



**bu bir MMO
yayıdır**

MMO, bu makaledeki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan ve basım hatalarından sorumlu değildir.

Tesisat Akışkan Ana ve Branşman Hatlarında Debi Ayarı İçin Kullanılan Düzenler

AKDENİZ HIÇSÖNMEZ

AKDENİZ MÜH.
Hoşdere Cd. No: 180/5
ANKARA

TESİSAT AKIŞKAN ANA VE BRANŞMAN HATLARINDA DEBİ AYARI İÇİN KULLANILAN DÜZENLER

Akdeniz HIÇSÖNMEZ

ÖZET

Birden fazla devreli hava ve su sistemleri, ne kadar itina ile tasarlanmış olurlarsa olsunlar, tasarımda istenilen debi değerlerine ulaşılabilmesi için, ayarlanmaları gerekir. Bu yazıda, tesisat akışkan ana ve branşman hatlarında debi ayarı yapılabilmesi için kullanılan düzenler, nitelik, uygulama yeri ve şekli, ilgililerin sorumluluğu ve yöntemleri incelenmiş ve gerekliliği vurgulanmıştır.

Özellikle bu günkü durumda yurt dışından temin edilebilen devre ayar ve ölçüm elemanlarının, yurt içinden kolayca temin edilebilme olanağının, konu ile ilgili sektörlerçe, sağlanması tasarımcı ve uygulamacılara, debileri hesaplanan değerlere getirilerek ayarları yapılmış bir tesisat teslim etmeleri yönünden fevkalade yardımcı olacaktır.

GİRİŞ

Yetişkin insanlar, zamanlarının % 85'ten fazlasını yapı içlerinde çalışarak, dinlenerek, eğlenerek ve uyuyarak geçirirler. Herhangi bir hastalığı olmayan kişinin kendisini iyi hissetmesi ve içindeki verimlilik yapı içindeki iklimik şartlarla doğrudan ilişkilidir. Şu halde, yapı içindeki iklimik şartlara nelerin etki ettiğini ve maksimum konfor şartları için, binaların nasıl kontrol edilmesini, bilmek çok önemlidir.

İnsan vücudu şimdiye kadar bilinen sıcaklık kontrolü sistemlerinin en iyilerinden biridir. Vücudumuz, iç ve dış etkenleri değerlendirip vücut sıcaklığını, dengeli bir şekilde fevkalade bir doğrulukla, sabit bir sıcaklıkta tutar (37°C).

Konforu etkileyen unsurlar ;

- Mutlak hava sıcaklığı,
- Etraftaki yüzeylerden termal radyasyon (şayet etraftaki yüzey sıcaklığı iç hava sıcaklığından farklı ise, bu sıcaklık farkı hissedilir)
- Havanın konveksiyonu, (şayet hava sıcaklığı 37°C den az ise her türlü hava hareketi vücuttan ısı alır ve dolayısıyla iç oda sıcaklığı daha azmış gibi hissedilir. 0,1 m/s hava hızı, ihmal edilebilir hız sınırındır.)
- Hava sıcaklığına bağlı izafi nem miktarı
- Vücutla temasta olan yüzeylerin sıcaklık götürmesi (giyisilerin özellikleri gibi) etkenlerdir.

Yapı tesisat sistemleri ile amaçlanan, konfor şartlarının en ekonomik bir düzenleme ile maksimuma getirmesidir. Çalışır vaziyete getirilen tesisat sistemlerinin " ayarlanarak, dengelenmesi ", 1973 ve 1979'da yaşanan petrol krizleriyle, enerji fiyatlarındaki aşırı artışlar, ve insanın daha üretici olması için konforun gerekliliğinin anlaşılması, sonucunda daha fazla önem kazanmış ve kontrol sistemlerinin imalatçıları, daha hassas ölçü-ayar dengeleme yapabilen cihazları geliştirmişlerdir.

Genellikle tesisat sistemlerinde sadece çok sıcak veya soğuk diye, değil, aynı zamanda sistemin, uç üniteleri, terminal üniteler diye adlandırdığımız hava ısıtma cihazları (unit heaters) fan-coil üniteleri, hava karışım kutuları (mixing boxes) ve değişken hava hacmi kutuları (VAV Boxes), endüksiyon üniteleri (induction units) ve radyatörlerin gürültü yaptığı, ve sıcaklığın çok sık azalıp çoğaldığından şikayet edilir.

Bu gibi durumlarda sistemin, normal ayarla dengelenmiş bir sisteme nazaran, % 25 - 40 kadar daha fazla enerji kullanarak çalıştığı saptanmıştır. Aynı problemlere, doğru tasarlanmış ve boyutlandırılmış ve çağdaş kontrol cihazları kullanılmış tesislerde de rastlanabilir. Tabii olarak hata, kontrol elemanlarının fonksiyonlarını, yerine getirmediğinde aranır.

Genelde, problemlere sebebiyet veren unsur akış miktarlarının bazı devrelerde çok yüksek ve bazı devrelerde çok düşük olmasıdır.

Bu yazıda, mümkün olduğunca, her türlü klima (air conditioning) ve soğutma sistemlerinde test, ayar ve dengeleme işlemlerinin standartlaştırılmasına yardımcı olacak bilgiler verilmeye çalışılacaktır. Ülkemizde hava dağıtım sistemlerinin tatbikatı hidronik devrelere nazaran daha fazla uygulanır olması nedeniyle hidronik sistemlerin ayar ve dengeleme işlemleri daha fazla etüd edilecektir.

TARİFLER

Sistemin dengelenmesi; tasarımda verilen değerlere ulaşılması için yapılan ayarlamalar ve testlerdir. Bu işlemlerde (a) hava ve su dağıtımının dengelenmesi (b) elektriksel ölçümler (c) tüm makina, teçhizat ve kontrol elemanlarının performanslarının doğruluğu ve (d) gürültü ve titreşim test ve ayarlamaları yapılır.

Bununla ilgili olarak, (1) monte edilen tesisatın tasarımla uygunluğunun kontrolü, (2) ölçümler yaparak, tasarımda ve şartnamelerde talep edilen akışkan debilerine ulaşılmasının kontrolü (3) test neticelerinde elde edilen değerler ve raporlar değerlendirilir.

| | |
|-------------|--|
| Test | : Makina ve teçhizatın performansının tesbiti |
| Dengeleme | : Dağıtım sistemlerinde, tasarımda istenen debilere ulaşılması |
| Ayar | : Terminal ünitelerde, tasarımda istenilen debilere ulaşılması |
| İşlem | : Yapılacak işin sırasının standardize edilen yaklaşımlarla belirlenmesi |
| Rapor formu | : Test sonucunda elde edilen bilgilerin, sonradan da değerlendirilebilmeleri için formatlar haline getirilmesidir. |

HAVA DAĞITIM SİSTEMLERİNDE DENGELEME YÖNTEMLERİ

Hava ve su devrelerinin dengelenmesinin talebinde belirgin farklar vardır. Hava devrelerinde, havanın doğrudan ısıtıcı veya soğutucu yük taşıyan bir ortam olması nedeniyle çok hassas debi ayarı yapmak gerekir. Hava debisinin tasarımda tesbit edilen değerlerden az olması, sistemin uç noktalarındaki terminal ünitelerinin havayı şartlandırma kapasitesini lineer olarak veya doğrudan doğruya etkiler.

Bu güne kadar tüm hava dağıtım sistemleri için uygulanabilir, genel bir dengeleme sistemi geliştirilmemiştir. Ancak hava sistemlerinin dengelenmesinin, su, buhar ve soğutucu gaz devrelerinden önce yapılması hususunda görüş birliği mevcuttur.

Pratikte sadece alçak basınç hava kanalı sistemleri gözle hava sızdırmazlarına karşı test edilir. Hava sızdırma nisbetini en aza indirmek için hava kanallarının imalatında itina gösterilir ve kanalların etrafına elastikliğini muhafaza eden bir malzeme sürülür.

Hava Dengelenmesi İçin Öncelikle Yapılacak İşler ;

A- Proje ve şartnameler temin edilerek, tasarımda istenenler hakkında bilgi sahibi olunmalıdır.

B- Tüm havalandırma ve klima santrallerinin, dağıtma, toplama ve egzost menfezlerinin onaylanmış imalat resimleri (Shop drawings) ve sıcaklık kontrol diyagramları temin edilmelidir.

C- Tasarımla, monte edilen makina ve teçhizatın ve dış sahadaki montaj ve imalatın, uyumluluğu mukayese edilmelidir.

D- Sistem, santrallerden terminal ünitelere kadar gezilerek tasarımdan farklılık olup olmadığı gözlenmelidir.

E- Filtreler ; damperler (hacim ve yangın damperlerinin pozisyonları) ve sıcaklık kontrol cihazları tesisatın tamamlanıp tamamlanmadığını saptamak için kontrol edilmelidir. Santrale hava giriş noktasından başlayarak, taze hava alışında, dönüş havasının santrale girişinde, egzost havası çıkışında, şartlanmış havanın santralden çıkışında karşı hareketli veya paralel hareketli çok kanatlı tipte, tüm branşman hatların çıkışında da tek kanatlı klape tipinde hacim damperlerinin yer alıp almadığı gözlenmelidir.

F- Fanlar ve menfezler için test rapor formları hazırlanmalı, menfez imalatçılarından menfezlerin karakteristikleri ve tavsiye edilen test yöntemleri temin edilerek, talep edilen menfez hava debilerinin toplamının, fan debileri ile uygunluğu kontrol edilmelidir.

G- Ana ve branşman hava kanallarında, kanalı karşıdan geçebilecek ölçüm yerleri tesbit edilmelidir.

H- Tüm dış hava damperleri açık konuma getirilmelidir.

I- Test sonuç raporlarında yardımcı olacak hava kanalı sistemi ile ilgili skeçler hazırlanmalıdır.

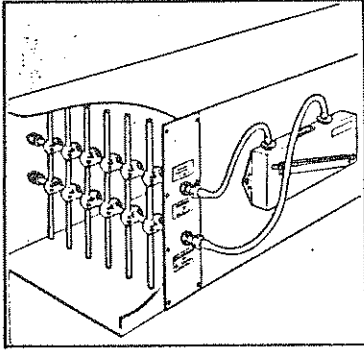
Makina Teçhizat ve Sistemin Testi ;

A- Tüm fanlar işletmeye alınmalıdır (veriş, dönüş ve egzost havası fanları)

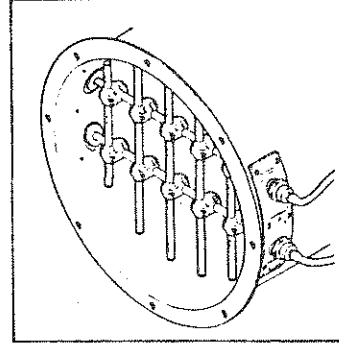
Hangi fan işletmeye alındıysa o fanın hizmet ettiği devrede aşağıdaki kontroller derhal yapılmalıdır.

- 1- Olabilecek aşırı bir yüklenmeye karşı motor amperaj ve voltajı
- 2- Fan dönüş yönü
- 3- Otomatik damperlerin pozisyonları
- 4- İstenilen sıcaklıkları vermesi için, hava ve suyun işletme değerlerinin, set edilmesi

B- Ana ve bransman devrelerinde ölçümlere yapabilmek için karşıdan karşıya geçme (traverse) yerleri hazırlanmalıdır (Şekil-1 ve Şekil-2)



ŞEKİL_1



ŞEKİL_2

1- Ölçüm yerleri, hava kanalının en uzun doğru giden bölümünün sonunda yer almalıdır.

2- Test deliklerinin yerleri ASHRAE metoduna göre tesbit edilmelidir.

3- Ölçüm esnasında gerçek debiyi bulmak için sıcaklık ve barometrik basınç düzeltmeleri yapılmalıdır.

4- Ölçümler sonucunda toplam verilen debi bulunduğundan sonra, normal hava kaçaklarını karşılayacak ve dengelemeyi sağlayacak ilave statik basınç talebi için hava debisini artırmak gereklidir. Bunun için fan motor gücü ve hızının kritik değerlere ulaşma miktarları da gözönünde tutularak fan hızı ayarlanmalıdır.

5- Bransmanlar üzerindeki damperler, istenilen hava debisi elde edilene kadar, ayarlanmalıdır.

C- Menfez debilerinin ayarları ;

1- Menfez debilerinin ayarlanmasına fan çıkışından itibaren başlanır. Genelde bransman damperleri ana hava miktarını ayarlar, menfezler üzerindeki damperler ise ufak hava miktarlarının ayarı içindir. Menfez hava debileri Anemometrelerle ölçüm yapılarak, damperlerin kanatcıkları açılıp kapatılarak, ayarlanır.

2- Sistemdeki tüm menfezlerde, ölçümler bir kaç kez tekrarlanarak uygun debi miktarları bulunur.

3- Menfezlerden çıkan toplam hava debisi bulunduğundan sonra fan çıkışındaki debi ile karıştırılarak hava kaçağı miktarı tesbit edilir.

4- Ayar ve dengeleme işlemleri yapıldıktan sonra ;

a- Fan motorunun çektiği amper okunmalı

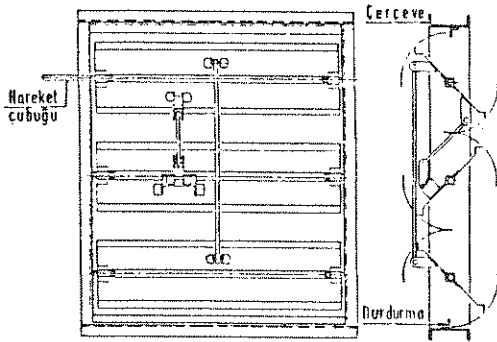
b- Fan statik basıncı bulunmalı, santralin tüm bölümlerindeki statik basınç tesbit ve kayıt edilmelidir.

HAVA DAĞITIM SİSTEMLERİNDE KULLANILAN DENGELEME ELEMANLARI VE ÖLÇÜM ALETLERİ

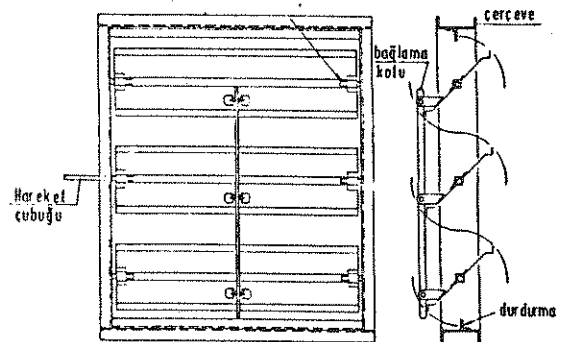
A- Hava dağıtım sistemlerindeki dengeleme elemanları

1- Karşı veya paralel hareketli çok kanatlı damperler (Şekil-3) santralin taze hava girişi, dönüş havası girişi, egzost havası akışı ve veriş havası çıkışında yer alırlar. Elle veya motorla kumanda edilerek ayarlanırlar.

2- Tek kanatlı hava klapesi (splitter damper), ana kanaldan branşman kanallara ayırım yerlerine konulur. (Şekil-4)

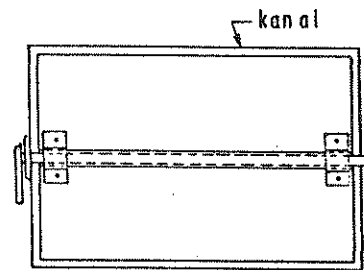
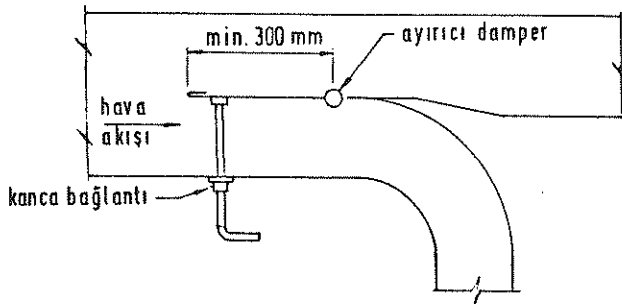


KARŞI HAREKETLİ ÇOK KANATLI HACİM DAMPERİ



PARALEL HAREKETLİ ÇOK KANATLI HACİM DAMPERİ

ŞEKİL _ 3

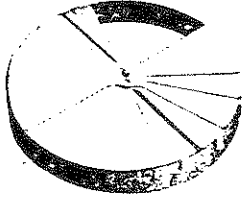


TEK KANATLI HAVA KLAPESİ (SPLITTER DAMPER)

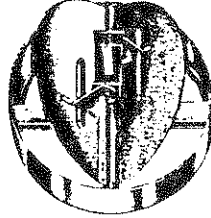
ŞEKİL _ 4

3- Menfez damperleri, eşitleyici ızgaralar (equalizing grid) hava kanalının içerisine veya doğrudan doğruya menfezin üzerine yerleştirilir, ayarlamaları tornavida gibi el aletleri ile yapılır.

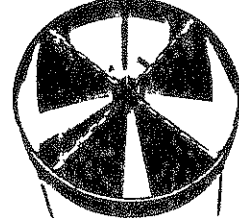
Aşağıda menfezlere konulan damperler ve eşitleyici ızgaraların görünüşleri verilmektedir. (Şekil-5 ve Şekil-6)



KAYI KANATLI DAMPER

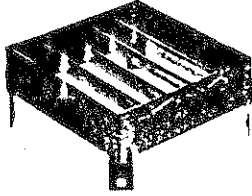


KELEBEK DAMPER

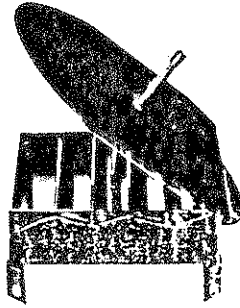


KARŞI KANATLI DAMPER

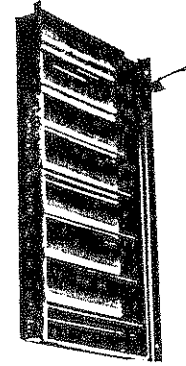
ŞEKİL _ 5



EŞİTLEYİCİ DAMPER



IZGARALI DAMPER



KARŞI KANATLI DAMPER

ŞEKİL _ 6

B- Hava dağıtım sistemlerinin dengelenmesinde kullanılan ölçüm aletleri;

1- Eğik manometreler

2- Eğik ve dikey manometrelerin kombinasyonu (en fazla kullanılan ölçü aleti)

3- Pitot tube'leri

4- Tachometreler

5- Ampermetreler (voltajı gösterge tablosuyla)

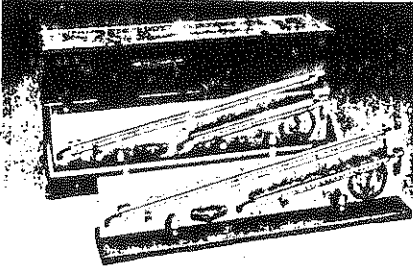
6- Saptırma kanatlı anemometreler (Deflecting Vane Anemometers)

7- Dönme kanatlı anemometreler (Rotating Vane Anemometers)

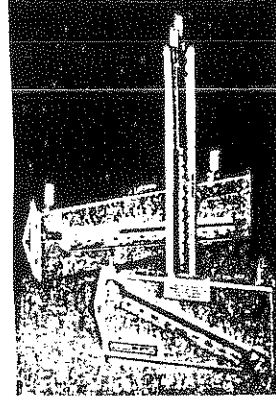
8- Termal tip anemometreler (Thermal type-hot wire anemometers)

9- Çeşitli tipte termometreler

Şekil-7 ve Şekil- 8 Manometre ve Anemometrelerin görünüşlerini göstermektedir.

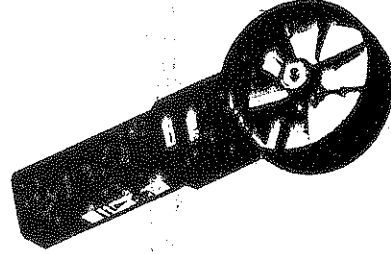
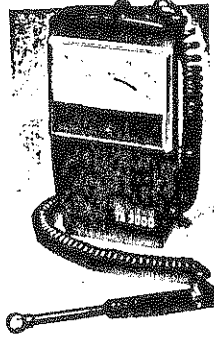
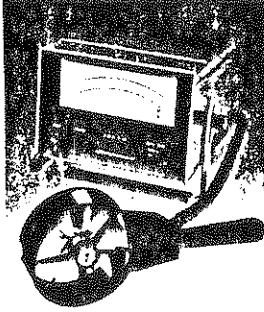


EĞİK MANOMETRE



EĞİK VE DIKEY MANOMETRE

ŞEKİL 7



ELEKT. ANEMOMETRE TERMAL ANEMOMETRE ELEKT. ANEMOMETRE

ŞEKİL 8

HİDRONİK DEVRELERDE DENGELEME PRENSİPLERİ VE YÖNTEMLERİ

A- Su devrelerindeki debi farklılıkları, terminal ünitelerin ısı transfer kapasitelerini, lineer olarak etkilemez, diğer bir deyişle debinin hava devrelerinde olduğu gibi çok hassas ayarlanmasına gerek yoktur.

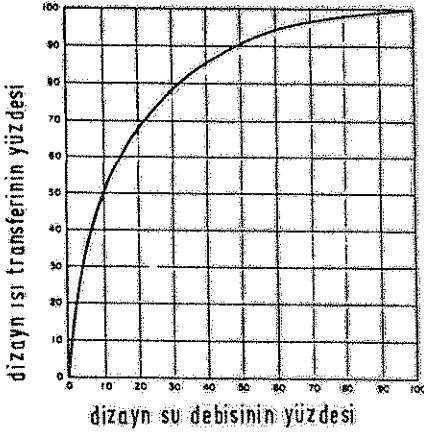
Su devrelerinin dengelenmesi, terminal ünitelerde memnun edici bir ısı transfer kapasitesi elde edebilmek için tasarımın şartlarına göre uygun bir debi değerine erişmek olarak tariflenebilir.

Genelde, sadece ısıtma işlevi gören hidronik devrelerde, tasarımda hata yapılması ve sistemin dengelenmiş olmaması durumunda bile, sistemin kendisinde tabii bir emniyet faktörü olması nedeniyle, sistem çalışır.

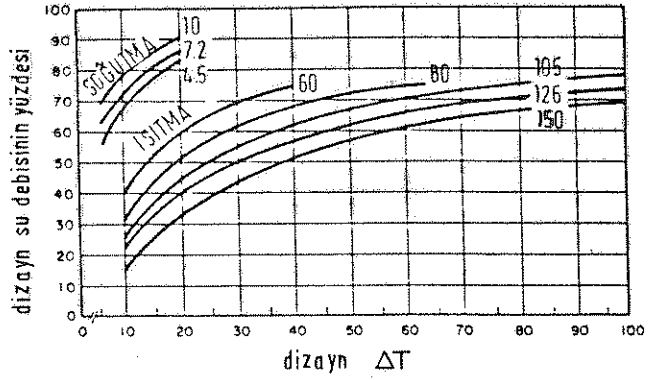
(Şekil-9)'da görüldüğü, üzere ısıtıcı akışkan 200 F (93°C) sıcaklıkta olan ve sıcaklık düşümü $\Delta t = 20^{\circ}\text{F}$ (11,1°C) olan bir terminal ünitesinin seçiminde debi ile dizayn ısı transfer yüzdelерinin ilişkisini gösterir diyagram bu tabii emniyet faktörünün en belirgin göstergesidir.

Su debisinde % 50 azalma olması terminal ünitelerinin ısı transfer kapasitesinde sadece % 10 bir azalmaya sebebiyet vermektedir. Su debisinin değışimine, terminal ünitenin hassas bir duyarlılık göstermesinin sebebi, cihazın tüm ısı transfer katsayısına daha çok dış taraf veya hava tarafı katsayısının etki etmesidir. Bunun gerçekte anlamı sudan havaya ısı transferi yapan bir terminalin kapasitesine; ısıtıcı ortamın debisinden daha çok ısınan hava ile ısıtıcı ortam suyun sıcaklık farkı, etki eder.

Sulu ısıtma sistemlerinde diğeri bir emniyet faktörü, sulu soğutma sistemlerinde olduğu gibi, su sıcaklığının ufak bir değışim aralığına bağımlı olmamasıdır.



ŞEKİL_9



ŞEKİL_10

Su debisinin yeterli olmadığı ortamlarda, su sıcaklığı artırılarak cihazın ısıtma kapasitesi istenilen seviyeye getirilebilir.

(Şekil-10)'da dizayn su sıcaklığındaki ve sıcaklık düşümündeki değışikliklerin su debisini nasıl etkilediği verilmektedir. Burada dikkat edilecek husus sistemin su sıcaklığının azaltılması veya Δt sıcak düşümünün artırılmasının sistemin dizayn su debisine yaklaşılmaya sebebiyet vermesidir.

Sıcak sulu ısıtma sistemlerinin uygulamaları, gerçekte bir mekanik balans sistemine ihtiyaç olmadığı görüşünü getirmiştir.

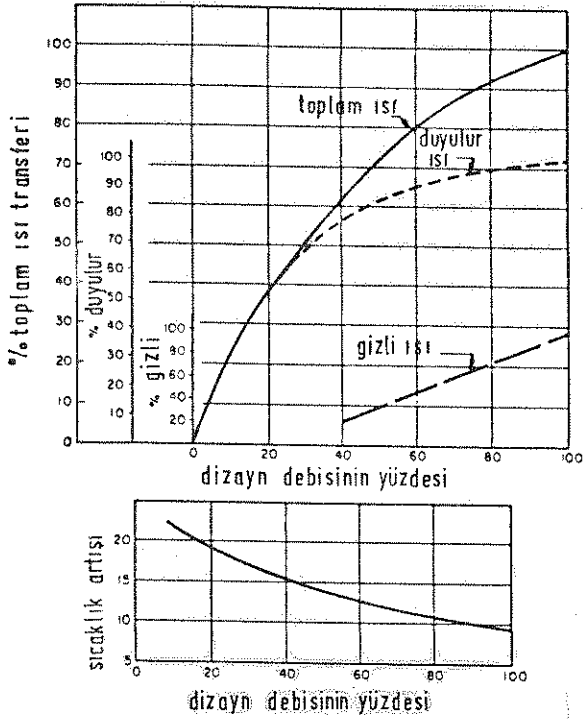
(Şekil- 10)'dan görüleceği üzere soğutma suyu sistemleri su değışim debilerine sıcak sulu sistemlere nazaran daha az toleranslıdır. Bu mukayese ısıtma ve soğutma işlemlerini yapan bir terminal üniteye balans probleminin nedeni gerekli olduğunu göstermek için yeterlidir.

(Şekil - 11)'de soğutulmuş su ile beslenen bir terminal üniteye su debisindeki değışikliğin toplam ısı transferine etkisi gösterilmektedir. Diyagramların teşkilinde ARI (American Refrigeration Institute)'nın 45°F (7.2°C) su giriş sıcaklığı, 10°F (5.6°C) sıcaklık yükselmesi 80°F db (26,7°C KTS), 67°F wb (19,5°C YTS) hava sıcaklık değeri, esas alınmıştır.

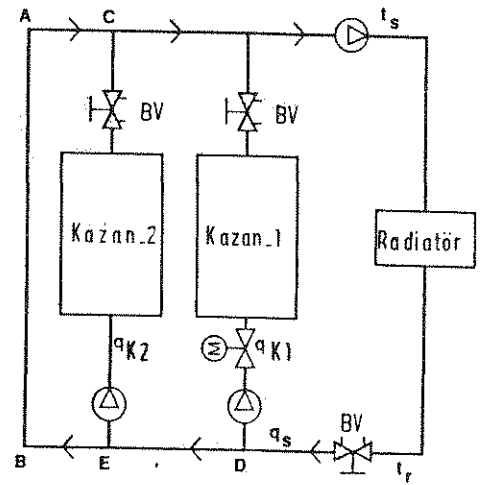
Su giriş sıcaklığı, Δt su sıcaklığındaki yükselme, hava hızı ve havanın kuru ve yaş termometre sıcaklıklarındaki farklılıklar (Şekil-11)'deki diyagramlarda değişiklikler meydana getirebilir.

Buradan görüleceği üzere, tasarımda tayin edilen su debisinin azalması en çok gizli ısıya tesir eder ve yüksek gizli ısı kapasitesi istenen sistemlerde, uygulamadaki su debisi tasarımdaki su debisinin aynı olmalıdır.

Yine söylenebilirki, duyulur ısının dominant olduğu durumlarda sistem daha büyük debi azalmalarını tolere edebilir.



ŞEKİL - 11



ŞEKİL - 12

B- Isı üretim ünitelerinde debinin doğru olması önemlidir.

Kazan imalatçıları kazan içindeki su debisinin belirli sınırlar arasında kalmasını tavsiye eder, normalde bu değer kazanda termal gerilmeler olmaması için dizayn su debisinin % 35 - % 100 arasındadır. Kazan içinde su debisinin fazla olması (a) sistemin diğer bölümlerinde su debisinin az olmasına (b) kazan içinde basınç düşümünün artmasına (c) kazan borularının aşınmasına ve ses yapmasına sebebiyet verir.

Bir sıcak su kazanında, dizayn su debisi, suyun 20°C ısınacağına göre tayin edilir.

$$q_d = \frac{0,86 \times P}{20} = 0,043 \times P$$

$$q_d : \text{m}^3/\text{h}$$

$$P : \text{Kw}$$

P = 100 Kw olan bir kazanda, $q_d = 0,043 \times 100 = 4,3 \text{ m}^3/\text{h}$ olmalıdır. Şayet su debisi 3 m³/h olursa kazanın ısı kapasitesi % 70'e düşer. Bu durumda sistem eksik kapasitede ısı üretir.

Su soğutma gruplarında debinin çok düşük olması (a) donma riskini artırır (b) hesaplanan kapasitede ısı üretimine mani olur (c) çıkış suyu sıcaklığının kontrolünü düzensizleştirir (d) cihazın verimini düşürür. Debinin çok yüksek olması halinde ise (1) yüksek hız metal tüpleri aşındırır ve su kirliliğini artırır. 3,3 m/s hız maksimum hız değeridir.

C- Ana dağıtım devreleri ile ısı üretim devrelerinin arasında debi uyumlu olmalıdır. Bir radyatör devresine bağlı iki sıcak su kazanlı bir sistemde (Şekil-12)

$$R = (q_{k1} + q_{k2}) / q_s \text{ oranı kurulabilir.}$$

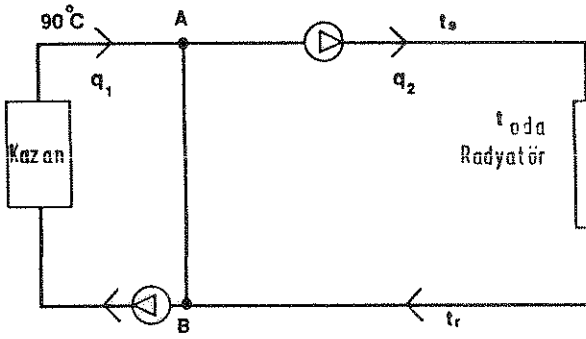
Kazan ve radyatör devrelerinin su debilerinin eşit olması halinde R = 1 bu değer R = 1'den farklı olması kazanların ısıtma gücünün radyatör devresine uygulanmadığı anlamına gelir şayet R = 0,5 ise B'den A'ya doğru olmak üzere AB by-pass hattında devamlı su vardır.

Tam yükte bu su % 50 toplam su miktarına tekabül eder. Bu su kazanlarda ısınan su ile karışır ve bu durumda ; $P_{\max} = \% 74,2$ (dizayn kazan kapasitesinin) $t_{\max} = 75,3^\circ\text{C}$ gidiş, $t_r = 60,5^\circ\text{C}$ dönüş suyu sıcaklığı olur.

Şayet R = 2 ve $q_{k1} = q_s$ ise, radyatör devresinin debisi doğrudan doğruya kazan-1'e gider D ve E noktaları arasında akım yoktur. Bu durumda kazan-2'nin radyatör devresine bağlı olmadığı söylenebilir q_{k2} CAGE devresinde sirküle eder. Bu durumda $P_{\max} = \% 50$, $t_{\max} = 60,5^\circ\text{C}$ gidiş ve $t_r = 50,5^\circ\text{C}$ dönüş suyu sıcaklıkları oluşur.

Devreye balans vanaları ilave edilerek R = 1'e ayarlanabilir.

Tek bir kazanla beslenen bir radyatör devresinde ısı üretim ve dağıtım devreleri arasında su debisindeki farklılıkların oda sıcaklığı ile ilişkisi (Şekil-13) ve (Tablo-1)'de verilmektedir.



ŞEKİL _13

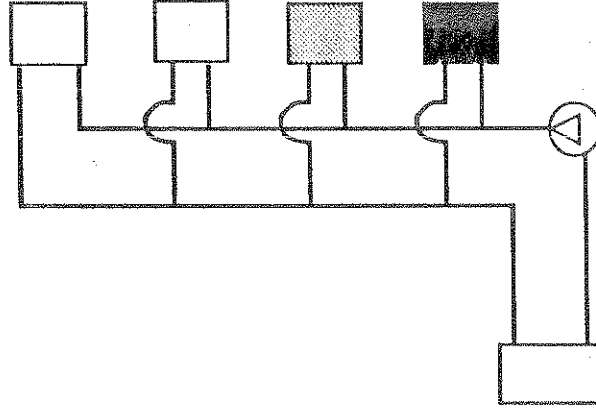
| q_2 (%) | t_s (°C) | t_r (°C) | t_{oda} (°C) | t_{oda2} (°C) |
|-----------|------------|------------|----------------|-----------------|
| 100 | 90 | 70 | 20 | 20 |
| 120 | 86.7 | 70.3 | 19.5 | 18.5 |
| 140 | 84.4 | 70.5 | 19.1 | 17.4 |
| 160 | 82.7 | 70.7 | 18.9 | 16.7 |
| 180 | 81.5 | 70.8 | 18.7 | 16.1 |
| 200 | 80.4 | 70.9 | 18.5 | 15.7 |
| 220 | 79.6 | 71 | 18.4 | 15.3 |
| 240 | 79 | 71.1 | 18.3 | 15 |
| 260 | 78.4 | 71.2 | 18.2 | 14.8 |
| 280 | 77.9 | 71.2 | 18.1 | 14.5 |
| 300 | 77.5 | 71.3 | 18 | 14.4 |

TABLO _1

$q_2 > q_1$ den büyük olması halinde, AB by-pass hattında B'den A'ya doğru su akımı vardır. Suyun karışım noktası, A noktasıdır. Bunun anlamı $t_s < 90^\circ\text{C}$ ve $t_r > 80^\circ\text{C}$ demektir. t_s su veriş sıcaklığı ve t_r su gidiş sıcaklığı, en düşük dış hava sıcaklığına göre oda sıcaklığı ölçümlenerek (Tablo-1) hazırlanmıştır. Burada Oda-1 dizayn su debisine nazaran fazla su debisi olan odaları Oda-2 ise bu odaların yanında % 100 dizayn debisi ile beslenen bir odayı temsil etmektedir. (Tablo-1)'deki değerlerden görüleceği üzere sekonder devredeki (ısı dağıtım devresi) su debisi dizayn debisinin 2 katına çıkması halinde yapıda sıcaklık $t = 18,5^\circ\text{C}$ 'nin üzerine, aynı devre üzerinde doğru su debisi olan odada ise $t = 15,7^\circ\text{C}$ 'yi geçmemektedir.

Bu durumun iyileştirilmesi için yapılacak işlem su dağıtım devresi üzerine balans vanaları koymaktır.

D- Isı dağıtım sistemlerinin fonksiyonu dizayn su debilerini kontrol vanaları ve terminal ünitelere ulaştırmaktır. (Şekil-14)'te görülen dengelenmiş bir hidronik devrede, pompaya nazaran en uzaktaki devrede en az, en yakın devrede ise en fazladır. Bu durumda pompaya en yakın devre dizayn basıncının çok üstünde su debi olacak en uzaktaki ise dizayn su debisinin çok altında su debisi olacaktır. Bu durum yapı içinde sıcaklık farklılıklarına sebebiyet verecektir. Bu problemi, ne kadar hassas seçilirlerse seçilsinler, ısı üretim tesislerindeki sıcaklık kontrol sistemleri ile veya zon kontrol sistemleri ile çözmeye imkan yoktur, ve sistemin dengelenmesi zorunludur.



ŞEKİL - 14

E- Hidronik sistemlerin dengelenmesi aşağıdaki yararları sağlar ;

1- Odalar arasındaki sıcaklık farklılıklarını azaltarak, konfor şartlarını iyileştirir.

2- Kullanıcının hiç bir itirazı olmadan, ortalama oda sıcaklıkları ısıt - mada düşürülerek, soğutmada artırılarak enerji tasarrufu sağlanabilir.

3- Üretim tesislerindeki merkezi kontrol sistemlerinin efektif olarak çalışmasını sağlar.

4- Zon kontrol sistemleri ve termostatik vanalar için ideal veya ideale yakın şartlar sağlanarak, oda içindeki sıcaklık farklılıklarını azaltır ve konfor şartlarını iyileştirir.

5- Sirkülasyon pompalarının enerji sarfiyatını azaltır ve işletme masrafını düşürür.

Genelde dengelenmiş hidronik devrelerde basınç düşümünün daha az olması sonucunda daha ufak pompa impelleri seçilerek, daha az enerji sarf edilir.

F- Hidronik devrelerde, kontrol halkaları (Control loop) su sıcaklığını, otomatik olarak, istenilen değerlerde tutmak için kullanılır. Kontrol sisteminin elemanları kendi aralarında aşağıdaki şekilde hareket ederler.

1- Hissedici, oda sıcaklığı veya gidiş suyu sıcaklığı gibi kontrol edilecek ortamları ölçümler

2- Kontrol elemanı, ölçüm ile istenilen değeri (set noktası) mukayese eder. İki değer arasında farklılık olması halinde hareket ettirici motoru (actuator) ikaz eder.

3- Hareket ettirici motor, vanasını açar veya kapar. Kontrol vanası, seçilen kontrol sistemine göre üç yollu veya iki yollu vanadır.

4- Terminal ünite, suda depolanmış enerjiyi yayan bir radyatör, konvektör veya fan-coil gibi bir yardımcı sistem olabilir.

Hidronik devrelerde iki çeşit kontrol vanası kullanılır. Üç yollu kontrol vanası su debisini karıştırır veya ayırır. İki yollu vanalar suyun debisini kontrol eder. Kontrol vanalarının statik karakteristikleri, vanaya sabit bir diferansiyel basınç farkı tatbik edildiğinde su debisine göre vananın su geçiren hareketli iç aksamının yükselmesi olarak ifade edilir. Bu her iki değer vananın maksimum değerlerinin bir yüzdesi olarak verilir. Kontrol vanasının kontrol aralığında kararlı bir kontrol sağlamak için, kontrol edeceği devrenin özelliklerine uygun özellikte bir vana kullanmak gerekir, örneğin ; kontrol edilen bir ısıtma serpantini dizayn debisinin % 20'si ile ısıtma kapasitesinin % 50'sini verebiliyorsa, seçilecek kontrol vanasında % 50 açıkken dizayn su debisinin % 20'sini geçirebilmelidir.

Kontrol vanası açık olduğunda, vanaya tatbik edilen diferansiyel basınç, toplam diferansiyel basınçtan, serpantin, boru ve kontrol devresinin diğer elemanlarının basıncının çıkarılması ile elde edilen değerdir ki, bu değer ΔP_{min} değeridir. Kontrol vanası kapalı olduğu zaman, diğer kayıplar yok olduğu için vanaya, sistemin toplam diferansiyel basınç değeri tatbik edilirse bu değer, ΔP_{max} değeridir.

$$\beta = \frac{\Delta P_{min}}{\Delta P_{max}} \quad \text{oranı kontrol vanasının kontrol ettiği devre üzerindeki}$$

" otoritesi " olarak adlandırılır.

Kontrol vanaları aşağıdaki kriterlere göre seçilmelidir ;

a- Vana otorite değeri $\beta \geq 0,5$ 'e eşit veya daha yüksek olmalıdır. Bunun anlamı tamamen açık bir vanadaki basınç düşümü en az, terminal ünite, borular ve devre üzerindeki diğer elemanların basınç kaybına eşit olmalıdır.

b- İki yollu kontrol vanalarında, mümkünse, basınç düşümü devreye tatbik edilen diferansiyel basınç değerinin % 25'inden büyük olmalıdır.

Hidronik devrelerde, tasarımcı, makina ve teçhizat imalatçısı, ayar ve dengeleme cihazları imalatçısı ve tesisat devrelerinin ayar ve dengelenmesini yapan ve işletmeye alan teknik personelin müşterek lisans " Akım Katsayısı K_v " değeridir.

K_v Değeri : Bir akışkan devresi üzerinde yer alan herhangi teçhizatın giriş ve çıkışlarındaki $\Delta P_0 = P_1 - P_2$ (kg/cm²) basınç düşümüne göre o teçhizatın içinden geçen akışkan miktarını belirler.

Örnek olarak bir vananın K_{vs} değeri vananın tamamen açık durumda vana giriş ve çıkışındaki basınç düşümü $\Delta P = 1$ kg/cm² olması halinde ve akışkan su ise + 5°C - 30°C arasında bir sıcaklıkta olması koşuluyla (m³/h) olarak vanadan geçen su miktarıdır. Vanaların büyüklükleri K_v değerlerine göre belirlenir.

K_v değeri ; $K_{vs} = Q \times \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P}}$ formülü ile hesaplanabilir.

Q : Akım miktarı (m³/h)

γ : Akışkanın özgül ağırlığı (kg/dm³)

ΔP : Giriş ve çıkış basınçları arasındaki mutlak basınç farkı : kg/cm²

Buhar için buharın yoğuşmuş veya kızgın buhar olması durumuna göre formüller değişiktir.

K_v (m³/h) değeri : Vananın belirlenen bir kapama değerindeki durumunda tesbit edilen değerdir.

K_{vs} (m³/h) değeri : Vananın tamamiyle açık olduğu konumdaki K_v değeridir.

$K_{vs} \approx 1.25 K_v$ (m³/h) alınabilir.

Hidronik devrelerde doğru ve kararlı bir kontrol yapabilmek için aşağıdaki üç ana unsur sağlanmalıdır.

1- Tüm kontrol vanaları, sistem tasarımcısının hesapladığı K_{vs} değerlerinde seçilmelidir.

2- Tüm pompaların debi ve basma değerleri tasarımdaki değerlerin aynısı olmalıdır.

3- Terminal ünitelerdeki basınç düşme değerleri, tasarımcının kontrol vanası ve pompa seçmek için kabul ettiği değerlerin aynısı olmalıdır.

Pratikte, kontrol vanaları, pompalar ve terminal üniteler standart büyüklüklere göre imal edilirler.

Kontrol vanalarının K_{vs} değerleri Reynard serisine göre ;

K_{vs} 1.0, 1.6, 2.5, 4.0, 6.3, 10, 16, 25, 40, 63, 100, 160, 250, 360 değerindedir.

Her kontrol vanasının Kvs değeri kendinden bir evvelkinden % 60 daha fazladır.

Pompaların kapasiteleri % 10 - 40 arasında artarak yükselir.

Terminal ünitelerin basınç düşüm değerleride imalatçısına göre değişiklik gösterir.

Bu durumda hesaplanan değerlere tam uyan imalat bulmak genel de mümkün değildir ve adı geçen üniteler daha büyük kapasitede seçilirler ve sistemin balans edilmesi gerekir.

Bir hidronik sistemin dengelenmesinde (a) Balans vanaları (b) Termostatik radyatör vanaları (c) Tahliye vanaları ve (d) ölçme aletleri kullanılır.

HİDRONİK DEVRELERDE BALANS NASIL YAPILIR

A- Tesisatın Neresinde Balans Vanasına İhtiyaç Vardır ?

Balans vanalarından istenen vana üzerindeki ölçü uçları ile ölçüm yaparak basınç düşümünü ölçmek ve bu değerden istifade ederek akım miktarını hesaplamaktır.

Dağıtım devrelerinin dengelenmesinde olduğu gibi devre üzerindeki her vanayı defalarca ayarlamak yerine daha pratik dengeleme metodları geliştirilmiştir.

Öncelikle tesisatın, balans yapabilmek için gerekli ve yeterli teçhizat ile donatılmış olup-olmadığı kontrol edilir.

1- Kazanlar ve su soğutma gruplarının herhangi birinde istenilen debinin üzerinde veya altında bir su debisi olmadığına emin olmak, ünitelerin kendi aralarında doğru debiyi sağlamak ve dağıtım sistemi ile uyumun sağlanması için her kazan ve su soğutma grubu üzerine bir balans (dengeleme) vanası konulmalıdır.

2- Gidiş ve dönüş kollektörleri, kolonlar ve branşmanlar üzerine, eşit su debisi sağlamak ve dağıtım sebebi ile zon kontrol şebekesi arasındaki uyumu sağlamak için bir balans vanası konulmalıdır.

3- Her zon kontrol devresi üzerine bir sirkülasyon pompası ile beraber bir balans vanası konulmalıdır.

Balans vanalarının kullanıldığı yerlerde ayrıyeten açma-kapama vanasına gerek yoktur.

B- Dengeleme metodları ;

1- Ön Ayar Methodu (Preset Method) ;

Sistem monte edilmeden önce tasarımda, her ünitenin su debisi ve basınç düşümüne göre, kontrol vanasının set değeri tayin edilir. İstenen su debisinde devrenin pompaya göre en uzağında bulunan terminal ünitesinin, kontrol vanası ve boru hattındaki ve devre üzerindeki teçhizatın basınç kayıpları hesaplanır ve toplam basınç kaybı bulunur. Diğer branşman hatlarda, bu basınç kayıp değerinden daha fazla kayıp değerinde olan, devre olup olmadığı hesaplanır ve bu devrenin kritik devre olduğundan emin olunur. Bu durumda kritik devrenin terminal ünitesinde istenen su debisine erişmek için gerekli diferansiyel basınç tesbit edilmiş olunur. Bu hesaplar her branşman hattı için tekrarlanır. Sistemin kazanlardan başlayarak her branşman hattının sonucundaki terminal ünitenin önündeki ΔP_H mevcut diferansiyel basınç değeri hesaplanır. Terminal ünite devresinin kendi basınç düşümü ΔP_R ise balans vanası tarafından alınması istenen basınç değeri $\Delta P_{BV} = \Delta P_H - \Delta P_R$ dir.

Balans vanasının Kv değeri ;

$$Kv = 10 \times \frac{q \text{ (m}^3/\text{h)}}{\sqrt{\Delta P_{BV}}} \quad (\Delta P_{BV} ; \text{kPa olarak})$$

Örneğin ; $\Delta P_H = 100 \text{ kPa}$, $\Delta P_R = 40 \text{ kPa}$ ve $q = 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ise $Kv = 0,65$ bulunur.

Balans vanasını $Kv = 0,65$ 'e ayarlamak gerekir.

İmalatçı kataloglarında ki " Monogram" lardan vananın preset değeri bulunur. Şayet terminal ünitesi bir radyatör ise ve termostatik vana ile sıcaklık ayarı yapılıyorsa ; termostatik radyatör vanasının Kv değeri 8-10 kPa basınç düşümü için hesaplanır.

$$q \text{ (l/h)} = \frac{0,86 \times P \text{ (Watt)}}{\Delta T d} , \quad Kv = \frac{0,01 \times q}{\sqrt{B}}$$

$$Kv = \frac{0,01 \times 0,86 \times P \text{ (Watt)}}{20 \times \sqrt{B}} = \frac{P \text{ Watt}}{6578} \text{ bulunur.}$$

Her terminal ünite için ayrı ayrı hesap yapmak zahmetli bir işse de bu metod en basit metoddur. Bu metod için hazırlanmış bilgisayar programları mevcuttur.

2- Eşitleştirme metodu (Compansate method)

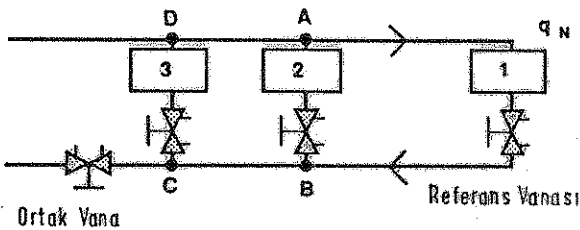
Bu metod tesisi işletmeye alma çalışmalarında uygulanır. Vanaların teorik preset değerlerini bilmeye gerek yoktur. Bu metodun avantajları ;

a- Bu metodla tesis ne kadar büyük olursa olsun, her balans vanası ile bir defa ayar yapmakla istenilen doğru su debisi değerlerine ulaşıldığı için, dengeleme işlemi minimuma indirilir.

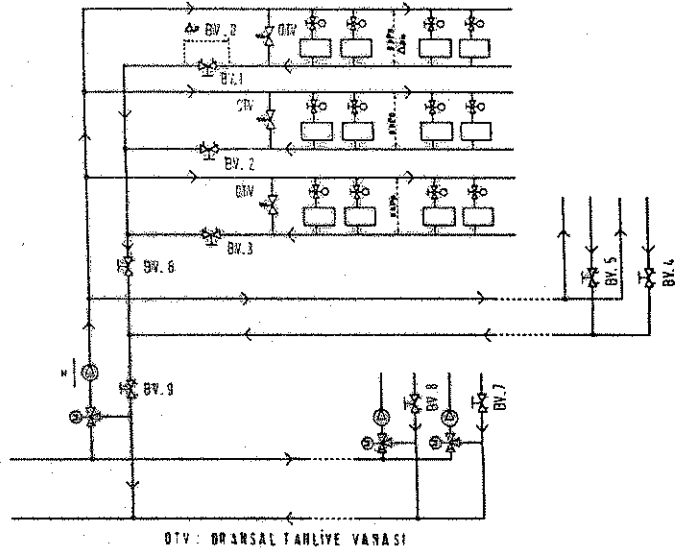
b- Ufak devre basınçları ile balans vanaları ayarlanabildiği için pompa işletme masrafını düşürür ve aynı zamanda pompanın ne kadar fazla bir büyüklükte seçildiği tesbit edilebilir.

Sistemin dengelenen bir bölümündeki diferansiyel basınçın diğer bir bölümün dengelenmesi esnasında, değişmediğinden emin olmak için sistemde " Referans Vana" ları kullanılır. Diğer vanaların ayarlanmasındaki basınç değişimleri, Referans vanasındaki basınç düşümü ile izlenir. Bu vanadaki basınç düşümü sabitletiğinde vananın su debisi de sabitlemiş olur. Referans vanaları elle tekrar kısılıp-açılırsa ayarlanmış diferansiyel basınç ayarı tekrar bozular.

Şu halde devreye elle kumanda işlemi görecek başka bir vana koymak gerekir. Bu vanaya " Ortak Vana" (Partner Valve)'in denir. Bu vana vasıtasıyla balans vanalarının ayarları sırasında Referans vana içinde basınç değişimleri eşitleştirilir. (Şekil- 15)



ŞEKİL - 15



ŞEKİL - 16

Balans işleminin yapılması ;

(Şekil- 16) bir radyatörle ısıtma devresini göstermektedir. Isıtma veya soğutma serpantinli devrelerde de dengeleme işlemi aynıdır.

1- Radyatör kontrol vanası, hesaplanan debi ve uygun bir basınç düşümüne (8-10 kPa) göre bulunan " Preset" değerine ayarlanır.

2- Referans vanası, bu durumda (BV-1) preset değerine ayarlanmalıdır. Referans vanalarının preset değerini tesbit etmek için balans vanası imalat - çılarının katalog değerlerinden ve tesbit usüllerinden yararlanılır.

Örnek olarak $\Delta P_{RV} = 2-3 \text{ kPa}$, $Kv = 5.8 \times q \text{ m}^3/\text{h}$ alınabilir.

3- Elektronik debi ölçme cihazı referans vanasına bağlanır ve buradan alınan değerlerin ortak vanaya (BV-6) aktarılması sağlanır.

4- Ortak vana, referans vanada istenilen basınç düşümü sağlanana kadar elle döndürülür. Şayet istenilen değer ortak vana tamamen açıkken de elde edilemiyorsa devredeki bir veya daha fazla balans vanası istenilen değer elde edilene kadar kısılır.

5- Bundan sonraki işlem, balans vanalarının BV-2'den başlayarak bireysel olarak ölçülünerek ayarlanmasıdır. Tüm ayarlanan vanalar diferansiyel basınç - taki değişiklikleri, ortak vanayı açıp kısarak, referans vanasının basınç düşümünü sağlayacak şekilde karşılarlar.

6- Ortak vanaya en yakın olan BV-3'te ayarlandığında bu ısıtma kolonunda her yerde doğru debi değerlerine ulaşılmış olur.

7- Diğer kolonların ayarlanmasında, gerekirse ortak vana kapatılabilir.

C- Isı Üretim Ünitelerinin dengelenmesi ;

Burada balans, su debisini dengelemek ve dağıtım ve kontrol devreleri ile uyum sağlamak için iki amaçla yapılır.

a- Bir kazan veya soğutma grubu olması halinde bir ölçü cihazı ile debi ölçülür ve balans vanası ile debi dizayn değerine getirilir.

b- İki kazan veya soğutma grubu olması halinde (Şekil-17)

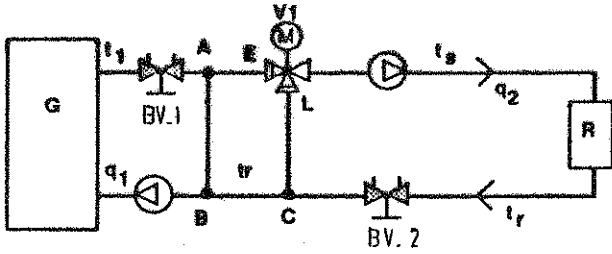
1- BV-3 vanası $Kv=7 \times q_s$ 'e ayarlanır ($q : \text{m}^3/\text{h}$, $\Delta P_{BV} \approx 2 \text{ kPa}$)

2- BV-1, BV-2 ve BV-4 tamamen açılır.

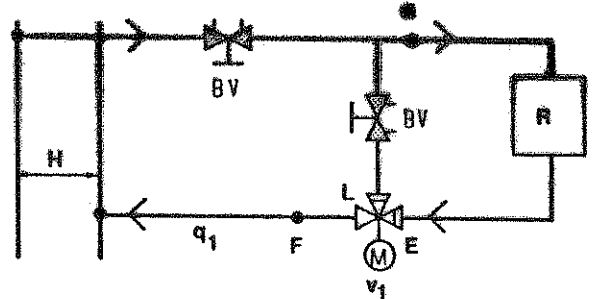
3- BV-4 vanası BV-3'ten geçmesi istenen q_s debisi elde edilene kadar ayarlanır.

Kontrol edilen devreye giden su miktarının bir kısmı dönüş devresine verilerek sıcaklık ayarı yapılır.

Üç yollu ayırma işlemi yapan vanalar, sabit debili sistemde kullanılır.



ŞEKİL - 19

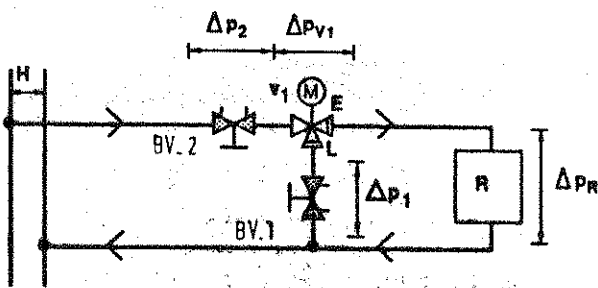


Su ayırma işlemi. Ayırma vanası kullanarak

ŞEKİL - 20

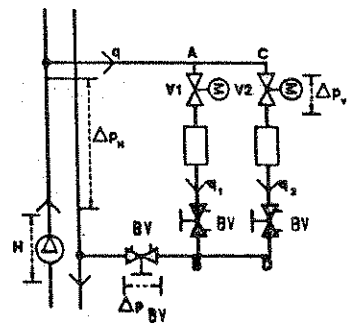
c- İki yollu kontrol vanaların üzerinde yer aldığı devreler (Şekil-22) vana açılıp-kapanarak kontrol devresine giden su miktarını ve dolayısıyla sıcaklığı ayarlar. İki yollu kontrol vanaları değişken su debili sistemlerde kullanılır.

d- İki yollu kontrol vanalarının yer aldığı, devrelerde, yapının bir bölümündeki vanaların kapanması halinde, ısı dağıtım hatlarında diferansiyel basıncın artmasına sebebiyet verir. Bu durum otomatik kontrol vanalarının çalışma işlevlerini bozar, bunu önlemek ve devrede sabit basınç düşümünü sağlamak için su gidiş hattı üzerine kendi kendine hareket eden (Self açting) diferansiyel basınç kontrol elemanı konulur (Şekil-23)



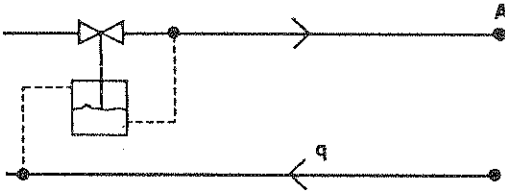
Su ayırma işlemi, karıştırma vanası kullanarak

ŞEKİL - 21

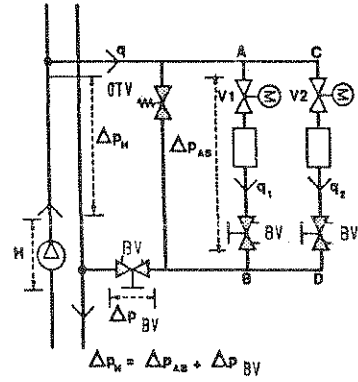


ŞEKİL - 22

Diferansiyel basıncın sabitleştirilmesinin diğer bir yöntemi devrede balans vanası ile birlikte oransal tahliye vanası (Proportional discharge valve) kullanılmaktadır. (Şekil-24). Bu iki vana diferansiyel basınç kontrol elemanı ile aynı işlemi görürler.



ŞEKİL 23



ŞEKİL 24

AKIŞKAN DEVRELERİNDE DEBİ AYARI İŞLEMİNİN SIHHATLİ OLARAK YAPILABİLMESİ İÇİN ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER VE SORUMLULUKLAR

a- Tasarımcının Sorumlulukları ;

1- Tasarımcı, proje dizaynına başlamadan evvel, yapıya tatbik edeceği tesisat sistemi ile uyum sağlayacak kontrol sistemine de karar vermelidir.

2- Sistemde kullanacağı ayar, dengeleme ve kontrol elemanlarının imalatçı katalog ve bilgi kitaplarını temin etmeli elemanlar ve önerilen sistemler hakkında bilgi sahibi olmalıdır.

3- Tasarladığı sistemin balansının hangi balans sistemi ile yapılacağına karar vermelidir.

4- Projeler üzerinde ayar, dengeleme, ve kontrol elemanlarının yerlerini büyüklüklerini ve özelliklerini belirtmelidir. Terminal ünitelerinin ve dağıtım sisteminin hesaplanan su debilerine ve basınç düşümlerine göre Kv değerlerini katalogları kullanarak "Set" değerlerini tesbit ederek, projeler üzerinde göstermelidir.

5- Tasarımcının projesiyle beraber vereceği ve her iş için ayrı ayrı yazacağı şartnamelerinin bir bölümünü, Test, Ayar, Dengeleme ve İşletmeye Alma konusuna ayırmalı ve detaylı olarak neler yapılması gerektiğini yazmalıdır.

6- Metraj ve keşiflerde, ayar ve balans sistemi elemanları da yer almalıdır.

7- Şartnamelere, yüklenicinin test-ayar ve balans işlemini ihtisas sahibi bağımsız kuruluşlara yaptırmayı için zorunluluklar getirilerek, bu gibi kuruluşların oluşmasına katkıda bulunmalıdır.

b- Yüklenicinin sorumlulukları ;

1- Yapımını yüklediği işe ait proje, şartname, metraj ve keşifleri inceleyerek, tasarımda test, ayar ve dengeleme işlemleri ile ne gibi tetbirler alındığını öğrenmeli ve yeterliliğini araştırmalıdır.

2- Tasarımda eksik olan hususlar, şayet varsa, tasarımcıya tamamlattırılmalıdır.

3- Temin ederek, yerine monte ettiği, teçhizatın katalog ve bilgi kitapçıklarını temin ederek, imalatçının önerilerini gözönünde bulundurmalıdır.

4- Test, ayar ve balans işlerini, bu işte ihtisas sahibi kişi veya kuruluşlara yaptırmada yarar olduğunu gözönünde bulundurmalıdır.

5- İşletmeye alma işlemleride ;

a- Projelerde balans ve kontrol vanaları için tayin edilen su debileri öğrenilmeli

b- Tüm pislik tutucular temizlenmeli

c- Sistemin havası tamamen alınmalı

d- Pompanın dönüş yani devir sayısı ve çektiği güç belirlenmelidir

e- Test ve balans için gerekli tüm test ve ölçüm elemanları iş yerinde temin edilmelidir. Büyük sistemlerde balans işlevini 2 veya daha fazla kişiyle yapılmalı aralarında irtibat sağlamak için walkie-talkie cinsi bir konuşma cihazı bulundurmalıdır.

c- İmalatçı ve temsilcilerin sorumlulukları ;

Test ayar ve balans işlerinin yapılması için gerekli tüm teçhizatın, imal veya ithal ederek, piyasada bulunmasını sağlamalıdır.

KAYNAKLAR

1- ASHRAE Guide and Data Book 1970 Chapter 38, Testing, Adjusting and Balancing

2- TOUR & ANDERSON AB. Valve Division Ljung., SWEDEN, Total Balancing A Handbook for Effective Control of Indoor Climate.

- 3- ASHRAE JOURNAL October (1968), Alfred GREENBERG, Hydronic Systems : Analysis and Evaluation-I
- 4- ASHRAE JOURNAL November-December (1968), January-February(1969) G.F. CARLSON, Hydronic Systems: Analysis and Evaluation II-III-IV and V
- 5- Heating Piping & Air Conditioning January (1970), G.F.MANNION, Information Points : Key to Water System Balancing

ÖZGEÇMİŞ

1960 yılında İ.T.Ü. Makina Mühendisliği Fakültesinden Yüksek Mühendis olarak mezun oldu. 1964 yılına kadar Taşkızak Deniz Fabrikaları, DSI, SSK ve İmar Ltd. Şirketinde Tesisat Onarım ve Tasarım mühendisi olarak çalıştı.

1964-1970 yıllarında Kanada ve Amerika'da Tesisat Mühendislik ve Müşavirlik hizmeti veren çeşitli firmalarda " HVAC & Plumbing Systems Design Engineer" ünvanı ile çalıştı. British Columbia ve Nova Scotia eyaletlerinde "Profesyonel Mühendis " ünvanlarını aldı. 1970-1977 yıllarında " Tesisat Tasarım Mühendisi" olarak Mc KEE Over Seas Co, TÜMAŞ, SISAG ve KAPSAN firmalarında çalıştı.

Halen, 1977 de kurduğu, klima ağırlıklı tesisat tasarım ve müşavirlik işleri yapan " AKDENİZ MÜŞAVİR MÜHENDİSLİK ve TİCARET LTD.ŞTİ." ni yönetmektedir.

TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Türk Müşavir Mühendisler ve Mimarlar Birliği Derneği, Türk Isı Bilimi ve Tekniği Derneği ve ASHRAE üyesidir.