



**Bu bir MMO
yayıdır**

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

KONTROL VANALARININ BOYUTLANDIRILMASI VE ENERJİ TASARRUFUNA ETKİSİ

SEÇİL KIZANLIK İSKENDER
HONEYWELL



KONTROL VANALARININ BOYUTLANDIRILMASI ve ENERJİ TASARRUFUNA ETKİSİ

Seçil KIZANLIK İSKENDER

ÖZET

Dünya üzerindeki enerji kaynaklarının tükenmesi ile her alanda enerji tasarrufuna önem verilmeye başlanmıştır. En çok tüketim oranlarından birine sahip olan ısıtma, soğutma sektörü de her geçen gün bu konuya daha fazla katkı koyarak üzerine düşen görevi yapmaktadır. Bu çalışmada her ısıtma ve soğutma projesinde karşımıza çıkan vana boyutlandırılması üzerinden durulmaktadır. Çalışmaya konu olan vana artık değişken debili sistemlerin vazgeçilmezi olan 2 yollu motorlu kontrol vanalarıdır. Çoğu zaman özensizce yapılan vana seçiminin yanlış olması durumunda hem konfor şartlarımızdan taviz veriyoruz hem de gereksiz yere enerji sarfiyatını arttırıyoruz. Bu çalışmada yanlış yapılan seçimler doğrultusunda karşılaşılabileceklerimizi örnekler üzerinde görebiliyoruz.

Anahtar Kelimeler: Kontrol Vanası, terminal ünite, otorite, vana karakteristiği

ABSTRACT

Energy efficiency awareness has been increased due to decrease in energy resources. Undeniable ratio of this consumption is caused by heating and cooling applications and the professionals in this area do their best for good results.

In this paper the main topic is dimensioning control valves in heating and cooling applications. These are the indispensable 2 way control valves in systems with variable flow. Most of the time dimensioning are done at a venture so both comfort level and energy efficiency decreases. Results of wrong applications can be seen via examples in this paper.

Key Words: Control Valve, terminal unit, authority, valve characteristics

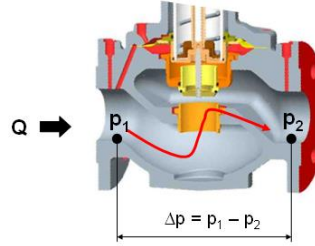
1.GİRİŞ

Otomatik kontrol vanaları ile sıcaklık, nemlilik, akış ve basınç olmak üzere birçok değişken kontrol edilebilir. Ancak doğrudan kontrol ettiğimiz iki değer aslında sıcaklık ve basınçtır. İki yollu otomatik bir vanaya giren akışkan termostattan veya bina otomasyonundan aldığı bilgiye dolayısıyla ısıtma ya da soğutma ihtiyacına göre tam ya da azaltılmış debide vanadan çıkar ve terminal üniteye gider. İstedığımız debiyi tam olarak yakalayabilmek aşağıda bahsedeceğimiz vana otoritesi, vana karakteristiği ve sistem karakteristiğine bağlı olan vana boyutlandırması ile mümkündür.

2.VANA TEORİSİ

2.1 Kv Kavramı

Kv hidrolik kanunlara bağlı bir kavramdır. Vana kapasitesinin en basit şekilde belirlenmesini sağlayan bir sabittir. Kv değerleri vana üreticileri tarafından deneyler sonucunda belirlenir. Teknik olarak ifade edersek vananın üzerindeki 1 bar basınç düşümünde 1 saatte geçebilecek debi miktarı kv ile eşittir. Kv kavramı Kasım 1944'de Amerika'da doğmuştur. Kv faktörü ya da kv değeri VDI/VDE Richtlinien No 2173 standardında tanımlanmıştır. Bu kavrama göre vana üzerindeki basınç düşümü Δp , debinin Q karesi ile doğru orantılıdır. (Darcy-Weisbach formula => $\Delta p \sim Q^2$)



$$\begin{aligned}\Delta P_I/Q_I^2 &= \Delta P_{II}/Q_{II}^2 \\ \Delta P_I/\Delta P_{II} &= Q_{II}^2/Q_I^2 \\ Q_I &= Q_{II}\sqrt{(\Delta P_I/\Delta P_{II})}\end{aligned}$$

Şekil 1. Vana kesiti

Yukarıdaki vana kesitinde basınç noktalarını görebiliyoruz. Bu senaryoda I ve II olmak üzere iki durum söz konusudur. Kv değerinde basınç düşümü 1 bar idi dolayısıyla $dP_2(dP_{II})$ yi 1 bar, $Q_2(Q_{II})$ yi kv olarak düşünersek:

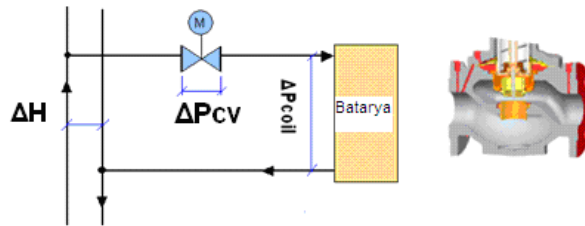
$$Q_1 = kv\sqrt{(\Delta P_I/1)} = kv\sqrt{\Delta P_I} \text{ ve son olarak } kv = Q\sqrt{\Delta P_I} \text{ m}^3/\text{h} \text{ elde edilir.}$$

Formüllere dalmış iken gözden kaçırmamız gereken bir noktayı sayısal örnek üzerinde açıklayalım. Basınç değişirse debi ne kadar değişir? Bu hususun önemli olmasının nedeni artık değişken debili sistemler tasarlıyor olmamız ve debi-basınç dengelerinin sık sık değişmesidir.

Aşağıdaki örnekte kontrol devresindeki basınç 50kPa, bunun karşılığı olarak bataryada 15 kPa, kontrol vanasında 35 kPa'dır. Bataryadan geçmekte olan debi ise 3,6 m³/h'dir.

Kontrol devresindeki basıncın sistemdeki basınç değişikliklerinde etkilenerek 100 kPa çıktığını öngörüyoruz. Bu basınç alt veya üst katlardaki sistemlerin kapanması sonucu artış gösterebilir.

Örnek:



Şekil 2. Şematik bağlantı gösterimi

$$\begin{aligned}\Delta H &= 50 \text{ kPa} & Q &= 3,6 \text{ m}^3/\text{h} \\ \Delta P_{coil} &= 15 \text{ kPa} \\ \Delta P_{cv} &= 35 \text{ kPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{yeni} &= 100 \text{ kPa} \\ \Delta P_{FCUyeni} + \Delta P_{CVyeni} &= 100 \text{ kPa} \\ Q_{yeni} &= Q \sqrt{\Delta H_{yeni}/\Delta H} = 3,6 \sqrt{1/0,5} = 5,09 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow 41,4 \%\end{aligned}$$

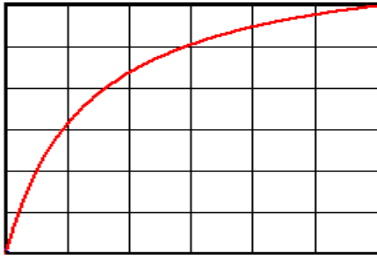
Görüldüğü gibi basıncın 2 katına çıkması 41,4% daha fazla suya neden oluyor. Sistemimizde 3,6 m³/he ihtiyaç var iken, kontrol vanası ikinci durumdaki yükselen basınç ve debi ile savaşmak durumundadır. Bu ise daha çok enerji sarfiyatı, daha zor kontrol ve daha kısa vana ömrü demektir.

2.2 Sistem Karakteristiği

Sistemin karakteristiği bir başka deyişle çalışma şekli aslında sistemdeki tüm ekipmanlara bağlıdır. Aşağıdaki grafiklerin sonucunda görülen yeşil çizgi bir terminal ünitenin kontrol vanası ile çalışması sonucu elde edilen emisyonu gösteriyor. Kırmızı çizgiye sahip olan grafik sudan havaya bir eşanjörün su debisine göre emisyonunu gösterir. Mavi çizgiye sahip grafik ise logaritmik bir vananın karakteristiğini göstermekte. Bu iki eğriyi birbiri ile karşılaştırırsak sonucunda elde etmek istediğimiz yeşil çizgiyi elde ediyoruz.

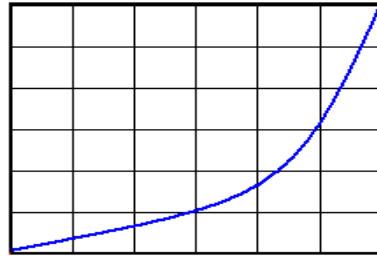
Farklı karakteristikte motorlu vanalara ihtiyaç duyuyoruz çünkü sudan suda ısı değişimi yaptığımızda farklı, havadan havaya ısı değişimi yaptığımızda farklı bir eğride ısımız oluyor dolayısıyla motorlu vana karakteristikleri çeşitlenmektedir. Lineer tip vanalarda milin hareketi ile debide görülen artış eşittir. Bu karakteristikk örnekğin buhar serpantinleri için uygundur. Eşit yüzdesel vanalarda mil kapalı konudan açık konuma doğru giderken üssel bir debi artışı oluşur, yani milin pozisyonundaki eşit değişimlere karşı debi eşit yüzdelerle artar. Aşağıdaki şekilde görülen ikinci grafik eşit yüzdesel bir vananın eğrisidir. Örnek olarak vermek gerekirse mil pozisyonu(strok) %50den %70e çıkarsa debi %150 artarak %10dan %25e çıkar. Mil pozisyonu %80den %100e çıkarsa debi yine %150 artarak %40dan %100e çıkar. Bu karakteristik ise sulu serpantinlerde kullanılmalıdır.

%100 Isı çıktısı



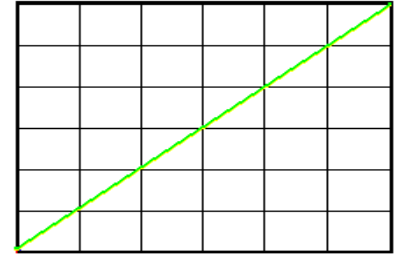
0 Akış %100

%100 Su debisi



0 Mil pozisyonu %100

%100 Isı çıktısı



0 Mil pozisyonu %100

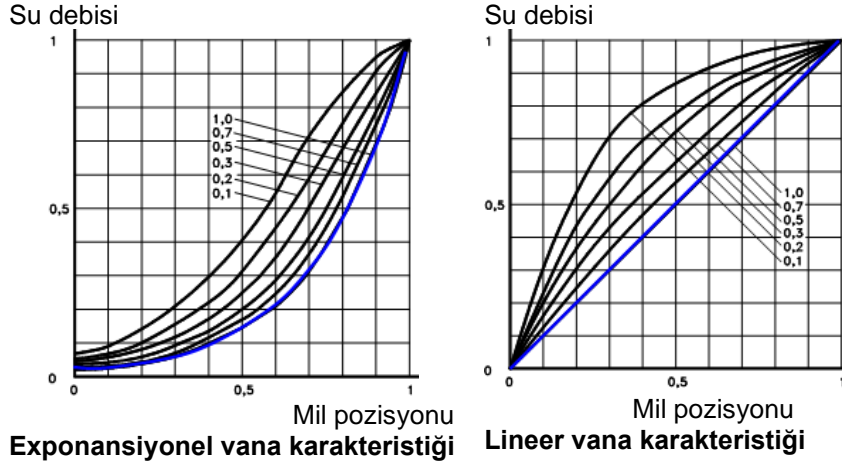
Eşit yüzdesel vananın karakteristiği

Isıtma ve soğutma cihazlarının performansı aşağıdakilerin hepsinin doğru seçimine bağlıdır:

Kontrol vanası boyutu, kontrol vanası karakteristiği, balans vanası boyutu, kontrol vanası ve balans vanasının basınç düşümü

2.3 Vana Karakteristiği

En çok karşılaştığımız iki vana karakteristiğini aşağıdaki eğrilerde görebiliriz. Ancak her bir grafikte birkaç farklı eğri var. Bunun nedeni mavi çizgiyle görülen eğriye sahip olduğunu düşünerek kullandığımız kontrol vanasının karakteristiği ancak otoritesinin "1" olması durumunda geçerlidir. Aksi takdirde eğrimiz olması gereken yerden sapacaktır. Otorite değerimizin düşmesi ile eğri istenilenden daha da uzaklaşmaktadır.



2.4 Vana Otoritesi

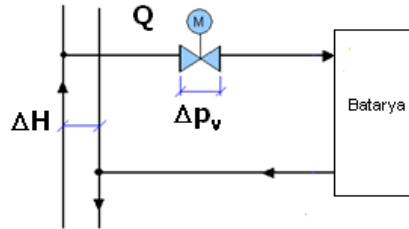
Vana otoritesi kontrol vanasının kontrol kabiliyetini etkileyen sistem çalışma eğrisinin kaymasına neden olan bir değerdir. "a" ile sembolize edilen otorite kontrol vanası %100 açıkken üzerinde oluşan fark basınç ΔP_{v100} ile vananın tamamen kapalı olması durumunda-tüketim yok- olan basınç ΔP_{v0} arasındaki ilişkidir. (bir başka deyişle kontrol devresindeki toplam basınç)

Q =nominal ΔP_{v100} vana açık

$Q=0$ ΔP_{v0} vana kapalı

$a = \Delta P_{v100} / \Delta P_{v0}$ [%]

$a = \Delta P_{v \min} / \Delta P_{v \max}$ [%]

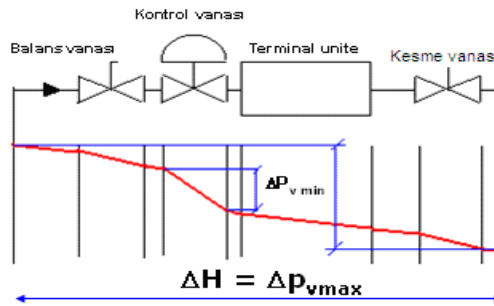


Şekil 3. Şematik bağlantı gösterimi

$a = \Delta P_{v100} / \Delta P_{v0}$ [%]

$a = \Delta P_{v \min} / \Delta P_{v \max}$ [%]

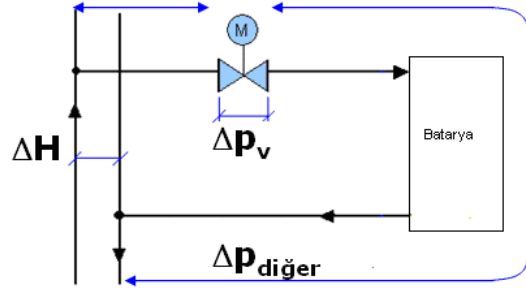
$a = \Delta P_{v100} / \Delta P_{v0} * 100 \geq 50$



Şekil 4. Şematik otorite gösterimi

Kontrol vanası seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken vana otoritesinin min %50 olmasıdır. Yani kontrol vanası basınç düşümü toplam basınç düşümünün en az yarısı kadar olmalıdır. Ya da kontrol vanası basınç düşümü sistemin kalanındaki basınç düşümünden fazla olmalıdır.

Yoksa vana karakteristiği bozulur!

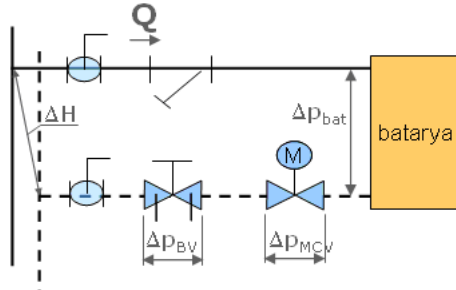


Şekil 5. Şematik bağlantı gösterimi

$$a = \frac{\Delta P_{v100}}{\Delta P_{v0}} \cdot 100 \geq 50$$
$$\Delta P_v \geq \Delta H / 2$$
$$\Delta P_v \geq \Delta P_{diğer}$$

3. VANA BOYUTLANDIRMA

Elde ettiğimiz sonuçları görebilmek adına örnek boyutlandırmalar yapalım. Sistemimizdeki debi ve basınç değerleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 5 Şematik bağlantı gösterimi

Verilenler:

$$\Delta H = 100 \text{ kPa}$$

$$\Delta P_{batarya} = 15 \text{ kPa ve } Q = 7,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

(ΔP_{bv} = minimum 3 kPa)

Kontrol vanasını seçelim:

$$\Delta P = 100 - 15 - 3 = 82 \text{ kPa} = 0,82 \text{ bar}$$

$$K_v = Q / \sqrt{\Delta p} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

$$K_v = 7,2 / \sqrt{0,82} = 8$$

Motorlu vanalar kvs tablosu:

$$\text{DN 15 - } K_{vs} = 1,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{DN 20 - } K_{vs} = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{DN 25 - } K_{vs} = 4,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

DN 32 - Kvs = 6,3 m³/h
DN 40 - Kvs = 10 m³/h

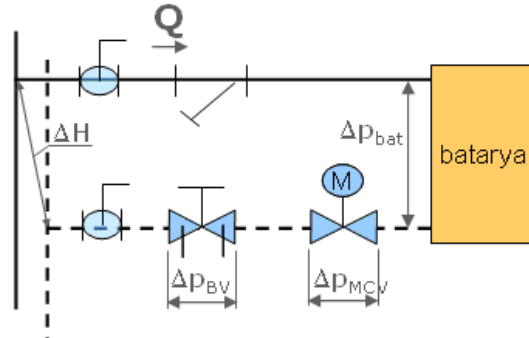
Seçilen Kvs = 10 m³/h, dolayısıyla gerçek basınç düşümü:
 $\Delta P_{kv} = (7,2/10)^2 = 0,52 \text{ bar} = 52 \text{ kPa}$

Vana otoritesi:

$a = \Delta P_{kv} / \Delta H = 52/100 = 0,52$ - kabul edilebilir mi? Evet

3.1 Tipik Vana Boyutlandırma

Bir örnek üzerinde tekrar hesabımızı yapalım:



Şekil 6. Şematik bağlantı gösterimi

Verilenler:

$\Delta H = 50 \text{ kPa}$
 $\Delta P_{batarya} = 20 \text{ kPa}$ ve $Q = 0,7 \text{ m}^3/\text{h}$
($\Delta P_{bv} = \text{minimum } 3 \text{ kPa}$)

Kontrol vanasını seçelim

$DP = 50 - 20 - 3 = 27 \text{ kPa} \Rightarrow 0,27 \text{ bar}$

$Kv = Q / \sqrt{\Delta p} \text{ [m}^3/\text{h]}$ böylece $Kv = 0,7 / \sqrt{0,27} = 1,35 \text{ [m}^3/\text{h]}$

Seçilen Kvs = 1,6 m³/h, dolayısıyla gerçek basınç düşümü:

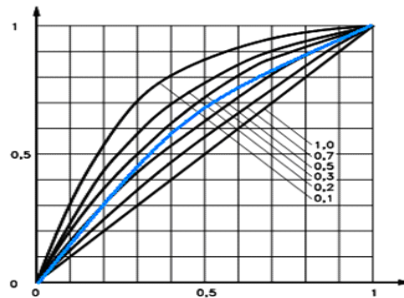
$\Delta P_{kv} = (0,7/1,6)^2 = 0,19 \text{ bar} = 19 \text{ kPa}$

Vana otoritesi:

$a = \Delta P_{kv} / \Delta H = 19/50 = 0,38$ - kabul edilebilir mi (...?)

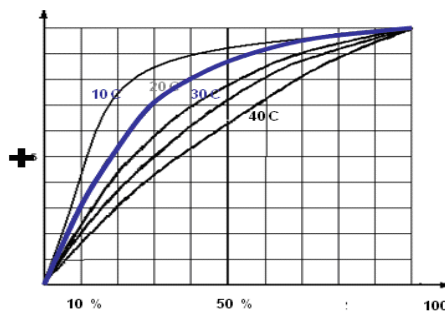
3.1.1 Kontrol Vanası+Terminal Ünite Karakteristiği

%100 Su debisi



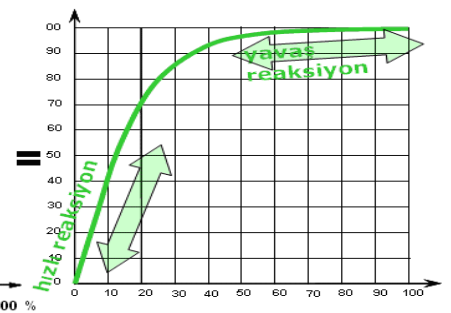
0 Mil pozisyonu %100
Lineer vana karakteristiği
 $a=0,38$

%100 Isı çıktısı



0 Akış %100
Terminal ünite ısı emisyonu
 $\Delta T = 20^\circ \text{C}$

%100 Isı çıktısı



0 Mil pozisyonu %100
Sonuç
Kötü kontrol

3.2 Kolay Vana Boyutlandırma Örneği

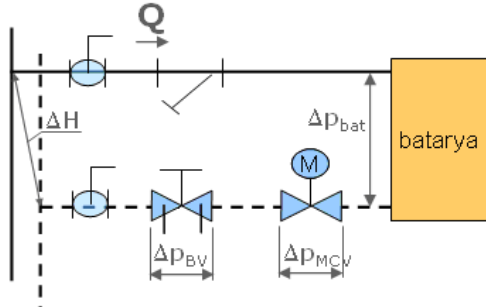
Boru çapının aynısı veya bir çap küçüğünü seçtiğimizi düşünelim

Çelik Boru	Bağlantı boruları			Branşman ve ana dağıtım boruları		
	Kütleli debi Kg/h	Basınç Pa/m	Hız m/s	Kütleli debi Kg/h	Basınç Pa/m	Hız m/s
10	140	150	0,32			
15	280	156	0,39	320	199	0,45
20	580	135	0,45	750	217	0,58
25	1100	142	0,54	1300	197	0,63
32	2200	128	0,62	2800	196	0,78
40	3000	107	0,63	4100	194	0,84
50	5500	113	0,70	7200	170	0,93
65	10000	86	0,76	12500	130	0,95
80	15000	82	0,83	20000	143	1,10

Q=0,7 m³/h Standart olarak kullandığımız tabloya göre bu değer 580 ve 1100 kg/h arasında kalıyor şu durumda emniyetli olması adına boru çapı DN25 olarak kabul ediliyor. Vana Kvs tablomuzdan ezbere bir çap küçük vana tercih edilecek ama onun da iki ayrı kvs değeri olduğundan emniyetli olması adına büyük olan yani DN20 kvs=2,5 m³/h seçiliyor.

Yapılan bu seçime göre otoritemizi hesaplayalım:

Verilenler:



ΔH= 50 kPa
ΔPbatarya= 20 kPa ve Q=0,7 m³/h
(ΔPbv=minimum 3 kPa)

Şekil 7. Şematik bağlantı gösterimi

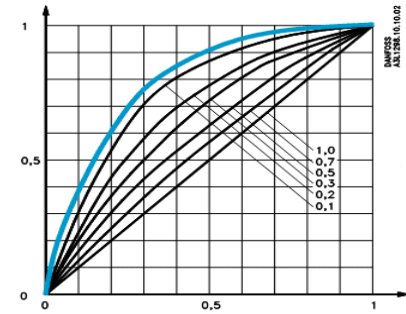
Seçilen Kvs = 3,5 m³/h, dolayısıyla gerçek basınç düşümü:

$$\Delta P_{kv} = (0,7/3,5)^2 = 0,04 \text{ bar} = 4 \text{ kPa}$$

$$a = \Delta P_{kv} / \Delta H = 4/50 = 0,08 = 8\% - \text{çok kötü}$$

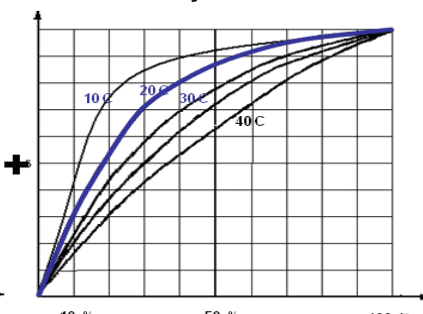
3.2.1 Kontrol Vanası+Terminal Ünite Karakteristiği

%100 Su debisi



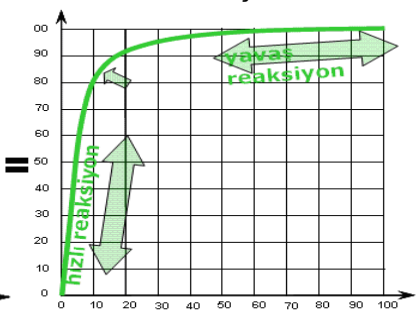
0 Mil pozisyonu %100
Linear vana karakteristiği
a=0,08

%100 Isı çıktısı



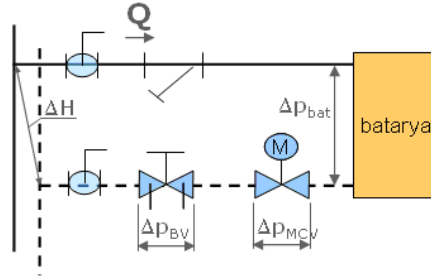
0 Akış %100
Terminal ünite ısı emisyonu
ΔT=20 °C

%100 Isı çıktısı



0 Mil pozisyonu %100
Sonuç
Daha kötü kontrol

3.3 Kısmi Yükte Tipik Vana Boyutlandırılması



Şekil 8. Şematik bağlantı gösterimi

Verilenler:

$\Delta H = 50 \text{ kPa} \rightarrow 80 \text{ kPa}$
 $\Delta P_{\text{batarya}} = 20 \text{ kPa} \rightarrow 2,9 \text{ kPa}$
(Balans vanası ile beraber)
 $Q = 0,7 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow 0,175 \text{ m}^3/\text{h}$

Kontrol vanası pozisyonu

$DP = 80 - 2,9 = 77,1 \text{ kPa} \Rightarrow 0,77 \text{ bar}$

$Kv = Q / \sqrt{\Delta p} \text{ [m}^3/\text{h]}$

$Kv = 0,175 / \sqrt{0,77} = 0,2 \text{ [m}^3/\text{h]}$

Seçilen vana $Kvs = 1,6 \text{ m}^3/\text{h}$, $Kv = 0,2 \text{ m}^3/\text{h}$

Vananın lineer karakteristiğine bağlı olarak :

vana pozisyonu = $0,2/1,6 = 0,125 = 12,5\%$

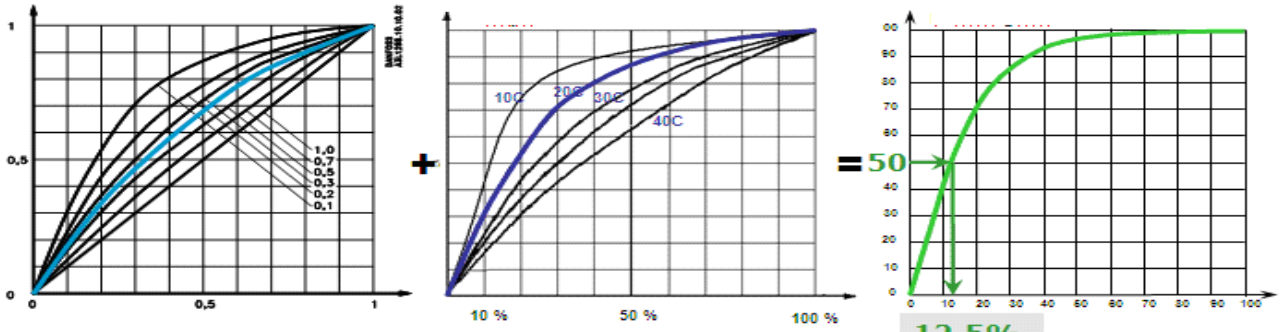
3.3.1 Kontrol Vanası+Terminal Ünite Karakteristiği

Tam yükteki vana boyutlandırmamız tipik örnek için a değerimiz 0,38 idi. Grafik üzerinde:

%100 Su debisi

%100 Isı çıktısı

%100 Isı çıktısı



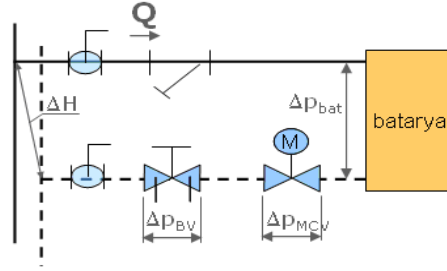
Lineer vana karakteristiği
 $a=0,38$

Terminal Ünite Isı emisyonu
 $\Delta T=20 \text{ }^\circ\text{C}$

Sonuç
Kötü kontrol

Sonuç olarak elde ettiğimiz grafikte işaretlediğimiz %12,5 vananın kısmi yükü sağlamak için çalışacağı noktayı belirtmektedir.

3.4 Kısmi Yükte Kolay Vana Boyutlandırılması



Şekil 9. Şematik bağlantı gösterimi

Verilenler:

$\Delta H = 50 \text{ kPa} \rightarrow 80 \text{ kPa}$
 $\Delta P_{\text{batarya}} = 20 \text{ kPa} \rightarrow 2,9 \text{ kPa}$
(Balans vanası ile beraber)
 $Q = 0,7 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow 0,175 \text{ m}^3/\text{h}$

Kontrol vanası pozisyonu

$DP = 80 - 2,9 = 77,1 \text{ kPa} \Rightarrow 0,77 \text{ bar}$

$K_v = Q / \sqrt{\Delta p} [\text{m}^3/\text{h}]$

$K_v = 0,175 / \sqrt{0,77} = 0,2 [\text{m}^3/\text{h}]$

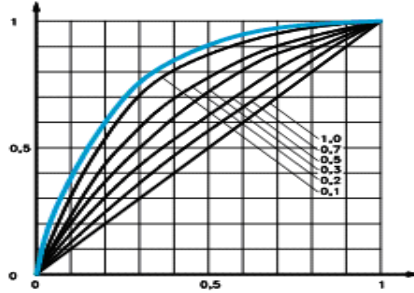
Seçilen vana $K_{vs} = 3,5 \text{ m}^3/\text{h}$, $K_v = 0,2 \text{ m}^3/\text{h}$

Vananın lineer karakteristiğine bağlı olarak:

vana pozisyonu = $0,2/3,5 = 0,057 - 5,7\%$

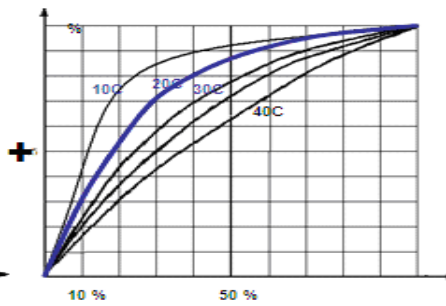
3.4.1 Kontrol Vanası+Terminal Ünite Karakteristiği

%100 Su debisi



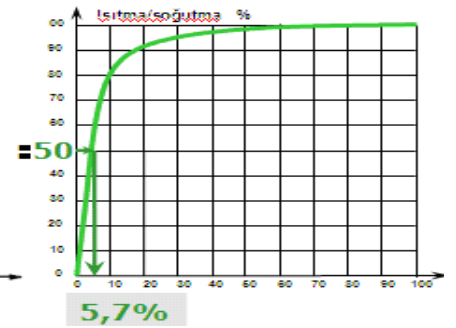
0 Mil pozisyonu %100
Lineer vana karakteristiği
 $a=0,08$

%100 Isı çıktısı



0 Akış %100
Terminal ünite ısı emisyonu
 $\Delta T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

%100 Isı çıktısı



0 Mil pozisyonu %100
Sonuç
Daha kötü kontrol ON/OFF

4.SONUÇ

Vana boyutlandırılması ve seçimi konusunun çok fazla dikkat edilemeyen bir konu olduğunu kabul edersek, çalışmada karşılaştığımız sonuçların-özellikle kısmi yükte- ne kadar çarpıcı olduğunu görebiliyoruz. Debi ihtiyacının fazla olduğu örneğin klima santrali uygulamalarında ya da ısıtma yerine soğutma suyunda yanlış yapılan seçimlerde elde edilen sonuçlar daha vahim olacaktır. Halbuki bu konu gerek konfor gerekse enerji tasarrufu açısından son derece dikkate değer bir husustur.



Yalnız bu çalışmada yapılan örneklerde kullanılan vananın lineer karakteristiğe sahip olduğunu vurgulamakta yarar var. Her ne kadar ülkemizde bu vana karakteristiği meselesinin farkında olmasak da logaritmik bir vanada kısmen daha iyi sonuçlar alınacağı açıktır.

KAYNAKLAR

- [1] Benonysson A., Boysen H.; Valve Characteristics for Motorized Valves in District Heating
- [2] Boysen H; kv: What, Why, How, Whence?
- [3] Kristjansson H; Controls Providing Flexibility for the Consumer Increase Comfort and Save Energy,2008
- [4] 2004 Ashrae El Kitabı; Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri ve Ekipmanları, 2007 İstanbul
- [5] Tesizat Mühendisliği Uygulama Kitabı,2007 İstanbul
- [6] Recknagel-Sprenger S; Isıtma Klima Tekniği El Kitabı, TTMD 97/98.

ÖZGEÇMİŞ

Seçil KIZANLIK İSKENDER

1982 Bursa doğumludur. 2004 yılında İÜ Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği ve Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Daha sonra Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi konusunda yüksek lisans yapmıştır. 2004 yılından itibaren özel sektörde çeşitli yerli ve yabancı firmalarda satış, pazarlama, ürün yönetimi ve iş geliştirme konularında yöneticilik yapmıştır. Halen Honeywell firmasında İş Geliştirme Müdürü olarak çalışmaktadır. Isıtma Soğutma Havalandırma sistemleri, bina otomasyonu, enerji verimliliği konularında çalışmaktadır.