



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

BUHAR KULLANILAN ISI EŞANJÖRLERİNDEKİ PROBLEMLERİN TEKNİK ANALİZİ: SİSTEM KİLİTLENMESİ – KONDENSİN BOŞALAMAMA DURUMU

**H. TARIK GÜNER
M. YALÇIN ÖZÇELİK
AYVAZ**

BUHAR KULLANILAN ISI EŞANJÖRLERİNDEKİ PROBLEMLERİN TEKNİK ANALİZİ: SİSTEM KİLİTLENMESİ – KONDENSİN BOŞALAMAMA DURUMU

Technical Analysis of the Problems in Steam Heat Exchangers

H. Tarık GÜNER
M. Yalçın ÖZÇELİK

ÖZET

Endüstriyel tesislerde; ürün ısıtma, form verme, boyama, ortam ısıtma, kurutma, fiksaj gibi birçok amaçla kullanılan buhar eşanjörlerinde (ısı değiştiricileri), başta geç ısıtma olmak üzere birçok sıkıntı ile karşılaşmaktadır. Bu problemleri teknik ve ekonomik olarak iki temele oturtmak mümkündür. Teknik problemler; conta kaçakları, armatür aşınmaları, serpantin patlamaları ve kondensstop (buhar kapanı) arızaları olarak, ekonomik problemler ise geç ısınma ve buhar kaçakları olarak sıralanabilmektedir. Bu çalışmada, işletmelerde özellikle koç darbesi ve kondensin geri döndürülemediği dışarı atılması ile gözlenen bu problemler, bir gıda fabrikası özelinde yapılan hesaplamalar ile sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Buhar, Eşanjör, Enerji Verimliliği, Sistem Kilitlemesi, Enerji Geri Kazanımı.

ABSTRACT

Heat exchangers (steam exchangers) may have late heating problem In industrial plants; product heating, forming, painting, area heating, drying, fixing. Etc. The cause of this problem can analyze in two subject. Technical issues; gasket leaks, armatures corrosion, stave serpentines, steam trap faults etc. Economical issues; late heating and steam leaks.

In this study, we presented with calculations, made in the context of a food factory which for non return condensate and water hammer.

Keywords: Steam, Heat Exchanger, Energy Efficiency, System Lockout, Energy Recovery.

1. Giriş

Eşanjör, herhangi bir fiziksel temas olmaksızın aralarında sıcaklık farkı olan - sıvı veya gaz - iki akışkanın (birbirine karışmaksızın) birinden diğerine ısı transferini sağlayan devre elemanıdır.

Prensipite eşanjörler üç tipe ayrılır;

- Borulu tip eşanjörler,
- Plakalı tip eşanjörler (Sökülebilir tip, Kaynaklı tip, Yarı kaynaklı tip, Lehimli tip),
- Özel uygulama Eşanjörleri (Platecoil Eşanjörler, Econocoil Eşanjörler, Spiral Eşanjörler)

Endüstriyel tesislerde ürün veya ortam ısıtma, boyama, kurutma, fiksaj gibi birçok proseste ısıtıcı akışkan olarak buhar kullanılmaktadır.

Eşanjörlerin ısı transferinin olduğu serpantin veya plakalarında, yoğuşan buhar (kondens) ve bu esnada açığa çıkan kondens içinde yoğuşmuş olan gazlar, ısı transferine engel katmanlar oluşturmaktadır. Hızlı ve verimli bir ısıtma için bu kondens ve gazların tahliyesi çok önem arz etmektedir. Metal serpantinin ısı iletim katsayısı 1 ise kondensin 2; havanın ise 8084 tür. Bu oranlamadan da görülebileceği gibi hava ve kondens filmi, ısınma önünde çok çok ciddi engeller oluşturan materyaller olarak karşımıza çıkmaktadır. [TS EN ISO 7345:1996 - Isıl yalıtım - Fiziksel büyüklükler ve tarifler]

Isıtıcı olarak buhar kullanılan eşanjörlerde, buharın ısınıp ürüne verip yoğuşması sonucunda ortaya çıkan kondens ve gazların tamamının hızlı bir şekilde tahliyesi için buhar kapanları (kondenstoplar) kullanılmaktadır. Ancak kondensin tahliyesi başka nedenlerle her zaman kolay olmamaktadır. Özellikle buhar kapanlarından sonraki basınç kayıplarına neden olan etkenler, sistemde ciddi oranlarda karşı basınç oluşturarak kondensin rahatça sistemi terk etmesine engel olmaktadır. Bu duruma durağanlık, kondensin boşalamaması (sistem kilitlemesi) denmektedir.

Durağanlık durumu bir başka deyişle sistem kilitlemesi kelime anlamı olarak; sistemin güç yitirerek prosesin normal akışının durması demektir. Eşanjör sistemlerinde bu durum, kontrol vanasından sonraki buhar basıncının, buhar kapanı (kondenstop) dan sonraki karşı basınca eşit veya daha az olması halinde meydana gelir.

Eşanjörde beklenenden daha düşük basınçların oluşması aşağıdaki sebeplerin sonucu olarak ortaya çıkabilir:

- İkincil (sekonder) akışkan giriş sıcaklığının yükselmesi nedeniyle düşük ısı yükü ile çalışma. (Isıtılan ürün sıcaklığının eşanjöre giriş sıcaklığının başlangıca göre yükselmesi ile buhar çekişinin düşmesi)
- İkincil (sekonder) akışkan debisinin düşmesi nedeniyle düşük ısı yükü ile çalışma. (Isıtılan ürün miktarının -debinin- başlangıca göre düşmesi ile buhar çekişinin düşmesi)
- Prosesin ilerleyen bölümlerinde sıcaklık set (hedef) noktasının düşürülmesi nedeniyle düşük ısı yükü ile çalışma. (Isıtılan ürünün set (hedef) sıcaklığının tasarıma/prosesse göre düşürülmesi ile buhar çekişinin düşmesi)

Kontrol vanası, yukarıda anlatılan sebeplerden biri nedeniyle hedef sıcaklığı yakalamak için kısarken eşanjör girişindeki buhar basıncını azalacaktır. Kondenstop tarafındaki fark basıncının negatif olmasıyla, bir başka deyişle kondenstopun arkasındaki basıncın önündeki basınçtan büyük olması nedeniyle buhar kullanım alanına doğru kondens yürümesi meydana gelecektir.

Isı eşanjörlerinin ihtiyaç hesaplamadan tahmini ölçü ve verilere göre dizaynının yapılması ve eklenen emniyet faktörleri, eşanjörlerin çoğunlukla ihtiyaçtan daha fazla ısıtma alanına sahip olmasına yol açmaktadır. Bu da ısı eşanjörünün ısı transfer kapasitesinin gereğinden çok daha fazla olmasına sebep vermektedir. Ayrıca bu; mukayese edilebilir doğru ölçülendirilmiş bir eşanjöre göre daha düşük iç buhar basınçları anlamına gelir. Çünkü akışkanlar mekaniği kanunlarına göre bilinmektedir ki kesit alanı büyüdükçe basınç düşecektir. Bu da kondensin daha düşük buhar basıncıyla tahliye edilmeye çalışılması demektir. Bu basınç önemlidir çünkü kilitleme oluşumunu ve buna bağlı olarak kondens tahliye sisteminin seçimini ve ayrıca buhar kontrol vanası boyutlarının seçimi hep buna bağlıdır.

İşte bütün bu etki ve bilgilere bağlı olarak kondens tahliye sistemlerinin seçimi ve boyutlandırılmasından önce, kilitlemenin oluşup oluşmayacağıının veya hangi oranlarda oluşacağıının tespit edilmesi önemlidir. Eğer bu yapılmaz ise ısı eşanjöründe sürekli olarak kondens kilitlemesi veya eşanjöre doğru kondens yürümesi meydana gelecektir.

Kondens kilitlemesi veya buhar kullanım alanına kondens yürümesi oluşumu gereğinden yüksek kapasitede seçilmiş eşanjörün ısıtma işlemine devam etmesi nedeniyle gözlemci kişi veya operatör tarafından fark edilemeyebilir.

Buna rağmen su kilitlemesinin kısa ve uzun dönemde çok sayıda ciddi etkisi mevcuttur.

Su birikmesini (veya kilitlemesini) anlamak için, doymuş buharın yoğuşan bir gaz olduğunu ve ısısını bıraktıkça yoğuşarak sıvı haline geleceğini hatırdan çıkarmamak gerekmektedir.

Bu yoğuşma her zaman buhar kullanım alanında basınç sabit kaldığı zaman sabit sıcaklıkta meydana gelir. Örneğin, atmosfer basıncında doymuş buhar sıcaklığı 100 °C'dir ve ayrıca 100 °C'de yoğuşarak tekrar su haline gelir. Oysa 1 bar gösterge basıncındaki doymuş buharın sıcaklığı 120 °C'dir ve 120°C'de yoğuşarak su fazına geçer. Bunun yanında buhar, ısı eşanjörü içinde atmosfer basıncının altında bulunabilir, mesela atmosfer basıncının 0.5 bar altındaki (-0,5 barda) buhar yaklaşık 80°C sıcaklıktadır ve 80°C'de kondens haline gelir. Doymuş buharın sıcaklık ve basınç değerleri arasındaki ilişki buhar tablolarında gösterilmektedir.

Temel ısı transferi teorisine göre, eğer buhar sıcaklığı ısıtılacak sekonder akışkanın sıcaklığının ne kadar üzerinde olursa ısı transfer miktarı da o kadar fazla olur. Ne kadar az olursa buna bağlı olarak da ısı transfer miktarı azalır. Buhar yoğuşurken meydana gelecek ısı transfer miktarı buharın sıcaklık, dolayısıyla basıncına bağlı olarak değişkenlik gösterir.

Örnek vermek gerekirse; tam kapasite ile çalışan bir işlemde, ürün sıcaklığını 40°C'den 60°C'ye (ortalama sıcaklık $((40+60)/2) = 50°C$) çıkarmak için 1 bar ve 120°C'de buhar kullanılsın.

Ortalama buhar ve ortalama ürün sıcaklığı arasında fark yani eşanjör serpantinini iki tarafındaki sıcaklık farkı $120°C - 50°C = 70°C$ 'dir. Buna aritmetik ortalama sıcaklık (AMTD) farkı diyelim. Eğer (işlem sırasında ısıtılacak ürün miktarını tam yarıya düşürürsek eşanjörün ısıtma kapasitesi büyük olduğu için ısıtılacak ürünün ortalama sıcaklığı da yükselecektir) proses tam kapasitenin yarısında gerçekleşecek olursa, dönen ürünün sıcaklığı yükselecektir ve sonuç olarak ortalama ürün sıcaklığının $((40+50)/2) = 45°C$ olması gerekecektir. %50 ısı kapasitesinde çalışan proseste, aritmetik ortalama ürün sıcaklığı (AMTD) tam kapasitenin de yarısı olacaktır, $0.5 \times 70°C = 35°C$. Buna bağlı olarak da tam kapasitenin yarısındaki çalışma şartlarında buhar sıcaklığı, ortalama ürün sıcaklığı ile aritmetik ortalama ürün sıcaklığı (AMTD) toplamına eşit olacaktır.

$45°C + 35°C = 80°C$.

$(AMTD / 2 = x - 45 \gg x = 70/2 + 45 = 80°C$ ki bu sıcaklıkta buhar – 0,5 bar basınçta olacaktır.)

Bu da demektir ki, tam kapasitenin altındaki bazı durumlarda, buhar kullanım alanındaki basınç atmosferik basınçtan düşük olacaktır yani vakum meydana gelecektir. Demek oluyor ki ısı eşanjörü içerisinde kondens kondens stop yoluyla tahliye etmek için yeterli basınç bulunmayacaktır. Öyle ki kondens hattı açık bir sona boşalsa bile kondens ısı eşanjöründen dışarı atılamayacaktır. Eğer gerekli önlemler alınmaz ise kondens drenaj hattından geri yürüyecek ve ısı eşanjörü içinde su birikmesi meydana gelecektir.

Sistem kilitlemesi anında aşağıdaki belirti ve etkilerden bir kısmı veya tamamı görülebilir:

- Kondens stop soğuktur veya eşanjör buhar giriş borusu sıcaklığına göre hissedilebilir derecede sıcaklığı daha düşüktür.
- Kontrol vanasının çalışma şekli dalgalanmaya eğilimlidir, düzenli olarak açık ve kapalı pozisyonları arasında salınım yapar.
- Isı eşanjörünün sekonder akışkanının sıcaklığı ihtiyaçtan veya tahmin edilenden daha farklıdır.
- Isı eşanjörünün dış yüzeylerinde farklı sıcaklık katmanları oluşur. Bu durum ısıtma bataryaları ve ısıtıcı ünitelerde daha belirgin olarak fark edilir.

Eğer sistemde kilitleme durumu söz konusuysa, buhar girişine en yakın olan, eşanjörün üst (veya buhar giriş borusu) kısmı çok sıcak, buna karşın alt kısımlar daha serin hatta soğuk olacaktır. Aynı zamanda buhar kapani (kondens stop) da serin veya soğuk olacaktır.

Isı eşanjöründe, sürekli olarak veya aralıklı olarak çatırdama, darbe ve hızlı çarpmayı anımsatan sesler oluşacaktır. Bazen bu sesler, ısı eşanjörü veya eşanjöre bağlı ekipmana fiziksel zarar verebilecek koç darbesi (su çekici) ile birleştirilebilir. Birikmiş kondens içinde yoğuşan sıcak buhar, özellikle su birikim oranının yükteki değişimlere bağlı olarak farklılaşması ve kontrol vanasının karakteristiğindeki değişimler (modülasyonu) ile su çekicine ve gürültülere yola açmaktadır.

Isı eşanjöründen elde edilen ısı miktarı beklenenin altındadır. Proses uygulamalarında, bu durum prosesin rejim sıcaklığına geç ulaşması veya normal üretim değerlerinde güvenilir şekilde çalışmaması olarak fark edilir.

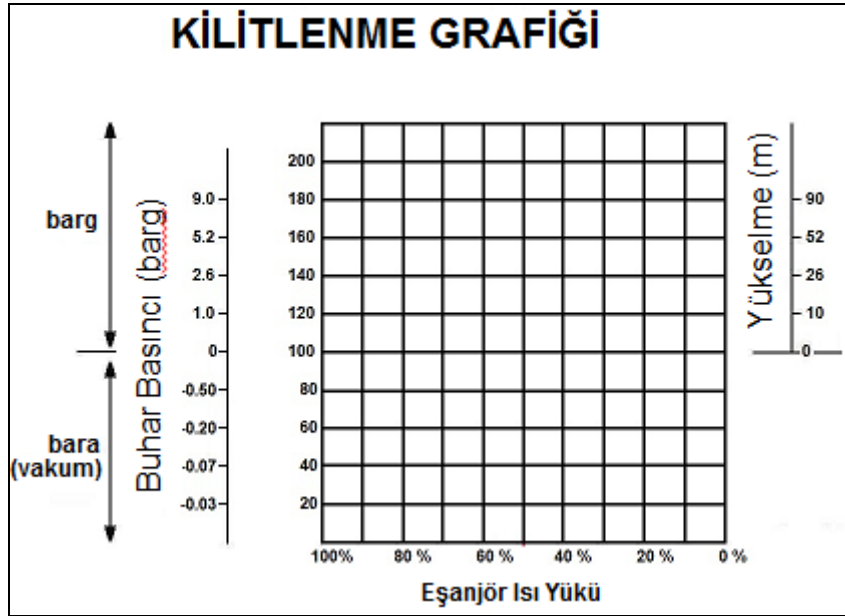
Genel kural olarak, 100°C'nin üzerinde ürün sıcaklığı ve daha stabil çalışma yükü (özellikle eşanjörün maksimum kapasitesine yakın) varsa, sistem kilitlemesinin oluşma ihtimali daha azdır.

Bununla beraber bazı uygulamalar daha önceki bölümde anlatılan belirtileri göstermemelerine karşın sistem kilitlemesi koşulları altında çalışırlar. Bunlara; uygulamaların sabit ve belirli yüklerde veya yük değişimlerinin az veya çok yavaş olduğu durumlarda ve/veya çok dayanıklı ısı eşanjörü ekipmanının kullanıldığı uygulamalarda rastlanır.

Sistem kilitlemesi, Şekil 1'de örneği verilmiş, "sistem kilitleme grafiği" yardımıyla tahmin edilebilir. Bu grafik, ısı eşanjörü içinde, maksimum ve minimum ısı yükleri altında buhar geçen yüzeylerde neler olduğunu canlandırmaktadır.

Isıtılacak ürün (sekonder akışkan) debisinin sabit olduğu bir ısı eşanjörü uygulamasında, ısı transfer miktarı buhar akış sıcaklığına bağlıdır. Eğer ısıtılan ürün yükü (dolayısıyla dış ısı yükü) azalır, buna bağlı olarak buhar basıncı da azalacaktır. Bu da kontrol vanasının kısılma işlemiyle, yani hem buhar debisinin hem de buhar basıncının azaltılmasıyla meydana gelecektir. Buhar basıncı ve sıcaklığının bağlantılı olması nedeniyle, düşük basınç, düşük sıcaklık anlamına gelmektedir. Bu da ısı yükündeki düşüşü karşılar.

Şekil 1'de gösterilen kilitleme grafiği, yük değişimleri ve buhar basıncı/sıcaklığı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Yatay eksen ısı eşanjörünün tam yükte ısı kapasitesinden (sol tarafta %100) sıfır yükteki kapasitesine (sağ tarafta %0) kadar farklı ısı kapasitelerini göstermektedir.



Şekil 1. Sistem kilitleme grafiği

2. GIDA FABRİKASI ÖZELİNDE SİSTEM KİLİTLENMESİ



Şekil 2-a' da 4 bar buhar kullanan bir ısı değiştiricinin girişindeki kontrol vanası ve çıkışındaki buhar kapalı görülmektedir.

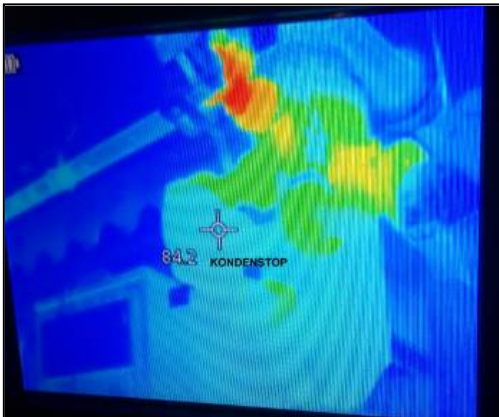
Buhar kapanından sonra 5 metrelik bir yükselme ile dirseklerden ve hat üzerindeki vana/çekvalflerden kaynaklanan toplamda 1,6 bar karşı basınç vardır.

Şekil 2-a



Şekil 2-b' den görüleceği üzere kontrol vanasından buhar girişi olmaktadır. Bu anda termal kameradan tespit edilen sıcaklık değeri 151°C dir.

Şekil 2-b

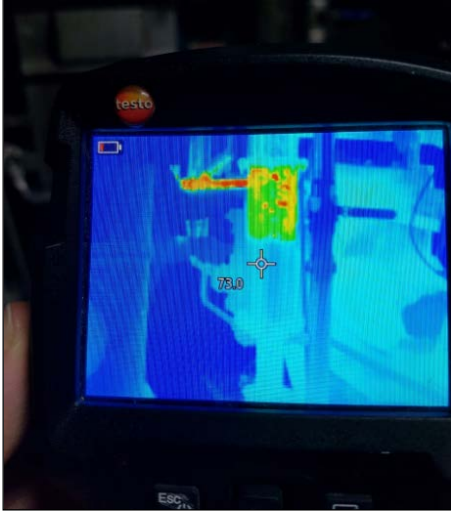


Aynı anda buhar kapanı sıcaklığı termal kamera ölçümlerine göre 84,2 °C olarak ölçülmektedir.

Sistemin kilitleyerek kondensin tahliye edilemediği çok net bir şekilde gözlenmektedir.

Yukarıda oluşma şartları detaylı olarak anlatılan sistem kilitlemesi durumunun sonucu olarak kondens sıcaklığı çok düşüktür.

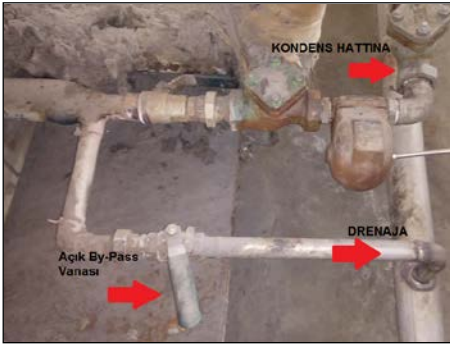
Şekil 2-c



Fotoğrafta da görüldüğü gibi karşı basıncı yenemeyen kondens eşanjörde kalmıştır.

Eşanjörde üst taraf sıcak iken, sistem kilitlemesi nedeniyle kondens tahliye edilememiş ve çıkış tarafında 73 °C de kalmıştır.

Şekil 2-d



İşletmelerde bu durum sıkça gözlenmekte ve kondens drenaja boşaltılarak uzayan ısınma süresi kısaltılmaya çalışılmaktadır. Tabii ki dışarı atılan kondens, su, kimyasal ve yakıt enerjisinin boşa gitmesine neden olmaktadır.

Şekil 2-e

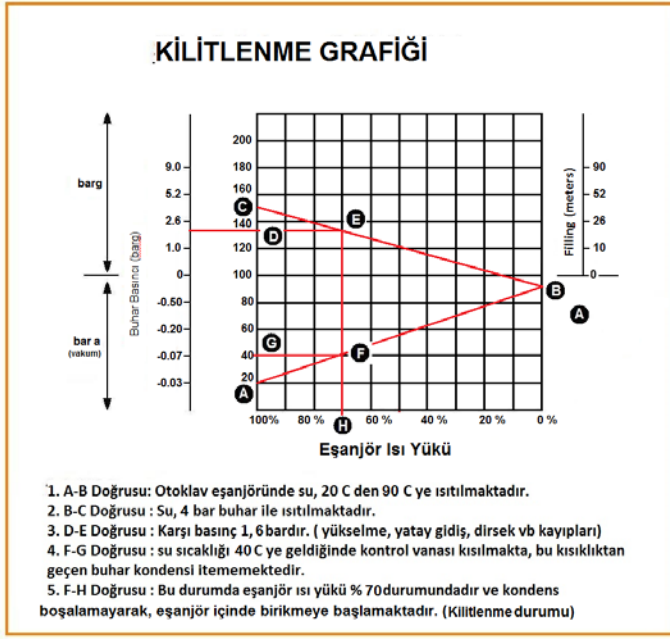
Ayrıca tam bu noktada eşanjördeki ürün sıcaklığı düşecek, kontrolör kontrol vanasının açılması için komut verecek ve açılan kontrol vanasından giren buhar serpantinlerde boşalamayıp bekleyen kondensi koç darbesi etkisi ile serpantinlere ve buhar kapanına şiddetle vurduracaktır.



Yandaki fotoğrafta aynı eşanjörden sökülen buhar kapanının şamandırası görülmektedir.

Dikkat edilmesi gereken nokta; kondenstop bu halde buhar kaçırmayı gerektiren eşanjörde ısınmama nedeniyle by-pass vanasının açık bırakılarak kondens drenaja atılmasıdır.

Şekil 2-f



Şekil 3.

Buhar basıncı ve sıcaklığının bağlantılı olması nedeniyle, düşük basınç, düşük sıcaklık anlamına gelmektedir. Bu da ısı yükündeki düşüşü karşılar. Grafikte çizilen bir başka doğru bu durumu açıklayacaktır, D-E yatay doğrusu kondens hattındaki 1,6 bar'lık karşı basıncı temsil etmektedir. E noktası B-B doğrusunun buhar sıcaklık doğrusunu 128 °C' de kestiği noktadır. Bu nokta karşı basıncı yenmek için buhar sıcaklığının düştüğü sıcaklığı göstermektedir.

E noktasından F noktasına dikey olarak inildiğinde, bu durum oluşurken dönüş suyu sıcaklığının 40 °C olduğu görülür. Aynı ekseninde daha aşağıya inildiğinde ısı yükünün, maksimum ısı yükünün % 70'si olduğu görülmektedir. Eğer ısı yükü % 70'nin altına düştüğünde -ki bu durumda dönüş suyu sıcaklığı 40°C'nin üstüne çıkmış demektir- kondens tahliyesini karşılayamayacak basınçta buhar eşanjöre girecektir. İşte bu anda kondens tahliye edilemeyip serpantinlerde su birikecektir. Su seviyesi yükseldikçe, buharın kaplayacağı alan daralır. Bu durum ısı eşanjörünün ısı verimini düşürecek, sonuç olarak ihtiyacı karşılamak için şu anda daha yüksek sıcaklıkta (yani daha yüksek basınçta) buhar gerekmektedir. Kontrol vanası bunu sağlamak için açılacaktır. Kontrol vanasının sağladığı etkiyle denge durumuna ulaşılır. Eşanjörde belirli miktarda su birikmesi ile yalnızca buhar alanından kondensi atmaya yetecek kadar bir buhar basıncıyla çalışmaya devam edecektir. Isı eşanjörü bu durumda kilitlenme koşullarında çalışacak ve daha önceki konularda bahsedilen belirti ve etkileri ortaya koyacaktır. Yani kondens %70 ısı yükünde serpantinde birikmeye başlayacak ve vana bu açıklığın üzerine çıkmadıkça boşalamayacaktır.

Bu durumda ısınma gecikeceği gibi serpantinde biriken suyun, kontrol vanasının açılmasıyla birlikte koç darbesi şeklinde serpantin ve buhar kapalı dahil armatürlere zarar verdiğini bilmekteyiz.

ÇÖZÜM

İşletmelerde operatörler bu etkilerden kurtulmak ve hızlı bir ısınma için ne yazık ki buhar kapalı çıkışını drenaja bile verdikleri görülmektedir. Oransal kontrol vanasının kısmi açık olmasına rağmen karşı basınçtan dolayı kondensin boşalamadığı durumlarda Pompa – kondensstop cihazı kullanılması tavsiye edilmektedir (Şekil 4). Buhar basıncının karşı basıncı yendiği kontrol vanası açıklıklarında bu cihaz kondensstop gibi çalışacak ancak karşı basıncın yenilemediği durumlarda otomatik olarak kondens pompası devreye girecek ve kondens eşanjörden tahliye edilecektir.



ÖZGEÇMİŞ

H.Tarık GÜNER

1971 yılında İstanbul'da doğmuştur. 1992 yılında İstanbul Üniversitesi End. Elektronik MYO'dan, 1996 yılında Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Bölümü'nden mezun olan H.Tarık GÜNER, Satış mühendisliği ile başladığı meslek hayatında sırasıyla, satış müdürlüğü, proje, taahhüt ve son olarak eğitim danışmanlığı görevleriyle buhar sistemlerinde 20. Yılını tamamlamıştır. Ülkemizdeki petrokimya haricindeki sektörlerde "Flaş Buhardan Enerji Geri Kazanımına" yönelik ilk sistem çalışmalarını yapmış, aynı zamanda birçok işletmenin buhar sistemlerinde kayıp ve kaçak analizleri konusunda detaylı raporlamaları bulunmaktadır. Yurt içinde ve dışında konuşmacı olarak katıldığı seminerlerde teoriden çok uygulamaya yönelik bir anlatım tarzı benimseyen GÜNER'in çeşitli yayın organlarında yayınlanmış makaleleri bulunmaktadır. İki yıldan beri AYVAZ A.Ş. de "Eğitim ve Proje Danışmanlığı" görevini üstlenen H.Tarık GÜNER evli ve iki çocuk sahibidir.

M.Yalçın ÖZÇELİK

1981 yılında Konya'da doğmuştur. 2005 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden mezun olan M. Yalçın ÖZÇELİK, imalat mühendisliği ile başladığı meslek hayatında sırasıyla, proje, taahhüt ve son olarak satış mühendisliği görevleriyle buhar sistemlerinde 10. Yılını tamamlamıştır. Ülkemizdeki birçok gıda tesisinde enerji verimliliği üzerine çalışmalar yapmış, aynı zamanda endüstriyel çamaşırhane projelendirme ve işletmenin buhar sistemlerinde kayıp ve kaçak analizleri konusunda detaylı raporlamalar hazırlamıştır. Beş yıldan beri AYVAZ A.Ş. de "Antalya Bölge Müdürü" görevini üstlenen M. Yalçın ÖZÇELİK' in evli ve bir çocuk sahibidir.