

Benzinli Dizel

The Gasoline Diesel ¹

ABD’de ulusal bir laboratuvarda yürütülen araştırma, yakıt tasarrufu ve emisyon performansında var olan sınırları aşmayı hedefliyor.

Steve Ciatti ²

Kahve makinesi ya da su sebili başına toplanarak yapılan konuşmalarda sıkça Amerika Birleşik Devletleri’nde sattığımız arabalarda yakıt ekonomisi geliştirmek konusunda başarısız olduğumuzu duyuyorum. Bu konuda ortalık komplo teorisinden geçilmiyor. Kolay çözümlerin bini bir para, en sık duyulanı da şu: “Hepimiz dizel, hibrit, elektrige [kullanılacak teknolojiyi siz doldurun] dayalı araçlara geçsek, böyle bir sorununuz olmazdı.”

Ben bir komplo teorisyeni değilim ve şundan eminim, Amerikalılar kullandıkları 260 milyon aracı (ve onları destekleyen altyapıyı) öyle bir gecede hurdaya çıkaracak değil.

Yine de geleneksel buji ateşlemeli ve dizel motorlarda yakıt tasarrufu konusunda durumumuz açısından havanda su dövdüğümüzü söyleyebiliriz. Peki neden?

Zorluğun bir yönü, sadece bir değil, eşzamanlı çözülmesi gereken iki sorunla birden karşı karşıya olmamızdan kaynaklanıyor.

Örneğin dizel motorlar oldukça yüksek verimlilik sağlıyorlar ancak emisyon problemi de yaratıyorlar. Hava kirliliği talimatlarına uymaları için oldukça karmaşık ve pahalı donanımlar gerekiyor.

Öte yandan buji ateşlemeli benzin motorları çevre kirliliği konusunda görece daha iyiler belki, ancak onlar da doğaları gereği daha az verimli oluyorlar.

Daha kötüsü ateşlemeli sistemler de, dizel sistemler de çok yüksek bir geliştirme potansiyeline sahip değil.

İşte bu yüzden Argonne Ulusal Laboratuvarı’ndaki ekibimiz her iki motorun en iyi özelliklerini birleştirmenin bir yolunu bulmaya karar verdi. Bu yeni sistem ateşlemeliden ziyade daha çok geleneksel dizel yanmaya benziyor; ancak benzin benzeri bir yakıtın yanı sıra, emisyonu mümkün olan en alt düzeyde tutmak üzere yeni bir yakıtı devreye sokuyor.

Bunun nasıl çalıştığını anlatmak için konuya önce motor verimliliği ve emisyon performansının nasıl değerlendirildiğinden başlayalım, ardından devam ederiz.

KIVILCIMIN SÖNÜMÜ

Temel bilgilere hepimiz sahibiz:

Dizel ya da ateşlemeli, her iki motor türü de içten yanmalıdır. Bir pistonun yukarı ve aşağıya doğru hareket etmesi için gereken enerjiyi sağlamak üzere bir silindirin yanma odasındaki küçük bir patlamadan faydalanırlar. Piston, bu doğrusal hareketi dönme hareketine ileten bir krank miline bağlanmaktadır.

Bu iki çeşit motor arasındaki fark, yanmayı nasıl başlattıklarında yatar. Dizel motorlar havayı sıkıştırır ve bu yolla basınç ve sıcaklığını artırır. Sistem iyi akışkanlıkta bir yakıtı püskürtür püskürtmez de derhal bir patlama elde edilir. Piston itilir ve krank mili hareketine geçer.

Öte yandan benzinli (ya da ateşlemeli) motorlar yakıtı havayla sabit bir oranda karıştırma yoluyla çalışır. Bu sabit oran bize karışımdaki tüm yakıtı tamamen yakmaya yetecek miktarda oksijeni sağlamalıdır. Motor, karışımı silindirin içine enjekte eder, ancak bu karışım buji ateşlenene dek yanmayacaktır.

Benzinli motorlar dizel teknolojisiyle karşılaştırılınca üç temel kusura sahiptir.

Bunlardan birincisi kısılmaya ilişkindir. Ateşlemeli motorlarda kısılma motora giren hava akışını düzenlerken, port yakıt enjektörü de yakıtı kontrol etmektedir. Motor, aracın hızlanmasını ya da bir yokuşu tırmanmasını sağlamak için daha fazla güce ihtiyaç duyduğunda, hem port yakıt enjektörü hem de kısılma gerekli yakıt/hava oranını sağlamak için daha geniş açıklırlar.

Ancak motor sabit hızda olduğunda ve daha az güç harcadığında problemle karşılaşırız. Bu durum pompalama kaybına neden olur ve ateşlemeli motorların dizel motorlara göre daha az verimli olmalarının en temel nedeni budur.

100 beygir gücünde bir motorun 50

beygir gücünde çalışmasını sağlamak için silindirlere giren yakıt ve hava akışını sınırlandırmak zorunda kalırız. Yakıt portundan daha az yakıt pompalanmasını sağlama yoluyla yakıt kullanımını azaltabiliriz. Hava akışını sınırlandırmak için de kelebeğin bir bölümünü kapatırız. Bu silindirin içerisindeki havayı emmeye çalışan pistonun üzerinde kısmi bir vakum üretir. Üstteki kısmi vakum ile pistonun altındaki normal basıncın birleşmesi sonucunda bir sürüklenme oluşur ve bu durumun üstesinden ancak fazladan güç ve yakıt harcanarak gelinebilir.

En normal sürüş koşullarında bile pompalama kayıplarıyla karşı karşıya kalmaktayız. Üstelik motor ne kadar büyükse, bu pompalama kayıpları o kadar artar. Niçin?

Kısmen kapanmış bir kısılmayla, düz bir yolda saatte 65 mil hızla seyreden orta büyüklükteki bir araba ancak yüzde 30’luk bir verimlilik oranına ulaşabilir. Aynı koşullarda 200 beygir gücüne sahip bir motor, kelebeği daha da fazla kapatmak zorunda kalır. Bu durum daha güçlü bir vakumun doğmasına sebep olacak ve sürüklenmeyi daha da arttıracaktır. Otoban örneğimize devam edersek, 200 beygir gücünde bir motor sadece yüzde 15 ile 18 arasında bir verim sağlayacak ve yakıt verimliliği küçük motorlu araca göre yarı yarıya daha az olacaktır.

Öte yandan dizel motorlarda yakıt ve hava önceden karıştırılmadığı için, kelebeğe de gerek yoktur. Bunun yerine dizel motorlar yakıtı doğrudan ateşleme odasına ve sadece gerek duyulduğunda enjekte ederler. Bu güç çıkışının kontrolü açısından oldukça sık bir yöntemdir, ancak bu yöntem de çok sayıda parçacıklı madde (kurum, is) ve azot oksit salımına sebep olmaktadır.

Ateşlemeli motorların ikinci kusuru, düşük sıkıştırma (kompresyon) değeridir. Bu orantısal değer, bir pistonun hava/yakıt karışımını sıkıştırma ölçü-

sünü verir. Karışımı daha küçük bir alana sıkıştırmak daha güçlü bir patlamayı mümkün kılar.

Daha yüksek sıkıştırma değerleri, belirli bir miktardaki yakıtın yaratacağı güç miktarını maksimize eder, ama belli bir ölçüye kadar. Ancak bunun ardından vuruntuya, silindirde erken tutuşmaya sebep olurlar. Bu da bir motorun gücünü tüketebilir ya da eğer çok şiddetliyse motoru sallantı sonucu yerinden oynatarak işlemez hale getirebilir.

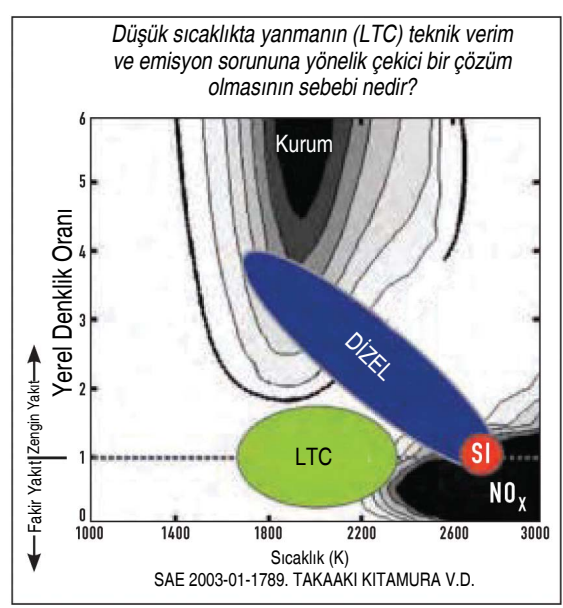
Oktan değerlerince ölçülen, vuruntu önleyici yakıt katkıları bu vuruntuyu bastırmaya yarar. Bir benzinin oktani ne kadar yüksekse, dayanabileceği kompresyon da aynı derecede yüksektir. Performans arabaları dediğimiz türden araçlar, genel olarak yüksek sıkıştırmalı motorları için yüksek oktanlı süper benzin kullanımına ihtiyaç duyarlar.

Bundan onlarca yıl önce, petrol rafinerisi sahiplerinin henüz benzine tetraetil kurşun ekledikleri dönemde, normal benzinin oktan değeri 90’ların üzerindeydi. Bu 10/1’den daha büyük sıkıştırma değerlerine ulaşmasını mümkün kılıyordu. Zaman içerisinde sanayideki kurşun katkıları ortadan kalktıktan sonra, genişleyen piyasadaki tüm müşteriler için vuruntuyu önleyebilmek amacıyla normal benzin 87 oktana düşerken, sıkıştırma değerleri de 9/1’e hatta 8,5/1’e dek düştü.

Bu durum karşısında ateşlemeli motor üreticileri, etkili sıkıştırma oranlarına ulaşabilmek için kimi incelikli çözümler geliştirdiler. Örneğin bunlardan turbo şarjlar, hava girdi basıncını arttıran hava pompalarını harekete geçirmek için sıcak egzoz gazlarını kullanırlar. Ne yazık ki bu strateji vuruntu oluşumuna daha elverişlidir, turbo şarjlı ateşlemeli motorların sıkıştırma oranlarının yaklaşık 7/1 olmasının ve 93 oktanlık benzin kullanımını gerektirmesinin nedeni de budur.

¹ Mechanical Engineering (The Magazine of ASME) dergisinin Eylül 2012 sayısında yer alan bu yazı Barış Gönülşen tarafından dilimize çevrilmiştir.

² Steve Ciatti, Makina Mühendisi, Argonne Ulusal Laboratuvarı Ulaştırma Teknolojisi Merkezi’nde Baş Araştırmacı



Dizel motorlar kurum ve NO_x'e sebep olacak şekilde çalışırken, buji ile ateşlemeli (SI) motorlar sadece NO_x'e sebebiyet verir. Düşük sıcaklıkta yanma yöntemi her ikisinden de kaçınmaya çalışır.

İzlenebilecek ikinci yol, etkili sıkıştırma oranlarına ulaşmak için emme ve basma sübaplarının yükseltilmesi anlamına gelen kam fazlama işlemidir. Düşük gaz kısılması koşullarında vurutu yapma eğilimi düşer ve bu daha yüksek sıkıştırma oranlarına ulaşılmasını sağlar.

Ne turbo-şarja ne de kam fazlama işlemleri, karmaşıklığı ve maliyeti arttırdıklarına değecek oranda verimlilik artışlarını bizlere sağlamazlar.

Öte yandan dizel motorlar yakıtı neredeyse enjekte edilir edilmez yakmak üzere tasarlanmıştır, dolayısıyla vurutudan kaynaklı sınırlamalarla karşı karşıya kalmazlar. Bunun bir sonucu olarak sıkıştırma oranları, yüksek turbo-şarjlı alım basıncı itme desteği [45 psia] 15/1 oranı ile ortalama itme destek koşullarında [30 psia] 18/1 oranı arasında değişir. Yüksek sıkıştırma oranları ile turbo şarjın bu birleşimi bize önemli verimlilik avantajları sağlamaktadır.

Ateşlemeli motorlarda rastlanılan üçüncü kusur ise ısı transferi kaybıdır. Ateşlemeli motorlar aşırı biçimde ihti-

yaç fazlası ısı yaratırlar ve bu fazla ısıyı gidermek için (dizel motorlarla göre) gereğinden fazla büyüklükte soğutma sistemlerine gereksinim duyarlar.

Burada tekrar ateşlemeli motorun sabit hava/yakıt oranı problemine dönüyoruz. Bu sadece sıkıştırma verimliliğini arttırmak ve emisyonları mümkün olan en düşük düzeyde tutmakla kalmaz, aynı zamanda olası en yüksek yanma sıcaklıklarına da sebep olur. Silindirdeki sıcak gazların genişleme oranı sıkıştırma oranıyla uyumlu olduğu için, gazlar sadece sekiz ila dokuz kat genişlerler ve görece sıcak kalırlar. Bu

fazladan ısıyla baş edebilmek için de aşırı büyük bir soğutma sistemi ve radyatör gerekli olur.

Öte yandan dizel motorlar daha verimli çalışmaya yatkındırlar; bu, karışımın içerisindeki oksijenin yakıtın daha çok olması anlamına gelir. Bu da silindir içerisindeki ortalama sıcaklığı düşürür. Neden? Silindir, birim yakıt başına fazladan hava (sadece oksijen değil) tutar. Bu, havanın birim hacmi başına düşen sıcaklığını düşürür. Silindirdeki gazlar ateşlemeli motora göre yaklaşık iki kat fazla genişledikleri için,



Argonne'da dizel emisyonlarının tespiti için özel teçhizatlar kullanılıyor. Resimdeki sistem partiküllerin mikro görüntülerini sağlıyor

bu da egzoz salım sıcaklıklarının çok daha düşük olması sonucunu verir. Üstüne üstlük dizel motorların hemen hemen tümü, salımın bir bölümünü turbo şarjlarına enerji sağlamak için geri kazanır; bu da verimliliklerini daha da arttırmaktadır.

DÜŞÜK SICAKLIKTA YANMA

Peki, öyleyse neden hepimiz dizel arabaları kullanmıyoruz? Bunun yanıtı, çevre kirliliği. Bir kelebeğe gereksinim duymayan, vurutuyu ortadan kaldıran ve oldukça verimli çalışan dizel yakıt püskürtme sistemi, öte yandan çevreye zehirli atıklar (özellikle de kurum ve NO_x) bırakıyor.

Gerçekten de ABD Çevre Koruma Ajansı'nın verilerine göre dizel araçlar sadece 2009 yılında atmosfere tam 300 bin ton kurum ve 6,4 milyon ton NO_x bırakmış durumda. NO_x ozon ve is parçacıkları oluşturarak endüstriyel sis oluşumuna önemli bir katkıda bulunuyor. Kurum ise astımı tetiklemelele kalmıyor, kalp ve ciğer hastalıklarına da sebep oluyor.

Her iki tür emisyon da dizel motorların çalışmasının kaçınılmaz bir sonucu. Kurum, hava ve yakıtın yanmadan önce tam anlamıyla birbirlerine karışacak zamana sahip olmamalarından dolayı oluşuyor. Ateşlemeyle birlikte karışımın tam olarak yanmayan yakıt zengini bölümleri is parçacıkları oluşumuna sebep oluyor.

NO_x yüksek sıcaklıklarda, yüksek sıkıştırma oranlarının ve doğrudan püskürtmenin bir sonucu olarak ortaya çıkan fazla oksijenin, atmosferdeki azotla birleşip azot oksit oluşumunu meydana getiriyor.

Geleneksel benzinli motorların aksine dizel salımlarıyla başa çıkmak oldukça pahalıya mal

oluyor. Ateşlemeli motorlarda 3 çeşit pasif katalizör kullanılabilir. Dizel motorlar ise aktif olarak kontrol edilen parçacık filtresi ve NO_x katalizörleri kullanımını gerektiriyor ve bunların maliyeti kimi zaman binlerce dolara ulaşıyor.

Anlayacağımız, oldukça ilginç bir ikilemele karşı karşıyayız: Benzinli motorlar çok önemli verimlilik kusurlarına sahipler belki ama çevre koruma gerekliliklerine kolayca ve görece daha ucuz yoldan uyum sağlayabiliyorlar. Dizel motorlarda daha yüksek verim elde ediliyor ama egzoz salım şartlarına uymaları için çok ağır bir bedel ödenmesi gerekiyor.

Peki, bu ikilemden bir çıkış yolu var mı? Bu verimlilik/salım sorununa ilişkin son dönemde ortaya çıkan yeni yaklaşımların çoğu, her iki yanma sisteminin en iyi özelliklerini bünyesinde toplamının yollarını arıyor.

Kısılmayı ortadan kaldıran, yüksek sıkıştırma oranlarında çalışan ve ısı transferi kayıplarını azaltan dizelin verimliliğini kesinlikle korumak istiyoruz. Ve artık bunu çevre kirliliği yaratmayacak bir biçimde yapmayı hedefliyoruz.

Genel olarak bahsettiğimiz stratejiyi şöyle özetlemek mümkün: Gayet verimli olan sıkıştırma-ateşleme-yanma döngüsünü yine kullanacağız, ancak zararlı salımları düşürmek amacıyla NO_x oluşumu ve ısı transfer kayıplarını azaltmak için düşük zirveli yanma sıcaklıklarını amaçlayacak şekilde "düşük sıcaklıkta yanma" yolunu izleyeceğiz.

Araştırmacılar yıllardır düşük sıcaklıkta yanmaya ulaşmak için çeşitli yaklaşımların peşinde koştu. Dünyanın her tarafında egzoz gazı salımlarına ilişkin kurallar sıkılaştıkça, giderek bu konu üzerinde daha yakından ilgilenilmeye başlandı.

Yüksek verimlilik, düşük emisyon

teknolojilerinde ilk nesil çalışmalar olarak şunlar hatırlanabilir: HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition – Homojen Dolgulu Sıkıştırılmalı Tutuşma), M-K (Modulated Kinetics, Dumansız Zengin de denir) ve UNIBUS (Uniform Bulky Stratified Combustion).

Her üçü de sahip oldukları kurum ve NO_x oluşumunu azaltma stratejisini, bujiyle tutuşturulan motorlardan (yakıtla havayı önceden karıştırmaktan) almışlardır. Yine üçü de yanma odasındaki oksijen yoğunlaşmasını % 21 dolaylarından % 15'e ve daha altına düşürmek için, serbest oksijeni yanma esnasında tüketilmiş olan egzoz gazlarını geri dönüşüme uğratmaktadır.

Oksijen düzeylerini düşürmek iki sonucu açmıştır. Birincisi, yakıtın tutuşmasını piston üst ölü noktaya yaklaşıncaya dek ötelemiştir. Bu yanma döngüsü teknik veriminin, zirvenin altındaki yanma sıcaklıklarında dahi artmasını sağlamış ve dolayısıyla güçten vazgeçmemize gerek kalmaksızın NO_x oluşumunu ve ısı transfer kayıplarını bir hamlede sonlandırmıştır.

Peki, sorunumuz çözüldü mü gerçekten? Tutuşma tamamen verimli bir zamanda yanma odasındaki yakıtın, havanın ve egzoz gazının kimyasal hareketine bağlıdır. Bu süreçte gücün tekrarlanabilir ve güvenilir bir biçimde kontrolü oldukça zordur, özellikle de motorun hız ya da yükünün değişmesi gerektiğinde bu daha da zorlaşır. Her ne kadar bu tip yanma sistemleri üzerine araştırmalar devam etse de, henüz hiçbiri, ulaştırma amaçlı motor kullanımında yeni bir çığır açabilecek düzeyde değildir.

Düşük sıcaklıkta yanmaya ilişkin ikinci nesil yaklaşım, iki farklı yakıtı birbirine karıştırarak yakıtın kendi kendine tutuşmasını kontrol etme prensibine dayanmaktadır.

Bu teknikler içerisinde en çok bilineni

RCCI (Reactivity Controlled Compression Ignition – Reaktivite Kontrollü Sıkıştırarak Tutuşturma)'dir. Bu işlem, çok düşük reaktiviteye sahip (bir kıvılcım olmadan kolay kolay tutuşmayan) ve egzoz gazını resirküle etmiş bir benzin karışımıyla gerçekleştirilir. Bu malzemeye yüksek reaktiviteye sahip dizel yakıtından küçük bir miktarın püskürtülmesi de yanmayı sağlar.

Dizel yakıtı strok içerisine önceden püskürtmek, dizel yakıtı havayla karışması için yeterli zamanı tanıdığı için, kurum ve NO_x oluşumunu düşük tutar. RCCI işlemi motorun tüm hız ve yük aralığı boyunca teknik açıdan verimli ve güvenilir niteliktedir. Oldukça düşük emisyon düzeylerini yakalar. Bu yöntemin olumsuz tarafıysa, araç için iki ayrı yakıt depolanması ve benzin, geri dönüşümü sağlanmış egzoz gazı ve dizel yakıtın doğru oranını tam olarak sağlayabilmek için potansiyel açıdan karmaşık ve pahalı araç gereçlere yatırım yapılması zorunluluğudur.

ARGONNE YAKLAŞIMI

Argonne Ulusal Laboratuvarı'nda çalışan ekibimiz ise Shell Oil'den Gautam Kalghatgi'nin öncüsü olduğu bir yaklaşımı geliştirmektedir. Çalışmamız esasen ikinci nesil düşük sıcaklıkta yanma araştırmalarından öğrenilenlerin sadeleştirilmesi yönünde bir çabayı içermektedir.

Karışımı kontrol altında tutmak için iki ayrı yakıt ve karmaşık ekipmanlar yerine, bu yaklaşımda piyasada satılan bir dizel motoru ve sadece tek bir yakıt, düşük oktanlı benzin kullanılmakta, buna karşın kurum ve NO_x'te büyük bir azalma sağlanmaktadır. Daha iyi bir alternatif bulamadığımız için buna MSCI (Multizone Stratified Compression Ignition – Çok Bölgeli Kademeli Sıkıştırarak Tutuşturma) adını verdik. Adımı bizim geliştirdiğimiz hava/yakıt karıştırma stratejisinden alıyor. Bu konuya hemen döneceğiz.



Test motoruna sokulan bir endoskop, yanma sürecini farklı parametreler altında görüntülemizi sağlıyor.

Dizel motorların kurum ve NO_x üretmesinin nedeni, tutuşmanın hızla, neredeyse motora yakıt püskürtülür püskürtülmez gerçekleşmesidir. Yakıtın eşit derecede yayılması için yeteri kadar zaman yoktur ve bu yüzden oksijen zengini kısımlarda NO_x, yakıt zengini kısımlardaysa partiküller oluşmaktadır.

Bu sorunun çözümünde bir dizi yöntem izledik. Öncelikle yakıt seçimi-mizden başlayalım. Farklı olarak piyasada satılan benzinlerden biraz daha düşük oktanlı bir benzin kullanıyoruz. Bir karşılaştırma yaparsak normal benzinde standart değer 87 RON (Araştırma Oktan Sayısı) iken, biz yakıt olarak 80 ila 85 RON aralığında bir benzin kullanıyoruz.

Bizim düşük RON'lu benzinimizin kendi kendine tutuşması piyasadaki benzine göre biraz daha kolay oluyor. Yine de düşük RON'lu benzinin tutuşması bir zorluk taşıyor. Bu zorluk, karışıma sıcaklıkların düşük tutulması için yeniden kazanılmış bir miktar egzoz gazını eklediğimizde özellikle geçerliliğini gösteriyor. Peki, bu sorunu nasıl aşyoruz?

Birincisi, düşük sıcaklıktaki diğer yanma motorlarına göre daha yüksek yanma oranlarıyla çalışıyoruz. Bu bize

sadece yanma strokunun üst ölü noktasında olacak şekilde, yakıt karışımımızı ateşlememiz için gereken daha yüksek basınç ve sıcaklıkları sağlıyor.

İkincisi, öncelikle strok içinden başlayacak şekilde, her bir yanma döngüsünde iki ya da üç kez yakıt püskürtüyoruz. Kendi kendine tutuşması zor olan bir yakıtı kullanmamız bize, basınç takviyesi

karışımı tutuşturmadan önce iyi bir biçimde karışmış yakıt, hava ve egzoz gazı katmanlarını kademelendirmek için gereken zamanı sağlıyor.

Karıştırma stratejimiz bize yanma zamanlamasını kontrol etmek için daha başka olanaklar da sunuyor. Yakıt püskürtmelerinin sadece sayısını değil, aynı zamanda zamanlamasını, basıncını, damlacık büyüklüğünü ve başka birkaç etmeni daha optimize edebiliyoruz.

Şu ana kadar yaptığımız çalışmalardan elde ettiğimiz sonuçlar, sıfıra yakın değerde bir partikül madde emisyonuna ulaştığımızı ve NO_x'te geleneksel dizel motorlara göre % 66 ila % 80 arası bir düşüş elde ettiğimizi gösteriyor.

Ancak ne yazık ki bu başarıyı elde etmek için vazgeçmemiz gereken şeyler de var. Bunların başında güç yoğunlaşması farkı geliyor. Yanma sıcaklıklarını azaltmak için egzoz gazı kullandığımızda, yanma tepkimelerimizin şiddetini de düşürüyoruz. Sonuç olarak da zirve güç değeri kabaca yüzde 25 oranında düşüyor.

Peki, bu ne kadar önemli? Standart bir motorun çalışmasında nadiren zirve güç değerlerine ihtiyaç duyulur. Sonuçta hangimiz hız pedalinin arabanın tabanına değdirecek kadar köklerimiz?

Dahası, bu yeni sistemin tork profili temelde geleneksel bir dizel motordan herhangi bir fark taşıyor ve çoğu insanın aracını sürdüğü güç bandında harika bir performans gösteriyor. Bizim düşüncemiz yeni sistemin bu etkisinin sürücülerin çoğu için gözardı edilebilir olacağı yönünde.

Çalışmamızda koyduğumuz hedef, bu yeni motorun çok uzun süreli olmayan çalışmalar esnasında gayet güçlü ve güvenilir bir biçimde çalışmasını sağlamaktır. Bu açıdan bakıldığında, Çok Bölgeli Kademeli Sıkıştırarak Tutuşturma (MSCI), geleneksel buji ile ateşleme ya da dizel yanma kadar dayanıklı değildir. Yine de bizim kademelendirme stratejimiz motor gücü üzerinde, iki yakıt tankı ve karmaşık ve pahalı püskürtme edevatı gerektiren ikili yakıt sistemlerinin çoğuna oranla daha fazla kontrol olanağı sağlıyor.

Aslına bakarsanız bizler MSCI'nın dizel motorların tüm avantajlarını (kısıllama olmaması, yüksek sıkıştırma oranı, düşük ısı transferi) önemli ölçüde azaltılmış kurum ve NO_x ayrıcalığıyla birlikte taşıdığı düşüncesindeyiz. Bunun kadar önemli olan bir diğer konu, bu sistemi geleneksel, piyasada satılan bileşenlerle ve yine geleneksel benzin ya da dizeli rafineleştirmekten daha düşük maliyetli olan düşük oktanlı benzinle kurabiliyor oluşumuz. Bu yolla emisyon denetimini büyük ölçüde kolaylaştırmak ve bu şekilde satın alması ve kullanması daha ekonomik, daha verimli ve daha düşük maliyetli olabilecek araçların üretimini sağlamak mümkün olabilir.

Dünyanın çeşitli ülkelerinde yer alan sanayi üretimi ve akademik araştırma alanlarındaki ortaklarımızla bu yanma sistemini araştırmaya ve sunduğu olanakları test etmeye bundan sonra da devam edeceğiz. ■