

**SUNUCULARIN PELTIER MODÜLLER İLE
SOĞUTULMASI SİSTEMİNİN TASARIMI VE
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

**2013
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

Serhat Orkun TAN

**SUNUCULARIN PELTİER MODÜLLER İLE SOĞUTULMASI
SİSTEMİNİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

Serhat Orkun TAN

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği
Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Ocak 2013**

Serhat Orkun TAN tarafından hazırlanan "SUNUCULARIN PELTİER MODÜLLER İLE SOĞUTULMASI SİSTEMİNİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ" başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin DEMİREL

Tez Danışmanı, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir. 19/ 12/ 2012

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Habibe USLU (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin DEMİREL (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. İsmail KURNAZ (KBÜ)

...../...../2013

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Serhat Orkun TAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SUNUCULARIN PELTİER MODÜLLER İLE SOĞUTULMASI SİSTEMİNİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Serhat Orkun TAN

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik - Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin DEMİREL

Ocak 2013, 73 sayfa

Bu çalışmada, bir sunucuya ait işlemci ve anakart üzerindeki sıcaklık değerleri ve sistemin performansı üç farklı soğutma sistemi kullanılarak incelenmiştir. Sırasıyla ısı yayıcı, su soğutma sistemi ve termoelektrik soğutucu olan Peltier kullanılarak işlemci ve anakart üzerindeki sıcaklık değerleri ve işlemcinin performans değerleri ölçülmüştür. Bu değerlere ulaşmak için birbirini doğrulayan 3 adet yazılım kullanılmıştır. Kullanılan yazılımlar ile sunucuyu sürekli iş yükü altında tam kapasite ile çalıştırmak suretiyle değişen iş yükleri ile bilgisayarın performansını hesaplamak ve bu çalışma süreçleri içerisinde bilgisayarın işlemcisi ve anakartı üzerindeki sıcaklık verilerini işlemek amaçlanmıştır.

Sunucuya ayrı ayrı uygulanan her bir soğutma sistemi için, yazılımlar ile testler yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda, sunucu sürekli iş yükü altında iken en etkin soğutma yönteminin termoelektrik soğutucu olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca değişen

iş yükleri altında yapılan performans testlerinde termoelektrik soğutuculu sistemin en yüksek performans değerine sahip olduğu nicel olarak ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar Sözcükler : Peltier modül, sunucu, soğutma, CPU, anakart.

Bilim Kodu : 905.1.035

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SERVERS COOLING SYSTEM WITH PELTIER MODULES

Serhat Orkun TAN

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical - Electronics Education

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Hüseyin DEMİREL

January 2013, 73 pages

In this study, the temperature values and the performance of the system on the processor and the motherboard of the server were examined by using three different cooling systems. The temperature values of the processor and the motherboard, and the performance ratings of processor were obtained by using heatsink, water cooling and Peltier module as thermoelectric cooling systems respectively. To achieve these values, three different software validating each other were used. By the software executed, it was aimed to run the server under permanent workload at full capacity, to calculate the performance value of the server with varying workload and to track the temperature data on the processor and the motherboard during these operations.

Some tests were performed by software for each cooling systems applied to the server. The performed tests implied that under continuous workload, the thermoelectric cooling system is the most effective one. It was also uncovered that

the thermoelectric cooler has a superior performance rating during the tests performed under varying workloads.

Key Word : Peltier module, server, cooling, CPU, motherboard.

Science Code : 905.1.035

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının oluőumunda, ilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübeleri ile çalıőmamı őekillendiren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Hüseyin DEMİREL'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans Tez çalıőmalarım esnasında maddi destek veren Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje no: KBÜ-BAP-11/2/YL/029) teşekkür ederim.

Sevgili eőim Beril TAN'a ve aileme, mesai arkadaşlarım Öğr. Gör. İlker TÜRKER'e ve Öğr. Gör. Yusuf KURTGÖZ'e manevi hiçbir yardımı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
KISALTMALAR	xvi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1. AMAÇ VE KAPSAM	4
1.1.1. Literatür	5
BÖLÜM 2	10
SOĞUTMA SİSTEMLERİ.....	10
2.1. HAVA SOĞUTMALI SİSTEM.....	11
2.1.1. Isı Yayıcı (Heatsink).....	11
2.1.2. Fanlar	12
2.1.3. Termal Macun.....	12
2.2. ISI BORUSU (HEAT PIPE)	13
2.3. GAZ SOĞUTMA	14
2.4. SULU SOĞUTMA SİSTEMİ	15
BÖLÜM 3	17
TERMOELEKTRİK	17
3.1. YARI İLETKENLER.....	17

	<u>Sayfa</u>
3.1.1. Yarı İletkenlerin Isı Kontrolü	18
3.2. TERMOELEKTRİK OLAYLAR	19
3.2.1. Seebeck Etkisi.....	19
3.2.2. Peltier Etkisi.....	20
3.2.3. Thomson Etkisi	21
3.3. TERMOELEKTRİK MALZEMELERİN ÖZELLİKLERİ	22
3.4. TERMOELEKTRİK SOĞUTMA.....	24
3.5. TERMOELEKTRİK SOĞUTUCULARIN AVANTAJLARI.....	26
3.6. TERMOELEKTRİK SOĞUTUCULARIN DEZAVANTAJLARI.....	27
3.7. TERMOELEKTRİK PARAMETRELER.....	28
3.7.1. Sıcaklık Farkı.....	32
3.7.2. Isı Aktarım Gücü	33
3.7.3. Modül Akımı	33
3.7.4. Modül Gerilimi	33
3.8. TERMOELEKTRİK SOĞUTMA KULLANIM ALANLARI.....	33
3.8.1. Elektronik	34
3.8.2. Elektro-Optik	34
3.8.3. Biyo-Medikal.....	35
3.8.4. Fizik	35
3.8.5. Kimya	35
3.9. TERMOELEKTRİK ÜRETEÇLER (TEG).....	37
BÖLÜM 4	39
SUNUCULAR	39
4.1. SUNUCULARIN TANIMI.....	39
4.2. SUNUCULARIN KULLANIM AMAÇLARI.....	40
4.3. PC İLE SUNUCU ARASINDAKİ FARKLAR.....	40
4.4. SUNUCU DONANIMLARI.....	41
4.4.1. İşlemci.....	42
4.4.2. Yonga Seti (Chipset).....	43
4.4.3. Bellek.....	44
4.4.4. Veri Depolama.....	45

	<u>Sayfa</u>
4.4.5. Ethernet Kartı.....	45
BÖLÜM 5	46
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	46
5.1. DENEYDE KULLANILAN TEMEL DONANIM VE YAZILIMLAR	47
5.1.1. Sunucu Bilgisayar	48
5.1.2. Su Soğutma Sistemi.....	48
5.1.3. Peltier.....	49
5.1.4. BurnIn Test Programı	49
5.1.5. Speed Fan Programı.....	50
5.1.6. Performance Test Programı	50
BÖLÜM 6	52
DENEYSEL SONUÇLAR	52
6.1. ISI YAYICI SOĞUTMA DENEYİ	52
6.2. SU SOĞUTMA SİSTEMİ SOĞUTMA DENEYİ.....	53
6.3. PELTİER SOĞUTMA DENEYİ	55
6.4. ISI YAYICI PERFORMANS DENEYİ.....	57
6.5. SU SOĞUTMA SİSTEMİ PERFORMANS DENEYİ	58
6.6. PELTİER PERFORMANS DENEYİ	59
BÖLÜM 7	61
SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	61
KAYNAKLAR	64
EK AÇIKLAMALAR A. ÜRÜN KATALOG BİLGİLERİ.....	67
ÖZGEÇMİŞ	73

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. İşlemci ısı yayıcı	11
Şekil 2.2. Yonga seti (chipset) ısı yayıcı	11
Şekil 2.3. Isı yayıcı – fan uygulaması	12
Şekil 2.4. Termal macun uygulaması	13
Şekil 2.5. Isı borusu uygulaması	14
Şekil 2.6. Gaz soğutma sistemi	15
Şekil 2.7. Su soğutma sistemi.....	15
Şekil 3.1. Seebeck olayını açıklayan devre	20
Şekil 3.2. Peltier deneyi ve termoelektrik soğutucu	21
Şekil 3.3. Thomson olayı.....	21
Şekil 3.4. Thomson olayını açıklayan devre	21
Şekil 3.5. Farklı yarıiletken malzemelerin sıcaklıkla değişen verim grafiği.....	23
Şekil 3.6. N tipi termoelektrik eleman	24
Şekil 3.7. P tipi termoelektrik eleman	25
Şekil 3.8. N tipi ve P tipi termoelektrik elemanların oluşturduğu sıra.....	25
Şekil 3.9. Termoelektrik soğutucu modülü	26
Şekil 3.10. Havadan havaya soğutma modülü	28
Şekil 3.11. Sudan havaya soğutma modülü.....	29
Şekil 3.12. Soğuk plakalı termoelektrik soğutucu.....	29
Şekil 3.13. Tek kademeli termoelektrik soğutucu.....	31
Şekil 3.14. Çok kademeli termoelektrik soğutucu	32
Şekil 3.15. TEC soğutmalı CPU.....	34
Şekil 3.16. TEC soğutmalı lazer diyot	34
Şekil 3.17. Biyomedikal uygulamalar için sıvı soğutucu.....	35
Şekil 3.18. Mini buzdolabı	36
Şekil 3.19. Kabin içi İklimlendirme	36
Şekil 3.20. Termoelektrik üreteç gösterimi	37
Şekil 4.1. Sunucu modeli.....	39

	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.2. İşlemci	42
Şekil 4.3. Yonga setleri	44
Şekil 4.4. Ethernet kartı	45
Şekil 5.1. Termoelektrik modül yapısı	46
Şekil 5.2. Su soğutma sistemi.....	49
Şekil 6.1. Isı yayıcı soğutma sisteminin işlemci ve anakart üzerine etkisi	53
Şekil 6.2 Su soğutma sisteminin sunucu anakartına monte edilişi.....	54
Şekil 6.3. Su soğutma sisteminin işlemci ve anakart üzerine etkisi	55
Şekil 6.4. Peltier modülün işlemci üzerine monte edilmesi	56
Şekil 6.5. Peltier modülün kuzey körüsü üzerine monte edilmesi	56
Şekil 6.6. Termoelektrik soğutucunun işlemci ve anakart üzerine etkisi	57
Şekil 6.7. Isı yayıcı sistemi performans deney sonuçları	58
Şekil 6.8. Su soğutma sistemi performans deney sonuçları	58
Şekil 6.9. Peltier performans deney sonuçları	59
Şekil EK A.1. TEC1-12706 yapısal özellikleri	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1. İşlemci soğutma metotlarının karşılaştırılması	9
Çizelge 3.1. Elektronikte yararlanılan basit haldeki yarı iletkenler ve kullanım yerleri	17
Çizelge 3.2. Elektronikte yararlanılan birleşik haldeki yarı iletkenler ve kullanım yerleri	18
Çizelge 7.1. Tam yük altında elde edilen CPU ve anakart sıcaklıkları.....	61
Çizelge 7.2. Değişen iş yükleri altında elde edilen CPU ve anakart sıcaklıkları ile CPU performans değerleri.....	62
Çizelge EK A.1. Su soğutma sistemi ürün bilgileri	68
Çizelge EK A.2. Sunucu bilgisayar donanım özellikleri	70
Çizelge EK A.3. Termoelektrik modül performans şartları.....	71

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

α	: seebeck katsayısı (V/ °C)
S	: seebeck Etkisi
P	: peltier Etkisi
T	: thomson Etkisi
Π	: peltier sabiti, (V)
I	: doğru akım, (A)
Q_p	: peltier ısısı (W)
Q_T	: thomson ısısı (W)
Q_j	: joule ısısı (W)
T_h	: modülün ısınan yüzey sıcaklığı (°C)
T_c	: modülün soğuk yüzey sıcaklığı (°C)
Q_c	: modülün soğutma gücü(W)
$V_{(v)}$: modülün gerilim değeri (volt)
τ	: thomson katsayısı (V/°C).
σ	: elektriksel iletkenlik
K	: ısı iletkenlik
Z	: termoelektriksel verim
ZT	: sıcaklıkla değişen termoelektriksel verim
R	: elektrik direnci
T_o	: ısının aktarıldığı ortam sıcaklığı
U	: ısı değiştircinin ısı iletkenlik
T_i	: yarıiletkenin iç ısısı
ΔE	: potansiyel fark
ΔT	: sıcaklık farkı
Bi_2Te_3	: bizmut-tellürit
PbTe	: kurşun-tellürit

Bi-Sb	: bizmut-antimon
SiGe	: silisyum-germanyum
Ge	: germanyum
Si	: silisyum
Se	: selenyum
CuO	: bakır oksit
GaAs	: galiyum arsenid
InP	: indiyum fosfor
PbS	: kurşun sülfür

KISALTMALAR

CPU	: İşlemci
dBA	: Ağırlıklı mutlak gürültü gücü
TEC	: Termoelektrik soğutma
DC	: Doğru akım
COP	: Termoelektrik modül tesir katsayısı
COP _h	: Termoelektrik modül ısıtma tesir katsayısı
COP _c	: Termoelektrik modül soğutma tesir katsayısı
RPM	: Bir dakikada dönüş hızı
TE	: Termoelektrik element
ALU	: Aritmetik mantık birimi
CFM	: Bir dakikada kaç fit küp hava üflediğini ölçer
TEG	: Termoelektrik üreteç
DeltaT	: Modül yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı (°C)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Tüm elektronik devrelerde bulunan devre elemanları buldukları devrenin tasarımına göre çalışırken güç harcarlar. Bu harcanan güç elektronik devrede ısınmaya sebep olur. Bu ısınma elektronik devrelerin kararsız çalışmasında veya arıza yapmasında önemli etkiye sahiptir. Kararsız çalışma ve arıza yapma olayları bazen tasarımdaki bir hatadan kaynaklanabileceği gibi bazen de elektronik devrenin yüksek saat hızlarında uzun süre çalışmalarından kaynaklanabilir. Bu uzun süreli çalışmaların en sık görüldüğü elektronik devrelerin başında ise günlük hayatımızda sıklıkla kullandığımız bilgisayarların işlemcileri ve yonga setleri gelmektedir. Bilgisayarlarda CPU olarak adlandırılan merkezi işlem birimi transistör adı verilen yarıiletken devre elemanlarından oluşur. Bu birim bilgisayarın en önemli parçası olup tüm donanım birimlerini yönetme yeteneğine sahiptir. Aritmetiksel ve mantıksal işlemlerin yürütüldüğü bir bölüm haricinde hafıza birimlerine, kontrol ve denetleme bileşenlerine sahiptir. Bu üstlendiği görevlerin doğurduğu yoğun iş yükü işlemcinin bilgisayarın sahip olduğu donanımlar içinde en çok ısınan donanım ünitesi olmasının nedenidir.

Bilgisayarlarda hayati öneme sahip olan bir diğer bileşen ise yonga setleridir. Bu yonga setleri işlemci, ön bellek, sistem veri yolları ve çevre birimleri arasındaki veri akışını denetler. Veri akışının denetlenmesi bilgisayarın pek çok parçasının işlemesi ve performansı açısından çok önemli olduğu için yonga setleri işlemci ile birlikte bilgisayarın en kritik donanımlarından bir tanesidir. Anakartların türü de genellikle yonga setleri ile birlikte anılır. Çünkü anakart üzerine takılan bileşenler arasında köprü görevi görürler. Çift yongadan oluşan yonga setlerinin bileşenleri Kuzey Köprüsü ve Güney Köprüsü olarak adlandırılır. Kuzey köprüsü anakart bileşenleri içinde mikroişlemciden sonra en fazla iş yüküne ve ısıya maruz kalan birim olarak ön plana çıkmaktadır.

Bilgisayar sistemlerinin yüksek performans gerektiren ve uzun süren çalışmaları esnasında yüksek sıcaklara maruz kalabilecek kritik öneme sahip olan işlemci ve yonga setlerinin arıza yapmaması veya daha uzun ömürlü olması açısından soğutma sistemlerine ihtiyacı vardır. Bu ihtiyaç daha büyük ve kompleks bir yapıya sahip olan sunucu sistemlerinde net olarak ortaya çıkmaktadır.

Server olarak da adlandırılan sunucu bilgisayarlar aynı anda birçok kullanıcıya hizmet verdiklerinden işlem yükleri normal bir bilgisayardan kat kat fazladır. Nitekim bu işlem yükünü karşılayabilmek için birden çok işlemciye veya işlemci çekirdeğine sahiptirler. İşlem yükünün fazla oluşu ortaya çıkan ısı miktarını da artırmaktadır. Öyle ki aynı anda binlerce istemciye hizmet verirken hem kompleks veritabanı sorgularını gerçekleştiren hem de sunucu taraflı uygulamaları çalıştıran bir bilgisayarın ortaya çıkardığı ısı enerjisinin sistemden bertaraf edilmesi çok daha kritik bir önem arz etmektedir.

Dolayısıyla bu zamana kadar gerek işlemci ve yonga setleri için gerekse diğer bilgisayar donanımları için maruz kaldıkları yüksek sıcaklıklardan etkilenmemeleri adına çeşitli soğutma sistemleri geliştirilmiştir.

Bu soğutma sistemi uygulamaları genellikle alüminyum veya bakırdan üretilen soğutucu bloklar, ısı borusu, sulu soğutma ve termoelektrik modül ile gerçekleştirilmektedir. Soğutucu blok ile uygulanan soğutma sisteminde soğutucu bloğun emdiği ısı kullanılan bir fan ile sistemden uzaklaştırılmaktadır. Ayrıca soğutucu blok ile CPU veya yonga setleri gibi soğutulacak donanımın arasına termal dengeyi sağlaması açısından termal macun sürülmektedir. Isı borusu ile uygulanan soğutma sistemi ise maddenin sıvı durumundan gaz durumuna geçtiğinde yüksek miktarda ısıyı dağıtması durumu göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Isı borularının içerisinde az miktarda sıvı bulunmaktadır. Boru içerisinde basınç miktarı düşük olduğundan içerideki suyun kaynama seviyesi aşağı çekilir. Soğutulacak olan bilgisayar donanımının sıcak yüzeyine etki eden su kaynar ve gaz haline gelen su borunun uçlarına yayılır. Burada fitil olarak yoğunlaşan su tekrar ısı kaynağına geri döner.

Bilgisayar donanımlarını soğutmak amacıyla kullanılan diğerk bir yöntem olan su soğutma sisteminde ise diğerk soğutma sistemlerine göre kullanılan malzemeler daha kompleks fakat soğutma açısından daha verimli bir sistem oluşturulmuştur. Su soğutma sisteminde kullanılan malzemeleri ısı iletim değeri yüksek bakır bloklar, radyatör, su pompası, konektörler, su hortumları, su akışının izlenebildiği akış göstergesi ve su deposu olarak sıralamak mümkündür. Bakır su bloğunda konektör bağlantıları bulunur. Su hortumlar yardımıyla bir konektörden soğutulacak olan bilgisayar donanımı üzerindeki bakır bloğa girer. Burada ısıyı üzerine alan sıvı bir diğerk konektör vasıtasıyla soğutulmak üzere radyatöre gönderilir. Bu şekilde oluşturulan bir kapalı çevrim su döngüsü ile ısınan bilgisayar donanımı üzerindeki ısının uygun değerde çalışma sıcaklığına indirilmesi hedeflenmektedir.

Soğutma, ısıtma ve elektrik enerjisi üretimi için kullanılan termoelektrik modüller bilgisayar donanımlarını soğutmak amacıyla kullanılan bir diğerk yöntemdir. Özellikle hafif ve küçük boyutta olması, sessiz ve sarsıntısız çalışmaları, uzun süre bakım gerektirmemeleri, sıcaklık kontrollerinin kolay yapılabilmesi ve DC gerilimle çalışmaları termoelektrik modülleri soğutma amacıyla kullanmak açısından cazip kılmaktadır. Burada termoelektrik modülün Peltier etkisinden faydalanılarak soğutma yapılmaktadır. Termoelektrik modül ısı transferi sağlamak için elektronların enerji seviyelerindeki değişimi kullanır ve düşük enerji seviyesine sahip P tipi yarıiletken ile yüksek enerji seviyesine sahip N tipi yarıiletken arasında akan akım soğuk yüzeydeki enerjiyi sıcak yüzeye taşır. Peltier P ve N elemanlarının seri bağlanması ile oluşur. Peltier elemanının içinden doğru akım geçirildiğinde ortaya çıkan Peltier etkisi ile termoelektrik modülün bir tarafı soğur iken diğerk tarafı ısınır [1].

Termoelektrik modülün Peltier etkisinden faydalanılarak isimlendirilen Peltier elemanının soğuk yüzeyi bilgisayar donanımlarını soğutma amacıyla kullanılabilir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken nokta, Peltier elemanın ısınan yüzeyinin de hem soğutulacak olan donanıma hem de kendisine zarar vermemesi açısından soğutulması gerekmektedir. Bu nedenle bakır soğutucular veya su soğutma sistemleri termoelektrik modül ile beraber kullanılarak soğutma

anlamında termoelektrik modülden daha etkin bir şekilde faydalanmayı sağlamaktadırlar.

Bu çalışmada, termoelektrik modül olarak kullanılan Peltier elemanın soğutma anlamında soğutucu bloklar (ısı yayıcı) ve su soğutma sistemi ile karşılaştırılması deneysel olarak yapılmış ve Peltier malzemenin su soğutma sistemi ile entegre çalıştığına soğutma anlamında sunucu bilgisayar olarak adlandırılan sunucuların işlemci ve anakartları üzerinde daha verimli sonuçlar alındığı ortaya konulmuştur.

1.1. AMAÇ VE KAPSAM

Termoelektrik modülün Peltier etkisini kullanmak için termoelektrik modülün bağlantı uçlarına DC gerilim uygulamak gerekir. Bu gerilim ile birlikte modülün yüzeylerinden biri ısınırken diğer yüzeyi soğur [1]. Bu çalışmada, Termoelektrik modülün soğuyan bu yüzeyinden faydalanılarak sunucuların yoğun çalışması sebebiyle maruz kaldığı aşırı sıcaklığın bertaraf edilmesi ve aynı zamanda bu sıcaklık düşümünün sunucuların performansına etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda bir sunucunun, işlemcisi (CPU) ve anakartı üzerinde farklı soğutma sistemlerinin etkisi araştırılmıştır. Bununla birlikte, kuzey köprüsü yonga seti üzerine uygulanan farklı soğutma sistemlerinin, anakart üzerindeki sıcaklık değerlerini nasıl etkilediği ortaya çıkarılmıştır. Öncelikle sunucu üzerinde hazır bulunan ısı yayıcı (heatsink) yardımıyla işlemci maksimum performansta çalışırken işlemci ve anakart üzerindeki sıcaklık değerleri farklı zaman aralıklarında incelenmiştir. Daha sonra bu sistem yerine sulu soğutma sistemi yerleştirilecek ve işlemci ve anakart sıcaklık karakteristikleri aynı zaman aralıklarında takip edilmiştir.

Elektriksel ve ısı etkisinin bir arada bulunduğu, yarı iletkenlerden oluşan devre olarak adlandırılan termoelektrik devreler ısı enerjisinin elektrik enerjisine, elektrik enerjisinin ısı enerjisine dönüşümlerinin temelini oluştururlar [2].

Termoelektrik devrelerin bu özelliği göz önüne alınarak kullanılan termoelektrik modülün bağlantı uçlarına DC gerilim uyguladığımızda ısınan yüzeydeki sıcaklık bir

süre sonra soğuyan yüzeydeki sıcaklığı etkileyip, modüle zarar verebilecek düzeye gelebilmektedir. Bu sebeple hem modülü koruma altına almak ve hem de modülün soğuyan yüzeyinden en iyi performansı almak adına ısınan yüzeyin de soğutulması gerekmektedir [3]. Termoelektrik modülün ısınan yüzeyini soğutma görevini ise bu çalışmada sulu soğutma sistemi üstlenmiştir.

Deneilerin son aşamasında termoelektrik modül işlemci ve kuzey köprüsü üzerinde bulunan bakır su soğutma bloklarının arasına soğuk yüzeyi işlemci ve kuzey köprüsü üzerine gelecek şekilde monte edilmiştir. Bu aşamada diğer deneylerde olduğu gibi aynı zaman periyotlarında donanımlar üzerindeki sıcaklık değerleri incelenmiş ve soğutma anlamında hangi sistemin daha verimli olduğu ortaya çıkarılmıştır.

1.1.1. Literatür

Demirel H., termoelektrik modül, soğutma sistemi, anahtarlama modlu güç kaynağı ve yeni teknolojiye sahip olan sıcaklık kontrolü olmak üzere dört temel bloktan oluşan hipotermiya sistemini sıçanlar için tasarlamış ve bu sistemde sıcaklık kontrolünü ATmega 128 mikrodenetleyicisi ile sağlamıştır. Termoelektrik ısıtma ve soğutma ünitesi kullanılarak gerçekleştirilen, sıcaklık kontrollü hipotermiya sistemi ile elde edilen sonuçlar ışığında, insanlar üzerinde beyin travmalarında, kan kayıplarında, bazı ameliyatlarda ve aşırı yüksek vücut sıcaklığının düşürülmesinde rahatlıkla güvenli bir şekilde kullanılabilmesi ve bu sistemin yaygınlaşmasıyla birlikte vücut ısısını düşürmek için veya kontrol etmek için kullanılan ilkel yöntemlerden zamanla vazgeçileceği sonucu ortaya çıkarılmıştır [3].

Stockholm J G., peltier malzemenin mevcut zaman içindeki durumunu ve gelişimini incelediği çalışmasında, peltier kullanılarak dizayn edilmiş standart bir hava-hava modüler soğutma ünitesi için, soğutma gücü ve soğutma tesir katsayısının (COP), çok yüksek termoelektrik verim elde edilmesine etkisini ve sistemin maliyetini incelemiştir. Ayrıca peltier soğutucunun COP değerini küçük bir kompresörün COP değeri ile karşılaştırmıştır. Peltier malzeme ile soğutmada, Peltier malzemenin dış ve iç yapısında kullanılan malzemelerin ve yarı iletkenlerin soğutmaya olan etkisini de araştırmıştır. Peltier soğutucunun soğutma sistemleri içindeki yerini; performansını,

kompakt yapısını, kullanım alanları ve ekonomik boyutu göz önüne alındığında, peltier modüllerin 10–15 yıl içerisinde mikroelektronik alanındaki büyük gelişime benzer bir şekilde gelişeceğini belirtmiştir [4].

Völklein, F. ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada termoelektrik soğutmanın mikroelektromekanik alanda kullanımını amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda yapılan uygulamanın termoelektrik üretim teknolojisinde uygunluğu araştırılmıştır. Sonuç olarak mikroelektrik akım etkisinde bulunan modüller önemli soğutma gücü göstermiştir. Termoelektrik modül yüzeyleri arasında maksimum sıcaklık farkı ve modül üzerinde optimum akım hesaplanmıştır. Termoelektrik modüllerde kullanılan ince SiC/Si₃N₄ membranlar ile miliwatt cinsinden çok düşük güçte, en fazla 30-50 °K sıcaklık farkı elde edilmiştir [5].

Kırmacı, V., Türkiye’de araştırma aşamasında olan termoelektrik soğutma sistemleri ile ilgili teorik bilgiler ve soğutmada veriminin artırılması konularını uygulamalı olarak araştırmıştır. Bu araştırma için, 40mmx40mmx4mm ölçülerinde bir termoelektrik modül üzerine boyutları 50mmx60mmx50mm olan yalıtılmış bir dikdörtgen prizma kutu monte edilmiş ve içerisine konan suyun sıcaklığı düşürülerek, akım ile gerilim arasındaki ilişki incelenmiştir. Deneyde kullanılan 150 cm³’lük hacim 1 mm kalınlığında galvanizli saç ile kaplanmış ve iç kısmı 5 mm kalınlığında stroporla kaplanmıştır. Deney sırasında hacim içerisine 125 g su konulmuş ve sistem fanlı ve fansız olarak çalıştırılmıştır. Deneyler sonucunda fansız deneylerde COP’ en düşük ve en yüksek değerleri COP_{min}: 0.088, COP_{max}: 0.22’dir. Fanlı sistemde ise COP_{min}: 0.094, COP_{max}: 0.358 olarak bulunmuştur [6].

Kim, K.S. ve arkadaşları, masa üstü bilgisayarların işlemcilerinin soğutulmasını, ısı borusu (heat pipe) soğutma metodu ve ısı yayıcı (heatsink) soğutma metodunu karşılaştırarak incelemiştir. Bu araştırma sonucunda çok yüksek fan hızında ısı emici soğutma metodunun en mükemmel sonucu verdiğini fakat fan hızının 2950 rpm değerinin altında olduğunda, ısı borusu ile soğutmanın daha iyi termal performans sağladığı görülmüştür. Ayrıca ısı emici sisteminin, yüksek performans için gereksinim duyduğu yüksek fan hızının akustik gürültüye sebep olduğu, fakat ısı

borulu soğutma sisteminin düşük hızlarda yüksek performanslı, gürültüsüz ve daha az enerji harcadığı ortaya çıkarılmıştır [7].

Ciylan, B. ve arkadaşları, termoelektrik modülün soğutma performansını gösteren kalite faktörü (Z) parametresinin belirlenmesi için termoemk, gerilim ve sıcak yüzeyin sıcaklığına dayalı yeni bir yöntem kullanılmışlardır. Bu yöntemle göre çalışan yeni bir mikro denetleyici test sistemi gerçekleştirilmiştir. Yeni test sistemiyle Melcor firmasının ürettiği standart (CP 1.4–127–1 OL) modülün Z değeri ölçülmüştür. Bu değerler Melcor tarafından verilen Z değerler ile karşılaştırılmış, değerler birbirine oldukça yakın çıkmıştır [8].

Gao, M. ve Rowe, D.M., tarafından bir termoelektrik soğutucunun soğutma performans katsayısı, modülün sıcak ve soğuk yüzeylerinin sıcaklık değişimleri değerlendirilmiştir. Termoelektrik soğutucunun performans katsayısı, dış sıcaklığı 25 °C ve iç sıcaklığın 5 °C olduğu durumda, 0,3–0,5 arasında bulunmuştur. Termoelektrik soğutucu gerçek model üzerinde çalıştırılarak incelenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen deney verilerini iyileştirmek ve performans katsayısını artırmak mümkündür [9].

Chein, R. ve Chen, Y., içi su dolu olan bir tankı soğutmak için termoelektrik soğutmayı deneysel ve teorik olarak incelenmişlerdir. Termoelektrik modülün sıcak yüzeyi üzerine, yüzeyinde kanallar olan çok ince parça yapılmıştır. Ölçümler sonucunda zamanla soğutmanın arttığı görülmüştür. Ölçümleri almak için sistem bilgisayar ortamına bağlanmıştır. Elde edilen ölçümler ile bilgisayardan alınan ölçümler birbirine yakındır [10].

Ikeda, M. ve arkadaşları, termoelektrik soğutma ile hava soğutma sistemini birlikte kullanarak düşük akustik gürültü ve düşük güç tüketimi ile CPU soğutmayı amaçlamışlardır. Sonuç olarak, 12 W güç harcayan, 40 dB'den daha az akustik fan gürültüsüne sahip olan kompakt ve sessiz bir soğutma cihazı geliştirmişlerdir. Bu çalışma ile bilgisayar işlemcilerinde, hava soğutma sistemi termoelektrik soğutucu ile birlikte kullanıldığında fan gürültüsünün azaltılabileceği ve ısı emicinin soğutma performansının artırılacağı açığa çıkarılmıştır [11].

Upadya, G. ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada, bilgisayar işlemcilerini çok küçük yapıda ısı kolektörleri kullanarak ve buna su soğutma sistemi entegre ederek soğutmayı amaçlamışlardır. Bu deneyler sonucunda, CPU sıcaklığının düşük seviyelere çekilebileceğini açığa çıkarılmıştır [12].

Çakır, H., “ Güneş Piliyle Elde Edilen Elektrik Enerjisinin Termoelektrik Soğutmada Kullanılması ” isimli Yüksek Lisans Tez çalışmasında, elektrik enerjisinin bulunmadığı yerlerde soğutma yapabilmek için enerji ihtiyacını güneş pilinden karşılayan termoelektrik soğutucu tasarlanmıştır. Yapılan uygulamada termoelektrik soğutma sisteminin enerjisi doğrudan güneş pilinden alınmaktadır. Deney esnasında güneş pilinin hareketli ayakları yardımıyla gerilim sabit tutulmuştur. Termoelektrik soğutucunun COP değerinin güneş pilinden gelen akım ve kabin dış sıcaklığına göre değişim gösterdiği görülmüştür. Ortam sıcaklığı 17,30 °C iken kabin içi 4,90 °C ye kadar düşürülmüştür. Yani iç-dış sıcaklık farkı $\Delta T=12,40$ °C elde edilmiştir. Ortam sıcaklığı daha yüksek olduğunda iç sıcaklıkta artacaktır. Deney sonuçlarında, en yüksek COP değeri olan 0,9, modül içi sıcaklık değeriyle modül dışı sıcaklık değeri farkının 23 °C olduğu ve akımın 2,23 A olduğu zamanda elde edilmiştir [13].

Abbas, T. ve arkadaşları, tüm soğutma sistemlerini deneysel ortamda ayrı ayrı kullanarak kişisel ve notebook bilgisayarların CPU sistemlerini soğutmuştur. Elde ettikleri deney sonucuna göre oluşturdukları tabloda, işlemci sıcaklığının kararlılığını, işlemcinin sıcaklık değerleri, soğutma süresi, ısı transferi açısından incelediklerinde termoelektrik soğutmanın en verimli soğutma şekli olduğunu ortaya koymuşlardır [14]. İşlemci soğutma metotlarını karşılaştırdıkları çalışma sonucunda elde ettikleri tablo Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. İşlemci soğutma metotlarını karşılaştırılması [14].

Metot	Max. İşlemci Sıcaklığı (°C)	Isı Transfer Oranı (Watt)	İşlemci Sıcaklığındaki Max. Artış (°C)	Zaman Süreci (s)
Su Soğutma	41.452417	17 => 32	12	54
Isı Borusu (Heatpipe)	45.108217	3 => 4.5	12	54
Isı Emici (Heat sink)	39.83666	2 => 11	7	40
Termoelektrik Soğutucu	35.587117	6.0 => 6.5	3	69

BÖLÜM 2

SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Isıyı bir ortamdan alarak diğer bir ortama taşıyan sistemlere soğutma sistemleri adı verilir. Sistemde bir sıcak ve bir de soğuk eleman bulunmak zorundadır. Soğutma sistemleri çalışma şekline göre pasif soğutma ve aktif soğutma olmak üzere ikiye ayrılır [15].

Pasif soğutmada, sıcak eleman soğutulacak nesne, soğuk eleman ise soğutucu çevresindeki ortam olarak adlandırılırsa, soğutulacak nesne her zaman ortamdan daha sıcak olmak zorundadır. Soğuk eleman olarak hava kullanıldığında düşünülürse, ısı sıcak elemandan havaya geçerken sıcak eleman soğur, hava ise ısınır. Doğal iletim yöntemi ile ya da fan yardımıyla ısınan hava dışarı atılır. Yeni soğuk hava içeri alınır ve tekrar aynı döngü havanın ısınarak dışarı atılması ile devam eder. Hava sıcaklığı sonsuz miktarda hava olduğu kabul edildiğinden, pratikte sabit kalacaktır. Havalı pasif soğutma, elektronik devre elemanlarının soğutulmasında ve radyatörlü sistemlerde hep kullanılır [15].

Aktif soğutma, çevre sıcaklığının altında bir soğutma gerektiği durumlarda kullanılır. Aktif soğutucularda ısı soğuk elemandan sıcak elemana pompalanır. Dolayısıyla aktif soğutucular ısı pompası olarak da bilinirler. En yaygın olarak bilinen ısı pompaları kompresörlü sistemlerdir. Genellikle buzdolapları ve klimalarda kullanılan bu sistemlerde, yoğunlaştırıcı olarak bir sıcak eleman ve buharlaştırıcı olarak bir soğuk eleman mevcuttur. Kompresör ise bir pompa gibi çalışmaktadır. Ortam olarak ise buharlaşma ve yoğuşma ısısının kullanıldığı freon gazı görev almaktadır. Kompresör ile hareket ettirilen freon gazı ile ısı soğuk elemandan sıcak elemana taşınır [15].

2.1. HAVA SOĞUTMALI SİSTEM

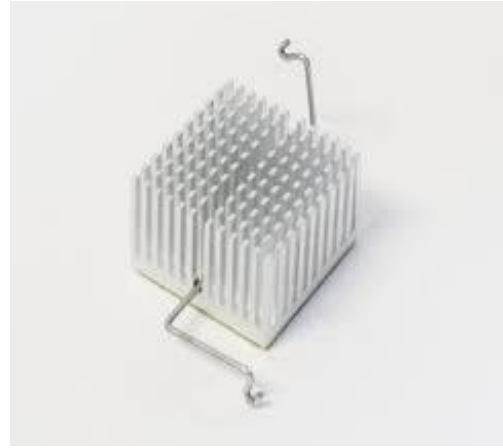
Isıyı üzerine alıp dağıtan ısı yayıcı (heatsink) sisteminin üzerinde ısının uzaklaştırılması için kullanılan fan ve soğutulacak yüzey ile ısı yayıcı arasına sürülen termal macun, hava soğutmalı sistemi oluşturan başlıca unsurlardır.

2.1.1. Isı Yayıcı (Heatsink)

Isının dağıtıldığı yüzeyin artırılması amacıyla kullanılan birimlere ısı yayıcı (heatsink) denilmektedir. Bilgisayarlarda genellikle işlemci ve yonga seti üzerine yerleştirilirler. Bu donanımlar üzerindeki ısıyı metal kanatlarına çekerler. Bu metal kanatlar alüminyum ve bakır metallere yapılır. Bakır ısıyı daha iyi transfer edebilme özelliğine sahip olduğundan bakır ısı yayıcılar tercih önceliğine sahiptir [16]. İşlemci için kullanılan ısı yayıcı Şekil 2.1’de ve kuzey köprüsü yonga seti için kullanılan ısı yayıcı Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 İşlemci ısı yayıcı.



Şekil 2.2 Yonga seti ısı yayıcı.

2.1.2. Fanlar

Fanların performansı bir dakikada kaç fit küp hava üflediği (CFM - cubic feet per minute) baz alınarak ölçülür. Fanların kanatlarının genişliği ve dönüş hızları ne kadar hava üfleyebileceğini etkileyen temel faktörlerdir. Dolayısıyla soğutma performansını artırmak için sisteme uygun daha geniş kanatlı bir fan seçilebilir. Fanın bir dakikadaki dönüş hızı (RPM – revolutions per minute) ne kadar fazla ise fanın performansı da o kadar yüksektir [16]. Isı yayıcı ile fanın birlikte kullanıldığı uygulama Şekil 2.3’de verilmiştir.



Şekil 2.3 Isı yayıcı – Fan uygulaması.

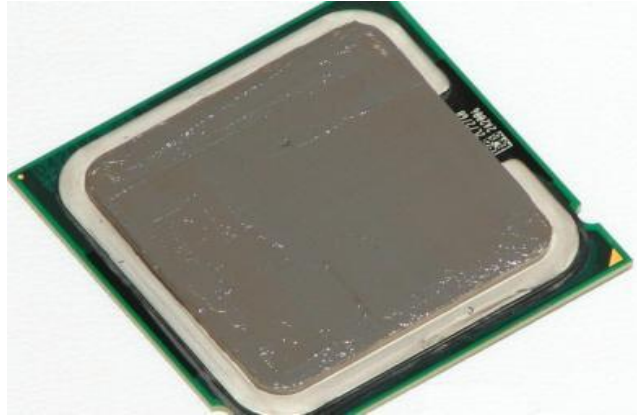
Günümüzde bilgisayar kullanıcıları tarafından uzun ömürlü olması sebebiyle fanlar tercih edilmektedir. Ancak fanların çalışması esnasındaki farklı gürültü seviyesi kullanıcı tercihlerini etkilemektedir. Fanların gürültü seviyeleri birimi olan dBA (DeciBels Adjusted), insan kulağının en çok hassas olduğu orta ve yüksek frekansların özellikle vurgulandığı bir ses değerlendirme birimidir. 20–25 dBA arasında gürültü üreten fanlar sessiz çalışıyor olarak nitelendirilebilir [16].

2.1.3. Termal Macun

Isı yayıcı ile soğutulacak olan bilgisayar donanımı arasında gözle görülmeyecek kadar mikroskobik boşluklar bulunmaktadır. Örneğin işlemci soğutulması esnasında

işlemci ile ısı yayıcı (heat sink) arasında bulunan bu boşluklar hava ile doludur ve işlemciden alınan ısı burada bulunan hava ile iletilir [17].

Termal macun, işlemcinin üzerine sürülen, ısıyı üzerinde tutmayarak oldukça hızlı bir şekilde soğutucuya ileten ve bu şekilde işlemcinin ısınısını düşürmeye yarayan bileşiktir. Dolayısıyla termal macun, havadan daha iyi ısıyı ileten bir madde olduğundan ısı yayıcı ile işlemci ve kuzey köprüsü gibi ısınan bilgisayar donanımları arasına sıklıkla uygulan bir termal arayüz materyalidir [17]. Şekil 2.4’de işlemci üzerine sürülmüş termal macun uygulaması görülmektedir.



Şekil 2.4 Termal macun uygulaması [17].

2.2. ISI BORUSU (HEAT PIPE)

Isı iletiminin performansını artırmak için tasarlanmış iki fazlı, kapalı yüksek ısı iletibilme özelliğine sahip bir ısı transfer cihazıdır. Isı borusu havası alınmış kapalı bir haznedan meydana gelmektedir. Bu hazne içerisinde bir miktar çalışma sıvısı ve bu sıvının akışını düzenlemek için bir fitil yerleştirilmiştir. Isı borusu yüksek sıcaklık olan bölgeye uygulandığında tabanda bulunan çalışma sıvısı çok kolay buharlaşabildiği için boru içinde yükselir. En üst noktaya geldiğinde sıcaklık düşümünden dolayı tekrar yoğunlaşıp sıvı haline gelerek alt yüzeye ulaşır. Sonuç olarak ısı borusu yöntemi ile ısı, içinde kimyasal madde olan bir boru aracılığı ile soğutulacak olan noktaya iletilir [7]. Fan ile birlikte çalışan bir ısı borusu sistemi Şekil 2.5’de verilmiştir.



Şekil 2.5 Isı borusu uygulaması.

Isı borusu, fiyatına göre yüksek performans göstermesi açısından PC üreticileri tarafından tercih edilmektedir. Fakat sınırlı soğutma kapasitesi sorununu çözmek adına yüksek devir hızında fan kullanmakta ve bunun sonucunda dikkat çekici bir gürültü açığa çıkarmaktadır [18].

2.3. GAZ SOĞUTMA

Gaz soğutma sistemi evaporatörün bir soğutma bloğu şeklinde tasarlanıp takıldığı parçayı soğutmasıdır. Dolayısıyla sıvı soğutma ve gaz destekli sıvı soğutma sistemlerinden farklı olarak radyatör, pompa ya da soğutma sıvısı bu sistemlerde bulunmaz.

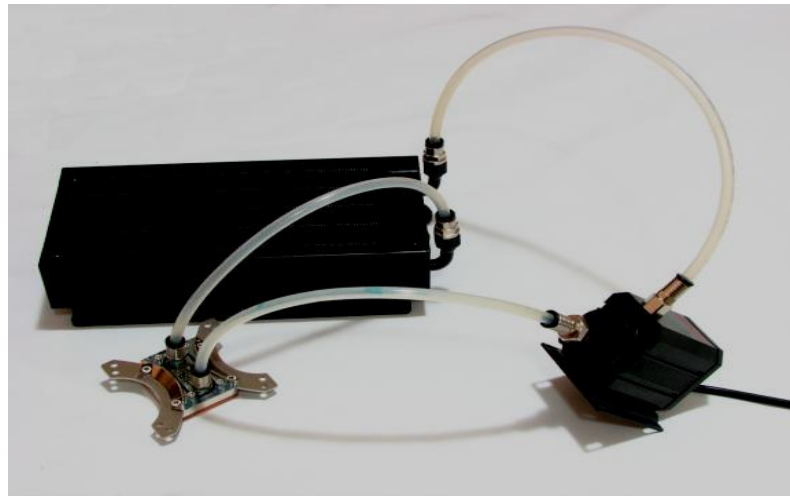
Gaz destekli soğutma sistemlerinde kompresör soğutulmak istenilen bilgisayara ait donanımlardan sadece bir tanesini soğutmaya odaklı çalışır. Soğutulacak donanımın sıcaklığı, sistemin yapısına ve kompresörün performansına göre -50°C 'ye kadar düşebilir. Tam performans altında çalışan sistemler olması sebebiyle elektrik sarfiyatı yüksektir. Ayrıca gaz soğutma sistemleri, terleme sorunu açısından günlük kullanıma uygun değildirler [16]. Şekil 2.6'da bir gaz soğutma sistemi örneği verilmiştir.



Şekil 2.6 Gaz soğutma sistemi [16].

2.4. SULU SOĞUTMA SİSTEMİ

Suyun ısı iletkenliği, havadan çok daha fazladır ve ısı transferinde kullanımı havadan daha etkilidir. Ancak maliyet açısından daha pahalı sistemlerdir. Sulu soğutma sistemleri genel olarak su blokları, radyatör ve pompa olmak üzere 3 ana parçadan meydana gelir. Bu parçalar Şekil 2.7’de gösterilmektedir. Bu parçalara ek olarak indikatör (su akışının izlenebildiği akış göstergesi), su deposu, su hortumları ve suyun sıcaklığını gösteren dijital göstergeler de kullanılır [3].



Şekil 2.7. Su soğutma sistemi.

Hava soğutma sistemlerinde kullanılan ısı yayıcılarında olduğu gibi, su bloklarında da ısı iletim değerleri yüksek metaller (bakır) kullanılır. Su bloklarında 2 yada 3 adet konnektör bağlantısı bulunur. Su, hortumlar yardımıyla bir konnektörden bloğa girerken, ısıyı yüklenen sıvı diğer bir konnektörden soğutulması için radyatöre gönderilir [19].

Sistemin çalışma şeklini kısaca özetlemek gerekirse soğutulacak bilgisayar donanımı üzerindeki ısı suya aktarılır. Isınan su borularla radyatöre gelir ve radyatör önündeki fanlar radyatördeki suyu soğutur. Soğuyan su devir daim motoru sayesinde tekrar işlemciye gider. Bu çalışmada sulu soğutma sisteminin uygulanacağı bilgisayar donanımları işlemci ve kuzey köprüsü olacaktır. İşlemci üzerindeki bloktan geçen su hortumlar aracılığı ile kuzey köprüsü üzerindeki bloktan da geçerek radyatöre ulaşacaktır. Burada soğuyacak olan su devir daim motoru ile tekrar sisteme aktarılacaktır [3].

Soğutma sistemleri genel olarak ele alındığında dünyada en çok kullanılan soğutma sistemi, buhar sıkıştırırmalı sistemlerdir. Termoelektrik modüllü soğutucular buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemlerinin uygulanamadığı, küçük hacimli fakat karmaşık cihaz (entegre devrelerin soğutulması, şarj cihazlarını soğutmak, vb.) uygulamalarında yer almaya başlamıştır [20].

BÖLÜM 3

TERMOELEKTRİK

3.1. YARI İLETKENLER

İletkenlik bakımından iletkenler ile yalıtkanlar arasında yer alan yarı iletkenler normal halde yalıtkan özellik gösterirler. Isı, ışık ve manyetik etki gibi unsurlara maruz kaldıklarında veya üzerilerine gerilim uygulandığında bir miktar valans elektronu serbest hale geçer. Bu sayede iletkenlik özelliği kazanır. Bu şekilde iletkenlik özelliği kazanması geçici olup, dış etki kalkınca elektronlar tekrar atomlarına dönerler [21].

Yarı iletkenler elektronikte birçok uygulamada kullanılabilir. Basit haldeki bazı yarı iletkenler ve bunların elektronikteki kullanım yerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Elektronikte kullanılan basit haldeki yarı iletkenler ve kullanım yerleri [16].

Basit Haldeki Yarı İletken	Kullanım Yeri
Germanyum (Ge)	Diyot, Transitör, Entegre, Devre
Silikon (Si)	Diyot, Transitör, Entegre, Devre
Selenyum (Se)	Diyot

Yarı iletkenler laboratuvar ortamında bileşik eleman halinde elde edilebilir. Yarı iletkenler kristal yapıya sahiptir ve atomları kübik kafes sistemi şeklinde belirli bir

düzende sınırlanmıştır. Yarı iletkenler, dış etkenler ile belirli oranda iletken hale dönüştürülebildiği gibi içlerine bazı özel maddeler ilave edilerek iletkenlikleri de arttırılabilir [16].

Katkı maddeleriyle iletkenlikleri arttırılan yarı iletkenlerinde elektronikte bir çok uygulama alanı vardır. Bileşik haldeki bazı yarı iletkenler ve bunların elektronikteki kullanım yerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Elektronikte yararlanılan birleşik haldeki yarı iletkenler ve kullanım yerleri [16].

Birleşik Haldeki Yarı İletken	Kullanım Yeri
Bakır Oksit (CuO)	Diyot
Galiyum Arsenid (Ga As)	Tünel Diyot, Laser, Fotodiyot, Led
İndiyum Fosfor (In P)	Diyot, Transitör
Kurşun Sülfür (Pb S)	Güneş Pili (Fotosel)

3.1.1. Yarı İletkenlerin Isı Kontrolü

Teorik olarak bir yarı iletken elemanın, temel ısı (T_i) olarak adlandırılan iç ısısının üst limiti, yani yarı iletken elemanın hafifçe macunlanmış bölgesindeki ısı yoğunluğu, bu ısı yoğunluğunun büyük bir bölümünü taşır. Örneğin verici yoğunluğunun 10^{14} cm^{-3} olduğu yerdeki silikon diyodun hafifçe macunlanmış bölgesinde temel ısı $280 \text{ }^\circ\text{C}$ civarındadır. Eğer bu ısı aşılırsa jonksiyon noktasının karakteristiği bozulur. Çünkü temel taşıyıcı yoğunluğu, macunlanmış bölgedeki yoğunluğu büyük ölçüde aşar ve termal bölge potansiyel farkı kaybolur yarı iletkenlik bozulur ve kısa devre olur [16].

Güç yarı iletkenlerinde güç kaybı normalde iç ısıyla yükselir ve bu kayıplar $200 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta bile oldukça yüksektir. Yarı iletken üreticileri bir elemandan diğerine değişiklik gösterebilen ve genellikle $125 \text{ }^\circ\text{C}$ olan, sabit iletim voltajı, anahtarlama

süresi, tanımlanmış maksimum ısıda anahtarlama kayıpları gibi maksimum değerdeki eleman parametrelerini garantilerler [16].

Dizayn süresince, birinci dizayn girdimiz jonksiyon sıcaklığının en kötü durumudur. Yüksek güvenilirliğe ulaşması hedeflenen bir sistem 125 °C' nin altındaki 20-40 °C de yarı iletken elemanların en kötü jonksiyon sıcaklığı için dizayn edilecektir. Aksi takdirde, 125 °C' deki değeri genellikle dizayn yapılırken en kötü koşul girdisi olarak kullanılır. Bu durumda bir istisna, 125 °C nin altında tutulmak istenen maksimum transistor jonksiyon sıcaklığıdır. Maksimum izin verilebilir dv/dt elemana uygulanırken aynı zamanda jonksiyon sıcaklığı 125 °C nin üzerine çıkarsa, tristörler yeniden harekete geçebilir ya da yanabilirler [16].

Eğer bir güç elektroniği devresinde yarı iletken elemanı yüksek ısılarda kullanmak istiyorsak bunun için ayrı bir dizayn yapmalı ve eleman üzerinde biriken ısıyı atmaya hedeflemeliyiz aksi takdirde kullandığımız yarı iletken eleman yanar ve garanti kapsamında sayılmaz [16].

3.2. TERMOELEKTRİK OLAYLAR

Termoelektrik malzemelerin fiziksel özellikleri, malzemelerin kullanılabilir kapasitelerini anlamak adına gereklidir. Termoelektrik olaylar temelde, üç etki ile açıklanabilir. Bunlar, Seebeck, Peltier ve Thompson etkileridir [22].

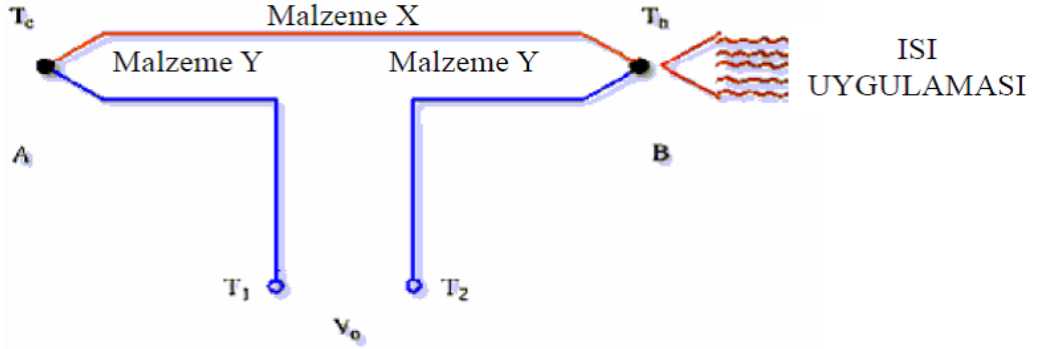
3.2.1. Seebeck Etkisi

1821 yılında Thomas Seebeck iki farklı iletkenin oluşan kapalı bir devrede, metaller farklı sıcaklıklarda iken (T1 ve T2) devreden elektrik akımı aktığını ve devre uçları arasında bir potansiyel fark (ΔE) meydana geldiğini keşfetmiştir [1]. Oluşan bu potansiyel farkı ise aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$\Delta E = \alpha \cdot \Delta T \quad (3.1)$$

- ΔE : Potansiyel Fark(Volt),
 α : Seebeck katsayısı(V/ °C),
 ΔT : Sıcaklık Farkı(°C).

Seebeck etkisini açıklayan devre Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Seebeck olayını açıklayan devre [22].

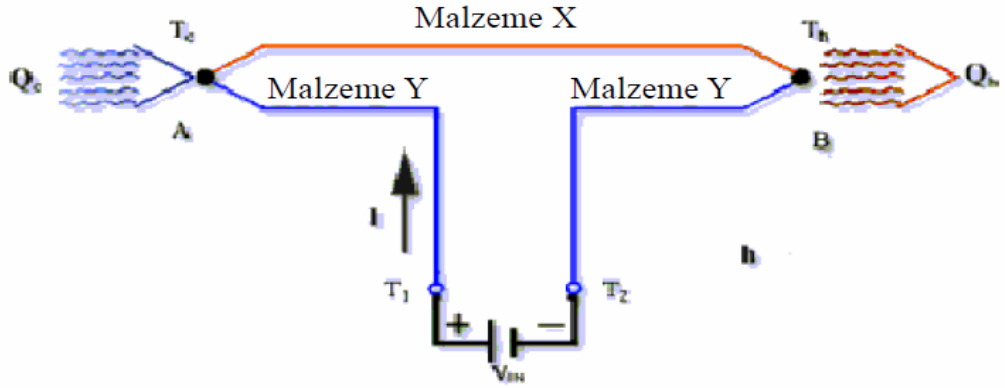
3.2.2. Peltier Etkisi

Fransız bilim adamı Charles Athanese Peltier tarafından Seebeck etkisinin tersi bir etki olarak düşünülen bu olay 1834 yılında keşfedilmiştir. Peltier etkisi; iki farklı metal elemandan oluşturulmuş devreye doğru akım uygulandığında, akımın yönüne bağlı olarak Joule ısısı ile birlikte temas noktasındaki uçlardan birinde ısı açığa çıkarken diğer uçta ısı emilmesi olarak açıklanabilir. Elektrik akımının yönü ters çevrildiğinde önceden ısınmış olan uç bu sefer soğumakta, soğuyan uç ise ısınmaktadır [1]. Peltier etkisini ifade eden formüller aşağıda verilmiştir.

$$Q_j = I^2 \cdot R_t \quad (3.2)$$

$$Q_p = \pi / t \quad (3.3)$$

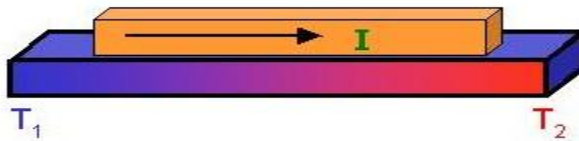
- Q_j : Devredeki Joule Isısı
 Q_p : Peltier ısısı,
 I : İletken üzerinden geçen akım şiddeti (A)
 R_t : İletkenin direnci (Ω)
 π : Peltier katsayısı



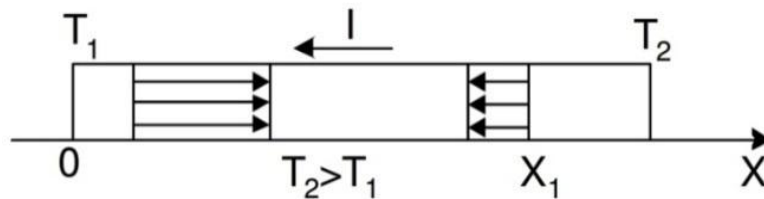
Şekil 3.2. Peltier deneyi ve termoelektrik soğutucu [22].

3.2.3. Thomson Etkisi

William Thomson, Seebeck ve Peltier'in çalışmalarından faydalanarak, bulmuş oldukları termoelektrik olaylarından farklı bir sonuç ortaya çıkarmıştır. Thomson etkisi, elektrik akımı ve sıcaklık farkı tek parçalı bir iletken malzemeden geçerken ısıyı soğurması veya ısıyı yaymasıdır [23]. Thomson etkisinde; Akım taşıyan bir iletkenin uçları arasında bir sıcaklık farkı varsa akım yönüne göre iletkende Joule ısısına ek olarak Thomson ısısı (Q_T) açığa çıkmaktadır. Thomson etkisi ve bu etkiyi açıklayan devre sırasıyla Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Thomson olayı.



Şekil 3.4. Thomson olayını açıklayan devre [2].

Birim zamanda ortaya çıkan Thomson ısısı, akım şiddeti (I) ve sıcaklık farkı (ΔT) ile doğru orantılıdır [2].

$$Q_T = \tau \cdot \Delta T \cdot I = \tau \cdot (T_1 - T_2) \cdot I \quad (3.4)$$

Q_T : Thomson Isısı (W),

ΔT : İletkenlerin uçları arasındaki sıcaklık farkı ($^{\circ}\text{C}$),

I : İletken üzerinden geçen akım şiddeti (A),

τ : Thomson katsayısı ($\text{V}/^{\circ}\text{C}$).

3.3. TERMOELEKTRİK MALZEMELERİN ÖZELLİKLERİ

Termoelektrik modüller, sıcak ve soğuk yüzeyleri oluşturan iki adet plakanın arasına yerleştirilmiş yüksek katkılı yarıiletken malzemeden oluşan elemanlardır. Bu elemanlarda ısıyı materyalin bir tarafından diğer tarafına iletebilen taşıyıcı yük akışı mevcuttur. Isı akışının akıma oranı Peltier Etkisi (P) ve Seebeck Etkisi (S) ile ilintilidir. Thomson Etkisi (T) ise bu iki etki arasında bağlantı kurularak ortaya çıkmış bir etkidir [1].

Peltier Etkisinin Thomson Etkisine oranı Seebeck Etkisi olarak ifade edilir.

$$S = \frac{P}{T} \quad (3.5)$$

İyi bir termoelektrik malzeme, yeterli gerilimi elde edebilmesi için yüksek Seebeck katsayısına (α) sahip olmalıdır. Ayrıca termoelektrik malzemede ısıl frekans (Joule ısısı) düşük olması gerektiğinden, elektriksel iletkenliği (σ) yüksek olmalıdır [1]. Termoelektrik malzemenin ısıl çift bağlantısında ısı kayıplarının azaltılması için düşük ısıl iletkenliğe (K) sahip olmalıdır [22].

Elementlerin veya bileşiklerin termoelektrik özellikleri termoelektrik verimleri ile orantılı olarak değişir [24]. Metal ve benzeri iletkenlerin düşük Seebeck katsayıları, yalıtkanların ise yüksek Seebeck katsayıları nedeniyle termoelektrik verimleri

düşüktür. En verimli termoelektrik malzemeler iletkenler ve yalıtkanlar arasındaki yarıiletkenlerdir.

Yarıiletken malzemelerin elektriksel özelliklerinin sıcaklıkla değişebilir olması sonucunda, kendilerine özgü sıcaklık sınırlarında termoelektriksel malzemeler olarak kullanılabilirler. Termoelektriksel verimi kısaca “Z” harfi ile ifade edebiliriz. “ZT” katsayısı ise sıcaklıkla değişen termoelektriksel verimin kısaltması olarak kullanılacaktır [25]. ZT katsayısı aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$ZT = \frac{\alpha^2 T}{kR} \quad (3.6)$$

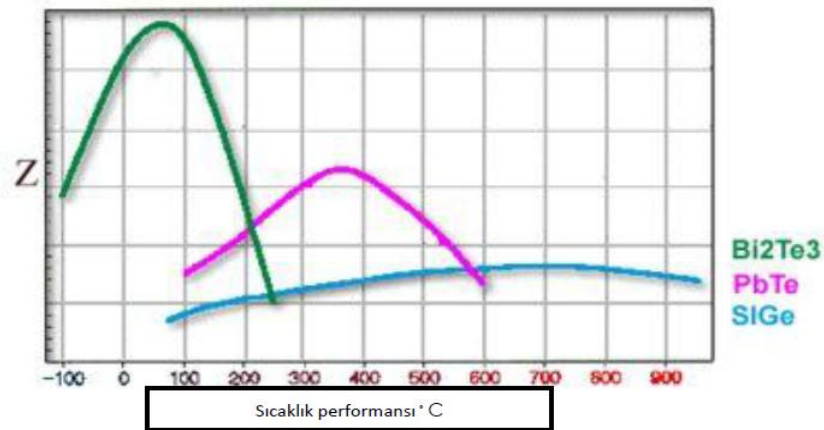
T : Termoelektrik modülün yüzeylerinin ortalama sıcaklığı

α : Seebeck Katsayısı

k : Isıl İletkenlik

R : Elektrik direnci

Termoelektrik modüllerde kullanılan yarıiletken malzemelerin ZT değeri 0.4 ile 1.3 arasında değişmektedir. Bilinen en yüksek Z’ye sahip termoelektrik malzemeler Bi_2Te_3 ve alaşımlarından meydana getirilmiştir. Soğutma sistemlerinde en çok kullanılan ve en yüksek performansa sahip yarıiletken malzeme Bi_2Te_3 sistemidir.



Şekil 3.5. Farklı yarıiletken malzemelerin sıcaklıkla değişen verim grafiği [15].

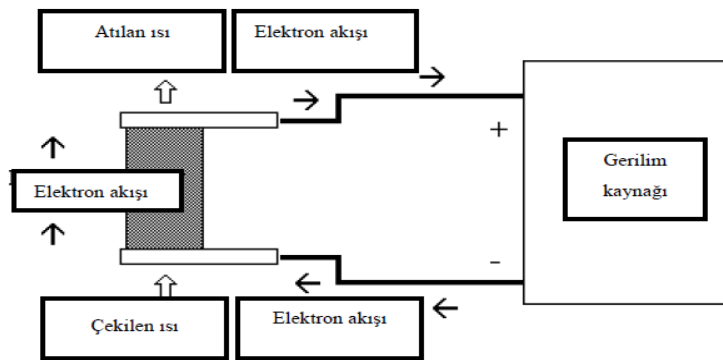
Bu sistem -100°C ile 200°C arasında etkinlik gösterir ve en yüksek operasyon sınırında yaklaşık 80°C ' de ulaşır. Bi-Sb ve PbTe alaşımları Bi_2Te_3 'den sonra yaygın olarak kullanılan termoelektrik malzemelerdir [26]. Farklı yarıiletken malzemelere ait sıcaklıkla değişen verim grafiği Şekil 3.5'te gösterilmektedir.

3.4. TERMOELEKTRİK SOĞUTMA

Termoelektrik soğutma, termoelektrik olaylardan, iki farklı metalin oluşturduğu devrenin doğru akım altında, akımın yönüne bağlı olarak zıt uçlarda gözlenen sıcaklık artışı ve azalışını açıklayan Peltier Etkisine dayanır [18].

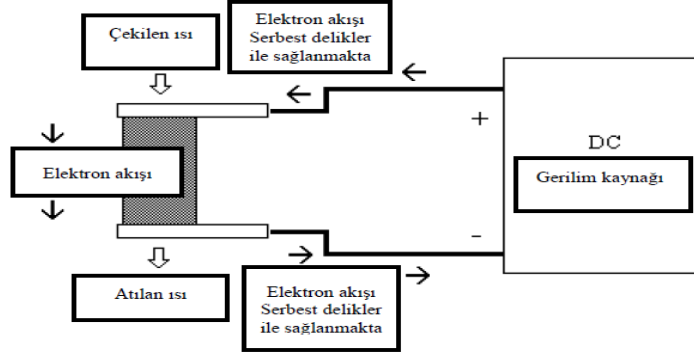
Termoelektrik modülü oluşturan N tipi ve P tipi yarıiletken malzemeler elektriksel olarak seri, ısıl olarak paralel bağlıdır. Seramik malzeme ile modülün alt ve üst yüzeyleri kaplanmıştır. Seramik malzeme kullanımının sebebi elektriksel yalıtkanlığa ve ısıl iletkenliğe sahip olmasıdır.

N-katkılı malzemede bulunan çok sayıdaki serbest elektronlar uygulanan gerilimin etkisiyle bir plakadan diğerine akarlar. Bu akış sırasında plakanın ısınısını da beraberlerinde taşırlar. Sonuç olarak ısı akımı, elektron akımıyla aynı yöndedir [1]. N tipi termoelektrik eleman için ısı akışı ve elektron akışı Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. N tipi termoelektrik eleman [15].

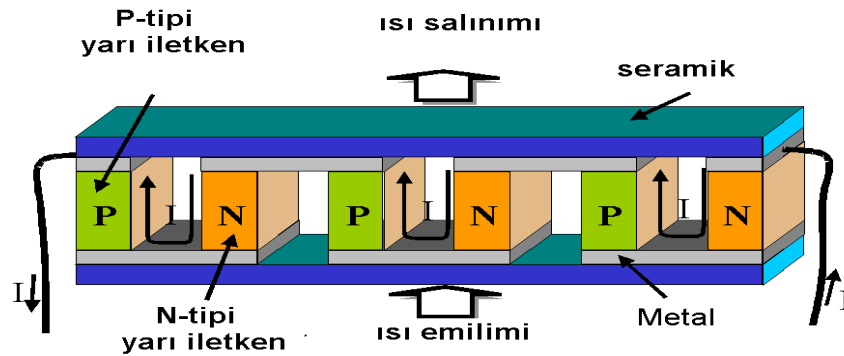
P-katkılı malzemede ise elektrik akımı serbest “delikler” tarafından taşınmaktadır. Dolayısıyla ısı akımı da deliklerin hareket yönüyle aynı yöndedir. Bu durum Şekil 3.7’de görülmektedir.



Şekil 3.7. P-tipi termoelektrik eleman [15].

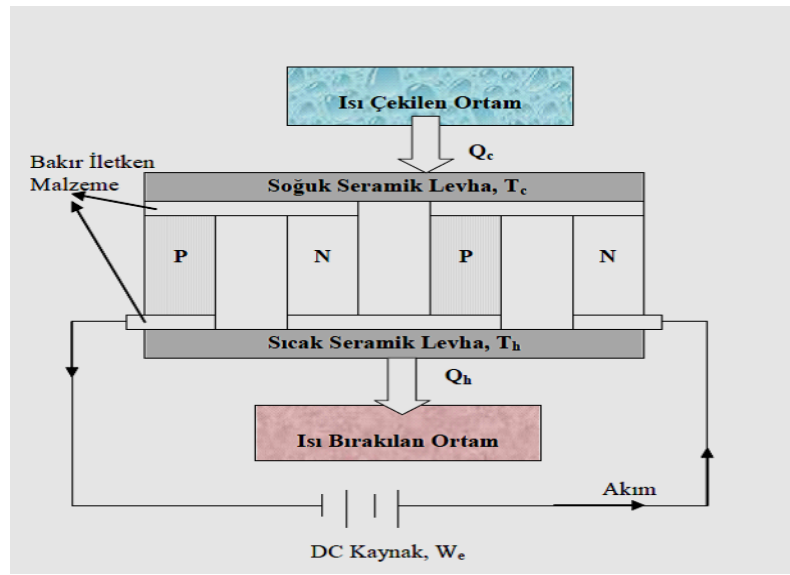
N tipi ve P tipi termoelektrik elemanlardaki elektron akışı ve dolayısıyla ısı iletimi yukarıdaki şekillerden de anlaşılabilceği gibi zıt yönde gerçekleşmektedir [18].

Termoelektrik modüller termoelektrik elemanların bir araya getirilmesi ile elde edilir. Isı akımının yönü hep aynı olacak şekilde termoelektrik elemanlar birbirlerine seri olarak bağlanır. Yalnızca N tipi yada yalnızca P tipi katkı malzemeler kullanılarak bağlantı yapılması zor olacağı için, N tipi ve P tipi katkı malzemelerin ardışık olarak kullanılması ile termoelektrik modül oluşturulur. Şekil 3.8’de gösterildiği üzere elektrik akışı zikzaklı bir yön çizerken, ısı akımının yönü aynı kalır (Şekil 3.8) [24].



Şekil 3.8. N tipi ve P tipi termoelektrik elemanların oluşturduğu sıra.

N tipi ve P tipi yarıiletken çiftlerinden oluşan termoelektrik modüllerden doğru akım geçirilmesi ile termoelektrik soğutma sağlanmış olur. N tipi yarıiletken P tipi yarıiletkene akım geçirilmesi ve akımın düşük enerji seviyeli P tipi yarıiletken yüksek enerji seviyesine geçmesi ile soğutma olayı gerçekleştirilir. Isı soğuk ortamdan sıcak ortama elektronlar tarafından taşınır. Dolayısıyla bir doğru akım kaynağından sağlanan voltaj ile ısının, modülün bir ucundan diğer ucuna transferinin sağlanması termoelektrik soğutucunun, ısı pompası özelliğini gösterir [24]. Termoelektrik soğutucunun bu özelliği Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Termoelektrik soğutucu modülü [24].

3.5. TERMOELEKTRİK SOĞUTUCULARIN AVANTAJLARI

Termoelektrik soğutucuların avantajlarını maddeler halinde sıralamamız gerekirse;

- Termoelektrik soğutucu sistemleri diğer mekanik soğutucu sistemlere oranla daha küçük ve hafiftir. Kompakt yapıya sahiptir. Özel boyutlarda ve çeşitli standartlarda üretilebilir.
- Hareketli parçası bulunmaksızın elektriksel yük altında çalışabilir. Bu özelliği sayesinde uzun süre bakım gerektirmez.
- Uygulanan DC gerilime bağlı olarak, akım polarizasyonu yapılarak hem soğutma hem de ısıtma sağlar.

- Herhangi bir pozisyona bağı kalmaksızın, her türlü yönlendirmede ve hatta yerçekimsiz ortamda dahi çalışabilirler.
- Katı hal yapısı ile yüksek güvenilirlikte ve uzun ömürlü olarak çalışabilirler. Tipik termoelektrik modüller 200.000 saat ömre sahiptir.
- Çok hassas sıcaklık kontrolü sağlarlar. +/- 0.1°C aralığında sıcaklık kontrolü yapabilirler.
- Farklı soğutucu sistemlerle kıyaslandığında elektriksel olarak sessiz çalışırlar.
- Soğutucu yüzeylerine sıcaklık uygulanarak tersine kullanım yapılırsa, elektriksel DC güç üretilirler.
- Konvansiyonel soğutma sistemlerinden farklı olarak herhangi bir kimyasal veya gaz kullanılmadan üretilirler. Bu özelliği dolayısıyla çevreye zarar vermezler.
- Bir bölgenin sadece istenilen belli bir parçasını, diğer kısımlarından bağımsız olarak soğutmak mümkündür.
- Konvansiyonel soğutma sistemlerinden farklı olarak çevre sıcaklığının altında soğutabilme özelliğine sahiptir [22].

3.6. TERMOELEKTRİK SOĞUTUCULARIN DEZAVANTAJLARI

- Isıtma ve soğutma tesir katsayıları (COP) kompresörlü soğutuculara oranla düşüktür. Bu katsayı termoelektrik soğutucularda 0,3 – 0,5 aralığında iken kompresörlü soğutucularda 2 – 4 aralığındadır. Dolayısıyla verimi düşüktür.
- Sıcak yüzeyde fazla ısı üretir ve bir soğutma sistemine ihtiyaç duyar.
- DC besleme gerektirir.
- Buhar sıkıştırımalı soğutma sistemleri gibi yüksek soğutma gücü sağlayamazlar.
- Ekonomik açıdan pahalıdırlar.

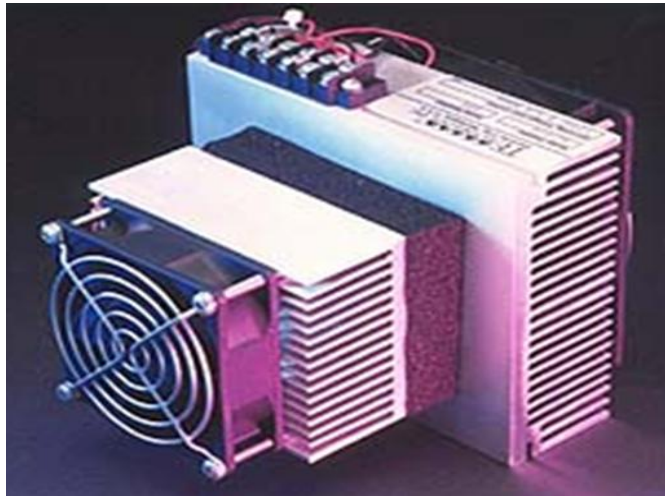
3.7. TERMOELEKTRİK PARAMETRELER

Soğutucu tasarımına geçilmeden önce termoelektrik modülün sıcak ve soğuk yüzeyleri arası sıcaklık farkı (ΔT) ve istenilen soğutma kapasitesi belirlenmelidir. Bu soğutma kapasitesi göz önüne alınarak, modülün yüzeyleri arası sıcaklık farkının (ΔT), akıma (I) göre değişim grafiğinden akım şiddeti tespit edilir. Sıfır soğutma yükü ve sıfır sıcaklık farkında gerekli voltaj farkının üst ve alt limitleri Gerilim / Akım (V / I) eğrisi ile belirlenir [27].

Peltier etkisi göz önüne alınarak termoelektrik modüllerde akım yönüne göre hem ısıtma hem soğutma işlemi gerçekleştirilebilir. Isıtma ve soğutmanın birlikte yapılacağı uygulamalarda, modül tasarımında soğutma modu esas alınmaktadır.

Termoelektrik modüllerde, havadan havaya, sudan suya, havadan suya, sudan havaya ve soğuk plaka gibi farklı şekillerde ısı aktarımı gerçekleştirilebilir. Isı kaynağının farklı soğutma türlerine göre farklı tasarımda modüller üretilmektedir [24].

En yaygın uygulama havadan havaya ısı aktarımıdır. Bu uygulamada ısının iletimi için kanatlı alüminyum profiller kullanılır. Bu profiller üzerine, ısıl direnci azaltmak için birer fan monte edilir. Şekil 3.10'da, 27 W gücünde havadan havaya bir soğutucu modülü verilmiştir. [15].



Şekil 3.10. Havadan havaya soğutma modülü [28].

Sudan havaya iletim genellikle içecek soğutucularında kullanılır. Soğutma bir pompa yardımı ile soğutulmak istenilen sıvının sürekli soğuk yüzey üzerinden geçirilmesi ile sağlanır. Şekil 3.12’de bir sudan havaya soğutma modülü örneği verilmiştir. [15].



Şekil 3.11. Sudan havaya soğutma modülü [28].

Soğuk plakalı termoelektrik soğutucularda ise, termoelektrik modülün soğuk yüzeyi, bir plaka aracılığıyla soğutma elemanına bağlanır. Bilgisayarların işlemcilerini soğutmak amacıyla da soğuk plakalı soğutucular kullanılmaktadır. Şekil 3.13’de soğuk plakalı termoelektrik soğutucu örneği verilmiştir.



Şekil 3.12. Soğuk plakalı termoelektrik soğutucu [28].

Termoelektrik modül bulunduğu ortama sıcak yüzeyinden ısı dağıtır. Sıcak yüzey su veya hava olabilecek ısı kaynağına bağlıdır. Isı kaynağı hava ile soğutulursa; sıcak yüzeydeki sıcaklık aşağıdaki denklemden elde edilmektedir. [29].

$$T_h = T_0 + U \cdot Q_h \quad (3.7)$$

T_h = Sıcak Yüzeyin Sıcaklığı (°C)

T_0 = Isının Aktarıldığı Ortam Sıcaklığı (°C)

U = Isı Değiştiricinin Toplam Isıl Direnci (°C/Watt)

Q_h = Sıcak Yüzeyden Atılan Isı

Sıcak yüzeyden atılan ısı ise aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$Q_h = Q_c + W_e \quad (3.8)$$

Q_c = Termoelektrik Modül Soğuk Yüzeyinin Çektiği Isı (W)

W_e = Termoelektrik Modülün Çektiği Elektrik Gücü (W)

Burada W_e akım ve gerilime bağlıdır ve aşağıdaki şekilde formülize edilmektedir.

$$W_e = V \cdot I \text{ (VA)} \quad (3.9)$$

U değerinin bilinmediği durumlarda, sıcak yüzeyin sıcaklığını bulmak için, hava soğutmalı taşınımında ortam sıcaklığına 20 – 40 °C arasında bir değer ilave edilebilir.

Soğutulacak malzeme veya ortam ile termoelektrik soğutucunun arasında bir ısı değiştirgeci yoksa termoelektrik soğutucunun soğuk yüzeyinin sıcaklığı (T_c), malzemenin sıcaklığı veya ortamın sıcaklığı ile aynıdır. Termoelektrik soğutucu ile soğutulacak malzeme arasında bir ısı değiştirgeci varsa, ısıl dirençlerin göz önüne alınmalıdır [24].

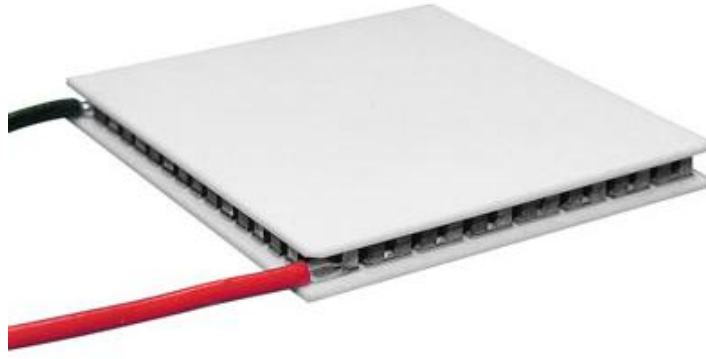
Bir termoelektrik soğutucunun iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı (ΔT) aşağıdaki denklem yardımıyla bulunur.

$$\Delta T = T_h - T_c \quad (3.10)$$

T_h = Termoelektrik modülün sıcak yüzey sıcaklığı

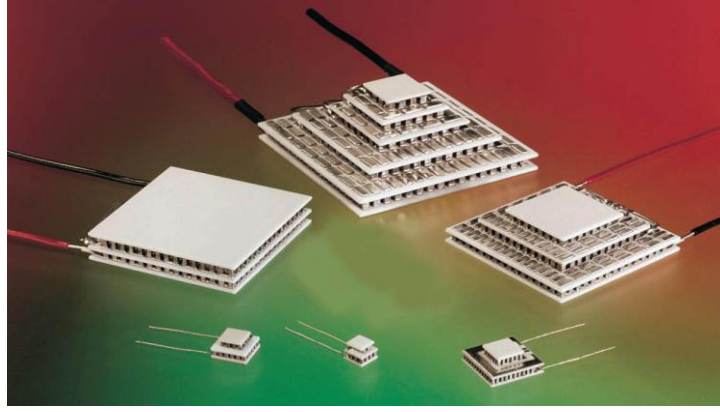
T_c = Termoelektrik modülün soğuk yüzey sıcaklığı

Bu sıcaklık farkı, soğutma için kurulacak sistemin nasıl yapılandırılacağı hakkında bilgi verir. $\Delta T < 55$ °C ise, tek kademeli termoelektrik modül, $\Delta T > 55$ °C ise, çok kademeli termoelektrik modüller seçilmelidir. Şekil 3.13’de tek kademeli bir termoelektrik soğutucu örneği verilmiştir.



Şekil 3.13. Tek kademeli termoelektrik soğutucu.

Tek kademeli termoelektrik modüller yedi adede kadar üst üste konularak, yüksek ΔT ’ye sahip çok kademeli bir soğutma modülü oluşturulabilir [29]. Termoelektrik modül ile pratikte ulaşılabilen en düşük sıcaklık -100 °C’dir. Çok kademeli termoelektrik cihazlarda $\Delta T \approx 130$ °C’ye kadar sağlanabilir [25]. Tek kademeli termoelektrik modüller ile oluşturulmuş çok kademeli termoelektrik soğutucu örneği Şekil 3.14’de verilmektedir.



Şekil 3.14. Çok kademeli termoelektrik soğutucu.

Termoelektrik modüllerin ısıtma ve soğutma tesir katsayıları (COP), aşağıdaki denklemlerde olduğu gibi tanımlanır [24].

$$COP_h = Q_h / W_e \quad (3.11)$$

$$COP_c = Q_c / W_e \quad (3.12)$$

COP_h = Termoelektrik modül ısıtma tesir katsayısı

COP_c = Termoelektrik modül soğutma tesir katsayısı

Bir termoelektrik soğutucu modülün tasarımını gerçekleştirmek için modül parametrelerini incelemek gerekir. Sıcaklık farkı (DT) ,ısı aktarım gücü (Q), modül akımı (I) ve modül gerilimi (V) termoelektrik modül tasarımı için gerekli önemli parametrelerdir.

3.7.1. Sıcaklık Farkı

Modülün sıcak ve soğuk yüzeyleri arasında oluşan sıcaklık farkına (DT) denir. DT değeri soğutma sisteminin sıcaklık farkından daha büyüktür. DT, modülün pompaladığı ısı gücüne bağlıdır. Isı aktarımı olmadığında veya $Q = 0$ olduğunda DT en yüksek değerine (DTmax) ulaşır [15].

3.7.2. Isı Aktarım Gücü

Isı aktarım gücü, Q (W), birim zamanda modülün yüzeyleri arasından aktarılan ısı miktarıdır. Kısaca modülün soğutma gücüdür. Sıcaklık farkı (DT) arttıkça, ısı aktarım gücü (Q) azalmaktadır. $DT = 0$ iken Q en yüksek değerine (Q_{max}), ulaşır [29].

3.7.3. Modül Akımı

Modül akımı, I (A), termoelektrik modülün içinden akan akım olarak ifade edilir. Isı aktarım gücü (Q), ile doğru orantılıdır. Akımın fazla artması modülde oluşan $I^2 \cdot R$ kaybını artırır ve modülün ısınmasına neden olur. I değeri belli bir değeri aşınca Q düşmeye başlar. Q , soğutma gücünün, en fazla olduğu anda akım değeri de en büyük (I_{max}) değerini alır. I_{max} , modülün en yüksek sıcaklık farkında veya en yüksek soğutma gücünde çalışması için gerekli optimum akımdır [29].

3.7.4. Modül Gerilimi

İçinden I akımı akan modülün terminalleri arasında oluşan gerilime modül gerilimi (V) denir. Modül akımı maksimum iken oluşan gerilim V_{max} olarak adlandırılır. [29].

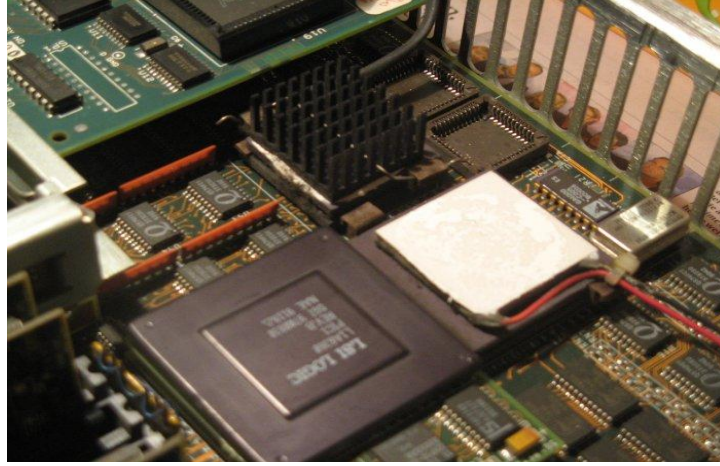
Bu dört parametrenin de maksimum değerleri (DT_{max} , Q_{max} , I_{max} , V_{max}) modüle bağımlı sabit değerlerdir.

3.8. TERMOELEKTRİK SOĞUTMA KULLANIM ALANLARI

Termoelektrik soğutucular günlük hayatta birçok alanda kullanıldığı gibi elektronik, fizik, kimya ve biyomedikal gibi alanlarda da kullanılmaktadır [1].

3.8.1. Elektronik

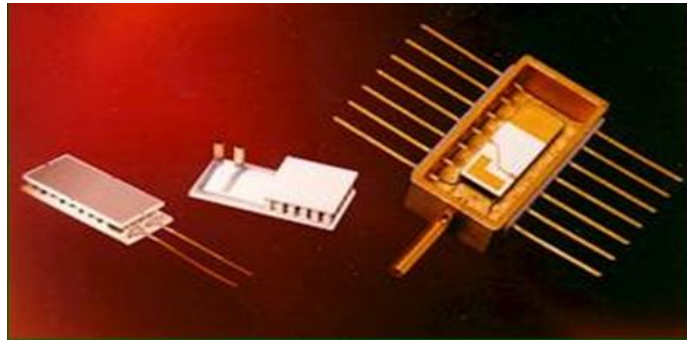
- Transistor, tristör ve benzeri güç elemanları
- Düşük Gürültülü Yükselteçler
- Mikroişlemci (CPU) soğutucusu
- Elektronik cihaz parçalarının farklı sıcaklık testleri için soğutma odasında



Şekil 3.15. TEC soğutmalı CPU

3.8.2. Elektro-Optik

- Lazerler
- Kızılötesi Dedektörler
- Foto-Yükselteçler



Şekil 3.16. TEC soğutmalı Lazer Diyot [28].

3.8.3. Biyo-Medikal

- Biyomalzeme ve ilaç taşımada kullanılan taşıma kapları için sıcaklık kontrolörü
- DNA analizi(PCR) için ısıtıcı ve soğutucu olarak kullanımı
- Biyo-Medikal aletler için seyyar ve kompakt soğutucu



Şekil 3.17. Biyomedikal uygulamalar için sıvı soğutucu [24].

3.8.4. Fizik

- Nemli Havanın Kurutulması
- Kalorimetre
- Donma Noktası Referansı

3.8.5. Kimya

- Yarıiletken Endüstrisi için Su Soğutucular
- Elektroforez hücresi soğutma,
- Isı Bataryası (Termo-Pil).

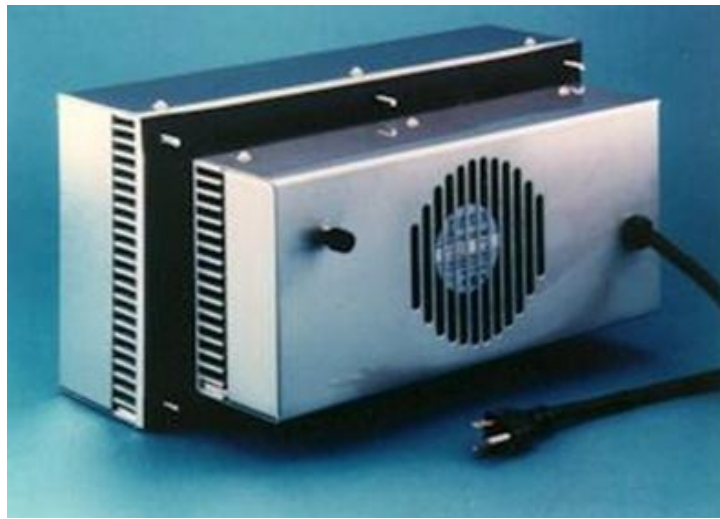
Bunlara ek olarak, termoelektrik soğutucular, günlük hayatta otel odaları soğutucuları, buzdolapları, otomobil mini soğutucuları, kabin içi iklimlendirme ve su benzeri içecek soğutucuları olarak kullanılmaktadır.

Günlük hayatta içecek soğutmak amaçlı üretilmiş mini buzdolabı örneği Şekil 3.18’de verilmiştir.



Şekil 3.18. Mini buzdolabı.

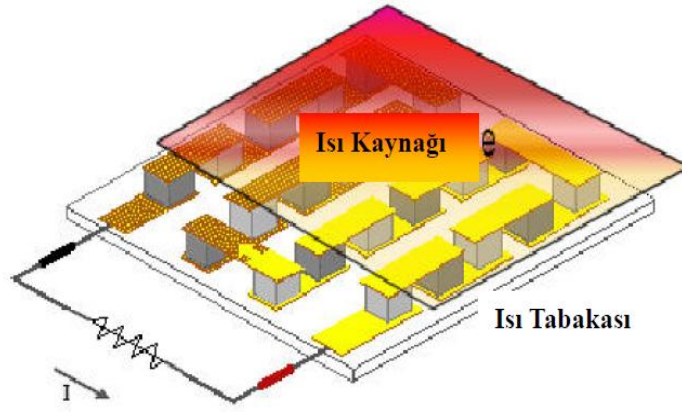
Kabin içi iklimlendirme amaçlı üretilmiş termoelektrik soğutucu örneği Şekil 3.19’da verilmiştir.



Şekil 3.19. Kabin içi iklimlendirme [28].

3.9. TERMOELEKTRİK ÜRETEÇLER (TEG)

Termoelektrik jeneratörler kısaca (TEG) olarak adlandırılırlar. Termoelektrik malzemenin p-tipi ve n-tipi parçalarından oluşurlar. Termoelektrik modül yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı ile bu parçalar elektriksel akım oluştururlar. Şekil 4.9'da gösterildiği gibi elektriksel olarak seri ve ısısal olarak paralel bağlanmışlardır. Elektriksel güç ve gerilim ise p-tipi ve n-tipi yarıiletkenlerin bir araya getirilmesiyle oluşur [22]. Sonuç olarak termoelektrik modülün sıcak yüzeyinin bir ısı kaynağıyla olan bağlantısı ve soğuk yüzeyinin de ortam sıcaklığında tutulması sayesinde gerilim kaynağı olarak kullanılabilir [15].



Şekil 3.20. Termoelektrik Üreteç gösterimi [22].

TEG modüllerinin verimleri çok düşük olduğundan genel amaçlı elektrik jeneratörü olarak kullanılmamaktadırlar. Ancak kalorimetre uygulamaları ve DC besleme (termal batarya) gibi özel durumlarda TEG modüllerden faydalanılmaktadır. Bunlar arasında uzay araçları elektroniği, sıcak su/yağ telemetri sistemleri, fırın/kazan/kalorifer kontrol elektroniği, jeotermal ve güneş enerjisi gibi uygulamalar sayılabilir. Üzerinde çalışılan bir diğer uygulama da motor egzoz manifoldu üzerinden geri kazanımlı alternatör projesidir [15].

Bunların yanı sıra, termoelektrik jeneratörler, atık ısı kaynaklarından akım üretmek için kullanılırlar. Örneğin bir firmanın ürettiği bir saat, pile ihtiyaç duymadan, vücut ısısını kullanarak kendi enerjisini sağlayabilmektedir.

TE (termoelektrik) jeneratörleri çevre zarar verecek kirletici madde üretmemesi, jeoısıl enerji gibi düşük sıcaklıklar kullanması ve elektrik üretimi esnasında kayıpların olmaması gibi özelliklere de sahiptir [28].

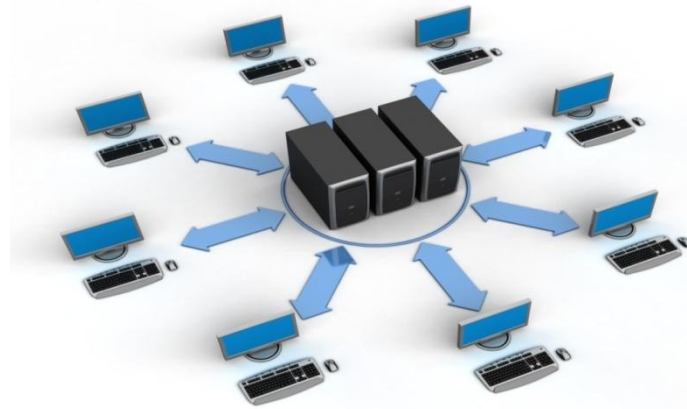
BÖLÜM 4

SUNUCULAR

4.1. SUNUCULARIN TANIMI

Sunucu; herhangi bir ağ üzerinde bir programı veya bir bilgiyi farklı kullanıcılara veya sistemlere paylaştıran, dağıtan donanım veya yazılıma verilen genel isimdir. Kısaca ana bilgisayar olarak da adlandırabileceğimiz sunucu için aşağıda verilen farklı tanımlamaları da kullanabiliriz.

- Üzerinde tüm bilgilerin saklandığı ve genellikle diğer bilgisayarlara oranla daha hızlı ve kapasitesi yüksek bilgisayarlardır.
- Sadece Donanım olarak değil üzerinde çalışan yazılımlar olarak ta yönetici durumunda olan bilgisayarlardır.
- Bilgileri paylaştıran ve istemcilere sunan bilgisayarlardır. Bu durumu açıklayan sunucu modeli Şekil 4.1’de verilmiştir.
- Dataları merkezi noktada saklamak ve bilgileri bu merkezden dağıtmak ve sürekli çalışır halde olmak bilgisayar sistemi sunucusunun görevidir [17].



Şekil 4.1. Sunucu modeli.

4.2. SUNUCULARIN KULLANIM AMAÇLARI

Sunuculara olan ihtiyaç, işlerimizi bilgisayar sistemleri vasıtasıyla yaptığımız ve bilgileri bu sistemlere depoladığımız zamanlarda ortaya çıkıyor. Günümüzde bilgisayar sistemlerinin kullanımı artık çok geniş bir alana yayılmıştır. Artık birçok işletme bilgilerini merkezi noktada saklıyor ve bilgileri müşterilerine bu merkezden dağıtıyor. Merkezde bu bilgi saklama görevini yapan, sürekli çalışır halde olması gereken bilgisayar sistemi sunuculardır.

Günümüzde, bilgisayar sistemlerinin sürekli çalışmasının çok önemli olduğu finans, sağlık, eğitim gibi sektörler var. Bu sektörlerde çok ufak zaman kayıpları, inanılmaz boyutta iş ve para kaybını beraberinde getirebiliyor. Bilgi bütünlüğü ve sorunsuz bir şekilde saklanabilmesi firmalar için çok daha önemli hale geldi.

Sunucu sistemler yapılan işte, zaman, iş ve bilgi kaybı olmasını engelleyen sistemler olması bakımından yaygın kullanılmaktadır. Sunucular, genelde yedekli yapılarla çalıştıkları için, yapılan çalışmaların aksamasına izin vermemektedir. Örneğin, güç kaynağı arızasında ikinci güç kaynağı hemen devreye girerek durumu telafi edebiliyor veya herhangi bir disk arızasında diğer diskler veri kaybını engelliyor ve çalışmaya devam edilebiliyor [30].

4.3. PC İLE SUNUCU ARASINDAKİ FARKLAR

Kişisel bilgisayarlar hem yazılım hem de donanım konusunda sunuculardan farklı olarak yalnızca kişisel kullanım göz önünde tutularak tasarlanırlar.

Sunucularla kişisel bilgisayarlar arasındaki en büyük fark performans ve sunucuların kesintisiz çalışabilmeleridir.

Sunucuların işletim sistemleri ve donanımları farklıdır. İşlemci, ana kart ve işletim sistemi daha yüksek performanslı, güvenli, verimli ve kesintisiz çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır.

Sunucuların, bellek, sabit disk, işlemci gibi donanım özellikleri, aynı anda çok sayıda görevi başarıyla yerine getirebilecek kapasiteye sahiptir.

Bir sunucu yedekleme görevini yürütürken, aynı anda web ve veritabanı sunucusu görevlerini de yürütebilir. Ayrıca, çok sayıda kullanıcıya güvenli bir internet erişimi sunabilir, hem yerel ağdan hem de internet üzerinden gelen bağlantı isteklerini kolayca yönetebilir [30].

Her ne kadar günümüzde çok sık kullanılan sunucular, masaüstü sistemlerimize benzer olsa da, ayrıldıkları veya özelleştikleri bazı noktalar vardır.

Performans olarak, sunucular çoklu kullanıcıya hizmet edeceğinden, çoklu işlemci desteği, hızlı bir disk sistemi, fazla bellek miktarı barındırma özelliğine sahiptir. Ölçeklenebilirlik açısından, kullanılan sunucunun ihtiyaçlara göre ne kadar güncelleştirilebileceği ölçeklenebilme miktarını gösterir. Örneğin sunucularda, artan yüke karşılık işlemci sayısının ve bellek miktarının artabilmesi önemlidir. Güvenirlik ve devamlılık açısından ise sunucularda kullanılan donanımların yedekli olması gerekmektedir. Arıza çıktığında yedeği otomatik olarak devreye girip sorunsuz bir şekilde çalışmaya devam edilmesi gerekmektedir.

4.4. SUNUCU DONANIMLARI

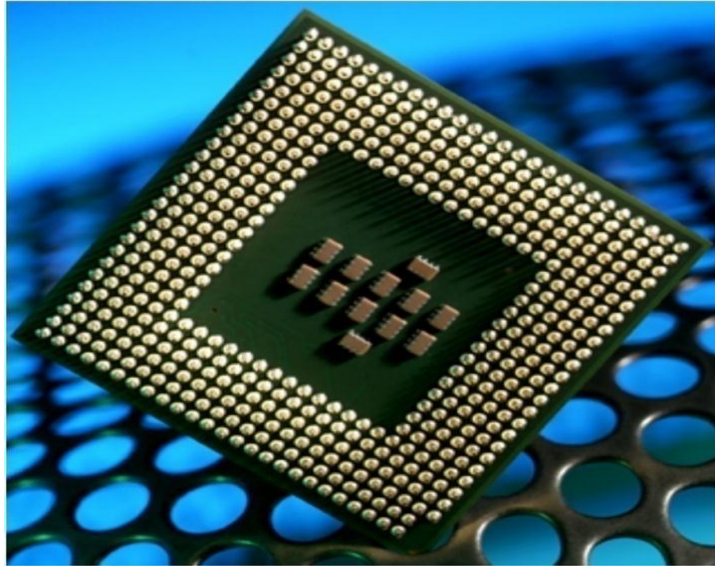
Donanım üreticileri tarafından sunucular için geliştirilmiş, anakart ve üzerinde bulunan işlemciler, bellekler, yonga setleri, ethernet kartları gibi anakart dışındaki diskler, güç kaynakları başlıca sunucu bileşenlerini oluşturmaktadır.

Anakart, bir bilgisayarın tüm parçalarını üzerinde barındıran ve bu parçaların iletişimini sağlayan elektronik devredir. Fiberglastan (sert bir plastik türevi) yapılmış, üzerinde bakır yolların bulunduğu; genellikle koyu yeşil bir levhadır. Ana kart üzerinde, işlemci yuvası, bellek, ekran kartı yuvası, genişleme yuvaları, BIOS, diğer kartlar için genişletme yuvaları ve diğer yardımcı devreler (sistem saati, kontrol devreleri gibi) yer almaktadır.

4.4.1.İşlemci

Sunucuların belki de en pahalı bileşenlerinin başında işlemciler geliyor. Sunucularda kullanılan işlemcileri masaüstü sistemlerde kullanılan işlemcilerden ayıran farkın başında çoklu işlemci desteği ve daha geniş belleklere sahip olmasıdır.

Sunucuların beyni niteliğindeki işlemciler adından anlaşıldığı gibi bilgisayardaki işlemleri gerçekleştiren ve gerekli yerlere gönderen elemandır. Konuyu basitçe anlatmak gerekirse bilgisayar üzerinden yaptığımız her şey işlemciye muhakkak uğrar. Yani klavyedeki bir tuşa basmamız, fareyi hareket ettirmemiz birebir olarak işlemcide gerçekleşir [30].



Şekil 4.2. İşlemci.

İlk işlemciler belli işlemleri ve çoğu zamanda yalnızca tek bir işlemi gerçekleştirmek için üretilmişlerdir. Ancak üretilen bu işlemcilerin hem maliyeti çok yüksekti hem de yaptığı iş sınırlıydı. 1970'lerde mikroişlemcilerin üretilmesiyle işlemci tasarımları ve kullanım alanları oldukça değişti. Gelişen teknoloji ile birlikte küçük boyutlu bilgisayarlar ve cep telefonlarının üretilmesi küçük bir işlemcinin geliştirilmesini zorunlu kıldı. Günümüzde işlemciler; otomobiller, cep telefonları, bilgisayarlar ve daha birçok üründe kullanılmaktadır [30].

4.4.1.1. İşlemciler Nasıl Çalışır?

Mikroişlemcilerin yapısında milyonlarca transistör denilen yarı iletken malzeme bulunmaktadır. Elektrik sinyalleri bu transistörlerden geçer ve toplama, çarpma, çıkarma ve bölme gibi temel matematiksel işlemlere dönüştürülür. Bu işlemleri yapan bölüme ALU (Aritmetik Mantık Birimi) denir. Bunun dışında işlemcide veri yolları, çeşitli kontrol ve denetleme bileşenleri bulunur [17].

4.4.1.2. İşlemcinin Temel Bileşenleri

İşlemcinin temel birimleri aritmetik ve mantıksal işlem birimi, komut çözücü, kaydediciler ve veri yolu olarak sınıflandırılmaktadır.

ALU (Aritmetik ve Mantıksal İşlem Birimi): Mikroişlemcinin birinci derece önem taşıyan birimidir. Toplama, çıkarma, çarpma, bölme komutlarını dönüştürür. ALU'nun ne kadar fonksiyonu varsa işlemci o kadar değer kazanır [17].

Komut Çözücü: İşlemcinin yapması gereken kodların icrası için gerekli işlemleri başlatır ve komutun çalıştırılması için gerekli işlemleri belirler [17].

Kaydediciler (Registers): Ana bellekteki veriler işlenmek üzere merkezi işlem birimine taşınır burada verilerin işlenmesi sırasında geçici olarak kaydedicilerde bekletilirler [17].

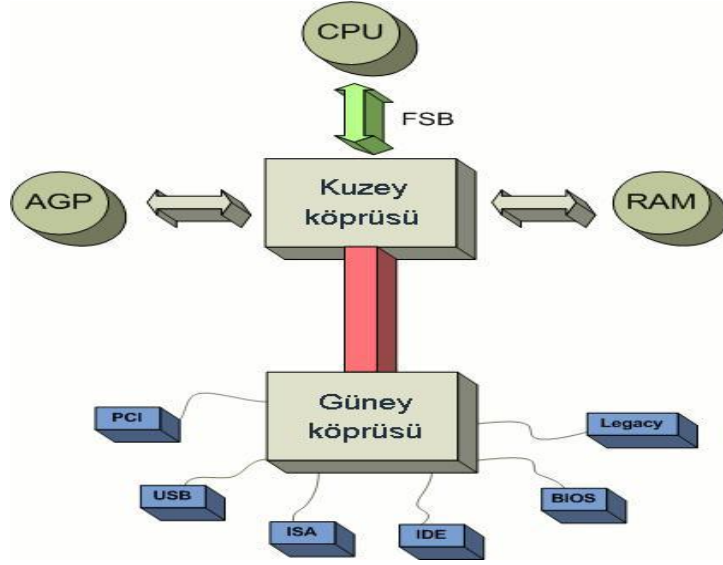
Veriyolu (Bus): İşlemcinin diğer donanım birimleri ile bağlantısını sağlayan iletken elektriksel yollardır [17].

4.4.2. Yonga Seti (Chipset)

Yonga seti (chipset) ana kartın “beynini” oluşturan entegre devrelerdir. İşlemci, önbellek, sistem veri yolları, çevre birimleri; kısacası PC içindeki her şey arasındaki veri akışını denetlerler. Veri akışı, PC'nin performansı açısından çok önemli

olduğundan, yonga seti de PC'nizin kalitesi, özellikleri ve hızı üzerinde en önemli etkiye sahip birkaç bileşenden biridir.

Anakart üzerinde iki farklı Yonga Seti bulunur. Birincisi kuzey köprüsü olup hızlı bileşenlerin (CPU, RAM, PCI Express 16) veri akışını kontrol eder. Diğeri ise güney köprüsüdür ve yavaş bileşenlerin (IDE, USB, PCI) veri akışını kontrol eder [30].



Şekil 4.3. Yonga setleri.

4.4.3. Bellek

Sunucularda kullanılan bellek tıpkı masaüstü sistemlerinde kullanılan bellekler gibi DDR, SDRAM, SDRAM veya RDRAM olabiliyor. Sunucularda genellikle ECC (Hata kontrol ve düzeltme mekanizması)'ye sahip olan bellekler tercih edilir ve kullanılan bellek miktarları fazla olduğu için "registered" bellek tercih edilir. Registered bellekler, üzerinde bulunan bir çip sayesinde belleği sürekli tazeleyerek bilgilerin bütünlüğünü korurken, ECC özelliği de olası veri hatalarının düzeltilmesinde rol alıyor [30].

4.4.4. Veri Depolama

Hard disklerin farklı bağlantı çeşidi, farklı dönüş hızları, farklı miktarda tampon bellekleri bulunmaktadır. Bunların disk seçiminde önemli bir yeri vardır. Sunucular için SCSI diskler çok uzun zamandan beri birinci derecede tercih edilmektedir. SCSI diskler özellikle sunucular için geliştirilmiştir. Daha uzun ömürlü olmaları, daha hızlı komutlara cevap verebilmeleri, daha fazla performans sunabilmeleri, daha fazla bant genişliğine sahip olmaları, onları sunucular için tercih sebebi yapmaktadır [30].

4.4.5. Ethernet Kartı

Günümüzde anakart üzerinde entegre gelen ethernet kartları 1 gigabit'lik olmaktadır.. Sunuculara birden fazla ethernet kartı takıp, bir ağdaki bilgileri, ikinci ağdaki sistemlere paylaşmak mümkün olabilmektedir. Ya da, bir kart devre dışı kaldığında diğeri devreye girerek çalışmaya devam edecek şekilde yapılandırılabilir.



Şekil 4.4. Ethernet kartı.

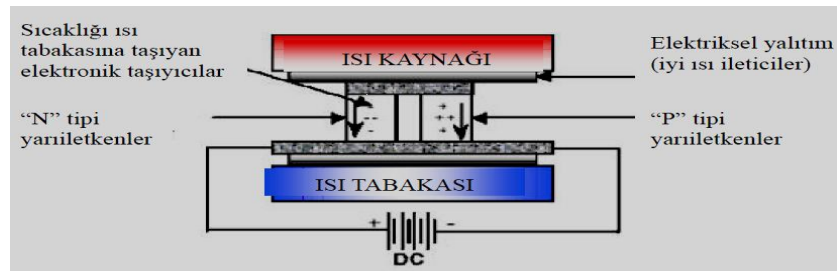
BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Peltier etkisi; farklı iki iletkenen yapılmış bir halkaya doğru akım uygulandığında iletkenlerin bağlı olduğu noktaların ısınması veya soğuması şeklinde açıklanabilir. Akım uygulandığında bir bağlantıdan diğer bağlantıya elektronlar transfer edilecek ve bu elektronlar sahip oldukları enerjiyi bir bağlantıdan diğerine taşımış olacaklardır. Elektronların ayrıldığı bağlantı soğuyacak ve elektronların gittiği bağlantı ise ısınacaktır [1].

Termoelektrik soğutucu modül genellikle N tipi ve P tipi malzeme çiftlerinden eşit sayıda konulmasıyla üretilmektedir. P tipi yarı iletkende yük taşıyıcılar pozitif yüklü delikler (h^+), N tipi yarı iletkende ise yük taşıyıcılar negatif yüklü elektronlardır (e^-). Termoelektrik modül içerisinde genellikle N tipi malzeme olarak Bi_2Te_3 , P tipi malzeme olarak da Bi, Sb, Te temel malzemeleri kullanılmaktadır.

P ve N eklemlerinin seri bağlanmasıyla oluşan bir termoelektrik cihaza doğru akım uygulandığında, Peltier etkisi ile cihazın bir tarafı ısınır ve diğer tarafı soğur. Cihazın soğuk tarafını herhangi bir uygulamada kullanmak bu cihazın peltier soğutucu olarak tanımlanmasını gerektirir. Peltier soğutucular ısı pompası olarak çalışırlar, ısıyı cihaz yapısı içerisinde bir yerden başka yere taşırlar [3]. Termoelektrik modül yapısı Şekil 5.1'de gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Termoelektrik modül yapısı [23].

Peltier malzemesi değişik boyutlarda imal edilmekte ve 3 ile 15 volt arasında herhangi bir gerilimde çalışabilmektedir. Uygulanan gerilimin yönü ters çevrildiğinde ısınan yüzey ile soğuyan yüzey yer değiştirir.

Peltier Soğutucuların basit yapıları, küçük boyutlarda üretilibilmeleri ve kriyojenik (ok düşük sıcaklık) sıcaklıklara inebilmeleri bu cihazları bazı uygulamalar için uygun kılmaktadır. Özellikle ufak boyutlu üretilibilmeleri elektronik cihazların soğutmalarında kullanılmalarına olanak sağlamaktadır. Mikro işlemci ve sensör soğutmaları bunların başlıcaları arasında yer almaktadır. Dijital görüntü yakalayan cihazların sensörlerinde görüntü kalitesini arttırmakta soğutmanın büyük önemi vardır. Peltier soğutucu ile sensörün topladığı ışıktan kaynaklanan ısıyı uzaklaştırmak mümkün hale gelmektedir. Benzer biçimde bu olgu kızılötesi dedektörlerde de mevcut ve daha önemlidir. Isının radyasyonla yayılması kızılötesi dalga boyunda gerçekleştiği için bu sensörlerin ısınması daha büyük bir problemdir ve temiz sinyal alınabilmesi için bu ısınmanın giderilmesi şarttır. Bu uygulamalarda peltier soğutucular küçük boyutları sayesinde uygun bir alternatiftir. Bunların yanında soğutmanın gerekli olduğu özellikle seyyar uygulamalarda peltier soğutucular önemli bir yere sahiptir. Bu cihazların hareketli parçalarının olmayışı seyyar uygulamalarda bu cihazları uygun kılmaktadır [1].

Bu projede, termoelektrik modülün peltier etkisinden yola çıkılarak kullanılan peltier modüller ile bir sunucunun işlemci ve yonga seti üzerindeki sıcaklığın düşürülmesi ve düşük sıcaklığın sunucunun performansı üzerindeki etkisi araştırılmaktadır.

5.1. DENEYDE KULLANILAN TEMEL DONANIM VE YAZILIMLAR

Bu araştırmanın sonucunun ortaya çıkarılması amacıyla yapılan deneyde kullanılanları şu şekilde sıralayabiliriz.

- Sunucu donanımı özelliklerine sahip 1 adet bilgisayar
- Su soğutma sistemi
- 92 W gücünde , (4x4x0.5) cm boyutunda, 2 adet peltier modül

- Sunucunun %100 yüklü çalışmasının benzetimini yapmak için CPU BurnIn test yazılım programı (benchmark)
- Sunucu donanımları üzerindeki sıcaklık, voltaj, fan hızı gibi bilgilere ulaşmak için Speed Fan yazılım programı
- Sunucu performansını ölçmek için kullanılan Performance Test yazılım programı

Bunların haricinde sunucu bilgisayar anakartı üzerinde mevcut bulunan ısı yayıcı kullanılmıştır. İşlemci ve yonga setleri ile soğutucu modüller arasında termal dengeyi sağlamak amaçlı termal macun uygulaması yapılmıştır.

5.1.1. Sunucu Bilgisayar

Bu çalışmada 64 bit işletim sistemine sahip 4 çekirdekli bir sunucu bilgisayar kullanılmıştır. Kullanılan sunucu bilgisayarın özellikleri Çizelge EK. A.2’de verilmiştir.

5.1.2. Su Soğutma Sistemi

Bu projede su soğutma sistemi iki aşamada kullanılmıştır. Birinci aşamada kullanım amacı sunucunun işlemci ve anakartını soğutmak ve ısı yayıcı ve termoelektrik modül soğutma sistemleri ile soğutma ve performans anlamında karşılaştırma yapmaktır. İkinci aşamada ise su soğutma sistemi, peltier modül ile birlikte kullanılmış ve peltier modülün sıcak yüzeyi üzerindeki ısıyı bertaraf etmek amaçlanmıştır. Şekil 5.2’de su soğutma sistemi yapısı verilmiştir. Su soğutma sistemine ait özellikler Çizelge EK. A.1’de sunulmuştur.



Şekil 5.2. Su soğutma sistemi.

5.1.3. Peltier

Sunucu bilgisayara ait işlemci ve kuzey köprüsü yonga setini soğutmak amacıyla, 12 V gerilim altında, 2 adet 90 W gücünde, 4*4*0,5 cm boyutunda Peltier modül kullanılmıştır.

Deneyler için kullanılan modül TEC1–12706 modelindedir. Peltier modülün, performans şartları Çizelge EK A.3’de ve yapısal özellikleri Şekil EK A.1’de verilmiştir.

5.1.4. BurnIn Test Programı

Sistemin yüklü çalışmasının benzetimini yapmak için CPU BurnIn Test programı kullanılmıştır. Program, bir bilgisayar sistemine ardışık iş prosedürleri ile yükleyerek işlemci ve anakartın mümkün olan en yüksek sıcaklık değerlerine ulaşmasını sağlamaktadır. Programın çalışma süresi “very long” olarak ayarlandığında işlemci pratikteki maksimum iş yüküne ulaşmakta ve bu durumunu 15 dakika boyunca sürdürmektedir. Daha uzun süreli yüklemeler için programın tekrar çalışması sağlanmalıdır [31].

Program, aynı zamanda çalışması esnasında sistemin yapmakta olduğu hesaplamaların sonuçlarını kontrol etmekte, aşırı ısınma ve iş yükünden dolayı küçük de olsa hesaplama hataları ortaya çıktığında kullanıcıyı uarmaktadır. Bu özelliği ile

hız aşırma (overclock) uygulamalarının stabilite kontrolleri için de ideal bir yazılımdır [31].

Bu programın “64 bit” sürümü kullanılarak sunucu sistemimizin yüklü çalışma durumunun benzetimi gerçekleştirilmiş, %100 işlem yükü altındaki işlemci ve anakart sıcaklıklarının izlenmesi için ise Speed Fan programından faydalanılmıştır.

5.1.5. Speed Fan Programı

Bir bilgisayar sistemindeki donanımların voltaj, fan hızı ve sıcaklık değerlerini izleme (monitörize etme), fan hızlarını sıcaklık değerlerine göre değiştirebilme, sabit disklerin S.M.A.R.T. (Self Monitoring Analysis and Reporting Technology = Kendi kendini analiz etme ve raporlama sistemi) bilgilerine ulaşma ve sabit disk ısısını gösterme gibi özelliklere sahip popüler bir yazılımdır. Sistemde ne tür ölçüm ve müdahalelere izin verebileceği, sahip olunan donanıma, özellikle de algılayıcı (sensör) yongalara göre değişmektedir. Programın istatistik ve kayıt tutma özelliği sayesinde sıcaklığın hangi zamanda hangi değerlere ulaştığı gözlemlenebilmekte, hız aşırma özelliği sayesinde işlemci hızı arttırabilmektedir [32].

Çalışmamızda, önceki bölümde anlatılan CPU BurnIn programı ile %100 yük altında çalıştırılan sistemin sıcaklık değerlerini almak ve kaydetmek için Speed Fan programından faydalanılmıştır. Elde edilen sıcaklık verileri MS Excel programı formatında kaydedilmiş, yine bu program yardımı ile zaman içindeki sıcaklık değişimleri görselleştirilmiştir.

5.1.6. Performance Test Programı

Bilgisayar sisteminin performansını ölçmek (benchmarking) için kullanılan bir yazılımdır. İçerisinde integer ve floating point matematik işlemleri testi, 2 boyutlu grafik fonksiyonları testi, sabit disk okuma, yazma ve bulma testi, hafıza ayırımı ve erişimi testi, MMX (Multimedia Extensions) testi, DirectX 3d grafik testi gibi uygulamaları barındırmaktadır. Programın test sonucu olarak hesapladığı değerlendirme puanı sistemin performansı hakkında bilgi vermekte olup, ne kadar

yüksek ise sistemin o kadar hızlı olduğunu ifade etmektedir. Değerlendirme puanının işlemci için verilen hesaplama formülü aşağıdaki gibidir.

$$\text{CPU PassMark Rating} = 1 / ((1 / (\text{CPU Rating} * 0.396566187)) \quad (5.1)$$

Bu formülde her değere belli bir ağırlık uygulandıktan sonra ters çevrilmekte, bu ağırlıklı değerlerin ortalaması alınıp tekrar ters çevrilerek bir derecelendirme değeri üretilmektedir. Bu formülasyonun en önemli özelliği, elde edilen değerlerden bir tanesi ortalamaların çok üzerinde olduğunda, bunun derecelendirme değerini çok fazla yukarı çekmemesi, bununla birlikte değerlerden birisi ortalamaların çok altında gerçekleştiğinde bunun sonucu önemli ölçüde aşağı çekebilmesidir. Böylece iyi bir sistem derecesi elde edebilmek için sistemdeki tüm birimlerin iyi skorlar üretebilmesi gerekecektir [33].

Çalışmamızda CPU BurnIn Test programı ile %100 yük altında çalıştırdığımız sunucu sisteminin sıcaklık değerleri Speed Fan programı ile okunurken, performansındaki değişimleri de Performance Test programı ile izleyerek değişik soğutma koşulları altında anlamlı bir değerlendirme yapabilme imkânı sağlanmıştır.

BÖLÜM 6

DENEYSEL SONUÇLAR

Deneysel sonuçlar elde edilirken, BurnIn test programı ile sunucunun sürekli (%100) iş yükü ile çalışması sağlanmıştır. Bu tam yüklü çalışma sürecinde Speed Fan yazılım programı ile anakart ve işlemcinin sıcaklıkları izlenmiş ve yazılım programının içyapısındaki MS Excel tablosuna kaydettiği değerler ile sıcaklık – zaman grafiği oluşturulmuştur.

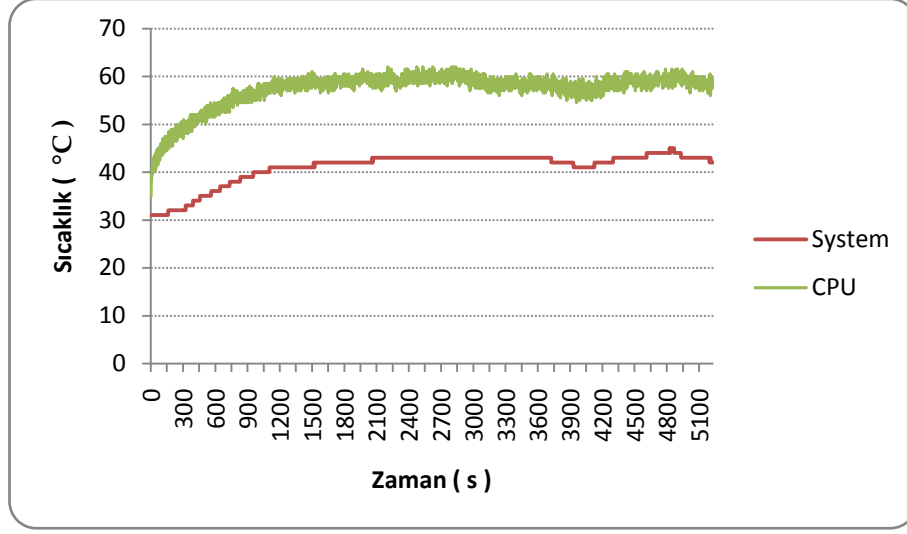
Daha sonraki aşamada Performance Test (64-bit) programı ile belli zaman aralığında değişen iş yükleri ile işlemcinin performansı izlenmiş ve değerler arayüz olarak ekrana bilgisayar ekranına aktarılmıştır.

Deneyler 25 °C oda sıcaklığında yapılmıştır. Her bir deney için BurnIn Test Programı yaklaşık 1,5 saat çalıştırılmıştır. Speed Fan yazılım programı veri tablosundan alınan 1,5 saatlik sıcaklık – zaman grafikleri incelenmiştir. Performans testi yaklaşık 5,5 dakika uygulama süresine sahiptir ve yazılım tarafından yapılan hesaplamaların rakamsal sonuçları verilmiştir.

6.1. ISI YAYICI SOĞUTMA DENEYİ

Sunucunun üzerinde mevcut bulunan, işlemci ve kuzey köprüsü için kullandığı ısı yayıcılar ve donanımları ile yapılan bu test sonucunda sıcaklık – zaman grafiği ve performans değeri elde edilmiştir. İşlemci için kullanılan ısı yayıcının üzerinde topladığı mevcut ısıyı dışarıya atmak amacıyla bir fan kullanılmıştır.

Deney oda sıcaklığında 25 °C’ de yapılmıştır. Deneyin 1 saatlik zaman sürecinde, anakart (System) ve işlemci (CPU) üzerinde kullanılan ısı yayıcı (heatsink) soğutucuları ile yapılan soğutmada Şekil 6.1’deki grafik elde edilmiştir.



Şekil 6.1. Isı Yayıcı soğutma sisteminin işlemci ve anakart üzerine etkisi.

Bu grafikte işlemcinin ortalama $57,42^{\circ}\text{C}$ sıcaklık değerine ulaştığı saptanmıştır. İşlemcinin ulaştığı maksimum sıcaklık değeri 62°C olarak belirlenmiştir.

Grafik sonucunda elde edilen ortalama anakart sıcaklığı ise $41,08^{\circ}\text{C}$ 'dir. Anakartın ulaştığı maksimum sıcaklık değeri 45°C olarak belirlenmiştir.

6.2. SU SOĞUTMA SİSTEMİ SOĞUTMA DENEYİ

Bu proje için temin edilen su soğutma sistemi sunucuya monte edilmiştir.

Bilgisayarların işlemci ve kuzey köprüsünü soğutmak amacıyla tasarlanan su soğutma sisteminde kullanılan malzemeleri ısı iletim değeri yüksek bakır bloklar, radyatör, su pompası, konektörler, su hortumları, su akışının izlenebildiği akış göstergesi ve su deposu olarak sıralayabiliriz. Bu soğutma sisteminin çalışması için gerekli gerilim olan 12 V sunucunun güç kaynağından sağlanmıştır. Su soğutma sistemi içinde 12 V gerilime haiz pompa ve fan donanımları mevcuttur.

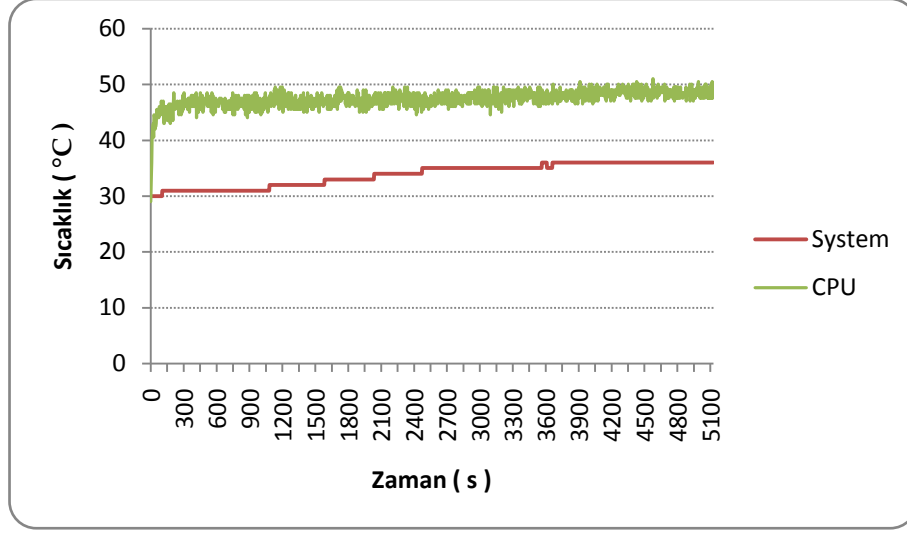
Bu test için öncelikle sunucu bilgisayarın işlemci ve kuzey köprüsüne ait ısı yayıcı donanımları çıkartılmıştır. Komple bakırdan imal edilmiş olan soğutma blokları bağlantı aparatları ile işlemci ve kuzey köprüsü üzerine monte edilmiştir.



Şekil 6.2. Su soğutma sisteminin sunucu anakartına monte edilişi.

Sıvı tankında bulunan su pompa yardımıyla su hortumlarından geçerek sisteme aktarılır. Soğutma bloklarında bulunan konektör bağlantı uçlarına monte edilen hortumlar yardımıyla sıvı bir konektörden soğutulacak olan işlemci üzerindeki bakır bloğa girer. Daha sonra işlemcinin diğer konektörü vasıtasıyla önce kuzey köprüsüne sonra da soğutulmak üzere radyatöre gönderilir. Bu şekilde oluşturulan bir kapalı çevrim sıvı döngüsü ile ısınan bilgisayar donanımı üzerindeki sıcaklığın düşürülmesi amaçlanmıştır.

Deney oda sıcaklığında 25 °C' de yapılmıştır. Deneyin 1 saatlik zaman sürecinde, anakart (System) ve işlemci (CPU) üzerinde kullanılan su soğutma sistemi ile yapılan soğutmada Şekil 6.3'deki grafik elde edilmiştir.



Şekil 6.3. Su soğutma sisteminin işlemci ve anakart üzerine etkisi.

Bu grafikte işlemcinin ortalama 47,35 °C sıcaklık değerine ulaştığı saptanmıştır. İşlemcinin ulaştığı maksimum sıcaklık değeri 51 °C olarak belirlenmiştir.

Grafik sonucunda elde edilen ortalama anakart sıcaklığı ise 33,82 °C'dir. Anakartın ulaştığı maksimum sıcaklık değeri 36 °C olarak belirlenmiştir.

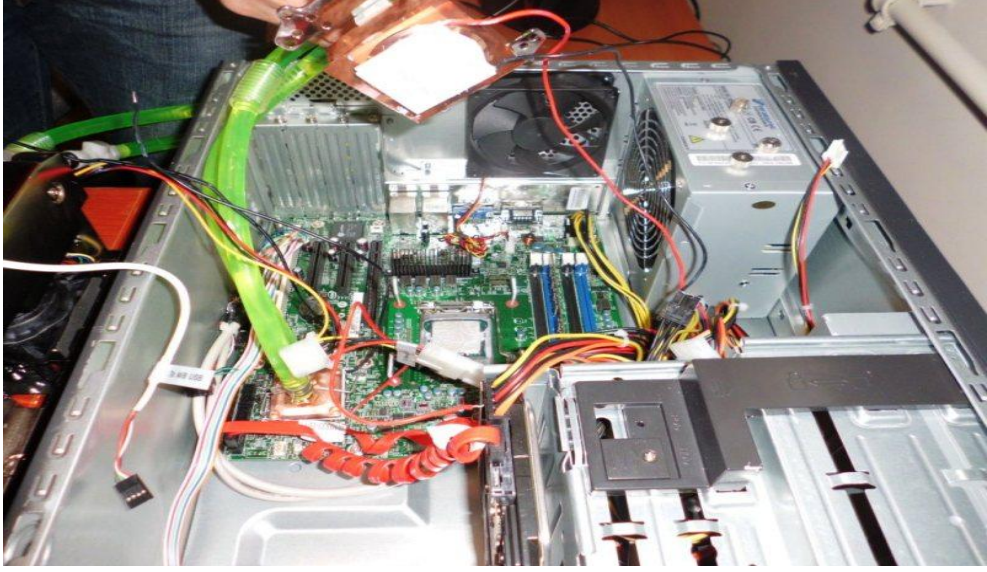
6.3. PELTİER SOĞUTMA DENEYİ

Bu deney için, sunucuya ait işlemci ve kuzey köprüsü yonga setini soğutmak amacıyla, 12 V gerilim altında, 2 adet 90 W gücünde, 4*4*0,5 cm boyutunda TEC1–12706 modelinde Peltier modül kullanılmıştır.

Peltier'in bağlantı uçlarına doğru gerilim uyguladığında ısınan yüzeydeki sıcaklık bir süre sonra soğuyan yüzeydeki sıcaklığı etkileyip, modüle zarar verebilmektedir.[3] Bu sebeple modülü korumak ve modülün soğuyan yüzeyinden en iyi performansı almak için, bu deneyde ısınan yüzeyin soğutulması işlemi su soğutma sistemini kullanılarak yapılmıştır.

Deneye başlarken, su soğutma sistemi deneyinde kullanılan sunucu bilgisayara ait işlemci ve kuzey köprüsü üzerindeki bakır soğutma blokları çıkartılmıştır.

Bilgisayarın güç kaynağından sağlanan 12 V gerilim ile TEC1-12706 Peltier modüllerin sıcak ve soğuk yüzeyleri tespit edildikten sonra, soğuk yüzeyleri işlemci ve yonga seti üzerine gelecek şekilde monte edilmiştir. Bu durum Şekil 6.4 ve Şekil 6.5'te verilmiştir. Daha sonra Peltier modülün sıcak yüzeyi üzerine su soğutma sistemine ait bakır bloklar monte edilmiştir.

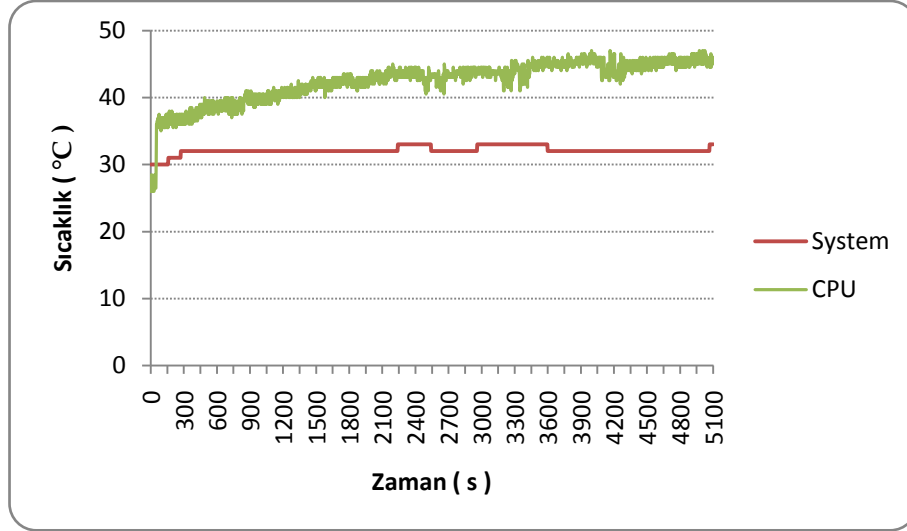


Şekil 6.4. Peltier modülün işlemci üzerine monte edilmesi.



Şekil 6.5. Peltier modülün kuzey köprüsü üzerine monte edilmesi.

TEC1–12706 Peltier modüllere 12 V doğru gerilim bilgisayarın güç kaynağından alınarak deney başlatılmıştır. Deney oda sıcaklığında 25 °C’ de yapılmıştır. Deneyin 1 saatlik zaman sürecinde, anakart (System) ve işlemci (CPU) üzerinde kullanılan Termoelektrik soğutucu ile yapılan soğutmada Şekil 6.6’daki grafik elde edilmiştir.



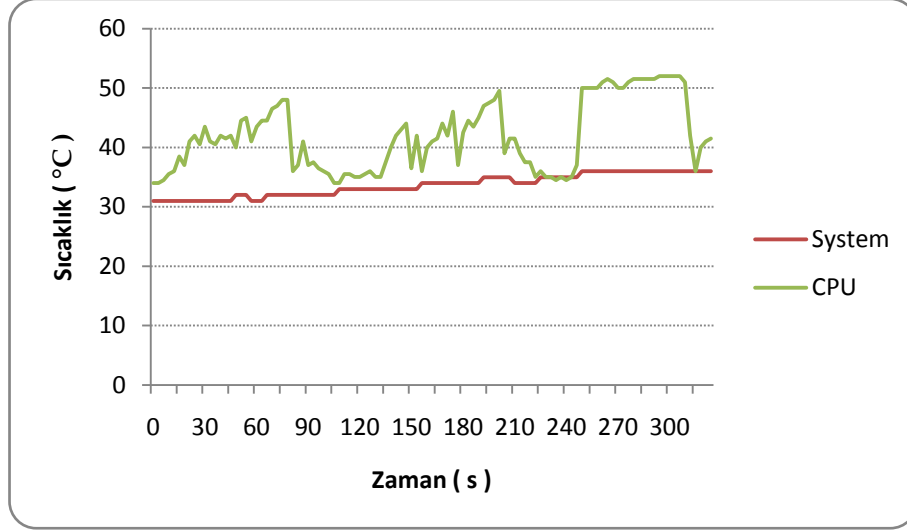
Şekil 6.6. Peltier modülün işlemci ve anakart üzerine etkisi.

Bu grafikte işlemcinin ortalama 42,5 °C sıcaklık değerine ulaştığı saptanmıştır. İşlemcinin ulaştığı maksimum sıcaklık değeri 47 °C olarak belirlenmiştir.

Grafik sonucunda elde edilen ortalama anakart sıcaklığı ise 32,12 °C’dir. Anakartın ulaştığı maksimum sıcaklık değeri 33 °C olarak belirlenmiştir.

6.4. ISI YAYICI PERFORMANS DENEYİ

Performans Test ile yapılan deneyler sonucu ısı yayıcı sistemi için elde edilen grafik Şekil 6.7’de verilmiştir. Ayrıca grafik sonucunda, işlemci ve anakarta ait ortalama ve en yüksek sıcaklık değerleri belirtilmiştir. Son olarak Performans testi sonucunda işlemci üzerinde elde edilen performans, değerlendirme puanı formülü ile hesaplanarak verilmiştir.



Şekil 6.7. Isı yayıcı sistemi performans deney sonuçları

İşlemcinin ortalama sıcaklık değeri : 41,92°C

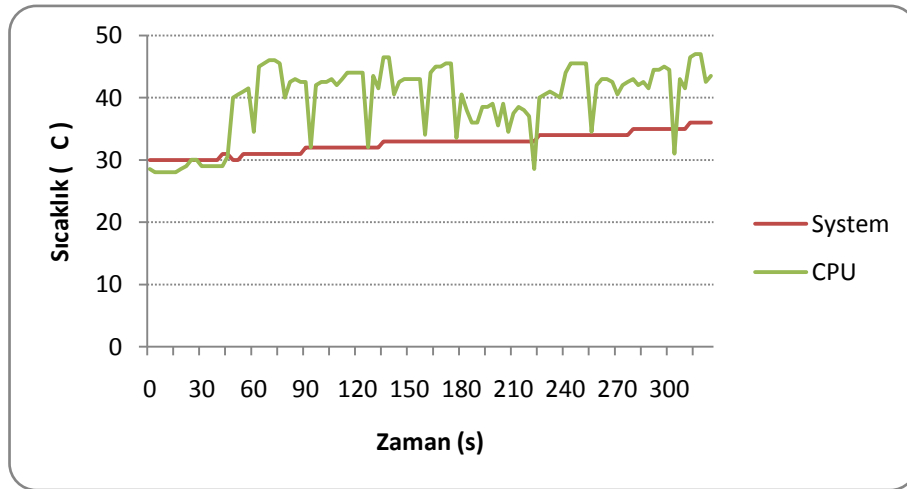
İşlemcinin ulaştığı en yüksek sıcaklık değeri : 52 °C

Anakartın ortalama sıcaklığı : 33,63 °C

Anakartın ulaştığı en yüksek sıcaklık değeri : 36 °C

CPU PassMark Rating = $1 / (((1 / (\text{CPU Rating} * 0.396566187))) = 1701.2$

6.5. SU SOĞUTMA SİSTEMİ PERFORMANS DENEYİ



Şekil 6.8. Su soğutma sistemi performans deney sonuçları.

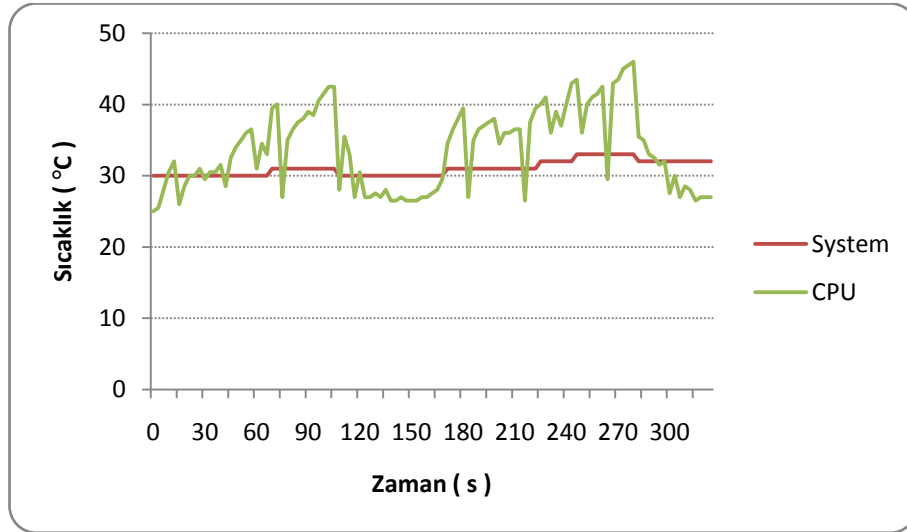
Performans Test ile yapılan deneyler sonucu, su soğutma sistemi için elde edilen grafik Şekil 6.7’de verilmiştir. Bu grafik sonucunda elde edilen değerler aşağıdaki gibidir.

İşlemcinin ortalama sıcaklık değeri	: 38,9 °C
İşlemcinin ulaştığı maksimum sıcaklık değeri	: 47 °C
Ortalama anakart sıcaklığı	: 32,62 °C
Anakartın ulaştığı maksimum sıcaklık değeri	: 35 °C

İşlemci üzerindeki performans değeri (PassMark Rating), formül ile hesaplanarak aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$\text{CPU PassMark Rating} = 1 / (((1 / (\text{CPU Rating} * 0.396566187))) = 2005.4$$

6.6. PELTIER PERFORMANS DENEYİ



Şekil 6.9. Peltier performans deney sonuçları

Performans Test ile yapılan deneyler sonucu termoelektrik soğutma sistemine ait grafik Şekil 6.7’de verilmiştir. Bu grafik sonucunda elde edilen değerler aşağıdaki gibidir.

İşlemcinin ortalama sıcaklık değeri	: 33,57 °C
İşlemcinin ulaştığı maksimum sıcaklık değeri	: 46 °C
Ortalama anakart sıcaklığı	: 31,01 °C
Anakartın ulaştığı maksimum sıcaklık değeri	: 33 °C

İşlemci üzerindeki performans değeri (PassMark Rating) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{CPU PassMark Rating} = 1 / (((1 / (\text{CPU Rating} * 0.396566187))) = 2037.2$$

BÖLÜM 7

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada server olarak da bilinen sunucu bilgisayarın yoğun işlem yükü sebebiyle işlemci ve anakartları üzerinde bu donanımlara uzun vadede zarar verebilecek boyuta ulaşabilen sıcaklığın azaltılması ve bu sıcaklığın sunucuların performansları üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu araştırma doğrultusunda işlemci ve anakart sıcaklığını en çok etkileyen kuzey köprüsü yonga seti üzerine üç farklı soğutma modeli uygulanmıştır.

Isı yayıcı, su soğutma sistemi ve termoelektrik soğutucu (Peltier) ile sunucu tam yüklü çalışma altında iken yapılan deneyler sonucunda Çizelge 7.1'deki tablo elde edilmiştir.

Çizelge 7.1. Tam yük altında elde edilen CPU ve anakart sıcaklıkları [16].

	Max. CPU Sıcaklığı (°C)	Max. Anakart Sıcaklığı (°C)	Ortalama CPU sıcaklığı (°C)	Ortalama Anakart Sıcaklığı (°C)
Isı Yayıcı	62	45	57.42	41.08
Su Soğutma Sistemi	51	36	47.35	33.82
Termoelektrik Soğutucu	47	33	42.5	32.12

Sunucuyu değişen iş yükleri altında çalıştırarak elde edilen performans değerleri incelendiğinde Çizelge 7.2'deki tablo elde edilmiştir.

Çizelge 7.2. Değişen iş yükleri altında elde edilen CPU ve anakart sıcaklıkları ile CPU performans değerleri

	Max. CPU Sıcaklığı (°C)	Max. Anakart Sıcaklığı (°C)	Performans (CPU PassMark Rating)	Ortalama CPU sıcaklığı (°C)	Ortalama Anakart Sıcaklığı (°C)
Isı Yayıcı	52	36	1701.2	41.92	33.63
Su Soğutma Sistemi	47	35	2005.4	38.9	32.66
Termoelektrik Soğutucu	46	33	2037.2	33.57	31.01

Deneyler sonucunda elde edilen veriler ışığında ortaya çıkan sonuçları şu şekilde sıralayabiliriz.

- Isı yayıcı soğutma sistemi ile yapılan deney sonucunda elde edilen ortalama işlemci sıcaklığı, su soğutmalı sisteme göre yaklaşık 10 °C, termoelektrik soğutma sistemine göre ise 15 °C yüksek gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar sıcaklık anlamında ısı yayıcı soğutma sisteminin, su soğutma sistemi ve termoelektrik soğutma sistemine göre daha yetersiz olduğunu göstermektedir.
- Bu değerler ortalama işlemci sıcaklıkları ile ters orantılı olarak gerçekleşmiştir, yani daha düşük ortalama işlemci sıcaklığı elde ettiğimiz termoelektrik soğutuculu sistemin en yüksek performansı sunduğu gözlenmiştir.
- Termoelektrik soğutma sistemi ve su soğutma sistemi arasındaki ortalama 5 °C sıcaklık (termoelektrik sistem daha soğuk) ve 32 PassMark derecelendirme (termoelektrik sistem daha performanslı) farkı, termoelektrik soğutucunun sisteme adaptasyonunun özellikle ısınma sorunu yaşıyan sunucu sistemler için uygun bir alternatif olduğunu ortaya koymaktadır.

- Termoelektrik modüllerin düşük sayılabilecek maliyetleri, sistemde kullanılabilirliğini olumlu etkilemektedir.
- Sistem ve işlemci sıcaklıklarının ulaşabildiği maksimum sıcaklık değerlerini düşürdüğü için sisteme zarar verici sıcaklıkların oluşmasını önlemesi bakımından termoelektrik soğutuculu sistem daha üstündür. Uzun vadede bu avantajın korunması açısından sistemin sağlıklı çalışmasını engelleyebilecek etkenlerin bertaraf edilmesi şarttır. Bunlar modülü etrafında buz ya da nem oluşumu, termoelektrik modülle ısı temas halindeki su soğutma sisteminde oluşabilecek su kaçaqları ve sistemin çektiği güç daha fazla olacağı için güç kaynağının bu farkı tölere edebilecek özellikte olması gereğidir.

Termoelektrik soğutma sisteminin daha etkin kullanımına yönelik değişiklikler yapılması durumunda hem sistemin daha az güç harcaması, hem de daha etkin soğutmanın sağlanması mümkün olabilir. Buna yönelik olarak öncelikle bir kontrol ünitesi tasarlanması gerekir. Peltier modülün ısınan tarafının sıcaklığı soğuk tarafını etkileyebilecek düzeyde olmadığına, modüle bağlı olan su soğutma kısmının çevrimi durdurulabilir. Buna ek olarak düşük işlem yükü altında aşırı soğuyabilen Peltier modülün devre dışı bırakılması da güç sarfiyatını düşürecektir. Bu kontrol mekanizmalarının gerçekleştirilebilmesi, sistemden bir yazılım ile alınacak işlemci ve anakart sıcaklıklarının sürekli kontrol edilerek gerekli durumlarda USB portundan sağlanacak olan kontrol sinyalleri ile mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Rowe, D. M., "Application of thermoelectric cooling", *CRC Handbook of Thermoelectrics*, **CRC Press Inc.**, Boca Raton, 617- 683, (1995).
2. Çiçek, O., Demirel, H. ve Tan, S. O., "Termoelektrik modüllü kan nakil kabı tasarımı", *Journal of Technology*, 14(4), Karabük, 115-121 (2011).
3. Demirel, H., "Sıçanlar için sıcaklık kontrollü hipotermiya sisteminin tasarımı ve gerçekleştirilmesi", *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük, 276–281, (2009).
4. Stockholm, J. G., "Current state of peltier cooling", *IEEE 16th International Conference on Thermoelectrics*, Germany, 37–46, (1997).
5. Völklein, F., Gao, M. and Rowe, D. M., "Modelling of a microelectromechanical thermoelectric cooler", *Sensors and Actuators* 75: 95-101, (1999).
6. Kırmacı, V., "Termoelektrik soğutma etkisinin soğutmada kullanılması", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-5 (2002).
7. Kim, K. S., Won, M. H., Kim, J. W. and Back, B. J., "Heat pipe cooling technology for desktop PC CPU", *Applied Thermal Engineering* 23: 1137–1144, (2003).
8. Cıylan, B., Ahıska, R., Savas, Y. ve Güler, İ., "Standart termoelektrik modülün Z parametresinin ölçülmesi için yeni yöntem ve yeni sistem", *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Ankara, 19 (4): 467-473 (2004).
9. Gao, M., and Rowe, D. M. "Experimental evaluation of prototype thermoelectric domestic refrigerators", *Applied Energy*, Spain, 133-152 (2006).
10. Chein, R., Chen, Y. "Performances of thermoelectric cooler integrated with microchannel heat sinks", *International Journal of Refrigeration* , Taiwan, 28: 829-830 (2005).
11. Ikeda, M., Nakamura, T., Kimura, Y. and Noda, H. "Thermal performance of thermoelectric cooler (TEC) integrated heat sink and optimizing structure for low acoustic noise / power consumption", *22nd IEEE Semi-Therm Symposium*, Dallas, 144-151 (2006).

12. Upadhyaya, G., Munch, M., Zhou, P., Hom, J., Werner, D. and Cooligy, M. M., "Micro-scale liquid cooling system for high heat flux processor cooling applications", *22nd IEEE Semi-Therm Symposium*, Dallas, 116-119 (2006).
13. Çakır, H., "Güneş piliyle elde edilen elektrik enerjisinin termoelektrik soğutmada kullanılması", Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Zonguldak, 1-32 (2006).
14. Abbas, T., Abdelsalam, K. M., and Khodairy, K. H., "CPU thermal management of personal and notebook computer", *Thermal Issues in Emerging Technologies*, ThETA 3, Cairo, Egypt, 85-93 (2010).
15. Yalçınkaya, G., "Termoelektrik modül ile soğutma ve deneysel elektrik üretimi", Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, 34-44 (2008).
16. Yıldırım, G., ve Kalecik, O., "Güç elemanlarında soğutma sistemlerinin incelenmesi", Ders Projesi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü*, İstanbul, 1-45 (2007).
17. Megep Eğitim Modülleri, "*İşlemciler (MEB)*", Ankara, 31-36 (2007).
18. Kraus, A. D. and Cohen, A., "Thermal analysis and control of the electronic equipment", *Mc Graw Hill*, New York, 11-19 (1983).
19. Davis, M., Weymouth, R. and Clarke, P., "Thermoelectric CPU Cooling using High Efficiency Liquid Flow Heat Exchangers", *Hydrocool Pty Ltd*, Fremantle, Australia, 1-5 (2005).
20. Rowe D. M. and Bhandari C. M., "Modern Thermoelectrics", *Holt, Rinehart and Winston*, New York, 1-12 (1983).
21. Yacobi, B. G., "Semiconductor Materials: An Introduction to Basic Principles", *Kluwer Academic / Plenum Publishers*, New York, 2-4 (2003).
22. Derun, E. M., "Sb₂Te₃ Ve Bi₂Te₃ içerikli bileşiklerin termoelektrik, yapısal ve mikroyapısal özelliklerinin incelenmesi" Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 18-32 (2005).
23. Huang, M. J., Yen, R. H. and Wang, A., "The influence of the thompson effect on the performance of a thermoelectric cooler", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 48: 413–418 (2005).
24. Bulut, H., "Termoelektrik soğutma sistemleri", Soğutma Dünyası, *Harran Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü*, Şanlıurfa, 9-16 (2005).

25. Riffat, S. B. and Xiaoli, M., “Thermoelectrics: A review of present and potential applications” *Applied Thermal Engineering*, 23: 913-935 (2003).
26. Chung, M., Miskovsky, N. M., Cutler, P. H., Kumar, N. and Patel, V., “Theoretical analysis of field emission enhanced semiconductor thermoelectric cooler”, *Solid-State Electronics*, 47: 745-1751, (2003).
27. Huang, B. J., Chin C. J. and Duang, C. L., “A design method of thermoelectric cooler”, *International Journal of Refrigeration*, 23, 208-218 (2000).
28. Erşan, A. K., “Termoelektrik soğutucular (TEC)”, *Gazi Üniversitesi Otomotiv Bilim ve Teknolojiler Topluluğu*, Ankara, 50-57 (2002).
29. Godfrey, S., “An introduction to thermoelectric coolers”, *Electronics Cooling*, Trenton, 2-3 (1996).
30. İnternet:, PC Labs “Sunucu Sistemlere Genel Bakış”, <http://www.pclabs.com.tr/2005/02/28/sunucuserver-sistemlere-genel-bakis>, (2005).
31. İnternet: Passmark Software “BurnIn Test V 7.0 Users Guide”, http://www.passmark.com/download/bit_download.htm, (2012).
32. İnternet: Speed Fan Access Temperature Sensor “What is Speed Fan” <http://www.almico.com/speedfan.php>, (2012).
33. İnternet: Passmark Software “Performance Test Easy PC Benchmarking” <http://www.passmark.com/products/pt.htm>, (2012).
34. İntenet: Hebeiltd Data Sheet “Tec1-12706’Modülüne Ait Fabrika Verileri”, <http://www.hebeiltd.com.cn/peltier.datasheet/TEC1-12706.pdf> (2008).

EK AÇIKLAMALAR A.

ÜRÜN KATALOG BİLGİLERİ

Çizelge EK A. 1. Su soğutma sistemi ürün bilgileri.

3 U Yuvası	Ölçüler	249.5mm(L) X 149mm(W) X 128mm(H)
	Ağırlık	1.74(kg)
Uygulama	CPU	AMD AM2/AM2+
		AMD K8
		Intel LGA775
		Intel P4
İşlemci Bloğu	Materyal	Komple Bakır
	Ölçüler	58mm(L) X 58mm(W) X 35mm(H)
	Kolay Bağlantı Konnektörü	9.5mm için ID (3/8") aparatlar
	Ağırlık	318(g)
Pompa	Ölçüler	75(L) x 70(W) x 75(H) mm
	Yatak	Seramik Yatak
	Maksimum Kapasite	500 L/ saat
	Anma Gerilimi	DC 12V
	Giriş Akımı	600 mA
	Bağlantı	4 pin
	Gürültü	10 ~16 dBA
	Ömür	80000 hr (MTBF)
	Konnektör	4-Pin PWM function

Çizelge EK A. 1.(devam ediyor).

Radyatör	Ölçüler	153(L) x 120(W) x 28(H) mm
	Materyal	Alüminyum
	Boru Dizaynı	Alüminyum, Çukur
	Yaprak Dizaynı	Alüminyum, Panjurlu
	Borular & Hortum Kelepçesi	9.5mm için ID (3/8") hortumlar
Fan	Fan Ölçüleri	120(L) x 120(w) x 25(H) mm
	Fan Hızı	1600~2400 RPM
	Anma Gerilimi	12V
	Gürültü	10 ~20 dB
	Tahmini Ömür	30,000 hr
	Bağlantı	4-Pin PWM fonksiyonlu
Sıvı Tankı	Ölçüler	130.2 (L) x 107.2(W) x 51.5(H) mm
	Kapasite	530 c.c
Hortum	Ölçüler	9.5mm ID(3/8") hortum
	Materyal	Yeşil UV
Sıvı	Kapasite	1000 c.c
	Kullanılan Sıvı	Glikol Etilen

Çizelge EK A.2. Sunucu bilgisayar donanım özellikleri.

SUNUCU DONANIMLARI	DONANIM ÖZELLİKLERİ
İşlemci	Intel ® Xeon ® Quadcore, CPU E3-1220 V2 @ 3.10 GHZ
Anakart	Intel C202 Chipset Server
RAM	4 GB DDR3 ECC 1333 MHZ Bellek
HDD	500 GB Seagate 7200 Rpm 32 MB Cache NCQ
Sistem Türü	64 bit işletim sistemi

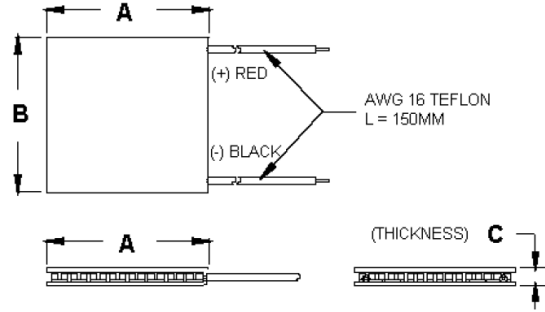
Çizelge EK A.3. Termoelektrik modül performans şartları.

Performans Şartları (Tec1-12706)		
Sıcak yüzey Sıcaklığı (°C)	25 (°C)	50 (°C)
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (°C)	66	75
Imax (apms)	6,4	6,4
Vmax (volts)	14,4	16,4
Modül direnci (ohms)	1,98	2,30

Şekil EK A.1. TEC1-12706 yapısal özellikleri [34].



TEC1-12706



Ceramic Material: Alumina (Al_2O_3)
Solder Construction: 138°C, Bismuth Tin (BiSn)

Size table:

A	B	C			
40	40	3.8			

ÖZGEÇMİŞ

Serhat Orkun TAN 1979 yılında Karabük'te doğdu. İlköğretimini Karabük Şirinevler İlkokulu'nda, ortaokul ve lise öğrenimini Karabük Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 1998 yılında Gaziantep Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2005 yılında iyi derece ile mezun oldu. 2005 yılında Ereğli Demir Çelik Fabrikası Çelikhane Müdürlüğü Elektrik Bakım Bölümünde Elektrik Mühendisi olarak göreve başladı. 2009 yılında askerlik görevi sebebiyle Ereğli'den ayrıldı. 2010 yılında askerlik hizmetini tamamladıktan sonra Gebze'de NOV ASEP ELMAR adlı şirkette Üretim Mühendisi olarak göreve başladı. 2011 yılında Karabük Üniversitesi Meslek Yüksekokulu'nda göreve başladı ve halen aynı yerde çalışmaya devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Karabük Üniversitesi
Meslek Yüksek Okulu
Balıklarkayası Mevkii / KARABÜK

Tel : (544) 544 2156

E-posta : serhatorkun@yahoo.com