

DEĞİSKEN DEVİRLİ KOMPRESÖRLER

Dervishan YILDIZ

ÖZET

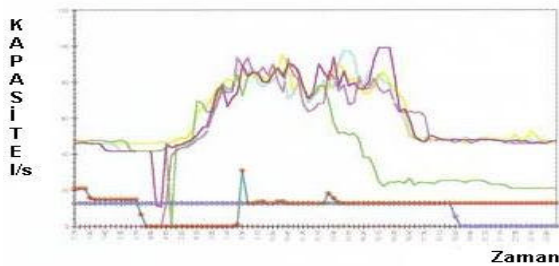
Değişken devirli kompresörler gerek çevrenin korunması gerekse üretici firmaların maliyetlerini düşürme amacıyla, yüzlerce fabrikada bağımsız elektrik kuruluşlarının yaptığı ölçümler ile desteklenerek enerji tasarrufu sağlandığı ispatlanmış ve kullanıma sunulmuştur. Günümüzde çok sayıda değişken devirli kompresör bu amaca uygun olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de bu uygulama 1997 yılında başlamış olup, giderek daha fazla uygulama alanı bulmaktadır.

GİRİŞ

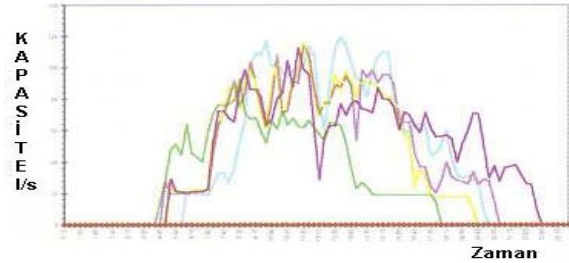
Dünyadaki çeşitli üretici firmalar daha fazla enerji tasarrufu yapabilmeyi pesindedirler. Bunun sebebi sadece maliyetlerin azaltılması değil aynı zamanda çevrenin de (Kaynaklar, ozon tabakası, sera etkisi vb..gibi) korunmasını sağlamaktır. Değişken devirli kompresörler enerjinin bir formu olan basınçlı havanın daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır.

Bir kompresör üreticisinin bir elektrik dağıtım şirketine (Electrabel/Belçika) yaptırmış olduğu ölçümler ile değişken devirli kompresörlerin konvansiyonel kompresörlere göre (bos-yük ve klapeli oransal kontrol sistemiyle çalışan kompresörler) enerji maliyetleri açısından daha avantajlı olduğu ispatlanmıştır. Ölçümler gerçek ortamlarda yüzün üzerinde fabrikada ölçüm kutusu adı verilen cihazlarla yapılmıştır. Cihazlar makinaların selenoid valflerine bağlanmıştır. Buradan alınan sinyaller ölçüm kutusunda toplanmış ve elektronik ortama taşınmıştır. Ölçüm kutusu programı diye geliştirilen bir yazılım programı sayesinde küçük ve orta ölçekli firmalarda yapılan yüzlerce ölçüm Electrabel’in laboratuvarlarında analiz edilmiş ve hava ihtiyaçlarına göre 3 grup profil çıkmıştır;

Birinci profil, 24 saat/ gün çalışan bir fabrikadır. Bu profile gece vardiyalarında düşük tüketim, gündüz vardiyalarında yüksek tüketim, öğle paydoslarında azalan bir tüketim ve sebekedeki kaçaqlardan veya bazı ekipmanların minimum seviyede kullanılmasından dolayı sabit ve sürekli bir hafta sonu tüketimi bulunmuştur. Yapılan tüm ölçümlerin % 64’ü bu profil altında toplanmıştır (Sekil1).

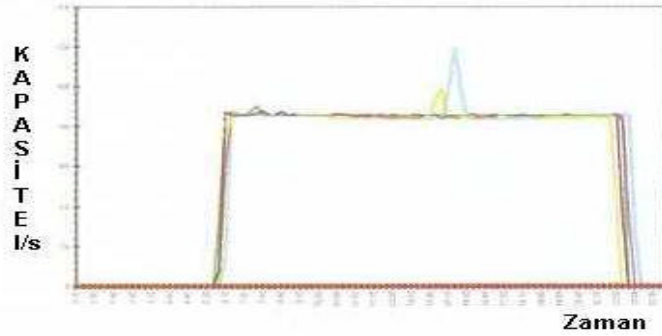


Sekil 1. Profil 1.



Sekil 2. Profil 2.

İkinci profil, haftanın beş günü çift vardiya çalışan fabrikayı temsil etmektedir. Bu profile geceleri ve hafta sonu tüketim yoktur. Hava tüketimi düzensiz bir şekilde dalgalanmalar göstermektedir (Yapılan ölçümlerin %28’i bu profile toplanmıştır.) (Sekil 2).

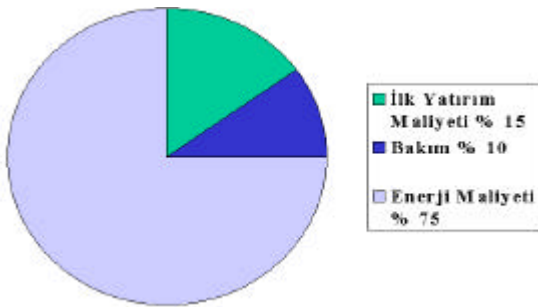
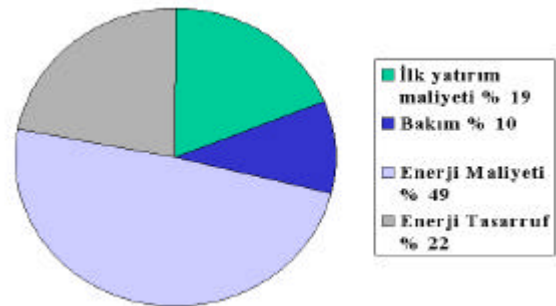
**Sekil 3.** Profil 3.

Üçüncü profil ise haftanın 5 günü sabit hava tüketimi olan fabrikalara tipik bir örnektir. Bu tip uygulamalar küçük ve orta ölçekli fabrikalarda çok yaygın olmayıp yapılan ölçümlerin %8'ini temsil etmektedir. (Sekil 3)

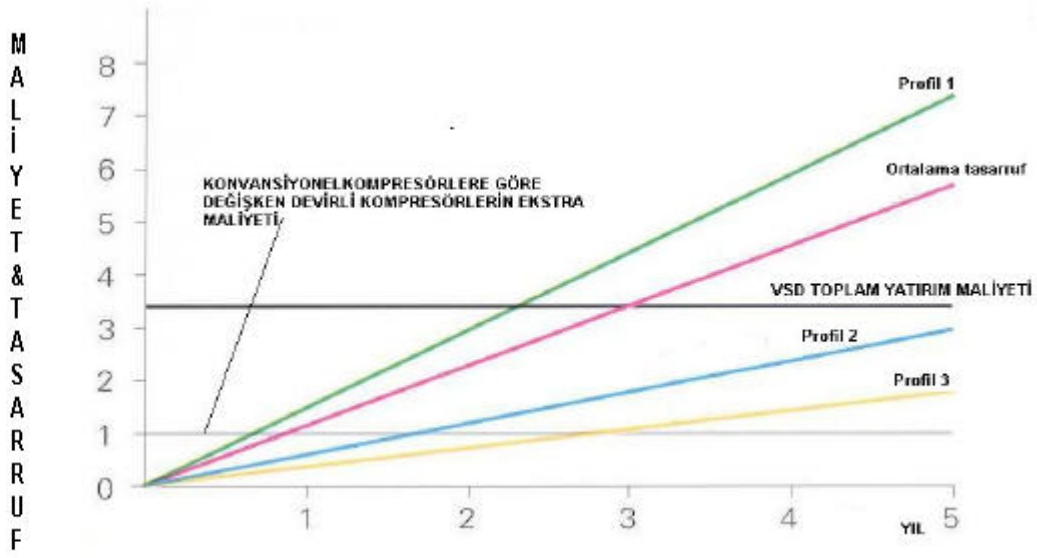
Tablo 1. Degisken devirli kompresörlerin hava ihtiyaç profillerine göre ortalama enerji tasarrufu

Hava İhtiyaç Profili	Haftalık kWh	Yillik kWh	Yüzde %
1	2,170	108,500	%38
2	871	43,525	%29
3	522	26,075	%14
Ağırlıklı Ortalama	1,674	83,713	%35

50kW'lık bir degisken devirli kompresör ile 45'er kW'lık bos-yük ve klapeli oransal kontrol çalisan 2 ayrı kompresörün, laboratuarda 1 haftalık periyotlarla 9 hafta süren, 3 ayrı profile bağlı kalınarak yapılan ölçüm sonuçlarına göre % 35 gibi yüksek bir oranda enerji tasarrufu ortaya çıkmıştır (Tablo 1). Bu oranı 10 yıllık süreç içerisinde oransal olarak karşılaştırma yaptığımızda enerji maliyetinin ne kadar büyük bir yer tuttuğunu (%75) (Sekil 4).ve bu oranın degisken devirli kompresörler ile %49'a kadar düştüğünü görmekteyiz (Sekil 5).

**Sekil 4.****Sekil 5.**

10 Yıllık süreçte kompresör harcamalarının oransal ilişkisi ve degisken devirli kompresörler ile sabit devirli kompresörlerin maliyetler açısından karşılaştırılması



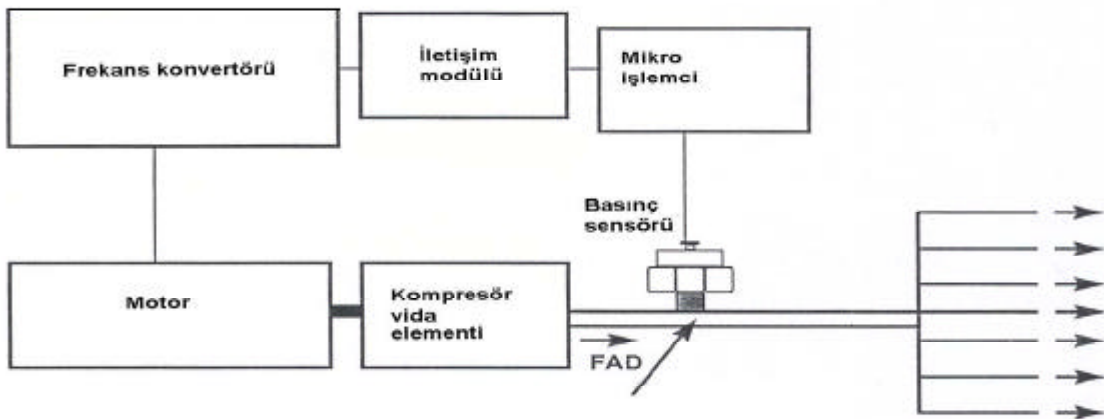
Sekil 6. Degisken devirli kompresörlerin profillere göre geri dönüş hızı

Bir degisken devirli kompresörün ilk yatırım maliyetini ve ekstra maliyeti olarak geri dönüşümü üç ayrı profil için incelediğimizde; (Sekil 6)

- Ortalama olarak bir konvansiyonel kompresör ile karşılaştırıldığında degisken devirli kompresörün ekstra maliyeti 1 yıl içerisinde, geri dönüş süresi ise 3 yıl olacaktır.
- Firmalarında degisken devirli kompresör kullanan ve hava ihtiyaç grafiği profil1 grubuna giren kullanıcılarda geri dönüş çok hızlı olacaktır.
- Profil 2 için daha ekstra maliyeti kabaca 1.5 senedir.
- Profil 3 ise sabit devirli bir kompresör için daha uygun olmasına ve dolayısıyla degisken devirli kompresörlerin bu profil için uygun olmamasına rağmen, başlangıçta yapılan ekstra maliyetin 3 yıl içinde geri dönüşü söz konusudur.

Degisken Devirli Kompresörlerin Akis Semasi

Degisken devirli kompresörlerde ise grafikte görüldüğü gibi sensör vasıtasıyla devamlı hava hattından veriler alır ve bunu frekans konvertörüne iletir. Frekans konvertöründe bu veriyi uygun frekansla birleştirerek motora verir. Motor elde ettiği frekansa göre hızını azaltır veya artırır. Motorun devrindeki azalma veya artma degisken hava ihtiyacını karşılanmasını sağlayacaktır (Sekil 7).



Sekil 7. Degisken devirli kompresörlerin akis semasi

Değişken devirli kompresörlerde kompresör bünyesinde titreşim oluşması nedeniyle titreşim testleri yapılmaktadır. Bu yolla titreşim oluşturan tüm hızlar saptanarak gerekli önlemler alınmaktadır. (Özel borulamalar, motorun desteklenmesi, kaplin yuvasının modifiye edilmesi, hız sürücüsüne uygun motor ve yağ pompası seçilmesi vb.) Rezonans yaratan tüm frekansların önlenmesinin mümkün olmadığı durumlarda hız regülatörü üzerinde programlama yapılarak rezonans yaratan bazı hız aralıkları atlanmaktadır. Değişken devirli kompresör seçiminde aranması gereken diğer önemli bir nokta EMC talimatlarına tam uygunluktur. Bu talimatlara bağlı olarak konvertörün verimli kullanılabilmesi ve oluşabilecek rezonansın önlenmesi için hız sürücüsündeki kapasitörün nominal voltajının büyük seçilmesi ve sok filtrelerinin kullanılması gerekmektedir.

Frekans Konvertörü

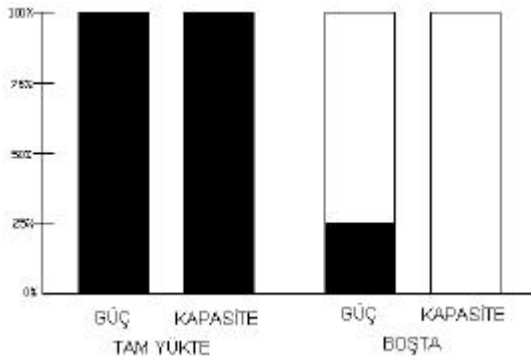
Konvertör, 3 ayrı kısımdan oluşmaktadır; Doğrultucu, DC-link ve Invertör. Güç kaynağı 3 faz 380 volt ve 50 Hz AC voltajı rediösöre iletir. Doğrultucu da bu voltajı DC voltaja çevirir. DC link bu voltajı filtreden geçirir ve stabilize eder. (Doğrultucu ve DC link beraber, invertörü besleyen sabit doğru akım voltaj kaynağı gibi davranırlar.) Invertör de değişken frekans ve değişken gerilim yaratarak kompresör motorunu besler. Bu çevrimle, motorun devri dalgalanan hava ihtiyacına göre değişecektir.

Değişken Devirli Ve Konvansiyonel Kompresörlerin Enerji Kullanımı Açısından Karşılaştırılması

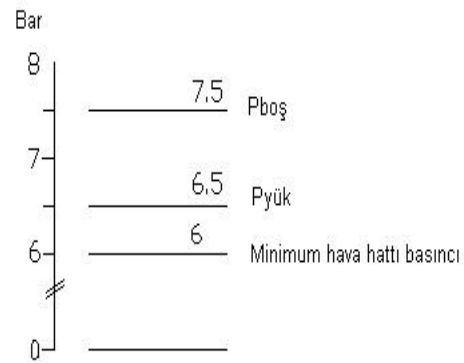
Geleneksel makinalarda kalkış ve duruşlar motor gücüne göre sınırlı sayıdadır. Motora zarar gelmemesi için konulan bu sınır nedeniyle konvansiyonel kompresörler ister, yük-bos kontrollü (load-no load) çalışsın ister klapeli oransal (modulation control) kontrollü sistemler ile çalışsın hava profillerine bağlı olarak bosta çalışırlar.

Bos Yük Kontrollü Çalışan Kompresörlerde Güç-Kapasite İlişkisi

Bos yük prensibiyle çalışan kompresörlerde hava ihtiyacı söz konusu olmadığında kompresör bosta çalışarak % 25 civarında enerji tüketir (Şekil 8).



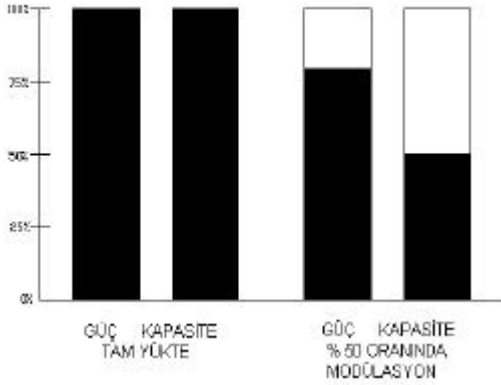
Şekil 8. Bos-yük kontrollü kompresörlerde güç kapasite ilişkisi



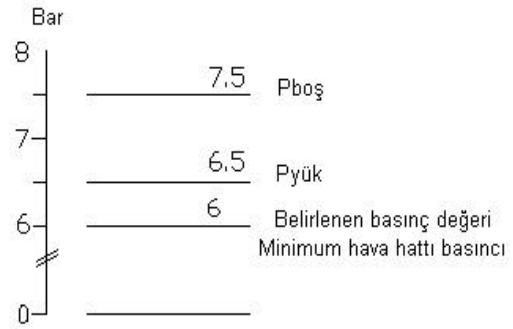
Şekil 9. Bos-yük kontrollü kompresörlerde çalışma basıncı aralığı

Klapeli Oransal Kontrol İle Çalışan Kompresörlerde Güç Kapasite İlişkisi

Klapeli oransal kontrol ile çalışan kompresörlerde ise kapasiteyi %100 ile % 50 arasında değiştirmek mümkündür. Bu da kompresörün motorun kalkış sayısını azaltmak için düşünülmüştür. Fakat kapasiteyi iki band arasında değiştirirken harcanan güç miktarı oldukça yüksektir (Şekil 10). Bu sistemler de % 50 kapasitenin altında bosta çalışırlar.



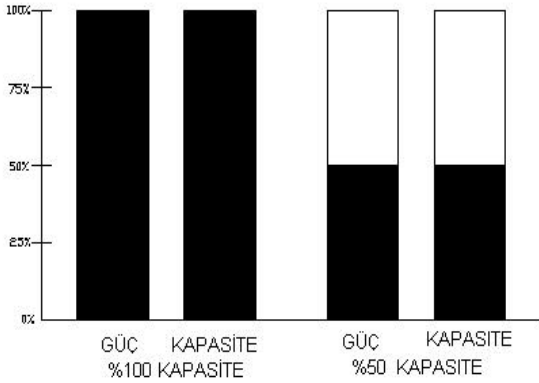
Sekil 10. Klapeli oransal kontrollü kompresörlerde güç kapasite ilişkisi



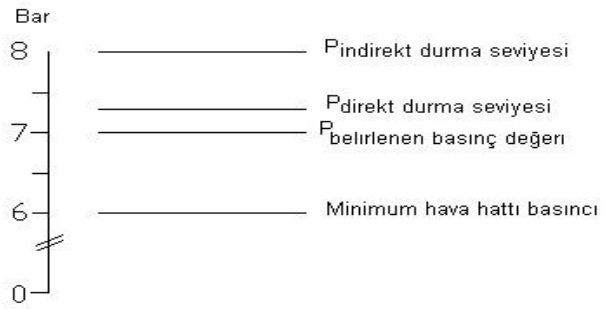
Sekil 11. Klapeli oransal kontrollü kompresörlerde çalışma basınç aralığı

Degisken Devirli Kompresörlerde Güç Kapasite İlişkisi

Degisken devirli kompresörlerde güç ve kapasite kullanımı birbirine paraleldir. Sistemin azalan ve artan hava ihtiyaçları, aynı oranda azalan ve artan güç miktarıyla karşılanmaktadır (Sekil 12).



Sekil 12. Degisken devirli kompresörlerde güç kapasite ilişkisi

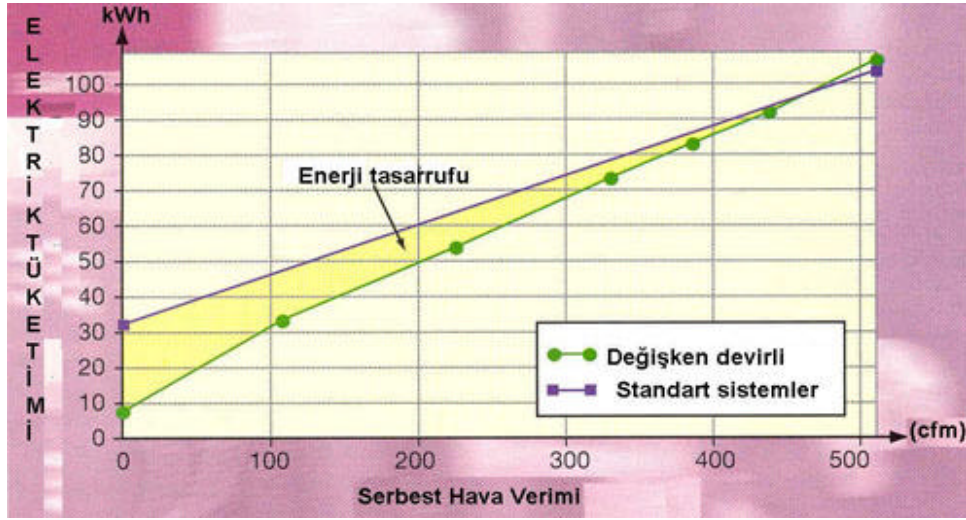


Sekil 13. Degisken devirli kompresörlerde çalışma basınç aralığı

Degisken Devirli Kompresörlerin Diğer Avantajları

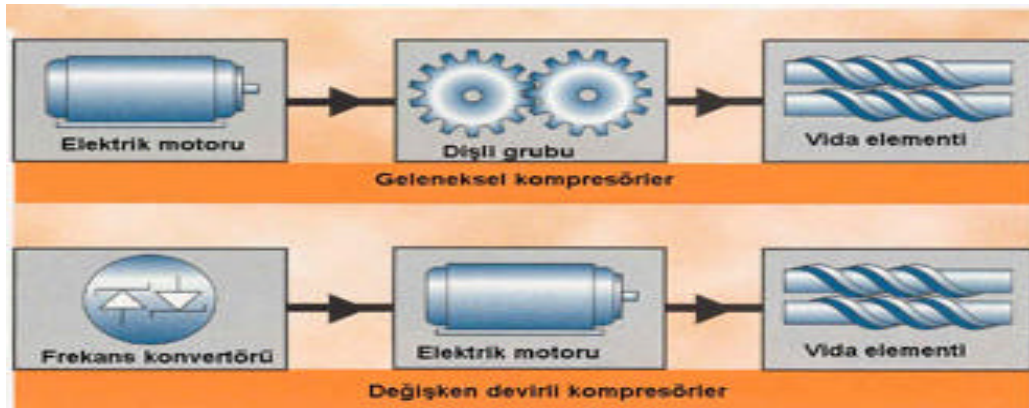
Degisken devirli kompresörlerde basınç bandı 0.1 bar'dir. Konvansiyonel kompresörler de ise 0.5-1 bar basınç bandı aralığında degismektedir. Basıncın her 0.3 bar düşüsü % 2 enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Degisken devirli kompresörler basınçlı hava sisteminin azalan ve artan hava ihtiyacını azalan ve artan güç miktarlarıyla karşılamaktadır. Kalkış ve duruşlar sınırsız sayıda olduğu için motorun bosta çalışmasına gerek kalmamaktadır. Bosta çalışmada harcanan enerji tüketiminde potansiyel olarak enerji tasarrufuna dönüşmektedir. (Soft start-soft stop) Aynı zamanda yumuşak kalkış söz konusu olduğu için ilk çalıştırma akımlarında ortaya çıkan pik çekimler ortadan kalkacaktır (Sekil 14).



Sekil 14. Değişken devirli ve konvensiyonel kompresörlerin enerji kullanımı açısından karşılaştırılması

Motorun devri değişken olduğu için dişli kutusu veya kayış kasnak bağlantılarına gerek yoktur. Bu yüzden oluşacak enerji kayıpları da söz konusu olmayacaktır. Konvensiyonel kompresörlerde ise bu bağlantılara ihtiyaç vardır (Sekil 15).



Sekil 15. Değişken devirli ve konvensiyonel kompresörlerin karşılaştırılması

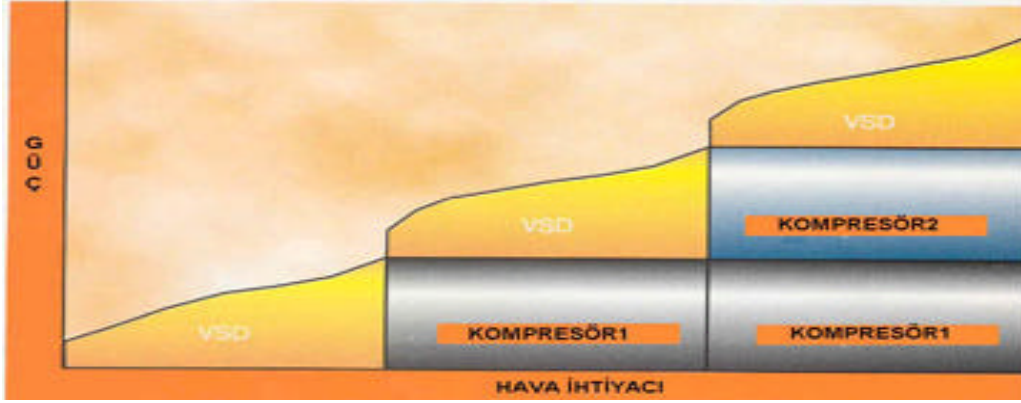
Değişken devirli kompresörlerde güç faktörü (cos ϕ) değerleri 0.95 ile 0.98 arasındadır. Bu diğer sistemlerde 0.53'lere kadar düşebilmektedir. Bu değer in yüksekliği ;

- Aktif motor gücünün daha düşük toplam güç talebine gereksinimi olacaktır.
- Güç kaynağı üzerindeki termal kayıplar daha az olacaktır.
- Güç kaynağı üzerindeki voltaj düşüşleri azalacaktır.
- Kullanıcının elektrik güç kaynağı daha küçük seçilecektir.

Değişken Devirli Kompresörlerin Sistem Adaptasyonu

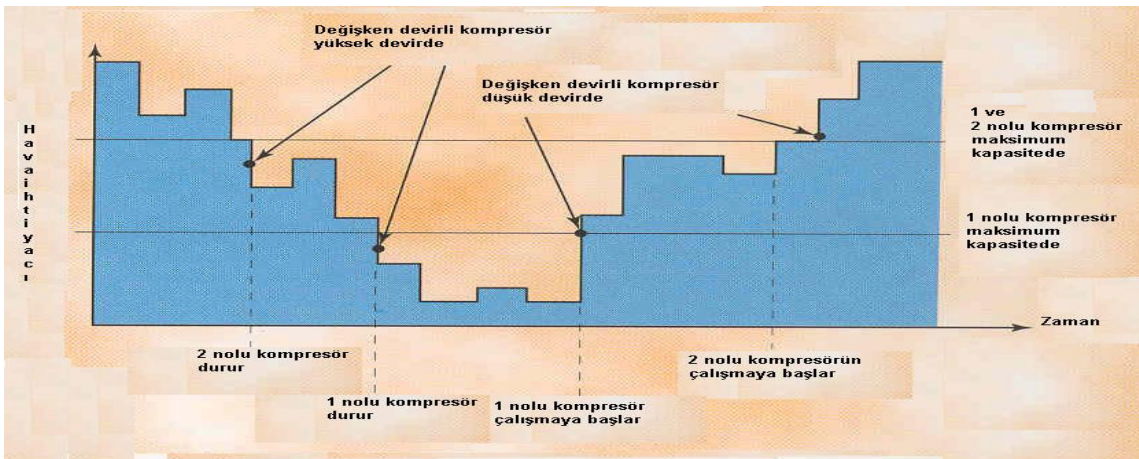
Değişken devirli kompresörler sanayi tesislerine adaptasyonu için basınçlı hava ihtiyacının değişiminin tespitinin yapılması gerekmektedir. Bu tespit ölçüm kutuları ile yapılabilmektedir. Ölçüm kutuları sistemin selenoid valflerine takılarak yük ve boş durumlarından gelen sinyallere göre saatlik, günlük ve haftalık tüketim eğrileri, ölçüm programları ile bilgisayar ortamına taşınabilmektedir. Bu eğrilerden yola çıkılarak haftalık enerji tüketimi hesaplanır. Basınçlı hava hattındaki dalgalanmalar göze alınarak

simulasyon yöntemiyle değişken devirli kompresörlerin haftalık enerji tüketimini % oranında ne kadar düşürdüğü ortaya çıkarılabilir. Değişken devirli kompresör yatırımına girmeden önce böyle bir tespiti yapılması yatırımın geri dönüş süresinin tespiti açısından çok önemlidir.



Sekil 16.

Ortaya çıkan sonuçlara göre değişken devirli kompresör (Variable speed drive-VSD) 1. kompresör olarak sistemdeki dalgalanmaları sönmüleyebilir, yada 2.veya 3. kompresör olarakta aynı amaçla kullanılabilir. Bu kompresörler 2. veya 3. kompresör olarak kullanıldığında konvansiyonel kompresörler tam yükte kullanılacaklar ve böylece kullanılan basınçlı hava sisteminin verimi arttırılacaktır.



Sekil 17. (Sekil 16-17) Konvansiyonel kompresörler ile değişken devirli kompresörlerin birlikte kullanımı.

SONUÇ

Günümüz uygulamalarında değişken devirli kompresörler enerji tasarrufu açısından serbest hava veriminin dalgalanmalarına bağlı olarak ortalama % 7 ile %35 arasında değişen kazanımlar sağlamaktadır. Uygulamada bosta çalışma süresinin oranı ve bu orandaki değişimlerin fazlalığı değişken devirli kompresörün seçimindeki en önemli iki etkidir.



KAYNAKLAR

- [1] 'Compressing Air Costs' ENERGY EFFICIENCY OFFICE, 126,1994
- [2] 'Air Compressors with integral variable speed control' DETR General Information Leaflet, 45, 1999
- [3] 'ATLAS COPCO Compressed Air Manual', 1998

ÖZGEÇMİŞ

Dervishan YILDIZ

1993 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Mühendisliğinde lisansını tamamladı. 1994 yılında İstanbul İktisadi Bilimler Enstitüsünde İşletme İhtisası yaptı. 1997 yılından beri Atlas Copco firmasında satış departmanında iş hayatını sürdürmektedir.