

BILGISAYAR KONTROLLÜ YÜKSEK HASSASİYETLİ SANTRİFÜJ POMPA DENEY ÜNİTESİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ¹

Cemil SUNGUR²

²Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO., Kampüs-KONYA

ÖZET

Bu çalışmada, bilgisayar kontrollü ve yüksek hassasiyetli bir santrifüj pompa deney ünitesi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilmiş olan bu test ünitesinde, ölçüm değerleri sensörler aracılığı ile alınmakta ve bilgisayara aktarılmaktadır. Ünitenin kontrollü bilgisayar aracılığı ile otomatik olarak yapılmaktadır. Bilgisayar ortamına alınan veriler kullanılarak pompa performans eğrileri otomatik olarak bilgisayar çıktısı olarak alınmaktadır.

Bu çalışmada, geleneksel yöntemle deney yapan test ünitesi sonuçlarının ve gerçekleştirilen bilgisayar kontrollü pompa test ünitesinden elde edilen ölçme sonuçlarının istatistiksel analizi yapılarak elde edilen değerlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Gerçekleştirilen deney test ünitesinden elde edilen verilerin hata sınırları, bu konu ile ilgili ISO normlarında belirtilen hata sınırları ile karşılaştırılmış ve elde edilen sonucun ISO normlarında belirtilen en hassas sınıfa ait değerlerin altında olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Santrifüj pompa testi, hassasiyet, bilgisayar kontrol

IMPLEMENTATION OF HIGH SENSITIVITY CENTRIFUGAL PUMP TEST UNIT CONTROLLED WITH COMPUTER

ABSTRACT

In this study the PC controlled pump test unit with high sensitivity is implemented. In the implemented computer controlled pump test unit, measurements are achieved by sensors and then the measured values are transmitted to the computer automatically and the unit is controlled by the computer. The pump performance curves are drawn automatically by using the values acquired by computer.

In this study, the results obtained from both conventional pump test unit and computer controlled pump test unit are compared by using statistical analysis and it is observed that the result of proposed computer controlled test unit is more reliable than those of conventional test unit. The error limits of data obtained from the computer controlled test unit are compared with error limits of ISO norms and it is seen that computer controlled test unit better than those of ISO norms.

Key Words: Centrifugal pump test, sensitivity, computer control.

GİRİŞ

Santrifüj pompaların temel karakteristik değerleri bir dizi deney sonucu elde edilmekte, bunun içinde santrifüj pompa test üniteleri kullanılmaktadır. Deneylerin gerçekleştirildiği bu ünitelerde kullanılan ölçü aletleri ve ölçme metodlarından kaynaklanan bir çok hatalar gözlemlenmiştir. Bu gözlemlerin sonucu olarak da elde edilen eğrilerin ve değerlerin doğruluğu sorgulanır hale gelmiştir (Yazıcı, 1979; Yazıcı, 1996; Yazıcı, 1998).

Pompa test ünitelerinde, temel büyüklükleri belirlemek için bir dizi ölçme yapmak gerekmektedir. Bu ölçmeler; debi(Q), basma hattı basıncı (p_b), emme hattı basıncı (p_e), pompanın çektiği güç (P_{pgg}) ve pompa devir sayısı (n) değerlerini kapsamaktadır (Tezer, 1978).

Geleneksel test ünitelerinde ölçmeler, analog ve mekanik ölçü aletleri kullanılarak manuel olarak yapılmaktadır. Ölçülen değerler bir operatör tarafından okunmakta ve çizelgelere yazılmaktadır. Kayıt altına alınan bu değerler ilgili denklemlerde yerlerine konularak hesaplamalar yapılmaktadır. Yapılan bu işlemlerde ölçme, okuma, hesaplama ve çizimde meydana gelecek hatalar ve deney için harcanan zamanın

¹ S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünde kabul edilen Doktora tezinden özetlenmiştir.

fazlalığı kaçınılmaz olmaktadır. Meydana gelen hataların toplamı, test edilen pompanın kalite ve karakteristik eğrilerinde önemli sapmalara sebep olmaktadır.

Sonuçta hata; imalatta gereksiz harcamalara, üretici ve tüketici arasında anlaşmazlıklara, enerji kayıplarına ve kaynak israfına yol açmaktadır (Serven, 1979).

Bu çalışmada, geleneksel yöntem ve gerçekleştirilen bilgisayar kontrollü pompa test ünitesinden elde edilen pompa performans sonuçlarındaki toplam hata oranlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

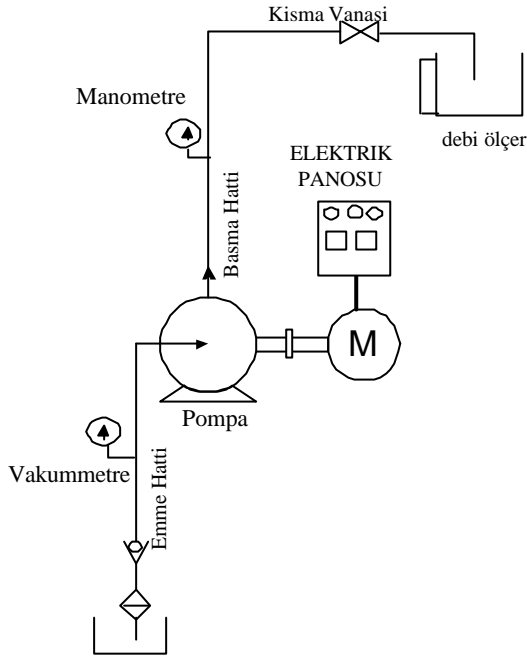
MATERYAL VE METOD

Çalışmada, 1,5" lik yatay milli, tek kademeli bir santrifüj pompa ile 2.2 kW lik trifaze asenkron motor materyal olarak kullanılmıştır. Hem geleneksel hem de gerçekleştirilen bilgisayar destekli deney ünitesinde aynı materyal kullanılmıştır. Denemeler, S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü pompa test laboratuvarında, uluslar arası pompa deney standartları esas alınarak yürütülmüştür. Her iki test ünitesinde de temiz ve soğuk su (0-30 °C) pompalanmıştır (Anonymous, 1998).

Geleneksel Yöntemle Yapılan Pompa Deneyleri

Geleneksel pompa deney ünitesinin sematik görünüşü Şekil 1 de verilmiştir. Bu ünite emme hattı basıncı, vakum metre (0- 760 Hg mm); basma hattı

basinci, manometre (0-4 kg.cm²); debi, hacimsel metot; devir sayısı, mekanik takometre ve sistemin sebebeden çektiği güç, elektriksel (Ampermetre, voltmetre, cöç metre) yöntemle ölçülmüştür. Debiyi ayarlamak için basma hattına küresel ayar vanası bağlanmıştır (Dogus,1963; Tezer, 1978). Pompayı tahrik eden elektrik motoruna direkt yol verilmiştir.

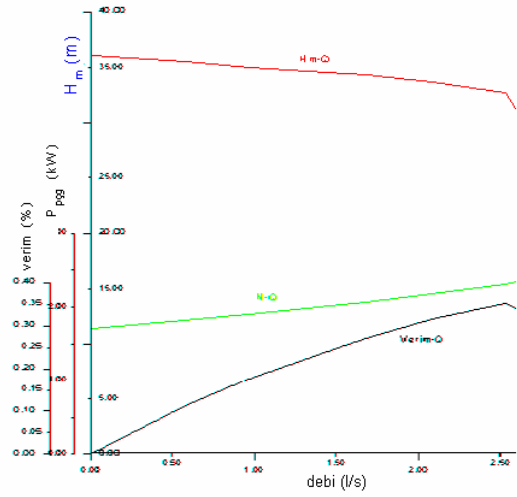


Sekil 1. Geleneksel pompa deney ünitesi

Pompa, deneme tesisine yerleştirildikten sonra mekanik ve elektriksel bağlantıların kontrolleri yapılmıştır. Deneye, ayar vanasının tam kapalı olduğu konumda basılarak motora yol verilmiştir. Ayar vanasının tam kapalı konumundan tam açık konuma gelinceye kadar 11 değişik vana açıklığı yada debi değerinde; devir sayısı, debi, emme ve basma hattı basınçları ve güç gösterge değerleri ölçülmüştür. Ölçümler, her vana açıklığında en az 3. Dakikanın sonunda yapılmış ve tutanaklara kaydedilmiştir (Dogus ve Tezer, 1963; Tezer, 1978; Çalisir,1996).

Ölçülen büyüklüklerinin değerlendirilmesinde, literatürde belirtilen esitlikler yardımı ile pompanın toplam manometrik yüksekliği, çektiği güç ve verimi hesaplanmıştır (Uz ve Demir, 1995; Yazıcı,1996). Pompa mil gücünün hesaplanmasında, motor verimi tam yükteki katalog değeri esas alınmıştır. Deney işlemi aynı şartlarda yedi değişik zamanda tekrarlanmıştır.

Değerlendirme sonunda, pompa performans eğrileri (H_m-Q ; $P_{pyg}-Q$; $\eta-Q$), GRAPHER adlı paket programında çizilmiştir (Sekil 2).



Sekil 2. Geleneksel yöntemle yapılan pompa deneyinin performans eğrileri

Bilgisayar Kontrollü Yöntemle Yapılan Pompa Deneyleri

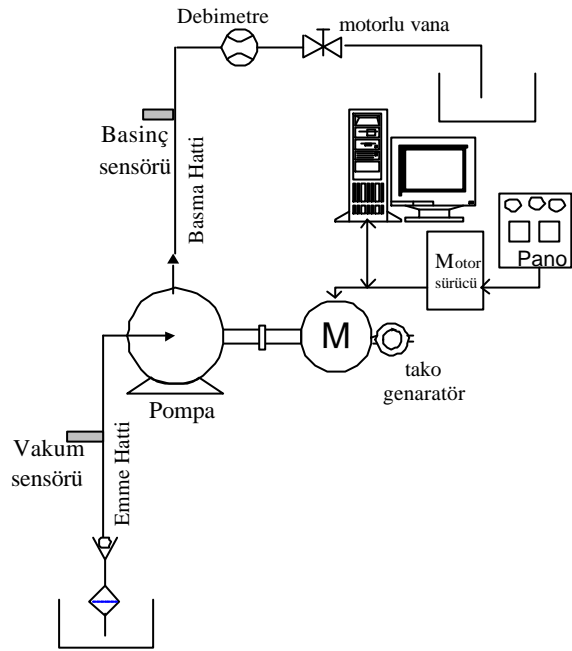
Gerçekleştirilen bilgisayar kontrollü test ünitesinin sematik görünümü Sekil 3 de verilmiştir. Burada, basınç ölçümünde basınç sensörü, vakum ölçümünde vakum sensörü, devir sayısı ölçümünde takogeneratör kullanılmıştır. Pompanın sağladığı debinin ölçümü için manyetik debimetre kullanılmıştır (Balta,2001). Pompaya güç aktaran elektrik motoruna yol vermek, devir sayısını ayarlamak ve motor gücünü ölçmek için alternatif akım (AA) motor sürücüsü (ABB ACS400) kullanılmıştır (Anonymous,1999). Geleneksel deney setinde debi ayarı için kullanılan mekanik kisma vanası yerine, motorlu vana kullanılmıştır. Gerçekleştirilen bilgisayarlı test ünitesindeki elektronik ölçü aletlerinden elde edilen verilerin alınması, ACS400 sürücünün ve motorlu vananın kontrolü için Advantech firmasına ait PCI 1710 HG DAC kartı kullanılmıştır (Anonymous, 2001).

Donanım ile yazılım arasındaki iletişimi sağlamak için sanayi otomasyonunda kullanılan GENITAQ yazılım programından faydalanılmıştır. Bu program ile elde edilen veriler, bilgisayar ekranında görülebilir, bilgisayar ortamında saklanabilir, yazıcı çıktısı alınabilir ve sistemin analog, dijital kontrolleri yapılabilir duruma getirilmiştir. Ayrıca DELPHI programında, elde edilen verilerden performans eğrilerini otomatik olarak çizilebilen ve istenildiğinde Word ortamına taşıyabilen bir grafik programı geliştirilmiştir.

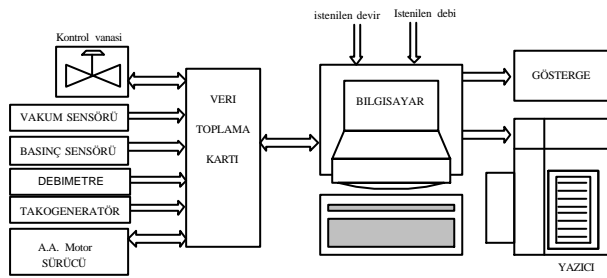
Sensörleri beslemek için tam regüle edilmiş üstünde voltmetre ve ampermetre bulunan 24 V D.A. bir güç kaynağı kullanılmıştır (Anonymous,2000). Ayrıca meydana gelebilecek statik elektriklenmenin sebep olacağı ölçme hatalarının önüne geçmek, hem de koruma amaçlı olarak topraklama yapılmıştır (Gürdal,2000). Yapılan topraklamada topraklama direncinin düşük olmasına özen gösterilmiştir. Gerçek-

lestirilen pompa deney ünitesinin blok seması Sekil 4'de gösterilmiştir.

Kullanılan debi metrenin ölçüm sinirları 0~16,66 l/s olduğundan, alınan 4 mA sinyal 0'a, 20mA sinyal ise 16,66 l/s ye karşılık gelecek şekilde kalibrasyon ayarı yapılarak, bilgisayar programı yardımı ile bilgisayar ekranında görülebilecek şekilde düzenlenmiştir.



Sekil 3. Bilgisayar kontrollü pompa deney ünitesi



Sekil 4. Bilgisayar kontrollü test ünitesinin veri ve sinyal devresi blok seması

Motor gücünü belirlemek için motora yol vermede ve devir sayısı ayarında kullanılan, ABB firmasının ACS 400 serisi frekans çeviricinin analog çıkış sinyallerinden faydalanılmıştır. Kullanım kılavuzunda belirtilen çalıştırma veri grubunun parametreleri, analog çıkıştan motor gücünü sağlayacak şekilde bir akım sinyali değerine ayarlanmıştır (Anonymous, 1999). Analog çıkıştan alınan 4-20mA sinyali motor gücüne

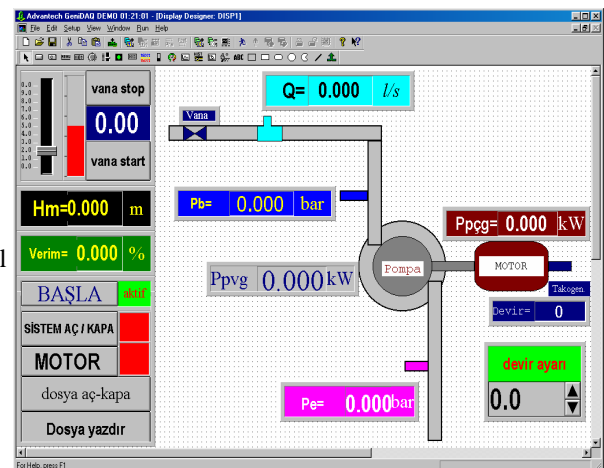
oranlanarak bilgisayar programı yardımı ile bilgisayar ekranına aktarılmıştır.

Elektrik motorunun devir sayısını ölçmek için motor miline bir takogenerator bağlanmıştır ve alınan gerilim bilgisayar programı yardımı ile devir sayısı olarak bilgisayara aktarılmıştır.

Basma hattı üzerine, akis yönünde, basma hattı basıncına uygun bir motorlu kısma vanası bağlanmıştır. Yapılan bilgisayar programı yardımı ile analog çıkıştan alınan 2-10 V D.A. sinyali vana devresine gönderilerek vananın istenilen aralığa ayarlanması sağlanmıştır. Vana konumunu bildiren sinyal tekrar bilgisayara alınarak verilen giriş sinyali ile konum sinyali karşılaştırılarak vana konumu kontrol edilmiştir.

Sensörlerden alınan verileri bilgisayara iletmek için bilgisayar ana kartı üzerine Advantech 1710 HG PCI serisi bir kart takılmıştır. Kart ile birlikte alınan kalibrasyon programı ile giriş sinyalleri ve ölçüm değerleri karşılaştırılarak kalibrasyonu yapılmıştır.

Bilgisayar kontrollü yöntem ile yapılan deneylerde, geleneksel yöntemle yapılan deneylerde kullanılan deney ünitesi bire bir kullanılmıştır. Sadece önceki ünite üzerinde bulunan mekanik ölçü aletleri ve geleneksel kontrol elemanları, elektronik ölçü aletleri ve bilgisayar kontrollü elemanlarla değiştirilmiştir. Deney ünitesinde bulunan bütün ölçme ve kontrol elemanları hazırlanan bilgisayar yazılımı aracılığı ile bilgisayara bağlanmıştır. Denemelerde kullanılan deney ünitesinin şekli, ölçüm ve kontrol elemanlarının şekli, değer göstergeleri, çalıştırma ve durdurma butonları bilgisayar ekranına hazırlanan program yardımı ile çizilmiştir. Deney esnasında kullanılan bütün elemanlar bilgisayar ekranından görsel hale getirilmiştir (Sekil 5).



Sekil 5. Bilgisayar kontrollü ünite kullanılan programın ekran görüntüsü

Bilgisayar ekranında yer alan program semasının, sistem kısmındaki start butonu mouse ile seçilerek ana kontaktörün çalışması sağlanır, böylece bütün sistemin enerjilenmesi gerçekleştirilir. Ekrandaki devir sayısı ayar kutucugunda bulunan yukari-asagi oklari üzerine getirilen mouse tusu ile motorun anma devir sayısı olan 2820 d/d devir sayısı ayarlanır veya 2820 yazılarak enter tusuna basılabilir. Ekranda bulunan motor kısmındaki start butonu Mouse ile seçilerek pompaya hareket veren elektrik motoruna kumanda eden kontaktör çalıştırılır ve ACS 400 sürücünün güç devresi çalışır ve motor anma devir sayısında dönmeye başlar.

Deneyin birinci asamasında, pompanın kararlı çalışma durumuna gelmesi için belirli bir süre beklenir. Bilgisayar ekranı üzerinde bulunan göstergelerden motorun devir sayısı, pompanın debisi, emme hattında bulunan göstergeden vakum, basma hattında bulunan basınç sensöründen basınç değeri ve güç göstergesinden motorun gücü gözlemlenmektedir.

Pompanın verdiği debinin kararlı hale gelmesi gerçekleştirildikten sonra, deneyin ikinci asamasına geçilir. Bilgisayar programı aracılığı ile gerçekleştirilmiş ekranda görülen *BASLA* butonu mouse ile seçilerek deney başlatılır. Baslatma butonu seçildikten bir dakika sonra *dosya-aç* butonu otomatik olarak açılır ve bu esnadaki bütün veriler otomatik olarak kayıt edilir, kayıt işleminden sonra *dosya-aç* butonu otomatik olarak kapanır. Bu işlemin ardından belirlenen vana aralığı için gerekli analog sinyal otomatik olarak artar ve bu analog kontrol sinyali ile vana aralığı istenilen değere getirilerek durdurulur. Bu konumda sistem bir dakika çalıştıktan sonra, yine otomatik olarak *dosya-aç* butonu açılır ve bu andaki bütün veriler otomatik olarak kayıt edilir ve kayıt işlemi tamamlandıktan sonra otomatik olarak kapanır. Bu işlem süreci vananın tam kapalı pozisyonuna kadar devam eder. Vananın tam kapalı pozisyonundaki değerleri de kayıt edildikten sonra deney işlemi otomatik olarak biter, vana otomatik olarak açık pozisyona gelir ve deney tamamlanır.

Bu deneyler esnasında alınan veriler bilgisayar programı yardımı ile matematiksel olarak işlendikten sonra elde edilen sonuçlar dosya ortamına otomatik olarak kaydedilir. Ekranda oluşturulan grafik göstergesi ile de değer değişimleri grafik olarak izlenebilmektedir. Ayrıca alınan değerlerin yazıcıdan alınması istendiğinde, ekranda bulunan dosya yazdır tusu mouse ile seçilir ve deney süresince alınan değerler yazıcıdan alınır.

Deney işlemi kısaca özetlenirse, operatör, mouse ile deneyi başlattıktan sonra başka bir işlem yapmamaktadır. Sistem tamamen otomatik olarak çalışmakta, çalışma süresince belirlenen vana pozisyonlarında veriler alınmakta ve gerekli hesaplamalar yapılarak kayıt ortamına otomatik olarak geçirilmektedir.

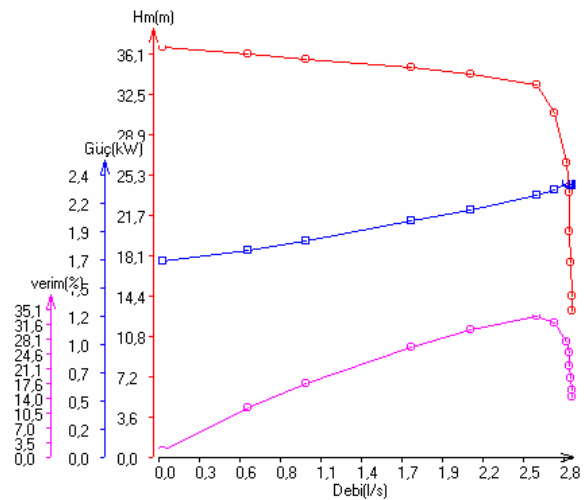
Gerçekleştirilen bilgisayar kontrollü test ünitesinde motor devir sayısının değiştirilmesi çok kolay hale geldiği için 2000 d/d' dan başlayarak 100 d/d lik adımlarla 2820 d/d kadar her kademedeki devir sayılarında deneyler tekrar edilmiş ve alınan veriler bilgisayara kayıt edilmiştir.

Daha sonra devir sayısı ile debi ilişkisini gözlemek için kısma vanası açık olarak tutulmuş, motor devir sayısı 500 d/d' dan başlanarak otomatik olarak anma devir sayısı olan 2820 d/d' ya yükseltilmiştir. Motor devir sayısının anma devir sayısına ulaşması program kontrollü altında üç dakika sürmüştür bu esnada değişen değerler bilgisayara kayıt edilmiştir. Böylece pompanın her devir sayısında vereceği debi miktarı otomatik olarak belirlenmiştir.

Alınan verilerin değerlendirilmesi ile istenilen eğrilerin çizilmesi DELPHI'de tamamiyle pompa deneyleri için tasarlanmış ve geliştirilmiş bir bilgisayar programı sayesinde gerçekleştirilmiştir. Bilgisayar programında deney esnasında alınan verilerin kayıt edilmesi için deney.txt dosyası oluşturulmuş ve grafik programı ortamına atılmıştır.

Deney işlemi bittikten sonra deney için kullanılan program kapatılarak geliştirilen grafik programı açılmıştır. Deney esnasında kaydedilen veriler grafik programında bulunan veri yüklemesi ile yüklenmiş ve aynı zamanda görsel hale getirilmiştir.

Yapılan deneyin eğrilerini çizmek için, önce yatay eksen üzerinde bulunan Debi(Q) işaretlenmiştir. Dikey eksen üzerinden de manometrik yükseklik H_m , güç (P_{pyg}) ve verim (?), seçilmiştir ve grafik çizim tuşuna basılarak H_m -Q, P-Q ve ?-Q eğrilerinin çizimi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem tekrarlanarak istenildiğinde bütün değişkenlerin bir grafik üzerinde eğrilerinin çizilmesi mümkün olmaktadır.



Sekil 6. Bilgisayar kontrollü üniteye yapılan deneyin bilgisayar ile çizilen pompa performans eğrileri

Deneyler tekrarlandığında her deney için ayrı txt. dosyası isimlendirilir. yapılan grafik programında dört değişik deney adı kaydedilmektedir. Program kullanılırken istenilen deney adı seçilerek, tekrarlanan her deneyin performans eğrilerinin çizimi mümkün hale getirilmiştir (Sekil.6).

Deney raporlarının yazılımı esnasında, alınan eğrilerin rapor içinde gösterilmesi gerektiğinde, grafik programı üzerindeki kopyala tusuna basılarak eğriler seçilir. Seçilen bu eğriler, raporun yazıldığı Word dosyası içine kopyalanarak rapor içine eklenir.

Gelistirilen bu grafik çizdirme programında üç ayrı grafik aynı tablo üzerinde gösterilmiştir. Program yapımı esnasında her eğri için ayrı renk belirlendiğinden eğrilerin bir biri ile karışması söz konusu olmamaktadır. Ayrıca her bir eğrinin tek tek de çizilmesi mümkün olmaktadır.

Pompanın genel performansı hakkında bilgi veren bu eğrilerin güvenilir olması imalat ve kullanım aşamasında oldukça önem arz etmektedir.

Ölçme Hatalarının Belirlenmesi

Santrifüj pompalar belirli teknik özelliklere göre üretilmekte ve bu özelliklerine göre performans eğrileri çıkartılmakta ve pompa performansı belirlenmektedir (Özgür,1993).

Pompa performans deneyleri yapılırken deneyin hangi sınıfa dahil olduğu belirtilmelidir. Performans deneyleri için ISO normları üç ayrı grupta toplanmıştır. Sınıflandırmada, sınıflar arasındaki fark esas olarak performans verilerindeki toplam hatanın miktarı ve izin verilen ölçme toleransları konularındadır. Bunlardan A sınıfına göre kabul deneyleri genellikle araştırma, geliştirme ve laboratuardaki bilimsel çalışmalarda kullanılmaktadır. Ancak 10 MW'dan büyük güçlerde B sınıfının oldukça kaba olduğu durumlarda da kullanılmaktadır. B sınıfı, genellikle (0.5-10MW) arası güçlerdeki pompalar için ölçmelerde orta mertebede sapmalara izin verilen kabul deneylerinde kullanılmaktadır. C sınıfı, ölçmelerde büyük sapmalara izin verilen seri olarak üretilen endüstriyel amaçlı standart pompalar için kullanılmaktadır (Karadogan, 2000).

Kullanılan ölçü aleti ve ölçü düzenekleri, ölçülen fiziksel büyüklüğü gerçek değerinden bir miktar sapma ile gösterirler. Bu sapma miktarı ölçme hatası, ve hatanın ölçülen değere oranı da ölçme toleransı olarak tanımlanır. Ölçme hatasının iki bileşeni; okuma hatası ve sistematik hatadır. Okuma hatası bir dizi okuma ile azaltılabilirken; kullanılan yöntemle ilgili olan sistematik hata bu şekilde azaltılamaz. Bunun için belli hata toleransları verilmiştir. Ölçüm cihazlarında izin verilebilen sistematik hata üst sınırları % olarak Çizelge 1'de verilmiştir. Ölçmede toplam hata için izin verilen üst sınırlar % olarak Çizelge.2'de verilmiştir (Karadogan,2000).

Çizelge.1. Ölçüm cihazları toplam hata sınırları

Ölçülen Büyüklük	ISO 5198	ISO 3555	ISO 2548
	Hassas Sınıf (A Sınıfı)	Müh.Sınıf 1 (B Sınıfı)	Müh.Sınıfı 2 (C Sınıfı)
Debi	±1.0	±1.5	±2.5
Basma Yüksek.	±0.5	±1.0	±2.5
Mil Gücü	±0.8	±1.0	±2.5
Dönme Hizi	±0.1	±0.35	±1.5
Elektrik Güç	-	-	±2.0

Çizelge .2. Ölçmede toplam hata sınırları.

Ölçülen Büyüklük	ISO 5198	ISO 3555	ISO 2548
	Hassas Sınıf (A Sınıfı)	Müh.Sınıf 1 (B Sınıfı)	Müh.Sınıfı 2 (C Sınıfı)
Debi	±1.5	±2.0	±3.5
Basma Yüksek.	±1.0	±1.5	±3.5
Mil Gücü	±1.0	±1.5	±3.7
Dönme Hizi	±0.2	±0.5	±2.0
Pompa Verimi	±2.25	±2.8	±5.0

Pompa verimi hesaplanırken ölçü aletlerinden kaynaklanan toplam ölçme hatası, aşağıdaki formülle ifade edilmektedir (Karadogan,2000;Yazici,1998)

$$f_h = \pm \sqrt{f_Q^2 + f_H^2 + f_P^2} \quad (1)$$

Burada;

$$f_Q = \text{Debi için ölçme hatası (\%)}$$

$$f_H = \text{Basma yüksekliği için ölçme hatası (\%)}$$

$$f_P = \text{Güç için ölçme hatası (\%)}$$

Bunların dışında deney sonuçlarına eğri uydurmadan dolayı ortaya çıkan hatalar da vardır. Yukarıda belirtilen ifadelerle alınan sonuçlardan hata hesapları yapılır ve hatanın ISO standartlarında belirtilen sınırlar içinde olup olmadığı belirlenir.

Sonuçların istatistiksel analizlerinde, MINITAB paket programı kullanılmıştır (Minitab, 1991).

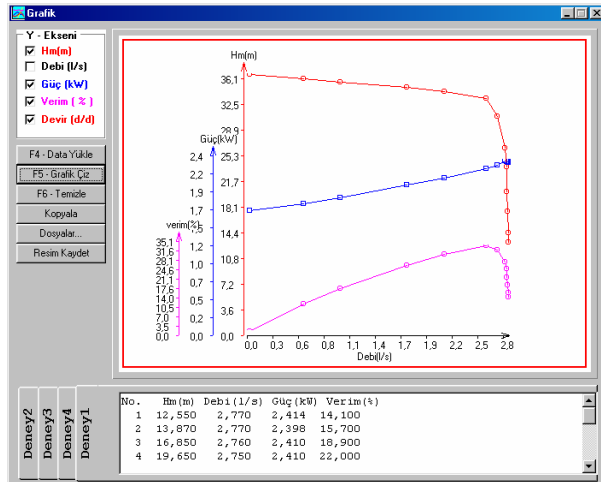
Gelistirilen Bilgisayar Programı

Deney ünitesinden verileri almak, gerekli hesaplamaları yapmak, kontrolleri sağlamak, güç devrelerini açıp kapamak, ölçülen değerleri ve hesaplamaları ekran üzerinde göstermek amacı ile bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Ayrıca deney ünitesinin seması bütünlük sağlaması amacı ile bilgisayar ekranına çizilmiştir (Sekil 5).

Bu amaçla kart ile uyum sağlayan SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) programı GENITAO (version 4.11) adlı bir otomasyon programı kullanılmıştır. Bu program içinde bulunan araçlar menüsünde program oluşturmak için gerekli işlemlerin sembolleri bulunmaktadır. Bu semboller analog girişler, analog çıkışlar, dijital girişler, dijital çıkışlar, butonlar, program hücreleri, aritmetik ve mantıksal işlemler hücreleri vb. dir. Bu menüler içindeki gerekli semboller kullanılarak analog girişler ve çıkışlar, dijital giriş ve çıkışlar ile gerekli programlama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Bilgisayar kontrollü deney ünitesinde alınan verilerin ve yaptırılan hesaplamaların sonucunu bir grafik üzerinde gösterebilmek amacı ile ayrıca bir grafik programı yazılmıştır. Yapılan grafik programının ekran görüntüsü Şekil 7'de verilmiştir.

Bu program ile grafik çizim işlemi seçenekli hale getirilmiştir. Bu program ile yapılan dört deneyin verileri yüklenmiş istenilen deneyin verileri seçmek mümkün hale getirilmiştir. Seçilen deneyden sonra deneye ait hangi eğri isteniyor ise onu da seçmek mümkün hale getirilmiştir. Böylece çok amaçlı, kullanımı kolay, otomatik veri alabilen bir grafik programı geliştirilmiştir.



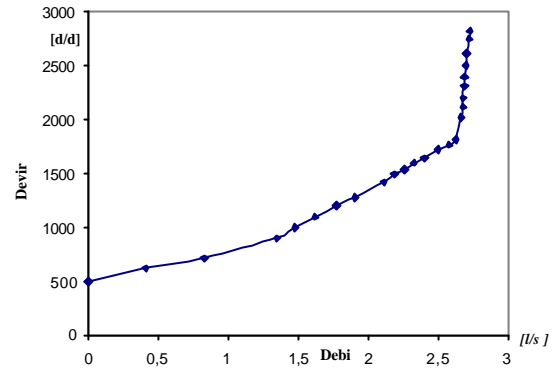
Şekil 7. Bilgisayar kontrollü ünitenin grafik yazılımının ekran görüntüsü

Bilgisayar Kontrollü Yöntemde Pompanın Devir sayısı-Debi İlişkinin Belirlenmesi

Pompanın devir sayısı ile verdiği debi ilişkisini belirlemek için devir sayısı değiştirilerek her değişik devirde debi miktarı ölçülmüş, alınan değerler grafik olarak da Şekil 8'de verilmiştir. Endüstri uygulamalarında ihtiyaç duyulan debi ve basınca göre, pompa devir sayıları frekans degistiriciler kullanılarak ayarlanmaktadır. Bu uygulama, vana ile debi ayarlama işlemine göre oldukça ekonomik olduğundan daha çok tercih edilmektedir (Bruce,1995; Nalbatoglu,2000).

Elde edilen bu grafik, endüstri uygulamaları için ve pompa tesis hesaplamalarında kolaylık sağlayacaktır.

Performans deneyinde zamana bağlı olarak kısma vanası otomatik olarak kapatılmakta idi. Bu deney için devir sayısının zamana bağlı olarak değiştiği bir program yapılmıştır. Deney pompa anma devir sayısı olan 2820 d/d döndürülme başlamış ve pompa karali çalışmaya geçtikten sonra otomatik çalışması sağlanmıştır. Devir sayısı her kademede 50 devir d/d azaltılmış ve geldiği devir sayısında bir dakika bekletilerek kararlı duruma gelmesi beklenmiş ve bu esnadaki devir ve debi değerleri kaydedilmiştir.



Şekil 8. Devir- Debi değişimi karakteristik eğrisi

DENEY SONUÇLARI VE TARTISMA

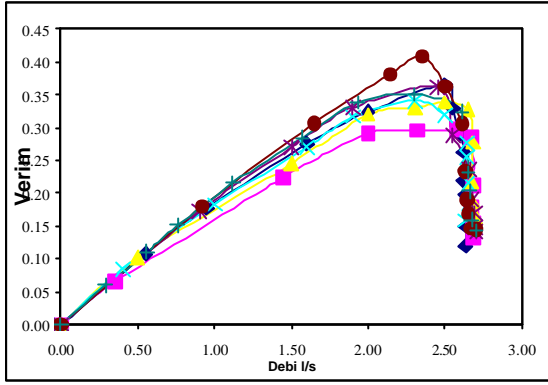
Geleneksel Yöntemle Yapılan Pompa Deneyinde Elde Edilen Sonuçlar

Geleneksel yöntemle 7 tekrerr halinde yapılan deneylerden elde edilen sonuçlardan en yüksek verim ve bu noktadaki pompa performans sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Geleneksel metotla yapılan deneylerin en yüksek verimdeki sonuçları

Deney Tekrar Sayisi	Güç kW (P _{pyg})	Debi l/s (Q)	Mamometrik Yükseklik m (H _m)	Verim % (?)
Deney 1	2.210	2.50	32.99	36.6
Deney 2	2.216	2.57	27.58	29.7
Deney 3	2.221	2.50	30.57	33.7
Deney 4	2.068	2.30	31.66	34.5
Deney5	2.134	2.50	32.14	36.15
Deney6	2.119	2.31	37.57	40.85
Deney7	2.074	2.50	32.25	35.05

Geleneksel yöntemle bulunan değerler incelendiğinde, maksimum pompa verimi civarında manometrik yükseklikte % 5.68, güçte % 7.2 ve genel verimde % 5.63 oranında sapmalar görülmüştür. Bulunan değerlerin sonucu olarak yedi ayrı verim değeri ve eğrisi elde edilmiştir (Şekil 9).



Sekil 9. Geleneksel metotla yapılan deneylerde elde edilen verim-debi karakteristik eğrileri

Geleneksel test ünitesinde kullanılan ölçü aletlerinin hata oranlarının, bulanacak verim üzerinde sebep olacağı ortalama karesel hata % 4.17 olarak bulunmuştur.

Geleneksel yöntemle yapılan deneylerden elde edilen verim değerlerinden faydalanarak hesaplanan varyasyon katsayısı % 9.514 olarak hesaplanmıştır.

Geleneksel yöntemde kullanılan ölçü aletlerinin ölçme alanı taksimatlandırılmasında, okuma değeri taksimat aralığına bağlıdır. Yani 10 ar 10 ar artan bir taksimatlandırmada 5 değerini okumamız mümkün olmamaktadır.

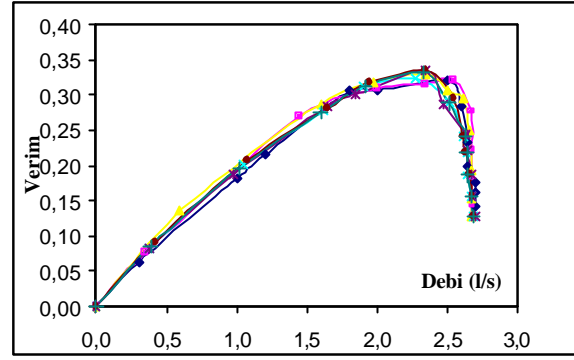
Bilgisayar Kontrollü Yöntem İle Yapılan Pompa Deneyinde Elde Edilen Sonuçlar

Bilgisayar kontrollü yöntemle 7 tekrerr halinde yapılan deneylerden elde edilen sonuçlardan en yüksek verim ve bu noktadaki pompa performans sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Bilgisayar kontrollü yöntemle yapılan deneylerin en yüksek verimdeki sonuçları

Deney Tekrar Sayısı	Güç kW (P_{pyg})	Debi l/s (Q)	Mamometrik Yükseklik m (H_m)	Verim % (?)
Deney 1	2.100	2.5	27.41	32.0
Deney 2	2.100	2.35	26.97	32.1
Deney 3	2.100	2.35	30.09	33.0
Deney4	2.040	2.55	29.49	32.6
Deney5	2.040	2.36	29.52	33.3
Deney6	2.038	2.35	29.54	33.4
Deney7	2,030	2,37	29,46	33,2

Gerçekleştirilen bilgisayar kontrollü yöntemle elde edilen değerler incelendiğinde maksimum verim civarında manometrik yükseklikte % 1.15, güçte % 0.36 ve genel verimde % 0.585 değerinde bir sapmanın olduğu görülmüştür. Bulunan değerlerden elde edilen verim eğrileri çizilmiştir (Sekil 10).



Sekil 10. Bilgisayar ile yapılan deneylerde elde edilen verim-debi karakteristik eğrileri

Gerçekleştirilen bilgisayar kontrollü test ünitesinde kullanılan sensörler ve DAC veri toplama kartının hata oranları, denklem (1) da yapılan aynı hesaplamada ortalama karesel hata % 0.549 olarak bulunmuştur.

Bilgisayar kontrollü test ünitesinde yapılan deneylerden elde edilen verim değerlerinden faydalanılarak hesaplanan varyasyon katsayısı % 1.843 olarak hesaplanmıştır.

Bilgisayar kontrollü test ünitesinde yapılan hesaplamalarda hata oranı % 0.549 olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar ISO 2548 C sınıfı deney şartlarında belirtilen hata sınıfının çok altında olduğu gibi, ISO 3555 B sınıfı deney şartlarında belirtilen hata sınırı %2.8 ve ISO 5198 Hassas sınıf (A) deney şartlarında belirtilen hata sınırı % 2.25 değerinin de altındadır. Bu sonuçlar, gerçekleştirilen bilgisayar kontrollü test ünitesinin de ISO 2548, ISO 3555 ve ISO 5198 Standardlarına göre deney yapmaya uygun olduğunu göstermektedir (Anonymous, 1998).

Bilgisayar kontrollü test ünitesinde motor gücü tespiti, ölçü aletleri kullanılarak değil de, ABB ACS 400 sürücünün analog çıkışlarından alınan sinyal ile belirlendiğinden güç ölçümü için kullanılan ampermetre, voltmetre ve cosömetre kullanılmamıştır. Böylece ölçü aletlerinden kaynaklanan hatalar ortadan kaldırılmış ve bu ölçü aletleri kullanılmadığından ekonomik katkı sağlanmıştır.

Bilgisayar kontrollü test ünitesinde, elektrik motoruna sürücü ile yol verildiğinden devir sayısının değiştirilmesi de mümkün olmaktadır. Deneyde kullanılan sürücüye bilgisayar yardımı ile kumanda edilerek devir sayısı 0 ile maksimum değeri olan 2820 d/d arasında değiştirilerek değişik devirlerde pompa deneyleri yapılmıştır. Ayrıca devir sayısı değiştirilerek devir-debi ilişkisi belirlenmiş ve eğrisi çıkarılmıştır.

Bilgisayar kontrollü test ünitesinde, debi ölçümü için manyetik debimetre kullanılmıştır. Debi metrenin analog sinyal çıkışı bilgisayara bağlanmış ve basma hattından geçen suyun debisi anında ölçülmüştür. Ayrıca debi metrenin kendi göstergesinde de debi miktarı gözlemlenmektedir.

Bilgisayar kontrollü test ünitesinde virgülden sonraki basamak sayısı istenilen seçime bağlıdır (3, 4, 5 basamak gibi). Sensörlerin ve DAC kartın özellikleri buna uygundur. Böylece ölçme ve hesaplamadaki hassasiyet artırılmış olur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, geleneksel yöntemlerle yapılan santrifüj pompa deneylerinde kullanılan test ünitelerinde meydana gelen, gerek ölçü aletlerinden kaynaklanan ve gerekse insan unsurundan meydana gelen okuma, kayıt ve hesaplama hataları tek tek incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, sistemdeki hataların bir çoğunu ortadan kaldıracak ve hata oranını en aza indirecek bir test ünitesi geliştirilmiştir.

Gerçekleştirilen bilgisayar kontrollü test ünitesinin toplam hata oranının yapılan hesaplamalar sonucunda (denklem 1) yaklaşık %0.6 olarak bulunmuş olması, bu test ünitesinin ISO 2548 C sınıfı, ISO 3555 B sınıfı ve ISO 5198 A sınıfı test işlemlerinde kullanılabilir nitelikte olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Gelistirilen grafik çizim programı sayesinde pompa performans eğrilerinin çizimi otomatik hale getirilmiştir. Bunun yanı sıra çizilen eğriler, yazılacak rapor aşamasında kolayca WORD ortamına tasvir hale getirildiğinden, grafik çizimi esnasında meydana gelecek hataların da önüne geçilmiştir.

Gerçekleştirilen test ünitesinde pompa performansına etki eden en önemli faktörlerden olan pompa devir sayısının kolay değiştirilebilmesi imkanı sağlandığından, bir kalite kontrol yöntemi olan TAGUCHI metodunun bu çalışmaya uygulanması kolay hale gelmiştir. Bu yöntem kullanılarak, pompanın performans deneylerinin yanı sıra, kalite kontrolünün de yapılmasını mümkün kılan bir deney ünitesi geliştirilmiştir.

Sonuç olarak, gerçekleştirilen pompa test ünitesinin kapasitesi sadece debi, devir, güç, basınç ve vakum parametreleri ölçümü ile sınırlı tutulmayabilir. Seçilen bilgisayar kartının ve yapılan bilgisayar programının özelliklerinden dolayı, bu konu ile ilgili olarak ileride yapılacak çalışmalarda, üniteye titreşim ve gürültü sensörleri ilave edilerek pompanın bütün özellikleri incelenip ayrıntılı performans ve kararlılık tespiti de yapılabilir.

İlende oluşacak mekanik hata parametrelerini kesintisiz kontrol edilebilmek için pompanın hareketli noktalarına gerekli sensörler yerleştirilebilir. Elde edilen bu parametre değerleri, Yapay Sinir Ağları ile de geliştirilecek bir program ile oluşabilecek arıza zamanı tespit edilerek revizyona ihtiyaç duyulan parçalar arıza oluşmadan önce değiştirilebilir. Bu sayede gerçekçi ve planlı bir bakım işlemi gerçekleştirilmiş olabilecektir.

KAYNAKLAR

- Anonymous, 1998. ISO 2548; ISO 3555; ISO 5198; Santrifüj Pompa Deney İlkeleri. POMSAD. Pompa İmalatçılar Derneği. İstanbul.
- Anonymous, 1999. ABB Frekans Çeviriciler, Kullanım Klavuzu, İstanbul.
- Anonymous, 2000. Siemens kullanım klavuzu.
- Anonymous, 2001. PCI 1710HG User's Manuel, Advantech Co.Lit. Taiwan.
- Balta, S.2001. Geleneksel ve Modern Debi Ölçme Yöntemlerinin pompalı Düzenler ve Pompa Deneylerinde Kullanımı, 4. Pompa Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, 154-163, İstanbul.
- Bruce, 1995. Saving energy through pump speed control Design, 2-20-1995,80.
- Çalışır,S.1996. Konya'da İmal Edilen Pompaların İşletme Karakteristikleri ve Değişik Yönde Uygulamalarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Dogus, R. ve Tezer, E, 1963. Santrifüj Pompalarda Karakteristik Eğriler ve Bunların Değerlendirilmesi, Ziraat Makineleri Dergisi,(3), 21-23,Ankara.
- Dogus, R., 1963. Santrifüj Pompa deneme laboratuvarı ve Proje Tatbiki. A.Ü. Ziraat Fak., Yayın No: 220, Ankara.
- Gürdal, O. 2000.Algilayıcılar ve Dönüştürücüler. Nobel Dagitim Ankara
- Karadogan, H. 2000. ISO 2548'e Göre C Sınıfı Pompa Kabul Deneyleri, Tesisat Dergisi (51),189-1196.
- Minitab. (1991). Minitab reference manuel (release 10.1). Minitab Inc. State University Michigan.
- Nalbantoglu, B. 2000. Pompalarda Enerji Tasarrufu, Tesisat Dergisi (57),166-170.
- Özgür, C. 1993. Su Makineleri. İTÜ Kütüphanesi, Sayı,1260, İstanbul.
- Serven, E.J. , 1979. Pompalar ve Enerji Tasarrufu, 1. Pompa Kongresi, 297-316, Ankara.
- Tezer E.1978.Sulamada Pompaj Tesisleri , Ç.Ü. Ziraat Fak. Adana
- Uz, E. ve Demir, V. 1995. Santrifüj Pompalar Derin Kuyu Pompaları Dalgıç Pompalar ve Pompa Deneyleri, E.Ü. Ziraat Fakültesi, İzmir.
- Yazici, H.F. , 1979. Santrifüj Pompaların Denenmesi, 1. Pompa Kongresi,247-284, Ankara.
- Yazici, H.F.,1996. Santrifüj Pompaların Denenmesi, 2. Pompa Kongresi,1-15, Ankara.
- Yazici, H.F.,1998. Pompa Normları Hakkında, 3. Pompa Kongresi ve sergisi, İstanbul.