

BESLEME GERİLİMİNİN BASINÇ DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİ ÇIKIŞ SİNYALİNE ETKİSİ

Abdullah HAMARAT
Yasin DURGUT
Ahmet TÜRK
Recep YILMAZ
Onur AYDEMİR
Naylan KANATOĞLU

ÖZET

Ortamdaki basınç değişimini algılayıp genellikle elektriksel sinyale dönüştüren cihazlar basınç dönüştürücü (transduser, transmitter) olarak adlandırılmaktadır. Günümüz dünyasında bu dönüştürücüler, basınç ölçümü ve otomasyon gerektiren savunma, havacılık, uzay, araştırma ve geliştirme, imalat, otomotiv sanayi vb. gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Birtakım basınç dönüştürücülerde elektriksel çıkış elde edebilmek için, sensörü elektriksel olarak besleme ihtiyacı doğmaktadır. Sensör üreticileri bu besleme gerilimini genellikle tek bir değer yerine 10 V - 36 V, 12 V - 24 V vs. şeklinde aralık olarak vermektedir. Bu çalışmada 11 V – 28 V aralığındaki bir besleme geriliminde çalışan ve ölçüm kapasitesi 7500 psi (maksimum çıkış sinyali: 5 V) olan basınç dönüştürücü (transduser), farklı gerilimlerde beslenerek ölçümleri yapılmış ve çıkış sinyaline olan etkileri incelenmiştir. Ele alınan basınç dönüştürücüsünün çıkış sinyalinin besleme gerilimi değişiminden bir miktar etkilendiği görülmüş ve gözlemler çalışmanın ilerleyen bölümlerinde paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Transduser, Transmitter, Basınç dönüştürücü, Besleme gerilimi.

ABSTRACT

Devices that sense the pressure changes in the environment and convert them to electrical signals are called pressure transducers. Nowadays, these transducers are widely used in many fields that required pressure measurement and automation such as defense, aeronautics, space, research and development, manufacturing, automotive industry, etc. In order to obtain an electrical output for some kind of pressure transducers, there is a need to supply the sensor electrically. The sensor manufacturers usually define this supply voltage as 10 V - 36 V, 12 V - 24 V etc. instead of a single value. In this study, the pressure transducer operating at a supply voltage in the range of 11 V to 28 V and it's pressure capacity up to 7500 psi (maximum output signal: 5 V) were calibrated by supplying at different voltages and the effects on the output signal were investigated. The output signal of the pressure transducer which is used in the measurements was affected slightly by the change in the supply voltage and the observations were shared later in the study.

Key Words: Transducer, Transmitter, Pressure transducer, Power supply.

1. GİRİŞ

Dönüştürücüler (transduser) fiziksel büyüklükleri (kuvvet, tork, enerji, hareket vs.) genellikle elektriksel sinyallere dönüştürerek otomasyon, kontrol, ölçüm vb. gerektiren alanlarda sıkça kullanılmaktadır. Basınç dönüştürücüler de basıncı bir elektriksel çıkışa dönüştürürler ve kapasitif tip, dijital çıkışlı, gerilim/akım çıkışlı vb. gibi türlere ayrılırlar. Herhangi bir basınçlı ortamdaki basınç değişiminin diyafram üzerinde oluşturduğu mekanik deformasyon, elektrik sinyaline dönüştürülerek basınç ölçümü gerçekleştirilir. Bu cihazlar diyafram üzerine etki eden basınç ile orantılı elektriksel çıkış üretirler. Bazı basınç dönüştürücü örnekleri Şekil 1.'de görülmektedir [1-3].



Şekil 1. Basınç dönüştürücü

Bir basınç dönüştürücü basınç odası, basıncı meydana getiren akışkanın cihaza girip çıktığı bir basınç kanalı ve bir diyaframdan meydana gelmektedir. Diyafram üzerine belirli bir basınçtaki akışkan etki ettiğinde, diyaframda meydana gelen elastik şekil değişimi, öteleme duyargası (indüktif, kapasitif dönüştürücü) veya gerinim ölçer (strain gauge) vasıtasıyla elektriksel sinyale dönüştürülür. Üretilen bu elektriksel sinyaller, birtakım devreler kullanılarak kuvvetlendirildikten sonra bir göstergeye gönderilerek basınç değeri elde edilir [3].

2. ÖLÇÜMDE KULLANILAN CİHAZLAR

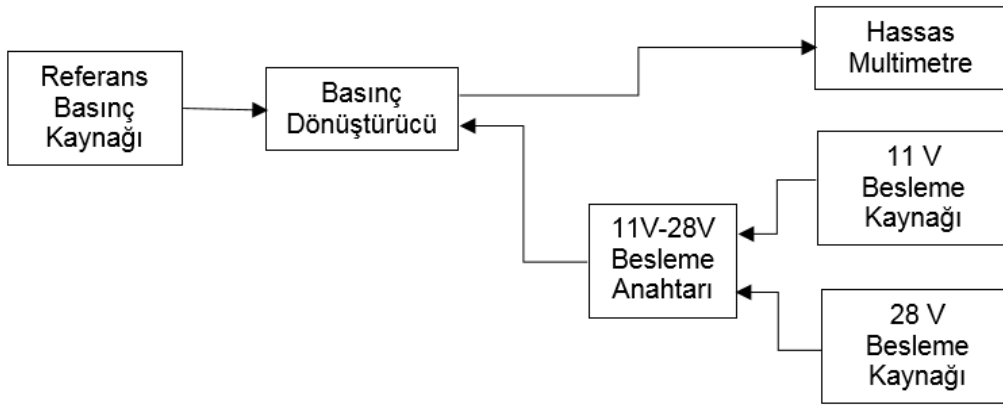
Besleme geriliminin basınç dönüştürücüsü çıkış sinyaline etkisinin incelenmesi için gerçekleştirilmiş olan ölçümlerde, TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Basınç Standartları Laboratuvarı'nda bulunan referans basınç standardı, iki adet besleme kaynağı ve besleme kaynağı gerilimini ölçmek için DPI615 kalibratörünün gerilim ölçüm özelliği kullanılmıştır. Dönüştürücü çıkış sinyalinin yüksek hassasiyette ve yüksek doğrulukta ölçülebilmesi için, TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Gerilim Standartları Laboratuvarı'ndan edinilen HP marka 3458A tipi hassas multimetre kullanılmıştır. Ölçümlerde referans olarak kullanılan tüm cihazların izlenebilirliği sağlanmış sertifikalı cihaz olmasına dikkat edilmiştir. Referans standartlar, test cihazı ve kaynak cihazlar ile ilgili bilgiler Tablo 1.'de yer almaktadır.

Tablo 1. Ölçümlerde kullanılan cihazlar

Cihaz Adı	Üretici	Tip	Seri No	Ölçüm Aralığı
Basınç Dönüştürücü	Honeywell	STJE	1097544	(0-7500) psig (0-5) VDC
Piston Silindir Ünitesi	DH	Huile	5877	1 MPa/kg
Multimetre	HP	3458A	2823A15077	100 mVDC – 1 kVDC
Basınç Kalibratörü	Druck	DPI 615	61513209	(0 – 50) VDC
DC Güç Kaynağı	HP	6545A	3215A-00135	(0-120) VDC
DC Güç Kaynağı	Meili	MCH-305D-II	012100516	(0-30) VDC

3. ÖLÇÜM DÜZENEĞİ VE ÖLÇÜMLERDE KULLANILAN METOT

Besleme geriliminin basınç dönüştürücü çıkış sinyaline etkisinin incelenmesi için kurulan düzeneğin blok diyagramı Şekil 2' de ve ölçümlerde kullanılan cihazlar Şekil 3' de görülmektedir. Ölçümlerde 7500 psi (yaklaşık 517 bar) maksimum ölçüm kapasitesine sahip hidrolik basınç dönüştürücü kullanılmıştır. İstenilen referans basınç değeri piston silindir ünitesine yüklenen ağırlıklar vasıtasıyla elde edilmiş ve basınç dönüştürücü çıkış sinyali kullanılan 8 ½ Dijit Hassas Multimetre ile yüksek doğrulukta okunmuştur. Elde edilen basınç değerine ve çıkış sinyaline olası etkilerin minimum seviye tutulabilmesi için kullanılan bir elektriksel anahtar vasıtasıyla besleme gerilimi 11 V ve 28 V değerlerinde anlık olarak değiştirilmiş ve farklı besleme gerilimindeki değerler multimetre göstergesinden okunmuştur. Böylelikle ortam şartları vs. değişiminden kaynaklı referans basınç ve test cihazı çıkış sinyali olası değişimleri en aza indirgenmiş ve iki farklı beslemedeki basınç dönüştürücü çıkış sinyali değerlerinin aynı şartlarda elde edilmesi amaçlanmıştır. Şekil 4' de ölçümlerde kullanılan multimetre ve besleme gerilimi kaynakları görülmektedir. Besleme geriliminin hassas şekilde okunabilmesi için ayrıca bir gerilimölçer kullanılmıştır (Şekil 5).



Şekil 2. Ölçüm düzeneği blok diyagramı



Şekil 3. Ölçüm düzeneği



Şekil 4. Hassas multimetre, 11 V besleme kaynağı ve 28 V besleme kaynağı



Şekil 5. Besleme gerilimi ölçümünde kullanılan gerilimölçer

Ölçümler sıfır dahil 6 farklı nominal basınç noktasında (0 bar, 100 bar, 200 bar, 300 bar, 400 bar, 500 bar) 3 ölçüm çevrimi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Her bir ölçüm çevrimi 1 artan ve 1 azalan yöndeki serilerden oluşmaktadır [3]. Nominal basınç noktasında oluşturulan referans basınç değerine karşılık elde edilen basınç dönüştürücü çıkış sinyali, hem 11 V besleme gerilimi hem de 28 V besleme gerilimi için multimetreden anlık olarak okunmuştur. Ayrıca her noktadaki besleme gerilimi değeri kaydedilmiş, böylelikle ölçüm esnasındaki besleme gerilimindeki değişimler gözlemlenmiştir.

4. ÖLÇÜM VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Ölçüm Verilerinin Alınması ve Değerlendirilmesi

Ölçümlerdeki referans basınç değerleri pistonlu basınç standardı kullanılarak, piston üzerine yerleştirilen ve değeri bilinen kütleler vasıtasıyla yüksek doğrulukla oluşturulmuştur. Referans basınç değerlerine karşılık elde edilen basınç dönüştürücü çıkış sinyali değerleri kullanılan hassas multimetreden okunmuştur. Nominal basınç noktalarında, oluşturulan referans basınca (p_{ref} , bar) karşılık test cihazından okunan çıkış sinyali (I, Volt) değerleri kullanılarak Euramet cg-17 ve DKD R 6-1 rehber dokümanlarında belirtildiği şekilde gerilim-basınç (I-p) eğrisi çizdirilmiştir. Çizdirilen bu eğriden test cihazının dönüşüm katsayısı (transmisyon katsayısı) (S_o , V/bar) belirlenmiştir [4,5]. Elde edilen bu dönüşüm katsayısı vasıtasıyla her bir noktada ölçülen çıkış sinyalinin basınç birimi cinsinden değeri hesaplanmıştır ($p_{hesaplanan}$) (1).

$$P_{hesaplanan} = I_{okunan} / S_o \quad (1)$$

$P_{hesaplanan}$: Okunan gerilim değeri kullanılarak hesaplanan test cihazı basınç değeri (bar),
 I_{okunan} : Test cihazı çıkışından okunan gerilim değeri (V),
 S_o : Dönüşüm katsayısı (V/bar),

Yukarıda bahsedilen işlemler hem 11 V besleme gerilimi, hem de 28 V besleme geriliminde elde edilen ölçüm değerleri için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Hesaplanan değerler Tablo 2 ve Tablo 3' de görülmektedir. Tablolarda yer alan sapma değerlerinin hesaplanması ise aşağıda yer alan formül kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

$$Sapma = P_{hesaplanan} - P_{ref} \quad (2)$$

$Sapma$: Hesaplanan basınç değeri ile referans basınç değeri arasındaki fark (bar),
 $P_{hesaplanan}$: Okunan gerilim değerleri kullanılarak hesaplanan test cihazı basınç değeri (bar),
 P_{ref} : Referans cihaz tarafından oluşturulan basınç değeri (bar),

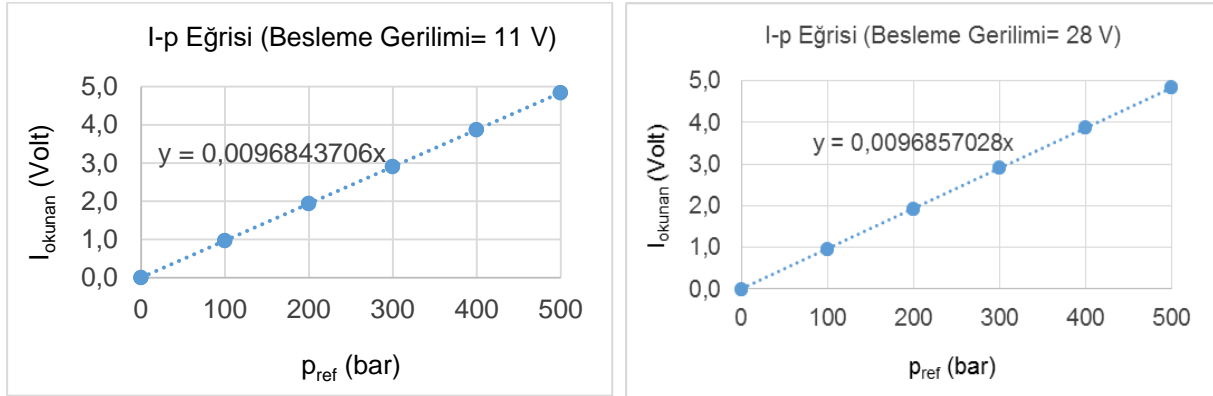
Tablo 2. Ölçüm sonuçları (11 V besleme gerilimi için)

Artan Değerler				Azalan Değerler			
P_{ref}	I_{okunan}	$P_{hesaplanan}$	Sapma	P_{ref}	I_{okunan}	$P_{hesaplanan}$	Sapma
bar	V	bar	bar	bar	V	bar	bar
0,0000	0,00000000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00070437	0,0727	0,0727
99,9257	0,96879418	100,0369	0,1112	99,9256	0,97024139	100,1863	0,2607
199,8768	1,93686549	199,9991	0,1223	199,8767	1,93883231	200,2022	0,3255
299,8264	2,90437095	299,9029	0,0765	299,8262	2,90616584	300,0883	0,2621
399,7738	3,87109420	399,7259	-0,0479	399,7737	3,87237835	399,8585	0,0848
499,7200	4,83696153	499,4606	-0,2594	499,7199	4,83727612	499,4931	-0,2268

Tablo 3. Ölçüm sonuçları (28 V besleme gerilimi için)

Artan Değerler				Azalan Değerler			
P_{ref}	I_{okunan}	$P_{hesaplanan}$	Sapma	P_{ref}	I_{okunan}	$P_{hesaplanan}$	Sapma
bar	V	bar	bar	bar	V	bar	bar
0,0000	0,00000000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00050181	0,0518	0,0518
99,9253	0,96868332	100,0117	0,0864	99,9253	0,97010681	100,1586	0,2333
199,8760	1,93697251	199,9827	0,1067	199,8760	1,93881648	200,1730	0,2970
299,8252	2,90466539	299,8921	0,0669	299,8251	2,90635347	300,0663	0,2412
399,7722	3,87161885	399,7251	-0,0471	399,7721	3,87290903	399,8583	0,0862
499,7181	4,83782711	499,4813	-0,2368	499,7180	4,83813671	499,5132	-0,2048

Ölçümlerden elde edilen referans basınç ve gerilim değerleri kullanılarak, 11 V besleme gerilimi için dönüşüm katsayısı (S_o) 0,0096843706 (V / bar) olarak ve 28 V besleme gerilimi için dönüşüm katsayısı (S_o) 0,0096857028 (V / bar) olarak belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. 11 V ve 28 V besleme gerilimleri için elde edilen I-p eğrileri ve dönüşüm katsayıları

Basınç dönüştürücülerin kalibrasyonundaki ana amaçlardan bir tanesi, ölçümlerden elde edilen referans basınca karşılık çıkış sinyali değerlerinden Şekil 6' da yer alan eğrilerin (I-p eğrileri) eğiminden dönüşüm katsayılarının belirlenmesidir. Haliyle basınç dönüştürücünün kalibrasyondan sonraki kullanımlarında dönüştürücü çıkışından okunan elektriksel sinyal değeri, belirlenen bu dönüşüm katsayısı kullanılarak basınç birimi cinsine çevirmektedir. Bu çalışmada da benzer yöntem kullanılarak, basınç dönüştürücünün teknik özelliklerinde yer alan minimum ve maksimum besleme gerilimlerinde kalibrasyonları gerçekleştirilmiş ve ölçümlerden elde edilen verilerden basınç değerleri ve sapmaları hesaplanmıştır (Tablo 2 ve Tablo 3).

Besleme geriliminin ölçüm değerlerine etkisinin incelenebilmesi için Tablo 4' de görüldüğü gibi, 11 V besleme geriliminde elde edilen artan ve azalan yönlerdeki sapma değerleri ile 28 V besleme geriliminde elde edilen artan ve azalan yönlerdeki sapma değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu sapma değerleri arasındaki farklar basınç dönüştürücü çıkış değerlerinin besleme gerilimi değişiminden etkilenme miktarını göstermektedir. Her iki besleme gerilimindeki ölçümlerden hesaplanan sapmalardan elde edilmiş olan farklar, hem basınç birimi hem de % FS cinsinden Tablo 4' de verilmiştir.

Tablo 4. 11 V ve 28 V besleme gerilimi sapma değerleri ve farkları

Nominal Basınç	Sapma (11 V Besleme İçin)		Sapma (28 V Besleme İçin)		Fark (Sapma _{11V} - Sapma _{28V})			
	Artan	Azalan	Artan	Azalan	Artan	Azalan	Artan	Azalan
p_{nom} bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar	%FS	%FS
0	0,0000	0,0727	0,0000	0,0518	0,0000	0,0209	0,0000	0,0042
100	0,1112	0,2607	0,0864	0,2333	0,0248	0,0274	0,0050	0,0055
200	0,1223	0,3255	0,1067	0,2970	0,0156	0,0285	0,0031	0,0057
300	0,0765	0,2621	0,0669	0,2412	0,0096	0,0209	0,0019	0,0042
400	-0,0479	0,0848	-0,0471	0,0862	0,0008	0,0014	0,0002	0,0003
500	-0,2594	-0,2268	-0,2368	-0,2048	0,0226	0,0220	0,0045	0,0044

SONUÇ

Bu çalışmada, 7500 psi (5 V) maksimum çalışma kapasitesine sahip hidrolik basınç dönüştürücü çıkış sinyalinin besleme gerilimi değişiminden etkilenmesi incelenmiştir. Referans basınç değeri pistonlu basınç standardı ile yüksek doğrulukla elde edilmiş ve basınç dönüştürücü çıkış sinyali 11 V ve 28 V besleme gerilimlerinde 8 ½ dijit hassas multimetre ile anlık olarak okunmuştur.

Yapılan ölçümler ve değerlendirmeler sonucunda göz önüne alınan basınç dönüştürücü için, çıkış değerlerinin besleme gerilimi ile en fazla 0,0285 bar mertebesinde etkilendiği tespit edilmiştir (Tablo 4). Bu değer tam gösterge (full scale) cinsinden 0,0057 %FS değerine yani 57 ppm' e tekabül etmektedir. Bu basınç dönüştürücünün üretici teknik özelliklerinde 0,05 %FS doğruluk değerine sahip olduğu beyan edilmiştir [6]. Ölçümlerden elde edilen besleme gerilimi etki miktarının, test cihazı doğruluk değerinin yaklaşık %11,4' ü kadar olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, basınç ölçüm proseslerinde yaklaşık 100 ppm ve altı basınç hassasiyeti beklentisinin olması durumunda besleme geriliminin etkileri ön plana çıkabilmektedir. Haliyle basınç dönüştürücü kullanıcılarının daha gerçekçi ölçümler yapabilmeleri için, cihazlarını ya kullandıkları besleme geriliminde kalibre ettirmeleri ya da kalibre ettirdikleri besleme geriliminde kullanmaları tavsiye edilir. Bu çalışmada, kalibrasyonlarda kullanılan basınç dönüştürücü veya benzer bir basınç dönüştürücü için, cihaz doğruluk sınıfı ve üstündeki basınç ölçüm doğruluğu beklentilerinde, besleme gerilimi etkisinin göz ardı edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Omega, "https://www.omega.com/en-us/resources/pressure-transducers", Mayıs 2019
- [2] Wikipedia, "https://en.wikipedia.org/wiki/Pressure_sensor", Mayıs 2019
- [3] G2BA-030, "Basınç Dönüştürücülerinin Kalibrasyonu ve Belirsizlik Hesaplamaları Eğitim Dokümanı", TÜBİTAK-UME Basınç Laboratuvarı, 2018, Kocaeli
- [4] EURAMET Calibration Guide No. 17, "Guidelines on the Calibration of Electromechanical and Mechanical Manometers", EURAMET, 2017
- [5] Guideline DKD-R 6-1, "Calibration of Pressure Gauges", DKD, 2014
- [6] Honeywell Website, "https://measurementsensors.honeywell.com/Pages/Product.aspx?category=&cat=Honeywell&pid=stje", Mayıs 2019

ÖZGEÇMİŞ

Abdullah HAMARAT

1975 Yenice/Çanakkale doğumludur. 1996 yılında İTÜ Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2002 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Bölümü' nde yüksek lisansını tamamlamıştır. 1997-2002 yılları arasında özel sektörde enerji, teknik servis, proje yöneticiliği gibi çeşitli alanlarda çalışmıştır. 2002-2007 yılları arasında TÜBİTAK-UME Basınç Laboratuvarı' nda araştırmacı olarak çalışmıştır. 2007-2018 yıllarında özel sektör proje yöneticisi, laboratuvar teknik müdürü ve laboratuvar müdürü görevlerinde bulunmuştur. Haziran 2018' den bu yana TÜBİTAK-UME Basınç Laboratuvarı' nda araştırmacı olarak çalışmaktadır.

Yasin DURGUT

1975 Akşehir doğumludur. 1997 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. Yine aynı yıl Ege Üniversitesi Yabancı Diller Bölümü İngilizce Hazırlık Programı'nı bitirmiştir. Sonrasında Alcatel Telekomünikasyon A.Ş.'de 2000-2004 yılları arasında çeşitli telekomünikasyon projelerinde çalışmıştır. Durgut, 2006 yılında ise Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi İşletme Bölümü'nü bitirmiştir. 2016 yılında Fizikte doktora çalışmasını dinamik basınç ölçümleri

konusunda tamamlayarak doktor ünvanı almıştır. Yasin Durgut, proje yöneticisi PMP (Project Management Professional) sertifika derecesine sahiptir. 2004 yılından bu yana TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü Basınç Laboratuvarı'nda araştırmacı olarak çalışmaya devam etmektedir. Çeşitli dergilerde, ulusal ve uluslararası konferans ve kongrelerde yirminin üzerinde yayını bulunmaktadır. Aktif olarak Turkak'ta basınç alanında TS EN ISO/IEC 17025 kapsamında denetçilik faaliyetlerini sürdürmektedir.

Ahmet TÜRK

1984 Bozüyük doğumludur. 2007 yılında Boğaziçi Üniversitesi Fizik Öğretmenliği Bölümü'nden mezun olmuştur. 2014 yılından bu yana Tübitak UME basınç laboratuvarında araştırmacı olarak görev yapmaktadır. 2019 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Fizik Bölümünde yüksek lisans öğrenimini tamamlamıştır.

Recep YILMAZ

1985 Konya doğumludur. 2016 yılında KTO Karatay Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünü ve yine aynı yılda Çift Anadal programı kapsamında Mekatronik Mühendisliği bölümünü bitirmiştir. Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi Dış Ticaret Ön Lisans programından mezun olduktan sonra aynı fakültenin İşletme bölümü 4. Sınıfında öğrenimine devam etmektedir. Necmettin Erbakan Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde Yüksek Lisans öğrenimi görmektedir. 2017 senesinde MVD Makine San. A.Ş. AR-GE Merkezi'nde AR-GE Mühendisi olarak görev yapmıştır. 2017 Kasım ayından bu yana TÜBİTAK-UME Basınç Laboratuvarı'nda araştırmacı personel olarak çalışmaktadır.

Onur AYDEMİR

1976 yılında İzmit doğumludur. İlk ve orta öğrenimini Ardahan'da tamamladı. Süleyman Demirel Üniversitesi Burdur Meslek Yüksek Okulu Elektronik bölümünden 1996 yılında mezun oldu. 1997 yılında TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü'nde Elektronik Atölye (Özel Ölçümler Lab.), göreve başladı. 2007 yılından bu yana da aynı enstitüde Basınç Laboratuvarı'nda başteknisyen olarak çalışmaya devam etmektedir.

Naylan KANATOĞLU

1974 Bulgaristan doğumlu. 2000 yılında Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 1995'ten beri TÜBİTAK UME'de Gerilim Laboratuvarı'nda çalışmaktadır. Metroloji. DC ve AC Gerilim, DC ve AC Akım ve DC Dirençlerinde Ölçüm Teknikleri. Çok Fonksiyonlu Kalibratörler, Multimetreler, DC Gerilim Standartları, AC-DC Transfer Standartları, DC ve AC Akım Şöntleri vb. Enstrümantasyonda ileri teorik ve pratik nitelikler. DC ve AC Gerilim, DC ve AC Akım ve Direnç ölçümleri ve belirsizlik değerlendirmeleri üzerine eğitimler. Yeni ölçüm sistemlerinin geliştirilmesi.