

KOJENERASYON SİSTEMLERİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ

Bayram KILIÇ
Arzu ŞENCAN ŞAHİN
Reşat SELBAŞ
Hasan Hüseyin EZEN

ÖZET

Günümüz teknolojisinin gelişmesinin bir sonucu olarak enerji gereksinimi de büyümektedir. Buna karşılık dünya üzerinde bulunan farklı enerji rezervlerinin gün geçtikçe tükendiği bilinmekte ve insanları büyük bir enerji sorunu beklemektedir. Kojenerasyon sistemleri bu problem için çok önemli bir çözümdür.

Basit bir tanımla kojenerasyon, elektrik ve ısı enerjisinin birlikte üretilmesi anlamına gelmektedir. Bu sistemlerin iki farklı uygulaması mevcuttur. Bunlardan birincisi gaz türbinli kojenerasyon sistemidir. Bu sistem ısı enerjisine elektrik enerjisinden daha fazla ihtiyaç varsa kullanılır. İkinci sistem ise gaz motoru kojenerasyon sistemidir. Bu sistem ise elektrik enerjisine ısı enerjisinden daha fazla ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılır.

Bu çalışmada ilk olarak kojenerasyon sistemleri ve çalışma prensipleri incelenmiştir. Daha sonra Isparta ilinde bulunan Isparta Mensucat İplik Fabrikası'nın kojenerasyon sistemi incelenmiş ve termodinamik analizi yapılmıştır. Fabrikada kullanılan kojenerasyon sisteminden hem elektrik enerjisi ihtiyacı hem de ısı enerjisi ihtiyacı sağlanmıştır. Sistemden dizel motor verimi, atık ısı kazanı verimi ve sıcak su elde edilmesiyle sağlanan verim olmak üzere toplam %60 oranında bir verim sağlandığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kojenerasyon, Termodinamik analiz, Verim.

ABSTRACT

Energy need is growing as a result of the development of technology in today's. However, it is known the different energy reserves in the world have been exhausted by the day and waiting a big energy problem for people. Cogeneration systems are an important solution to this problem.

A simple definition, cogeneration is production of electricity and heat energy in the same time. There are two different application of these systems. The first of these is gas turbine cogeneration system. If is need heat energy more than electrical energy, this system is used. The second system is gas engine cogeneration system. This system is used where needed electrical energy more than heat energy.

In this study, firstly cogeneration systems and operational principles are investigated. Then, cogeneration system and the thermodynamic analysis of Isparta Mensucat Textile Factory in the Isparta were investigated. Electric energy needs as well as thermal energy needs are provided from cogeneration system used in the factory. Diesel engine efficiency, waste heat boiler efficiency and efficiency is provided from to obtain hot water as total efficiency was achieved 60% in system.

Key Words: Cogeneration, Thermodynamic analysis, Efficiency.

1. GİRİŞ

Kojenerasyon, bir yakıtın yanması sonucu aynı anda elektrik gücü ve ısı üreten bir sistemdir. Kojenerasyon güç sistemlerinde mile aktarılan mekanik gücü bir alternatör sayesinde elektrik enerjisi üretmek için kullanılır. Buna ek olarak duman gazlarından faydalanılarak sıcak hava ve sıcak su üretimi için kullanılır. Böylece kojenerasyon sistemlerinde bacadan dış ortama atılacak duman gazlarının içerdiği ısı enerjisinden yararlanılarak enerji tasarrufu sağlanmış olunacak ve böylece enerji verimi de artış gösterecektir[1].

Kojenerasyon dünyada yıllardır üzerinde çalışma yapılan ve uygulamaları olan bir konudur. Ülkemizde ise özellikle son yıllarda bu konu, pratik ve teorik anlamda gelişmeye başlamıştır.

Kojenerasyon sistemleri, gaz türbini kojenerasyon tekniği ve gaz motoru kojenerasyon tekniği olmak üzere iki şekilde uygulanır. Her iki tekniğin birbirine oranla üstünlükleri vardır. Kojenerasyon sistemleri konvansiyel sistemlerle karşılaştırıldığında sistem verimi yaklaşık %30–35 daha yüksek olmaktadır. Elektrik ve ısının ayrı ayrı yerlerde üretildiği konvansiyel sistemlerde elektrik üretimi verimi yaklaşık %35–40, ısı üretim verimi ise yaklaşık %80–90 olmaktadır. Bu rakamlarla toplam verim %50–55 civarında olmaktadır. Diğer taraftan kojenerasyon sistemlerinin verimleri %90 'lara ulaşmaktadır[2–6].

Kojenerasyon uygulaması, 20.yy 'ın başlarından itibaren güç santrallerinin yerleşim birimlerinde kurulması ve bölge ısıtması yapılmasıyla başlamıştır. Bölge ısıtması konutların ve iş yerlerinin ısıtma, sıcak su ve proses ısılarının bir veya birkaç merkezden sağlanmasıdır. Bölge ısıtması 1940'lı yıllarda yakıt fiyatlarının düşmesiyle çekiciliğini yitirmiştir. Ama 1970'li yıllarda yakıt fiyatlarının hızla yükselmesiyle bölge ısıtmasına ilgi dünya çapında yeniden uyanmıştır. Kojenerasyon ekonomik açıdan kazançlı olmuştur. Bunun sonucu olarak son yıllarda bu tür santrallerin kurulması hızlanmıştır.

Bu çalışmada kojenerasyon sistemleri hakkında genel bir bilgi verildikten sonra Isparta Mensucat İplik Fabrikası'nda kullanılan kojenerasyon sisteminin termodinamik analizi yapılmıştır.

2. KOJENERASYON SİSTEMLERİ

Kojenerasyon enerjinin hem elektrik hem de ısı biçimlerinde aynı sistemde beraberce üretilmesi olarak tarif edilir. Bu birliktelik iki enerji biçiminin kendi başlarına ayrı yerlerde üretilmesinden daha ekonomik sonuçlar vermektedir.

Basit bir çevrimle çalışan yani sadece elektrik üreten bir gaz türbini ya da motoru kullandığı enerjinin %30–40 kadarını elektriğe çevirebilir. Bu sistemlerin kojenerasyon şeklinde kullanılması halinde sistemden dışarıya atılacak olan ısı enerjisinin büyük bir bölümü de kullanılabilir enerjiye dönüştürülerek toplam enerji girişinin %70–90 arasında değerlendirilmesi sağlanabilir. Dolayısıyla kojenerasyon sistemlerinin çevreye önemli katkılarından biride burada ortaya çıkmakta büyük enerji tasarrufu yanında atık emisyonları da aynı oranda azalmaktadır[6–9].

Kojenerasyon santralleri temel olarak 4 bölümden meydana gelir;

1. Esas hareketi sağlayan bölüm
2. Bir elektrik jeneratörü
3. Isı dönüşüm sistemi
4. Kontrol sistemi

Bölgenin ihtiyaçlarına göre esas hareket sağlayıcı bölüm buhar türbini ya da gaz türbini olabilir. İlerleyen teknoloji ile mikro-türbin, karıştırma motorları veya yakıt hücreleri kullanımına başlanacaktır. Türbin, elektrik jeneratörüne hareket verir ve kullanılabilir ısı yeniden elde edilir.

Kojenerasyon sistemlerinin çok çeşitli uygulama alanları mevcuttur. Bunları maddeler halinde sayarsak;

- Endüstriyel tesisler
- Katı ve sıvı atık arıtma tesisleri
- Otel ve eğlence merkezleri
- Hastaneler
- Askeri birlikler
- Alışveriş merkezleri
- Havaalanları
- Kampüsler, rekreasyon alanları
- Toplu yerleşim birimleri
- Seralar

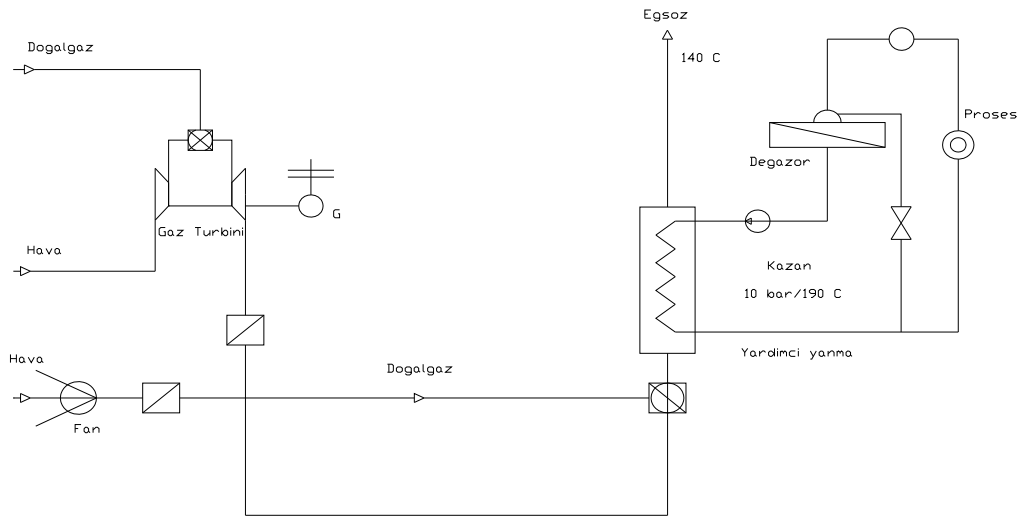
Kojenerasyonun endüstriyel uygulama alanları da şöyle sıralanabilir;

- Ecza ve sağlık
- Kağıt sanayi
- Bira damıtma ve mayalama
- Seramik
- Tuğla
- Çimento
- Gıda
- Tekstil
- Demir-çelik
- Kereste
- Motor endüstrisi

3. KOJENERASYON SİSTEM TEKNİKLERİ

3.1. Gaz Türbinli Kojenerasyon Tekniği

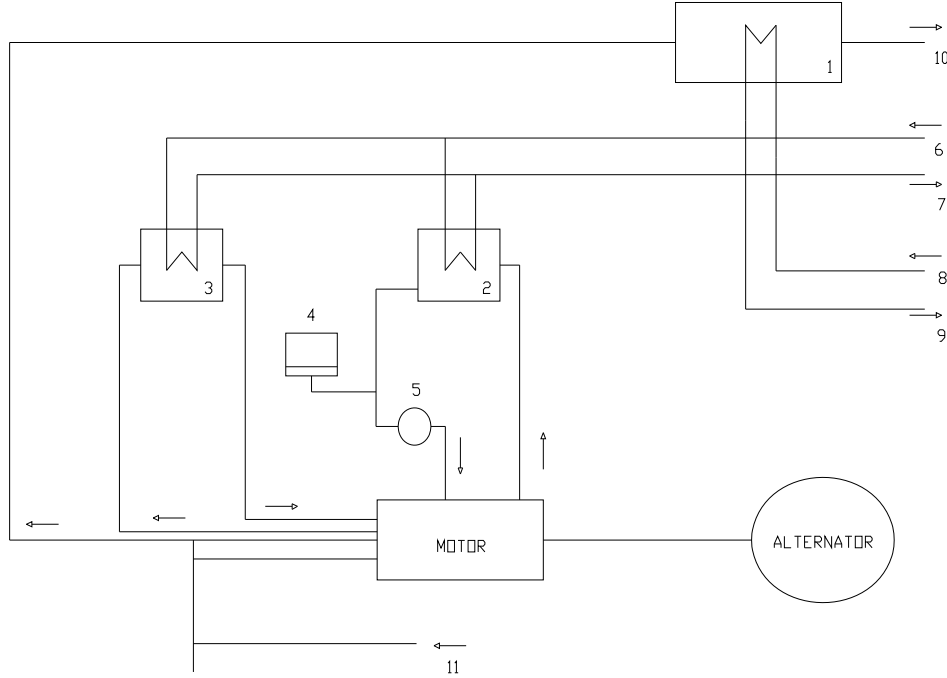
Bu kojenerasyon tekniğinde yakıt ve hava karışımının yanma odasında yakılmasıyla oluşan kinetik enerji, türbin ve şanzıman aracılığıyla jeneratörü tahrik eder. Böylece jeneratörden elektrik enerjisi elde edilir. Gaz türbinli sistemlerin egzoz çıkış sıcaklıkları 400–500 °C dolaylarındadır. Türbin çıkışından direkt bir ısı eşanjörü aracılığıyla istenen şartlarda sıcak su elde edilir. Sistem şematik olarak Şekil 1’de gösterilmiştir[9–12].



Şekil 1. Gaz Türbinli Kojenerasyon Sistemi

3.2. Gaz Motoru Kojenerasyon Tekniği

Bu sistemler daha düşük sıcaklıkta ve kütlede atık ısı sağladıklarından ve çok çeşitli güç üretebildiklerinden dolayı özellikle elektrik ihtiyacı ısı ihtiyacından daha fazla olan uygulamalarda optimum çözümler olarak karşımıza çıkmaktadır. Sistem şematik olarak Şekil 2.'de gösterilmiştir[13].



Şekil 2. Gaz Motorlu Kojenerasyon Sistemi

1. Egzoz gazı eşanjörü
2. Silindir bloğu soğutma suyu devresi plaka tipi eşanjörü
3. Yağlama devresi soğutması ısı değiştiricisi
4. Genleşme tankı
5. Soğutma suyu pompası
6. Isıtma suyu girişi
7. Isıtma suyu çıkışı
8. Kızgın su veya buhar girişi
9. Kızgın su veya buhar çıkışı
10. Egzoz gazı çıkışı
11. Gaz girişi

3.3. Kojenerasyon Uygulaması Formülasyonu

Kojenerasyon sistemi atık ısı kazancı güç hesabı aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$Q_w = m_e . c . \Delta T . \eta \quad (1)$$

Kojenerasyon sistemi soğutma suyundan ısı kazanım hesabı benzer şekilde aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$Q_c = m_h . c . \Delta T \quad (2)$$

Kojenerasyon sistemi Dizel motorun verimi, sistemden elde edilen elektrik gücünün harcanan toplam yakıt miktarına oranı şeklinde bulunabilir;

$$\eta_d = \left(\frac{P}{H} \right) \quad (3)$$

Kojenerasyon sistemi atık ısı kazanı verimi;

$$\eta_w = \left(\frac{Q_w}{H} \right) \quad (4)$$

Kojenerasyon sisteminden sıcak su elde edilmesiyle sağlanan verim aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

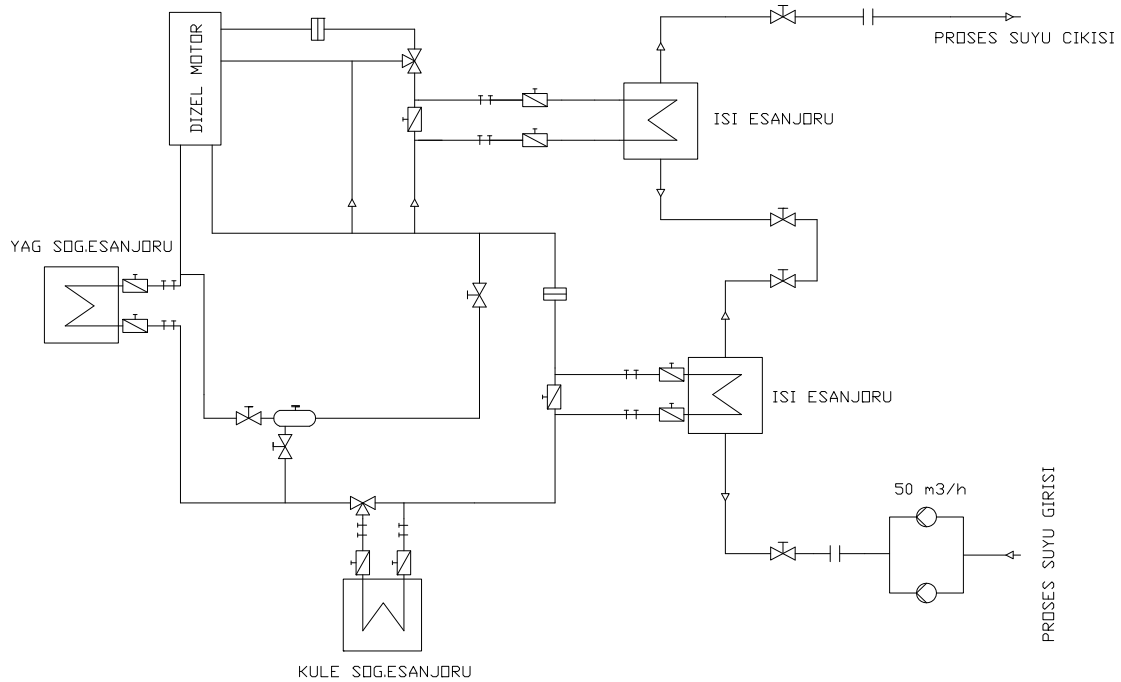
$$\eta_h = \left(\frac{Q_c}{H} \right) \quad (5)$$

Sonuç olarak kojenerasyon sisteminin toplam verimi;

$$\eta_T = \eta_d + \eta_w + \eta_h \quad (6)$$

4. ÖRNEK BİR UYGULAMA

Bu çalışmada Isparta ilinde bulunan Mensucat İplik Fabrikası'nın kojenerasyon sistemi termodinamik açıdan analiz edilmiştir. Şekil 3'te analizi yapılacak kojenerasyon sistemi şematik olarak görülmektedir[1].



Şekil 3. Kojenerasyon Sistemi

- Sistem 3 adet dizel motordan oluşmuştur. Tam yükte gücü 3380 kW' tır. Her bir dizel motor alternatöre direk bağlıdır. Alternatör çıkış gücü tam yükte 3688 kW' tır.
- Egzoz gazı atık ısı değerleri;

Tablo 1. Egzoz Gazı Atık Isı Değerleri

Maksimum debi (kg / h)	1644
Çalışma basıncı (bar)	8.5
Ortalama max. Sıcaklık (°C)	180
Test basıncı (bar)	16.3
Hacim (lt)	12,000

- Sıcak su elde etmek için plakalı eşanjörler kullanılmıştır.
- Atık ısı kazancı güç hesabı:

Tablo 2. Atık Isı Kazancı Güç Hesabı

Egzoz gazı giriş sıcaklığı (°C)	T_{ei}	316.4
Egzoz gazı çıkış sıcaklığı (°C)	T_{eo}	187.1
Egzoz gazı debisi (kg / h)	m_e	33,000
Egzoz gazının özgül ısınma ısı (Kcal/kg °C)	C	0.24
Verim (%)	η	80

- Soğutma suyundan ısı kazanım hesabı:

Tablo 3. Soğutma Suyundan Isı Kazanım Hesabı

Sıcak su debisi (kg / h)	m_h	4000
Suyun özgül ısınma ısı (Kcal/kg °C)	C	1
Su giriş sıcaklığı (°C)	T_{wi}	70
Su çıkış sıcaklığı (°C)	T_{wo}	83

- Yakıtın alt ısıl değeri 9200 kcal/kg alınmıştır.
- Termodinamik analiz sonuçları

Tablo 4. Termodinamik Analiz Sonuçları

Atık ısı kazancı güç hesabı (KW)	Q_w	952.61
Soğutma suyundan ısı kazanım hesabı (KW)	Q_c	604
Dizel motorun verimi (%)	η_d	42
Atık ısı kazanı verimi (%)	η_w	11
Sıcak su elde edilmesiyle sağlanan verim (%)	η_h	7
Sistemin (kojenerasyonun) toplam verimi (%)	η_T	60

SONUÇ

Bu çalışmada ilk olarak kojenerasyon sistemleri hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra Isparta Mensucat İplik Fabrikası'nın kojenerasyon sisteminin termodinamik analizi yapılmıştır. Fabrikada kullanılan kojenerasyon sisteminden hem elektrik enerjisi ihtiyacı hem de ısı enerjisi ihtiyacı sağlanmıştır. Sistemden dizel motor verimi, atık ısı kazanı verimi ve sıcak su elde edilmesiyle sağlanan verim olmak üzere toplam %60 oranında bir verim sağlanmıştır.

Konvansiyonel enerji kaynaklarının hızla tükendiği günümüzde kojenerasyon sistemlerinin Türkiye'nin hatta dünyanın kısa bir süre içerisinde gireceği enerji probleminin çözümüne büyük katkı sağlayacağı açıktır. Ayrıca kojenerasyon sistemleri, fosil yakıtların oluşturduğu çevre problemlerinin azalmasına da katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] EZEN, H.H., "Kojenerasyon Sistemlerinin Termodinamik Analizi", Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta 2007.
- [2] ROSEN, A.M., LE, N.M., DİNÇER, İ., "Efficiency analysis of a cogeneration and district energy system", Applied Thermal Engineering, 25,147–159, 2005.
- [3] WILKINSON, B.W., BARNES, R.W., "Cogeneration of electricity and useful heat", CRC Press, Boca, Raton, FL, 1980.
- [4] BILGEN, E., "Exergetic and engineering analyses of gas turbine based cogeneration systems", Energy, 25, 1215–1229, 2000.
- [5] MALINOWSKA, L., "Parametric study of exergetic efficiency of a smallscale cogeneration plant incorporating a heat pump", Applied Thermal Engineering, 23, 459–472, 2003.
- [6] CASELLA, F., MALEZZONI, C., PİRODDI, C., PRETOLANI, F., "Minimizing production costs in generation and cogeneration plants", Control Engineering Practice, 9, 283–295, 2001.
- [7] MARC, A.R., MİNH, N.L., DİNÇER, İ., "Efficiency analysis of a cogeneration and district energy system", Applied Thermal Engineering, 25, 147–159, 2005.
- [8] MARQUEZ, A.C., HEGUEDAS, A.S., JUNG, B., "Monte Carlo-based assessment of system availability — a case study for cogeneration plants", Reliability Engineering & Systems Safety, 1–17, 200.
- [9] CARDONA, E., PİACENTİNO, A., "Optimal design of cogeneration plants for seawater desalination", Desalination, 166, 411–426, 2004.
- [10] HUANG, F.F., "Performance evaluation of selected combustion gas turbine cogeneration systems based on first and second-law analysis", Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 21, 112–117, 1990.
- [11] DUFFİE, J.A., BECKMAN, W.A., "Solar engineering of thermal processes", John Wiley and Sons Inc, New York, 1991.
- [12] RİCE, İ.G., "Thermodynamics evaluation of gas turbine cogeneration cycles: Part I — Heat balance method analysis", Journal of Engineering for Gas turbines and Power, 1–7, 109–201, 1987.
- [13] COELHO, M., NASH, F., LİNSELL, D., BARCIELA, J.P., "Cogeneration — the development and implementation of a cogeneration system for a chemical plant, using a reciprocating heavy fuel oil engine with a supplementary fired boiler", Journal of Power and Energy, 217, 493–503, 2002.

ÖZGEÇMİŞ

Bayram KILIÇ

1978 yılında İstanbul'da doğdu. 2006 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Tesisat Öğretmenliği bölümünden mezun oldu. 2008 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Fen

Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Ana Bilim Dalında yüksek lisansını tamamladı. Halen Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bucak Emin Gülmez Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulunda öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.

Arzu ŞENCAN

1975 yılında Manisa'da doğdu. 1996 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1999 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisansını, 2004 yılında doktorasını tamamladı. Halen Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümünde Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır.

Reşat SELBAŞ

1963 yılında Isparta'da doğdu. 1987 yılında Akdeniz Üniversitesi, Isparta Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1989 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisansını, 1998 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında doktorasını tamamladı. Halen Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümünde Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır.

Hasan Hüseyin EZEN

1981 yılında Isparta'da doğdu. 2003 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Tesisat Öğretmenliği bölümünden mezun oldu. 2005 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Ana Bilim Dalında yüksek lisansını tamamladı. Halen TEDAŞ'da çalışmaktadır.