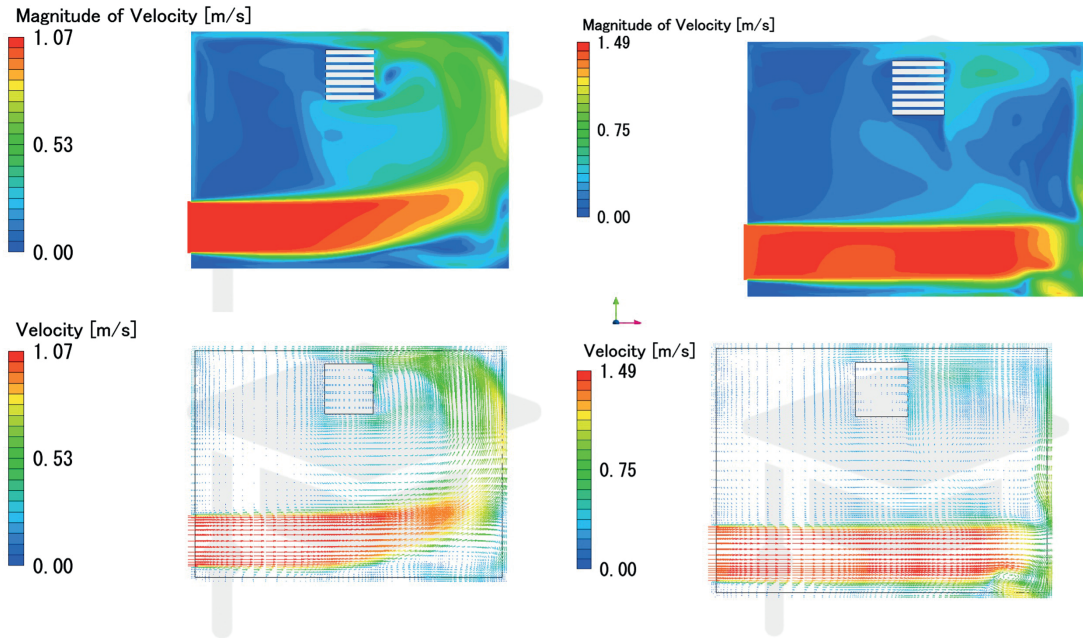


TEKNİK DOKÜMAN



Bu çalışmada, bir termo-akış analizi kullanılarak fan konumunun soğutma verimliliğine etkisi incelenmiştir. Analiz, bir akrilik kasaya yerleştirilen cam epoksi levhanın, seramik bir ısıtıcı ile ısıtılması ve soğutma fanları ile soğutulması üzerine odaklanmıştır. Test düzeneği ile analiz sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır.



Termo-Akış Doğrulama Çalışması

PREPARED BY	EDITED\CHECKED BY
Yasin Karaçif Edanur Yıldırım Aday Mühendis	M. Ahmet Kozanoğlu CAE Takım Lideri

Tarih:22/10/2024

Özet

Bu çalışmada, bir termo-akış analizi kullanılarak fan konumunun soğutma verimliliğine etkisi incelenmiştir. Analiz, bir akrilik kasaya yerleştirilen cam epoksi levhanın, seramik bir ısıtıcı ile ısıtılması ve soğutma fanları ile soğutulması üzerine odaklanmıştır. Soğutma düzeneğinde fan pozisyonu değiştirilerek iki farklı durum karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular, soğutma verimliliği ve termal yönetim stratejileri açısından önemli bilgiler sunmakta ve cihazların güvenli çalışma koşullarının sağlanmasına katkıda bulunmaktadır. Yüksek sıcaklıklara yol açan faktörler ve cihazlarda aşırı ısınma sorunu, elektronik cihazların çalışma güvenliğini ve ömrünü etkileyen kritik bir sorundur. Aşırı ısınma hem termal kaçaklara hem de cihazın zorla kapanmasına neden olabilir.

Giriş

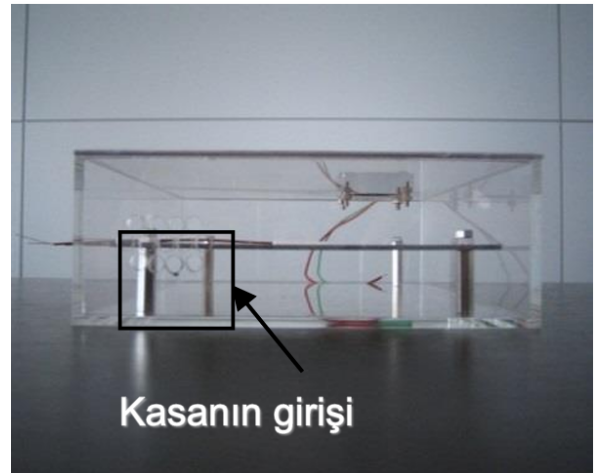
Termal yönetim, günümüzde özellikle elektronik cihazların artan güç tüketimi ve yüksek montaj yoğunluğu nedeniyle önemli bir problem haline gelmiştir. Cihazların aşırı ısınması, güvenlik önlemlerinin tetiklenmesine ve cihaz ömrünün ksalmasına yol açabilir. Özellikle cihazların güvenli çalışma sıcaklık aralığında tutulabilmesi, kullanıcı güvenliği ve cihaz ömrü açısından kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, doğrulama çalışmaları, bir sistemin veya modelin gerçek dünya koşullarında beklenen performansını test etmek amacıyla

gerçekleştirilir ve devamında, elde edilen simülasyon sonuçlarının fiziksel deneylerle karşılaştırılması ve bu sonuçların geçerliliğinin kontrol edilmesi sürecidir.

Termo-akış analizleri, fiziksel ölçümün zor olduğu durumlarda, özellikle karmaşık geometrilere sahip sistemlerde, sıcaklık dağılımını ve hava akışını detaylı bir şekilde görselleştirmeye olanak tanır. Bu doğrulama çalışmasında ısı akışı analizini yapabilmek adına Cradle CFD scSTREAM yazılımı tercih edilmiştir.

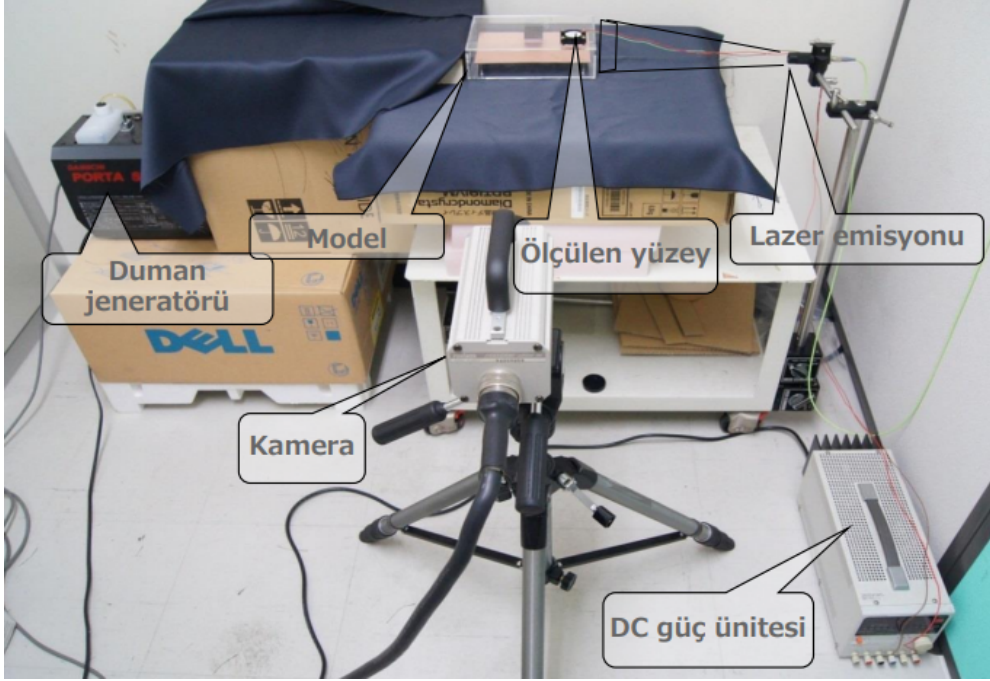
Bu çalışmada, cam epoksi bir kasa içinde yer alan yapı, seramik bir ısıtıcı ile ısıtılarak iki farklı fan konumunun soğutma performansı üzerinde etkileri karşılaştırılmıştır. Fan konumunun kanatçıkların yakınına ve uzağına yerleştirildiği iki farklı senaryo incelenmiştir. Amaç, soğutma sisteminin daha verimli çalışması için fanın en uygun yerleşim pozisyonunu bulmaktır. Elde edilen sonuçlar, sistem tasarımının soğutma performansını optimize etmek ve cihazın aşırı ısınma sorunlarını minimize etmek için kullanılır. Bu sayede sayısal simülasyon yöntemleri, zamandan ve maliyetten tasarruf sağlayarak fiziksel deneylerin önüne geçebilecek nitelikte sonuçlar sunmaktadır.

Yöntem



ŞEKİL 1: MODELİN GENEL GÖRÜNÜMÜ

Gerçek durum testinde kullanılan model Şekil 1’deki gibidir. Model, akrilik kasa içerisinde $0.06 \text{ mm}^3/dk$ akış debisinde bir soğutucu, üzerinde 2W gücünde bir işlemci ve spesifik boyutlarda kanatçıklar bulunan cam epoksi levha içerir.



ŞEKİL 2: TEST DÜZENEGİ

Şekil 2’de gösterilen test düzeneği aşağıda sıralanan ekipmanları da içermektedir.

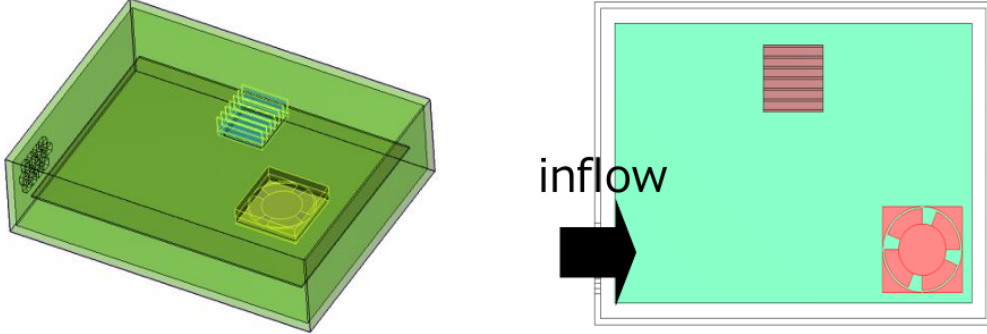
- Yüksek Hızlı Kamera (Monochrome)
FASTCAM ultima-SE (PHOTRON)
FRAM RATE 4500FPS
256dot x 256dot
- Lens
25 mm f/0.95
- Lazer
3W 532nm (MELLES GRIOT)
- Duman
PORTA SMOKE PS-2001
(DAINICHI)

Ekipman konfigürasyonu aşağıdaki gibidir.

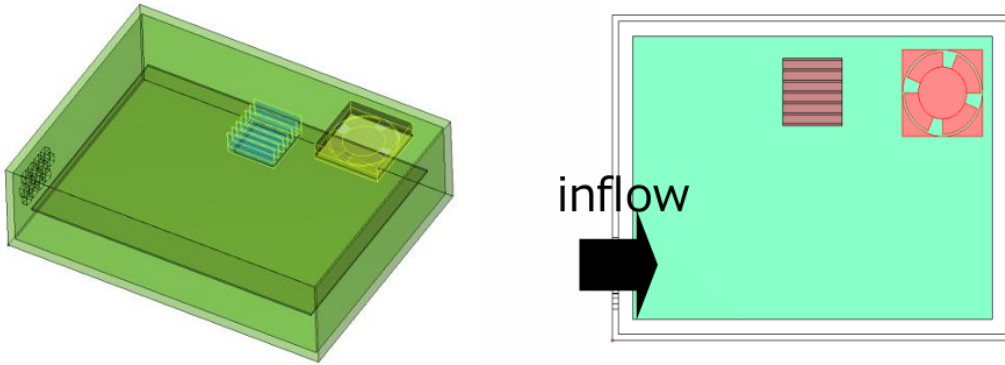
- Fan Çalışma Gücü: 4.0V
- Isı İletim Levhası: $2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$

$t=0.5\text{mm}$

- Seramik İşlemci: 7.0W



ŞEKİL 3: FANIN ISITICIYA YAKIN OLDUĞU DURUM (DURUM 1)



ŞEKİL 4: FANIN ISITICIYA UZAK OLDUĞU DURUM (DURUM 2)

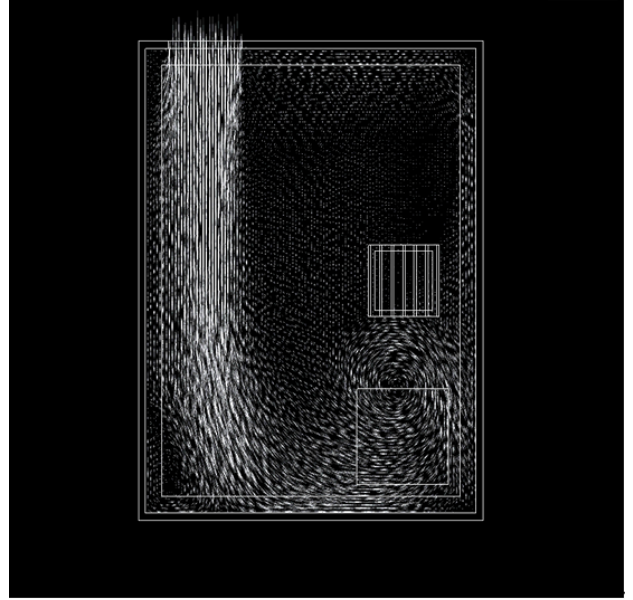
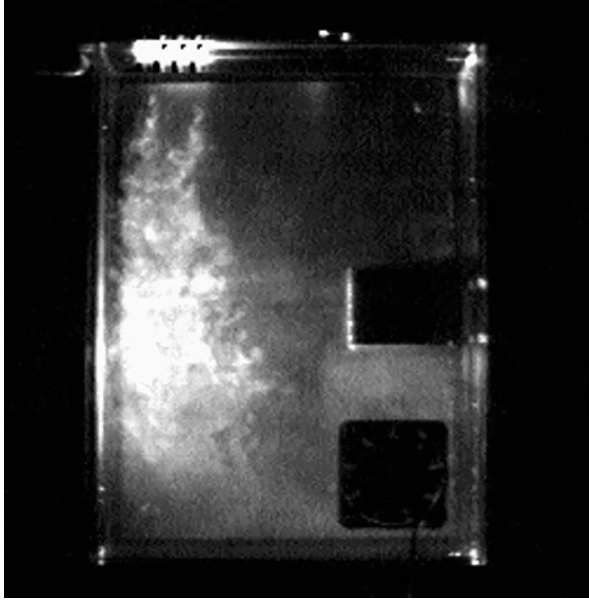
Yapılan deneyde ve analizde Şekil 3 ve 4'teki iki model kullanılarak aşağıdaki parametreler ölçülebilir.

- işlemcinin ortalama ve maksimum sıcaklığı
- fanın, işlemcinin ısını ne kadar alana yaydığı
- fanın hızlandığı havanın hızı

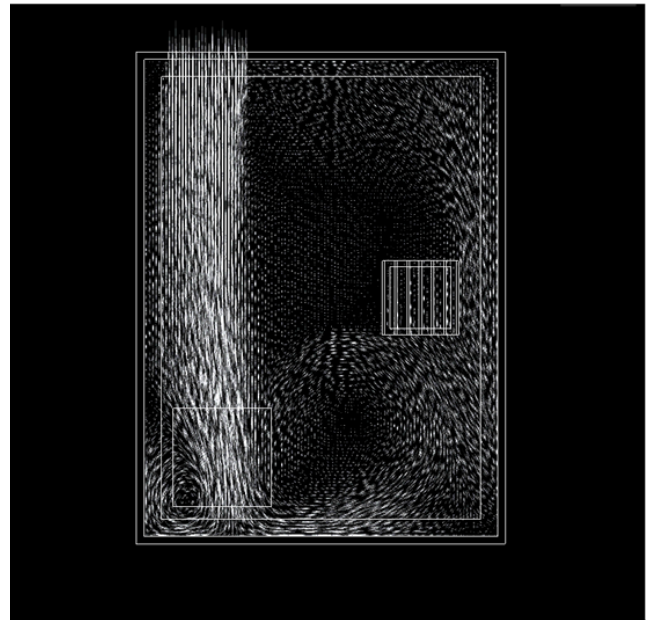
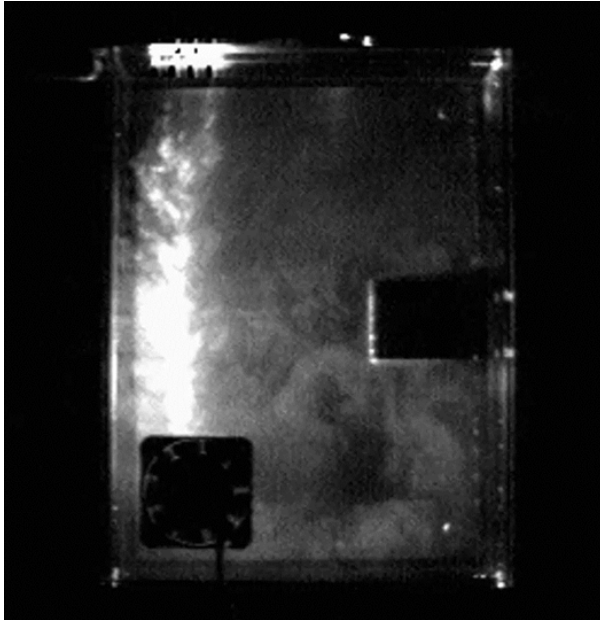
Ölçülen değerler ve analiz sonuçları karşılaştırılarak optimizasyon yapılır ve sistemin daha verimli hale getirilmesi için kullanılır.

Sonuçlar

Akış Alanı Görselleştirmesi



ŞEKİL 5: DURUM 1 İÇİN AKIŞ ALANIN PIV VE SİMÜLASYON İLE GÖRSELLEŞTİRİLMESİ



ŞEKİL 1: DURUM 2 İÇİN AKIŞ ALANIN PIV VE SİMÜLASYON İLE GÖRSELLEŞTİRİLMESİ

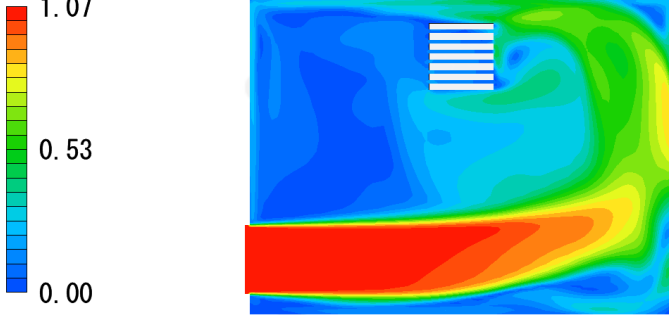
Şekil 5 ve 6 hem PIV (Parçacık Görüntüleme Hızölçer) hem de simülasyon sonuçları, fan tarafından üretilen girdap oluşumunu gösterir. Birinci durumda girdap, soğutma sisteminde türbülanslı bir hava akışı oluşturmakta, bu da ısıнын verimli bir şekilde dağılmasını zorlaştırmaktadır. Kanatçıklara yakın bölgede gözlemlenen hava hızı yönü, kanat yüzeyine neredeyse dik bir açıyla hareket etmektedir. Soğutma kanatçıkları arasında neredeyse hiç hava akışı olmadığı gözlemlenmiştir. Bu durum, kanatçıklar arasında yeterli hava dolaşımının olmaması nedeniyle sistemin etkin bir şekilde soğutulmadığını göstermektedir.

İkinci durumda ise fanın yeri değiştirilmiş ve soğutma performansında belirgin bir iyileşme kaydedilmiştir. Fan, kanatçıklara daha uygun bir konuma yerleştirildiğinde, hava akışının kanatçıklar arasından daha düzgün bir şekilde geçtiği gözlemlenmiştir. Bu yeni konum, kanatçıklar arasında daha fazla hava dolaşımı sağlayarak girdap oluşumunu azaltmış ve soğutma sisteminin verimliliğini artırmıştır. Bu düzenleme, sistemin sıcaklık kontrolünü daha etkili bir şekilde sağlayarak aşırı ısınma sorunlarını büyük ölçüde azaltmıştır.

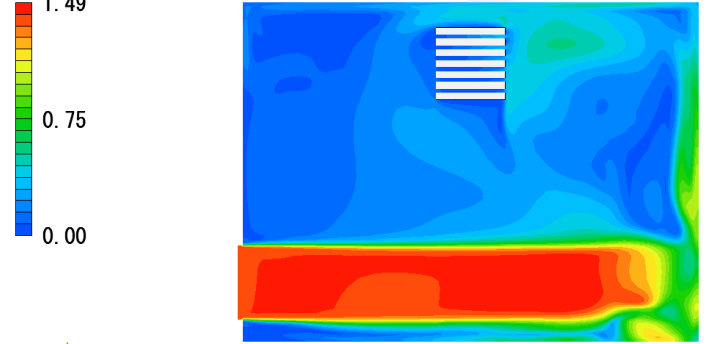
Bu deney, soğutma verimliliğinin fan konumuna göre büyük ölçüde değişebileceğini ortaya koymakta ve doğru fan yerleşiminin soğutma performansını optimize etmek açısından ne kadar kritik olduğunu vurgulamaktadır.

Akış Hızı Görselleştirilmesi

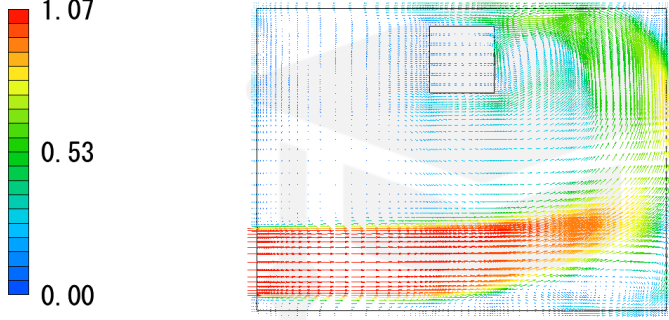
Magnitude of Velocity [m/s]



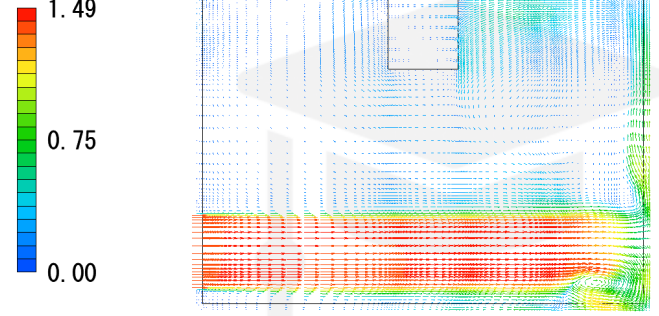
Magnitude of Velocity [m/s]



Velocity [m/s]



Velocity [m/s]



ŞEKİL 7: DURUM 1 İÇİN AKIŞ HIZI KONTUR VE VEKTÖR HARİTASI

ŞEKİL 8: DURUM 2 İÇİN AKIŞ HIZI KONTUR VE VEKTÖR HARİTASI

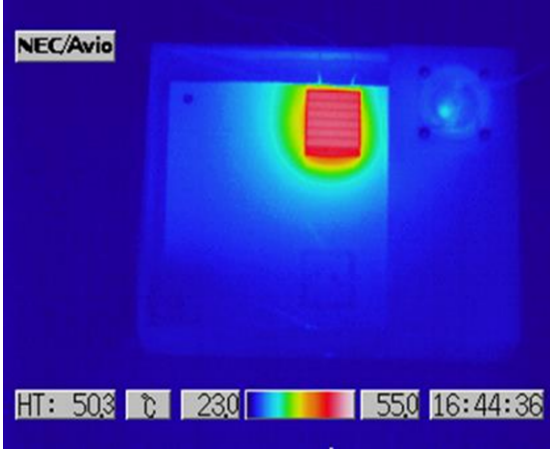
Deneyin ardından sayısal simülasyon yaparak, renkli kontur haritası kullanılarak hız büyüklüğünü görselleştirmek mümkündür. Şekil 7 ve 8'deki kontur haritaları, hız alanını renk kodlarıyla sunarak, girdapların yerini ve kanatçıklar arasındaki hızın büyüklüğünü net bir şekilde gösterir. 1. durumda, fanın yerleşimi nedeniyle hava akışının hızı daha yavaş görülmektedir. Ancak fan yakınındaki hava daha hızlıdır ve bu nedenle türbülanslı hava ve girdap oluşumuna neden olur. Bu durumda, kanatçıklar arasında yeterli hava akışı sağlanamaz, dolayısıyla soğutma verimi düşük kalır.

Ancak 2. durumda, fan yerinin değiştirilmesiyle birlikte hızın büyüklüğü belirgin şekilde artmış ve renkli kontur haritasında daha yüksek hızlar gözlemlenmiştir. Fanın bu yeni yerleşimi, hava akışını daha etkili bir şekilde kanatçıklar arasında yönlendirerek soğutma performansını artırmıştır. Özellikle, girdapların azalması ve hızın daha homojen dağılımı sayesinde, sistemdeki soğutma verimliliği kayda değer ölçüde iyileşmiştir.

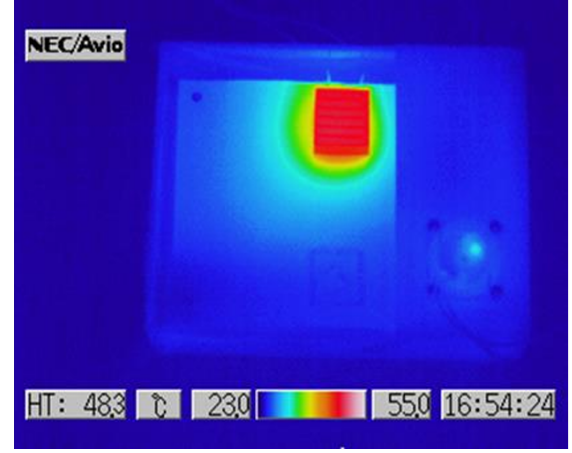
Bu görselleştirme, farklı fan yerleşimlerinin etkisini hız alanı üzerinden kolayca karşılaştırmayı ve sistemin termal yönetimini optimize etmeyi mümkün kılmaktadır. Eklenen hız kontur haritaları, bu iki durum arasındaki performans farkını net bir şekilde gözler önüne sermektedir.

Şekil 5,6 ve 7,8 karşılaştırıldığında sayısal simülasyon sonuçları deneylerle örtüşmektedir.

Yüzey Sıcaklıklarının Görselleştirilmesi



ŞEKİL 9: DURUM 1 İÇİN DENEY VE ANALİZ SONUÇLARI



ŞEKİL 10: DURUM 2 İÇİN DENEY VE ANALİZ SONUÇLARI

Birinci durumda hem deneysel hem de sayısal simülasyon sonuçları, sistemin daha yüksek sıcaklık değerlerine ulaştığını ortaya koymaktadır. Bu durumda, fanın konumu nedeniyle hava akışı sınırlı kalmakta ve hız konturu haritalarında da görüldüğü üzere kanatçıklar arasında yeterli hava sirkülasyonu sağlanamamaktadır. Hava akışının yetersiz ve yavaş olması, ısının belirli bir bölgede yoğunlaşmasına neden olarak, küçük bir alanda yüksek sıcaklıkların birikmesine yol açmıştır. Bu sıcaklık artışı, soğutma sisteminin verimsiz çalıştığının bir göstergesidir.

İkinci durumda fanın konumu değiştirilmiş ve sonuç olarak sıcaklık daha geniş bir alana yayılmıştır. Hız konturu haritaları, hava akışının daha güçlü ve yaygın olduğunu gösterirken, bu da ısının daha geniş bir bölgeye dağıldığının göstergesidir. Isı yayılımının genişlemesi,

kanatçıklar arasındaki soğutmanın daha etkili olmasına ve genel sıcaklık seviyesinin daha düşük kalmasına neden olmuştur. Her ne kadar sıcaklık daha geniş bir alana yayılsa da maksimum sıcaklık değerleri birinci duruma göre daha düşüktür.

Değerlendirme

Bu çalışmada, fan konumunun soğutma verimliliği ve sıcaklık dağılımı üzerindeki etkileri hem deneysel hem de sayısal simülasyonlarla incelenmiştir. İlk durumda, fanın orijinal yerleşimi nedeniyle hava akışının yetersiz olduğu ve ısının küçük bir bölgede yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Bu durum, girdap oluşumuna neden olmuş ve kanatçıklar arasında zayıf bir hava sirkülasyonu ile sonuçlanarak sistemin daha yüksek sıcaklıklara maruz kalmasına neden olmuştur. Fan konumunun değiştirilmesiyle incelenen ikinci durumda ise, hız konturları fanın yeni yerleşiminin daha verimli bir hava akışı sağladığını göstermiştir. İlk duruma göre daha hızlı hava akışı elde edilmiş ve ısının daha geniş bir alana yayılmasını sağlamış ve maksimum sıcaklık değerlerini düşürmüştür.

Sonuç olarak, fan yerleşiminin optimize edilmesi, ısı yönetimini önemli ölçüde iyileştirerek aşırı ısınma riskini azaltmış ve sistemin genel performansını artırmıştır. Hem analiz hem de deney sonuçları, fan konumunun soğutma performansı üzerindeki etkisini net bir şekilde ortaya koymuştur. Sayısal simülasyonlarla elde edilen sıcaklık ve hız dağılımı, deneysel verilerle büyük ölçüde örtüşmekte ve her iki yöntemde de fan yerleşiminin sıcaklık dağılımını ve soğutma verimliliğini belirgin şekilde etkilediği görülmektedir. Bu uyum, yapılan analizlerin doğruluğunu desteklemektedir.