$z_1^{(o)} = z_o + h \left.\frac{dz}{dx}\right|_o \qquad (6.11b)$$

Burada $\left.\frac{dy}{dx}\right|_o = f(x_o, y_o, z_o)$ ve $\left.\frac{dz}{dx}\right|_o = g(x_o, y_o, z_o)$ dır. $y_1^{(o)}$, $z_1^{(o)}$ değerleri $y_1^{(1)}$ ve $z_1^{(1)}$ in bulunmasında kullanılır.

$$y_1^{(1)} = y_o + \frac{h}{2}\left(\left.\frac{dy}{dx}\right|_o + \left.\frac{dy}{dx}\right|_1^o \right) \qquad (6.12a)$$

$$z_1^{(1)} = z_o + \frac{h}{2}\left(\left.\frac{dz}{dx}\right|_o + \left.\frac{dz}{dx}\right|_1^o \right) \qquad (6.12b)$$

Burada :

$\left.\frac{dy}{dx}\right|_1^o = f(x_1, y_1^o, z_1^o)$ ve

$\left.\frac{dz}{dx}\right|_1^o = g(x_1, y_1^o, z_1^o)$ dır.

Bölüm (6.2) de olduğu gibi burada da her aralık iğin düzeltme istenildiği kadar devam ettirilebilir.

7. ELEKTRONİK HESAP MAKİNASI İLE DİNAMİK STABİLİTE [2] :

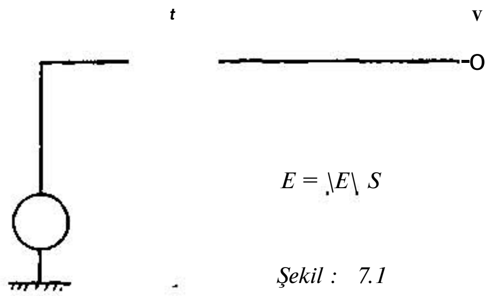
7.1. Yapılan Kabuller:

Diğer şebeke etüdlertnde olduğu gibi dinamik stabllite etüdlerlnde de hesaplama zamanını hızlandıncı ve iglem sayısını' azaltıcı bazı kabuller yapılabilir. Makinaların daha ayrıntılı olarak tamamlanması ikaz sistemleri ve türbünün özel-likllerinde hesaba katmak mümkündür. Ancak bu ayrıntılı etüdler daha ziyade özel maksatlarla kullanılır. Pratikde daha basit, ve daha çabuk sonuçlar veren etüdler genellikle ayrıntılı olanlarına tercih edilir. Bu maksatla aşağıdaki kabuller yapılır:

1 — Atalet sabitesi M, makina hakikaten senkron çalışma durumundan çıkmadıkça W daki değişiklik çok küçük olacağından, etüdün yapıldığı zaman araliğv İçinde sabit kabul edilir.

2 — Mekanik güç P_m in etüdün yapıldığı zaman aralığı içinde (1-2 saniye) sabit kaldığı kabul edilir.

3 — Her senkron makina tranzient reaktansı arkasında sabit gerilim; genliği ve değişken g açısı ite tanımlanır.



Şekil : 7.1

Z = transient reaktans + armatür rezistansı.

4 — Bir makinaya ait salınım eğrisi maximum bir değerden sonra küçülmeğe başlarsa o makinanın senkron çalışmasının bozulmayacaığı kabul edilir.

Bu şekilde sistemin stabilitesi periyodu en büyük olan eğrinin ilk masumum noktası ile tayin edilir.

5 — Etüd esnasında en önemli oldukları için yalnız senkron generatörler hesaba dahil edilir.

6 — Yükler, anza etüdlerinde olduğu gibi bara ile toprak arasına bağlı sabit admitanslar olarak gösterilir.

7 — Stabilite etüdlerl genellikle yalnız kısa devre halleri için yapılır. Çünkü bir şebekede stabiliteyi bozabilecek en önemli arızalar kısa devrelerdir.

7.1. Çözümün Kademeleri :

Elektronik hesap makinaları ile dinamik stabilite etüdü aşağıdaki sıraya göre yapılır.

1. Etüdün başlangıç değerlerini bulabilmek için arıza öncesi durumunda bir yük akışı yapılır.

2. Yük akışı sonuçlan kullanılarak makinaların tranzient reaktanslarının ardındaki gerilimler bulunur.

3. Generatörlerin gerilimleri eşdeğer akım kaynaklarına çevrilir.

4. Yükler eşdeğer admitanslara çevrilir.

5. Yük akışı sonuçlarından generatörün elektriksel gücü bulunur. Kayıplar ihmal edilirse bu güç bara gücüne eşittir. Ayrıca t = o iken elektriki güç mekanik güce eşittir.

6. Şebekenin düğüm denklemleri teşkil edilir.

7. Kısa devre edilen baranın gerilimi sıfıra eşitlenir, ve o baraya ait denklem düğüm denklem sisteminden çıkanJır. Anza hat üzerinde herhangi bir noktada kabul edilirse o noktaya bir bara ilâve edilir.

8. Düğüm denklemleri t = o anı (kısa devrenin meydana geldiği an) için çözülür.

Ö. Ğeneratörlerin ürettikleri güçler bu çözümün sonuçlarından hesaplanır.

$$P_{ei} = G_{er}(I_i E^*_i)$$

Burada

1,-OD,—V,)y

Toplam y = translent ve trafo reaktanslannın toplam admltansı.

10 — Bulunan güçler salınım denklemlerinde yerine konur ve g,., = 1, •••k çözülür.

11. § ların elde edilmesiyle transient reaktanffln ardındaki gerilimlerin (bunların genlikleri etüd boyunca sabittir) yeni değerleri bulunur.

12. Bu gelimler kullanılarak düğüm denklemlerinin akım vektörü yeniden tegkil edilir.

13. Elde edilen yeni düğüm denklemleri bir sonraki zaman aralığında yeniden çözülür.

14. 9 uncu kademeden itibaren işlem tekrar edilir.

15. Arızanın temizlendiğinin kabul edildiği ana gelindiği zaman düğüm denklemleri üzerinde arıza şartı (gerilimin sıfırlanması ve bir denklemin kaldırılması) kaldırılır ve işleme aynı kademeler takip edilerek devam edilir.

16. Çözüm 1 veya 2 saniye kadar devam ettirilir.

7. örnek Programının Akıg Diyagramı :

Yazarlar tarafından geliştirilmiş, olan dinamik stabillte programının akış diyagramı ana hatlarıyla aşağıda verilmiştir.

Şebekeye ait bilgileri oku
M = Generatör sayısı

↓

Stabilite etüdü ile ilgili bilgileri oku
N = Arızalı bara numarası
A T = Zaman aralığı
S = Arızanın kaldırıjdığı an

↓

Y Matrisini teşkil et

↓

Ğeneratörlerin tranzient reaktanslarım (x) ve trafo reaktanslannı (x_t) oku, Atalet sabitelerini oku

↓

Ymatrisinl değiştir
Xve X, yi ilâve et

↓

Yük akışından elde edilen sonuçları oku
V|«, P, Q

↓

Generatör boralarında tranzient reaktansın altındaki gerilimi (E) bul ve. eşdeğer akım kaynağına çevir.

↓

Yükleri eşdeğer admltanslara çevir, ve Y matrisine ekle

↓

Akım vektörünü teşkil et

↓

Zamanı sıfıra eşitle
T = 0

↓

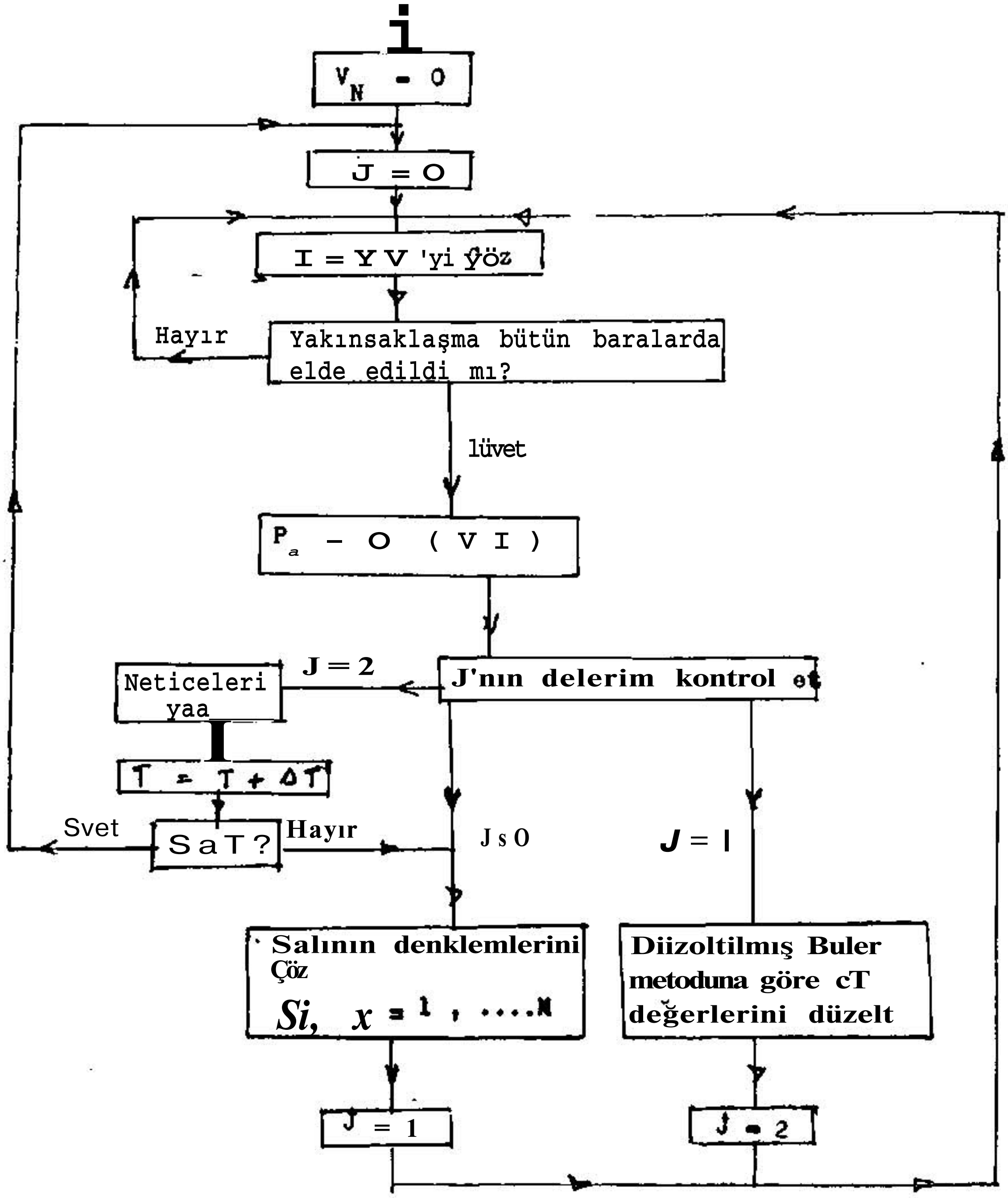
Yukarıda verilen akış diyagramı bir dlnamU stabilite çözümünü en genel hatlarıyla belirtmektedir. Pratikte karşılaşılan bir çok problem örneğin hatların eklenip çıkarılması, generatör baralarındaki yükler, bu diyagramın uygun yer lerine eklenebilir. Diğer itiraftan yalnız programlama tekniğini ilgilendiren problemler de vardır.

Bunların içinde, programı elektronik hesap makinesinin hız ve hafıza kapasitesine uygun olarak hazırlamak en önemlisidir.

Bununla beraber bu makalede verilenler pratik bir dinamik stabilite programı hazırlanması için temel teşkil ederler.

Berefanslar :

1. B. Stot, O. Tarkan; Elektrik Enerjisi Şebekeleri Çözümlerinde Mcdern Metodlar, O. D.T.Ü. Yayınları 1969.
2. G. W. Stagg, A. H. El-Ablad, Computer Methods in Power System Analysis, Mc Graw-Hill, 1968.
3. B. Stott, O. Tarkan, Elektronik Hesap Mıkinalan ile Enerji Şebekelerinin Analizi, Elektrik Mühendisliği Cilt 12, Sayı 134, Şubat 1968.
4. C. E. Fröberg, Introduction to Numeric.il Analysis, Addison Wesley, 1966.
5. E. W. Kinbark, Power System Stability. Cilt I, John Wiley, 1957.



V_N - 0
J = O
I = Y V 'yi çöz
Hayır
Yakınsaklaşma bütün baralarda elde edildi mı?
lüvet
P_a - O (V I)
J = 2
J'nın delerim kontrol et
Neticeleri yaa
T = T + ΔT
Svet
SaT?
Hayır
J s 0
J = 1
Salının denklemlerini Çöz
Si, x = 1 , ...N
Düzeltilmiş Buler metoduna göre cT değerlerini düzelt
J = 1
J = 2