

LTC TRANSFORMATÖR TAP AYARININ YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI ve YÜK BELİRSİZLİKLERİ ALTINDA ANFİS VE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE BELİRLENMESİ

Cevdet ERSAVAŞ, Engin KARATEPE

Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Müh. Fak., Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye
cevdetersavas@gmail.com, engin.karatepe@ege.edu.tr

ÖZET

Güç sistemlerine entegre edilen dağıtılmış enerji üretim sistemlerinin hızla artması nedeniyle gerilim kontrolü önem kazanmıştır. Elektrik şebekeleri daha dinamik ve daha karmaşık bir yapıya bürünmektedir ve bu koşullarda artık klasik kontrol metodları yerini akıllı sistemlere bırakmaktadır. Bu çalışmada dağıtılmış enerji üretim sistemleri ve tap ayarlı transformatör eklenmiş IEEE-30 bara test sistemi modifiye edilerek kullanılmıştır. Dağıtılmış enerji üretim sistemleri yenilenebilir enerji tabanlı olarak düşünülüp çıkış güçlerindeki belirsizlikler ve yük belirsizliği de gerçekleşip, tap ayarlı transformatörün tap değeri öğrenmeye dayalı anfis ve yapay sinir ağları metodları ile belirlenmeye çalışılmıştır. Uygulanan bu metodların performans sonuçları sistemdeki her bir tap ayarlı transformatör için gösterilmiştir.

1. GİRİŞ

Güç sistemlerinde gerilim kontrolü, sistemi işletmede temel gerekliliklerden biri olmasının yanında son yıllarda elektrik şebekesine daha çok dağıtılmış enerji üretim (DEÜ) sistemleri entegre edilmesiyle oldukça önem kazanmıştır. DEÜ sistemleri genellikle şebekenin dağıtım kısmında yani kullanıcıya yakın yerlerde olan kapasitesi az elektrik üretim birimleridir, bu sistemler hakkında detaylı araştırmalar yapılmaktadır [1]. DEÜ sistemleri yenilenebilir enerji birimleri olarak düşünüldüğünde, çıkış güçleri tamamıyla meteorolojik şartlara bağlı olmasından dolayı düzensiz ve tahmin edilemeyen yapıları vardır. Bu karakteristik özelliklerinden ve çift yönlü güç akışına neden olabildiklerinden dolayı şebeke üzerinde özellikle gerilim profili üzerinde ciddi bozulmalara ve dalgalanmalara neden olabilmektedir [2].

Geleneksel sistemlerde gerilim kontrolü genel olarak iki farklı yol ile sağlanmaktadır [3]. Senkron jeneratörler ve şönt kapasitörler ile görünür güç kontrol edilerek gerilim profilleri değiştirilebileceği gibi, kontrol

genel olarak transformatörler ile sağlanmaktadır. Son yıllarda hızla değişen elektrik güç sistemleri daha karmaşık ve kontrolü daha zor bir yapıya dönüşmektedir. Bu duruma çözüm getirecek yeni sistemler yeni metodlar geliştirilmeye çalışılmaktadır. Özellikle esnek alternatif iletim sistemleri (FACTS) bu ihtiyaca cevap verebilmek için üstünde çalışılan güncel konulardan biridir. FACTS'lar ile güç akışı kontrol edilebileceği gibi [4], gerilim ve harmonik düzenleyici olarak da kullanılabilmektedir. Bu kapsamdaki tap ayarlı transformatör (LTC) gerilim kontrolünde kullanılan en önemli sistemdir. LTC transformatörlerin işletme şekilleri, belli bir zamanlama tablosuna göre günlük, haftalık veya mevsimlik yapılabilmektedir [5], fakat bu yol anlık değişimlere tepki veremediğinden etkili olamamaktadır. Otomatik gerilim röle (AVR) kontrollü LTC transformatörler ile gerilim değeri istenilen değerde tutulabilmektedir [6] ve sistemdeki ani değişimlere tepki verebilmektedir. Hat düşüm kompanzasyon (LDC) tekniği ise LTC transformatörden sonraki hattın sonunda gerilim değerini gerekli ölçümler

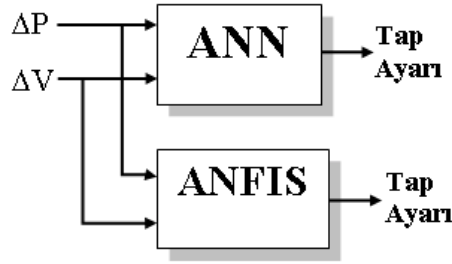
yardımları ile sabit bir değerde tutma metodudur [7], bu tür işletme biçimi radial şebekelerde daha etkilidir. Her ne kadar AVR ile daha kararlı, LDC ile daha etkili bir gerilim kontrolü yapılabilirse de DEÜ sistemleri ile birlikte akıllı sistemlere olan ihtiyaç da günden güne artmaktadır. DEÜ entegre edilmiş sistemlerde LTC transformatörlerin kontrolü bulanık mantık ile IF-THEN-ELSE kural tabanı kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir [8, 9] ayrıca LTC transformatörün çalışma değerleri neuro-fuzzy tabanlı sistemler ile belirlenebilir [10]. Araştırılan diğer bir metod ise yapay sinir ağları (ANN) tekniği ile LTC transformatörün kontrolüdür [11], bu çalışmada ANN girişleri gerilim, LTC transformatörden geçen akımın faz açısı ile akımın reel ve imajiner değerleridir, bu girişlere karşılık sistem LTC transformatörün çalışma değerini vermektedir. Ayrıca LTC transformatörlerin kontrolünde haberleşme metodlarından [12] yararlanılabildiği gibi multi-agent sistemler (MAS) de kullanılabilmektedir [13]. Tüm bu çalışmalar bize gerilim kontrolünün değişen elektrik şebekelerindeki önemini ve akıllı sistemlerin kullanılması gerekliliğini gözler önüne sermektedir.

Bu çalışmada DEÜ sistemleri yenilenebilir enerji üretim birimleri olarak ele alınmıştır ve DEÜ sistemlerin çıkış güçleri ile yük değerlerinin dinamik olarak değişimi dikkate alınmıştır. Bu durumlara göre de LTC transformatörlerin tap değerleri ANFIS ve ANN metodları ile belirlenmeğe çalışılmıştır. Bölüm 2’de ANFIS ve ANN metodlarının uygulanması anlatılmıştır. Bölüm 3’de optimizasyon metodlarının test sisteminde verdiği sonuçlar sunulmuş ve bu sonuçlar yorumlanmıştır. Bölüm 4’te ise genel olarak çıkarılan sonuçlar ve ileride yapılabilecek çalışmalar tartışılmıştır.

2. ANFIS VE ANN YAPILARI

ANFIS temel olarak bulanık mantık tabanlı bir öğrenme algoritmasıdır [14], ve özellikle dinamik sistemlerde iyi sonuçlar vermektedir. ANFIS algoritması, hibrit öğrenme yapısı ile eldeki verilerden bulanık mantık sisteminin kurallarını ve üyelik fonksiyonlarını başarılı bir şekilde elde edebilmektedir. Bu sayede lineer olmayan ve dinamik sistemlerin kontrolünde büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu çalışmada ANFIS yapısında LTC transformatörün gerilim ve aktif güç değişimi giriş olarak, tap değeri ise çıkış olarak belirlenmiştir. Her bir giriş için 3 adet çan üyelik fonksiyonu kullanılmıştır.

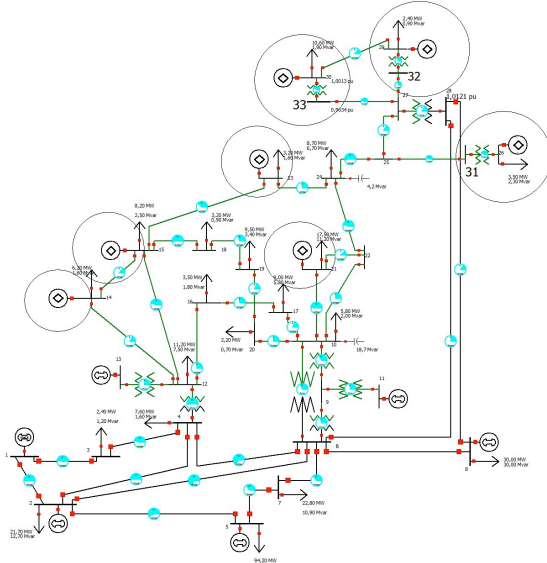
ANN biyolojik sinir ağlarından esinlenilerek oluşturulmuş matematiksel veya sayısal modelden oluşan ve birçok alanda kullanılan popüler bir öğrenme metodudur. ANN çeşitli bağlantılarla birbirine bağlı birimlerden oluşmuş sistemlerdir, her birim basitleştirilmiş bir nöronun niteliklerini taşır. Sinirsel ağ içindeki birimler, her birinin belli işlevi olan katmanlar şeklinde örgütlenmiştir, bu yapıya ANN mimarisi denir. Nöronlarının birbirlerine olan etkileri sistemin girdi ve çıktılarına göre belirlenir ve bu etki sürekli değişerek en iyi öğrenmeyi sağlar [15]. ANN ve ANFIS sistemin performanslarını karşılaştırmak amacıyla, ANN sistemde de LTC transformatöre bağlı baranın gerilim ve aktif güç değişimi giriş, tap değeri ise çıkış olarak kullanılmıştır. ANN yapısında 20 adet saklı katman kullanılmıştır. Giriş ve çıkış katmanlarında tansig aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Şekil 1’de kullanılan sistemin yapısının basit blok şeması verilmiştir.



Şekil 1: ANN ve ANFIS ile tap ayarının belirlenmesi

3. TEST SİSTEMİ ve SENARYOLAR

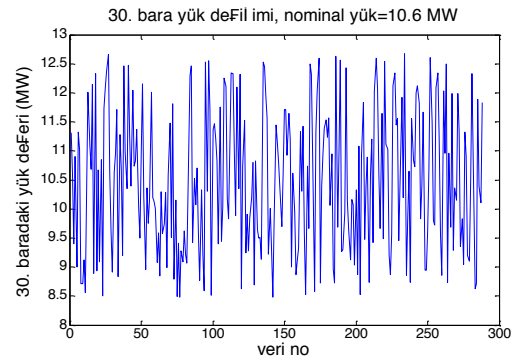
Bu çalışmada IEEE-30 bara test sistemi DEÜ sistemleri ve LTC transformatörler eklenerek modifiye edilmiştir. Sistemin 14, 15, 21, 23, 26, 29 ve 30 numaralı dağıtım tarafındaki baralara DEÜ entegre edilmiştir. LTC transformatörlerden sırasıyla ilk 3'ü iletim ile dağıtım baraları arasında yer alan 4-12, 6-10 ve 28-27 numaralı baralar arasında olup sırasıyla 4., 6. ve 10. baralardaki gerilimleri kontrol etmektedir, son 3'ü ise sırasıyla 26, 29 ve 30 numaralı baralardaki gerilimi kontrol edecek şekilde 3 tane fazladan bara eklenerek modellenmiştir, Şekil 2'de modifiye edilmiş test sistemi gösterilmiştir.



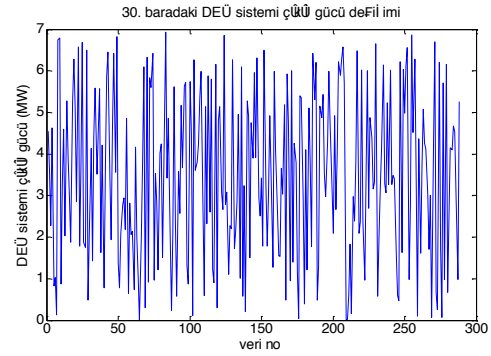
Şekil 2: Modifiye edilmiş IEEE-30 bara test sistemi.

Test sisteminin nominal yük değeri 296 MW olup yapılan çalışmada sistemdeki mevcut her bir yük barasındaki yük, nominal

değerinin $\pm\%20$ aralığında rastgele değiştirilerek yükteki belirsizlik sisteme dahil edilmiştir. Örnek olarak, sadece 30. baradaki yük değişimi Şekil 3'de verilmiştir. DEÜ sistemleri de yenilenebilir enerji tabanlı sistemler olarak kabul edilmiş ve çıkış güçleri 0-7 MW aralığında rastgele değiştirilerek rüzgar veya fotovoltaik tabanlı sistemlerdeki olası senaryolar sisteme yansıtılmıştır. Test sistemindeki 30. baraya bağlı DEÜ sisteminin çıkış gücündeki değişim örnek olarak Şekil 4'de sunulmuştur. Bu veriler her 5 dakikada bir alındığı varsayılırsa 24 saatlik bir veri bilgisi için 288 adet veri seti oluşturulmuştur.



Şekil 3: 30. baraya bağlı yükün değişimi.

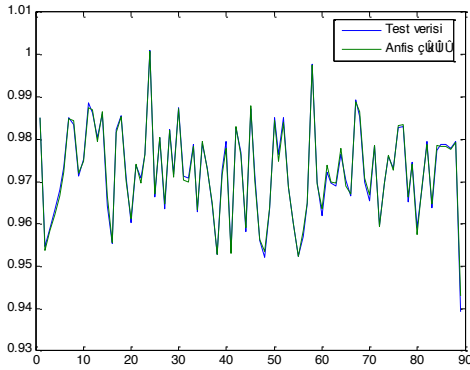


Şekil 4: 30. baraya bağlı DEÜ sistemin çıkış gücü değişimi.

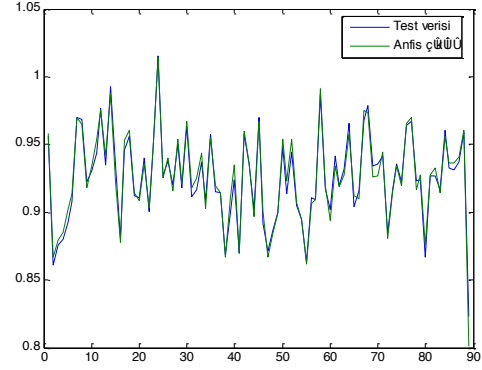
Öğrenme verilerini elde etmek için ilk önce LTC transformatörlerin devre dışı olduğu, DEÜ sistemleri bağlanmadığı ve nominal yükte çalışan sistemden LTC transformatörlerin kontrol edeceği baralardaki gerilim ve aktif güç verileri alınmıştır. Bu veriler baz değerler olarak kaydedilmiştir. İkinci aşamada ise DEÜ

sistemler dahil edilerek, oluşturulmuş olan yük ve DEÜ 24 saatlik yani 288 adet veri seti güç akış analizi yapılarak LTC transformatörlerin kontrol edeceği baralardaki gerilim ve aktif güç değişimleri elde edilmiştir, bu değerler öğrenme metodlarındaki girişlerdir. Son aşamada ise LTC transformatörler devreye alınarak sisteme aynı veri seti tekrar uygulanarak olması gereken tap ayarları bulunmuştur, bu değer öğrenme metodlarındaki çıkış değeri olarak kullanılmıştır.

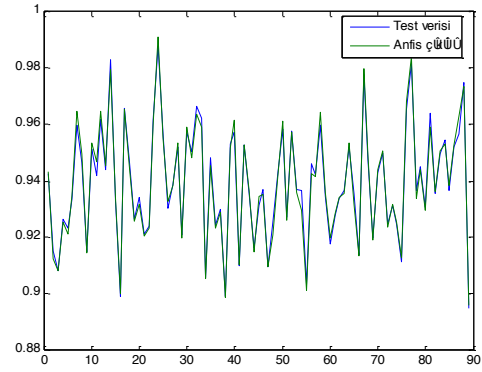
Oluşturulan veri seti ANFIS'de, toplam datanın 200'ü eğitim datası geri kalan 88'i ise test datası olarak kullanılmıştır. Buna göre 6 adet LTC transformatör için uygulanan 6 adet ANFIS test sonuçları Şekiller 5-10'da gösterilmiştir. Grafikleri incelediğimizde ANFIS, iletim-dağıtım sistemleri arasında kullanılan LTC'lerde çok iyi sonuçlar elde edilirken (Şekiller 5-7), DEÜ sistemleri bağlanmış baraların kontrolünü sağlayan LTC transformatörlerde diğerleri kadar iyi sonuçlar elde edilememiştir (Şekiller 8-10).



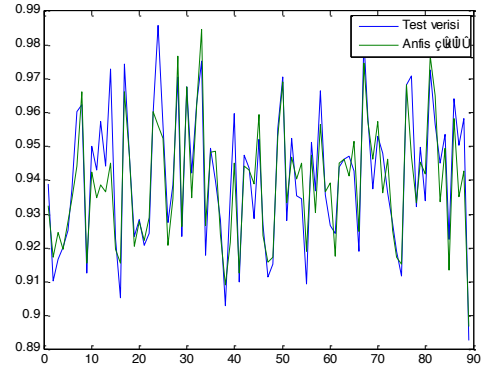
Şekil 5: LTC-1 tap değerleri ile ANFIS çıkışı.



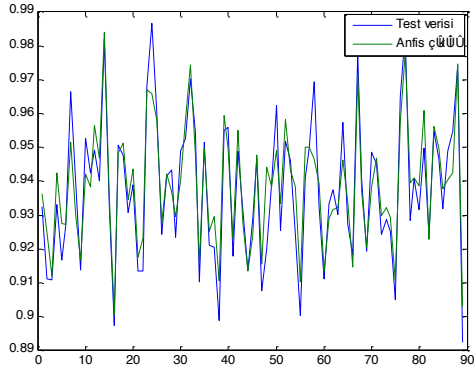
Şekil 6: LTC-2 tap değerleri ile ANFIS çıkışı.



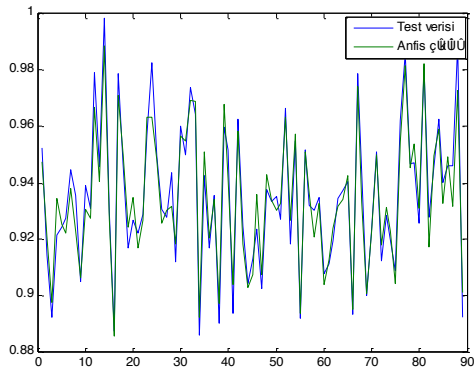
Şekil 7: LTC-3 tap değerleri ile ANFIS çıkışı.



Şekil 8: LTC-4 tap değerleri ile ANFIS çıkışı.

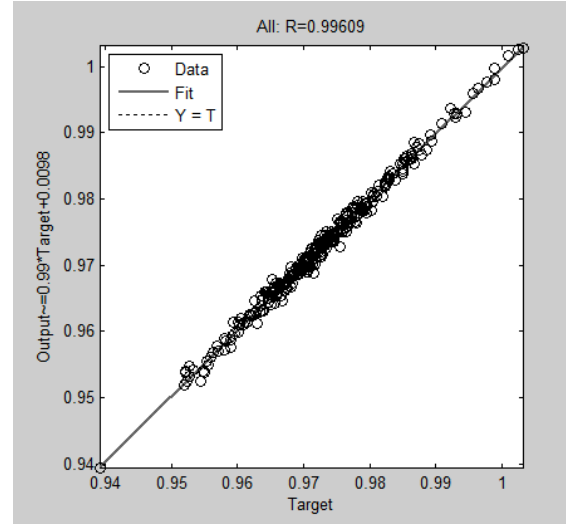


Şekil 9: LTC-5 tap değerleri ile ANFIS çıkışı.

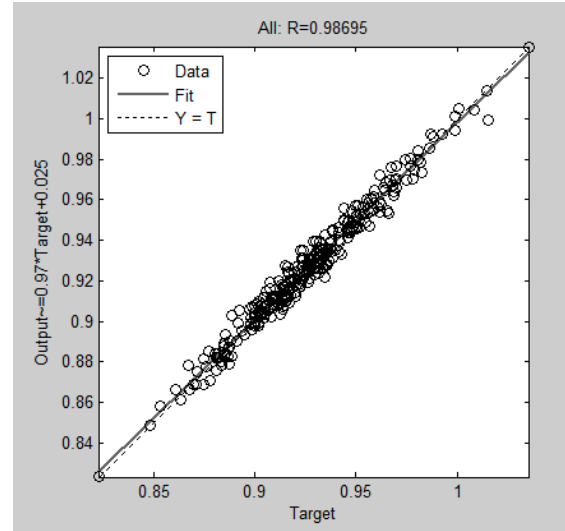


Şekil 10: LTC-6 tap değerleri ile ANFIS çıkışı.

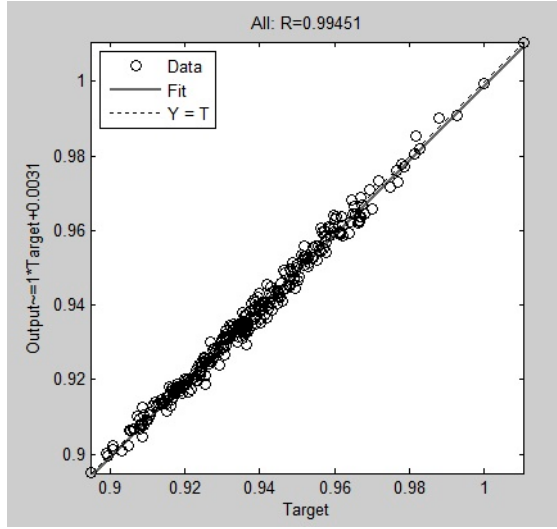
Oluşturulan aynı veri seti ANN yapısında uygulanmıştır. Saklı katman sayısı 20 olarak belirlenmiştir ve ilk 200 veri seti öğrenme, bir sonraki 44 veri seti doğrulama ve son 44 veri seti de test olarak kullanılmıştır. Şekil 11-16'da sonuçlar verilmiştir, buna göre ilk üçü iletim dağıtım sistemleri arasındaki LTC transformatörlere ait olup iyi sonuçlar verirken, son 3'ü DEÜ sistemleri bağlı baraları kontrol eden LTC transformatörlere ait sonuçlar olup diğerleri kadar iyi sonuçlar alınamamıştır.



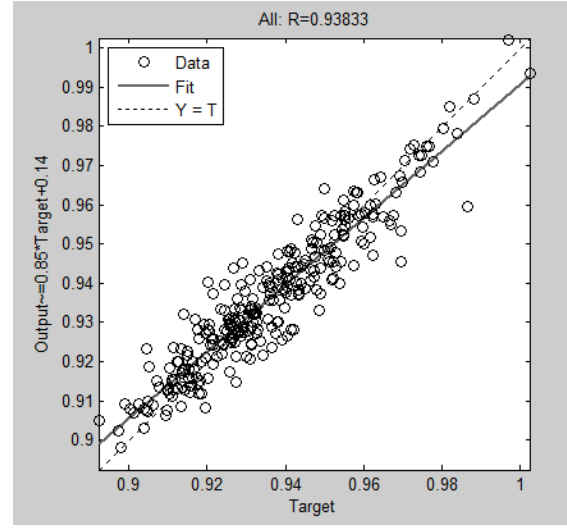
Şekil 11: LTC-1 ANN sonucu



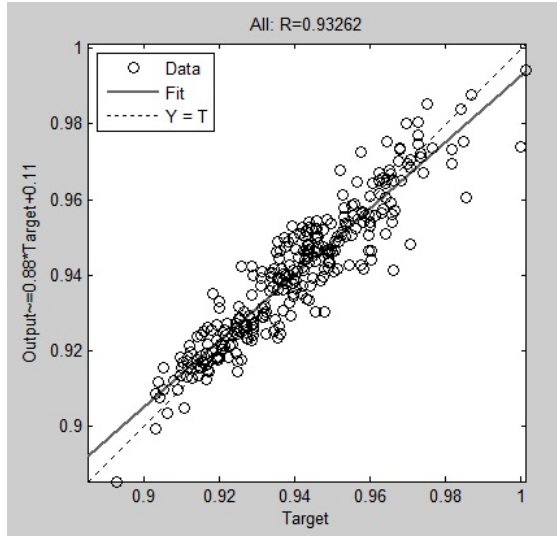
Şekil 12: LTC-2 ANN sonucu



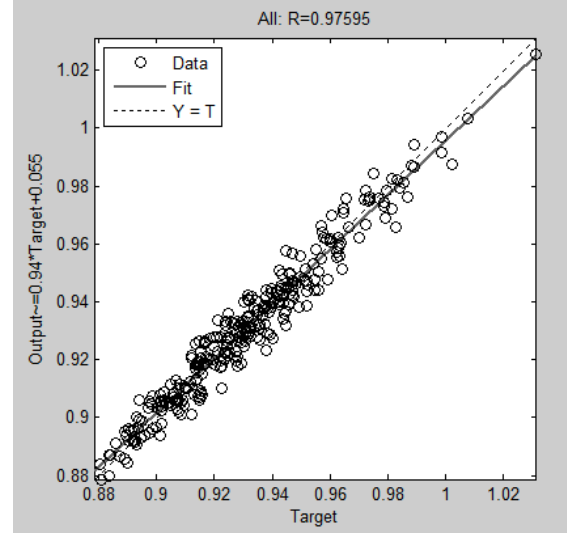
Şekil 13: LTC-3 ANN sonucu



Şekil 15: LTC-5 ANN sonucu



Şekil 14: LTC-4 ANN sonucu



Şekil 16: LTC-6 ANN sonucu.

4. SONUÇ

Bu çalışmada yenilenebilir enerji tabanlı DEÜ sistemleri ve LTC transformatör eklenmiş elektrik şebekesinin, DEÜ sistemlerin çıkış güçlerindeki ve yüklerdeki belirsizlikler gerçekleştirilerek, LTC transformatörün tap ayarı, öğrenmeye dayalı ANFIS ve ANN metodlarıyla belirlenmeye çalışılmıştır. Bu metodlar uygulanırken LTC transformatörün kontrol barasının gerilim ve aktif güç değişimi genel olarak yeterli olduğu gözlenmiştir.

Tüm bu sonuçlar ışığında, şebekenin iletim dağıtım baraları arasına ya da DEÜ sistemleri entegre edilmemiş baralarındaki LTC transformatörlerin tap ayarlarını, öğrenmeye dayalı akıllı sistemlerle belirlemek kararlı ve etkili bir yol iken DEÜ sistemleri entegre edilmiş baralarda tap ayarı belirlemek çok iyi sonuçlar vermemektedir. DEÜ sistemleri entegre edilmiş baralardaki tap ayarlarını belirlemede farklı karakteristikte öğrenme yolları araştırılmalı veya LTC transformatörlere çok yük getirmeyecek gerilim kontrol sistemleri geliştirilmeğe çalışılmalıdır.

KAYNAKLAR

[1] W. El-Khattam, M. M. A. Salama, 'Distributed generation technologies, definitions and benefits', Electric Power Systems Research, 2004, 71, pp. 119-128.

[2] G. Pepermans, J. Driesen, D. Haeseldonckx, R. Belmans, W. D'haeseleer, 'Distributed generation: definition, benefits and issues', Energy Policy, 2005, 33, pp. 787-798.

[3] W. H. Kersting, 'Distribution Feeder Voltage Regulation Control', march/april 2010, 46-2, pp. 620-626.

[4] C. Ersavaş, F. Ugranlı, H. U. Umar, E. Karatepe, 'Esnek Alternatif Akım İletim Sistemleri (FACTS) ve Dağıtılmış Enerji Üretim Sistemleri ile Donatılmış Elektrik Şebekelerinin Analizi', EVK, 2011, pp. 7-11.

[5] T. H. Chen, M. S. Wang, N. C. Yang, 'Impact of Distributed Generation on Voltage Regulation by ULTC Transformer Using Various Existing Methods', National Taiwan University of Science and Technology.

[6] C. Gao, M. A. Redfern, 'A Review of Voltage Control Techniques of Network with Distributed Generation Using On-Load Tap Changer Transformer', University of Bath.

[7] F. A. Viawan, A. Sannino, J. Daalder 'Voltage Control with On-load Tap Changers in Medium Voltage Feeders in Presence of Distributed Generation', Electric Power System Research 2007, 77, pp. 1314-1322.

[8] Z. G. Wan 'Fuzzy Logic-Based AVC Relay for Voltage Control of Distribution Network with and without Distributed/ Embedded Generation', Powertech, 2007, pp. 2128-2132.

[9] R. A. Shalwala, J. A. M. Bleijs, 'Voltage Control Scheme Using Fuzzy Logic for Residential Area Networks With PV Generations In Saudi Arabia', IEEE 2010.

[10] R. H. Liang, X. Z. Liu, 'Neuro-Fuzzy Based Coordinated Control in a Distribution System with Dispersed Generation System', National Science Council Taipei, NSC94-2213-E-224-043

[11] S. K. Salman, I. M. Rida, 'ANN-Based AVC Relay for Voltage Control of Distribution Network with and without Distributed/ Embedded Generation', Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, 2000, pp. 263-267.

[12] Y. Li, N. K. C. Nair, S. K. Nguang, 'Improved Coordinated Control of On-load Tap Changer', New Zealand, University of Auckland.

[13] P. H. Nguyen, J. M. A. Myrzik, W. L. Kling, 'Coordination of Voltage Regulation in Active Networks', IEEE, 2008.

[14] J. S. R. Jang, 'ANFIS: Adaptive Network Based Fuzzy Inference System', IEEE Transaction On Systems, Man, and Cybernetics, 1993, 23-3, pp. 665-685.

[15] H. Silver, 'Neural Networks in Electrical Engineering', ASEE New England Section, 2006, pp. 1-21