

# PNÖMATİK SİSTEMLERDE TASARRUF ÖNLEMLERİ VE YÖNTEMLERİ

**Metin GÜLEÇ**

## ÖZET

Bir potansiyel pnömatik devre müşterisinin bir devreden çeşitli beklentileri vardır. Arttırılmış verimlilik, basınçlı havanın optimal kullanımı, minimum büyüklükte devre elemanları, enerji tasarrufu, yer tasarrufu, bu beklentiler arasında sayılabilir. Bu isteklerin her biri farklı ölçülendirmeler, farklı optimizasyon çalışmaları gerektirir. Söz gelimi, sıkıştırılmış havanın optimal kullanımı için minimum büyüklükte devre elemanının kullanılması tamamen ters bir durum yaratabilir. Her hangi bir devre elemanının yukarıda sayılan tüm beklentiler uygun bir eleman olması pek alışlagelmiş bir durum değildir. Belirli bir devre için asla en iyi valf, en iyi silindir gibi bir şey söylenemez. Ancak belirli bir amaca yönelik olarak en iyi elemanlar belirlenebilir. Bu çalışmada konuya enerji tasarrufu açısından yaklaşılmaya çalışılmıştır.

## GİRİŞ

Endüstride basınçlı havanın kullanılmadığı üretim tesisi hemen hemen kalmamıştır. Üretim tesislerinde basınçlı hava sistemlerinin harcadığı elektrik, enerji giderinde üçüncü sırada yer almaktadır.

Önemli bir enerji tüketiminin söz konusu olduğu basınçlı hava sistemlerine projelendirme ve işletim sırasında yeterli özenin gösterildiğini söylemek mümkün değildir.

Basınçlı hava sistemlerinin optimum koşullarda kurulması ve çalıştırılabilmesi için şu aşamalarda dikkat ve özen gösterilmelidir.

- -İşletmenin projelendirilmesi sırasında kompresör kapasitesi ve sayısının belirlenmesi
- -Fabrika içinde basınçlı hava sisteminin boyutlandırılması ve instalasyonu
- -Pnömatik kontrol devrelerinin tasarımı sırasında uygun devre tasarımı ve eleman seçimi
- -Fabrikanın çalışması sırasında gerekli bakım çalışmalarının elemanların en uzun süre çalışabilmelerine yönelik olarak gerçekleştirilmesi
- -İşletim sırasında gerekli yedek parça maliyetlerinin en aza indirilmesi
- -Üretim tesisinde kullanılan pnömatik elemanlarda standardizasyona gidilmesi.

Bu ana başlıklara bakıldığında tasarrufun iki ana aşamada yapılabileceği görülür;

- -İlk yatırım giderleri
- -İşletim giderleri

Pnömatik sistemlerde enerji ve maliyet tasarrufu için alınması gereken önlemler sisteme özgü verilerden yola çıkılarak değerlendirilmelidir. Şablon çözümlerin önerilemeyeceği açıktır.

Son yıllarda bu konularla ilgili yeni yeni araştırma geliştirme çalışmaları dünyada başlamıştır ve ciddi ilerlemeler kaydedilmiştir. Amerika'da TEC (The Electrification Council) kurumunun enerji yönetimi üzerinde mükemmellik konusunda verdiği ödülü, "Basınçlı Hava Sistemlerinin Optimizasyonu" kategorisinde Audit Air Inc. almıştır. Plastik ve kağıt kaplar üreten firmada çalışan bir ekip var olan

yükün %15 i ya da 700 BG bir tasarrufun mümkün olabileceğine tasarlamışlardır. Bu enerji tasarrufu; basınçlı hava çıkışını optimize edilmesi, hava kaçaklarının giderilmesi, düzeltici kontrollere yenilenmesi, tüm kompresör girişlerine hava girişini kontrol eden vanaların yerleştirilmesi ve en önemlisi bir enerji yönetim sisteminin kurulması ile sağlanmıştır. Sonuçta 600 BG deki bir kompresör sistemden çıkarılarak prosesin aynı şekilde devamı sağlanmıştır. Bunun anlamı yıllık 250.000 USD'lık bir kazançtır. Bu kazanç 6 ayda sistem maliyetinin amortismanını karşılamıştır.

Bu çalışmada genel olarak bütün tesislerde ortak özellikler taşıyan konular üzerinde durulacaktır. Aşağıda işlenen konulara yeterli dikkatin gösterilmesiyle sonuçlar kısa sürede kendini gösterecektir.

### PROJELENDİRME SIRASINDAKİ ÖNLEMLER:

İletken boru uzunluklarının minimum seviyede tutulmalıdır. Çok geniş alana yayılan tesislerde, merkezi bir yerde basınçlı havanın üretilmesi, dağıtılması yerine, basınçlı havanın kullanıldığı birimlerde lokal kapasiteli basınçlı hava sistemi kullanmak daha ekonomik olabilir.

İletken boruları mümkün olduğunca düz kullanmak gereklidir. Dirseklerde oluşan kayıplar çok yüksektir. Dirsek kullanılması gerektiğinde, malzeme tasarrufunu ön planda tutmayıp, iç yarıçapın en az 10 katı büyüklüğünde yarı çapa sahip dönüşler kullanılmalıdır.

İletken boru çaplarını yüksek tutmak  $C_v$ 'nin yüksek olmasını sağlayacaktır. Elbette ki; akış miktarı yükselecektir. İç hacmin yüksek tutulması iletkenin içerisinde her defasında doldurup boşaltılma süresini uzatır, bu da verim düşmesine neden olur. Her uygulama kendi içerisinde değerlendirilmeli ve optimum iletkin çapı hesaplanmalıdır.

Eğer müşterinin amacı, maksimum üretim sayısını (çevrim frekansını) elde etmek ise, öyle bir silindir çapı seçilmelidir ki; üretilen kuvvet, karşı yükün yaklaşık 2 katı olmalıdır. Eğer amaç basınçlı havayı tasarruflu kullanmaksa, çap mümkün olduğunca küçük olmalıdır, böylelikle basınç olabildiğince yüksek olur. Kuvvet, yükün minimum 1.33 katı büyüklüğünde olur. Bu değer altına düşülmemelidir. Silindir çapının belirlenmesinde fabrika içinde erişebilecek minimum basınç değeri göz önüne alınır ve buna göre hesaplama yapılır.

Strok uzunluğu; hesaplanan değer fazla uzun olmamalıdır. Gayet açıktır ki; daha uzun strok, silindirin iğinin doldurulması daha yüksek enerji demektir.

Valfler, gerektiğinden büyük olabilir.

Bir pnömatik devreyi, gerektiğinden daha yüksek basınçla beslemek, silindir hızını arttırmaz ama enerji harcamasını artırır. Her piston, belirli basınç şartları karşılandığında, belirli bir hıza ulaşır.

Eğer uygulama stroğun ileri ve geri hareketi ayrı iki yük ve süre değeri kullanıyorsa, bu durum ikili basınç sisteminde güzel bir örnektir. Dual basınçlı hava silindiri uygulamalarının akıllı kullanımı, büyük ölçüde hava tasarrufu sağlar. Bu konseptin piston yapısına uygulanması, silindir kolunun daha kısa olmasına ve pistonlardaki sızıntıların bir ölçüde azaltılmasına neden olur. Hava kaçakları, gerçekte basıncın büyüklüğü ile orantılıdır ve önlenemez endüstriyel problemler arasında yer alır. Dolayısıyla basıncı, mümkün olduğunca düşük tutmak, bu problemi de daha çözülebilir ve daha az masraflı bir hale getirecektir.

Devre elemanlarının iletkenlik değeri, sonradan kötü bir silindir performansı elde etmemek için, önceden belirlenmelidir.

Gelişi güzel akış kontrolü kullanımı tavsiye edilmez.

Hava tankları sistem verimliliğini her zaman olumlu yönde etkilemez.

İletkenin iç yüzey yarı çaplarından belirli bir süre sonunda oluşabilecek daralmaları önlemek amacıyla önlemler alınmalıdır. Elbetteki tek problem daralma değil, aynı zamanda iç yüzeydeki sürtünme katsayısının zamanla çok kötüye gitmesidir.

## TASARRUF ÖRNEKLEMELERİ

Aşağıda pnömatik sistemlerde enerji tasarrufu için çarpıcı örnekler verilmiştir.

Bir silindir veya pnömatik sistem için 2 tür tüketim vardır. Birincisi saat başına ortalama tüketimdir. Bu rakam, enerji maliyetinin bir ürünün toplam maliyet fiyatının bir parçası olarak hesaplamak ve kompresör ve hava şebekesi için gerekli kapasiteyi tahmin etmek için kullanılmaktadır. İkincisi, bir silindirin en yüksek tüketimidir. Bu tüketim, bir silindir için doğru boyuttaki valfi ve bağlantı borularını veya tüm bir sistem için uygun büyüklükteki şartlandırıcı ve besleme borularını belirlemek için kullanılmalıdır. Tasarruflu bir çalışma için bu koşullar dikkate alınarak sistem boyutlandırılmalıdır.

Silindirler genelde ileri stoklarında iş sağlarlar ve geri dönüş stroğu sadece yeniden iş yapabilmek için başlangıç konumuna dönmeye yarar. Dakikada  $1 \text{ m}^3$  hava sağlayacak şekilde 6 barda çalışan bir sistemde ileri stroğu düşünürsek ve geri dönüşü bir regülatör yardımıyla daha düşük basınç seviyeleriyle sağlarsak elde edeceğimiz tasarruf tartışılmaz bir gerçektir. Ancak bu gibi önlemler ilk yatırım maliyetlerini arttırdığından kabul görmemektir. Halbuki; işletmedeki sistemin yıllarca çalışacağı göz önüne alınsa bu maliyetlerin kat kat üstünde tasarruf elde edileceği aşikardır.

Bu şekilde yapılan bir deneysel çalışmada ileri ve geri stroklarda 6 bar lık basınç yerine istenen aynı işi yapmaya yetecek ileri strokta 4 bar, geri strokta ise 1 bar kullanılması durumunda enerji maliyetinin yaklaşık olarak %36 azaldığı kanıtlanmıştır.

## HAVA KAÇAKLARI

Basıncılı hava kaçaklarının önlenmesi enerji tasarrufu için önemli bir fırsattır. Kaçaklar çoğunlukla emniyet valfleri, boru ve hortum bağlantı yerleri, kısıcı valfler, yol verme kaplinleri ve pnömatik elemanlarda meydana gelir. Pek çok durumda kaçaklar, uygun olmayan tesisattan ziyade yetersiz bakımdan kaynaklanır. Eğer kaçaklardan dolayı meydana gelen güç israfının yeterince bilincinde olunabilirse, sızdırmazlıkla ilgili kaçaklar, enerji tasarrufu olarak kolaylıkla geri kazanılabilir. Aşağıdaki tabloda normal çalışma basıncının 6 bar olduğu durumda değişik boyutlardaki deliklerin yol açtığı kaçaklar tarafından israf edilen güç değerleri yaklaşık olarak verilmektedir.

| Delik çapı -mm- | Hava kaçağı (6 barda) l/s | Sıkıştırma için gerekli güç-6 bar- kW |
|-----------------|---------------------------|---------------------------------------|
| 1               | 1                         | 0.3                                   |
| 2               | 10                        | 3.1                                   |
| 5               | 27                        | 8.3                                   |
| 10              | 105                       | 33                                    |

## TEMİZLİK

Hava girişine yerleştiren hava fitreleri ile, hava içerisinde bulunan toz ve pislikler tutularak kompresöre daha temiz hava girişi sağlanır. Hava filtrelerinin temizliği sık sık yapılmalıdır. Eğer filtreler aşınmışsa değiştirilmelidir. Aksi halde filtreler tıkanarak basınç düşmelerine neden olurlar.

Hava girişlerinde her 25 mbarlık kaybı, kompresör performansını %2 azaltır.

## BASINÇLI HAVANIN OPTİMUM KULLANIMI

Basınçlı havanın yerine kullanılacak, daha efektif, daha ucuz olabilecek metodlar çok iyi araştırılmalıdır. Hava ekipmanlarının kullanımının güvenilirlik, sağlamlık ve güçlülük gibi avantajları olmasına rağmen, diğer enerji kaynakları ve ekipmanları ile karşılaştırıldığında bakım ve çalışma masrafları son derece yüksektir.

Genelde 7-8 barda üretilen hava düşük basınç gerektiren işlerde kullanılmamalıdır. Eğer gerçekten de düşük basınçta hava gerekiyorsa, kompresör yerini blower (üfleyci) kullanılabilir.

## GİRİŞ HAVASININ ENERJİ TASARRUFUNA ETKİSİ

Prencip olarak soğuk, temiz ve kuru hava girişi daha verimli bir sıkıştırma sağlar. Bu nedenle binanın kuzey yönünde ve yağmurdan korunmuş bir hava girişi tercih edilmelidir. Hava girişi ile kompresör arasındaki boru bağlantısının kısa, düz ve çapının büyük olması basınç düşmelerinin minimuma inmesini katkı sağlar. Hava girişine yerleştirilen hava filtreleri ile hava içerisinde bulunan toz ve pislikler tutularak kompresörlere daha temiz hava girişi sağlanmalıdır. Hava filtrelerinin temizliği sık sık yapılmalıdır. Eğer filtreler aşınmışsa değiştirilmelidir. Aksi halde filtreler tıkanarak basınç düşmelerine neden olurlar. Girişteki her 25 m bar'lık basınç kaybı kompresör performansını %2 azaltır.

Giriş sıcaklığındaki her 5 °C lik düşme enerji tüketiminde %2'lik bir azalmaya neden olur. Aşağıda bununla ilgili olarak bir örnek çözülmüştür:

21° C de kullanım yerlerine gönderilen 1000 m<sup>3</sup> debide hava için, muhtelif giriş havası sıcaklıklarına göre enerji tasarrufu veya fazla tüketim oranları tabloda verilmiştir.

| Giriş havası sıcaklığı | 21°C de 1000 m <sup>3</sup> debi için gerekli hava hacmi-m <sup>3</sup> | 21°C sıcaklığa göre harcama tasarrufu |
|------------------------|---|---------------------------------------|
| -1                     | 925   | +% 7.5                                |
| 5                      | 943   | +% 5.7                                |
| 10                     | 962   | +% 3.8                                |
| 16                     | 981   | +% 1.9                                |
| 21                     | 1000  | +% 0.0                                |
| 27                     | 1020  | - %1.9                                |
| 32                     | 1040  | - %3.8                                |
| 37                     | 1060  | - %5.7                                |
| 43                     | 1080  | - %7.5                                |
| 49                     | 1100  | - %9.5                                |

## SONUÇ

Basınçlı hava, insanlar tarafından bedava bir enerji kaynağı olarak düşünülmektedir. Özellikle ülkemizde basınçlı hava enerjisinden yararlanan tesislerde iyileştirme ya da enerji tasarrufu yolunda her hangi bir çalışma yapılmamaktadır. Batıda bu tür çalışmalarla ilgili ciddi ilerlemeler kaydedilmiştir.

Genellikle tesis çalışmadığında basınçlı hava sistemi için yapılacak çok kolay bir şey, kompresörün ayar düğmesine basıp, basıncı arttırmak, bu işleme sistem çalışıncaya kadar devam etmektir ancak sistemde birtakım kaçakların olabileceği ve bunların giderilmesi gerektiği düşünülmez. Elbette bu çözüm uygun değildir. Yapılması gereken minimum kapasite ve enerji kullanımı ile maksimum iş yapılmasını sağlamaktır.

Bu çalışmanın amacı, özellikle Türkiye'deki endüstriyel uygulamalarda bu konuya dikkat çekilmesini sağlamak ve basınçlı hava hakkında var olan yanlış bilgilere dikkat çekmektir. Bu açıdan baktığımızda şu noktalar üzerinde durmakta yarar vardır.

Basınçlı hava sistemi, bir çok endüstriyel tesiste 3. en yüksek elektrik kullanıcısıdır ve enerji maliyetlerinin düşürülmesi açısından en önemli fırsattır.

Sisteme basınçlı hava sağlanması konusundaki tüm problemler, bir başka ve daha büyük kompresörle çözümlenebilir düşüncesi çok yanlıştır. Modern bir endüstriyel tesiste daha kötü tasarlanmış bir dağıtım hattı, üretilen basınçlı havanın %65'inin dağıtım esnasında kaybedilmesine sebep olabilir.

Tüm kompresörlerin devamlı çalışır durumda tutulması, üretim problemini azaltmaz, aksine artırır.

Basınç yükseldikçe kayıplar da artar. Çünkü kontrol edilmeyen noktalar, kaçaklar yüksek basınçta oransal olarak yüksek kayba neden olurlar.

Hava ekipmanı üreticileri ve satıcıları her zaman en doğru ve en yararlı bilgiyi vermezler. Çünkü her sistem kendine özgüdür ve ancak kullanıcı kendi sistemini en iyi şekilde analiz ederek ve ihtiyaçlarını belirleyerek doğru malzeme ve doğru kompresör ihtiyacını belirleyebilir. Üretici ve satıcılar, ellerindeki ekipmanın kapasitesini bilirler ve ancak bu konuda kullanıcıya yardımcı olabilirler.

Kısmi yüklemeye çalıştıran kompresörler daha verimli kullanılıyor demek değildir. Kaba bir yaklaşımla %100 kapasite ile çalıştırılan bir kompresör 100kW. enerji harcıyorsa % 50 kapasite ile çalıştırılan aynı kompresör 65 kW. enerji harcar. Buradan çıkarılan sonuç, kompresörün en yüksek verime sahip olduğu iki tane modun varlığıdır. Bunlar, kompresörün %100 kapasitede çalıştırılması ya da kapatılmasıdır. Bu nedenle sisteme kompresör satın alınırken o sistemin gereksinimleri çok iyi biçimde belirlenmelidir. En büyük kompresörü almak en sağlıklı çözüm değildir.

İşletmelerde enerji ve doğal kaynakların verimli kullanılması ve enerji tasarrufu yapılması konularında ciddi çalışmalar yapılmalıdır. Atelyelerin enerji tüketimlerinin takibi ve tesbit edilmesi çalışmalarını sistematik olarak yürütülmeli ve kaydedilmelidir. Bu işlerle ilgili olarak fabrikada özel birimler kurulmalıdır.

Fabrikadaki bakım çalışmaları periyodik olarak yürütülmelidir. Kompresörlerin ve sistemdeki diğer ekipmanların bakımlarıyla ilgili talimatlar düzenlenmeli ve takip edilmelidir.

Sonuç olarak; basınçlı hava sistemlerinde yapılacak olan optimizasyonun ve konuya yapılacak olan yatırımların; sistem analizi, bakım, ölçüm, kalibrasyon gibi konulara eğilmenin çok yüksek enerji tasarrufu olarak kullanıcıya geri döneceğini unutmamalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Pichot P. "Compressor Application Engineering, Volume 1. Compression Equipment", 1968
- [2] Kovacs A. ,Desmur G. "Pompalar, Vantilatörler, Kompresörler" ,İ.T.Ü. Yayınları, 1994
- [3] "Mühendislikte Enerji Tasarrufu Araştırma Notları", Marmara Üniversitesi, 1991
- [4] Fleischer H. "Manual of Pneumatic Systems Optimization", Mc Graw-Hill, 1995

## ÖZGEÇMİŞ

1957 yılı Aydın doğumludur. 1979 yılında Yıldız Üniversitesi'ni bitirmiştir. Üç yıl Türkiye Elektrik Kurumunda çalışmıştır. 1984-1991 yılları arasında İ.T.Ü Makine Fakültesinde araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. Yüksek Lisans ve Doktora çalışmalarını İ.T.Ü de 1983-1993 yılları arasında gerçekleştirmiştir. 1991-1994 yılları arasında özel sektörde çalışmıştır. 1994 de Teknik Otomasyon San. ve Tic. Ltd. Şti'ni kurmuştur. Halen aynı şirkette Endüstriyel Otomasyona yönelik çalışmalar yapmaktadır.