

ENERJİ TASARRUFU SAĞLAYAN HİDROSTATİK FAN TAHRİĞİ

Pars KAPLANGI

ÖZET

Tüm dünyada, gürültü ve egzoz gazı standartlarındaki katı yasal istekler, artan yakıt fiyatları; araç imalatçıları ister istemez hidrostatik fan tahriğine yönelmiştir. Elektrohidrolik kontrollü fan sistemleri sayesinde içten yanmalı motor sıcaklıkları en uygun aralıkta tutulabilmekte; fan hızı, motorun devrinden bağımsız olarak kontrol edilebilmekte ve istendiği anda istendiği kadar hız verilebilmekte ve bu sayede sabit pompalı sistemler ile karşılaştırıldığında, değişken deplasmanlı pompa kullanan fan sistemleri %7 değerlerine ulaşabilen yakıt tasarrufu sağlayabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji tasarrufu, verim, temiz dünya

ABSTRACT

To comply with the increasingly strict legal requirements for pollutant emissions from diesel engine equipped vehicles, vehicle and engine manufacturers are making use of various measures that require an additional temperature control system. With the help of electrohydraulically controlled fan systems, internal combustion engines working temperature can be keep at their optimum temperature window. Fan speed can be adjusted independently of the speed of the internal combustion engine. With the help of mentioned abilities, hydrostatic fan systems with variable pumps can give %7 fuel saving when compared with systems use fixed displacement pumps.

Key Words: fuel saving, efficiency, clean world

1. GİRİŞ

Eksoz gazı emisyon koşullarını sağlayabilmek için, araç ve iş makinaları üreticileri çoğunlukla diesel motorlar ve alternatif yakıtlar olmak üzere birçok yeni tasarımı sunmaktadır. Günümüzün eksoz optimizasyonlu diesel motorları; özel filtreler, EGR (exhaust Gas Recirculation) veya SCR (Selective Catalytic Reduction) ve çok kademeli turbo şarj kullanmaktadır. Tabi burda, elektrikli ya da hidrolik geri kazanım sistemlerinde katkısını unutmamak lazım. Diğer yandan, motor imalatçıları doğal gaz, sıvı gaz ve etanol gibi yakıtlar ile çalışan motorlar üzerinde yoğunlaşmışlardır. En büyük gelişme ise hidrojenin gerek içten yanmalı motorda, gerekse yakıt hücresi şeklinde kullanılması olmuştur.

Tüm bu motor tasarımları optimum sarfiyatlı gelişmiş soğutma sistemlerine gereksinim duymaktadır. Günümüzün değişken deplasmanlı pompalı fan tahrik sistemleri verim ve ekonomiyi birlikte sunabilmektedir.

Kontrollü hidrostatik fan tahrik sistemleri, aşağıya sıralanan konularda klasik mekanik ve/veya elektrikli fan sistemlerine üstünlük sağlamaktadır:

- tüm fan sisteminin yerleşiminde çok büyük bir esneklik sunumu
- fan hızının, talebe yönelik olarak en alt ve en üst değerler arasında sonsuz olarak kontrol edilebilmesi
- fanın gerek duyulduğunda devreye alınabilmesi (avare fan opsiyonu)
- fan hızının çoğunlukla diesel motor hızından bağımsız olması
- su, yağ, şarj havası ve eksoz gazı sıcaklığı gibi çeşitli çalışma parametrelerinin ölçülüp değerlendirilebilmesi
- Soğutma kapasitesindeki düşüş üzerine fan hızının otomatik olarak arttırılabilmesi (mesela radyatör gözeneklerinin toz nedeniyle tıkanması, yüksek irtifalara çıkılması gibi durumlar)
- Değişken deplasmanlı pompa kullanılması halinde %5 e varabilen yakıt masrafı düşüşü



Şekil 1. Dünyadaki Emisyon Kanunları

2. HİDROSTATİK FAN TAHRİĞİ

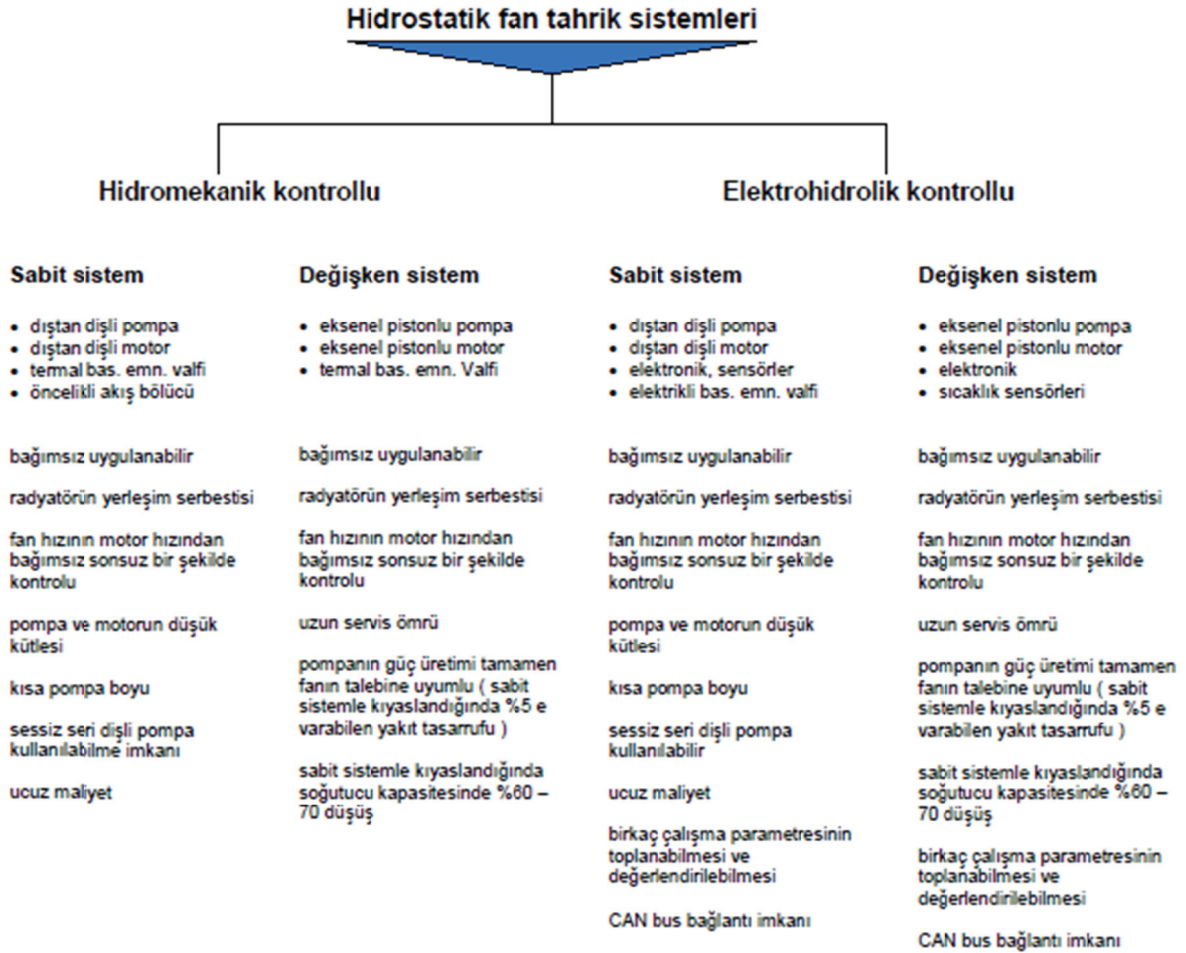
Hidrostatik fan tahrik sistemlerini 4 gruba bölebiliriz: hidromekanik ve elektro hidrolik kontrollu sistemler. Bu iki sistemi de kendi içlerinde değişken deplasmanlı pompalı, sabit deplasmanlı pompalı olarak tekrar ikiye bölebiliriz.

2.1. Kontrol tipleri

İhtiyaca bağlı olarak, hidrostatik fan sistemleri hidromekanik veya elektrohidrolik olarak çalıştırılabilir (Şekil 2).

Son egsoz gazı direktifleri uygulamaya geçinceye kadar, basit hidromekanik kontrollü fan tahrikleri kullanılmaktaydı. Bu sistemler, su ve/veya yağ sıcaklığı gibi tek ya da bazen iki sıvının sıcaklığını kontrol etmekte gayet yeterli ve uygun idi. Hidrolik sistemlerin bilinen avantajları, tasarımcılara radyatör yerleşiminde yeni ufuklar açtı. İçten yanmalı motor ve radyatörü ayrı ayrı yerleştirerek, bu malzemeler için ayrılmış olan hacimler çok daha verimli bir şekilde değerlendirilebildi. Bu öncü fan tahrik sistemleri ilk olarak fan hızının motor hızından farklı olabildiğini sağlamış oldu.

Ancak günümüz araçlarının teknolojisinde; mesela, şarj hava sıcaklığı, EGR kullanan araçlarda egsoz gazı sıcaklığı gibi soğutma sisteminde birçok ortam ve sıcaklığın ölçülmesi gerekmektedir. Birçok sıcaklığın ölçülmesinin ve değerlendirilmesinin gerektiği yeni nesil kompleks fan sistemleri elektrohidrolik kontrollü fan tahrik sistemlerine gereksinim duymaktadır. Dijital elektronik kontrol üniteleri, toplanan bilgileri daha çabuk ve daha verimli bir şekilde değerlendirip hassas bir şekilde ve motor hızından bağımsız olarak fanı kontrol ederler.



Şekil 2. Hidrostatik Fan Tahrik Sistemleri

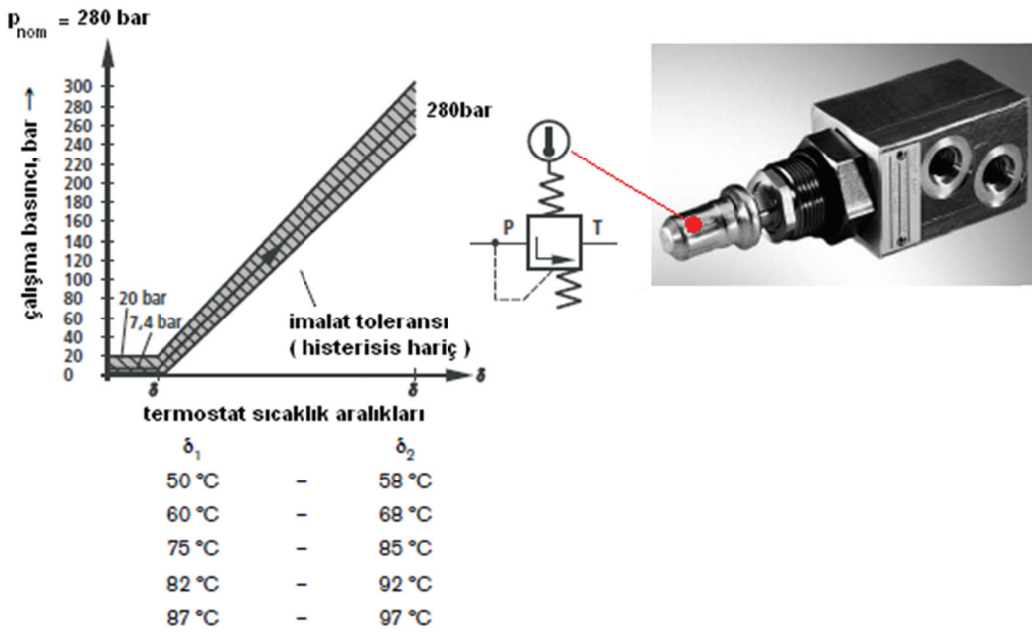
Elektronik teknolojisindeki gelişmeler sayesinde, 25g şoklara dayanabilen, -40C ila +85C sıcaklık aralığında sorunsuz çalışabilen elektronik kontrol üniteleri araç üstü uygulamalarda güvenle kullanılabilir. Bu uygulamalar için çeşitli paket programlar geliştirilmiş ve kullanıcılara sunulmuştur.

2.2. Sabit Deplasmanlı Pompalı Sistemler

Bu tür sistemler, standard dıştan dişli pompalar ile donatılabileceği gibi düşük ses seviyelerinde çalışabilen sessiz dişli pompalar, ya da içten dişli pompalar ile de donatılabilirler. Tabii birde fana doğrudan bağlanan dıştan dişli motor ile. Sessiz dişli pompalarda basınç oynamaları %75 civarında azaltılmıştır, bu sayede pompa ve sonraki sistemde oluşabilecek titreşimler azaltılabilmektedir. Yine bu sayede gürültü kirliliği de azaltılabilmektedir.

Bypass devresine yerleştirilen bir valf sayesinde motor hızı kontrol edilebilmektedir. Bu valfin kontrolü hidromekanik ya da elektro hidrolik olarak gerçekleştirilebilmektedir.

Şayet hidromekanik kontrolden bahsediyorsak, termal basınç emniyet valfi tarafınca kontrol edilen, pompanın port kapağına monte edilebilen bir öncelikli akış bölücü kullanılır. Termal basınç emniyet valfi, çalışma aralığı dahilinde sıcaklığa göre oransal basınç emniyet değeri sağlayabilen bir devre elemanıdır (Şekil 3).



Şekil 3. Termal Basınç Emniyet Valfi

Şayet kontrol elektrohidrolik ise, bu durumda ait dijital kontrol elektroniği ile birlikte oransal elektrik basınç emniyet valfi kullanılır. Söz konusu oransal basınç emniyet valfi, genelde fan motorunun port plakasına takılabileceği gibi hatta da monte edilebilir. Valf'e gönderilen akım, sıcaklık sensörlerinden gelen bilgiler ışığında ve yüklenmiş olan yazılım sayesinde elektronik kontrol ünitesi tarafınca belirlenir.

İster hidromekanik, ister elektrohidrolik kontrollu olsun, sabit deplasmanlı pompalı sistemlerin ortak bir yanı vardır: sabit deplasmanlı dişli pompalar, daima fan motoru tarafından istenenin üstünde yağ üretir. Üretilen bu fazla yağ, başka bir kullanıcıda değerlendirilebilir ya da tanka gönderilebilir. Sabit deplasmanlı pompalı sistemlerin belirgin özelliklerini aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

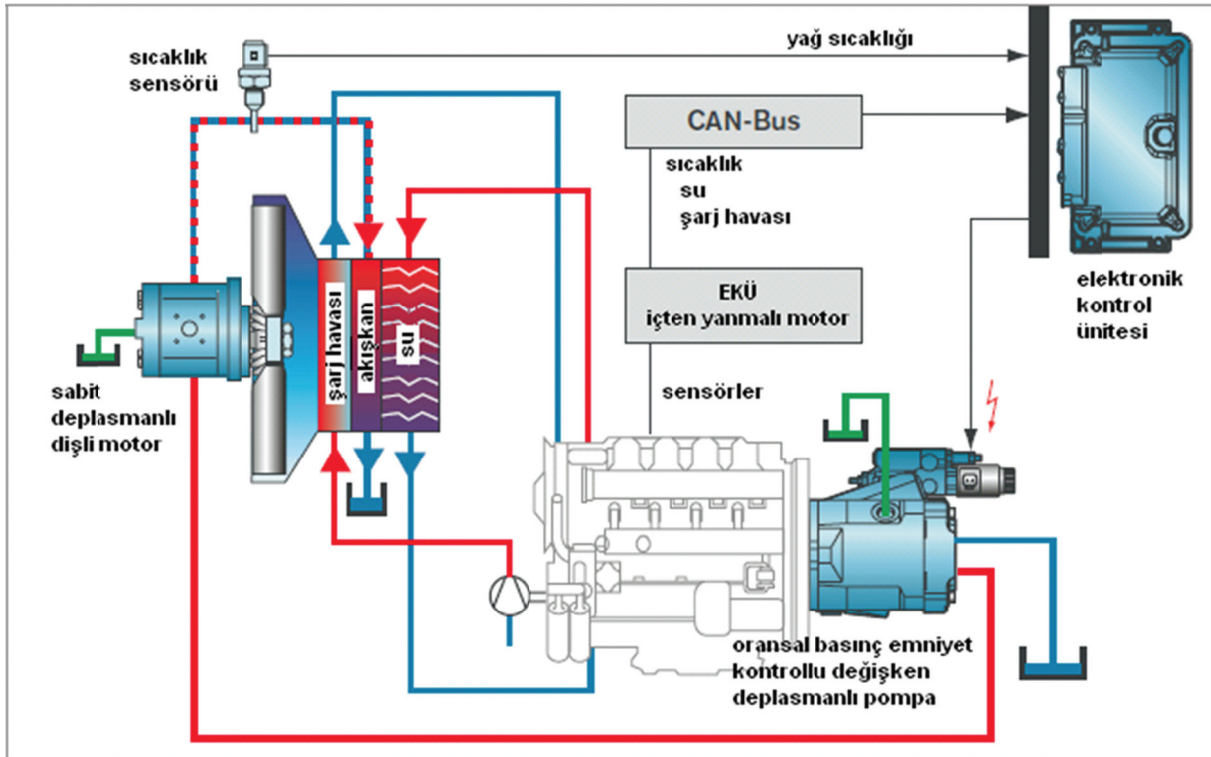
- tahrik tipinden bağımsız uygulanabilir
- radyatör diesel motordan bağımsız yerleştirilebilir
- fan hızının motor hızından bağımsız sonsuz bir şekilde kontrolü
- pompa ve motorun düşük kütlesi
- kısa pompa boyu
- sessiz seri dişli pompa kullanılabilme imkanı
- ucuz maliyet

2.3. Değişken Deplasmanlı Pompalı Sistemler

Enerji açısından daha verimli, daha güncel bir seçim ise aksenel pistonlu değişken deplasmanlı pompalı sistemlerdir. İster elektrohidrolik, ister hidromekanik kontrollu olsun; kontrol valfi pompa üstüne yerleştirilmiştir.

Hidromekanik kontrollu sistemlerde, uzaktan basınç kontrollu pompalar ve termal basınç emniyet valfi kullanılarak, soğutulacak sıvının sıcaklığına göre sistem basıncı ayarlanarak o an için istenen fan hızı gerçekleştirilir. Bu sayede değişken deplasmanlı pompalar sadece istenen miktarı üreterek, sabit deplasmanlı pomplalı sistemlerde gerçekleştirilemeyen enerji tasarrufunu gerçekleştirir.

Elektrohidrolik kontrollu, değişken deplasmanlı pompalı sistemlerde pompa oransal elektrikli basınç kontrol organı ile donatılmıştır. (Şekil 4).



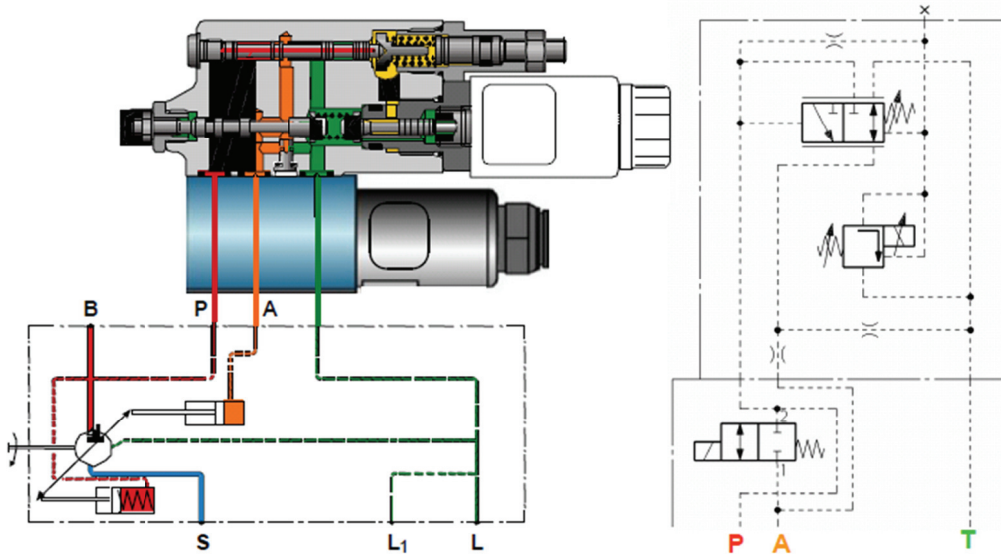
Şekil 4. Elektrohidrolik Kontrollü Hidrostatik Fan Tahriği

Emniyetli olması için sistem basıncı ile pompadaki kontrol valfine giden akım ters orantılıdır. Pompa, sistem basıncını, ayar menzili dahilinde belirlenen değerinde sabit tutarak gerekli fan hızını sağlar, böylelikle o an için motor tarafından istenen üretimi gerçekleştirir. Sistem basıncı sürekli olarak elektrikli valfe gönderilen akım ile kontrol edilir. Sistemdeki elektronik kontrol ünitesi, sensörlerden gelen bilgiler doğrultusunda valfe giden akımı kontrol eder. Şayet içten yanmalı motorun hızı değişirse, değişken deplasmanlı pompada eş zamanlı olarak kendini bu devire göre adapte edip o an için gerekli fan hızını korumaya devam eder. Şayet fan sisteminde bir arıza olursa, mesela pompa kontrol organına giden kablo koparsa; pompa ayar edilmiş en fazla güç seviyesine (en yüksek basınç değeri) çıkar. Talep odaklı bu sistemler, opsiyonel olarak boşa alma fonksiyonu ile birlikte kullanıldığında; sabit pompalı sistemlere kıyasla %5 e varabilen yakıt tasarrufunu birlikte getirmektedir (Şekil 5).

Değişken deplasmanlı pompalı sistemlere özgü olan boşa alma opsiyonu, diesel motor istenen sıcaklığa ulaşıncaya kadar fanı durdurur, ancak bu arada kendisini yağlamaya devam eder. Bu fonksiyon, özellikle düşük sıcaklıklarda önemli bir tasarruf sağlayıcı olmaktadır. Motor, optimum sıcaklığına daha kısa sürede ulaşacağından; düşük emisyonu ulaşma süresi kısalmıştır.

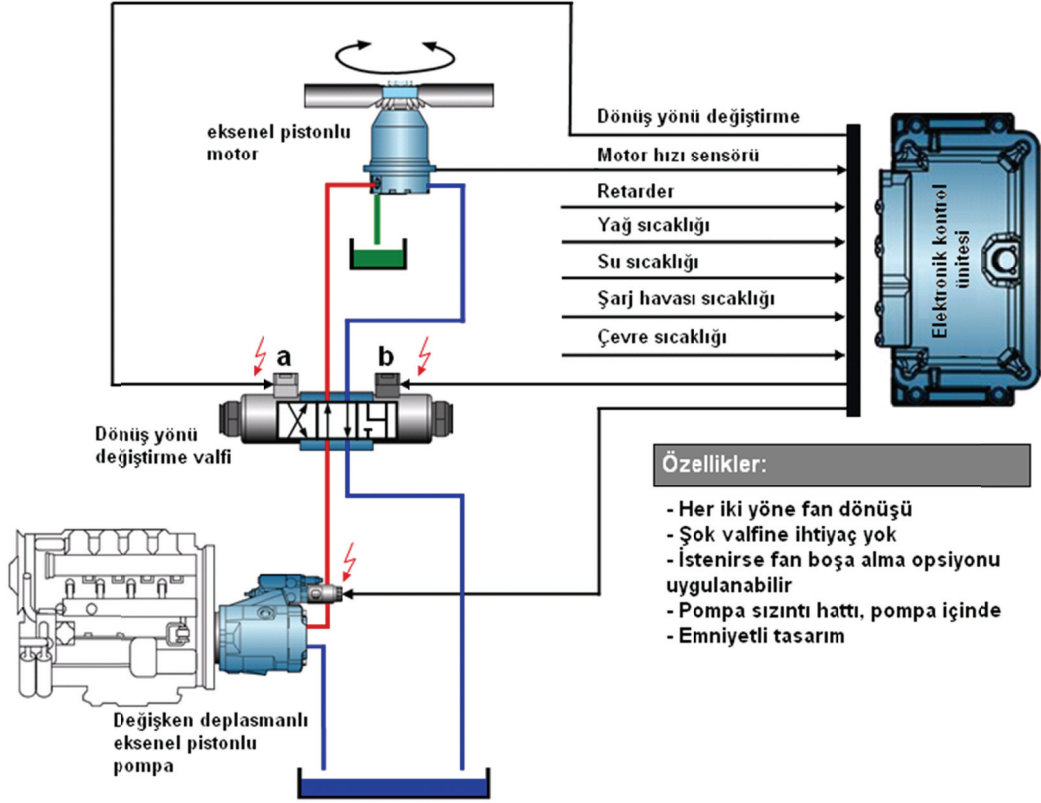
Değişken deplasmanlı pompalı sistemlerin belirgin özelliklerini aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- tahrik tipinden bağımsız uygulanabilir
- radyatör diesel motordan bağımsız yerleştirilebilir
- fan hızının motor hızından bağımsız sonsuz bir şekilde kontrolü
- fan hızı, içten yanmalı motor hızından çok daha bağımsız
- eksenel pistonlu değişken deplasmanlı pompaların servis ömrü dişli pompalara göre 2,5 katı fazla olabilmektedir
- sabit sistemle kıyaslandığında, soğutucu kapasitesinde %60 – 70 düşüş
- egsoz gazı emisyon değerlerine uyabilmek için; şarj havası sıcaklığı, egsoz gazı sıcaklığı gibi diğer parametrelerinde değerlendirilebilmesi
- boşa alma opsiyonu ile birlikte değişken deplasmanlı eksenel pistonlu pompa kullanarak %5 e varabilen yakıt tasarrufu



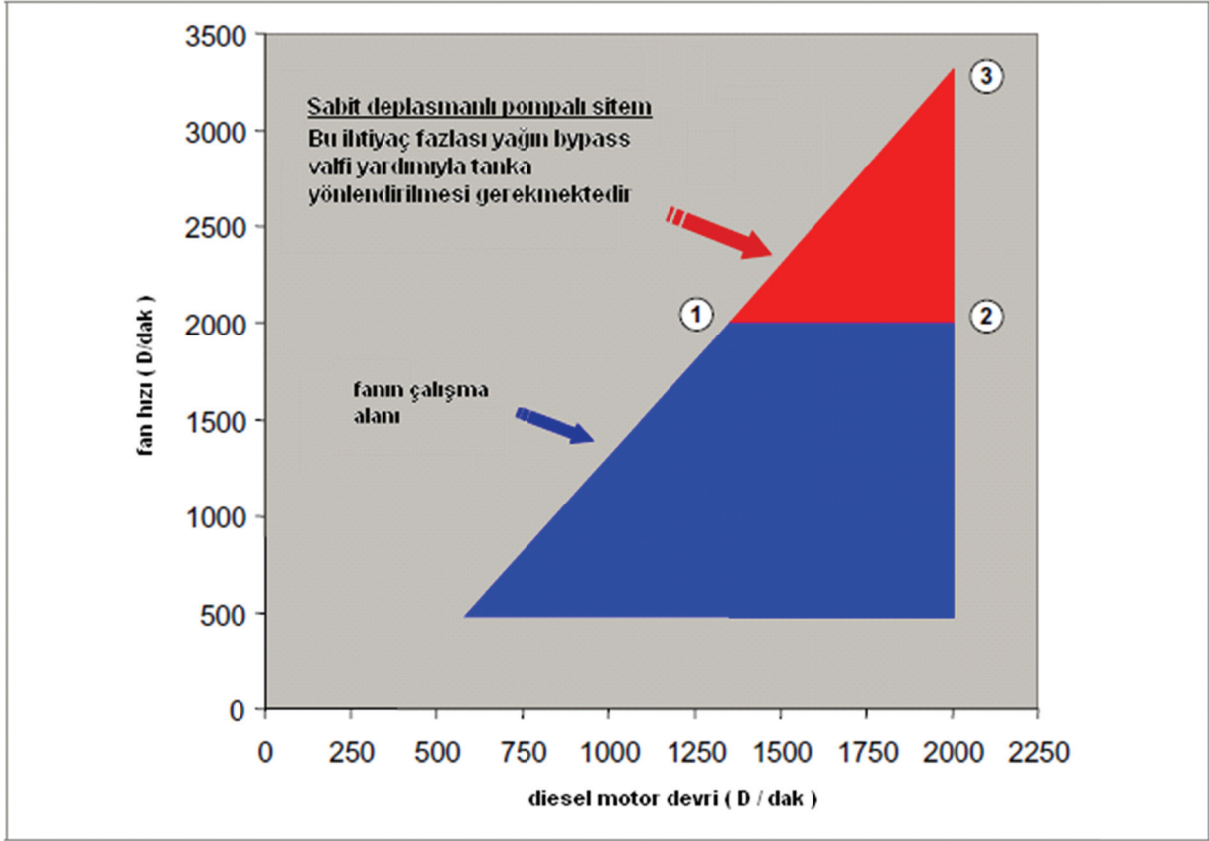
Şekil 5. Boşa Alma Fonksiyonu İle Donatılmış, Değişken Deplasmanlı Pompa

2.4. Temiz Radyatör İçin Tersine Fan Çalıştırma



Şekil 6. Elektrohidrolik Kontrollü Hidrostatik Fan Tahriği

Dış havadaki kirlilik nedeniyle, radyatör peteklerinin arası tıkanabilir ve bunların temizlenebilmesi için, sistem tersine çalıştırma valfi eklenerek fanın tersine çalıştırılması çözüm olabilir (Şekil 6). Bu opsiyon özellikle çok kirli/tozlu ortamlarda çalışan iş makineleri için çok faydalı olmaktadır. Özellikle, lastik tekerlekli yükleyiciler, zirai hasat araçları, telehandler gibi araçlarda fan tarafınca üflenen hava radyatör peteklerinin arasına toz biriktirebilir ve bunun sonucu olarak da radyatörün soğutma kapasitesi düşerek fan sisteminin enerji tüketiminin artmasına sebep olur. Bu nedenle, tersine döndürme fonksiyonu ve valfi fan sistemlerine eklenebilir ve hatta elektronik kontrol ünitelerine bağlanabilir.



Şekil 7. İçten Yanmalı Motor – Fan Hız Diyagramı

Gerekli proje verileri:

- Uygulama: Otobüs için ayrı hidrostatik fan
- Çevrim oranı (i): 1,1
- Maks. Fan gücü: 10kW
- Fan hızı, min. / maks.: 500 – 2000 D/dak
- İçten yanmalı motor hızı (maks. Fan hızının istendiği devir): 1350 D/dak

Hesaplama sonucunda bulunanlar:

- Belirlenen motor deplasmanı: 18 cm³
- Belirlenen pompa deplasmanı: 28 cm³
- Gerekli debi (değişken pompalı durum): 38 L/dak (sabit pompa olsaydı debi, 59 L/dak olacaktı)
- Belirlenen sistem basıncı: 185 bar
- Beklenen içten yanmalı motor hızı (maks. Fan hızının istendiği devir): 1330 D/dak

Fan Hesaplaması

Gerekli proje verisi	Çevrim oranı i:	1,1	Hesaplamadaki kabuller assumptions	Motor verimi η_v :	0,95
	Motor hızı n:	1350 D/dak		Motor verimi η_{mh} :	0,9
Diesel Motor	Maks. fan hızı n:	2000 D/dak	Fan	Pompa verimi η_v :	0,95
	Fan gücü P:	10 kW		Pompa verimi η_{mh} :	0,9
Hesaplama	Basınç farkı aralığı Δp :	200 bar	Basınç kayıpları Δp :	5 bar	
	Δp ED-valf:	bar	Pilot yağı sarfiyatı:	1 L/dak	
Hesaplama	Min. hız n_{min} :	600 D/dak	Radyal kuvvet F_r :	N	
	Maks. hız n_{max} :	2000 D/dak	Eksenel kuvvet F_a :	N	
Hesaplama	Nominal hız n_{nom} :	2000 D/dak	Kütle m:	kg	
	Fan Motoru:		Fan çapı d:	mm	
Hesaplama	Moment M:	47,75 Nm	Gerekli deplasman V_{gerek} :	16,68 cm ³	
	İşlevsel veri:		Gerçek deplasman V_{gercek} :	18 cm ³	
Hesaplama	Debi Q:	37,89 L/dak	Basınç farkı Δp :	185 bar	
	Fan Pompası:		Gerekli deplasman V_{gerek} :	27,57 cm ³	
Hesaplama	Basınç Δp :	190 bar	Gerçek deplasman V_{gercek} :	28 cm ³	
	Moment M:	94,17 Nm			
Hesaplama	Gerekli güç P:	14,43 kW			
	Maks. fan hızı	927 D/dak	Diesel motor hızı:	1329 D/dak	
Hesaplama					
Hız aralığı diyagramı	<p>Fan hız aralığı diyagramı</p> <p>Fan hız n_L [D/dak]</p> <p>Diesel motor hız n_D [D/dak]</p> <p>— fan motoru hız aralığı</p>				

Şekil 8. Fan Hesaplaması

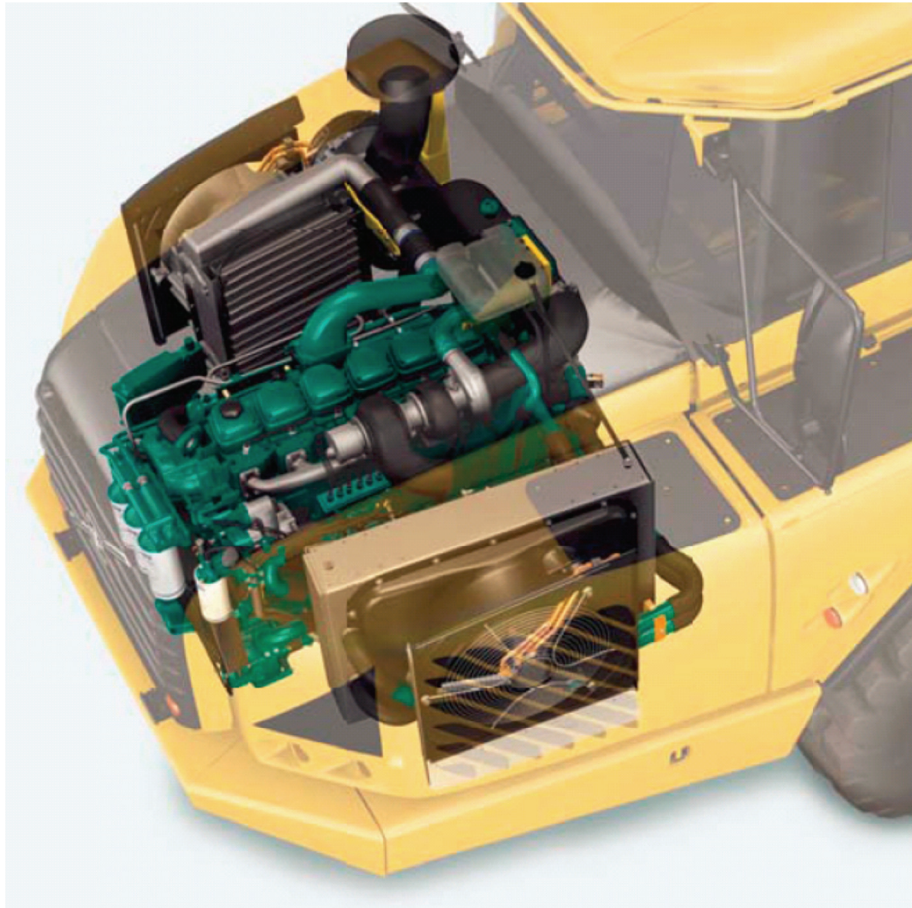
3.2. Yağ soğutucusunun ölçülendirilmesi

Tasarımcılar, yağ soğutucusunun kapasitesini belirlerken, diesel motorun maksimum hızını ve fanın maksimum hızını ele alırlar. Sabit deplasmanlı pompalı sistemde diesel motor hızı, Şekil 7 de " 1 " noktasını geçtiğinde, pompa ihtiyaç fazlası yağ üretir. Genellikle bu fazla yağ tanka gönderilerek enerji boşa atılmış olur. Bu nedenle, gerekli soğutucu kapasitesi 2 bileşenin toplanması ile belirlenir; sabit pompalı sistemin verimi ve Şekil 7 de " 3 " ile gösterilen, üretilen fazlalık nedeniyle kaybedilen güç.

Diğer yandan, değişken pompalı sistemler talep odaklıdır; içten yanmalı motorun devri değişirse, pompa hiçbir kısma kaybı yaratmadan gerekli fan hızını, debisini ayarlayarak sağlar. Bu sayede sabit pompalı sistemlerdeki kayıp değişken deplasmanlı pompalarda söz konusu olmaz (Şekil 7. de kırmızı boyalı bölge, kayıp bölgesi).

3.3. Sistem maliyetleri

Değişken pompalı sistemler, soğutucu maliyetinin, kısmen de olsa filtre maliyetinin düşmesini sağlayarak sebep oldukları maliyetin bir kısmını kompanse eder. Diğer yandan ömürleri boyunca (ki bu sabit dişli pompalar ile kıyaslandığında takriben 2,5 katıdır) sağladıkları yakıt tasarrufu ile bu kompanzasyonu pekiştirir.

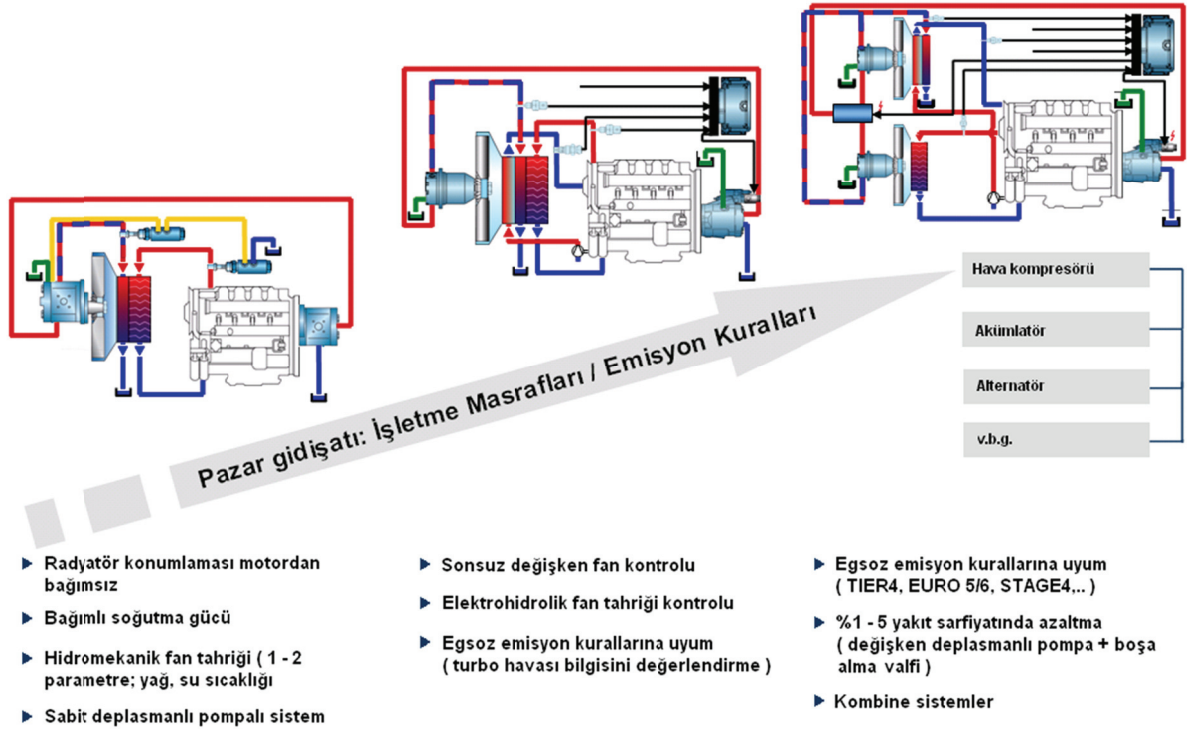


Şekil 9. Radyatörün İstendiği Gibi Yerleştirilebilmesine Bir Örnek, Yol Dışı Kamyondaki Yerleşim

SONUÇ

Diesel motordan bağımsız yerleşime olanak sağladığından, hidrostatik fan tahrik sistemleri iş makinası, otobüs imalatçıları tarafınca gittikçe artan bir şekilde tercih edilmektedir. Radyatör yerleşiminde sağladıkları serbesti, fan hızının belirlenen maks. ve min. limitleri arasında sonsuz bir şekilde ve diesel hızından bağımsız olarak kontrol edilebilmesi, yürürlükteki egsoz gazı ve gürültü emisyon kurallarına uyulmasını sağlaması, değişken deplasmanlı pompa ve boşa alma valfi ile donatılmaları halinde %5 değerine ulaşabilen yakıt tasarrufu sağlaması gibi önemli avantajları nedeniyle; tasarımcılar elektrohidrolik kontrollü, değişken deplasmanlı eksenel pistonlu pompa ve motorlara yönelmektedir.

Artık, elektrohidrolik kontrollü sistemler, çağın getirdiği kombine sistemlerde de kullanılmaktadır. Bu kombine kontrol sistemlerine örnek olarak, diesel soğutma sisteminin yanında; klima kompresörü, hava kompresörü, alternatör tahriği gibi tahrik sistemlerini verebiliriz.



Şekil 10. Pazar Gidişatı

ÖZGEÇMİŞ

Pars KAPLANGI

1953 yılı İstanbul doğumluyum. 1976 yılında Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünden mezun oldum. 1977 – 1992 yılları arasında çeşitli firmalarda iş makineleri servis mühendisliği, imalat mühendisliği yaptıktan sonra 1992 yılında mobil uygulamalar satış mühendisi olarak çalışmaya başladım. Halen Bosch Rexroth A.Ş.'de "Mobil uygulamalar Bölüm Müdürü" olarak çalışıyorum.