

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ

YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

PROJE ADI: Yerli ve Milli Manyetik Soğutma Sistemi Tasarımı

TAKIM ADI: YEMİSOT

TAKIM ID: T3-17116-162

TAKIM SEVİYESİ: Mezun

DANIŞMAN ADI:

İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

İklimlendirme sistemlerinde soğutma için kullanılan konvansiyonel buhar sıkıştırımlı soğutma teknolojisi yerine alternatif enerji kaynaklı selefine göre daha az enerji tüketen, soğutma performansı yüksek, daha çevreci ve verimli manyetik soğutma sistemlerinin; yerli ve milli imkanlarla tasarımı ve üretimi planlanmaktadır. Proje kapsamında manyetik soğutma teknolojisiyle ilgili detaylı literatür taraması gerçekleştirilmiş, edinilen teorik bilgiler ve bilimsel yöntemlerin ışığında teknik modellemeler yapılmış, nihai olarak prototip tasarımı tamamlanmıştır. Bu projeye birlikte enerji arzında büyük oranda dışa bağımlı olan ülkemizin iklimlendirme sektöründe enerji yoğunluğunun düşürülmesi ve karbon ayak izinin azaltılması amaçlanmaktadır.

2. Problem/Sorun:

Günden güne artan enerji tüketimiyle birlikte enerji arzında büyük oranda dışa bağımlı ülkemizde, soğutma için kullanılan klima sistemlerinin plansız bir şekilde artış gösterdiği göz önünde bulundurulduğunda, soğutma prosesinin neden olduğu çevre sorunları ve enerji maliyeti önemli bir sorun haline gelmiştir [1]. Günümüzde soğutma prosesleri için konvansiyonel buhar sıkıştırımlı soğutma sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerde soğutucu akışkan olarak kullanılan kloroflorokarbon (CFC) gazları, ozon tabakasını inceltme ve küresel ısınma gibi istenmeyen çevresel etkilere yol açmaktadır. Akışkanın sıkıştırılması ve kısılması işlemleri de sistem verimini negatif yönde etkilemektedir. Konvansiyonel buhar sıkıştırımlı soğutma sistemlerinin COP değerleri en fazla tersinir Carnot soğutma çevriminin %10'una kadar ulaşabilmektedir [2]. Termodinamiğin 2 önemli uygulama alanı vardır, bunlardan ilki güç üretimi diğeri ise soğutmadır. Biz mühendisler, ısı transferi ile ilgili tüm süreçlerin en az kayıp olacak şekilde tasarlanmasını hedefleriz. Soğutmada da en az enerji tüketimiyle belirli bir soğutma yükünün karşılanması bizim ana hedefimizdir. Soğutma çevrimindeki her bir sürecin, minimum kayıp ve minimum enerji kullanarak çevreye zarar vermeden çalışması biz mühendislerin ana gayesini oluşturur. CFC gazlarının kullanımı küresel ısınmaya neden olarak enerji, ekonomi ve ekoloji üçlüsünü bozma yolunda belirtiler vermektedir. Hal böyle olunca CFC gazı kullanmaksızın bir soğutma sisteminin tasarlanması dünyada aynı atmosfer altında yaşayan tüm insanlar için hem gerekli hem de faydalı bir sürecin başlangıcı olacaktır. Bütün bu nedenlerle projemizde tasarımı gerçekleştirilen manyetik soğutucunun yerli ve milli imkanlarla üretilmesi de ülke ekonomisine önemli bir katkı sağlayacaktır.

3. Çözüm

Manyetokalorik malzemeler üzerinde yapılan çalışmalar ve manyetik soğutma teknolojilerinin geliştirilmesi, konvansiyonel buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimine bir

alternatif getirmektedir. Manyetik Soğutma, ferromanyetik veya paramanyetik bir malzemenin manyetokalorik etki göstermesi ve bu etkinin ısı eşanjörü içerisinde bir ısı transfer akışkanı kullanılarak ortamdan ısı alışverişi sağlaması prensibine dayanmaktadır. Manyetik soğutma sistemleri küresel ısınma ve sera gazı emisyonunu azaltmaya yönelik avantajının yanı sıra enerji verimliliği açısından da büyük potansiyele sahiptir [3]. Projeyle birlikte manyetik soğutma teknolojisinin, ülkemizde enerji tüketiminde büyük bir paya sahip konvansiyonel buhar sıkıştırma klima sistemlerinin yerini almasıyla çevre sorunlarının ve karbon ayak izinin önemli ölçüde azaltılması sağlanacaktır. EK-1 Şekil 1.'de tasarlanmış olduğumuz yerli ve milli, piston hareketli aktif manyetik rejeneratif soğutma sistemine ait prototip gösterilmektedir. Sistemin manyetik enerji kaynağı, manyetik alan şiddetini belirli bir noktada toplayarak artıran Hallbach dizilimi şeklinde konumlandırılmış NdFeB mıknatıslardır. Bu dizilimle birlikte konstrüksiyonun merkezinde yaklaşık 1.5 T manyetik alan şiddeti elde edilmektedir. Konstrüksiyon lineer kızaklarla mesnetlenmiş ve 100 W gücündeki step motorla tahriklenen vidalı mil mekanizmasıyla hareket ettirilmektedir. Rejeneratör, 20°C Curie sıcaklığı ve 1.5 T manyetik alan şiddetinde yaklaşık 4°C sıcaklık farkı meydana getirebilen, silindirik polietilen muhafaza içerisine akışkan hareketini sağlayacak biçimde paralel ve aralıklı şekilde yerleştirilmiş, dikdörtgen geometride %99 saflıktaki gadolinyum (Gd) levhalardan oluşmaktadır. Soğutucu akışkan %70 oranında su ve %30 oranında etil alkol içeren bir karışımdır. Sistemdeki ısının dış ortama atıldığı sıcak ısı değiştirici ve soğutulan ortamdan ısının alındığı soğuk ısı değiştirici, ısı iletim katsayısı 401 W/m.K olan bakır malzemeden imal edilmiş kanatlı serpantindir. Akışkan hareketi ise krank biyel mekanizmasına bağlı pistonlar vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Mekanizma hareketi 100 W gücündeki step motorla sağlanmaktadır. Manyetizasyon ve demanyetizasyon sürelerini belirleyen mıknatıs konstrüksiyon hızı, ısı atımı ve ısı emilimi sürelerini belirleyen piston hızı parametreleri bir PLC yardımıyla kontrol edilmekte olup, HMI ekran üzerinden programlanabilmektedir. Sıcak ısı değiştirici, soğuk ısı değiştirici, soğutulan hacim, dış ortam ve rejeneratörde bulunan sıcaklık sensörlerinden gelen veriler işlenerek kurgulanan algoritma sayesinde sistemin enerji tüketimi, soğutma yükü ve soğutma tesir katsayısı (COP) anlık olarak görüntülenebilmektedir.

4. Yöntem

Manyetokalorik etkinin fiziksel orjini uygulanan manyetik alanın malzeme entropisinde değişime neden olmasıdır. Manyetokalorik özellik gösteren bir malzemeye manyetik alan uygulandığında manyetik momentlerin uygulanan manyetik alana paralel yerleşmesinden dolayı malzeme ısınmaktadır, manyetik alan kaldırıldığında ise manyetik momentlerin dizilime eski halinde döndüğü için malzeme soğuma eğilimi göstermektedir [4]. Gadolinyum günümüzde bilinen en iyi termodinamiksel özelliklere sahip olan manyetokalorik malzemelerden birisi olmasına rağmen, manyetokalorik etki ile elde edilebilecek sıcaklık farkları düşüktür. Bu nedenle, birçok soğutma uygulamasında manyetokalorik etkinin kullanımını tanımlamak oldukça güçtür. Bu teknik engel Aktif Manyetik Rejeneratör'ün (AMR)

manyetik soğutma sistemlerine entegre edilmesiyle aşılmıştır. Manyetik soğutma sistemlerindeki rejeneratör, çevrimin herhangi bir aşamasında sistem tarafından atılan ısının geri alınmasını ve aynı çevrimdeki farklı bir adımda sisteme geri gönderilmesini sağlamaktadır. Böylece soğutma kapasitesi, entropinin anlık değişimi ve elde edilen sıcaklık farkının artmasıyla birlikte efektif bir biçimde kullanılabilir. Aktif manyetik rejeneratif soğutma çevrimi dört basamaktan oluşmakta olup bu aşamalar sırasıyla adyabatik manyetizasyon, ısı atımı, adyabatik demanyetizasyon ve ısı alımıdır [5]. EK-1 Şekil 2.'de prototipin iş elemanları gösterilmektedir. İlk aşama olan adyabatik manyetizasyon evresinde soğutucu akışkan, soğuk ısı değiştirici içerisinde ve piston alt ölü noktadadır. Mıknatıs konstrüksiyonu rejeneratör üzerinde konumlandırılarak, rejeneratörün sıcaklığı artırılmaktadır. İkinci aşama olan ısı atımı basamağında, soğuk ısı değiştirici tarafındaki piston üst ölü noktaya doğru hareket ettirilmekte (sıcak ısı değiştirici tarafındaki piston alt ölü noktaya doğru harekete başlar), böylece soğutucu akışkanın rejeneratörden geçerek sıcaklığı artırılmaktadır. Sonrasında sıcak ısı değiştiricide dış ortama ısı atımı gerçekleşir. Üçüncü aşama olan adyabatik demanyetizasyon evresinde, mıknatıs konstrüksiyonu rejeneratörden uzaklaştırılarak rejeneratörün soğuması sağlanmaktadır. Son aşama olan ısı alımı evresinde sıcak ısı değiştirici tarafındaki piston üst ölü noktaya doğru hareket ettirilmekte (soğuk ısı değiştirici tarafındaki piston alt ölü noktaya doğru harekete başlar) ve akışkan rejeneratörden geçirilerek soğutulmaktadır. Soğuk ısı değiştirici tarafına gelen akışkan burada, soğutulacak ortamdan ısı alarak ortamın soğutulmasını sağlar. Çevrim aynı işlem basamaklarında devam eder.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Soğutucu akışkan olarak çevreye zararlı ve küresel ısınma potansiyeli yüksek (GWP) CFC ve HCFC gazları yerine çevre dostu, su ve etil alkol türevi karışımları kullanılmaktadır. Sıkıştırma ve kısılma işlemleri olmadığından teorik verimi tersinir Carnot çevriminin %60'ına ulaşabilecek potansiyeldedir. Basit konstrüksiyonu sayesinde düşük bakım ve işletme maliyetlerine sahip olmasının yanında sistemdeki akışkan basıncının düşük olması sayesinde hareketli sistemlerde kullanılabilirliği mümkündür. Literatürde yer alan Zimm, Kirol, Astronautics, Eriksen, Jacobs, Steyert, Cooltech Application, G2ELab, Okamura, Kolano, Tura, ve Tusek'in manyetik soğutma cihaz tasarımları incelenmiştir [6-12]. Projemizin en önemli özelliği yerli ve milli imkanlarla gerçekleştirilmesiyle birlikte aşağıda açıklanan özellikleri sayesinde benzer cihazlardan ayrılmaktadır. Projeye birlikte manyetik soğutma teknolojisinin iklimlendirme sistemlerine entegrasyonu sağlanmaktadır. Mıknatıs konstrüksiyonu ve piston hareketi için step motor teknolojisi tercih edilmiştir. Sistem performansına etki eden çalışma frekansı (hız ve ivme) parametreleri kolay bir şekilde değiştirilebilmektedir. Enerji tüketimi, soğutma yükü, soğutma tesir katsayısı (COP) ve akışkan sıcaklıkları HMI ekran üzerinden görüntülenebilmektedir. Ayrıca bu verilere haberleşme protokolü sayesinde bulut (cloud) üzerinden erişim imkanı sağlanmaktadır. Prototip tasarımı belirtilen dijitalizasyon özelliğiyle Endüstri 4.0 teknolojileri arasında yer almaktadır.

6. Uygulanabilirlik

Manyetizma süreçleri ve termodinamik süreçler modellenmiş, otomasyon ve yazılım senaryosu kurgulanarak sistemde kullanılacak bileşenlerin belirlenmesiyle nihai prototip tasarımı tamamlanmıştır. Detay testlerinin akabinde gerekliyse revizyon işlemlerine müteakip nihai testlerin tamamlanmasıyla tasarımın kompakt bir yapı haline getirilerek ticarileştirilmesi planlanmaktadır. Uygulanabilirliğindeki riskler Bölüm 9.'da detaylı olarak açıklanmıştır.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Projenin öngörülen maliyeti ayrıntılı olarak Tablo 1.'de görülmektedir. Performans ve üretim kalitesinden ödün vermeden en düşük maliyetle maksimum fayda sağlayacak ürünlerin tedarikine özen gösterilecektir. Tablo 2.'de detaylı proje zaman çizelgesi gösterilmektedir.

Unsurlar	Tahmini Maliyet	Harcama Dönemi
Gadolinium Plakalar	4.000 ₺	Malzeme Tedariği
Mıknatıs Konstrüksiyonu	6.000 ₺	
Plastik Bağlantı Elemanları	1.500 ₺	
Hareket Ekipmanları	2.500 ₺	
Sıcaklık Sensörleri	1.500 ₺	
Yapı Elemanları	3.000 ₺	
Otomasyon Ekipmanları	10.000 ₺	Revizyon İşlemleri
Revizyon Giderleri	3.000 ₺	
Toplam	31.500 ₺	

Tablo 1. Öngörülen proje maliyet tablosu.

Proje Zaman Çizelgesi	2020												2021					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
YEMİSOT Kuruluş	■																	
Proje Başlangıcı		■																
Literatür Taraması			■	■	■													
Manyetizma Süreçlerinin Modellenmesi			■	■	■													
Termodinamik Süreçlerin Modellenmesi			■	■	■													
Nihai Prototip Tasarımı						■												
Üretim Yöntemlerinin Belirlenmesi							■	■										
Malzeme Tedariği									■	■								
Montaj											■							
Otomasyon ve Yazılım												■						
Başlangıç Testleri													■					
Detay Testleri														■	■			
Sonuçların Değerlendirilmesi																■	■	
Revizyon İşlemleri ve Nihai Testler																	■	■
Tasarımın Ticarileştirilmesi																		■

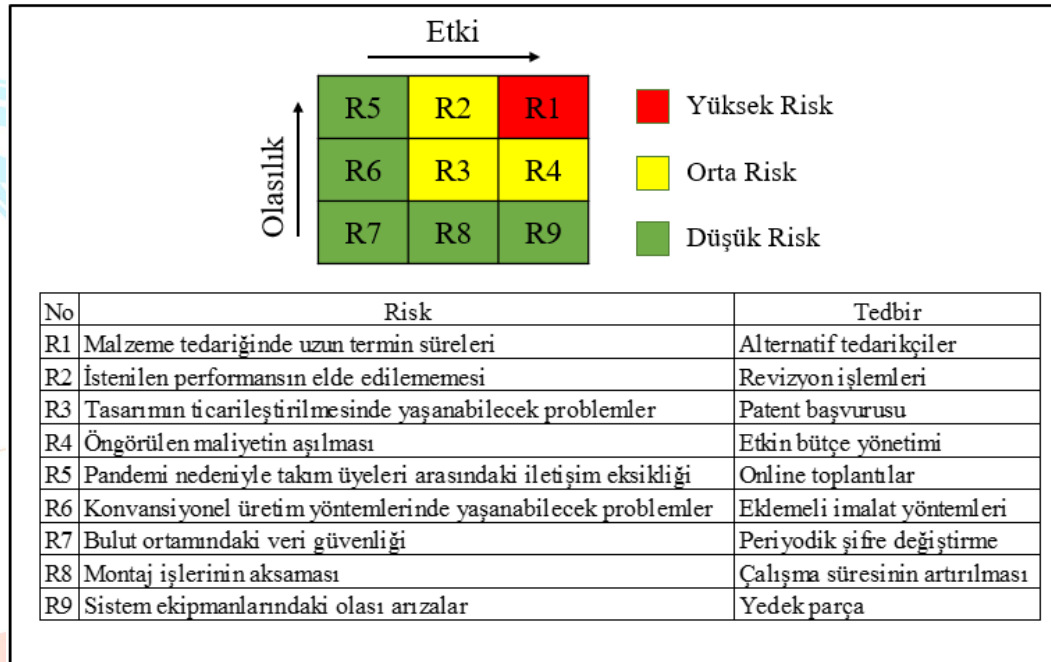
Tablo 2. Proje zaman çizelgesi.

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar)

Projenin hedef kitle, İklimlendirme Sistemleri Üreticileri (konvansiyonel buhar sıkıştırılmalı soğutma çevrimiyle çalışan klima üreticileri) ve kamu binalarıdır. Sürdürülebilir gelecek için karbon emisyonu düşük ve verimli teknolojilerin desteklenmesi gerekmektedir. Enerji tasarruflu ve çevre dostu manyetik soğutma sistemlerinin iklimlendirmede soğutma prosesi için kullanılması halinde kamu binalarında elektrik enerjisi harcamalarında ciddi miktarda tasarruf sağlanması öngörülmektedir.

9. Riskler

Şekil 1.'de yer alan risk değerlendirme matrisinde projeyi olumsuz yönde etkileyecek riskler tespit edilmiş, ortaya çıkabilecek problemlere yönelik tedbirlere ve çözüm önerilerine yer verilmiştir.



Şekil 1. Risk değerlendirme matrisi.

10. Proje Ekibi

Takım Lideri: Arda ZAİM

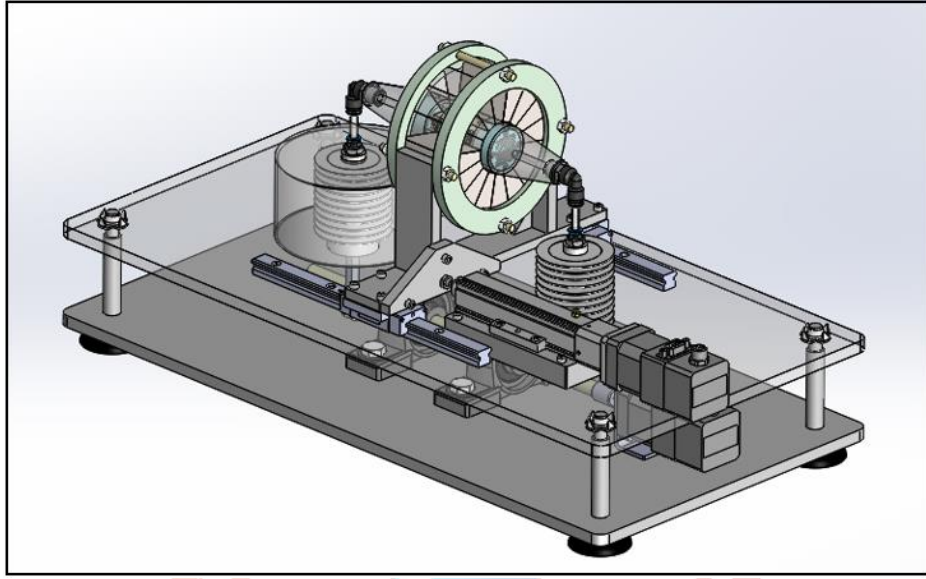
Adı Soyadı	Kurumu - Görevi	Projedeki Görevi	Proje veya Problem Tecrübesi
Mak.Yük.Müh. Arda ZAİM	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Makine Müh. ABD - Doktora Öğrencisi FESTO San. ve Tic. A.Ş. Enerji Servisleri Proje Mühendisi	Tasarım Sorumlususu	İklimlendirme Sistem Tasarımı Endüstriyel Enerji Yöneticiliği Enerji alanında çeşitli akademik yayınlar Endüstri 4.0
Prof.Dr. Haydar ARAS	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Makine Müh. Bölümü Öğretim Üyesi	Termodinamik Süreç Sorumlusu	Enerji-Termodinamik alanında 100'ün üzerinde akademik yayın ve 6 kitap bölümü

Prof.Dr. Suat PAT	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fizik Bölümü Başkanı	Manyetizma Süreç Sorumlusu	Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği alanında 100'ün üzerinde akademik yayın
Fikret Kemal AKYÜZ	FESTO San. ve Tic. A.Ş. Teknik Departman Müdürü	Otomasyon ve Yazılım Sorumlusu	1989 yılından beri endüstriyel otomasyon alanında birçok makinenin PLC ve otomasyon yazılım uzmanlığı

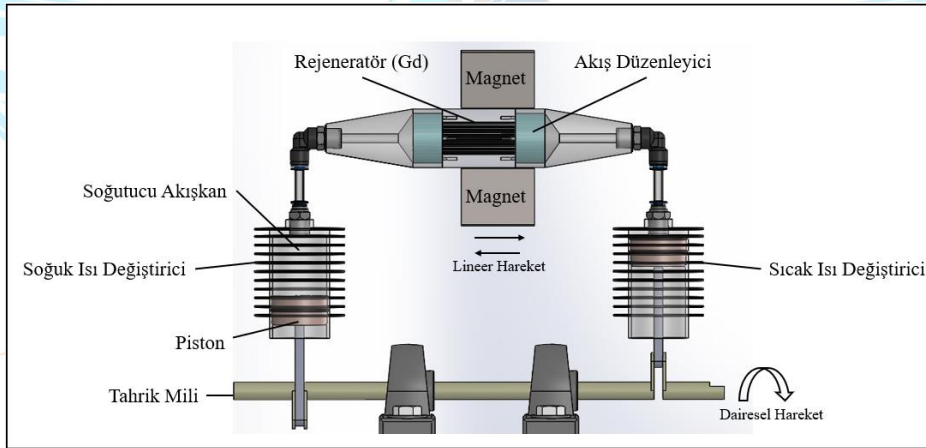
11. Kaynaklar

1. TMMOB Makine Mühendisleri Odası, “Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Verimliliği Oda Raporu”, Yayın No: MMO/589, 2012.
2. Aprea C., Greco A., Maiorino A., “Magnetic refrigeration: a promising new technology for energy saving”, International Journal of Ambient Energy, 37(3), p.294-313, 2014.
3. Kitanovski A., Egolf P., “Thermodynamics of magnetic refrigeration”, International Journal of Refrigeration v.29, p.3-21, 2006.
4. Pecharsky V., Karl A., Gschneidner J., “Magnetocaloric effect and magnetic refrigeration”, Journal of Magnetism and Magnetic Materials v.200, p.44-56, 1999.
5. Mezaal N., Osintsev K., Zhirgalova T., “Review of magnetic refrigeration system as alternative to conventional refrigeration system”, IOP Conf.Series: Earth and Environmental Science v.87, 2017.
6. Zimm C., Boeder A., Chell J., Sternberg A., Fujita A., Fujieda S., Fukamichi K., “Design and performance of a permanent magnet rotary refrigerator”, International Journal of Refrigeration, v.29 p.1302-1306, 2006.
7. Vasile C., Muller C., “Innovative design of a magnetocaloric system”, International Journal of Refrigeration, v.29 (8), p.1318-1326, 2006.
8. Eriksen D., Engelbrecht K., Bahl C.R.H., Bjørk R., Nielsen K.K., Insinga A.R., Pryds N., “Design and experimental tests of a rotary active magnetic regenerator prototype”, International Journal of Refrigeration, v.58, p.14-21, 2015.
9. Jacobs S., “Modeling and optimal design of a multilayer active magnetic refrigeration system” Proceedings of 3rd International Conference on Magnetic Refrigeration at Room Temperature, p. 267-273, 2009.
10. Clot P., Viallet D., Kedous-Lebouc A., Fournier J.M., Yonnet J.P., Allab F., “A magnetic device for active magnetic regeneration refrigeration”, IEEE Transactions on Magnetics, vol. 39, no. 5, p. 3349-3351, 2003.
11. Kolano R., Burian A., Hreczka M., Polak M., Szynowski J., Tomaka W., “Magnetocaloric cooling device with reciprocating motion of the magnetic field source” ACTA Physica Polonica A, v.129, p.1205-1209, 2016.
12. Yu, B.F., Gao, Q., Zhang, B., Meng, X.Z., Chen, Z., “Review on research of room temperature magnetic refrigeration”, International. Journal of Refrigeration, v.26, p.622-636, 2003.

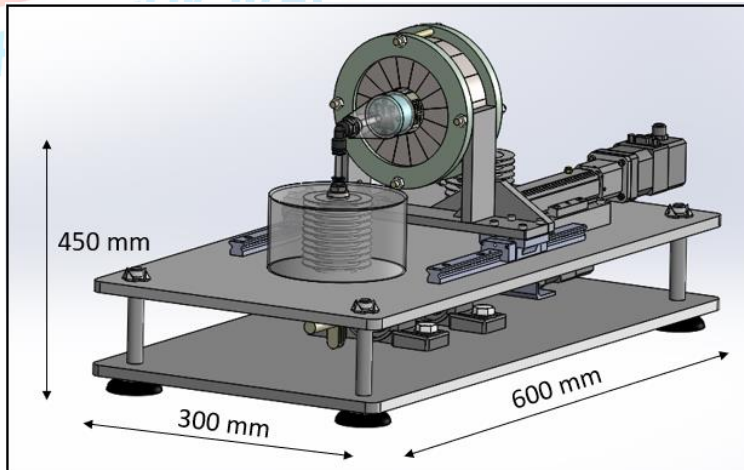
EK – 1



Şekil 1. Prototip yerli ve milli aktif manyetik rejeneratif soğutucu.



Şekil 2. Prototip AMR soğutma cihazı iş elemanları.



Şekil 3. Prototip ölçüleri.

RAPOR TASLAKLARI İLE İLGİLİ NOT:

- Yukarıda yer alan 11 madde en fazla 6 (Altı) sayfada anlatılacaktır.
- En fazla 2 (iki) sayfa görsel EK olarak gönderilebilir.
- Kapak, açıklama ve görsel olmak üzere en fazla 8 sayfa olacaktır.
- Tüm raporlar akademik rapor standartlarına uygun olarak yazılmalıdır.
- Her rapor bir kapak sayfası içermelidir.
- Yazı tipi: Times New Roman, Punto: 12, Satır Aralıkları: 1,15 , İki tarafa yaslı, Sayfa kenar boşlukları üst-alt-sağ-sol 2,5 cm olmalıdır.
- Rapor içindeki cümleler birbirinin aynı ve tekrarı niteliğinde olmamalıdır.

