

Buzdolaplarında Kullanılan Elektromekanik Komponentlerin Otomatik Arıza Tespiti için Test Sistemi Tasarımı

Test System Design for Automatic Fault Detection of Electromechanical Components Used in Refrigerators

Sefa BOYACI^{1*}, Nazmi EKREN², Sertaç GÖRGÜLÜ³

¹Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

²Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İstanbul

³Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Burdur

Received (Geliş Tarihi): 21.05.2019, Accepted (Kabul Tarihi): 03.10.2019

Corresponding author (Sorumlu Yazar): sefaboyaci@marun.edu.tr

ÖZ

Küresel ısınma ve beyaz eşya üretiminde oluşan rekabetçi piyasa gereklilikleri, tek seferde en üst düzey verimlilik sunan, doğru ürünü üretmeyi elzem kılmıştır. Bu çalışmada; buzdolabı soğutma sisteminin en işlevsel parçaları olan buharlaştırıcı fanı ve motorize flap için üretim alanlarında konuşlandırılmış kontrol sistemleri uygulaması ele alınmıştır. Üretim alanlarında yalnızca buzdolabı parçalarının toplam sarf ettiği güç değerleri kontrol edilmektedir. Çalışma ile üretim alanında iki adet ek kontrol kapısı eklenerek, bu kontrol noktalarında kontrol edilmiş malzemelerin takibi için 2018 yılı boyunca müşteri şikâyetleri kayıt altına alınmıştır. Bu sistemler, müşteri şikâyetlerince iadelerden analiz edilen hataların güç tüketimi dışındaki etken girdilerini belirleyerek, bu etkenlerin üretim esnasına ayrıştırılmasına imkân sağlamış olup 2018 yılında bir önceki yıla kıyasla %75 oranında iyileşme sağladığı tespit edilmiştir. Çalışmada kurulan sistemler SE-1500 PLC'ler ile TIA V Portal programı üzerinden kontrolü sağlanmıştır. Ölçülen değerlere istinaden en uygun koşullarda maksimum verimliliği sağlayan fan hızı limitinin +40 °C soğutucu bölme ve -200 °C dondurucu bölme ayar koşullarında dakikada 1865 devir olduğu hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Buzdolabı, Kalite, Verimlilik, Buharlaştırıcı fanı, Motorize flap

ABSTRACT

Global warming and the competitive market requirements of refrigerator production have made it necessary to produce the right product which offers the highest level of efficiency at a time. In this study, the application of control systems deployed in the production area for the evaporator fan and motorized flap which are the most functional parts of the refrigerator cooling system, are discussed. Only the power consumption of all parts of the refrigerator is checked in the production area. With this study, two additional control gates were added to the production area and customer complaints were recorded during the year 2018 for the monitoring of controlled materials. These systems by limiting the inputs of the analyzed reject parts by customer complaints have ensured that these factors were captured during production and achieved 75% improvement in 2018 compared with the previous year. The system structures established in the study were controlled via TIA V Portal software with the SE-1500 PLCs and the measured values and optimum energy efficiency limits were found to be 1865 Revolutions per Minute (RPM) for the fan speed at the +40 °C fridge compartment and -200 °C freezer compartment conditions.

Keywords: Refrigerator, Quality, Efficiency, Evaporator fan, Motorized flap

GİRİŞ

Mekanik soğutucunun temelleri ilk olarak 1755 yılında İskoç Profesör William Cullen küçük bir soğutma makinesi tasarladığında buzdolabının temeli ortaya çıktı.

Amerikalı mucit Oliver Evans'ın vakum kullanarak indirdiği kaynama noktasını belirleyen etere dayalı bir kapalı buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimini icat ettiği 1805 yılı buzdolabı için bir devrim halini almıştır. Bu düşünce ve prototipler, Jacob Perkins 1834'te dünyanın ilk

çalışan buhar sıkıştırma sistemini kurabilene kadar pratik değildi. Onun sistemi kapalı çevrime sahipti ve atık olmadan çalışabilirdi. Bu sistem pratik olmasına karşın ticari olarak başarılı olmadı. Amerikalı Doktor John Gorrie 1842'de bir prototip yaptı ve tropikal iklimlerde havayı soğutma için kullanmayı planladı ancak bu deneme de ticari olarak başarı sağlayamadı (Edward, 1953).

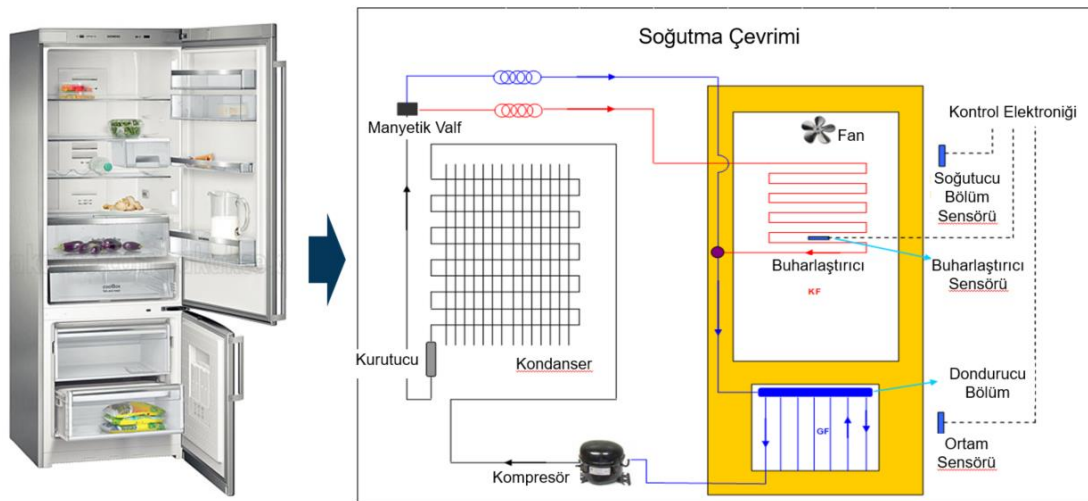
James Harrison 1856 yılında aldığı patentle birlikte endüstriyel soğutucunun atalarının temellerini atmış oldu. S. Liebmann's Sons Brewing şirketi, 1870 yılında mekanik soğutma kullanılan ilk işletme oldu. 1891 yılında gelindiğinde neredeyse tüm işletmeler benzer uygulamaları edindi. Fred W.Wolf, 1913 yılında ev ve ev içi kullanım için buzdolapları icat etti. Bunlar genellikle buz kütesinin üzerine yerleştirilmiş bir muhafaza dolabını andırıyordu. İnsanoğlu bu tarihten önce gıda muhafazası için zamanla şu test edilmiş yöntemleri kullanmıştır; tuzlama tütsüleme, baharatlayarak kurutma gibi. 1914'te elektrikli bir soğutma ünitesi üzerinde çalışmalar ortaya çıkardı. Alfred Mellows 1916 yılında kabinin altına yerleştirilen bir elektrik enerjisi kullanan pompa (kompresör) yardımıyla sıvıların basınçla olan hal değişkenliğini kullanarak soğutma sistemi geliştirdi. Onun fikri, Frigidaire şirketi tarafından satın alınarak buzdolabı üretimlerinde yaygın olarak sonraları kullanılacaktı (Edward, 1953).

Buzdolabı, genel tabiriyle tasvir edildiğinde, buhar sıkıştırma yöntemini kullanarak, muhafaza alanındaki

sıcaklığı düşürerek buradaki gıda, ilaç vb. günlük yaşantımızda ihtiyaç duyulan malzemelerin uzun zaman bozulmadan korunmasını sağlayan soğutma makinesidir. Soğutmanın temeli, kapalı bir mahalde ortam sıcaklığının altında veya yakın sıcaklıklar elde etmek ve bu yaratılan ortam koşullarını sürekli hale getirmektir. Soğutucuların temel çalışma prensibi ilk kullanılan ticari tip olan tek kapılı buzdolapları ile aynıdır (Tezcan, 2018).

Soğutma sistemini çevreleyen ve ileten ana elementler kompresör, kılcal ve çevre boru, asit ve nem, rutubeti filtreleyen kurutucu, emilen ısıyı dışarı atan kondanser, buharlaştırıcı gibi soğutma sistemini çevreleyen iletim sisteminden oluşur. Bu sistem içerisindeki döngüde, soğutucu tipi, kapasitesi gibi değişkenlere göre belirlenen özel soğutucu gazlar sistem içerisine basılır. Bu sistem içerisindeki döngüde, soğutucu tipi, kapasitesi gibi değişkenlere göre belirlenen özel soğutucu gazlar sistem içerisine basılır. Günümüzde ev tipi buzdolaplarında R600a gazı kullanılmıştır (Tezcan, 2018; Zhang, 2010).

Şekil 1'de günümüz buzdolabının yüzeysel olarak soğutma sistemi elemanları tasvir edilmiştir. Ev tipi bir buzdolabı üzerinde mekanik ve elektronik parçalar bulunur, bu parçaların her biri; kullanım durumu, ortam koşulları ve iç hacme göre uygun bir biçimde senkronize çalışmak zorundadır. Bu görev, sensörler vasıtasıyla desteklenen kontrol elektroniğine verilmiştir.



Şekil 1. Buzdolabı ve soğutma çevrimi

Statik soğutucular, klasik tek kapılı soğutuculardır ve derin dondurucu maksadıyla kullanılabilirler. Yatay havuz ve dikey gardırop tarzı gövde muhafaza modelleri bulunmaktadır. Her soğutucu gibi, kompresörden emilen soğutucu gaz kondansere basılır bu sayede gazın basıncı aynı zamanda da sıcaklığı artar.

Kondanser kıvrımlı yapısı sayesinde bu sıcaklığın düşmesini sağlayarak maddenin hal değişimine olanak sağlar. Sıvı hale geçen soğutucu maddenin nemi ve rutubetini kurutucunun filtresinde kalır. Çevre boru üzerinden soğutucuya geniş hacim ile ulaşır. Vakum sıvının basıncını değiştirdiğinden madde gaz haline

geçer ve bu aşamayla ısı transferi gerçekleşir, ortam ısısı düşer. Soğutma devresine ek olarak kapı ile soğutma ve aydınlatma arasındaki ilişkiyi kuracak mekanik veya manyetik bir buton, dolap iç muhafaza alanını aydınlatacak bir lamba kompresör sargılarını, elektriksel güvenlik anlamında koruması amacıyla bir termik röle ve hava dolaşımını sağlaması amacıyla da bir fan bulunmaktadır. Fan bulunan modeller, dondurucunun yanında soğutucu özelliği taşıyan dolaplar özeldir. Statik soğutucular yapı itibari ile küvet etrafına sarılan borunun karlanmasıyla ötürü buz yaparlar. Günümüzde bu buzdolapları ofis ortamı veya dondurucu maksadıyla kullanım için uygundur (MEB, 2011; Alhamd ve Theeb, 2018).

No-frost olarak adlandırılan buzdolapları, klasik dolaplardan farklı olarak iki bölmesi bulunur. Bölmeler arası oluşan nem ve yoğunlaşma ilave ısıtıcılar ile giderilmiştir. Bölmeler birbirlerine seri bağlıdır. Çalışma prensibi ise şu şekildedir; kompresör soğutucudan gazı çeker ve daha sonra ilk kondanseri besler. Kondanser gazı yüzey alanı sayesinde ısıyı atarak sıvı hale dönüştürür. Buradan soğutucu sıvı ve gaz karışık halde kompresör yağının sıcaklığı ile tamamen gaz haline döner. İkinci kondanserde de aynı çevrim yapıldıktan sonra kurutucu filtreleme işlevini tamamlar. Gaz halindeki soğutucu madde kompresör tarafından emilerek soğutma çevrimi tamamlanmış olur. İki kapılı buzdolaplarının kompresörleri tek kapılı buzdolaplarına göre daha güçlüdür. Enerji tüketimi, iç hacmi ve ortam koşullarına istinaden devir değiştirilerek kullanım mümkündür. Ara bölme ısıtıcısı kompresöre seri diğer devrelere paralel bağlıdır ve elektronik kart tarafından kontrol edilir. İç muhafaza alanı yeterli sıcaklık oranını yakaladığında sıcaklık sensörleri algoritmada belirlenen direnç değerlerince kompresör ve ısıtıcı ile kontak ilişkisini kurar. Seri bağlı olduğu durumda kompresörden yeterli akım geçmediği için ısıtıcı çalışır fakat kompresör kalkış yapamaz. No-frost buzdolaplarının kullanım alanlarında buz yapmamasının en büyük etkeni, buharlaştırıcı üzerinde bulunan ısıtıcı rezistansları ısı sensörleri bulunur. Sensörler kontrolünü sağlayan elektronik karta gövde kablo grubu üzerinden direnç değeri aktarır ve kontrol kartı ise kısa aralıklarla sürekli olarak bu verileri analiz eder. Sensörlerin ve elektronik kartın devreye alıp

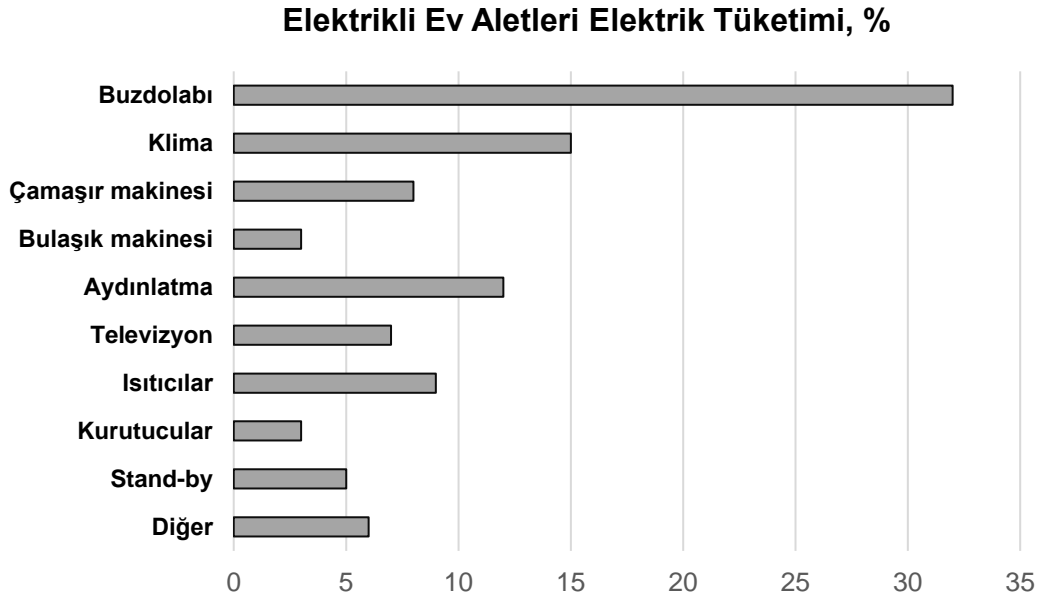
çıkardığı rezistanslar sayesinde cihaz buz çözebilme kabiliyetine sahiptir ve müşteri kullanım alanında bu sayede buz görülmez. Çözülen buz kompresör üzerinde çalışma ısısıyla buharlaştırılır (MEB, 2011; Alhamd ve Theeb, 2018).

Bu tarz dolapların tümünde kare dalga sinyaliyle enerji tüketimi optimize edilebilen veya yalnızca doğru akım ve röleyle kontrol edilen fan ve soğutucu bölmelerinde istenilen bölmeye istenilen miktarda hava aktarılmasını kontrol eden motorize flap sayesinde yiyecekler homojen dağılmış hava sayesinde eşit miktarda korunarak uzun süre bozulmadan muhafaza edilmesi sağlanmış olur.

Enerji iş yapabilme yeteneğidir. Verimlilik, var olan kaynakların olabildiğince yüksek fayda sağlanırken, performans ve cihazın fonksiyonel etkisinin mümkün olan en üst seviyeye kaliteden ödün vermeden çıkartılmasıdır (Aydın ve Tan, 2016). Elektrikli ev aletlerinin her geçen gün ürün yelpazesi ve teknolojik eklentileri artmaktadır. Türkiye’de mevcut enerjinin yaklaşık %80’i elektrikli ev ürünlerinde harcanmaktadır ve ortalama bir ev için yıllık enerji tüketimi 6 bin kWh civarındadır (Aydın ve Tan, 2016).

Buzdolabı beyaz eşya grupları içerisinde insan sağlığına olumsuz anlamda etkisi bulunmaması için, şebeke gerilimini günün her saati üzerinde barındıran ve ömrü boyunca sürekli çalışmak zorunda olan bir cihaz olduğundan 2012 yılında yapılan bir çalışmada buzdolabının diğer beyaz eşya grupları ile arasındaki enerji sarfiyatı ilişkisi Şekil 2’de görülmektedir (Kama ve Kaplan, 2012; Çengel, 2009).

A enerji sınıfı verimliliği temsil eden en yüksek sınıf olarak belirtilmektedir, G ise en düşük verimlilikteki cihazdır. Tablo 1.’de buzdolabı enerji sınıfları ve tüketim değerleri görülmektedir. Burada teknolojik gelişmelerin etkisiyle A sınıfına özel olarak bu sınıfın verimlilik anlamında üzerinde 3 sınıf daha bulunmaktadır. Bunlar A+, A++, A+++ olarak ifade edilir. Yedi farklı sınıfı sembolize eden yedi farklı renk yelpazesi kullanılmaktadır. Koyu yeşil en yüksek enerji sınıfını, kırmızı ise en düşüğü betimler (Aydın ve Tan, 2016; Yıldız, 2018).



Şekil 2. Beyaz eşya yıllık enerji tüketim karşılaştırılması grafiği (Kama ve Kaplan, 2012)

Tablo 1. Buzdolabı Enerji Sınıfları

Enerji Verimlilik Sınıfı	Buzdolabı Tüketimi	
	kWh / Gün	kWh / Yıl
A	1,23	449,00
B	1,68	612,00
C	2,01	735,00
D	2,24	816,00
E	2,46	898,00
F	2,80	1,02
G	>2.8	>1,020

Ev elektriği tüketiminde en büyük paya sahip beyaz eşya olan yani yıllık %30'un üzerinde kullanılan buzdolabı; yiyecek ve ilaç benzeri insan hayatı için büyük önem şey taşıyan nesnelere korunumunda kilit rol oynamaktadır. Bu nedenle, hemen hemen her evde bulunur (Turkbesd, 2018).

Tüm yıl mevsim gözetmeksizin çalıştırılan ev tipi buzdolaplarının; yukarıda anlatılan nedenler doğrultusunda, enerjiyi ölçülü tüketmesi bunu yaparken de uzun ömürlü olması büyük önem taşımaktadır. Şekil 1'de gösterilen bileşenlerden en büyük enerji tüketimi kompresör, fan, motorize flap ve kontrol eletronığı tarafından yapılmaktadır. Bu çalışmanın konusu ise; soğutma performansını ve güç tüketimini aynı anda ilgilendiren buzdolabı fanı ve motorize flap oluşturmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Buzdolaplarında buharlaştırıcı arkasında bulunan fan çoğunlukla şu nedenlerle yetersiz soğutmaya sebebiyet vermektedir; dondurucuda bölme soğuk ve soğutucu bölmedeki nispeten sıcak havanın karşılaşmasıyla oluşan nemin fan üzerinde sebep olduğu buzlanma, mekanik olarak bloklanması. Bir başka ana müşteri şikâyeti etkeni ve yazının asıl konusunu oluşturan ana neden ise, fan motoru sargılarının PCB ile kopma ve bundan ötürü yaşanabilecek gerilim kaybından dolayı durmasıdır. Buharlaştırıcı fanı, buzdolabı içerisindeki hava akışını sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Alternatif akım (AC) veya doğru akım (DC) ile beslenebilen modelleri ayrıca PWM sinyali ile sürülebilmesi mümkündür.

Sistem "Hall Effect" sensör, sensörün bağlı olduğu "Henv-vee" sayaç, üst ve alt limitleri sayaçtan belirlenen düzeye istinaden çıkış anında ikaz olarak yanan iki adet 5V DC

ile çalışan LED, fanın sürülmesi için gerekli PWM sinyali üreten kontrol kartı ve standartlara uygun şekilde üretim alanlarında kullanılabilmesi için gerekli fiziksel ve elektriksel önlemlerden oluşmaktadır. Bu çalışmada, gerekli olan manyetik sensör içindeki akımın ölçülmesi Moore-Penrose yöntemi temel alınarak yapılmıştır (Itzke ve ark., 2018).

Kontrol edilecek fan pervane yapısı dikkate alınarak üç boyutlu yazıcıda özel olarak tasarlanmış ve baskısı alınan test yüzüğü üzerinde iki dairesel şekilde magnet taşımaktadır. Test yüzüğü montaj işlemi Şekil 3'te görülmektedir. Hız ölçümü için kurulan akım yükseltici devrede ve sıcaklık, hız değişkenlikleri ölçümlerinde Mishra ve ark. (2017) 'nın çalışmasındaki proteus çizimlerinden yararlanılmıştır.



Şekil 3. Test yüzüğü fan montajı

Üretim alanlarında kullanılan makinelerin bazı standartları taşınması ve düşük risk ile kullanılması istenmektedir. Fan kontrol makinesinde, fonksiyonel görevleri dışında EN ISO 13849-1 standardına uygun olarak "PNOZ X2.8P" ve "5SL6102-7" sigorta, "SIE.5SV4312-0" röle, "SE.XB5AS8444" acil durum butonu gibi güvenlik devre elemanı yerleştirilmiştir.

Fan sürülmesi için gerekli gerilim "MS 2412" ile sağlanmıştır. Kontrol edilecek fan pervane yapısı dikkate alınarak üç boyutlu yazıcıda özel olarak tasarlanmış ve baskısı alınan test yüzüğü üzerinde iki dairesel şekilde magnet taşımaktadır.

Magnetlerin "N" kutupları aynı yüzeye bakmak suretiyle pervane üzerine yerleştirilir. Üzerinde üç kablo bulunan fan soketi makine üzerinde bulunan dişi sokete gerekli gerilim ve sinyali almak üzere takılır. Buzdolabı soğutma döngüsünde çıkabileceği maksimum devir sayısına burada ulaştırılır. Bu noktada devir ölçümü için sensörden veriler LabView arayüzleri kullanılarak alınmıştır. Bu esnada sayaç sensör üzerinden devirde iki manyetik alan yakalayacak şekilde ayarlı olmalıdır. Fanın devir ve tükettiği güç miktarı belirlenen aralıklarda ise elektronik üzerindeki kuru kontak röle S1 çıkışını aktif ederek LED ile uyarı verir (Itzke ve ark., 2018).

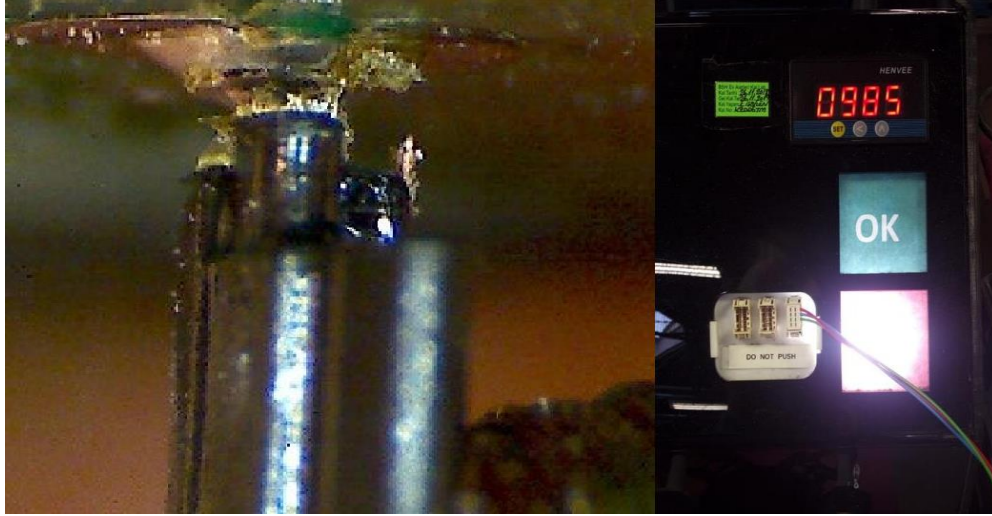


Şekil 4. Fan makinesi iç ve dış görünüm

Şekil 4.'de fan makinesi görülmektedir. Fan makinesi için ölçüm kıstasları şunlardır;

- RPM

- Güç Tüketimi
- Fan pervanesi ve stator arasındaki boşluk



Şekil 5. Hatalı fan kontrol sonucu ve kök neden

Şekil 5'te; hatalı olarak üretim hattına gelen bir fanın, makine kontrol sonucunu, yetersiz devirde olduğunu kırmızı LED yakarak gösterdiği görülmektedir. Parça detaylı incelendiğinde ise, PCB ile bakır sargı arasındaki bağlantının kopmuş olduğu anlaşılmaktadır. Bu ayrıştırma sonucunda; makine parametrelerinin doğru değerde belirlenmiş olduğu anlaşılmaktadır.

Motorize flap, hava kanalı önündeki klapenin açılması buharlaştırıcı yüzeyinden soğurulan soğuk havanın fanın dönüşüyle verdiği havayı buz yapıcı ve yiyecek saklanılan buzdolabının diğer bölümlerine aktarılmasına olanak sağlar. Buzluk kısmı ev tipi buzdolaplarında dolabın normal çalışma periyodunda soğutucu kısımdan daha çok soğuk havaya ihtiyaç duymaktadır.

Motorize flap kontrol makinesinde ise OMRON varlık sensörü yardımıyla hava kanalı cihaz ile eşleştirilmesi sağlanmış olup kullanılan S7 1500 PLC ile TIA V Portal programı üzerinde algoritması işlenerek flap çalışma işlevselliği kontrolü sağlanmıştır. Bu çalışmada gerilim sensörlerin yüklem boşaltma ile elektromekanik özellikleri yapısal deformasyonu Tohid ve ark. (2018)'nin çalışmasında kullandığı sinyal işleme metoduna benzer bir şekilde maf boşlukları saptanmıştır.

Seri üretim bandında kullanılmak üzere cihaz üzerine takılmadan önce cihaz modeli ile hava kanalı eşleştirmek ve cihazın soğutma fonksiyonlarını eksiksiz yerine getirebilmesi için gerekli olan motorize flap kontrolü için kurulan bu donanımın çalışma sistemi toplamda dokuz adet Infrared (IR) sensörden oluşmaktadır ve varlık kontrolü ile çalışır. Varlık sensörü besleme gerilimi verildiğinde klapenin hareketini algılayarak, cihaz üzerinde hataya sebebiyet vermesini engellemeyi

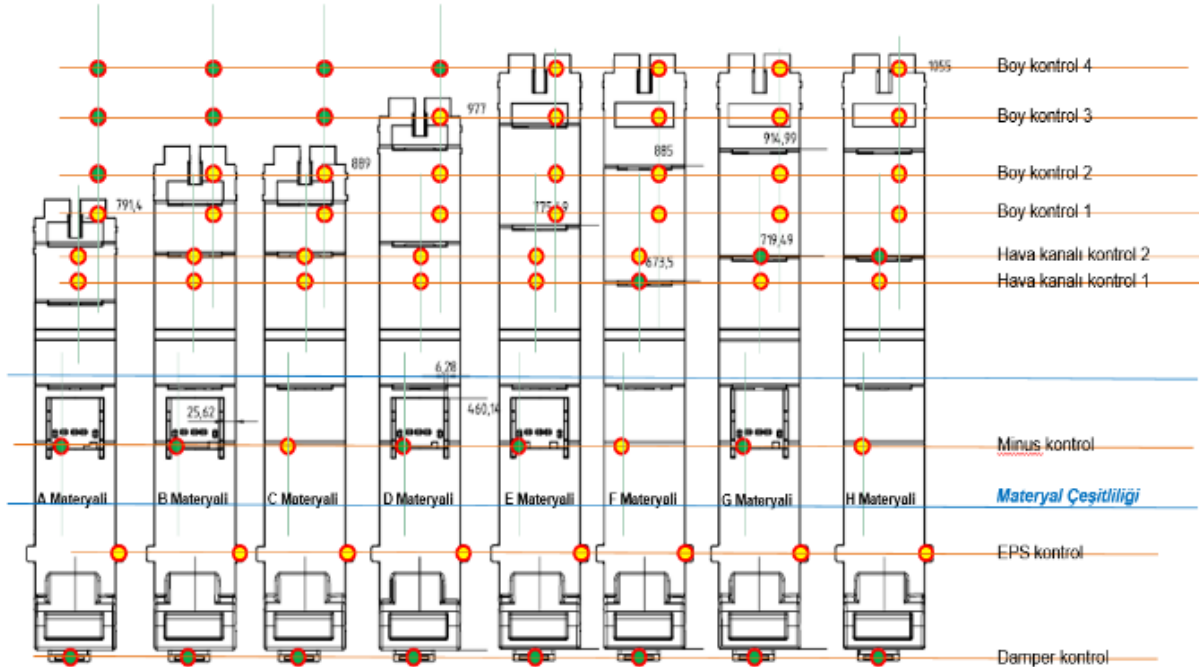
amaçlamaktadır. Her model için farklı kombinasyonları adresleme yöntemi ile kontrolünü sağlayan bu sensörlerden sonuncusu hava kanalı sonuna takılan motorize flap iç kısmına doğru konumlandırılmış ve belirli bir süre klapenin belli bir açıklığa ulaşmasını bekledikten sonra sistem onayına düşerek barkod çıktısı verilir. Sistem hava kanalı eşleştirmeyi tezgâh üzerindeki 8 adet sensörle kontrol ettikten sonra 10 saniye klapenin açılmasını bekler. Bu işlemler sırasıyla yazılım içerisinde belirtilen adresleme kontrolü ile devam eder. Sensör dizimleri ve hava kanalı modelleri Şekil 6'da belirtilmiştir.

Motorize flap kontrol makinesi kontrol kıstasları;

- Motorize flap işlevsellik
- Hava kanalı eşleştirme

Eşleştirme tamamlandığında ise operatör insan makine arayüz (HMI) panelinde cihaz modeli, hava kanalı malzeme kodu ve test bilgisi aktarılır. Hatalı malzemeler için izole bir alan bulunmaktadır ve kalite bölümü tarafından bu malzemeler belirli dönemler ile incelenmektedir. İstasyonda operatör hata ihtimali göze alınarak kablo boyu ayarlı enerji soketi kutusu konumlandırılması yapılmıştır, böylece malzeme ters takılamamaktadır.

Klapenin konumun kapalıdan açığa geçmesi ve tüm sensörlerin seçilen cihaz modeli hava kanalı adres gereksinimlerini doğrulaması sonucu HMI panel operatörler için sonucu gösterir ve üretim içerisindeki takip edilebilirliği sağlamak için tarih, test sonucu ve malzeme kodunu barındıran etiket basılır. Operatör bu etiketi hava kanalı üzerine yapıştırarak testi tamamlar.



Şekil 6. Sensör konumları

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yukarıdaki bölümde verilen bilgiler doğrultusunda yapılan seri üretim denemelerinde olması gereken fan hızı değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Ölçülen cihazlardan sinyal genişlik modülasyon seviyesi %85 ve üzeri olanlar kalite kontrol testlerini geçerek, standartlarca yeterli soğukluğu ürettiği gözlemlenmiştir.

Tablo 2. Seri üretim devir ölçümleri

Sinyal [%]	Hız (min^{-1})
60%	1550
65%	1650
70,60%	1750
74,50%	1808
75,70%	1820
80,00%	1840
85,10%	1862
89,80%	1862
94,90%	1862
100%	1862

Sahadan iade olarak alınan 10 adet cihazdan, ilgili parçaların sökülerek aşağıdaki testlere tabii tutulmuştur;

- Soğutma performansı
- Fan RPM ölçümü
- Motorize flap işlevsellik testi

Sırasıyla yapılan testlerde, cihazların tamamında soğutma hataları tespit edilmiştir. 6 cihazda fan durması

sebebiyle yetersiz soğutma ve 4 cihazda motorize flap kapatmaması nedeniyle olduğu görülmüştür. Fan nedeniyle soğutma problemi yaşanan 6 cihazın tamamında 1865 RPM (dakikadaki devir sayısı) değeri ve altı sonuç alınmıştır. Bu durum dolap içerisinde soğutucu bölmenin 6-10°C'ye yükselmesi ve yetersiz soğutma yaşanması anlamına gelmektedir.

Flap hatalı olduğu durumlarda, buzdolabının soğutucu bölümünde iki farklı duruma yol açabilir; ilki gereğinden fazla açık kalması veya klapeyi hiç kapatmaması soğutucu bölme derecelerinin buzluk bölümüne yakın olması ve yiyecekleri dondurması anlamına gelir. Diğer bir ihtimal ise, ilk durumun tersi olarak klapenin kapalı kaldığı veya açamaması durumunda yaşanabilecek yetersiz soğutma, buna bağlı olarak soğutucu bölmedeki yiyeceklerin bozulması ihtimalidir.

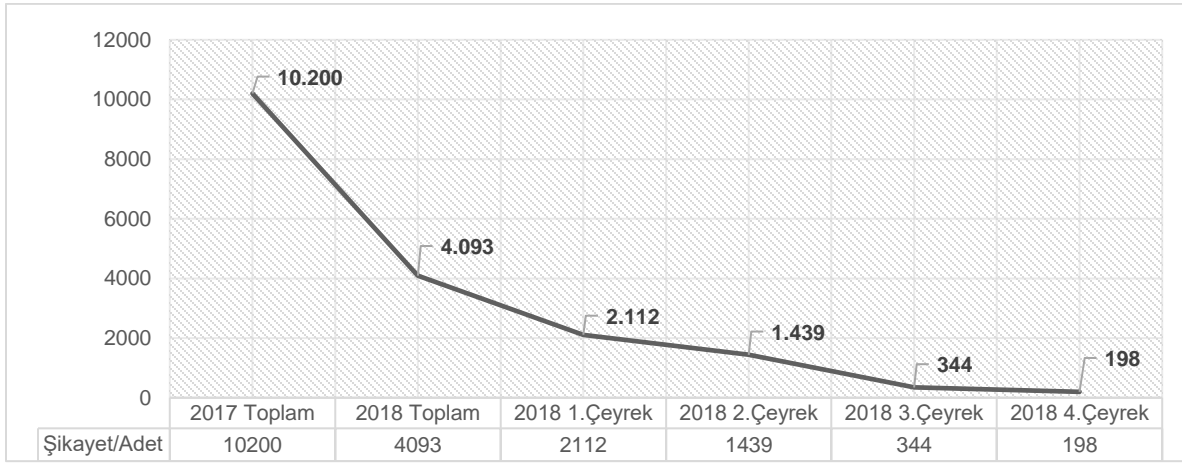
Soğutma problemi nedeniyle müşteri şikâyeti oluşturan 4 cihazdan 3'ünün klapesinin, güç tüketmesine rağmen kapanmadığı, sonucusunun ise açılmadığı ve hava akışına engel olduğu görülmüştür. Açılmayan klapele soğutucu bölmenin oda sıcaklığı düzeyine yükselmesine ve yiyeceklerin bozulmasına yol açtığı gözlemlenmiştir.

Klapenin kapanmadığı cihazlarda ise soğutucu bölme içerisinde bulunan sebzelik rafında, kristalleşme olduğu görülmüştür. 10 cihazın fan ve motorlu klapele, çalışma ile birlikte hayata geçirilen kontrol noktalarında teste alınıp tamamında hata verdiği görülüp müşteri şikâyetini üretim esnasında engellediği saptanmıştır.

2017 yılında buharlaştırıcı fan kontrolleri ve motorize flap işlevsellik kontrolü üretim alanına eklenmediğinde yaklaşık 10 bin adet şikâyet oluşmuş ve buna bağlı olarak ücretsiz cihaz değişimi, kalitesizlik, servis maliyetleri oluşmuştur. 2018 yılı ile beraber faal olarak kullanılan bu kontrol kapıları ile beraber bu rakam yaklaşık 6 bin adet şikâyeti engellemiş, bunun yanı sıra aynı sayıdaki kalitesizlik maliyetini de önlemiştir.

2018 yılı başlangıcında üretim alanına yerleştirilen bu kontrol sistemleri ile kontrol edilerek üretilmiş olan buzdolapları, seri numaraları ve model isimleri kayıt altına

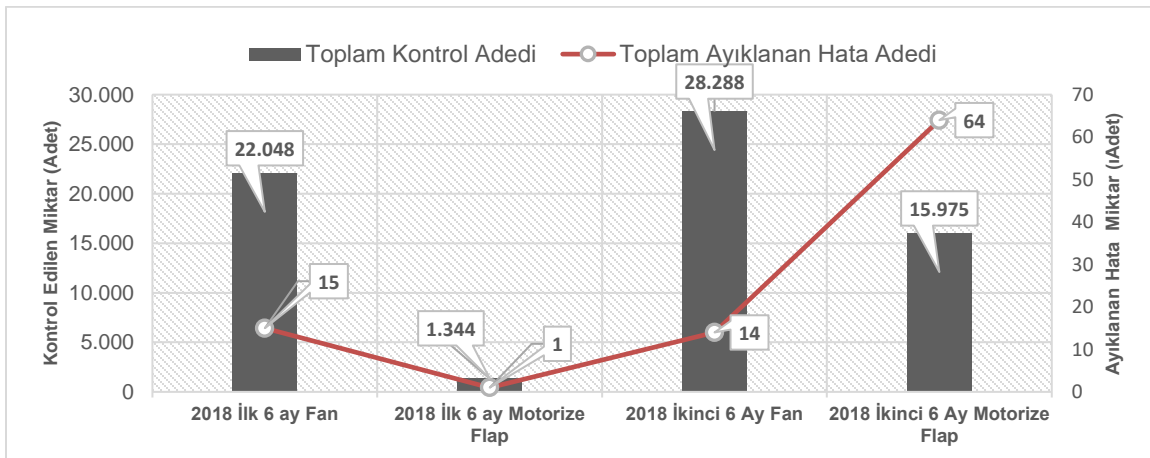
alınmıştır. Alınan bu kayıtlar 2019 yılı başlangıcında, müşteri şikâyetleri ile eşleştirilerek üretilen her dolabın hangi oranda şikâyet oluşturduğu kayıt altında tutulmuştur. Bu kayıtlar Şekil 7 ile bir önceki yılın (kontrol sistemleri eklenmemiş üretim kayıtları) verileri ile karşılaştırılarak, iyileşmenin gidişatı 3 aylık dönemlerle verilmiştir. 2018 yılında üretilen cihazların saha tepkileri incelendiğinde; şikâyet oranlarında 2018 yılında 2017 yılına göre %75 oranla; 2018'in ikinci yarısında ise ilk yarısına göre %65 oranla iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 7. Üretim alanında kontrol edilen ve ayıklanan malzeme

Şekil 8'de ise üretim öncesi, üretime gönderilmesi planlanan malzemelerin, kontrol sonucu adetsel olarak değerlendirilmiştir. Üretim kullanımından önce 2018'in ilk 6 ayında, üretime hazır olması ve fabrikanın üretim kapasitesi, tek seferde doğru üretimine katkıda bulunmak için yapılan kontrollerde 15 adet buharlaştırıcı fanı 1865 RPM ve altı değer olarak ölçülmüştür. İkinci 6 ayda ise yakalanan hata adedi 14'tür. Bu malzemelerin tamamı, limit değerinin altında olduğu için buzdolabı soğutucu

bölmesinde yetersiz soğutmaya neden olarak, ilk 3 ay içerisinde müşteri şikâyeti oluşturmaktadır. Üretim öncesi kontrol edilen motorize flaplarda ise 2018'in ilk 6 ayında sadece 1 adet hata yakalanmasına karşın, ikinci 6 ayında bu rakam 64'e yükselmiştir. Bu hataların tamamında malzemeler dolap üzerinde normal güç değerlerini tüketirken hata yalnızca soğutma performansı testinde tespit edilebilmektedir.



Şekil 8. 2017 - 2018 Yılı giren malzeme kontrolü

SONUÇLAR

Buzdolabı üretim alanında yalnızca, cihazın tükettiği toplam güç değerleri ölçüldüğünden; kompresör aydınlatma ve diğer güç çeken bileşenlerin anlık kararsızlığı sistemin gözünden kaçabilmektedir. Çalışma sonucunda bu hatalar şu şekilde sistem dışında öne çıkarılmıştır;

- ✓ 1 yıllık süreçte yalnızca üretim alanında yapılan kontroller sayesinde yaklaşık 6 bin adet şikâyet önlenmiş ve marka güvenilirliğine büyük katkıda bulunulmuştur.
- ✓ Dönem dönem kararsızlık gösteren hata adetleri; malzeme alt tedarikçisindeki üretim kalitesi sapmalarını kanıtlayarak, bu kontrollerin sürekli olmamasının riskini ortaya koymuştur.
- ✓ Üretim alanında yapılan buzdolabına uygulanan toplam güç tüketimi kontrolü ile görülemeyen toplam 94 adet hatanın üretim öncesi giren malzeme kontrolü ile saptanarak, güç tüketiminde görülemeyen hataların; soğutmayı etkileyecek devir ve işlevselliğinin kontrol edilmesi gerekliliği ispatlanmıştır.

KAYNAKLAR

Alhamd, M., Theeb, M. (2018). *Performance Improvement of an Air Conditioning System During Refrigerant Evaporation*, *Journal of Engineering and Sustainable Development*, 10-12 Ağustos, Buaran, Hindistan

ASHRAE, (2018). *Refrigeration Handbook SI Edition*, Atlanta, Amerika Birleşik Devletleri.

Aydın, M., Tan, S. (2016). *Political Economy of Taxation*, *International Conference of Political Economy (ICOPEC)*.

Çengel, Y., (2009). *Verimsiz Eski Dolapların Yüksek Verimli Yenileriyle Değiştirilmesi*, *WOW Convention Center*, 15-16 Ocak, Yeşilköy, İstanbul.

Edward, O. (1953). *Ice Harvesting and Storing in the Eighties*. New Jersey, Amerika Birleşik Devletleri: Princeton Legacy Library.

Itzke, A., Weiss, R., Weigel, R. (2018). *Influence of the Conductor Position on a Circular Array of Hall Sensors for Current Measurement*, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 18(16), 4.

Kama, Ö., Kaplan, Z. (2012). *Türkiye'de Enerji Verimliliğinin Arttırılması*, *Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi*, İstanbul, 4(1).

M.E.B. Yayınları (2011). *Elektrik Elektronik Teknolojisi, Soğutma Sistemleri Elemanları*, Ankara, Türkiye.

Mishra, R., Elisabeth, E. A., Shivesh (2017). *Speed Control of Ceiling Fan Using PWM*, *International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication*, (ICCPEIC), 22-23 Mart, Chennai, Hindistan.

Tohidi, S.D., Zille, A., Catarino, A.P., Rocha, A.M. (2018). *Effects of Base Fabric Parameters on the Electro-Mechanical Behavior of Piezoresistive Knitted Sensors*, *IEEE Sensors Journal*, 18(11).

Tezcan, A. (2018). *Ankastre Buzdolaplarında Kullanılan Çift Çevrimli Kompakt Kondanserin Modellenmesi ve Optimizasyonu*. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 12-70.

Yıldız, B. (2018) *Eko Etiketlerin Tüketici Davranışları Üzerindeki Etkileri: Buzdolabı Eko Etiketlerinin Konjoint Analizi ile İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi; Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 14-30.

Zhang, X., Chen, A., Duan, H. (2010). *Performance Analysis of the Natural Mixture R744/R600a Refrigeration Cycle*, *IEEE Conferences*, 26-28 Haziran, Wuhan, Çin.