

ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİNDE GÜNEŞ KULESİ SİSTEMİNİN YAPAY SINIR AĞLARIYLA MODELLENMESİ

İ.ÜÇGÜL^{1,a}, R.SELBAŞ^{2,b}, Ö.KIZILKAN², R.SENOL¹, H.KARAKOÇ¹

1 S.D.Ü. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi, ISPARTA,
2 S.D.Ü. T.E.F. Makine Eğitimi Bölümü, ISPARTA,
aiucgul@mmf.sdu.edu.tr, bselbas@tef.sdu.edu.tr

ÖZET

Elektrik enerjisine olan ihtiyaç, nüfusun gittikçe artması ve daha hızlı kalkınma talebi yüzünden gittikçe artmaktadır. Enerji ihtiyacı genellikle fosil kökenli yakıtların kullanılmasıyla karşılanmaktadır. Günümüzde mevcut fosil yakıt rezervlerindeki azalma ve bu yakıtların oluşturduğu çevre kirliliği gibi problemler, enerji ihtiyacının karşılanması için alternatif kaynakların kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Uygulama alanı olarak bir hayli yüksek potansiyele sahip olan güneş enerjisi, elektrik enerjisi üretiminde en umut verici, en bol, çevre kirliliği oluşturmayan ve enerji fiyatı bulunmayan kaynaktır.

Bu çalışmada Süleyman Demirel Üniversitesinin Batı kampüsü elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için sabit aynalı konsantrasyon sistemli güneş kulesi güç santrali modeli teorik olarak kurulmuştur. Gerekli olan 2 MW'lık elektrik üretimi için Nisan ayı güneş enerjisi verileri kullanılarak gerekli hesaplar yapılmış ve çıkan değerler Yapay Sinir Ağları metoduyla modellenmiştir. Yapay Sinir Ağları metoduyla tahmin edilen değerler ile gerçek değerler karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, elektrik santrali, ekserji, YSA

NEURAL NETWORK MODELING OF SOLAR TOWER SYSTEM IN
ELECTRICAL ENERGY GENERATION

ABSTRACT

The requirement of electrical energy rises with increasing of the population and faster improvement demands. Energy requirement generally is provided by using fossil based fuel sources. In order to supply energy requirements, today, using alternative sources became necessary because of the problems such as decreasing of available fossil fuel sources and environment pollution from this fuel. The solar energy, which has a wide range of application potential, in electrical energy production is the most hopeful and unlimited energy without environment pollution and price.

In this paper, the electric production methods from solar energy are studied and the most suitable method for solar energy plant is tried to find out. Neural modeling of the found solar energy plant is made. The selected method in literature is electric production method known as Solar Tower. The predicted values obtained from neural network modeling are compared with the real values.

Key Words: Solar energy, electrical power plant, exergy.

1.GİRİŞ

Güneş enerjisinden faydalanılarak yapılan elektrik enerjisi üretiminde iki yol vardır. Birincisi; doğrudan güneş enerjisini fotovoltaik piller ile elektrik enerjisine dönüştürmektir. İkinci yol ise; güneş enerjisi ile su buharı veya sıcak gaz üretmek ve sonra buhar veya sıcak gazı konvansiyonel yoldan buhar veya gaz türbinine sevk ederek türbine bağlı bulunan jeneratörden elektrik üretmektir. Burada, daha yüksek verime sahip olmalarından dolayı ikinci yol olan ve endirekt metot da denilen Kule tipi Merkezi Güneş Enerjisi Elektrik Santrali incelenecektir.

Ülkemizde enerji probleminde kurtulmak için, nükleer enerji santrallerine alternatif olarak güneş enerji santralleri kurulması düşünülmelidir. Güneş enerjili elektrik santrallerinin daha yaygın olarak kurulmasıyla, çevreye zarar vermeksizin yaşanan enerji sıkıntısını giderme imkanı sağlanabilecektir.

2. KULE TİPİ MERKEZİ GÜNEŞ ENERJİSİ ELEKTRİK SANTRALI

Güneş enerjisi; kule tipi, parabolik, silindirik, fresnel mercekli gibi sistemler kullanılarak çok değişik şekillerde yoğunlaştırılabilir. Bunlardan kule tipi yoğunlaştırıcılarda çok büyük elektrik güçleri sağlanabilir [1]. Büyük bir tarla içine yerleştirilmiş güneşe göre ayarlanabilen çok sayıdaki yansıtıcı (heliostat), kule üzerine yerleştirilmiş alıcıya (buharlaştırıcıya) güneş ışınlarını gönderir. Böylece, güneş ışınlarının 300 ila 2000 defa yoğunlaştırılması mümkündür. Böylece, alıcıda elde edilen kızgın buhar türbinde elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu sistemin diğer yoğunlaştırıcı sistemlere göre; her bir yansıtıcının bağımsız hareket imkanına sahip olması ve büyük boyutlardaki toplayıcılara göre daha az rüzgar yüküne maruz kalması gibi üstünlükleri vardır. EURELIOS adı verilen bu tür bir güneş santrali, ilk defa, 1981'de Sicilya Adrano'da Ortak Pazar ülkeleri tarafından gerçekleştirilmiştir. Sistemde güneşi izleyen ve toplam yüzeyi 6216 m² olan heliostat kullanılarak 55 m yüksekliğindeki kulenin tepesinde bulunan kazanda 6484.8 kPa basınçta 785 K sıcaklıkta kızgın buhar elde edilmiştir. Santral 1 MW elektrik ve 4,8 MW termik gücünde olup verimi %21 civarındadır [2]. Daha sonra 1982 yılında Kaliforniya'da 10 MW'lık bir santral daha kurulmuştur. Bu santral 1818 yansıtıcıdan oluşmuş olup her bir yansıtıcı grubun toplam alanı 39,13m² 'dir. Bu alıcı 13,7m yüksekliğinde, 7 m çapında ve topraktan 90 m yüksekliktedir. Alıcıda maksimum absorblama yüzeyi sıcaklığı 893 K olup 789 K'de 50900kg/h buhar üretilmiştir. Böyle bir santralin fotoğrafı Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Heliostat alanı ve alıcı kulesi üzerinden görünüş (sistem çalışmazken)

Türkiye’de ise bu konuda ilk ciddi araştırma, 1982 yılında Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü bünyesinde yapılmıştır. Tasarlanan santral için 20 m yüksekliğinde kule inşa edilmiş olup, 300 kW’lık güç sağlanması amaçlanmıştır. Bu santral için 5000m² alan üzerine 1875m² yansıtıcı yüzey kullanılması gerektiği hesaplanmıştır.[3]

Kule tipi merkezi güneş enerjisi elektrik santrallerinde genellikle hareketli aynalar kullanılarak, yüksek sıcaklık ve verim değerleri elde edilebilmektedir. Ancak, bu sistemlerde aynalar, hareket düzeneği ve bunlar için gerekli olan taşıyıcı yapı elemanları, maliyeti önemli ölçüde arttırmakta ve diğer konvansiyonel santrallere oranla ekonomik olmamaktadır. Bu sebeple, tasarlanan sistemde maliyeti düşürmek için, sabit aynalı konsantrasyon sistemi düşünülmüştür.

Hareketli ayna maliyeti 40-75 dolar/m² arasında değişmektedir. Sabit ayna maliyeti ise 10-20 dolar/m² arasındadır. Buradan görüleceği üzere, aynı güçteki bir güneş enerjisi elektrik santrali için ayna tarlasında sabit aynalı sistemin kullanılması halinde, hareketli sisteme göre %40’a yakın bir tasarruf sağlanacaktır. Zira, ayna tarlasının maliyeti toplam santral maliyetinin %50-85’ini oluşturmaktadır [4].

3. GÜNEŞ KULESİ METODUYLA ELEKTRİK ÜRETİMİ İÇİN BİR UYGULAMA

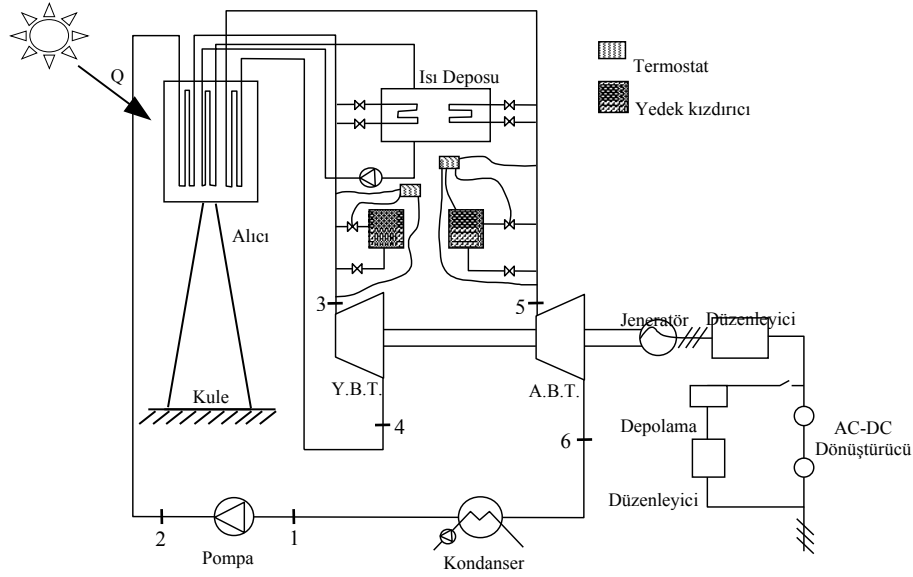
Bu çalışmada Süleyman Demirel Üniversitesi’nin Batı kampüsü elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için sabit aynalı konsantrasyon sistemli güneş kulesi güç santrali modeli teorik olarak kurulmuştur. Gerekli olan 2 MW’lık elektrik üretimi için Nisan ayı güneş enerjisi verileri kullanılarak gerekli hesaplar yapılmış ve sonuçlar tablolar halinde verilmiştir.

Hesaplamalarda güneş enerjisi sistemi için $(\tau\alpha)= 0.8$, $(\epsilon\rho)=0.8$, $UL=20W/m^2K$, $TA=298.15 K$, $T_0=273.15 K$, Nisan ayı için $E_b= 250 W/m^2$, bulanıklık faktörü $f=0.68.10^{-5}$, $\sigma=5.67.10^{-8} W/m^2K^4$, güneş sıcaklığı $T_s=5777 K$, toplayıcı alanının alıcının alanına oranı olan toplayıcı yoğunlaşma oranı $C=13000/76.93=196$ verileri kullanılmıştır.

Güç çevrimi için yüksek basınç türbini için $P_2=4000, 5000, 6000 kPa$, alçak basınç türbini için $P_4=300, 400, 500 kPa$, kondenser basıncı için $P_1=10, 20 kPa$, kızdırma sonu sıcaklıkları $Th_1=713, 658, 613 K$, ara kızdırma giriş sıcaklığı $Th_2=425, 416, 406 K$, parametrik olarak alınarak hesaplar yapılmıştır ve en yüksek sistem verimlerinin hangi çalışma şartları altında elde edilebileceği belirlenmeye çalışılmıştır.

3.1. Teknik Özellikler

Uygulamada, çalışma akışkanı olarak su/buhar kullanılması ve sistem veriminin artırılması için, ara kızdırmalı ideal Rankine Çevrimi ile çalışan bir güç tesisi düşünülmüştür. Düşünülen elektrik santralinin prensip şeması Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2. Güneş Enerjisi Elektrik Şeması Prensip Şeması

3.2. Alıcı Sistemi

Alıcı, boşluk tipi olup su/buhar soğutmalıdır. Ayrıca, termal depolama yapmak üzere ergimiş Na-K tuzlarının dolaştığı üçüncü bir kapalı devre oluşturulmuştur. Sistem; 6 metresi toprak altında, 60 metresi toprak üstünde olmak üzere 66 m yüksekliktedir. 7 m çapındaki kule üzerine yerleştirilen alıcı, 7 m yüksekliğinde ve 3,5 m çapında tasarlanmıştır. Alıcı içinde aktif ısı transfer yüzeyini teşkil eden boru demetinin içinden, çevrim akışkanı su/buhar geçmektedir. Oluşturulan üçüncü bir çevrim sayesinde, alıcıda kaybolacak enerjinin bir kısmı daha faydalı hale getirilmektedir.

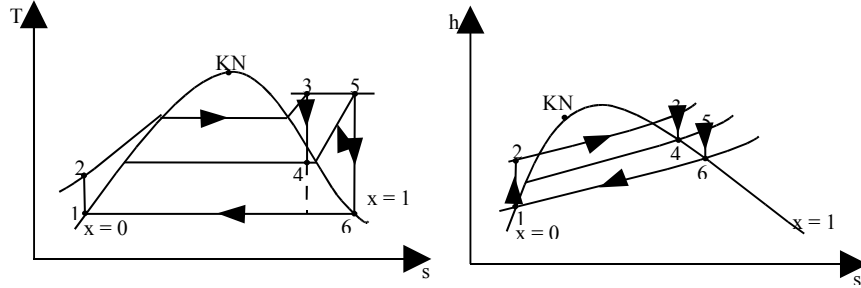
Sıvı haldeki Na-K tuzları, aynı zamanda çok iyi bir ısı depolama özelliğine sahiptir. Alıcıya gelen besleme suyu, içinden sıcak erimiş tuz geçen bir ısı değiştiricisinden geçirilerek, ön ısıtma işlemi yapılabilir. Ayna tarlasının çalışma prensibi, aynalar aracılığı ile yüksekte bulunan kule üzerindeki bir alıcıya enerji konsantre edilmesi ve alıcıda elde edilen buhar türbin-alternatörlerle elektrik enerjisi üretilmesi şeklindedir[3].

3.3. Güç Dönüşüm Sistemi

Kondenser türbin ile akuplajı yapılmış olan elektrik jeneratöründen alınan elektrik enerjisi ana dağıtım merkezinden geçtikten ve gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra, bir trafo vasıtası ile kampüsün iç kullanımına verilecektir. Sistemin genel görünüşü Şekil 2'te belirtilmiştir.

Çevrimde alıcıda üretilen kızgın buhar, yüksek basınç türbininde sabit entropide genişler (4). Buharın iç enerjisi adyabatik genişleme sonunda mekanik işe dönüşür ve basınç değeri düşer. Yüksek basınç türbininden çıkan buhar tekrar alıcıya gönderilerek burada ısıtılır (5). Alıcıda bu şartlara getirilen buhar alçak basınç türbininde adyabatik olarak genişler (6). Bu genişleme sonucunda, buharın iç enerjisi yine mekanik işe dönüşür. Alçak basınç türbininden çıkan çürük buhar kondensere girer (1). Kondenserde

buharın yoğuşması, soğutma suyu taşıyan boruların buhardan ısı alması ile olur. Burada ısı transferi olayına en büyük etken, ısı transfer katsayısının yüksek olması ve buna bağlı olarak da boruların temizliğidir. Böylece kondensere giren çürük buhar, su olarak çıkar. Santrifüj pompaya gelen su alıcıya basılır (2). Alıcıda ısınarak buhar fazına geçen su, türbine girerek çevrimi tamamlamış olur (3). Sistemin T-s ve h-s diyagramları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Sistemin Şematik olarak T-s ve h-s Diyagramları

4. TERMODİNAMİK ANALİZ

Çevrimin T-s ve h-s diyagramları Şekil 3'te gösterilmiştir.

Alıcıdan çevrime transfer edilen ısı;

$$q = (h_3 - h_2) + (h_5 - h_4)$$

Türbinlerden elde edilen iş;

$$w_T = w_{TY} + w_{TA}$$

$$w_T = (h_3 - h_4) + (h_5 - h_6)$$

Pompa işi;

$$w_P = h_2 - h_1 = v(P_2 - P_1)$$

Çevrimden elde edilen net iş;

$$w = w_T - w_P$$

$$w = (h_3 - h_4) + (h_5 - h_6) - (h_2 - h_1)$$

Kondenserden atılan ısı;

$$q_k = (h_6 - h_1)$$

Çevrim termik verimi;

$$\eta_{I, \text{çevrim}} = \frac{w}{q} = \frac{(h_3 - h_4) + (h_5 - h_6) - (h_2 - h_1)}{(h_3 - h_2) + (h_5 - h_4)}$$

Türbindeki ekserji;

$$\varepsilon_T = \varepsilon_{TY} + \varepsilon_{TA}$$

$$\varepsilon_T = (h_3 - h_2) - T_0(s_3 - s_2) + (h_5 - h_4) - T_0(s_5 - s_4)$$

Çevrimin ekserji verimi;

$$\eta_{II, \text{çevrim}} = \frac{w}{\varepsilon_T} = \frac{(h_3 - h_4) + (h_5 - h_6) - (h_2 - h_1)}{(h_3 - h_2) - T_0(s_3 - s_2) + (h_5 - h_4) - T_0(s_5 - s_4)}$$

Güneş enerji alıcısındaki ısının beraberinde gelen ekserji transferi[5];

$$\varepsilon_{xq} = q \left(1 - \frac{T_0}{T_{h1} - T_{h2}} \ln \left(\frac{T_{h1}}{T_{h2}} \right) \right)$$

Burada Th1 ve Th2 sırasıyla, güneş enerjisi alıcısına giriş ve çıkış sıcaklığıdır. Güneş alıcı sisteminin çevrim ekserji verimi;

$$\eta_{II,\text{çevrim}} = \frac{W}{\varepsilon_{xq}} = \frac{\eta_{I,\text{çevrim}}}{1 - \frac{T_0}{T_{h1} - T_{h2}} \ln \frac{T_{h1}}{T_{h2}}}$$

Güneş yansıtıcı-toplayıcı sistemi verimi;

$$\eta_{I,\text{toplayıcı}} = \frac{Q}{E_b} = (\alpha \tau) - (\varepsilon \rho) \frac{\sigma T^4}{CE_b} - \frac{U(T - T_A)}{CE_b}$$

Burada Eb, direk radyasyondur.

Güneş enerjisi ekserjisi;

$$\varepsilon_s = E_b \left(1 - \left(\frac{4}{3} \frac{T_A}{T_s} (1 - 0.28 \ln f) \right) \right)$$

Güneş yansıtıcı-toplayıcı sistemi ekserji verimi;

$$\eta_{II,\text{toplayıcı}} = \frac{\varepsilon_{xq}}{\varepsilon_s} \approx \eta_{I,\text{toplayıcı}} \frac{1 - \frac{T_0}{T_{h1} - T_{h2}} \ln \frac{T_{h1}}{T_{h2}}}{1 - \frac{4}{3} \frac{T_A}{T_s} (1 - 0.28 \ln f)}$$

Toplayıcı ve güç çevrimi birleşik sistemi için termik verim;

$$\eta_I = \eta_{I,\text{toplayıcı}} \eta_{I,\text{çevrim}}$$

Toplayıcı ve güç çevrimi birleşik sistemi için ekserji verimi;

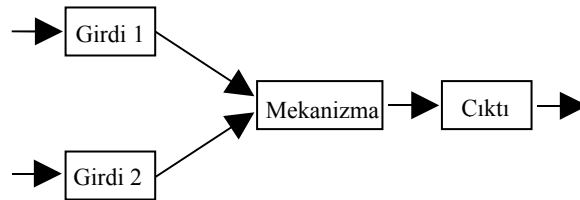
$$\eta_{II} = \eta_{II,\text{toplayıcı}} \eta_{II,\text{çevrim}}$$

olarak ifade edilir [6].

5. YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)

Yapay sinir ağları, lineer olmayan kompleks problemlerin çözümünde özellikle son yıllarda kullanılmaya başlanan alternatif bir çözüm metodudur. Bu metot, eksik verilerin tamamlanması ve güneş enerjili sistemlerinin modellenmesi konularında da oldukça geniş bir uygulama alanına sahiptir [7,8].

Yapay sinir ağları, insan beyni esas alınarak modellenmiş bir sistemdir. Çeşitli bağlantılarla birbirine bağlı birimlerden oluşmaktadır. Ağ içinde olan birimlerin her birinin belli bir işlevi vardır ve katmanlar şeklinde örgütlenmiştir. Yapay sinir ağları, Şekil 4'te görüldüğü gibi, giriş ve çıkışları olan kara kutular gibi düşünülmektedir.

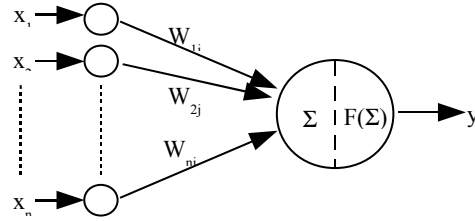


Şekil 4. Kara kutu modeli

Bu kara kutuların işlevi basitçe matematiksel bir fonksiyonu temsil etmektedir [9,10].

Yapay sinir ağı; girdi tabakası, gizli tabaka ve çıktı tabakası olmak üzere üç tabakadan oluşmakta ve her tabakada bir çok nöron (düğüm) bulunmaktadır. Yapay bir sinir hücresi Şekil 5'te görülmektedir.

Her yapay sinir hücresi şekilden görüldüğü gibi girdiler (X_n), ağırlıklar (W_n), toplam fonksiyonu (Σ), aktivasyon fonksiyonu $F(\Sigma)$ ve çıktı (y) olmak üzere beş ana kısımdan oluşur [11,12]



Şekil 5. Yapay sinir hücresi

Girdiler, girdi seti veya kendinden önceki bir katmandaki başka bir işlem elemanının çıktısıdır. Burada X girdi bilgilerini içeren vektör olmak üzere $XT=[X1, X2, \dots, Xn]$ şeklinde ifade edilebilir. Ağırlıklar, girdi seti veya kendinden önceki bir katmandaki başka bir işlem elemanının, bu işlem elemanı üzerindeki etkisini ifade eden değerlerdir. Ağırlık katsayı değerlerini içeren vektör ise $WT=[W1, W2, \dots, Wn]$ ile gösterilebilir. Toplam fonksiyonu, girdiler ve ağırlıkların tamamının bu işlem elemanına etkisini hesaplayan bir fonksiyondur. Aktivasyon fonksiyonu, toplam fonksiyonun çıktısında hesaplanan değer 0 ile 1 (sigmoid) veya -1 ile 1 (tanh) arasında işlem elemanı çıktı değerine dönüştürüldüğü fonksiyondur. Çıktı, aktivasyon fonksiyonunun sonucudur.

Hücreye taşınan her bil bilgi, girdi değerleri ve bağlantı ağırlık değerlerinin çarpılmasıyla elde edilir. Hücrede toplanan net bilgi:

$$NET = \sum_{i=1}^n X_i W_i = W_1 X_1 + W_2 X_2 + \dots + W_n X_n$$

olarak elde edilir. Hücrede toplanan bilgi bir aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek hücrenin gerçek çıktı değeri olan y değeri, $y=f(NET)$ ifadesi ile elde edilir. Bu çalışmada sigmoid (eşik) aktivasyon fonksiyonu seçildiği için y çıktı değeri:

$$y = \frac{1}{1 + e^{-NET}}$$

olarak bulunur.

Mühendislikte ve pek çok alanda en çok kullanılan öğrenme algoritması, geriye yayılma algoritmasıdır. Bunun en büyük nedeni, öğrenme kapasitesinin yüksek ve algoritmasının basit olmasıdır. Bu yüzden yapılan çalışmada YSA'yı eğitmek için geriye yayılma algoritması kullanılmıştır.

Geriye yayımlı ağda, öncelikle ilk katmana bir girdi vektörü uygulanır. Daha sonra girdi ve 1. katman arasındaki ağırlıklar yardımıyla, 1. katmandaki her birimin aldığı toplam girdi belirlenir. Her birim, girdisini lineer olmayan bir fonksiyondan geçirerek bir sonraki katmana göndereceği çıktıyı belirler. Bir katmandaki tüm birimlerin durumları paralel olarak belirlenir. Bu işlem, çıktı katmanındaki birimlerin durumları belirleninceye kadar sırayla tekrar edilir.

Geriye yayılma algoritması, gerçek çıktı y ile istenen çıktı d arasındaki karesel hatayı minimum yapmak için gradyan azalma algoritmasını (gradyen descent algorithm) kullanır ve hata aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$E = \frac{1}{2} \left[\sum_p \sum_k |d_{pk} - y_{pk}|^2 \right]^{1/2}$$

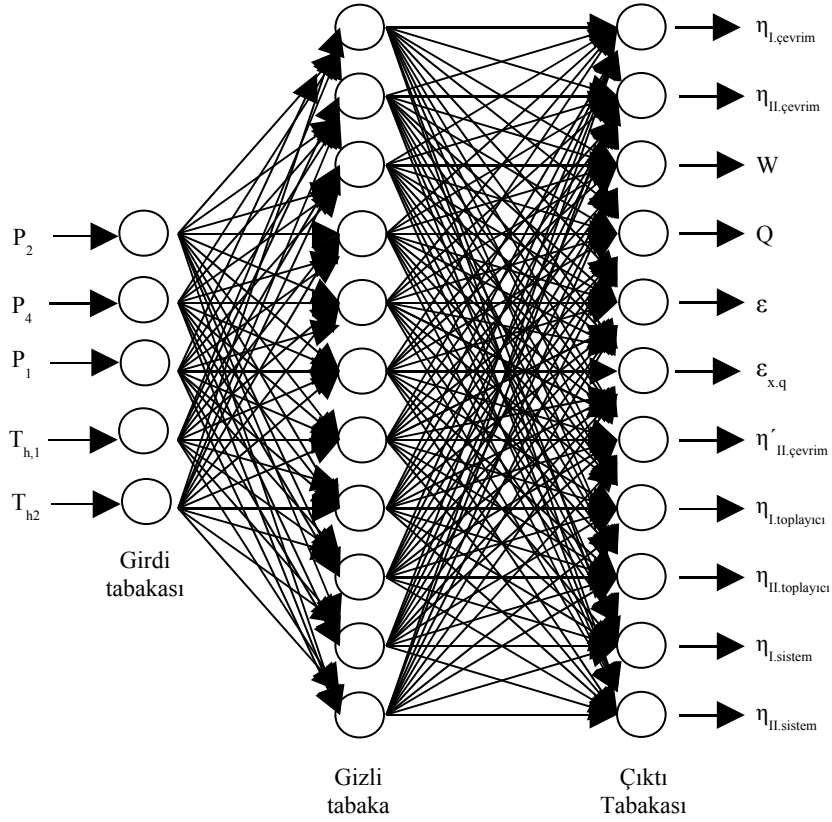
Burada; E ortalama karesel hatayı (MSE), d_{pk} istenen çıktı vektörünü ve y_{pk} gerçek çıktı vektörünü (ağ çıktısı) gösterir. Hatanın sıfır veya sıfıra çok yakın olması, ağın çok iyi eğitildiğini gösterir [13].

6. YSA METODU İLE YAPILAN UYGULAMA

Bu çalışmada Süleyman Demirel Üniversitesi'nin Batı kampüsü elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için sabit aynalı konsantrasyon sistemli güneş kulesi güç santrali modeli teorik olarak kurulmuştur. Gerekli olan 2 MW'lık elektrik üretimi için Nisan ayı güneş enerjisi verilerinin ortalama değerleri kullanılarak gerekli hesaplar yapılmış ve çıkan değerler yardımıyla aylık ve günlük olarak değişen güneş ışınımı, güç üretim ve tüketim değerlerini karşılayacak bir yapay sinir ağları modeli kurulmuştur. Bu YSA modelinde P_4 , P_2 , P_1 , Th_1 ve Th_2 değerleri giriş parametreleridir ve ηI .çevrim, ηII .çevrim, W , Q , ε , $\varepsilon_{x,q}$, $\eta' II$.çevrim, ηI .toplayıcı, ηII .toplayıcı, ηI .sistem ve ηII .sistem değerleri çıkış parametreleri olarak alınmıştır. Modelde; güç çevriminin yüksek basınç türbini için $P_2=4000, 5000, 6000$ kPa, alçak basınç türbini için $P_4=300, 400, 500$ kPa, kondenser basıncı için $P_1=10, 20$ kPa, kızdırma sonu sıcaklıkları $Th_1=713, 658, 613$ K, ara kızdırma giriş sıcaklığı $Th_2=425, 416, 406$ K, parametrik olarak alınarak hesaplar yapılmıştır ve bu değerler arasındaki değerler neural network metoduyla tahmin edilmeye çalışılarak en yüksek sistem verimlerinin hangi çalışma şartları altında elde edilebileceği belirlenmeye çalışılmıştır.

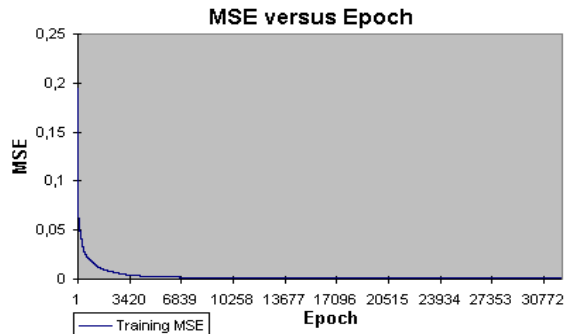
Modelleme yapılırken, güç çevriminin yüksek basınç türbin basıncı, P_2 , alçak basınç türbin basıncı, P_4 , kondenser basıncı, P_1 , kızdırma sonu sıcaklığı, Th_1 ve ara kızdırma giriş sıcaklığı $Th_2=$ girdi değerleri olarak alınmış ve çevrim termik verimi, çevrimin ekserjetik verimi, çevrimden elde edilen net iş, çevrime transfer edilen ısı, türbindeki ekserji, güneş enerjisi alıcısındaki ısının beraberinde gelen ekserji, güneş alıcı sisteminin çevrim ekserji verimi, güneş yansıtıcı-toplayıcı sisteminin verimi, güneş yansıtıcı-toplayıcı sisteminin ekserji verimi, toplayıcı ve güç çevrimi birleşik sistemi için termik verim ve toplayıcı ve güç çevrimi birleşik sistemi için ekserji verimi değerleri tahmin edilmiştir. Uygulamada kullanılacak YSA modeli, farklı tabaka ve nöron sayıları için denenmiştir. Sonuç olarak en iyi çözüm mimarisini, 34199 iterasyon sonucu Şekil 6'da görülen tek gizli tabaka ve 11 nörona sahip ileri beslemeli YSA

modeli sağlamıştır. Yapay sinir ağını eğitmek için geriye yayılma algoritması ve eşik (sigmoid) aktivasyon fonksiyonu seçilmiştir.



Şekil 6. Uygulamada kullanılan YSA modeli.

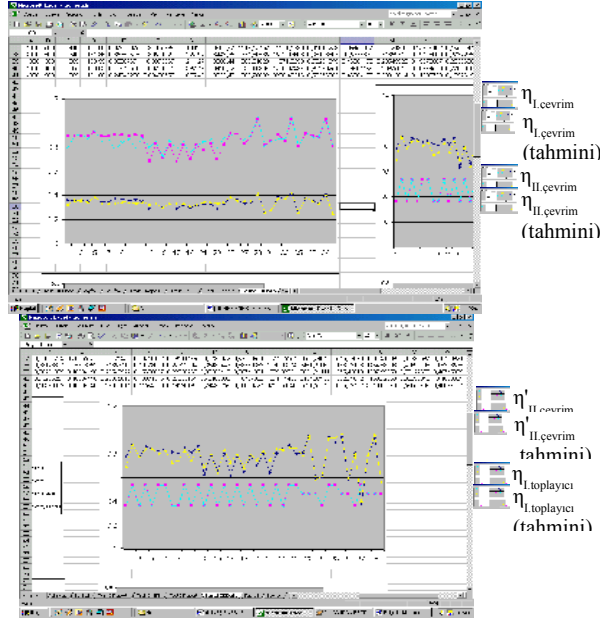
Süleyman Demirel Üniversitesinin Batı kampüsü elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için teorik olarak kurulan ve hesaplamaları yapılan güneş kulesi modelinden elde edilen veriler neural network metoduyla eğitilmiş ve minimum hata değerleri (MSE) Şekil 7’de verilmiştir.



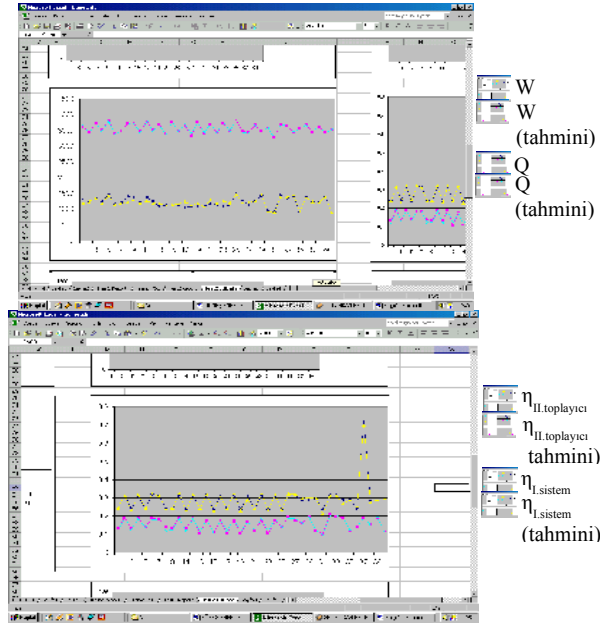
Şekil 7. Minimum hata değerleri

Teorik olarak kurulan güç çevrimi hesaplamalarında, yüksek basınç türbini basıncı $P_2=4000, 5000, 6000$ kPa değerleri, alçak basınç türbini basıncı $P_4=300, 400, 500$ kPa, değerleri, kondenser basıncı $P_1=10, 20$ kPa, değerleri, kızdırma sonu sıcaklığı $T_{h1}=713, 658, 613$ K değerleri ve ara kızdırma girişi sıcaklığı $T_{h2}=425, 416, 406$ K değerleri için yapılan hesaplamalar sonucu çıkan değerler neural network yöntemiyle modellenmiş ve

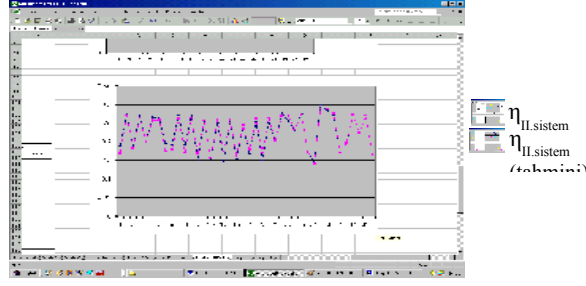
ara değerlerin tahmini için bir ağ kurulmuştur. Kurulan ağ sonucu oluşan tahmini değerler ile gerçek değerler arasındaki sonuçlar grafikler halinde Şekil 8, 9, 10 ve 11’de gösterilmiştir.



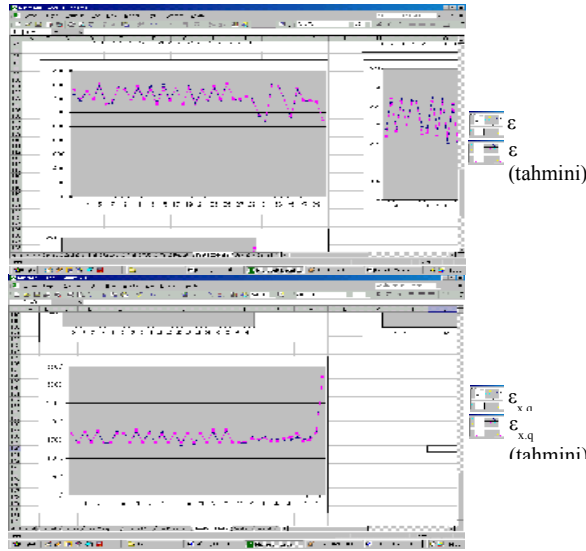
Şekil 8. Gerçek $\eta_{I.çevrim}$, $\eta_{II.çevrim}$, $\eta'_{II.çevrim}$ ve $\eta_{I.toplayıcı}$ değerlerinin tahmini değerler ile karşılaştırılması



Şekil 9. Gerçek W , Q , $\eta_{II.toplayıcı}$ ve $\eta_{I.sistem}$ değerlerinin tahmini değerler ile karşılaştırılması



Şekil 10. Gerçek $\eta_{II.sistem}$ değerlerinin tahmini değerler ile karşılaştırılması



Şekil 11. Gerçek ϵ ve $\epsilon_{x.q}$ değerlerinin tahmini değerler ile karşılaştırılması

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Süleyman Demirel Üniversitesinin Batı kampüsü elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için heliostat aynalı güneş kulesi güç santrali modeli teorik olarak kurulmuş ve gerekli olan 2 MW'lık elektrik üretimi için Nisan ayı güneş enerjisi verilerinin ortalama değerleri kullanılarak gerekli hesaplar yapılmıştır. Teorik olarak hesaplanması oldukça karmaşık ve zaman alan değişken hesaplama değerlerinin (ay ve gün içerisinde değişen güneş ışınım değerlerinin, güç üretim ve enerji tüketimlerinin değişmesi vb.) tahmini için YSA metodu kullanılmıştır. Yapay Sinir Ağları metodu ile tahmin edilen değerler ile hesaplanan değerler karşılaştırılmıştır.

Belirli değerler için yapılan hesaplamalar ve simulasyon sonucu elde edilen sonuçların birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Buna göre çalışmadan elde edilen sonuçlar; YSA metodunun, farklı basınç ve sıcaklıklardaki girdilere karşılık belirlenmesi istenen diğer değerlerin tahmin edilmesinde oldukça başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Bu çalışma daha sonraki yapılacak olan çalışmalara temel teşkil edecektir.

8. KAYNAKLAR

1. Evcimen T.H., "Güneş Enerjisi Konferansı Tebliğleri", s.108, 16-18 Mayıs 1984, Ankara
2. Meinel A., Meinel M., "Applied Solar Energy", Addison and Wesley, 1977
3. Eltez M., "Güneş Enerjisi Konferans Tebliğleri", s.311-315, 16-18 Mayıs 1984, Ankara
4. Sobin A., Wagner W., Easton C.R., "Central Collector Solar Energy Receivers", Solar Energy, Vol.18, 1976
5. Moran M.J., "Availability Analysis: A Guide to Efficient Energy Use", Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1982
6. You Y., Hu E.J., "A Medium-Temperature Solar Thermal Power System and Its Efficiency Optimization", Applied Thermal Engineering, Vol. 22, pp. 357-364, 2002
7. Kalogirou S.A., "Applications of Artificial Neural Networks in Energy Systems, A Review", Energy Conversion & Management, 40, 1073-1087, 1999
8. Kalogirou S.A., "Artificial Neural Networks in Renewable Energy Systems Applications: A Review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 5, 373-401, 2001
9. Şen Z., "İTÜ Seminer Notları", İstanbul, 2002
10. Üçgül İ., Akarşlan F., Şencan A., "Dokuma Kumaşların Kuruma Hızı Değerlerinin Yapay Sinir Ağları Metodu ile Tahmini, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 23, Sayı 1, Sayfa 1-8, 2003
11. Fu L.M., "Neural Networks in Computer Intelligence", McGraw-Hill International Editions, 1994.
12. Tsoukalas L.H., Uhrig R.E., "Fuzzy and Neural Approaches in Engineering", John Wiley & Sons Inc., 1997
13. Lin C.T., Lee C.S.G., "Neural fuzzy systems", PTR Prentice Hall, 1996