

HVAC SİSTEMİNDE KULLANILAN FANLARIN GÜRÜLTÜ BÖLGELERİ VE FAN SEÇİMİNDE GÖZÖNÜNE ALINACAK HUSUSLAR

Kevork ÇİLİNGİROĞLU

ÖZET

Dünyada yeni teknoloji değişimi ve gelişimiyle teknikte bazı değer yargıları da değişmekte ve takviyeler yapılmaktadır. Bu dizide büyük gelişmeler gösteren iklimlendirme tesisatlarının değer yargılarında da artan etkenler, sıcaklık ve nem değerlerine, iklimlendirilen hacimlerde, hava dağıtım hızları ve ses kirliliği etkenleri de dahil oldu.

Bu nedenle, bildiride iklimlendirme olayını, temin eden HVAC sistemlerinde gürültü kaynağı olan fan'lar ele alındı. Bu sistemlerde kullanılan fan çeşitleri ortaya konarak bunlar teker teker incelendi. Bu incelemede her türe ait fan'ların kanat şekilleri, bu şekillerin fan karakterine etkileri, verimli olarak kullanılma alanları, sakıncalı bölgeleri ve bu bölgelerdeki gürültü durumları ve bunların giderilme tedbirleri izah edildi.

Fan kontrol şekilleri, fan hız ayarları, VAV sisteminde sakıncalı bölgeye düşmemek için fan seçimi ve senaryosu incelendi.

1. FAN TİPLERİ

Burada daha ziyade iklimlendirme tesisatında kullanılan santrifüj ve aksiyal fan'lar incelenecektir.

Santrifüj fan'ların da kendi aralarında üç çeşit tipleri vardır. Bu tipluşme fan çarklarında bulunan kanat şekillerinden meydana gelmektedir. Bunlar öne eğimli kanatlı (FC) fan'lar, geriye eğimli kanatlı (BI) fanlar ve airfoil (AF) fan'lardır.

1.1. ÖNE EĞİMLİ KANATLI (FC) FAN'LAR

Şekil 1.1.1.'de ilk düşünülmesi gereken öne eğimli FC fan çarkı görülmektedir. Bunların kanatları, çarkın dönüş yönüne doğru eğilmiştir. FC kanatlı çarklar relativ olarak düşük hızda çalışır ve genelde rölativ düşük statik basınçlarında büyük hava miktarları verirler.

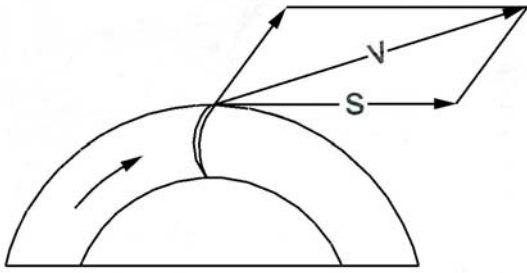
Bu çarklar, yapıları dolayısıyla hafif konstrüksiyonlu olup yüksek statik basınçlarda çalışmazlar. FC fanlarda max. statik verim yaklaşık 60 ÷ 68 % dir. Ve bu rakkamlar tam olarak fan eğrisinin max. statik basınç noktasında bulunur.

ÖNE EĞİMLİ KANATLI FAN

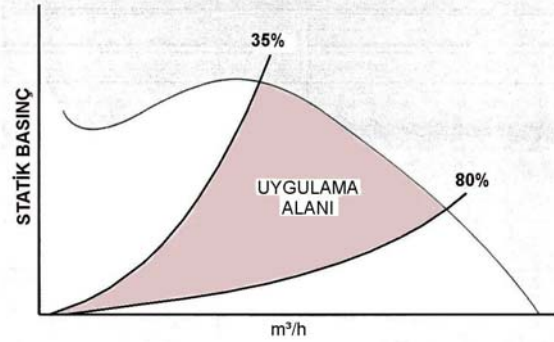


STATİK VERİM 60 - 68%

Şekil 1.1.1.



Şekil 1.1.2.



Şekil 1.1.3.

Şekil 1.1.2. de öne eğimli FC kanadın, öne doğru hareketinde, havanın kanadı terkediş vektörel grafiği görülmektedir. Vektör grafiğinde çark hızını (S) vektörü, sebep olduğu (V) hız vektörü ise reletiv olarak yüksek hızda havayı fırlattığı şekil görülmektedir.

FC fanlarda kanatların öne eğimi dolayısıyla hareket halinde basınç üretimi meydana gelecektir. Kanat durumu dolayısıyla, diğer fanlara nazaran düşük bir hızda dahi hava debisi ve statik basıncı daha verimli olacaktır.

Şekil 1.1.3. de görüldüğü üzere, FC fanların verimli hava üretim alanları max. hava miktarının % 35 ile % 80 i arasında geniş bir sahayı kaplar.

Performans eğrisi üzerinde her hangi bir çalışma noktası seçildiğinde % 35'in altında bir çalışma noktası seçilmez. Zira % 35'in altı fan için (surge) sakıncalı bölgedir. Aynı şekilde % 80'in ötesinde ise fan'da anormal sesler çıkmaya başlar ve verimsiz çalışmalar belirir. Bu durumları biraz genişleterek incelediğimizde aşağıdaki bilgilere varırız.

1.1.1. ÖNE EĞİMLİ KANATLI SANTRİFÜJ FAN'LARIN GÜRÜLTÜ KARAKTERİSTİĞİ

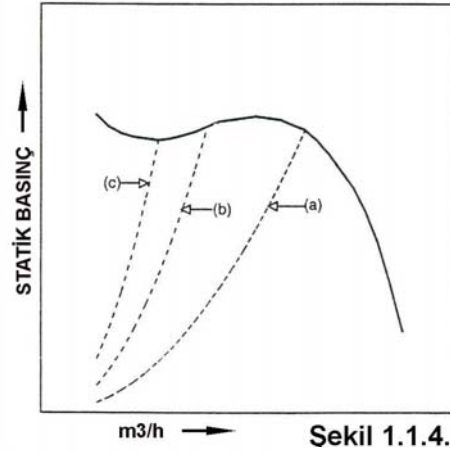
Öne eğimli kanatlı fan'lar, düşük basınçlı HVAC sistemleri (500 pa.'a kadar) uygulamaları için çok uygundur. Bunlar orta basınçlarda (yaklaşık 500 + 1000 pa.) nadiren kullanılır. Ve daha ziyade, önde gelen mecburiyetten, düşük ilk yatırım ve fiziksel olarak, eb'at küçültmelerinde, çalışma verimliliği ve gürültü seviyesi ihmal edilmektedir.

HVAC uygulamalarında verimliliği en düşük fan, diğer fan tipleri arasında, öne eğimli kanatlı fan'lardır.

Öne eğimli kanatlı fan'lara ait tipik performans eğrisi şekil 1.1.4.'de verilmiştir. Fan çalışma noktası gürültü karakter ve seviyesi, sistem mukavemet eğrisinin fan performans eğrisini kestiği noktaya bağlıdır. En sessiz bölge, öne eğimli kanatlı fanın performansının pik yani en yüksek noktasıdır.

Şekil 1.1.4. de görüldüğü gibi kesişmenin (a) bölgesinde olması gerekir. Sistemin mukavemet eğrisi eğer fan eğrisini (b) bölgesinde kesiyor ise fan çarkı, dönme hızını kaybederek, dengesizliklere sebep olacaktır. Gittikçe düşük frekans seviyesi önemli miktarda artacak ve rumble (guruldama sesi) ve tonal (zırlıdam sesi) ses komponentleri meydana gelecektir. Bu artma $d/d / 50$ Hz için $\frac{1}{2}$ oranında olacaktır. Sistem mukavemet eğrisini (c) bölgesinde kesmesi halinde fan performansında (surge) yani dalgalanma ve yükselmeler (dengesizlikler) meydana gelecektir. Yalnız, önemli miktarda, düşük frekans artması değil, müziç (rumble) sesinin amplitüdlerini veren şekiller meydana gelecektir.

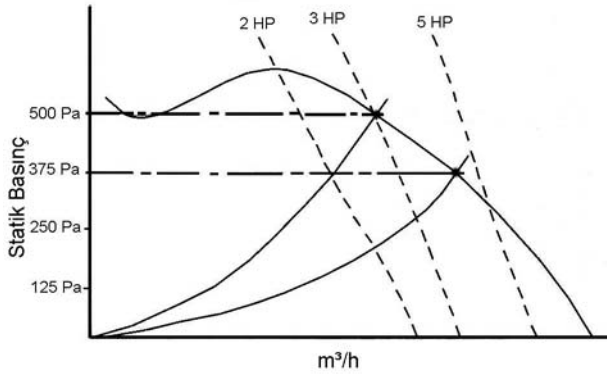
Fan eğrisi üzerinde en yüksek verim noktasından da sağa doğru fazlaca gidildiğinde, fan ses seviyesinin yükseldiği görülür. Bilhassa orta ve yüksek frekans aralığında (hiss) ısıklık sesi bölgesinde artmalar olduğu ve kanat geçişinde frekansın (fan kanat sayısı x $d/d / 50$) olduğu görülür.



Şekil 1.1.4.

AMCA Standard 300-85, 63 Hz. Oktav bandı altında ölçümler yapmağa mecburiyet getirmemektedir. Böylece, genellikle, fan imalatçıları 16 Hz. Ve 31.5 Hz. oktav band ölçmelerini vermemekte ve fan'ların düşük frekanstaki durumları bilinmemektedir.

Fan'ın aerodinamik dengesizliğinde, fan'ın çalışma alanını (Stall) bocalama ve (surge) dalgalanma alanına yani (b ve c) bölgelerine kaydırarak düşük frekans gürültüsü, 16 ve 31.5 Hz. oktav bandında çalışmakla, gürültü seviyesi yükselir. Buna karşın fan imalatçıları, fan eğrisi üzerindeki stall ve surge bölgelerinde test yapmazlar; çünkü kesinlikle o bölgelerde çalışan fan seçimlerini tavsiye etmezler. Onların önerisi daima normal bölgelerde çalışan fanlardır. Bu konuda problem, bir üst ölçüde (over size) fan seçilmesidir. Çünkü büyük ölçülü anormal fandan dolayı büyük basınç kayıpları meydana gelerek genelde bahsedilen (system-effects) sıkıntısı görülür. Bu kayıplar, kanallara zayıf giriş ve şartlı mahallerde kötü çıkışlardan kaynaklanır.



Şekil 1.1.5.

Şekil 1.1.5., tipik bir fan eğrisidir. Bu şekilde fan'ın tahrik gücü eğrilerinin fan performans eğrisini nasıl kestiği görülmektedir. Buna göre, eğer sistemin statik mukavemeti, 500 pa. dan 375 pa.'a düştüğü takdirde fan tahrik gücü ihtiyacı 3 bhp.'den 4 bhp'nin üzerine yükselecektir. Bu nedenle FC fan'lar (fazla yüklenen) overloading tip fan'lar olarak tanımlanır.

1.2. ARKAYA EĞİMLİ KANATLI (BI) FAN'LAR:

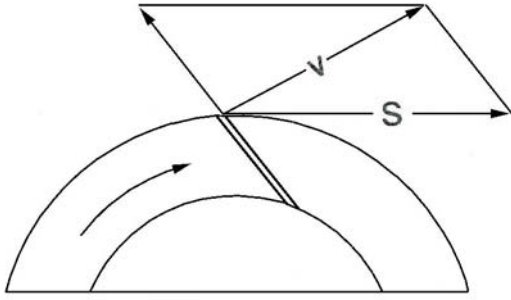
(BI) ARKAYA EĞİMLİ KANATLI FAN



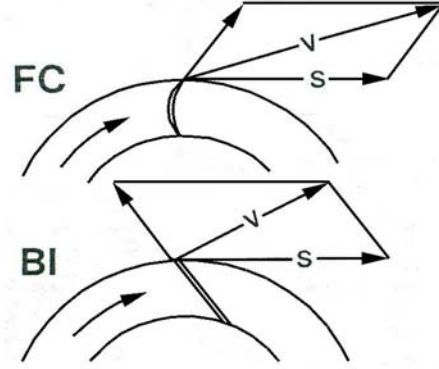
STATİK VERİM 75 - 80%

Şekil 1.2.1.

Şekil 1.2.1.'de ikinci tip fan çarkının resmi görülmektedir. Bu çarkta dizayn, kanatların çark dönüş yönüne göre geriye meyilli olarak yatmış olmasıdır. Bu tip kanatlı fan çarklarına (BI) veya geriye eğimli kanatlı (Backward Inclined) tipler denmektedir. Bu çarkın performansı, yüksek randımanlı, büyük hava debileri ve rijid konstrüksiyonu ile yüksek statik basınçlara müsait ve uygunluğu ile karakterize edilmektedir. BI çarkının max. statik basınç verimi % 75 ÷ 80 olup bu rakkamlar yaklaşık % 50 debilerde elde edilebilmektedir.



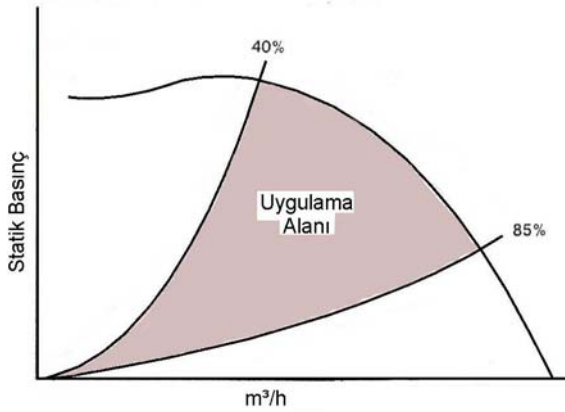
Şekil 1.2.2.



Şekil 1.2.3.

Şekil 1.2.2.'de geriye eğimli kanatlı bir çarkta, havanın çarkı, dönüş istikametinde geriden terkettiği görülmektedir. Çarkın ileriye hareketi (S) vektörü ile, hava hareketi ise (V) vektörü ile gösterilmiştir.

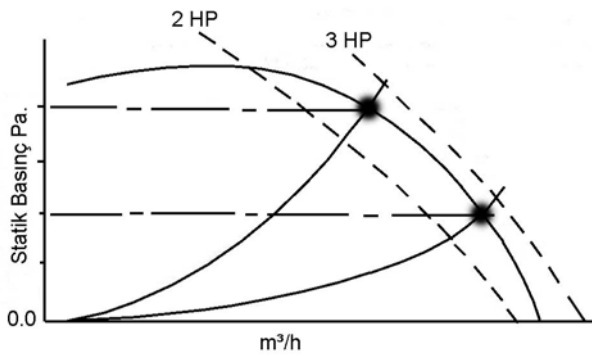
Şekil 1.2.3.'de FC ve BI fan'larının performansları mukayese edilmektedir. Bu kıyaslama verilen bir aynı (S) çark hızına göre yapılmıştır. FC'nin (V) vektörü BI'nın (V) vektöründen daha büyüktür. Bu nedenle, verilen belirli bir hava debisi için (BI) fan seçildiğinde, bunun hızının (FC) fanına göre iki misli olması gerekir ki (BI) fanı aynı miktar havayı verebilsin. Buna rağmen (BI) fan'ı için gerekli olan tahrik gücü, performansının yüksek olması nedeniyle (FC) fan'dan daha küçük olacaktır.



Şekil 1.2.4.

Şekil 1.2.4., BI fan'ının çalışma noktaları aralığına ait uygulama alanını göstermektedir. Açıklık, bu tip fan'larda max. hava debisinin % 40 ÷ 85 mertebesinde olduğunu ifade etmektedir. Daha evvel belirtildiği gibi % 40 altında fan, (Surge) dengesiz bölgede, % 85'in üstünde ise fan gürültülü ve verimsiz çalışmaktadır.

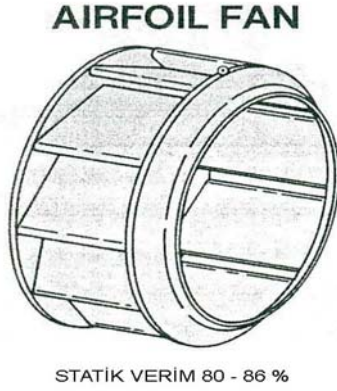
Surge büyüklüğü, basınç ilişkisinin büyüklüğüne bağlı olarak BI fan'larda FC fan'lardan daha büyüktür. Bu da, yüksek statik basınç uygulamalarında BI fan'lara öncelik verilmesi anlamındadır.



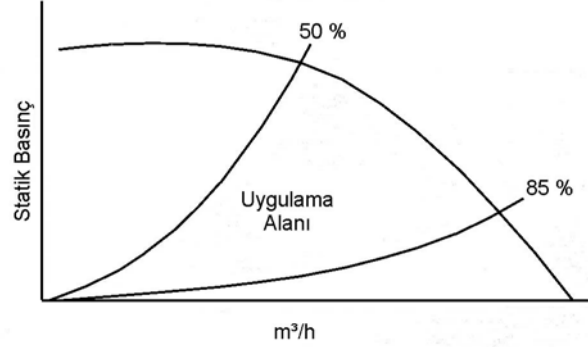
Şekil 1.2.5.

Şekil 1.2.5., BI fan'ların tahrik güçlerinin FC'ler gibi olmadığını göstermektedir. BI fan'larda, tahrik gücü eğrisi, fan performans eğrisine paraleldir. Bu nedenle sistemin statik mukavemeti örneğin 1000 pa.'dan 500 pa.'a indiği halde, fan'ın tahrik gücü değişimi pek az miktarda fark etmektedir. Bu sebepten dolayı BI fanlar (nonoverloading) aşırı yüklenmeyen fan'lar olarak tanımlanırlar.

1.3. AIRFOIL KANATLI (AF) FAN'LAR:



Şekil 1.3.1.



Şekil 1.3.1.'de BI fan çarkı kanatlarının, düz levha olmaktan çıkartılarak daha düzgün airfoil bir şekle getirildiği görülmektedir. Airfoil kanat, kanat yüzeyinde düzgün bir hava akımı meydana getirerek girdap ve anaforları yok eder ve böylece çark içindeki gürültü ve türbülansları ifna eder. Bu şekilde fan statik verimini artırır ve aşırı gürültü seviyesini azaltır. Airfoil fanlarda statik verim % 85'e kadar yükselebilir.

Genelde AF fan'lar, aynen BI fan'ların karakterlerini gösterirler. Airfoil fan'ların uygulamadaki yeri, % 50 ÷ 85 max. debi genişliğindedir. Şekil 1.3.2.

Bu uygulama alanı FC ve BI fan'lara göre dar bir alandır. Bunun sonucu olarak AF fan'ın surge alanı, fan eğrisinin sağda bulunan çalışma alanından daha büyüktür. Zira (surge) dengesiz çalışma, yüksek hava miktarlarında meydana gelmektedir. Bu fan'ın surge karakteristiği, BI ve FC fan'larından daha büyüktür.

1.3.1. GERİYE EĞİMLİ, DÜZ VEYA AIRFOİL KANATLI FAN'LARIN GÜRÜLTÜ KARAKTERİSTİĞİ

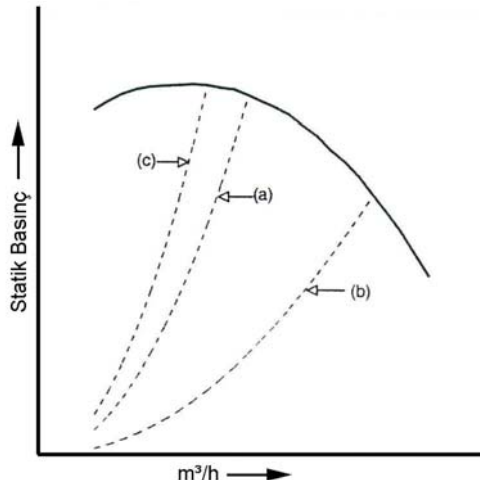
Geriye eğimli şekilli (beckward – inclined), düz kanatlı (flat – blade) (BI) ve airfoil kanatlı (AF) fan'ların performans eğrileri, orta ve yüksek statik basınçlı HVAC sistemlerinde kullanımağa müsaittir. (Yaklaşık 750 pa.'dan 1500 pa.'a kadar). Airfoil kanatlı fan'ların potansiyeli ve verimi diğer guruba nazaran daha yüksek olup gürültü seviyesi de daha düşüktür. Ve aynı uygulamalarda kullanılmaktadır. BI / AF fan'ların aerodinamik performans eğrilerinin normal şekli girintisi ve çıkıntısı olmayan pürüzsüz bir eğridir. Öne eğik kanatlı ve vane axial fan'larda olduğu gibi hörgüç çıkıntısı yoktur. Pik çalışma noktasından sola gidildiğinde, dengesizlik problemi yok gibidir. Böylece BI / AF fan'ların belki diğer tiplere nazaran, performans eğrisi üzerinde yapılan hatalarda daha affedici, ses yükseltmeyen ve genişleyen bir bandı vardır.

1.3.2. FAN PERFORMANS EĞRİSİ ÜZERİNDE ÇALIŞMA NOKTASININ DEĞİŞİMİ

BI ve AF fan'larının karakteristik çalışma eğrisi tipi şekil 1.3.3.'te görülmektedir. Fan eğrisi üzerinde en sessiz çalışma bölgesi eğrinin pik çalışma bölgesidir. Bu bölge (a) mukavemet eğrisinin şekilde görülen kesim noktasıdır. Pik verim noktasının çalışmada sağına gidildikte ve şekildeki mukavemet (b) eğrisinin kesim noktasında, gürültü seviyesi, yaklaşık 250 Hz.'in üzerinde ortaya yüksek frekans seviyesine yükselir. Bu nedenle bazı mühendisler, (a)'dan sola gitmeyi engellemek için fan seçiminde bir kademe küçük cihaz seçme yoluna giderler. Bu sonuç bir bakıma akustik avantajda birlikte getirir. Zira düşük frekans gürültülerini, bir alt kademe fan eb'adıyla orta ve yüksek frekans seslere tahvil ederek, bir üst kademe fan'ın pik performans eğrisinin uzağında çalışmakla fan'ın düşük frekansta ürettiği sesleri önlemek mümkün olur. Yinede pik verimliliğin çok uzağındaki, sol tarafta, yani hava

performans eğrisinin düz bölümünde, sistem mukavemet eğrisinin (c) kesim noktasında dengesiz (surge)*'likten bahsetmek mümkündür. Surge çalışma modunda, hava verişinde geniş bir dalgalanma meydana gelir. Bu dalgalanma zaman modülünde, dış sistemde, kanalda, hava debisinin değişimi gibi darbeler verir. Bu dalgalanma oranı, kısa kanallı dağıtım sistemlerinde, saniyede bir darbe olabilir; geniş bir dağıtım ve çok branşmanlı sistemlerde periyodik bu darbeler 30 saniyede bir darbeye kadar çıkabilir. Surge modunda çalışan fan, bu yüzden titreşim de yapabilir. Akustik olarak, bir surge (dalgalanma ve kabarma) modu önemli miktarda arttığında, frekans 100 Hz.'in altına düşerek gürültü ve sistem dalgalanması başlayacak, amplitüdler zaman içinde periyodik gürleme (Rumble) sesleri fonksiyonu olacaktır.

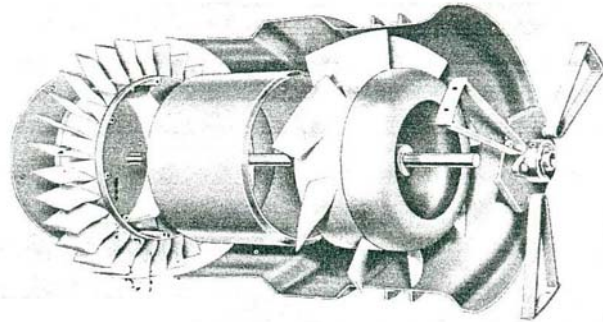
BI / AF fanlarda (surge) hali genelde görülmez yalnız uygulamada çalışma esnasında, hava akımı önemli miktarda değişime uğratılmış ise ve hava akımı kontrolü, mesala (inlet vane)'ler ile yapılıyor ise veya dış sistemde beklenmedik bir şekilde direnç artmış ise hadise meydana gelir. Yine de BI / AF fan'larda surge hali var gibi düşünülerek harekette fayda vardır.



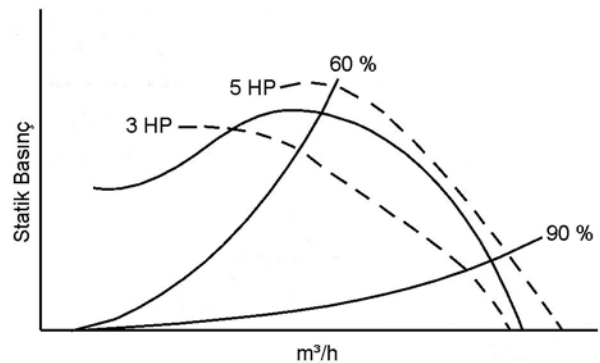
Şekil 1.3.3.

* Dönme yavaşlaması (stall) (fan çarkında kısmi ters akımdan dolayı yavaşlama veya durma) ve hava dalgalanması (surge) (kanal içindeki hava akımının zamana bağlı olarak dalgalanması) hareketleri, ölçülen fan statik basıncı değerinin artması halinde teşhis edilmektedir. Statik basınç relativ olarak sabit kalsa dahi, yine de çark dönmelerinden (stall) gelen bir titreşim hareketi var olacaktır. Eğer statik basınç yükseliyor ise, zaman aralığında belirli büyüklükler ile dalgalanmalar görüleceğinden (surge) hali gözüküyor demektir.

1.4. VANE AXİAL FAN'LAR:



Şekil 1.4.1.



Şekil 1.4.2.

Şekil 1.4.1.'de görülen vane axial fan, çoğunlukla, iklimlendirme işlerinde kullanılmaktadır. Bu fan, esasında, silindirik bir tüp içine yerleştirilmiş pervanedir.

Pervane fan'ların yapılışı icabı, havayı spiral bir akımda üretirler. Hava çıkış tarafına yerleştirilen kanatlar vasıtasıyla hava akımı, düzgün bir hale getirilir. Tahmin edileceği gibi spiral bir hava hareketini, düzgün bir akıma değiştirmek için büyük bir mukavemet hasil olacaktır. Bu durum ise fan

verimine tesir edecektir. Bu nedenler ile fan'ın statik verimi en fazla % 70 ÷ 72 olmaktadır. Bu fan'larda hava debileri ve basınç verimleri, airfoil ve BI fan'lar gibidir.

Şekil 1.4.2.'de vane axial fan'ların uygulama alanları olan % 60 ÷ 90 hava üretim aralığı görülmektedir. Burada da tahrik gücü BI fan'lar gibi fan eğrisine paralel seyretmektedir. Bu neden ile vane axial fan'lar (non overloading) aşırı yüklenmeyen fan'lar olarak tanımlanırlar.

Özellikle, sabit hacımlı uygulamalarda sistem büyüklüğü ve kullanma alanının verimliliği göz önüne alınarak fan tipi seçilmelidir.

1.4.1. VANE AXIAL FAN'LARIN GÜRÜLTÜ KARAKTERİSTİĞİ

Vane axial fan'lar, HVAC sisteminde düşük, orta ve yüksek statik basınçlı düzenlerde uygulanmağa müsaittir. Düz geçişli akımlı tesisat sistemlerinde bilhassa avantajlıdır. Optimum mesafelerde hava giriş ve çıkışı şartları ve aerodinamik verimi bakımından HVAC sistemlerinde başarıyla kullanılmaktadır. Vane axial fan'lar, diğer herhangi tip fan'lara göre daha ziyade düşük frekanslı gürültü üretmektedir. Bu nedenle genelde, çoğu zaman, pasiv veya aktif susturucuların yüksek seviyeli frekanslı gürültü ürettiği yerlerde düzeltici olarak kullanılırlar. Vane axial fan'lar daha ziyade hava akımının girişte engellenmesi nedeniyle hassastırlar. Zira bu hassasiyet, girişteki <inlet guide vane>'lerden dolayı, hava akımında meydana gelen modülasyonlardan veya içeride elektrik motorunun monte edildiği platformdan gelmektedir. Böylece girişteki engeller, kanat geçiş gürültü frekansının gürültüsünü, önemli miktarda artırır.

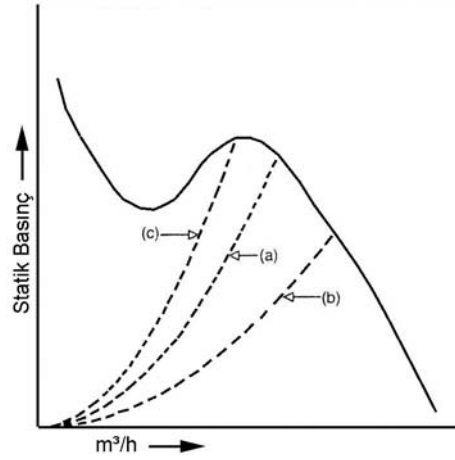
1.4.2. VANE AXIAL FAN PERFORMANS EĞRİSİ ÜZERİNDE ÇALIŞMA NOKTASININ DEĞİŞİMİ

Bir Vane axial fan'ın orta frekanstaki gürültü spektrumu, pik geçişlerde (Blade – passage frequency) olarak adlandırılır. (Kanat geçiş frekansı) genelde kanat adedine bağlıdır ve $(\text{kanat adedi} \times d / d / 50)$ formülüyle ifade edilir. Örneğin fan geçiş kanat sayısı 10 adet ve devir sayısı 1800 d/d ise kanat geçiş frekansı: $10 \times 1800 / 50 = 3600$ Hz. olur. Emiş tarafında simetrik olmayan bir durum var ise (Örneğin fan girişi 90° lik kapalı bir dirsek ile yapılıyor ise veya motor tarafından engelleme ile asimetric bir emiş var ise) kanat frekansının (tonal) komponenti gürültüsü 10 dB artar. Tipik bir HVAC uygulamasında rahatsız edici bir tonal gürültü komponentinin varlığı, fan'ın hem giriş ve hemde çıkışına yüksek verimli susturucuların konmasını getirir. Aktüel olarak Vane axial fan'lı HVAC sistemlerde, kanat geçiş frekansı gürültüsü dolayısıyla yüksek verimli susturucu uygulamak veya kanal içi ses yutum kaplaması yapmak bir opsiyon değil bir mecburiyettir. Diğer gürültü kontrolleri, fan giriş ve çıkışına yakın bölümlerdeki kanal geometrisine dikkat edilerek yapılacaktır.

Bu tip fan'larda kötü durumlar, fan'a hava girişinde 90° kapalı dirsek yapılması veya fan'ı tahrik eden elektrik motorunun montaj durumunun kötü olması sonucu hava akış simetrisinin bozulmasıdır. Fakat çoğu imalatçılar, hava akış simetrisinin bozulmaması için, tahrik motorunu hava çıkış tarafına veya hava akış yolu dışına monte etmektedirler.

Şekil 1.4.3.'te, bir vane axial fan'ın tipik performans eğrisi görülmektedir. Bu eğrinin sol tarafında, max performansının yine sol tarafında (hörgüç) tabir edilen çıkıntı vardır. Sistemin mukavemet eğrisi, çalışma esnasında, hörgüç bölgesinde (c) eğrisi, fan performans eğrisini kestiğinde, dengesizlik ve fan dönüşümün yavaşlaması v.b. olaylar meydana gelmektedir. Akustik olarak, fan devrinin düşmesi, düşük frekans gürültüsü ve titreşimlerin artması anlamına gelmektedir. Bu olay yaklaşık fan'ın $(d/d/50)$ 'sinin 2/3'ünde ciddiye kazanmaktadır. Tipik olarak, vane axial fan uygulamasında, hadise 15 Hz. ÷ 30 Hz. arasında meydana gelmektedir.

Şekil 1.4.3.'te görüldüğü gibi, sistemin statik mukavemet eğrisi (a), fan çalışma eğrisini max. verim bölgesinde kestiğinde, çalışma gayet sessiz olmaktadır. Normal seçim kademesi (a) ve (b) arasında olmalıdır. (Şekil 1.4.2.'de % 60 ÷ 90 arası). Çalışma sağa doğru (b)'nin ötesinde olduğu takdirde gürültü seviyesi artacak ve orta ve yüksek frekans bölgesinde meydana gelecektir. Daha çok sağa gidildikçe artma çok büyük olacaktır.



Şekil 1.4.3.

1.4.3. PERVANE FAN'LARIN GÜRÜLTÜ KARAKTERİSTİĞİ

Pervane fan'lar Vane axial fan'lar gibidir. Bu nedenle bu tipleri de bu fasılda irdelemek doğru olur. Pervane fan'lar genelde düşük basınç ve büyük hava debileri için kullanılmaktadırlar ve atışı serbest havaya çok yakındır. Pervane fan'ların imalatı büyük miktarlarda olup eb'atları pervane boylarına bağlıdır. Tipik uygulama alanlarından bazıları: Çatı egzostu fan'ları, lokal havalandırma fan'ları, hava soğutmalı kondenser fan'ları, soğutma kuleleri fan'ları v.b.'dir.

Pervane fan'lar daha ziyade ses enerjisi üretir. Bu enerji konsantrasyonu, kanat geçiş sayısına göre frekansı, kanat bölgelerinde yoğunlaşır (kanat sayısı x $d/d / 50$ Hz. sayısı). Genelde bu fanların kanat sayısı 3 ÷ 7 arasındadır ve hızları 1450 d/d.'yı geçmemektedir. Buna göre de kanat geçiş frekansı, 100Hz.'in altındaki bölgede bulunur. Örneğin, hava soğutmalı bir kondenserin pervane fan kullanıldığına göre ürettiği kanat geçiş frekansı, komşu bölümlere 80 Hz.'te ulaşmaktadır. Pervane fan'ların performansları aynen Şekil 1.4.3.'te belirtildiği gibi vane axial fan'ların çalışma eğrileri gibidir. Çünkü karakteristik eğride (hörgüç) olarak adlandırılan çıkıntı eğrisi vardır ve bu bölgede, pervane fan'ın 250 pa. basıncın üzerine çıkması halinde aynen devir sapmaları v.b. hadiseler meydana gelmektedir.

Genellikle, 100 Hz.'in altındaki düşük frekanslarda gürültüyü her hangi ses emici bir susturucu ile gidermek zor ve bazı hallerde hemen hemen mümkün değildir. Zira pervane fan'lar açık atış fan'ı olarak dizayn edilmişlerdir. Serbest atış sırasında hava çıkışına ses yutucu koymak, performans düşümü nedeniyle, kabul edilemez. Susturucu konduğu takdirde gürültü seviyesi artacağından daha evvelki ses seviyesine denk gelecek, enerji ve yatırım kaybından başka bir işe yaramayacaktır.

Örneğin, tesisatın bazı bölümlerine paket susturucu koymak suretiyle sessiz pervane fan elde edilmeyi isteyelim, aslında aerodinamik performansın kaybolduğunu göreceğiz. Zira aslında sisteme mukavemet ilave edilmektedir. Bu durumu düzeltmek için fan kanat adedini artırmak veya çalışma hızını artırmak veya her ikisini uygulamak bize ancak hava miktarını artırmayı kazandırır. Çünkü fan hatvesini veya hızını artırmak gürültü seviyesini artırmak demektir.

Ayrıca hava miktarıda artacaktır. Bunun en iyi çözümü, fan'ı değişikliğe uğratmak yerine daha sessiz bir fan ikame etmektir.

1.4.4. PERVANE FAN'LARININ SES ARALIĞI

AMCA Standard 300 – 85'e göre, fan'ların ses test metodu için tertiplenen (Reverberant) odalarda, belirli bazı şekilde tesbit edilen pervane fan'ları da test etmek mümkündür. Belki 10^{-12} watt seviye değerine göre bilgiler normal veya 1/3 oktav band cinsinden tesbit edilmektedir. Bu şekilde, hiç değilse

akustik teorik bilgiler, imalatçılar için de muhtelif dizayn ve boyut tipleri için faydalı olur. İşin gerçeği, bu konuda, ana bilgiler pek fazla yaygın değildir.

Bu durum bilinen bir gerçektir, çünkü o kadar çok değişik pervane fan eb'at ve tipleri vardır ki, bu işe yaptıkları para yatırımı için dikkatli olmak durumundadırlar. Fakat genelde imalatçılar, limitli sayıdaki fan testleri ile yetinerek tipler için geometrik benzetme yoluna giderler. Bunun için, dizaynı yapan mühendis, bu konuda bilgi veren imalatçıya, fan test edilerek sonuç aktüel bilgileri alınincaya kadar şüphe ile bakmalıdır.

Aslında pervane fan'lar için şüpheli olmanın bir çok nedeni vardır. Örneğin kanat frekansı 100 Hz.'in altında olan bölgelerde, gürültü konsantrasyonu çok fazla olduğundan bu bölgeler ciddi sorunlar doğurabilir.

AMCA 300 – 85'e göre yapılan kaliteli uygun bir laboratuvar testinde 100 Hz.'in altındaki bölgelerde test uygulaması mümkün değildir. Bu nedenle, eğer fan kanat geçiş frekansı 100 Hz.'in altında ise verilen faydalılık bilgileri gerçeğe uygun değildir.

2. FAN KONTROLÜ

Daha evvelki incemelerimizde, fan için performans eğrisi üzerinde bir adet çalışma noktası bulunduğunu farzetmiştik. Bu nokta, sistem mukavemet eğrisinin performans eğrisini kestiği noktayı göstermekteydi. Bu olay, sabit hava hacminin değişken hava sıcaklığı vasıtasıyla, binada çevre hava sıcaklığı değişimine cevap vererek dengeyi sağlamasıdır. Buna karşın popüler olmuş diğer bir sistem, değişken hava hacimli (VAV) sistemidir. Bu sistem, fan performansı üzerinde ilave mahaller istemektedir. Kısaca, değişken hava hacimli, sabit sıcaklıktaki hava, hacimleri zonlamaya göre dengede tutabilmek için kontrol sistemine ihtiyaç vardır. Bu düzen ise fan'ın kontrol edilme konusunu gündeme getirmektedir.

2.1. FAN ÇIKIŞINA KONAN DAMPER İLE KUMANDA SİSTEMİ

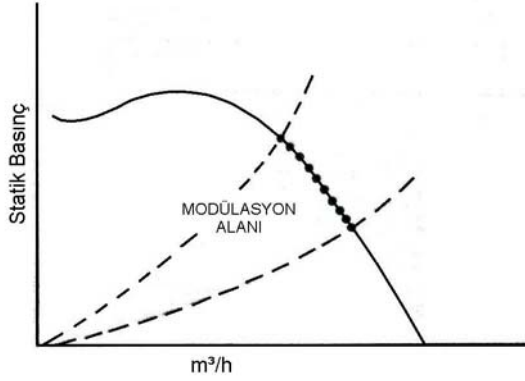
Hacımlara veya odalara gönderilen havayı, zon kontrol termostatından aldığı kumanda ile hava gönderen VAV kutuları, bu görevlerini yapabilmek için ayar damperlerine sahiptirler. Modülasyonlu çalışan bu damperler, yalnız hava miktarları ihtiyaçlarını, yüke göre dengeler, kutuların tümü üzerinden sistem mukavemeti değişir. Bu değişim sistemin yeni mukavemet eğrisidir. Diğer bir deyişle, fan uzun müddet kendi performans eğrisinde tek noktada çalışmaz, bu noktanın oransal bir (range) dizisi üzerinde çalışır.

Şekil 2.1.1.'de fan eğrisi üzerindeki bindirmeler görülmektedir. Fan'ın kontrolünde en basit şekil, fan eğrisi üzerinde yapılan işlemlerdir. Bu metod, fan kapasitesini değiştirerek değil, normalde statik basıncı değiştirmek suretiyle alınan tepkidir.

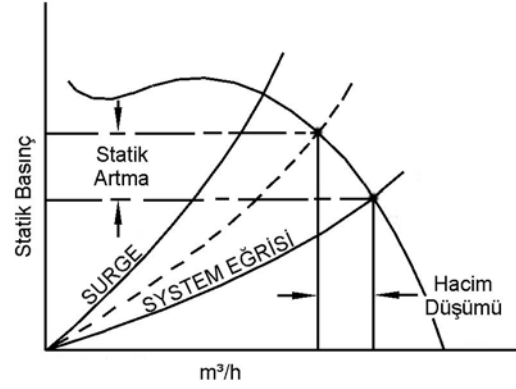
Şekil 2.1.2.'de iklimlendirme yükünün değişimi farzederek hava hacim kontrol damperinin kısıldığını düşünelim, bu hareket sistemin mukavemetini artırmak suretiyle yeni bir sistem mukavemet eğrisi meydana getirecektir. Buna göre, fan'ın verdiği hava miktarı da azalarak yeni bir sistem eğrisi için denge noktası teşekkül edecektir.

Eğer FC, BI ve airfoil fan'lar söz konusu ise, istenmeyen sesler ve titreşimler meydana geliyor ise, öyle bir modülasyon oranı alınmalıdır ki, fan ikinci şartlarda (surge) sakıncalı bölgeye girmesin.

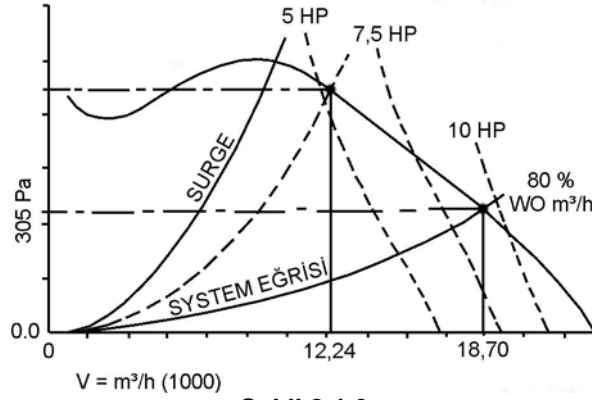
Sabit hava debili olarak seçilen fan'dan bir veya iki eb'at küçük seçilen fan'ın çalışma aralığı yeterli olabilecektir. Bu çalışma aralığında sabit debili fan'ın dizayn noktası, seçilen fan'ın performans eğrisinin sağ tarafında WO (Wide Open) noktasına yakın olmalıdır.



Şekil 2.1.1.



Şekil 2.1.2.



Şekil 2.1.3.

Şekil 2.1.3.'teki örnekte sağda en uç çalışma noktası, sistem eğrisinin % 80 WO (Wide Open) noktasında olup 18700 m³/h (5195 l/s) ve 305 pa. statik basınçta'dır. Bu örnekte sol uç nokta ise %65'te 12240 m³/h (3400 l/h)'dir. Fan seçerken, sabit debili bir sistemde % 60 noktada büyük fan seçmek yerine, % 80 x WO m³/h noktada küçük fan seçmek daha doğrudur.

Bu şekilde tesbit edilen bir modülasyon yönteminde, çalışmanın (surge) sakıncalı bölgeye düşme tehlikesi ortadan kalkmış olur.

FC fan'larda hava debisi hafifletilirken, fan'daki tahrik gücü de muntazaman düşmeğe başlar. Halbuki BI, airfoil ve vaneaxial fan'larda, tahrik gücü eğrileri fan performans eğrilerine paralel olduğundan önemli bir düşüş hissedilmez.

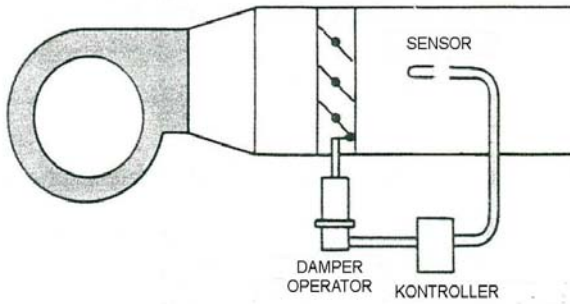
Şekil 2.1.4.'de fan modülasyonu (debi hafifletilmesi) için atış tarafına konan damper kontrolü görülmektedir. Damper, fan çıkışındaki hava hacmini, statik hava basıncı vasıtasıyla kontrol etmektedir.

Şekilden çıkış damperinin, bir statik basınç sensörü vasıtasıyla nasıl kontrol edildiği görülmektedir. Sensör, damper türbülans bölgesinden uzağa konmalıdır.

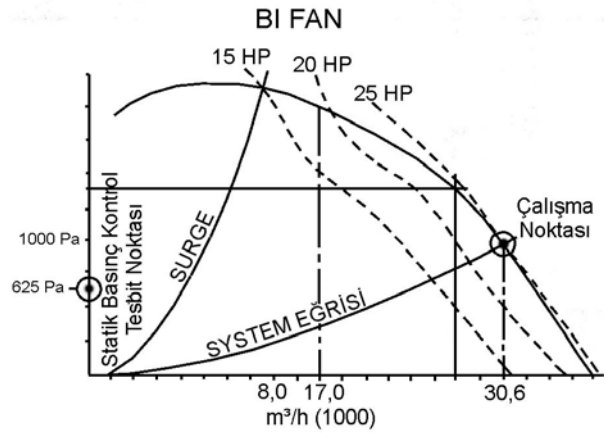
Örneğin bina zonlarına hava miktarı az gerektiğinde damper kısaktadır. Kanaldaki statik basınç yükselmesini hisseden sensör, dampere kapatması yönünde sinyal vererek yükselen statik basınç dengelemesini yapacaktır.

Şekil 2.1.4.'te gösterilen fan ile çıkış damperi kombinasyonu, Şekil 2.1.5.'te görülen BI fan performans eğrisine uygulanmış ve çalışma noktası tesbit edilmiştir. Çalışma noktasının 30600 m³/h (8500 l/s) ve

1000 pa. statik basınç değerinde olduğu farzedilmiştir. Bu örnekte hava miktarı % 56'ya kadar modüle (indirilecek) edilecektir, yani 17000 m³/h (4722 l/s)'e kadar indirilecektir. Çıkışa konan damper, fan'ı kendi performans eğrisi üzerinde kontrol edecektir. Bir diğer husus, fan eğrisi üzerinde örneğin hava debisi 13600 m³/h (3778 l/s) değerine varsa dahi sakıncalı bölgeye giremeyecektir. Bu durumda, (surge) sakıncalı bölgeye yaklaşmış olmasına rağmen modülasyon ayarının miktarı tatminkardır denir. Daha sonra, statik basınç kontrolü için, statik basınç skalasında kontrol noktası tespit edilir. Bu tespit 30600 m³/h (8500 l/s) hava debisinin, hava veriş kanal sistemi statik basıncını yenebilmesi esasına dayanır. Yani kanal, VAV kutusu, dağıtım menfezi v.b. dış mukavemeti yenecek değerde olmalıdır. Misalimizde bu rakam 625 pa. olsun ve bunu düşey statik basınç eksenine işaretleyelim. Bu noktaya (statik basınç kontrol tespit noktası) veya (statik basınç sensörü kontrol noktası) diyebiliriz.



Şekil 2.1.4.



Şekil 2.1.5.

Çalışma noktası (Operating point) ile basınç kontrol noktası (Preess control setting point) arasındaki eğri (modulating curve) modülasyon eğrisi olarak adlandırılır. Kontrol olayı bu eğri boyunca gerçekleşir.

$$V \cdot SP = \left(\frac{V}{V_d} \right)^2 \times (SP_d - SP_c) + SP_c$$

Yukardaki eşitlik, modülasyon eğrisi üzerindeki işlemleri ifade etmektedir.

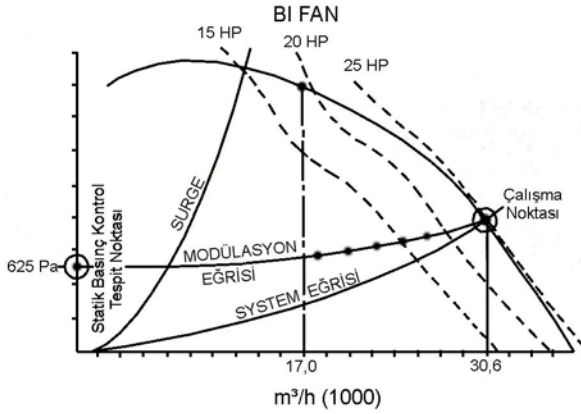
Burada SP ve V, modülasyon eğrisi üzerindeki herhangi bir noktanın koordinatlarıdır.

Vd ve SPd dizayn şartlarındaki çalışma noktası (operating point)'nin koordinatlarını göstermektedir.

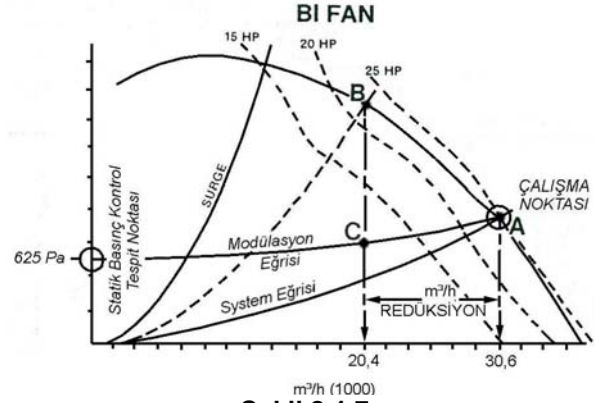
SPc ise statik basınç eksenindeki ordinatın (statik basınç kontrol tespit noktasının) değeridir. Yukarıda verilen çalışma noktasındaki 30600 m³/h ve 1000 pa. statik basınç ve 625 pa. basınç kontrol noktası değerlerini alarak 27200 m³/h hava üretilen noktanın basıncını formüle uygulayarak hesaplayalım:

$$SP = \left(\frac{V}{V_d} \right)^2 \times (SP_d - SP_c) + SP_c$$

$$SP = \left(\frac{27200}{30600} \right)^2 \times (1000 - 625) + 625 = 790 \text{ pa.}$$



Şekil 2.1.6.



Şekil 2.1.7.

Şekil 2.1.6.'da görüldüğü gibi formülden başka noktaları da bulmak suretiyle modülasyon eğrisinin şekli belirlenebilir.

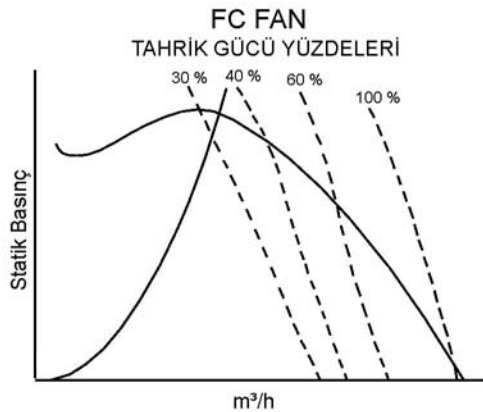
Şekil 2.1.7.'de değişken hava hacimli (VAV) sistemin terminel kutularının havasının kısıldığı farzedilerek, kanal düzenindeki basınç yükselmesi ve oluşan yeni sistem mukavemet eğrisi gösterilmiştir.

Ayrıca kanaldaki statik basıncın dengelenmesi için sensör sinyalinin operatör dampere iletilmesi işlemi görülmektedir. Fan çıkışındaki damper kanatları vasıtasıyla havanın kısıldığı, yeni çalışma noktası (B)'nin, statik basınç değerinin yükseldiği ve hava debisinin ise düştüğü görülür. Buna paralel olarak damper kanatlarının kapatılması, modülasyon eğrisi üzerinde statik basınç ve hava debisinin hareketlerinin A-C eğrisi boyunca olduğunu gösterir.

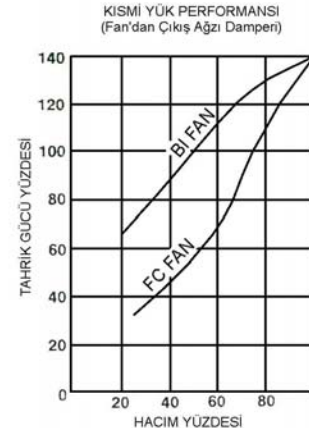
Fan ile sistem çalışma arasındaki (B-C) statik basınç düşümü, çıkış damperi tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu metod ile kontrol uygulamak, fan performans eğrisi üzerinde hareket etmekle mümkündür. Basınç düşümü kutularda değil çıkıştaki damperde meydana gelmektedir. Bu düzen gürültü üretiminin giderilmesi bakımından istenen bir durumdur. Zira basınç düşümü kanal ve kutularda meydana geldiğinde gürültülü bir çalışma olacak ve ses kirliliği meydana gelecektir.

Çıkışa konan damper (discharge damper)'in kullanılması halinde, BI, airfoil ve FC fan'lardan en uygunu FC tipi fan'dır.

Şekil 2.1.8.'de bir FC fan'daki tahrik gücü eğrileri görülmektedir. Bu eğrilerin BI ve airfoil tipi fan'lar gibi fan performans eğrilerine paralel olmadığına ve eğriyi kestiğine dikkat edilirse FC fan'ın bu tip damper kullanarak kısmi yüklerde daha fazla enerji tasarrufu elde edeceği anlaşılır, şekil 2.1.9.'a bakınız.



Şekil 2.1.8.



Şekil 2.1.9.

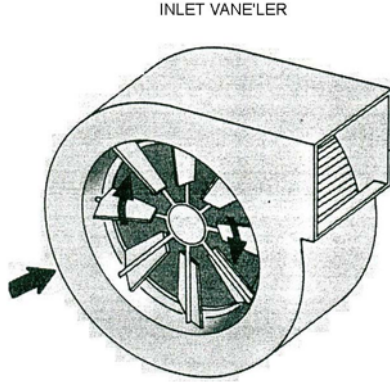
2.2. FAN GİRİŞİNE KONAN VANE'LER (İNLET VANES)

Şekil 2.2.1.'de, VAV sistemlerde kabul gören, çok yaygın bir metod olarak kullanılan ve genelde santrifüj ve vaneaxial fan'lara uygulanan makinaya giriş vane'leri görülmektedir.

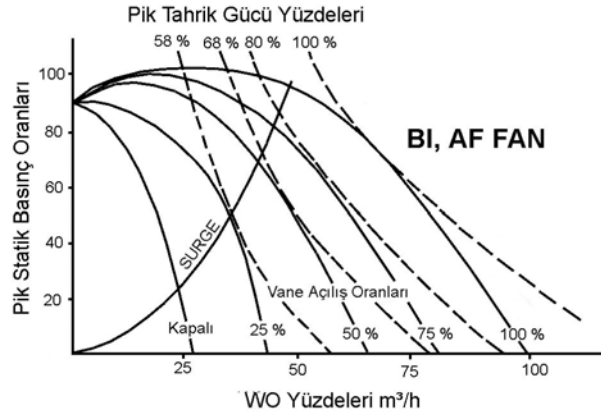
Fan giriş vane'leri, fan hava kapasitesini kontrol ederken kanatlarını fan çarkı dönüş yönüne doğru çevirerek hava girişine yol verir. Hava miktarını azaltmak için ise vane'ler geri hareket ile fan'ın hava miktarını düşürür. Aynı zamanda statik basıncı düşürerek tahrik gücü sarfiyatı azaltır.

Şekil 2.2.2.'de, BI, AF fan'ları için giriş vane'lerinin, aktüel olarak, değişiminden gelen fan performans değişimi ve tahrik gücü eğrilerinin değişimi görülmektedir. Giriş vane'nin her azalmasında, gerekli tahrik gücünün eksildiğine dikkat edilmelidir. Bu nedenle inlet vane'i bulunan fan'larda, yükün, dizayn çalışma noktasından düşmesi halinde, daima tahrik gücü gereksinimi düşürerek enerji tasarrufu elde edilir.

Bu sistemde de inlet vane modülasyon eğrisi, testler yapılarak elde edilebilir ve çizilir. Şekil 2.2.2. BI ve AF için düzenlenmiştir.



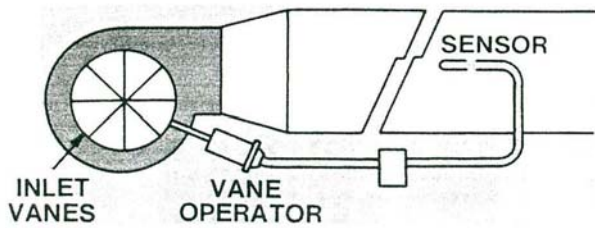
Şekil 2.2.1.



Şekil 2.2.2.

Şekil 2.2.3.'te, aynen fan çıkış ağı damperi gibi, fan giriş damperinin statik basınçlı kumandası görülmektedir. Burada da basınç sensörü, kanal sisteminde nizami yerine konacaktır. Daha evvel de belirtildiği gibi, kanalda statik basıncın yükselmesi halinde, sensör, giriş venle'lerinin kumanda operatörünü ikaz ederek vane'lerin kapanmasını sağlamaktır.

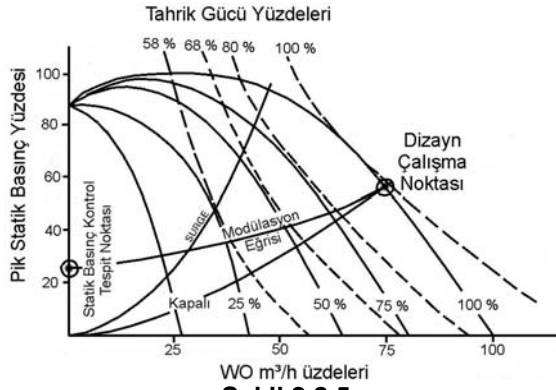
Şekil 2.2.4.'te, giriş vane'lerinin performansı gösterilmiştir. VAV sitemi kanal tesisatının tipik basınç eğrisi, fan karakteristik eğrileri üzerine işlenmiştir. Sistem basınç eğrisi, giriş vane'lerinin tamamen açık olduğu durumda, bu örnekte, fan performans eğrisi üzerindeki kesim noktası (çalışma noktası) işaret edilmiştir.



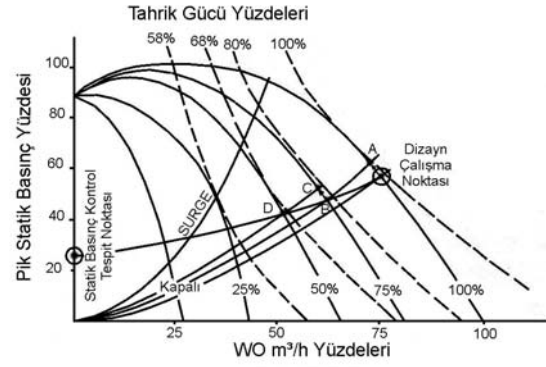
Şekil 2.2.3.



Şekil 2.2.4.



Şekil 2.2.5.



Şekil 2.2.6.

Şekil 2.2.5.'te, statik basınç modülasyon eğrisi hesap edilerek aynı resim üzerine işaret edilmiştir.

Şekil 2.2.6.'da, tasarlanan fan performans eğrisi üzerinde dizayn çalışma noktası belirlenmiş durumdadır.

Sistemdeki VAV kutuları, kısmağa başlasın, teşekkül edecek yeni şartlı sistem mukavemet eğrisi, eski (dizayn eğrisi) eğriye göre yer değiştirmeğe başlayacak ve dizayn çalışma noktasından (A)'ya doğru gidecektir.

Buna göre modülasyon eğrisini (B)'de kesecektir. Eğer bu durum basınç sensörünü tatmin ediyor ise giriş vane'leri duracaktır.

Tekrar eğer kanal içindeki statik basınç artıyor ise sistemin modülasyon eğrisi üzerindeki çalışma noktası (B)'den hareket ile (C) noktasına doğru gidecektir. Vane'ler tekrar hareket ederek, modülasyon eğrisi üzerinde (D) noktası çalışma rejiminde dururlar.

Yani modülasyon eğrisi üzerinde (D) noktasında yeni bir çalışma rejimi teşekkül eder.

Görüldüğü gibi hava miktarı, kanal içi basınç değeri ve fan tahrik gücü, hava giriş vane'lerinin kapanması durumunda tedricen azalmaktadır.

Fan'da hava çıkışına konan ayar damperi ile fan girişine konan hava ayar damperlerinin kıyaslanması yapıldığında, giriş damperi kullanıldıkta çok düşük hava ve basınç miktarlarında dengesiz bölgeye düşme tehlikesi mevcuttur.

Bu nedenler ile tipik olarak VAV sistemlerde, uygun bir modülasyon düzeni kurabilmek için, sisteme uygun fan'ı seçmek gerekir. Bu ise, VAV için tesbit edilen max. toplam hava debisini, sabit hava debili bir sistem gibi düşünerek, VAV sistemi fan'ını bu debinin altında iki veya üç kademe düşük debili fan'ı seçme ilkesini getirir. Diğer bir deyişle, max.'ların % 80 ÷ 75 kadar hava debili bir fan seçilmelidir. Yukarıda da belirtildiği gibi dizayn çalışma noktasının, seçilen küçük fan için fan performans eğrisinin en sağ tarafında olması, geniş bir modülasyon eğrisine müsaade edecektir.

Modülasyon eğrisinin sonuna tekabül eden hava miktarı, modülasyon eğrisi ile surge (sakıncalı bölge) eğrisinin kesiştiği nokta veya giriş vane'lerinin tamamen kapandığı ve kaçakların (sızıntıların) miktarıdır. Bu ikisinden büyük miktar limit faktördür.

Vane axial fan bu kaidenin dışındadır. Bu tip (Vane axial) fan'larda, giriş vane'leri tamamen kapatılmaz. Ancak kapalı durumdan % 25 açık tutulması en son limittir. Bu limitin yani % 25'in altına düştüğünde gürültü ve türbülans söz konusudur.

2.2.1. GİRİŞ VANE'Lİ BI / AF FAN'LARIN, GÜRÜLTÜ KARAKTERİSTİĞİ

Çoğu uygulamalarda BI/AF fan'ları, değişken hava hacimli (VAV) sistemlerde, fan büyüklüğünün seçimi pik yüke göre olabilir. Gerçi pik yük şartı çalışma süresinin çok büyük bir kesminde olabilir fakat genelde konfor hali, devam ettiği periyotta normal ihtiyaç pik yükün % 50'den % 80'ine kadar olan kapasiteyi kapsar. Hava modülasyonu için değişken inlet vane kullanıldığında, normal çalışma ortalaması pik yükün % 65'i civarında olur. Fan'ın çalışma ses seviyesi pik kapasite gibi veya daha yüksek olabilir, çünkü fan girişinde hava engellenmektedir. Hatta vane'lerin tam açık pozisyonunda dahi hadise devam edebilir. Aynı çalışma hızında inlet vane'siz fan için tesbit edilen ses seviyesinden yaklaşık 5 dB. daha fazladır.

Fan'ın max. kapasite civarında çalışması, inlet vane'ler ile hava debisini daha iyi modüle edebileceği gerçeğini kabul etmek gerekir. Genelde çalışma noktaları haricinde inlet vane'ler kapanmış ise, fan, surge moduna girerek çalışmaya başlayacaktır ki bu da düşük frekans seslerinin artması demek olacaktır. Hele 100 Hz.'in altına indikte durum daha kötü olacaktır. Bir çok imalatçıların, fan için uygun buldukları inlet vane'lerin çalışmasında, cihazın surge bölgede çalıştığından haberleri olmamaktadır. Bu nedenle imalatçıların bilmesi gereken bir şey vardır:

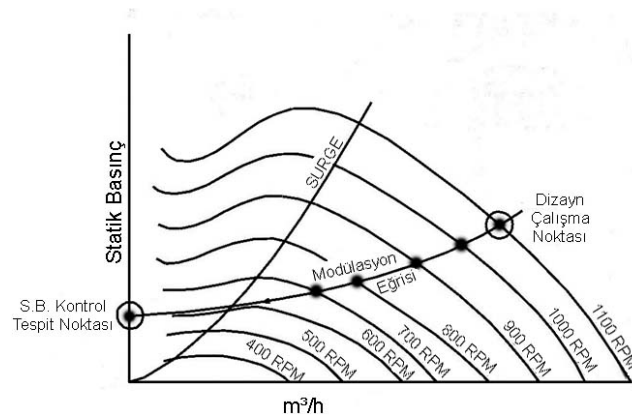
Bir fan'ın inlet vane'ler ile uyum sağlayabilmesi için muhtelif testlerin yapılması gerekir. Bu durum, her halde fan ve ekipmanların kopyalanması değildir.

Sonuç olarak, bu durumda akış modülasyonu dengeli bir çalışma gösterebilen, fan çalışma modülasyon eğrisini, ancak imalatçı saptayarak tesis edebilir.

BI veya AF fan'ları, performans eğrileri üzerinde, dengesiz bölgede çalıştıklarında, düşük (Low) frekans seviyesinde, max. performansa nazaran, 10 dB ÷ 15 dB daha gürültülü ve 31.5 Hz. ve 16 Hz.'te rumble (Guruldama) sesleri çıkarır. İlaveten, aşırı derecede fan titreşimleri meydana gelir. Sonunda, titreşimlerin aşırı dereceye varması, yanlış yorumlanarak, fan'ın dönen aksamında balanssızlığın bulunduğu hamledilebilir. Bu alanda bir çok şikayetler vaki olmakta ancak bu durumun mekanik bir balans eksikliği olmadığı, raporlar ile ifade edilmektedir. Neticede, problemin, fan'ın çalışma modülasyon eğrisinin sonuna kayarak (surge) sakıncalı bölgeye düştüğü anlaşılır. Bunun nedeninin de gerekli hava ihtiyacını temin edecek vane'lerin yeteri kadar açılmadığı probleminin mevcudiyetinden kaynaklandığı bilinmelidir.

2.3. FAN HIZINI DEĞİŞTİRME YOLUYLA DEĞİŞİK DEBİLERİN ELDE EDİLMESİ

Inlet vane kontrolü gibi, yine statik basınç sensörü kullanarak kanal içindeki statik basınç değişimine göre fan hızını değiştirmek suretiyle fan hava miktarlarını değiştirmek olasıdır. Bunu daha açık olarak şekil 2.3.1.'de görmek mümkündür.



Şekil 2.3.1.

Karşıt olarak, kanal sistemindeki statik basınç yükselmesinde, fan hızı düşecektir. Bu işlemin nedeni aşağıdaki gibidir:

Çalışma noktası (operating point) hareket ederek sistemin modülasyon eğrisi yeni fan hız performans eğrilerini kesecektir. Fan hızı, hava miktarı düşecek şekilde yavaşlayacak ve basınç düşümü, set edilen kontrol cihazının, istenilen hava debisine ulaşmaya kadar düşüşü devam edecektir. Modülasyon eğrisinin üzerindeki son nokta (surge) sakıncalı bölge hudut eğrisinden öteye geçmeyecek şekilde limitlendirilmiş olmalıdır.

Fan hızının modülasyon eğrisi üzerinde ayarlanması, diğer kapasite kontrol düzenlerinden daha avantajlı olup büyük miktarda enerji tasarrufu sağlamaktadır.

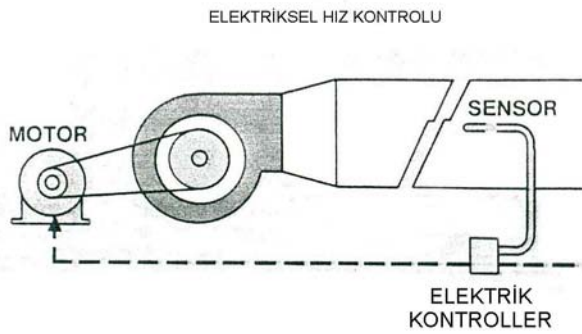
Fan sisteminin hız düzenini ayarlamak için iki metod vardır:

1. Elektriksel düzen
2. Mekanik düzen

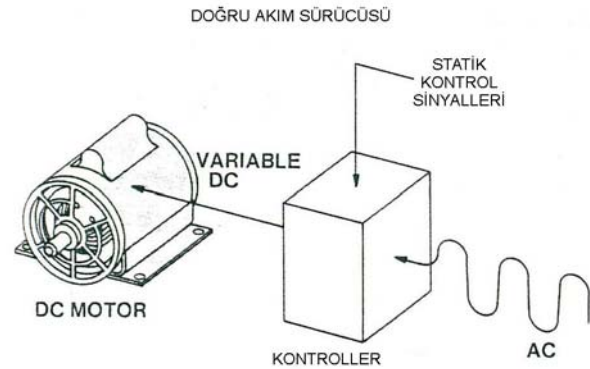
2.3.1. ELEKTRİKSEL HIZ KONTROL DÜZENLERİ

Şekil 2.3.2.'de, elektrikli hız kontrol sistemi, bir motor ve elektrikli kontrollere olarak görülmektedir. Kanal içindeki statik basınç sensörü, basınç değişimlerini elektriksel voltaj veya frekans değişimleri şeklinde tahrik motoruna ileterek motor devirlerini değiştirmekte ve sistemin hızını düzenlemektedir.

Şekil 2.3.3.'de, bir doğru akım elektrik motoru ve elektrik kontrolörü görülmektedir. Burada alternatif akım sensöründen gelen, kanaldaki statik basınç değişimlerini doğru akıma değiştiren bir kontrolörden geçerek ve doğru akım tahrik motoru hızını etkileyerek değişimi sağlamak mümkündür.



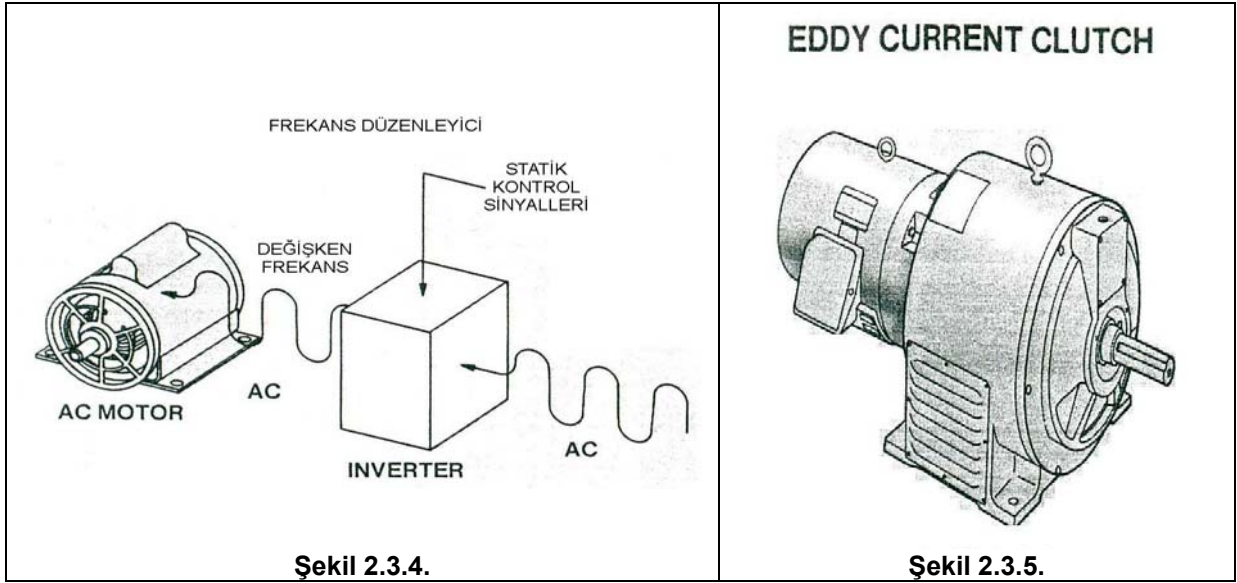
Şekil 2.3.2.



Şekil 2.3.3.

Şekil 2.3.4.'te, diğer bir tip frekans ayarlanması suretiyle alternatif tahrik motorunu etkileyen düzen görülmektedir. Bu kontrol sisteminde, kanal içindeki statik basınç değişimlerinden gelen alternatif akım ve frekans sinyallerini, AC tahrik motoruna ileterek gerekli hız kontrolünün sağlanmasını başarmaktadır.

Elektriksel düzenlere ait son olarak Şekil 2.3.5.'te görülen (Eddy Current Clutch) cihazını inceliyeceğiz. Bu sistem bir AC motor, bir adet elektromanyetik girdap tutucudan oluşmuş ve bunlar birbirine bağlanmıştır. Bu düzenekten değişken hızlı girdap tutucu motor, statik basınç kontrolüne bağlıdır. Clutch cihazı iki adet dönen parçadan oluşmuştur. Bu parçalardan bir tanesi sabit devirli motora bağlanmış, diğeri ise fan tahrik edici motora irtibatlandırılmıştır. Her iki parça da magnetik alan içinde çalışmaktadır.

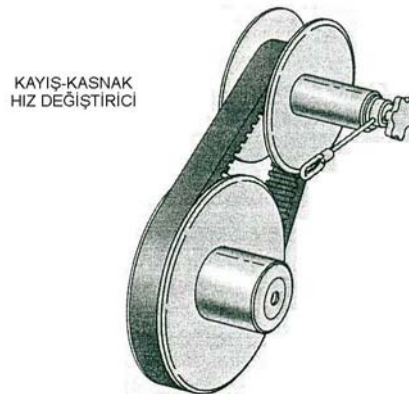


Manyetik alan, Clutch gövdesinin etrafını saran sargıdan meydana gelmektedir. Dönen parçaların birbirine nazaran relatif hareketlerinden (Eddy Current) girdaplı bir cereyan hasil olur. Bu girdap elektromanyetik bir kuvvet hasil ederek torku, bir cihazdan diğerine iletir.

Statik basınç kontrolünün, sargı alanlarını oransal ikazı suretiyle tahrik eden ve tahrik olan parçalar, birbirine göre, kaymak suretiyle farklı hızlar meydana getirirler.

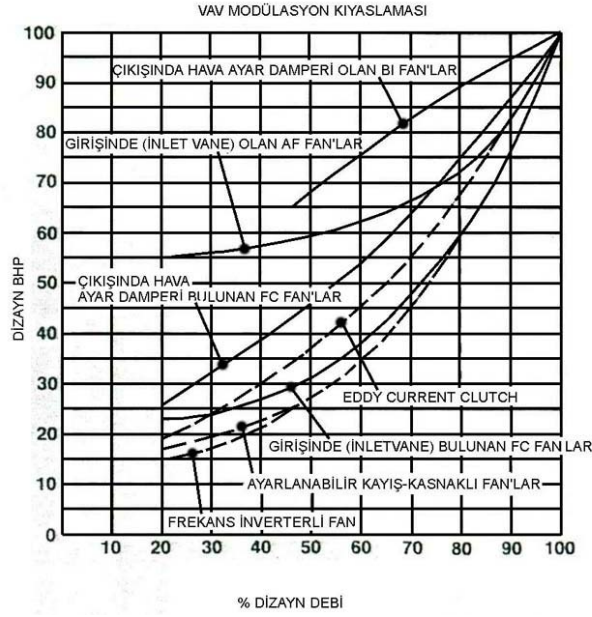
2.3.2. MEKANİKSEL HIZ KONTROL DÜZENLERİ

Şekil 2.3.6.'da kayış – kasnak düzeninde bir mekanik hız değıştirici görölmektedir. Bu sistem, bir AC motor, bir ayarlanabilir kayış–kasnaktan oluşmuştur. Bu sistemin prensibi, kasnak makaraları çaplarını ayarlamak suretiyle elde edilen değışik hızların kullanılmasıdır. Statik basınç kontrolünden sinyal gelince, mekanik bir hareket ile kasnak ayarlayıcı hareket eder ve kasnağın etkili çapını değıştirerek, kanaldaki basınç değışiminin dengelenmesi için fan devrini ayarlar.



2.3.3. VAV SİSTEMİNDE FAN MODÜLASYON KIYASLAMASI

Şekil 2.3.7.'de görölen eğriler dizayn hava miktarları ve tahrik gücünü kapsamak üzere muhtelif fan modülasyon metodlarına ait performans karakteristik eğrilerini göstermektedir.



Şekil 2.3.7.

Bilindiği üzere bu eğriler bir genellemeyi vermektedir. Bu eğriler test şartları aynı olmayan bir ortamda çizilmiştir. Ancak burada, hangi modülasyon metodunun daha ekonomik olabileceği fikri verilmiş istenmiştir.

Genelleme tabanı, örneğin FC fan'ın inlet vane sistemi, değişken kanat hatveli vane axial fan ve frekans inverteri veya kayış – kasnak ayarlanması yapılan sistemlerin kullanımında yapılan bir kıyaslama şeklindedir.

Daha gerçeğe yakın rakkamsal bilgi edinmek için, özel çalışma şartları ortaya koyup, komputer ile modülasyon programını çalıştırarak, fan performansını saat – saat tespit etmek suretiyle 24 saatlik fan çalışmasını cetvellemek gerekir.

2.4. UYGULAMADA FAN SEÇİMİ İÇİN SONUÇ ÖZET

Sabit hacımlı sistemlerde, fan'ların seçimi, max. verimde dizayn şartlarındaki debide çalışacak şekilde saptanır. Bu durum min. güç sarfı için pratik bir emniyettir. Genelde, fan max. verim noktasında gürültünün en aza yakın olduğu noktadır.

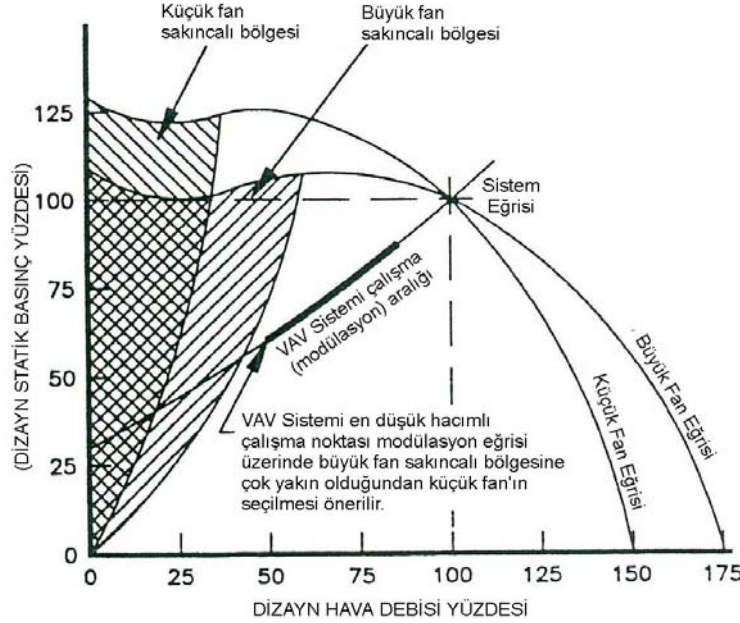
Fakat VAV sistemleri fan'ları için bu durum farklıdır. VAV sistemleri, hava miktarlarını azaltıp çoğaltabilme olanakları nedeniyle enerji masraflarını daha az miktarlara indirme kabiliyetine sahiptirler. Buna karşın fan'a ait gürültü üretimini azaltmaları çok güçtür.

Bir çok VAV gürültü şikayetlerinin belirli miktarının kontrol probleminden çıktığı görülmüştür. Genellikle bu problemlerin uygunsuz ve yetersiz dizayndan kaynaklandığı anlaşılmıştır. Dizaynır, fan veya hava santral ünitesini, yüksek kalitede ve optimum bölgede çalışan tipten seçerek tarifini vermelidir. Aksi halde çalışma bölgesi, az toleranslı olarak sakinliği bölgeye yakın olabilir ve kapasite kontrolü, hatalı sonuçlar verebilir. Bu meyanda kanal içindeki statik basınç sensörü, mümkün mertebe düşük turbulanslı bir kısma yerleştirilmelidir. Bu yer, her hangi bir dirsekten, branşman ayrımından, damperden veya engelden en az kanal kesidi ekivelan çapının üç misli uzakta olmalıdır.

Seçilen bir fan, tüm ful hava vermesi için pik verimde seçilmiş ise, % 50 hava miktarlarında (stall) bocalama bölgesinde çalışacak ve gittikçe artan şekilde düşük frekans gürültülü sesler çıkaracaktır. Aynı şekilde tam yükün % 50'sini veren bir fan seçildiğinde tam yükte, verimsiz bölgeye düşecek ve sonuç olarak fan'ın her frekansta gürültüleri artacaktır.

Genelde, VAV sistemi için seçilecek fan'ın en yüksek verimde sistemin max. hava miktarının % 80 ÷ 75'i mertebesinde olmalıdır. Bunun anlamı, fan büyüklüğünün, % 100 kapasitesinin pik verimden bir veya birkaç küçük eb'at (size)'lı fan'ın seçilmesidir. Şekil 2.4.1.'e bakınız.

Bu durumda küçük eb'atlı fan, max. kapasitede çalıştığında, büyük fan'a nazaran 5 dB. daha fazla gürültü üretecektir. Ara sıra artan bu 5 dB.'lik yüksek gürültü, dengesiz (stall) çalışma problemine nazaran hoş görülebilir, çünkü % 100 dizayn çalışma olanağı çok az vuku bulur ve hemen hemen olmayabilir de.



Şekil 2.4.1.

KAYNAKLAR

- [1] TRANE, (air conditioning fans) The Trane Company 1980
- [2] TRANE, International Applications Engineering Manual, (Vari Trane Variable Air Volume Systems Manual) S.I. Units The Trane Company 1988
- [3] Charles Ebbing, Warren Blazier, (Application of Manufacturers Sound Data), American Society of Heating, Refrigerating and Air – Conditioning Engineers, Inc. 1998.
- [4] ASHRAE Handbook, HVAC Applications, SI Edition 1999
- [5] John Gladstone, B.S., M.A., W. David Bevirt, P.E., CMS, HVAC Testing, Adjusting, and Blancing Manual, Third Edition NEBB, Mc Graw – Hill, 1997

ÖZGEÇMİŞ

Kevork ÇİLİNGİROĞLU

1927 yılında İstanbul'da doğdu. 1945 yılında İstanbul Erkek Lisesini, 1950'de İ.T.Ü. Makina Fakültesini ikmal etti. Aynı yıl Mak. Fak. Su Makinaları kürsüsüne asistan olarak dahil oldu. 1953 yılına kadar burada, vatani görevden sonra, 1961 yılı sonuna kadar İ.T.Ü. yapı işlerinde çalıştı. Bu tarihten sonra bir proje dizayn bürosu kurarak çalışmalarına devam etti. Bu arada 1971'den 1979 yılı sonuna kadar İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesinde konferansçı hoca olarak mimarlık öğrencilerine mekanik tesisat dersleri verdi. Halen Mekanik tesisat projeleri üreten, kontrollük ve müşavirlik hizmeti veren bir büronun sahibidir.