bu bir MMO yayınıdır

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

Frekans Kontrollü Pompalara Ekonomik Bir Bakış

Johannes WAGENKNECHT

GRUNDFOS

MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI

BİLDİRİ

FREKANS KONTROLLÜ POMPALARA EKONOMİK BİR BAKIŞ

Johannes WAGENKNECHT

ÖZET

Son yıllarda elektronik teknolojisinde görülen gelişmeler ve fiyatlardaki düşüşler devir regülasyonu yapabilen pompaların da uygulama alanlarını önemli ölçüde arttırmıştır. Bu tip pompalar uygun sistemlerde kullanıldığında yaklaşık 1- 3 yıl geri dönüş zamanına sahiptir. Bu bildiride, devir regülasyonlu pompaların kontrol şekilleri ile açık ve kapalı tesisat sistemlerindeki uygulama farklılıkları örneklerle anlatılacaktır.

GİRİŞ

Konu ilk bakışta daha çok teknik ve ticari boyutta görünse de, yazar her mühendisin enerji tasarrufu ve çevreyi koruma konusundaki etik görevini vurgulamak istemektedir. Ayrıca, tüketicilerin de her zaman güvenilir, ekonomik ve kolay bakımı yapılır ürünler istediği de unutulmamalıdır.

TEMEL PRENSİPLER

Bina tesisatı uygulamalarında pompalar akışkana kinetik enerji veren sistemler olarak düşünülürler. Suyun spesifik hacmi sabit olarak alınabilir. [1] Bu durumda tesisat borularındaki birim uzunluk başına basınç kaybı sabit alınabilir. Ancak realitede basınç kaybı ile akışkan hızı arasında aşajıdaki bağıntı mevcuttur.

$$\Delta p \sim \varpi^{1.8} \qquad (1)$$

Ancak, pratik olarak bu eşitlik bütün hesaplama ve tablolarda aşağıdaki şekilde alınır.

$$\Delta p \sim \varpi^{2} \qquad (2)$$

KAPALI SİSTEMLERDE BORU KAYIPLARI

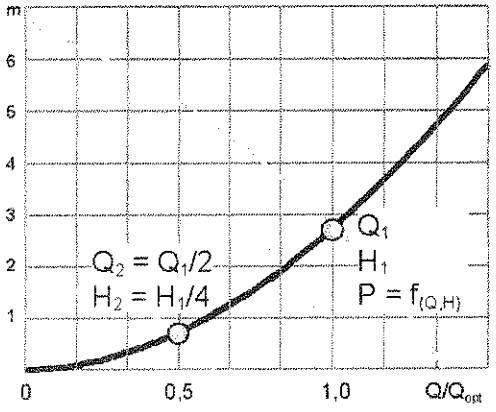
Kapalı sistemlerde boru kayıpları eğrisi, debi ve basınç kaybı grafiğinde bir parabol şeklinde görülür. Statik yükseklik olmadığı için 0 basınç noktasından başlar. [3] Çalışma noktası boru kayıpları eğrisi ile pompa eğrisinin kesiştirilmesi ile bulunur. [4]

Enerji açısından akışın sağlanabilmesi için gerekli gücü bilmek önemlidir. Bu güç pompanın sıvıya aktardığı güçtür ve debi, basınç , yoğunluk ve yerçekimi ivmesinin çarpımı ile bulunur.

$$P_3 = Q \times H \times \rho \times g$$

Bildiğimiz gibi tasarımlanan tesisatın her zaman tam yükte çalışması beklenmez. Örneğin, debinin yarıya düştüğü durumda basınç kaybı tam yükteki kaybın1/4'üne ve sisteme verilmesi gerekli enerji de 1/8 'e düşmektedir.

$$P_3' = \frac{Q}{2} \times \frac{H}{4} \times \rho \times g = \frac{P_3}{8}$$

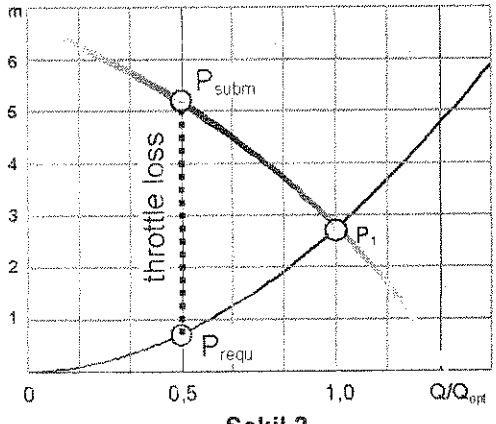


Şekil 1.

Teorik olarak elde edilecek enerji tasarrufu ortadadır. Ancak, sisteme verilmesi gereken enerji ile pompayı çalıştırmak için gerekli enerji miktarı farklı şeylerdir. Hız regülasyonlu pompalar ile elde edilebilecek gerçek enerji tasarrufunu bulmadan önce konvansiyonel regülasyon uygulamalarına bir göz atalım.

VANA KONTROLU

Bu regülasyon sistemdeki debi miktarını düşürmek için kullanılır. Vana kısıldığında çalışma noktası sola doğru kayar. Pompanın şebekeden çekmekte olduğu enerji ise maximum çekilen enerjinin ancak % 90 'ına kadar iner. Bu, pompanın sisteme verdiği enerji ile sistemin istediği enerji arasında büyük bir fark oluşturur yani vana kısmak enerji tasarrufu için uygun bir yötem değildir.

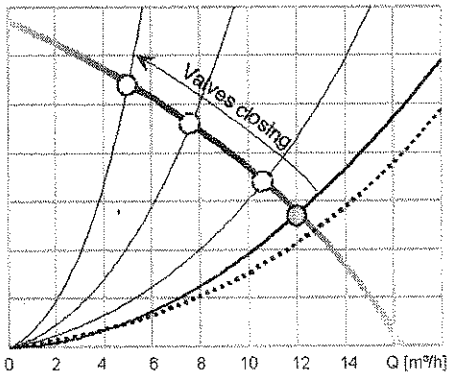


Şekil 2.

Bununla birlikte otomatik vana regülasyonu ısıtma veya soğutma sistemlerinin kullanıcıların isteklerine göre adaptasyonunda kullanılan genel bir yöntemdirÖmeğin bazı Avrupa ülkelerinde radyatörlerde termostatik vana kullanılması zorunludur. Bu yöntem, güneş ısısından ve ortamdaki diğer ısı kaynaklarından yararlanmanın ucuz bir yoludur.

TERMOSTATİK VANALARDAKİ BASINÇ

Termostatik vanaların kısılması durumunda pompa eğrisi üzerinde sola doğru kayılır. Bu da pompanın debi miktarının düştüğünü ancak basma yüksekliğinin arttığını gösterir. Borularda düşen debi miktarında daha az sürtünme kaybı olacağı için pompanın verdiği yüksek diferansiyel basıncı vanaların karşılaması gerekir. Bu yüksek basınç da neticede vanalarda gürültüye neden olur.

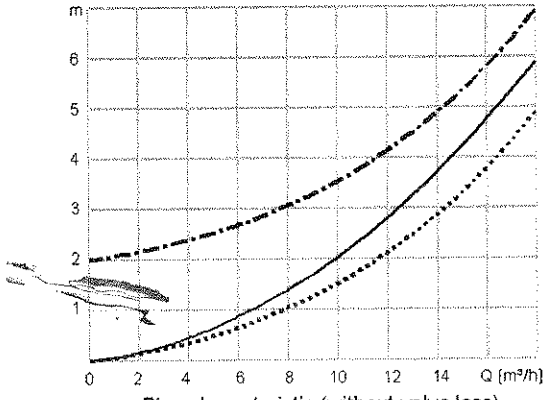


····· Pipe characteristic (without valve loss)
—— Pipe characteristic, all valves open = max. load

Şekil 3.

Bir ömek vermek gerekirse, tam yükte 12 m3/h ve 2.8 mss isteyen bir tesisat sistemi düşünelim. Borulardaki basınç kaybı kesik çizgilerle belirtilen sabit eğri üzerinde belirlenir. Tesisatın hidrolik direncini sadece vanalar değiştirebilir. Vanalar kısıldığında 12 m3/h `te 2.2 m olan basınç kaybı 0.55 m `ye düşerken pompa 4.5 m basınç üretir. Vanalardaki diferansiyel basınç böylece 4 m olur. Radyatör vanalarında bu basınç sese ve bazı durumlarda vananın yanlış çalışmasına sebebiyet verir.

Vana üreticileri genellikle gürültüsüz çalışma sınırını20 kPa (2m) diferansiyel basınç olarak verirler.Yani,pompa tarafından üretilen basınç, boru kayıpları eğrisinin 2m üstünü aşmamalıdır. Bu aralık ses limiti ejrisi olarak adlandırılır.



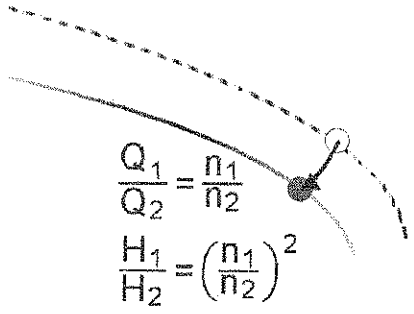
····· Pipe characteristic (without valve loss)
—·— Noise limit curve

Şekil 4.

Bu durumda vana kısmanın veya by - pass kontrolün sistemin basınç ihtiyacını karşılamada yeterli olmadığı açıktır.

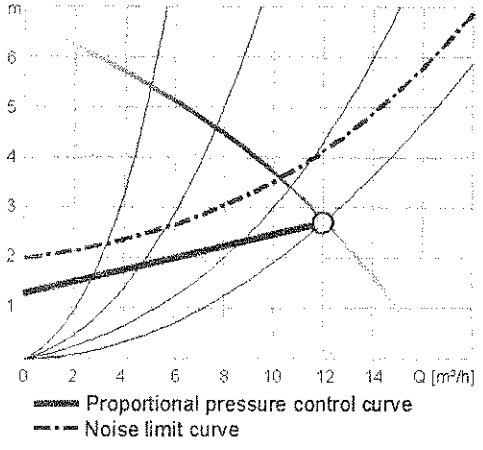
DEĞİŞKEN HIZ-SABİT BASINÇ KONTROLU

Devir hızının değiştirilmesinin fan veya pompaların performansını değiştirmede en uygun yol olduğu bilinmektedir. Bundan birkaç yıl önce elektronik ekipmanlar küçük sistemlerde kullanılmak için çok pahalıydı. Günümüzde ise elektronikteki teknolojik gelişmeler, dayanıklılık ve fiyatların aşağı düşmesi sayesinde devir kontrollü pompaları pazarda sıklıklagörmekteyiz. Bu pompaların çoğu sisteme monte edilen basınç sensörü aracılığı ile basıncı sabit tutmak için hızlarını regüle edebilen pompalardır.



Şekil 5.

Basıncı sabit tutmak, ancak belirli ölçüde vanalardaki basıncı düşürmeye yarayabilir. Yani, pompa halen vanalarda ses üretebilecek kadar diferansiyel basınç üretebilir. Bu durum özellikle hesaplanan basınç değeri tesisatın gerçek kayıplarından çok fazla olduğu zaman ortaya çıkar. Bu durumda yapılması gereken şey, pompa basma yüksekliğini bir şekilde değişen debi miktarı ile ilintilemektir. Bu ancak iki yolla yapılabilir. Birincisi debiyi ölçmektir ki bu yötem pahalı bir yöntemdir. İkinci yöntem ise pompa hidrolik karakteristiklerini elektronik devreye yüklemektir.

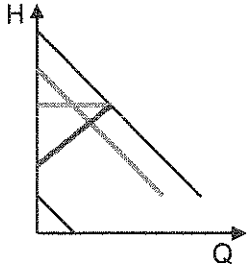


Şekil 6.

Bu sayede ölçülen bir diferansiyel basınca karşılık gelen debi miktarı otomatikman hesaplanmış olur. Böylece pompanın çalışmasını istediğimiz debi ve diferansiyel basınca bağlı doğru set edilmiş olur. Bu doğru orantılı basınç kontrolü olarak adlandırılır ve her türtü termostatik vanalı veya by-pass sistemli tesisatlarda kullanılabilir.

KONTROL MODUNUN SEÇİMİ

Genel kural olarak, orantılı basınç kontrolü basınç kayıplarının yüksek olduğu kazan devrelerinde ve dağıtım tesisatlarında kullanılır. Bu mod en çok enerji tasarrufu sağlayan kontrol sisemidir. Sabit basınc kontrolü ise daha düşük basınç kayıpları sözkonusu olduğu zaman kullanılır.

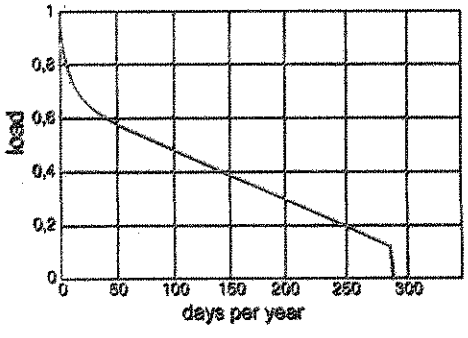


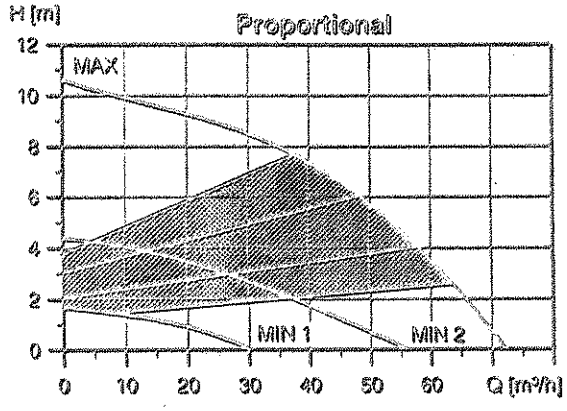
Şekil 7.

Bazı durumlarda pompayı kontrolsüz çalıştırmak da istenebilir. Harici sinyallerle pompayı max. min. ve normal modlarda ve ara değerlerde çalıştırmak mümkündür. Bu esneklik, pompa ve planlama sırasında ortaya çıkan bazı belirsizliklere rağmen birbirine tam olarak uyumlu çalışabileme imkanını getirmektedir.

Hız regülasyonlu pompaların ne kadar enerji tasarrufu sağladığını bulabilmek için ilk önce tesisatın yük profilini bilmek gerekir. Bu da tesisattan tesisata, ülkeden ülkeye iklim şartlarına göre değişebilir. Aşağıdaki hesaplama orta Avrupa `da standart bir ısıtma yük profili baz alınarak yapılmıştır.

Aşağıdaki örnek, sabit devirli bir pompa ve vana kısılması yötemi ile orantılı basınç modunda çalışan frekans kontrollü bir pompa arasındaki ekonomik kıyaslamayı göstermektedir. Standart ısıtma yük profiline göre ihtiyaç duyulan elektriksel güç hesaplanmıştır.



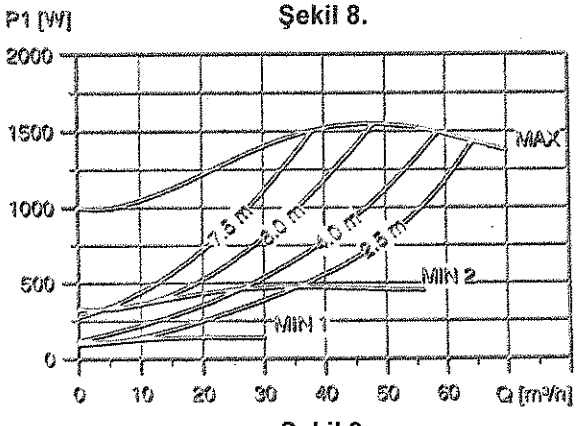


Şekil 8.

Design point
(maximum duty):

Q = 50 m³/h
H = 6 m

Şekil 7.



Şekil 9.

Pratik olarak yük profili 5 stepe bölünmüş ve aşağıdaki değerler hesaplanmıştır.

	çalışma süresi		Debi	sabit devirli		orantılı basınç	
	gün	saat	m3/h	P1 (kW)	W (kWh)	P1 (kW)	W (kWh)
	5	120	50	1.57	188	1.57	188
	45	1.080	35	1.45	1.566	1.00	1.080
	100	2.400	25	1.32	3.168	0.64	1.536
	100	2.400	15	1.13	2.712	0.43	1.032
	35	840	8	102	857	0.34	286
TOPLAM	285	6.840		'	8.491	'	4.122

Bu ömekte enerji tasarrufu yaklaşık % 52 civarındadır. Genel kural olarak değişken devirli ısıtma ve soğutma uygulamalarında enerji tasarrufu % 50 `ler civarındadır şeklinde bir genelleme yapılabilir. Eski sistemlerin pompaları yeni bir devir regğlasyonlu pompa ile değiştirildiğinde bu enerji tasarrufu daha fazla da olabilir. Bu sonuç kapalı sistemlerde pompaların genellikle gerektiğinden daha büyük seçilmesinin sonucudur ve bu hatayı ancak devir regülasyonlu pompalar düzeltebilir.

BİRLEŞTİRİLMİŞ ÇÖZÜM

Hız regülasyonlu pompaların kompleks olduğu doğrudur. Çünkü pompa üzerinde

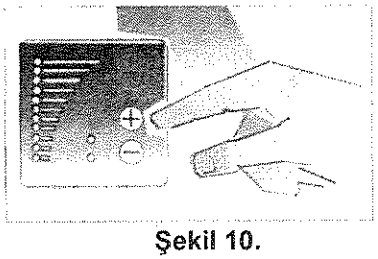
- motor
- motor koruması
- frekans değiştirici
- basınç sensörü
- kapalı döngü kontrolü

sistemleri mevcuttur. Ancak bu tip pompalar herhangi bir kontrol panosu, harici sensör ve motor koruma ünitesi gerektirmez. Pompa taamen fişe takılmaya hazırdır.

Sektörde uygulamacı olarak çalışanlar sık sık karşılaştıkları tesisatın hidrolik balanslanması problemini hatırlarlar. Bir hattaki küçük bir değişiklik pompa çalışma noktasını değiştireceğinden, diğer bir hattaki debi de değişir. Devir regülasyonlu pompalar ile sabit basınç sajlandığından uygulamadaki bu istenmeyen durum ile karşılaşılmaz. Sonuç olarak devir regülasyonlu bir pompanın tesisata montajı diğer pompalar gibi oldukça kolaydır.

KOLAY PROGLANLANABİLME

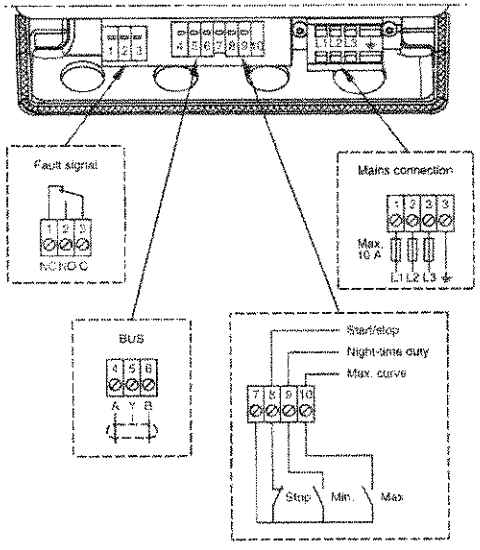
Bu tip pompaların üzerinde bulunan butonlar ile pompanın çalışacağı diferansiyel basıncı, orantılı veya sabit basınç modu seçimini veya sabit devir modunu seçebilir veya pompa durdurulabilir. Ayrıca yine temiinal kutusu üzerinde bulunan operasyon ve alarm lambaları yardımı ile pompanın arızada olup olmadığı da görülebilir. Herhangi bir arıza durumunda pompa otomatik olarak durur ve problemli durum ortadan kalkınca tekrar çalışmaya başlar. Arıza pompanın üzerinde bulunan mikro-işlemcide hafızaya alınır ve istendiği zaman öğrenilebilir.



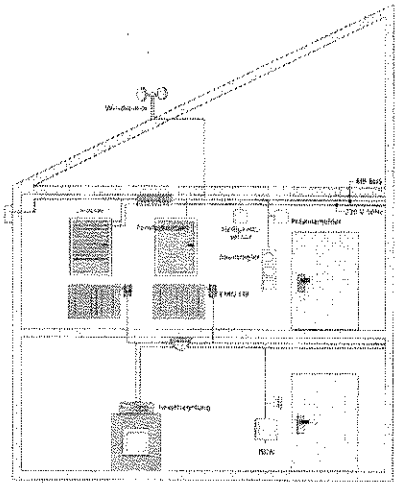
Şekil 10.

STANDART İLETİŞİM

Pompalar üzerlerinde bulunan çeşitli terminaller vasıtası ile bina otomasyon sistemine bağlanabilirler. Merkezi sistemden arıalı pompa görülebilir veya değişik çalışma modlarından birisi seçilebilir.



Şekil 12.

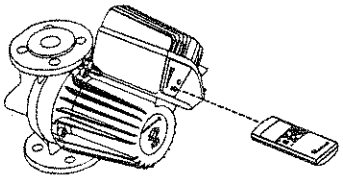


Şekil 13.

KABLOSUZ İLETİŞİM

Şüphesiz infrared uzaktan kumanda aracılığı ile iletişim kompleks elektronik sistemler için en güvenilir ve rahat yoldur. R 100 isimli özel uzaktan kumanda cihazı geniş bir kullanım alanı sunmaktadır.

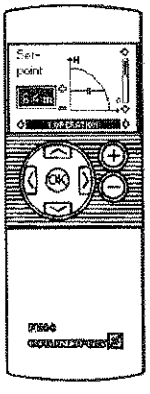
- değişik pompa tipleri ile komünikasyon
- pompanın anlık çalışma değerlerinin görülmesi
- arıza nedenlerinin görülmesi
- çalışma modlarının programlanması
- değerlerin print-out alınması



Şekil 13.

R 100 üzerinde bulunan grafıksel bir ekran yardımı ile

- programlanmış değerleri
- pompa basma yüksekliğini
- debi miktarını
- devir hızını
- güş tüketimin
- çalışma saatlerini gösterebilmektedir.



Şekil 14.

Ayrıca R 100 ile pompanın üzerinde bulunan butonlar kilitlenebilmektedir. Bu sayede pompaya yanlızca yetkili kişilerin müdahalesi mümkün kılınmaktadır.

ISLAK ROTORLU POMPALARIN LİMİTLERİ

Isıtma sistemlerinde ucuz ve bakım gerektirmeyen ıslak rotortu pompaların kullanılması çok iyi bir çözümdür. Bu tip pompaların statoru daima pompalanan sıvı ile sojutulmaktadır. Pompalanan sıvının çok sıcak olması elektrik motorunun ve elektronik aksamın aşırı ısınması problemini ortaya çıkarabilir. Elektronik devreler ile donatılmış pompaların sıcaklık limiti yaklaşık 100 oC 'dir. Bundan daha yüksek sıcaklıklar elektronik devrelerin ömrünü kısaltır.

Ayrıca soğuk sıvılarda da problemler ortaya çıkmaktadır. Özellikle sıvı sıcaklığının çevre sıcaklığından daha düşük olduğu durumlarda havada bulunan nemin statorda yoğuşması problem yaratmaktadır. Özel motor sargıları ile bu problem ortadan kaldırılsa da elektronik devrelerdeki yoğuşma halen problem olarak karşımıza çıkar. Dolayısı ile elektronik pompalarda sıvı sıcaklığı alt limiti 15 oC civarindadır.

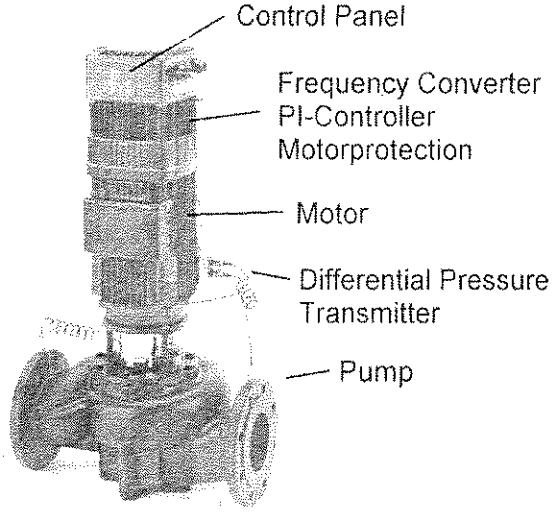
Bu problemlerin yanında özellikle soğutma sistemlerinde pompalanan sıvıya elektrik motorundan ısı transferi olması istenmez. Bu problemlerin çözümü kuru rotorlu pompa kullanmaktır. Bu tip pompaların diğer bazı avantajları da vardır.

- yüksek motor verimi
- rulmanlı yataklar nedeni ile yüksek verim
- değişik salmastralar ile değişik sıvılara uygunluk

Dolayısı ile, özellikle soğutma sistemlerinde ve yüksek motor güşlerinde kuru rotorlu pompaların kullanılması tavsiye edilmektedir.

SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE DEVİR REGULASYONU

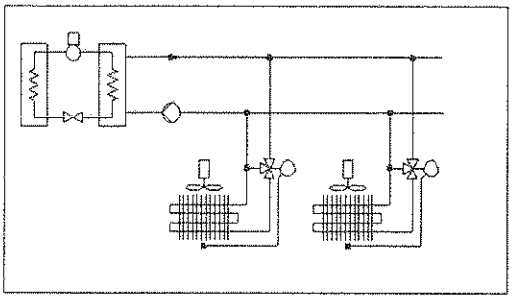
Islak rotorlu pompalarda kullanılan frekans konvertörünün aynısı kuru rotorlu pompalarda da kullanılabilir. Daha önce bahsedilen bütün özellikler (pompa üzerinden, BUS bağlantısı ile ve uzaktan kumanda ile programlanabilme) kuru rotorlu frekans kontrollü pompalar için de geçerlidir.

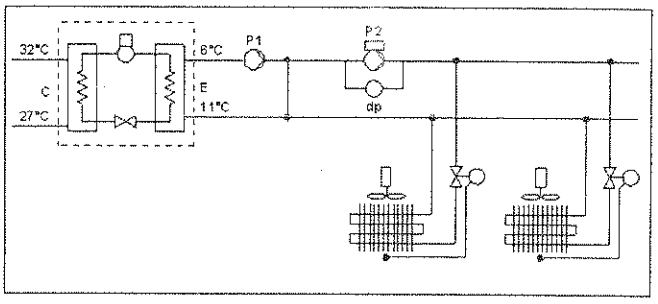


Şekil 15.

SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE DİFERANSİYEL BASINÇ KONTROLU

Bazı sistemlerde hidrolik gereklilikler daha önce anlatılan ısıtma sistemleri ile hemen hemen aynıdır. Enerji tasarrufu tabidir ki çalışma süresine ve iklim koşullarına bağlıdır.





Şekil 16. Sabit akışlı sistem

Şekil 17. Değişken akışlı sistem

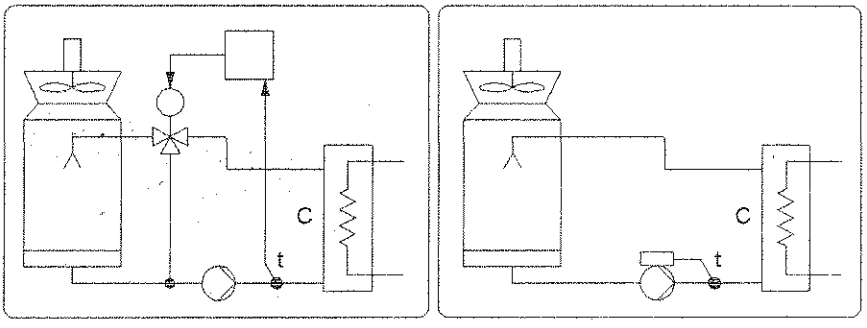
Fakat genelde soğutma sistemlerinin diferansiyel sıcaklığı ısıtma sistemlerinkinin1/4 `ü kadardır. Bu da yüksek pompa kapasiteleri ve yüksek potansiyel enerji demektir. Ayrıca antifiriz iceren sisemlerin yüksek viskozitesi de dikkate alınması gerekli bir husustur. Ayrıca, pompadan akışkana transfer edilen her Watt `ın soğutma sistemi tarafından alınması gerekliliği de devir kontrollü pompaların kullanılma nedenlerini daha da güçlendirmektedir.

DİĞER KONTROL PARAMETRELERİ

Aşağıdaki fomülü hatırlayalım

$$P=c \times Q \times Q\Delta T \qquad (5)$$

Pompayı regüle edebilmek için debi kontrolü pahalı bir yöntemdir. Diğer bir yötem diferansiyel sıcaklığı kontrol etmektir. Bu sistemde uygun bir sıcaklık sensörü kullanmak ve pompaları sistem ihtiyacına göre dikkatlice programlamak çok önemlidir.



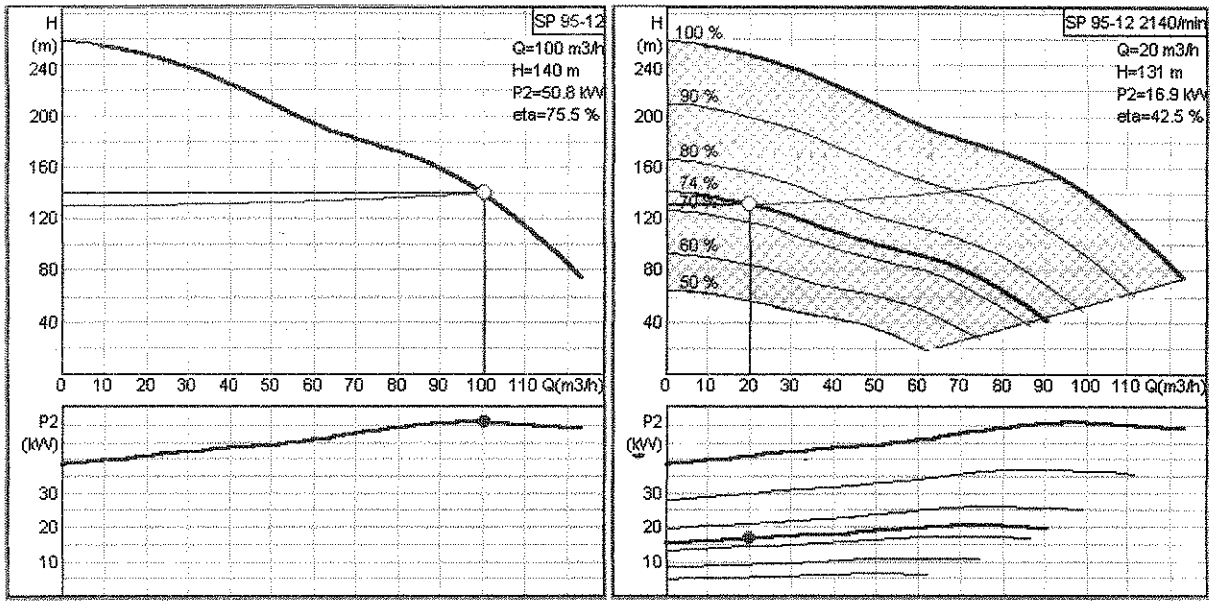
Şekil 17.

KULLANNIM SUYU TEMİNİNDE DEĞİŞKEN DEVİRLİ POMPALAR

Kapalı tesisat sistemlerinde değişken devirli pompaların sağladığı enerji tasarrufu daha önce açıklanmıştı. Ayrıca bu tip sistemlerin yüksek konfor ve sisteme uyumlu çalışması gibi avantajları da vardır. Son yıllarda frekans konverer ünitelerinin fiyatlarının düşmesi ile birlikte bu sistemler su temininde kullanılan pompalarda da uygulanmaya başlandı.

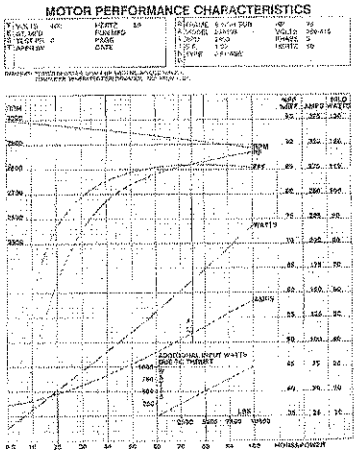
Aşağıdaki örnek tam yükte ve kısmi yükte enerji tüketiminin karşılaştırılabilmesi için verilmiştir. Ölçüm kWh/m3 biriminde olup elektrik enerjisi birim fiyatı ile çarpılması sonucunda m3 başına enerji tüketimi bulunabilir.

130 m statik basma yüksekliği ve 140 m toplam basma yüksekliği olan bir sistemde tan yükte 100 m3/h `te çalışan bir pompa aynı zamanda 20 m3/h (131 m toplam basma yüksekliği) kısmi yükte de çalışabilmektedir. Soru, iki çalışma noktasında da enerji tüketimini bulmaktır.



Şekil 18.

Hesaplamalarımız için elektriksel güç tüketimini (P1) bulmamız gerekmektedir. Bu değer elektrik motoru spesifikasyonlarından bulunabilir.



Şekil 19

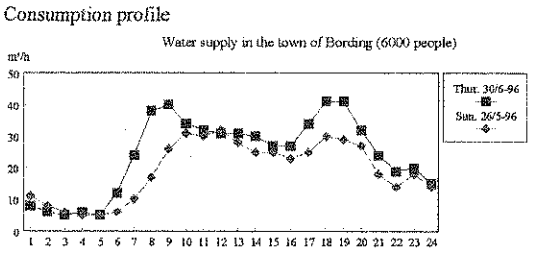
		Full load	Partial load
Q	m³/h	100	20
H	m	140	131
P_2	kW	50,8	16,9
P_1	kW	59	23
$\overline{P}$	kWh/m³	0,59	1,15

Bu değerler, kısmi yükte çalışan bir pompanın tam yüke göre m^3 başına yaklaşık 2 katı fazla enerji tükettiğini göstermektedir.

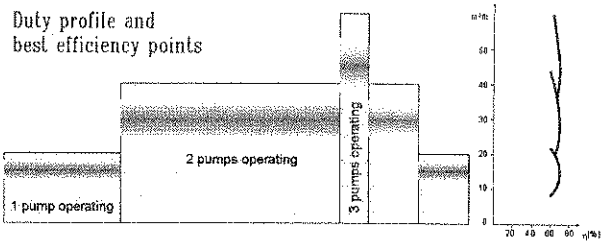
SU TEMİNİNDE ALTERNATİF UYGULAMA

Sistemi değişken tüketime adapte etme gereği açıktır. Genel yöntem maksimum yükü paralel alışan pompalara dağıtmaktır. Optimum çözüm için ilk önce yük dağılımını bulmaktır. Bundaki amaç pompaları en verimli noktalarda çalıştırmaktır. Verilen örnekte 3 pompalı bir hidrofor kullanmak

avantajlı gözükmektedir. Ancak pratikte tüketim dağılımının çok değişken olduğu uygulamalar da mevcuttur.



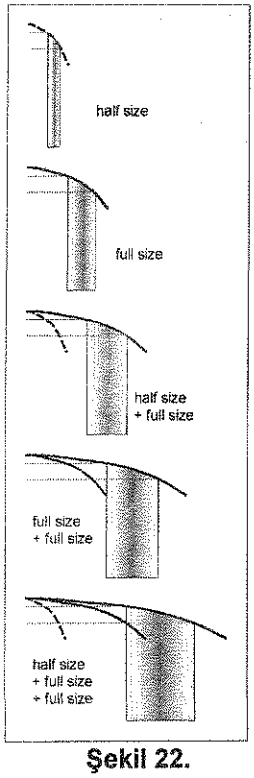
Şekil 20.



Şekil 21.

OPTİMUM HİDROFOR ÜNİTESİ

Hangi tip hidrofor ünitesinin en uygun olduğunu belirlemeden önce her tesisatın ana hedeflerini belirtmekte fayda vardır.



Şekil 22.

- yeterli sayıda pompa - emniyet
- yeterli basınç aralığı
- tam yükte ve kısmi yükte yüksek verim
- küçük boyut - az yer kaplaması
- yumuşak çalışma
- sistem ihtiyaçlarına uygun hidrofor

HİDROFORLARDA KÜÇÜK VE BÜYÜK POMPA KOMBİNASYONU

Değişken tesisat şartlarına uyum sağlamak ve kısmi yükleri karşılamak için değişik büyüklük ve kapasiteli pompaları aynı anda bünyesinde bulunduran hidrofor sistemleri geliştirimiştir. Bu sayede küçük kapasitelerde dahi küçük pompanın pompaların çalıştırılması ile yüksek verimler ve enerji tasarrufu elde edilmektedir.

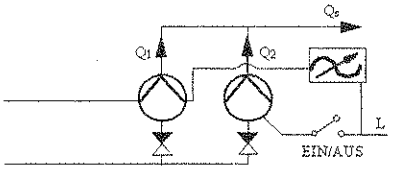
SABİT BASINÇ İÇİN HİDROFORLAR

Aşağıdaki durumlarda on/off çalışan konvansiyonel hidroforların kullanılması sakıncalıdır.

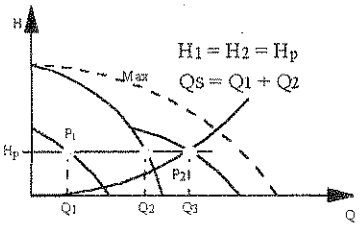
- kesin sabit basınç
- büyük debi değişikliklerinde hıslı reaksiyon
- yumuşak operasyon

Bu durumlarda frekans kontrollü hidroforların kullanılması doğru çözümdür. Ancak bu tip sistemlerde de iki temel tip mevcuttur.

TEK POMPASI FREKANS KONTROLLU HİDROFORLAR

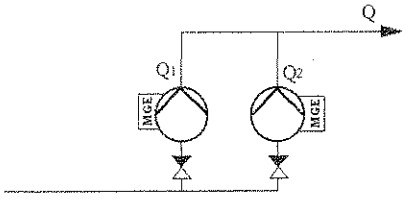


Aynı anda sadece bir pompa frekans kontrollü olarak çalışabilir. Çok hizlı tüketim değişikliklerinde ve sabit basıncın şart olduğu sistemlerde basınç dalgalanması yaratabilir.

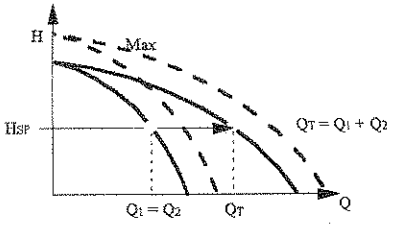


Şekil 23

BÜTÜN POMPALARIN FREKANS KONTROLLU OLDUĞU HİDROFOR SİSTEMLERİ



İki veya daha fazla pompanın aynı anda frekans kontrollü olarak çalıştığı hidrofor sistemleridir. Önemli oranda enerji tasarrufu sağlanır ve tamamen sabit basınç istenen uygulamalar için uygundur.



Şekil 24

KAYNAKLAR

[1] O.Prof. Dr. Gerhard Ziegler, "Strömungsmaschinen Enzyklopirdie", TU Graz

[2] Walter Wagner, "Strömung und Druchverlust", Vogel Fachbuch

[3] AFIC, "Circulateur et reglage de vitesse, B-1380 LASNE, May 1994

[4] "Spektrum", Heimeier Joumal 1/96

ÖZGEÇMİŞ

1959 yılında Avusturya 'da doğan Johannes Wagenknecht, pompa sektöründe çalışmaya 1986 yılında Graz Teknoloji Üniversitesi `nin Makina Mühendisliği - Ekonomi bölümlerini bitirdikten sonra başladı. 3 yıl Almanya `da çalıştıktan sonra 3 yıl Ekvator `da çalışma hayatına devam etti.1993 yılından beri Grundfos Avusturya `da Teknik Müdür olarak çalışmaktadır.