

LPG Regülatörünün Araç Üstü Pozisyonlarının Soğuk Hava Koşullarına göre İlk Çalıştırmaya Olan Etkisinin İncelenmesi

¹Tolga Terzioğlu

¹TOFAŞ, Ar-Ge Direktörlüğü, Motor Transmisyon ve Kontrol Sistemleri Müdürlüğü, Bursa

Özet :

2000’li yılların başında LPG sistemlerin maliyet açısından avantajlı konuma gelmesiyle birlikte Türkiye pazarında LPG talebi büyük artış gösterdi. Bu talebi karşılamak için ilk olarak LPG dönüşüm firmaları kendi belirledikleri hazır KIT çözümleri araçlara farklılık gözetmeksizin uygulamaya başladılar. OEM ler ise daha sonraları kendi geliştirdikleri çözümleri uzun doğrulama testleri ile birlikte araçlara göre farklılaştırarak sunmaya başladılar. OEM çözümlerinde araçların mevcut benzinli durumları ile aynı performansı veren, araç üstü doğrulamaları tam olarak yapılmış, uzun yol testi doğrulamaları yapılmış çözümler piyasaya sürüldü. Buradaki performansta bahsi geçen konu sadece motor performansı yani güç değil aynı zamanda aracın tanımlı olan her hava ve yol şartında aynı çalışmayı gösterebilmesi idi. Aracın ilk çalıştırma sonrası, düşük hava sıcaklıklarda LPG ye çabuk geçebilmesi için araç üstüne yerleştirilen LPG sisteminin parçalarının da konumlarının uygun olması ve buna göre test edilmesi gerekmektedir. Bu makalede LPG regülatörünün araç üstü pozisyonlarının soğuk hava koşullarına göre ilk çalıştırmaya olan etkisini inceleyeceğiz.

Anahtar Kelimeler: LPG Regülatör Pozisyonu, Soğuk Çalıştırma, LPG Sistem Performansı, Basınç Regülatörü

Investigation of the Effect of the LPG Regulator on the First Start of the on-Vehicle Positions according to Cold Weather Conditions

Abstract :

LPG demand in Turkey to come to market with advantageous position in terms of cost of LPG systems increased sharply in the early 2000s. In order to meet this demand, firstly, LPG conversion companies started to implement their own ready-made KIT solutions regardless of the vehicles. OEMs began to offer their own solutions by differentiating them according to the vehicles with long validation tests. OEMs launched solutions that provide the same performance as the current gasoline conditions of vehicles, complete on-vehicle validations and long-road test validations. The performance was not only about engine performance, but also the ability of the vehicle to show the same operation in every defined weather and road condition. After the first start-up of the vehicle, the parts of the LPG system installed on the vehicle must also be properly positioned and tested accordingly in order to quickly switch to LPG at low air temperatures. In this article, we will examine the effect of the LPG regulator on-vehicle positions on initial start-up in cold weather conditions.

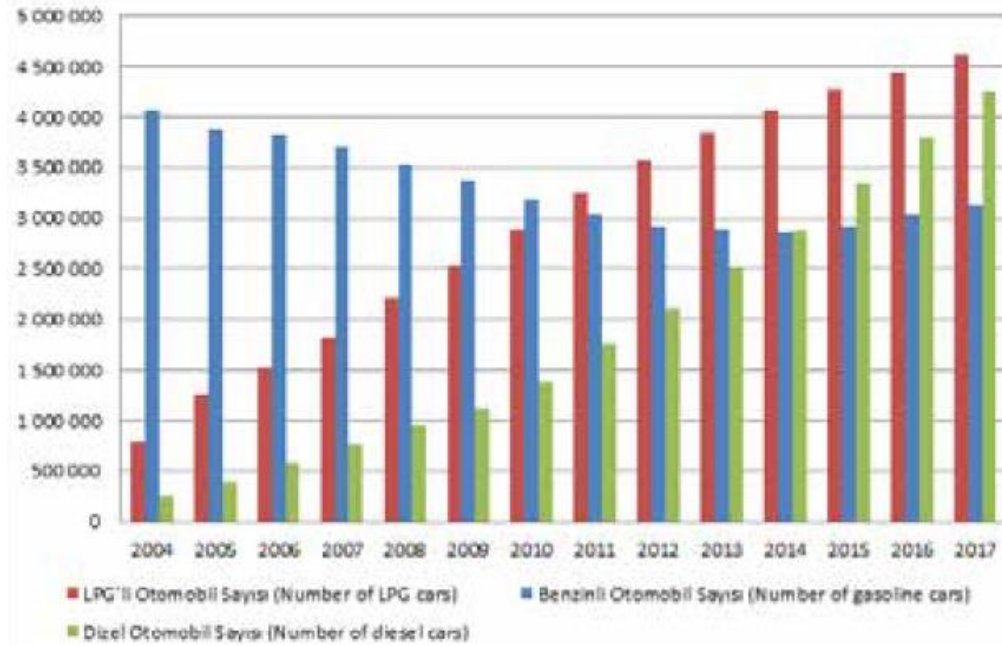
Key words: LPG Regulator Position, Cold Start, LPG System Performance, Pressure Regulator

1. Giriş

Günümüzde LPG’li araçlar piyasada çokça kullanılmaktadır. Türkiye’de tüketilen LPG’nin

Corresponding author: Tolga Terzioğlu Address: TOFAŞ Türk Otomobil Fabrikası A.Ş., AR-GE Departmanı, İstanbul Cad., No:574, Bursa, TURKEY. E-mail address: tolga.terzioglu@tofas.com.tr, Phone: +902242610350

yaklaşık %75'i otopaz olarak tüketilmektedir. Otopaz LPG'nin bu kadar çok tüketilmesinde şüphesiz LPG'li araçların sayısı ve LPG dönüşüm tesislerinin yaygınlığı büyük öneme sahiptir. TÜİK verilerine göre 2017 yılı Aralık ayı sonu itibarıyla kayıt yaptırmış olup trafikte bulunan 12.035.978 tane aracın %38,4'ü LPG, %35,4'ü dizel, %25,9'u benzin yakıt tipine sahiptir. (TÜİK) Başka bir ifadeyle, Türkiye'de trafiğe kayıtlı yaklaşık 4,6 milyon LPG'li araç bulunmaktadır. [1]

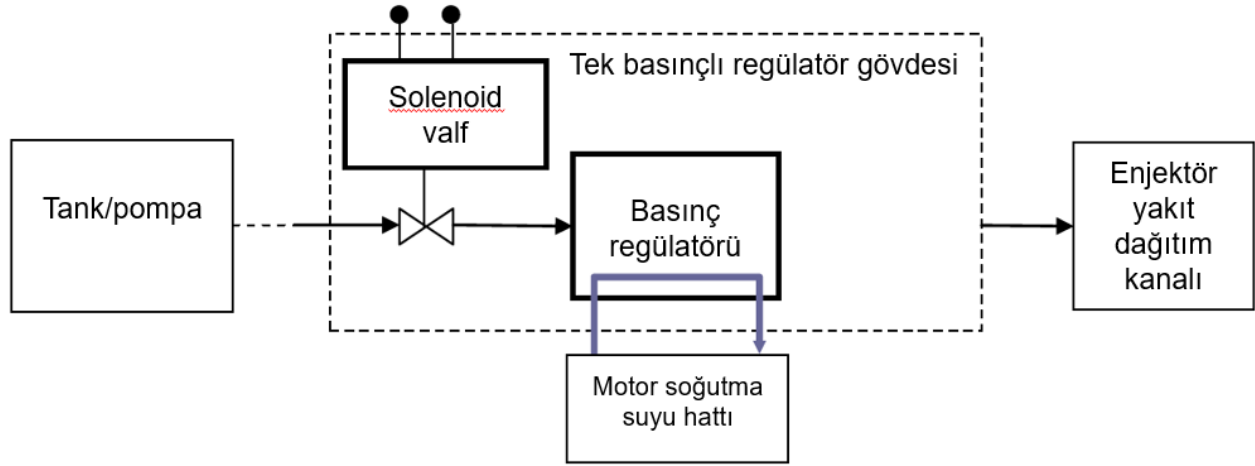


Şekil 1. Yıllara göre LPG'li araçların kullanım oranları [1]

Hemen hemen bütün illerde bulunan LPG dönüşüm tesislerinde 1 gün içinde araçlara LPG dönüşüm kitleri montajı yapılabilmesinin yanı sıra bazı marka ve model araçların doğrudan LPG'li olarak satın alınması da mümkündür. [1]

LPG'nin bu kadar çok yaygınlaşmasında 2 temel faktör karşımıza çıkmaktadır. Birincisi, bilinen motor yakıtlarına (benzin ve dizel) göre fiyat avantajı olmasıdır. Bu faktör kullanıcılar tarafından tercih edilmesini sağlamıştır. İkincisi ise yine bilinen motor yakıtlarına (benzin ve dizel) göre çevreci olmasıdır. Bu faktör kanun koyucuların LPG'nin yaygınlaşmasını teşvik etmesini sağlamıştır. Yıllık bazda LPG pazarı Türkiye'de halen 3.700.000 tonluk tüketimle, petrokimya kullanılan kısım dışarıda bırakıldığında, Avrupa ülkeleri içerisinde Rusya'dan sonra ikinci sıradadır. LPG istasyonları ve LPG kullanan araçların adedi dikkate alındığında dünyada birinci sıradadır. [2]

LPG'li araçlar bilindiği üzere çift yakıtlı araçlardır. Yani araç üstünde yakıt sistemi olarak hem bir benzin sistemi hem de bir LPG sistemi bulunmaktadır. Araç ilk çalıştırma esnasında benzin yakıtı tarafından çalıştırılır. Sonrasında eğer ki araç içinde bulunan LPG anahtarı açık ise uygun sıcaklık ve basınç şartları sağlandığında kendiliğinden LPG'ye geçiş yapar.



Şekil 2. LPG sistemi araç üstü şeması [3]

LPG yakıtı araç üstünde bulunan tank içerisinde 2-5 bar arasında bulunur. Bu tanktan LPG yakıtı kendi basıncıyla borular vasıtasıyla regülatöre gelir. Regülatörde sıcak su ile buharlaştırılan LPG motorun emme manifolduna ya da motor üstü benzin enjektörünün püskürtme yerine LPG enjektörleri ile püskürtülür. Burada basınç en fazla 30 bara kadar çıkar. LPG'nin buharlaştırılabilmesi için regülatörde yeterli sıcaklığın olması gerekmektedir. Bu sebeple regülatöre motor soğutma suyu hattından ekstra bir hat çekilerek regülatörün ısıtılması sağlanır. Regülatörün ilk çalıştırmada sıcak olmaması sebebiyle buharlaşma tam sağlanamaz ve motor silindirlerine sıvı halde gidebilir. Bu durum enjektör arızalarına yol açabileceği gibi motorda teklemeye, stop etme vb sorunlara da yol açabilir. Bu sorunların önüne geçmek için motor suyunun regülatöre ulaştığındaki sıcaklığı 40°C'nin altında olduğu durumlarda araç LPG'ye geçiş yapmaz ve benzinde çalışmaya devam eder.

Aracın LPG'ye geçiş süresini etkileyen en önemli faktörler dış ortam sıcaklığı ve ısıtılması gerekli olan regülatörün araç üstünde ki pozisyonudur.

Regülatörün araç üstündeki pozisyonu dışarıdan gelen etkilere (hava akımı, rüzgâr vb.) ne kadar açık ise ısıtılması o kadar zor ve geç olacaktır. Ayrıca regülatörün araca ait motor soğutma suyu hattına uzak konumlandırılmaması gereklidir. Regülatöre çektiğimiz soğutma suyu hattı ne kadar uzun olursa, su regülatöre ulaştığında o kadar soğuk olacaktır. Buna ek olarak regülatörün araç üstünde güvenli bir yere olması gereklidir. Bunun sebebi ise çarpma, sürme gibi kaza durumlarında etkilenmemesi gerekliliğidir.

LPG sistemi -10°C ile +120°C sıcaklık aralığında çalışmalıdır. Aracın LPG ye geçebilmesi için LPG sıcaklığının sıfırın altında -5°C'den düşük sıcaklıklarda olmaması gerekmektedir (Mirante continued, 2016). Dış ortam sıcaklığı ne kadar düşük olursa aracın LPG ye geçiş süresi o kadar uzun olur. Bu sebeple özellikle dış ortam sıcaklıkları yıl içinde düşük olan bölgelerde LPG regülatörünün pozisyonu hızlı bir şekilde benzin LPG geçişini yapabilmek için önemlidir.

2. Deneysel Tasarım ve Test Koşulları

Bu çalışmada LPG regülatörünün araç üstü pozisyonunun LPG'ye geçişe olan değişkenlik etkisini inceledik. Buna göre motor boşluğunda radyatöre en uzak pozisyona konumladığımız LPG regülatörünün hafif ticari bir araçta çalışma performansını aşağıda belirtilen şartlar ve ekipmanlar ile denemeler yaparak inceledik.

Denemeler sırasında kullandığımız ekipmanların detaylı özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

- Hafif ticari benzinli bir araç
- Standart bir LPG kiti
 - LPG Tankı: EN 10120 ve ECE R67/02'ye uyumlu, LPG depolamaya yarayan tank
 - Multivalf: ECE R67/01'e uyumlu, herhangi bir kaza anında LPG sisteminde ki kaçağı engelleyen bir akış kesici içeren, LPG seviyesini ve LPG tanka giriş çıkışını kontrol eden valf
 - Regülatör & Gaz Valfi: ECE-UN R67/03'e uyumlu, yüksek basınçta gelen sıvı LPG'yi motor soğutma suyunun sıcaklığını kullanarak gaz haline dönüştüren, motorun ihtiyacına göre LPG ayarlaması yapan ayarlayıcı
 - Filtre: LPG'nin temizlenmesinin sağlayan filtre
 - LPG Boruları: LPG'nin tanktan motora aktarılmasını sağlayan borular
 - ECU: LPG enjektör sisteminin yönetimi ve kontrollerini yapar
 - Kablo Tesisatı: LPG sisteminin elemanlarının elektrik ve sinyal bağlantılarını sağlar
 - Su hortumu: ECE R67/01'e uyumlu, regülatöre motor suyu taşıyan hortumlardır
 - Enjektörler: LPG kontrol ünitesinden gelen sinyaller doğrultusunda motorun ihtiyacı olan yakıtı püskürtürler

LPG regülatör yerleşimi için araç üstünde radyatöre en uzak pozisyon değerlendirilmiştir. Genellikle LPG li araçlarda performanstan ödün vermemek ve LPG ye geçişi hızlandırmak amaçlı olarak regülatör radyatöre en yakın kısma konumlandırılır. Biz ise bu çalışmada motor boşluğunda aracın sağ kısmına motor arkasına konumlandırdık.

LPG regülatörünün pozisyonları araç üstünde değiştiğinde, radyatör su hattından regülatöre çekilen su hattının boyu ve yeri de değişiklik göstermektedir. LPG regülatörü radyatör yanına konumlandırıldığında su hattı çıkışından sonra motora giden hattın bir T çekilerek regülatöre su alınabilir. Ancak regülatör pozisyonu motor arkasına alındığında regülatöre su alınması araç içi kaloriferine giden hattın bir T çekilerek sağlanır.

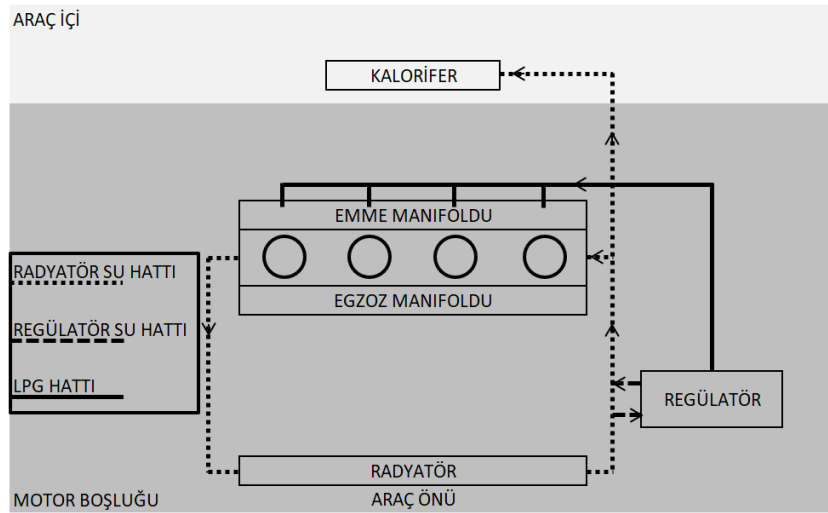
LPG regülatörünün araç üstü pozisyonlarının soğuk hava koşullarına göre ilk çalıştırmaya olan etkisini incelemek için ortam şartlandırması yapabileceğimiz ve araç sürüş koşullarını (hız, rüzgâr vb.) test edebileceğimiz bir emisyon laboratuvarında testlerimizi gerçekleştirdik. Bu çalışmada, soğuk hava koşullarını deneyimlemek için ortam sıcaklığı sıfırın altında $-A^{\circ}C$ olarak alınmıştır.

Test çevrimine başlamadan önce araç üstündeki bütün parçaların ortam sıcaklığı olan sıfırın altında $-A^{\circ}C$ 'ye şartlanabilmesi için araç emisyon laboratuvarında sürüş koşullarını test edeceğimiz dinamometre üzerinde 8 saat boyunca motor kaputu açık olarak, serbest koşullarda bekletilmiştir.

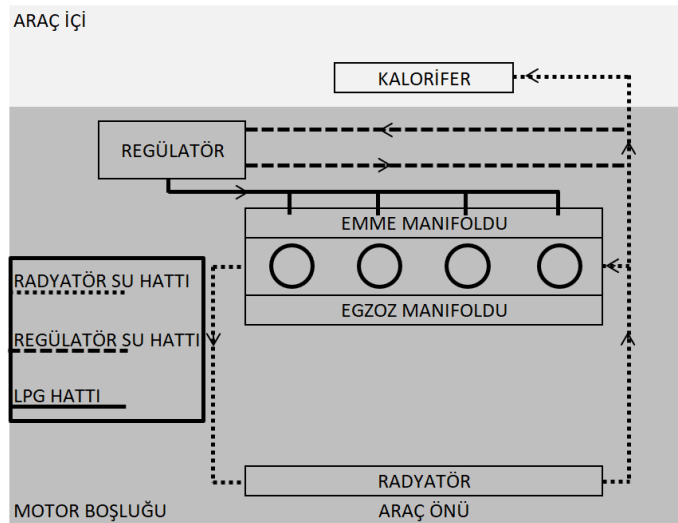
Yapılan sürüş testi yakıt tüketimi esaslı yapılmış olup yakıt tüketim değerleri araç yükü artırılarak değiştirilmiştir. Bu şekilde test senaryosu hem araç boş iken olan koşulları hem de araç yüklü iken olan koşulları içerecek şekilde oluşturulmuştur.

LPG regülatörünün araç üstü pozisyonunun LPG'ye geçişe olan değişkenliğini anlamak için LPG sistemi verileri ECU (LPG kontrol ünitesi) ne bağladığımız bir program ile kayıt altına alınmıştır. Dış ortam sıcaklıkları, regülatör su giriş ve çıkış sıcaklıkları sensorlar ile ölçülmüş ve kayıt altına alınmıştır.

Araç dinamometre üzerinde sıfırın altında $-A^{\circ}C$ 'de LPG açık konumda ile çalıştırılmış ve LPG ye geçiş yapana kadar düz yol koşullarını doğrulayacak şekilde dinamometre üzerinde 1 ve 4 aralığındaki viteslerde serbest çevrimde sürülmüştür.



Şekil 3. Mevcut LPG sistemi araç üstü şeması

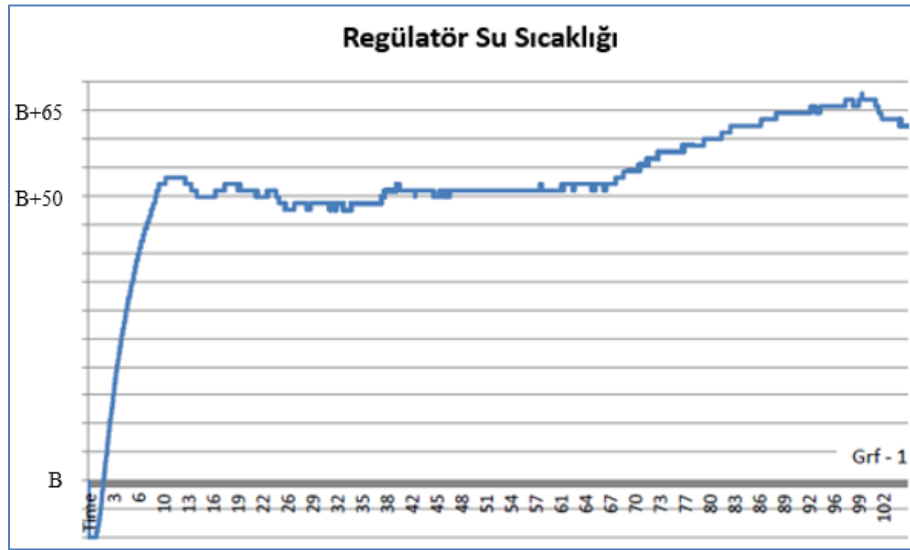


Şekil 4. Denenen LPG sistemi araç üstü şeması

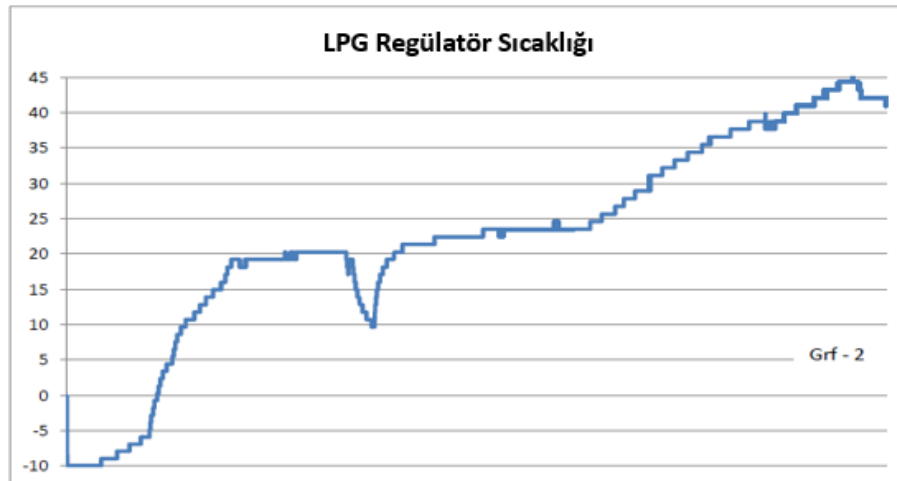
3. Sonuç ve tartışmalar

LPG regülatörünün pozisyonu araçtan alınan ve ölçülen verilere göre aşağıdaki şekilde değerlendirilmiştir.

Araç ilk olarak sıfırın altında $-A^{\circ}\text{C}$ 'de 8 saat şartlandırıldığı için motor suyu ve LPG dahil bütün parçalar sıfırın altında $-A^{\circ}\text{C}$ 'de bulunmaktadır. Motorun çalışması ile birlikte regülatöre giren suyun sıcaklığı Şekil 5'te görüleceği üzere hızlı bir şekilde artış göstermiştir. Regülatöre giren suyun sıcaklığı motorun etkisiyle hızlı bir şekilde artmasına karşın LPG sıcaklığı aynı hızda artmamıştır. Bu sebeple LPG sisteminin çalışması için gerekli olan $+40^{\circ}\text{C}$ lik regülatör sıcaklığı sağlanmasına karşın, LPG sıcaklığı $-A+5^{\circ}\text{C}$ 'nin altında olduğu için LPG geçişi gerçekleşmemiştir. LPG geçişi regülatöre giren suyun sıcaklığı $+B+53^{\circ}\text{C}$ ye ulaştığında gerçekleşmiştir.



Şekil 5. Regülatör su sıcaklığı



Şekil 6. LPG sıcaklığı

Araç, regülatöre giren su sıcaklığı +B+53°C'ye ulaşır LPG'ye geçtiği sırada, yakıt sarfiyatı yaklaşık olarak ~10,2 lt /100km LPG ve yaklaşık olarak ~8,5 lt /100km benzin olarak ölçülmüştür. Regülatör sıcaklığı test boyunca +B+53°C ile +B+49,9°C aralığında küçük salınımlar yapmıştır.

Bu durumda iken dinamometre üzerinde eğim %2 oranında artırılmıştır ve yük koşulları deneyimlenmiştir. %2 eğimde iken yakıt sarfiyatı yaklaşık olarak ~12 lt/100km LPG ve yaklaşık olarak ~10 lt /100km benzin olarak ölçülmüştür. Regülatör sıcaklığı test boyunca +B+51°C ile +B+49°C aralığında küçük salınımlar yapmıştır.

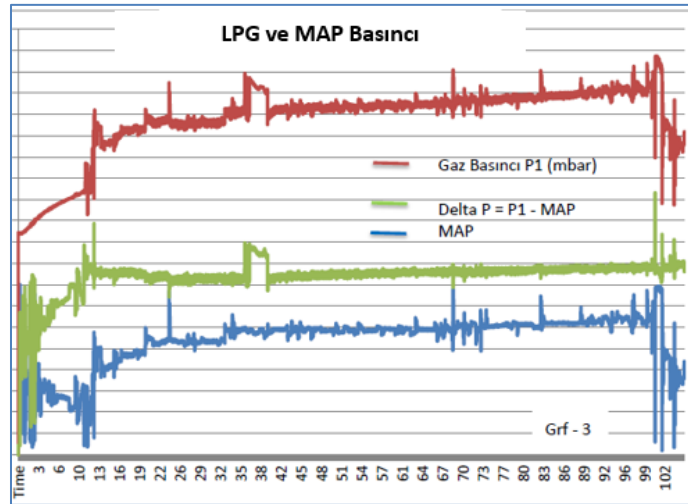
Bu durumda iken dinamometre üzerinde eğim %2 oranında artırılarak, toplamda %4'e getirilmiştir ve yük koşulları deneyimlenmiştir. %4 eğimde iken yakıt sarfiyatı yaklaşık olarak ~14,4 lt /100km LPG ve yaklaşık olarak ~12 lt /100km benzin olarak ölçülmüştür. Regülatör sıcaklığı test boyunca +B+47,5°C ile +B+48,5°C aralığında küçük salınımlar yapmıştır.

Bu durumda iken dinamometre üzerinde eğim %1 oranında artırılarak, toplamda %5'e getirilmiştir ve yük koşulları deneyimlenmiştir. %4 eğimde iken yakıt sarfiyatı yaklaşık olarak ~15,6 lt /100km LPG ve yaklaşık olarak ~13 lt /100km benzin olarak ölçülmüştür. Regülatör sıcaklığı test boyunca +B+47,5°C ile +B+48,5°C aralığında küçük salınımlar yapmıştır.

Araç yüklü test sonrasında 4 dakika boyunca LPG den benzine alınmıştır. Regülatör sıcaklığı ise +B+52°C lere çıkmıştır. Araç bu süre sonunda benzinden LPG ye geçirilmiş ve regülatör sıcaklığı +B+50°C düşüp sabit olarak kalmıştır.

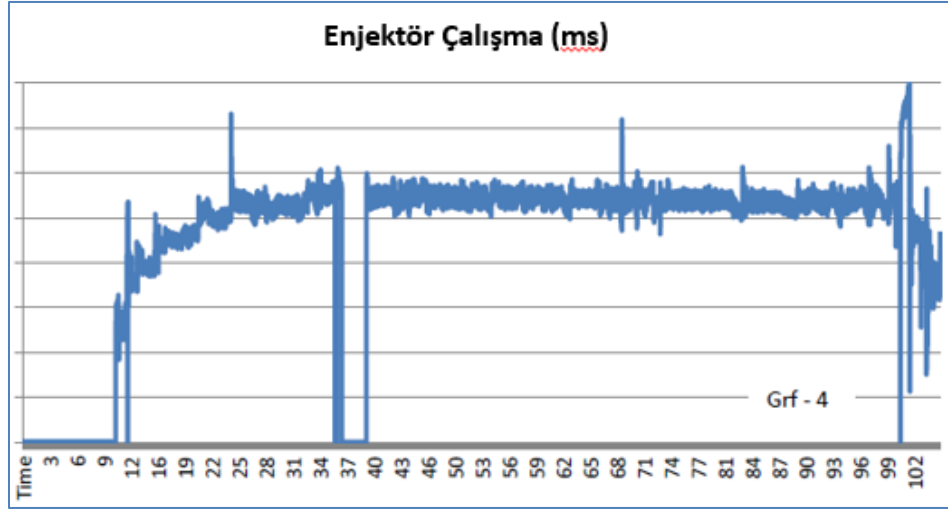
Yapılan testler sırasında regülatör sıcaklığı ~+B+50°C iken regülatörün gövdesinin dış yüzeyine bağladığımız sıcaklık sensorlerinden yani motor boşluğundan alınan sıcaklıkların -3°C ile +2°C arasında değiştiği görüldü. Ortam sıcaklığı testin 65'inci dakikasına kadar -A°C'de idi. Sonrasında ortam sıcaklığı artırılmaya başlanmıştır. Ortam sıcaklığının artışına bağlı olarak regülatör sıcaklığı da artmıştır. Ortam sıcaklığı A+31°C'ye geldiğinde regülatör sıcaklığı +B+65°C'ye ulaşmıştır.

LPG basıncı test boyunca sıcaklık değişimlerinden etkilenmeksizin sabit kalmıştır. (Şekil 7)



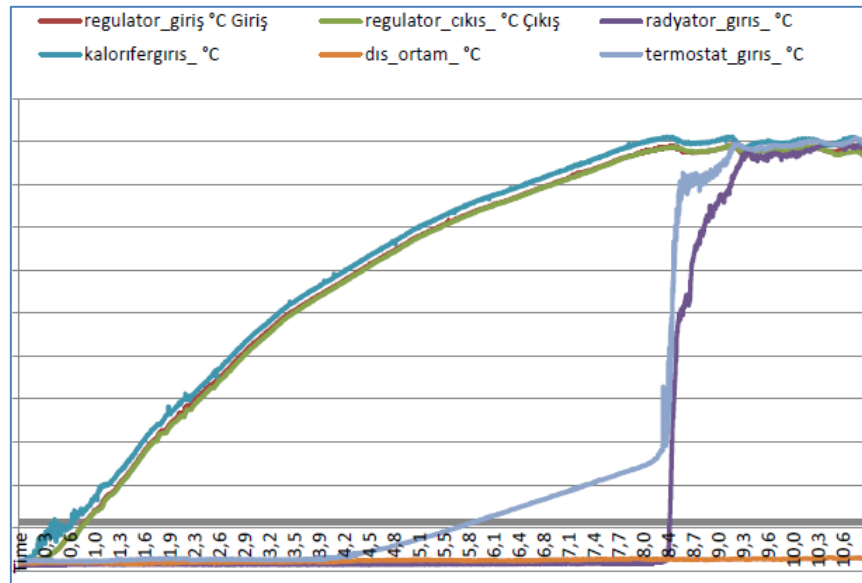
Şekil 7. LPG basıncı

LPG basıncına bir dalgalanma olmadığı için LPG enjektörlerinin çalışmasında da aşağıdaki grafikte görüleceği üzere herhangi bir anormallik görülmedi. Sadece aracı LPG'den benzine geçirdiğimiz 4 dakikalık aralıkta LPG enjektörlerinin çalışmadığını görüyoruz (Şekil 8).



Şekil 8. LPG enjektör çalışma grafiği

Regülatör suyu sıcaklığı, +B+40°C'nin altındaki sıcaklıklarda LPG'nin enjektörlere dolayısıyla motora sıvı fazda gitme riski söz konusudur. Bu sebeple motorda enjektör arızaları, tekleme, stop etme gibi sorunlar olabilir. Regülatör pozisyonuna göre uzayan radyatör suyu hattımızda sıcaklık +B+45°C'nin altına düşmemiştir. Ortam sıcaklığının artması ile birlikte regülatör suyu sıcaklığı da artmış ve +B+65°C'ye ulaşmıştır. Bu bulgular doğrultusunda, regülatör pozisyonunun ve su hattının sıcaklık anlamında aracın çalışmasında ve gaz geçiş süresinde bir sorun oluşturmayacağı tespit edilmiştir. Test esnasında aracın radyatör su hattında bulunan diğer sıcaklıklar da ölçülmüştür. Olağan dışı bir duruma rastlanmamıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Araç üstü sıcaklıklar

LPG regülatörünün araç üstü pozisyon farklılığının çalışma şartları ve araç isterlerini karşılaması açısından değerlendirilmesini bu doğrulama testi ile gerçekleştirdik. Ancak araç üstü regülatör pozisyonunu belirlenirken aracın ve yolcuların güvenliği de diğer önemli faktördür. Regülatörün pozisyonu belirlenirken çarpma testine göre aracın zarar görmeyecek bir bölgesinde konumlandırılması da önemli bir faktördür.

4. Kaynaklar

- [1] Anonim, 2019. Türkiye LPG Piyasası Yatırımcı Rehberi. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu, Ankara.
<https://www.epdk.org.tr/Detay/DownloadDocument?id=Y/yF49R4K0E>
Erişim tarihi: 14.08.2020
- [2] Anonim, 2012. Türkiye Sıvılaştırılmış Petrol Gazı(LPG) Meclis Sektör Raporu. Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, Ankara.
<https://www.tobb.org.tr/Documents/yayinlar/2012/LPGMeclisiSR.pdf>
Erişim tarihi: 14.08.2020
- [3] Mirante, V., Bilderback, T. 2014. FCA Norm 9.02159/04 LPG pressure regulator with shut off valve and pressure sensor.
- [4] Mirante, V., Djutrisno, I. 2016. FCA Norm CD.80009 LPG fuel system core design document.