

ENDÜSTRİYEL FANLAR VE ENERJİ TASARRUFU

Mustafa Ekim Şahin

KONTEK Enerji Mühendislik Sürücüleri Departmanı

İzmir-Türkiye

E-mail: ekimsahin@kontekenerji.com.tr

Özet- Endüstriyel fanlar kullanılacağı proses ve uygulamaya göre farklı geometrik yapılarda, kapasitelerde ve boyutlarda üretilen ağır sanayideki çoğu sektörün önemli parçalarıdır. Toz tutma, havalandırma, soğutma, duman tahliyesi ve benzeri gibi farklı amaçlar için üretilir ve kullanılırlar. Her elektrik motorunda olduğu gibi fan motorlarının hız kontrolleri de değişken frekans sürücüleri vasıtasıyla yapılabilmektedir. Geleneksel olarak fanların giriş ve çıkışlarında, damper ve vana kontrolleriyle havanın akış hızı kontrol edilmektedir. Damper ve vana vasıtasıyla yapılan hava akış hızı kontrolü motor hızını kayda değer bir ölçüde etkilememektedir. Dolayısıyla havanın akış hızı kontrol edilirken motor hızı sabit kalmaktadır ve bu durum düşük hava akış hızlarında bile yüksek enerji tüketimine sebep olmaktadır. Değişken frekans sürücüleri şebekeden gelen enerjiyi kontrol ederek motor hızını değiştirerek hava akış hızını kontrol edilmesine olanak sağlamaktadır.

1. Giriş

Endüstriyel fanlar, fanın fiziksel yapısını ve kullanım amacını ifade eden iki farklı kategoride sınıflandırılır.

Fanların fiziksel yapısı Aksiyal ve Santrifüj olmak üzere iki alt kategoriye ayrılır; Kullanım amaçlarına göre ise PA, SA, ID ve FD fanları olmak üzere 4 kategoride incelenebilir.

Bu yazıda fanların fiziksel yapısı hakkında kısa bilgiler verilecek ve fanlarda VFD kullanımını yoluyla yapılacak enerji tasarrufundan bahsedilecektir.

2. Endüstriyel Fanların Fiziksel Yapısı

Aksiyal fanlar, kanatları bir shaft etrafında döndürerek, çıkan havayı ona paralel hareket etmeye zorlar [1]. Santrifüj fanlar, fanın girişine belirli bir açıyla havayı çıkarırken havayı çıkışa doğru döndürmek için sapma ve merkezkaç kuvveti kullanır [1]. Hava, fana shaftın yanından girer ve çark dönerken shafttan fan muhafazasındaki deliğe dik olarak hareket eder. Daha küçük çaplarda daha yüksek hızlarda çalışan aksiyal fanlar, çeşitli uygulama alanlarında işlevsel olarak santrifüj fanların yerini alır.

Fanların fiziksel yapısı hakkında daha fazla bilgi bu makalenin kapsamı dışındadır.

3. Endüstriyel Proses Fanları

Endüstriyel fanlar ve bağlı buldukları sistemler çevre koşullarını, yakındaki proses sistemlerini ve fanın işlevini dikkate alarak tasarlanır. Toz toplamadan malzeme taşımaya kadar neredeyse her uygulamayı kapsayabilirler.



Centri

3.1 Draft Fanları (ID & FD)

Her üretim tesisi, özellikle termik santraller, için fan uygulamaları önem arz eder. Draft fanların iki alt kategorisi, cebri fanlar (ID) ve temiz hava fanları (FD) olarak adlandırılırlar. Enerji santrallerindeki hemen hemen tüm kazanlar dengeli çekişli fırınlar kullanır. Bu, temiz hava fanı (FD) olarak bilinen bir fanın (veya fanların) kazan fırınına yanma havası sağladığı ve indüklenmiş cebri fan (ID) olarak bilinen bir fanın egzoz gazlarını (baca gazı) kazan fırınından dışarı çıkardığı anlamına gelir [2].

Bu fanlar birlikte fırının basıncını (veya çekişini) atmosferik basıncın hemen altında, genellikle yaklaşık -0,5 inwc (inches water coulumb) 'lik bir ayar noktasında tutar.

3.2 Cebri Fanlar (ID)

Karakteristik olarak, cebri fanlar geriye doğru kıvrılır [3]. Yüksek basınç seviyelerini yönetmesi gereken fanlar bu özel tasarımı gerektirir [3].

olarak erozyon ve korozyonla ilgili sorunlar yaşarlar.

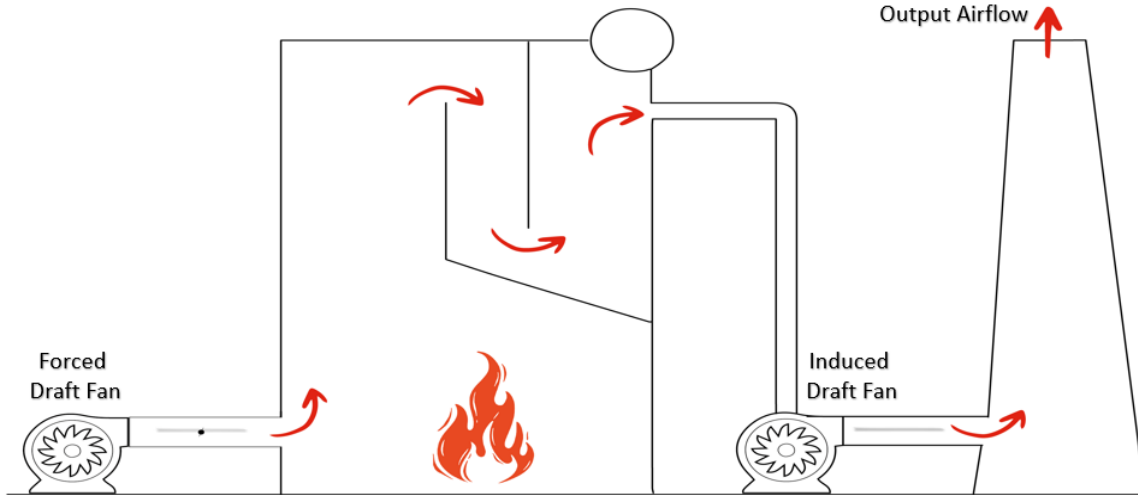
3.3 Temiz Hava Fanları (FD)

ID fanının aksine, temiz hava fanları temel olarak farklı çalışır. FD fan, dış ortamdan havayı çekerek fırın ve kazanlara gönderir. Sonuç olarak, yanma sürecinin sorunsuz bir şekilde sona ermesine yardımcı olan pozitif bir basınç üretilir [4]. FD fanları kalıcı olarak fırın veya kazan girişine yakın monte edilir.

Ayrıca FD fanlar, sistemin hava hacminin sürekli olarak dengelenmesini sağlar. Doğru yanmanın gerçekleşmesi için bu denge gereklidir.

FD fanlar, cebri fanlardan daha az güç kullanır [5]. ID fanlar ile karşılaştırıldığında, cebri çekişli fanların bakım maliyetleri önemli ölçüde azdır. FD fanlar de benzer şekilde daha temizdir.

4. Primer ve Sekonder Hava



Fanları (PA & SA)

Bu, sistem içinde negatif basınç oluşturan bu fanlar tarafından yapılır. ID fanlarının tam yeri kazan sisteminin çıkışıdır. Enerji verimliliği açısından, cebri fanlar son derece değerlidir. Bu fanlar, sürekli olarak aşırı sıcak gazlarla çalıştıkları için tipik

PA ve SA fanları, yakıtın uygun şekilde yanması için birincil hava ve ikincil havanın yakıt miktarına bağlı olarak çeşitli oranlarda sağlanması gerektiğinden, çoğunlukla termal uygulamalarda kullanılır.

Herhangi bir yakıtın yanması için üç temel bileşen - yakıt, hava(oksijen) ve ısı gereklidir.

Yanma için kullanılan yakıt ve hava stokiyometrik bir şekilde reaksiyona girer [6]. Ancak gerçekte, yanma için verilen havanın bir kısmı reaksiyona girmeden kalır.

Bu tipik olarak, bir kerede dağıtılan yakıt miktarının ve yakıt partikül boyutlarının çeşitliliğinin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Bu nedenle, Şekil 3'te görselleştirildiği gibi, reaksiyona girmemiş havayı telafi etmek için bir miktar ilave havanın (genellikle başlangıçta sağlanan havanın bir kısmı) verilmesi gerekir.

4.1 Primer Hava Fanları (PA)

Hem Birincil (PA fanları) hem de İkincil hava girişleri harici fırınlı buhar kazanlarına dahildir ve yakıtın doğru yanması için çok önemlidir.

Kazanın ihtiyaç duyduğu yakıtın türüne ve miktarına bağlı olan birincil hava, tipik olarak yakıtın tamamen yanması için gereken minimum hava miktarıdır [6]. Gereken birincil hava miktarı yakıtı bağlı olarak değişecektir.

Yakıt genellikle fırına manuel olarak veya bir vidalı besleyici tarafından beslenir ve birincil hava genellikle alttan Hava Kutusu yoluyla gelir [6]. Etkili bir şekilde yanması için her bir yakıt parçacığının hava ile doğrudan temas etmesi gerekir.

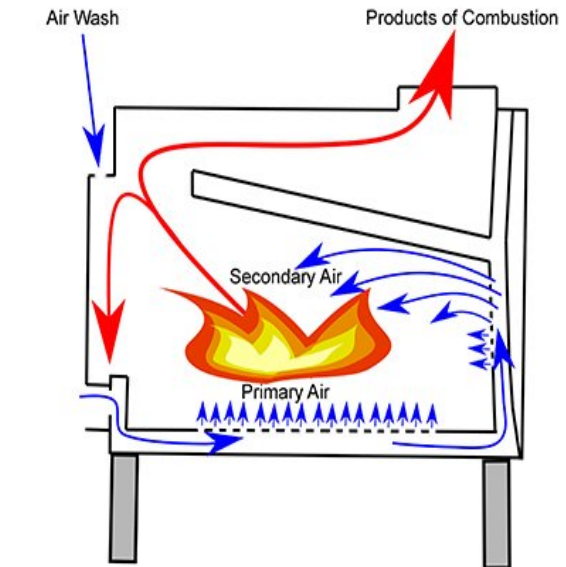
4.2 Sekonder Hava Fanları (SA)

Buna karşılık, etkisiz olan ana havayı telafi etmek için tipik olarak ikincil hava eklenir.

Fırın duvarlarına monte edilen nozullar tipik olarak ikincil hava sağlamak için kullanılır [6]. Bir kazan için özel olarak yapılmış cebri çekişli bir fan hem birincil hem de ikincil havanın toplamı olan yeterli havayı verebilmelidir. Kazana girmeden

önce hava, gelen havanın egzoz gazları tarafından ısıtıldığı bir Hava Ön Isıtıcısı (APH) vasıtasıyla zorlanır [6]. Bu ısıtılmış hava daha sonra yakıtın nem içeriğini düşürmeye yardımcı olur ve kazanın verimliliğini daha da artırır.

Birkaç aşamada hava eklendikçe, yanma sıcaklığı karakteristik olarak düşer ve daha fazla konvektif ısı üretilirken, tek kademeli yanma, yanma sıcaklığını yükseltir ve konvektif ısı transferinden daha fazla ışınımsal ısı transferi üretir [7]. Ayrıca, çok aşamalı yanma, egzoz gazlarının neden olduğu kirliliği azaltan NOx oluşumunu azaltır.



5. Fanlarda VFD Uygulamaları ve Enerji Tasarrufu

Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemleri elektrikle çalışan pompalara bağlıdır. Sonraki iyileştirmeler, bu sistemleri daha karmaşık hale getirmiş ve bu da onları incelemeyi ve simüle etmeyi zorlaştırmıştır. Enerji tüketimini en aza indirmek ve sistem enerji verimliliğini artırmak için fanların ve pompaların elektrik motorlarında sıklıkla değişken frekanslı sürücüler (VFD'ler) kullanılır. VFD'lerin temel çalışma prensibi frekansını düşürerek hızı düşürmek veya hızı

düşürmek ve düşük yükü eşleştirmek için frekansı düşürmek.

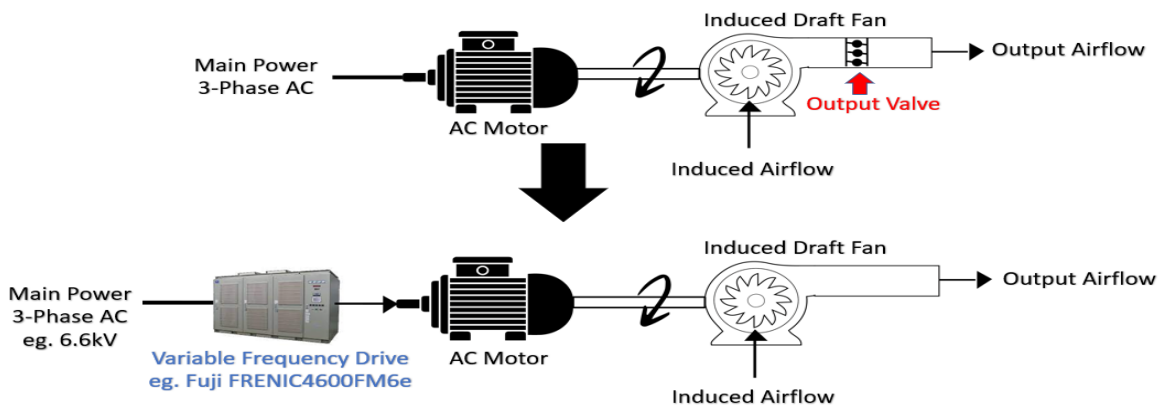
Termal uygulamalar için fanlarda VFD uygulamalarının en yaygın iki örneği, motor soğutması ve kömürlü termik santral kazanlarının hava akış kontrolüdür.

5.1 Termik Santral Kazan Hava Akışı Kontrolü

Enerji Santrallerinde çeşitli fanlar kullanılır, bunlardan en önemlileri ve en büyük fanlar, temiz hava fanları (FD) ve kazandan çıkan baca gazını taliye eden Cebri fanlardır. (ID FAN). Baca gazı kükürt giderme sistemlerine sahip tesislerde daha fazla yardımcı fan olması mümkündür. Bu büyük fanlar tipik olarak aksel yapıya sahiptir ve güç seviyeleri 1 ila 18 MWel arasındadır. Dönen kanatları bir kanat profiline sahiptir ve gaz akışını ayarlamak için eğim değiştirilebilecek şekilde tasarlanır. VFD, artan hareketli parça sayısına ve kapasite dışı yükler sırasında azalan motor verimliliğine rağmen, özellikle aksel fanlar için tercih edilen bir çözümdür. Değişken adımlı aksiyal fan kontrol verimliliği, VFD hız kontrollü çözüm ile karşılaştırılabilir. Enerji santrallerindeki diğer fanlar tipik olarak daha küçüktür ve

düz, kavisli veya kanat şeklinde olabilen enine kesit şekli kanat tasarımındaki diğer bir unsurdur. Kazanlarda ve çimento fırınlarında kullanılan oldukça büyük fanlar gibi hava işleme ekipmanlarının akış kontrolünü değiştirerek önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanabilir [8]. Hava akışını düzenlemek için, birçok eski fanda klape, amortisörler veya giriş kılavuz kanatları bulunur. Fana hava akışı, fanın emme kısmına entegre edilmiş hareketli kanatlar olan giriş kanatları tarafından kısıtlanır ve yönlendirilir. Akış alanı bu kanatçıklar ve amortisörler tarafından sınırlandırılır ve bu da bir basınç düşüşüne neden olur. Artan fan basıncı nedeniyle sabit hızlı motor ek yük altındadır ve bu da önemli bir enerji kaybına neden olur.

Enerji kaybını önlemenin en iyi yolu, tüm akış direncini ortadan kaldıracak ve fan hızını düzenlemenizi sağlayacak damperleri çıkarmaktır [8]. Motor, gücün frekansını düzenleyen bir frekans konvertörüne bağlanmıştır. Motor hızı, bu şekilde istenen fan hızına ve akışına karşılık gelecek şekilde değiştirilebilir. Akışı kontrol etmek için bir çıkış damperi kullanmakla karşılaştırıldığında, önemli ölçüde daha az enerji gerekir [8].



VFD Application on a Conventional Thermal Plant ID Fan

santrifüj veya radyal fanlar olarak yapılır. Fan kanatlarının geriye eğik kanatlar, düz "radyal" tasarım veya öne eğik kanatlar gibi yönelimi ve geometrisi, radyal fanların basınç ve akış özelliklerini etkiler. Kanadın

Kontek'in yapmış olduğu bir ID Fan VFD uygulamasının tasarruf verileri aşağıda ki şekliyle hesaplanıp firmaya sunulmuştur.

Tasarruf hesabı için gerekli bilgiler aşağıda ki tablodaki gibidir.

Motor Gücü	1120 kW
Motor Verimi	96%
Tam Güçte Ortalam Motor Yüğü	80%
Ortalama Klape Açıklık Oranı	52,56%
Yıllık Ortalama Çalışma Saati	7922 Saat

Sürücülerin enerji tüketimleri güç düşümü ile kübik bir orantı içindedir. Aşağıda gösterilmiş Tablo 2 de ve Grafik 1 de bu orantı ile klape kontrol metotlarının enerji tüketimi üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

Grafikte yer alan klape kontrol metotlarının hava akışı karşısındaki enerji tüketimi eğrilerinin formülleri üzerinden enerji tasarrufu hesaplanmıştır.

Curve Fit Polynomial Equations			
% Power = a x % speed^2 + b x % speed + c			
Coefficients	a	b	c
Fan inlet guide vanes	0,5625	0,0375	0,395
Fan discharge damper	-0,4196	1,0096	0,4107

Percent Full Speed or Flow	Percent of Full Speed Input Power with			
	No control	Discharge Dampers	Inlet Guide Vane	VFD
100%	100%	100%	100%	100%
80%	100%	95%	78%	51%
60%	100%	87%	61%	22%
40%	100%	75%	51%	6%
20%	100%	60%	43%	1%
0%	100%	41%	39%	0%

Talep Edilen Güç:

$$P = a * 0.5256^2 + b * 0.5256 + c \quad (2)$$

$$P = 0,5625 * 0.5256^2 + 0,0375 * 0.5256 + 0,395 \quad (3)$$

$$P = 0,1553 + 0,01971 + 0,395 = 0.57 \quad (4)$$

$$P = 933kW * 0.57 = 531,81 kW \quad (5)$$

Tüketilen Yıllık Enerji;

$$E = 531,81 * 7920 = 4.211.935 kWh \quad (6)$$

VFD Güç Hesabı:

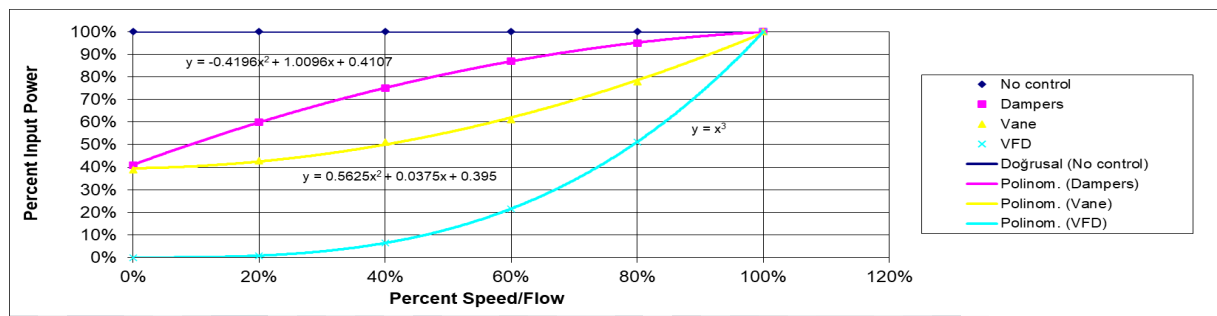
$$P = 0.5256^2 * 933kW / 0.96 = 141,116kW \quad (7)$$

Tüketilen Yıllık Enerji;

$$E = 141,116 * 7920 = 1.117.640 kWh \quad (8)$$

VFD ile Tasarruf edilen enerji;

$$E = 4.211.935 - 1.117.640 = 3.094.295 kWh \quad (9)$$



$$1120 kW * \%80 / \%96 = 933kW \quad (1)$$

Giriş Klapesi Ortalama Açıklık Oranına Göre Güç Hesabı:

6. Sonuç

Endüstriyel fanlar ağır sanayinin önemli parçalarından birisi olması ile beraber enerji tüketimi bakımından da kayda değer bir tüketime sahiptirler. Bu tüketimler uygulamaya bağlı olarak değişken frekans sürücülerini kullanılarak önemli ölçülerde düşürülebileceğinin altı çizildi. Bu tasarrufun birinci sebebi elektrik motorlarının hız düşümü ile enerji tüketimi arasındaki ilişkinin kübik olarak değişmesiyle meydana gelmektedir. Örneğin motor hızını 80% seviyesine düşmesi enerji tüketimini 80% 'in küpü yani 52% seviyesine düşürmektedir.

Bütün bu bilgiler ışığında, elektrik motorlarında hız ve frekans kontrolü yapılmasına olanak sağlayan değişken hız sürücülerini özellikle yüksek enerji tüketimine sahip fanlarda kullanılması enerji verimliliği anlamında kayda değer kazanımlar sağladığı kritik öneme sahiptir.

7. Kaynakça

- [1] Axial and centrifugal industrial fans : Differences to know. (n.d.). Retrieved from <https://www.savioclima.com/en/axial-fans-and-centrifugal-fans-comparison/>
- [2] Rakhoh, & Rakhoh, A. (2021). Retrieved from <https://rakhoh.com/en/forced-draft-fans-and-induced-draft-fans-in-steam-boilers/>
- [3] NAMSAE. (n.d.). Retrieved from https://www.namsaetrading2012.com/Induced_Und_Draft_Und_fans/563732996dddc3d0a29656de
- [3] Primasonics (2023); Retrieved from <https://www.primasonics.com/applications/id-fans/>

- [4] Company, N. Y. B. (n.d.). Retrieved from <https://www.nyb.com/forced-draft/#:~:text=Fans%20that%20are%20used%20to,at%20a%20specific%20positive%20pressure.>
- [5] Rakhoh, & Rakhoh, A. (2021). Retrieved from <https://rakhoh.com/en/forced-draft-fans-and-induced-draft-fans-in-steam-boilers/>
- [6] Boilers, T. (2022) Role of #PrimaryAir and #secondaryair in #Fuel #combustion, Thermodyne Industrial Steam Boilers. Available at: <https://www.thermodyneboilers.com/role-primary-air-secondary-air/>
- [7] Hyderabad, Industrial process fans - id, FD, PA and SA fans in brief, (2021). Retrieved from: <http://hyderabad-india-online.com/2021/07/industrial-process-fans-id-fd-pa-and-sa-fans/>
- [8] TMEIC. (n.d.-a). Retrieved from <https://www.tmeic.com/sites/default/files/assets/files/library/Energy%20Saving%20Brochure%20Mar%20202015.pdf>