



**Research Article / Araştırma Makalesi**  
**POWER SYSTEM STABILIZER DESIGN FOR MULTI-MACHINE POWER  
SYSTEM USING BAT SEARCH ALGORITHM**

**Serdar EKİNCİ\***

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Maslak-İSTANBUL*

**Received/Geliş: 06.02.2015 Revised/Düzelme: 18.09.2015 Accepted/Kabul: 21.10.2015**

**ABSTRACT**

This paper proposes a new technique named BAT search algorithm to tune Power System Stabilizer (PSS) for the suppression of the low frequency oscillations in a multi-machine power system. The PSS parameter tuning problem is converted to an optimization problem with the time domain-based objective function and is solved by BAT search algorithm. The 3-generator and 9-bus power system has been used to validate the effectiveness of this tuning approach and the performance of the proposed BAT-based PSS (BATPSS) has been compared with Particle Swarm Optimization (PSO) based PSS (PSOPSS) under large disturbance. The nonlinear simulation results are represented to validate the effectiveness of the proposed BATPSS. In addition, the superiority of the proposed BATPSS over the PSOPSS is demonstrated.

**Keywords:** BAT search algorithm, multi-machine power system, power system stabilizer (PSS), power system stability.

**YARASA ALGORİTMASI KULLANILARAK ÇOK MAKİNALI GÜÇ SİSTEMİ İÇİN GÜÇ  
SİSTEMİ KARARLI KILICI TASARIMI**

**ÖZ**

Bu makale, çok makinalı bir güç sisteminde düşük frekanslı salınımları söndürmek için yarasa algoritması olarak bilinen yeni bir tekniğin güç sistemi kararlı kılıcı (PSS) tasarımında kullanılmasını önerir. PSS parametrelerinin ayarlanması problemi, zaman domeni tabanlı amaç fonksiyonu ile bir optimizasyon problemine dönüştürüldü ve yarasa algoritması ile çözüldü. Bu ayarlama yaklaşımının etkinliğini geçerli kılmak için 3-makinalı ve 9-baralı güç sistemi kullanıldı ve büyük arıza altında önerilen yarasa algoritması tabanlı güç sistem kararlı kılıcının (BATPSS) performansı parçacık sürü optimizasyonu tabanlı güç sistem kararlı kılıcı (PSOPSS) ile karşılaştırıldı. Önerilen BATPSS'nin etkinliğini doğrulamak için lineer olmayan simülasyon sonuçları sunuldu. Bununla birlikte önerilen BATPSS'nin PSOPSS'ye olan üstünlüğü ortaya koyuldu.

**Anahtar Sözcükler:** Yarasa Algoritması, çok makinalı güç sistemi, güç sistemi kararlı kılıcı, güç sistemi kararlılığı.

\* Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: ekinciser@yahoo.com.com, tel: (553) 558 59 41

## 1. GİRİŞ

İlk kurulduğu dönemlerde güç sistemleri basit ve nispeten yereldi. Diğer ifadeyle, güç yük merkezleri yanında üretilirdi ve bundan dolayı gücün uzun iletim hatları boyunca gönderilmesi ve alınması zordu. Ayrıca, kontrol bölgeleri arasındaki enterkonnekte (ara bağlantılar) sistemler yaygın değildi. Seri ve şönt reaktif kompensatörler, gerilim düzenleyici transformatörler ve faz kaydırıcılar mekanik cihazlar aracılığıyla manuel olarak çalıştırıldığından dolayı, hızlı kontrol mevcut değildi. Sonuç olarak, sürekli durum çalışması esnasında, bu cihazların güç sistem performansını kontrol etmeleri sınırlıydı [1-2].

Günümüzde, güç talebi süratle büyümekte ve bu yüzden karmaşık güç sistemlerine olan ihtiyaç artmaktadır. Diğer taraftan, iletimdeki ve üretimdeki genişleme, kaynakların sınırlı mevcut olmasından ve sıkı çevresel zorlamalardan dolayı kısıtlıdır. Geçmişe nazaran günümüzde güç sistemlerine daha çok yüklenmesinin sonucu olarak, sistemlerin kendi geçici kararlılık sınırları yakınlarında çalışmalarına sebep oluyor. Bununla birlikte, uzak mesafeli güç sistemleri arasındaki enterkoneksiyon şu anda yaygın bir yöntemdir ki, bu 0.1–3.0 Hz aralığındaki düşük frekans salınımlarını yükselterek verir. Eğer salınımlar iyi söndürülmezse, bu salınımlar senkronizasyon kaybıyla sonuçlanana kadar, büyümeye devam ederler [3-6].

Düşük frekanslı salınımların güç sistem sönmünü artırmak amacıyla kullanılan güç sistemi kararlı kılıcılar (Power System Stabilizers: PSSs) uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Generatör uyarma sistemi üzerinde çalışan PSS'lerin atanmış olduğu görevlerde etkili bir performans sergiledikleri ispatlanmıştır. Ama birçok avantajlarına rağmen, PSS'lerin gerilim profiline ters etkileri vardır ki, bu güç faktörü ilerlemesine ve büyük arızalardan kaynaklanan salınımları bastıramamasına (özellikle generatör uçlarında meydana gelen üç fazlı arızalarda) yol açar [3-6].

Erken yıllarda, DeMello ve Concordia [7] uyarma kontrolü tarafından etkilenen senkron makine kararlılık kavramını ortaya çıkardı. Günümüzde, küçük salınımları bastırmak ve söndürmek için geleneksel faz ilerlemeli-gerilemeli güç sistem kararlı kılıcılar (conventional power system stabilizers: CPSSs) elektriksel güç sistemlerinde daha çok kullanılmaktadır. Kundur vd. [8] yerel ve bölgeler arası modlardaki geçici kararlılığı düzeltmek amacıyla geleneksel faz ilerlemeli gerilemeli PSS'lerin parametrelerini belirlemek için detaylı analitik çalışmalar sundu. Bu parametreler, kararlı kılıcı kazanç, kararlı kılıcı çıkış limitleri ve işaret temizlemelerinden (signal washout) meydana gelir. Bunlarla birlikte, Gibbard [9] geniş aralıktaki sistem yüklenme durumlarında, CPSS'nin yeterli derecede sönmü performansı sağladığını ispat etmiştir. CPSS'nin dayanıklı yapısı, moment-referans gerilim transfer fonksiyonunun geniş aralıklı çalışma durumlarında daha az değişmesinden kaynaklanmaktadır.

1960-1970 yılları arasında klasik optimizasyon teknikleri geliştirilmesine rağmen bu teknikler lineer ve diferansiyel olmayan mühendislik problemleri çözümünde yetersiz kaldı. Yakın zamanda genetik algoritma (GA: genetic algorithm), Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO: Particle Swarm Optimization), Diferansiyel Gelişim (DE: Differential Evolution) ve Yapay Arı Kolonisi (ABC: Artificial Bee Colony) gibi bazı optimizasyon teknikleri karmaşık ve büyük boyutlu güç sistem problemlerine başarıyla uygulanmıştır [10-11]. Son yıllarda Yang [12] sezgisel-üstü algoritmalar kategorisi altında çok umut verici olan yarasa algoritmasını sundu. Yarasa algoritması yarasaların ekolojisi davranışları üzerine dayalı yeni bir arama algoritmasıdır. Yapılan ön çalışmalar yarasa algoritmasının kısıtsız optimizasyon problemlerini çözmeye GA ve PSO tekniklerinden üstün olduğu gösterilmiştir [12]; çünkü bu teknikler çok modlu optimizasyon problemlerinde yetersiz kalmaktaydı.

Bu çalışmada, yeni bir sezgisel-üstü algoritma olan yarasa algoritması PSS parametrelerinin optimal tasarımında önerilmiştir. PSS tasarım problemi, zaman domeni tabanlı amaç fonksiyonu aracılığıyla bir optimizasyon problemine dönüştürüldü ve bu optimizasyon problemine yarasa algoritması uygulandı. Lineer olmayan simülasyon analizleri yapılarak önerilen BATPSS'nin etkinliği çok makinalı bir güç sistemi üstünde test edildi ve BATPSS'nin performansı PSOPSS

ile karşılaştırıldı. Simülasyon sonuçlarından, önerilen algoritmanın sistemin geçici hal kararlılığını düzelttiği ve düşük frekans salınımlarını söndürdüğü görüldü.

## 2. ÇOK MAKİNALI GÜÇ SİSTEMİNİN MODELLENMESİ

Çok makinalı güç sistemi modellenirken, yüklerin sabit empedanslar olduğu varsayılarak, yükler admitanslara çevrilmiştir.  $m$  makinalı statik uyarmalı akı sönümlü modelin diferansiyel denklemleri aşağıdaki gibidir [13]:

$$\frac{d\delta_i}{dt} = \omega_i - \omega_s \quad (1)$$

$$\frac{d\omega_i}{dt} = \frac{(P_{mi} - P_{ei})}{M_i} - \frac{D_i(\omega_i - \omega_s)}{M_i} \quad (2)$$

$$\frac{dE'_{qi}}{dt} = -\frac{E'_{qi}}{T'_{doi}} - \frac{(X_{di} - X'_{di})}{T'_{doi}} I_{di} + \frac{E_{fdi}}{T'_{doi}} \quad (3)$$

$$\frac{dE_{fdi}}{dt} = -\frac{E_{fdi}}{T_{Ai}} + \frac{K_{Ai}}{T_{Ai}} (V_{refi} + V_{Si} - V_i) \quad (4)$$

Yukarıdaki denklemlerden  $i = 1, \dots, m$  için;  $m$  makina sayısı,  $\delta$  rotor açısı,  $\omega$  rotor hızı,  $P_m$  mekanik güç,  $P_e$  elektriksel güç,  $D$  sönüm katsayısı,  $M$  eylemsizlik sabiti,  $\omega_s$  senkron hız,  $E'_q$  iç gerilim,  $T'_{do}$  kısa devre alan zaman sabiti,  $X_d$   $d$ -eksen reaktansı,  $X'_d$   $d$ -eksen geçici reaktansı,  $E_{fd}$  alan gerilimi,  $K_A$  uyarma sistemi kazancı,  $T_A$  uyarma sistemi zaman sabiti,  $V_{ref}$  referans gerilimi,  $V_S$  PSS kararlı kılıcı işaret çıkışı ve  $V_i$  bara gerilimini göstermektedir.

(1)-(4) denklemlerinden  $i = 1, \dots, m$  için;

$$P_{ei} = V_{di} I_{di} + V_{qi} I_{qi} \quad (5)$$

$$V_{di} = X_{qi} I_{qi} \quad (6)$$

$$V_{qi} = E'_{qi} - X'_{di} I_{di} \quad (7)$$

$$V_i = (V_{di}^2 + V_{qi}^2)^{1/2} \quad (8)$$

Aynı zamanda yük akışından;

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_1 \\ \vdots \\ \bar{I}_m \end{bmatrix} = [\bar{Y}_{red}] \begin{bmatrix} \bar{V}_1 \\ \vdots \\ \bar{V}_m \end{bmatrix} \quad (9)$$

(9) denkleminde;

$$\bar{I}_i = (I_{di} + jI_{qi}) e^{j(\delta_i - \pi/2)} \quad (10)$$

$$\bar{V}_i = (V_{di} + jV_{qi}) e^{j(\delta_i - \pi/2)} \quad (11)$$

### 3. YARASA ALGORİTMASI

Yarasa algoritması, yiyecek ve avlarının yerini bulmaya çalışan doğadaki yarasaların ekolokasyon davranışlarından esinlenerek bulunmuş bir optimizasyon algoritmasıdır. Bu algoritma Yang [12] tarafından sunuldu ve değişik optimizasyon problemlerinde kullanıldı. Popülasyondaki her yarasa avlarının konumlarını tespit etmek ve aralarında iletişim kurmak için ekolokasyon adı verilen bir çeşit radar kullanırlar. Yarasa ekolokasyonu yankı oluşturmak için bir dizi yüksek sesli ultrasonik dalgaların bırakıldığı bir algısal sistemdir. Bu dalgalar yarasalara belirli bir avını bulmasını sağlayan çeşitli ses seviyeleri ile geri döner. Yarasa algoritmasının yapısını genişletmek ve yarasaların ekolokasyon karakteristiklerini kullanmak için bazı kurallar araştırıldı.

(a) Yarasalar av/yiyecek ve engelleri ayırt etmek için ekolokasyon özelliğinden faydalanır.

(b) Yarasalar avlarını bulmak için;  $v_i$  hızında,  $x_i$  konumunda, sabit  $f_{\min}$  frekansında,  $\lambda$  değişken dalga boyunda ve  $L_0$  ses şiddeti ile rastgele uçarlar. Hedeflerine olan yakınlığa göre yaydıkları sinyallerin frekanslarını düzenlerler ve  $[0,1]$  aralığındaki  $r$  sinyal yayılım oranlarını ayarlarlar.

(c) Her yarasanın frekansı, ses şiddeti ve sinyal yayılım oranı değişebilir.

(d)  $L_m^{iter}$  ses şiddeti,  $L_0$  büyük değerden  $L_{\min}$  minimum sabit değere kadar farklılık gösterir.

Optimizasyon süresi boyunca her yarasanın  $x_i$  konumu ve  $v_i$  hızı tanımlanabilir ve güncellenebilir.  $t$  zaman adımında  $x_i^t$  yeni çözüm değerleri ve  $v_i^t$  yeni hızları aşağıdaki denklemlerden bulunur.

$$f_i = f_{\min} + (f_{\max} - f_{\min})\alpha \quad (12)$$

$$v_i^t = v_i^{t-1} + (x_i^t - x^*)f_i \quad (13)$$

$$x_i^t = x_i^{t-1} + v_i^t \quad (14)$$

Denklem (12)-(14)'te  $\alpha$   $[0,1]$  aralığında dağılmış rastgele bir vektörü,  $f_i$   $i$ . yarasanın frekans değerini  $f_{\min}$  ve  $f_{\max}$  sırasıyla minimum ve maksimum frekans değerlerini ve  $x^*$  popülasyondaki mevcut en iyi çözüm değerini ifade etmektedir. Mevcut çözüm değerleri arasından en iyi çözüm değeri seçildikten sonra, yerel rastgele yürüyüş kullanarak yeni bir çözüm değeri üretilir.

$$x_{new} = x_{old} + \varepsilon L^t \quad (15)$$

Denklem (15)'te  $\varepsilon$   $[1,-1]$  aralığında rastgele üretilen bir değeri ve  $L^t$   $t$  zaman adımındaki bütün yarasaların ortalama ses şiddetini göstermektedir. İterasyon artıçça ve istenilen hedefe yaklaştıkça yarasaların ekolokasyon ile ürettikleri sesin şiddeti ve sinyal yayılım oranlarının yenilenmesi gerekmektedir. Yarasa avını bulduğunda genellikle ses şiddeti ( $L$ ) azalmasına rağmen sinyal yayılım oranı ( $r$ ) artmaktadır.

$$L_i^{t+1} = \beta L_i^t, \quad r_i^{t+1} = r_i^0 [1 - \exp(-\gamma t)] \quad (16)$$

Eşitlik (16)'da  $\beta$   $[0,1]$  aralığında bir sabit ve  $\gamma$  pozitif sabit değerdir.  $t \rightarrow \infty$  iken ses şiddeti  $L_i^t \rightarrow 0$  ve  $r_i^t \rightarrow r_i^0$  olmaktadır.

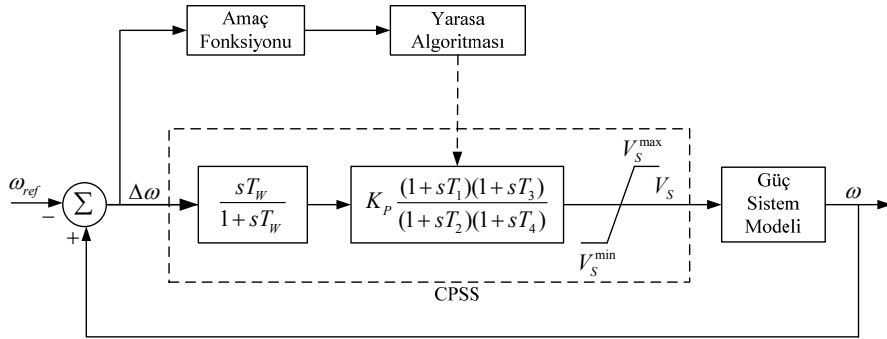
#### 4. PROBLEMİN TANIMLANMASI

Bu bölümde, PSS'nin yapısına, amaç fonksiyonuna ve BAT algoritması kullanarak optimizasyon problemine değinildi.

##### 4.1. PSS'nin Yapısı

Bu çalışmada, PSS tabanlı kararlı kılıcı için literatürde daha çok kullanılan faz ilerlemeli-gerilemeli kontrolör kullanılmıştır. PSS'nin yapısı Şekil 1'de gösterilmiş olup ve kontrolörün transfer fonksiyonu (17) denkleminde verilmiştir.

$$V_S = K_p \left( \frac{sT_w}{1+sT_w} \right) \cdot \left( \frac{1+sT_1}{1+sT_2} \right) \cdot \left( \frac{1+sT_3}{1+sT_4} \right) \cdot \Delta\omega \quad (17)$$



Şekil 1. PSS'nin blok diyagramı

Burada, giriş işareti  $\Delta\omega$  hız sapması ve çıkış işareti ise uyarma sistemi referans gerilimine ( $V_{ref}$ ) eklenen  $V_S$  kararlı kılıcı işaretidir.  $K_p$  kararlı kılıcı kazanç sabiti,  $T_w$  washout zaman sabiti, ve  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  ve  $T_4$  kararlı kılıcı zaman sabitleridir.

##### 4.2. Amaç Fonksiyonu

Bu çalışmada, washout zaman sabiti  $T_w = 10$  alınmıştır. Büyük arıza durumlarında,  $K_p$  kontrolör kazanç sabiti ve  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  ve  $T_4$  kararlı kılıcı zaman sabitlerinin ne olacağına karar verilmelidir. Güç sisteminin geçici performansını iyileştirmek (düzeltmek) için en iyi kararlı kılıcı parametrelerini bulmak zorundayız. Arızadan sonra kararlılığı düzeltmesi için PSS kontrolörü güç sistem salınımlarını minimum edecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu salınımlar generatör rotor hızındaki sapmaları yansıtır. Bu çalışmada kullanılan  $J$  amaç fonksiyonu ifadesi aşağıdaki gibidir ve bunun minimum hale getirilmesi gereklidir.

$$J = \sum_{i=1}^m \int_0^{t_{sim}} (\Delta\omega_{i-1})^2 dt \quad (18)$$

Yukarıdaki denklemde,  $m$  makina sayısı,  $t_{sim}$  simülasyon zamanı ve  $\Delta\omega_{i-1}$   $i$ . makinanın birinci makinaya göre rotor hızındaki sapmayı göstermektedir. Amaç fonksiyonunun hesaplanmasında, simülasyon süresince çok makinalı güç sistem modelinin zaman domaini

simülasyonu yürütülür. Bu amaç fonksiyonunun minimum hale getirmemizin sebebi, sistem cevabını aşım ve yerleşme zamanı terimleriyle iyileştirmektir.

### 4.3. Optimizasyon Problemi

Tasarım problemi aşağıdaki gibi ifade edilir. Aşağıdaki sınırlamalara maruz kalan  $J$  amaç fonksiyonunu minimum hale getir:

$$K_p^{\min} \leq K_p \leq K_p^{\max} \quad (19)$$

$$T_1^{\min} \leq T_1 \leq T_1^{\max} \quad (20)$$

$$T_2^{\min} \leq T_2 \leq T_2^{\max} \quad (21)$$

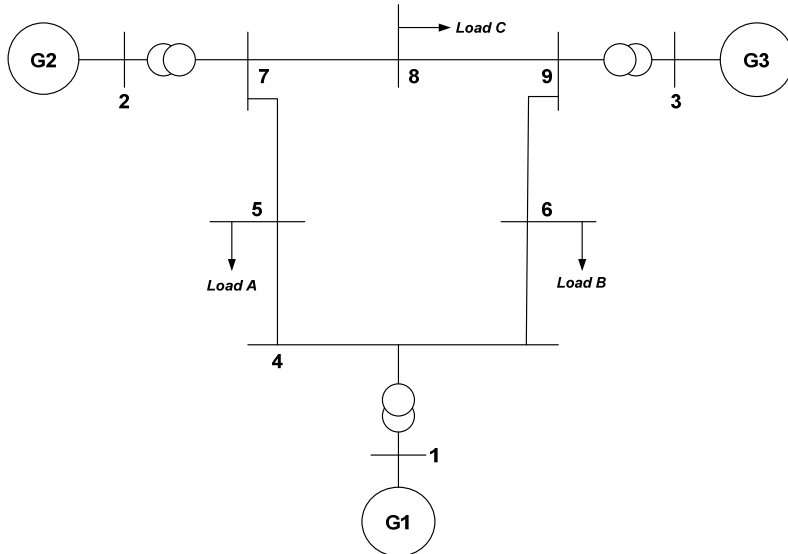
$$T_3^{\min} \leq T_3 \leq T_3^{\max} \quad (22)$$

$$T_4^{\min} \leq T_4 \leq T_4^{\max} \quad (23)$$

Kontrolör kazançlarının minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 1 ve 100'e ve kontrolör zaman sabitlerinin minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 0.01 ve 1 s'ye kurur. Önerilen yaklaşımla Yarasa Algoritması güç sistemi kararlı kılıcısının (PSS) optimum parametre ayarlarının bulunmasında çalıştırılır.

## 5. SİMÜLASYON SONUÇLARI VE TARTIŞMA

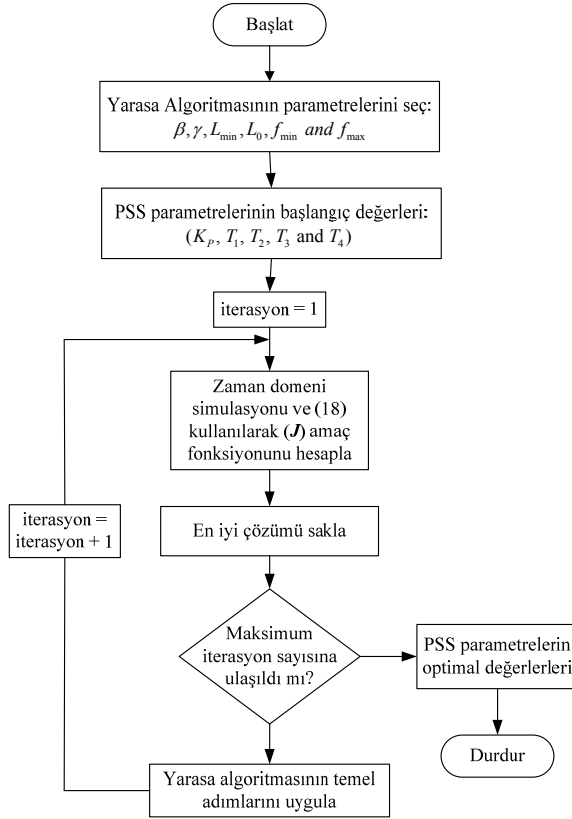
Bu bölümde Şekil 2'de gösterilen 3-makinalı, 9-baralı güç sisteminin (detaylı makina ve hat dataları için [13]'e bakılabilir) MATLAB/SIMULINK ortamında (1)-(11) diferansiyel ve cebirsel denklemleri kullanılarak simülasyonu yapılmıştır. Bütün simülasyonlarda sönüm katsayısı  $D=0$  alınmıştır. Katılım faktörü analizine göre yalnızca 2. makinaya PSS yerleştirilmesi yeterlidir [14].



Şekil 2. 3-makinalı 9-baralı güç sistemi

### 5.1. Önerilen PSS Kontrolörüne Yarasa Algoritmasının Uygulanması

Yarasa algoritması optimizasyon problemini çözer ve optimal PSS parametrelerini bulmaya çalışır. Yarasa Algoritmasının hesaplamalı akış diyagramı Şekil 3'te gösterilmiştir. Yarasa algoritması uygulanırken bazı parametrelerin belirlenmesi gereklidir. Bu parametrelerin uygun seçimi algoritma yakınsama hızını etkiler. Çizelge 1'de Yarasa Algoritması için belirlenmiş parametreleri gösterir.



Şekil 3. Yarasa Algoritması akış diyagramı

Yarasa algoritmasının performansını ve üstünlüğünü göstermek için PSO algoritması [15] ile karşılaştırma yapılmıştır. Yarasa ve PSO algoritmaları kullanılarak optimize edilen PSS parametreleri Çizelge 2'de gösterilmiştir.

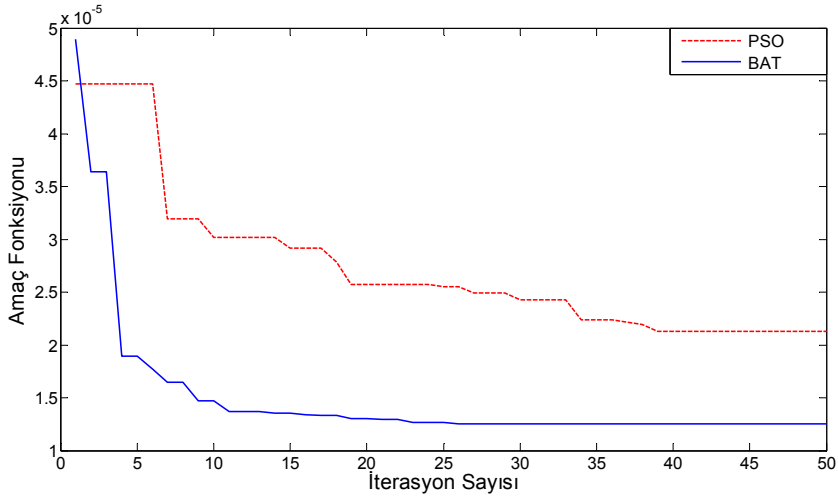
Çizelge 1. Yarasa Algoritması tekniğinde kullanılan parametreler

Parametreler	Değeri
Populasyon büyüklüğü	20
İterasyon sayısı	50
$\beta$ ve $\gamma$	0.9 ve 0.9
$f_{\min}$ ve $f_{\max}$	0 ve 100
$L_{\min}$ ve $L_0$	0 ve 1

**Çizelge 2.** PSO ve Yarasa algoritması ile optimize edilen PSS parametreleri

Parametreler	PSOPSS	BATPSS
$K_p$	16.5277	9.8863
$T_1$	0.8380	0.6844
$T_2$	0.0100	0.0559
$T_3$	0.2792	0.6522
$T_4$	1.0000	0.5392

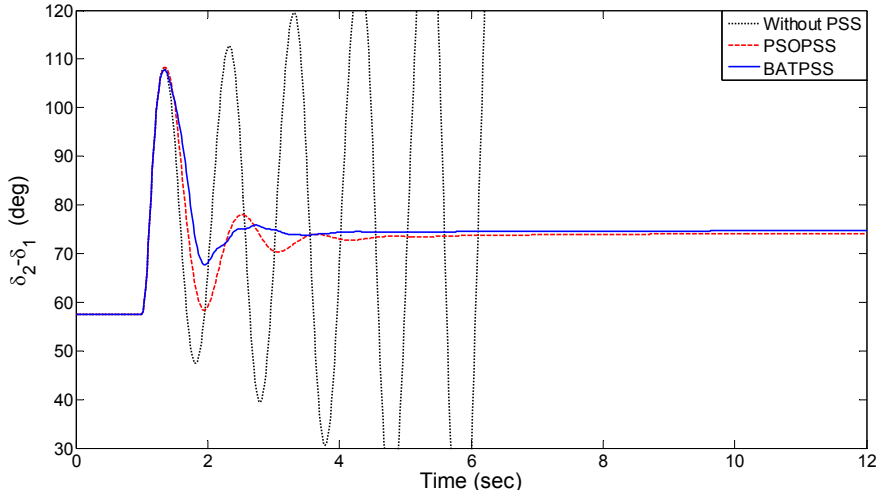
PSO ve Yarasa Algoritması kullanarak amaç fonksiyonunun iterasyon sayısı ile yakınsaması Şekil 4'te verilmiştir.  $J$  amaç fonksiyonunun yakınsamasına bakılarak Yarasa Algoritmasının PSO algoritmasına göre üstün olduğu rahatça görülür. Bununla birlikte, Şekil 4'ten görüleceği gibi amaç fonksiyonu PSO algoritması kullanarak 39. iterasyonda yakınlığa ulaşırken Yarasa Algoritması ile 26. iterasyonda yakınsamaktadır.

**Şekil 4.** Amaç fonksiyonunun iterasyon sayısı ile değişimi

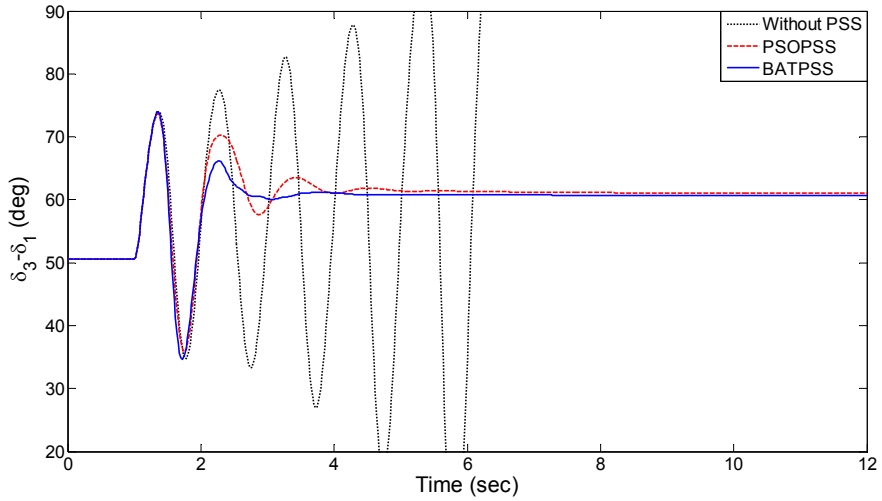
## 5.2. Simülasyon Sonuçları

MATLAB/SIMULINK ortamında çok makinalı güç sistemlerinin zaman domeni simülasyonlarında, diferansiyel denklemlerin sayısal entegrasyonu için Runge-Kutta 4 tekniği kullanıldı ve entegrasyon adımı  $\Delta t = 0.02$  s seçildi.  $t = 1$  saniye sonra 7-5 hattında ve 7 nolu baraya üç fazlı bir arıza olduğu ve 0.1 (6 devir) saniye sonra 7-5 hattı açılarak arızanın kaldırıldığı düşünüldü. Simülasyonlardaki noktalı siyah renkliler PSS'siz (kontROLSÜZ), kırmızı renkliler PSOPSS'li ve mavi renkliler BATPSS'li çalışma durumlarını gösterir. Şekil 5 ve 6 bu ciddi arıza durumunda sırasıyla makine 2 ve 3'e ait güç sistem açılı cevaplarını; Şekil 7 ve 8 sırasıyla makine 2 ve 3'e ait hız sapmalarını göstermektedir. Şekillerden anlaşılacağı gibi, sistemin PSS'siz (kontROLSÜZ) çalışma durumunda sistem kararsızdır. PSOPSS veya BATPSS kullanılarak kararsız olan bu sistem kararlı hale gelir. BATPSS'nin kararlılık performansı PSOPSS'ye göre daha iyidir ve güç sistem salınımlarını daha hızlı söndürür.

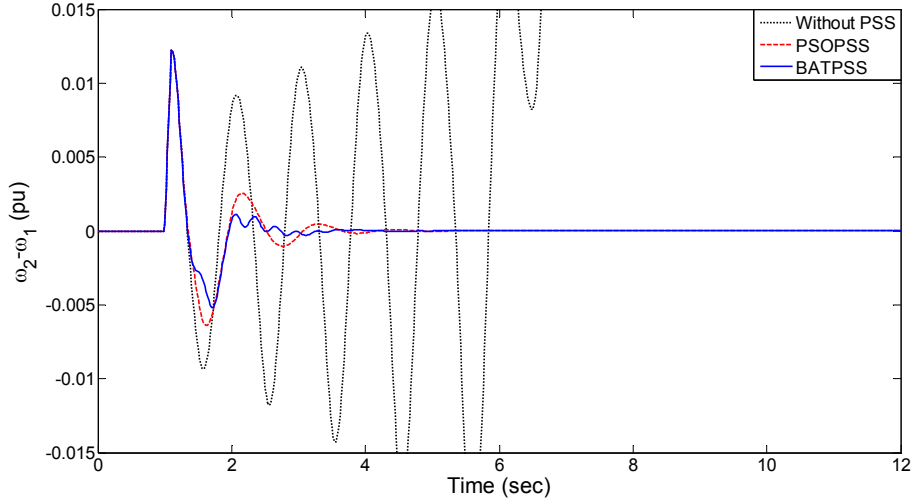




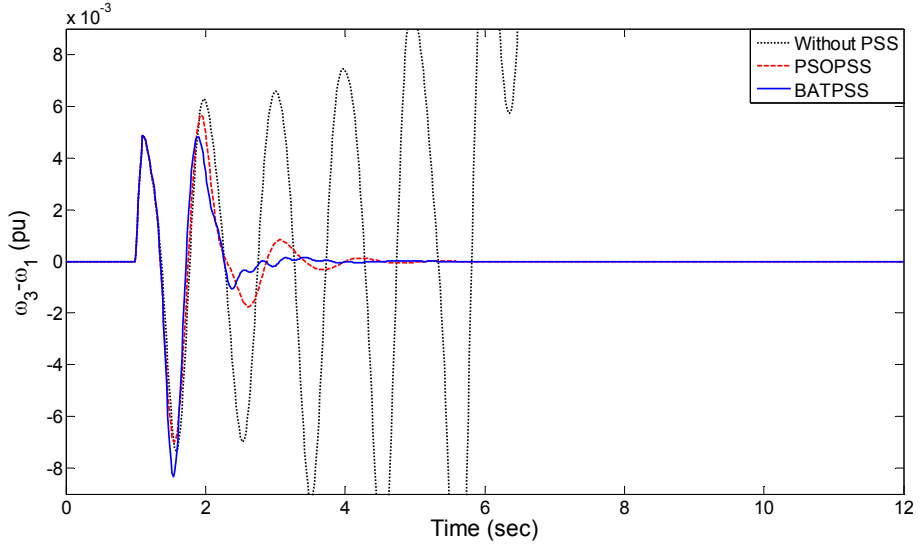
Şekil 5.  $\delta_2 - \delta_1$  rotor açısı



Şekil 6.  $\delta_3 - \delta_1$  rotor açısı



Şekil 7.  $\omega_2 - \omega_1$  hız sapması



Şekil 8.  $\omega_3 - \omega_1$  hız sapması

Amaç fonksiyonun yakınsaması ve simülasyon sonuçlarından anlaşıldığı gibi parametreleri Yarasa Algoritması ile optimize edilen güç sistem kararlı kılıcısının (BATPSS) düşük frekanslı salınımları hızlı söndürme, kararsız sistemi kararlı hale getirme ve aşımı düşürme gibi sistem üzerinde çok sayıda önemli etkilerinin olduğu görülmüştür. Ayrıca örnek güç sistemi için tasarlanan BATPSS'in kararlılık performansı PSOPSS'den yüksektir.

## 6. SONUÇLAR

Bu makalede yeni bir optimizasyon tekniği olan Yarasa Algoritması, çok makinalı bir güç sisteminde PSS parametrelerinin optimal tasarımı için önerildi. PSS parametrelerinin ayarlanması problemi bir optimizasyon problemi haline getirildi ve Yarasa Algoritması optimal parametrelerin bulunması için çalıştırıldı. Üç fazlı bir arıza durumunda, zaman domeni tabanlı bir amaç fonksiyonu optimize edildi. Lineer olmayan zaman domeni simülasyon sonuçları, önerilen algoritmanın etkinliğini ve üstünlüğünü büyük arıza altındaki güç sistemine iyi sönüm karakteristiği sağlayarak kanıtlamıştır. Bununla birlikte sistem performans karakteristiği, amaç fonksiyonun yakınsaması hızı ve düşük frekanslı salınımları söndürmesi bakımından önerilen BATPSS'nin PSOPSS'den daha etkili olduğu görülmüştür.

## REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Abido, M.A., "Pole Placement Technique for PSS and TCSC based Stabilizer Design Using Simulated Annealing", *Electrical Power and Energy Systems*, 22, 543-554, 2000.
- [2] Yu, Y.N., "Power System Dynamics", Academic Press, London, 1981.
- [3] Larsen, E.V. and Swann, D.A., "Applying Power System Stabilizers", *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, 100(6), 3017-3046, 1981.
- [4] Xianzhang, L., Lerch, E.N., Povh, D., "Optimization and Coordination of Damping Controls for Improving System Dynamic Performance", *IEEE Transactions on Power Systems*, 16(3), 473-480, 2001.
- [5] Klein, M., Rogers, G.J., Kundur, P., "A Fundamental Study of Inter-area Oscillations in Power Systems", *IEEE Transactions on Power Systems*, 6(3), 914-921, 1991.
- [6] Panda, S. ve Padhy, N.P., "Robust Power System Stabilizer Design Using Particle Swarm Optimization Technique", *International Journal of Electrical Systems Science and Engineering*, 1(1), 1-8, 2008.
- [7] DeMello, F. and Concordia, C., "Concept of Synchronous Machine Stability as Affected by Excitation Control", *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, 88, 316-329, 1969.
- [8] Kundur, P., Klein, M., Rogers, G.J., "Application of Power System Stabilizer for Enhancement of Overall System Stability", *IEEE Trans. P.W.R.S.*, 4(2), 614-626, 1989.
- [9] Gibbard, M.J., "Robust Design of Fixed Parameter Power System Stabilizers over a Wide Range of Operating Conditions", *IEEE Trans. P.W.R.S.*, 6(2), 794-800, 1991.
- [10] Sambariya, D.K. and Prasad, R., "Robust tuning of power system stabilizer for small signal stability enhancement using metaheuristic bat algorithm", *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 61, 229-238, 2014.
- [11] Ekinci, S. and Demiroren, A., "Modeling, simulation and optimal design of power system stabilizers using ABC algorithm", *Turk J Elec Eng & Comp Sci*, DOI: 10.3906/elk-1311-208.
- [12] Yang, X.S., "A New Metaheuristic Bat-Inspired Algorithm", *Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization (NICSO 2010)*, 284, 65-74, 2010.
- [13] Sauer, P.W. and Pai, M.A., "Power System Dynamics and Stability", Prentice Hall, 1998.
- [14] Hsu, Y.Y., Chen, C.L., "Identification of Optimum Location for Stabilizer Applications Using Participation Factors", *Generation, Transmission and Distribution, IEE Proceedings C*, 134(3), 238-244, 1987.
- [15] Kennedy, J., Eberhart, R.C., Shi Y., "Swarm Intelligence", Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 2001.