

PERVANE KONTROLÜ

Blade Control¹

Dev rüzgâr türbinleri gözümüze öyle heybetli görünüyorlar ki, onların da zarar görebileceği pek aklımıza gelmiyor. Oysa pervaneler yıpranmalarına, hatta bozulmalarına yol açabilecek titreşimlere maruz kalırlar. Bununla baş etmek için rüzgâr türbinlerinin ayarlanabilir şekilde inşa edilmeleri, aşırı rüzgârlı durumlarda gücü düzenleyebilmek ve pervanelerin üzerine binen yükü düşürmek için zorunludur.



Gömülü jetler rüzgâr türbinlerindeki pervanelerin titreşimini azaltabilir.

Troy, N.Y'daki Rensselaer Polytechnic Institute'de makina mühendisi profesörü olan Miki Amitay ise bugün aktaracağımız başka bir yaklaşımın savunucusu. Ona göre, rüzgârdan kaçmaya çalışmaktan vazgeçip pervanelerin yüzeyine vuran türbülanslı havanın yarattığı titreşimleri azaltmamız pekâlâ mümkün.

Amitay ve çalışma arkadaşları bunu başarmak için rüzgâr türbininin pervaneleri içerisine gömülü ve pervanelerin aerodinamik özelliklerini değiştirecek bir sistem geliştiriyorlar. Pervane üzerinde yer alan sensörler titreşimleri izleyerek kaydedecek; pervaneler rüzgârdan dolayı hareketlenip dalgalanmaya başlayınca, hava akımını değiştirmek için pervane üzerindeki jetlerden hava püskürtülecek. Doğal hava akımını bozma yoluyla

jetler, pervane üzerinde oluşabilecek anaförleri dağıtabilecekler. Önerilen yaklaşım hayata geçtiği oranda pervane üzerindeki basıncı düşürecek, türbinlerdeki sık bozulmaları engelleyecek, daha büyük rüzgâr türbinlerinin daha düşük maliyetle yapılmasını sağlayacak.

Daha başlangıç aşamasındaki çalışmalarında bile Amitay ve arkadaşları, bir rüzgâr tüneline hava jetleri çalıştırıldığında pervanelerin titreşiminin yüzde bir oranında düştüğünü tespit ettiler.

Jetler aynı zamanda pervanelerde belli bir hava akımını muhafaza ettiği için de rüzgâr türbinlerinin görece zayıf rüzgârlarda çalışma yeterliliğini geliştiriyor ve durmalarını engelliyor. Bu gelişme, büyük rüzgâr türbinlerinin düşük hızdaki rüzgârlardan dahi enerji elde etmesini mümkün kılabilir.

New York Enerji Araştırma ve Geliştirme Kurumu geçtiğimiz günlerde Amitay'ı bu teknolojiyi geliştirmesi için 250.000 dolarlık bir ödüle layık gördü. Araştırma projesinin bir parçası olarak Amitay ve Rensselaer Politeknik Enstitüsü'ndeki öğrencileri türbin pervanelerinin çevresindeki hava akımı ve hava akımının pervaneyle etkileşimi üzerine çalışmalarına devam edecekler. Elde ettikleri verileri de pervane tasarımını optimize etmek üzere kullanacaklar.

¹ Mechanical Engineering (The Magazine of ASME) dergisinin Haziran 2011 sayısında Editör Jeffrey Winters tarafından düzenlenen "Tech Focus: Instrumentation & Control" bölümündeki bu yazı Barış Gönülşen tarafından dilimize çevrilmiştir. Yazının orijinaline http://memagazine.asme.org/Articles/2011/June/Tech_Focus.cfm bağlantısından ulaşılabilir.

LİMİT GÖKYÜZÜ!

The Sky's the Limit²

Termodinamik bize termik enerji santrallerinin verimlilik sınırlarını göstermektedir. Soğutma kulelerinin akıllı bir biçimde yeniden düzenlenmesi, boşa harcanan ısının bir kısmının yeniden kazanılmasını sağlayabilir.

Louis Michaud ve Nilton Renno³

İspanya'nın orta-güney bölgesinde yer alan Manzanares'in kırsalında yükselen 600 feetlik kırmızı beyaz bir kule, uçsuz bucaksız tarlaların ortasında kaybolmuş bir fabrika bacası gibi hâlen ayakta. Bugün harap olmuş halde ayakta duran kule atmosfere duman salmıyor, asıl olarak tabanındaki plastik ve cam panellerin altında ısıtılan hava için bir baca vazifesi görüyordu. Amaç, yükselen havanın yarattığı akımın temiz elektrik yaratmak için kullanılıp kullanılmayacağını görmektir.

1982 yılında inşa edilen bu deneysel tesis, maksimum 50 kW'lık bir ürün çıktısına sahipti ve yakıt kullanılmaksızın elektrik üretebiliyordu. Ancak arsa istisna sorunları ve kurulum maliyetinin yüksekliği, bu tasarımı ticari düzeyde yaygınlaştırmak isteyen gruplar için tökezletici engeller olageldi.

Bizim inancımıza göre bu tip bir teknolojiyi yaygın biçimde pratikleştirmenin anahtarı, fiziksel kulelerce hapsedilen havanın sadece basit biçimde yukarı çekilişine değil, yükselen havanın bir girdap

oluşturacak şekilde bükülmesini sağlamaktan geçiyor. Böylesi bir girdap, ısınan havanın yukarıya tırmanmasını kontrol edebildiği gibi, seyrelmeksizin kilometreler boyunca gökyüzüne yükselmesini sağlayabilir.

Bizim atmosferik girdap makinesi dediğimiz bu yöntemle, sıcak ya da nemli hava silindirik duvarın tabanında teğetsel karşılanırken

yukarıya doğru ısı yayımı sırasında üretilen mekanik enerji korunabilir. Temelde siklon, tornado ve deniz hortumlarını harekete geçiren de aynı güç kaynağıdır. Konseptin uygulanabilirliği teorik olarak olduğu gibi, küçük ölçekli modellerde de gösterilmiştir; ancak güç türbinleri büyüklüğünde bir kurulumda henüz denenmemiştir.



² Mechanical Engineering (The Magazine of ASME) dergisinin Nisan 2011 sayısında yayımlanan bu yazı Barış Gönülşen tarafından dillimize çevrilmiştir. Yazının orijinaline http://memagazine.asme.org/Articles/2011/April/Skys_Limit.cfm bağlantısından ulaşılabilir.

³ Louis Michaud, Sarnia, Ontario'daki AVEtec Energy şirketinin başkanıdır. Exxon Mobil şirketinde 25 yıl boyunca sürdürdüğü süreç kontrol mühendisliği görevi ardından emekli oldu. Nilton Renn, Ann Arbor'daki Michigan Üniversitesinin Atmosfer, Oşinografi ve Uzay Bilimleri bölümünde profesördür.

Manzaneres'teki gibi doğal bir hava bacasında alttan çekiş, yükselen sıcak havayla onun etrafını saran daha soğuk çevresel hava arasındaki sıcaklık farkı ve bacanın yüksekliğiyle orantısaldır. Bir girdapta, havanın dönen kolonundaki merkeze doğru yaklaşan güç, fiziksel bacanın yerini alır ve soğuk çevresel havanın artan sıcak hava akımına girmesini engeller. Bu nasıl olur? Dönen hava içe doğru zorlandıkça, havanın teğetsel hızı açısal momentumunu muhafaza etmek için artar, bu merkezkaç kuvvetinin artmasıyla sonuçlanır ve ardından kum fırtınaları, deniz hortumları ve tornadoların pürüzsüz görünümünde de şahit olduğumuz gibi, bu kuvvet havayı dışa doğru iter.

Girdabın çapı, otomatik biçimde kendisini düzenleme özelliği taşıdığı için, merkezkaç kuvveti radyal basınç diferansiyeline eşitleninceye dek kendisini ayarlar. Girdap bacasındaki yükselen havanın yerini, durmaksızın ve kesintisiz biçimde altındaki nemli ya da sıcak hava almaktadır. Baca ve yükselen hava kolonu, özünde ayıdır.

Termodinamik açıdan havanın bu biçimde yükselişinin yarattığı iş, havanın hacminin entalpisindeki azalmadan potansiyel enerjisindeki artışın çıkarılmasına eşittir. Güneşin aşağı atmosferi gün boyunca ısıtmasından kaynaklı, genellikle okyanussal tropik yüzey havasında içerili ısı miktarı 1.000 ile 2.000 J/kg arasında bir iş üretmeye yeterli olur (Bir kilogram hava yaklaşık bir metre küp yer tutmaktadır). Sadece 3 °C'lik bir sıcaklık artışı, konveksiyon işini 1.000 J/kg arttırır. Aslında 26 °C'lik bir deniz yüzeyi sıcaklığı bir kasırğa yaratmaya yeter; tropik deniz yüzeyi sıcaklıkları ise 31 °C'ye kadar yükselbilmektedir.

Karşılaştırma olması açısından belirtelim, güç santralindeki kayıp ısının sıcaklığı 50 °C'ye kadar yükselmektedir.

Isınan hava yükseldikçe soğur, ancak doygun nemli hava kuru havadan daha yavaş soğumaktadır; çünkü yoğuşmanın ısısı, yükselen havanın soğuma oranını düşürmektedir. Yoğuşma ısısı ancak yoğuşma düzeyine ulaşıncaya gündenme gelir; bu da genellikle 1.500 ile 10.000 feet arasındaki irtifalarda olur.

Yoğuşma düzeyine ulaşacak yeterlilikte yükseltilemeyen bir güneş bacasındaki ısı kaynağı, duyulur ısıdır. Girdabın yoğuşma düzeyini rahatlıkla aşabilecek kadar yükseldiği bir girdap makinesindeki ısı kaynağı ise gizil ısı olabildiği gibi, duyulur ısı da olabilir. Atmosferik girdap makinesindeki ısı kaynağı, konvansiyonel güneş bacasındaki ısı kaynağına oranla daha düşük bir sıcaklığa sahip olabilir; çünkü doymamış havaya buharlaşma, duyulur ısı akısına oranla daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşebilir. Girdabın tabanındaki azaltılmış basınç, sudan havaya ısı transferini daha çok yükseltmekte, dolayısıyla havanın entalpisini ve güç üretimini arttırmaktadır.

Atmosferik girdap makinesi, bir termik santralin termodinamik verimini farklı biçimlerde de arttıracaktır. Soğutma kuleleri atık ısıyı atmosfere transfer ederler, ılımlı bölgelerde inşa edilmişlerse diyelim ki 0 °C ile 30 °C arasında da bir çevreleyen sıcaklığa sahiptirler. On binlerce feet yükselecek bir girdap, yüklendiği atık ısıyı aşağı atmosfer ile stratosfer arasındaki sınır olan tropopozda başarıyla boşaltacaktır. Atık ısıyı tropopozda boşaltmak, soğutucunun etkin sıcaklığının çok daha soğuk olmasını beraberinde

getirir (yaklaşık - 60 °C civarında). Hesaplamalarımıza göre 1.000 MW'lık atık ısının yukarı atmosfere atılmasından vazgeçmek, 1.500 MW'lık bir termik santralde 200 MW'lık bir ek elektrik enerjisi yaratabilmektedir. Ek olarak, bir atmosferik girdap makinesi soğutulmuş su sıcaklığını düşürecek, bunun yanında enerji santralinin konvansiyonel kısmının verimini geliştirecektir.

Bir atmosferik girdap motoru (AGM), açık tepesinden yükseldiği dışarıdan da görülebilecek ve kontrol altındaki girdabı hariç, doğal çekişli soğutma kulelerinden farksız görünecektir. Bir AGM kulesi 300 feet'lik çapa sahip olabilir. İç tarafındaki yapısı bir açık hava stadyumunu andırabilir, girdabın varlığını hariç tutarsak tabii. Bir tarafından öbür tarafına yaklaşık 100 feet boyutunda, merkeze bağlı ve göğe doğru 10 mil uzanan bir girdap.

Girdap, sıcak havanın silindirik duvarla çevrili alana teğetsel giriş boruları aracılığıyla girmesiyle yaratılabilir, böylece alan kendi ekseni etrafında dönen sıcak havayla doldurulur. Merkezi dairesel açılışı olan halka şeklindeki bir çatı, havayı bir noktaya doğru birleşmesi için baskılar. Havanın çatıdan kaçmaması için açılıştan biraz daha küçük çapa sahip bir girdap oluşturulur.

Girdap bir kez oluşturuldu mu, çevreleyen hava ile girdabın tabanı arasındaki basınç farkı, teğetsel borulardan gelen havayla çarpışarak türbinleri çevirmeye yetecek gücü oluşturur. Bu yüzden, burğaç motoru iki yolla enerji sağlamaktadır; dolaylı olarak, bağlı bulunduğu termal enerji santralinin verimini yükseltmesiyle ve doğrudan borulardaki rüzgâr türbinlerinin hareketi yoluyla.

Fırtına ve tornadolarda doğal yollardan oluşan girdapların aksine,

teğetsel giriş kanallarına ya da ısının akışına zıt yönde eklenecek sınırlandırıcılar sayesinde girdap makinesindeki hava akımı kontrol edilebilir. Hatta tamamıyla kesilebilir. Bu, girdabın büyük bir güce sahip olmasına karşın, yıkıcı olmaması anlamına gelmektedir.

Atmosferik girdap motoru konseptini küçük ölçekli modellerde test ettik. Modellerin en büyüğü yaklaşık 12 feet çapındaydı. Havayı ısıtmak için 4 adet 20 kW'lık propan ısıtıcı teğetsel giriş kanallarına akış yukarı gelecek şekilde yerleştirildi. Beklendiği gibi, sıcak hava modelin üst kısmından spiral biçimde yükseldi ve bir ila iki feet genişliğinde ve 60 feet boyunca yükselen bir girdap yaratılmış oldu. Küçük bir toz hortumuna benzeyen girdap, güherçile (potasyum nitrat) duman emittörleriyle görsel olarak betimlendi.

Öte yandan AGM konseptini tam olarak sergileyebilmek için, var olan bir termal enerji santralinde bir prototip inşa ederek test etmek gerekli görünüyor. Göreli yüksek sıcaklıktaki kontrollü bir ısı kaynağının varlığı nedeniyle ilk örnekleri, var olan bir termik enerji santralinde inşa etmek daha avantajlı olacaktır. Var olan soğutma kulesinin kapasitesinin yaklaşık yüzde 20 ya da 30'una sahip olacak bir ilk örnek, tesisin atık ısısının bir bölümünü amacı doğrultusunda kullanabilir. Kuru soğutma kuleli, sıvı yakıtlı çalışan, şehir dışında inşa edilmiş küçük bir enerji santrali AGM konsepti prototipinin geliştirilmesi



Silindirin ısıtılan havayla teğet biçimde beslenmesi, deney sırasında minik bir hortum yaratılmasını sağladı.

için ideal bir yer olur, böylelikle var olan tesis işleyişine tehdit oluşturmadan da konsept geliştirilebilir.

Hiç olmadı, en azından ilk örnek tesisin soğutulmuş su sıcaklığını düşürerek soğutma kapasitesine değerli bir katkıda bulunmuş olur. Ancak girdap kontrolü düşük ısı ve düşük hava akımı koşullarında bir kez sağlandıktan sonra, hava kanallarına türbinlerin eklenmesi mümkün olacaktır. Nihayetinde ilk örnek, bütün tesisin soğutma yükünü üstlenecek ve aynı zamanda da güç üretecek olan birebir ölçekli girdap motoruyla değiştirilebilecektir.

Her ne kadar atmosferik girdap motoru, termik santral soğutması için

birçok avantaj sunuyor olsa da AGM'nin güç yaratması için illa insan eliyle yaratılan ısı kaynaklarına ihtiyaç duyulmadığı da gözden kaçmamalı. Sıcak deniz suyu ya da bol güneş alan toprak üzerindeki ısınan hava, gerekli ısı kaynağı işlevi görebilir. Girdabın atmosferin kilometrelerce içerisine ulaşma yeteneği sayesinde, dâhili türbinleri çalıştırmak da yüksek sıcaklık gerektirmeyecektir.

Atmosferik girdap motoru, fosil yakıtlarla çalışan enerji santrallerinin atık ısısından önemli miktarda enerji devşirmemizi müjdelemesinin yanı sıra, hiç yakıt kullanmadan elektrik üretmenin potansiyelini de taşımaktadır. ■