Otomobil Radyatörlerinde Basınç Kayıplarının Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Modellenmesi

Arş.Gör.Dr. Hakan DEMİR
Arş.Gör.Dr.N.Alper KÜREKÇİ
Arş.Gör.Dr.A.Selim DALKILIÇ

ÖZET

Radyatörler; sıvı soğutmalı otomobil, motosiklet ve iş makinelerinin motorlarında ortaya çıkan ısının çevreye atılmasında önemli rol oynar. Kullanım yerine ve kapasitesine göre çeşitli tipte radyatörler imal edilmektedir. Isıl kapasiteye bağlı olarak bir veya birkaç sıra boru demeti ve kanatçıklardan oluşmaktadırlar. Radyatörlerin boyutlandırılması gerekli fan debi ve basınç değerleri bakımından önemlidir. Bu çalışmada iki, üç, dört, beş ve altı sıra boru demetinden oluşan beş farklı tipte otomobil radyatörünün hava tarafı basınç düşümü testleri yapılmıştır. Aynı kesit alanına sahip standart radyatörler kullanılarak alın hava hızının etkileri incelenmiş ve beş tip radyatör için hava tarafı basınç kaybı değerleri deneysel olarak tespit edilmiştir. Yapay sinir ağları kullanılarak hava tarafı basınç kaybı değerleri hava hızı ve sıra sayısına göre modellenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Radyatör; Sıra sayısı; Basınç kaybı; Kanatlı boru; Yapay sinir ağları*

1. GİRİŞ

Kanatlı boru ısı değiştiricileri endüstride pek çok alanda ve otomotiv sektöründe kullanılmaktadır. Motor hacmine ve çalışma koşullarına bağlı olarak farklı kapasitelere ihtiyaç duyulmaktadır. Genellikle araç genişlikleri ve ön havalandırma ızgarası boyutları benzer tip araçlarda birbirine çok yakın değerlerde olduğundan aynı kasa tipine ve farklı motor seçeneklerine sahip araçlarda radyatör için bırakılan akış alanı aynı olacaktır.

Hava tarafındaki ısı transfer katsayısı boru içindeki ısı transfer katsayısından çok küçük olduğundan, hava tarafındaki ısı transferini artırmak radyatör verimi açısından daha hayati bir önem arz etmektedir. Kanatlar üzerine panjur benzeri kanallar açılması, dalgalı kanat profili kullanılması gibi yöntemlerle ısı transferini iyileştirmek mümkündür. Isı transferini geliştirmenin bir diğer yolu da ısı transfer yüzey alanını artırmaktır. Bu amaçla birden çok boru demeti kullanılabilir. Burada önemli bir parametre ısı transfer alanını artırırken aynı zamanda basınç kayıplarının da artmasıdır.

Abstract:

Radiators have an importance for automobiles, motorbikes and other motorized vehicles to dissipate heat from the engine to maintain working temperature. There are many radiator types according to their usage, thermal capacity and working conditions. There may be consist of finned pipe bundles ordered in one or more rows according to the thermal capacity. Sizing the radiators is also important for determining the blower specifications such as flow rate and pressure. In this study, pressure characteristics of the radiators that consist of pipe bundles ordered in two, three, four, five and six rows were obtained. Air side pressure losses were measured. The effects of the air velocity on radiator pressure characteristics were investigated using same air flow area and air side pressure losses obtained experimentally. The pressure characteristics of the radiators were modeled using artificial neural networks according to row number and air velocity.

Key Words:

Radiator; Row number; Pressure loss; Fin and tube heat exchanger; Neural networks

Halıcı, (2001) boru sıra sayısının ısı ve momentum transferi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Wongwises ve Chokeman (2005) ise benzer bir çalışma yaparak boru sıra sayısının hava tarafındaki ısı transferi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Chen vd. (2005), Kim vd. (2005) ve Witry vd. (2005) kanatlı ısı değiştiricisinde ısı transferini incelemiştir. Hava tarafındaki basınç kayıplarını bulmaya yönelik çalışmalar ise Jacimovic vd. (2005) tarafından yapılmıştır.

Bu çalışmada boru demeti sayısının radyatördeki basınç kaybı üzerindeki etkisi farklı hava hızları için incelenmiş ve yapay sinir ağları kullanılarak hava tarafı basınç kaybı hava hızı ve boru sıra sayısına bağlı olarak elde edilmiştir.

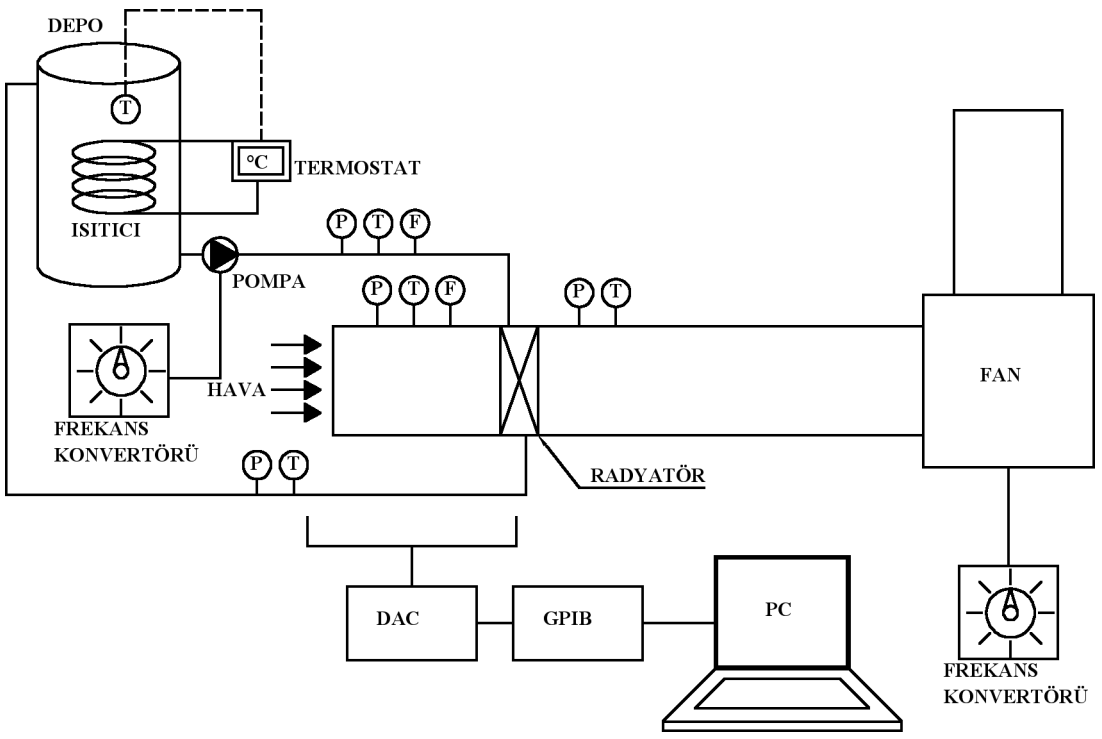
2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Farklı tipteki radyatörlerin performans testlerinin yapılması amacıyla Şekil 1'de görülen test düzeneği hazırlanmıştır. Deney düzeneği ana hatlarıyla bir hava tüneli, radyatöre sıcak su sağlayan sıcak su deposu, ölçüm ve veri toplama sisteminden oluşmaktadır. Kanal kesiti 30x30 cm olup kanala yerleştirilecek radyatör de bu boyutlara uygun olarak 30x30 cm'lik akış alanına sahiptir.

Kanaldaki hava akışı frekans konvertörlü bir fan yardımıyla sağlanmaktadır. Aynı şekilde radyatörde dolaşan su debisi de frekans konvertörlü bir sıcak su sirkülasyon pompası yardımıyla kontrol edilmektedir.

Su devresinde radyatöre girişte su sıcaklığı, basıncı ve debisi ölçülmekte; çıkışta ise su sıcaklığı ve basıncı ölçülmektedir. Sıcaklık ölçümünde PT100, basınç ölçümünde fark basınç transmitteri ve debi ölçümü için de türbin tipi debimetre kullanılmıştır.

Hava tarafında ise girişteki ortalama hava hızı ve hava sıcaklığı; çıkışta ise sadece hava sıcaklığı ölçülmektedir. Radyatördeki hava tarafı toplam basınç kaybı dijital fark basınç manometresi yardımıyla ölçülmektedir. Sıcaklık ölçümlerinde K tipi ısıl çiftler ve hava hızı ölçümü için de pitot tüpü ve dijital manometreden yararlanılmıştır. Tüm bu ölçüm cihazlarından gelen veriler bir veri toplama kartı yardımıyla bilgisayara aktarılmaktadır.



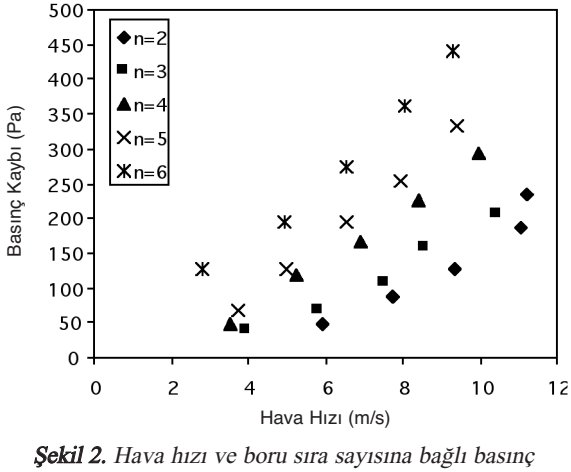
Şekil 1. Deney tesisatı ve ölçüm sistemi

Hava tüneli saç malzemeden imal edilmiş ve hava kaçaklarına karşı izole edilmiştir. Çevreye olan ısı kaybını engellemek üzere hava tüneli alüminyum folyolu yalıtım malzemesi ile kaplanmıştır. Ölçüm noktalarının yerlerinin seçimi ve ölçümler Türk Standartları Enstitüsü'nün radyatör performans testleri ile ilgili standardında belirtilen esaslara göre yapılmıştır.

Deneyde radyatöre sıcak su sağlamak üzere yalıtımlı bir depo kullanılmıştır. Radyatöre gönderilecek su sıcaklığının minimum 80 °C olması istendiğinden deneylere başlamadan önce depodaki su ısıtılmakta ve sıcaklığı 90 °C'a getirilmektedir. Depo sıcaklığı bir termostat yardımıyla 90±0,5 °C'de sabit tutulmaktadır. Sıcak su radyatöre, frekans konvertörlü bir sirkülasyon pompası yardımıyla gönderilmekte ve radyatörü terk eden su tekrar depoya geri beslenmektedir.

Deneyler farklı su debileri için farklı hava hızları kullanılarak tekrarlanmış ve hava hızı ve su debisine bağlı olarak basınç kayıpları ölçülmüş ve ısıl kapasiteler hesaplanmıştır.

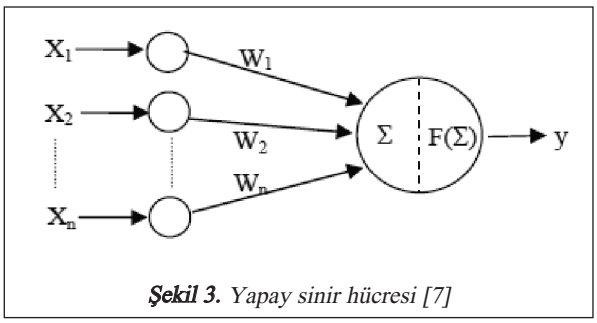
Deneysel çalışma sonucunda elde edilen değerler Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. *Hava hızı ve boru sıra sayısına bağlı basınç kayıpları (Deneysel)*

3. YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)

Yapay sinir ağları insan beyni esas alınarak modellenmiş bir sistemdir. Bilgisayar ortamında, beynin yaptığı işlemleri yapabilen, karar veren, sonuç çıkaran, yetersiz veri durumunda var olan mevcut bilgiden yola çıkarak sonuca ulaşan, sürekli veri girişini kabul eden, öğrenen, hatırlayan bir algoritma, kısaca "Yapay Sinir Ağları" olarak adlandırılır [7].



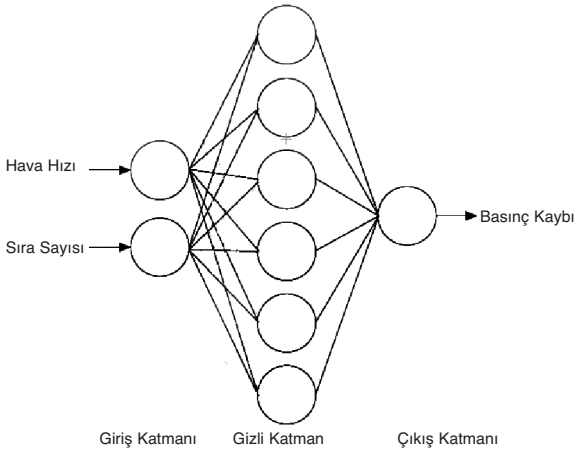
Şekil 3. *Yapay sinir hücresi [7]*

Yapay bir sinir hücresi Şekil 3'de görülmektedir. Her yapay sinir hücresi Şekil 3'den görüldüğü gibi girdiler (Xn), ağırlıklar (Wn), toplam fonksiyonu (∑), aktivasyon fonksiyonu F(∑) ve çıktı (y) olmak üzere beş ana kısımdan oluşur [7].

Yapay sinir ağlarının mühendislikte en yaygın kullanım alanı fonksiyon yaklaşımıdır. Yapay sinir ağları yardımıyla herhangi bir fiziksel bağıntıya ihtiyaç duymadan her tür fonksiyona yaklaşım yapılabilir. Bu nedenle deneysel çalışmalarda herhangi bir korelasyon kullanılmaksızın sadece girdiler ve çıktılar yardımıyla modelleme yapmak mümkündür. Bu amaçla en çok kullanılan algoritma basit ve yüksek öğrenme kapasitesine sahip geriye yayılma (back propagation) algoritmasıdır. Azalan gradyen algoritması pratikteki problemler için oldukça yavaş kalmaktadır. Bu çalışmada daha hızlı sonuca ulaşmak üzere Levenberg–Marquardt algoritması kullanılmıştır. Şekil 4'de simülasyonda kullanılan ağ yapısı görülmektedir.

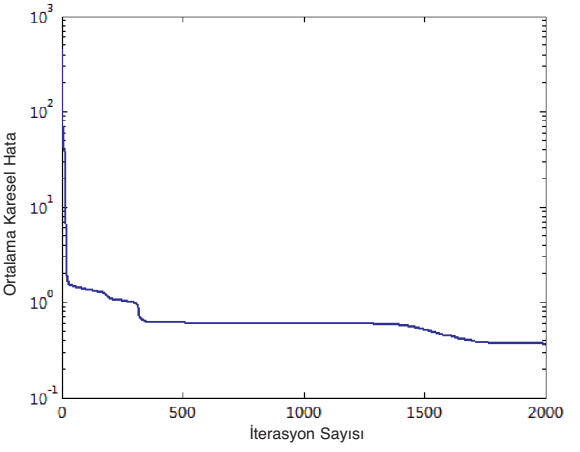
4. YSA İLE BASINÇ KAYIPLARININ MODELLENMESİ

Yapay sinir ağları genelde bir girdi, bir çıktı ve bunlar arasında bir veya daha fazla gizli katmandan oluşur. Giriş ve çıkış katmanlarındaki nöron sayıları girdi ve çıktı parametreleri tarafından belirlenir. Gizli katmandaki nöron sayıları ise genellikle belirli bir kuralı olmadığından deneme yanılma yoluyla tespit edilir. Burada giriş katmanında hava hızı ve sıra sa-

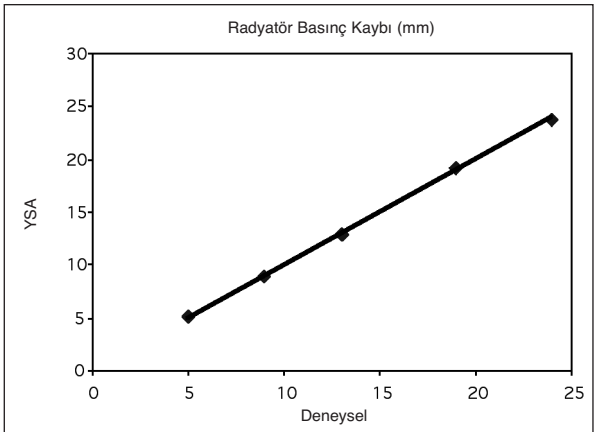


Şekil 4. *Simülasyonda kullanılan ağ yapısı*

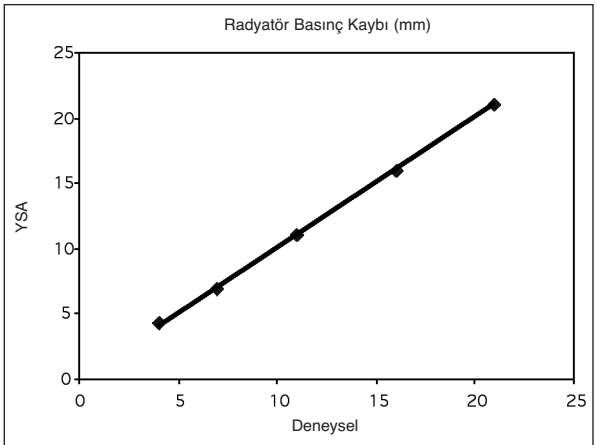
yısı için iki nöron ve çıkış katmanında da radyatör basınç kaybını temsilen bir nöron bulunmaktadır. Tek gizli katmanda ise 11 nöron bulunmaktadır. Gizli katmandaki 11 nöron sayısı deneme yanılma yöntemi ile en uygun değer olarak tespit edilmiştir. Şekil 5'de basınç kaybı için ortalama karesel hatanın iterasyon sayısı ile değişimi görülmektedir. Deneyden elde edilen tüm değerler hem simülasyon hem de YSA'nın testi için kullanılmıştır. Şekil 6–10 deneysel sonuçlar ile YSA simülasyonundan elde edilen sonuçlar arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



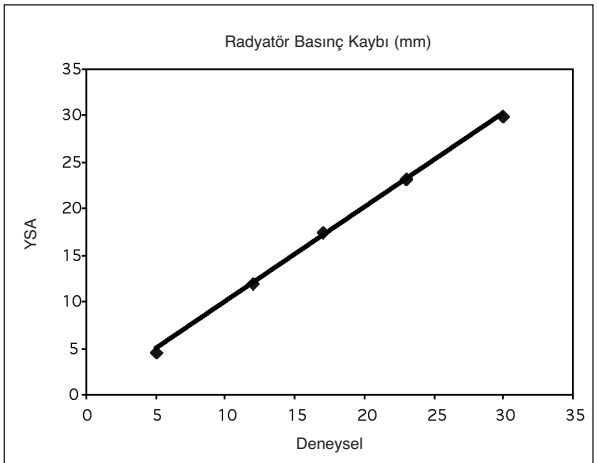
Şekil 5. *Ortalama karesel hatanın iterasyon sayısıyla değişimi*



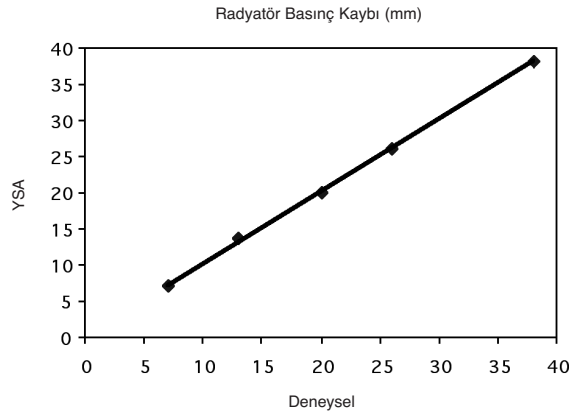
Şekil 6. *İki sıra için YSA ve Deneysel değerler arasındaki ilişki*



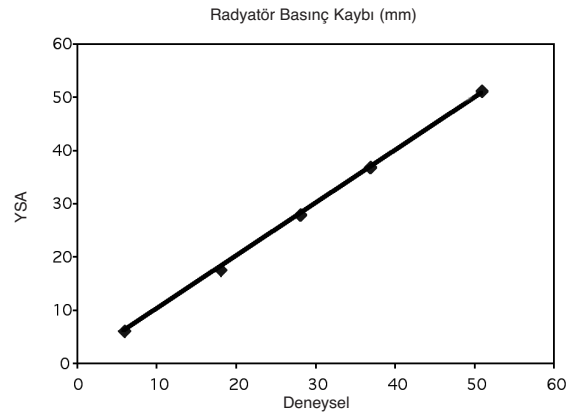
Şekil 7. *Üç sıra için YSA ve Deneysel değerler arasındaki ilişki*



Şekil 8. *Dört sıra için YSA ve Deneysel değerler arasındaki ilişki*



Şekil 9. Beş sıra için YSA ve Deneysel değerler arasındaki ilişki



Şekil 10. Altı sıra için YSA ve Deneysel değerler arasındaki ilişki

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapay sinir ağları görüldüğü üzere pek çok mühendislik probleminde olduğu gibi otomobil radyatörlerinin hava tarafındaki basınç kayıplarının modellenmesinde başarıyla kullanılmıştır. Yapay sinir ağları herhangi bir matematiksel korelasyona gerek kalmaksızın başarılı bir şekilde ve çok küçük bir hata ile sistemi simüle edebilmektedir. Mevcut durumda girdi parametreleri olarak hava hızı ve boru sıra sayısı kullanılmıştır. Radyatör geometrisi (boru çapı, borular arası mesafe, kanat kalınlığı ve kanatlar arası mesafe) ve akışkan sıcaklıkları sabit tutulduğundan sadece deney sistemindeki test radyatörleri için geçerli olan bu yapı, yukarıdaki parametrelerdeki değişiklikler de göz önüne alınıp daha detaylı bir çalışma yapılabilir. Böylece geniş bir aralıkta farklı geometriler ve farklı koşullar için bir sinir ağı eğitilebilir.

Sonuç olarak, yapay sinir ağlarının kullanılması herhangi bir matematiksel bağıntı veya olayın fiziksel yönden bağımsız bir yapı oluşturmaktadır. Böylece çok karmaşık sistemlerin sadece girdi ve çıktı parametreleri ile uygun yapay sinir ağı kullanılarak modellenmesi mümkündür.

4. KAYNAKLAR

[1] Witry, A.,Al-Hajeri, M. H., Bondok, Ali A., Thermal performance of automotive aluminum plate radiator, Applied Thermal Engineering, 25, 1207-1218, 2005.

[2] Jacimovic, B. M., Genic, S. B., Latinovic, B. R., Research on the air pressure drop in plate finned tube heat exchangers, Int. Journal of Refrigeration, 29, 1138-1143, 2006.

[3] Chen, H., Song, J., Wang, Y., Prediction of heat transfer coefficient on the fin inside one-tube plate finned-tube heat exchangers, Int. Journal of Heat and Mass Transfer, 48, 2697-2707, 2005.

[4] Kim, Y., Kim, Y., Heat transfer characteristics of flat plate finned-tube heat exchangers with large fin pitch, Int. Journal of Refrigeration, 28, 851-858, 2005.

[5] Halıcı, F., Taymaz, İ., Gündüz, M., The effect of the number of tube rows on heat, mass and momentum transfer in flat-plate finned tube heat exchangers, Energy, 26, 963-972, 2001.

[6] Wongwises, S., Chokeman, Y., Effects of fin pitch and number of tube rows on the air side performance of herringbone wavy fin and tube heat exchangers, Energy Conversion and Management, 46, 2216-2231, 2005.

[7] Kızılkan, Ö., Şencan, A., Yakut, A. K., R410a Soğutucu Akışkanının Termodinamik Özelliklerinin Yapay Sinir Ağları Metoduyla Modellenmesi, Gazi Ünv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 21, No 2, 395-400, 2006.