



www.ttmd.org.tr

TTMD

Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi • HVAC, Refrigeration, Fire Fighting and Sanitary Journal

ÜNTES ISITMA KLİMA SOĞUTMA SAN. VE TİC. A.Ş.'NİN KATKILARI İLE YAYINLANMAKTADIR.

SAYI 108'İN
EKİDİR



Buhar ve Sıcak Su için Merkezi Tesis Tasarımı* 4

* ASHRAE Bölgesel Isıtma Kılavuzu'nun üçüncü bölümüdür.

Paralel Pompalama

Pompalar paralel olarak uygulandığında, her bir pompa aynı basma yüksekliğinde çalışır ve bu basınçta sistemin kendi payını sağlar (Şekil 3.24). Genellikle, eşit boyutlardaki pompalar kullanılır ve paralel pompa eğrisi, tek pompa eğrisinin debisinin ikiye katlanması ile oluşturulur (aynı pompalarla).

Paralel pompa eğrisi boyunca bir sistem eğrisi çizmek tek ve paralel pompa işletiminin çalışma noktalarını gösterir (Şekil 3.24). Tek pompa işletiminin %50 debide verim sağlamadığına dikkat edin. Her iki pompa çalışırken sistem eğrisi, tek pompa eğrisini kendi çalışma noktasının oldukça sağından keser. Bu, iki önemli endişeye neden olur: (1) pom-

palar, tek-pompa çalışması sırasında aşırı yüklenmeyi önlemek için boyutlandırılmak zorundadır ve (2) tek bir pompa, tasarım debisinin %80'ine kadar destek hizmeti sağlayabilir; gerçek miktar, spesifik pompa eğrisi ve sistem eğrisine bağlıdır. Pompalar daha büyük oldukça veya ikiden fazla pompa paralel çalışma için yerleştirildiğinde tasarım aşamasında, çalışma sistem eğrisinin çalışma pompa eğrisiyle kesişmesi ve bir pompa kapatıldığında, kalan pompa ve sistem eğrilerinin halen birbirleriyle kesiştiğinden emin olunması çok önemlidir.

Seri Pompalama

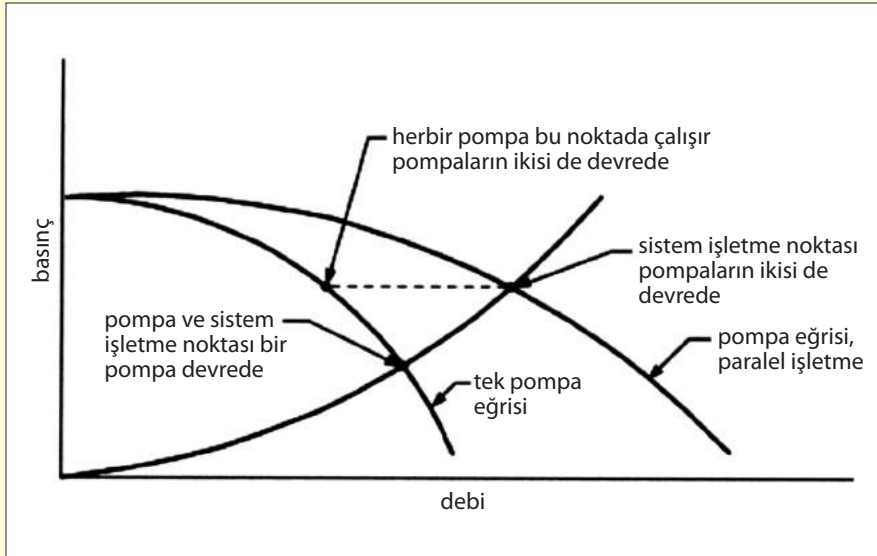
Pompalar seri halde çalıştırılırken, her bir pompa aynı debide çalışır ve bu debide toplam basın-

cın kendi payını sağlarlar. Seri pompa eğrisi boyunca çizilen bir sistem eğrisi, tek ve seri pompa işletimlerinin çalışma noktalarını gösterir (Şekil 3.25). Tek pompanın, destek (yedeklik) ve daha düşük güç gereksinimlerinde %80'e kadar debiyi sağlayabileceğine dikkat edin.

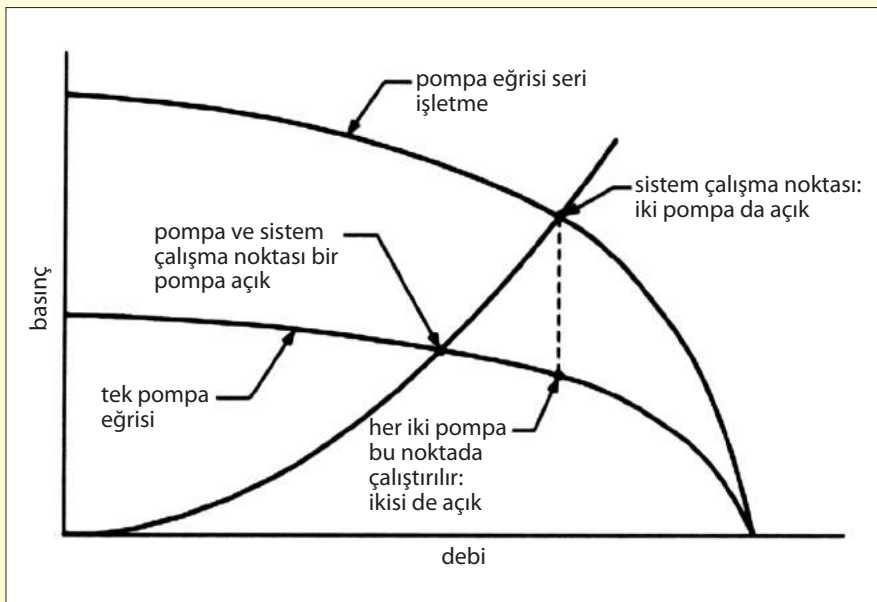
Seri pompa kurulumları ısıtma ve soğutma sistemlerinde sıklıkla kullanılır, bu sayede, her iki pompa soğutma sezonu boyunca maksimum debi ve basma yüksekliği sağlamak için çalışır, ancak sadece tek bir pompa ısıtma sezonu boyunca çalışır. Paralel ve seri pompa uygulamalarının her ikisinin, kullanılan gerçek pompa çalışma noktalarının pompalama noktalarını doğru bir şekilde belirlemesi gerektiği unutulmamalıdır. Suni basma yüksekliği güvenlik faktörü eklemek, uygun olmayan basınç düşüm grafikleri kullanılmak veya basınç düşümlerini yanlış olarak hesaplamak makul olmayan bir seçime yol açabilir.

Çoklu Pompa Sistemleri

Pompalar paralel ya da seri halde çalışacak ise, bu işlemin tasarımcı tarafından tamamen anlaşılmalı ve düşünülmüş olduğunu garantiye almak için çoklu pompalı sistemlerinin tasarımlarında dikkatli olunması zorun-



Şekil 3.24 Paralel pompa kurulumu için işletme koşulları.



Şekil 3.25 Seri pompa kurulumu için işletme koşulları.

ludur. Paralel ya da seri sistemlerde beklenmedik bir şekilde çalışan pompalar aşağıdaki gibi hidronik sistemlerde performans sorunlarına yol açar.

- **Paralelde.** Eşit olmayan basınç kapasiteli pompalarla, bir pompa diğer pompa üzerinde bunun kesici veya kapama basıncını aşan baskı yaratabilir ve bunu durdurmak veya büyük ölçüde azaltmak için ikinci pompa üzerinden debi sağlar. Bu, akış problemlerine veya pompa hasarına neden olabilir.
- **Serilerde.** Farklı debi kapasiteli pompalarla, daha büyük kapasiteli pompa daha az kapasiteli pompada taşkına neden olabilir, ki bu küçük pompalarda hasar verici kaviteasyona ve bu pompa boyunca bir basınç artışı yerine gerçekte bir basınç düşüşüne neden olabilir. Diğer durumlarda, beklenmedik seri işletimler sistem parçalarında hasara neden olabilecek aşırı derecede yüksek veya düşük basınçlara neden olabilir.

Yedek Pompa Provizyonu

Eğer toplam debi yedek kapasitesi gerekliyse eşit kapasiteli uygun bir şekilde vanalanmış yedek bir pompa, normal pompa çalıştırılmadığında devreye girecek şekilde monte edilmiştir. Tek bir yedek, birçok benzer boyutta pompalar için sağlanabilir. Paralel ya da seri pompa montajı genellikle yeterli olan %80'e kadar yedeklik sağlayabilmelidir.

Değişken Hızlı Pompalama Uygulamaları

Santrifüj pompalar, elektrik motorunun hızını ayarlayan değişken hızlı sürücülerle (VFD'ler) de çalıştırılabilirler.

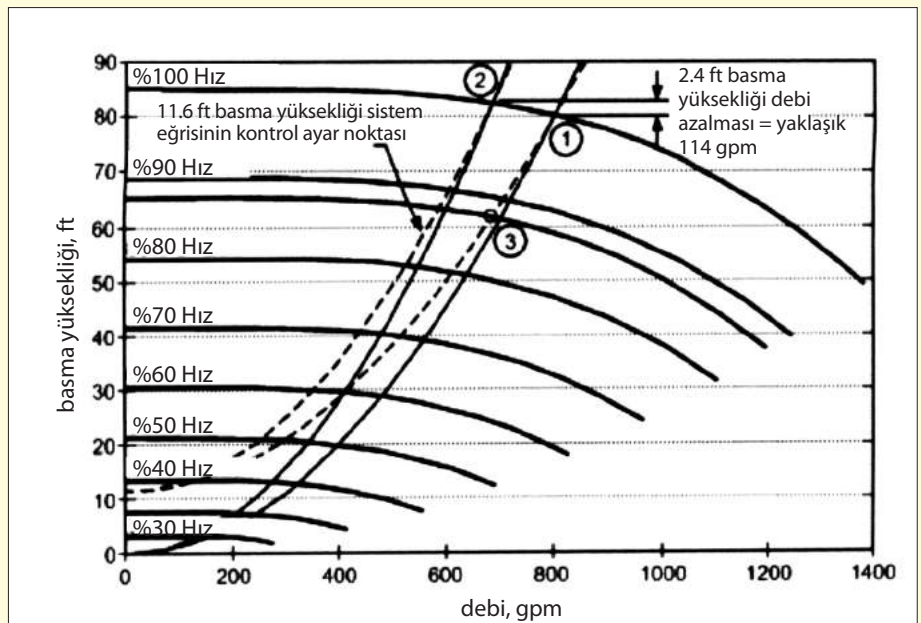
Bu uygulamada, bir pompa kontrolörü ve genellikle her bir pompa için bir VFD gerekli sistem değişkenliğini kontrol etmek için uygulanır. En tipik uygulama, boru şebekesinin hidrolik olarak en uzak hattı boyunca fark basıncı kontrol etmektir; örn., kritik devre veya tüketici.

Kontrolöre, tasarım debisinde kritik tüketicinin basınç kaybına eşit olan bir ayar noktası verilir. Şekil 3.26'da görüldüğü gibi, kontrol vanası 1'den 2 noktasına bir kontrol sinyaline tepki olarak kapandığında sistem eğrisi, pompa eğrisi üzerinde yukarı sola kayarken hat boyunca

fark basınç yükselir. Fark basınçta bir artış algılayan pompa kontrolörü, pompanın hızını yaklaşık 3. noktaya kabaca %88 hıza azaltır. Her sistem eğrisinin iki temsil ile gösterildiğine dikkat edin. Sistem eğrisi, debi oranının karesinin basma yüksekliğine oranı olan basit bir ilişkidir. Kontrol vanası boyunca tek bir sensör ile bir pompa kontrolcüsünün kontrolü altında, pompa teorik sıfır debi noktasına kadar hızını düşürür ki burada debi yok iken bir fark basıncı sürdürmek için yeterince hızlı çalışır. Bu durumda hız yaklaşık %88 ve güç yaklaşık %68'dir. Çalışmada, performansta bir fark olması beklenir.

Şekil 3.26 pompa kontrolörü fonksiyonlarının tersine, bir adım fonksiyonu olarak değişikliği gösterir. Kontrol yöntemine bağlı olarak, kontrolör ayarlama değerlerinde (kazanç, integral zamanı ve türev zamanı), sistem hidroliği, vana zaman sabiti, sensör hassasiyeti vb., diferansiyel basınçtaki küçük bir artış vana kontrol sistemine tepki olarak kendisini yeniden konumlandırırken, pompa hızında küçük bir artış içerecektir. Bu değişiklikler, bir seri küçük testere dişli sistem eğrisi ve pompa eğrisi kesişme noktaları olarak görünecektir ve bu durum önem arz etmeyecektir. Önemli olan birçok faktörün işletmeyi etkilemesi ve teorik değişken hızlı pompalamanın gerçeklikten farklı olmasıdır.

Pompa hızını azaltmak, pompa salyangozunda daha küçük bir çark boyutu kullanılması ile analogi gösterir ve sonuçta motor gücü, affinite kurallarına yakından bağlı olarak hız düşüşünün küpü ile azalır. Tasarım debisi koşulları yıllık çalışma saatinin minimumunda tutulmalıdır; örneğin, değişken hızlı bir pompa için enerji tasarrufu potansiyeli oldukça yüksektir. Genel



Şekil 3.26 Değişken hızlı pompalama ve sistem eğrilerinin örneği.

kontrol vanası uygulamasında, %50 vana iznine sahip bir makul olarak seçilmiş eşit yüzdeli vana, %100 açıklıktan (tasarım debisi, yıllık minimal) %90 açıklığa konumlandırıldığında, debi yaklaşık olarak %30 azalmalıdır. Strokta %10'luk değişim, pompa işletme gücünü yaklaşık %70 azaltmalıdır.

Sistem tasarımına bağlı olarak, doğrudan dijital kontrol de daha gelişmiş kontrol stratejileri sağlayabilir. Pompa hızını ve debi performansını optimize etmek için çeşitli reset kontrol stratejileri (örn., kaskat kontrol) mevcuttur. Bunların birçoğu vana konumlarını izler ve konfor koşulları için bir ayar noktasını sürdürürken bir vanayı açık bırakabilen bir seviyeye pompayı sürer. Komponentlerin fiziksel işletimsel gereksinimleri göz önünde bulundurulmalıdır. Pompaların ve bunların motor sürücülerinin, tasarımın %30'undan daha düşük hızlarında, özellikle pompanın uygun yağlanması sürdürülmesi ve mekanik salmastralar ve motor rulmanları hakkında bazı endişeler mevcuttur. Pratik bir perspektiften, %30 hız, teoride tasarım gücünün %3'ünden azdır, bu nedenle hızı daha da azaltmak gereksiz olabilir. Buna karşın, düşük hızda değişken hızlı sürücülerin (VSD'ler) genellikle çok verimsiz olduğuna dikkat edilmelidir ve bu yüzden gerçek güç azaltımları belirtilen teorik pompalama gücü azaltımlarından daha az olur. Kullanılan sürdürülebilir çalışma koşulları ve öngörülen tasarrufun gerçekleştirileceğinden emin olmak adına cihaz sınırlamaları ve verim hakkında bilgi için üreticilere danışın.

İstisnai enerji azaltma potansiyeli ve işletme maliyetlerini azaltan VFD teknolojisindeki gelişmeler, kapalı hidronik dağıtım sistemlerinde VSD'lerin uygulanmasını alışlagelmiş hale getirdi. Bir VSD'nin bir pompaya başarıyla uygulanması tanrı vergisi değildir, ve buna karşın, tasarımcının yeteneği ve sistem işletimini kavrayışına bağlıdır.

Pompa Bağlantıları

Pompa emiş tesisatı en az pompaya hizmet eden nozul kadar geniş olmalıdır ve akışı engellemek için emişte minimal bağlantı parçaları veya cihazlar bulunmalıdır. Genellikle pompa imalatçıları pompaya girişte 5-8 boru çaplı engelsiz (bağlantı parçaları olmadan) düz borular tercih etmektedir. T'ler ve dirsekler gibi bağlantı parçaları, özellikle düzlemsel yönde bir değişiklik olduğunda boruda suyun girdap oluşturmaya neden olur; bu, pompa performansı için yıkıcı olabilir ve pompa hasarına da neden olabilir. Üreticiler, tesisat alanının yetersiz olduğu geometrik faktörlerin üstesinden gelemediği yerlerde özel bağlantı parçaları (emiş difüzörleri) önerebilir. Bu bağlantı parçalarının

uygulamada dikkatli bir şekilde incelenmesi gerekmektedir.

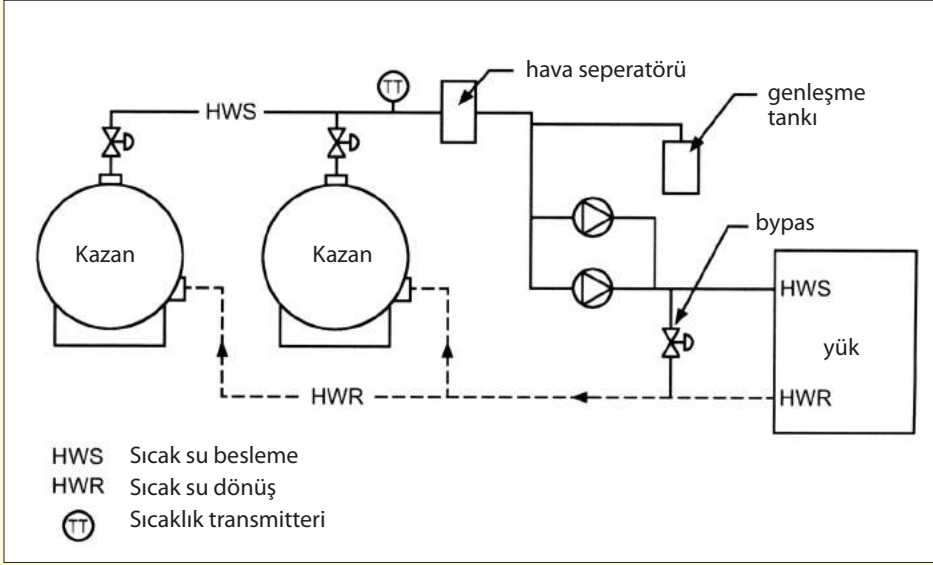
Pompaya giden tesisat bağımsız olarak desteklenmeli, sistem tesisatını desteklemenin yetersiz olduğu, spesifik olarak amaca göre tasarlanmadıkça, pompa flanşına hiçbir yük ilave etmemelidir. Flanş üzerinde boru ağırlığını desteklemek ciddi hasarlara yol açabilir (flanşın kırılması gibi) veya pompa hizalamasını bozan gerilimleri tetikleyebilir. Boru ve pompa birbiriyle yanlış bir şekilde hizalandığında veya boru genleşme ve daralması kaybolduğunda benzer sonuçlar oluşabilir. Pompa ve borunun her ikisinde birbirinden bağımsız olarak desteklendiğinde ve esnek bağlantı manşonları boru ve pompaya gelişigüzel bağlanmadığında, esnek bağlantı manşonları bu problemlerin bazılarının üstesinden gelmenin bir yoludur. Pompalar paralel olarak düzenlendiğinde bu gereksinimler genişletilebilir. Pompa giriş ve deşarj basınçları işletmede eşit olmalıdır. Pompa için tavsiye edilen düz giriş borusunu korumaya ek olarak, girişlerde kullanılan manifold borusu da pompa emiş merkez eksenleri arasında en az iki manifold boru çapına sahip olmalıdır. Pompa deşarj manifoldları, deşarj hızlarını 10-15 fps (3.05-4.6 mps)'den daha az tutmak için imal edilmez; bir çekvalf uygulandığında daha düşük, çünkü hidrolik şokun (koç darbesi) önlemesi gereklidir. Bir pompadan diğerine giden ters akışı önlemek için yumuşak oturmali deşarj çekvalfleri gerekir. Çeşitli özellikli vanalar ve bağlantı parçaları, bu işlevlerden biri ya da daha fazlasına hizmet etmek için mevcuttur.

Yukarıda ele alınanlar gibi faktörlerin değerlendirmesi sistem işletmesinde kontrol ve komponent seçiminin etkilerini belirlemede yardımcı olabilir. Tasarımcı, kontrol sisteminin, yanlış seçimleri ve fark edilmiş montaj hatalarını telafi edeceğini varsaymamalıdır. Geçmiş veriler, seçim ve işletme teknikleri yetersiz olduğunda birçok düzenlemenin gerektiğini göstermektedir. Pompa doğru bir şekilde boyutlandırıldığı zaman (pompaya aşırı basma yüksekliği ilave edilmediğinde) sistem balansı için bir gereksinim vardır; balans cihazı, su bir terminalden diğerine gittiğinde sürtünme kaybı farkını telafi etmek için basınç kaybı eklemektedir. Sistem debisi tasarıma düşürülür ve pompa için herhangi bir ekstra enerji girişi gerekmez.

Debi Tasarımı Düşünceleri

Günümüzde kullanılan enerji verimli sistem debi tasarımlarının iki tanesi, birincil değişken debi ve birincil/ikincil değişken debidir.

- Birincil değişken debi sistemleri sıcak su kazan-



Şekil 3.27 Dağıtım basınç kontrolü kullanan birincil (sınırlı) değişken debili sistem. RDK Engineers'in izniyle

ları vasıtasıyla değişken debiye sahiptir ve doğrudan kullanıcılara su pompaları (ASHRAE 2008, Bölüm 3). Değişken debi, kullanıcıların ekipmanında iki yönlü otomatik kontrol vanalarının ve hem VFD pompalama hem de bir bypass vanası ile dağıtım basıncı kontrolünün kullanılmasıyla sağlanabilir. Her iki konseptin işlevi genellikle hidrolik olarak en uzak kritik tüketicide sistem basıncının devamına bağlıdır. Şekil 3.27'deki yük, birden çok bölgesel ısıtma müşteri yüklerini gösterir.

- Birincil/ikincil değişken debi sistemleri genellikle sabit debi olan birincil üretim sistemlerini (ısıtma-su kaynağı) hidrolik olarak ayrıştırır (ASHRAE 2008, Bölüm 3). Değişken debili bir ikincil tesisat sistemi, kullanım noktasına ısıtma suyunu dağıtır (Şekil 3.28).

Hem birincil hem de birincil/ikincil değişken debi tasarımları kullanılırken mühendis, iki ve üç yönlü oransal vanalar arasındaki tasarım farklarını anlamalıdır.

Değişken debi tasarımları, dağıtım döngüsü boyunca ısıtma suyunun debisini değiştirir. Terminal üniteler talebi karşıladığında vana, kapalı pozisyona doğru oranlanır. Dağıtım sisteminde pompa, tasarım çalışma koşullarında ise, tasarım noktasının üzerine sistem basıncını artırır. Kompanze için genellikle dağıtım pompası üzerine bir VFD monte edilir. Bu VFD, genellikle son terminal cihazı ve ilgili kontrol vanası aracılığıyla tasarım debisini sağlamak için gereken minimum basıncı sürdürmek amacıyla tesisat döngüsünde en uzak noktada yer alan bir fark

basınç sensörü tarafından kontrol edilir. Fark basınç arttıkça sensör, hızı azaltmak için VFD'ye bir sinyal gönderir. Sistem talebi artırılmış debi gerektirdiğinde kontrol vanaları açılır, sistem fark basıncını düşürür. Basınç farkındaki ölçülmüş azalma tesis talebini karşılamak için pompa hızında (ve dolayısıyla debisinde) uygun bir artışa neden olur.

Birincil değişken debi tasarımlarıyla birincil ısıtma suyu pompaları yine bir VFD kullanarak değişken debi tasarımına sahip olurlar. Her tüketici ara bağlantısı

üzerinden su debisini azaltmak için birincil değişken debi sistemleri oransal iki yönlü kontrol vanalarını kullanır.

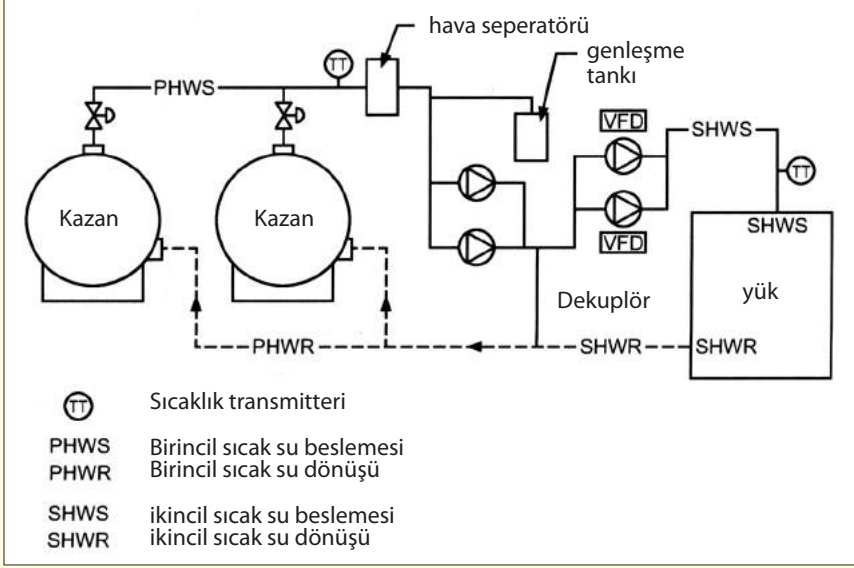
Bir birincil/ikincil tasarımla ısıtma tesisi için minimum sistem debisi birincil ve ikincil sistemler boyunca bir deklüör bypass kullanılması tarafından elde edilir. Birincil sistem sabit hacimli olduğundan, (yani üretim debisi dağıtım debisini aştığı zaman sistem, tasarlandığı gibi işletme sırasında tasarım debisini sürdürür) üretim tesisi tarafından gerekli minimum tasarım debisini sürdürmek için su tesisinde resirküle eder. Tasarım sırasında minimum debinin kısmi yük işletmesinde tüm sistemde sağlanmasına dikkat etmek gerekir. Dağıtım sistemi pompasını seçerken dağıtım debisinin üretim debisini geçmediğinden emin olunmalıdır; eğer debi talepten daha fazlaysa bir sıcaklık düşüşüne neden olacaktır (düşük ΔT sendromu). Mühendis bu durumun oluşmasını önlemek için kısmi yükte işletme koşullarını değerlendirmelidir.

Tasarım Kılavuzları

Tesis tasarımı ve işletmesi için kılavuzlar aşağıdaki içerir:

Değişken hızlı pompalama enerji tasarrufu sağlar ve dağıtım sistemi pompalaması için düşünülmelidir.

- Sıcak su sistemlerini bir maksimum sıcaklık farkı için tasarlayın.
- Sabit debi sistemlerinin kullanımını nispeten küçük merkezi sıcak su tesisleri ile sınırlandırın.
- Büyük merkezi sıcak su tesisleri merkezi tesisdeki sabit debili birincil/ikincil veya birincil/ikincil/



Şekil 3.28 Birincil/ikincil değişken debili pompalama sıcak su sistemi.
 RDK Engineers izniyle

üçüncül pompalamadan ve dağıtım sisteminde değişken debiden yararlanabilirler.

- Kullanıcı sistemlerindeki tüm iki yönlü vanalar uygun bir kapanış oranına ve kontrol edilebilirlik için maksimum tasarım basınç düşüşünün en azından %20'sinin tasarım basınç düşüşüne sahip olmalıdır. Ticari kalite otomatik sıcaklık kontrol vanaları genellikle düşük kapanış oranına sahiptir ancak endüstriyel vanalar daha yüksek oran sağlayabilir.

Tamamlama ve Doldurma Suyu Sistemleri

Genellikle bölgesel ısıtma sistemleri bir servis vanası, bir geri akış önleyici ve bir basınç ölçer ile yerel bir su kaynağına vanalı bir bağlantı yoluyla su ile doldurulur. (Yerel su kaynağı basıncı sistem dolum basıncını geçmek zorundadır.) Bölgesel ısıtma sisteminde genleşme tankı referans basınç noktası olduğundan bölgesel ısıtma tesisinde su tamamlama noktası genellikle genleşme tankında veya yakınında yer alır. Emniyet tahliye vanaları, basınçların sistem bileşenlerinin güvenlik limitlerini aşabileceği herhangi bir noktada monte edilmiş olmalıdır. Aşırı basınçların nedenleri aşağıda verilmektedir:

- Doldurma sisteminden aşırı basınçlandırma,
- Isıl genleşmeden kaynaklanan basınç artışı, ve
- Momentum değişikliklerinden kaynaklanan dalgalanmalar (şok veya koç darbesi).

Doldurma sisteminden aşırı basınçlandırma sistemi doldurmada bir kaza veya bir otomatik doldurma regülatörünün hatası nedeni ile oluşabilir. Bunu

önlemek için genellikle bir güvenlik tahliye vanası doldurma noktasında monte edilir.

Diğer Sistem Bileşenleri

Drenaj, Kapatma ve Aşırı Basınç Koruması

Tüm alçak noktalar drenaja sahip olmalıdır. Bireysel ekipmanın ve devrelerin ayrı kapatması ve drenajı mümkün olmalıdır böylece tüm sistem belirli bir parçaya servis için boşaltılmak zorunda değildir. Ne zaman bir cihaz veya sistemin bir bölümü izole edilirse bu bölümden ya da cihazdaki su sıcaklığı izolasyonu takiben artabilir, aşırı basınç güvenlik tahliye koruması sağlamak zorundadır.

Filtreler

Sistem parçalarının korunması ve enerji veriminin tutumlu biçimde artırılması gereken yerlerde filtreler kullanılmalıdır. Pompa emiş bölümündeki filtreler pompada kavitasyon oluşumunu önlemek için dikkatlice kontrol edilmelidir. Tasarımcılar, devreye alma fazı (yıkama ve temizleme) sırasında parçacıkları tutabilecek filtre tasarımlarını göz önünde bulundurmalı ve devreye alma sonrasında elek (mesh) boyutu modifikasyonlarına sistem basınç kaybını azaltmak için olanak sağlamalıdır. Büyük ayrıştırma odaları, pompaların girişinde ana havalandırma noktaları ve pislik tutucu olarak hizmet verebilir. Otomatik kontrol vanaları ve küçük boşluklarla çalışan diğer cihazlar, pompadan ve bunun koruyucu separatöründen rahatlıkla geçebilecek boru kısırları, çakıl ve kaynak cürufundan koruma gerektirir. Münferit sıkı meshli (sıklıklı) filtreler bu nedenle, her bir kontrol vanasının önünde gerekebilir.

Esnek Bağlantılar

Esnek bağlantılar bazen pompa ve makinelerde boru gerilimini azaltmak için monte edilir. Tesisat sistemleri bağımsız olarak esnek bağlantılarla desteklenmelidir.

Yalıtım

Boru ısı kaybını en aza indirmek ve sıcak dış hava işletmesi sırasında yoğunlaşmayı önlemek için yalıtım uygulanmalıdır.

Diğer Tasarım Hususları

HTW merkezi tesisleri için diğer tasarım hususları Buhar için Merkezi Tesis Tasarımı bölümünde belirtil-

diği gibi buhar tesisleri ile benzerdir.

EMİSYON KONTROLÜ VE ENSTRÜMANTASYON

Kirleticiler ve Kontrol Teknikleri

Bölgesel ısıtma tesisi kazanlarında standart fosil yakıtların (doğal gaz ve ASTM sınıfı akaryakıt) yakılması aşağıdaki emisyonlara neden olur: azotoksitler, karbonmonoksit, kükürtoksitler, uçucu organik bileşikler ve partikül madde. Alt bölümler, ticari ve endüstriyel kazanlarda (bölgesel ısıtma) her bir kirleticinin oluşum ve kontrolü hakkında bilgi vermektedir (Cleaver Brooks 2010).

Azotoksitler (NO_x)

Kazanlar tarafından üretilen ana azot kirleticileri, azot oksit (NO) ve azot dioksit (NO₂)'tir, birlikte azot oksitler (NO_x) olarak adlandırılır. Kazanlarda iki çeşit NO_x bulunur: Isıl NO_x (yüksek alev sıcaklıklarında oluşur) ve yakıt NO_x (yakıttaki azotun miktarı tarafından belirlenir). NO_x oluşumunu etkileyen bir diğer faktör yakıcı hava fazlalığı seviyesidir. 100 MBtu/h (105.5 GJ/h)'den daha az girdili endüstriyel kazanlar için birçok NO_x kontrol teknolojileri ısıl NO_x'i azaltır ve yakıt NO_x'inde küçük bir etkiye sahiptir (Cleaver Brooks 2010).

Kazan NO_x kontrolleri iki çeşittir: yakma sonrası (NO_x oluşumundan sonraki emisyonları işaret eder) ve yakma kontrolü (yakma prosesi sırasında NO_x'in oluşumunu engelleyerek). Yakma sonrası metotlar, yakma kontrol tekniklerine göre daha pahalıdır ve genellikle 100 MMBtu/h (105.5 GJ/h)'ten daha az girdili kazanlarda kullanılmamaktadır.

Yakma sonrası kontrol metotları, aşağıda tanımlandığı gibi seçici katalitik olmayan indirgenme (SNCR) ve seçici katalitik indirgenme (SCR)'yi içerir.

- SNCR, kazan baca gazları içine bir NO_x indirgeyici etkin madde (amonyak veya üre) injeksiyonunu gerektirir.
- SCR, bir katalizör varlığında kazan baca gazları içine amonyağın injeksiyonunu gerektirir.

Yakma kontrol teknikleri düşük hava fazlalıklı ateşleme, düşük azotlu fuel oil, yakıcı modifikasyonları, su/buhar injeksiyonu ve baca gazı resirkülasyonunu (FGR) içerir. Yakma kontrol teknikleri alev sıcaklıklarını düşürerek yanma prosesi sırasında NO_x oluşumunu sınırlandırıp NO_x emisyonlarını azaltır. Yakma kontrol teknikleri hakkında özet tanımlar aşağıdadır.

- Düşük hava fazlalıklı ateşleme aleve giren ekstra azot ve oksijenin miktarını sınırlamak için hava fazlalığının miktarını sınırlandırmayı

gerektirir. Bu yakıcı tasarımı yoluyla sağlanabilir ve oksijen trim kontrollerinin kullanılması ile optimize edilebilir.

- Distile yakıt ateşlemeli kazanlardan NO_x seviyelerini düşürmenin yolu standart No. 2 akar-yakıtta göre 20 kata kadar daha az yakıt bağı içerebilen düşük azotlu fuel oilin kullanımını gerektirir.
- NO_x kontrolü için yakıcı modifikasyonları daha düşük alev sıcaklıkları ve daha düşük ısıl NO_x oluşumu yaratmak için standart bir yakıcının tasarımını değiştirmeyi gerektirir. Bu teknoloji doğal gaz ve distile yakıt kullanıldığında en etkindir ve ağır yakıt yakan kazanlarda az etkiye sahiptir. Eğer yakıcı modifikasyonları sadece düşük NO_x seviyelerine ulaşmak için kullanılırsa turndown (maksimum çıktı/minimum çıktı), kapasite, karbonmonoksit (CO) seviyeleri ve verim gibi işletme parametreleri üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir (Cleaver Brooks 2010).
- Alev içine su ya da buhar injeksiyonu alev sıcaklıklarını azaltır ve dolayısıyla ısıl NO_x oluşumu düşer. Su ya da buhar injeksiyonu NO_x'i %80'e kadar (doğal gaz kullanıldığında) azaltır ve akar-yakıtlar kullanıldığında daha düşük azalmalar ile sonuçlanabilir. Buna karşın, normal işletme koşulları altında, su ya da buhar injeksiyonu %3 ile %10'luk bir kazan verim kaybına neden olabilir.
- FGR, alev sıcaklığını düşürmek ve NO_x oluşumunu azaltmak için nispeten daha soğuk eksoz gazlarının bir kısmının yanma odası içine resirkülasyonunu zorunlu kılar. Şu anda 100 MMBtu/h (105.5 GJ/h)'un altında girdilerle alev borulu ve su borulu kazanlar için en etken teknolojidir.

Düşük NO_x teknolojilerindeki şimdiki eğilim kazan ve düşük NO_x ekipmanını bir paket olarak tasarlamaktır. Bu, NO_x kontrol teknolojisinin özellikle kazan ocak tasarım özellikleriyle uyumlu olmasına ve düşük NO_x teknolojisinin kazan işletme parametreleri (turndown, kapasite, verim, hava fazlalığı ve CO emisyonları) üzerindeki olumsuz etkilerini minimize etmesine imkan verir.

NO_x Kontrol Teknolojilerinin Kazan Performansına Etkileri

En iyi düşük NO_x kontrol paketi seçimi toplam kazan performansı ile düşünülerek yapılmalıdır. Bu bölüm kazan işletme parametrelerinin NO_x kontrol teknolojileri ile ilişkisini tarif eder.

Kısma

Kazanın en azından 4:1 bir kısma oranına sahip olması istenir. Bu kısma oranı ile bile kazan saatte 12 defa, veya günde 288 defa olabildiğince sık çev-

rime girecektir, çünkü kazan %25 kapasite altındaki girişlerde çevrime başlamak zorundadır. Sık döngü kazan verimini azaltır ve kazan komponentlerine hasar verir. Düşük - NO_x kontrolü kazanın kısma oranını azaltabilir.

Kapasite

En iyi NO_x kontrolünü seçerken kazan kapasitesi ve kısma oranı mutlaka birlikte düşünülmelidir çünkü bazı NO_x kontrol teknolojileri garanti edilmiş NO_x azaltımlarına ulaşmak için kazanı daha düşük kapasitelerde çalıştırabilir. Buna karşın, kazanın kapasite gereksinimi genellikle maksimum ısıtma yükü tarafından belirlenir. Bu nedenle, kazan genel yük koşulları için aşırı boyutlandırılmış olabilir. Eğer kazan aşırı boyutlandırılmış ise döngü olmaksızın minimum yüklerle başa çıkma yeteneği sınırlandırılır. Normalde bölgesel ısıtma tesisleri kapasiteyi ayarlamak için birkaç kazana sahiptir ve böylece bu bakımdan tek kazan tesislerinde daha avantajlı olurlar.

Verim

Düşük alev sıcaklığı radyant ısı transferini azaltır ve kazan verimini düşürür. Verim kaybı, konvektif ısı transferi yüzeylerinin artması tarafından (kazan maliyetinde artışla) veya FGR'den faydalanarak karşılanabilir.

Hava Fazlalığı

Hava fazlalığında minimum bir etkiye sahip olan bir NO_x kontrol sistemi seçmek en iyisidir. Kazan yakıcısı genellikle %10-%20 fazla hava (%2-%4 oksijen) ile işletilir. Daha yüksek hava fazlalığı seviyeleri gerektiren NO_x kontrolleri baca kayıplarının artması ve kazan veriminin azalması ile sonuçlanabilir. Azaltılmış hava fazlalığı seviyeleri gerektiren NO_x kontrolleri oksijence eksik bir alev ve CO veya yanmamış hidrokarbon seviyelerinde artışla sonuçlanabilir.

Karbonmonoksit Emisyonları

Düşük CO emisyonları yüksek alev sıcaklıkları ve tam hava/yakıt karışımı gerektirir. Bazı kontrol teknolojileri NO_x seviyelerini hava/yakıt karışım özelliklerinin modifikasyonu yoluyla alev sıcaklıklarının düşürülmesi ile azaltılır. Daha düşük alev sıcaklıkları ve azalan karışım yoğunluğu daha yüksek CO seviyeleri ile sonuçlanabilir. Bir FGR paketinin kullanımı CO seviyelerini artırmadan alev sıcaklığını azaltarak NO_x seviyelerini azaltabilir. Ancak, CO seviyesi yakıcı tasarımına bağlıdır. Bütün FGR uygulamaları daha düşük CO seviyeleri ile sonuçlanmaz.

Kükürt Oksitler (SO_x)

Kükürt bileşenleri (oksitler), sülfirik asit buharı oluş-

turmak için su buharı (baca gazında ve atmosferde) ile tepkimeye girer. Salımlanan SO_x'in seviyesi direkt olarak yakıttaki kükürt içeriğine bağlıdır. SO_x kirliliği ya dispersiyon (uzun bir baca ile) ya da azaltımla kontrol edilmektedir. SO_x azaltımı, düşük kükürlü yakıtla geçilerek, yakıt desülfürizasyonu, veya bir baca gazı desülfürizasyon (FGD) sistemi kullanılarak elde edilir.

Karbonmonoksit (CO)

Kazanda, yakıttaki karbon bir seri tepkimelerle oksitlenerek karbondioksit (CO₂) dönüşür. Ancak, karbonun karbondioksit %100 dönüşümü nadiren tamamlanır ve bazı karbonlar yalnızca orta derecede oksitlenerek karbonmonoksit (CO) dönüşür. Modern kazanlarda, yüksek CO salımları, kötü yakıcı tasarımları veya ateşleme koşulları nedeni ile tamamlanmamış (eksik) yanmadan kaynaklanabilir. Düzgün bir yakıcı bakımı ve işletme veya bir oksijen kontrol paketi kullanımı aracılığıyla CO'nin oluşumu kabul edilebilir bir seviyede kontrol edilebilir (Cleaver Brooks 2010).

Partikül Madde (PM)

Yanma kaynaklarından partikül madde emisyonları birçok farklı tipte nitratlar, sülfatlar, karbonlar, oksitler ve yakıttaki yanmamış elementleri içerir. Partikül kirleticiler korozif olabilir, bitki ve hayvanlar için zehirli ve insanlara zararlı olabilir. PM emisyonları iki kategoride sınıflandırılır: PM ve PM₁₀ (10 mikrondan daha küçük çaplı partikül madde). En büyük endişe vücudun doğal filtreleme sistemini bypas edebilme yeteneği nedeni ile PM₁₀'dur. PM emisyonları, yakılan yakıtın kalitesine bağlıdır. Doğal gazdan çıkan PM emisyonları, akaryakıt-tan çıkanlara göre önemli ölçüde daha azdır. Distile yakıtlar, artık yakıtlardan çok daha az partikül emisyonuna neden olur. Ağır yakıtları yakarken partikül seviyeleri başlıca dört yakıt bileşenine bağlıdır: kükürt, kül, karbon kalıntısı ve asfaltener.

Partikül kontrolünün yöntemleri kazanların farklı tipi ve boyutları için değişir. En küçük sistemler dışında birçok bölgesel ısıtma uygulamaları şebeke ölçüğünde kazanlar kullanır. Bölgesel ısıtma uygulamalarında PM kontrolü için elektrostatik filtreler, yıkayıcılar (scrubbers) ve torba filtreler yaygın olarak kullanılır. Partikül emisyonları düzgün bir yakıcı montajı, ayarı ve bakımıyla azaltılabilir, ancak daha düşük PM yakıtlara geçişle bir ölçüde gerçekleştirilir.

Uçucu Organik Bileşikler (VOC'lar)/

Hidrokarbonlar (HC'lar)

Uçucu organik bileşikler (VOC'lar) karbon, hidrojen

ve bazen de oksijenin kombinasyonlarını içeren bileşiklerdir. VOC'lar birkez havaya salındığında kolayca buharlaşırlar ve yer seviyesinde ozon oluşumundaki rolleri nedeniyle endişe kaynağıdır. VOC'lar genellikle hidrokarbonlar (HC'lar) olarak atfedilirler ve metan ve metan olmayan olarak iki kategoriye ayrılırlar.

Kazanlarda VOC'ların oluşumu uygun olmayan yakıcı montajı ve ayarı nedeniyle kötü veya eksik yanmadan kaynaklanır. Yakıcı/kazan paketinin uygun olarak bakımı (hava/yakıt oranı üreticinin belirlediği aralıkta tutmak, yakıcıda uygun hava ve yakıt basınçlarını korumak ve yakıcılarda doğru seviyelerde atomize hava basıncını sağlamak) VOC emisyonlarını bir minimumda tutmaya yardımcı olur. Bakımı düzgün yapılmayan kazan/yakıcı paketi VOC seviyelerinin normalden 100 kat daha fazla salımla sonuçlanabilir.

Bölgesel Isıtma Kazanları için Yıllık Emisyonların Hesaplaması

EPA, tüm kabul edilebilir kaynakların uyumlu olmak zorunda olduğu Yeni Kaynak Performans Standartları (NSPS) ile ulusal olarak üniform kaynaklara özel düzenlemeler getirmiştir (EPA 2013a). Bireysel kaynaklar için minimum gereksinimlerini belirleyen standartlar, yeni ya da modifiye edilmiş sabit kaynakların yaklaşık olarak 65 kategorisini belirtmektedir. Endüstriyel ölçekli kazanlar için NSPS NO_x, SO_x ve PM seviyelerini düzenler. Regüle edilmiş kirleticiler ve gereksinimler, farklı yakıtlar ve kazan boyutlarına göre değişir. Günümüzde NSPS için üç kategori vardır:

- 250 MMBtu/h (263.7 GJ/h)'ten daha büyük girdili kazanlar
- 100 ve 250 MMBtu/h (105.5 ve 263.7 GJ/h) arasında girdili kazanlar
- 10 ve 100 MMBtu/h (10.55 ve 105.5 GJ/h) arasında girdili kazanlar

Küçük kazan NSPS'i tüm yeni, modifiye edilmiş ve tekrar imal edilmiş kazanlarla, imalatın, modifiyenin veya tekrar imalatın 9 Haziran 1989'dan sonra başladığı 10 ve 100 MMBtu/h (10.55 ve 105.5 GJ/h) arasındaki girdili kazanlara uygulanır. SO_x ve kömür yakıtlı, distile ve atık yakıtlar ve odun yakan kazanlar için PM emisyon standartları ayarlar ve ayrıca doğal gaz dahil her türlü yakıt için yakıt kullanımına ilişkin kayıt tutma gereksinimlerini zorunlu kılar.

Yıllık emisyonlar genellikle yıllık ton (tpy) olarak ifade edilir. Aşağıdaki eşitlik potansiyel yıllık emisyonları belirlemek için kullanılabilir:

$$\text{Emisyon Faktörü} \times \text{Kazan Girdisi} \times \text{Yıllık Toplam İşletme Süresi} = \text{Toplam Yıllık Emisyonlar}$$

Bu bölümün geri kalanı endüstriyel kazanlar için potansiyel yıllık NO_x emisyonlarının nasıl hesaplanacağını ele alır bir örnek olarak; diğer kirleticiler için yıllık emisyonlar benzer bir yolla tahmin edilebilir.

Bir Birleşik Devletler endüstriyel bölgesel ısıtma kazanı için yıllık NO_x emisyonlarının belirlenmesinde üç detayın bilinmesi zorunludur: kazan için NO_x emisyon faktörü, kazan maksimum nominal girdi ve kazan için maksimum izin verilebilir işletme süresi. NSPS (EPA 2013) ile uyumlu olarak, "potansiyel salım" haftada 7 gün, günde 24 saat tam kapasitede işletilen bir tesisten teorik maksimum total emisyonlardır. 24 h/gün, 365 gün/yıl işletilen 800 hp (597 kW) gaz yakıtlı ve 30 ppm bir NO_x seviyesine sahip olan bir kazan için teorik maksimum yıllık NO_x emisyonlarının hesaplanması aşağıdaki gibidir (Cleaver Brooks 2010):

$$\begin{aligned} \text{Emisyon faktörü} &= 30 \text{ ppm}/850 \text{ ppm} \\ &= 0.035 \text{ lb/MMBtu} \text{ (30 ppm = 0.035 lb/MMBtu)} \\ &= 0.0151 \text{ kg/GJ} \\ \text{Kazan girdisi} &= 33.5 \text{ MMBtu/h (35.33 GJ/h) (\%80 verime göre)} \\ \text{Yıllık işletme süresi} &= 8760 \text{ h/yıl (24 h/gün} \times \text{365 gün/yıl)} \\ \text{Bu belirli kazan için yıllık NO}_x \text{ emisyonları} &= 0.035 \times 33.5 \times 8760 \\ &= 10,271 \text{ lb/yıl veya 5.1 U.S. tpy (4.67 mtpy)} \end{aligned}$$

Mevcut Emisyon Standartları

Merkezi tesis kazanlarının hava izni EPA'nın AP-42, Hava Kirletici Emisyon Faktörleri Derlemesi'ne (1995) dayanır. Buna karşın, 2010 baharında EPA daha katı standartlar önerdi, Tehlikeli Hava Kirleticileri için Ulusal Emisyon Standartları (NESHAP), endüstriyel, ticari ve kurumsal tesislerde kazanlardan ve proses ısıtıcılarından toksik hava kirleticilerinin emisyonlarını yönetmektedir (EPA 2013b). Yeni standartlar, EPA'nın Endüstriyel, Ticari ve Kurumsal Kazan Maksimum Erişilebilir Kontrol Teknolojisi Kuralı'nda (MACT) önerilen değişiklikler dizisidir (Crilley 2010). Kazan MACT olarak da bilinen bu kural, Temiz Hava Kanunu'nun 112. Bölümü (EPA 2012) altında belirtildiği gibi, "majör" ve "alan" (yani minor) kaynaklı kazanlardan ve proses ısıtıcılardan belirli tehlikeli hava kirleticiler (HAP'lar) için emisyon limitlerini ayarlamayı amaçlar. Kazan MACT kuralında bahsi geçen HAP'lar civa, partikül madde, hidrojen klorür, karbon monoksit ve dioksinler ve

furanlardır. Kuraldaki emisyon seviyeleri için temel, “maksimum erişilebilir kontrol teknolojisi” EPA tarafından, bir kaynak kategorisinde kaynakların en iyi şekilde çalışan %12’siyle başarılı mevcut ortalama emisyon limitleri olarak tanımlanmaktadır (Crilley 2010). Yeni yönetmeliğin tam uyumu 2013 için planlanmaktadır.

Kazan MACT’ın amaçlarında, bir “kazan” kontrol edilebilir alevle yanma kullanan ve buhar veya sıcak su formunda ısıl enerji alma birincil amacına sahip kapalı bir cihaz olarak tanımlanmaktadır. EPA, bir “majör kaynak” olarak, yıllık en az 10 ton herhangi bir toksik hava kirleticisi veya en az 25 ton tüm toksik hava kirleticilerin yayıldığı tesisleri göz önünde bulundurmaktadır. Kazan MACT da ayrıca, majör kaynak eşliğinin altında HAP’ları salan kazanlar ve proses ısıtıcılarda alan veya minör kaynaklar için limitleri ayarlanır. Yeni standartların bir özeti Tablo 3.1 ve 3.2’de sunulmuştur.

Bir merkezi tesis bir kez majör veya alan emisyon kaynağı olarak tanımlandığında bir sonraki adım, etkilenen birimlerin uyum durumunu belirlemektir. Bu, yakıt analizleri ve/veya emisyon testi yaparak gerçekleştirilebilir. Zamanla eser element konsantrasyonlarının önemli ölçüde değişebilmesi nedeni ile yakıt değişikliğini ölçmenin gerekliliği olduğu akılda tutmak önemlidir. Bir tesis, yakıt değişkenliğini belirlemek ve emisyon ölçümlerinin doğruluğunun her ikisinden de emin olmak için uzun dönem bir yakıt örnekleme programı kurmayı düşünmek isteyebilir.

Uyumluluk Çözümleri

Kazan MACT kuralı ile uyumu sağlamak için herbiri karşılıklı bağlantılılık ve emisyonların birbirleriyle sahip olduğu ters orantılı ilişkiler tarafından tamamlanan çeşitli seçenekler mevcuttur. Bu çözümler her bir belirli tesise, yakıta, birim konfigürasyonuna ve potansiyel olarak her işletmeye özgü olacaktır. Hiçbir şekilde, aşağıda belirtilen stratejiler total bir çözüm olarak görülmemelidir, çünkü değişkenler ve HAP seviyeleri bunların herhangi birinin uygulamasıyla değişebilir; bir HAP’ı düzeltmek, diğerini pozitif ya da negatif olarak etkileyebilir.

Civa

Eğer civa, bir kirleticisiye (ağırlık olarak) ve yakıt ısı girdisine (MMBtu [GJ]) bağlıysa, çözüm yüksek derecede yakıt ve birim konfigürasyonuna özgü olacaktır. Partiküldeki civa, elementel ya da oksitlenmiş formda olabilir. Örneğin, eğer emisyonlar elementel civada düşük ve partikül yapıda ya da oksitlenmiş civada daha yüksekse ve ünitenin mevcut bir torba

filtresi varsa, baca gazında civa konsantrasyonu için yeni düzenleme gerekliliklerinin altında olma ihtimali vardır. Buna karşın, eğer civa oksitlenmişse ve ünite yüksek bir yanmamış karbon seviyesine sahipse civa seviyesi uyum içerisinde olabilir ya da olmayabilir. Bu, civa için çözümün açıkça hem yakıt hem de konfigürasyona özgü olacağı anlamına gelir.

Karbon bazlı injeksiyon çözümleri, uçucu kül kalitesi ve etki kazanlarını riske attığından kül bertarafı da göz önünde bulundurulmak zorundadır. Seçenekler bir oksitleyici, aktif karbon, yeni karbon içermeyen sorbentler veya bu tür çözümlerin bir kombinasyonunu içerebilir. Desülfürizasyon sistemleri birimler veya yaş partikül yıkayıcılar farklı indirgenme yöntemleri gerektirebilir ya da herhangi bir ilave HAP azaltma sistemine gerek olmaksızın şartları sağlayabilir.

Hidrojen Klorür

Hidrojen klorürü azaltmanın genel bir yolu sodyum seskikarbonat, sodyum bikarbonat, hidratlı kireç veya halihazırda bulunan ya da belirli şirketlere özel çeşitli diğer sorbentlerden olan bir sorbent injekte etmektir. Yarı kuru yaş desülfürizasyon sistemleri veya yaş partikül yıkayıcılar ile birim konfigürasyonları sorbent injeksiyonu veya ilave sistemlere gerek olmadan şartları sağlayabilir.

Partikül Madde (PM)

PM’yi azaltmak için çözüm, tesisin partikül toplama cihazını güncellemek veya değiştirmektir. Partikül giderme sistemleri siklon ayırıştırma, yaş partikül yıkayıcılar, elektrostatik filtreler ve torba filtreleri içerir. Genellikle torba filtreler PM şartlarını sağlamayı garanti eder. Tüm diğer cihazlar, şartları sağlama yeteneğinde değerlendirme ve bir karar gerektirecektir.

Karbonmonoksit (CO)

CO çözümleri bir miktar daha zorlayıcıdır. Yüksek seviyeler, kötü veya eksik yanmayı gösterir. Bu HAP’ı azaltmak için çözüm, bir üst yakıcı sistemi monte etme ve/veya yanma bileşenlerini (yakıcılar, ızgaralar vb.) optimize etme ihtimali olacaktır. Bu bileşenler, hidrokarbon ve CO’nun yüksek verim ve eksiksiz yanma yoluyla azalmasına izin verecektir.

Ayrıca bu sistemleri eklemenin artan ünite verimi, daha düşük NOx emisyonları ve toplam tesis işletme maliyetlerinin (yakıt, kimya, işletme/bakım vb.) azaltılması gibi avantajları da vardır.

**Tablo 3.1 Ana Kaynak Kazanları ve Proses Isıtıcıları için Emisyon Limitleri
(Ana kaynak tesisi yılda 10 ton bir tek HAP veya 25 ton birden fazla HAP salmaktadır)**

Mevcut/ Yeni	Yakıt	Ateşleme Yöntemi	Partikül Madde (PM), lb/MMBtu (kg/GJ)	Hidrojen Klorür (HCl), lb/MMBtu (kg/GJ)	Cıva (Hg), lb/TBtu (kg/TJ)	Karbon monoksit (CO), ppm@ %3 O ₂	Dioksinler/Furanlar (Toplam toksisite eşdeğeri), her kuru standart metreküpte nanogram (ng/dscm)
Mevcut	Kömür	Stoker	0.02 (0.0465)	0.02 (0.0465)	3 (7)	50	0.003
Mevcut	Kömür	Akışkan Yatak	0.02 (0.0465)	0.02 (0.0465)	3 (7)	30	0.002
Mevcut	Kömür	Pulverize	0.02 (0.0465)	0.02 (0.0465)	3 (7)	90	0.004
Mevcut	Biyokütle	Stoker	0.02 (0.0465)	0.006 (0.014)	0.9 (2.1)	560	0.004
Mevcut	Biyokütle	Akışkan Yatak	0.02 (0.0465)	0.006 (0.014)	0.9 (2.1)	250	0.02
Mevcut	Biyokütle	Süspansiyon (Kuzine)	0.02 (0.0465)	0.006 (0.014)	0.9 (2.1)	1010	0.03
Mevcut	Biyokütle	Yakıt Pilleri	0.02 (0.0465)	0.006 (0.014)	0.9 (2.1)	270	0.02
Mevcut	Sıvı		0.004 (0.0093)	0.0009 (0.0021)	4 (9.3)	1	0.002
Mevcut	Gaz		0.05 (0.116)	0.000003 (0.000007)	0.2 (0.465)	1	0.009
Yeni	Kömür	Stoker	0.001 (0.0023)	0.00006 (0.00014)	0.2 (0.465)	7	0.003
Yeni	Kömür	Akışkan Yatak	0.001 (0.0023)	0.00006 (0.00014)	2 (4.65)	30	0.00003
Yeni	Kömür	Pulverize	0.001 (0.0023)	0.00006 (0.00014)	2 (4.65)	90	0.002
Yeni	Biyokütle	Stoker	0.008 (0.0186)	0.004 (0.0093)	0.2 (0.465)	560	0.00005
Yeni	Biyokütle	Akışkan Yatak	0.008 (0.0186)	0.004 (0.0093)	0.2 (0.465)	40	0.007
Yeni	Biyokütle	Süspansiyon (Kuzine)	0.008 (0.0186)	0.004 (0.0093)	0.2 (0.465)	1010	0.03
Yeni	Biyokütle	Yakıt Pilleri	0.008 (0.0186)	0.004 (0.0093)	0.2 (0.465)	270	0.0005
Yeni	Sıvı		0.002 (0.00465)	0.0004 (0.00093)	0.3 (0.7)	1	0.002
Yeni	Gaz		0.003 (0.007)	0.000003 (0.000007)	0.2 (0.465)	1	0.009

Kaynak:NARA (2010a).

**Tablo3.2 Alan Kaynaklı Kazanlar için Emisyon Limitleri
(Alan kaynaklı tesis majör kaynaklı eşik altında HAP'ları yayar)**

Mevcut/Yeni	Yakıt	Partikül Madde (PM), lb/MMBtu (kg/GJ)	Civa (Hg), lb/TBtu (kg/TJ)	Karbonmonoksit (CO), ppm
Mevcut	Kömür		3 (7)	310 (@%7 O ₂)
Mevcut	Biyokütle			160 (@%7 O ₂)
Mevcut	Akaryakıt			1 (@%1 O ₂)
Yeni	Kömür	0.03 (0.07)	3 (7)	310 (@%7 O ₂)
Yeni	Biyokütle	0.03 (0.07)		100 (@%7 O ₂)
Yeni	Akaryakıt	0.03 (0.07)		2 (@%3 O ₂)

Kaynak:NARA (2010a).

Dioksinler/Furanlar

Dioksinler ve furanlar baca gazının yanma sonrası soğumasıyla oluşur. Dioksin/furan tutma ve azaltma için mümkün olan strateji sorbent injeksiyonudur. Dioksinleri/furanları azalttığı bilinen sorbentlerden biri aktif karbondur. Orijinal MACT kuralı bu HAP'ı içermediğinden, dioksinlerin/furanların emisyon değerlerinin başlangıç ölçümleri ve sorbent injeksiyonunun test edilmesi uygun çözüme karar vermek için gerekli olabilir.

Diğer Ölçümler

Mevcut diğer HAP azaltma seçenekleri en geniş olarak yakıt değişimini inceler. Bir yakıt değişiminin mantıklı olup olmadığını anlayabilmek için her bir tesis kendi emisyon envanterini, işletme maliyetlerini, bakım maliyetlerini, ekipmanları yenileme veya değiştirme maliyetlerini ve gelecek için bir tahmin analiz etmesi gerekecektir.

Uyumluluk Çözümleri Özeti

Uyumluluk stratejileri belirlenirken bölgesel ısıtma santralleri ve diğer tesisler için göz önünde bulundurulması gereken bir çok değişkenler vardır. Uyumluluğu sağlamak için bir santralin kullanabileceği herbirinin avantajları ve dezavantajlarıyla birkaç tipte ürünler ve hizmetler vardır.

Bir merkezi tesis hizmeti için toplam çoklu kirletici azaltımı adına Kazan MACT için bir uyumluluk planı geliştirmek önemlidir.

Böyle bir çoklu kirletici azaltımı stratejisi, endüstride anahtar olan, ünite esnekliğini sağlayabilir. Çoklu kirletici kontrolü ile bir çözüm bulmak ilave yönetmeliklerin ufukta olması ve muhtemelen daha sıkı

olması nedeni ile de bir öncelik olmalıdır.

Gelecekteki yönetmelikler Alan Kaynaklı Kazan MACT'ını, Kükürt Partikül Madde ve Ozon Ulusal Çevre Hava Kalitesi Standartlarını içerir. Buna ek olarak, Temiz Hava Eyaletlerarası Yasası Artı (NO_x ve SO_x'i düzenler) ve Temiz Hava Civa Yasasının ikisi için esasen Kasım 2011'de planlanan son bir resmi karar, yerine geçecek yasaları böyle bir zamanda hukuki inceleme daha fazla bekleyemeyeceği kadar veya EPA, yasaları yeniden değerlendirmeyi bitirene kadar, ki hangisi daha önce ise, ertelenmiştir. Bölgesel ısıtma segmentinden yaklaşan yeni düzenlemeler çerçevesinde SO_x ve NO_x kurallarını karşılayabilmesi de istenebilir.

BÖLGESEL ISITMA TESİSLERİ İÇİN ENSTRÜMANTASYON VE KONTROLLER

Genel

Bu bölüm, bölgesel ısıtma tesisinin gereksinimlerini karşılamak için aletlerin ve kontrollerin seçimi adına kriterleri ele alır (DOD 2007).

Mikroişlemci Bazlı Kontroller

Mikroişlemci bazlı kontrol sistemleri ardışık mantık kontrolü ve oransal kontrolü tek bir kontrol cihazında sağlayabilir. Bu yeti, ardışık mantık ve oransal kontrollerin ikisini de kullanan kazan kontrol sistemlerini daha esnek ve güvenilir olmasının yanında daha maliyet etken hale getirmektedir. İşlemci birimler tek döngülü kontrolör olarak kullanılabilir veya daha güçlü işlemci birimleri kül tutma kontrolü veya yakma kontrolü gibi tekil kontrol alt sistemlerine uygulanabilir. Mikroişlemci bazlı kontroller için

esas göz önünde kullanılması gerekenler aşağıdadır:

- Saha cihazlarına girdiler ve çıktılar çok sayıda olabilir. Veri yolu tüm işlemci birimleri veri depolama ve kazanım bileşenlerine, LCD'lere, operatör konsollarına, kaydedicilere ve yazıcılara bağlayarak tüm bileşenler arasında iletişim sağlar. Oransal kontrol araçları ve ardışık mantık arasındaki iletişim serbestçe akar. Veri kazanımı ve kontrol için operatör arayüzü LCD'ler, klavyeler ve yazıcılar kullanarak veya kontrol istasyonu göstergeleri ve operatör konsoluna yerleştirilmiş kayıt cihazları aracılığıyla sağlanabilir. LCD'ler, klavyeler ve yazıcılar kullanıldığında birim boyutuna bağlı olarak ihtiyaç fazlası mikro işlemciler zaman zaman kullanılır.
- Program mantığı, kısıtlı donanım revizyonlarıyla rahatlıkla değiştirilebilir veya genişletilebilir. Sistem seçimi, programlanabilir kontrol sistemlerinden tam dağıtımlı dijital kontrol sistemlerine kadar değişkenlik gösterebilir. Uygun mikro işlemci bazlı sistemin seçimi için kriter ünite boyutunu, oransal kontrol ve gerekli ardışık mantığın tipi ve miktarı, operatör arayüz gereksinimlerini ve sistem güvenlik gereksinimlerini içermelidir.
- Dağıtımlı dijital kontrol sistemleri, mantığın süreç değişkenini kontrol için bulunduğu yerde mikro işlemci birim kontrollerine iletişim için sinyalleri işleyen ve çoğaltan süreç girdi/çıkış sensörlerini ve terminasyon (son) ünitelerine bağlanmış aktüatörleri içermektedir. Bütün mikro işlemci birim kontrolleri birbirleriyle ve operatör arayüz istasyonu için noktaları, bir mühendis iş istasyonunu ve tesis kontrollerinin balansı (BOP) için programlanabilir mantık kontrolörlerini (PLC'ler) içeren bir bilgi yoluyla iletişindedir.
- Kontroller için dağıtımlı kontrol sistem mantığı, proses etrafına konumlandırılmalıdır. Bu proses kontrolörü, diğer kontrolörleri ile mühendis iş istasyonu, veri toplama sistemi ve operatör arayüzüyle iletişim halinde olmalıdır. Kontrol sistemi, proses kontrolörüne operatör arayüzü, veri toplama sistemi ve diğer proses kontrolörleri ile iletişiminin kaybolması üzerine görevine devam etmesine izin vermek için konfigüre edilmiş olmalıdır.

Kontrol Sisteminin Güvenilirliği

Kontrol sistemi güvenilirliğini sağlamak için kullanılan metodlar birim boyutuna, tesis işletmesinin öneme ve kontrol sistemi hatasının maliyetinin yedek donanımın maliyetinin karşılaştırılmasına bağlıdır.

- Güç kaynakları. Kontrol sistemine giden gücün bir yedek beslemeye sahip olması zorunludur. Mikro işlemci bazlı sistemler ya ayrı bir AC kay-

nağından veya kesintisiz bir güç beslemesinden yedek bir güç beslemesine sahip olmak zorundadır. Ya birincil güç kaynağının ya da yedek güç hizmetinin kaybı tespit edilmeli ve alarmla bildirilmelidir.

- Kontrol sistemi korumaları. Mikro işlemci bazlı kontroller oldukça güvenilirdir, ancak korumalar, komponent hatasının etkilerini sınırlamak için sağlanmak zorundadır. Kritik alt sistemler için bir mikro işlemciden diğerine girdi ve çıktılar otomatik değişmesiyle gereğinden fazla mikro işlemciler göz önünde bulundurulmalıdır. Veri yolu döngülü veya gereğinden fazla olmalıdır böylece veri yolunun bir segmentindeki hata, iletişimin kaybıyla sonuçlanmayacaktır. Kontrol elemanları aktüatörlere elektrik veya pnömatik gücün kesilmesi veya girdi sinyalinin kaybı üzerine güvenli bir konumda hata vermesi için tasarlanmış olmalıdır. Parçalarda veya alt sistem düzeyinde gücün kaybı ilgili otomatik/manuel istasyonların işletmede manuel moda geçişine neden olmak zorundadır. Kontrol mantığı, devamlı iç diagnostik yetisine sahip olmalı ve herhangi bir komponent hatasının tespiti üzerine manuele geçmeli ve hatanın nedenini belirtmelidir. Mikro işlemciler, güç hatası durumunda silinmeyecek kalıcı bellekler içermelidir.

Kontrol Sisteminin Genişlemesi

Kontrol sisteminin mimarisi sistemin tüm seviyelerinde genişlemeye izin vermelidir. İlave noktalar, ilave işlemci birimlerine, mühendis iş istasyonlarına (EWS'ler) ve kontrol sistemine eklenecek olan operatör arayüz LCD'lerine izin verecek şekilde yerel alan ağına (LAN) eklenebilir.

Veri Bağlantısı

Proses sinyalleri terminasyon birimlerine ve sinyal düzenleyiciler aracılığıyla mikro işlemci kontrolörlerine bağlı olmalıdır. Mikro işlemci bazlı kontrolörler arasında veri değişimi için ve mikro işlemci bazlı kontrolörler, veri toplama sistemleri, operatör arayüzü ve EWS'ler arasındaki kontrol sistemi veri yolu gereğinden fazla olacaktır. Veri yolları fiber optik kablolanmanın eş eksenli ya da sarımını kullanmalıdır. Veri aktarımının hızı artmaya devam etmektedir ve böylece gelecekteki gereksinimler özelliklerin belirlenmesinden önce araştırılmalıdır.

Enstrümantasyon

Bütün enstrümantasyon faaliyetleri, Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) tarafından takip edilebilir enstrümantasyon kalibrasyonuna sahip olmalıdır.

Transmitterler, kontrol sürücüleri, kontrol vanaları ve tesisat enstrümantasyonu proses değişikliklerini algılayabilmek için sağlanmalı ve prosesi kontrol etmek için kontrol sisteminin vana ve damperleri konumlandırmasına izin vermelidir. Tüm alan araçları, belirli bir sensörün konumu nedeni ile daha katı gereksinimlere ihtiyaç yoksa, sıcaklık koşullarının 20°F ile 160°F (-6.7°C ile 71.1°C) arasında değiştiği tozlu atmosferde çalışabilecek şekilde tasarlanmalıdır.

Alan Transmitterleri

Elektronik transmitterler (vericiler), ölçülmüş değişkenle doğrusal olan bir 4-20 mA DC sinyali üretmelidirler. Elektronik transmitterler, belirli bir uygulama için olmadığı zamanlar dışında, iki kablolu olmalıdır. Kapsüle edilmiş elektronikler herhangi bir transmitterde kabul edilemez. Transmitterler, ölçülmüş proses değişkeninin maksimum değerinin %110 ile %125 arasında standart bir skalada değişen çıktı sinyalinin kalibre edilmiş bir skala aralığını temsil ettiği gibi seçilmiş olmalıdır. Transmitterler, talep edilen hizmet için tasarlanmış olmalıdır ve montaj destekleri ile sunulacaktır. Süpürme (purge) sayaçları ve fark regülatörleri kazan gaz hizmetleri veya kömür hava karışımı hizmetleri için transmitterlerde kullanılmalıdır. Bir transmitter üzerinde transmitter yük limitleri içinde yükte bir değişiklik, aktarılan sinyali bozmayacaktır. Transmitterin yük limitleri minimum 600 ohm olmalıdır. Transmitterler, ya bütünleşik ya da saha montajlı yerel göstergelerle tedarik edilmelidir. Dağıtımlı kontrol sistemleri için kullanılan transmitterler, analog sinyalede görünmeyen çift dijital iletişim özelliği olan "akıllı" tipte olmalıdır. Akıllı transmitterler, bir el terminali aracılığıyla uzaktan kalibre edilebilir. El terminalinde mevcut olan veriler, programlanmış cihaz numarasını, cihaz bilgisini ya da seri numarasını, cihaz konumunu, son kalibrasyon tarihini, kalibrasyon aralığını ve ölçümleri içermelidir. Göz önünde bulundurulması gereken transmitter ve sensör çeşitleri aşağıdakileri içerir.

- Debi vericileri. Birçok tipte debi transmitterleri bulunmaktadır. Bunlar, karekök alınmasıyla fark basınç, türbin debimetre, yer değiştirmeli (eğik) disk tipi transmitterleri, ultrasonik akış transmitterlerini ve manyetik akış ölçerleri içermektedir. Debiyi ölçmek için en yaygın metot bir orifis, akış nozulu, venturi, vorteks saçıntısı, pitot tüpü ya da piezometre halkası boyunca fark basıncı ölçmektir. Çıktı sinyali doğrusal hale getirmek için karekök alınması çok önemlidir. Fark basınç ölçümü, birçok buhar tesisi debi uygulamalarında kullanılmalıdır. 4-20 mA yer

değiştirmeli (eğik) disk transmitterleri genellikle fuel oil debisi ölçümü için kullanılır. Debi transmitterleri, ölçüm aralığının %0.5'i içinde her 100°F (37.8°C) değişimde %1.0'i geçmeyecek şekilde ortam sıcaklığının etkisiyle %20'den %100'e kadar doğruluğa sahip olmalıdır. Büyük su borusu uygulamaları için mag meterler (manyetik ölçerler) daha uygulanabilir olabilir.

- Seviye transmitterleri. Seviye transmitterleri için ölçüm elemanları diyafram, körükler, bourdon borusu, strain gage (uzama ölçer) transdüseri, kafesli şamandıra ya da cantalı basınç kapsülü olacaktır. Seviye transmitterleri ölçüm aralığının %0.5'i içinde çevre sıcaklığı etkisi ile her 100°F (37.8°C) değişimde %1.0 aralığını geçmeyecek doğrulukta olmalıdır. Çıktı sinyali, hissedilen seviye ile doğrusal olmalıdır.
- Basınç ve diferansiyel (fark) basınç transmitterleri. Basınç transmitterleri için ölçüm elemanları genelde diyafram, körükler, bourdon borusu ya da strain gage (uzama ölçer) çeviricisidir. Basınç transmitterleri, ölçüm aralığının %0.5'i içinde çevre sıcaklığı etkisi ile her 100°F (37.8°C) değişimde %1.0 aralığını geçmeyecek doğrulukta olmalıdır. Fark basınç transmitterleri için ölçüm elemanları genellikle diyafram, körükler ya da cantalı basınç kapsülüdür. Fark basınç transmitterleri, ölçüm aralığının %0.25'i içinde çevre sıcaklığı etkisi ile her 100°F (37.8°C) değişimde %1.0 aralığını geçmeyecek doğrulukta olmalıdır. Basınç ve fark basınç transmitterleri için çıkış sinyalleri genellikle hissedilen basınç veya fark basınçla doğrusaldır.
- Sıcaklık sensörleri. Sıcaklık ölçümü için birçok farklı tipte sensör kullanılabilir. Isıl çiftler, iki benzer olmayan metal tek noktada birleştirildiğinde oluşturulan bir termoelektrik devresi tarafından sıcaklığı algılar. Sıcaklık algılaması için geniş bir çeşitlilikte ısıl çiftler mevcuttur. J tipi (demir-konstantan) ve K tipi (kromel-alumel) kazan tesisi uygulamaları için en yaygın tiplerdir. J tipi ısıl çiftler, 32°F'den 1382°F'a (0°C'dan 750°C'ye) sıcaklıklar için kullanılabilir. K tipi ısıl çiftler -328°F'tan 2282°F'a (-200°C'den 1250°C'ye) sıcaklıklar için kullanılabilir. Kullanılan ısıl çiftin tipi, J veya K, algılanan sıcaklığa bağlı olarak seçilmelidir. Kazan tesisinde tüm ısıl çiftler aynı tipten olmalıdır. Rezistans sıcaklık detektörleri (RTD'ler) bir metalin direnci ve sıcaklığı arasındaki ilişkiye bağlı olarak sıcaklığı algılar. Kazan tesisi uygulamalarında en sık kullanılan RTD, 32°F (0°C)'de 100 ohm'luk bir dirençle platin RTD'dir. Contalanmış hazneli ve kapılar (civalı termometreler gibi) sensörler,

contalı bir sistemde bir akışkanın sıcaklığındaki değişim nedeni ile hacimdeki değişimin hissedilmesi tarafından sıcaklığı belirler.

- Sıcaklık transmitterleri. Sıcaklık transmitterleri için ölçüm elemanları ısı çift, RTD veya contalı hazne ve kapılar'dır. Sıcaklık transmitterleri, ortam sıcaklığı etkisinin her 100°F (55.6°C) değişimde %1.0 aralığını geçmediği %0.5 aralığı içinde doğru olmalıdır. Sıcaklık transmitterleri için çıktı sinyalleri, genellikle hissedilen sıcaklıkla lineer olmalıdır.
- Oksijen analizörleri. Oksijen analizörleri, yerinde bir zirkonyum algılama elemanı kullanan direkt-prob tipi olmalıdır. Eleman, direkt olarak gaz akışı içine daldırılacak ve proses gazlarına direkt temas edecektir. Algılayıcı eleman uçucu küllerin algılayıcı elemana direkt çarpışını engellemek için koruyucu bir kılıfla sağlanmalıdır. Analizör, prostesten ayrılmadan günlük otomatik kalibrasyon kontrollerine izin vermek için donatılmış olmalıdır. Analizördeki hücre sıcaklığı sıcaklık kontrolörü tarafından uygun bir sıcaklıkta tutulmalıdır. Analizör, FM Global Onay Rehberi ile (2013) uyumlu "baca içi" analiz tekniği için sertifikalı olmalıdır. Analizör, bir tam montaj için gereken tüm aksesuarlarla donatılmış olmalıdır.
- Opaklık monitörleri. Opaklık monitörleri, partikül emisyonlarının seviyesini belirlemek için transmissometre prensiplerini kullanmaktadırlar. Baca gazı akımı boyunca bir ışık demeti yansıtılır ve bir detektör baca gazında partikül tarafından neden olunan ışık geçirgenliğindeki değişiklikleri kaydeder.
- Baca gazı monitörleri. Çevresel makamlara raporlar için gerekli tüm parçalarla baca gazı monitörleri sağlanmalıdır. Baca gazı monitörleri ya yerinde (mahalde) ya da çıkarılabilirlerdir. Yerinde monitörler direkt olarak bacaya veya baca duman yoluna eklenir ve bakım için erişim sağlanmalıdır. Çıkarılabilir sistemler ıslak, kuru veya seyreltiktir. Islak çıkarılabilir sistem örnekleme hatları, korozyonu önlemek için ısıtılmalıdır. Kuru sistemler suyu uzaklaştırmak için bir soğutucu kullanır. Seyreltik sistemler, örnekleme hattının ısıtılması veya örneğin kuru tutulması gereksinimini elimine ederek örneği seyreltmek için temiz kuru hava kullanır. Ya yerinde ya da çıkarılabilir baca gazı monitörleri kullanılmalıdır, analiz edilecek çeşitli gazlar için ikisinin bir karışımı değil. Tüm analizörler, kendiliğinden kalibrasyon özelliğine sahip olmalı ve kontrol odası ikazı için temaslı çıktılara sahip olmalıdır.

ISSN 1302 - 2415
www.ttmd.org.tr



TTMD

ISITMA, SOĞUTMA,
HAVALANDIRMA,
KLİMA, YANGIN VE
SIHHİ TESİSAT DERGİSİ
HVAC, Refrigeration,
Fire Fighting &
Sanitary Journal

TTMD Adına Sahibi

Prof. Dr. Birol Kılıç

Dergi Yayın Yönetmeni

Dr. Murat Çakan

Dergi Yayın Yönetmeni Yrd.

Dr. M. Zeki Yılmazoğlu

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

Erol Ergezen

Dergi Yayın Sorumlusu

Ozan Yavuz

DERGİ YAYIN KURULU

Zeki Aksu
Kazım Beceren
Gökhan Ünlü
Orhan Bağran
Emre Özmen
Okan Sever

DANIŞMA KURULU

Kahraman Albayrak	Hasan Heperkan
Gürkan Arı	Akdeniz Hiçsönmez
Ahmet Arısoy	Ömer Kantaroğlu
İbrahim Atılğan	Engin Kenber
Abdullah Bilgin	Abdurrahman Kılıç
Erdinç Boz	Birol Kılıç
Aytekin Çakır	Olca Kincay
Celalettin Çelik	Ömer Köseli
İrfan Çelimli	Rüknettin Küçükçalı
Fatma Çölaşan	Celal Okutan
Nilüfer Eğrican	Numan Şahin
Hüseyin Erdem	Macit Toksoy
Serper Giray	Bahri Türkmen
Gülden Gökçen	Haşmel Türkoğlu
Hüseyin Günerhan	Gönül Utkuoglu
Ersin Gürdal	Cafer Ünlü
Serdar Gürel	Tuncay Yılmaz
Murat Gürenli	Zerrin Yılmaz
Arif Hepbaşlı	Abdülvahap Yiğit

İLETİŞİM

TTMD Genel Merkezi:
Bestekar Caddesi Çimen Apt.
No:15/2 Kavaklıdere / Ankara
Tel: 0312 419 45 71 - 72
Faks: 0312 419 58 51
Web: www.ttmd.org.tr
E-posta: ttmd@ttmd.org.tr

YAPIM

DOĞA AJANS
Alınazım Sok. No: 30 Koşuyolu, Kadıköy - İstanbul
www.dogaajans.com.tr

BASKI

ŞAN OFSET MATBAACILIK SAN. TİC. LTD. ŞTİ.
Adres: Hamidiye Mah. Anadolu Cad. No: 50
Kağıthane/İstanbul
Tel: 0212 289 24 24

Tüm Türkiye'de dağıtılmaktadır. Basın Kanununa göre yerel süreli yayındır.



Hi-FLEXi
Full DC Inverter



VRF
sistemi

Qingdao Hisense Hitachi Air-Conditioning System Co. Ltd.
Hisense VRF Sistemleri Yarım asırlık tecrübeye dayanan ÜNTES® güvencesiyle

www.untесvrf.com.tr

Satış ve Pazarlama

53. Cad. 1450. Sokak Ulusoy Plaza No: 9/43,
06520 Çukurambar, Çankaya - Ankara
☎ +90 312 284 17 11 ☎ +90 312 284 17 14

İstanbul Bölge Müdürlüğü

Atatürk Mah. Mustafa Kemal Cad. No:11 Üntes
İş Merkezi Küçükbakkalköy, Ataşehir - İstanbul
☎ +90 216 456 04 10 ☎ +90 216 455 12 90

İzmir Bölge Müdürlüğü

1348 Sokak Teknik Malzeme
İş Merkezi Gıda Çarşısı, Yenisehir - İzmir
☎ +90 232 469 05 55 ☎ +90 232 459 12 92

Adana Bölge Müdürlüğü

Fuzuli Caddesi Galeria
İş Merkezi No:250, Seyhan - Adana
☎ +90 322 459 00 40 ☎ +90 322 459 01 80