

ISITMA, HAVALANDIRMA, İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE TEST, AYAR VE BALANS

Nuri ÖZKOL
Tacettin PİRİNÇCİOĞLU

ÖZET

Isıtma, havalandırma, iklimlendirme sistemlerinin iyi ve detaylı projelendirilmesi, uygun ve kaliteli cihaz ve malzemelerin kullanılması, teknoloji ve şartnamelere uygun montajı sistemlerden arzulanan sonuçların alınması için yeterli olmamaktadır. Sistemden istenilen uygun konfor şartlarının, prosesin doğru çalışmasının sağlanması ve sürdürülmesi için sistemin montajından sonra test, ayar ve balans işlemlerinin yapılması gerekir. Ayrıca, bu işlemlerin yapılması sistemin ekonomik olarak çalışması için zorunludur.

Montajı müteakip sistemin as-built projelerinin hazırlanması sonrasında yapılan bu işlemlerde; sistemdeki elemanların çalışma performansları ve proje ile uyumu test edilmeli, sistemdeki vantilatör, aspiratör, pompa gibi cihazların debi ve basınçları projeye uygun olarak ayarlanmalı ve hava, su dağıtım sisteminin bütün bölümlerindeki akış miktarları projedeki değerlere uygun hale getirilerek balanslanmalıdır. Test, ayar ve balans sonrası hazırlanacak raporlar kabul komisyonuna yardımcı olmalıdır.

Yabancı ülkelerde test, ayar ve balans işlemleri uzman mühendis veya firmalar tarafından yapılarak gerekli raporları hazırlanmamış binaların kabul işlemleri başlatılmamaktadır. Ülkemizde de bu işlemlere önem verilmesi gerektiğine inanmaktayız.

Anahtar Sözcükler : HVAC, ısıtma, havalandırma, klima sistemleri; TAB, test etme, ayarlama, dengeleme

ABSTRACT

More often than not, for a HVAC system it is not enough just to prepare well designed and detailed drawings and to use suitable high quality equipment and material, and even to installing those in accordance with the specifications and the technological trends in order to obtain the expectations from such a system. To accomplish this, it is necessary to make a complete series of Testing-Adjusting-Balancing (TAB) work following the completion of the installation work which will enable the comfort conditions and/or process conditions to come true. Furthermore, doing these work will be necessary in order to have the HVAC system operate economically.

This TAB work which is done after the HVAC installations are completed and as-built drawing are prepared, should cover the testing of all HVAC equipment with their running performance and their fitness with the project values. The flow rates and pressures of all supply and exhaust fans as well as pumps should be adjusted to match the design values. The test results should be recorded and tabulated, and delivered to final inspecting group to help them on doing their work.

In many foreign countries the TAB work is done by an expert engineer or by the firms that specialized in the TAB field, and no final inspection work is being started until the TAB reports are completed. We

feel and believe in that the TAB applications is very important and should be given attention in our country as well.

Keywords : HVAC. Heating, ventilating, air conditioning systems; TAB,testing, adjusting, balancing

1. GİRİŞ

Bir ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemi proje, malzeme temini, sahada imalat ve montaj, test, ayar ve balans, kabul, işletme ve bakım safhalarından meydana gelen bir süreçtir. Kurulan sistemin ortamlarda işverenin istediği konfor şartlarını veya prosesin doğru olarak çalışmasını ve bunu ekonomik işletme masrafları ile sağlaması gereklidir. Projenin amacına ulaşması bakımından test, ayar ve balans işlemleri en az diğerleri kadar önemlidir.

Test, ayar ve balans çalışmalarında aşağıdaki işlemler yapılır.

1. Sistemdeki bütün cihaz ve ekipmanın çalışma performanslarının tespit edilmesi ve projeye uygunluğunun kontrol edilmesi.
2. Sistemdeki elektrikli cihazların besleme gerilimi ve çektiği akımların ölçülmesi.
3. Sistemdeki akış miktarlarının projeye uygun olarak ayarlanması.
4. Hava ve su dağıtım sisteminin balans edilmesi.
5. Otomatik kontrol sistemlerinin çalışma ve birbiri ile uyumluluğunun tespit edilmesi.
6. Sistemin meydana getirdiği ses, gürültü ve titreşimin uygun seviyelerde olduğunun kontrol edilmesi.
7. Yapılan test işlemleri ve bütün ölçümlerden elde edilen değerlerin çizelgeler halinde hazırlanması ve bir rapor haline getirilmesi.

Etkin ve verimli bir test, ayar ve balans işlemi tümüyle planlı ve sistematik bir uygulamayı gerektirir. Bunun için ise bu konuda deneyimli, yetenekli ve uygun ölçme cihazlarına sahip bir ekip gereklidir. Ekip tüm sistemin test, ayar ve balansını yapmalı ve sorumluluğunu yüklenmelidir. Bir çok yabancı ülkede bu işlemler konu ile ilgili eğitimli personele sahip, ilgili kurumlarca sertifikalandırılmış firmalar tarafından yapılmaktadır.

Test, ayar ve balans işlemlerinin yapılabilmesi için gerekli tüm ölçü, ayar cihaz ve elemanları, bunların yerleşimleri projelerde gösterilmeli, montaj sırasında yerlerine konulmalıdır. Bunlar yeterli sayıda kolon klapeleri, debi ayar damperleri, valfler, akış kontrol ve ölçüm istasyonları, akış balans elemanlarıdır. Hassas ve doğru bir ölçmenin yapılabilmesi, ölçüm yerinin yeterli uzunluktaki düz boru veya hava kanalına yerleştirilmesine bağlıdır.

Yeni binalarda ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin montajı sonrası yapılan test, ayar ve balans işlemleri, mevcut binalarda ilave veya değişiklikler sonrasında tekrarlanmak zorundadır. Bazı binalarda ise bu işlemlerin yaz, kış mevsim değişikliklerinde yılda iki defa yapılması lüzumlu olabilir.

Sistemlerin test, ayar ve balans işlemlerinden önce soğutma gurubu, soğutma kulesi, kazan, pompa v.s gibi cihazlar devreye alınmalıdır. Bu cihazlar genellikle üretici garantisinden dolayı yetkili servisler tarafından çalıştırılmalı ve test edilmelidir.

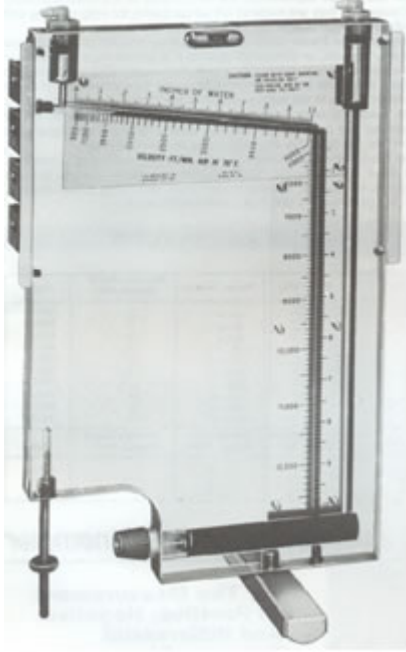
2. HAVA SİSTEMİ TEST, AYAR VE BALANSI

2.1. Hava Sistemlerinin Test, Ayar ve Balansı İçin Gerekli Ölçü ve Ayar Cihazları

Bir hava sisteminin test, ayar ve balansında gereken yerlerde sıcaklık, basınç, devir sayısı, hava hızı, besleme gerilimi, çekilen akımın ölçülmesi zorunludur. Bu ölçme işlemleri için aşağıda belirtilen cihazlara ihtiyaç duyulur.

1. Manometreler

- Manometre 1 Pa aralıklı bölüntülü.
- Eğimli ve dik tertipli manometre (0 ila 2,5 Pa)..
- Test manometresi. (700 ve 2000 Pa)
- Birleşik manometre (+ ve – basınçların okunabildiği)



Basınç Ölçme



Manometre



Mikro Manometre



Fark Basınç Manometresi

2. Değişik uzunlukta pitot tüpleri

3. Termometreler

- Dairesel kadranlı termometre ($\phi 50$ mm, $0,5$ °K bölüntülü).
- Cam düz termometre.
- Kalıpla baskılı termometre (0 ila 50 °C arası kadranlı, $0,05$ °K bölüntülü).
- Dijital termometreler.



Kadranlı Termometre



Dijital Termometre

4. Pens ampermetre (gerilim, akım, direnç ölçebilen)



Pens Ampermetre

5. Çiğ nokta sıcaklığı ölçme cihazı
6. Higrometreler
7. Rölatif rutubet ölçme cihazı.
8. Pervaneli tip anemometre.



DijitalPervaneli Anemometre



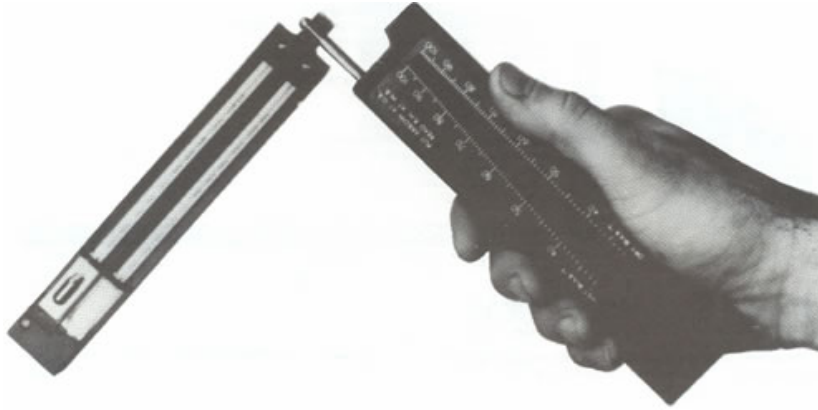
Pervaneli Anemometre

9. Torba-davlumbaz tipi hava debisi ölçme aparati.



Torba-Davlumbaz Tipi Debi Ölçme Aparatı

10. Savurma psikrometre.



Savurma Psikrometre

11. Takometre (dokunmalı veya ışıklı tip)



Dokunmalı Takometre



İşıklı Takometre

12. Su akışı ölçme cihazları (0 ila 12 kPa ve 0 ila 100 kPa kadranlı)

13.Ses seviyesi ölçme cihazı (oktav bandı ayırmalı, mikrofon ve kalibrasyon seti ile birlikte).



Ses Seviyesi Ölçme Cihazı

14.Titreşim analiz cihazı (sıçrama hızı ve ivmelenme ölçümü yapabilen)



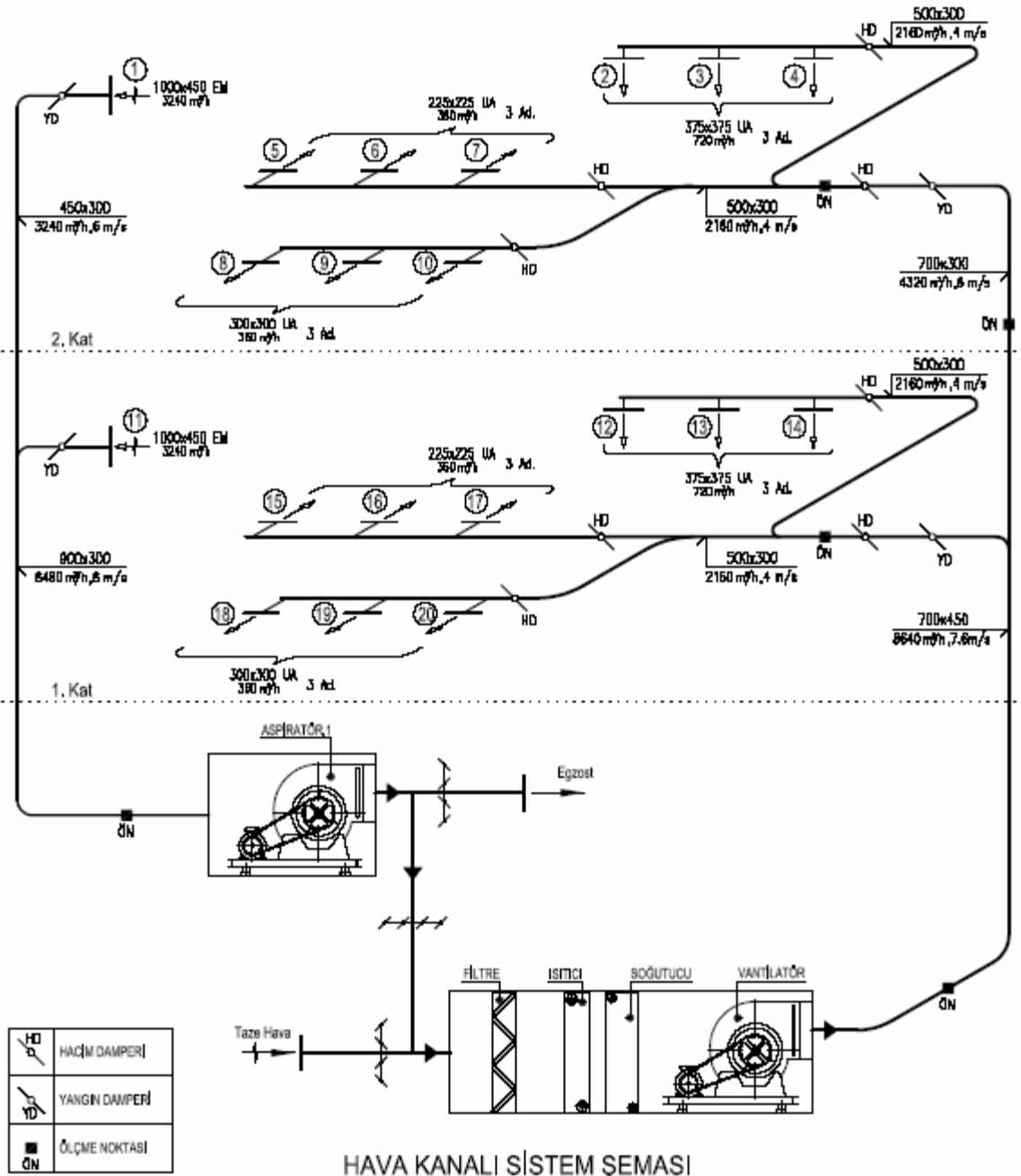
Titreşim Analiz Cihazı

2.2. Hava Sistemi Test, Ayar ve Balansı İçin Ön Hazırlıklar

Hava sistemlerinin test, ayar ve balans işlemlerine başlamadan önce şu ön hazırlıklar yapılmalıdır.

1. Sistemin as-built projelerinin (kat planları, akış şemaları, kesitler v.s.), teknik şartnamelerinin incelenmesi, sistem ve amacının iyi bir şekilde kavranması.
2. Bütün hava sistemi cihazların, hava çıkış ve giriş elemanlarının (menfez, difüzör, pancur v.s.) onaylanmış katalogları ile hazırlanmış detay çizimlerinin incelenmesi.
3. Projede belirtilen cihaz ve ekipman ile sahada monte edilenlerin özellik ve kapasite yönünden mukayese edilmesi.
4. Proje ile montajın karşılaştırılması amacı ile iklimlendirme santralından hava çıkış ve emiş noktalarına kadar hava dağıtım sisteminin incelenmesi.
 - a. Hava kanallarının projelere ve teknik şartnamelere uygun olarak imal ve monte edildiğinin kontrol edilmesi.
 - b. Hava kanallarının kaçak testinin yapıldığının tespit edilmesi.
 - c. Kontrol ve müdahale kapaklarının uygun yerlere monte edildiğinin kontrol edilmesi.
 - d. Hava kanallarında kesit daralmasına sebep olabilecek ezilme ve deformasyonların olup olmadığının kontrol edilmesi.
 - e. Yangın, duman ve debi ayar damperlerinin doğru olarak monte edildiğinin ve ulaşılabilirliğinin kontrol edilmesi.
 - f. Terminal kutuları, tekrar ısıtma serpantinleri v.s. gibi ekipmanların montajının projeye uygun olarak yapıldığının ve ulaşılabilirliğinin kontrol edilmesi.
 - g. Sistemdeki bütün menfez, difüzör v.s. gibi hava çıkış ve emiş ağzlarının doğru monte edildiğinin ve damperlerinin açık olduğunun kontrol edilmesi.

5. İklimlendirme santralının incelenmesi.
 - a. Hava filtrelerinin doğru, kaçaksız olarak monte edildiğinin ve temiz olduğunun kontrol edilmesi.
 - b. Isıtma ve soğutma serpantinlerinin doğru monte edildiğinin, temiz olduğunun kontrol edilmesi.
 - c. Elektrik motorları kasnakları ile vantilatör veya aspiratör kasnaklarının doğru olarak hizalandığının kontrol edilmesi.
 - d. Kayışların uygun gerginlikte olduğunun ve muhafazalarının takıldığıının kontrol edilmesi.
 - e. Otomatik kontrol damperlerinin doğru pozisyonlarda olduğunun ve damper tahrik ünitelerinin takılmış olduğunun kontrol edilmesi.
 - f. İklimlendirme cihazı ile hava kanalı esnek bağlantılarının yapıldığının kontrol edilmesi.
6. Hava dağılım sisteminin akış şemalarının hazırlanması.
Aşağıda örnek bir hava kanalı sistem şeması görülmektedir.



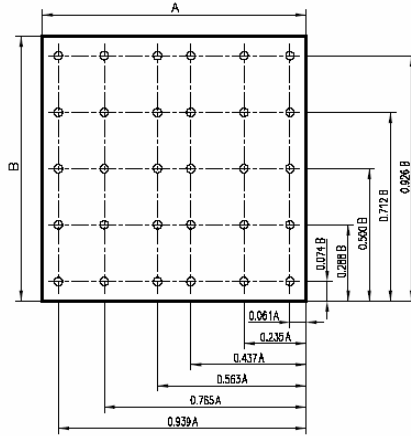
7. Ventilatör, aspiratör, hava çıkış ve emiş ağızları test raporu çizelgelerinin hazırlanması.
8. Hava kanallarında doğru bir şekilde ölçüm yapılabilecek yerlere karar verilmesi.

Sahada yapılan inceleme ve kontroller sonrasında montaj firması, sistemde görülen hata ve noksanları gidermeli, bütün elektrik motorlarının çalışmaya hazır hale gelmesini sağlamalı, test, ayar ve balans işlemleri için hazır hale getirilmelidir.

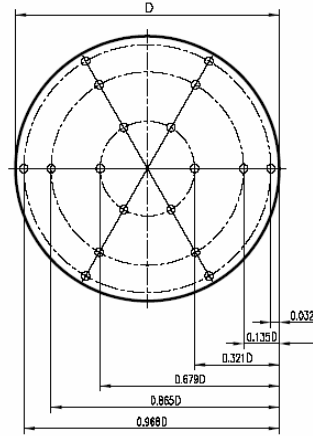
2.3. Ekipmanların ve Sistemin Test, Ayar ve Balansı

Ön hazırlıkların ve sistemdeki hata ve noksanların tamamlanmasından sonra sistemin çalışmaya hazır olduğuna karar verildiğinde sistemin test, ayar ve balans işlemlerine başlanır. Bu işlemler aşağıdaki sıra ile yapılır.

1. Sistemdeki bütün aspiratör ve ventilatörler çalıştırılır ve şu işlemler yapılır.
 - a. Ventilatör ve aspiratörlerin dönüş yönünün doğruluğu kontrol edilir.
 - b. Elektrik motorları besleme gerilimi ve çalışma akımı ölçülür. Motor aşırı akım koruma röleleri uygun değerlere ayarlanır.
 - c. Statik basınç limit anahtarlarının çalıştığı kontrol edilir.
 - d. Hava ve su akışları ve oluşan sıcaklıklar tespit edilir.
 - e. İklimlendirme cihazı içinde kısa devre (serpantin ve filtre kenarlarından) olup olmadığı kontrol edilir.
 - f. İklimlendirme santralından dışarı hava kaçakları (boru bağlantısı kenarları, ek yerleri, kapı kenarları veya deliklerden) kontrol edilir.
2. Ana üfleme kanalı ve kanal düzenlemesine uygun olarak bütün ayrılmalarda uygun ölçüm noktaları ve metotları aşağıdakilere göre seçilir.
 - a. Hassas ve doğru bir ölçmenin yapılabilmesi için ölçüm yeri dirsek ve ayrılmalardan yeterli uzaklıkta ve hava kanalının yeterli uzunluktaki düz bir kısmında yapılmalıdır.
 - b. Hava hızı ölçülecek her kanal kesitindeki ölçüm bir çok noktada yapılmalı ve bunların ortalamasına göre karar verilmelidir. Zira kesitteki hız dağılımı kenar ve köşelerde düşük merkez ve çevresinde yüksektir. Dikdörtgen ve dairesel kesitli hava kanallarının bir kesitindeki hız ölçümleri için aşağıdaki şekildeki noktalar tavsiye edilmektedir.



ÖLÇME NOKTALARININ SAYISI	KANAL KENARINDAN UZAKLIK ÇARPANI
5	0.074, 0.288, 0.500, 0.712, 0.926
6	0.061, 0.235, 0.437, 0.563, 0.765, 0.939
7	0.053, 0.203, 0.366, 0.500, 0.634, 0.797, 0.947



ÖLÇME NOKTALARININ SAYISI	KANAL KENARINDAN UZAKLIK ÇARPANI
6	0.032, 0.135, 0.321, 0.676, 0.865, 0.966
8	0.021, 0.117, 0.184, 0.345, 0.855, 0.816, 0.883, 0.981
10	0.019, 0.077, 0.153, 0.217, 0.361, 0.639, 0.783, 0.847, 0.923, 0.981

- c. Kanaldaki hava hızı 3m/sn nin üstünde ise bir pitot tüpü ve manometre, altında ise bir pitot tüpü ve mikromanometre veya yakın zamanda kalibre edilmiş bir termal anemometre kullanılmalıdır.

3. Doğru değerlerin ölçülebileceğine karar verilen yerlerde yapılan ölçmelere göre sistemin toplam hava debisi hesaplanır. Gerekli görülüyorsa sistemin kurulduğu yerin rakımına ve sıcaklığına göre hava debisi düzeltilmesi yapılır ve standart hava debisi bulunur. Rakımı 600 m den az olan yerlerde düzeltme önemsizdir. Ancak kesin değerler arzulanıyorsa bu yapılabilir.
Bulunan hava debisi projedeki değer üstünde ise vantilatörün devrini düşürmek amacıyla kasnak değişimi yapılır ve hava debisi projeye uygun hale getirilir.
Eğer hava debisi projede istenilenin altında ise vantilatör devrinin artırılması gerekir. Ancak, bu durumda vantilatör devrinin, kritik değerlere çıkması ve motor gücünün yeterliliği mutlaka tetkik edilmelidir.
4. Ayrılmalardaki debi ayar damperleri ayarlanarak bütün branşman kanallardaki hava debilerinin projedeki değerlere uygun hale gelmesi sağlanır.
5. Her hava çıkış ağzının debisi ölçülür ve projede istenen değerlere göre ayarlanır.
Ayrılmalarda ve hava çıkışlarında yapılan ayarlamalarda bir defada projedeki değerlere ulaşılması genellikle mümkün olmamaktadır. Değerlerin sağlanabilmesi için ayar işlemleri çoğunlukla birkaç defa tekrar edilir.
Yapılan ayarlamalar sonucunda proje ile gerçekleşen değerlerin tam olarak sağlanması pratikte mümkün olmamaktadır. Bu sebepten projelerde balans toleransları açıkça belirtilmelidir. Genellikle bu toleranslar kritik olmayan uygulamalarda, ana kanallarda \pm %5, branşman kanallarda ise \pm %10 olarak düşünülebilir. Kritik hava sistemlerindeki toleranslar şunlardır.

Pozitif basınçlı bölgelerde

Üfleme kanallarında %0 ila +%10

Egzost ve dönüş kanallarında %0 ila -%10

Negatif basınçlı bölgelerde

Üfleme kanallarında %0 ila -%10

Egzost ve dönüş kanallarında %0 ila +%10

İklimlendirme santralı çıkışındaki statik basıncın bir miktar yüksek tutulması faydalıdır. Çünkü, ayarlamalar filtre ve serpantinlerin temiz olduğu durumda yapılmaktadır. Bu elemanlar kirlendiğinde hava miktarı düşer ve aşırı yüklerde sorunlara sebep olabilir.

6. Branşman kanallarda ve hava çıkış ağzlarında projede istenilen değerlere ulaşıldığında aşağıdaki değerler okunarak çizelgelere yazılır.
 - a. Elektrik motorunun besleme gerilimi ve çektiği akım.
 - b. Vantilatör statik basıncı.
 - c. İklimlendirme santralının bütün elemanlarının (giriş, filtre, serpantinler, ve karışım damperleri) statik basınç kayıpları.
 - d. Ana ve branşman kanallardaki hava debileri.
 - e. Bütün hava çıkış ağzlarındaki hava debileri.

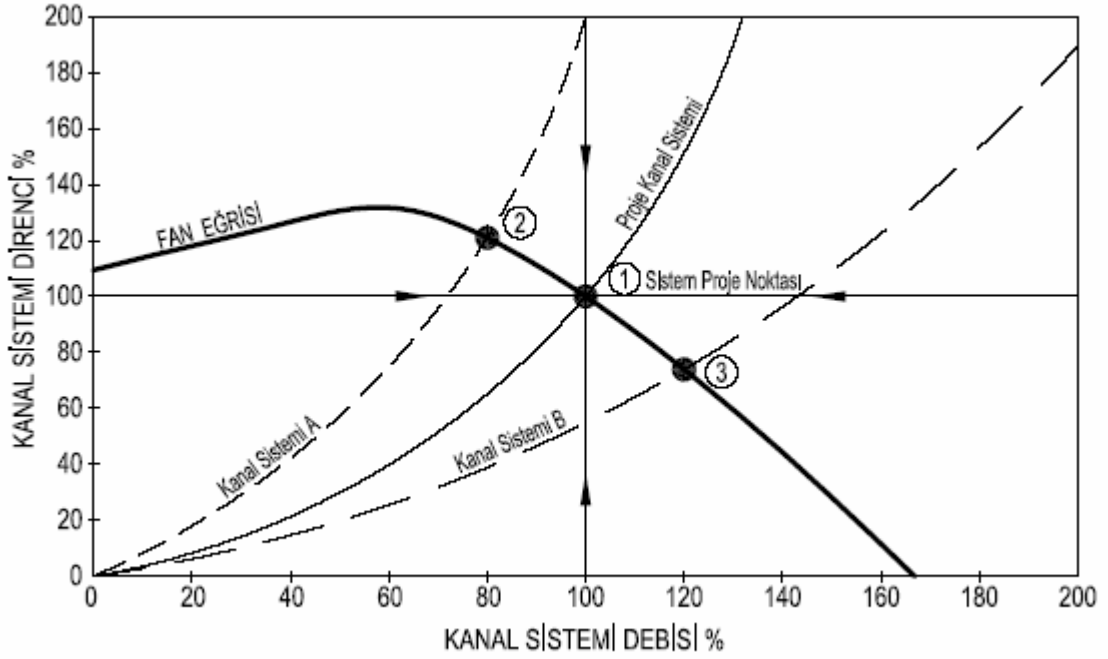
2.4. Rapor Bilgileri

Test, ayar ve balans raporları, sistemin işletme mühendisi ve personelinin gerektiğinde başvuracağı bir kaynaktır. Bu sebepten raporlar en azından aşağıdaki bilgileri ihtiva etmelidir.

1. Proje
 - a. Hava miktarı ve dağılımı.
 - b. Vantilatör ve aspiratörlerin statik basıncı.
 - c. Elektrik motorlarının konulan ve çektiği güç.
 - d. Vantilatör veya aspiratörlerin devir sayısı.
 - e. Minimum dış hava oranı.
 - f. Proje hava miktarı ve statik basıncındaki gerekli güç ihtiyacı.
2. Uygulama
 - a. Cihazların üreticileri.
 - b. Cihaz model no.
 - c. Cihaz seri no.

- d. İklimlendirme santralının tertibi.
 - e. Elektrik motoru ile ilgili etiket bilgileri.
3. Saha testleri
 - a. Vantilatör veya aspiratörün devir sayısı
 - b. Elektrik motorunun besleme gerilimi ve çektiği akım.
 - c. İklimlendirme santral elemanlarının basınç kayıpları.
 - d. Sahada yapılan ölçümlere göre vantilatör ve aspiratörlerin çalışma noktasının üretici performans eğrileri üzerinde gösterilmesi.

Aşağıdaki şekil sistem ve fan eğrilerinin birbirine etkilerini göstermektedir. Sistem proje noktasından sapmalarda hava debisi ve direnç değişimleri olmaktadır. Bu bakımdan, sistemin çalışma noktasının kabul edilir toleranslar dahilinde proje noktasına yaklaştırılması gerekir.



- e. Bütün ana ve branşman kanallarda, hava çıkış ve emiş ağızlarındaki hava debileri.
4. Ek Bilgiler
 - a. İklimlendirme Santralleri
 - Kayış ölçüleri ve sayısı.
 - Motor, vantilatör veya aspiratör kasnak ölçüleri.
 - Tam yükteki elektrik motoru devir sayısı.
 - Filtre tipi ve statik basınç kaybı, değiştirme süresi.

Aşağıda rapor çizelgelerine ait bazı örnekler görülmektedir.

HAVA ÇIKIŞ AĞIZLARI TEST, AYAR, BALANS RAPORU

Proje Adı	
Binanın Yeri	
Cihaz Adı / No	

Sayfa No	
Tarih	
İmalatçı Adı	

Hizmet Ettiği Yer	Hava Çıkış Ağızı			Proje		İlk Ölçme		Ayar Sonu Ölçme		Proje Debitine Oranı %
	No	Tip	Ölçü	H.Hızı	H.Debisi	H.Hızı	H.Debisi	H.Hızı	H.Debisi	
				m/sn	m ³ /h	m/sn	m ³ /h	m/sn	m ³ /h	

NOT :

Test Yapan :

3. HİDROLİK SİSTEMLERİN TEST, AYAR VE BALANSI

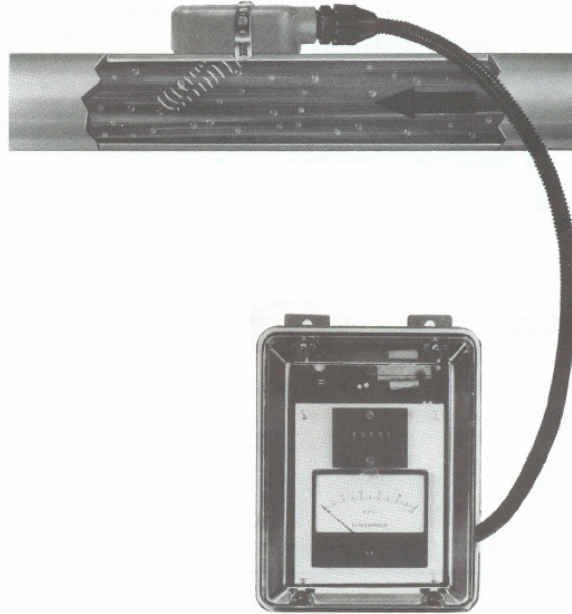
Isıtma, havalandırma iklimlendirme sistemlerinde, su tarafının balansı da sistemin ekonomik olarak çalışması, minimum enerji sarfiyatı ve doğru dağıtım için yeterli doğrulukta sağlanmalıdır. Ancak, su tarafının balansı hava tarafı kadar hassasiyet gerektirmez. Hava akışının projede istenilen değerlerin altında olması ısı transferini doğrudan etkilemesine rağmen, su akışının azalması ısı transferini daha az etkiler. Mesela, bir ısıtma serpantininde akış miktarı proje değerinin %50 sine düştüğünde, ısı transferi proje tam yükünün %90 ına düşer, akış miktarı projede istenilen değer %10 una düştüğünde ise ısı transferi %50 ye düşer.

3.1. Hidrolik Sistemlerin Test, Ayar ve Balansı İçin Gerekli Ölçü ve Ayar Cihazları

Hidrolik sistemde iyi bir şekilde test, ayar ve balans yapılabilmesi, ölçme ve ayar cihazları yerleşiminin proje safhasında doğru olarak belirtilmesine bağlıdır. Aksi takdirde akış, sıcaklık ve basınç ölçümlerinde zorluklarla karşılaşılır. İşlemlerde aşağıdaki ölçme cihazlarının bazıları veya tamamı kullanılabilir.

1. Akış Ölçme Cihazları.

- Ultrasonik istasyonlar.
- Türbinler.
- Venturi.
- Çok bağlantılı pitot tüpü.
- Akış indikatörleri.
- Portatif akış ölçme cihazı.



Ultrasonik Akış Ölçme Cihazı

2. Manometreler

- Sistem basıncına uygun olarak boru sisteminde gerekli yerlere monte edilmiş manometreler.
- Ultrasonik dijital metreler.
- Analog ve dijital basınç farkı ölçme cihazları.
- Basınç düşümü ölçümü için portatif dijital metre.

3. Termometreler
 - a. Sistemdeki sıcaklıklara uygun olarak boru sistemi üstünde gerekli yerlere monte edilmiş termometreler.
 - b. Sıcaklık farkı ölçümü yapabilen portatif termometreler.
4. Balans Valfleri
 - a. Fabrika ayarlı balans valfleri (Her ayar pozisyonu karşılığında basınç kaybı ve akış katsayısı K_v tespit edilebilir diyagramları ile)
 - b. Dinamik balans valfleri.
 - c. Akış sınırlama valfleri.
5. Su soğutma gurubu, ısı değiştirici, ısı değiştirici, kontrol valfleri üzerine monte edilmiş akış ölçme cihazları.

3.2. Hidrolik Test, Ayar ve Balansı İçin Ön Hazırlıklar

Hidrolik sistemlerin test ayar balans işlemlerinden önce, hava sistemlerine benzer aşağıdaki ön hazırlıklar yapılmalıdır.

1. Sistemin as-built projelerinin (kat planları, akış şemaları, v.s.), teknik şartnamelerinin incelenmesi, sistemin iyi bir şekilde kavranması.
2. Sistemdeki pompalar ile ilgili (pompa eğrileri, tahrik motoru, fiziki ölçüler) bilgilerin ve onaylanmış kataloglarının incelenmesi.
3. Pompa elektrik motoru şalteri ve aşırı akım rölesinin uygunluğunun kontrol edilmesi.
4. Kontrol valfi akış katsayısı K_v değerleri ve sıcaklık kontrol eğrilerinin incelenmesi.
5. Su soğutma gurubu, kazan, ısı değiştirici ile ilgili (kapasite, basınç kaybı v.s.) bilgilerin incelenmesi.
6. Terminal cihazların (akış-basınç ilişkisi) bilgilerinin incelenmesi.
7. Basınç emniyet ve basınç düşürme valflerinin ayar değerlerinin tespit edilmesi.
8. Akış ölçme cihazlarının kalibrasyon eğrilerinin incelenmesi.
9. Diğer gerekli bilgilerin (tablo, eğri v.s.) incelenmesi.

Yukarıda belirtilen bilgilerin sağlanması ve incelenmesinin ardından statik sistemin ön hazırlıklarına geçilir ve aşağıdaki işlemler yapılır.

1. Boru sisteminin (ana, branşman ve kolon boruları) incelenmesi ve as-built projeye uygunluğunun kontrol edilmesi.
2. Balans yapma elemanlarının projelere uygun olarak monte edildiğinin kontrol edilmesi.
3. Basınç emniyet valflerinin gerekli değere uygun olarak ayarlandığının kontrol edilmesi.
4. Basınç düşürücü valfin kontrol edilmesi.
5. Bütün genleşme tanklarının kontrol edilmesi.
6. Pompaların proje ve onaylanan kataloglara uygun olduğunun, yerleşiminin, eksenleme durumunun, yataklarının yağlanması, havasının tahliye edildiğinin ve dönüş yönünün kontrol edilmesi.
7. Pislik tutucuların ölçüsünde, doğru olarak monte edildiğinin ve filtrelerinin temiz olduğunun kontrol edilmesi.
8. Terminal cihazların ölçü ve yerlerinin projeye uygun olarak ve iyi bir şekilde monte edildiğinin kontrol edilmesi.
9. Boru sisteminin su ile tamamen dolu olduğunun kontrol edilmesi.
10. Boru sistemdeki havanın tamamının tahliye edildiğinin kontrol edilmesi.
11. Sistemdeki tüm vanaların açık veya çalışma pozisyonunda olduğunun kontrol edilmesi.
12. Kontrol valflerinin ölçüsünün, monte edildiği yerin, bağlantı ağzlarının akış yönüne uygun olduğunun ve valf tahrik ünitelerinin yeterli güçte olduğunun kontrol edilmesi.
13. Otomatik veya elle çalışan hava tahliye elemanlarının uygun olarak takılmış ve çalışır durumda olduğunun kontrol edilmesi.
14. Kazanların sıcaklık, basınç kontrol elemanlarının çalışma ve emniyet değerlerine uygun olarak ayarlandığının kontrol edilmesi.

15. Kazan ve su soğutma gurubunun çalışmaya hazır halde olduğunun tespit edilmesi.
16. Sistemdeki bütün elektrikli cihazların, elektrik bağlantılarının doğru olarak yapıldığının ve koruma elemanlarının ayarlandığının kontrol edilmesi.
17. Bütün ölçme cihazlarının kalibrasyonlarının doğru ve düzgün olarak yapıldığının kontrol edilmesi.

3.3. Hidrolik Sistemin Test, Ayar ve Balansı

Hidrolik sistem ile ilgili ön hazırlıklar ve sistemin kontrol edilmesinden sonra sistemde tespit edilen hata ve noksanlar montaj ekipleri tarafından tamamlanmalıdır. Sistemin çalışmaya hazır olduğuna karar verildiğinde sistemin test, ayar ve balans işlemlerine başlanır. Bu işlemler aşağıdaki sıra ile yapılır.

1. Pompa kısma valfi kapalıya yakın konuma getirilir.
2. Pompa çalıştırılır, dönüş yönü kontrol edilir, yanlış ise düzeltilir.
3. Pompanın Δ_p değeri, kullanılan pompanın eğrisindeki projede belirtilen debi karşılığı değere gelene kadar kısma valfi yavaş yavaş açılır.
4. Kısma valfi yavaşça kapatılır, pompanın Δ_p değeri pompa giriş ve çıkışındaki manometreler okunarak tespit edilir.
 - a. Eğer bu Δ_p değeri pompanın sıfır debideki değeri ile uyuyorsa, pompa eğrisi balans işlemlerinde kullanılabilir.
 - b. Bu değer uyuyorsa şu sebepler araştırılmalıdır.
 - o Pompa içinde hava kalmış olabilir.
 - o Pompa rotoru kirlenmiştir veya bir yabancı madde akışı engellemektedir.
 - o Pompa yanlış seçilmiştir.
5. Pompanın sisteme uygun olduğu anlaşıldıktan sonra, Δ_p değeri projedeki değere ulaşana kadar kısma valfi yavaş yavaş açılır. Böylece pompa debisi, proje debisine yaklaşır.
6. Pompa besleme gerilimi ve çektiği akım ölçülür ve motor koruma rölesi ayarlanır.
7. Balans işlemine mekanik cihaz odasından başlanır. Ana boru debileri ölçülür ve balans valfleri ayarlanarak her devrenin debisi projeye uygun hale getirilir.
8. Önce yakın branşman ve kolonlar, sonra uzakta olanlar aynı şekilde ayarlanır.

3.4. Rapor Bilgileri

Hidrolik sistemin test, ayar ve balans raporları hava sistemine benzer olarak hazırlanır. Projeye, cihazlara ve sahada yapılan ölçmeler ile ilgili bilgiler çizelgelere işlenir ve bir rapor haline getirilir.

KAYNAKLAR

- [1] SMACNA, "HVAC Systems Testing, Adjusting and Balancing", Aug. 2002
- [2] ASHRAE Handbook, "HVAC Applications", 2003
- [3] GLADSTONE, J, BEVIRT, W.D., "HVAC Testing, Adjusting and Balancing Manual"
- [4] MONGER, S.C., "Testing and Balancing HVAC Air and Water Systems"
- [5] ARMSTONG PUMP, "Technology of Balancing Hydronic Heating and Cooling Systems", 1986
- [6] EADS, W.G., "Testing, Balancing and Adjusting of Environmental Systems"
- [7] GLADSTONE, J., "Air Conditioning Testing and Balancing. A Field Practice Manual", 1981
- [8] NEBB, "Procedural Standarts for Testing, Balancing and Adjusting of Environmental Systems", 1991

ÖZGEÇMİŞLER

Nuri ÖZKOL

1933 İzmir doğumludur. 1954 yılında İstanbul Teknik Okulu (Bugünkü Yıldız Teknik Üniversitesi) Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 1956-1959 yılları arasında İzmir Sümerbank Basma Sanayi Müessesinde işletme mühendisi, plan bürosu uzmanı ve plan bürosu şefi olarak çalışmıştır. 1960-1961 yılında Maryland Üniversitesi (USA) Makine Bölümünde lisansüstü eğitim yaparak Makine Yüksek Mühendisi unvanını almıştır. 1961-1964 yıllarında Buchart-Horn Consulting Engineers, Inc. (York/USA) firmasında Isıtma, Havalandırma, İklimlendirme, Soğutma projecisi olarak çalışmıştır. 1964-1965 yıllarında Beling Engineering Consultants (Champaing-Urbana/USA) yine aynı konularda proje mühendisi olarak çalışmıştır. 1966 yılında Türkiye'ye kesin dönüş yaparak Ankara'da Form Kolektif Şirketini kurmuş ve bu firmada Isıtma, Havalandırma, İklimlendirme, Soğutma, Otomatik Kontrol konularında, Proje-Taahhüt-İmalat-Mümessillik alanlarına faaliyetini sürdürmüştür. 1974 yılında kurduğu Epkon Anonim Şirketinde Yönetim Kurulu Başkanı olarak Havalandırma, İklimlendirme, Soğutma, Otomatik Kontrol konularında Mümessillik-İmalat-Satış-Taahhüt alanlarında çalışmıştır. Halen bu çalışmalara devam etmektedir.

Soğutma, İklimlendirme, Otomatik Kontrol konularında aşağıdaki eserleri yayınlamıştır.

1. Isıtma-Soğutma Uygulamalarında Otomatik Kontroller, 1979
2. İklimlendirme, 1981
3. Soğutma Sistemlerinin Montaj-Servis-Bakım ve Tamiri, 1981
4. Uygulamalı Soğutma Tekniği, 1985, (M.M.O Yayını, 6. Baskı 2004)
5. Uygulamalı Klima Tekniği, 1994
6. Soğutma Tekniğine Giriş, 1997
7. Soğutucu Gazların Kullanımı, 2004

Ayrıca Makine Mühendisleri Odası ile birçok mesleki kuruluşların yayın organlarında Soğutma, İklimlendirme, Otomatik Kontrol konularında çıkmış yazıları ile muhtelif kurs ve seminerlerde verdiği ders ve kurslar için hazırlanmış, her ayrı konu ile ilgili basılı metinleri bulunmaktadır.

Tacettin PİRİNÇCİOĞLU

1950 Erzincan doğumludur. 1972 yılında A.D.M.M.A Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 1973-1977 yıllarında Form Kolektif Şirketinde Isıtma, Havalandırma, İklimlendirme, Soğutma konularında proje mühendisi, şantiye şefi ve fabrika teknik müdürü olarak çalışmıştır. 1974 yılında Epkon Anonim Şirketinin kuruluşuna iştirak etmiştir. 1977-1981 yıllarında Epkon Anonim Şirketi'nde İklimlendirme, Soğutma, Otomatik Kontrol konularında proje, imalat, ithalat satış ve taahhüt alanlarında çalışmıştır. 1982 yılında Ankara'da Ekso Anonim Şirketini kurmuştur. Bu şirkette 1981-1993 yılları arasında soğutma, iklimlendirme konularında imalat, satış, taahhüt alanlarında çalışmıştır, 1993-2005 yıllarına Rusya ve Ayrılmış Cumhuriyetler'de mekanik ve elektrik tesisatı taahhütleri yapmıştır.

Isıtma-Soğutma-Klima Uygulamalarında Otomatik Kontroller, 1979 adlı eseri bulunmaktadır.

Değişik zamanlarda Ankara Soğutmacılar Odası'nın düzenlediği seminerlerde Soğutma, Kosgeb' in düzenlediği seminerlerde Klima, Soğutma konularında öğretmenlik yapmıştır.