

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Lineer Opt. Dig. Reg. Tas. ve Tur. Uyg.

Yüksek Lisans Tezi

Ahmet Tunçer

1987

65

2500

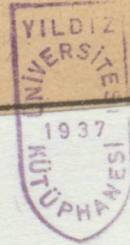
YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

LİNEER OPTİMAL DİGİTAL REGÜLATÖR
TASARIMI
VE
TURBOGENARATÖRE UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELK. MÜH. Ahmet TUNÇER

YILDIZ UNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R 152
Alındığı Yer : Fen Bil. Ens. 65
Tarih : 8.12.1988
Fatura :
Fiatı : 2500 TL
Ayniyat No : 1/21
Kayıt No : 45751
UDC : 378.242
Ek : 621.3



YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELK. MÜH. Ahmet TUNÇER

Bu çalışmada, birtek turbogeneratörün ve birden fazla turbogeneratörün güç sisteminde bulunması durumunda, gerilim, güç ve frekans kontrolü için optimal lineer çok değişkenli digital bir regülatör tasarımı amaçlanmıştır.

Birinci bölümde turbogeneratör ve yükün matematiksel modeli ele alınmıştır. Turbogeneratörün matematiksel modeli durum denklemleri biçiminde yazılmış ve birden fazla makinanın bulunması durumunda sistem durum denklemleri genişletilmiştir. Sistem modelinde generatörlerin sonsuz güçlü baralara bağlı olduğu varsayılmıştır.

İkinci bölümde sistem kontrolü için optimal regülatör tasarımı ele alınmıştır. Geri besleme bilgisi olarak rotar açısı, hızı, aktif güç, gerilim, mekanik moment ve buhar girişleri düşünülmüş ve verilen optimal lineer kontrol algoritmasına göre sistemin digital kontrolü sistemde yapılmıştır.

Üçüncü bölümde tek makina ve birden fazla makinaların bulunduğu durumlar için, verilen kontrol algoritmasının bilgisayar simülasyonu yapılmış ve sonuçlar grafik olarak verilmiştir. Nümerik sonuçlar bu kontrol sisteminin geçerliliğini göstermektedir.

In this study, when there are one generator or multi-generators in a power system, it is aimed to design the optimal linear multi variable digital regulator to control the output voltage, output power and frequency.

In the first section, the mathematical models for generator and load are given. The state equations of a generator are written and when there are multigenerators in the power system, these state equations are extended. It is assumed that the generators are connected to the infinite-bus in the presented power system model.

In the second section, optimal regulator design is realized for the power system control. The angle and velocity of rotor, active power, output voltage, mechanical moment and steam input are considered as feedback information. An optimal linear control algorithm is presented for the power system mentioned above.

Finally the control algorithm presented is simulated on a digital computer when there are one generator or multi generators in the system. The results obtained are discussed and shown by graphics. Numerical results show the validity of this control system.

I-Çalışıldığında gibi alternatif akım, günümüzde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanılan alternatif akımın tamamına yakın kısmı senkron generatörlerden elde edilir. Senkron generatörler elektrik teknolojinin en eski makineleridir. Çok lamalı kollektorun bulunmasından çok Faraday ve Faraday'ın elektrodinamik endükeyonu bulmasından hemen sonra döner bobinleri olan alternatif akım üreten makineler yapılmıştır. Bu günkü büyük generatörlerin ilk örnekleri 19.yy başında yapılmıştır. Önceleri hantal yapıda çok düşük güçler üreten bu makineler zamanla küçülmüş, ürettikleri güç ise artmıştır. Büyük güçlü makinelerin yapılması, turbogeneratörlerin geliştirilmesiyle mümkün olmuştur.

İÇİNDEKİLER

ÖZET

1- GİRİŞ

2- OPTİMAL LİNEER DİTAL REGÜLATÖR

3- TASARIM İÇİN TURBOGENERATÖR MODELİ

4- TEK MAKİNALI SİSTEMİN TASARIMI

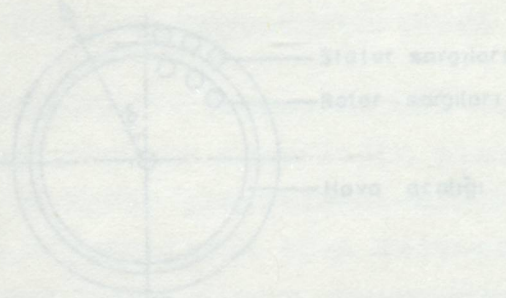
5- ÇOK MAKİNALI SİSTEMİN İNCELENMESİ

6- SONUÇ

EKLER

KAYNAKLAR

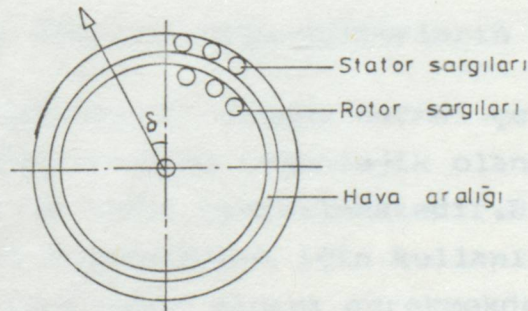
ÖZGEÇMİŞ



Şekil-1- Silindirik rotorlu makinanın kesiti.

I-GİRİŞ-Bilindiği gibi-alternatif akım,günümüzde çok yaygın olarak kullanılmaktadır.Kullanılan alternatif akımın tamamına yakın kısmı senkron generatörlerden elde edilir. Senkron generatörler elektrik teknolojisinin en eski makineleridir.Çok lamalı kollektorun bulunmasından çok önce ve Faraday'ın elektrodinamik endüksiyonu bulmasından hemen sonra döner bobinleri olan, alternatif akım üreten makineler yapılmıştır.Bu günkü büyük generatörlerin ilk örnekleri 19.yy başında ortaya çıkmıştır.Önceleri hantal yapıda çok düşük güçler üreten bu makineler zamanla küçülmüş, ürettikleri güç ise artmıştır.Büyük güçlü makinelerin yapılması,turbogeneratorların geliştirilmesiyle mümkün olmuştur. Bu gün Nükleer santraller için 150 MVA'lık turbogeneratörler yapılabilmiştir.

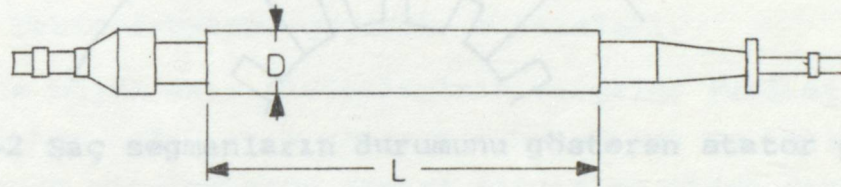
İki tür senkron generator vardır.Çıkık rotorlu ve yuvarlak rotorlu,senkron generator.Yuvarlak rotorlu generatörler çok yüksek devirlere çıkabildiklerinden turbogenerator olarak adlandırılırlar.Turbo generatorlarda kutup sayısı çoğunlukla 2 ve 4 seyrek olarak 6 olup, kutup tekerleği çapı küçük fakat rotor boyu uzundur.Rotor üzerine açılmış oluklara DA sargısı yerleştirilir.Uyarma alanının sinüs formunda olabilmesi için DA sargısı rotor çevresinin 2/3 üne açılmış oluklara yerleştirilir.Bu makinalarda hava aralığı çevre boyunca sabit olduğundan stator ve rotor sargılarının öz ündüktansları rotorun dönme açısına bağlı değildir.Aşağıdaki şekilde silindirik rotorlu senron makinanın rotor eksenine dik bir düzlemle kesiti görülmektedir.



$$\begin{aligned} L_s &= s b t \\ L_r &= s b t \\ M &= M_0 \cos p\theta_r \\ p &> 1 \end{aligned}$$

Şekil-1-Silindirik rotorlu makinanın kesiti.

1-2.YAR Turbogeneratorların sınır güçlerinde çok hızlı gelişmeler olmuş ve bugün 1500 MVA'lık sınıra kadar gelinmiştir. Bu gücün aşılabacağı ve daha büyük güçlere ulaşılacağı günler yakındır. Tablo 1-de imal edilmiş turbogeneratorlara ait karakteristik değerler verilmiştir. Çok büyük güçteki turbogeneratorlarda var olan sorunlar hakkında bilgi edinebilmek için, aşağıdaki tabloda ki rotor ve statoru hidrojen gazıyla doğrudan soğutmali turbogeneratorlara ait değerlere bakmak yeterlidir. Bugün bazı teknik nedenlerden (Hidrojenin yanıcı bir gaz olması ve saklanması zorluğu gibi) ve daha etkili bir soğutma sağlamak amacıyla hidrojen yerine su kullanılmaktadır.



Şekil-2 Sağ segmentlerin durumunu gösteren stator parçası

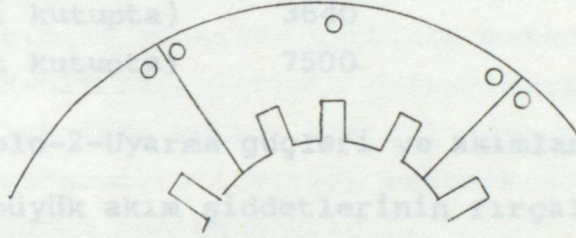
Çok büyük güçlerde hava ile soğutma yetmediğinden hidrojen veya suyla soğutma yöntemleri uygulanır. Statora a-

S	400	800	1200	MVA
rotor	3	4	4	atü
stator	3	4	4	atü
D	1064	1200	1250	mm
L	5,2	6,6	8,0	m
rotor ağırlığı	46	75	100	ton

Tablo-1-Çok büyük güçlü turbogeneratorların rotor boyutları

Turbogeneratorlarda rotorun normal çevre hızı 50 m/s kadar olmakla beraber, bugünkü teknolojik olanaklarla sınır hız olarak 200 m/s ye kadar çıkabilmektedir. Bu kadar büyük mekanik zorlamalara dayanabilmek için kullanılacak malzemenin üstün niteliklere sahip olması gerekmektedir. Çünkü turbogeneratorlarda tam yükün ani olarak kalkmasında, devir sayısı nominal devir sayısının 1,25 katına çıkar.

I-2.YAPILARI Turbogeneratorların statorları 0,5 mm'lik, demir kayıpları düşük, yüksek kaliteli saçlardan yapılır. Büyük makinalarda (Sağ dış çapının 100 mm'den büyük olması durumunda) stator, tabakalarda kaydırmalar yapmak suretiyle üstüste istiflenen saç segmanlardan oluşur. Stator olukları bu saç segmanların otomatik makinalarda zımbalanması suretiyle hazırlanır. Büyük makinalarda yani makinanın aktif uzunluğunun büyük olması durumunda, stator saç paketinin soğumasını sağlamak amacıyla stator saç paketi 5-6 cm boyunda birçok kısımlara bölünür ve bu kısımlar arasında birer cm.lik hava aralıkları bırakılır.



Şekil-2 Saç segmanların durumunu gösteren stator parça

Çok büyük güçlerde hava ile soğutma yetmediğinden hidrojen veya suyla soğutma yöntemleri uygulanır. Statora açılmış bulunan duklara makinanın faz sayısına göre alternatif akım sargıları yerleştirilir.

Senkron makinalarda hava aralığı diğer elektrik makinalarına oranla büyüktür. Hava aralığının büyük olması oluklardan dolayı meydana gelecek yüksek harmonikleri azaltacağı gibi makinanın daha iyi soğumasını sağlar.

Turbogeneratörlerde, rotor büyük çevre hızlarına çıktığından, büyük merkezkaç kuvveti oluşur, eğer rotor iyi dengelenemezse rotor mili yerinden çıkabilir. 40000 KVA'lık bir turbogeneratörde, rotor oluşunda 1/10 mm.lik hassasiyetsizlik, 280 gr.lık bir statik dengesizliğe sebep olur ki, bu da nominal devir sayısında yaklaşık olarak 1000 Kg.lık bir merkezkaç kuvvete karşılık düşer. Bu örnek rotorun ne kadar hassas imal edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Bugün, varılan güç sınırlarında turbogeneratörlerde uç gerilimi 27 KV'a kadar çıkmıştır. Böyle yüksek gerilim altında çalışan bir makinanın çok iyi yalıtılması gerekir.

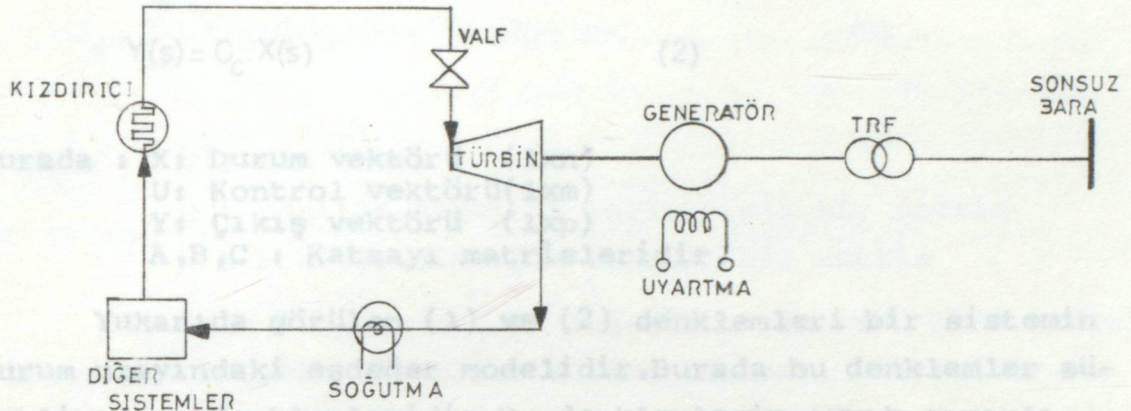
Bu bakımdan çok iyi yalıtılması gereken alternatif akım sargısının dönen kısımda bulunması sakıncalıdır. Bu nedenle orta ve büyük güçlerde kutupları rotor üstüne, alternatif akım sargılarının da stator oluklarına yerleştirilmesi yoluna gidilmiştir. Aşağıdaki tabloda çeşitli turbogeneratorlar için yaklaşık olarak uyarma gücü ve uyarma akımı verilmiştir.

Turbogenerator MVA	Uyarma gücü KW	Uyarma Akımı A
400(İki kutupta)	1250	2500
750(İki kutupta)	2300	4600
1200(İki kutupta)	3640	5200
1500(Dört kutupta)	7500	10000

Tablo-2-Uyarma güçleri ve akımları.

Böyle büyük akım şiddetlerinin fırçalar yardımıyla iletilmesi hem doğru akım generatorunun fırça ve kollektörünün hemde alternatorun uyarma sargısına giden fırça ve biletziklerinde bazı sakıncalar meydana getirdiği gibi doğru akım generatorunda da kontrüksiyon problemleri ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle önceleri uyarma generatorunu üç fazlı generator olarak seçip, redresörlerle doğrultup generatore uygulama yönüne gidilmiştir. Daha sonraları yarı iletken teknolojisinin gelişmesiyle daha küçük ve mekanik zorlamalara daha dayanıklı redresörler yapılabilmektedir. Böylece artık redresörler rotora yerleştirilmiştir. Bu çok lamalı kollektörün zararlı etkilerini ortadan kaldırılmasını sağlamıştır.

TÜRBİN-TURBOGENERATÖR SİSTEMİ-Yukarıda anlatılan turbogeneratorun çalışabilmesi için, mekanik olarak tahrik edilmesi gerekir. Biz burada tahrik edici sistem olarak buhar türbinini ele alacağız. Şekil 3'te böyle bir sistem şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil-3-Turbogeneratör-Türbin sistemi.

İşlemlerimizi yaparken türbinin mekanik çalışma prensipleriyle, mekanik kısımlarının çalışmasıyla ilgilenmeyeceğiz. Bizi ilgilendiren buharı kontrol eden valfin pozisyonu ile, türbinin generatöre ilettiği mekanik momenttir. Bunlar sistemimizin durum değişkenleridir.

OPTİMAL LİNEER DİJİTAL REGÜLATÖR :

Bir türbin-Turbogeneratör sisteminin uygun kontrolü otomatik kontrol regülatörü ve türbin kontrolörü kullanılarak sağlanabilir. Burada temel amaç generatörün ve geriliminin istenen değerde tutulması ve sistemin hızının değişken işletme şartlarında özel referans seviyelerindeki sabit değerlerde tutulmasıdır. Burada yüksüz durumdan, yüklü duruma geçilmesiyle, uç geriliminde %-0,5'lik, hızda ise %4'lük bir değişme sınırına izin verilir. Turbogeneratörler için önerilen çok değişkenli kontrolörler aşağıdaki kategorilere ayrılır.

- Sadece uyartmayla ilgili olanlar,
- Türbin ve uyartma kontrolünü sağlayanlar,
- Sadece geçici rejim şartlarını kapsayanlar,
- Durum değişkenlerinden yararlanarak tam kapsamlı kontrol sağlayanlar.

Biz burada en son yöntemi kullanarak, kontrol sistemi kuracağız. Bu yöntemin uygulanabilmesi için ilk önce sistemin durum denklemlerini çıkarmak gereklidir.

$$\dot{X}(s) = A_c X(s) + B_c U(s) \quad (1)$$

$$Y(s) = C_c X(s) \quad (2)$$

Burada : X: Durum vektörü (1xn)

U: Kontrol vektörü(1xm)

Y: Çıkış vektörü (1xp)

A,B,C : Katsayı matrisleridir.

Yukarıda görülen (1) ve (2) denklemleri bir sistemin durum uzayındaki eşdeğer modelidir. Burada bu denklemler sürekli zaman denklemleridir. Bu denklemlerin ayrık zamanlı hale getirilmesi gereklidir. Bunun için seriye açılım yöntemleri kullanılır.

$$A = I + A_c T + \frac{A_c^2 T^2}{2!} + \dots \quad (3)$$

$$B = (I.T + \frac{A_c T^2}{2!} + \frac{A_c^2 T^3}{3!} + \dots) B_c \quad (4)$$

$$C = C_c \quad (5)$$

(3),(4),(5) formülleri bu dönüşüm için gerekli olan formüllerdir. Bunlar uygulanırsa sistemin denklemleri aşağıdaki hale gelir.

$$X(k+1) = A X(k) + B U(k) \quad (6)$$

$$Y(k) = C X(k) \quad (7)$$

(6),(7) denklemleri, sistemin ayrık zamanlı durum denklemleridir. Artık sistemimiz dijital kontrole uygun hale gelmiştir. Sistemin, X durum değişkenlerinden, U kontrol girişine bir geribesleme yapılarak regülatör oluşturulur. Regülatör oluşturulunca U giriş matrisi ,

$$U = K X \quad (8) \quad \text{olur.}$$

Burada U ve X sırasıyla K'nın kontrol matrisi olduğu yerde, U_0 ve X_0 referans değerinden kontrol ve durum vektörlerinin sapmalarını gösterir. Yapılan tasarımı daha mükemmel hale getirmek geribesleme matrisini daha iyi değerlere ayarlamak için tasarımın optimum hale getirilmesi gerekmektedir. Bunun için quadratik kost fonksiyonu adı verilen matematiksel fonksiyonun minimum yapılması gereklidir. Bu fonksiyon aşağıda verilmiştir.

$$J_N = \sum_{k=0}^N X^T(k) \cdot Q(k) \cdot X(k) + U^T(k) \cdot R(k) \cdot U(k) \quad (9)$$

Burada : N : Son değer

Q : Pozitif, simetrik yarıtanımlı bir matris

R X Pozitif, simetrik tanımlı bir matris

(9) nolu denklemdeki J değerinin minimum hale getirilmesiyle bulunan U^0 optime edilmiş kontrol matrisidir. Bu bir dinamik progama algoritması kullanılarak yapılan optimizasyondur. Quadratik performans indeksinin kontrol girişlerinde katı sınırlamayı kapsamı mümkün değildir, fakat R matrisindeki uygun değerlendirmeye yumuşak sınırlamalar yapılabilir. Q Matrisindeki değerlendirme direkt olarak K matrisinin değerine etki eder. Bu işlemlerden sonra (8) denklemde verilen regülör denklemi

$$U^0 = K \cdot X \quad (10)$$

haline gelir.

REGÜLATÖR TASARIMI İÇİN TURBOGENERATOR MODELİ :

Generatörlerin, kontrol işlemlerinde kullanılabilen modellemesi ilk olarak 1930'lu yıllarda R.H.Park tarafından yapılmıştır. Bu denklemler q-d referans eksenlerinden yararlanılarak yazılmış nonlinear denklemlerdir. Bu denklemlerde yapılan iyileştirmelerle, bugün her turbogeneratörü kontrol işlemlerinde temsil edebilecek olan 5. mertebeden nonlinear denklemler elde edilmiştir.

$$\begin{bmatrix} \varphi_{fd} \\ \varphi_d \\ \varphi_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{fd} - x_{ad} & 0 \\ x_{ad} - x_d & 0 \\ 0 & 0 & -x_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{fd} \\ i_d \\ i_q \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$p\varphi_{fd} = \omega_0 (V_{fd} - R_{fd} i_{fd}) \quad (12)$$

$$V_d = -\varphi_q \quad (13)$$

$$V_q = \varphi_d \quad (14)$$

$$p^2 \delta = \frac{\omega_0}{2H} (T_M - T_E - k_d p \delta) \quad (15)$$

$$T_E = \varphi_d i_q - \varphi_q i_d \quad (16)$$

Burada kullanılan sembol ve rotasyonlar ek-1'de verilmiştir. Modeli hazırlanırken bu modelin çok makinallı bir sistemde de kullanılacağını göz önüne alırsak her makinanın d-q ekseninden genel D-Q ortak eksenlerine geçmek gereklidir. 1. generatörün bağlantı düğümünde generatör ve devre gerilimi bileşenleri aşağıdaki denklemlerle diğerlerine bağlanır.

$$\begin{bmatrix} V_d^i \\ V_q^i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \delta^i & \sin \delta^i \\ \sin \delta^i & \cos \delta^i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_d^i \\ V_q^i \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$V_{DQ}^i = [T]^i \cdot V_{dq}^i \quad (18)$$

Bu denklemlerden yararlanarak sistemin durum-uzay eşdeğer modelini çıkarabiliriz.

Devrenin 1. düğümündeki akım şu şekilde ifade edilebilir.

$$I^i = Y_{ii} \cdot V^i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m Y_{ij} \cdot V^j \quad (19)$$

Burada ;

I - i. düğüme gelen akım ($i= 1,2,\dots,N$)

V - i. düğümdeki gerilim ($i= 1,2,\dots,N$)

Y - i. düğümdeki self admittans ($i= 1,2,\dots,N$)

Y - i. ve j. düğümler arasındaki karşılıklı indüktans ($j= 1,2,\dots,N, j \neq i$)

Generatörün eşdeğer lineer modelini elde etmek için, burada generatör girişindeki küçük değişikliklerin uzak makinaları etkilemeyeceği kabul edilir, buna bağlı olarak i. generatörün girişindeki küçük değişikliğe bağlı olarak ara düğümlerdeki gerilim değişimleri ihmal edilebilir.

O nedenle (19) nolu denklem bir çalışma noktasında şöyle ifade edilebilir.

$$\Delta I^i = Y_{ii} \Delta V^i \quad (20)$$

Burada ΔI^i ve ΔV^i i. generatörün girişinin küçük düzensizliğine bağlı olarak i. düğümdeki kompleks gerilim ve akımdır. Bu küçük değişimleri tümdurum değişkenlerine uygularsak yeni durum vektörümüz,

$$\Delta X = X_0 - X \quad (21)$$

olur. Burada X_0 referans seviyesi, X durum değişkeninin o andaki anı değeri, ΔX ise aradaki farktır ve bu fark çok küçük değerlerde olacağından eşitliklerimiz lineer hâle gelir. (20) nolu denklem şu şekilde yazılabilir.

$$\Delta V_{DQ}^i = [Z_e^i] \cdot \Delta I_{DQ}^i \quad (22)$$

Burada alt tanım DQ, ortak DQ referans çerçevesi içerisinde gerçek bileşenlere ait olduğunu gösterir.

$$\Delta V_{DQ}^i = \begin{bmatrix} V_D^i \\ V_Q^i \end{bmatrix}$$

$$\Delta I_{DQ}^i = \begin{bmatrix} I_D^i \\ I_Q^i \end{bmatrix}$$

$$[Z_e^i] = \begin{bmatrix} r_e^i & -x_e^i \\ x_e^i & r_e^i \end{bmatrix}$$

$[Z_e^i]$ i. düğüm ile, tüm diğer düğümler arasındaki transmisyon empedansından hesaplanabilir. Eğer i. düğümü, N düğümün toplamından sadece P düğümüne bağlanırsa Z_e^i şu şekilde hesaplanabilir.

$$\frac{1}{Z_e^i} = \frac{1}{Z_{i1}} + \frac{1}{Z_{i2}} + \dots + \frac{1}{Z_{iP}} \quad (23)$$

Burada Z_{ij} generatör i. nin terminaline bağlı, i. ve j. düğümler arasındaki transmisyon empedansıdır.

$$Z_e^i = R_e^i + jX_e^i \quad (24)$$

(22) nolu denklemi (18) nolu denklemde yerine koyarsak şu sonuç elde edilir.

$$\Delta V_{DQ} = [Z^i]_{DQ} \Delta I_{DQ} + K^i \Delta \delta_d^i \quad (25)$$

Burada ,

$$\begin{bmatrix} Z_e^i \end{bmatrix}_{dq} = \begin{bmatrix} T^i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_e^i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T^i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_e^i & -X_e^i \\ X_e^i & R_e^i \end{bmatrix}$$

$$K^i = |T^i|^i \left\{ |Z_e^i| \cdot \beta_o^i - \gamma_o^i \right\} = \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \end{bmatrix}$$

$$\gamma_o^i = \begin{bmatrix} -V_q \\ V_d \end{bmatrix} \quad \beta_o^i = \begin{bmatrix} -I_q \\ I_d \end{bmatrix}$$

(25) nolu denklemi ayırırsak,

$$\Delta V_d^i = R_e^i \Delta I_d^i - X_e^i \Delta I_q^i + K_1 \Delta \delta^i \quad (26)$$

$$\Delta V_q^i = X_e^i \Delta I_d^i + R_e^i \Delta I_q^i + K_2 \Delta \delta^i \quad (27)$$

elde edilir. Denklem (16) ve (17) R_e^i ve X_e^i için de sistemin kalanına; i. düğümünün tüm ara bağlantılarını kapsar ve i. generatorun eksen akım bileşenleri anlamında bir ifade verir.

(11), (13) ve (14) denklemlerine dönerek aşağıdaki denklemler elde edilir. Generator tarafından gerilim bileşenlerini belirleyerek

$$\Delta V_{dq} = |C|^i \cdot \Delta i_{dq}^i + |\varphi|^i \cdot \Delta \varphi_t^i \quad (28)$$

Burada ;

$$[C] = \begin{bmatrix} 0 & x_q \\ -x_d^i & 0 \end{bmatrix} ; \quad \varphi = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{x_{ad}}{x_{fd}} \end{bmatrix} ; \quad x_d^i = x_d - \frac{x_{ad}^2}{x_{fd}}$$

$$\Delta I_d^i = K_5 \Delta \varphi_t^i + K_6 \Delta \delta^i \quad (29)$$

$$\Delta I_q^i = K_7 \Delta \varphi_t^i + K_8 \Delta \delta^i \quad (30)$$

Buradaki K sabitleri Ek-2.de verilmiştir.

$$\Delta V_d^i = K_{13} \Delta \varphi_t^i + K_{14} \Delta \delta^i \quad (31)$$

$$\Delta V_q^i = K_{15} \Delta \varphi_t^i + K_{16} \Delta \delta^i \quad (32)$$

Bu denklemler i.genaratörün gerilim ve akım ekseninin varyasyonu, durum değişkenleri φ^i ve δ^i nin fonksiyonları olarak tanımlanır.

(28) ve (32) denklemlerinin (12) ve (16) denklemlerinde yerine koyarsak,

$$\Delta T_e^i = K_{17} \Delta \varphi_f^i + K_{18} \Delta \delta^i \quad (33)$$

$$p \Delta \delta^i = \frac{\omega_0}{2H} (\Delta T_M^i - K_{17} \Delta \varphi_f^i - K_{18} \Delta \delta^i - K_d p \Delta \delta^i) \quad (34)$$

$$p \Delta \varphi_f^i = K_{21} \Delta \varphi_f^i + K_{22} \Delta \delta^i + K_{23} \Delta U_e^i \quad (35)$$

Burada türbine ait durum denklemlerinin de yazarsak,

$$p \Delta G_V^i = \frac{1}{T_G} (\Delta G_V^i - \Delta U_g^i) \quad (36)$$

$$p \Delta T_M^i = \frac{1}{T_h} (\Delta G_V^i - \Delta T_M^i) \quad (37)$$

Sistemin i.genaratörünün modeli aşağıdaki gibi olur.

$$\Delta \begin{bmatrix} \dot{\delta}^i \\ p \dot{\delta}^i \\ \dot{\varphi}_f^i \\ \dot{G}_V^i \\ \dot{T}_M^i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\omega_0}{2H} K & -\frac{\omega_0}{2H} K & -\frac{\omega_0}{2H} K & 0 & \frac{\omega_0}{2H} \\ K_{22} & 0 & K_{21} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & K_{28} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & K_{30} & K_{31} \end{bmatrix} \Delta \begin{bmatrix} \delta^i \\ p \delta^i \\ \varphi_f^i \\ G_V^i \\ T_M^i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ K_{23} & 0 \\ 0 & K_{29} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \Delta \begin{bmatrix} U_e^i \\ U_g^i \end{bmatrix} \quad (38)$$

ΔU_e^i ve ΔU_g^i sırasıyla uyartma ve valfin kontrol girişleridir. Daha düzenli bir ifadeyle,

$$\dot{X}^i = A_e^i X^i + B_e^i U^i \quad (39)$$

i. generatör için (38). denklem bir eşdeğer durum - Uzay modelidir.

Magnetik akı kaçağı φ_f^i bir durum değişkeni olarak gözükür fakat bu büyüklük kolayca ölçülemez. Aynı zamanda kontrolün iyi olup olmadığına ölçüt olan V_t uç geriliminin durum değişkeni olması istenir. Ayrıca kontrol da bazı ek avantajlar getirdiği için aktif güç P_t de durum değişkeni haline getirilebilir.

Bazı kabullerle ;

$$\varphi_f \cong V_t$$

$$T_e \cong P_t$$

alınabilir.

$$p\Delta V_t = K_{32}\Delta V_f + K_{34}\Delta V_t + K_{35}\dot{\Delta\delta} + K_{36}\Delta\delta \quad (40)$$

$$p\Delta V_t = K_{32}\Delta V_f + K_{34}\Delta V_t + K_{35}\dot{\Delta\delta} + K_{36}\Delta\delta \quad (41)$$

olur.

$$\Delta T_e \cong \Delta P_t = K_{17}\Delta\varphi_f + K_{18}\Delta\delta \quad (42)$$

$$\Delta\varphi_f = \frac{1}{K_{17}}\Delta P_t - \frac{K_{18}}{K_{17}}\Delta\delta \quad (43)$$

$$K_{40} = \frac{1}{K_{17}} ; \quad K_{41} = \frac{K_{18}}{K_{17}}$$

alınırsa,

$$\Delta\varphi_f = K_{40}\Delta P_t - K_{41}\Delta\delta \quad (44)$$

olur. Buradan (41) denkleme geçersek.

$$\Delta V_t = K_{32}K_{40}\Delta P_t - K_{32}K_{41}\Delta\delta + K_{34}\Delta V_t + K_{35}\dot{\Delta\delta} + K_{36}\Delta\delta \quad (45)$$

$$K_{42} = K_{32}K_{40} ; \quad K_{43} = K_{36} - K_{32}K_{41}$$

alınırsa

$$\Delta\dot{V}_t = K_{42}\Delta P_t^i + K_{34}\Delta V_t^i + K_{35}\dot{\Delta\delta}^i + K_{43}\Delta\delta^i \quad (46)$$

(46) nolu denklem yeni durum değişkenimiz olur.

$$\Delta\dot{\varphi}_f = K_{21}\Delta\varphi_f + K_{22}\Delta\delta + K_{22}\Delta U_e \quad \text{denklemini alalım,}$$

ve bu denkleme (44) nolu denklemin türevini alarak ekleyelim.

$$K_{40} \Delta \dot{P} - K_{41} \Delta \dot{\delta} = K_{21} K_{40} \Delta P - K_{21} K_{41} \Delta \delta + K_{22} \Delta \delta + K_{23} \Delta U \quad (47)$$

$$\Delta \dot{P}_t = K \Delta P_t + \frac{K_{22} K_{21} K_{41}}{K_{40}} \Delta \delta + \frac{K_{41}}{K_{40}} \Delta \dot{\delta} + \frac{K_{23}}{K_{40}} \Delta U_e \quad (48)$$

$$\frac{K_{41}}{K_{40}} = \frac{K_{18} / K_{17}}{1 / K_{17}} = K_{18} \quad ; \quad K_{44} = K_{22} K_{17} - K_{21} K_{18}$$

$$K_{45} = \frac{K_{23}}{K_{40}} = K_{23} K_{17}$$

olarak yerlerine konursa

$$\Delta P_t^i = K_{21} \Delta P_t^i + K_{44} \Delta \delta^i + K_{18} \Delta \dot{\delta}^i + K_{45} \Delta U_e^i \quad (49)$$

(49).denklem bir durum denklemidir.Şimdi (34).denkle-
mi ele alarak üzerinde gerekli dönüşümü yapalım.

$$p \dot{\delta} = \frac{\omega_0}{2H} (\Delta T_M - K_{17} \Delta \varphi_f - K_{18} \Delta \delta - K_d p \Delta \delta) \quad (50)$$

$$p \dot{\delta} = \frac{\omega_0}{2H} (\Delta T_M - K_{17} K_{40} \Delta P_t + K_{17} K_{41} \Delta \delta - K_{18} \Delta \delta - K_d p \Delta \delta) \quad (51)$$

$$p \dot{\delta} = \frac{\omega_0}{2H} (\Delta T_M - \Delta P_t + K_{18} \Delta \delta - K_{18} \Delta \delta - K_d p \Delta \delta) \quad (52)$$

$$p \dot{\delta}^i = \frac{\omega_0}{2H} (\Delta T_M^i - \Delta P_t^i - K_d p \Delta \delta^i) \quad (53)$$

(53).denklemden bir durum denklemidir.Yeni durum uzayı
esdeğer modelini yazarsak.

$$\Delta \begin{bmatrix} \dot{\delta}^i \\ p \dot{\delta}^i \\ \dot{V}_t^i \\ \dot{P}_t^i \\ \dot{G}_V^i \\ \dot{T}_M^i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{\omega_0}{2H} K_d & 0 & -\frac{\omega_0}{2H} & 0 & -\frac{\omega_0}{2H} \\ K_{43} & K_{13} & K_{14} & K_{42} & 0 & 0 \\ K_{44} & K_{18} & 0 & K_{21} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & K_{28} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & K_{30} & K_{31} \end{bmatrix} \Delta \begin{bmatrix} \delta^i \\ p \delta^i \\ V_t^i \\ P_t^i \\ G_V^i \\ T_M^i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ K_{45} & 0 \\ 0 & K_{29} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \Delta \begin{bmatrix} U_e^i \\ U_9^i \end{bmatrix}$$

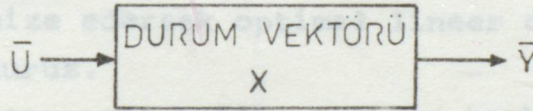
deği Buradaki G_v (Kontrolör valf pozisyonu) ve T_M (Mekanik moment) büyüklükleri kesin olarak ölçülebilen iç ve dış büyüklüklerdir. ifade edemelerinden kaynaklanmaktadır.

Yukarı Eşdeğer durum-uzay modelinin bu şekli, klasik yada modern kontrol tekniğini kullanarak çok makinalı sistemlerde turbogeneratorlar için kontrolör tasarlamakta kullanılabilir.

Bu bölümde yapılan kabuller sonucunda elde edilen lineer modelin sadece kontrol sistemlerinin tasarımında kullanılabilirliğini belirtmek yerinde olur. Tek makinalı bir sistemin modellenmesi ve tasarımın yapılabilmesi için gerekli değerler kolayca elde edilebilecek makina parametreleridir. Durum değişkenleriyle giriş büyüklükleri kolayca ölçülebilen değerlerdir.

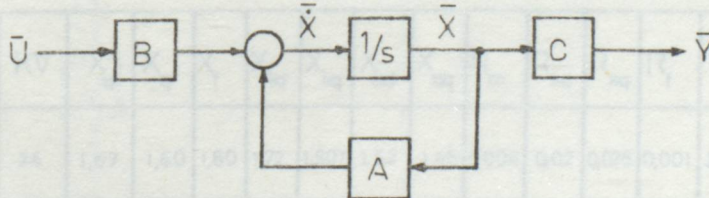
TEK MAKİNALI SİSTEMİN TASARIMI :

Turbogenerator sisteminin durum uzayında ki modelini düşünelim bu bir giriş ve bir çıkış vektörü içeren basit bir şekille (Şekil-4) i ifade edilsin. Bu şekilden de bir adım öteye giderek durum vektörü bloğunu açalım ve A, B, C matrislerinin de işe katalım.



Şekil.4

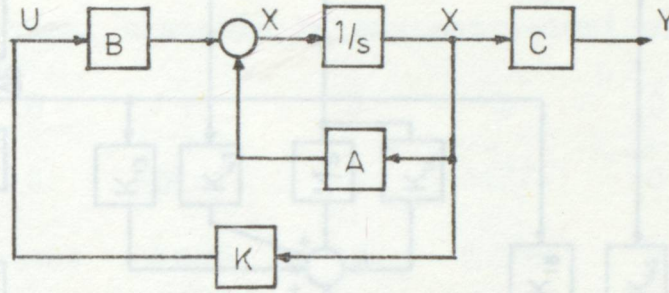
Böylece Şekil.5 deki daha gelişmiş yapı elde edilecektir. Burada A gerçek anlamda bir geribesleme olmayıp durum değişkenleriyle ilgili bir matristir.



Şekil.5

Şimdi buradan bir regülatör oluşturmaya çalışalım, bunun için durum değişkenlerinden girişe bir geribesleme bağlantısı kurmalıyız. Geribesleme için çıkışlar yerine durum

değişkenlerinin seçilmesinin sebebi çıkışlarında zaten birer durum değişkeni olması fakat sayıları daha az olduğundan sistemi iyi ifade edememelerinden kaynaklanmaktadır. Yukarıdaki şekile geribeslemeyide katarsak yeni şeklimiz aşağıda görüldüğü gibi olur.



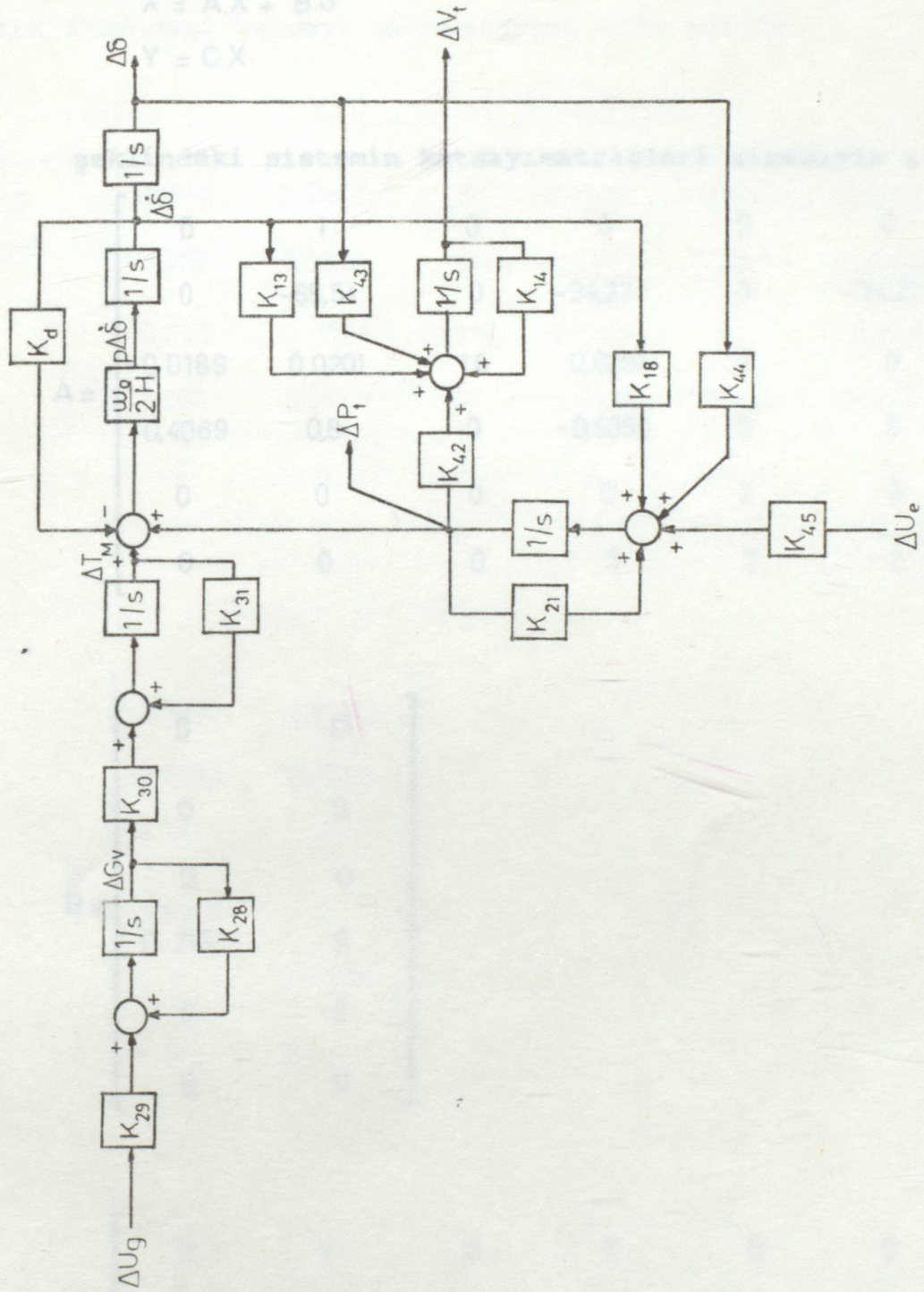
Şekil.6

Burada görülen sistem artık lineer bir regülatördür sistemi dijital hale getirirsek sayısal çözüm yöntemlerine ulaşmak daha kolay olur. Ayrıca sistemi daha kullanışlı hale getirmek için değer fonksiyonunu kullanarak sistemi optimize edersek optimal lineer dijital regülatör elde etmiş oluruz.

Şimdi tasarımda kullanacağımız turbogeneratör modelini göz önüne alalım. (Şekil. 7) Buradaki şekil nispeten basittir, fakat kendisinden daha karmaşık modellerden daha kullanışlıdır. Buradan tasarıma geçmek için kullanacağımız turbogeneratör parametreleri tabloda verilmiştir.

MVA	KV	X_d	X_q	X_f	X_{kd}	X_{kq}	X_{ad}	X_{aq}	R_m	R_{kd}	R_{kq}	R_f	H	T_G	T_H
448	24	1,67	1,60	1,60	1,72	1,507	1,52	1,45	0,004	0,02	0,025	0,001	2,155	0,5	0,5

Tablo - 3 -



Şekil -7 - Lineer turbogeneratör modelinin blok diyagramı.

Tablo- 3 - deki parametreleri kullanarak ek de verilen sabitleri hesaplayabiliriz. Bu hesaplamaları yaparsak

$$\dot{X} = A.X + B.U$$

$$Y = C.X$$

şeklindeki sistemin katsayımatrisleri sırasıyla :

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -68,54 & 0 & -34,27 & 0 & -34,27 \\ -0,0189 & 0,0201 & 18 & 0,0233 & 0 & 0 \\ 0,4069 & 0,8 & 0 & -0,5056 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & -2 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0,2157 & 0 \\ 0 & -2 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

olur.

Bu matrisler sistemin sürekli zamandaki matrisleridir. Sistemin ayrık zamanlı matrislerini elde etmek için $T=0,1$ alırsak ve ek- - de verilen programı kullanırsak sistemin ayrık zamandaki katsayı matrislerini elde ederiz.

$$A = \begin{bmatrix} 0,9995 & 0,01409 & 0 & -0,0412 & -0,0037 & -0,0386 \\ -0,0167 & 0,0001 & 0 & -0,4621 & -0,0848 & -0,4056 \\ -0,002 & 0,0003 & 1,1972 & 0,0015 & 0 & 0,0008 \\ 0,039 & 0,0112 & 0 & 0,9176 & -0,0029 & -0,0309 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1,2214 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,2013 & 0,8187 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} -0,0003 & 0,0002 \\ -0,0088 & 0,0074 \\ 0 & 0 \\ 0,0207 & 0 \\ 0 & -0,2214 \\ 0 & -0,02 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Şimdi sıra,kuadratik değer fonksiyonunu (yada performans indeki) kullanarak optimal lineer regülatorun tasarımı-na geldi.Kontrol Kanununa göre

$$U^o = -K(k).X(k) \quad (54)$$

Burada geribesleme tüm durum değişkenlerinden yapıldığından sistem tam-durumlu (full-State) diye anılır.Buradaki üst indisi optimal kontrolü gösterir.Minimumlaştıracak değer fonksiyonu

$$J_N = \sum_{k=0}^N X^T(k).Q(k).X(k) + U^T(k).R(k).U(k) \quad (55)$$

Burada N sondeğer,Q(k) pozitif yarıtanımlı ağırlık matrisi R(k) pozitif tanımlı ağırlık matrisidir.Ayrıca işlemlerde birde yardımcı P matrisi kullanılır.

Değer fonksiyonunu minimumlaştırmak için ek. - te verilen programı kullanacağız.Burada kullanacağımız ağırlık matrisleride sırasıyla şunlardır.

$$Q = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

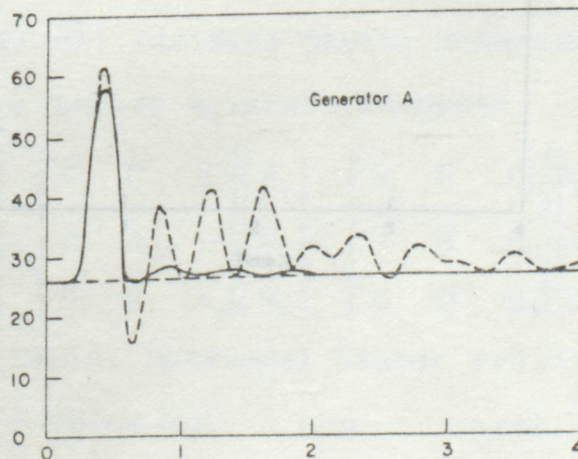
$$R = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 10 \end{vmatrix}$$

Minimumlaştırma işlemi tamamlandığında elde edilen matrisler sarasıyla

$$P = \begin{vmatrix} 21,4008 & 0,2077 & 0 & -7,6364 & -2,597 & -3,1149 \\ 0,2077 & 0,0021 & 0 & -0,0691 & -0,0237 & -0,0307 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -7,6364 & -0,0691 & 0 & 3,5966 & 1,2055 & 1,2508 \\ -2,5971 & -0,0237 & 0 & 1,2054 & 10,4854 & 0,4358 \\ -3,1149 & -0,0307 & 0 & 1,2508 & 0,4358 & 0,5061 \end{vmatrix}$$

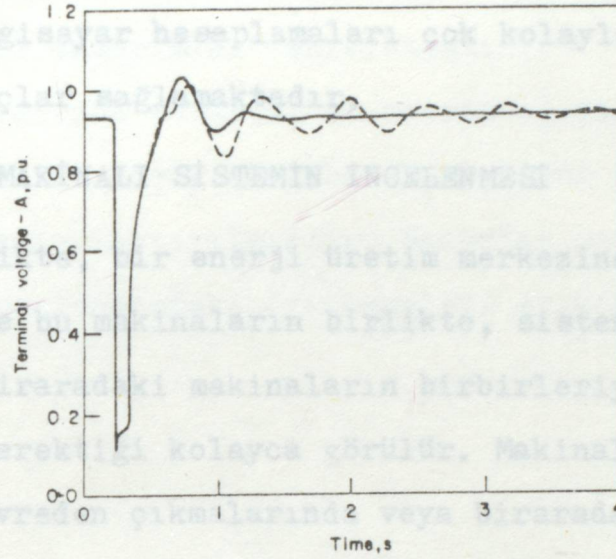
$$K = \begin{vmatrix} 0,1611 & 0,0014 & 0 & -0,0769 & -0,0257 & -0,0265 \\ -0,4122 & -0,0037 & 0 & 0,1946 & 1,889 & 0,0694 \end{vmatrix}$$

dır. Böylece regülatör kolayca tamamlanmış olur. Regülatör daha önceden anlatıldığı gibi referanstan sapmaya göre çalışmaktadır, Sapmaların belirlenmiş olan tolerans miktarlarından daha büyük değerler almasını önler. Çıkışları şekillerde görmek mümkündür.

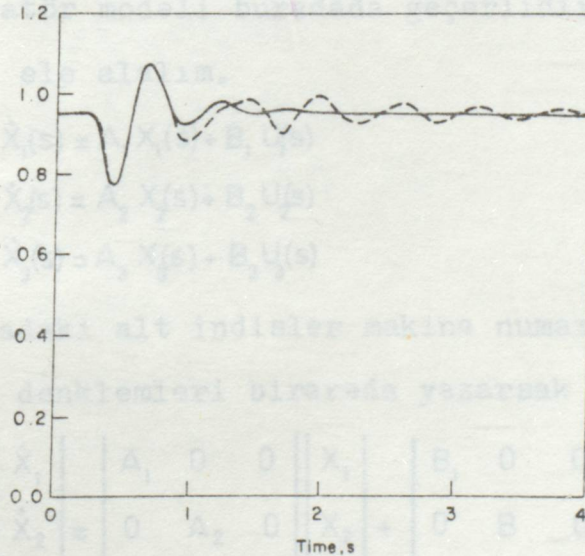


Şekil- - Rotor açısının değişimi.

Görüldüğü gibi modern kontrol teorisini kullanarak yapılan bu regülatör tasarımı, bilgisayar yardımıyla kolayca gerçekleştirilmekte ve oldukça iyi sonuçlar vermektedir. Burada kuralan algoritmalar bilgisayar yöntemlerine uygun olduğundan, bilgisayar hesaplamaları çok kolaylaştırmakta ve daha



Şekil- - Terminal geriliminin değişimi



Şekil- - Aktif güç eğrisi

Görüldüğü gibi modern kontrol teorisini kullanarak yapılan bu regülatör tasarımı, bilgisayar yardımıyla kolayca gerçekleştirilmekte ve oldukça iyi sonuçlar vermektedir. Burada kuralan algoritmalar bilgisayar yöntemlerine uygun olduğundan, bilgisayar hesaplamaları çok kolaylaştırmakta ve daha hassas sonuçlar sağlamaktadır.

ÇOK MAKİNALI SİSTEMİN İNCELENMESİ

Pratikte, bir enerji üretim merkezinde birden çok makina olduğu ve bu makinaların birlikte, sistemi beslediği düşünülürse; bu biraradaki makinaların birbirleriyle uyum içinde çalışmalarını gerektiği kolayca görülür. Makinaların devreye girmelerinde, devreden çıkmalarında veya birarada çalıştıklarında, oluşabilecek uyumsuzlukların önüne geçmek için bir kontrol mekanizması şarttır. Bu da optimal dijital kontrolden yararlanarak sağlanabilir. Şimdi çok makinalı sistemlere örnek olmak üzere üç makinalı sistemleri ele alalım, daha önce çıkartmış olduğumuz turbogeneratör modeli buradada geçerlidir. Her makinanın durum denklemini ele alalım.

$$\dot{X}_1(s) = A_1 X_1(s) + B_1 U_1(s) \quad (56)$$

$$\dot{X}_2(s) = A_2 X_2(s) + B_2 U_2(s) \quad (57)$$

$$\dot{X}_3(s) = A_3 X_3(s) + B_3 U_3(s) \quad (58)$$

Buradaki alt indisler makina numarasını göstermektedir.

Yukarıdaki denklemleri birarada yazarsak

$$\begin{bmatrix} \dot{X}_1 \\ \dot{X}_2 \\ \dot{X}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & A_2 & 0 \\ 0 & 0 & A_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & B_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix} \quad (59)$$

Bu denklemde Matrisyel olarak yeniden yazarsak

$$\dot{X}(s) = A X(s) + B U(s) \quad (60) \quad \text{olur. Bu denklemlerde}$$

önce ayırık zamanlı hale getirip sonrada değer fonksiyonunu kullanarak optime edersek çok makinalı sistem için bir regülatör oluşturmuş oluruz.

SONUÇLAR

Bu çalışma lokal ölçümleri kullanarak ve diğer ünitelerle olan bağlantıları göz önüne alarak, tekmakinalı ve çokmakinalı güç sistemlerindeki turbogeneratörler için çok değişkenli bir regülatör tasarımı tanımlamıştır.

Regülatörün tasarımı ve matris ağırlıklarının seçimi, turbogeneratörün düşük mertebedeki eşdeğer modellerinin uygulanmasıyla kolaylaştırılmıştır. Sonuçlar metodun etkinliğini özetler ve perfonmastaki iyileşmeleri açık olarak gösterir.

$$K_9 = \frac{\Delta \omega}{\Delta \omega} (X_9) K_9$$

$$K_{10} = (X_{10}) K_9$$

$$K_{11} = X_{11} K_9$$

$$K_{12} = -X_{12} K_9$$

$$K_{13} = R_1 K_9 + X_1 K_9$$

$$K_{14} = R_2 K_9 + X_2 K_9 + R_3$$

$$K_{15} = X_3 K_9 + R_4 K_9$$

$$K_{16} = X_4 K_9 + R_5 K_9 + K_9$$

$$K_{17} = \Phi_1 K_9 + L_1 K_9 - \Phi_2 K_9 - L_2 K_9$$

$$K_{18} = \Phi_3 K_9 + L_3 K_9 - \Phi_4 K_9 - L_4 K_9$$

$$K_{19} = \frac{1}{\Delta \omega} \frac{\Delta \omega}{\Delta \omega} K_9$$

$$K_{20} = \frac{\Delta \omega}{\Delta \omega} K_9$$

$$K_{21} = \frac{\Delta \omega}{\Delta \omega} K_9$$

$$K_{22} = -\frac{\Delta \omega}{\Delta \omega} K_{20}$$

$$K_{23} = \frac{\Delta \omega}{\Delta \omega} K_9$$

$$K_{24} = 1/T_0$$

$$K_{25} = K_{24}$$

$$K_{26} = 1/T_0$$

$$K_{27} = K_{26}$$

Ek 1- Modelde kullanılan sabitler :

$$K_3 = (x_d') - x_e - \frac{R_e}{x_q + x_e}$$

$$K_4 = \frac{R_e}{x_q + x_e}$$

$$K_5 = \frac{-x_{ad}}{x_{fd} \cdot K_3}$$

$$K_6 = K_4 / K_3$$

$$K_7 = \frac{R_e K_3}{x_q + x_e}$$

$$K_8 = \frac{1}{x_q + x_e} (R_e K_6 + K_1)$$

$$K_9 = \frac{x_{ad}}{x_{fd}} + (x_d') K_5$$

$$K_{10} = (x_d') \cdot K_6$$

$$K_{11} = -x_q \cdot K_7$$

$$K_{12} = -x_d \cdot K_8$$

$$K_{13} = R_e K_5 + x_e K_7$$

$$K_{14} = R_e K_6 + x_q' K_8 + K_3$$

$$K_{15} = x_e K_5 + R_e K_7$$

$$K_{16} = x_e K_6 + R_e K_8 + K_2$$

$$K_{17} = \varphi_{d0} K_7 + I_{q0} K_9 - \varphi_{q0} K_5 - I_{d0} K_{11}$$

$$K_{18} = \varphi_{d0} K_8 + I_{q0} K_{10} - \varphi_{q0} K_6 - I_{d0} K_{12}$$

$$K_{19} = \frac{1}{x_{fd}} + \frac{x_{ad}}{x_{fd}} K_5$$

$$K_{20} = \frac{x_{ad}}{x_{fd}} K_6$$

$$K_{21} = \omega_0 r_{fd} \cdot K_{19}$$

$$K_{22} = -\omega_0 r_{fd} \cdot K_{20}$$

$$K_{23} = \frac{\omega_0 \cdot r_{fd}}{x_{ad}}$$

$$K_{28} = 1 / T_G$$

$$K_{29} = -K_{28}$$

$$K_{30} = 1 / T_h$$

$$K_{31} = -K_{30}$$

EK_2_

READY.

```

10 REM BU PROGRAM SUREKLI SITEM MATRIS
20 REM LERINDEN AYRIK ZAMANLI SITEM
25 REM MATRISLERINI HESAPLAR
30 DIM A(10,10),B(10,10),R(10,10),S(10,10)
40 DIM K(10,10),L(10,10),G(10,10),H(10,10)
50 REM A VE B SUREKLI SITEM MATRISLERI
60 REM R AYRIK ZAMANLI A MATRISI
70 REM S AYRIK ZAMANLI B MATRISI
80 REM G,H,K,L CALISMA MATRISLERI
90 PRINT "T,SITEM MERTEBESI,GIRIS SAYISI";
100 INPUT T,N,P
110 PRINT "SERININ YAKINSAMA KATSAYISI";
120 INPUT F
130 PRINT "A MATRISINI GIRIN"
140 MAT AINPUT A(N,N)
150 PRINT "B MATRISINI GIRIN";
160 MAT INPUT B(N,N)
170 PRINT "T=";T
180 PRINT "SITEM MERTEBESI=";N
190 PRINT "GIRIS SAYISI=";P
200 PRINT "SUREKLI SITEM A MATRISI"
210 MAT PRINT A
220 PRINT "SUREKLI SITEM B MATRISI"
230 MAT PRINT B
240 REM MATRIS ISLEMLERI
250 MAT R=IDN(N,N)
260 MAT S=IDN(N,N)
270 MAT L=IDN(N,N)
280 MAT G=ZER(N,N)
290 MAT H=ZER(N,N)
300 MAT K=ZER(N,N)
310 FOR J=1 TO F
320 MAT G=L
330 MAT L=(T/(J+1))*G
340 MAT G=L
350 MAT L=G*A
360 MAT S=S+L
370 MAT K=(J+1)*L
380 MAT R=R+K
390 NEXT J
400 MAT H=S
410 MAT S=(T)*H
420 MAT G=ZER(N,P)
430 MAT G=S*B
440 PRINT "AYRIK ZAMANLI A MATRISI"
450 MAT PRINT R
460 PRINT "AYRIK ZAMANLI B MATRISI"
470 MAT PRINT G
480 END

```

READY.

EK_3_

KAYNAKLAR

```

10 REM BU PROGRAM VERILMIS KUADRATIK DEGER FONKSIYONUNDAN
20 REM MINIMUMLASTIRARAK OPTIMUM KAZANC MATRISINI HESAPLAR
30 REM KAZANC MATRISI K DIR. P MATRISIYLE BIRLIKTE YAZDIRILACAKTIR
40 DIMA(12,12),B(12,5),Q(12,12),R(5,5),P(12,12),K(5,12)
50 DIMT(12,12),U(5,12),V(12,5),W(5,5),X(5,5),Y(5,12),Z(12,12)
60 J=0
70 PRINT"GIRIS SAYISI,SISTEMIN MERTEBESI,SINIR DEGERI,ITERASYON SAYI"
80 INPUTM,N,S1,P2:11 inc.
90 J2=0
100 MAT T=ZER(N,N)
110 MAT U=ZER(M,N)
120 MAT V=ZER(N,M)
130 MAT W=ZER(M,M)
140 MAT X=ZER(M,M)
150 MAT Y=ZER(M,N)
160 MAT Z=ZER(N,N)
170 MAT K=ZER(M,N)
180 MAT P=ZER(N,N)
190 PRINT"A MATRISINI GIR"
200 MAT INPUT A(N,N)
210 PRINT"B MATRISINI GIR"
220 MAT INPUT B(N,M)
230 PRINT"Q MATRISINI GIR"
240 MAT INPUT Q(N,N)
250 PRINT"R MATRISINI GIR"
260 MAT INPUT R(M,M)
270 MAT P=Q
280 MAT U=TRN(B)
290 MAT Y=U*P
300 MAT W=Y*B
310 MAT W=W+R
320 MAT X=INV(W)
330 MAT K=Y*A
340 MAT Y=X*K
350 MAT K=(-1*Y)
360 MAT T=B*K
370 MAT T=T+A
380 MAT Z=P*T
390 MAT T=TRN(A)
400 MAT P=T*Z
410 MAT P=P+Q
420 J=J+1
430 IF INT((J-J2)/P2)=0THEN490
440 J2=J
450 PRINT"P MATRISI:";J
460 MAT PRINT P
470 PRINT"K MATRISI:";J
480 MAT PRINT K
490 IF J<S1THEN290
500 END

```

READY.

KAYNAKLAR

- 1) KUO BENJAMIN
"Digital Kontrol Systems"
- 2) CHARLES L PHILIPS
"Digital kontrol system analysis and design"
prentice-Hall Inc.
- 3) R.T. PULL MAN B.E and BW HOGG
"Discrete state-space controller for turbogenerator"
Proc IEE Vol 126. No 1, JANUARY 1979 pp 87
- 4) S.M. OSHEBA , BW HOGG
"Equivalent turbogenerator model for design of
multivariable controllers in multimachine systems"
Elektrical power Engergy system vol6 No2 APRIL 1984pp89
- 5) VM RAINA, JH ANDERSON, WJ WILSON and V.H QUINTANA
"Optimal output feedback kontrol of power systems with
high-speed excitation system"
IEE Trans on Pover App.and Sys.Vol 95 No2 pp677
March/April 1976
- 6) IEE COMMITE REPORT
"Dynamic models for steam and Hydroturbines in power
system studies"
- 7) SARIOĞLU M.KEMAL
"Dynamics of electrical machines"
Classnotes for EE 497 MKS

1.8.1964'te Manisa İlinde doğdum. İlk ve orta okulu Manisa'da bitirdim. Lise öğrenimime Manisa Endüstri Meslek Lisesinin, Elektrik bölümünde başladım. Ordan Manisa Teknik Lisesine geçtim Dört yıllık olon bu okuldan üçüncü sınıfta ara sınavına girerek ayrıldım ve o günkü adıyla İ.D.M.M.A olan, Yıldız Üniversitesinin, Mühendislik fakültesi elektrik bölümüne girdim. Buradan 1985 yılında mezun oldum, daha sonra açılan bir sınavı kazanarak Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği bölümüne girdim. Halen orada okumaktayım.

