

Yinelenen En Küçük Kareler Metoduyla Elektrik Güç Şebekesi Gerilim İşaretine Kilitlenmenin Benzetimi

H.Hüseyin SAYAN, İlhan KOŞALAY

ÖZET

Bugüne kadar parametre tahminleri için çeşitli algoritmik yaklaşımlar kullanılmıştır. Bunların arasında uyarlanabilir klasik metotların; çevre şartlarına göre kendi kendisini en iyiye doğru kanalize edebilmesi, zamanla değişen sistemlere kolaylıkla uygulanabilmesi ve yeni durumlara göre kendi kendine ayarlayabilmesi yönüyle öne çıktığı görülmektedir.

Bu çalışmada, klasik uyarlanabilir metotlardan Yinelenen En Küçük Kareler Metodu (YEKK) kullanılmıştır. Öncelikle YEKK metoduna unutma faktörü algoritması adapte edilmiştir. Geliştirilen yaklaşım kullanılarak bir elektrik güç şebekesinin faz gerilim sinyalinin faz bilgileri elde edilmiştir. Elde edilen faz bilgileri ile izlenen sinyale kilitlenme süreci üzerinde durulmuştur. Benzetim işlemi MATLAB yardımıyla gerçekleştirilmiş olup benzetim sonuçları ve metodun etkinliği incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yinelenen en küçük kareler metodu, gerilim sinyali, güç sistemi

Simulation of Tracking of Electric Power Network Voltage Signal Using Recursive Least Squares Method

ABSTRACT

Hitherto various algorithmic approaches were used for estimation of parameter. Adaptable classical methods come forward amongst these approaches because of optimizing itself in the varying environmental conditions, being applicable to time-varying systems easily and being adaptable by itself to new conditions.

In this study, recursive least squares method (RLSM) that is one of the adaptable classical methods was used. Firstly forgetting factor was adapted to RLSM. Phase information of voltage signal belonging to an electric power network was obtained by developed approach. Locking process of the tracked signal was investigated using phase information. Simulation was implemented by using MATLAB code. Results of simulation were examined and efficiency of method was presented.

Key words : Recursive least squares method, voltage signal, power system

1. GİRİŞ

Bir fazlı elektrik şebeke geriliminde olabilecek ani faz açısı kaymaları, gerilim göçmeleri ve bölgesel frekans değişimleri ve benzeri durumlarda faz bilgilerinin hesaplanması önem arz etmektedir. Basamak tarzındaki bir değişimde: PLL gibi kullanılan faz açısı detektörleri, alçak geçiren filtreler veya çentik tipi filtrelerin faz kaymaları meydana getirdiğini bilinmektedir (1). Bunun sonucunda da yavaş sistem tepkileri ve bazı cihazlarda kritik zamanlama hataları meydana gelebilmektedir. Ölçme gürültülerine duyarlı yapılar oluşturmak ve hızlı faz izleme isteklerinin her ikisini aynı anda gerçekleştirmek zordur. Faz bilgilerinin elde edilmesi ve bu faz bilgilerinin darbe genlik modülasyonu (PWM) doğrultucuları, aktif güç filtreleri, kesintisiz güç kaynakları (UPS), aktif-reaktif güç kontrolü yapan sistemler gibi daha pek çok kontrol sisteminde kullanılması gereği bu konudaki çalışmaları artırmıştır (1).

Chung, üç fazlı şebeke için dq transformu kullanarak bir PLL tekniği geliştirmiştir. dq trans formundan elde ettiği algoritma ile faz bilgilerinin dijital sinyal işlemciler kullanılarak elde edilebileceğini ve bu bilgilerin kontrol sistemlerinde kullanılabilmesini yaptığı benzetim çalışması ile göstermiştir(2).

Torun gerçekleştirdiği tezinde, uyku elektroensefalografisi (EEG) verilerinin parametre tahminleri için ardışık tahmin yöntemlerini karşılaştırmıştır. Yaptığı çalışmada parametre tahmini için en iyi algoritma yaklaşımını bulmaya çalışmıştır(3). Özer, Sağiroğlu ve Kaplan geliştirdikleri sayısal tabu araştırma algoritmasının performans analizi için yinelenen en küçük kareler (YEKK), en küçük kafes kareler gibi uyarlanabilir klasik metotların yanı sıra yapay sinir ağlarını karşılaştırmıştır. Bu çalışma sonucunda uyarlanabilir klasik metotların performansının diğerlerine göre daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında uyarlanabilir klasik metotların bazı istatistikî değerlerin bilinmesi durumunda sistem modellenmesinde oldukça iyi çözümler sunduğunu belirtmişlerdir(4).

Bu çalışmada YEKK metodunun unutma faktörü yaklaşımı kullanılarak bir fazlı elektriksel gerilim sinyalinin faz bilgilerinin elde edilmesine çalışılmıştır. Elde edilecek faz bilgileri ile izlenen sinyale kilitlenme

Makale 15.01.2009 tarihinde gelmiş,03.04.2009 tarihinde yayınlanmak üzere kabul edilmiştir.

H.H.SAYAN, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü 06500 Teknikokullar/ ANKARA

e-posta : hsayan@gazi.edu.tr

İ. KOŞALAY, Türkiye Radyo Televizyon Kurumu, Bilgi Tkn. Dai. Bşk., Enerji Sis. Md. Oran, Ankara-TURKEY

e-posta : ilhan.kosalay@trt.net.tr

Digital Object Identifier 10.2339/2009.12.1. 1-6.

süreci üzerinde durulmuştur. Kilitlenme süreci, sinyaldeki farklı değişimler ve algoritmanın belirleyici parametreleri için ayrı ayrı incelenmiş olup, YEKK metodunun unutma faktörü yaklaşımı için MATLAB'da bir ara yüz oluşturulmuştur.

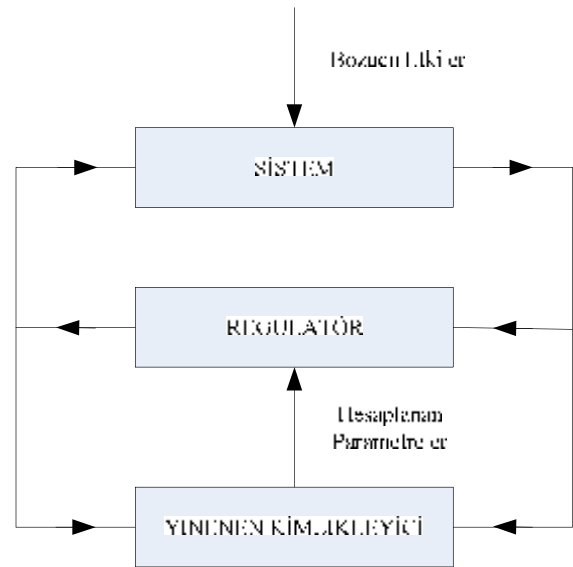
Sistem parametrelerinin hesabı için şimdiye kadar çeşitli kimliklendirme metodları geliştirilmiştir. Kimliklendirme metodları, parametre hesaplamalarını zaman içerisinde sürekli tekrar ederek yaparlar. Bunun anlamı, eğer $(t-1)$ artan zamanında bir $\hat{\theta}(t-1)$ tahmininiz varsa bu durumda $\hat{\theta}(t-1)$ in basit bazı modifikasyonları ile $\hat{\theta}(t)$ 'nin hesaplanabilmesidir.

Bu çalışmada da kullanılan yinelenen kimliklendirme metodları aşağıdaki genel özelliklere sahiptirler (1):

1. Bu metodlar uyarlanabilir sistemlerin merkezi parçalarıdır. Uyarlanabilir sistemlere kontrol sistemleri, sinyal işleme sistemleri veya filtreleme sistemleri örnek olarak gösterilebilirler.
2. Tüm veriler depolanmadığı sürece bu metodların hafıza gereksinimi oldukça azdır.
3. Amacımız olan zamana bağlı değişen parametrelerin izlenmesinde bu metodlar gerçek zaman algoritmaları içerisinde kolaylıkla değişiklik yapabilirler.
4. Bu metodlar sistem çıkışında önemli değişimleri bulmak amacıyla kullanıldıklarında, hata belirleme algoritmalarının ilk basamağında kullanılabilirler.

Uyarlanabilir sistemler çevre şartlarına göre kendi kendisini en iyiye doğru kanalize edebilen sistemlerdir. Uyarlanabilir sistemlerin en önemli özelliği zamanla değişen sistemlere rahatlıkla uygulanabilmesi ve yeni durumlara göre kendi kendini ayarlayabilmesidir. Doğrusal sistemlerde belirli girişlere karşı çıkışın istenen şekilde olması, diğer tür girişlerin uygulandığı durumlarda veya kontrol edilen sistemin zamanla çevre şartlarından etkilenerek özelliklerinin değişmesi durumunda sistemlerin kararsız davranması uyarlanabilir sistemlerde daha az gözlenmektedir. Bu şekilde sistemden beklenen ile elde edilen çıkış arasındaki fark, uyarlanabilir sisteme giriş olarak verilmektedir. Bu farkın sıfır olması, sistemin arzu edilen şekilde çalışması anlamına gelir. Uyarlanabilir modelleme, sistem parametrelerini, hatayı sıfır yapacak şekilde ayarlamak için kullanılır(4). Şekil 1.'de gösterilen uyarlanabilir kontrol sisteminde olduğu gibi uyarlanabilir sistemlerin çoğu yinelenen kimliklendirme metodu temellidir. Zamana bağlı olarak değişen sistem modeli, regülâtörün parametrelerinin belirlenmesinde kullanılır. Bu yolla regülâtör, sistemin önceki davranışına bağımlı olur. Eğer regülâtör dizaynında uygun bir prensip kullanılırsa, regülâtör sistem karakteristiğindeki değişimlere kolaylıkla adapte olur. Bu sistemlerde hata belirleme şemaları çeşitli yollarla yapılabilir. Bunun bir yöntemi, sistemde

hata oluştuğunda on-line çıkıştaki hata tanı sistemidir. Hata belirleme, yaygın olarak sistemdeki ani ve beklenmedik değişimleri yakalamak için dizayn edilen gerçek zaman kimliklendirme metodlarında da kullanılır. Bir hata oluştuğu zaman, hata belirleme algoritması sayesinde bu hatanın farkına varılır. Sistem kimliklendirme algoritması kendini değiştirir. Pek çok yinelenen kimliklendirme metodu off-line metodlara yakın olan metodlardan elde edilir. Böylece istenilen seviyede doğruluk için maliyet azaltılmış olur. Bununla beraber kullanıcılar on-line metodlar ile off-line metodlar arasında tercih yapabilirler (5).



Şekil 1. uyarlanabilir kontrol sistemi

Uyarlanabilir algoritmalar iki gruba ayrılır. Birinci grup, en küçük ortalamalar karesi algoritmalarına dayalı olan algoritmalarıdır. En küçük ortalamalar karesi algoritması, bir azaltım arama algoritması ile sistem hatasının karesinin ortalamasını minimize eder ve hesap karmaşıklığının az olmasından dolayı çok popülerdir. Fakat en küçük ortalamalar karesi algoritmalarının yakınsama oranı sisteme ve giriş istatistiklerine bağlıdır. Sistem parametrelerinin tahminindeki düşük yakınsama oranından dolayı en küçük ortalamalar karesi algoritması her zaman tatmin edici çözümler vermemektedir. İkinci grup, hatanın karesinin deterministik toplamını en aza indiren YEKK algoritmasına dayanır. YEKK algoritması, en küçük ortalamalar karesi algoritmasından daha hızlı yakınsama özelliği göstermesine rağmen hesaplama karmaşıklığı fazladır (4). İzlenen sistem sinyalinde ani değişimler olduğu zaman hesaplanan hata değeri ile bu durum normal durumdan ayırt edilmelidir. İzlenen sinyalde ani değişiklikler tanımlandığı zaman, daha sonra tanımlanacak olan P büyük bir değerle reset edilerek kazanç belirli bir noktaya kadar artırılır. Bu sayede yinelenen en küçük kareler metodu algoritması ağırlıklandırılır (weighted) ve ani değişiklik durumlarında hesaplama hızı artırılmış olur. Buna bağlı olarak bazı çalışmalarda Yinelenen (recursive) EKK,

Ağırlıklandırılmış (weighted) EKK olarak da adlandırılmıştır.

2. YEKK METODUNDAN UNUTMA FAKTÖRÜ YAKLAŞIMININ ELDE EDİLMESİ

Çıktısı $\{y(t)\}$ olan bir sistemin

$$y(t) = a_1y(t-1) + a_2y(t-2) + \dots + a_ny(t-n) + v(t) \quad [1]$$

doğrusal fark denklemleri ile modellendiği kabul edilsin. Burada $\{y(t)\}$ beyaz gürültü sürecini ve $t=1,2,\dots,n$ zaman noktalarını göstermektedir. [1] eşitliğini q^{-1} gecikme işleyici

$$q^{-1}y(t) = y(t-1) \quad [2]$$

olmak üzere

$$A(q^{-1})y(t) = v(t) \quad [3]$$

biçiminde yazabiliriz. Burada;

$$A(q^{-1}) = 1 + a_1q^{-1} + \dots + a_nq^{-n} \quad [4]$$

ve n modelin mertebesi, a_1, \dots, a_n modelin bilinmeyen parametreleridir. [1] veya [2] modeli

$$\theta^T = (a_1, \dots, a_n) \quad [5]$$

$$\phi^T(t) = (-y(t-1), \dots, -y(t-n)) \quad [6]$$

olmak üzere

$$y(t) = \theta^T \phi(t) + v(t) \quad [7]$$

şeklinde yazılır.

Eşitlik [6] ile verilen modelde, parametreleri tahmin etmek amacıyla

$$V_n(\theta) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \beta(n,t) [y(t) - \theta^T \phi(t)]^2 \quad [8]$$

olarak verilen maliyet fonksiyonu θ 'ya göre minimize edilirse EKK tahmin edicisi,

$$\frac{\partial V_n(\theta)}{\partial \theta} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \beta(n,t) 2[y(t) - \theta^T \phi(t)](-\phi(t)) = 0 \quad [9]$$

$$-\frac{2}{n} \sum_{t=1}^n \beta(n,t) [y(t) - \theta^T \phi(t)] \phi(t) = 0 \quad [10]$$

$$\sum_{t=1}^n \beta(n,t) y(t) \phi(t) - \sum_{t=1}^n \beta(n,t) \theta^T \phi(t) \phi^T(t) = 0 \quad [11]$$

$$\sum_{t=1}^n \beta(n,t) y(t) \phi(t) = \sum_{t=1}^n \beta(n,t) \theta^T \phi(t) \phi^T(t) \quad [12]$$

$$\hat{\theta}(n) = \left[\sum_{t=1}^n \beta(n,t) \phi(t) \phi^T(t) \right]^{-1} \left[\sum_{t=1}^n \beta(n,t) \phi(t) y(t) \right] \quad [13]$$

olarak bulunur. Yeni verinin geçmişteki veriye göre daha çok bilgi içereceği varsayımı altında

$$\beta(t,k) = \prod_{j=k+1}^t \lambda(j), \quad \beta(k,k) = 1 \quad [14]$$

şeklinde tanımlanır. Eğer her k için $\lambda(k) \leq 1$ ve $\lambda(k) \leq k$ alınırsa [14] eşitliğinden

$$\beta(t,k) = \lambda^{t-k} \quad [15]$$

elde edilir. [15] eşitliği $V_n(\theta)$ maliyet fonksiyonunda kullanılırsa, yeni verilerin etkisinin maliyet fonksiyonunda daha fazla olduğu varsayımı yapılır. Yani eski veriler unutuluyormuş gibi düşünülebilir. Bu nedenle λ 'ya unutma faktörü denir.

Bulunan $\hat{\theta}(n)$ ardışık bir tahmin edici değildir. Ardışık tahmin ediciyi elde etmek için,

$$R(t) = \sum_{k=1}^t \beta(t,k) \phi(t) \phi(t)^T \quad [16]$$

olarak alınır

$$R(t) = \lambda(t) R(t-1) + \phi(t) \phi(t)^T \quad [17]$$

elde edilir. [16] ve [17] eşitliği [13] eşitliğinde kullanılarak gerekli işlemler yapıldıktan sonra,

$$\hat{\theta}(t) = \hat{\theta}(t-1) + R^{-1}(t) \phi(t) [y(t) - \phi(t)^T \hat{\theta}(t-1)] \quad [18]$$

olarak bulunur. $P(t) = R^{-1}(t)$ alınıp [18] eşitliğine matris tersi uygulanırsa,

$$P(t) = \frac{1}{\lambda(t)} \left[P(t-1) - \frac{P(t-1) \phi(t) \phi(t)^T P(t-1)}{\lambda(t) + \phi(t)^T P(t-1) \phi(t)} \right] \quad [19]$$

elde edilir. Böylece YEKK algoritması,

$$\hat{\theta}(t) = \hat{\theta}(t-1) + K(t) [y(t) - \phi(t)^T \hat{\theta}(t-1)] \quad [20]$$

$$K(t) = P(t) \phi(t) = \frac{P(t-1) \phi(t)}{\lambda(t) + \phi(t)^T P(t-1) \phi(t)} \quad [21]$$

$$P(t) = \frac{1}{\lambda(t)} \left[P(t-1) - \frac{P(t-1) \phi(t) \phi(t)^T P(t-1)}{\lambda(t) + \phi(t)^T P(t-1) \phi(t)} \right] \quad [22]$$

olarak verilir. [20]-[22] algoritması çoğunlukla sistem parametreleri zamanla değişen sistemler için kullanılır. Algoritmadan görüleceği gibi P değeri küçüldüğü zaman algoritma kazancı azalmakta, dolayısı ile tahmin gerçek değerinden uzaklaşabilmektedir. λ unutma faktörü, bu problemi ortadan kaldırmak amacıyla kullanılır.

Unutma faktörü λ , 1 den küçük ama 1'e oldukça yakın bir değerdir (5-7). Song, Nam ve Mutschler yaptıkları bir fazlı sistemlerde olan, ani faz açısı atlamalarının hesaplama algoritmasında unutma faktörü λ 'yı: 0,95, 0,99 ve 0,999 olarak önermişlerdir. Soderström ve Stocia'da unutma faktörü λ 'yı 0,95-0,99 olarak önermişlerdir. $\alpha_0 = 0,99$ ve $\lambda(0) = 0,95$ olmak üzere

$$\lambda(t) = \alpha_0 \lambda(t-1) + (1 - \alpha_0) \quad [23]$$

olarak, $\varepsilon(t) = y(t) - \phi(t)^T \hat{\theta}(t-1)$ öngörü hatası, $\bar{\varepsilon}$; $\varepsilon(t)$ 'nin beklenen değeri ve $\alpha = 1/1000$ (oldukça küçük bir değer) olmak üzere

$$\lambda(t) = 1 - \alpha \frac{\varepsilon(t)^2}{\bar{\varepsilon}^2} \quad [24]$$

olarak, \sum_0 küçük bir sabit (örneğin $\sum_0 = 0.05$) olmak üzere

$$\lambda(t) = 1 - \frac{[1 - \phi^T(t)K(t)]\varepsilon(t)^2}{\sum_0} \quad [25]$$

olarak seçilebileceği önerilmiştir (3).

Burada analizi yapılan YEKK metodunun kullanılabilir son hali aşağıdaki gibidir.

$$\hat{\theta}(t) = \hat{\theta}(t-1) + K(t)\varepsilon(t) \quad [26]$$

$$\varepsilon(t) = y(t) - \phi^T(t)\hat{\theta}(t-1) \quad [27]$$

$$K(t) = P(t)\phi^T(t)P(t-1)\phi(t)/[\lambda + \phi^T(t)P(t-1)\phi(t)] \quad [28]$$

$$P(t) = \{P(t-1) - P(t-1)\phi(t)\phi^T(t)P(t-1)/[\lambda + \phi^T(t)P(t-1)\phi(t)]\} / \lambda \quad [29]$$

Unutma faktörü λ , 1'e oldukça yakın ancak 1'den daha küçüktür. Unutma faktörü genellikle $\lambda=0,90$, $\lambda=0,95$ veya $\lambda=0,99$ olarak alınmaktadır (1), (5), (6). Unutma faktörünün değeri bir önceki örneklemin ağırlığını belirler. 1'e yakın unutma faktörü değerleri bir önceki örnekleme daha düşük oranda ağırlıklandırır iken 0'a yakın değerleri bir önceki örnekleme daha büyük oranda ağırlıklandırır. Seçilecek büyük λ değerleri YEKK hesaplama metodunun gürültü dayanıklılığını artırır.

3. YEKK METODUYLA BİR FAZLI ELEKTRİKSEL GERİLİM SİNYALİNE KİLİTLENME ALGORİTMASININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

YEKK metoduyla bir fazlı sinyale kilitleme algoritması ile bir fazlı sinyale kilitlenilir olma ve sinyalde olabilecek değişikliklere adaptasyon sağlanmaya çalışılmıştır. Bu algoritma ani faz atlamaları olabilecek işletim şartlarında, kesintisiz güç kaynaklarında, aktif filtrelerde kullanılabilir bir yapıya sahiptir. Bir fazlı sistemler için faz gerilimi aşağıdaki gibi formüle edilebilir.

$$E(t) = \bar{E} \cos(\omega t + \phi) = \bar{E} (\cos \phi \cos \omega t - \sin \phi \sin \omega t) \quad [30]$$

Burada \bar{E} gerilimin maksimum değeri, ω açısal frekans ve ϕ faz açısıdır. Bu formül

$$E_d = \bar{E} \cos \phi \quad [31]$$

$$E_q = \bar{E} \sin \phi \quad [32]$$

yazılarak yeniden düzenlenirse,

$$E(t) = E_d \cos \omega t - E_q \sin \omega t \quad [33]$$

faz gerilim formülü elde edilebilir. Burada \bar{E} , ω , ϕ , E_d ve E_q durum uzayında birer sabittir. [3.1]'deki ifadeyi

$$\phi^T(t) = [\cos(\omega t) \quad -\sin(\omega t)], \quad [34]$$

$$\theta(t) = [E_d(t) \quad E_q(t)]^T \quad [35]$$

Bişiminde ifade edersek, bir fazlı gerilim

$$y(t) = \phi^T(t)\theta(t) \quad [36]$$

şeklinde olur. Bu çalışma, temel olarak Song, Nam ve Mutschler tarafından YEKK metodundan türetilen aşağıdaki algoritma üzerine kurulmuştur.

$$\hat{\theta}(t) = \hat{\theta}(t-1) + K(t)[y(t) - \phi^T(t)\hat{\theta}(t-1)] \quad [37]$$

$$r(t) = 1 + \phi^T(t)P(t-1)\phi(t) \quad [38]$$

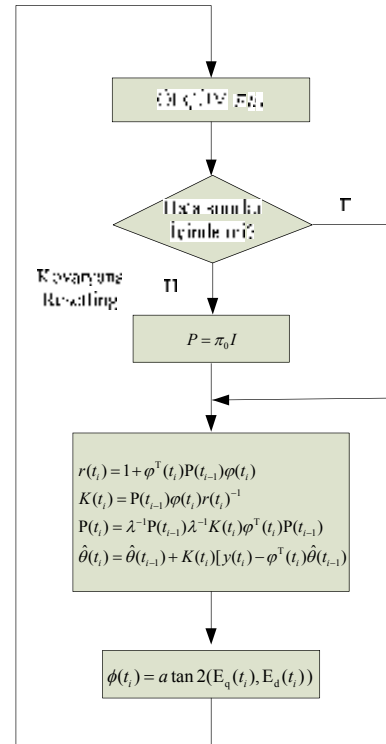
$$K(t) = P(t-1)\phi(t)r(t)^{-1} \quad [39]$$

$$P(t) = \lambda^{-1}P(t-1) - \lambda^{-1}K(t)\phi^T(t)P(t-1) \quad [40]$$

Burada $x(t-1)=0$ ve $P(t-1) = \pi_0 \cdot I$ 'dir. π_0 başlangıç değeri sıfırdan büyük bir değerdir. Bu algoritmada faz açısı

$$\phi(t) = \text{atan2}(E_q(t), E_d(t)) \quad [41]$$

formülü ile hesaplanır. YEKK algoritmasına hesaplama hızını arttırmak için kovaryans resetting tekniğini de bu çalışmada eklenmiştir. Bu yöntemde ani değişiklikler tanımlandığı zaman, P büyük bir değer ile reset edilerek K kazancı belirli bir noktaya kadar artırılır ve gerilimde oluşabilecek ani faz açısı değişimlerinin hesaplanma hızı artırılmış olur. Gerilimin genliğinde veya faz açısında ani değişimler olduğu zaman hata değerinin hesaplanması ile bu normal durumdan ayırt edilir. Eğer hesaplanan hata önceden belirlenen değerden büyükse P , başlangıç kovaryans değeri olan $\pi_0 \cdot I$ değeri ile reset edilir. Önceden belirlenen hata değeri nominal gerilimin tepe değerinin %20 ila %40'ı arasındaki bir değerdir (2). Ayrıca bu metotta λ 'nın seçilecek büyük değerleri için hesaplamanın gürültüye karşı dayanıklılığı artırılabilir. Şekil 2'de YEKK metodundan yararlanılarak geliştirilen faz açısı hesaplama algoritmasının akış diyagramı gösterilmiştir.



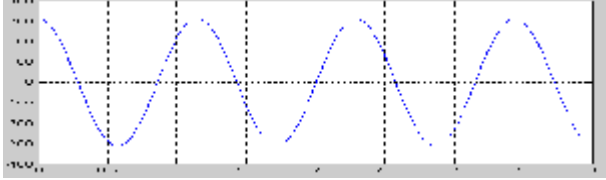
Şekil 2. YEKK metodundan türetilen faz açısı hesaplama algoritması akış diyagramı

3.1. Algoritmanın Harmonik İçermeyen Sinyale Tepkisinin İncelenmesi

Benzetimde harmonik içermeyen sinyal kullanılmıştır. Bu sinyalin denklemi;

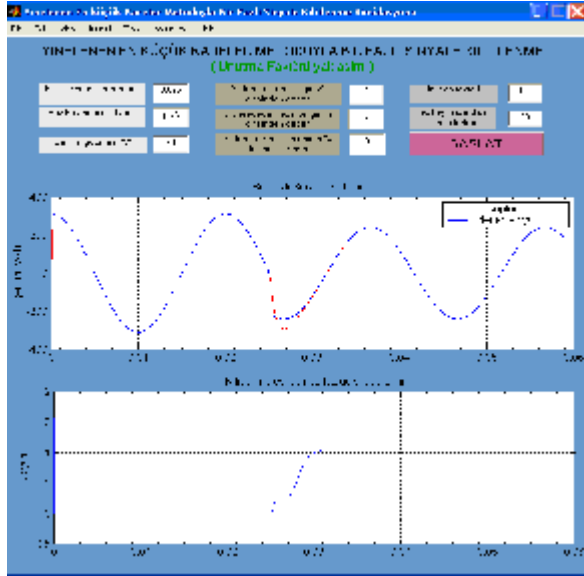
$$E(t) = 311,1\cos(\omega t + \phi) \quad [42]$$

şeklinindedir. Şekil 3'de benzetimde kullanılan sinyalin şekli gösterilmiştir.



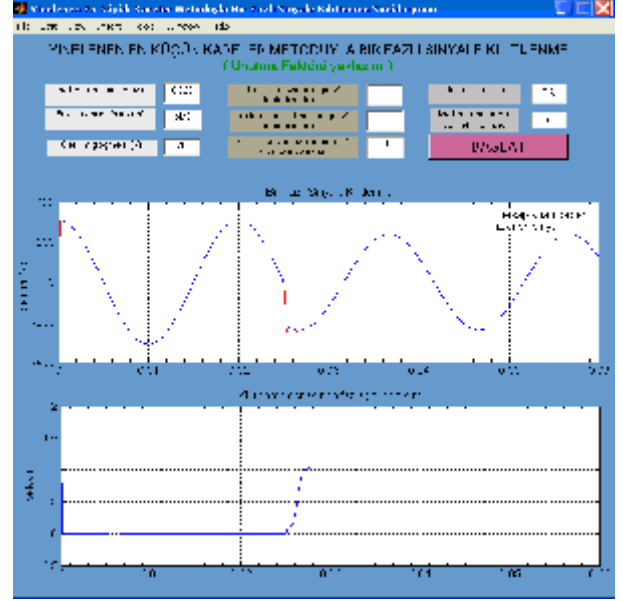
Şekil 3. İçerisinde harmonik bulunmayan sinyalin eğrisi

Benzetimde algoritmanın sinyaldeki faz açısı kaymasına ve gerilim göçmesine nasıl tepki verdiğini incelemek için kaynak geriliminde $t=0,025$ 'de 70 voltluk bir gerilim göçmesi ve 60° 'lik bir faz açısı kayması yaratılmıştır. Bu ani değişikliklere, harmonik içermeyen sinyalde algoritmanın tepkisi şekil 4'de gösterilmiştir.



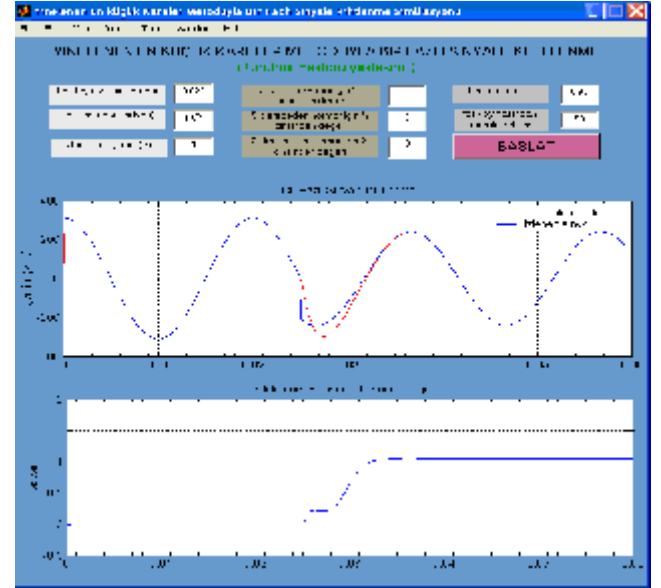
Şekil 4. Harmonik içermeyen kaynak geriliminde yaratılan faz açısı ve gerilim göçmesine algoritmanın tepkisi

Şekil 4'deki grafikten de görüldüğü gibi $t=0,025$ 'te yaratılan faz açısı kayması ve gerilim göçmesine YEKK algoritması, kısa sürede adapte olmuş ve izlenen sinyale kısa süre içerisinde kilitlenme sağlamıştır. Yukarıdaki grafik unutma faktörü $\lambda=0,9$ değeri için elde edilmiştir. λ 'nın farklı değerlerinin, algoritmanın tepkisini nasıl değiştirdiği şekil 5 ve 6'da λ 'nın 0,8 ve 0,95 değerleri için algoritma tepkileri grafik şeklinde gösterilmiştir.



Şekil 5. $\lambda=0,8$ değeri için algoritma tepkisi

Geliştirilen algoritmaya dayalı benzetim sonuçlarından da görüldüğü gibi unutma faktörü λ , algoritmanın izlenen sinyale kilitlenme süresini etkilemektedir. λ değeri küçüldükçe eğriye kilitlenme süresi azalmaktadır. Fakat amaç her zaman izlenen eğriye en kısa sürede kilitlenmek değildir. Çok kısa sürede kilitlenmek harmonik duyarlılığı arttıracaktır.



Şekil 6. $\lambda=0,95$ değeri için algoritma tepkisi

Bu algoritmanın bir kesintisiz güç kaynağında kullanıldığı düşünülün. Algoritmadan elde edilecek bilgiler çıkış için kullanılacaksa izlenen eğriye kilitlenme süresinin çok kısa olması istenmez. Kilitlenme süresi çok kısa olursa daha fazla harmonik üretilmiş olur. Bu nedenle kilitlenme sürecinin yumuşak olması daha iyi olacaktır.

4. SONUÇLAR

Faz açısı kaymaları, gerilim göçmeleri, ani ve kısa süreli gerilim sıçramaları gibi bir fazlı şebekede olabilecek durumlar için YEKK metodunun unutma faktörü yaklaşımlarına göre benzetimler gerçekleştirilmiştir. Bu benzetim çalışmasında, unutma faktörü λ 'nın 0,9'dan küçük değerleri için algoritmanın hesapladığı değerlerin izlenen sinyaldeki değişimleri iyi bir şekilde takip edebildiği görülmüştür. λ 'nın değeri 1'e yaklaştıkça hesaplanan değerler izlenen sinyalden uzaklaşmaktadır. λ 'nın 0,95-0,999 değerleri için sinyaldeki değişimlere yavaş tepki verdiği ve bunun sonucunda da bu değişimlerde yumuşak geçişlerin sağlandığı görülmüştür. Bu yaklaşımda unutma faktörü, algoritmanın tepki hızına etki eden bir faktördür.

Gerçekleştirilen yaklaşım için sinyaldeki büyük hatalarda P kovaryans matrisi norm değerinin ayarlanması algoritmanın tepki hızını arttırmaktadır. Unutma faktörünün değerleri algoritmanın tepkisine etki ederler. Sinyaldeki değişimlerin çoğu uygulama için olabildiğince hızlı bir şekilde takip edilmesi istenir. Ancak bazı uygulamalar için bu böyle değildir. Bu algoritmanın bir UPS'te PWM üretece bilgi sağladığını düşündüğümüzde şebeke gerilimi tekrar sağlıklı bir şekilde geldiğinde şebeke gerilimine yumuşak bir şekilde uyum sağlaması elbette ki daha iyi olacaktır.

Dolayısıyla bu metotlar sistem modellemelerinde kullanılmak istendiğinde, unutma faktörü değerlerinin uygulama alanlarına göre belirlenmesi gerekeceği unutulmamalıdır. Uygun değerlerin belirlenmesi Benzetim veya deneysel sonuçlara göre olabileceği gibi optimizasyon teknikleri kullanılarak da yapılabilir.

5. KAYNAKLAR

1. Song, H., Nam, K., Mutschler, P., "Very Fast Phase Angle Estimation Algorithm For A Single Phase System Having Sudden Phase Angle Jumps", *Conference Record of 2002 IEEE Industry Applications*, 925-931(2002)
2. Chung, S. "A Phase Tracking System For Three Phase Utility Interface Inverters", *IEEE Transactions On Power Electronics*, 15(3): 431-438 (2000)
3. Torun, S. "Uyku EEG'sinde Karşılaşılan İçciklerin (Spindle) Sezimi Üzerine Bir Çalışma", Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2005)
4. Özer, Ş., Sağıroğlu, Ş., Kaplan, A., "Ar Sistem Modellemeye Farklı Algoritmaların Karşılaştırılması", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(4): 431-436(2004)
5. Söderström, T., Stoica, P., "System Identification", *Printice Hall*, New York, 60-95, 320-350 (1989).
6. Söderström, T. "Discrete-time Stochastic Systems", *Spring-verlag London Limited*, London, 137-144(2002).