

BİLİM ve TEKNİĞE KATKILAR**PENCERE ÇERÇEVELERİNDEN ISI İLETİMİNİN
ELEKTRİK ANDIRIMLA BULUNMASI**

Y.Doç.Dr. Birol Yücel
Mühendislik Fakültesi
O.D.T.Ü. - Ankara

SUMMARY

An analog method based on the use of electrically conductive paper models is developed to determine heat conduction across window frames, and the application is explained.

As the result, heat conduction through a window frame is expressed in terms of thermal conductivity of the frame material, temperature difference between inside and outside surfaces of the frame, and a shape factor determined by electrical analogy

ÖZET

Pencere çerçevelerinden ısı iletiminin bulunması için elektrik iletken kağıt modeller kullanılarak bir andırım yöntemi geliştirilmiş ve yöntemin uygulaması açıklanmıştır.

Sonuçta bir çerçeveden ısı iletimi çerçeve malzemesinin ısı iletkenlik katsayısı, çerçeve iç ve dış yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı ve andırım yolu ile bulunan bir şekil katsayısı cinsinden ifade edilmiştir.

SİMGELER

- i Elektrik akımı
 K_e (2) denklemi ile tarif edilen iletkenlik katsayısı
 K_t (1) denklemi ile tarif edilen iletkenlik katsayısı
 L Uzunluk
 l Bir çerçeve elemanının uzunluğu
 m_d Dirençler oranı
 m_L Uzunluklar oranı
 n Çerçevdeki eleman sayısı
 R_e Elektrik direnç
 R_o Kare şeklinde bir iletken kağıdın direnci
 R_t Isıl direnç
 S Şekil katsayısı
 T Çerçevenin yüzey sıcaklığı
 V Elektrik potansiyel
 λ Isıl iletkenlik katsayısı
 $\dot{q}$ Bir çerçeve elemanından ısı akımı
 $\dot{Q}$ Çerçevden ısı akımı
 ρ İletken kağıdın elektrik öz direnci

- J Herhangi bir eleman
 SD Standard direnç

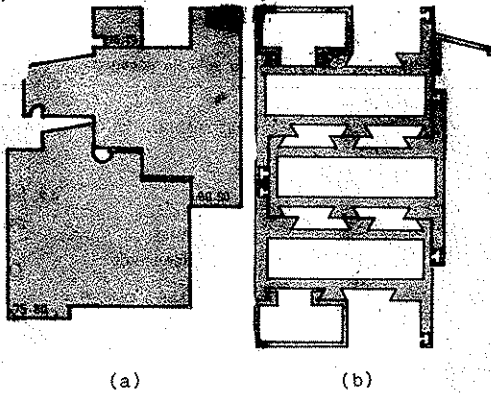
GİRİŞ

Yapıların ısıtma (veya soğutma) yüklerinin tayininde pencerelerden ısı iletimi ile enerji geçişi önemli bir yer tutar. Bir pencerenin bina içi ile dışı arasında ısı ileten yüzeyinin bir bölümü cam, bir bölümü de çerçeveden oluşmaktadır. Isı iletimi ile enerji kaybını azaltmak için özellikle son yıllarda pencerelerde çift cam uygulaması gittikçe yaygınlaşmakta ve ikinci tabaka camın getirdiği ilave ısı direnci ile iki cam arasındaki durgun havanın ısı direnci sayesinde pencerelerin cam bölümlerinden ısı iletimi önemli ölçüde azaltılabilmektedir.

Yaygınlaşan çift cam uygulaması ile birlikte değişik tipte ahşap ve metal çerçeveler de yurdumuzda imal edilmeye ve geniş ölçüde kullanılmaya başlamıştır. Bu yeni tip çerçevelerde çift cam kullanımına uygun bir yapının yanında çerçeveden ısı iletimini azaltıcı bazı uygulamalar da göze çarpmaktadır (ısı yalıtım tabakaları, durgun hava hücreleri gibi). Pencere çerçevelerinde gözlenen bu gelişmeler doğal olarak eski tip çerçevelere göre daha karmaşık bir geometrik yapı oluşturmaktadırlar. Çift cam uygulamalarında kullanılan çerçevelerden iki değişik kesit örnek olarak Şekil 1'de gösterilmiştir.

İNDİSLER

- t Isıl
 e Elektrik



Şekil 1 Çerçeve kesitlerinden iki örnek
a) Ahşap b) Alüminyum

Şekil 1'dekine benzer kesitlere sahip değişik uzunluklardaki elemanlardan oluşan bir çerçeve ve buna bağlanmış cam çiftlerinden meydana gelen bir pencereden ısı geçişinin bulunması için çeşitli yollar düşünülebilir. Mesela, pencerenin bir deney odasına takılarak kontrollü deney şartlarında ısı geçişinin ölçülmesi, sonlu büyüklüklerde elemanlar alınarak veya sonlu farklar yöntemi kullanılarak sayısal çözüm bulunması gibi. İzlenebilecek yollardan birisi de çift cam ve çerçeveyi ayrı ayrı ele alarak herbirinden ısı geçişini hesaplamaktır*. Böyle bir yola gidildiğinde;

- a) Çerçeve geometrisinin karmaşık oluşu
- b) Çerçeve içindeki sıcaklık dağılımından daha çok; (hatta sadece) çerçeveden ısı iletiminin bilinmesinin gerekliliği
- c) Elektrik büyüklüklerin genellikle ısı büyüklüklere göre daha kolay ve hassas ölçülebilir olmaları

Isıl-elektrik andırımından faydalanılmasını pratik bir yöntem olarak ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle malzemesi ve geometrisi bilinen bir pencere çerçevesinden iletim yolu ile ısı geçişinin iletken kağıt modeller kullanılarak bulunması bu yazıda konu edilmektedir.

ISIL ELEKTRİK ANDIRIM

Isıl-elektrik andırım temelde ısı iletimi ve elektrik iletimini tarif eden denklemlerin benzerliğine dayanır. Bu benzerlikten hareket edilerek ısı ve elektrik sistemler için genelleştirilen kavramlar (potansiyel, direnç vb.) yardımıyla taşıma ve ısıma ile ısı geçişi için de elektrik andırım kullanılabilir. Isıl elektrik andırım, özellikle ısı iletimi ile elektrik iletimi arasındaki andırım, ısı geçişi ile ilgilenenlerce çok iyi bilinen bir konu olduğundan bu konuda ayrıntılı bir açıklama yapılmayacaktır. Sürekli rejimde ısı iletiminin olduğu bir sistemle onu andıran bir elektrik sisteminde karşılıklı birbirini andıran büyüklükler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1
Sürekli Rejimde Birbirini Andıran
Isıl ve Elektrik Büyüklükler

Isıl Büyüklük	Elektrik Büyüklük
Isıl potansiyel farkı, ΔT	Elektrik potansiyel farkı, ΔV
Isıl direnç, R_t	Elektrik direnç, R_e
Isı akısı, $\dot{q}$	Elektrik akımı, i
Uzunluk, L_t	Uzunluk, L_e

Pencere çerçevesinden olan ısı iletimi sürekli rejimde ve bir boyutlu bir problem olarak ele alınacağından ısı-elektrik andırımın kurulması için Tablo 1'deki büyüklükler yeterli olacaktır.

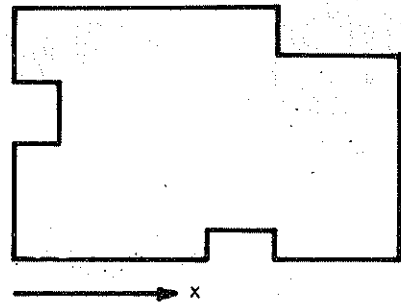
ANDIRIMIN KURULMASI

Şekil 1'de gösterilen örneklere benzer n değişik kesitte ve herbir kesite karşılık olmak üzere n değişik uzunlukta elemandan meydana gelmiş bir pencere çerçevesinde herhangi bir j kesitinden iletken kağıt kalınlığına eşit uzunlukta bir parça Şekil 2'de gösterilmiştir.

Birbiri üzerine binen yüzeyler arasındaki temas ısıl direnci ihmal edilirse j kesitinden x yönündeki ısı iletimi

$$\dot{q}_j = K_{t,j} S_j \Delta T \quad (1)$$

denklemini ile ifade edilebilir. (1) denklemini iki bakımdan yaklaşıklık ifade etmektedir:



Şekil 2 Bir kesitten t uzunluğunda bir parça veya aynı kesitin iletken kağıt modeli

1. Çerçevenin iki yüzü arasındaki ısıl direnç tek bir malzemeden değil doğrama malzemesi, durgun hava, varsa lastik veya plastik gibi değişik malzemelerden oluşmaktadır. K_t katsayısı bu malzemelerin çerçeve geometrisi içinde bileşiminin meydana getirdiği, ısı iletim özelliğini yansıtan ortalama bir katsayı olarak düşünülebilir.

* Çift camdan ısı geçişinin bulunması için kaynak 2'ye bakınız.

2. Çerçeveden ısı iletiminde iç yüzey ve dış yüzey sıcaklıkları olarak iki sıcaklık etkili olduğundan esas olarak iki boyutlu olan iletim problemi, şekil faktörü S kullanılarak bir boyutlu bir problem halinde ifade edilmiştir.

J kesitine göre ve bire bir ölçekte kesilmiş bir iletken kağıt için ise (yine Şekil 2) x yönündeki elektrik akımı

$$i_j = K_{e,j} S_j \Delta V \quad (2)$$

denklemleri ile ifade edilebilir. (1) denklemindeki yaklaşıklıklar elektrik büyüklükleri açısından (2) denklemleri için de geçerlidir.

Yukarıda tarif edilen ısı sistem ile elektrik sistem arasındaki andırım şöyle formüle edilebilir:

a) İletken kağıt j kesitine göre bire bir ölçekte kesildiğinden elektrik sistemle ısı sistem arasındaki uzunluklar oranı:

$$m_L = \frac{L_e}{L_t} = 1 \quad (3)$$

b) Elektrik sistemle ısı sistem arasındaki direnç oranı için çerçeve malzemesi ve iletken kağıt esas alınarak

$$m_d = \frac{R_e}{R_t} = \frac{\rho}{\lambda} = \rho \lambda \quad (4)$$

Isıl sistem içinde hava boşluğu, cam, lastik gibi maddelerin olduğu bölgelere elektrik sistemde karşılık olan bölgelerin elektrik dirençleri maddenin ısı direncine bağlı olarak değiştirilmelidir. Çerçeve malzemesinden değişik herhangi bir M maddesinin doldurduğu bölgede aynı m_d oranının sağlanması için

$$\rho_M = \rho \frac{\lambda}{\lambda_M} \quad (5)$$

olacak şekilde iletken kağıt direnci değiştirilmelidir. Elektrik direncin artırılması gereken bölgelerde iletken kağıt üzerinde üniform dağılmış delikler açılması, azaltılması gereken bölgelerde ise kağıt üzerinde üniform dağılmış iletken boya (gümüş eriyiği) benekleri oluşturulması pratik yöntemler olarak önerilebilir.

c) (1) ve (2) denklemlerinden

$$\frac{i_j}{q_j} = \frac{K_{e,j}}{K_{t,j}} \frac{S_e}{S_t} \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad (6)$$

$$\frac{K_{e,j}}{K_{t,j}} = \frac{1}{\frac{\rho}{\lambda}} = \frac{1}{\rho \lambda} \quad (7)$$

$$\text{ve } \frac{S_e}{S_t} = 1 \quad (8)$$

olduğundan

$$q_j = \lambda \rho \frac{\Delta T}{\Delta V} i_j \quad (9)$$

$$Q_j = \lambda \rho \frac{\Delta T}{\Delta V} \frac{L_j}{t} i_j \quad (10)$$

Her kenarı L uzunluğunda kare şeklindeki kesilmiş bir iletken kağıt parçasının elektrik direncine R_o denilirse

$$R_o = \rho \frac{L}{Lt} = \frac{\rho}{t} \quad (11)$$

$$\rho = R_o t \quad (12)$$

olacağından; (10) denklemleri

$$Q_j = \lambda R_o \frac{\Delta T}{\Delta V} L_j i_j \quad (13)$$

şeklinde yazılabilir.

Şekil (2)'deki elektrik sisteme x yönünde belli bir ΔV elektrik potansiyel farkı uygulandığında ölçülen akım i_j ise (13) denklemleri ΔT sıcaklık farkı için j e-lemanından ısı iletimini verecektir.

Çerçeveyi oluşturan bütün kesitler için iletken kağıt modeller hazırlanıp aynı elektrik potansiyel farkında model devrelerden geçen akımlar ölçülürse, ΔT sıcaklık farkı için çerçeveden ısı iletimi

$$\dot{Q} = \frac{\lambda R_o}{\Delta V} \sum_{j=1}^n L_j i_j \Delta T \quad (14)$$

olarak hesaplanabilir. Bütün çerçeve için bir S şekil katsayısı

$$\dot{Q} = \lambda S \Delta T \quad (15)$$

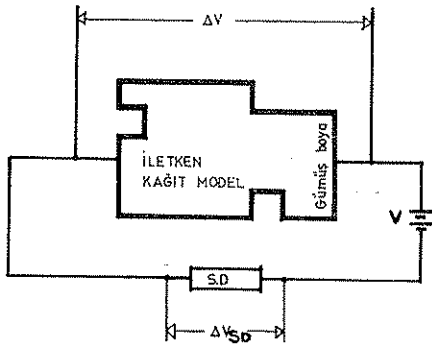
denklemleri ile tarif edilirse, S katsayısı

$$S = \frac{R_o}{\Delta V} \sum_{j=1}^n L_j i_j \quad (16)$$

ifadesinden bulunabilir.

ÖLÇME DÜZENİ

İletken kağıt modellerden geçen i_j akımlarını ölçmek için pratik bir düzen Şekil 3'de gösterilmiştir. Sabit yüzey sıcaklığı sınır şartları modelin x yönündeki iki yüzüne inde şeritler halinde gümüş eriyiği tatbik edilerek sağlanmaktadır. i_j akımı standard dirençte meydana gelen potansiyel düşmesi ölçülerek kolaylıkla hesaplanabilir. (11) denklemleri ile tarif edilen R_o direnci de aynı devre kullanılarak ölçülebilir.



Şekil 3 Ölçme devresi

KAYNAKLAR

1. Jakob M, Hawkins A.G. (1961); Elements of Heat Transfer; John Wiley and Sons Inc.
2. Göğüş Y, Oskay R, Yüncü H, Çakmakçı S (1978); Çift Camın, Özellikle Isı Camın Isıl Özelliklerinin Deneysel İncelenişi, ODTÜ, Isıl Çevre ve Isıl İşlemler Mühendisliği Araştırma Enstitüsü Uygulamalı Araştırma Projesi, 77-04-02-05.

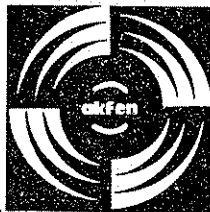
SANAYİCİLER MÜTEAHHİTLER **akfen**

- standart pompaları
- arıtış su arıtma ve sterilize cihazları
- centra otomatik kontrol cihazları
- klinger yakacak armatürleri
- termo buhar armatürleri
- simel su vanaları
- wilo sirkülasyon pompaları

■ ÇELİK ÇEKME BORULAR

- siyah borular
- galvaniz borular
- akaryakıt brülörleri
- basınç düşürücüleri
- genleşme parçaları
- termostatik vanalar
- wat elektrik motorları
- imalat ■ proje ■ montaj ■ taahhüt

HİZMETLERİ



Müh. Müş. Müm. Müt. Ltd. Şti.

MERKEZ

Hoşdere caddesi no: 151 Tel 38 02 38-39 17 24 Y. Ayrancı/ANKARA

MAGAZA

Rüzgarlı sokak no: 10 Tel: 12 45 17-11 0913 Ulus/ANKARA