

Tarımsal Sulamada Kullanılan Pompaların Karakteristik Değerlerinin Laboratuvar Koşullarında Bilgisayar Destekli Olarak Belirlenmesi

Vedat DEMİR, Hüseyin YÜRDEM, Tuncay GÜNHAN
E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Bornova-İzmir
vedat.demir@ege.edu.tr

Özet: Pompaların karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla çok çeşitli deneme düzenleri kullanılmaktadır. Bu tarz ölçüm işlemlerinde insan faktörü önemli olmakta aynı anda birden fazla ölçüm değerinin okunması gerektiği için her bir ölçüm cihazı başında bir kişinin bulunması gerekmektedir. Ölçüm cihazlarındaki değerlerin aynı kişi tarafından okunması durumunda ise farklı anlarda okunması nedeniyle hata oranları artmaktadır. Aynı zamanda değerlendirme işlemleri zaman almakta ve her bir pompa için önemli olan karakteristik değerlerin belirlenmesi, bazen istenilen hassasiyette gerçekleştirilememektedir. Elektronik ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak manyetik ve ultrasonik debimetreler, basınç sensörleri ve güç analizörleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada, geleneksel deneme düzeneklerinde meydana gelen, gerek ölçü aletlerinden gerekse ölçme yönteminden kaynaklanan hatalar ve sakıncalar, uluslararası standartlara göre incelenmiş ve bu sistemdeki sakıncalar ortadan kaldırılarak hata oranını en aza indiren bilgisayar destekli bir deneme düzeni geliştirilmiştir. Geliştirilen deneme düzeni taşınabilir özellikte olup santrifüj, dik milli derin kuyu ve dalgıç pompa denemelerinde kullanılabilecek özelliktedir. Geliştirilen bilgisayar destekli deneme düzeninde toplam hata oranları santrifüj pompa deneme düzeninde % 0.76 ve dalgıç elektropomp deneme düzeninde % 0.73 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar deneme düzeninin ISO 2548 C sınıfı, ISO 3555 B sınıfı ve ISO 5198 A sınıfı test işlemlerinde kullanılabilir nitelikte olduğunu ortaya koymaktadır. Bilgisayar destekli deneme düzeni yardımıyla, ölçümlerden alınan değerlerden gerekli hesaplamalar yapılarak, sonuçlar hem bilgisayar ekranına hem de bilgisayar kayıt ortamına aktarılabilen, test sonuçları çok daha kısa zamanda ve hassas olarak elde edilebilmektedir.

Anahtar kelimeler: Santrifüj pompa, dalgıç pompa, derin kuyu pompası, pompa deneme düzeni

Determination of the Characteristics of the Pumps Used in Agricultural Irrigation with Computer Aided in Laboratory Condition

Abstract: Several test units are used for testing pumps. Constant volume tanks, pressure gauges and power meters are used to determine pump characteristics in traditional test units. Beside, evaluation time in these methods takes much time and determination of important characteristic values for each pump can not be done precisely. Magnetic and ultrasonic flow meters, pressure transmitters and power analyzers were developed depending on the developments in electronics and computer technology. In this study, errors and inconveniences resulted either from the measurement devices or methods occurring in traditional tests units were investigated according to the international standards, and computer aided test unit was developed which reduces errors by eliminating the inconveniences of traditional test units. The developed test unit is transportable and could be used for testing both centrifugal and vertical shaft pumps (deep well and submersible pump). Total errors were found 0.76% and 0.73% in developed centrifugal and submersible pump test units, respectively. These results indicate that the new developed test unit can be used for ISO 2548 C class, ISO 3555 B class and ISO 5198 A class tests. Results, obtained from the calculation of the measured data with the help of computer aided test unit can be transferred to computer for displaying and logging. Test results are taken more precisely in a short time with the help of developed test unit.

Key word: Centrifugal pump, submersible pump, deep well pump, pump test

GİRİŞ

Gelişen endüstrinin ve hızla artan insan nüfusunun su gereksinimlerinin karşılanması, yer altı ve yer üstü su kaynaklarının çeşitli nedenlerle kirlenmesi ve uzun yıllar

ortalamalarının çok altında gerçekleşen yağışlar, su kaynaklarının daha etkin kullanımını zorunlu hale getirmiştir.

Ülkemizde sadece yüzey sulama göz önünde tutularak ekonomik sulanabilecek alanın 8.5 milyon ha olduğu kabulü yapılmaktadır. Teknolojik ve ekonomik gelişmeler sonucunda havzalar arası su nakli ve yeraltı suyundan ekonomik olarak yararlanılması durumunda ekonomik olarak sulanabilir alan artırılabilir. Bunun yanında yeni geliştirilen sulama teknikleri dikkate alındığında ekonomik olarak sulanabilir alanların, 8.5 milyon ha'dan daha fazla olduğu düşünülmelidir. Örneğin, toprak-topoğrafya ve drenaj yetersizliği nedeniyle sulama dışı bırakılmış eşik araziler bugün damla, mini yağmurlama ve benzeri tekniklerle sulanabilmektedir. Ayrıca, sorunlu alanlar (tuzlu-alkali alanlar) damla sulama tekniği ile sulanabilir (Kanber ve ark., 2005).

Sulama sistemlerinde, topoğrafik nedenlerle uygun sulama yapılamayan ve ana kanal, sekonder, tersiyerlerden su alınan alanlarda, yer altı sularının kullanıldığı alanlarda, gölet, baraj, ırmak, göl ve derelerden pompajla su sağlanan tarım alanlarında ve seralarda kullanılan pompalar, motopomplar, sulama alet ve makinaları sektöründe önemli yer tutmaktadır.

Bir pompaj tesisine en uygun pompanın seçiminde, sistemin mevcut durumunun iyi bir şekilde araştırılıp ortaya konması ile tesisten tatmin edici bir performans sağlanabilir. Sistem için uygun ve yüksek verimli bir pompa seçiminden önce, sistemin tasarım sınırları, sulama yöntemi ve istenilen esneklik iyi bir şekilde araştırılmalıdır. Pompanın değişen işletme koşullarına uydurulabilirliği, uzun süre ve kalıcı performansla çalışması açısından önemlidir. Büyük debili tesislerde, toplam işletme masrafları, yüksek verimli bir pompanın kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Ekonomiklik pompa seçiminde her zaman birinci kriterdir (Ergin, 1972; Baysal, 1979; Uz, 1976; Tezer, 1978; Kovats and Desmur, 1994; Çalışır, 1996; Uz ve Demir, 1995; Şen, 2006; Çengel and Cimbala, 2007). Pompaj tesisinin işletme masrafları ile yatırım masraflarını göz önünde tutmak oldukça önemlidir. Bu nedenle pompaların denenmesi ve karakteristiklerinin ortaya konması son derece önemlidir.

Ülkemizde deneme yanılma sonucu imalat yapıldığı gibi, projelendirme yoluyla da imalatlar gerçekleştirilmektedir. Pompaların projelendirilmesinde, hesapların tam bir teoriye dayandırılması mümkün olmamaktadır. Bu nedenle pompa projelendirilmesinde bir ön proje hesabı yapılarak pompa ana boyutları hesaplanmakta ve daha sonra geriye dönülerek dikkatli

bir şekilde hesap ve çizim ile gerçek boyutlar ortaya konularak esas proje çizimine geçilmektedir. Bu yorucu ve zaman alıcı tekrarlamalı hesaplamalarda günümüzde yaygın olarak Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) programlarından faydalanılmakta ve pompanın teorik karakteristik eğrileri ortaya konmaktadır.

Tasarım aşamasından sonra imalatı gerçekleştirilen pompanın, özellikle ilk defa yapıldığında, istenilen karakteristik değerleri sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmektedir. Bu nedenle imalatı tamamlanan pompa, bir deneme laboratuvarında denenerek, pompanın karakteristik değerleri olan debi (Q), manometrik yükseklik (H_m), pompanın yuttuğu güç (PYG) ve randıman (verim) (η) değerleri kontrol edilmelidir. Böylece gerektiğinde prototip üzerinde yapılacak düzeltmeler sırasında denemeler tekrar edilmekte ve istenilen sonuçlar elde edilinceye kadar gerekli düzeltmeler yapılarak pompalar geliştirilmektedir.

Yeni geliştirilen veya imalat hattından çıkan bir pompanın satışa sunulmadan önce laboratuvar koşullarında denemesinin yapılması gerekmektedir. Bu amaçla günümüze kadar çeşitli deneme düzenleri hazırlanmıştır. Bunların çoğunluğu basit düzenler olup ölçme ve değerlendirme işlemleri oldukça zaman almakta ve yukarıda da ifade edilen parametrelerin aynı anda ölçülememeleri nedeniyle istenilen hassasiyette ölçüm yapılamamaktadır. Bu nedenle, geliştirilecek bilgisayar destekli ölçme düzeni yardımıyla değerlendirmeler anında ve çok daha hassas bir şekilde yapılabilecektir.

Bu çalışmada 1960 yıllarından beri gerek yatay milli santrifüj, gerekse düşey milli derin kuyu ve dalgıç elektropompların denemelerinin geleneksel yöntemle yapıldığı Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Pompa Deneme Laboratuvarı kullanılmıştır. Laboratuvarın modernizasyonu kapsamında her türlü pompanın denenmesinde kullanılacak, daha hassas ölçümlerin yapılabileceği, ölçme ve sistematik hataların en alt düzeyde olduğu bilgisayar destekli bir deneme düzeninin ortaya konması amaçlanmıştır.

POMPA KABUL DENEYLERİ

Pompa denemeleri, ya imalatçısı ya da tarafsız kuruluşlar tarafından pompa özelliklerini ortaya koymak ve aynı zamanda müşteri isteklerini karşılayıp karşılamadığını doğrulamak için yapılır. Bir pompanın performansı, pompalanan akışkan ile orantılı olarak

değişir. Genel kuralları olmamasına rağmen, pompanın soğuk temiz suyla gösterdiği performans diğer bir sıvı ile göstereceği performansı tahmin etmede kullanılabilir. Pompa ile ilgili denemeler, bir deneme düzeninde maksimum devir sayısında veya daha düşük dönme hızlarında yapılır. Bazen önceden belirtilen şartlar altında doğrudan pompanın çalıştırılacağı tesisat üzerinde de denemeler gerçekleştirilebilir. Denemeler sırasında herhangi bir çalışma noktasındaki ölçümler, pompa o çalışma noktasında rejim haline geldikten sonra (sabit hız, manometrik yükseklik, güç) gerçekleştirilir.

Pompa Denemelerinin Standartlardaki Yeri

Yapılan deneylerin geçerli olabilmesi ve kabul edilmesi için standartlara (TS, ISO, DIN) uygun olması gerekir. Yapılan deneyde kullanılan araçlar ve yöntemler, sonuçların kesinlik derecesini belirler ve deneyin hangi sınıfa ait olduğunu ortaya koyar.

Ülkemizde bazı pompalara ait tanımlar, özellikler ve deney yöntemleri;

- "TS-268-Pompalar (Yatay Milli Santrifüj) ve Donanımları, Derin Kuyu Pompalarına Ait Tanımlar, Özellikler ve Deney Yöntemleri"
- "TS 514-Düşey Milli Derin Kuyu Su Pompaları" ve Dalgıç Pompalar ile İlgili Tanımlar, Özellikler ve Deney Yöntemleri"
- "TS-11146-Pompalar-Dalgıç-Temiz Su İçin"

standartlarında açıklanmıştır (Anonim, 1977; Anonim, 1980; Anonim, 1993).

Piyasaya sunulmak üzere imal edilen bir pompanın optimum çalışma noktasındaki debi, manometrik yükseklik, yuttuğu güç ve verim değerleri belirli toleranslar içerisinde gerçekleşmektedir. Pompa performans deneyleri yapılırken kullanılan ölçü aleti ve ölçü düzenekleri, ölçülen fiziksel büyüklüğü gerçek değerinden bir miktar sapma ile ölçtüğünden veya gösterdiğinden, ölçme ve okumada hatalar meydana gelebilmektedir. Bunun için ölçmeler esnasında meydana gelebilecek hatalar için hata toleransları (hata oranları) verilmiştir. Uygulanacak toleranslar, imalattaki toleransları ve pompa performans denemelerindeki ölçme hatalarını içermektedir ve bu hata oranları standartlarda belirtilmiştir.

TS Standardı (TS 268-Anonim, 1980)

Türkiye'de uygulanan toleranslar TS 268'de aşağıda açıklandığı şekilde verilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Ölçüm parametrelerine göre ölçüm yönteminin hata oranı (Anonim, 1980)

Ölçüm Parametresi ve Ölçüm Yöntemi	Hata Oranı
Debi (verdi) ölçümü (Q)	
-Kalibre edilmiş terazi ile tartımda ve depo yönteminde (f_Q)	$\pm \% 1.0$
-Standart lüle, orifis ve ventüri ile ölçmede (f_Q)	$\pm \% 1.0$
-Savaklarla ölçmede (f_Q)	$\pm \% 1.5$
Manometrik yükseklik (H_m)	
-Sıvılı manometreler ile ölçmede (f_{H_m})	$\pm \% 0.75$
-Kalibre edilmiş yaylı manometreler ile ölçmede (skalanın son değeri) (f_{H_m})	$\pm \% 1.0$
Devir sayısı (dönme hızı) (n)	
-Merkezkaç takometreler ile ölçmede (f_n)	$\pm \% 1.5$
-Devir sayıcılar ile yapılan ölçmede (f_n)	$\pm \% 1.0$

Ölçü toleranslarının bileşimi (hata oranı) değerleri ise aşağıdaki şekilde belirlenir.

Pompanın Verdiği Güç (PVG) hata oranı (f_{PVG})

$$f_{PVG} = \pm \sqrt{f_Q^2 + f_{H_m}^2 + f_\gamma^2}$$

f_Q = debi ölçümünde meydana gelen hata oranı

f_{H_m} = manometrik yükseklik değerinin belirlenmesinde meydana gelen hata oranı

γ = suyun özgül ağırlığı

Pompanın Yuttuğu Güç (PYG) hata oranı (f_{PYG})

- Alternatif akım motorları ile yapılan ölçmede (f_{PYG}) $\pm \% 1.0$

- Doğru akım motorları ile yapılan ölçmede (f_{PYG}) $\pm \% 1.5$

Verim (η) hata oranı (f_η):

$$f_\eta = \pm \sqrt{f_Q^2 + f_{H_m}^2 + f_{PYG}^2}$$

Bunun yanında pompa kabul deneyleri için DIN ve ISO standartlarında da düzenlemeler yapılmıştır (Şen, 2006).

DIN Standardı (DIN 1944)

DIN 1944 standardına göre izin verilebilir hata oranları üç hassasiyet sınıfına ayrılmış ve bu üç sınıf için oranlar Çizelge 2'de verilmiştir. Hata oranları içerisinde kalmak için, bir noktadaki ölçüm esnasında okunan değerlerin o noktadaki ortalama değerden sapması aşağıda verilen sınır değerlerini aşmamalıdır.

Devir sayısı, ortalama hızın $\pm \% 5$ 'inden fazla olmamalıdır. Manometrik yükseklik (H_m), ortalama manometrik yüksekliğin $\pm \% 1$ 'inden, Pompanın Yuttuğu Güç (PYG) ise ortalama mil gücünün $\pm \% 1.5$ 'inden fazla olmamalıdır.

ISO Standartları

Pompa kabul deneyleri ISO standartları tarafından 3 ayrı grupta toplanmıştır. Bu gruplar arasındaki fark esas olarak, performans verilerindeki toplam hata oranının miktarı ve izin verilen ölçme toleransları üzerindedir.

A Sınıfı : ISO 5198 (hassas sınıf, yüksek)

B Sınıfı : ISO 3555 (mühendislik sınıfı 1, orta)

C Sınıfı : ISO 2548 (mühendislik sınıfı 2, düşük)

ISO sınıflandırmasına göre sınıflar arasındaki fark esas olarak, performans verilerindeki toplam hata oranının ölçü aletleri ve ölçme yöntemleri için izin verilen ölçme toleransları miktarıdır. Ölçmede toplam hata oranı için izin verilen üst sınırlar % olarak Çizelge 3'de verilmiştir.

Santrifüj pompalar sabit bir işletme hızında (devir sayısında) pompa ölçülerine, çizim değerlerine, emme şartlarına bağlı olarak maksimum bir debi (verdi) değerinden sıfır değerine kadar çeşitli verdilerde su verebilirler.

Pompanın manometrik yüksekliği (H_m), pompanın yuttuğu güç (PYG) ve pompanın verimi (η), pompa debisinin (Q) bir fonksiyonu olarak değişir. Çeşitli verdi değerlerinde ölçülen manometrik yükseklik değerlerinde H_m-Q eğrisi, pompa verim değerlerinden $\eta-Q$ eğrisi, pompanın yuttuğu güç değerlerinden $PYG-Q$ eğrileri çizilir. Böylece elde edilen eğrilere pompa karakteristik eğrileri denir.

Pompa Deneme ve Araştırma Laboratuvarı

Çeşitli tip ve büyüklükteki pompaların denemesi ve deneme sonuçlarına dayanarak pompa karakteristik eğrilerinin ortaya konması amacıyla E. Ü. Z. F. Tarım Makinaları Bölümü'ne ait Pompa Deneme ve Araştırma Laboratuvarında yer alan santrifüj, derinkuyu ve dalgıç

pompa deneme düzenlerinin şematik görüşleri sırasıyla Şekil 1a ve Şekil 1b'de verilmiştir.

Santrifüj Pompa Denemelerinde Manometrik Yükseklik (H_m) Değerinin Belirlenmesi

Laboratuvarda yapılan bütün ölçümler, kısma vanasının tam açık (dahil) ve tam kapalı (dahil) konumları arasındaki çeşitli vana açıklığı değerlerinde yapılmaktadır. Çeşitli kısma vanası açıklıklarında, değişik debi (Q) değerlerinde emme manometresi (vakummetre) ve basma manometresi okunarak, bunların mSS cinsinden değerlerinin toplanması ile hesaplanır (Şekil 1). Yani ölçülen değerlerden yararlanarak manometrik yükseklik (H_m) değeri;

$$H_m = \frac{10 \times P_b}{\gamma} + \frac{P_e}{1000} \frac{13,6}{\gamma} + Z$$

eşitliği ile hesaplanır. Eşitlikte;

P_b = basma borusundaki basınç (kp/cm²)

P_e = emme borusundaki vakum basıncı (mmHg)

γ = suyun özgül ağırlığı (kp/dm³) = 1.0 kp/dm³

Z = manometre göstergeleri arasındaki mesafe (m)

Derinkuyu ve Dalgıç Tip Pompa Denemelerinde Manometrik Yükseklik (H_m) Değerinin Belirlenmesi

Pompa çıkış hattına yerleştirilen manometrede ölçülen basıncın yükseklik değeri ile manometre (P_b -kp/cm²) ve dinamik su seviyesi arasındaki düşey mesafenin toplanması ile bulunur (Şekil 1).

$$H_m = H_d + h_1 + 10 \times P_b$$

H_d = dinamik su seviyesi (m)

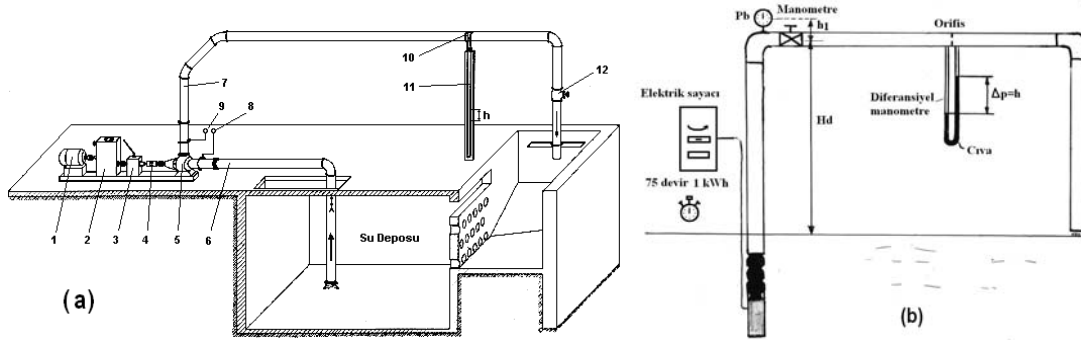
h_1 = manometre eksenini ile referans düzlemi arasındaki düşey uzaklık (m)

Çizelge 2. Pompa denemeleri hassasiyet sınıfları için müsaade edilebilir hata oranları (DIN 1944)

Ölçüm Parametresi	I	II	III
Debi (verdi) ölçmedeki tolerans (f_Q)	± % 1.5	± % 2.0	± % 3.0
Manometrik yükseklik (f_{H_m})	± % 1.0	± % 1.5	± % 2.0
Pompanın Yuttuğu Güç (f_{PYG})	± % 1.0	± % 1.5	± % 2.0
Pompa verimindeki tolerans (f_η)	± % 2.0	± % 3.0	-

Çizelge 3. ISO Standartlarına göre ölçmede toplam hata oranları

Ölçülen Büyüklük	ISO 5198 HASSAS SINIF	ISO 3555 MÜH.SINIF	ISO 2548 MÜH.SINIFI
	(A SINIFI)	1 (B SINIFI)	2 (C SINIFI)
Debi	± % 1.5	± % 2.0	± % 3.5
Basma Yüksekliği	± % 1.0	± % 1.5	± % 3.5
Mil Gücü	± % 1.0	± % 1.5	± % 3.7
Dönme Hızı	± % 0,2	± % 0.5	± % 2.0
Pompa Verimi	± % 2.25	± % 2.8	± % 5.0



Parça No	Parça Adı	Parça No	Parça Adı	Parça No	Parça Adı
1	Elektrik motoru	5	Santrifüj pompa	9	Manometre (P_b)
2	Kademesiz devir değiştirici	6	Emme borusu	10	Orifis
3	Kademeli devir değiştirici	7	Basma borusu	11	Diferansiyel manometre
4	Tork metre	8	Vakummetre (P_e)	12	Kısma vanası

Şekil 1. Santrifüj, Derinkuyu ve Dalgıç tip pompa denemelerine ilişkin laboratuvarın şematik görünüşü

Pompa Denemelerinde Debi (Q) Değerinin Belirlenmesi

Debi değerleri; depo yöntemi, su sayacı, savak, lüle, venturimetreler, orifis yöntemi, manyetik veya ultrasonik debimetreler ile değişik şekillerde belirlenebilir.

Orifis yöntemi ile debi (verdi) ölçülmesi

Orifis plakası ile ölçü yöntemi, Bernouilli kanununa göre akımın geçtiği borunun kesidini bir yerde daraltarak bir basınç düşüşü meydana getirme prensibine dayanır. Burada debinin (Q) fonksiyonu olarak akışkanda Δp (h) basınç düşmesi olur. Bu basınç düşmesi ile akışkan miktarı debi (Q) ölçülebilir (Şekil 2).

Çeşitli büyüklükteki pompaların debilerini sağlıklı bir şekilde ölçebilmek için değişik çaplı borular ve açıklık oranı değerinde orifis plakaları imal edilir. Her orifis plakasının değerlendirme eğrileri çıkartılır ve ilgili eğri yardımıyla, orifiste bağlı diferansiyel manometrede okunan etkili basınç (h =mmHg) değerine göre debi (Q =kp/s) değerleri bulunur. Deneme laboratuvarında, 6" ($D=156.43$ mm), 3" ($D=81.7$ mm) çaplı borular için değişik açıklık oranına sahip imal edilmiş orifis plakaları kullanılmaktadır (Shultze ve Uz, 1969; Uz, 1981).

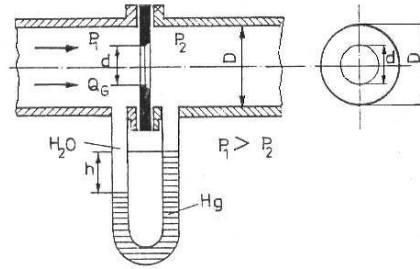
Pompanın Yuttuğu Güç (PYG) Değerlerinin Mekanik Yöntemle (Torkmetre) Belirlenmesi

Pompanın yuttuğu güç (PYG) değerleri pompa milindeki moment (M_d) torkmetre ile ölçüldükten sonra

$$PYG = \frac{M_d \times n}{716,2} \text{ (BG)} \text{ veya } PYG = \frac{M_d \times n}{9550} \text{ (kW)}$$

yararlanılarak hesaplanır ($1 \text{ kW} = 1.36 \text{ BG}$). Eşitlikte; M_d = dönme momenti (kpm)

n = devir sayısı (min^{-1})



Şekil 2. Orifis ile debi ölçümü

Pompanın Yuttuğu Güç Değerlerinin Elektriksel Yöntemle Belirlenmesi

Dalgıç tipi pompaların doğrudan elektrik motoruyla tahrik edilmesi, dönme momenti ölçmek için torkmetrenin yerleştirilmesindeki güçlükler nedeniyle bu tip pompaların yuttuğu güç değerlerinin belirlenmesinde elektrik sayacıdan yararlanılır. Aynı şekilde dikey milli derin kuyu pompaları da dikey boş (delik) milli elektrik motoruyla tahrik edilmek suretiyle denemeler gerçekleştirilir.

Pompanın yuttuğu güç değerlerinin belirlenmesi amacıyla, denemeler sırasında pompayı tahrik etmek için karakteristik değerleri belirli olan elektrik motoru kullanılır. Motorun şebekeden çektiği güç, elektrik sayacının disk devri için geçen süre belirlenerek saptanır. Denemelerde kullanılan elektrik sayacının disk, 1 kWh enerji tüketiminde 75 devir atmaktadır. Buna göre diskin belirlenen sayıdaki (n) dönüş zamanı (t) bir kronometreyle ölçüldüğünde, aşağıdaki orantı yardımıyla motorun şebekeden çektiği güç ($P_{\text{ŞCG}}$) bulunur.

$$P_{\text{ŞCG}} = 1 \text{ (kWh)} \times \frac{3600 \text{ (s)}}{75 \text{ (devir)}} \times \frac{n \text{ (devir)}}{t \text{ (s)}}$$

Pompanın Yuttuğu Güç Değerlerinin Elektriksel Büyüklükler Yardımıyla Belirlenmesi

Pompayı tahrik eden elektrik motorunun gerilimi (V), akımı (I) ve güç katsayısı (cosφ) ölçülür ve belirtilen motor verimi de hesaba katılarak eşitlik yardımıyla bulunur.

$$P_{\text{ŞCG}} = \frac{\sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi}{1000}$$

Pompanın Yuttuğu Güç: Motorun şebekeden çektiği güç ile anma gücünden yararlanılarak hesaplanan yüklenme oranından faydalanılarak, kullanılan elektrik motorunun kalibrasyon cetvelinden motor randımanı ($\eta_{\text{Elek.mot.}}$) bulunur. Motor randımanı dikkate alınarak pompanın yuttuğu güç belirlenir.

$$PYG = P_{\text{ŞCG}} \times \eta_{\text{Elek.mot.}}$$

Denemeler sırasında ele alınan her bir debi kademesi için pompanın toplam manometrik yükseklikleri ve pompanın yuttuğu güç değerleri ayrı ayrı hesaplanır.

Pompanın Verdiği Güç (PVG) (Hidrolik Güç) Değerlerinin Belirlenmesi

$$PVG = \frac{Q \times H_m \times \gamma}{102} \text{ (kW)}$$

Q = debi (L/s)

H_m = manometrik yükseklik (mSS)

γ = suyun yoğunluğu (kg/dm³)

Pompa Verimi (Randıman)

Santrifüj pompaların denenmesindeki amaç pompaların çalışma koşullarının ve verim değerlerinin ortaya konmasıdır. Pompa verimi (η), pompanın verdiği

güç (PVG) değerinin, pompanın yuttuğu güç (PYG) değerine oranından bulunur.

$$\eta = \frac{PVG}{PYG} \times 100 \text{ (\%)}$$

Her bir kısma vanası açıklığında bulunan PVG değerleri, PYG değerlerine oranlanarak her Q değeri için η değerleri hesaplanır. Pompanın toplam verimi ile debi arasındaki ilişkiye bakıldığında debi sıfır olduğunda pompanın verdiği güçte sıfır olduğundan verim sıfırdır. Debi (Q) arttıkça verim (η) de artar, bir noktada maksimum olur, sonra düşer.

Pompa veriminin maksimum olduğu noktadaki H_m , Q, PYG değerlerine pompanın performans değerleri denir ve pompa bu değerler esas alınarak imal edilir.

LİTERATÜR ÖZETİ

Uz (1981), İzmir ve çevresinde imal edilen 2"-6" arasındaki 10 ayrı imalatçıdan seçilen 26 adet yatay eksenli tek kademeli santrifüj pompa üzerinde teknik, konstrüksiyon ve işletme karakteristikleri yönleriyle incelemelerde bulunmuştur. Pompa denemeleri TS 268'e uygun olarak hazırlanan bir deneme laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Debi ölçümleri orifis yöntemiyle, güç ölçümleri torkmetre yardımıyla, basınç ölçümleri ise Bourdon tip metal manometreler yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı, denemesi yapılan pompaların en yüksek verim değerlerinin %49 ile % 72 arasında değiştiğini saptamıştır.

Çalışır (1996), Konya'da imal edilen üç farklı boyuttaki düşey milli su ile yağlamalı derin kuyu pompalarının, farklı devir sayıları ve eksenel açıklıklarındaki işletme karakteristikleri ile kullanılabilme olanakları üzerinde araştırmalar yapmıştır. Araştırmada debi ölçümlerini savak yöntemiyle, güç ölçümleri voltmetre ve ampermetre yardımıyla, basınç ölçümleri ise Bourdon tip gliserinli metal manometreler yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı, denemelerde kullandığı yöntem ve cihazların hassasiyetlerini belirtmiş olup, savakla debi ölçümünde %1.5 ve manometrede (0-16 kp/cm²) % 0.2 olduğunu belirtmiştir. Denemesi yapılan derin kuyu pompaların en yüksek verim değerlerinin %69.2 ile % 71.2 arasında değiştiğini saptamıştır.

Ertöz ve ark. (2003), üretimini gerçekleştirdikleri değişik tipteki derin kuyu ve dalgıç pompaları denemek üzere bilgisayar donanımlı bir deneme düzeneği oluşturmuşlardır. Deneme düzeneği, havuz, kontrol odası ve değişik tipteki pompaları denemek için kullanılan dört

farklı çapta boru ve borular üzerine yerleştirilmiş manyetik debi metre, basınç ölçer ve motorlu vana ile sisteme bağlı bir güç analizöründen oluşmuştur. Debi metrelerin, akış hızı 0.4 m/s den büyük olduğu zaman ölçülen debinin ± 0.5 %'i kadar hata payı bulunmaktadır. Deneme düzenlerinde, 1...3 bar, 0...10 bar, 0...25 bar ve 0...60 bar ölçüm aralığına sahip, %0.5 hassasiyet düzeyinde dört adet basınç sensörü kullanılmışlardır. Deney düzeninde güç, belirli akım trafosu değerlerindeki güç analizörleri üzerinden sağlanmıştır. Basınç algılayıcılar ile debi metrelerden gelen sinyaller, bir A/D veri toplama kartı yardımıyla, bilgisayara aktarılmış ve hazırlanan bir program yardımıyla veriler işlenerek test sonuçları ve grafikleri elde edilmiştir.

Bilgin ve ark. (2003), dalgıç asenkron motor ve dalgıç pompa testlerinin yapıldığı ve karakteristik eğrilerinin çıkartıldığı bir deney düzeneğinin tasarımı ve uygulamasını yapmışlardır. Gerçekleştirilen deney düzeneğinde dalgıç asenkron motor'a ait büyüklükler (akım, gerilim, aktif güç, $\cos \phi$) bir güç analizörü ile ölçülmüş ve RS232/RS435 çevirici üzerinden bir PC'ye aktarılmıştır. Deney havuzuna daldırılan dalgıç pompanın bütün mekanik, elektrik ve hidrolik çalışma büyüklükleri bilgisayar aracılığı ile okunup değerlendirilmiş ve karakteristik eğrileri çizilmiştir.

Sungur ve Bal (2003), geleneksel santrifüj pompa deneylerinde var olan ölçme ve sistematik hataların olumsuzluklarının önüne geçmek için bilgisayar destekli bir santrifüj pompa deney ünitesi geliştirilmişlerdir. Çalışmada, geleneksel yöntemle santrifüj pompa test ünitesiyle, geliştirilen bilgisayar destekli santrifüj pompa test ünitesi ölçme sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Deneme sonuçlarına göre bilgisayar destekli test ünitesinin toplam hata oranının % 0.549 olduğunu belirlemişlerdir. Test ünitesinin ISO 2548 C sınıfı, ISO 3555 B sınıfı ve ISO 5198 A sınıf test işlemlerinde kullanılabilir olduğu ortaya konmuştur.

MATERYAL ve YÖNTEM

Santrifüj Pompa ve Dalgıç Elektropomp

Çalışmada kullanılan santrifüj pompa, 6" giriş ve 5" çıkış ağız anma çapına sahip, tek kademeli, yatay millî radyal akışlı kapalı çark tipine sahip, dönü sayısı 1000 min^{-1} ve gücü 5.5 kW olan bir santrifüj pompadır. Çalışmada kullanılan dalgıç elektropomp ise, 4" çıkış ağız anma çapına sahip, 5 kademeli, düşey millî karışık akışlı kapalı çark tipine sahip, dönü sayısı 2900 min^{-1} ve 3 faz

380 V çalışma voltajlı, gücü 18.5 kW olan dalgıç tipi derin kuyu pompası (dalgıç elektropomp)'dır.

Basınç Ölçerler

Pompa denemeleri sırasında çeşitli çalışma koşullarındaki basınç değerleri, gliserinli mekanik manometreler ve basınç değerlerini elektronik olarak algılayıp, V veya mA sinyal çıkışlarına çeviren basınç sensörleri (-1.4 bar, 0..2.5 bar, 0..10 ve 0..16 bar) yardımıyla ölçülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Basınç sensörleri

Debi Ölçer

Debi ölçümlerinde depo yöntemi, orifis yöntemi ve deneme düzenine yerleştirilen elektromanyetik debimetre kullanılmıştır. Kalibrasyon sertifikası bulunan debimetre, ± 0.5 ölçüm hassasiyeti ile 3...250 m^3/h aralığında debi ölçümüne uygun olup, $\varnothing 100$ mm çapındaki boru üzerine flanşlı bağlantı ile bağlanabilmektedir (Şekil 4). Ölçüm değerleri LCD ekranı üzerinde gösterebildiği gibi 4...20 mA analog çıkışı ile verileri bilgisayara aktarabilmektedir. Elektromanyetik debimetrenin ölçüm sistemine bağlantısı, borunun tam doluluk esasına uygun olacak şekilde ve giriş ve çıkış şartlarında oluşabilecek akış değişimlerinin olumsuz etkilerinden kaçınmak amacıyla öngörülen teknik uzaklıklar dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. Elektromanyetik debimetre

Güç Ölçümü

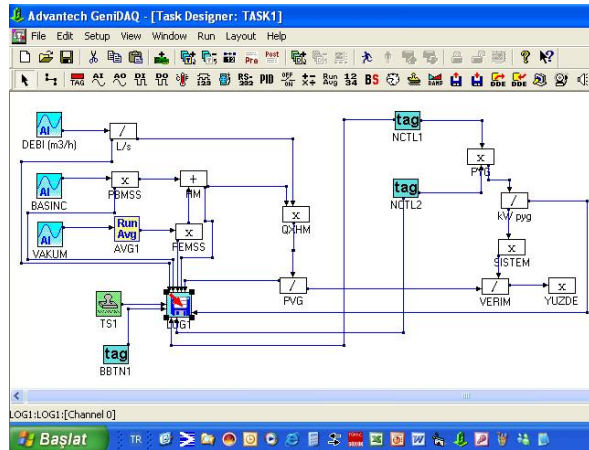
Taşınabilir, 30 kW güç grubuna kadar üçgen veya yıldız-üçgen elektrik motorlarının kontrol ve kumanda edilebilmesine imkan sağlayan enerji analizörlü, elektrik sayaçlı bir elektrik panosunun temini gerçekleştirilmiştir (Şekil 5). Panoda yer alan ASSET EMA 96 marka enerji analizörünün anlık olarak ölçtüğü elektrik akımıyla ilgili verileri (her bir faz için V, A, $\cos\phi$, kW vb) özel yazılımı yardımıyla bilgisayar ortamına doğrudan aktarılabilir. Enerji analizörünün hassasiyeti, gerilim ve akım için $< \%0.5$ (Sınıf 1) olup 1 adet (0...20 mA veya 4...20 mA olarak ayarlanabilen) sinyal çıkışı bulunmaktadır. Enerji analizörünün anlık ölçtüğü güç tüketimi değerleri 4-20 mA sinyal çıkışı yardımıyla da bilgisayara aktarılabilir. Söz konusu sinyal çıkışları yardımıyla denemesi yapılacak çeşitli tipteki pompaların kontrol ve kumandası ile çektikleri güç değerlerinin bilgisayar destekli olarak ölçümlerinin gerçekleştirilmesi mümkün olmaktadır.



Şekil 5. Kontrol ve kumanda panosu

Veri Algılama Modülleri ve Yazılımı

Ölçüm cihazlarından gelen 0-10 V veya 4-20 mA veri sinyalleri, Advantech (Advantech Automation Corp.,



Şekil 7. Veri algılama ve değerlendirme stratejisi ve ölçümlerin sonuçlarını görüntüleme ekranı

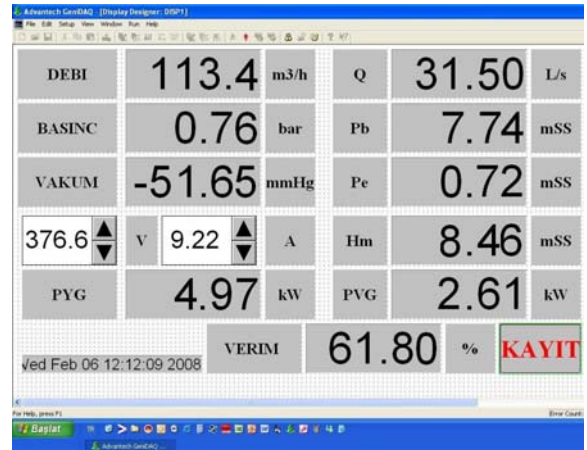
USA) marka ADAM 4017+ analog/dijital çevirici modül yardımıyla algılanmakta ve ADAM 4520 RS485-RS232 çevirici modülü yardımıyla bilgisayara aktarılmaktadır (Şekil 6). ADAM 4017+ analog/dijital çevirici modül 8 kanal AI sinyal girişine sahip olup her bir kanalın sinyal girişleri 0-10 V, ± 10 V, 0-20 mA veya 4-20 mA aralıklarında ayarlanabilme özelliğine sahiptir.



Şekil 6. Veri algılama modülleri

Bilgisayarda GeniDAQ (Version 4.25, Advantech Automation Corp., USA) adlı veri akış ve kontrol yazılımıyla oluşturulan veri algılama ve değerlendirme stratejisi yardımıyla, ölçüm noktalarından algılanan veriler bilgisayara aktararak ekranda görüntülenmiş ve kaydedilmiştir (Şekil 7).

Pompa denemeleri, E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Pompa Deneme Laboratuvarında TS 268, TS 514 ve TS 11146 sayılı Türk Standardlarına, DIN 1944 ve ISO 9906 Standartlarına uygun olarak, kısma vanası tam açık (dahil) ve tam kapalı (dahil) konumları arasında çeşitli vana açıklığı değerlerinde aşağıda açıklanan şekilde yapılmıştır.



Santrifüj Pompa DeneY Yöntemi

Manometrik yükseklik (H_m) ölçümü: Pompanın emme hattı üzerine yerleştirilen mekanik vakummetre (sınıf 1.6) ve mutlak basınç sensörü yardımıyla pompa emme yüksekliği, basma hattı üzerine yerleştirilen gliserinli metal Bourdon tipi manometre (sınıf 1) ve basınç sensörü yardımıyla basma hattındaki basınç değerleri iki farklı ölçüm tekniği ile belirlenmiş ve ölçülen değerler mSS cinsinden toplanarak manometrik yükseklik değerleri bulunmuştur (Şekil 8).

Debi (Q) ölçümü: Depo yöntemi ve elektromanyetik debimetre olmak üzere iki farklı yöntemle ölçülmüştür.

Pompanın Yuttuğu Güç (PYG): Denemeler sırasında pompa devir sayısı kontakt tip devir ölçer yardımıyla ölçülmüştür. Pompanın çalışması anında motorun şebekeden çektiği güç, her bir debi kademesinde kumanda panosu üzerine yerleştirilmiş olan dijital voltmetre, ampermetre ve $\cos\phi$ metre değerleri yardımıyla ve elektrik sayacının belirli disk devri için geçen süre belirlenerek saptanmıştır.



Şekil 8. Pompa emme ve basma hattı basınç ölçümleri

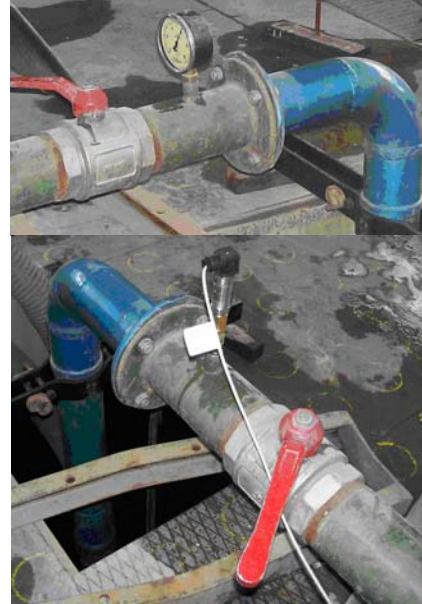
Dalgıç Elektropomp DeneY Yöntemi

Manometrik yükseklik (H_m) ölçümü: Pompa çıkış hattındaki basınç değerleri, basma hattı üzerine yerleştirilen gliserinli metal Bourdon tipi manometre (sınıf 1) ve basınç sensörü olmak üzere iki farklı ölçüm tekniği ile belirlenmiş, ölçülen mSS cinsinden değerler ile manometre eksen-su düzeyi arasındaki düşey mesafenin toplanmasıyla bulunmuştur (Şekil 9).

Debi (Q) ölçümü: Debi, orifis yöntemi ve elektromanyetik debimetre olmak üzere iki farklı yöntem yardımıyla ölçülmüştür.

Pompanın Yuttuğu Güç (PYG): Denemeler sırasında pompayı tahrik eden elektrik motorunun şebekeden

çektiği güç, elektrik sayacı ve enerji analizörü olmak üzere iki farklı yöntem ile saptanmıştır.



Şekil 9. Dalgıç elektropomp basma hattı üzerinde basınç ölçümü

ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada her türlü tarımsal amaçlı pompanın denenmesinde kullanılabilecek, hassas ölçümlerin yapılabileceği, ölçme ve sistematik hataların en alt düzeyde olduğu esnek bir deneme düzeni ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu amaçla hazırlanan deneme düzeni santrifüj pompa ve dalgıç pompa örneklerinin testlerinde kullanılmış ve yöntemler karşılaştırılmıştır.

Santrifüj pompa denemelerinde geleneksel yöntemle yapılan ölçmelerde kullanılan ölçme yönteminin ve ekipmanların hata oranlarının, verim üzerinde oluşturabileceği ortalama hata oranı;

$$f_{\eta} = \pm \sqrt{f_Q^2 + f_{Hm}^2 + f_{PYG}^2} \text{ eşitliği yardımıyla}$$

hesaplanmış ve $f_{\eta} = \% 2.36$ olarak bulunmuştur.

Depo yöntemi ile debi ölçmede: $f_Q = \pm \% 1.0$

Kalibre edilmiş yaylı manometreler ile ölçmede (skalanın son değeri)

Emme hattı, vakummetre: $f_{Hm} = \pm \% 1.6$

Basma hattı, manometre : $f_{Hm} = \pm \% 1.0$

Alternatif akım motorları ile yapılan ölçmede:

$f_{PYG} = \pm \% 1.0$

Geliştirilen bilgisayar destekli santrifüj pompa deneme düzeninde kullanılan ölçme yönteminin ve ekipmanların hata oranlarının, verim üzerinde oluşturabileceği ortalama hata oranı ise $f_{\eta} = \pm \sqrt{f_Q^2 + f_{Hm}^2 + f_{PYG}^2}$ eşitliği yardımıyla hesaplanmış ve $f_{\eta} = \% 0.76$ olarak bulunmuştur.

Elektromanyetik debimetre ile debi ölçmede:

$$f_Q = \pm \%0.5$$

Elektronik basınç sensörleri ile ölçmede:

Emme hattı, mutlak basınç sensörü: $f_{Hm} = \pm \%0.2$

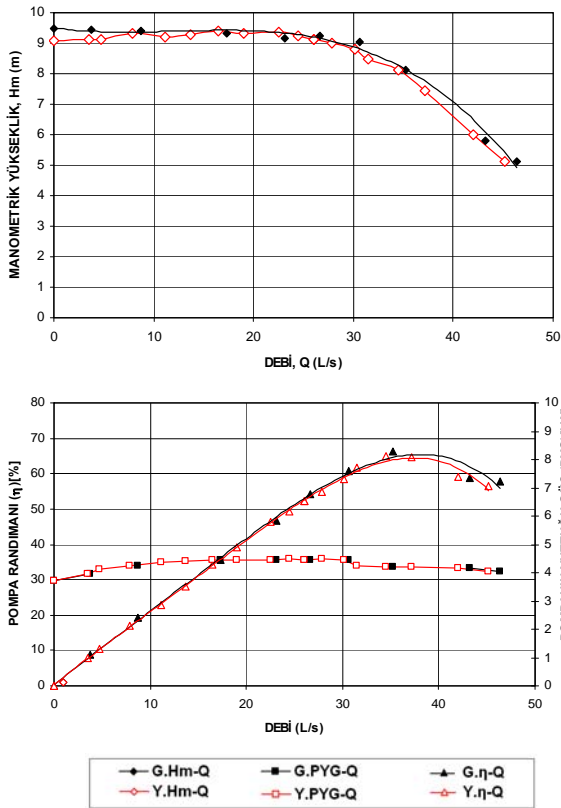
Basma hattı, basınç sensörü:

$$f_{Hm} = \pm \%0.2$$

Alternatif akım motorları ile yapılan ölçmede:

$$f_{PYG} = \pm \% 0.5$$

Santrifüj pompa denemelerinde geleneksel yöntemle ve bilgisayar destekli ünite ile yapılan deneme değerleri kaydedilerek gerekli hesaplamalar yapılmış ve elde edilen sonuçlara göre pompanın karakteristik eğrileri Şekil 10'da tek bir grafik altında toplanmıştır.



Şekil 10. Geleneksel yöntemle ve geliştirilen bilgisayar destekli yöntemle gerçekleştirilen deneme sonuçlarına göre santrifüj pompanın karakteristik eğrileri

Santrifüj pompa denemesinde geleneksel ve geliştirilen yöntemler incelendiğinde pompa en yüksek verimine; geleneksel yöntemde, 35.21 L/s verdi ve 8.12 m manometrik yükseklik koşullarında % 66.40 değeriyle ve geliştirilen yöntemde, 34.48 L/s verdi ve 8.12 m manometrik yükseklik koşullarında %65.05 değeriyle ulaşmaktadır (Şekil 10).

Sayısal ifadelerden de görüleceği gibi iki ölçüm yöntemi arasında verim üzerinde %1.35 gibi bir fark oluşmuştur. Bu farklılık, iki ölçüm tekniğindeki ölçüm yönteminin hata oranından kaynaklandığı söylenebileceği gibi ölçüm anındaki diğer nedenlerden de (voltaj dalgalanmaları vb) kaynaklandığı söylenebilir. Burada önemli olan geliştirilen tekniğin geleneksel yöntemle göre çok daha fazla veri ile hızlı sonuç vermesi ve bunu yüksek hassasiyetle gerçekleştirmesidir.

Dalgıç elektropomp denemelerinde geleneksel yöntemle yapılan ölçmelerde kullanılan ölçme yönteminin ve ekipmanların hata oranlarının, verim üzerinde oluşturabileceği ortalama hata oranı hesaplanmış ve $f_{\eta} = \% 1.73$ olarak bulunmuştur.

Orifis yöntemi ile debi ölçmede: $f_Q = \pm \% 1.0$

Kalibre edilmiş yaylı manometreler ile ölçmede (skalanın son değeri)

Basma hattı, manometre : $f_{Hm} = \pm \% 1.0$

Alternatif akım motorları ile yapılan ölçmede:

$$f_{PYG} = \pm \% 1.0$$

Geliştirilen bilgisayar destekli santrifüj pompa deneme düzeninde kullanılan ölçme yönteminin ve ekipmanların hata oranlarının, verim üzerinde oluşturabileceği ortalama hata oranı ise hesaplanmış ve $f_{\eta} = \% 0,73$ olarak bulunmuştur.

Elektromanyetik debimetre ile debi ölçmede:

$$f_Q = \pm \%0.5$$

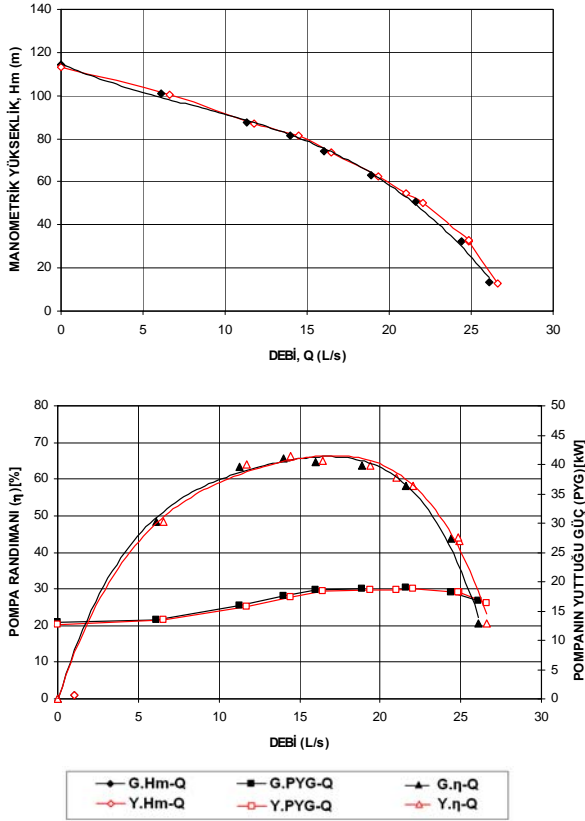
Elektronik basınç sensörleri ile ölçmede:

Basma hattı, basınç sensörü : $f_{Hm} = \pm \%0,2$

Alternatif akım motorları ile yapılan ölçmede:

$$f_{PYG} = \pm \% 0.5$$

Dalgıç elektropomp denemelerinde geleneksel yöntemle ve bilgisayar destekli ünite ile yapılan deneme değerleri kaydedilerek gerekli hesaplamalar yapılmış ve elde edilen sonuçlara göre pompanın karakteristik eğrileri Şekil 11'de tek bir grafik altında toplanmıştır.



Şekil 11. Geleneksel yöntemle ve geliştirilen bilgisayar destekli yöntemle gerçekleştirilen deneme sonuçlarına göre dalgıç elektropompu karakteristik eğrileri

Dalgıç elektropompu denemesinde geleneksel ve geliştirilen yöntemler incelendiğinde pompa en yüksek verimine; geleneksel yöntemde, 14 L/s verdi ve 81.56 m manometrik yükseklik koşullarında % 65.64 değeriyle ve geliştirilen yöntemde, 14.47 L/s verdi ve 81.36 m manometrik yükseklik koşullarında % 66.43 değeriyle ulaşmaktadır (Şekil 11). Sayısal ifadelerden de görüleceği gibi iki ölçüm yöntemi arasında verim üzerinde %1.2 gibi bir fark oluşmuştur. Bu farklılık, iki ölçüm tekniğindeki ölçüm yönteminin hata oranından kaynaklandığı söylenebileceği gibi ölçüm anındaki diğer nedenlerden de (voltaj dalgalanmaları vb) kaynaklandığı söylenebilir. Burada önemli olan geliştirilen tekniğin hızlı sonuç vermesi ve bunu yüksek hassasiyetle gerçekleştirmesi şeklinde söylenebilir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Ülkemizde çeşitli şekillerdeki (deneme yanılma vb) tasarımlar sonucu imalat yapıldığı gibi projeleme yoluyla da imalatlar gerçekleştirilmektedir. Pompalar, belirli bir

devir sayısında, istenilen bir yüksekliğe belirli bir debiyi belirli bir verimle basacak şekilde projelendirilirler ve buna göre imal edilirler. Ancak, gerek hesaplama sırasındaki kabuller, gerekse imalat esnasında meydana gelen sapmalar ile mekanik ve hidrolik sürtünme kayıpları ve sızma kayıplarından meydana gelen toplam kayıpların olması kaçınılmazdır. Tasarım aşamasında kabul edilmiş olan performans ile imalattan sonraki pompa performansı arasındaki fark, sadece deney yolu ile elde edilen performans analizi ile ortaya çıkarılabilir.

Pompaların denenmesi amacıyla çok çeşitli deneme düzenleri hazırlanmıştır. Ancak basit deneme düzenlerinde ölçme ve değerlendirme işlemleri oldukça zaman almakta ve pompa için önemli parametrelerin ölçümleri bazen istenilen hassasiyette gerçekleştirilememektedir. Bu nedenle bu çalışmada, geleneksel yöntemle yapılan pompa deneylerinde kullanılan deneme düzenlerinde meydana gelen gerek ölçü aletlerinden kaynaklanan ve gerekse ölçme yönteminden kaynaklanan hatalar ve sakıncalar standartlar ışığında incelenmiş ve bu sistemdeki sakıncalar ortadan kaldırılarak hata oranını en aza indiren bilgisayar destekli bir deneme düzeni geliştirilmiştir. Geliştirilen deneme düzeni tamamen taşınabilir özellikte olup hem santrifüj hem de dik milli derin kuyu veya dalgıç pompa denemelerinde kullanılabilir özelliktedir. Bilgisayar destekli ölçme düzeni yardımıyla, ölçme ve değerlendirmelerin anlık olarak, çok daha hassas ve hızlı bir şekilde yapılabilme imkanı olmuştur. Bütün anlık değerlerin bilgisayar ekranından izlenebilir hale getirilmiş olması da, denemenin izlenmesi açısından büyük kolaylık sağlamış, anlık olarak tekrarlı ölçümlerin deneme anında yapılması mümkün olmuştur. Bilgisayar programı yardımı ile ölçümlerden alınan değerlerden gerekli hesaplamalar yapılarak sonuçlar hem bilgisayar ekranına hem de bilgisayar kayıt ortamına aktarılabilir. Bu işlem sayesinde okuma hatası, kayıt hatası ve hesaplama hatası da ortadan kaldırılmıştır.

Geliştirilen bilgisayar destekli deneme düzenlerinde toplam hata oranları santrifüj pompa deneme düzeninde % 0.76 ve dalgıç elektropompu deneme düzeninde % 0.73 olması, bu deneme düzenlerinin ISO 2548 C sınıfı, ISO 3555 B sınıfı ve ISO 5198 A sınıf test işlemlerinde kullanılabilir nitelikte olduğunu ortaya koymaktadır. Geliştirilen bu deneme düzenleri yardımıyla, hassas bir sonuç elde edilebildiği gibi bu sonuçlar çok daha kısa zamanlarda yapılabilir hale gelmiştir.

Uzun yıllardan beri pompa denemelerinin gerçekleştirildiği E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Pompa Deneme laboratuvarının teknolojik olarak yeniden yapılanması sonucu, laboratuvarın hizmet kalitesi büyük oranda yükselmiştir. Ayrıca bu konuda imalat yapan firmalara zaman zaman tanıtılarak bu firmalar tarafından benzer deneme düzenlerinin kullanılmasına önderlik edilmektedir. Açıkça ki, bilgisayar sistemleri bilgi gerektiren ileri teknoloji ürünleridir. Bu sistemleri

kullanacak mühendislerin de firmalar tarafından istihdam edilmesi, deneme düzenlerinin kullanımının sürekliliği ve bu düzenlerden elde edilen verilerin güvenilirliği açısından da büyük önem taşımaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma **Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (2005-ZRF-051 nolu proje)** kapsamında desteklenmiştir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Addison, H.,1966. Centrifugal and Other Rotodynamic Pumps. Published by Chapman and Hall Ltd. London.
- Anonim,1977. Pompalar Düşey Milli Türbin. TS-514. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim,1980. Pompalar (Yatay Milli Santrifüj) ve Donanımları. TS-268, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim,1993. Pompalar-Dalgıç-Temiz Su İçin. TS-11146. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2001. Devlet İstatistik Enstitüsü Başkanlığı VII. Genel Tarım Sayımı Tarımsal İşletmeler Anketi Geçici Sonuçları, <http://www.die.gov.tr/konular/310703-1.htm>
- Anonim, 1973. ISO 2548. Centrifugal, Mixed Flow and Axial Pumps, Code For Acceptance Tests- Clas C.
- Anonim, 1977. ISO 3555. Centrifugal, Mixed Flow and Axial Pumps, Code For Acceptance Tests- Clas B.
- Baysal, K., 1979. Tam Santrifüj Pompalar (Hesap, çizim ve konstrüksiyon özellikleri). İTÜ Kütüphanesi Sayı: 1149, 146 s., İTÜ Matbaası, İstanbul
- Bilgin, O., A. Ürkmez, N. Yılmaz, 2003. Bilgisayar Destekli Dalgıç Motopomp Deney Standı Tasarımı ve Uygulaması. Elektrik-Elektronik Bilg. Mühendisliği 10.Ulusal Kongresi
- Çalışır, S., 1996. Düşey Milli Su İle Yağlamalı Derin Kuyu Pompaları Üzerine Bazı Araştırmalar. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 128 s. Konya
- Çakmak, B., H. Yürdem, Z. Gökalp, F.C.Erdoğan, G. Demir, Ş. Kumburoğlu, 2005. Sulama Araç, Yöntem ve Organizasyonları. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği VI.Teknik Kongresi 3-7 Ocak 2005, Cilt:2, s.911-934, Ankara. Milli kütüphane, Ankara
- Çengel, Y.A., J.M. Cimbala, 2007. Akışkanlar Mekaniği Temelleri ve Uygulamaları. Çeviri, T. Engin, H.R. Öz, H. Küçük, Ş. Çeşmeci. 14. Bölüm, Türbomakinalar, s. 735-804. İzmir Güven Kitabevi, İzmir
- Çevik, B., C. Kırdı, S. Sayın, 2000, Sulama Araç Yöntem ve Organizasyonu, V. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, sh: 959-983, Milli Kütüphane, Ankara.
- Ergin, A., 1972. Su Makinaları Ders Notları. İTÜ Kütüphanesi Sayı: 876; 384 s., İTÜ Mak. Fak. Ofset Atölyesi, İstanbul
- Ertöz, A.Ö., T. Değer, Y. Karamanoğlu. 2003. Pompa Deney Standı Modernizasyonu Vansan Makina Sanayii. <http://www.vansan.com.tr/download.htm>
- Hicks, T.G.,1957. Pump Selection and Application. McGraw-Hill Book Company Inc. London.
- Kanber, R., M. A. Çullu, B. Kendirli, S. Antepli, N. Yılmaz. 2005. Sulama, Drenaj ve Tuzluluk. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği VI.Teknik Kongresi 3-7 Ocak 2005, Cilt:1, s.213-251, Ankara. Milli kütüphane, Ankara
- Kovats A.de, G. Desmur, 1994. Santrifüj ve Eksenel Pompalar, Ventilatorler, Kompresörler. Çeviri, C.Özgür, H.F.Yazıcı. 551 s., İTÜ Makina Fakültesi Ofset Atölyesi, İstanbul
- Schulze, K.H., E. Uz, 1969. Orifis Metodu ile Verdi (Debi) Ölçülmesi. E.Ü.Z.F. Yayın No: 159, Bornova-İzmir.
- Sungur, C., G. Bal, 2003. Yüksek Güvenirlikli ve Hassasiyetli Bir Santrifüj Pompa Deney Standının Bilgisayar Kontrollü Olarak Geliştirilmesi. 3. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 403-414. 18-20 Ağustos 2003, Ankara
- Şen, M., 2006. Santrifüj Pompalar ve Pompa Tesisatları. MAS Grup, MAS Pompa Sanayi AŞ Yayınları, 249 s. İstanbul
- Tezer, E.,1978. Sulamada Pompaj Tesisleri (Proje, Seçim ve İşletme Yöntemleri) I Temel Bilgiler ve III Yapraklar. Ç.Ü.Z.F., Adana.
- Uz, E., 1976. Pompaj ve Yağmurlama Sulama Tekniği. E.Ü.Z.F. Yayın No: 268, Bornova-İzmir.
- Uz, E., 1981. İzmir ve Çevresinde İmal Edilen Yatay Eksenli Tek Kademeli Santrifüj Zirai Sulama Pompaları Üzerinde Araştırmalar. E.Ü.Z.F. Yayın No: 391, Bornova-İzmir.
- Uz, E., R.C. Akdeniz, 1986. Açık Kanallarda ve Kapalı Borularda Debi (Verdi) Ölçme Yöntemleri. E.Ü.S.Ü.Y.O. Yayın No: 11, Bornova-İzmir.
- Uz, E., 1991, Türkiye'de Sulama Mekanizasyonunun Bugünkü Durumu ve Gelişim Eğilimi, Tarımsal Mekanizasyon 13. Ulusal Kongresi, S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Konya.
- Uz, E., V. Demir, 1995. Santrifüj Pompalar, Derin Kuyu Pompaları, Dalgıç Pompalar ve Pompa Denemeleri. E.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları, Teksir No.45/1. 57 S. Bornova-İzmir
- Wright, F.B., 1956. Rural Water Supply and Sanitation. John Wiley & Sons, Inc. N.Y.