

## Lpg System Electronic Control Unit (ECU) Design

Erol BAĞCI<sup>1</sup>, Onursal ÇETİN<sup>2</sup>, Cemil ALTIN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bozok University, Department of Mechatronics Engineering, Yozgat, Turkey

<sup>2</sup>Bandirma University Department of Electronics and Communication Engineering, Balıkesir, Turkey

<sup>3</sup>Bozok University Department of Electrical-Electronics Engineering, 66100, Yozgat, Turkey

**Abstract:** The Liquefied Petroleum Gas (LPG) electronic control unit (ECU) performs automatic diagnostics of sensors and data signals according to the different load and road conditions of the engine, controls the injectors to prepare the best mix quantity and deliver the prepared mix to the intake manifold at the right time. In order to prepare the amount of LPG fuel, the signals received from LPG pressure sensor, LPG heat sensor, engine speed sensor and gasoline injectors are transmitted to LPG electronic control unit. In this study, components of an existing LPG system were examined. Taking into consideration the operational stages of the system, the functional characteristics of the electronic control unit of the LPG system were analyzed and a new control unit was designed in the light of the analyzed data. The new LPG electronic control unit, designed to control 4 LPG fuel injectors installed on a 4-cylinder spark plug ignition engine, was tested under real road conditions. The performance of the test vehicle, fuel economy and the compatibility of the vehicle with the designed LPG electronic control unit were observed in different road, temperature and speed conditions and the suitability of the product was checked.

**Keywords:** Classification of LPG systems, LPG electronic control unit, LPG injection, LPG Fuel Systems in Injection Engines.

## Lpg Sistemi Elektronik Kontrol Ünitesi(Ecu) Tasarımı

**Özet:** Sıvılaştırılmış Petrol Gazı(LPG) elektronik kontrol ünitesi(ECU), motorun değişik yük ve yol şartlarına göre sensörlerin ve veri sinyallerinin otomatik diyagnostiğini yapar, en iyi karışım miktarını hazırlamak ve bu hazırlanan karışımı en doğru zamanda emme manifolduna iletmek için enjektörleri kontrol eder. LPG yakıt miktarının hazırlanması için LPG basınç sensörü, LPG ısı sensörü, motor devir sensörü ve benzin enjektörlerinden alınan sinyaller LPG elektronik kontrol ünitesine iletilir. Bu çalışmada mevcut bir LPG sisteminin bileşenleri incelenmiştir. Sistemin çalışma aşamaları dikkate alınarak, LPG sistemine ait elektronik kontrol ünitesinin işlevsel özellikleri tahlil edildi ve analiz edilen veriler ışığında yeni bir kontrol ünitesi tasarlandı. Tasarlanan yeni LPG elektronik kontrol ünitesinin 4 silindirli, buji ateşlemeli bir motor üzerine yerleştirilmiş 4 adet LPG yakıt enjektörünü ne şekilde kontrol ettiği gerçek yol şartlarında test edilerek gözlemlenmiştir. Test aracının performansı, yakıt ekonomisi ve aracın tasarlanan LPG elektronik kontrol ünitesiyle olan uyumu farklı yol, sıcaklık ve hız koşullarında gözlemlenerek ürünün uygunluğu kontrol edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** LPG sistemlerinin sınıflandırılması, LPG elektronik kontrol ünitesi, LPG enjeksiyonu, Enjeksiyonlu Motorlarda LPG Yakıt Sistemleri.

Reference to this paper should be made as follows (bu makaleye aşağıdaki şekilde atıfta bulunulmalı):

Erol BAĞCI, Onursal ÇETİN, Cemil ALTIN ‘Lpg System Electronic Control Unit (ECU) Design’, Elec Lett Sci Eng , vol. 16(1) , (2020), 1-8

### 1.Giriş

Günümüzde ulaşım ve taşımacılık sektöründe içten yanmalı motorlar yaygın olarak kullanılmakta ve sektörün temel girdisi olan enerjinin büyük bir bölümü fosil kaynaklı yakıtlardan sağlanmaktadır. İçten yanmalı motorlardan kaynaklanan zararlı emisyonların çevre ve insan sağlığına etkisi yüksek oranlara varması dünya genelinde sıkı emisyon standartlarının

\* Corresponding author; [cemil.altin@bozok.edu.tr](mailto:cemil.altin@bozok.edu.tr)

uygulanmasına sebebiyet vermiştir. Ayrıca dünyadaki fosil yakıt rezervlerinin yüksek tüketimi neticesinde azalması ve bunun sonucunda maliyetlerin artması, petrol kökenli yakıtlara alternatif olabilecek çevre dostu ve ekonomik yakıt arayışlarını hızlandırmıştır.[1]

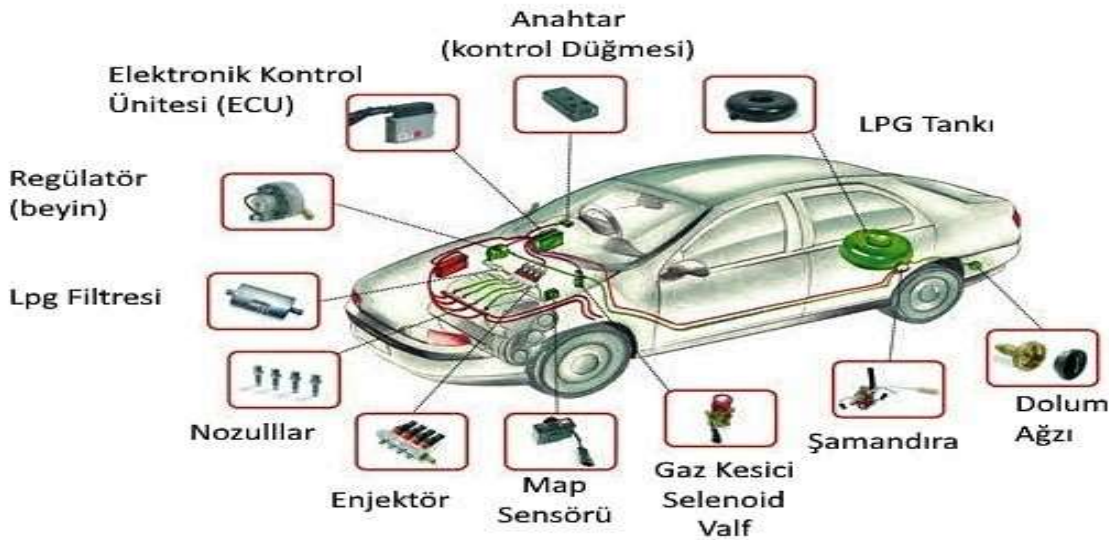
Özellikle kolay bulunması, ekonomik olması ve diğer yakıtlara oranla çevreyi daha az kirletici nitelikte olması nedeni ile dünyada birçok ülke LPG'nin otomobil motorlarında kullanımını özendirerek yaygınlaştırmıştır.

Otomotiv pazarında her geçen gün artan rekabet, araç üreticilerinin daha verimli araçlar üretmeleri gereğini ortaya koymakta bununla birlikte söz konusu iyileştirmelerin, teknolojinin gelişmesine paralel olarak gelecekte de devam edeceği öngörülmektedir. Araç motorlarında kullanılabilen yakıt tiplerinin farklı bir takım yapısal özelliklere ve tek bir yakıt tipini kullanmak üzere optimize edilmiş motor yönetim sistemine sahip olmaları nedeniyle, alternatif bir yakıt tipinin kullanılabilmesi için orijinal yakıt sistemi üzerinde gerçekleştirilen dönüşüm işlemi sonrasında, verimli çalışma şartlarının elde edilmesine yönelik kullanılacak alternatif yakıt tipine özgü bir takım optimizasyon işlemlerinin motor yönetim sistemi üzerinde yeniden yapılması gerekmektedir. [2]

Sıralı gaz enjeksiyon sistemlerinde kontrol ünitesi tarafından hava yakıt karışımının ideal şekilde sağlanabilmesi için, sistem üzerinde bulunan mekanik ve elektromekanik elemanların çalışma karakteristiklerinin ve motor çalışma koşullarına göre değişiminin bilinmesi gerekmektedir. Sıralı gaz enjeksiyon sistemlerinin en önemli elemanlardan birisi elektromekanik bir eleman olan enjektörlerdir.

Bu araştırmada, otomobillerde alternatif yakıt kullanımı ile ilgili kapsamlı çalışma yapılmış ve LPG ECU'su çalışma ilkeleri üzerinde durulmuştur. Bu amaçla LPG sıralı gaz enjeksiyon sistemlerinde yaygın olarak kullanılan ve darbe genişlik modülasyonu (PWM) ile kontrol edilen örnek bir enjektörün, çalışma karakteristiğinin belirli parametrelere göre (darbe genişliği, modülasyonsuz darbe genişliği, modülasyonlu darbe kullanım oranı, modülasyonlu darbe frekansı, besleme gerilimi, nüve açılma mesafesi, enjeksiyon süresi, sıcaklık ve fark basınç) incelenmesi amaçlanmıştır. Enjektörün çalışma karakteristiği belirlenerek, gaz yakıt sistemlerinden beklenenlerin sağlanabilmesi için konuyla ilgili önerilerde bulunulmuştur.

Bu çalışma gibi yapılan birçok çalışma, LPG nin ekonomik ve çevreye diğer fosil yakıtlarına göre az zarar vermesi nedeniyle yapılmıştır. LPG üzerinde yapılan çalışmaların bir sebebi de içten yanmalı benzinli motorlara çok kolay adapte edilen sistemler geliştirilmiş olmasıdır.



Şekil 1: Sıralı LPG Sisteminin Elemanları[4]

LPG Tankın da bulunan gazın, yakıt hattı çekilerek motor kısmına getirilmesi ile Regülatör, yüksek basınç altında sıvı olan gazı buhar fazına çevirir. Regülatörden buhar fazında çıkan LPG filtre edilir ve pisliklerden arındırılır. Daha sonra enjektörler vasıtası ile silindirlere verilerek yanma sağlanmış olur.

Mekanik montajın ardından, araca özel kalibrasyon yapılır. Sistemin devreye girmesi için kalibrasyonun yapılması şarttır. Kalibrasyon ile LPG ECU'su aracın tüm çalışma parametrelerini hafızasına alarak benzin haritasının aynısını LPG için oluşturur.

Araç ECU'sü motorun ne sıklıkta ve hangi sürede yakıt enjeksiyonu yapacağını ve ateşleme avansını da dikkate alarak bujiler vasıtasıyla ne zaman ateşleme yapacağını belirler. Bu çıktıları düzenli olarak yapmak için tüm algılayıcılardan aldığı verileri değerlendirir ve en uygun hava yakıt karışımını silindire supaplar yardımıyla emer. Motor yüklendikçe enjeksiyon palsleri uzar ve daha fazla yakıt hava karışımı emilir. Bunun yanında araç hızlandıkça devir artar ki bu daha sık yakıt enjeksiyonu yapıldığını gösterir. Araç üzerindeki sensörlerin arızalanması veya motorda oluşan herhangi bir sorunla sensörlerin limitler dışında sinyal göndermesi enjeksiyon düzenini bozacağından araç bilgi sistemi bir arıza kodu verecektir.

## **2. Yöntem**

Bu çalışma kapsamında tasarlanacak LPG elektronik kontrol ünitesi için gerekli olan enjektör çalışma karakteristiğinin elde edilmesi amacıyla aracın benzin enjektörlerinden veriler alınmıştır. LPG enjektörlerinin enjeksiyon süreleri analiz edilmiştir. Çeşitli yük ve hız durumuna göre enjeksiyon zamanı ve süresi değişimleri tespit edilmiş ve bu veriler ışığında yeni bir enjeksiyon sistemi tasarlanarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada yeni nesil kapalı devre, çok noktalı ve sıralı gaz enjeksiyon sistemiyle çalışan, bir aracın LPG bileşenleri incelenerek LPG elektronik kontrol ünitesinin(ECU) hangi protokollere göre çalıştığı, giriş-çıkış sinyalleri ve LPG enjektörlerinin enjeksiyon süreleri analiz edilmiştir. Çeşitli yol, hava ve hız durumuna göre enjeksiyon zamanı ve süresi değişimleri tespit edilmiş ve bu veriler ışığında yeni bir enjeksiyon sistemi tasarlanarak, gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen LPG ECU'su test aracına monte edilerek çalışma sırasında motor karakteristikleri ve performansı etkilerine bakılmıştır.

## **3. Tasarım**

“Elektronik kontrol üniteleri otomobillerde kullanılan sensörler (algılayıcılar) çevrelerini algılayarak aktivatörler (uygulayıcılar) sensörlerden gelen bilgiler doğrultusunda çeşitli eylemleri gerçekleştirir. Algılayıcılar ve aktivatörler; konfor, güvenlik, yürüyen aksamlar, motor gibi aracın tüm fonksiyonlarında kullanılır.”[3]

Kullanılan test aracı yaygın olarak kullanılan LPG sıralı gaz enjeksiyon sistemine sahiptir. LPG sistemi enjektörlerini darbe genişlik modülasyonu (PWM) ile kontrol etmektedir.

LPG ECU su araç ana ECU sünden bağımsız çalışamaz. Enjeksiyon sıklığı frekansla bağlantılı olup motor otto çevrimine göre belirlense de LPG enjeksiyon süresi oluşturulan bir haritaya tabi olarak çalışır. Bu harita gaz ayarı yapan cihazlarla otomatik olarak oluşturulabileceği gibi performans kaygılarından dolayı manuel olarak değerler girilerek de oluşturulur. Haritadaki değerler benzin enjeksiyon süresinden LPG enjeksiyon süresinin ne kadar fazla olacağını gösterir.

Bu çalışmada benzin enjeksiyon süresinin %10 oranında artırılmasıyla elde edilen püskürtme süreleri kullanılmıştır.

### **3.1. Araçtan gerekli sinyallerin alınması**

Her çalışma koşulunda doğru yakıt miktarını sağlamak için motor kontrol ünitesinin (ECU) çok sayıda giriş sensörünü izlemesi gerekir.

LPG Enjektörleri elektromekanik enjektörler olup mekaniklerin aksine sürekli açılıp kapanarak çalışır ve bobinlerinin dirençlerine göre sınıflandırılırlar. LPG enjektörü açıldığında LPG, gaz basıncı ile nozuldan geçerek emme manifoldundan geçen havanın üzerine püskürtülür. Böylece gaz halindeki yakıt yanma odasına doğru harekete geçer. Enjektörün püskürttüğü gaz miktarı LPG gaz basıncı, nozul iç çapı ve darbe genişliği (enjektörün açık kalma süresi) ile doğru orantılıdır. Ne kadar gaz püskürtüleceği sadece gaz basıncıyla değil aynı zamanda enjektörün açık kalma süresiyle de ilgilidir, bu süreye enjektör darbe genişliği denir. LPG enjektörünün açılıp kapanma süresi milisaniye cinsinden ölçülür. LPG enjektörlerin kapasitesi sürekli açık kaldıkları zamanla belirlenir. Buna %100 darbe genişliği oranı denir. Eğer bir enjektör %100 darbe genişliği oranına sahipse hiç kapanmıyor, sürekli açık kalıyor demektir. Yüksek performans kullanımında enjektörlerin darbe genişliği oranı değerinin tam gaz durumunda %70 ile %90 arasında olması istenir, başka bir deyişle kapasitelerinin %70 ile %90'nı arasında çalışmaları istenir. Böylece enjektörün aşırı ısınıp çalışma karakteristiğinin bozulmasına engel olunmuş olur. Enjektörler içlerinden geçen gaz tarafından soğutulur. Sürekli açık kalan enjektör (%100 duty cycle) aşırı ısınabilir, bunun sonucunda enjektörün çalışma karakteristiği bozulur ve ömrü kısalmır.

Araç elektronik kontrol ünitesi püskürtülecek yakıt miktarı, enjektörlerin enjeksiyon sırasını ve enjeksiyon sıklığını belirlemek için bir çok sensörden bilgi toplar. Bunlar;

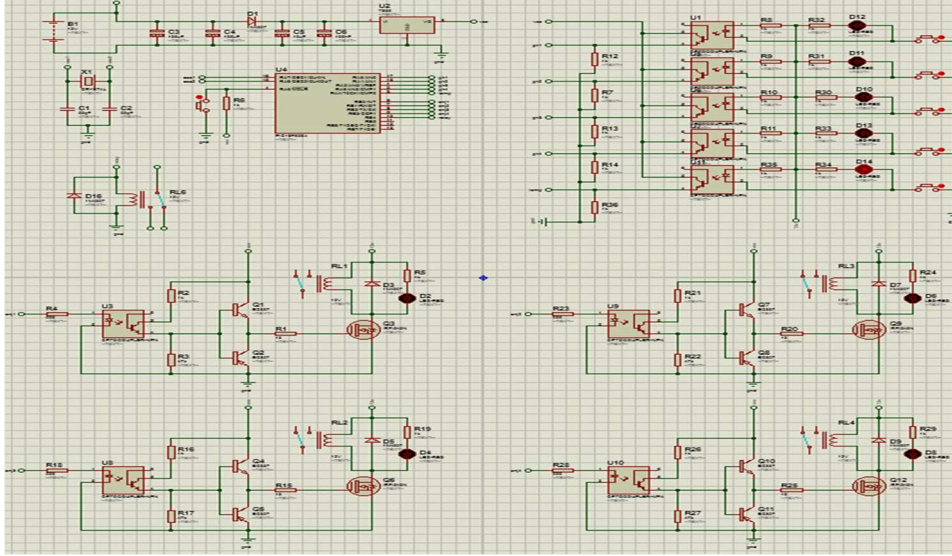
- Motor devri ve araç hız bilgisi
- Gaz kelebeği ve gaz pedalının konumu
- Motora alınan hava kütlesi ve sıcaklığı
- Emme manifold basıncı
- Soğutma suyu sıcaklığı
- Eksantrik mili konum bilgisi
- Akü gerilimi

Benzinli motorlar LPG ile çalıştırıldığında LPG enjektörlerinin görevi yakıtı her bir silindir için uygun miktarlarda emme manifolduna püskürtmektir. Yakıtın basıncı sabit değerde ise püskürtme delik çapı da sabit olduğuna göre püskürtülen yakıt miktarını değiştirecek son durum enjektör iğnesinin açık kaldığı süredir. Buna enjeksiyon süresi denir.

Yapılan incelemelerde kontak anahtarı açıldığında üzerinde (+) ve (-) pinler bulunan enjektörlerin her birine (+) sinyal uygulandığını görülüyor. Bir enjektörün açılarak yakıt püskürtmesi ECU tarafından diğer pinlere (-) yani şase verilmesiyle mümkün olmaktadır. Elektronik kontrol ünitesinin (-) verme süresi kısa veya uzun tutulduğunda enjeksiyon süresi değişmiş olur.

### **3.2. Tasarlanan Elektronik Kontrol Ünitesi**

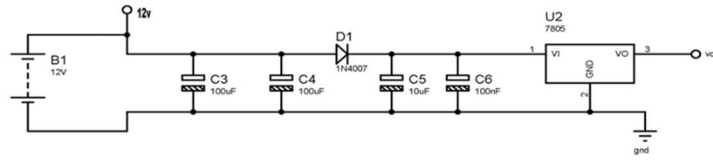
Proteus8.0 adlı program üzerinde tasarlanan devre Şekil 2 de görülmektedir. Devrede kontrol elemanı olarak PIC16F628A mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. Devre elemanlarının gürültülü giriş sinyallerinden etkilenmemesi için sinyaller optokuplörlerle yalıtılarak devreye aktarılmıştır. Aynı şekilde çıkış sinyalleri de yalıtılarak enjektörlere uygulanmıştır. Kontrol elemanına yüklenen program MPLABIDE8.89 programında assembly dilinde kodlanarak derlenmiştir.



Şekil 2: Tasarlanan Devre

### 3.2.1. Besleme Bölümü

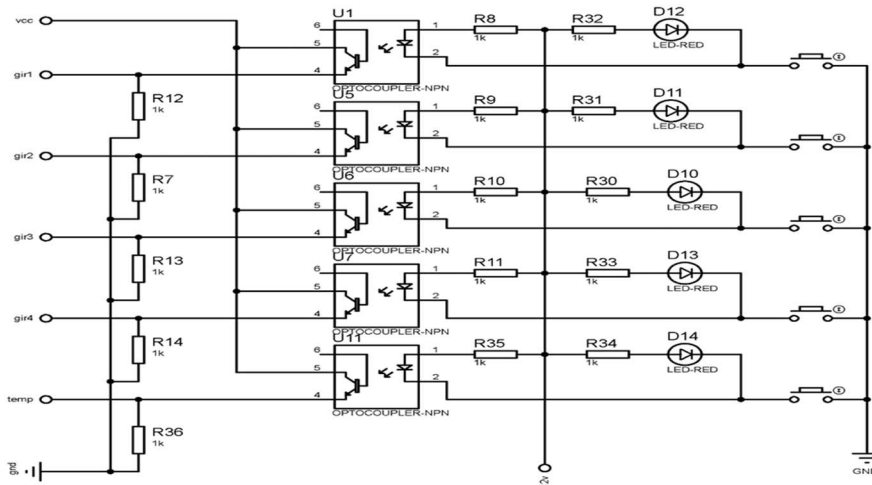
Devre araç aküsünden beslenecektir. Oluşturulan besleme bölümü Şekil 6 da görüldüğü gibi kondansatörlerle filtrelenmiştir. Vcc sabit 5 V devre gerilimi elde etmek için 7805 regüle entegresi kullanılmıştır.



Şekil 3: Besleme Ünitesi

### 3.2.2. Giriş Bölümü

Giriş sinyallerinin oluşturacağı gürültülerden yalıtılmış giriş bölümünde ekonomik olması bakımından 4N25 optokuplörler kullanılmıştır. Ayrıca giriş sinyallerini gözleyebilmek için her girişe bir LED diyot eklenmiştir. Devredeki butonlar tasarım aşamasında test amaçlı eklenmiş olup oluşturulan baskı devrede bulunmamaktadır.

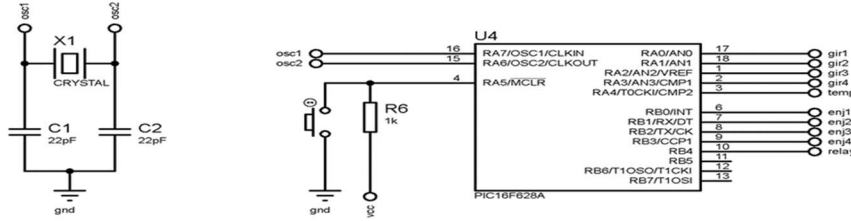




Şekil 4: Giriş Bölümü

### 3.2.3. Mikrodenetleyici ve Osilatör

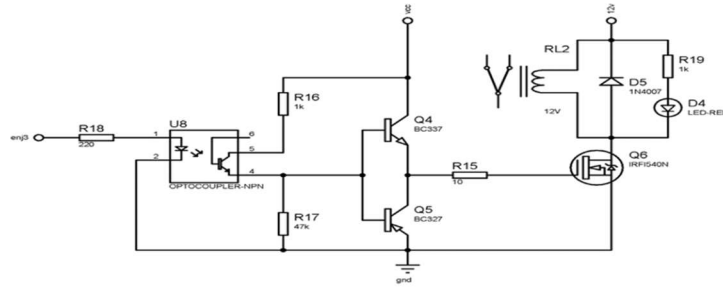
Devre yaygın olarak kullanılan, ekonomik PIC16F628A mikrodenetleyicisi ile kontrol edilmektedir. Osilatör olarak 4 MHz'lik kristal osilatör kullanılmıştır.



Şekil 5: Mikrodenetleyici ve osilatörü

### 3.2.4. Çıkış Bölümü

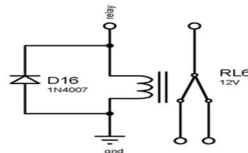
Araç enjektörleri bu bölümde bulunan IRF540 MOSFET'leriyle sürülmektedir. Test aşamasında bu bölümlere röle bağlanarak test edilmiştir. Bu röleler baskı devre sırasında bağlantı elemanlarıyla değiştirilmiştir. Ayrıca çıkışı gözlemek amacıyla LED diyotlar her çıkış için eklenmiştir.



Şekil 6: Çıkış Bölümü

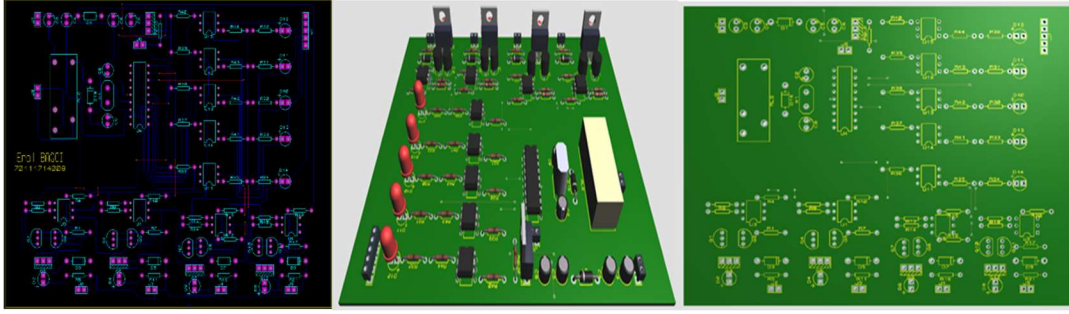
### 3.2.5. Röle

Devreye bağlanan röle ile benzin enjektörlerinin yakıt püskürtmesinin gecikmeli olarak kesilmesi amaçlanmıştır. Motor yeterli ısıya geldiğinde LPG enjektörlerinin devreye girmesi, yeterli süre sonunda ise benzin enjektörlerinin devreden çıkması bu röle vasıtasıyla gerçekleşmektedir.



Şekil 7: Röle Bağlantısı

ARES baskı devre çizimi programına tasarlanan devre aktarılmıştır. Baskı devre son görünümü Şekil 8 de gösterilmiştir.



Şekil 8: Kart Üzerine Elemanların Yerleşimi

#### 4.Sonuç Ve Öneriler

Çalışma sonucunda motorun ihtiyacı olan LPG miktarını ayarlamak üzere araç elektronik kontrol ünitesinden aldığı benzin enjeksiyon sinyalini kullanarak LPG enjektörlerini sürebilen elektronik kontrol ünitesi tasarlanmıştır. Tasarlan LPG enjeksiyon sistemi kontrol kartı LPG enjektörlerine tatbik edilerek trafiğe kapalı yol koşullarında test edilmiştir. Osiloskop kontrolleriyle enjektörleri almış olduğu referans sinyallere uygun olarak kontrol ettiğini gerekli olan püskürtme sayısını ve püskürtme süresini sağladığı gözlemlenmiştir. Araçlarda benzin enjeksiyonu için çok sayıda sensörün bilgilerinin işlenmesi gerekmektedir. LPG enjeksiyonu içinde aynı sensörlerden veri alınıp işlenmesi gereklidir. Bu pahalı ve zor bir iş olacağı için alternatif yakıt olarak kullanılacak LPG enjeksiyonu için araç ECU'sunun bu sensörlerden verileri alarak oluşturmuş olduğu hazır enjeksiyon sinyalini kullanmak daha kararlı ve verimli olacaktır. Bu tasarımda da onlarca sensörün verisini değerlendirmek yerine araç ECU'su tarafından bu sensör verileri kullanılarak önceden üretilmiş olan enjeksiyon sinyalinden faydalanılmıştır. Sistem yol testi ve rölanti testleri ile test edilmiştir. Yük ve motor devri değişimlerinde enjeksiyon sıklığı ve süresi değiştiği gözlemlenmiş tasarlanan ECU'nun bu değişimlere uygun enjeksiyon sinyali ürettiği gözlemlenmiştir. Tasarlanan ECU'nün çalışmasıyla kompleks LPG sistemlerinin yerine çok daha ekonomik bir kontrol kartının çalışabileceği ispatlanmıştır.

**Referanslar**

- [1] Aydın M., Tek Silindirli Bir Dizel Motor İçin Elektronik Kontrollü Yakıt Püskürtme Sisteminin Geliştirilmesi Ve Performansının Ölçülmesi, Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük, 2018.
- [2] Erkuş B., Otto motorlarının farklı yakıt tiplerinde optimum performanslarının araştırılması, Doktora Tezi, Bursa, 2011.
- [3] [http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf), 2012.
- [4] <https://www.pinterest.com/pin/629237379157052158/>, 2019.