



# ELEKTROPNÖMATİK VALFLERİN MOBİL UYGULAMALARDA KULLANIMI

Alper SARIKAYA

## ÖZET

Ticari araç motorlarındaki klapelerin oransal olarak ayarı için bir elektro pnömatik kontrol valfinin geliştirilmesi. En önemli bileşenler tahrik ünitesi, valf gövdesi ve kontrol çevriminin hassas bir şekilde kontrolü için gerekli olan elektronik kontrol bileşenleridir.

Oransal selenoid ve valf gövdesi, kontrol valfinin yüksek dinamiğini tanımlar. Oturtmalı 3/2 bir valf gövdesi, optimize edilmiş bir tasarım sağlamak amacıyla plastik malzemeden yapılmıştır. Ayrıca, montajdaki proses kararlılığı, plastik malzemeli tasarımın önemli bir özelliğidir.

Entegre elektronik bileşenleri olan kontrol valflerinin kullanımı nedeniyle, egzoz gazının azaltılmasına da katkıda bulunacak olan daha da hassas bir hareket elde etmek amacıyla, klape konumlarına kontrol etmek de mümkündür.

## ABSTRACT

Development of an electro pneumatic control valve for application in commercial vehicle motors for proportional adjustment of caps. The most important components are drive, valve cartridge and control electronics, which are necessary to close the control loop precisely.

The proportional solenoid and the valve cartridge define the high dynamic of the control valve. The valve cartridge, a 3/2-way seat valve, is made of plastic material, in order to receive an optimized design. At the same time the process stability in the assembly is an important aspect of the plastic-material design.

Because of the employment of control valves with integrated electronics position control of the caps are also possible, in order to obtain an even more precise movement, which will also further improve the exhaust gas reduction.

## 1. GİRİŞ

Bu bölümde, pnömatik basınç kontrol valflerinin teknik karakteristikleri ve ticari araçlara uygulanması anlatılmaktadır. Klapelerin regülasyon performansı ya da turboşarjdaki değişken geometri ile ilgili olarak uyulması gereken koşullar, zararlı madde emisyonuna ilişkin yasalar nedeniyle önemli ölçüde artmıştır. Egzoz gazı geri dönüşüne ilişkin ilk uygulamalarda klappenin tam açılması ya da kapanması yeterli olmuş olsa da, yeni uygulamalarda bu fonksiyonun oransal olarak etkilenmesi gerekmiştir. Bir ilk girişim, pnömatik geri beslemeli oransal selenoidli kontrol valfleri ile çalışma basıncının kontrol edilmesi olmuştur. Fakat bu uygulama öngörülen performansı karşılayamamıştır.



Şekil 1. Elektropnömatik basınç kontrol valfi

## 2. ELEKTROPNÖMATİK BASINÇ KONTROL VALFLERİ – GENEL BAKIŞ

### 2.1. Çıkış Basıncı ile Elektronik Giriş Değeri Arasındaki İlişki

Elektropnömatik basınç kontrol valfleri, fabrika otomasyonu uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu valfler, önceden bilinen oransal selenoide ilaveten, çıkış basıncını ölçen ve kontrol sapmasına göre, oransal selenoid için bir kontrol sinyali üreten bir elektronik kontrol ünitesine de sahiptir. Bu kapalı çevrim kontrol, Şekil 2’de görüldüğü gibi orantılı bir davranışa yol açar. Bir fabrika otomasyonu uygulamasındaki elektronik set değeri, kontrol ünitesi tarafından analog bir değer olarak sağlanır.



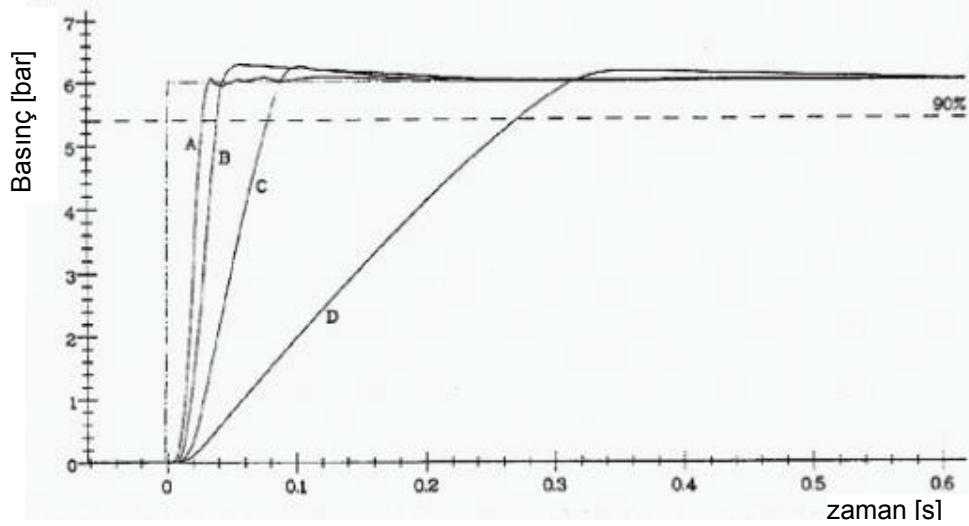
Şekil 2. EP'nin giriş- basınç karakteristiği

Temel olarak, pnömatik kontrol ünitesinin teknik performansını, elektronik kontrol ünitesine ilaveten tahrik ünitesinin düzenleniş biçimi ve bunun yanı sıra valfin karakteristiği de etkiler. Bu noktada, gerek pilot kontrollu gerekse direkt kontrollu oturtmalı ya da sürgülü valfler arasında seçim yapmak gerekir. Elektronik kontrol, basınç sensörü, aktüatör ve valfin kombinasyonu, kontrol valflerinin teknik performansını belirler.

## 2.2. Basınç Kontrol Valflerinin Teknik Karakteristikleri

Fabrika otomasyonu uygulamalarında elektropnömatik basınç kontrol valflerinin seçimi sırasında akış, dinamikler, hassasiyet ve histerezis kriterleri göz önüne alınmalıdır.

Akış ve dinamik konularında, nominal çap ve tahrik tasarımı performansı etkilemektedir. Şekil 3, yüksek dinamikli kontrol valflerinin basamak fonksiyonu cevabının bir örneğini göstermektedir.



Şekil 3. Basamak fonksiyonu cevabı

Hassasiyet ve histerezis, basınç sensörünün, elektronik kontrol çevrimi tasarımının ve oturtmalı valf karakteristik sürtünme oranlarıyla birlikte belirlenmektedir. Hat sonu ayarlama prosedürü aracılığıyla, 20 mbar'lık test doğrulukları gerçekleştirilmiştir, oysa histerezis, sensörün 40 mbar düzeyindeki karakteristikleri tarafından belirlenmektedir.

Bunun bir sonucu olarak, fabrikadaki uygulamaların ve proses uygulamalarının karakteristik özelliği, dinamik ve hassasiyettir.

## 3. KAMYON SPESİFİKASYONU

### 3.3. Çevresel Koşullara Bağlı Uygulamaları Nitelendiren Kriterler

Bu bilinen teknolojiler, ticari araçlardaki çevresel koşullara göre ayarlanmak zorundadır. Bu, temel olarak, sıcaklık aralığı, titreşim ve koruma sınıfı ile ilgilidir (tablo 1). Ayrıca, sağlamlık ve maliyetler ile ilgili gereklilikler de yapım özelliklerinde belirleyici olmaktadır. Aşağıda belirtilen yapım elemanları, söz edilen verilerin sonucudur:

- Oransal selenoid aracılığıyla tahrik
- Oturtmalı 3/2 yön valfi

Sistemin yüksek sızdırmazlığı ile ilgili gereklilikler de önemli bir özelliktir. Oturtmalı tip valflerin kullanıldığı üniteler için, maksimum 20 ml/dak.'lık kaçaklara izin verilmektedir.

### 3.2. Kontrol Ünitelerinin Teknik Karakteristiklerini Belirleyen Faktörler

Kontrol valflerinin ticari araçlardaki kullanımı, sırasıyla turboşarj ve klapenin oransal olarak ayarlanmasını kapsar. Böylece basınç kontrol valfi, prosese uygun olarak ayarlanmış olan bir



aktüatörü tahrik eder. Nominal çap, dinamik ve hassasiyet bu proses parametreleri tarafından belirlenir. Gerekli hassasiyet nedeniyle, gerçek proses parametreleri için mikroişlemci ve basınç sensörü kullanılarak elektronik bir çevrim kullanmak gerekir.

**Tablo 1.** ED05 kamyon teknik verileri

<b>Mekanik veriler</b>	Tasarım	Oturmalı valf
	Nominal çap	5
	Boyutlar	ca. 140 x 80 x 60 mm <sup>3</sup>
	Besleme basıncı	maks. 13 bar
	Çıkış basıncı	0 .. 7 bar
	Tahrik	Direkt uyarılı, Oransal solenoid
	Emniyet	HAYIR
	Bağlantılar	G <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "
	Akışkan	Basıncılı hava, filtrelenmiş 50 µm
	Koruma sınıfı	IP 69K
	Ortam sıcaklığı	-40 .. 120 °C
<b>Elektronik veriler</b>	Besleme gerilimi	24 VDC veya 12 VDC
	Akım tüketimi	1,4 A bzw. 2,3 A
	Yönerge değeri	PWM sinyali: min. 160 Hz, maks. 200 Hz, giriş direnci > 1kOhm
<b>Performans</b>	Histerezis	80 mbar
	Hassasiyet	250 mbar (0...85°C) 750 mbar (-40°C u. 120°C)
	Hava akış kapasitesi	1000 NI/min (7 bar besleme, 6 bar çıkış, basınç düşmesi 0,2 bar)

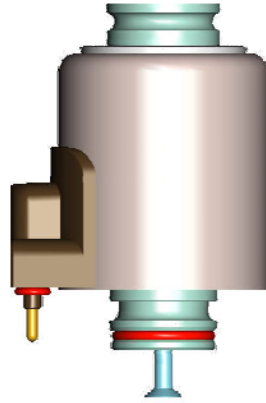
### 3.3. Özel Proses Kararlılığının Dikkate Alındığı Üretim

Üretim sırasında, uyulması gereken teknik parametrelere ilaveten, proses kararlılığı da yüksek derecede dikkate alınmalıdır. Amaç, tek bir montaj aşamasının hatasız bir şekilde gerçekleştirilebileceği ya da önceden üretilmiş bileşenlerin testinin hatasız olarak yapılmasının mümkün olacağı şekilde modüler bir tasarım oluşturmaktır.

## 4. MODÜLLER

### 4.1. Oransal Solenoid

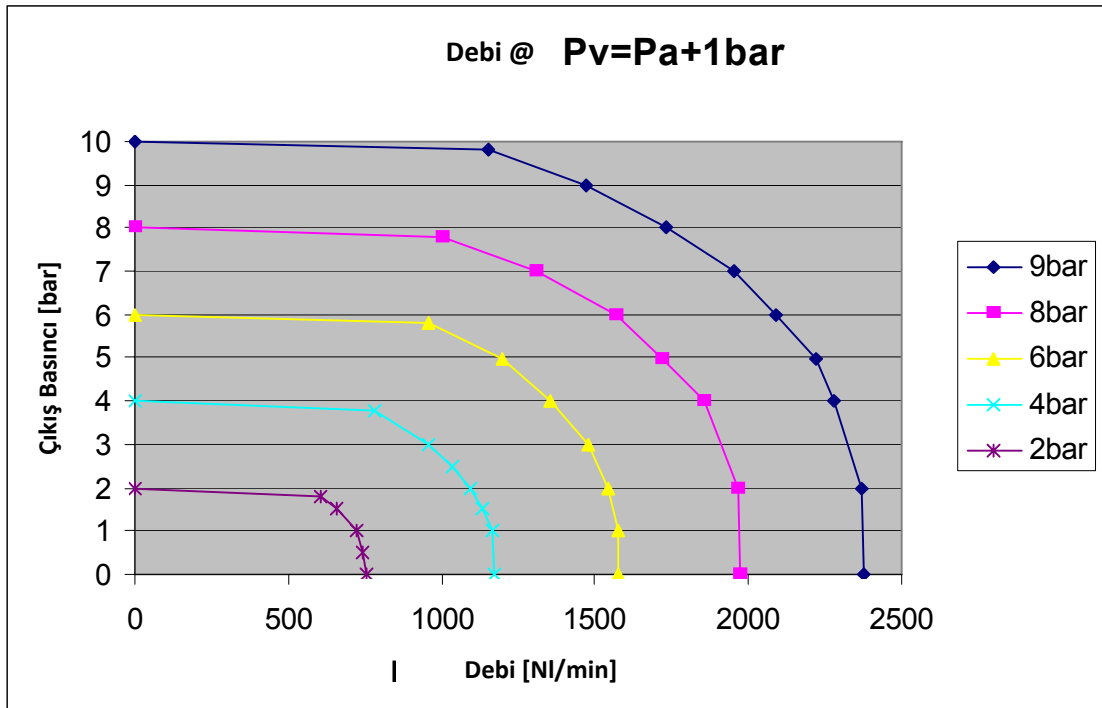
Manyetik devrenin ve mekanik bileşenlerin sürtünme ve kütleyle göre tasarımı, orantılı solenoidin kuvvet ve akım oransal bakımından histerezisini belirler. Düzgün tipte bir kontrol için, histerezis olabildiğince küçük olmalıdır. Egzoz prosesindeki dinamik basınç gibi etkiler, entegre pnömatik geri dönüş ile dengelenir. Geri dönüş nedeniyle, oransal solenoidin üst odasında ek bir egzoz sistemi artık gerekli değildir. Böylece yüksek koruma sınıfı da güvence altına alınmış olmaktadır. Montaj grubunun pistonuna bir egzoz yatağı monte edilmiş ve böylece yekpare parçaların sayısı azaltılabilmektedir.



Şekil 4. Oransal selenoid

#### 4.2. Gövde

Yön valfinin, malzeme seçimi, akışkan özellikleri optimize edilmiş tasarım ve uygun kapanma kuvveti ve düşük sürtünme ile ilgili yüksek talepleri vardır. Bu nedenle, çetin hizmet koşullarında sızdırmazlığı garanti etmenin sağlam bir ilkesi olarak, yataklı bir valf seçilmiştir. Tasarım, sıcaklığa dayanıklı, yüksek kaliteli plastik malzemeden yapılmış bileşenlere dayanmaktadır. Sızdırmazlık malzemesi, vulkanizasyon (kükürtle sertleştirme) yoluyla kaplanmıştır. Akışı optimize edilmiş kalıplama ve entegre kılavuzlama elemanları nedeniyle, kesinlikle plastik malzeme kullanmak gerekmektedir. Böylece üretim prosesi sonunda, güvenilir ve sağlam bir montaj güvence altına alınmış olmaktadır. Akış karakteristik eğrisi (Şekil 5), giriş basıncına bağlı olarak, sadece akışı optimize edilmiş yapı kullanıldığında elde edilebilen hava akış miktarı değerlerini göstermektedir. Bunun için bir diğer koşul, etkili nominal çapın 5 mm olmasıdır.

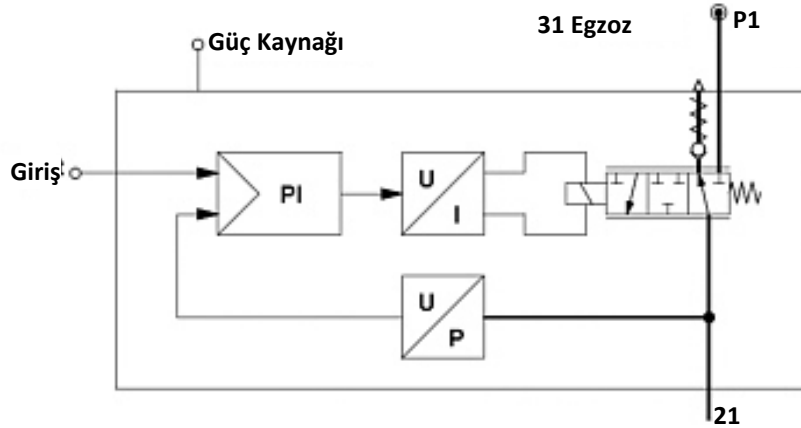


Şekil 5. Akış karakteristik eğrisi

### 4.3. Elektronik Bileşenler

Bu valf içine entegre edilmiş elektronik kontrol bileşenleri, kontrol valfindeki üçüncü temel bileşeni temsil etmektedir. Kontrol, motor elektronik ünitesinden gelen darbe genişliği modülasyonu (PWM) bir sinyal aracılığıyla gerçekleştirilir (şekil 7). Dijital mikroişlemci ünitesi tarafından sürülen elektronik ünite, sinyal analog bir gerçek değer ile karşılaştırılır (bkz. Şekil 6). Minimum yer gerektiğinden ve belirlenen hedefin pahalı olması nedeniyle, çözünürlükte herhangi bir kayıp olmaksızın, kontrol ünitesine yönelik “araç içi” A/D dönüştürme ilkesinin avantajını kullanan bir çözüm üretilmiştir. Elektronik ünitesinin ek bir karakteristiği, montaj grubunun arızasız çalışmasını, yani kesin “emniyetli” bir davranışı garantiye alan temel bir diyagnostik sistemidir.

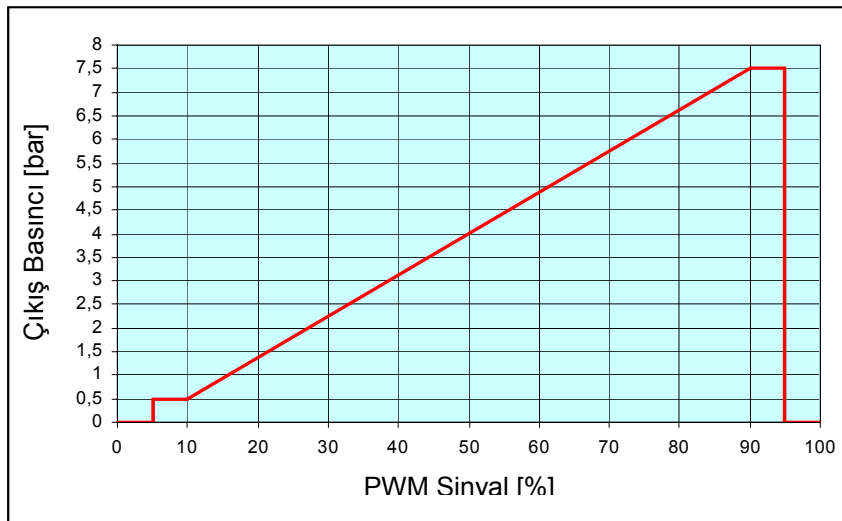
Fişin ve orantılı selenoidin elektrik bağlantısı, “Baskılı Devre Kartı” üzerine lehimlenmiş özel bileşenler aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Bu, yüksek proses kararlılığı nedenleriyle yapılmıştır.



Şekil 6. Blok diyagram

Besleme geriliminin toleransı, araç ağıının koşullarına ayarlanmıştır. EMV ile ilgili gereklilikler, aşağıda belirtilen standartlara uygundur:

- İletim miknatıslanırılığı: ISO 7637, darbe 1, 2, 3 & 5 seviye 4'e uygun
- Yayınım emisyonu: CISPR 25, sınıf 3 sınırlarına uygun
- Yayınım miknatıslanırılığı: ISO 11452-2 ve 11452-4 seviye 4'e uygun
- Elektrostatik boşalma bağışıklığı: ISO 10605 seviye 3'e uygun



Şekil 7. PWM-EP basınç kontrol valfinin giriş/basınç karakteristiği



## 5. ÇEVRESEL VE UZUN SÜRELİ TESTLER

### 5.1. Çevresel Testler

Elektro pnömatik kontrol valfi, ticari araç uygulamalarında, motor bloğu bileşenlerine yönelik genel gereklilikleri karşılamak zorundadır. Nitekim pnömatik bileşenlere yönelik koşullar bilinmektedir ve kontrol valfi bu gereksinimlere göre tasarlanmıştır. Tablo 2, gerçekleştirilmiş olan çevresel testi göstermektedir.

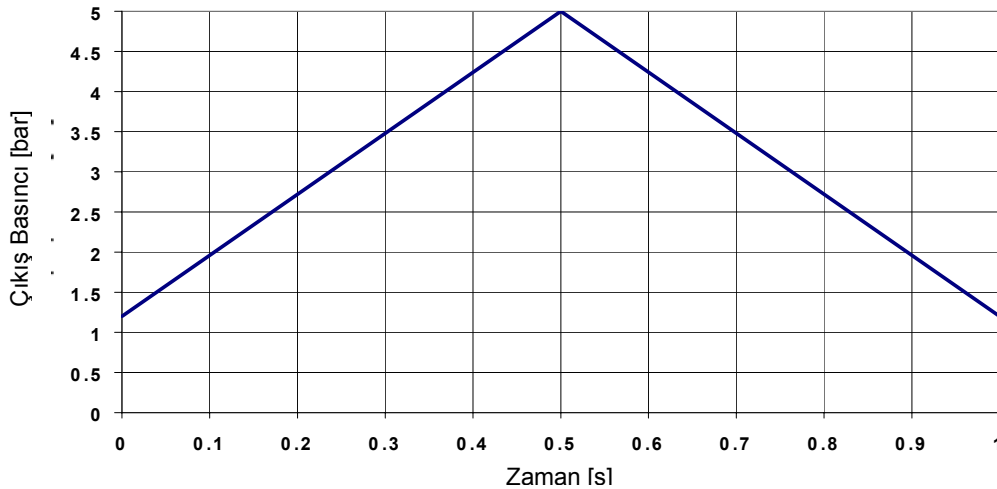
**Tablo 2.** ED05 Kamyon için test planı

Sıcak Soğuk Daldırma Testi	120°C'de 4 saat saklama, -40°C'de 4 saat saklama
İşlev, 13 bar giriş basıncında kaçak	Maksimum giriş basıncında spesifikasyon uyarınca işlev ve kaçağın doğrulanması
Yakl. %20 yüksek voltaj ve düşük voltajda dinamik kontrol	Kesim voltajında dinamik performansın doğrulanması (adım tepkisi)
Yüksek voltaj testi %100 (5 dak.)	
Çıkış basıncı = f(PWM, °C)	-40...120°C arasındaki sıcaklık aralığında komple cihazın karakteristik eğrisinin doğrulanması
Debi	7 bar primer basınç ve 6 bar ayarlanmış basınç debi karakteristik eğrisi kaydı
Histerezis	Spesifikasyona uygun ölçüm
Tuz Sprey Testi	Müşteri gereksinimlerine uygun olarak
Aşırı sıcaklık ve iklim koşullarında işlevsel test	Komple voltaj aralığı dahilinde test
Termik şok testi	Sıcaklık sıçraması -40°C => 120°C
Termik döngü	Sıcaklık değişimi -40°C => 120°C
Şok testi	50 g 6ms yarı sinus
IP 6(7),9k	6: toz testi 7: daldırma testi 9k: buhar jet testi 100bar
Damlama testi	1 m yükseklikten metal bir plakaya doğru

### Uzun Vadeli Testler

Uzun vadeli testlere gelince, kontrol valfinin ve elektronik ünitesi ve basınç sensörü gibi entegre bileşenlerin orantılı davranışı nedeniyle, test prosedürüne yönelik gereklilikler artmıştır.

Aşağıda, 1000 saatlik bir dönem boyunca ve 85° C'lik bir sıcaklık gerçekleştirilen Dayanıklılık Çevrimi (Şekil 8) verilmiştir.



**Şekil 8.** Uzun süreli dayanıklılık çevrimi



Son olarak, testin sonuçları spesifikasyon gerekliliklerinin yerine getirilmesiyle ilgili bilgiler sağlamaktadır. Ayrıca, seçilen üretim ilkesinin uygunluğunu da kanıtlamaktadır.

## 6. SONUÇLAR VE TAHMİN

Egzoz gazı devridaimi nedeni ile klapein oransal olarak kontrolü için bir aktüatöre ihtiyaç vardır. Mekanik sistemden ya da klapedeki akışkan kuvvetinden kaynaklanan toleranslar incelemeye dahil edilmemiştir. Bu nedenle, bir diğer yenilik aşaması olarak, daha da hassas ve eksiksiz bir sistem elde etmek amacıyla, tahrik ünitesine bir yol sensörü entegre edilmelidir.

Entegre elektronik ünitesinin genişletilerek aynı zamanda aktüatörün konumunun da kontrol etmesi sağlanmalıdır. Böylece, pnömatik kontrol tekniğinin son aşaması olarak bir konumlandırma sistemi geliştirilecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] Seehausen, F, "Integration of Electronics in Pneumatics" ,2007
- [2] Seehausen, F, "Servo Pneumatics For Mobile Applications" ,2007
- [3] Çayan, N, "Elektropnömatik Basınç Kontrol Valfleri" ,HPKON2001, İzmir, 2001

## ÖZGEÇMİŞ

### Alper SARIKAYA

1979 yılında İstanbul'da doğdu. İ.T.Ü. Makine Mühendisliği bölümünden 2002 yılında mezun oldu. İ.T.Ü. Mekatronik Mühendisliği yüksek lisans programını 2006 yılında bitirerek yüksek mühendis ünvanı aldı. 2005 yılından bu yana Bosch Rexroth A.Ş. 'de proje ve satış mühendisi olarak çalışmaktadır.