

56215

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜÇ SİSTEMLERİNDE FREKANS KONTROLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elk.Müh. M.Keskin KILIÇ

Ana Bilim Dalı : ELEKTRİK

Programı : ELEKTRİK

HAZİRAN 1996

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜÇ SİSTEMLERİNDE FREKANS KONTROLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elk.Müh. M.Keskin KILIÇ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 03 Temmuz 1996

Tezin Savunulduğu Tarih : 19 Temmuz 1996

Tez Danışmanı

Yrd.Doç.Dr. Nurettin ABUT

(*Nurettin Abut*.....)

Üye

Doç.Dr. Oruç BİLGİÇ

(*Oruç Bilgiç*.....)

Üye

Yrd.Doç.Dr. Şule KUŞDOĞAN

(*Şule Kuşdoğan*.....)

HAZİRAN 1996

GÜÇ SİSTEMLERİNDE FREKANS KONTROLU

M.Keskin KILIÇ

Anahtar Kelimeler : Güç Sistem Kontrolü, Yük-Frekans Kontrolü, Adaptive Kontrol

Özet : Bu çalışmada, öncelikle yük-frekans problemi (LFC) tanıtılmakta ve sonra çeşitli frekans ölçme algoritmaları üzerinde durulmaktadır. Sistem parametrik belirsizlikleri, tipik değerlerinden %30 ila %50 uyarlanmış parametre değişimleriyle bulunmaktadır. Kurulan kontrolörün dizaynında sadece sistem parametrelerinin sınırları gerekmektedir.



CONTROL OF FREQUENCY IN POWER SYSTEMS

M.Keskin KILIÇ

Keywords : Power system control, load frequency control, adaptive control

Abstract : In this study, first of all, it's introduced problem of load-frequency control and then shown various measured frequency algorithm. The system parametric uncertainties are obtained by changing parameters by %30 to %50 simultaneously from their typical values. In the desing of the proposed controller, only the bounds of system parameters are required.



ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

1970 'li yıllardan beri, güç sistemlerindeki frekansın ayarlanması ile ilgili bir çok çalışma yapılmış olup, halen çok daha değişik frekans ölçme algoritmaları üzerinde çalışılmaktadır.

Büyük güç sistemlerinde, frekanstaki değişimler sistemin ataletinden dolayı yavaş olmasına karşın, küçük güçteki sistemlerin frekans değişimleri çok daha çabuk ve farklı genlikte olmaktadır. İdeal durumda istenen, frekansın öngörülen değerdeki sabit bir genlikte sürekli olarak tutulmasıdır. Bu çalışmada, yük frekans kontrol problemi tanıtılarak, bazı frekans ölçme algoritmaları üzerinde durulmuştur.

Yapılan çalışmanın, konuyla ilgili kişi ve kuruluşlara yardımcı olmasını dilerim.

Bana bu konuda çalışma olanağı veren danışmanım sayın Yrd.Doç.Dr. Nurettin ABUT 'a (KOÜ) teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. FREKANSIN KONTROLU	3
2.1. Yük Frekans Kontrolu (LFC).....	3
2.2. Klasik Yük Frekans Kontrolu.....	5
2.3. İleri Yük Frekans Kontrolu.....	8
BÖLÜM 3. GÜÇ SİSTEM FREKANSI.....	13
3.1. Güç Sistem Frekansının Yüksek Hızlı Tasarlanması İçin Yeni Bir Sayısal Teknik.....	13
3.2. Algoritma Geliştirme	14
3.2.1. Temel PrensiP.....	14
3.2.2. Ayrık Zaman Sinyalinden Frekans Hesaplaması.....	16
3.2.3. Ayrık Zaman Tanıtımından Dolayı Oluşan Hatalar.....	18
3.2.4. Frekans Hesap Algoritması.....	22
3.3. Performansın Değerlendirilmesi.....	23
3.4. Çok Girişli Sinyaller İçin Algoritma Yapısı.....	30
3.5. Sonuçların Değerlendirilmesi.....	31
BÖLÜM 4. KENDİNDEN AYARLI YÜK FREKANS KONTROLU	32
4.1. Çok Seviyeli Adaptive Yaklaşım.....	32

4.2. Kendinden Ayarlı Regülatörlerle LFC Kullanımı.....	33
4.2.1. Parametre Tasarımı.....	33
4.2.2. Minimum Değişken Kontrolü.....	35
4.3. Kontrol Sinyalli Alan Kontrol Hatası.....	36
4.4. Çok Seviyeli Kontrol İçeriğinin, Problem Formülasyonu Kullanımı.....	37
4.5. STR 'nin Her Bir Alan İçin Gerçekleştirilmesi.....	40
4.6. Çok Birimli Durum Altındaki LFC.....	43
4.7. Simülasyon Sonuçları.....	43
BÖLÜM 5. ADAPTİVE YÜK FREKANS KONTROLÜ.....	44
5.1. Belirsiz Sistem Parametreleriyle Yeni Kuvvetli Adaptive Yük Frekans Kontrolü.....	44
5.2. Tesis Modeli.....	45
5.3. Kuvvetli Adaptive Kontrol Dizaynı.....	49
5.3.1. Denkleştirme.....	49
5.3.2. Kontrol Dizaynı.....	50
5.3.2.1. Uyarı 1	52
5.3.2.2. Uyarı 2	54
5.3.2.3. Uyarı 3	54
5.3.2.3.1. Kapalı-çevrim Sistem Sabitesi Analizleri.....	55
5.3.2.4. Uyarı 4	58
5.3.2.5. Uyarı 5	58
5.4. Bir Sistem Örneğinin İncelenmesi.....	60
5.4.1. Uyarı 6	68
5.4.2. Uyarı 7	69
5.4.3. Uyarı 8	69
5.4.4. Uyarı 9	69
5.5. Bölüm Sonuçlarının Tartışılması.....	69
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	71
KAYNAKLAR.....	72
EKLER.....	73
ÖZGEÇMİŞ.....	75

SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR

- $ACE_i(k)$: İkincil alanın k zamanındaki çıkış kontrol hatası
 B : Frekans ön gerilim katsayısı
 $B_i(q^{-1})$: İzoleli ikincil alanın polinomu
 $e_i(k)$: Sıfır anlamındaki beyaz gürültü sessizliği
 $f(t)$: Alan frekans sapması
 Δf_i : İkincil alanın frekans sapması
 $H_c(k)$: FIR filtresi katsayısı
 K : Geri besleme kazanç matrisi
 K_E : İntegral kontrol kazancı
 N_i : İkincil alandaki yük baralarının numarası
 $P_{tie}(t)$: Şebeke sapması
 P_{ties} : Şebeke tablosu güç akışı
 $P_i(k)$: Tasarlama hatası kovaryant matris
 ΔP_{tie-i} : İkincil alanın hat gücü sapması
 ΔP_{ci} : Üretim kontrolü sapması
 $\Delta P_{ci}(k)$: İkincil alanın kontrol girişi
 $\Delta P_{d_i}(k)$: İkincil alan seviyesindeki güç üretiminin inkremental sinyali
 $\Delta P_{Di}(k)$: İkincil alanın her bir seviyesinin ani yük değişimi
 ΔP_{DBi} : Her bir baradaki ani yük değişimi
 $\Delta P_{D_{y,z}}$: Kilitli dış seviyenin yth ve zth daki toplam ani yük geçişimleri
 q^{-1} : Geriye kaydırma operatör sessizliği
 R : Hız regülasyon sabiti
 $\Delta S(k)$: Adım yük değişimleri
 T_G : Regülatör zaman sabiti
 ΔT_G : Regülatör zaman sabiti inkremental değişimi
 $u(t)$: Yük frekans kontrol vektörü
 $V(t)$: Gözlem için sayılan karasız vektör değişim hataları
 $V(x,t)$: Güç sisteminin Lypunov fonksiyonu

$w(t)$: Model hataları için sayılan belirsiz değişken vektör
W_{it}	: Zaman değişken ağırlığı
$x(n)$: Ayrık zaman sinyali
x_{in}	: Ortogonalize edilmiş sinyal
ε, λ	: Dizayn sabitleri
$\varepsilon_i(k)$: Bozucu etkisi sürücü gürültüsü
β_i	: Ağırlık faktörü
$\Delta\lambda(k)$: Beklenmedik tesadüfi değişim
Θ_i	: Vektör parametresi
$\Psi_i(k)$: Gözlenen vektör

ACE	: Alan kontrol hatası (Area Control Error)
BPA	: Temel güç alanı (Basic power area)
EMTP	: Elektromagnetik geçiş programı (Electromagnetics Transient Programme)
EACC	: Hata adapteli kontrol bilgisayarı (Error Adaptable Control Computer)
FIR	: Sonlu darbe cevabı (Finite Impuls Responce)
GRC	: Meydana geliş oran sıkıştırması (Genaration Rate Constraint)
LFC	: Yük frekans kontrolü (Load Frequency Control)
MV	: Minimum değişken (Minimum Variance)
SCE	: Sistem kontrol hatası (System Control Error)
STR	: Kendinden uyarmalı regülatör (Self-Tuning Regulator)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Ortogonal filtreler için frekans büyüklüğü cevabı.....	19
Şekil 3.2. Frekans ölçme Algoritma yapısı.....	22
Şekil 3.3. Sabit sinisoid frekans cevabı.....	24
Şekil 3.4. Yalnız makina güç sistemi için algoritma performansı.....	25
Şekil 3.5. Sonsuz taşıma bağlantısıyla iki makina sistemi.....	27
Şekil 3.6. R barası ve terminal genaratörlerinde ölçülen gerilimden frekans değerlendirmesi.....	28
Şekil 3.7. Harmonik olarak üçüncüde %10 ve beşincide %5 'e bağlı olarak eksponansiyel olarak azalan temel frekans artışı ile algoritma cevap sinyali.....	29
Şekil 3.8. İki faz giriş sinyalinin pozitif faz-sıralı elemanın frekans ölçmesi hassas algoritma yapısı.....	30
Şekil 4.1. Dört - seviyeli hiyerarşik task.....	38
Şekil 4.2. Her bir ikincil alandaki bütün seviyelerde STR 'yi gerçekleştirme...	42
Şekil 5.1. Güç sistemi blok diyagramı.....	46
Şekil 5.2. GCR 'li basit bir güç sisteminin blok diyagramı.....	62
Şekil 5.3. Farklı kontrolör için $\Delta f(t)$ cevapları.....	63
Şekil 5.4. Farklı parametre değişkenleri için $\Delta f(t)$ cevapları.....	64
Şekil 5.5. GRC için $\Delta f(t)$ cevapları.....	67
Şekil 5.6. Farklı K_p için $\Delta f(t)$ cevapları.....	68
Şekil Ek-1.1. 2. alanın yük, üretim ve frekans sapması.....	73
Şekil Ek-1.2. 3. alanın yük, üretim ve frekans sapması.....	74
Şekil Ek-1.3. 4. alanın yük, üretim ve frekans sapması.....	74
Şekil Ek-1.4. 6. alanın yük, üretim ve frekans sapması.....	74

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Türev hata etkisi ve $f_s = 4kHz$ için güç sistem frekansı hesaplanmasında birleşmeli denkleme tekniği.....	21
--	----

e



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Güç ve frekansın kontrolü bilinen yayılmasına rağmen, reaktif güç ve gerilim kontrolü birbiriyle ilgilidir. Frekans ve güç işleminin gerilim kontrolünden ayrı olarak, güç sistemlerinin değerlendirilmesiyle daha iyi bulunacağı tahmin edilir.

Büyük enterkonekte bir sistemdeki, büyük ve küçük üretim sistemleri birbirleriyle senkron olarak bağlıdır ve bunların hepsi aynı frekanstadır. Şebekelerdeki güç kontrolü, ilgili yönetmelikler ve bunları uygulayacak olan mühendislerin etkisiyle olmaktadır. Buna karşılık, sistemler kontrolde ve makinalara yük ayırma işlemleri tamamen otomatik olarak yapılmaktadır.

Yük akışı hesapları analog veya digital bilgisayarlarla yapılmakta olup; genaratörler arasında gerekli gücün ayrılmasına, yükün görünmesinden önce karar verilmesi gerekmektedir.

Aynı periyot üzerinde yapılan bir yük analizi incelenmesinde, incelenen yük periyotundaki yükün yükselme oranının çok yüksek olduğu görülmüştür. Ölçülen değerler, sabahın erken saatlerinde 1000 MW tepe değerinde 2 MW/dk. ve saat 07.00 ila 08.00 arasında 1000 MW tepe değerinde 8 MW/dk. değerindedir. Burada, çıkışların sıfırdan tam yüke hızla yükselmesi önemlidir. Makinaların çıkışı hiç bir zaman sistemdeki yüke tam olarak eşit olmayacağından, bu son derece zor bir durumdur. Eğer çıkış, gerekli olan makinalardan büyükse, hız ve frekanstaki yükseliş karşılıksız olarak sapması artacaktır. Buradan, frekansın sabit bir büyüklük olmayıp sürekli olarak değişkendir, denebilir. Bu varyasyonlar normalde küçüktür ve tüketicilerin çoğunda işletilebilme etkisine sahip değildir.

Frekans sürekli zaman-kaynak standardına karşı kontrol edilir. Yükselme veya alçalma büyük terimlere saptığı zaman, kontrol mühendisleri genaratör akışlarını ayarlamayla uygun etkiyi alırlar.

Toplam üretim değişkenliğinin gerektiği kadar karşılanamadığı durumlarda frekans düşecektir. Eğer frekans 1 Hz 'den daha fazla düşerse,güç istasyon pompalarının, fanların vb. hızı azalır. Bu durumda istasyon çıkış hızlarında azalabilecek olması olaya ciddi bir boyut kazandırmaktadır. Bu tip durumlarda, frekansın azalmasıyla güç ihtiyacında da bir azalma olacağından, gerilim azaltılmalıdır. Eğer bu elverişli bir yük değilse sistemden ayrılmalı ve bu durum frekansın uygun seviyeye gelmesine kadar sürmelidir.

Yükte kararlı bir yükseliş olan sistemde, hız ve frekans bütün enterkonnekte generatörlerde enerji ihtiyacı kinetik veya mekanik enerjiden karşılanıncaya kadar düşer. Bu durum türbinlere buhar girişinde regülatörlerin işletilmesine uygun bir yükseliştedir ve burada yeni bir yük balansı bulunur. Buradaki çalışma frekansı, sistemin diğer birimlerindeki çalışma frekansı ile aynı değerde olmalıdır. Böylece karşımıza, frekansın kontrolü problemi çıkmaktadır.

Bölüm 2 'de incelemiş olduğumuz gibi; temel ve ileri yük frekans kontrolü olmak üzere iki çeşit kontrol sistemi geliştirilmiştir. Bunların her ikisinin arasında çok büyük farklılıklar olmamasına rağmen, ileri yük frekans kontrolü, temel yük frekansına göre, daha fazla geri besleme kontrol düzenekleri içermektedir.

BÖLÜM 2

FREKANSIN KONTROLU

2.1. Yük Frekans Kontrolü (LFC : Load Frequency Control)

Elektrik güç sistemlerinde kontrol aletleri iki temel tip derecesine ayrılır; yerel kontrol ve merkezi kontrol, ayrıca bunlar sistemdeki özel bir coğrafi noktada, noktadaki düzeltme şartlarında kullanılır. Yerel kontrollere birkaç örnek vermek gerekirse; elektrik santrallarına yerleştirilen regülatör ve gerilim regülatörleri ve ayrıca iletim hatlarına yerleştirilen devre kesicilerini gösterebiliriz. Bütün sistemde genel kontrol ölçümleri (bütün sistem alanı, bir grup genaratör, yükler ve iletim hatlarını içerir.) sırayla, düzeltme şartlarında kullanılır. Merkezi kontrol örnekleri Ekonomik Optimizasyon Kontrol ve Yük Frekans Kontrolüdür.(LFC)

Bir LFC kanununun kullanılmasının kolaylığı burada inceleyeceğimizden daha karmaşıktır. Buradaki kolaylık, LFC performansının gerçek değerde kullanıldığı durumun, geliştirilerek karşılaştırılma yapılmasından olmaktadır. Niçin ileri LFC aranılır ? diye bir soru sorulabilir. Klasik LFC her zaman tatmin edici performanstadır.

Gerçekten, klasik LFC oldukça iyi çalışır. Bununla beraber, ileri LFC ile takip eden düzeltmeler sonuçlandırılabilir.

Böylece;

1. Geçiş frekansı osilasyonları azalır.
2. Elektrik santralına gönderilen LFC sinyal sayısı azalır.

Salınımların azaltılmasıyla, kaynak osilasyonları ve bunu takiben frekans düşecektir.

Kaynak osilasyonlarının derecesi elektrik santral veriminde bir yükselişe ve daha az aşınmaya neden olacaktır. Ayrıca, azalan salınımlar sistemin emniyetsiz bölgenin

dışına çıkmasına yardım edebilir; böylece, donatım daha stabildir. Elektrik santrallarına gönderilen LFC sinyalinin bir azalma sayısı, sistemin verimi ve kontrol cihazlarının aşınma azalmasıyla yükselecektir.

Üretim seviyelerinin sürekli değişmesi ekonomik değildir. Ayrıca, değişken yüklerin hızla çekilmesi ve tesadüfi bozucu etkiler değersiz olabilir. Böylece, elektrik santralına gönderilen LFC sinyallerinin sayısı arzu edilen diğer LFC nesnelere olmaksızın minimumlaştırılması istenir. İki veya üç hidro elektrik santrali içeren iki benzetim asıldır; bunlar sırasıyla

1. Salınımlardaki büyük bir azalma iki veya daha fazla saniyedeki periyotla gönderilen ileri LFC sinyalleriyle kazanılmaz. Salınımlar azaltılır, fakat, sabit değildir.

2. Salınımlardaki büyük bir azalma ileri LFC periyodunun azalmasıyla bulunabilir, veya ileri LFC sinyallerindeki yükselme oranı gönderilerek aynı sonuca varılabilir. Bu azalma, elektrik santrallarındaki üretim seviyelerinin değişebilmesiyle sınırlandırılır.

3. İleri LFC de, elektrik santrallarına gönderilen LFC sinyal numarasının azalması ümit verici bir yaklaşımdır. Lineer-artış-ölü bandı kontrol kanunu değişik, esnek ve kolayca tamamlanabilir. Bu durumda, verilen elverişli değişkenler izlenebilir ve kontrol kullanımı için oldukça yararlıdır.

Burada, düşük merkezi kontrol teorisi göz önünde tutulmayıp, tercihan merkezi kontrol göz önüne alınacaktır. Ayrıca, eğer daha fazla merkezi kontrole karar verilseydi, belirli bir alan için bir çok problem; yani, ölçüler, haberleşme hatları, yazılım, ekonomik, vb. gerekir. İleri LFC yönteminde hattın dinamik durumu LFC ile ilgili fikir verebilir. Güç sistem dinamiğinin elverişsiz modellerine kadar uygulanabilen ileri LFC 2.3. de anlatıldığı gibi, geliştirilmiştir. Bilim adamları, ileri LFC 'yi günümüzde avadanlık olarak kesinlikle planlamamaktadır.

2.2. Klasik Yük Frekans Kontrolü

Temel LFC kavramı günümüzde; bir çok enterkonnekte güç sisteminde görülebilir. Bu yöntemde her bir alan için " Alan Kontrol Hatası " (ACE : Area Control Error) hesap edilir.

$$ACE(t) = [P_{tie}(t) - P_{nes}] + B[f(t) - f_s] \quad (2.1)$$

$$ACE(t) = P_{tie}(t) + Bf(t)$$

Burada ;

$P_{tie}(t)$: " elde olmayan birbiriyle değişim " şebeke sapsması,

P_{nes} : şebeke tablosu güç akışı , bağlı hattın alan dışına güç akışıdır.

$f(t)$: alan frekans sapsmasıdır. Tablo frekansından f_s genellikle 50 Hz.dir.

B : Frekans ön gerilim katsayısı ve " alan frekans cevap karakteristiği " ne eşit seçilir.

$U(t)$: LFC kanununun her bir alanda ACE integraline orantılı, parçalı sabit fonksiyondur.

Böylece,

$$IACE(t) = \int_t^0 ACE(s) ds \quad (2.2)$$

$$u(t) = -K[IACE(i\varepsilon)]$$

$$i \in t \ll (1+i) \in$$

$$i = 1, 2, \dots$$

$$\Leftarrow 2 \text{ saniye}$$

şeklinde yazılabilir.

LFC $u(t)$, her iki saniye ACE integraline orantılı bir aralıkla düzeltilir. K nisbeten sabittir. Kontrol kanununun esas formu alanlar arası değişkendir. Gelecek bir ACE sinyal zamanı elektrik santralına iki saniye veya daha fazla EACC (Error Adaptable Control Computer) lojikle gecikmesi zaman ölçümleri arasında yapılır ve elektrik santrali sinyali alır. Bu devamlı zaman sinyali sonra (elektrik santrallerinde) değişken genişlikli kesikli artışlar kumandanın büyüklüğüne çevrilir. (1 den 10 saniye sıralanır.)

BPA (Basic Power Area), LFC 'nin doğru formu burada düzenlenmektedir. LFC kanununun temel karakteristiği, üretim ve sistem içinde bazı yerlerde oluşan yük arası dengesizlikten sonra, her bir alan etkisi ACE 'sinin sıfıra azalmasına neden olur. Sabit durumda elde olmayan birbiriyle değişim ve frekans sapmasının her ikisinde sıfırdır.

Elde olmayan birbiriyle değişim, her bir alan, eğer mümkünse kendi yük dalgalanmaları ayarlamasını ACE kapsamaktadır. Üretim ve sistem içersinde oluşan yük arasındaki dengesizlikten sonra LFC etkisi sabit durumda üretim ve yük, dengesizlik bulunan alanla eşleştirilir.

Frekans sapmasını, frekans kontrolüne, ACE 'de her bir alanın nisbeten katkıda bulunduğunu kapsar. Bu LFC 'nin gelecek kupaıdır. Üretim ve oluşan bir yük dengesizliğinde, bütün alanlar frekans sapmasıyla azaltılır.

Frekans, tablo değerine döndürülür, alan dengesizliğinin doğru orijinali olarak oluşur. Diğer alanlar dengesizlik oluşumundan önceki, şartlara geri döner.

Denklem 2.3. 'de gösterildiği gibi, Alan hatasının toplamı, sistem kontrol hatası diye tanımlanır.

$$SCE = \sum ACE = \sum [P_{tie} + Bf] = (\sum B)f. \quad (2.3)$$

Sabit halde SCE (System Control Error) 'nin oluşu bir aşırılığı veya sistemdeki depo edilen enerjinin çevirme hatasını gösterir. Sistem üretimi ve yük arasındaki dengesizlikten dolayı, bütün alanlar sistem frekansının düzenlenmesi ve depo enerjisinin doğru çevrilmesinde işbirliği yaparlar.

Eğer bir alanda oluşan yük değişimleri, üretim değişimlerine eşlenerek dengelenirse, frekans sapması sifira dönmez. Fakat bu değer, veya bu değerın yakınlarında kalmaya zorlanır. Bu yüzden diğer alanlar yardımcı desteklerle donatılır. B, polarizasyon frekans katsayısı, bu yardımcıılara temin edilen her bir kısmi alanda, alan frekans cevap karakteristiğine eşit seçilir.

LFC kanununun bir inceliği " Hata Adapteli Kontrol Bilgisayarı " na katkısıdır. (EACC)

EACC analizi ACE ' denkleminin 2.1.' in sonucu olup olmadığına karar verir. Aslında üretim ve yük arasındaki dengesizlik, bunun doğruluğunu göstermektedir. Bozucu bir galeri güç sisteminin kendinden sönümüyle (LFC ' siz) oldukça indirgenebilecektir. Bu durumda sistem frekansının tabii peryotları, salınımlarının bir oranında kısmen temel olarak alınabilir. LFC komutları EACC tarafından bloke edilir. Bu azalmaların nedeni kontrolde aşınma, haberleşme ekipmanları ve gerekli sinyal makinalarının verimsizliğiden olmaktadır.

Bu fonksiyonun eşitliği

$$u(t) = \begin{cases} -K(IACE(i \in)) & , ACE(i \in) \text{ 1.tip} \\ u(i \in - \epsilon) & , ACE(i \in) \text{ 2.tip} \end{cases} \quad (2.4)$$

$$i \in \leq t \leq (1+i) \in$$

şeklinde tanımlanır.

Eşitlik 2.2. 'de gösterilen Alan Kontrol Hatası, burada iki tip olarak tanımlanmakta ve buna karşı düşen u(t) Temel LFC kanunu gösterilmektedir.

Temel LFC kanunu, cevap frekansı ve sabit halde bağlı şebeke gücü tablosuna rağmen geçiş sapması olacaktır. Bunun sonucunda ve ayrıca yanlış kontrol yüzünden, ölçü ve haberleşme hataları, birikerek meydana gelen hatalar frekans ve bağlı güç şebekeleri akışın her birinde gelişebilirler. Böylece, LFC 'nin eklenmesinde her bir alan frekans sapmasının ve elde olmayan değişimin integral kontrolunu dener.

Elle veya otomatik ayarlanan frekans ve değişim tablosu f_s ve P_{tes} her ikisi bu toplanan küçük hataların tutulmasıyla yapılır. Bu ayarlamalar günde sadece birkaç kez yapılır. Temel iki saniyelik LFC periyoduna benzemektedir. LFC $u(t)$ her bir alanda çeşitli elektrik santralleri arasında spesifik tablolara nazaran tayin edilir. Her bir alan kendi başına kurularak, hidrolik santral durumundaki güç tablosunun gerekli akım gidiş seviyesi ve üretim faktörlerinin neler olabileceğine karar verilmektedir. Ayrıca daha fazla komutlar, ekonomik gönderme diye bilinir. Elektrik santrallerine her beş saniyede "optimal" çalışma şartlarında gönderilir. Ekonomik gönderme LFC 'den ayrı üçüncü seviyedir. Birinci seviye ayar, ikinci seviye LFC 'dir kontrolünü içermektedir.

Özet olarak, temel LFC kanunu AGE 'nin integrali ile orantılıdır. LFC 'nin, elektrik santrallerinde spesifik tablolara nazaran yeri tayin edilir ve LFC komutları her iki saniyede yollar. Sabit halde LFC kanununun etkisi frekansı düzenler ve bağlı şebekedeki güç, bütün alanlarda tablolara akar. EACC blokları olarak bilinen bir filtre bu komutları büyük bir ihtimalle tesadüfi bozucuların sonuçlarını güç sisteminin tabii sönüm karakteristikleri ile elimine edilecektir. Frekans ve tablolardaki değişmeler f_s ve P_{tes} günde beş kez zaman sapması ve elde olmayan değişimlerin toplamının azalmasıyla yapılacaktır. Ayrıca, daha fazla komut ekonomik gönderme modeli, alandaki santral işletmesi her beş dakikada güç santralına gönderilir.

2.3. İleri Yük Frekans Kontrolü

Bu kısımda, ileri LFC 'nin temel ilkeleri irdelenmektedir. Sadece her iki saniyede gönderilen basit LFC komutları göz önünde tutulur. Ekonomik gönderme, frekans tablosunun ayarlanması ve bağlı şebeke güç tablosu göz önüne alınmaz. İşletim, temel LFC 'den daha dakika veya saniyeler nisbetinde yavaş olduğundan temel LFC tavsiye edilebilir. Bunun sonucunda temel LFC, ekonomik gönderme, sistem zaman sapması ve elde olmayan değişim kontrolünden bağımsız dizayn edilir.

İleri LFC 'nin ilkeleri klasik LFC 'nin aynısı gibidir. Bir kontrol kanunu aşağıda takip eden fonksiyonların performansına yerleşmesi arzu edilir.

1. Eğer mümkünse, her bir alan regülatörleri kendi yük dalgalanmasında olmalıdır

2. Her bir alan yardımcıları diğer alanların kendi yük dalgalanmalarını kontrol edemiyebilir.
3. Her bir alan sistem frekansının kontrolüne katkıda bulunur.
4. Sabit halde, frekans ve bağlı şebeke güç akışı bütün alanlardaki tablolara döner.
5. Her bir alan bunları veya güç sistemi tabii sönümüyle LFC ' siz oldukça elimine edilebilen raslantı bozunumlarından sakınır.

Klasik ve ileri LFC ' nin her ikisinin nesnelere aynı olmasına rağmen ileri LFC farklı durumdadır. Klasik LFC iki değişkenli frekans sapması integrali ve bağlı şebeke güç akışı sapmasının lineer bir kombinasyonudur. Frekans sapması integrali, elde olmayan değişimin integrali, değişken yükler, frekans sapması ve regülatör türbinlerine ilavelerde mümkün olan geri-besleme sinyali göz önünde tutulmaktadır.

Dinamik alan modelinde kısmen temel olarak kullanılan lojik, değişken geri-beslemelerin olduğu durumlarda uygun bir yük tayin etmede kullanılır. Bu model, elektrik santralının dinamiği, yükler, iletim hatları ve alandaki bağlı hatlar, yine bunları takip eden formda tanımlanan diferansiyel eşitlikler konumundadır.

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}x(t) &= Fx(t) + Bu(t) \\ z(t) &= Hx(t) \end{aligned} \quad (2.5)$$

Burada ;

$x(t)$: Değişken bir vektör olup frekans sapması, frekans sapmasının integrali, elde olmayan değişimle birikme, regülatör-türbin değişkenleri, yük değişkenleri olarak alanın "sabit vektör" veya "sabit değişkenler" diye bilinir.

$u(t)$: Yük frekans kontrol vektörü, alanda LFC ilkelerine uygun olarak makina regülatörlerinin hız değiştirme pozisyonlarının ayarlanmasıdır.

$z(t)$: Okunan değişken bir vektör olup, sabit değişkenin lineer kombinasyonudur

F, B ve H : Matris sabitleridir.

Böylece, İleri LFC kanunu

$$u(t) = Kz(i \in)$$

$$i \in t \leq (1+i) \in$$

$$i = 1, 2, \dots$$

$$\in = 2 s$$

(2.6)

şeklinde yazılabilir.

Burada ;

K : Uygun geri besleme kazanç matrisi

$z(i \in)$: Sabit değişkenin lineer bir kombinasyonu olan değişken bir vektör

olarak bilinmektedir.

İleri LFC kanunu, klasik LFC kanunuyla kavramsal olarak aynıdır. $u(t)$ parçalı sabit fonksiyonlar vektörü, okunan z 'nin lineer kombinasyonudur. Her iki saniyede LFC z deki değişimlere bir orantıyla güncelleştirilir. K uygun geri besleme kazanç matrisi olarak bilinir. Özel durumda z sadece frekans sapması ve elde olmayan değişimin integralini içerir. İleri LFC kanunu, klasik LFC kanunu gibi tam olarak aynı forma sahiptir. Bununla beraber, aradaki farkın daha iyi anlaşılabilmesi için iki veya daha fazla gözlem yapılması gerekir. Bundan sonra, dinamik model kullanımı ve kontrol teorisi içeriği ileri LFC ilkelerine uygun bir şekilde dizayn edilir. K uygun geri besleme kazanç matrisidir. Bu matris ileri LFC kanununa yerleştirildikten sonra "ölü bandı" klasik LFC'nin EACC lojik paraleline sığmasıyla değiştirilir.

Dolayısıyla ileri LFC çerçevesinde 2.5. eşitliği

$$\frac{d}{dt} x(t) = Fx(t) + Bu(t) + Gw(t)$$

$$z(t) = Hx(t)$$

(2.7)

şekline gelir.

Burada ;

G : Matris sabiti

$w(t)$: Model hataları için sayılan belirsiz değişken vektördür.

Ölü bandı ile ileri LFC kanunu

$$u(t) = \begin{cases} Kz(i \in) & \Omega z \text{ de } z \text{ yoksa} \\ u(i \in -i) & \Omega z \text{ de } z \text{ var sa} \end{cases} \quad (2.8)$$

$$i \leq t \leq (1+i) \in \quad ; \quad i = 1, 2, \dots$$

2.8 eşitliğindeki ifadeler ile güç sisteminin tabii sönüm karakteristikleri ve rastgele bozucu etkiler indirgenebilmektedir. Kontrol aşınımı, haberleşme ekipmanları ve gerekli duyulan sinyal makinalarının verimsizliği bir LFC ile dizayn edilerek, rastgele bozucu etkilerin, doğru değerlere taşınması azaltılabilir. Böylece, Ωz bölgesinde gözlenen z vektörü, Ωz de içerildiği gibi uydurulduktan sonra LFC $u(t)$ güncelleştirilir.

İleri LFC kanununun diğer bir özelliği gözlem hataları dikkate almasıdır. Modelin daha gerçekçi versiyonu

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} x(t) &= Fx(t) + Bu(t) + Gw(t) \\ z(t) &= Hx(t) + v(t) \end{aligned} \quad (2.9)$$

şeklinde tanımlanabilir.

Burada ;

$v(t)$: Gözlem için sayılan metre, haberleşme vb. kararsız vektör değişim hatalarıdır.

Böylece, İleri LFC kanunu

$$u(t) = \begin{cases} K \underline{x}(i \in / i \in) & \underline{x}(i \in / i \in) , \Omega z' nin elm. de ğil \\ u(i \in - \in) & \underline{x}(i \in / i \in) , \Omega z' nin elm. \end{cases} \quad (2.10)$$

$$i \in \leq t \leq (1+i) \in$$

olarak tanımlanabilir.

Burada $\underline{x}(i \in / i \in)$ sabit vektör olup, $x(i \in)$ 'nin bir tahminidir. $\underline{x}(i \in / i \in)$ bir filtre girişi olarak incelenen $z(t)$ vektörü dinamik hal davranışından yapılmaktadır.

Özet olarak, ileri LFC kanunu ilkeleri, klasik LFC kanununun aynısıdır. İleri ve klasik LFC kanunlarının her ikisi denklem 2.6. 'da gösterilen geri besleme kontrol kanunları gibi gösterilebilirler. Bununla beraber, ileri LFC kanunları, klasik LFC kanunlarından daha fazla geri besleme değişkeni kullanılır.

Bir dinamik modelden K uygun geri besleme kazanç matrisi uyarlanarak kontrol, LFC ilkelerinin anlayışına göre dizayn edilir. Ayrıca, kararsız bir model (Eş. 2.7) "geri besleme artış ölü bandı" kontrol kanunu (2.8) yoluyla ileri LFC değiştirilerek kullanılır. Eşitlik 2.8 deki değişiklik klasik LFC deki EACC 'nin aynısıdır. İnceleme hatalarının hesabı için, ileri LFC kanunu bir sabit dinamik durumuyla kapsamlı olarak değiştirilmesi uzak bir ihtimal olmaktadır.(Eş. 2.10)

BÖLÜM 3

GÜÇ SİSTEM FREKANSI

3.1. Güç Sistem Frekansının Yüksek Hızlı Tasarlanması İçin Yeni Bir Sayısal Teknik

Bölüm 2 'de Yük Frekans Kontrol problemi kısaca belirtildikten sonra, bu konuyla ilgili geliştirilen kontrol kanunları incelenmişti. Bölüm 3 'de ise frekansın en doğru bir şekilde ölçülebilmesi için gerekli algoritma yapılarının nasıl oluşturulduğunu inceleyeceğiz.

Bir güç sistemi frekansının hassas bir şekilde izlenmesi optimum çalışmada esastır. Frekanstaki değişimler nominal değerden olabilir. Ayrıca, frekansın düzenlenmesine yarayacak bazı doğru etkileri için beklenmedik sistem bozucuları alınabilir. Katı güç sisteminin çoğunda frekanstaki değişimler genellikle sistemin büyük mekaniksel ataletinden dolayı yavaş olacaktır. Bununla beraber, küçük sistemlerdeki frekans değişimleri oldukça hızlı olduğundan frekans sapmasının determine edilmesi zor olmaktadır.

Mikroişlemci teknolojisinin kullanılması, güç sistem koruma, izleme ve kontrol alanında bir çok kolaylık ve yenilik getirmiştir. Temel mikroişlemci, burada kullanılan aletlerin yeteneğini, iyi bilinen sistem şartlarının değişimine hızlı cevapla donatmak ve güç sistem frekans ölçümü için uygun şekilde kullanmak durumundadır. Frekans değerlendirmesinin en basit metodu, ayar sinyalinin sifra denkleştirmesiyle elde edilir. Bu yaklaşım gerçekte hala yavaş olmasına rağmen küçük sapmaları meydana çıkarmak için , giriş olarak verilen aralığın çok büyük olarak seçilmesi gerekir. Seçilen uygun aralık , ayrık Fourier fonksiyonundaki temel bir algoritmayı kullanarak doğru ölçümlerin sağlanması mümkün olmasına rağmen, seçilen aralığa kadar son derece değişken olmayabilen salınımların tamamlanmasını uygun görmektedir.

Güç sistemlerinin istatistiklerini tahmin eden yöntemlerin çoğunun zamanla değişimi olmaz, sabittir. Alternatif olarak, bilinen güç sistem istatistiklerinde temel tahminler kullanılabilir. Bazı bilim adamları, en küçük kare tasarımı teorisi yapısına sahip olan, her ikisi aynı sabit model kullanılması ve adaptive adaptasyondaki frekansın önceki istatistiksel bilgiler olmaksızın düzenlenmesini uygun görmektedir. Bununla beraber, inceleme periyodu uzunluğundaki ölçülen frekansın hassasiyeti bütün metodlar arasında bir uzlaşma gerektirir.

Burada karar verilen algoritma, seçilen güç sisteminin, güç sistem dalga formunun yaklaşık bir devrinin analizleri üstünde temel güç sistem frekansının en hızlı tasarımının düzenlenmesidir. Yüksek hassasiyetin sağlanması için, giriş sinyali iyi sayısal tanımla verilen ve normalde yüksek seçilen frekans (4 kHz) algoritması kullanılır. Bilim adamları tarafından beğenilmeyen metodlar, güç sisteminin bilinmeyen istatistiksel bilgileri veya sıfırla denkleştirilmeyen algoritmadır.

Geliştirilmek istenen bir algoritma için, herhangi bir bilgisayar donanımına ihtiyaç olmayıp, genellikle yedek eleman koruma tertibatı temelinde mikroişlemci bulunur ve seçilen frekans, istenilen değerle karıştırılarak kullanılır. Böylece seçilen frekans değişimlerinin herhangi bir şekilde kullanılması pratik problemlere benzememesi için, bundan sakınmak gerekmektedir.

3.2. Algoritma Geliştirme

3.2.1. Temel Prensiptir

Bir güç sistem gerilimi veya akımının $x(t)$ olduğunu söyleyelim. İki bileşen içindeki $x(t)$ bozulması, fazda ortogonal olarak verilmesini ifade eder.

Bu durum

$$x_1(t) = x \sin(2\pi ft + \phi) \quad (3.1)$$

$$x_2(t) = x \cos(2\pi ft + \phi) \quad (3.2)$$

olarak verilebilmektedir. Burada, 1 ve 2 indisleri yalnız bileşenleri, x büyüklüğü, f , $x(t)$ sinyalin frekansı ve ϕ keyfi faz aralığıdır.

3.1 ve 3.2 eşitlikleri verilen cevap zamanına göre türetilirse

$$x_1'(t) = \frac{d[x_1(t)]}{dt} = 2\pi f x \cos(2\pi f t + \phi) \quad (3.3)$$

$$x_2'(t) = \frac{d[x_2(t)]}{dt} = -2\pi f x \sin(2\pi f t + \phi) \quad (3.4)$$

Eşitlik 3.1. ve 3.4. yardımıyla

$$\begin{aligned} x_2(t)x_1'(t) - x_1(t)x_2'(t) &= \\ &= 2\pi f x^2 \cos^2(2\pi f t + \phi) + 2\pi f x^2 \sin^2(2\pi f t + \phi) \\ &= 2\pi f x^2 \end{aligned} \quad (3.5)$$

gibi tekrar sıralanabilir.

Buradan, $x(t)$ 'nin genliğin karesi ve frekansın üretilmesine direkt olarak orantılı olduğu görülür. Takip eden geçişle, genliğe bağlı durum için ise,

$$\begin{aligned} x_1^2(t) + x_2^2(t) &= x^2 \cos^2(2\pi f t + \phi) + x^2 \sin^2(2\pi f t + \phi) \\ &= x^2 \end{aligned} \quad (3.6)$$

Böylece eşitlik 3.5 ve 3.6 dan,

$$f = \frac{x_2(t)x_1'(t) - x_1(t)x_2'(t)}{2\pi[x_1^2(t) + x_2^2(t)]} \quad (3.7)$$

3.7 eşitliği, iki ortogonal bileşen ve onların zaman türevlerinden türetilmiş $x(t)$ frekansı için bir analitik ifadedir.

3.2.2. Ayrık Zaman Sinyalinden Frekans Hesaplanması

Eşitlik 3.7 ayrık zaman sinyalini, f_s seçilen frekans olmak üzere, $\Delta T = \frac{1}{f_s}$ ve seçilen periyot ΔT , $x(t)$ ile $x(n\Delta T)$ yerine konulmasıyla toplanabilir. Açıkça görüldüğü gibi $x(n\Delta T)$ basitçe $x(n)$ şeklinde yazılabilecektir.

Ayrık zaman sinyali $x(n)$, sinüs ve kosinüs darbe cevapları üstüne temel olan iki sonlu darbe cevabı (FIR : Finite Impuls Responce) kullanılmasıyla fazdaki her bir ortogonal, iki bileşen içinde bileşen olmayabilirler. Bu teknik, esas bileşen için tasarlanan ayrık Fourier Transformasyonu'yla gerçekte aynıdır. Bununla beraber, pratik olan, iki FIR filtresiyle ortogonal etkisi göz önüne alınmasıdır. Göz önünde bulundurulan FIR filtresinin katsayıları

$$H_s(k) = \sin\left(\frac{2\pi k}{N} + \frac{\pi}{N}\right) \quad (3.8)$$

$$H_c(k) = \cos\left(\frac{2\pi k}{N} + \frac{\pi}{N}\right) \quad (3.9)$$

gibi olmaktadır. Burada, $k = 0, 1, 2, \dots, N-1$, $N = \frac{f_s}{f_0}$ ve buradaki f_0 nominal güç sistem frekansıdır.

Buradan, $x(n)$ 'in iki ortogonal bileşenin dijital girişi için,

$$x_1(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(n-k)H_s(k) \quad (3.10)$$

$$x_2(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(n-k) H_c(k) \quad (3.11)$$

şeklinde göz önüne alınabilir.

Burada

$x_1(n), x_2(n)$: $x(n)$ 'in iki ortogonal bileşeni

$H_s(k), H_c(k)$: FIR filtresi katsayıları

şeklinindedir. Parçalı lineerlik arasından seçilen ortogonalleştirilmiş sinyallerin zaman türevinin hesaplanması için ise;

$$x'_n = \frac{[x(n) - x(n-1)]}{\Delta t} \quad (3.12)$$

geriye doğru fark eşitliğinin kullanılmasıyla elde edilir.

Eşitlik 3.12 $x(n)$ 'in her ikisi aynı ortogonal bileşenin toplanabilmesidir. Türevin doğruluğunun bulunması, eşitlik 3.12 de mümkün olduğu gibi, sağ taraftaki iki eleman arasındaki zaman farkının muhafaza edilmesi bir avantajdır; böylece eşitlik minimum duruma indirgenir. Bununla beraber, türetilmiş yaklaşımın gerçekteki yanlış yaklaşım hatasının mahzuru, seçilen iki $x(n)$ arasındaki bir orta yolun birçok tanıtımından kaynaklanmaktadır. Buradan potansiyel hatalarının yükselmesi durumunda, $x(n)$ 'i değiştirmek için $x(n)$ ve $x(n-1)$ 'in matematiksel olarak denkleştirilmesi gerekir.

Burada eşitlik 3.7 de verilen ayrık zaman eşitliğiyle

$$f \approx \frac{1}{2\pi} \frac{\left(\frac{x_2(n) + x_2(n-1)}{2} \right) x'_1 - \left(\frac{x_1(n) + x_1(n-1)}{2} \right) x'_2}{\left(\frac{x_1(n) + x_1(n-1)}{2} \right)^2 + \left(\frac{x_2(n) + x_2(n-1)}{2} \right)^2} \quad (3.13)$$

yazılabilir; ve buradan

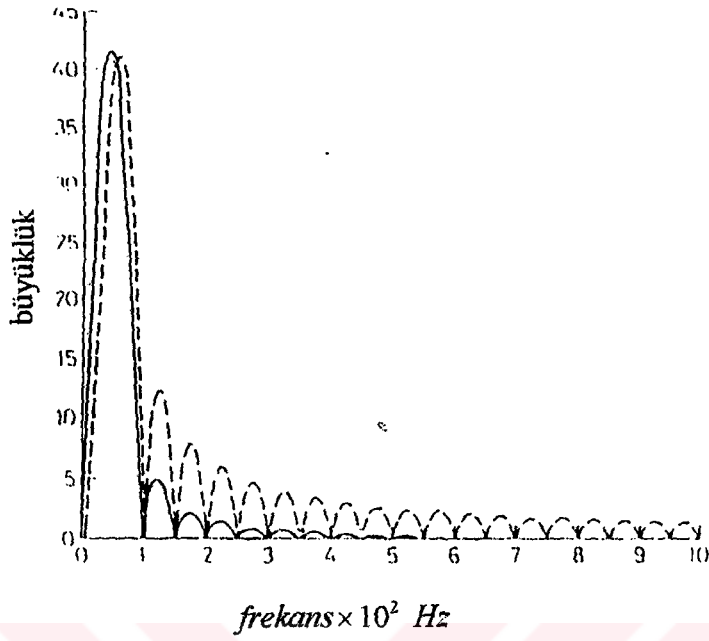
$$f \approx \frac{1}{\pi T} \frac{(x_2(n) + x_2(n-1))x_1' - (x_1(n) + x_1(n-1))x_2'(n)}{(x_1(n) + x_1(n-1))^2 + (x_2(n) + x_2(n-1))^2} \quad (3.14)$$

şeklinde yaklaşık olarak bulunur.

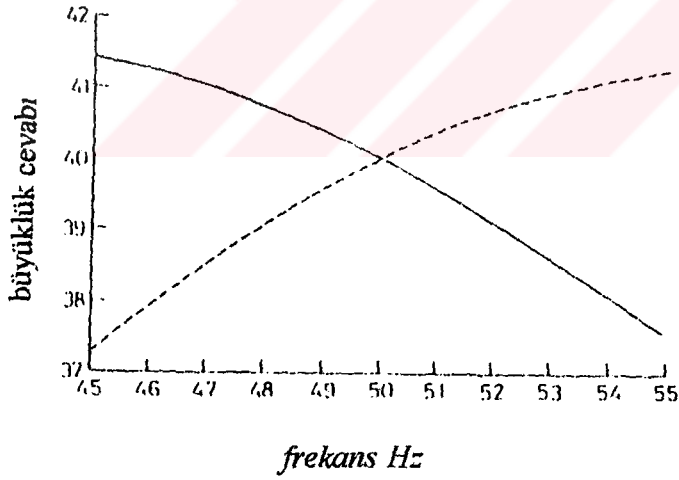
3.2.3. Ayırık Zaman Tanıtımından Dolayı Oluşan Hatalar

Giriş sinyali, ayırık zaman tanıtımı ve sonraki yöntem, giriş sinyalinin belli bir frekansı göz önüne alınıp 3.14 eşitliği kullanıldığında hata kaynağının iki anlamlı durumu olmasıdır. Bunlardan ilki, FIR filtrelerinin, diğer nominal güç sistem frekanslarından farklı büyüklük kazançlarına sahip olmasından dolayı çok daha anlamlı bir şekilde yükselir. İkinci hata nedeni ise, türevin sayısal hesaplanması olarak ortaya çıkar.

FIR filtresine karar verilen, 3.8 den 3.11 'e olan eşitlikler fazda ortogonal giriş sinyali ile $x(n)$ bileşimleri üretilir. Her bir FIR filtresinin karakteristik fazı, darbe cevabı ya simetrik, veya asimetrik, yada frekansla lineerliğe sahiptir. Kosinüs fonksiyonu temelinde bir asimetrik darbe cevabı ve sinüs fonksiyonu temelinde simetrik darbe cevabı vardır. Bir FIR filtresinin kullanılmasıyla bütün giriş sinyal frekansları için 90° ile farklı çıkış filtreleri sağlanır. Bu filtrelerin faz karakteristiklerine rağmen, gerekli olan fonksiyon için ideal bir performansta olup, büyüklük karakteristikleri gerçekten uzak bir değerdedir.



(a)



(b)

Şekil 3.1. Ortogonal filtreler için frekans büyüklüğü cevabı

a : 0-1 kHz aralığı olarak sıralanan display için $f_s = 4$ kHz gösterilmesi

b : 45-55 sıralamasında görüntünün büyütülmesi

— sinüs filtre

— cosinüs filtre

Şekil 3.1.a da gösterilen FIR filtre temelindeki sinüs ve kosinüs'ün cevap büyüklüğü aynı değildir.

Şekil 3.1.b de filtrelerin büyüklük kazancı, burada 50 Hz olan tam olarak sistem frekansına eşit olabilecek bölgeden 45-55 Hz bölgesi Şekil 2.3.1.a nın yayılmış bir kısmını gösterir.

Buradan anlaşılan, ortogonalize edilmiş $x_1(n)$ ve $x_2(n)$ sinyalleri, bağıl büyüklük kazanç frekanslarına sahiptir. Bu etkiler hesaba alınmadan tanıtılacak bir hata, eşitlik 2.7. de göz önüne alınan ortogonalleştirilmiş sinyal kazançları müstakil frekanslar olmalıdır.

Sinüs ve kosinüs filtre büyüklük kazançları ;

$$|H_s(f)| = \frac{2 \sin\left(\frac{\pi f_0}{f_s}\right) \sin\left(\frac{\pi N f}{f_0}\right) \cos\left(\frac{\pi f}{f_0}\right)}{\cos\left(\frac{2\pi f}{f_s}\right) - \cos\left(\frac{2\pi f_0}{f_s}\right)} \quad (3.15)$$

ve

$$|H_c(f)| = \frac{2 \cos\left(\frac{\pi f_0}{f_s}\right) \sin\left(\frac{\pi N f}{f_0}\right) \sin\left(\frac{\pi f}{f_s}\right)}{\cos\left(\frac{2\pi f}{f_s}\right) - \cos\left(\frac{2\pi f_0}{f_s}\right)} \quad (3.16)$$

şeklindedir.

Filtre kazançları için denkleştirme eşitlik 3.15 ve 3.16 'nın kullanılmasıyla üretilir. Bununla beraber, doğru frekansa kadar, doğru denkleştirme olmaksızın determine edilemez; geri beslemede denkleştirme birleştirmesi gerekir.

Hatanın ikinci durumu, türev hesabı yapıldığında basit aralıklar arasındaki tahminden dolayı parçalı lineerdir.

Burada f değeri gerçek değer değildir. Gerçek değerden $f - \frac{2\pi f^3 \Delta T^3}{3}$ kadar küçüktür. Bu, frekans ölçülmesinde kullanılan bir mikroişlemci yardımıyla

$$f_{hata} = \frac{2\pi^2 f^3 \Delta T^3}{3} \quad (3.17)$$

olarak tanımlanabilir.

Böylece ölçülen frekans f_{hata} ilavesiyle $f + f_{hata}$ şeklinde olacaktır.

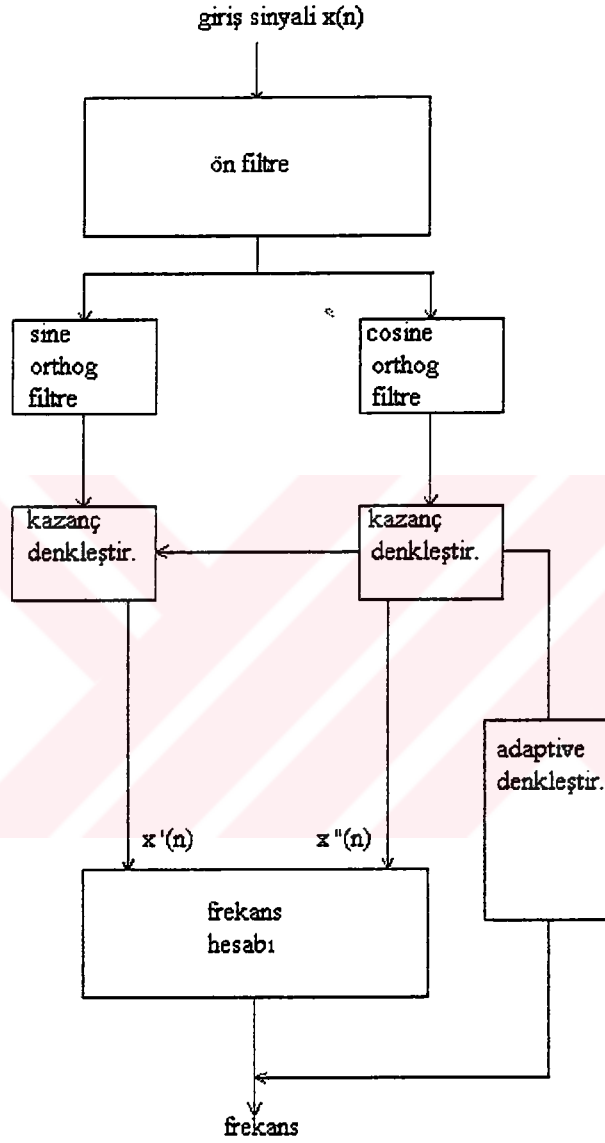
Bu yaklaşımın sayısal örnekleri seçilen frekans 4kHz olmak üzere Tablo 3.1. de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Türev hata etkisi ve $f_s = 4\text{kHz}$ için güç sistem frekansı hesaplanmasında birleşmeli denkleme tekniği

Güç sistem frekansı (Hz)	f (Eş. 3.14)	f_{hata} (Eş. 3.17)	$f + f_{hata}$
48.0	47.95452	0.04535	47.99987
50.0	49.94860	0.05125	0.05125
52.0	51.94218	0.05763	0.05763

3.2.4. Frekans Hesap Algoritması

Algoritmanın yapısı şekil 3.2. de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Frekans ölçme Algoritma yapısı

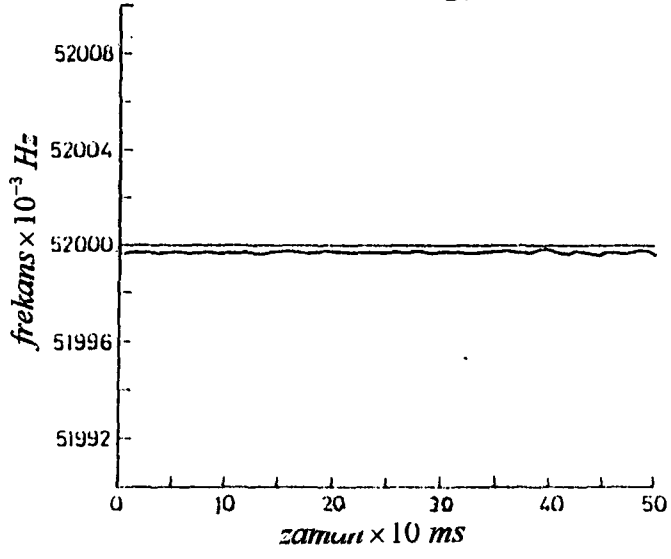
Algoritmaya giriş, güç sistem sinyalinin ayrık zaman değerleri sıralanır. Bu değerlerin doğru seçilmiş olduğu ve ayrıca diğer değere sahip olmadığı farzedilir. Ön filtre, FIR sinüs ve kosinüs ortogonal filtrelerle ilgisi olmayacak şekilde seçilmiştir. Giriş sinyali içinde kapsanan, her biri için ayrı bir dış birleşik filtre gereklidir. Bu kısmın anlamlılığı, güç sistem harmonikleridir. Harmoniklerin, FIR filtresinde gösterilen tamamen reddedilmesine rağmen, 50 Hz'lik (Şekil 3.1.) güç sistem frekansları, güç sistem frekansının diğer değerleri için aynı değildir. Örneğin, eğer frekans 47 Hz ise üçüncü harmonik frekansı 141 Hz (Şekil 3.1.a) ortogonal filtrelerle reddedilmeyecektir.

Böylece bütün şartlar altında göz önüne alınan yüksek doğruluk elde edilmektedir. Sadece sinyallerin göz önüne alındığı güç sistem frekansı algoritma yöntemi, bir ön filtreyi kapsamamasını gerektirmektedir. Araştırmalar, güç sistem frekansının yüksek hızlı frekans ölçümünün tutuluncaya kadar iyi harmoniklerin iyi bir şekilde reddedilmesini sağlamaktadır. En düşük rast gelen periyota en az eşit bir uzunluktaki bir filtre ile bir FIR Hamming tipi filtre gösterilmiştir.

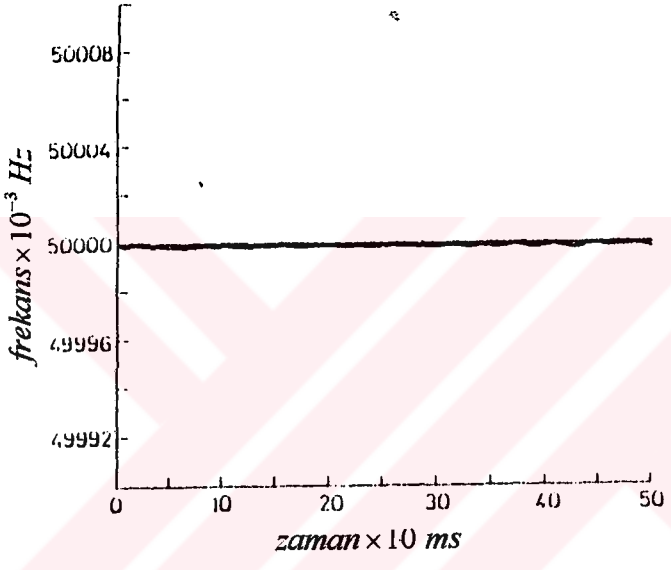
Şekil 3.2. deki sinüs ve cosinüs ortogonal filtre blokları eşitlik 3.10 ve 3.11 yardımıyla karar verilen FIR filtrelerinin gerçekleştirilmesi ilkesine uymakta olup bu filtre katsayıları daha önce hesaplanmıştır. Frekans hesabı, eşitlik 3.10 ile verilen türev hatası için yerine getirilir. Çok yeni bir frekans ölçümünde, ortogonal filtre kazançları için denkleştirme yapılır. Algoritmanın yapısında bir geri besleme prosesi bulunmaktadır. Bununla beraber, göz önüne alınan bu durumun anlaşılabilirliği ve bundan çok daha önemlisi genlik sinyalindeki değişikliklerdir. Blokla markalanmış adaptive performans kazancı, giriş sinyal genliği ve eski frekans (1/4 devir) 5 ms öncekinden en iyi frekans tahmini hesaplanmasıyla denkleştirilir. Ortogonal filtre çıkışları için, filtre çıkışlarının hesaplanması tahmin edilen büyüklük eşitlikleri, uygun kazanç değeriyle toplanır.

3.3. Performansın Değerlendirilmesi

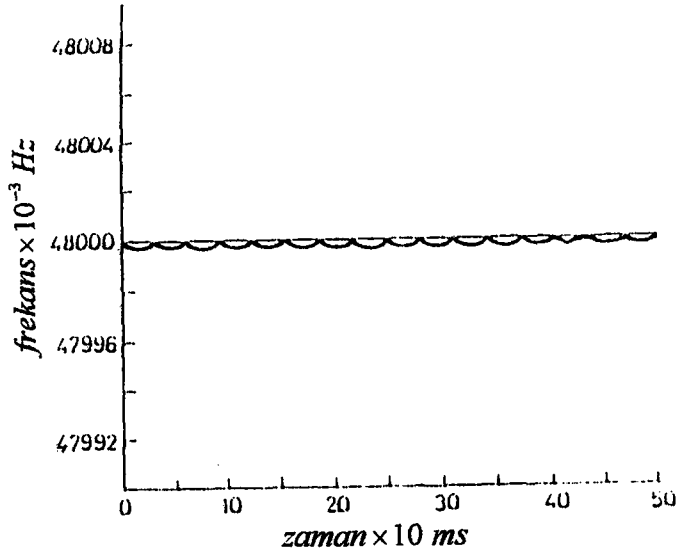
Frekans ölçme algoritması için, bilgisayar simulasyon sonuçları, sabit ve dinamik şartlar ile uygun harmonik içeren sinyal performansını göstererek tanıtılır. Algoritma, bir 100 katsayılı Hamming tip ön filtreyi kapsar ve örneğin 4 kHz seçilen frekansla simule edilebilir.



(a)



(b)



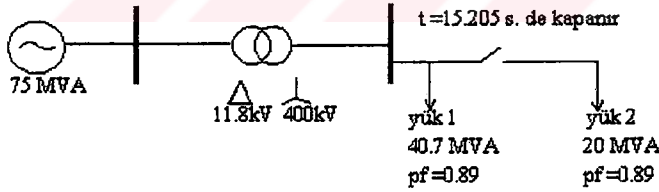
(c)

Şekil 3.3. Sabit sinisoid frekans cevabı

a : 52 Hz 'de b : 50 Hz 'de c : 48 Hz 'de

Şekil 3.3.a ve b de gösterilen algoritma cevapları sırasıyla 50, 52, ve 48 Hz 'de sabit sinüsoiddir. 3.3. kısımdaki bütün sonuçlar , 16 bitlik analog - dijital konvertör çalışmasını ve ayrıca niteliklerin etkilerini uyarlamasını kapsamaktadır. Frekans ölçme doğruluğu , 1.0 dan 0.05 p.ü. 'e dizilmesinde niteliği olmayan giriş sinyalinin bütün genlikleri için birbirlerine uygunlaştırılmıştır. Algoritmanın önemli bir özelliği, her seçilmiş aralık esnasında yapılan yeni frekans ölçümüdür. Bu örnekte her bir ikinci durum için 4000 ölçüm yapılmıştır. Frekans ölçümü, giriş sinyalinin fazına bakılmaksızın yapılır.

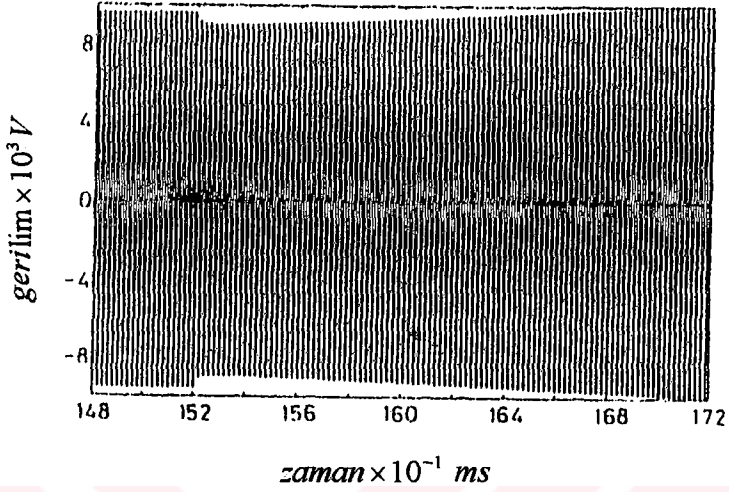
Dinamik şartlar, örneğin 36.2 MW lık bir yüke bağlı 75 MW lık generatör Şekil 3.4.a da gösterilen basit sistem uyarlaması ' elektromagnetik geçiş programı ' (EMTP : Electromagnetics Transient Program) kullanılmasıyla araştırılabilir. $T=15.205$ s anında anahtar kapalıdır, böylece yük generatöre 17.8 MW ilave edilir. Bu uyarlamada, regülatörde hızlandırıcı motor çalışması zayıftır ve buradan yeni yük şartları, yeni nominal sabit frekans altındaki sonuçlardır. Şekil 3.4.b aynı frekans ve genlik modülasyonlu genaratör terminal gerilimini gösterir. Bu gerilim EMTP uyarlamasından bulunan generatör rotor hızıyla beraber Şekil 3.4.c de sonuçları grafiksel olarak gösterilen frekans sonucu ve algoritması yöntemidir.



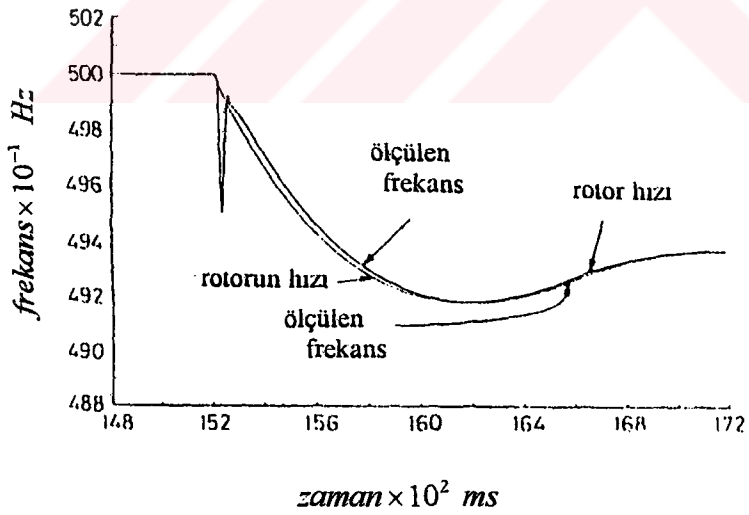
(a)

Şekil 3.4. Yalnız makina güç sistemi için algoritma performansı

a basit, yalnız makina güç sistemi



(b)

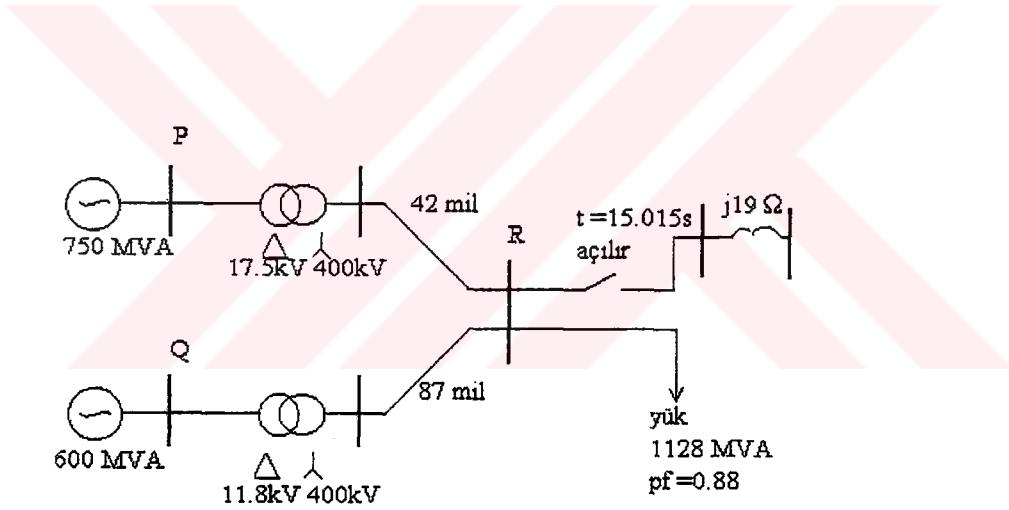


(c)

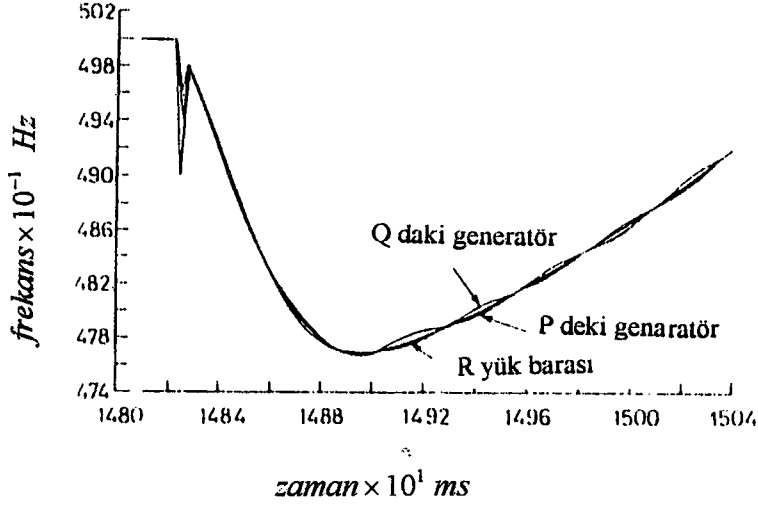
Şekil 3.4. Yalnız makina güç sistemi için algoritma performansı

- b genaratör terminal gerilimi
- c ölçülen frekans ve motor hızı

Anahtar kapandığında, güç tekrarından dolayı, terminal geriliminde ani değişiklikler meydana gelir. Bunun nedeni, 15.2 s de çıkış algoritmasındaki sivrilik 0.5 Hz başlangıç ve terminal geriliminden ölçülen frekans sonucunun etkisidir. Şüphesiz, burada motor pozisyonundaki ani değişiklikler uymamakta ve bu yüzden rotor hızı aynı yolda değiştiği görülmektedir. Bu etkinin önemi, Şekil 3.4.c den açıkça görülmektedir; algoritma rotor hızı ve yaklaşık olarak 25 ms ölçülen frekansta sabit bir gecikme göstermesini yakın olarak takip eder. Rotor hızı ve algoritma çıkışının her ikisi bütün başlangıç yükünden sonra yaklaşık olarak iki saniyede 49.37 Hz sabit bir frekansa yerleşir.



Şekil 3.5. Sonsuz taşıma bağlantısıyla iki makina sistemi



Şekil 3.6. R barası ve terminal generatörlerinde ölçülen gerilimden frekans değerlendirmesi

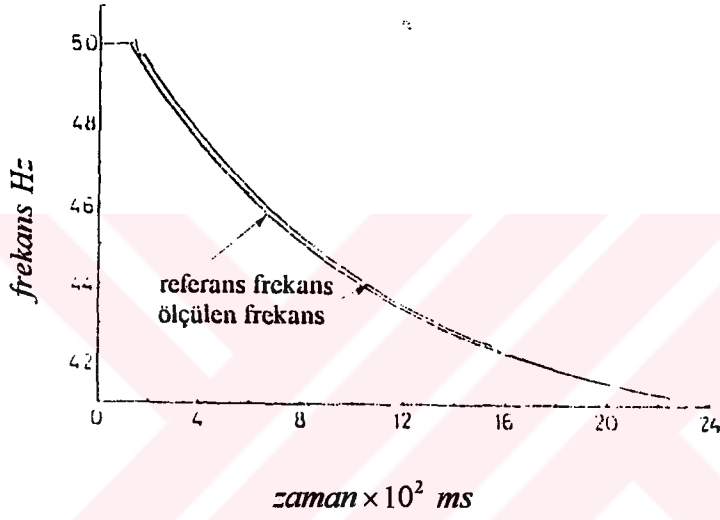
Şekil 3.5. iletim hat kısımları aynı ortak bir baraya bağlı iki generatör ile daha karışık bir güç sistemi gösterilmiştir. Parametreler daha önce uyarlamayla bulunabilir. Başlangıçta, P ve Q generatörleri sonsuz taşıma beslemesinde 249.4 MW olmasına karşın yük 831.2 MW 'dır. $T = 15.05$ saniyedeki sonsuz çalışma bağlantısı ortadan kalkarak, sistem izole edilir ve böylece iki generatör toplam yükü kaldırır.

Şekil 3.6. iki generatör terminali, yani P ve Q barası ile R yük barasından alınan gerilimlerden ölçülen frekansları gösterir. Dolayısıyla, EMTP çıkış frekansları Şekil 3.6. de gösterilmeyen bu pozisyonlarda kolayca anlaşılabilir. Bununla beraber, algoritma önceki sonuçlar gibi, 25 ms 'lik gecikmeyle gerçek düzenleme frekansını göstermektedir. Algoritma, iki generatör arasında izoleli güç adasındaki güç salınımlarından frekans osilasyon sonuçları açıkça görülür. Yük taşıma frekansı, iki generatör frekansının yaklaşık olduğu görülür. Bu sonuçlar, gerçekte hızlı frekans değişimlerinin düzenlenebileceği algoritmayı gösterir.

Son olarak, Şekil 3.7. güç sistem sinyalinin dinamik değişim algoritma cevabının üçüncü harmonikte %10 ve beşinci harmonikte %5 cevabını gösterir. Sinyal temelde sabit ve harmonik genliğine sahiptir; fakat, ekspanansiyel olarak bozulmuş bir frekanstır. Bu, güç sistem frekansının 50 Hz 'den 41 Hz 'e, üçüncü ve beşinci

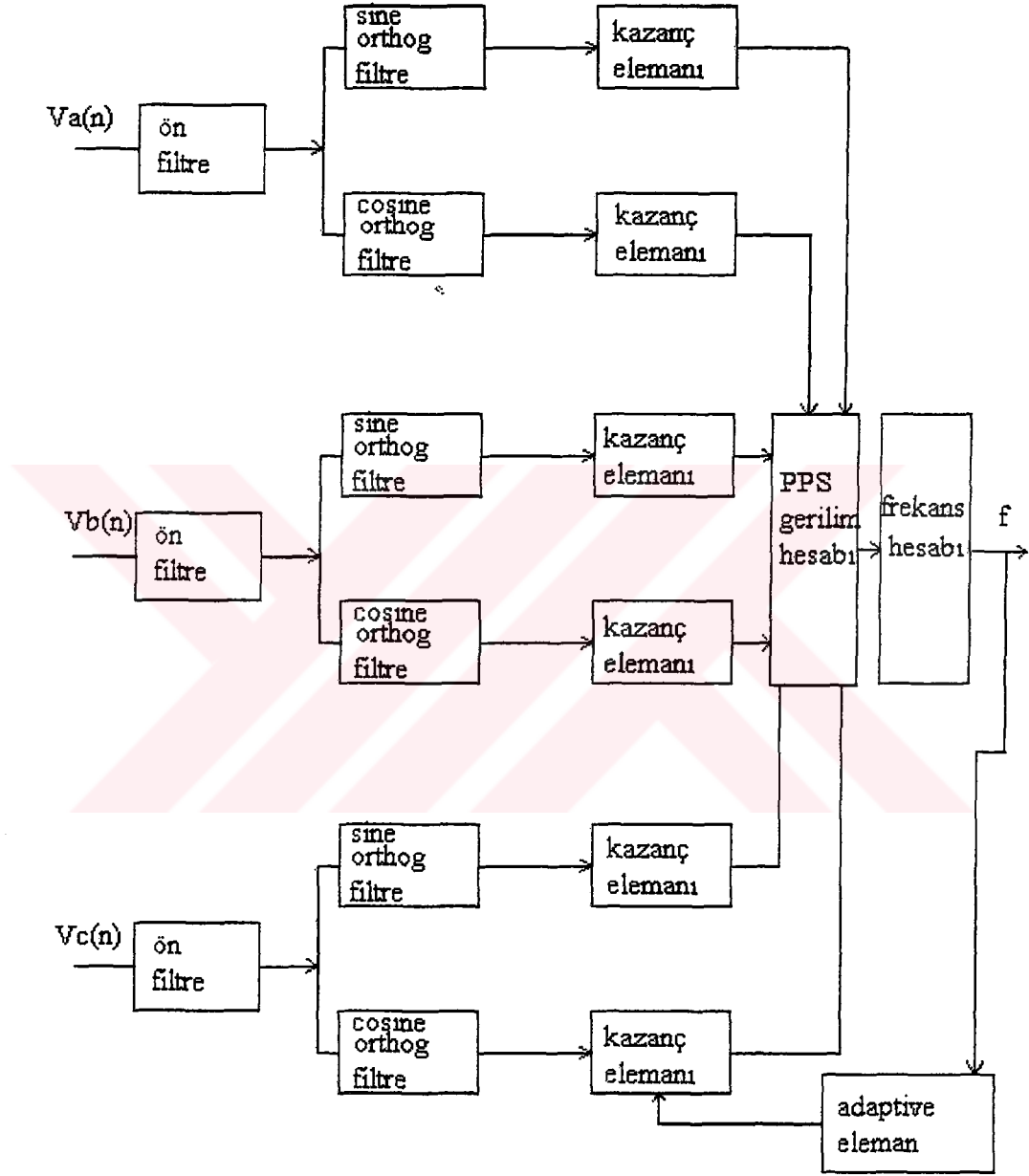
harmonikler sırasıyla 150 - 123 Hz ve 250 - 205 Hz değişmesinden dolayı kısmen sert bir testtir. Hamming ön filtre etkisinde bu durum için doğru frekans ölçümü sağlanır.

Örneğin Şekil 3.7. harmoniklerden farkedilmeyen etkiyi seçilen referans frekans ve ölçülen frekansın aynı şekil üzerinde göstererek açıklayacaktır. Burada görüldüğü gibi, harmonikler nedeniyle her ikisinin arasında az da olsa bir fark oluşmaktadır.



Şekil 3.7. Harmonik olarak üçüncüde %10 ve beşincide %5'e bağlı olarak eksponansiyel olarak azalan temel frekans artışı ile algoritma cevap sinyali

3.4. Çok Girişli Sinyaller İçin Algoritma Yapısı



Şekil 3.8. İki faz giriş sinyalinin pozitif faz-sıralı elemanın frekans ölçmesi hassas algoritma yapısı

Giriş sinyali algoritması akım veya gerilim olmasına rağmen birçok pratik durumda giriş gerilim sinyali olarak benimsenir. Sonuçta, giriş sinyali algoritması, seçilen fazdaki hatadan veya gerilim geçiş başarısızlığından dolayı, kayıptır; böylece frekans çıkışı algoritmasında buna eş olarak kayıp olacaktır.

Algoritmaya frekans ölçümü durumundaki bu oluşumlara karşı koruyucu düzen ile, güç sisteminin doğru çalışması kritik bir durum olup, algoritma yapısı kullanılan bütün üç faz gerilim kullanılmasıyla geliştirilmiştir.

Ortogonalize edilmiş üç faz giriş sinyali giriş geriliminin bir pozitif faz ardışıl bileşen oluşturduğu Şekil 3.8.'de görülür. Frekans bu pps (periodic pulse signal) sinyalinde sonuçta hesaplanır. Bu yapının kullanılmasıyla sonuçlar, giriş sinyallerinden biri ortadan kaldırılmazsa, algoritmanın durumu doğru çalışması hariç, tek girişli algoritmaya göre oldukça iyi sonuçlar vermektedir. Genelde, hatalı çalışma altında pps nitelikleri oldukça gerçektir ve bu yüzden frekansın doğru ölçülmesi çok ağır şartlar altında sağlanır.

3.5. Sonuçların Değerlendirilmesi

Bölüm 3 bize, ayrık zaman sinyalinden güç sistem frekansı değerlendirilmesinin frekans ölçme algoritması yeteneği 0.001 Hz içinde doğrudan olacağını göstermiştir. Algoritma, giriş sinyali fazının göz önüne alınan her seçilmiş aralığındaki frekansın yeni bir tahminini hesaplar.

Algoritma, dinamik güç sistem şartları altında doğru olarak düzenlenme hassasiyetinde olmasını ve yüksek hız ölçümleriyle donatılarak sadece 25 ms lik bir gecikmeyi göstermektedir. Algoritma, harmoniklerin durumundan bağımsız olduğunu göstermekte ve yüksek güvenilirlikli frekans ölçüm yöntemlerini geliştirmek için pozitif faz sıralama bileşen değerlendirilmesiyle üç sinyal girişinde temel olabilir.

Algoritmanın önemli bir faydası, bütün bir nümerik proses içerisinde frekansın hesaplanması ve karışık seçilen oranda ayrık zaman sinyali üzerinde ele geçirilmesine temel olmaktadır. Böylece sürekli nümerik koruma rölesi hardware için uygundur. Yüksek hızlı frekans ölçülmesiyle bulunacak algoritma, yük dağıtım şeması ve frekans rölesi altındaki gibi kritiktir.

BÖLÜM 4

KENDİNDEN AYARLI YÜK FREKANS KONTROLÜ

4.1. Çok Seviyeli Adaptive Yaklaşım

Bölüm 3 'de frekans ölçmek için ne çeşit bir algoritmaya ihtiyaç olduğunu ve bunun bir veya daha fazla girişli algoritma yapılarını inceledik. Bölüm 4 'de yük frekans kontrolünün kendinden ayarlanıp, ayarlanamayacağını inceleyeceğiz. Bundan sonra gelen Bölüm 5 'de ise Adaptive yük frekans kontrolü üzerinde durulacaktır.

Bölüm 2 'de söylendiği gibi, LFC 'nin ana ilkesi, elektrik generatörlerin güç çıkışlarını, sistem frekansı hat yükü veya bu parametrelerin diğerleriyle olan ilişkilerindeki değişim cevaplarında bir kural alanı içerisinde ayarlanmasıdır. Bu yüzden, ana konusu sistem frekans tablosunun ayarlanması ve önceden tayin edilmiş diğer alanların birbirleriyle değişimidir.

Çok seviyeli adaptive algoritma, çok alanlı güç sistemleri için bağıl hızlı tam STR (Self Tuning Regulator) temelde araştırılmıştır. Bilinen hazır teknik herbiri ayrı ikincil alanların, en küçük karalar tekniğinin tekrarlanması kullanılmasıyla tanınan parametrelerle ortalama modelin hareketi otomatik olarak dönüştürülebildiğinin tanıtımıyla başlar.

Sistemin niteliği, sistem yükündeki belirli değişikliklerin takibine adapte edilmesidir. STR 'nin taskı sistem frekansının koordinasyonunun ve spesifik hiyerarşi seviyesi içinde kendi ikincil alanlarındaki tam olarak değişimin kontrolüdür.

Potansiyel olarak bu şema, günümüzde LFC 'nin pratiğinden hareketle tanıtılmasına rağmen, düzen olarak uygulanabilmesi mümkün gözükmemektedir.

4.2. Kendinden Ayarlı Regülatörlerle LFC Kullanımı

Hazır STR parametresi belli bir algoritmanın ith ikincil alandaki modelinin kesikli parametrelerine adaptasyonla çevrilir ve kontrolör, parametreleri kullanarak sistem verisini hesaplayarak ith ikincil alanın çıkışı kontrol edilir. İkincil alan ortalama modelin otomatik olarak dönüştürülmesi takibine şu şekilde karar verir.

$$A_i(q^{-1}) ACE_i(k) = q^d B_i(q^{-1}) \Delta P_{ci}(k) + C_i(q^{-1}) e_i(k) \quad (4.1)$$

Burada,

$ACE_i(k)$: ith ikincil alanın (k) zamanındaki çıkış kontrol hatası

$e_i(k)$: sıfır anlamındaki beyaz gürültü sessizliğini ve ünite değişimi

q^{-1} : geriye kaydırma operatör sessizliği

$A_i(q^{-1}), B_i(q^{-1})$ ve $C_i(q^{-1})$: izoleli ikincil alanın polinomları ve $\Delta P_{ci}(k)$ ikincil alanın kontrol girişi

q^d : LFC işlemesi anındaki zaman gecikmesi olup ihmal edildiği düşünülebilir

4.2.1. Parametre Tasarımı

Tayin edilen task $A_i(q^{-1}), B_i(q^{-1})$ ve $C_i(q^{-1})$ ikincil alanın tasarısını polarizesiz basit bir şekilde verir. Tekrarı belli plan bir algoritma, bu parametrelerle gerçek zaman çevresinde uyarlanarak kullanılır.

Bilinen parametreler

$$\Theta_i^T = [a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}, b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{im}, c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{il}] \quad (4.2)$$

Tanımlanan problem Θ_i vektör parametrelerinin tasarlanan $\hat{\Theta}_i$ nin en küçük kare algoritmasının yazılmasıyla bulunmasını içerir.

İkincil alanın raslantı çevresindeki çalışma çıkışı eşitlik 4.1. kullanarak

$$ACE_i(k) = \Theta_i^T \Psi_i(k) + e_i(k) \quad (4.3)$$

$$\Psi_i(k) = \begin{bmatrix} -ACE_i(k-1), \dots, -ACE_i(k-n_i), \Delta P_{ci}(k-1) \\ \Delta P_{ci}(k-m_i), e_i(k-1), \dots, e_i(k-l_i) \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

yazılabilir.

$\Psi_i(k)$ gözlenen vektör $\{e_i(k-s_i), s_i=1, \dots, l_i\}$ ölçümlerden faydalı olmayanları sıralar. Bu problemin üzerine $\Psi_i(k), \hat{\Psi}_i(k)$ ya yaklaşık olarak tanıtlır.

Böylece,

$$\hat{\Psi}_i(k) = \begin{bmatrix} -ACE_i(k-1), \dots, -ACE_i(k-n_i), \Delta P_{ci}(k-1), \dots \\ \Delta P_{ci}(k-m_i), \varepsilon_i(k-1), \dots, \varepsilon_i(k-l_i) \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

yazılabilir.

Burada, $\varepsilon(k-s_i), e_i(k-s_i)$ 'e başarılı bir şekilde uyarlanabilir. Detayda verilen bu niteliklerden yararlanarak;

$$ACE_i(k) = -\alpha_i ACE_i(k-1), \dots, -\alpha_{in} ACE_i(k-n_i) + b_{i1} \Delta P_{ci}(k-1), \dots \\ + \dots + b_{in} \Delta P_{ci}(k-m_i) + \varepsilon_i(k) \quad (4.6)$$

yazabiliriz.

$\varepsilon_i(k)$ bozucu etkisi sürücü gürültüsü $e_i(k)$ ve $c_{ij}=0$ ıncı sırasının ortalama bir hareketidir. Eşitlik 4.2 de verilen Θ_i vektör parametreleri iyi bilinen RLS metodu kullanımıyla seçilen her bir k anı tasarlanmıştır.

$$\hat{\Theta}_i(k) = \hat{\Theta}_i(k-1) + \Phi_i(k) \left[ACE_i(k) - \Psi_i^k(k) \hat{\Theta}_i(k-1) \right] \quad (4.7)$$

Doğru vektör $\Phi_i(k)$

$$\Phi_i(k) = P_i(k-1) \hat{\Psi}_i(k) \left[1 + \hat{\Psi}_i^T(k) P_i(k-1) \hat{\Psi}_i(k) \right]^{-1} \quad (4.8)$$

şeklindedir.

Burada

$P_i(k)$: tasarlama hatasının kovariant matrisi

ve bilinen ilişkinin kullanılmasıyla

$$P_i(k) = \left[I - \Phi_i(k) \hat{\Psi}_i(k) \right] P_i(k-1) \quad (4.9)$$

Model parametrelerinin tasarlanmasında P_i ve $\hat{\Theta}_i$ için başlangıç değerleri algoritmaya başlanması için gereklidir. Böylece bir diagonal matrisin büyük değerlerinden P_i ve sıfırdan başlar.

4.2.2. Minimum Değişken Kontrolü

Kontrolörler, STR deki bilinenlerle birleştirilmiş minimum değişken regülatörüdür. Kontrolörün nesnesi optimum kontrol girişini çıkış prosesin değişimini minimum gibi hesaplamasıdır.

Minimum değişken (MV) kontrolü, basit algoritmalar gerçekleştirmek için iyi bilinmelidir. MV toplandığında temel sınırlama için, sistem minimum fazda olmalı proses gecikme zamanı bilinmeli ve sınır sistem sırasıyla verilebilmelidir. Bu çalışmada, LFC prosesi esnasındaki zaman gecikmesinin ihmal edildiği düşünülecektir.

LFC durumu için, minumum değışken stratejisi eşitlik 4.10. yardımıyla verilmiştir. Burada bilinen değerler tasarlanan değerlere dönüştürülür.

$$\Delta P_{ci}(k) = \hat{a}_{i1} ACE_i(k-1) + \hat{a}_{i2} ACE_i(k-2) + \dots + \hat{a}_{in} ACE_i(k-n_i) - \hat{b}_{i1} \Delta P_{ci}(k-1) - \hat{b}_{i2} \Delta P_{ci}(k-2) - \dots - \hat{b}_{im} \Delta P_{ci}(k-m_i) \quad (4.10)$$

4.3. Kontrol Sinyalli Alan Kontrol Hatası

İkincil alanın çıkışı, yerleşme noktasından hat değışiminin lineer kombinezasyonu ve yerleşme noktasının frekans sapmasıdır. İkincil alanın pratik frekansı ve hat gücü ikincil alanın çalışma durumundaki yerleşme noktasıyla karşılaştırılır. ACE_i ikincil üretimi

$$ACE_i = \Delta P_{te-i} + \beta \Delta f_i \quad (4.11)$$

ile eksiksiz olarak gösterir.

Burada;

ΔP_{te-i} : ith ikincil alanın hat gücü sapması

Δf_i : ikincil alanın frekans sapması

β_i : ağırlık faktörü

olarak bilinir.

Buradaki düzen yaklaşımında ACE_i frekanslarının toplam ağırlığı ve hat gücü sapmalarıyla hesaplanır. Frekans ve hat gücü sapmaları izlenerek ACE_i hesaplanmasında kullanılan kontrolör girişleri toplanır. ACE_i ise ikincil alandaki bilinen parametrelerle gösterilir.

Güç akışları belli olmadığından bir minumum değışken algoritması kullanılır. Bununla beraber, izlenen değışkenler frekans ve hat gücü sapması birbirini desteklemektedir.

Bu yüzden, ACE_i 'nin minimum değışkeni gerekli olmayıp her bir değışebilirin minimum bir değışimi kazanılır. İzlenen iki değışkenin değışimi minimumlaştırılarak, bu değışkenlerin zaman değışim aralığı ACE_i hesaplamaktadır. Böylece, spesifik seviyeli ith ikincil alanın kontrol hatası aşağıda verilen eşitlikle açıklanır.

$$ACE_i = W_{i1}(k) \Delta P_{ie-i}(k) + W_{i2}(k) \Delta f_i(k) \quad (4.12)$$

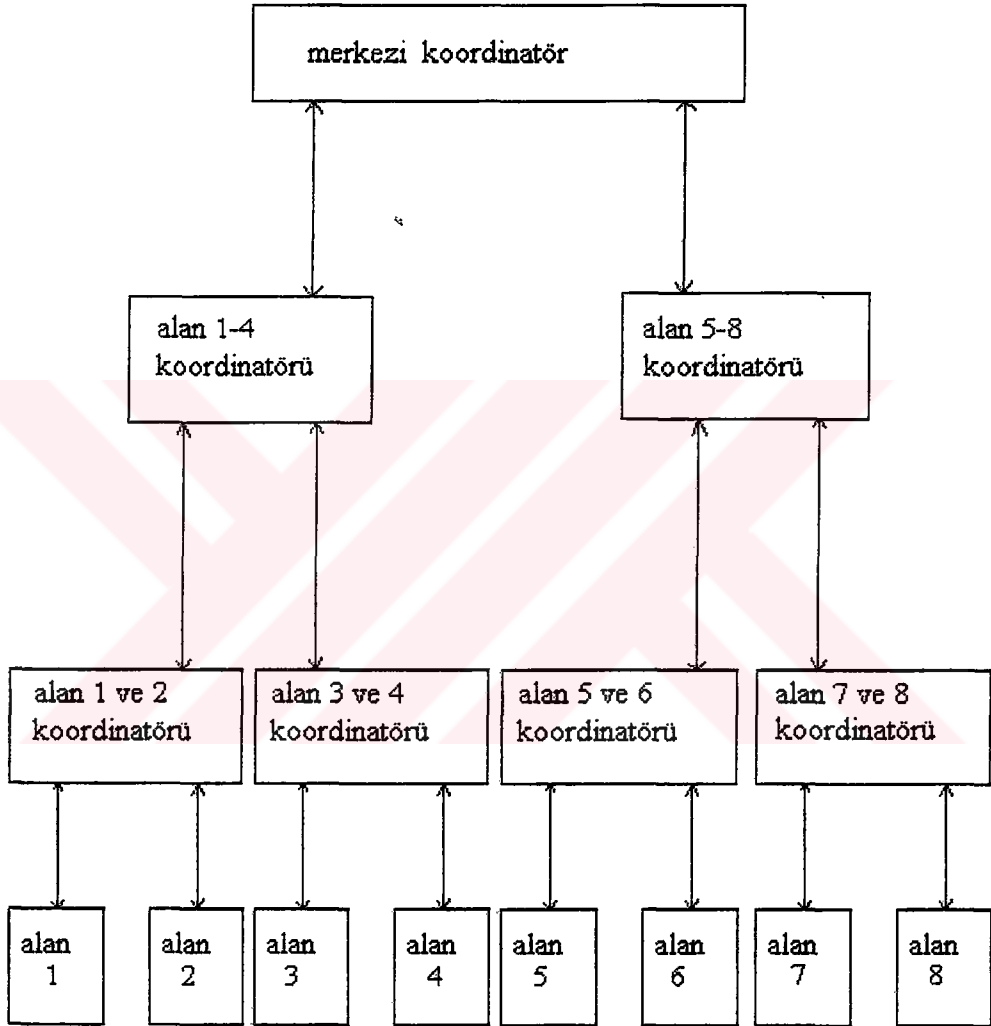
Burada;

W_{i1} ve W_{i2} : zaman değışken ağırlığı,

ve diğerleri; toplamı verilen her bir zamanda birime eşit olmalıdır. LFC problemi, ikincil alan hiyerarşisi eşitlik 4.12. de verilen ACE_i minimumlaştırılmış değışimi için ΔP_{ci} üretim kontrolü sapmasının determinesidir. Böylece, STR her bir ikincil alan kendi kontrolörüne sahip olmakta ve değışkenler yerelleştirilerek izlenebilmektedir.

4.4. Çok Seviyeli Kontrol İçeriğinin, Problem Formülasyonu Kullanımı

LFC probleminin çok seviyeli formülasyonu yirmi makina, yüz onsekiz bara IEE test sistemi için araştırılmıştır. Bütün alan sekiz küçük alan taskına bölünür. İkincil alan not edilerek kontrol edilebilmeli ve güç sistem yerlerin çoğu aynı termal birimi içermelidir. Sekiz ikincil alan dört alan koordinatörüne çift olarak ve ayrıca iki alan koordinatörü merkezi bir koordinatöre bağlanmalıdır. Şekil 4.1. de dört seviyeli hiyerarşik bir task gösterilmektedir. Her iki seviyedeki ikincil alan numaraları göz önüne alınarak, bütün sistem yapısının sayılması incelenir. Seviye birde sekiz ikincil alan, seviye ikide dört ikincil alan ve seviye üçde iki süper geniş alan vardır. Açıkça görüldüğü gibi seviye dört bütün sistemin uygun yapısındadır ve burada enerji kontrol merkezini göstermektedir.



Şekil 4.1. Dört - seviyeli hiyerarşik task

Her bir seviye servisi, zayıf bağıdaşıklıklı seviye kilitleri için birbirine irtibatlı olmalıdır. Böylece yukarıya ve aşağıya akış bilgisi, gerekli güç sapmasını göstermektedir. Aşağı akış bilgisi her bir seviye ikincil alan kontrol üretim sapmasını gösterir. Bu oldukça faydalıdır. Bununla beraber, bu noktadaki akış bilgisinin söylenmesiyle, hiyerarşik bünye içinde birçok işlemi kolaylıkla, pratik olarak sıralanabilir. Her bir seviyedeki ith ikincil alanın gerçek kontrol sinyali yerel sinyallerin toplanmasıyla bulunur (Eş. 4.6) ve bu genel kontrol sinyalidir. Böylece alçak seviyeye gönderilen kontrol sinyali, kilitli alçak seviyeli her bir ikincil alanın gerekli yüküne orantılı hesaplanır.

$$\Delta P_{ci}(k) = \Delta P_d(k) + \Delta P_{ci}^s(k) \quad (4.13)$$

$$\Delta P_{ci}^s(k) = \Delta PC_i'(k) \frac{\Delta P_{D_{yz}}}{\Delta P_{D_i}(k)} \quad (4.14)$$

Eşitlik 4.14 de verilen

$\Delta P_d(k)$: ith ikincil alan seviyesindeki güç üretiminin inkremental sinyali

$\Delta P_{D_i}(k)$: ikincil alanın her bir seviyesinin ani yük değişimleri

$\Delta P_{D_{yz}}(k)$: kilitli dış seviyesinin yth veya zth daki toplam ani yük değişimleridir.

Her bir baradaki yükün ani değişimi

$$\Delta P_{DBi}(k) = 0.1\Delta S(k) + 0.02\Delta\lambda(k) \quad (4.15)$$

Burada

$\Delta S(k)$: adım yük değişimlerini

$\Delta\lambda(k)$: beklenmedik tesadüfi değişimi içerir ve bu birimdeki değişim sıfır anlamlı Gaussian prosesidir

Burada, her bir seviyedeki yük değişimlerinin toplandığı kabul edilir. Böylece ith seviyesi;

$$\Delta P_{Di}(k) = \sum_{j=1}^{N_i} \Delta P_{DBj}(k) \quad (4.16)$$

olarak bulunur.

Burada,

N_i ith seviyeli, ith ikincil alanındaki yük baralarının numarasıdır.

4.5. STR'nin Her Bir Alan İçin Gerçekleştirilmesi

Spesifik seviyeli hiyerarşi içinde ith ikincil alanda kurulan STR'nin çalıştığını önerelim. Her bir seviye fonksiyonunun frekans ve güç sapması sağlanarak, mümkün olan tablo değerleri kapatılarak sağlanmalıdır. Devam eden frekans sapması, hat gücü sapması ve yük bozucuları altı yüz örnek nokta seçilerek bulunur.

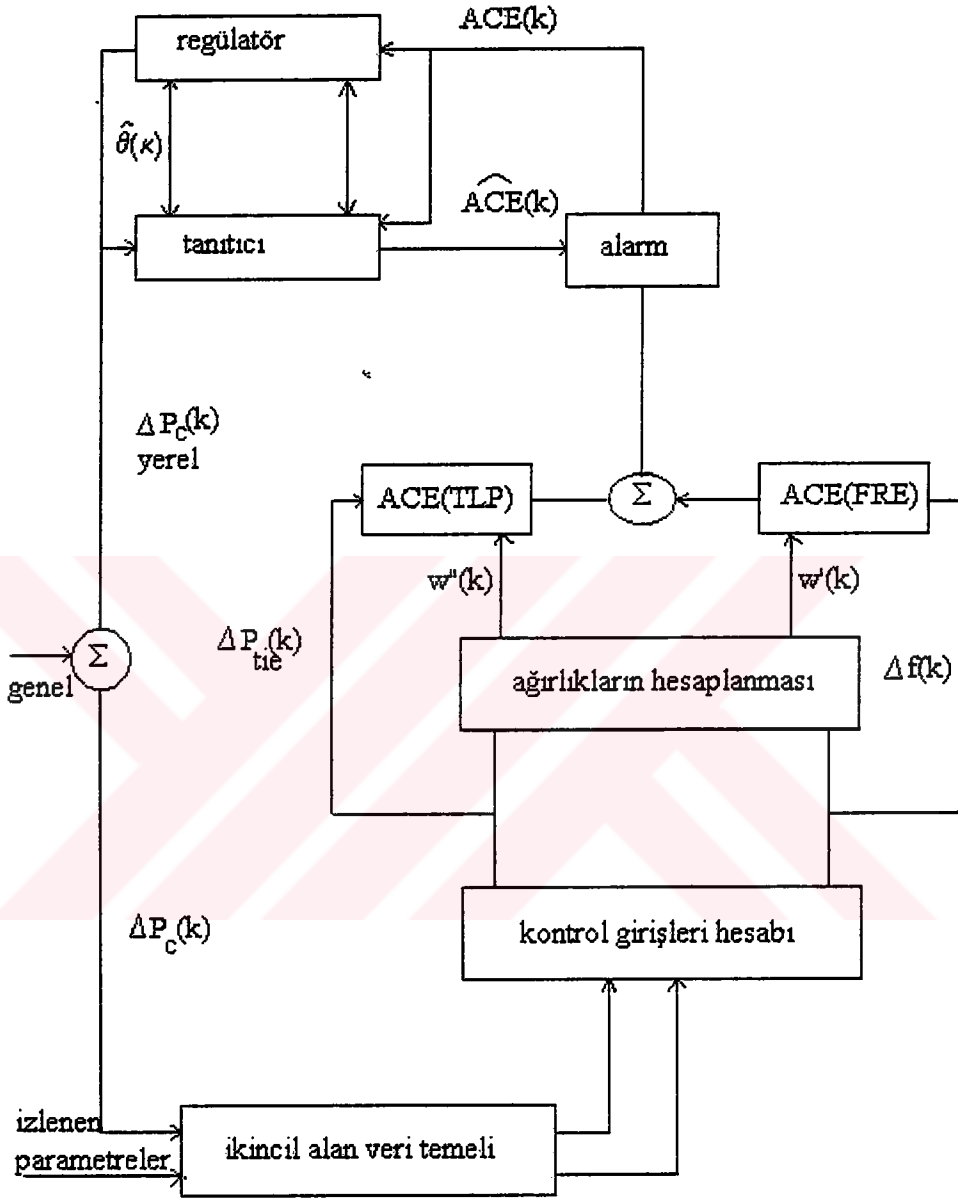
Seçilen frekans ve güç hattı sapsmaları her bir zaman adımındaki düzenleme hatası hesaplamasında kullanılır. Sistem parametrelerine kadar seçilen her periyot tanınmalı, seçilen zaman gerekli olan hesaplamaların tamamı için yeterli uzunlukta olmalıdır.

Dinamik sistem birimleri kazan, türbin, regülatör, sistem ve bunların kontrolleri; sistem başlangıç modelinde bunların transfer fonksiyonları ile uyarlanabilir. Bu uyarılmanın sonucu, her bir ikincil alan için başlangıç gözleme vektörü oluşturularak seçilir.

Düzenleme hatası öncelikle hesaplanarak yeni ACE_i deki ith ikincil alan temelini yeni parametreleri tasarlanır. Tanıtım yardımıyla, yeni parametrelerin hesaplanmasındaki yeni kontrol eşitlik 4.10 kullanılmasıyla hesap edilir. Yeni ACE_i , ayrıca eşitlik 4.6 kullanılmasıyla hesaplanır. Yeni kontrol ve yeni ACE_i gözleme vektörünün adaptasyonu yapılır. Bu ayarlama ileri aralıklarla bulunur; böylece bir çok yeni bilgi ve elimine edilmiş özel veriler muhafaza edilir. İşlem, seçilmiş noktaların

hepsi için tekrarlanır. Şekil 4.2 de gösterildiği gibi her bir alanın bütün seviye hiyerarşisi tamamlanır.





Şekil 4.2. Her bir ikincil alandaki bütün seviyelerde STR 'yi gerçekleştirme

4.6. Çok Birimli Durum Altındaki LFC

Önce ikincil kontrol hatası determine edilir. Alınan ekonomik gönderme algoritması LFC aktivitelerinde her bir üretim birimi katılması için doğru kontrol sinyali gönderilir. Bu yüzden yeni bir şema kabul edilir. Sonra, ith ikincil alan ACE_i si eşitlik 4.6 yardımıyla hesaplanarak önce spesifik ikincil alandaki değişken LFC üretim birimleri ayrılır ve sonra önceden gelen sıra ile regülatörlerin kapasitesi arasında desteklenerek yerleştirilir. ACE_i seçilen genaratörlerin her biri yüzünden geçicidir; bu yüzden her bir üretim biriminin yüksek/alçak limiti ve tayin edilen zorlanmış üretim oranı geçilmemelidir.

Birimler istenildiği gibi cevaplanabilirler. Eğer ACE_i seçilen bütün genaratörlerin hepsi ile kullanılmasıyla karşılamıyorsa regüle edilmiş yeni genaratörler seçilebilir. Bununla beraber, genaratörler değiştirilemiyorsa spesifik ikincil alan terk edilerek, bir yaklaşık ekonomik gönderim tekrar program yapılarak kullanılabilir.

4.7. Simulasyon Sonuçları

118 bara IEEE test sistemi, kurulan tekniğin etkisini tayin etmede kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan bütün parametreler çalışmadakilerle aynı değerdedir. Test durumundaki çalışmalarda kullanılan simulasyonlarla memnun edici sonuçlar bulunmuştur. Bunlar, yerin limitasyonundan dolayı, sadece simulasyon sonuçlarının yerleşmesinin gösterilmesini kapsamaktadır. Bahsedilen simulasyon değerlendirmeleri Ek-1 de çeşitli alanlar için hangi eğrilere sahip olduğunu göstermektedir.

BÖLÜM 5

ADAPTİVE YÜK FREKANS KONTROLÜ

5.1. Belirsiz Sistem Parametreleriyle Yeni Kuvvetli Adaptive Yük Frekans Kontrolü

Bölüm 2 'de yük frekans problemi tanıtılıp, Bölüm 3 'de çeşitli frekans ölçme algoritmaları geliştirilmiş ve Bölüm 4'de hazır tesis modelleri üzerinde kendinden ayarlı yük frekans kontrolü üzerinde durulmuştu. Bölüm 5 'de ise bir tesis modeli kurularak Adaptive yük frekans kontrolü incelenecektir.

Bir güç sisteminin yükü asla sabit değildir. Güç kaynağı niteliğinin sağlanması frekansla generatörün yük kontrolünün yapılması gerekmektedir. Son yirmi yıldır, bir yük frekans kontrolörün, daha iyi bir performansa sahip olması için nelere ihtiyacı olduğu ile sürekli ilgilenilmektedir. LFC için, bir kontrol stratejisi 1970 'li yıllardan beri hazırlanmaktadır.

Bir yük frekans kontrolörü dizaynı, güç sistemindeki belirsiz parametrelerin sorunlarından biridir. Bu yüzden bir kontrolörün, dizaynındaki bilinmeyenlere dikkat edilmesi, en önde gelen hususlardan biridir. Yük frekans kontrolör çalışması için gerekli yaklaşık genel dizayn, lineer kontrol teorisi ve karışık sistem parametrelili lineerize edilmiş modelin kontrol kanunlarını geliştirmesiyle elde edilir. Bununla beraber, sistem parametreleri tam olarak bilinmeyip, karışık parametredeki model, kontrol dizaynı temeli gerçek tesis için doğru olmayabilir.

Son zamanlarda, hesaplardaki bu bilinmeyen parametreler alınmaktadır. Birkaç bilim adamı değişken yapı sistemi (VSS : Variable-Structure Systems) görüşünü yük frekans kontrolörü dizaynına uyarlamıştır. VSS kontrolör değişimi sistem yapısına, yapısal değişiklik kanunuyla uyumunda dinamik performans ve ayrıca tesis parametre değişimlerine hissedilir kontrolörler yapılmasıyla gelişir. Çeşitli adaptive kontrol

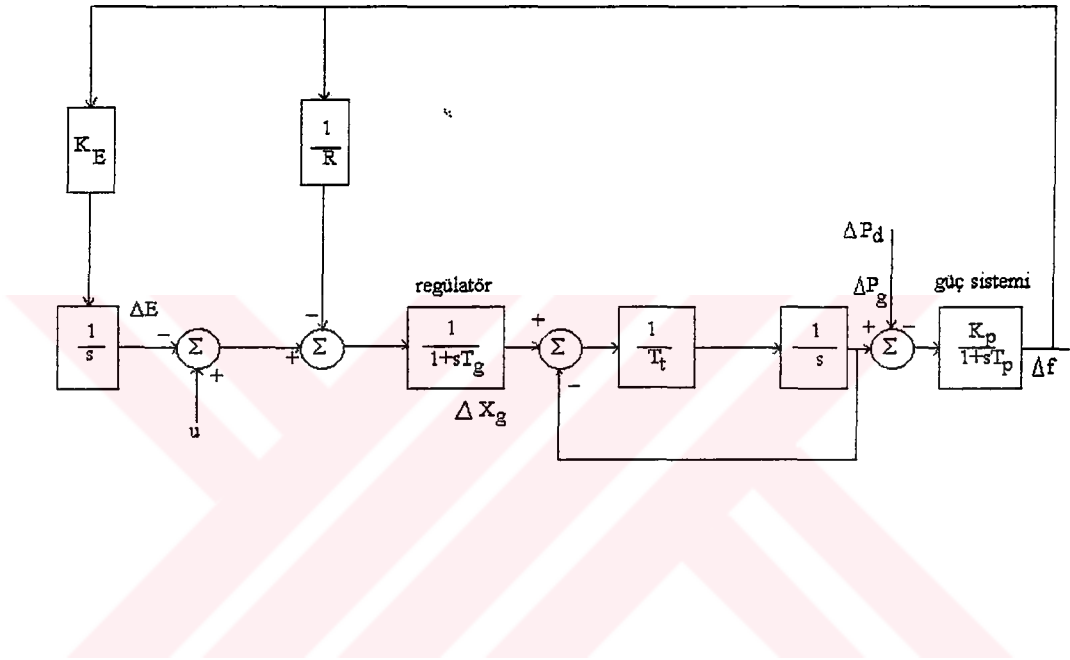
teknikleri parametre değişkenleriyle işletilmesi için hazırlanmıştır. Kontroler meydana geliş oran sıkıştırmasına (GRC : Generation Rate Constraint) karşılık oldukça iyi çalıştığı gözlenmiştir.

Güç sistemi yük frekans kontrolü için hazırlanan kuvvetli kontroler, regülatör zaman sabitindeki çok küçük değişiklikler, parametrelerin tipik değerlerinin %30 değişimiyle bulunmuştur. Bununla beraber, kuvvetli kontroler durumunda regülatör zaman sabiti ve tipik değerlerinin %50 ile değiştiğini bulamayız. Burada kuvvetli kontrol dizayn tekniğini Riccati eşitlik yaklaşımı ve adaptive kontrole belirsiz parametrelili güç sistemleri için yeni kuvvetli adaptive yük frekans kontrolünü birleştireceğiz. Belirsiz sistem parametreleri, değişken parametrelerin tipik değerlerin %30 ila %50 uyarlamasıyla bulunmaktadır.

Kuvvetli kontrol ile adaptive kontrolü birleştirme denkleştirmesi yapabilmemiz için, kuvvetli kontrol yaklaşımını kullanarak küçük parametrik belirsizlikleri işlememiz gerekir. Büyük parametrik belirsizliklerde ise adaptive kontrol kullanılarak bütün sistemi stabilitesini, iyi performansı ile beraber her ikisinin bütün uygulanabilir belirsizlikler için kazanılabileği görülmektedir. Yaklaşımımızın sonuçları, hazırlanan kontrolör örnek sistemi için görülen GRC bulunmasındaki iyi performans kazanılabılır.

5.2. Tesis Modeli

Elektrik güç sistemleri kompleks non-lineer dinamik sistemlerdir. Bununla beraber yük frekans kontrolü için, bir güç sistemine kadar, normal çalışma esnasında yükteki küçük değişiklikler sadece karşılaştırılır. Lineerleştirilmiş model, yük-frekans kontrol sistemi dizaynı için kullanılabilir. Lineerleştirilmiş tesis modeli blok diyagramı Şekil 5.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Güç sistemi blok diyagramı

Bir modelin, aşağıda takip eden şekilde yazıldığını düşünelim.

$$\Delta \dot{f} = -\frac{1}{T_p} \Delta f + \frac{K_p}{T_p} \Delta P_g - \frac{K_p}{T_p} \Delta P_d \quad (5.1)$$

$$\Delta \dot{P}_g = -\frac{1}{T_T} \Delta P_g + \frac{1}{T_T} \Delta X_g \quad (5.2)$$

$$\Delta \dot{X}_g = -\frac{1}{RT_G} \Delta f - \frac{1}{T_G} \Delta X_g - \frac{1}{T_G} \Delta E + \frac{1}{T_G} U \quad (5.3)$$

burada;

$\Delta f(t)$: frekanstaki inkremental değişim (Hz.)

$\Delta P_g(t)$: generatör çıkışlarındaki inkremental değişim (p.ü. MW)

$\Delta X_g(t)$: regülatör vana pozisyonundaki inkremental değişim (p.ü. MW)

$\Delta E(t)$: integral kontrolü inkremental değişim

$\Delta P_d(t)$: yük bozucu etkisi (p.ü. MW)

T_G : regülatör zaman sabiti (s)

T_T : türbin zaman sabiti (s)

T_P : tesis model zaman sabiti (s)

K_P : tesis kazancı

R : regülatör etkisinden dolayı hız regülasyonu (Hz. p.ü. MW^{-1})

anlamındadır.

Burada $\Delta f(t)$ integral kontrolünü tanıtabiliriz.

$$\Delta E(t) = K_E \int_0^t \Delta f(\tau) d\tau$$

$\Delta f(t)$ nin regülasyon özelliği sağlanır; yani,

$$\Delta \dot{E} = K_E \Delta f \quad (5.4)$$

burada, K_E integral kontrol kazancıdır.

Model (eşitlik 5.1-4) için

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) + F\Delta P_d(t) \quad (5.5)$$

yazılabilir.

Burada,

$$x(t) = [\Delta f(t), \Delta P_g(t), \Delta x_g(t), \Delta E(t)]^T$$

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_p} & \frac{K_p}{T_p} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{T_p} & \frac{1}{T_r} & 0 \\ -\frac{1}{RT_G} & 0 & -\frac{1}{T_G} & -\frac{1}{T_G} \\ K_E & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B^T = \left[0, 0, \frac{1}{T_G}, 0 \right]$$

$$F^T = \left[-\frac{1}{K_p}, 0, 0, 0 \right]$$

sistem parametrelerin sırası T_r 'nin %30 'u ve bütün diğer parametrelerin %50 'sine değişen tipik değerleriyle bulunur.

$$\frac{1}{T_p} \in [\underline{a}_1, \bar{a}_1]$$

$$\frac{K_p}{T_p} \in [\underline{a}_2, \bar{a}_2]$$

$$\frac{1}{T_r} \in [\underline{a}_3, \bar{a}_3]$$

$$\frac{1}{T_G} \in [\underline{a}_4, \bar{a}_4]$$

$$\frac{1}{RT_G} \in [\underline{a}_5, \bar{a}_5]$$

burada, \underline{a}_i ve \bar{a}_i ($i = 1,2,\dots,5$) bilinen sabitlerdir.

5.3. Kuvvetli Adaptive Kontrol Dizaynı

5.3.1. Denkleştirme

Bu uygulamada, kuvvetli kontrolör, yük-frekans kontrolü güç sistemi için hazırlanmıştır. Burada regülatör zaman sabiti incremental değişimi ΔT_G , T_G 'nin tipik değerinin %30 değişimiyle bulunmuştur. Bununla beraber, kuvvetli kontrolör durumunda, regülatör zaman sabiti T_G ve hız regülasyon sabiti R tipik değerinin %50

değişimiyle bulunamayabilir. Genellikle büyük parametrik belirsizlikli tesis sabitleri için Riccati eşitlik yaklaşımı bir kuvvetli kontroler bulmak zordur. Tesis parametrelerinde büyük değişimler olduğunda önerilen adaptive kontrol kanunu kullanılabilir.

Adaptive kontrol kanunu için istenen özelliklerden biri tesisdeki büyük değişimleri bozabilir olmasıdır. Fakat, bildiğimiz gibi, adaptive kontrol sistemi, daha çok parametrelili değerlendirilmiştir. Uzun süreli parametre değerlendirilmesi için alınması durumunda daha kötü geçiş performansına sahip olacaktır. Diğer yandan, kuvvetli kontrol sistem dizaynında Riccati eşitlik yaklaşımında temel kabul edilmektedir. İyi bir geçiş performansı, kontrol kanunuyla, lineer ve karışık olana kadar kazanılabilir.

Burada Riccati eşitlik yaklaşımı ile adaptive kontrol tekniğini güç sistemi için yeni bir kuvvetli adaptive yük frekans- kontrol tekniği dizaynı için karşılaştırılacaktır. Adaptive kontrol tekniği kuvvetli kontrol tekniğinde kullanılan T_G ve R de geniş değişiklikler yaparak kullanılacaktır. Riccati eşitlik yaklaşımı, diğer parametrelerdeki değişimleri gösterbilmektedir.

5.3.2. Kontrol Dizaynı

Göz önünde bulundurulmuş tesis modeli (eşitlik 5.1-4) veya eşdeğeri eşitlik 5.5 ile A matrisini iki kısma ayırabiliriz.

$$A = A_1 + A_2$$

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_P} & \frac{K_P}{T_P} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{T_P} & \frac{1}{T_T} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ K_E & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{RT_G} & 0 & -\frac{1}{T_G} & -\frac{1}{T_G} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Buradaki A_1 matrisi

$$A_1 = A_{10} + \Delta A_1$$

gibi formüle edilebilir

A_{10} , A_1 için normal sabit matris ve A_1 matrisinin yapısından açıkça görülen belirsizlik matrisi ΔA_1 rank-1 tip belirsizdir; yani, oradaki çıkış sabit matrisi \tilde{A}_j ve

$r_j(t)$; $j = 1, 2$ gibi

$$\Delta A_1 = \sum_{j=1}^2 \tilde{A}_j r_j(t)$$

ve bütün j 'ler için $|r_j(t)| \leq r$, burada r bilinen bir sabittir. Rank-1 belirsizliği yüzünden, matris \tilde{A}_j

$$\tilde{A}_j = d_j e_j^T$$

yazılabilir.

Burada,

d_j ve e_j bilinen sabit vektörlerdir.

Takip eden şekilde

$$w = r \sum_{j=1}^4 d_j d_j^T$$

$$u = r \sum_{j=1}^4 e_j e_j^T$$

şeklinde notasyonla tanıtabiliriz.

5.3.2.1. Uyarı 1 A_1 'deki belirsizliklerin yapılmasıyla Riccati eşitlik yaklaşımı ve A_2 deki belirsizlikler için adaptive kontrol tekniğiyle çalışacak

Eğer,

$$\Delta P_d(t) = 0$$

dersek, eşitlik 5.5. yardımıyla

$$\dot{x}(t) = (A_1 + A_2)x(t) + Bu(t) \quad (5.6)$$

olur.

Takip eden eşitlik 5.6 ise

$$\dot{x}(t) = (A_{10} + \Delta A_1)x(t) + (A_2 - \hat{A}_2)x(t) + \hat{A}_2 x(t) + \hat{B}u(t) + (B - \hat{B})u(t) \quad (5.7)$$

burada \hat{A}_2 ve \hat{B} sırasıyla A_2 ve B 'nin tasarlanmış değerleridir.

Eğer,

$$B_0 v(t) = \hat{B}u(t) + \hat{A}_2 x(t) \quad (5.8)$$

dersek, eşitlik 5.7

$$\dot{X}(t) = (A_{10} + \Delta A_1)x(t) + B_0 v(t) + B_1 \Phi^T \tilde{\theta} \quad (5.9)$$

olur. Burada,

B_0 , B nin nominal vektörüdür.

$$B_1 = [0 \ 0 \ 1 \ 0]^T$$

$$\Phi = [\Delta f \ (\Delta x_g + \Delta E - u)]^T$$

$$\tilde{\theta} = \hat{\theta} - \theta$$

$$\theta = \left[\frac{1}{RT_G} \quad \frac{1}{T_G} \right]^T$$

ve $\hat{\theta}$, θ 'nin tahmini değeridir.

Böylece, kuvvetli kontrol dizaynı tekniğiyle çalışabiliriz.

$$v(t) = -\frac{1}{\varepsilon} R^{-1} B_0^T P x(t) \quad (5.10)$$

burada, P

$$A_{10}^T P + P A_{10} - P \left\{ \frac{2}{\varepsilon} B_0 R^{-1} B_0^T - \frac{1}{\lambda} w \right\} P + \lambda u + \varepsilon Q = 0 \quad (5.11)$$

dekleminin sınırlı simetrik pozitif bir çözümüdür.

$\varepsilon > 0$, $\lambda > 0$ matris Q ve R dizayn edici tarafından seçilmiş pozitif sınırlı matristir.

Bundan sonra takip eden kısımda parametre değerlendirilmesi planlanır.

$$\ddot{\tilde{Q}}(t) = -P_T^{1/2} P_r \left\{ P_T^{T/2} \Phi(t) B_1^T P x(t) \right\} \quad (5.12)$$

burada $\ddot{\tilde{Q}}(t) = -P_T^{1/2} P_r \left\{ P_T^{T/2} \Phi(t) B_1^T P x(t) \right\} P_T$ adaptasyon kazanç matrisinde kullanılabilen keyfi simetrik pozitif sınırlı matris ve ayrıca

$$P_r = P_T^{1/2} P_T^{T/2}$$

burada

$$P_T^{T/2} = \left(P_T^{1/2} \right)^T$$

şeklindedir.

5.3.2.2. Uyarı 2

Tesise kadar zaman değişmezdir.

$$\hat{\theta} = \tilde{\theta}$$

5.3.2.3. Uyarı 3

P_r projeksiyon (kabarık) çalışması

$$\frac{1}{T_G} \in [\underline{a}_4, \bar{a}_4], \quad \frac{1}{RT_G} \in [\underline{a}_r, \bar{a}_r]$$

sağlayacak şekilde gösterir.

Eşitlik 5.8 yardımıyla

$$u(t) = \frac{\hat{T}_G}{T_{G0}} v(t) + \frac{\hat{T}_G}{RT_{G0}} \Delta f(t) + \Delta x_g(t) + \Delta E(t) \quad (5.13)$$

elde edilecektir.

Elde edilen ana sonuç aşağıdaki takip eden şekildedir.

Göz önünde bulunan güç sistemi eşitlik 5.1-4 veya eşdeğer eşitlik 5.9 ; eğer, bazı ε ve $\lambda > 0$ için buradaki çıkışlar eşitlik 9 'a pozitif sınırlı bir çözümdür. Güç sistemi eşitlik 5.1-4 veya eşdeğer eşitlik 5.9 , bütün uygulanabilir belirsizlikler sabit geri besleme kontrolörü eşitlik 5.13 ve 5.10 ve parametre değerlendirmesi eşitlik 5.12 asimptotik olarak sabittir.

5.3.2.3.1. Kapalı-çevrim Sistem Sabitesi Analizleri

Seçilen Lyapunov fonksiyonu takip eden şekilde seçilir.

$$v(x) = x^T P x + \tilde{Q}^T P_T^{-1} \tilde{Q}$$

burada matris $P_T > 0$, sonra $v(x)$ türetilirse;

Eşitlik 5.9 göz önüne alınırsa

$$\begin{aligned} \dot{v}(x) = & x^T A_{10}^T P x + x^T P A_{10} x + x^T \Delta A_1^T P x + x^T P \Delta A_1 x \\ & + v B_0^T P x + x^T P B_0 v + 2x^T P B_1 \Phi^T \tilde{Q} + 2\tilde{Q}^T P_T^{-1} \tilde{Q} \end{aligned}$$

Buradan,

$$\Delta A_1 = \sum_{j=1}^2 \tilde{A}_j r_j(t)$$

takip eden şekilde

$$\begin{aligned} \dot{v}(x) &= x^T (A_{10}^T P + P A_{10}) x + 2x^T P \left(\sum_{j=1}^2 \tilde{A}_j r_j(t) \right) x \\ &\quad - \frac{2}{\varepsilon} x^T P B_0 R^{-1} B_0^T P x + 2\tilde{Q}^T \left(P_T^{-1} \tilde{Q} + \Phi B_1^T p x \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{v}(x) &= x^T (A_{10}^T P + P A_{10}) x + 2x^T P \left(\sum_{j=1}^2 \tilde{A}_j r_j(t) \right) x \\ &\quad - \frac{2}{\varepsilon} x^T P B_0 R^{-1} B_0^T P x + 2\tilde{Q}^T \left(P_T^{-1} \tilde{Q} + \Phi B_1^T p x \right) \end{aligned}$$

eşitlik 5.12 göz önüne alınırsa

$$\begin{aligned} \dot{v}(x) &= x^T (A_{10}^T P + P A_{10}) x + 2x^T P \left(\sum_{j=1}^2 \tilde{A}_j r_j(t) \right) x \\ &\quad - \frac{2}{\varepsilon} x^T P B_0 R^{-1} B_0^T P x + 2\tilde{Q}^T \left(P_T^{-1} \tilde{Q} + \Phi B_1^T p x \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{v}(x) &= x^T (A_{10}^T P + P A_{10}) x + 2x^T P \left(\sum_{j=1}^2 \tilde{A}_j r_j(t) \right) x \\ &\quad - \frac{2}{\varepsilon} x^T P B_0 R^{-1} B_0^T P x \end{aligned}$$

$$\tilde{A}_j = d_j e_j^T$$

ve

$$w = r \sum_{j=1}^4 d_j d_j^T$$

$$u = r \sum_{j=1}^4 e_j e_j^T$$

ve sonra

$$2x^T P \left(\sum_{j=1}^2 \tilde{A}_j r_j(t) \right) x$$

$$= 2x^T P \left(\sum_{j=1}^2 d_j e_j^T \right) x$$

$$\leq r \frac{1}{\lambda} x^T P \left(\sum_{j=1}^2 d_j d_j^T \right) x + r \lambda x^T P \left(\sum_{j=1}^2 e_j e_j^T \right) x$$

$$= \frac{1}{\lambda} x^T P w P x + \lambda x^T u x$$

burada $\lambda > 0$ dir.

Kullanılan farklılık üzerinde

$$\dot{v}(x) \leq \left(A_{10}^T P + P A_{10} - P \left\{ \frac{2}{\varepsilon} B_0 R^{-1} B_0^T - \frac{1}{\lambda w} \right\} P + \lambda u \right)$$

Eşitlik 5.11 ile

$$\dot{v}(x) \leq -x^T Q x \leq 0$$

ile $Q > 0$ alınır. $V(x,t)$ güç sisteminin Lyapunov fonksiyonudur. Ayrıca güç sisteminin bütün uygulanabilir belirsizliklerin durum geri besleme kontrolörün parametre değerlendirmesi için asimptotik olarak kararlıdır.

5.3.2.4. Uyarı 4

$\dot{V}(x,t)$ projeksiyon nedenleri, projeksiyonsuzlukine göre pozitif olmamaktadır.

5.3.2.5. Uyarı 5

Güç sistemi belirsizlikler durum geri beslemesi, geri besleme kontrol kanunu ve parametre değerlendirmesi

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \Delta f(t) = 0$$

şeklindedir.

Kuvvetli adaptive yük-frekans kontrol dizaynımız aşağıdaki gibidir.

Adım 1 : Sistem parametreleri oranının bulunması

Adım 2 : A_{10} ve B_0 sistemi için nominal parametrelerin seçilmesi ve W ile U matrisine karar verilmesi

Adım 3 : Dizayn sabitleri ε ve λ , ayrıca dizayn sabit matrisi Q ve R 'nin seçilmesi

Adım 4 : Verilen algoritma altında Riccati eşitliğinin kullanılması ve P çözümünün bulunması

Adım 5 : Geri-besleme kazancının yapılması

$$K = \frac{1}{\varepsilon} R^{-1} B_0^T P$$

ve kuvvetli kontrol kanunu

$$v(t) = -Kx(t)$$

Adım 6 : Kuvvetli adaptive kontrol kanununun yapılması ve Riccati eşitliği çözümü için algoritma

Adım 1' : Önce dizayn sabitleri ε ve λ bazı başlangıç değerleri yani, $Q = 1$, $R = 1$ $\varepsilon = 1$ ve $\lambda = 1$ seçilir.

Adım 2' : Standart algoritma toplanarak Riccati eşitliği çözümlenir ve Riccati eşitliğinin sahip olduğu pozitif sınırlı simetrik sonuçlar determine edilir.

Pozitif sınırlı simetrik çözüm çıkışlı algoritmanın " başarılı " olduğu söylenir. Eğer böyle değilse 3' adımına geçilir.

Adım 3' : ε yerine $\frac{\varepsilon}{2}$ ve λ değişmeden tutulur. Eğer, ε bazı toplananlardan daha küçükse sonra durulur ve algoritmanın " başarısız " olduğu söylenerek 2' adımına geçilir.

4.4. kısmında kullanacağımız dizayn, kuvvetli adaptive yük-frekans kontrolörüne bir örnek sistem olup çalışma sistem cevapları $\Delta P_a(t) = 0.01$ yük değişimi dizaynını üretir. Bu durum, GRC simulasyon çalışmasında göz önünde tutulacaktır.

5.4. Bir Sistem Örneğinin İncelenmesi

Bir önceki kısımda olduğu gibi, tesis model karşılığını yazacak olursak

$$\dot{x}(t) = (A_{10} + \Delta A_1)x(t) + B_0v(t) + B_1\Phi^T\tilde{\theta}$$

burada $A_{10}, \Delta A_1, B_0, B_1, \Phi^T, \tilde{\theta}$ ve $v(t)$ eşitlik 5.9 'un aynısıdır. Diğer yandan bütün parametrelerin tipik değerleri bulunabilir.

Sistem parametrelerin sırası T_7 'nin %30 ve diğer bütün parametrelerin tipik değerlerinin %50 değişim simülasyonu ile bulunur.

Buradan,

$$\frac{1}{T_P} \in [0.033 \quad 0.1]$$

$$\frac{K_P}{T_P} \in [4 \quad 12]$$

$$\frac{1}{T_I} \in [2.564 \quad 4.762]$$

$$\frac{1}{T_G} \in [6.25 \quad 18.75]$$

$$\frac{1}{RT_G} \in [1.3020 \quad 11.7188]$$

olarak almır.

Alınan ortalama değerlerle nominal parametreleri takip eden sıradaki gibi seçeriz.

$$\bar{B} = [0, 0, 12.50, 0]^T$$

$$\bar{F} = [-8, 0, 0, 0]^T$$

$$\Delta A_1 = \sum_{j=1}^2 \tilde{A}_j r_j(t)$$

burada;

$$|r_j(t)| \leq r \leq 1 \quad (j=1,2)$$

$$\tilde{A}_1 = d_1 e_1^T = [2, 0, 0, 0]^T [-0.01675, 2, 0, 0]$$

$$\tilde{A}_2 = d_2 e_2^T = [0, 2, 0, 0]^T [0, -0.5495, 0.5495, 0]$$

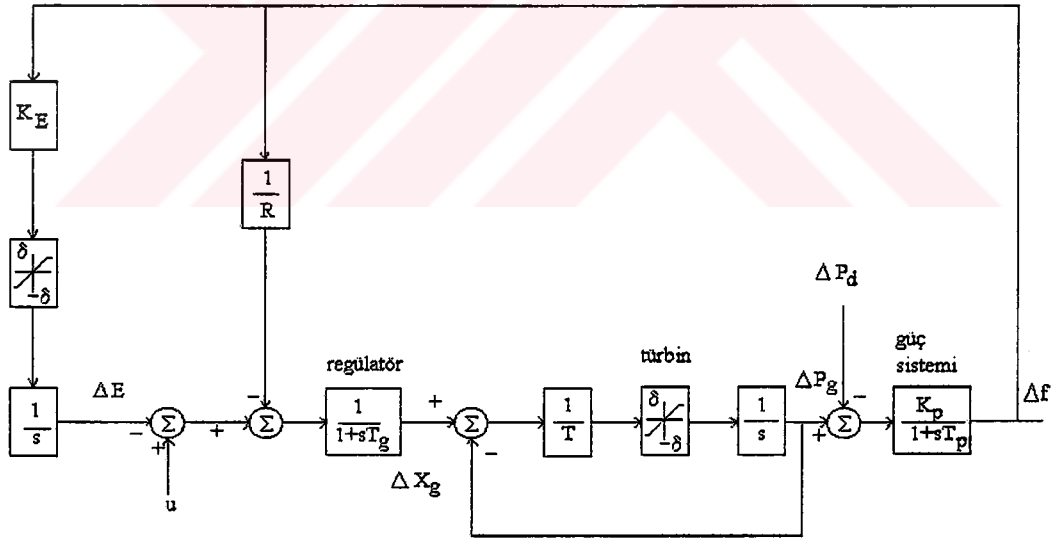
Yine takip eden şekilde ;

$$w = \sum_{j=1}^2 d_j d_j^T = \text{diag}\{4, 4, 0, 0\}$$

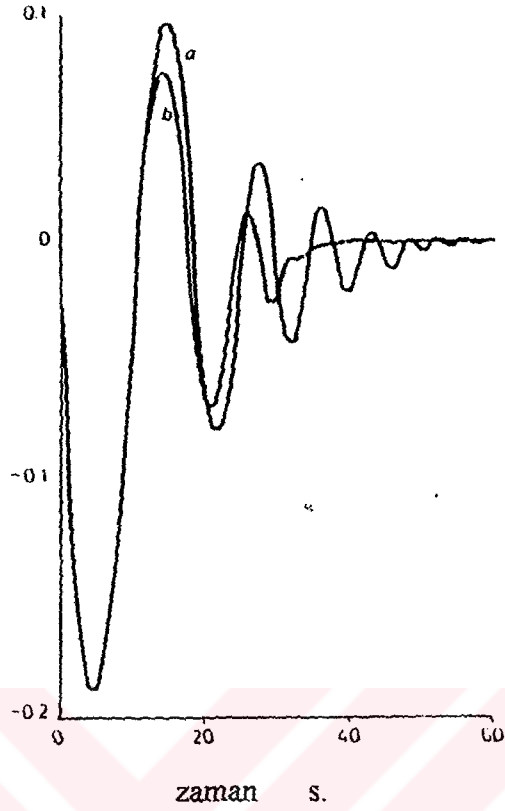
$$u = \sum_{j=1}^2 e_j e_j^T = \begin{bmatrix} 0.0003 & -0.0335 & 0 & 0 \\ -0.0335 & 4.302 & -0.302 & 0 \\ 0 & -0.302 & 0.302 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$\varepsilon = 1, \lambda = 1, Q = 1, \text{ ve } R = 1$ seçilip Riccati eşitliği yardımıyla

$$P = \begin{bmatrix} 1.8584 & 2.2703 & 0.3440 & 1.4871 \\ 2.2703 & 3.5704 & 0.5279 & 1.7858 \\ 0.3440 & 0.5279 & 0.1470 & 0.2689 \\ 1.4871 & 1.7858 & 0.2689 & 2.8895 \end{bmatrix}$$



Şekil 5.2. GRC 'li basit bir güç sisteminin blok diyagramı



Şekil 5.3. Farklı kontrolör için $\Delta f(t)$ cevapları

- a kuvvetli adaptive kontrolör
- b kuvvetli kontrolör

sonra takip eden eşitlik 5.10 yardımıyla

$$v(t) = -Kx(t) = -\frac{1}{\varepsilon} R^{-1} B_0^T P x(t)$$

burada,

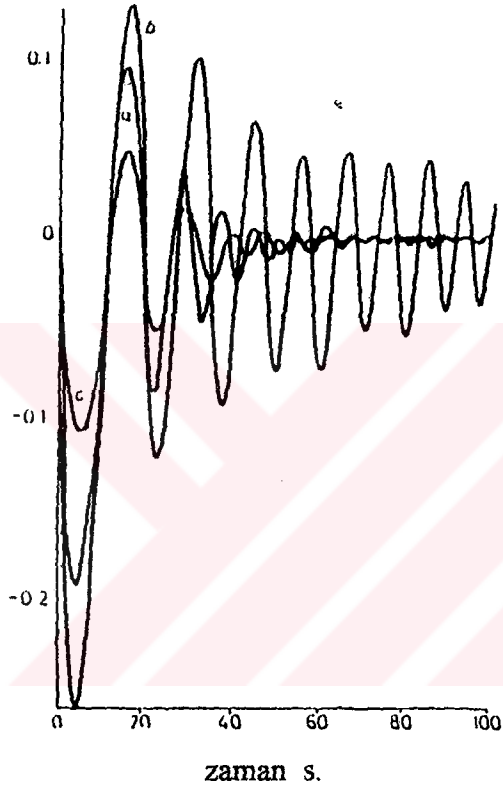
$$K = [K_1, K_2, K_3, K_4] = [4.2992, 6.5985, 1.8381, 3.3617]$$

$P_T = 1$ seçilerek parametre değerlendirilir.

$$\dot{\hat{Q}} = \ddot{\hat{Q}} = -P_r \left\{ \Phi(t) B_1^T P x(t) \right\}$$

ve takip eden şekilde,

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{RT_G} \right) = -P_r \left\{ (0.344\Delta f + 0.5279\Delta P_G + 0.147\Delta x_g + 0.2689\Delta E) \Delta f \right\}$$



Şekil 5.4. Farklı parametre değişkenleri için $\Delta f(t)$ cevapları

a nominal parametreler

$$b \quad \frac{1}{T_P} = 0.1, \frac{K_P}{T_P} = 12, \frac{1}{T_T} = 4.762, \frac{1}{T_G} = 18.75, \frac{1}{RT_G} = 11.7188$$

$$c \quad \frac{1}{T_P} = 0.033, \frac{K_P}{T_P} = 4, \frac{1}{T_T} = 2.564, \frac{1}{T_G} = 6.25, \frac{1}{RT_G} = 1.302$$

yine takip eden şekilde

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{\hat{T}_G} \right) = -P_r \left\{ \left(0.344 \Delta f + 0.5279 \Delta P_G + 0.147 \Delta x_g + 0.2689 \Delta E \right) (\Delta x_g + \Delta E - u) \right\}$$

ve yeni kuvvetli adaptive kanunumuz takip eden şekilde gibidir.

$$u(t) = \frac{\hat{T}_G}{T_{G0}} v(t) + \frac{\hat{T}_G}{RT_{G0}} \Delta f(t) + \Delta x_g(t) + \Delta E(t)$$

yukarıdaki dizayn ve analiz, GRC 'nin etkisi göz önünde bulundurulmamıştır. Gerçek güç sistemleri, üretim gücündeki değişimin oranında bir maksimum çıkış vardır. Sonuçlar, GRC güç sistemlerin anlamlı dinamik cevapların aşırı şekilde arttığını göstermektedir. Ayrıca sistem parametreleri bilinmeyen bütün sistem bir yük bozucu etkisinin görüntüsünde sabit olmayabilir.

Bu kısımda GRC 'li bir güç sistemi için hazırladığımız kuvvetli adaptive yük-frekans kontrolörün etkilerini test edeceğiz.

Her dakika 0.1 p.ü. GRC göz önünde bulundurulur; yani,

$$\Delta P_g \leq \delta = 0.0017 \text{ p.ü. MW/s}$$

GRC türbine limit ilavelerin ve ayrıca fazla kontrol etkisinin önlenmesi, integral kontrol etkisine ilaveler hesap içine alınır. GRC 'li tesis modelinin blok diyagramı şekil 5.2 'de gösterilmiştir.

Göz önüne alınan durumda yük değişimleri 0.01 p.ü. yani, $\Delta P_d = 0.01$ dir. Parametre değerlendirilmesi için önceki değerlerdir

Bu değerler

$$\frac{1}{\hat{RT}_G} = 6.5$$

$$\frac{1}{\hat{T}_G} = 12.5$$

şeklindedir.

1. Durum : Hazır kuvvetli adaptive kontrolör ile nominal parametredeki kuvvetli kontrolörü karşılaştırırız.
2. Durum : Parametre bölgesinde sistem parametrelerini üç farklı grup olarak seçeriz.
3. Durum : Nominal parametrelerle sistem göz önünde bulundurulur. Şekil 4.4.4. $\Delta f(t)$ ile farklı GRC cevapları gösterilir.
4. Durum Sistem parametreleri

$$\frac{1}{T_p} = 0.0665$$

$$\frac{K_p}{T_p} = 12$$

$$\frac{1}{T_p} = 0.065$$

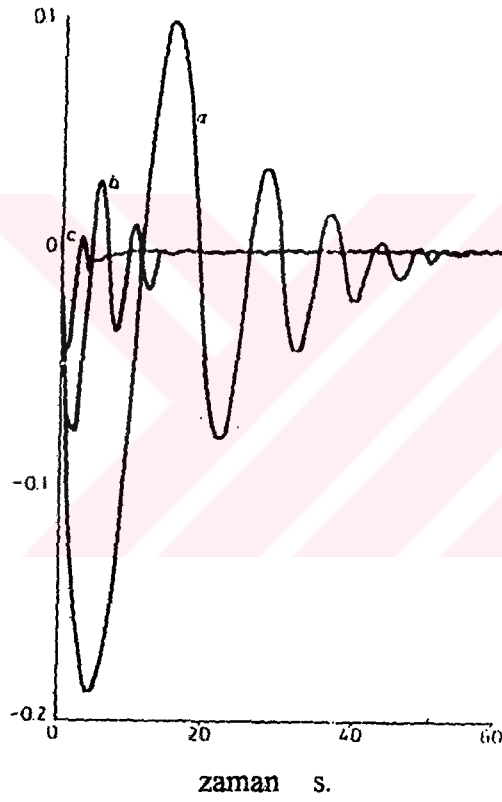
$$\frac{1}{T_r} = 3.663$$

$$\frac{1}{T_G} = 12.50$$

$$\frac{1}{RT_G} = 6.51$$

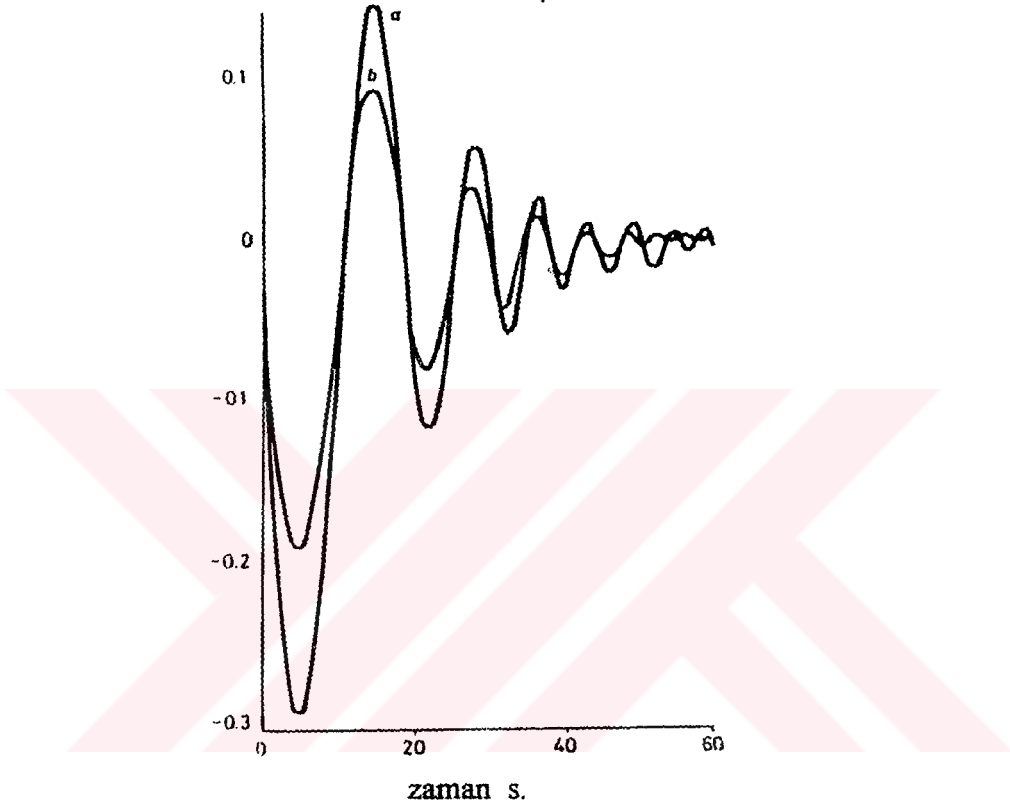
gibi göz önüne alınır. Yani, bütün sistem parametreleri tesis kazancı nominal olarak $K_p = 180$ dir.

Şekil 5.6. $\Delta f(t)$ ile GRC $\delta = 0.0017$ cevaplarını gösterir.



Şekil 5.5 GRC için $\Delta f(t)$ cevapları

- a GRC $\delta = 0.00017$
- b GRC $\delta = 0.005$
- c GRC $\delta = 0.01$



Şekil 5.6. Farklı K_p için $\Delta f(t)$ cevapları

$$a \quad \frac{1}{T_p} = 0.0065, \frac{K_p}{T_p} = 12, \frac{1}{T_r} = 3.663, \frac{1}{T_G} = 12.50, \frac{1}{RT_G} = 6.51$$

b nominal parametreler

5.4.1. Uyarı 6

Göz önünde bulundurulmuş kuvvetli adaptif kontrolör, bütün sistem için sağlanabilir ve etkisi bütün uygulanabilir belirsizlikler için asimptotik olarak sabittir. Sayısal örneğin çalışması, örnek sistemimizin hazır kontrolör için GRC'nin görünüşündeki iyi performansını kazanabileceğini göstermektedir.

5.4.2. Uyarı 7

Şekil 5.5 deki simulasyon sonuçları, kuvvetli kontrolörün, hazır kuvvetli adaptive kontrolörün sonuçlarını daha iyi kazanabilmektedir. Fakat, hazır kontrolör ile daha geniş parametre değişkenleri yapılabilmektedir.

5.4.3. Uyarı 8

Şekil 5.6 daki simulasyon sonuçlarından, bütün sistem cevaplarını diğer parametrelerden, tesis kazancı K_p 'ye çok daha hassaslıkla görebiliriz.

5.4.4. Uyarı 9

Buradaki simulasyon çalışması, göz önüne alınan GRC durumunda sistemin daha büyük artışla ve daha uzun yerleşme zamanları için karşılaştırılan GRC durumundan daha esneklerdir.

5.5. Bölüm Sonuçlarının Tartışılması

Yeni bir kuvvetli adaptive yük-frekans kontrolörü ile güç sistem performansının gelişmesi planlanır. Standart kuvvetli kontrol yaklaşımı, Riccati eşitlik yaklaşımı ve adaptive model referans kontrol parametreleri belirsiz bir güç sistemi için, bir kuvvetli adaptive kontrolör dizaynıyla karşılaştırılır.

İyi bir performansın kazanılması, kuvvetli kontrol yaklaşımı küçük parametrik belirsizlikler ve adaptive kontrol tekniği geniş parametrik belirsizliklerle yapılmasıyla kullanılır.

Simulasyon çalışması hazır kontrolörün avantajları

(a) Doğru sistem parametreleri gerekli değildir. Sadece tesisin bilinmeyen parametrelerinin sınırları bilinir olmalıdır. Böylece, hazır kontrolörün tesis parametre belirsizlikleri tolerans edilebilir.

(b) Adaptive kontrol tekniğine kadar, sadece geniş parametrik belirsizlikler için sadece iki parametre değerlendirilmesi gerekir. Bu yüzden, buradaki hazır kontrolörün yapısı klasik adaptive kontrolörünküne göre daha basittir.

(c) Hazır kuvvetli adaptive kontrolör bütün uygulanabilir belirsizlikler için asimptotik sabit olan bütün bir sistem sağlanabilir ve bu durum etkili olmaktadır.



SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Frekans değerinin değişmeden sabit tutulması oldukça zor olmaktadır. Çünkü, sistemlerin yapısında bir çok bozucu etki mevcuttur. Başlangıçta frekans değeri ne kadar tatmin edici değerde olursa olsun, sistem içindeki mekanik ve elektriksel anlamdaki bozucular nedeniyle bu değer korunamamakta ve saniye mertebesindeki zamana göre genliği sürekli değişmektedir.

Bu günkü kullanılan teknoloji ile bu değişimleri ortadan kaldıramayacağımıza göre, bu değişimleri en aza indirecek çözümler aramamız gerekmektedir. Bu yüzden kullanılan sistemin özelliğine göre uygun algoritmaların geliştirilmesi ve bunların değişik bozucu etkiler altında denenerek test edilmesi gerekmektedir. Bu algoritmalar, ilk bakışta çok basit ve kolay görünmesine karşın, ele alınan sistemin her hangi bir noktasındaki frekans değişimleriyle ilgili olduğundan oldukça kompleks yapıdadırlar.

Bir sistemin frekans ölçme algoritmasını çıkartmak için, sistemin mekanik ve elektriksel özellikleri çok iyi bir şekilde bilinerek öncelikle uygun bir kontrol sistemi oluşturulmalıdır. Böylece, sisteme bozucu etki yapabilecek olaylar gözlenebilir ve bu etkileri azaltabilmek için alınması gereken önlemlerde test edilerek uygun çözüm bulunabilir.

Teknolojinin süratli değişmesi ve yeni hesap yöntemlerinin geliştirilmesiyle, frekans ölçüm algoritma hesaplarının çok daha iyi bir yaklaşıklıkla çıkacağı şüphesizdir. Şu anda, güç sistemlerindeki yük-frekans konusuyla ilgilenen bilim adamı ve uzmanların bulanık mantık ile incelenebilen bir frekans ölçme algoritması geliştirmeye çalıştıklarını söylemek oldukça doğru bir tahmin olacaktır.

KAYNAKLAR

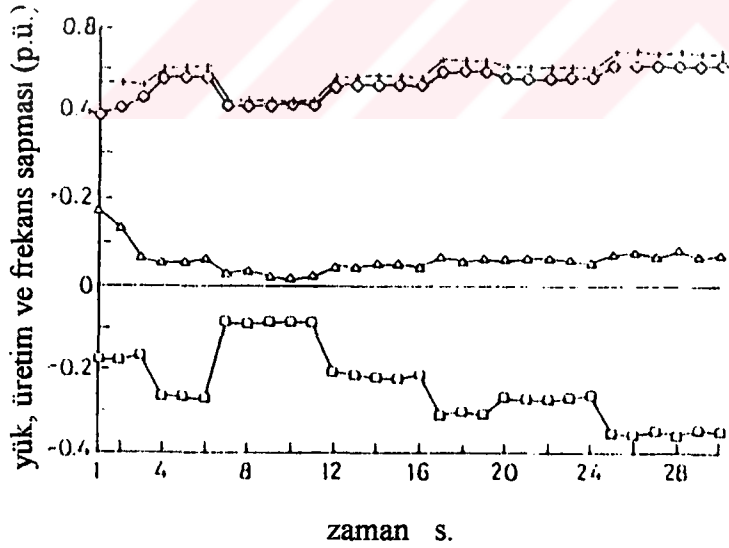
1. CARRANZA R.D., MOORE P.J., JOHNS A.T. 1994 A new numeric technique for high-speed evaluation of power system frequency IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib., Vol.141. No. 5, September 1994, Cambridge, United Kingdom
2. GLOWER J.Duncan 1971 Load-frequency control of electric power system February 19,1971, Massachusetts, A.B.D.
3. RUBAAI A., UDO V., Self-tuning load frequency control: Multilevel adaptive approach IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib., Vol. 141, No.4, July 1994, Cambridge, United Kingdom
4. WEEDY B.M. 1985 Electric power systems Cap.4 , shf. 148-174, Mc Grawn Hill, New York
5. WANG Y., WEN C., ZHOU R., New robots adaptive load-frequency control with system parametric uncertainties IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib., Vol. 141, No. 3, May 1994, Cambridge, United Kingdom

EK - 1

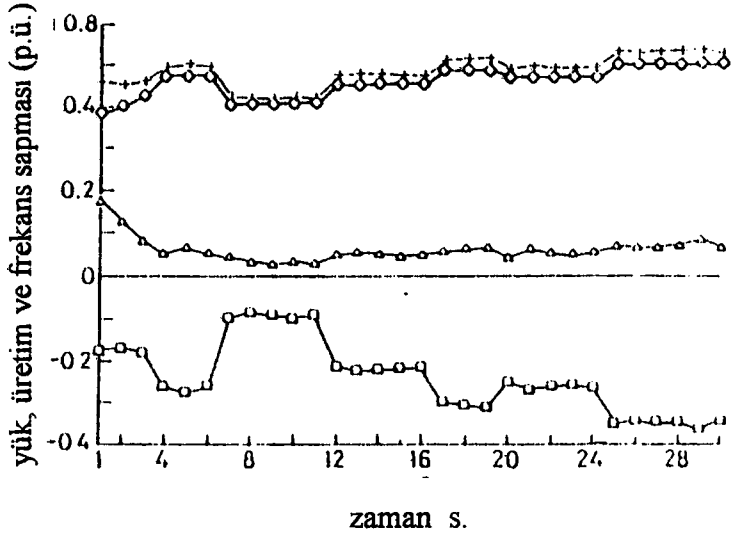
Bölüm 4.7. de bahsedilen simulasyon sonuçları aşağıdaki gibidir. Grafiklerin üzerlerinde bulunan sembollerin anlamı

- kontrolsüz frekans
- + yük
- ↑ üretim
- Δ kontrol edilen frekans

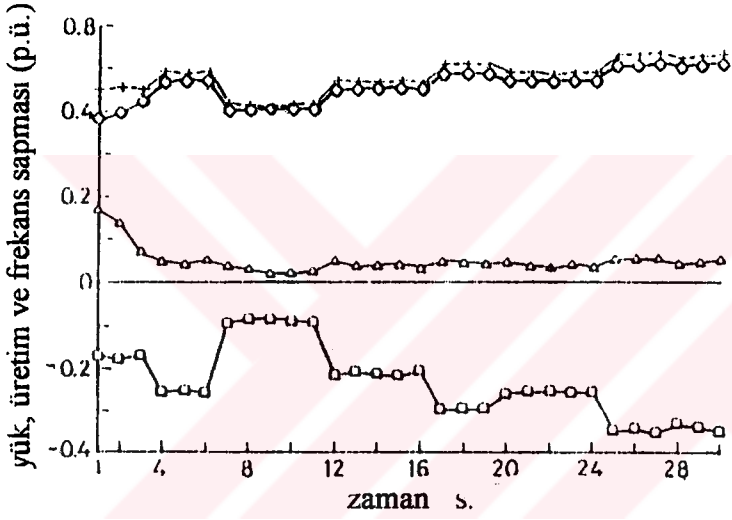
olarak ifade edilmektedir.



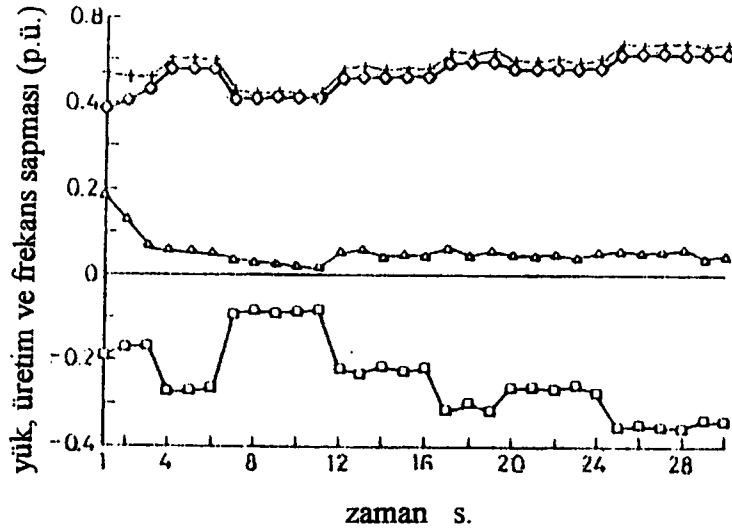
Şekil Ek-1.1. 2. alanın yük, üretim ve frekans sapması



Şekil Ek-1.2. 3. alanın yük, üretim ve frekans sapması



Şekil Ek-1.3. 5. alanın yük, üretim ve frekans sapması



Şekil Ek-1.4. 6. alanın yük, üretim ve frekans sapması

ÖZGEÇMİŞ

1964 yılında Birecik-Urfa 'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Sakarya 'da tamamladı. Temmuz 1993 'te İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Fakültesinden, Elektrik Mühendisi olarak mezun oldu.

Nisan 1995 'ten beri Kocaeli Meslek Yüksek Okulu, Elektrik Bölümü'nde Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

