

Ali İlker TUĞRU  
Naci ŞAHİN

## Abstract:

Frost layers may occur on the fins of cold room evaporators and blast freezers in different thicknesses according to operation conditions. These frost layers block air side of the heat exchangers and decreases heat transfer leading to low efficiency.

There are more than one solution for frost layers on direct expansion evaporators. The most common method is electric defrost. Tubular heaters are used in this method, and these heaters have an disadvantage that their insulation gets damage in time. They get water inside and this causes leakage current.

Current leakages of tubular electric heaters will be identified and usage lifes of heaters will be comperatively observed in this work.

## Key Words:

Tubular Electric Heater, Usage Life Of Heaters, Isolation Of Defrost Heaters.

# Soğuk Oda Evaporatörlerindeki Defrost Isıtıcıları İçin Karşılaştırmalı Ömür Testleri

## ÖZET

*Soğuk oda evaporatörleri ve oda soğutucularında, soğutulan mahalın operasyon koşullarına göre değişen hızlar ve kalınlıklarda buzlanmalar oluşmaktadır. Bu buzlanmalar kanatlı borulu ısı değiştiriciler üzerindeki hava akışını engelleyerek ve ısı geçişini bloke ederek evaporatörün verimli çalışmasını engellemektedirler.*

*Direkt genleşmeli evaporatörlerde oluşan buzlanmaları çözdürmenin birden fazla yöntemi vardır. Bu yöntemlerden en yaygın olanı elektrikli çubuk defrost ısıtıcılarıdır. Bu ısıtıcıların dezavantajı, zamanla elektrik bağlantılarındaki yalıtım malzemesinin işlevini yitirmesi sebebiyle nemli ortama elektrik kaçağı vermeleridir.*

*Bu çalışmada, soğuk oda evaporatörleri ve oda soğutucularında kullanılan defrost yöntemlerinden biri olan elektrikli çubuk ısıtıcılarda ortaya çıkan elektrik akımı kaçaklarını tespit etmek yoluyla ısıtıcıların kullanım ömürlerini gözlemleyip karşılaştırma amaçlı olarak ölçme metodu geliştirilecektir.*

*Test için kurulacak düzenele çubuk ısıtıcıların kullanımları yaklaşık 16 kat hızlandırılarak ve 400 °C gibi yüksek sıcaklıklara çıkmalarına izin verilerek, yalıtımları yıpratılacak ve su alarak bozulmaları sağlanacaktır. Farklı yalıtım malzemelerine sahip elektrikli ısıtıcıların bozulma süreleri gözlenerek, karşılaştırmalı olarak ömür ölçümleri yapılacaktır.*

**Anahtar Kelimeler:** Elektrikli Çubuk Isıtıcı, Elektrikli Çubuk Isıtıcı Ömrü, Test Havuzu, Isıtıcı İzolasyonu.

## GİRİŞ

Soğuk depolarda bulunan nem, mahalde kullanılan kanatlı borulu evaporatör ve oda soğutucuların serpantinleri üzerinde yoğunlaşarak buzlanmaya sebep olurlar. Bu buzlanma hava ve ısı geçişine engel teşkil eder. Dolayısıyla belirli periyotlarla bu buz kütlelerinin çözdürülerek serpantinden uzaklaştırılmaları gerekir. Bu işleme “defrost işlemi” denir.

Elektrikli çubuk ısıtıcı ile defrost yöntemi en yaygın kullanılan yöntem çeşididir. Serpantin içerisine boru doğrultusunda yerleştirilen

elektrikli ısıtıcılar belirli aralıklarla çalıştırılarak, oluşan buz tabakası çözdürülür. Bu yöntem uygulanırken ısıtıcının iki ucunda bulunan yalıtım malzemeleri sıcaklık ve zaman etkisiyle aşınır, yıpranır ve su sızdırmaya başlar. İçerisine su sızan ısıtıcı dışarıya akım kaçıtır ve kullanılamaz hale gelir.

Bu çalışmaya konu olan elektrikli ısıtıcı karşılaştırmalı ömür ölçümü yöntemi, çubuk ısıtıcıların kaç kez çalışıp durduğunda yalıtımlarının yıprandığını gözlemleyerek, evaporatörde kullanılan bu ısıtıcıların yalıtımlarının dayanımlarını karşılaştırmak amacıyla geliştirilmiştir.

## 2. EVAPORATÖR VE ODA SOĞUTUCU ISIL TRANSFER YÜZEYLERİNDE BUZLANMA

Buharlaşma sıcaklığı 0 °C'nin altında olan soğuk odalarda, evaporatör serpantinlerine giren havanın çığ nokta sıcaklığının, serpantin içerisindeki soğutmanın sıcaklığından fazla olduğu durumlarda, serpantin yüzeyinde yoğunlaşan su buharı donarak buz tabakaları oluşturur. Buz tabakaları buz ve havadan oluşan gözenekli bir yapıya sahip olduğundan dolayı da, ilk katman oluştuğundan sonra buzlanma hızla bu temelin üzerinde ilerler.

Serpantin yüzeylerinde oluşan buz tabakaları evaporatörlerin kapasiteleri ve verimliliklerini olumsuz etkilemektedir. Bunun iki ana sebebi vardır. Kanatlı borulu ısı değiştiricilerin çalışma prensibi, şartlandırılacak havanın serpantin kanatları arasından geçirilmesine dayandığı için, kanatlar üzerinde hava akışı engellendiğinde ısı transferi de verimli gerçekleşmemektedir. Serpantin yüzeylerindeki buz tabakaları da hava tarafı basınç kayıplarını arttırarak ısı transferini olumsuz etkilemektedir. Buna ek olarak buzun ısıl geçirgenlik katsayısı serpantin yüzeylerinden düşük olduğu için, kanatlar üzerindeki buzlanma, serpantin ile hava arasında yalıtım vazifesi görerek ısıl transfere engel olmaktadır.

Tüm bu sebeplere bağlı olarak evaporatörlerde belirli aralıklarla defrost yöntemleri uygulanarak serpantin yüzeylerindeki buzlanmalar giderilmelidir.

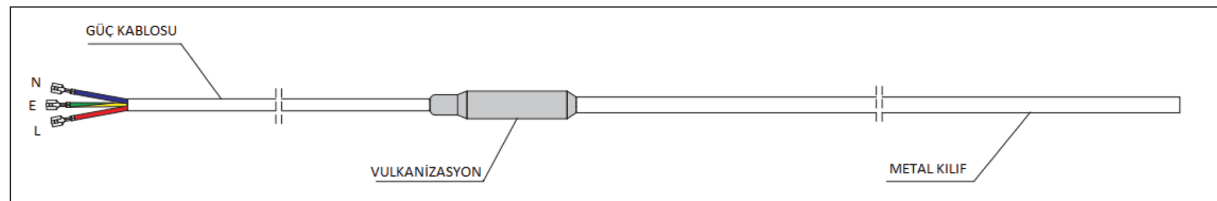
## 3. ELEKTRİK DEFROST YÖNTEMİ

Elektrik defrost yöntemi evaporatör ve oda soğutucularda çok yaygın kullanılmaktadır. Isı değiştirici serpantinler içerisine serpantin boruları doğrultusunda yerleştirilen çubuk şeklindeki elektrikli ısıtıcılardan belirli aralıklarla akım geçirilerek ısıtıcılar kızdırılır ve serpantin yüzeylerindeki buzlanma çözdürülerek ortamdaki uzaklaştırılır.

Elektrikli çubuk ısıtıcılar, çelik malzemeden yapılmış çubuk şeklindeki kılıf içerisinden rezistansların geçirilmesi yoluyla yapılır. Çelik kılıfın her iki tarafındaki kablo çıkışları çeşitli yalıtım malzemeleri ile izole edilir. Yalıtım malzemeleri vulkanize edilerek sertleştirilir. Bu işlemin en önemli amacı nemli ortamda çalışan elektrikli defrost ısıtıcıların kablo yalıtımlarının deforme olup su almalarını geciktirmektir.

Elektrikli defrost ısıtıcılar, buldukları ortam şartları ve kullanılma sıklığına bağlı olarak bir süre sonra yalıtım malzemeleri ile çelik kılıfın birleşme noktalarından deforme olurlar. Bu deformasyon vulkanize edilmiş kauçuk yalıtımın işlevini görememesi ve ısıtıcı rezistansa su almasına yol açar. Bu durumun gerçekleşme süresi, elektrikli defrost ısıtıcının ömrünü temsil eder.

Ömrü dolan ısıtıcının değiştirilmesi şarttır, aksi takdirde nemli ortamda akım kaçağı veren elektrikli ısıtıcı hem verimli olarak çalışmaz, hem de iş sağlığı güvenliği açısından riskli eleman sınıfına girer. Elektrikli ısıtıcının ömrünün sağlıklı olarak hesap edilmesi bu açıdan önemlidir.



Şekil 1. Defrost Isıtıcı

## 4. ÖMÜR ÖLÇÜM METODU

### 4.1. Test Düzenegi

Çalışmada kullanılan test düzenegi; 25 litrelik test havuzu, 25 litrelik su deposu, testin uygulama yönteminin tanımlandığı ve akım değerlerinin okunduğu elektrik panosu, tesisat bağlantı boruları, su pompası, selenoid havuz giriş vanası ve pnömatik havuz çıkış vanasından oluşmaktadır.

25 litrelik havuz 5 m uzunluğunda, 20 cm genişliğindedir ve içerisinde 25 mm derinliğinde su bulunmaktadır. Isıtıcı bu suyun içerisinde çalıştırılarak test edilmektedir. Isıtıcı kuru ortam testine geçeceğinde bu su, 25 litrelik depoya alınmaktadır.

Havuzu depoya bağlayan hat üzerinde pnömatik vana bulunmaktadır ve elektrik panosundan gelen sinyal ile açılıp su geçişine izin vermektedir. Suyun bu hareketi potansiyel enerji farkından faydalanarak sağlanır.

Isıtıcı tekrar ıslak ortam testine alınacağında panodan gelen sinyal ile selenoid giriş vanası açılır ve pompa yardımı ile depodaki su havuza basılır.

### 4.2. Ömür Ölçüm Yöntemi

Test yöntemi ısıtıcının normal kullanımından 16-20 kat daha sık aralıklarla çalıştırılmasına dayanır. Su

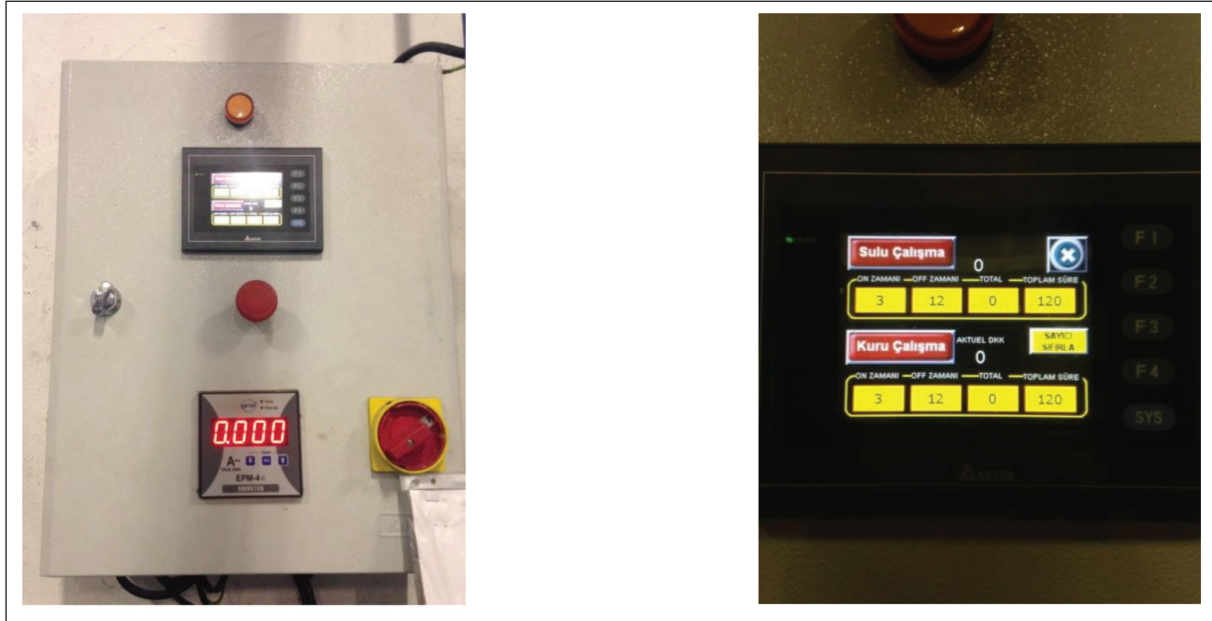
ile dolu havuz içerisine yerleştirilen çubuk ısıtıcı üzerinden 3 dakika akım geçirilerek kızdırılır, ardından 12 dakika soğumaya bırakılır. Bu süreler ısıtıcı yüzeyinin hava ortamında 400 °C'ye ısınıp, oda sıcaklığına soğuması için yeterli olan süreler olarak ölçülüp belirlenmiştir.

Bu çevrim 2 saat boyunca tekrarlanır. Bu tekrarlar elektrik panosuna girilen bir program ile sağlanır. 2 saatlik sürenin sonunda panodan gelen sinyal ile pnömatik vana açılır ve su depoya alınır.

Boş havuz içerisindeki ısıtıcı 2 saat boyunca kuru ortamda aynı işleme tabi tutulur. Pano kontrolündeki işlem tamamlanınca gönderilen sinyal ile selenoid vana açılır, pompa çalışır ve havuz doldurularak ıslak ortam testi tekrarlanır.

Havuzun gerekli doluluğa ulaştığına veya boşaldığına dair sinyaller, suyun kaldırma kuvveti ile çalışan problemler ile panoya iletilir. Suyun dolması ve boşalması sırasında oluşan dalgalanmalar bu problemleri etkilediğinden, problemler dalga kesiciler ile koruma altına alınır.

2'şer saatlik ıslak ve kuru ortam testleri ardi ardına aralıksız uygulanarak ısıtıcının kaç çevrimde yıpranma ve deformasyona uğradığı gözlemlenir. Aynı



Resim 1. Elektrik Panosu-Kontrol Ekranı

teste tabi tutulan farklı yalıtım malzemesine sahip ısıtıcıların yalıtım malzemelerinin dayanımı, deformasyona uğradıkları çevrim sayıları karşılaştırılarak kıyaslanır. Aynı ısıtıcıdan çoklu numune teste tabi tutulup, deformasyona uğradıkları çevrim sayılarının ortalaması alınıp daha sağlıklı veriler elde edilebilir.

#### 4.3. Karşılaştırmalı Ömür Hesabı

Aynı firmaya ait, 1 ve 2 numaralı yalıtım malzemesi kullanılarak üretilen iki çubuk ısıtıcı teste tabi tutulmuştur. İki ısıtıcı da aynı anda elektrik panosuna bağlanmış ve paralel olarak test edilmiştir. Test sonunda;

- 1 numaralı yalıtım malzemesine sahip ısıtıcı 2364 ıslak çevrim, 2032 kuru çevrim olmak üzere top-

lam 4396 çevrim sonunda su alarak kullanılamaz hale gelmiştir.

- 2 numaralı yalıtım malzemesine sahip ısıtıcı 2520 ıslak çevrim, 2177 kuru çevrim olmak üzere toplam 4697 çevrim sonunda su alarak kullanılamaz hale gelmiştir.

Bu sonuçlara bakarak 2 numaralı ısıtıcının yalıtım malzemesinin daha dayanıklı, ömrünün daha uzun olduğu sonucuna varılabilir. Bu kıyaslamadan yola çıkarak kullanılan malzemeler de test edilebilmiştir. 2 numaralı yalıtım malzemesinin 1 numaralı yalıtım malzemesine göre elektrikli ısıtıcının çalıştığı şartlara daha dayanıklı olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada ısıtıcılar, yüzey sıcaklıkları 400 °C



*Resim 2. 1 Numaralı Isıtıcı*



*Resim 3. 2 Numaralı Isıtıcı*



civarına ısıtılarak test edilmiştir. Bunun sebebi çalışmayı en zor koşullarda gerçekleştirmek ve ısıtıcı yalıtımlarını daha kısa sürede kıyaslamaya olanak sağlamaktır. Kısacası bu çalışma ısıtıcıların hangisinin daha uzun ömürlü olduğunu test etmek amacıyla yapılmıştır.

Bu test yöntemi sonucunda ortaya çıkan çevrim sayıları belirli bir katsayı ile çarpılarak ısıtıcılar için gerçek ömür hesaplaması mümkün olabilecektir. Bu hesaplama yönteminde kullanılacak katsayının ne olacağına dair çalışmalar devam etmektedir. Ancak bu bir ölçüm değil hesaplama yöntemi olacaktır.

Isıtıcıların gerçek ömürlerinin ölçülmesi için ise testin gerçek çalışma koşullarında yapılması gerekir. Evaporatörlerin sahadaki çalışma koşullarında elektrikli çubuk ısıtıcılarının yüzey sıcaklıklarının en fazla 50 °C'ye çıkmalarına izin verilir. Bu sebeple gerçek ömür ölçümü yapılırken, ısıtıcılar kuru ortamda test edilmemeli, ıslak ortam testlerinde ısıtıcı yüzeyleri en fazla 50 °C'ye çıkacak şekilde test edilmelidir. Bu şartlar sağlanarak ısıtıcıların işlev göremez hale geldikleri çevrim sayıları ölçülmeli, bu çevrim sayısı sahada kullanılan bir evaporatör günde kaç kez defrost işlemine giriyorsa o sayıya bölünerek ısıtıcının gerçek ömrü gün cinsinden hesaplanmalıdır.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada elektrikli çubuk ısıtıcıların çalışma ömürlerinin karşılaştırmalı olarak ölçülmesine yönelik geliştirilmekte olan metod tanıtılmıştır. Örnek uygulama yapılarak düzeneğin verdiği sonuçlar incelenmiş, ısıtıcılar kıyaslamaya tabi tutulmuş, sonuçlar veri olarak saklanmıştır. Test koşulları, elektrikli defrost ısıtıcıların gerçek çalışma koşullarına benzetilerek ısıtıcıların gerçek çalışma ömürleri de hesaplanabilecektir. Bu konudaki geliştirme çalışmaları halen sürmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Bendaoud, A. L., Ouzzane, M., Aidoun, Z., Galanis, N., "A Novel Approach To Study The Performance Of Finned-Tube Heat Exchangers Under Frosting Conditions", Journal Of Applied Fluid Mechanics, Vol. 4, Special Issue, Pp. 9-20, 2011.
- [2] Aljuwayhel, N. F., Reindl, D. T., Klein, S. A., Nellis, G. F., "Comparison Of Parallel- And Counter-Flow Circuiting In An Industrial Evaporator Under Frosting Conditions", International Journal Of Refrigeration 30, Pp. 1347-1357, 2007.
- [3] Zhank, P., Hrnjak, P. S., "Air-Side Performance Of A Parallel-Flow Parallel-Fin (Pf2) Heat Exchanger In Sequential Frosting", International Journal Of Refrigeration 33, Pp. 1118-1128, 2010.