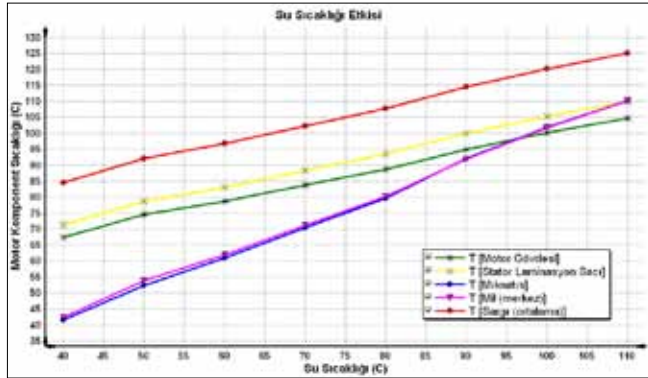


2.3. Analiz Sonuçları

2.3.1. Su Sıcaklığı Etkisi

Girilen parametrelerdeki değişim ile sıcaklık dağılımının nasıl değiştiği analiz sonunda incelenebilecek konulardan birisidir. Bu sayede sıcaklığın hangi parametre değişimine karşı ne kadar hassas olduğu gözlemlenebilir.

Bazı motor komponentlerinin sıcaklığının, sirkülasyon pompalarının kullanıldığı tesisat su sıcaklığına karşı ne kadar hassas olduğu analiz edilmiştir ve Şekil 3'de görülen eğriler elde edilmiştir. Sirkülasyon pompasındaki ısınmanın motorun dışında ikinci sebebinin sıcaklığı 110°C'ye kadar çıkan ve rotor içinde dolaşmakta olan su olduğu saptanmıştır.



Şekil 3

2.3.2. Mıknatıs Seçimi

Sabit mıknatıslı motorlarda mıknatıs sıcaklığı, tasarımda göz önüne alınması gereken ana noktalardan biridir. Sabit mıknatıslar; Ferrit, Alnico, SmCo (şamaryum-kobalt) ve NdFeB (neodyum-demir-boron) olmak üzere dört ana gruptan oluşmaktadır. Mıknatıslar yüksek sıcaklıklarda demagnetizasyona uğradıklarından, malzeme seçiminde maksimum çalışma sıcaklığı önemli bir parametre olmaktadır [3].

Sabit mıknatısların malzeme özelliklerinin sıcaklıkla nasıl değiştiğini belirlemede kullanılan bazı parametreler şunlardır:

- Curie Sıcaklığı: Bu sıcaklığın üstünde malzeme mıknatıs özelliğini kaybetmektedir.
- Geri Dönüşümlü Sıcaklık Katsayıları: Manyetik özelliklerin sıcaklık ile nasıl değiştiğini gösterir ve genellikle birim sıcaklık başına yüzde değişim şeklinde tanımlanır. Değişim geri dönüşümlü olup sıcaklığın eski haline dönmesiyle kayıp yok olur.
- Demagnetizasyon Eğrileri: Çeşitli sıcaklıklarda malzemenin manyetik özelliklerinin nasıl değiştiğini gösteren eğrilerdir.
- Kalıcı Kayıplar: Yüksek veya düşük sıcaklığa maruz kalma sebebiyle mıknatısın kısmen demagnetize olmasıdır. Bu durum kalıcı olduğundan yeniden magnetizasyon gerektirir [4].

Firma kataloglarında ve literatürde mıknatısların bu özellikleri detaylı olarak verilmektedir.

Sonuç olarak yapılan analiz sonucu mıknatısın maruz kalacağı maksimum sıcaklık belirlenmiştir ve malzeme seçimi bu sıcaklıkta manyetik özelliklerin nasıl değiştiği göz önüne alınarak yapılmıştır.

2.3.3. Motor İzolasyon Sınıfı

Termal analiz sonucu belirlenecek önemli motor parametrelerinden birisi de izolasyon sınıfıdır. İzolasyon sınıfının yanlış seçilmesi motorun yanmasına ve ömrünün kılmasına yol açmaktadır. Bu sebeple izolasyon sınıfı sargılarda görülebilecek maksimum sıcaklık değerine göre seçilmiştir (Şekil 3). NEMA ve IEC standartlarına belirlenen dört sınıfa ait sıcaklık değerleri aşağıdaki Tablo 4'de görülmektedir.

Tablo 4

İzolasyon Sınıfı	Maksimum Çalışma Sıcaklığı
A	105° C
B	130° C
F	155° C
H	180° C

2.3.4. Motor Gövdesi Çalışmaları

Motor gövdesi oluşan ısının dışarıya atıldığı yer olduğundan gövde malzemesi ve geometrisi sıcaklık değerlerinde etkin bir rol oynamaktadır.

Motor gövdesinin dökme demir veya alüminyum olması durumunda parça sıcaklıklarının nasıl değiştiği Tablo 5'de gösterilmektedir.

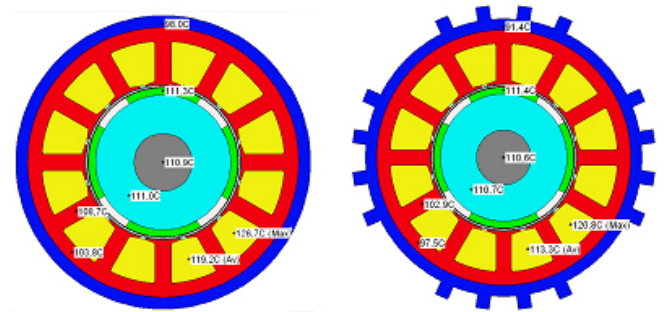
Motor gövdesi malzemesinin alüminyum gibi ısı iletim katsayısı yüksek bir malzemeden seçilmesinin motor komponent sıcaklıklarında düşüş sağlayacağı görülmektedir.

Tablo 5

Sıcaklık Değerleri (°C)	Motor Gövdesi Malzemesi		
	Dökme Demir	Alüminyum	Sıcaklık Farkı (%)
Stator Laminasyon Sacı	108,0	103,8	4,0
Motor Gövdesi	101,8	98,0	3,9
Sargı (ortalama)	123,4	119,2	3,5
Mıknatıs	113,5	111,3	2,0

Motor gövdesi geometrisine kanatçık ekleme ile de motor içi sıcaklıklar düşürülebilir. Şekil 4'de alüminyum motor gövdesi yüzeyinin düz ve kanatçıklı olması durumunda komponent sıcaklıkları görülmektedir.

Motor gövdesi, stator laminasyon sacları ve sargılarda yaklaşık 6°C'lik bir sıcaklık düşüşü gözlenirken rotor kısmında bariz bir sıcaklık düşüşü gerçekleşmemektedir. Bunun sebebi rotorun içinde 110°C sıcaklığında su dolaşmasıdır.



Şekil 4

Kanatçık sayısı artırılarak ve ısı iletimliği yüksek malzeme kullanılarak motor içi sıcaklık değerleri düşürülebilmesine rağmen, gerek malzeme maliyeti gerek kalıp maliyeti göz önüne alınarak gövde tasarımında optimizasyon yapılmıştır.

3. KONTROL KUTUSU TERMAL ANALİZİ

3.1. Amaç ve Yöntem

Sabit mıknatıslı motora akuple olan ve yüksek sıcaklıklardan etkilenen komponentleri barındıran kontrol kutusu da sirkülasyon pompasının termal olarak incelenmesi gereken diğer parçasıdır. Kontrol kutusu;

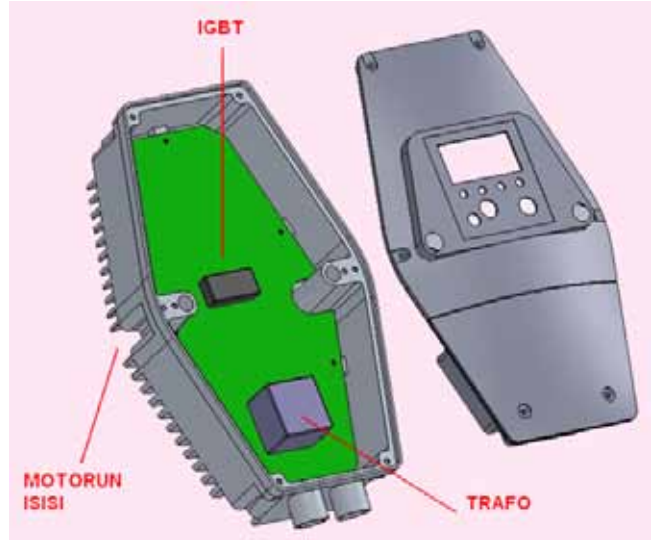
sabit mıknatıslı motorun sürücü devresinin yanısıra motor gövdesinden gelen klemens bağlantılarını ve dışarıdan yapılan enerji kablosu, bina otomasyonu vb. bağlantılarının giriş-çıkışlarını barındırmaktadır.

Kontrol kutusu motor gövdesi üzerine monte edildiğinden, devrede oluşan ısınmayla birlikte motor dış yüzey sıcaklığına da maruz kalmaktadır. Devre ve motor kaynaklı bu ısının kutudan uzaklaştırılmaması durumunda kutu içi sıcaklığı devre elemanlarının dayanabildiği maksimum sıcaklığın üzerine yükselerek, elemanların zarar görmesine veya devre termik kontrolü ile motorun durmasına yol açabilmektedir. Her iki durumda da pompa devre dışı kaldığından kontrol kutusunun termal modellemesi yapılarak gerektiği takdirde kutudan ısı atılımını sağlayacak tasarımlar göz önüne alınmalıdır.

3.2. Modelleme

Kutunun termal analizi için ilk önce, kontrol kutusunun içine devre monte edilmiş haliyle katı modeli oluşturulmuştur. Kontrol devresi karışık bir yapıya sahip olduğundan devre üzerinde sadece termal analizi etkileyecek olan ısı üreten elektronik komponentler modellenmiştir.

Hızlı anahtarlama modülü olarak kullanılan IGBT devir sayısına bağlı olarak çok fazla açma kapama yaptığından devre üzerinde ısı kaynağı olarak tanımlanmaktadır. Devre üzerindeki diğer bir ısı üreten eleman ise trafodur. Trafo ve IGBT dışında, motorun ısısı da kutunun motor gövdesine monte edilen yüzeyinden etkimektedir (Şekil 5). Bu yüzeydeki sıcaklık ise daha önce gerçekleştirilen motor termal analizi sonuçlarından elde edilmektedir.



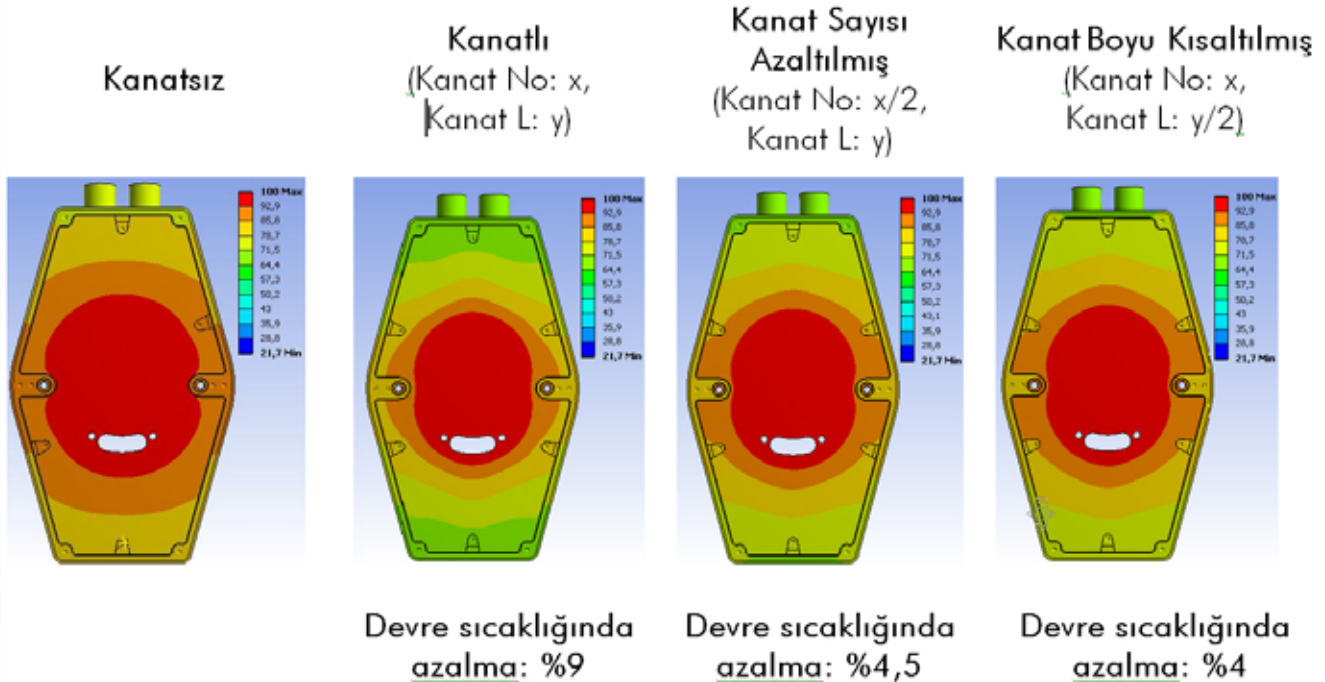
Şekil 5

Kontrol kutusu analizi motor ile aynı şartlarda yani 110°C su sıcaklığı ve 22°C çevre sıcaklığı için yapılmıştır. Analiz SEY (sonlu elemanlar yöntemi) kullanan bir analiz programı ile gerçekleştirilmiştir.

3.3. Analiz Sonuçları

Devrede kullanılan elektronik parçaların kullanım sıcaklıkları ticari veya askeri standartlara uygunluğuna göre değişmektedir. Genel olarak ticari elektronik parçalar 0°C -70°C, endüstriyel (otomotiv) -40°C-85°C arası sıcaklıklarda çalışırken askeri standartlara uygun özellikteki parçaların çalışma sıcaklığı aralığı -55°C-125°C'ye kadar çıkmaktadır [5]. Dolayısıyla kutu yüzeyinden atılan ısı miktarı, seçilecek elektronik parçaların kullanım sıcaklığını ve buna bağlı olarak maliyetini de etkilemektedir.

Kutunun arka yüzeyine kanatlar eklenerek kutu içi sıcaklık düşürülmeye çalışılmıştır. Şekil 6'da yapılan kanat çalışmaları sonucu devrenin oturduğu kutu iç yüzeyinin sıcaklık dağılımı görülmektedir.



Şekil 6

Yapılan analiz sonucunda elde edilen devre sıcaklığındaki düşüş değerleri, devre homojen bir yapıda olmadığından ortalama değerler olarak alınmıştır. Buna göre devre elemanlarının istenilen sıcaklık aralığında kalması için kalıp ve malzeme maliyeti de göz önüne alınarak en uygun kanat tasarımı seçilmiştir.

4. SONUÇ

Yapılan çalışma ile sabit mıknatıslı motora sahip bir sirkülasyon pompasının motor ve kontrol komponentleri modellenerek sıcaklık dağılımı belirlenmiştir.

Termal network yöntemi ile yapılan motor, ve sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan kontrol kutusu termal analizlerinden elde edilen sonuçlar ile tasarım aşamasındaki malzeme seçimi ve prototiplendirme safhaları hız kazanmış ve kolaylaşmıştır.

Gerek duyulan yerlerde soğutma sağlayacak tasarım seçenekleri gözden geçirilmiş, maliyet faktörü de göz önüne alınarak optimizasyon sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Boglietti A., Cavagnino A., Staton D., Shanel M., Mueller M. And Mejuto C., "Evolution and Modern Approaches for Thermal Analysis of Electrical Machines", IEEE Transactions On Industrial Electronics, Vol.56, pp 871-875, March 2009
- [2] Ding X., Bhattacharya M. and Mi, "Simplified Thermal Model of PM Motors in Hybrid Vehicle Applications Taking into Account Eddy Current Loss in Magnets", Journal of Asian Electric Vehicles, Vol.8, p.1338, June 2010
- [3] Trout S.R., "Material Selection of Permanent Magnets, Considering Thermal Properties Correctly", Electrical Insulation Conference and Electrical Manufacturing & Coil Winding Conference, 2001 Proceedings, October 2001
- [4] <http://www.smma.org/PDFs/0100-00.pdf>
- [5] Pecht M., "Parts Selection and Management", pp.11-12, John Wiley & Sons, New Jersey, 2004

Bu makale 28-30 Nisan 2011 tarihleri arasında yapılan POM-SAD 7. Pompa-Vana Kongresi'nde bildiri olarak sunulmuştur.

SUMMARY

Thermal Modelling of Circulation Pumps

Due to the energy efficiency regulations and demand for energy-saving products, circulation pumps with permanent magnet synchronous motors have gained significance because of the high efficiency they provide. Heating of the components is an important criteria that must be considered during the design of a permanent magnet circulation pump. Because of motor losses and hot water circulation around the rotor, temperature rise of the components must be known for a successful design. It is important to know the accurate temperature distribution of the motor and control components to prevent deformation of the temperature sensitive parts as well as ensuring the efficiency of the motor. Thermal analysis help through the design phases such as; selection of materials, obtaining higher efficiency, cost reduction by means of miniaturization and optimization of the design.

In this study, thermal analysis of motor and control box are carried out by different methods. Modelling and analysing of the motor are done by using a software program using analytical thermal network (lumped circuit) method. Thermal network analysis is based on electrical analogy which is used in many engineering solutions. This method is preferred widespread for motor thermal analysis, for saving time according to other methods and giving accurate results. After the thermal analysis of the motor completed, effect of water temperature, magnet selection, motor insulation class determination, motor housing studies are carried out. To complete the thermal analysis of the pump, solid model of control box including heat generating circuit elements on pcb is generated. Thermal analysis of this model is performed by a finite element analysis (FEA) program. Analysis is carried out for different control box geometries to observe the effects of fins, found at the back surface of the box, to the temperature of pcb.

With the obtained analysis results, alternative materials and cooling options for motor components and control box are examined. Taking into account the costs for each material and cooling design, material selections and design is optimized.