

DEĞİŞKEN DEVİRLİ POMPA SEÇİMİ

A Özden ERTÖZ
Vansan Makina Sanayii

Ender DUYMUŞ
Vansan Makina Sanayii

ÖZET

Hydraulic Institute tarafından yapılan bir araştırmada gelişmiş ülkelerde tüketilen enerjinin % 20 si pompalar tarafından tüketilmektedir. İyi bir sistem dizaynı ve uygun pompalar kullanılarak pompaların tükettiği enerjinin % 30 azaltılabileceği aynı yayında belirtilmektedir. Bizlerin görevi pompaların enerji tüketimini en az düzeye getirmek ve enerji tüketiminin çevreye etkilerinin azaltılmasına katkıda bulunmaktır.

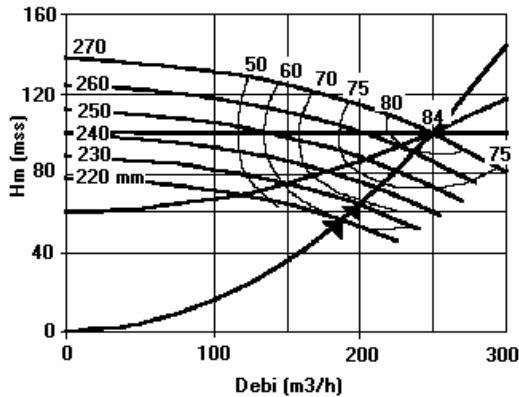
Pompa seçiminde ilerideki ihtiyaçları da göz önüne almak için pompa debisinin %25 , basma yüksekliğinin %10 artırılarak sipariş edilmesi yaygın bir uygulamadır. Bu uygulama ile pompalar en iyi verim noktalarından uzaklarda çalıştırılmakta, debi fazla geldiği için de vana kısılarak debiyi ayarlamak mecburiyeti doğmaktadır. Frekans değiştiricilerin (FD) yakın zamanlarda güç elektroniğindeki gelişmelerle enerji kayıpları azaltılıp fiyatları izafi olarak ucuzladığı için pompaların değişken devirli olarak kullanılması yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu uygulamada devir sayısını azaltmak ve arttırmakta mümkün olduğundan pompa seçiminde ilerideki ihtiyaçları göz önüne almak için büyük debili pompa seçmektense kullanma şartlarına uygun pompa seçilerek sistem karakteristiğini değiştirmeden FD yardımıyla dönme sayısı ayarlanan elektrik motoru ile tahrik edilen pompalarla istenen debinin sağlanması mümkün olmuştur. Bu bildiri de değişken devirli pompa seçiminin teknik ve ekonomik yönleri incelenecektir.

GİRİŞ

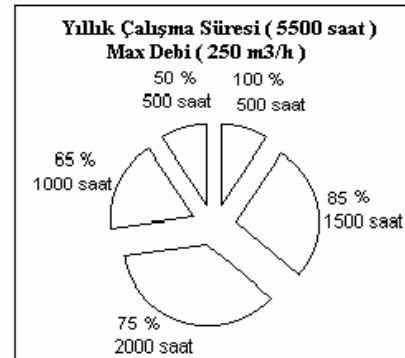
Pompalarda debi değişimi çeşitli yöntemlerle sağlanabilir. Kontrol vanası, by-pas vanası, çalışan pompa sayısının değiştirilmesi, pompaların kesintili çalıştırılması gibi pompa dışı yöntemlerin yanında; pompa performansını değiştiren değişken devirli pompa kullanımı gelmektedir. Frekans değiştiricilerle (FD) devir sayısı ayarlanabilen motorlarla tahrik edilen pompalar değişken debi sağlanması için olduğu gibi teknolojik mecburiyetler dolayısı ile de kullanılır.

TEKNOLOJİK MECBURİYETLER

1. Pompalarının çalıştırma ve durdurulmalarında darbeyi önlemek, demeraj akımlarını sınırlamak, ve/veya homojen ısınmayı sağlamak için.
2. Yatay milli santrifüj pompalarda basma yüksekliği, çark çapının en küçük değerlerinde sağlandığı zaman, düşük verimde çalışmak yerine çarkın en iyi kısımlarını kesip atmadan yüksek verimli olarak daha düşük devirde çalışmak için. (Şekil 1)
3. Mevcut sistemde debisi veya basma yüksekliği az gelen pompayı motor gücü uygunsa veya yeni bir motorla biraz daha yüksek devirde çalıştırarak mevcut pompayı değiştirmeden sistem gereksinimlerini karşılamak için frekans değiştiriciler (FD) kullanılır.



Şekil 1-Çark çapının tornalanması ile verim değişimi



Şekil 2-Debi değişiminin yıllık dağılımı

DEĞİŞKEN DEBİ ELDE ETME USULLERİ

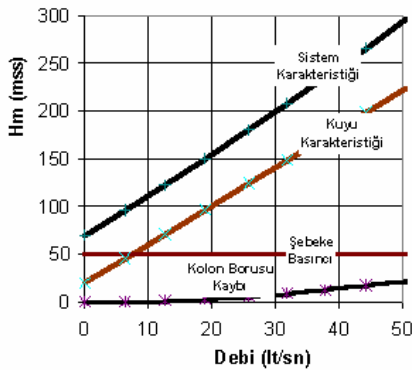
- Pompayı ihtiyaç olunca çalıştırmak. (Kesintili Çalıştırma)
- Sistemi bir depodan besleyerek pompayı depo seviyesine göre kesintili çalıştırmak.
- Pompayı devamlı çalıştırarak akışkanın bir bölümünü depoya geri döndürmek. (by-pass)
- Pompa çıkışındaki debi kontrol vanası ile sistem karakteristiğini değiştirerek debiyi ayarlamak.
- Sabit devirli elektrik motoru ile pompa arasına hidrolik veya elektrikli kavrama koyarak pompa devrini debi veya basınç ihtiyacına göre ayarlamak.
- Çalışan pompa sayısını değiştirmek. (paralel pompalar)
- Normal asenkron motorun frekans değiştirici yardımı ile uygulanan gerilim ve frekansı değiştirerek pompanın sistem gereksinimini karşılayacak devirde dönmesini sağlamak.

DEĞİŞKEN DEBİNİN SAPTANMASI

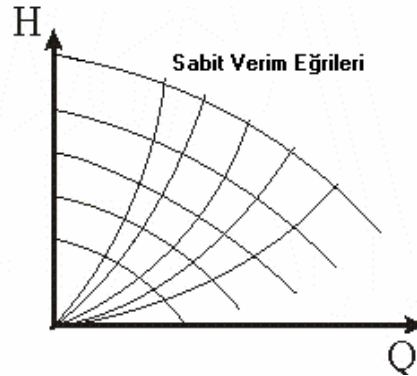
Değişken devirli pompanın belirlenmesi için maksimum debinin ve yıl bazında % kaç debide kaç saat çalışılacağı Şekil 2 deki gibi veya benzeri bir diyagramla belirlenmelidir. Eğer debi değişimi bilinmiyorsa yıllık çalışma süresince pompanın ortalama debisi Simpson metodu ile

$$Q_{ort} = \frac{1}{6} \times Q_{maks} + \frac{2}{3} \times Q_{50} + \frac{1}{6} Q_{min}$$

formülü ile saptanabilir. Değişken debili derin kuyu pompalarında ise çalışma programı ile birlikte debi-düşüm ilişkisi de verilmelidir. (Şekil 3)



Şekil 3-Debi-Düşüm ilişkisi



Şekil 4-Değişken devirli pompa karakteristiği

POMPA KARAKTERİSTİKLERİ

Pompa karakteristikleri belli bir dönme sayısı için, basma yüksekliği, güç ve pompa veriminin debiye bağlı olarak değişimini gösterir. Pompa veriminin maksimum olduğu nokta Q_{opt} dur. Pompanın sürekli olarak kullanılmasına müsaade edilen minimum debiye de kritik debi Q_k denmektedir.

Q_k debisinin altındaki debilerde çark içindeki akış düzeni değişmekte emme ve/veya basma taraflarında geri dönüş akışları başlamaktadır. genellikle Q_k debisi Q_{opt} debisinin % 40 ı kadardır. **Değişken hızlı pompaların debisi o devirdeki optimum debinin % 40 mın altına düşürülmemelidir.**

Farklı pompalar için karakteristik değişik olsa bile genel olarak pompa karakteristiklerinde debinin artışı ile basma yüksekliği azalır. Pompa karakteristikleri sabit bir devir için çizilmiştir. Değişken devirli pompa karakteristikleri; pompanın her devri için ayrı karakteristik çizilerek belirtilir. (Şekil 4).

Pompanın dönme sayısının azaltılıp artırılması ile karakteristikte olacak değişimler benzeşim kuralları gereğince olur. Benzeşim kuralları debi ve basma yüksekliği için oldukça iyi sonuç verir. Fakat devir azalınca sürtünme kuvvetlerinin hidrolik kuvvetlere oranı değiştiğinden verim eğrileri değişiklik gösterir. Bu sebepten güç eğrilerinin benzerlik kurallarından hesaplanması geniş aralıklarda hatalı sonuç verdikleri için ekonomik

hesaplarda deneysel sonuçlar kullanılmalıdır. Bu bildiride benzeşim kurallarının tüm devirler için geçerli olduğu ve verimin devir sayısı ile değişmediği kabul edilecektir.

Pompaların değişik devirli karakteristikleri genellikle bulunmadığından sabit devirli pompa performans eğrilerinden benzeşim kurallarına göre değişken devir performanslarını türetmemiz gerekir. Bu karakteristikte sabit verim eğrileri yaptığımız kabule uygun olarak başlangıçtan geçen paraboller olarak görülmektedir. (Şekil 4)

SİSTEM KARAKTERİSTİKLERİ

Sistem karakteristiği, bir sistemde basma yüksekliği ile debi arasındaki ilişkidir. Basma yüksekliğinin bir bölümü debi ile değişmez, diğer bölümü ise dinamik karakterde olup, debinin karesi ile orantılıdır. Aynı zamanda boru geometrisi, pürüzlülük, akışkanın viskozitesi gibi birtakım başka faktörler de basma yüksekliğine etki eder. Pekçok endüstriyel uygulamada basma yüksekliği tamamen sürtünme kayıplarından oluşur (kapalı devre sirkülasyon sistemleri). Sürtünme kayıplarına (H_k) diyelim. H_k debinin karesi ile doğru orantılı olduğundan

$$H_k = KQ^2 \quad (1)$$

Şeklinde gösterilebilir. Burada K sistem sabitidir.

Statik basma yüksekliği (H_s) debiye bağlı değildir. Sistemin gerektirdiği basma yüksekliği, statik basma yüksekliği H_s ile sürtünme kayıpları H_k toplamıdır.

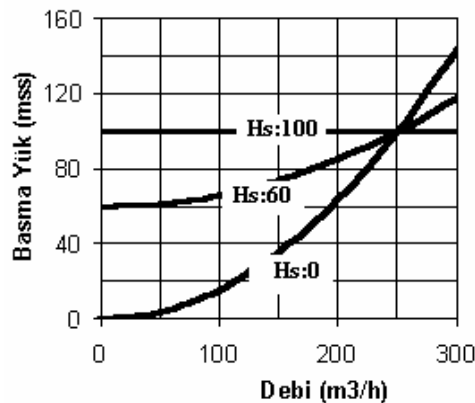
$$H = H_s + H_k \quad (2)$$

veya

$$H = H_s + KQ^2 \quad (3)$$

olur.

Konunun açıklanmasına yardımcı olması amacıyla 250 m³/h debide basma yüksekliği 100 mss olan statik basma yüksekliği farklı 3 sistem karakteristiği Şekil 5 te gösterilmiştir. Sistem karakteristiklerinin statik basma yükseklikleri (H_s) hepsinde değişik olup 0-60-100 m. dir. Sürtünme kayıpları da toplam basma yüksekliğini 100m. ye tamamlamak üzere 0 ile 100 m. arasında değişmektedir. Bu durumda $H_s=0$ olan sistemin basınç kayıpları tümüyle sürtünme kayıplarından oluşmakta; $H_s=100$ olan sistemde ise hiç basınç kaybı bulunmamaktadır.



Şekil 5-Değişik sistem karakteristikleri

Pompa verimini hesaba katmazsak, akışkanı bir sisteme pompalamak için gereken güç (P), debi (Q), basma yüksekliği (H) ve akışkanın yoğunluğu (ρ) çarpımına eşittir. Burada debi (m³/s), basma yüksekliği (m), yoğunluk (kg/m³), güç ise (W) olarak hesaba konulmalıdır.

$$P=\rho.Q.g.H \quad (4)$$

(3) nolu eşitlikten basma yüksekliğini alıp güç eşitliğine taşırsak:

$$P=\rho.Q.g.(KQ^2 + H_s) \quad (5)$$

Hidrolik güç, statik basma yüksekliğinin olmadığı ($H_s=0$) sisteminde debinin 3. kuvveti ile orantılı olduğu halde, sürtünme kayıplarının olmadığı ($H_s=100$) durumunda debi ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Değişken devirli pompalarla sağlanacak enerji ekonomisinin sistemdeki statik basma yüksekliğinin toplam basma yüksekliğine oranına bağlı olduğu ortaya çıkmaktadır.

Pompa, elektrik motoru, frekans değiştirici verimlerinin devir ve güç değişimlerine göre değişimlerini bilemediğimiz için güç hesaplarını genellemeyi daha ileriye götürmek uygun olmayacaktır. Ekonomik hesaplar sistem ve ekipmanlar belli olduktan sonra detaylandırılmalıdır.

SİSTEM VERİMİ

Bir hidrolik sistemde pompaj sonunda elde edilen hidrolik gücün, bu pompajı yapmak için harcanan güce oranına sistem verimi diyoruz.

$$\eta_{sistem} = \frac{\rho \times Q \times g \times H_{statik}}{\rho \times Q \times g \times (H_{statik} + k \times Q^2)} \times \eta_{pompa} \times \eta_{motor} \times \eta_{frekans\ degistirici}$$

Harcanan her kW enerji başına sisteme pompalanan akışkan miktarı sistem veriminin ölçüsüdür. Statik basma yüksekliğinin toplam basma yüksekliğine oranına sistem katsayısı (S_k) diyelim.

$$S_k = \frac{H_{statik}}{H_{statik} + k \times Q^2}$$

$$\eta_{sistem} = S_k \times \eta_{pompa} \times \eta_{motor} \times \eta_{frekans\ degistirici}$$

$$\eta_{sistem} = S_k \times \eta_{genel} \text{ olur.}$$

Buradan sistem verimi için şu sonuçları çıkarabiliriz.

1. Sistem veriminin yüksek olması için verimi yüksek pompalar, motorlar ve frekans değiştiriciler kullanılmalıdır.
2. Statik basma yüksekliğine oranla sürtünme kayıplarının az olduğu sistemlerin verimleri yüksektir. Yüksek verimli sistemlerde debi kontrolü için paralel pompa kullanmak daha uygundur.
3. Bir sistemde debi azaldıkça sistem verimi artar. Fakat bu artış belli bir noktadan sonra pompa, motor ve FD verimlerinin azalmaya başlamasıyla dengelendikten sonra birden azalır. Sistem veriminin maksimum olduğu noktadan daha düşük debilerde çalışılmamalıdır..
4. Statik basma yüksekliğinin az olduğu sistemlerin verimleri düşüktür. Bu sistemlerde FD kullanılarak düşük debili çalışmalarda enerji ekonomisi sağlamak mümkündür.

SİSTEM DEBİSİNİN KARAKTERİ

Sistem gereksinimleri çok çeşitli olabilmektedir. Örneğin, bir sistem sabit ve devamlı bir debi isterken, bir diğeri iki sınır değer arasında devamlı değişen bir debi veya başka bir sistem sabit veya değişken debili ve kesintili bir işletme isteyebilir. Bu sistemlerin kombinasyonları da söz konusu olabilir. Her bir sistem kendi içinde değerlendirilmeli ve ona göre çözüm aranmalıdır. Bir sistem için uygun olan çözüm bir başkası için uygun olmayabilir.

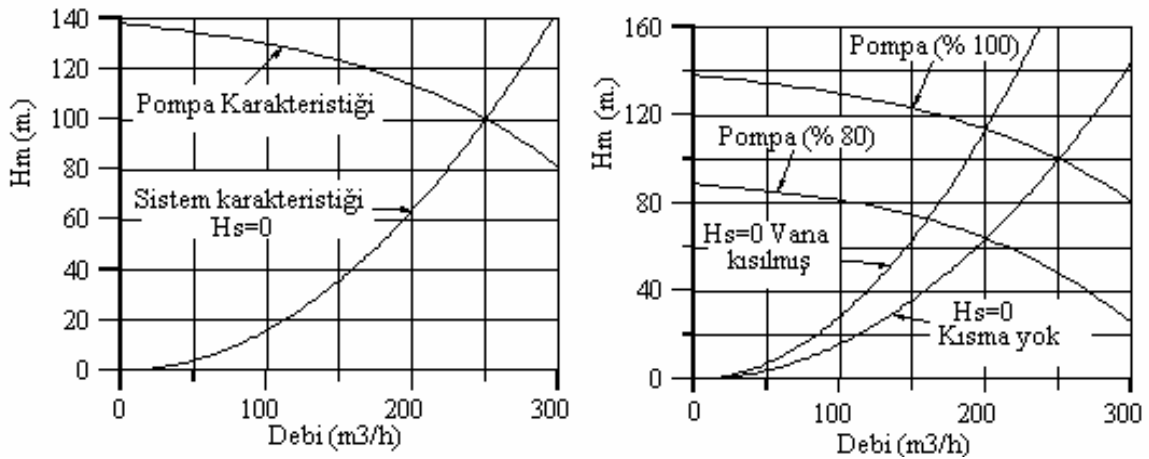
Debi kontrolünün en çok kullanılan yöntemi vana ile kısma yapıp sürtünme kayıplarını artırarak sistem karakteristiğini değiştirmek suretiyle istenen debiyi sağlamaktır. (Şekil 6)

Diğer bir yol ise pompanın devrini azaltarak benzeşim kuralları gereğince pompa karakteristiğini değiştirerek sistem karakteristiği ile kesim noktasını ayarlamaktır. Örneğin pompa %80 hızda çalıştırıldığında karakteristiğın kesim noktası sistem eğrisini 200 m³/h ve Hm=65 m noktasında keser. (Şekil 6 ve Şekil 7)

Sabit devirli pompanın 250 ve 200 m³/h te çektikleri güçler 82,87 ve 76,3 kW tır. Elektrik motorunun verimini %92 olarak kabul edersek şebekeden çekilen güç 90,07 ve 82,93 kW olacaktır.

Halbuki devir düşürülerek yapılan ayar sonucu 200 m³/h debide mil gücü belirgin bir biçimde azalacaktır. (43,35 kW) . % 80 hızda motor ve sürücü veriminin %88 olduğunu göz önüne alarak tüketilen enerji 82,93 kW tan 48,22 kW düşecektir ki bu vana ile kısma göre % 41,85 azalmaya tekabül etmektedir.

İşler maalesef her zaman bu kadar kârlı ve basit değildir. Frekans değişimi ile debi kontrolü, basma yüksekliğinin tamamen sürtünmelerden oluştuğu sistemlerde başarı ile kullanıldığı halde statik basma yüksekliği payının artmasıyla olay daha karmaşık hale gelmektedir.



Şekil 6- Sabit devirde pompa ve sistem karakteristiği ile 200 m³/h debi için vana kısılması ve devir değişimi

STATİK BASMA YÜKSEKLİĞİ DEĞİŞİMİNİN HIZ KONTROLUNA ETKİLERİ

Statik basma yüksekliğinin hız kontrolüne etkisini değerlendirebilmek için aynı pompanın üç değişik sistemde statik basma yüksekliğinin 0-60-100 m. olarak değiştirerek aynı debi ve basma yüksekliğinde (Q=250 m³/h Hm=100 m.) çalışmakta olduğunu varsayalım. Diğer bir deyişle statik basma yüksekliği, toplam basma yüksekliğinin % 0 ile %100 arasında değişsin.

Bir pompanın çalışma noktası pompa karakteristiği ile sistem karakteristiğinin kesişme noktasıdır. Şekil 7 de değişik statik basma yüksekleri için (Hs=0 Hs=60 Hs=100) sistemlerin ve pompanın karakteristiği birlikte çizilmiştir. Bu eğriler Q=250 m³/h ve Hm=100 m. noktasında kesişmektedir. Pompanın devir sayısını % 20 azalttığımızda:

Statik basma yüksekliğinin bulunmadığı $H_s=0$ durumunda pompanın maksimum verim eğrisi sistem karakteristiği ile üst üste geldiği için pompa daima en iyi verim noktasında (%84) verimle çalışacak ve pompa debisi $Q=200 \text{ m}^3/\text{h}$ ve basma yüksekliği $H_m=65 \text{ m}$ olacaktır.

Devir sayısı %80 ve $H_s=60$ durumunda pompa debisi $150 \text{ m}^3/\text{h}$ ve basma yüksekliği $H_m=75 \text{ m}$ olmakta fakat pompa verimi %75 e düşmektedir.

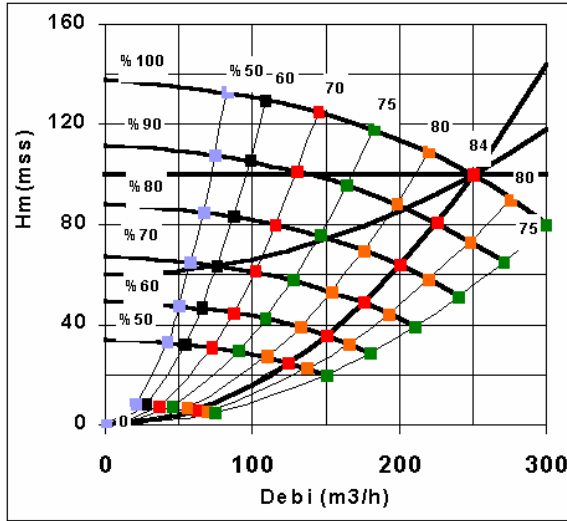
Sürtünme kayıplarının bulunmadığı $H_s=100$ durumunda ise pompa çalıştığı halde hiç su basamamakta ve adeta bir su ısıtıcısı gibi çalışmaktadır. Statik basma yüksekliğinin fazla olduğu sistemlerde devir sayısının azaltılması sırasında böyle duruma düşmemek için dikkatli olunmalıdır. Böyle çalışma pompanın ciddi bir hasar görmesine sebep olabilir.

ÖZGÜL ENERJİ

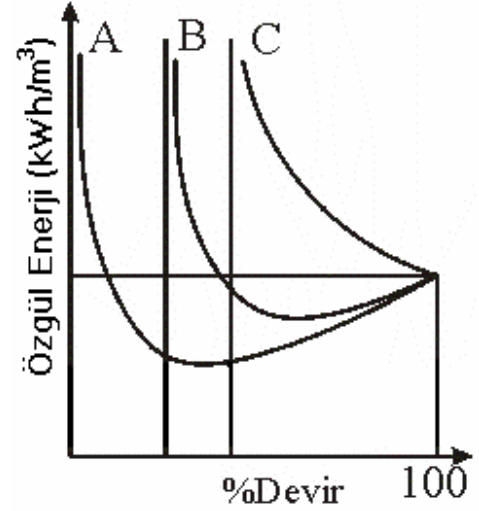
Pompalanan akışkanın herbir m^3 nün pompajı için harcadığımız enerjiye **özüml enerji** (E_s) diyelim. Çeşitli pompalar arasında seçim yapabilmek için gereken pompaj maliyeti özüml enerji yardımıyla hesaplanır.

Kısaca özüml enerji $E_s = \frac{kWh}{m^3}$ olarak ifade edebiliriz. Burada şebekeden çekilen güç, (kWh) hat kayıplarını,

sürücü kayıplarını, motor kayıplarını ve pompa kayıplarını ihtiva etmelidir. Pompanın devir sayısı, debisi, basma yüksekliği değıştikçe özüml enerjisi de değışecektir. Değişken devirli pompalarda sistem karakteristiği ile değışik devirlerdeki pompa karakteristiklerinin kesim noktaları için özüml enerji hesaplanarak o sistem için debiye bağı olarak özüml enerji değışim grafiğı çizilmelidir.(Şekil 8)



Şekil 7-Değişken devirli pompa ve sistem karakteristiği



Şekil 8- Dönme sayısı ile özüml enerji değışimi

POMPALARIN SEÇİMİ

Sistem karakteristiği ve pompaların hangi debide ne süre çalışacağı belirlendikten sonra seçilen ilk pompanın değışik devirlerdeki karakteristiği sistem karakteristiğinin üzerine konur. Debi-süre grafiğindeki debilere karşılık gelen debiler için sistem ve pompa karakteristikleri kesim noktalarındaki basma yükseklikleri ile verimler okunur. Debi-basma yüksekliği ve pompa veriminden pompanın gücü hesaplanır. Bu güce FD ve motor kayıpları eklenerek bulunan toplam giriş gücü, debiye bölünerek pompanın özüml enerjisi hesaplanır. Bulunan özüml enerji o debideki yıllık çalışma süreleri ile çarpılarak herbir debi için bulunan değerler toplanınca o pompanın yıllık enerji tüketimi bulunmuş olur. Bu işlem diğere pompalar için de tekrarlanarak herbir pompanın yıllık enerji tüketimleri ve maliyeti hesaplanır.

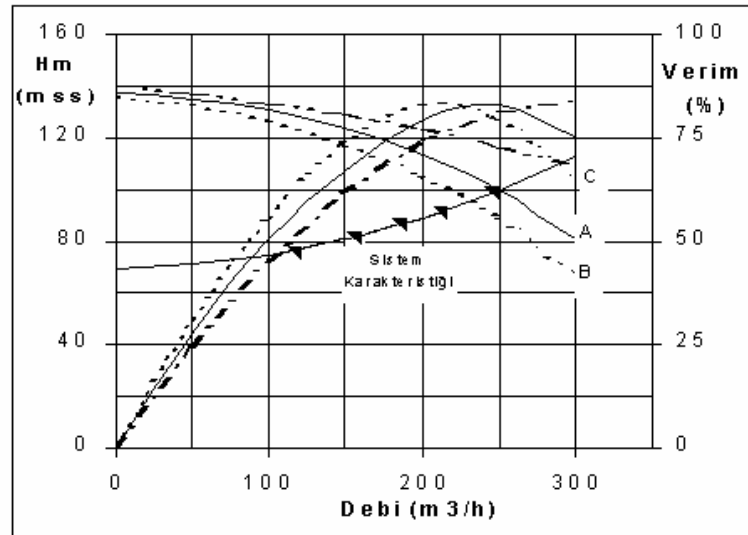
Bu seçim sistemi değışik pompalara uygulanabildiği gibi kademeli pompalarda uygun kademe sayısının saptanmasında da kullanılabilir.

POMPA SEÇİM ÖRNEĞİ

Sistem karakteristiği ($H=70+0,00048xQ^2$) olsun. Sistemin ihtiyacı olan debi değerleri belirlendikten sonra maksimum debi ve basma yüksekliğine ($Q_{max}:250 \text{ m}^3/\text{h}$ $H_m:100 \text{ mss}$) bağlı olarak 3 değişik pompa seçelim. A pompasını sistemin maksimum debisine göre, B pompasını maksimum debinin %80'i ($Q=200 \text{ m}^3/\text{h}$) ve C pompasını ise klasik seçme yöntemine uyararak maksimum debinin %120 değerinde ($Q=300 \text{ m}^3/\text{h}$) seçelim. Bu pompalara ait, en iyi verim noktasındaki debi ve basma yükseklikleri ile çalışma noktasındaki verim değerleri Tablo 1 de gösterilmiştir. (Şekil 9)

Pompalar	Debi (Q)	Basma Yük.(Hm)	Verim(BEP)	Verim (Q:250 H:100)
	m ³ /h	Mss	%	%
A	250	100	83	83
B	200	105	83	80
C	300	110	83	81

Tablo 1- A, B, C pompalarının seçim değerleri



Şekil 9- Seçilen A, B, C pompaların performans karakteristikleri ve sistem karakteristiği

Sistemin ihtiyacı olan olan debi ve yıllık çalışma süreleri Tablo 2 de gösterildiği gibi olsun.

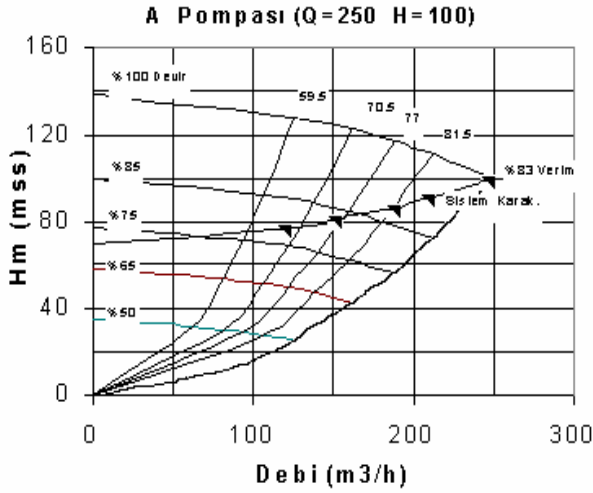
POMPANIN ÇALIŞMA NOKTALARI			
Debi/Max.Debi	Debi	Basma Yük.	Yıllık Çalışma
%	m ³ /h	mss.	Saat
100	250	100	500
85	212,5	92	1500
75	187,5	87	2000
65	162,5	83	1000
50	125	78	500

Tablo 2- Pompanın sistem karakteristiğine bağlı olarak çalışma noktaları

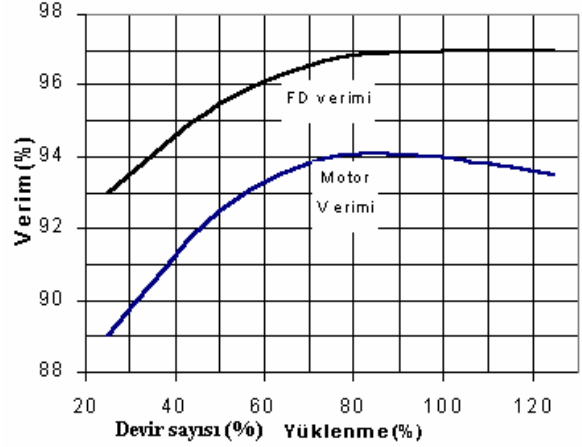
Devir	Q	Hm	Verim
%	m ³ /h	mss	%
100	250	100	83
93	212.5	82	82
88.5	187.5	87	81.5
84.5	162.5	83	77.5
78	125	78	66

Tablo 3- A Pompasının çalışma noktaları

Şekil 9 de gösterilen A, B, C pompalarından herbiri için Şekil 10 deki gibi değişik devir sayılarındaki karakteristik ve sabit verim eğrileri çizilir. Çizilen bu eğriler üzerinden A pompasının öngörülen sistem debilerine bağlı olarak (Q=250-212,5-187,5-162,5-125) sistem karakteristiği üzerinde bulunan çalışma noktalarında A pompasının hangi devir sayısında, yüzde kaç verimde çalışacağı saptanır. Debiye bağlı olarak Şekil 10 den okunan çalışma noktalarındaki değerler Tablo 3 te gösterilmiştir.



Şekil 10- A pompasının değişken devirli pompa karakteristiği



Şekil 11- 90 kW motor ve FD verimi

Tablo 3 te belirtilen değerler sonucunda pompaya aktarılan güç;

$$P_{Pompa} = \frac{\rho \times Q \times g \times H}{\eta_{pompa}}$$

Şebekeden çekilen güç;

$$P_{Şebeke} = \frac{\rho \times Q \times g \times H}{\eta_{pompa} \times \eta_{motor} \times \eta_{frekans\ degistirici}}$$

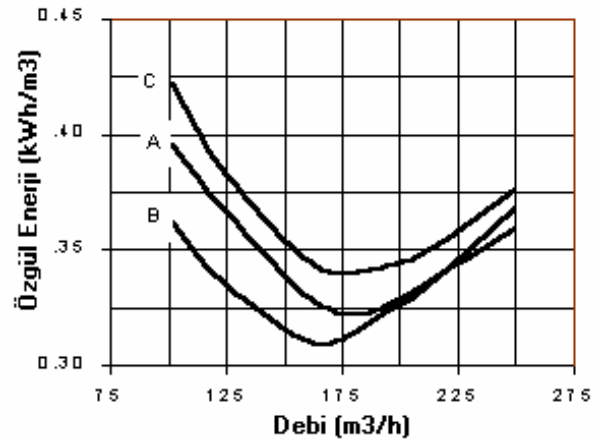
Seçilen motorun ve FD nin verimi, devir sayısına ve yüklenme durumuna göre değişecektir. (Şekil 11)

Değişken devirdeki A, B, C pompalarının her bir çalışma noktası için özgül enerji ;

$$Es = kWh/m^3 = \frac{P_{Şebeke}}{Q_{ÇalışmaNoktası}} \quad \text{A, B, C, pompalarının debiye bağlı olarak özgül enerjileri}$$

Şekil 12 gösterilmiştir.

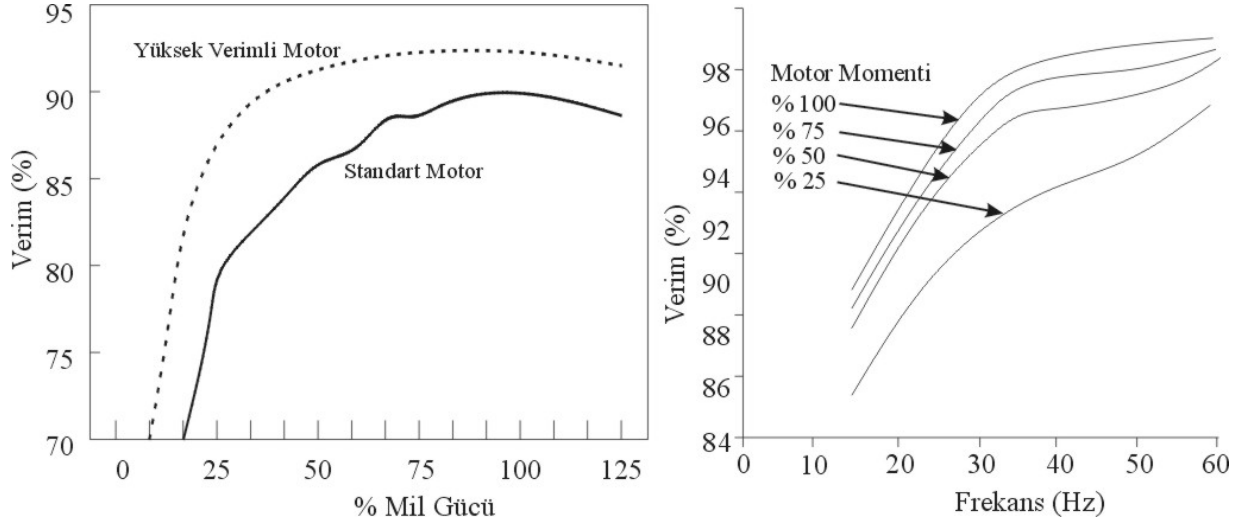
Burada A pompasının maksimum debide (Q=250 m3/h) özgül enerjisi diğer pompalardan düşük olduğu halde debi azalması ile B pompasının özgül enerjisi 210 m3/h debinin altında en iyi özgül enerjiye sahiptir. Tablo 2 deki debilere ve yıllık çalışma saatlerine göre hesap yapılarak her bir pompanın enerji tüketimi hesaplanır. Sonuç olarak daha düşük debilerde A pompası değil B pompası daha ekonomik hale gelmektedir. Büyük seçilen C pompasının daima en fazla enerji tükettiği ortaya çıkmaktadır.



Şekil 12- A, B, C Pompalarının özgül enerjileri.

SONUÇ

Değişken devirli pompalarda FD lerin tam yükteki kayıpları % 2-6 arasındadır. Devir sayısı azaltılınca yüklerde büyük ölçüde azalacağından hem elektrik motorunun hem de frekans değiştiricinin verimleri azalmaktadır. (Şekil 13)



Şekil 13- Elektrik motoru ve FD verim değişimi örnekleri

Değişken devirli pompaya karar vermeden önce aşağıdaki hususların hatırlanması yerinde olur.

Sabit devirli pompalar en iyi verim noktalarından uzakta çalıştırıldığında verimi düşük olur. Eğer çalışma noktası en iyi verim noktasından uzakta değilse sistem veriminiz iyi olacak ve pompaj probleminiz ekonomik olarak sabit devirli pompalarla çözülmüş olacaktır. Sürtünme kayıplarının az olduğu sistemlerde, debisi Q olan bir pompa yerine Q/2 debili iki pompa size hem Q/2 de hem de Q debisinde maksimum verimde çalışma olanağı verecektir. Seçimde pompa sayısının çoğaltılması, kesintili çalışma, depolama yöntemleri de göz önüne alınmalıdır.

Değişken devirli pompalar, debinin az olması istendiği sürece, basma yüksekliğinde azalma meydana geldiği için sistem veriminde iyileşme sağlar. Buna karşılık frekans değiştiriciler pahalı ve bakımları zordur. Seçim yapılırken daima “sabit devirli pompalarla bu problem çözülebilir mi?” sorusu göz önünde tutulmalıdır.

Toplam basma yüksekliğinde statik basma yüksekliği payının çok olduğu durumlarda verimli bir debi kontrolü paralel pompalar kullanarak sağlanır. Debi değişken değil ise teknolojik mecburiyet olmadıkça en iyi çözüm en iyi verim bölgesinde çalışan sabit devirli pompadır.

Bugünlerde pompaların seçiminde ömür boyu maliyet göz önüne alınmaktadır. Satınalma kararı verilirken aşağıdaki hususların göz önüne alınması tavsiye edilmektedir.

- Yatırım maliyeti (pompa-sistem-borular-yardımcı servisler)
- Montaj ve işletmeye alma maliyeti.
- Enerji maliyeti.
- İşletme maliyeti.
- Bakım-onarım maliyeti.
- Arıza süresinde üretim kaybı maliyeti.
- Çevresel maliyet. (pompalanan akışkanın yaratacağı çevresel zararı onarım maliyeti)
- Ömrü biten pompanın söküm ve atım maliyeti.

KAYNAKLAR

1. *Don Casada, Energy and reliability considerations for adjustable speed driven pumps, presented at the 1999 International Energy Technology Conference*
2. *Europump and Hydraulic institute, Pump Life Cycle Costs, 2001*
3. *A. Özden ERTÖZ, Yeraltı Suları Pompaj Ekonomisi ve Pompa Seçimine Etki Eden Faktörler, 2 Pompa Kongresi ve Sergisi, 1996*
4. *James B. (Burt) Rishel, P.E. March, 2000, vol. 42, no. 3, 40 Years Of Fiddling With Pumps*
5. *ABB Energy Savings of A Pump Drive*
6. *A. Özden ERTÖZ, Balçova Jeotermal Pompaları Enerji Analizi Çalışmaları, 2001*
7. *Dennis ADAMS, Variable Speed Pump-Energy Saving?, 2001*