



AKILLI GİYSİLERDE ISITMA KONTROLÜ
(HEATING CONTROL IN SMART CLOTHES)

Gürcan KAHRAMAN*, Özge ŞAHİN, Ozan KAYACAN***, Ender YAZGAN BULGUN*****

ÖZET/ABSTRACT

Akıllı sistemler, tekstil sektöründe günden güne artan uygulama alanı bulmaktadır. Ortam sıcaklığına göre fiziksel veya kimyasal olarak tepki veren tekstil malzemelerinin yanısıra elektronik yapıların, tekstil materyallerinin bir parçası olduğu yapılar da geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, Dokuz Eylül Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği ile Tekstil Mühendisliği Bölümlerinin ortak çalışmaları sonucunda, elektronik özelliklere sahip, ısıtma fonksiyonlu bir giysi geliştirilmiştir. Isıtmanın sağlanması amacıyla çelik malzemeden yapılmış iletken iplikler kullanılarak ısıtıcı paneller üretilmiştir. Bu ısıtıcı panellere uygun olarak optimum bir güç kaynağı, elektronik devre ve bütün bu materyalleri üzerinde taşıyabilecek yelek tasarlanmış ve üretilmiştir. Sistem termal manken üzerinde test edilerek farklı yapılardaki ısıtma panelleri ile zamana göre ısıtma karakteristiği ve gerilim değişimleri elde edilmiştir.

New systems have been improved for textile industry as electronic substructures combine with textile material instead of basic textile materials, which reaction variously physical and chemical according to media temperature.

In this study, a heating cloth which includes electronic circuitry is developed by co-operation of Electrical and Electronics Engineering and Textile Engineering Departments of Dokuz Eylul University. Heater panels are produced by using steel based conductor threads to supply heating function. Fitting with these panels, optimum power source, electronic circuit and a waistcoat are designed and produced to carry all these materials. System is tested on a thermal mannequin and heating characteristic together with voltage change according to time are obtained using different heating panel configurations.

ANAHTAR KELİMELELER/KEYWORDS

Akıllı giysiler, Elektro-tekstiller, Tekstil esaslı iletken yapılar, Çelik iplikler, Isıtıcı giysiler
Smart clothes, Electro-textiles, Textile based conductor bodies, Steel threads, Heating clothes

* POLIBAK A.Ş., 35620 Çiğli, İZMİR

** DEÜ Mühendislik Fak., Elektrik ve Elektronik Müh. Böl., 35160 Buca, İZMİR

*** DEÜ Mühendislik Fak., Tekstil Müh. Böl., 35160 Buca, İZMİR

1. GİRİŞ

Son yıllarda akıllı materyaller ve yapılar üzerine yapılan araştırma ve geliştirme faaliyetleri, iletişim, akıllı bina, savunma sektörü gibi alanlarda “akıllı ürün” uygulama çalışmalarının artmasında önemli rol oynamıştır (Şahin vd., 2005). “Akıllı ürün”, her ne kadar yeni bir yaklaşım olsa da özellikle tekstil sektöründe çeşitli uygulamalar geliştirilmiştir (Brower, 2001; Cognis, 2005).

Bu çalışmada, ısıtma fonksiyonuna sahip, akıllı giysi tasarımı ve uygulaması yapılmıştır. Çelik iletken ipliklerle üretilen ısıtıcı paneller kullanarak ısıtmayı sağlayan elektronik altyapıya sahip, interaktif bir giysi oluşturulmuştur. Elektronik alt yapı ile uyumlu olacak şekilde işlevsel bir giysi tasarlanıp üretilmiş ve ısıtıcılı giysinin performansı oda sıcaklığında test edilmiştir (Akhtar, 2002; Park, 2003).

2. UYGULAMA ÇALIŞMALARI

2.1 Isıtıcı Paneller

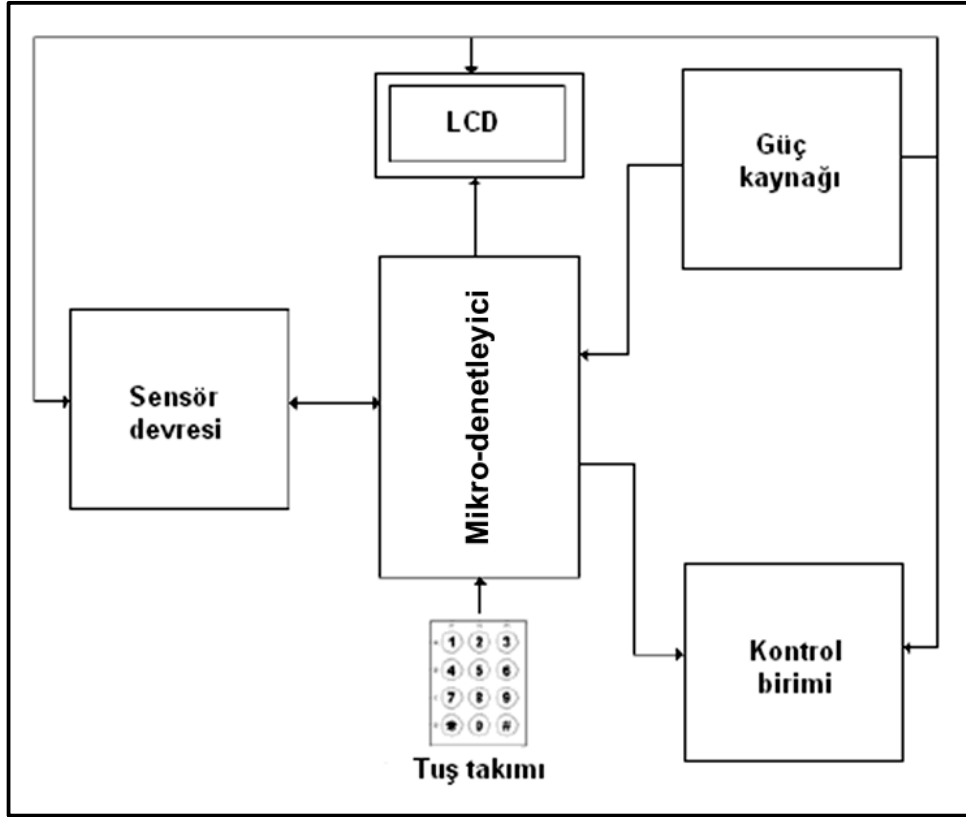
Yapılan çeşitli bilimsel çalışmalar ve gelişen teknoloji ile birlikte, akıllı giysi uygulamalarında klasik iletken kabloların yerini iletken iplikler almıştır (Hongu ve Philips, 1990).

Tasarlanan sistemin temel amacı, optimum elektronik altyapı ve tasarlanan işlevsel giysi konfigürasyonu ile kullanıcıyı ısıtmaktır. Bu çalışmada ısıtma çelik ipliklerle dokunmuş ısıtıcı panellerle sağlanmıştır. Yüksek enerji tüketiminden kaçınmak için, giysinin tüm yüzeyinin ısıtılması yerine giysinin, insan fizyolojisi açısından ısıtılması önem taşıyan bölgelerine ısıtıcı paneller yerleştirilerek ısıtma sağlanması tercih edilmiştir (Haisman, 1988).

2.2. Elektronik Devre Tasarımı

Bu uygulamada, algılayıcılar tarafından alınan sıcaklık bilgisini değerlendirip karşılaştırarak ısıtıcı panellerin devreye girip çıkmasını sağlayan ve kullanıcıya arayüz oluşturan elektronik alt yapı tasarlanmıştır (Kayacan vd., 2006; Şahin vd., 2004; Yazıcı, 2004).

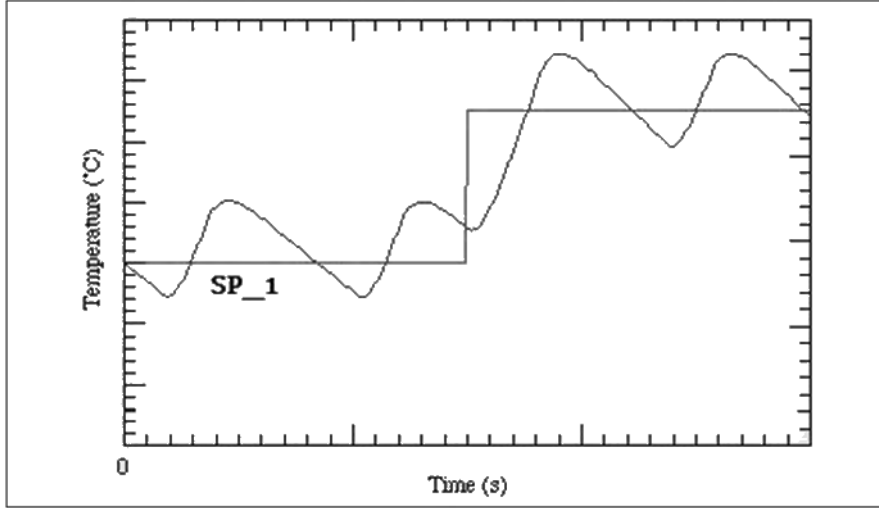
Bu elektronik altyapı işlevlerine göre; ölçüm-kontrol birimi, kullanıcı arayüzü ve güç kaynağı şeklinde üç bölüme ayrılabilir. Ölçüm-kontrol birimi, sıcaklık bilgilerini doğrudan mikrodenetleyiciye gönderen dört adet sıcaklık algılayıcısı ve karar verme mekanizması olan mikrodenetleyiciden oluşmaktadır. Kullanıcı arayüzü, istenen sıcaklık aralığının girilmesi amacıyla kullanılan bir tuş takımı, bu sıcaklık değerlerini dört adet algılayıcıdan gelen sıcaklık bilgilerini ve ortalama sıcaklık bilgisini ekranda gösteren LCD (Sıvı Kristal Gösterge)’den oluşmaktadır. Güç kaynağı ise, tüm elektronik kartların ve ısıtıcı panellerin enerjisini sağlayan ısıtmaya yarayan pil grubudur. Sistemin blok diyagramı Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Sistemin blok diyagramı

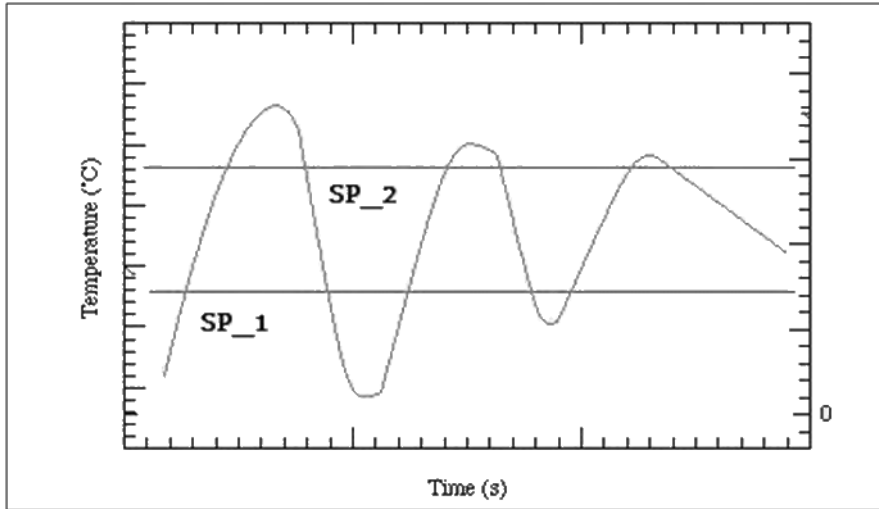
2.3. Kontrol Sistemi

Bu çalışmanın başlangıcında, PIC16F877 mikrodenetleyicisi ve aç-kapa kontrol yöntemi kullanarak sistemin ısıtılması düşünülmüştür. Bu yöntemde sisteme bir adet sıcaklık eşik değeri girilir. Aç-kapa kontrol mekanizmasında dört adet algılayıcıdan gelen sıcaklık değerinin ortalaması eşik değerinden küçükse ısıtıcı paneller devreye girer; ortalama sıcaklık değeri eşik değerinin üzerinde olduğunda paneller devreden çıkar. Aç-kapa kontrol mekanizmasının, Şekil 2’de görüldüğü gibi bir kontrol grafiği vardır. SP_1, sıcaklık eşik değerini göstermektedir. Ölçülen sıcaklık değerlerinin ortalaması, eşik değerinin etrafında salınım yapar ve anahtarlama süresi kısadır. Sıcaklığın küçük değişimleri bile anahtarlama neden olur. Şekil 2’nin sağ tarafında, set değerinin daha yüksek bir değere ayarlanması sonucunda sıcaklık değişimleri görülmektedir.



Şekil 2. Aç-kapa kontrol grafiği

Aç-kapa anahtarlama süresinin kısalığının pil ömrünü ve sistemin etkin çalışma süresini kısaltacağı düşüncesiyle anahtarlama süresi ile sistemin etkin çalışma süresini arttırmak ve pil ömrünü uzatmak amacıyla aç-kapa kontrol yöntemine histeresiz özelliği eklenmiştir. Histeresiz ile aç-kapa kontrol yöntemi grafiği Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Histeresiz ile aç-kapa kontrol grafiği

Histeresiz ile aç-kapa kontrol yöntemi uygulandığında, artık sisteme iki ayrı eşik değeri, yani arzu edilen sıcaklık aralığının alt ve üst eşik değerleri girilir. Sistem artık kullanıcıyı bu sıcaklık aralığında tutmak amacıyla çalışacaktır.

Başlangıçta, algılayıcılardan gelen sıcaklıkların ortalama değeri, girilen alt eşik değerinden küçükse veya iki değer arasında ise ısıtıcı paneller devreye girer. Ortalama sıcaklık, girilen üst eşik değerinden daha büyük bir değer aldığı anda ısıtıcı paneller devreden çıkar; ortalama değer, alt eşik değerinin altında bir değere alıncaya kadar da ısıtıcı paneller devre dışı kalır. Isıtıcıların tekrar devreye girmesi için, ortalama sıcaklığın, alt eşik değerinin altına düşmesi gerekir. Şekil 3'te de görüldüğü gibi ısıtıcı panelleri anahtarlama süresi, aç-

kapa kontroldeki anahtarlama süresine göre daha uzundur. Bu da sistemde daha uzun bir pil ömrü sağlayacaktır.

3. YÖNTEM

Isıtıcı panel olarak, 4 cmx10cm boyutlarında, çelik iletken ipliklerden dokunmuş kumaş yüzeyleri kullanılmıştır. Ön denemelerde 1, 2, 3 ve 4 katlı paneller hazırlanmış ve sırayla her biri için 1, 2, 3 ve 4 adet panel ile, toplamda on altı farklı konfigürasyonda sıcaklık ve gerilim ölçümleri yapılmıştır.

Isıtıcı panellerin, termal mankene giydirilen giysi yapısı içerisindeki yerleşim örneği Şekil 4'te görülmektedir.



Isıtıcı kumaş panelleri

Şekil 4. Isıtıcı panellerin giysi yapısı içerisindeki yerleşimi.

Bu ölçümlerde, sıcaklık algılayıcıları cırt-bant ile panellerin üzerine sabitlenerek her bir konfigürasyon için 60 dakika ölçüm yapılmış ve değerler kaydedilmiştir. Sıcaklık algılayıcısı olarak, seri dijital çıkış veren 0,1 \rightarrow C hassasiyetinde DS1820 entegresi kullanılmıştır (Maxim Integrated Products, 2008).

Sistem kullanıcı tarafından girilen eşik değerleri ve algılayıcılardan gelen sıcaklık bilgisinin karşılaştırılarak ısıtıcı panellerin devreye girmesi ve çıkması mantığıyla çalışır. Fakat denemelerde sistemin sürekli çalışma durumu gözlenerek sıcaklık ve pil geriliminin zamana göre değişimleri elde edilmek istendiğinden sürekli çalışma durumundaki sıcaklık ve gerilim değerleri kaydedilmiştir.

3.1. Ölçüm Sonuçları

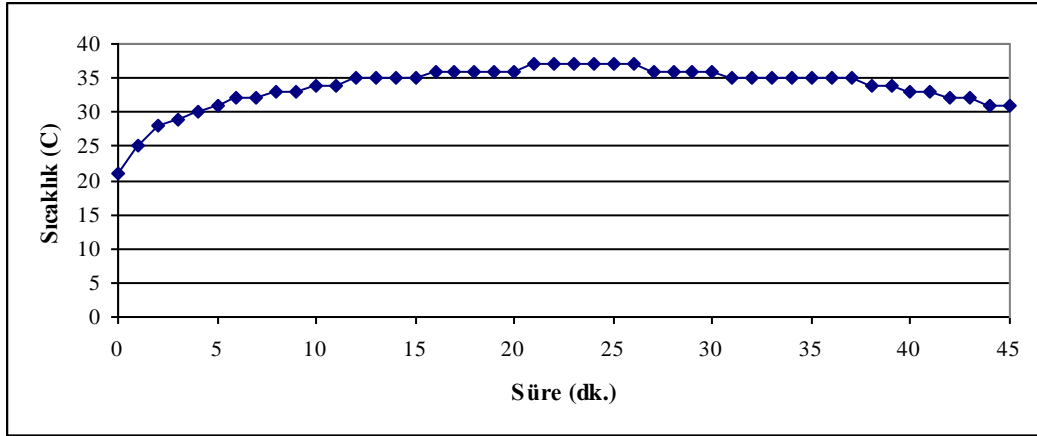
Öncelikle elektriksel verimliliği gözlemlemek için oda sıcaklığında (22 \pm 1°C) ölçümler yapılarak sistemin çalışma performansı ile ilgili bilgiler elde edilmiştir. Bu denemelerde 1, 2, 3 ve 4 katlı ısıtıcı paneller kullanılmıştır. Sıcaklık ve pil grubunun gerilim bilgileri kaydedilmiştir.

Isıtıcı panellerin direnç değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

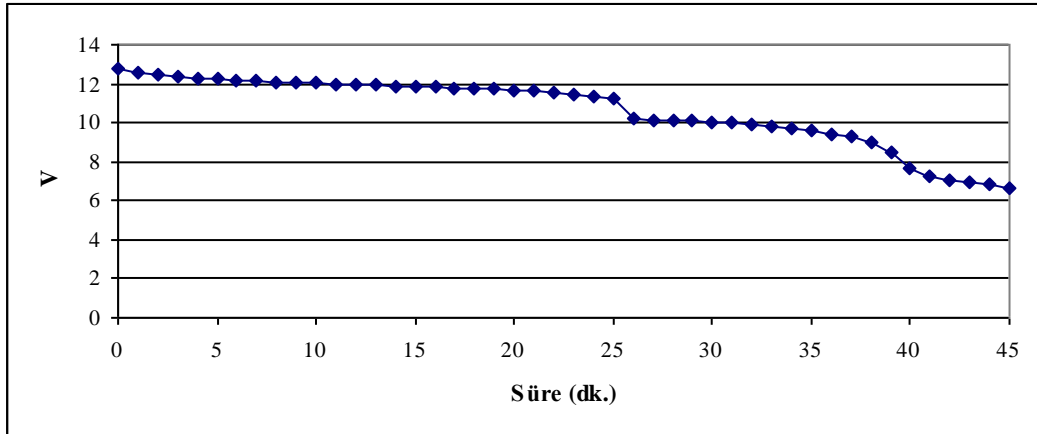
Çizelge 1. Isıtıcı panellerin direnç değerleri (Ω)

	Panel 1	Panel 2	Panel 3	Panel 4
1 katlı	56	53	55	56
2 katlı	26	27	25	25
3 katlı	20	19	20	19
4 katlı	15	14	14	14

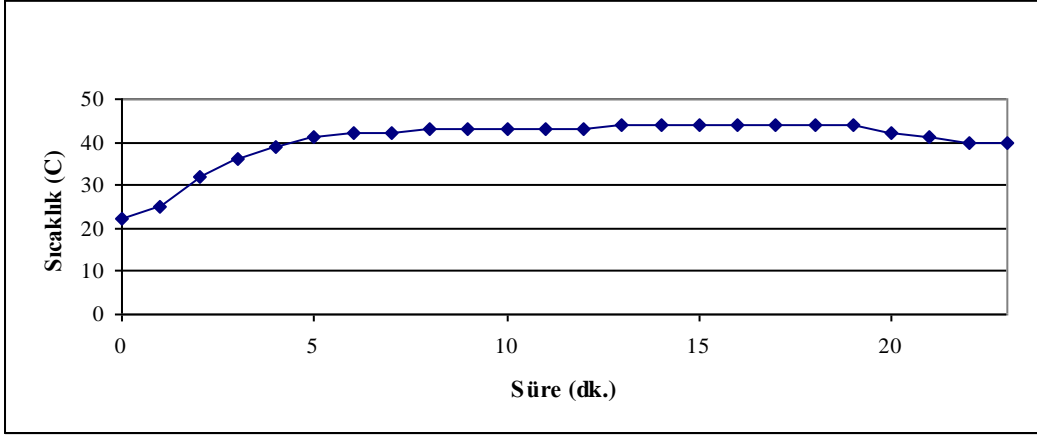
Şekil 5 ve Şekil 8 arasında farklı kat sayılarına sahip 4 adet panel denemelerinin zamana göre sıcaklık ve gerilim değişimi grafikleri verilmiştir.



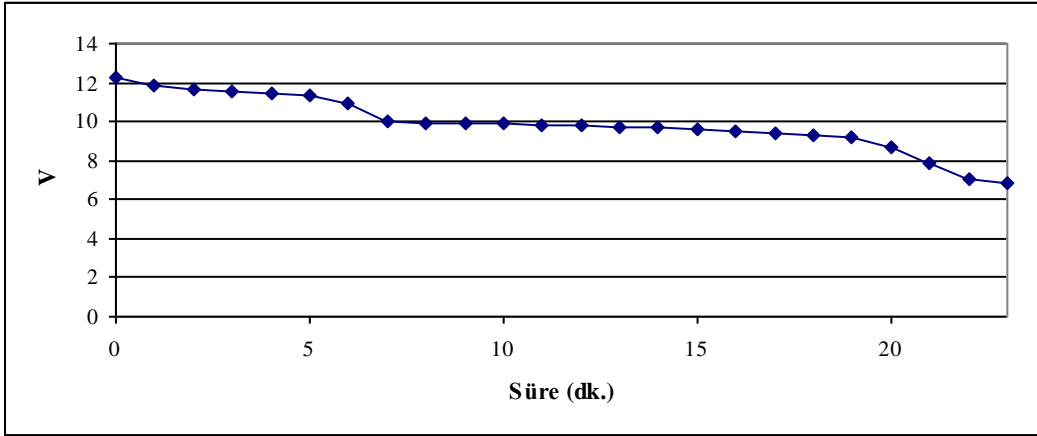
Şekil 5-a. 1 katlı-4 adet panel uygulamasının sıcaklık-zaman grafiği



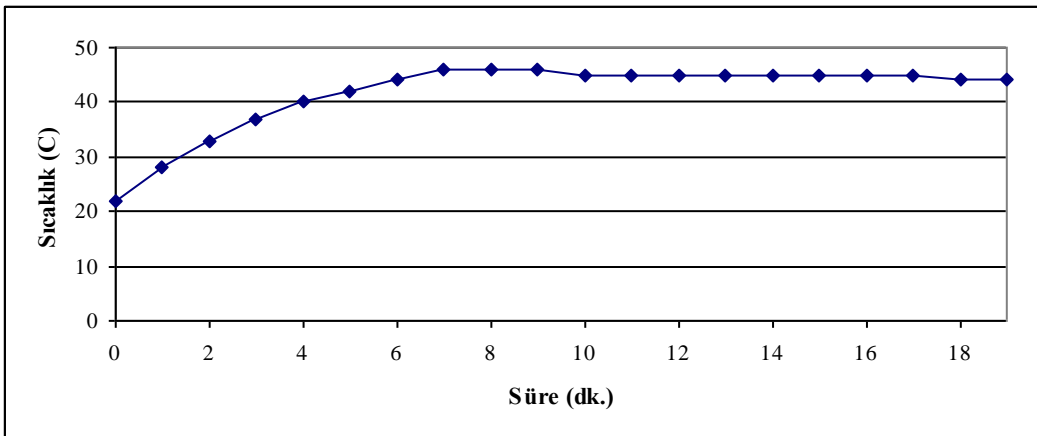
Şekil 5-b. 1 katlı-4 adet panel uygulamasının gerilim-zaman grafiği



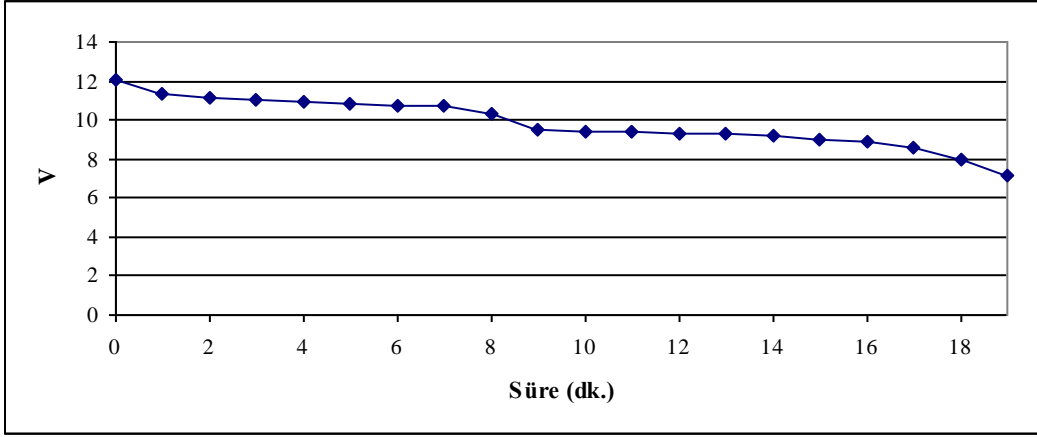
Şekil 6-a. 2 katlı-4 adet panel uygulamasının sıcaklık-zaman grafiği



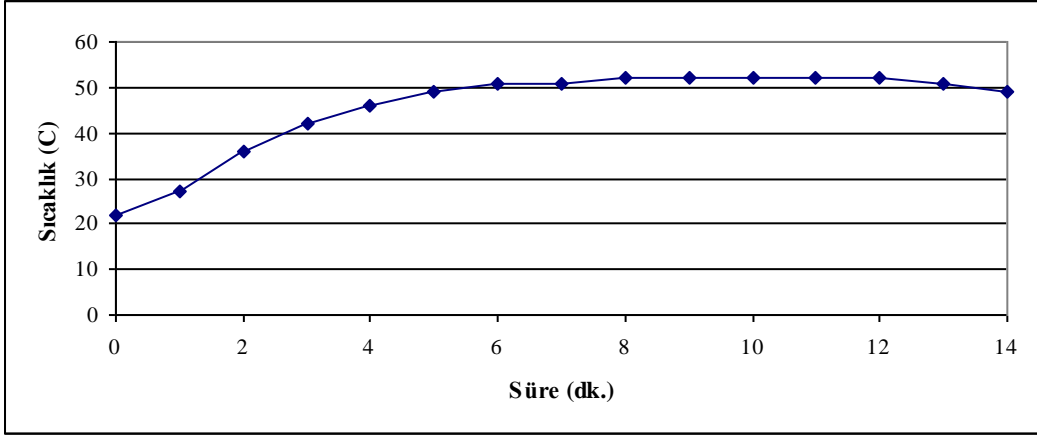
Şekil 6-b. 2 katlı-4 adet panel uygulamasının gerilim-zaman grafiği



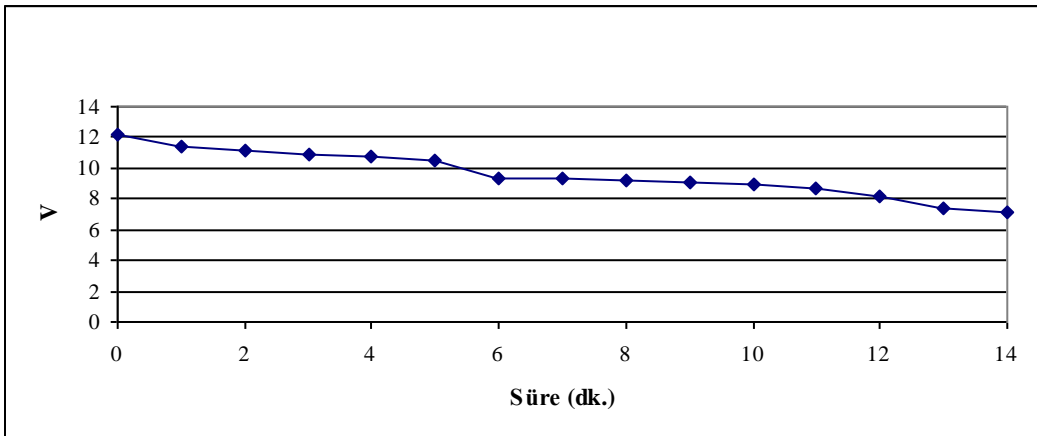
Şekil 7-a. 3 katlı-4 adet panel uygulamasının sıcaklık-zaman grafiği



Şekil 7-b. 3 katlı-4 adet panel uygulamasının gerilim-zaman grafiği



Şekil 8-a. 4 katlı-4 adet panel uygulamasının sıcaklık-zaman grafiği



Şekil 8-b. 4 katlı-4 adet panel uygulamasının gerilim-zaman grafiği

Şekil 5–Şekil 8 arasında, 4 adet panel denemeleri grafiklerinde görüldüğü gibi, her bir deneme için ölçüm süresi farklılık göstermektedir. 1 katlı 4 adet panel denemesinde ölçüm süresi 45 dakikadır. Bu süre içinde panellerde oda sıcaklığında ölçülen maksimum sıcaklık

48 °C olmuştur. Bu maksimum noktadan pilin 7 V değerine düşüp ölçüm sonuçlandığı andaki panel sıcaklıkları 40 °C civarındadır. 2 katlı 4 adet panel denemesinde ölçüm süresi 23 dakika, maksimum ölçülen panel sıcaklığı 45 °C ve pil gerilimin düşüp ölçüm sonuçlandığı andaki panel sıcaklıkları 40 °C seviyesindedir. Panel kat sayısı 3 yapıldığında ölçüm süresi 19 dakika, ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 45 °C seviyesinde ve ölçüm sonucundaki panel sıcaklıkları 43 °C seviyesindedir. 4 katlı 4 adet panel uygulamasında ölçüm süresi 14 dakikaya düşerken panellerin ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 53 °C derece seviyelerinde ve gerilim düşmesi ile 14 dakikalık ölçüm sonucunda ölçülen sıcaklık 50 °C civarındadır.

4. SONUÇLAR VE YORUM

Bu çalışmada ısıtma fonksiyonlu bir akıllı giysi tasarımı ve uygulaması yapılmıştır. Çelik iplikler kullanılarak oluşturulan ısıtıcı paneller ve giysi Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü tarafından üretilmiştir.

Elektriksel ve elektronik altyapı açısından sistemde amaçlanan, maksimum pil ömrü ile optimum sıcaklık artışı sağlamak ve elektronik yapının boyutlarını minimize ederek kullanıcıya rahatsızlık vermeden giyilebilir bir yelek tasarlamaktır. Pil grubu için optimum boyut ve kapasite belirlendikten sonra Ni-MH tip pillerden oluşan pil grubu oluşturulmuştur. Sistemin performansı için yapılan denemeler bu pil grubu ile gerçekleştirilmiştir.

Elektriksel açıdan önemli olan diğer bir parametre ise ısıtıcı panellerin boyutları ve buna bağlı olarak panellerin direnç değerleridir. Optimum sıcaklık eldesi için en uygun direnç değerleri hesaplanarak, bu direnç değerlerine sahip ısıtıcı paneller üretilmesi gerekmektedir. Farklı kat sayılarına sahip ısıtıcı paneller, elektriksel olarak direnç değerleri farklı olduğu için ısınma karakteristikleri de farklıdır. Güç tüketimi, doğrudan ısıtıcı panellerin direnç değerlerine bağlıdır. Bu da demektir ki, bu tip uygulamalarda mobil güç kaynağı kullanılması gerektiği için, güç kaynağının ömrü doğrudan ısıtıcı panellerin direnç değerlerine bağlıdır. Bundan dolayı ısıtıcı panellerin boyutları, panellerin kat sayısı, üretimde kullanılan iletken ipliğin miktarı, sistemin kullanım amacına göre doğru olarak belirlenip değerlendirilmelidir.

Isıtıcı giysilerde güç kaynağı, sistemin performansı için en önemli parametredir. Pil kapasitesi, sistemin etkin kullanım süresini doğrudan etkiler. Pil kapasitesi de kendi boyutlarıyla doğru orantılıdır. Ni-MH piller boyutça büyük ve ağırdırlar. Denemeler 6 V-3000 mAh pil grubuyla yapılmaya başlanmıştır. Yapılan birkaç test sonucu elde edilen sıcaklık sonuçları göz önünde bulundurularak 12 V-3300 mAh pil grubu kullanılması kararlaştırılmıştır. Giysi içine yerleşim için pil grubu iki parça olarak imal ettirilip, giysi içinde elektriksel olarak seri bağlanmıştır.

Sıcaklık eldesi açısından denemeleri inceleyecek olursak, en fazla sıcaklık artışı 4 katlı 1 panel uygulamasında elde edilmiş, sıcaklık 80 °C'yi aşmıştır. Minimum sıcaklık artışı 1 katlı 4 panel uygulamasında gerçekleşmiş, panellerin sıcaklıkları 34 °C olarak ölçülmüştür. Oda sıcaklığında yapılan bu denemeleri etkin çalışma süreleri olarak değerlendirilecek olursa, uzun uygulama süreleri tek panel uygulamalarında gözlemlenmiştir. Beklendiği gibi, panellerin kat sayıları arttıkça, etkin çalışma süreleri de düşmüştür. 2 panel denemelerinde ortalama çalışma süresi 40 dakika, 3 panel denemelerinde 30 dakika, 4 panel denemelerinde süre ortalama 20 dakika olarak ölçülmüştür.

Yukarıda bahsedildiği gibi, mobil uygulamalarda pil ömrü büyük önem taşır. Bu tip çalışmalarda uygulanan kontrol sisteminin tasarımında, pil ömrünü arttırılması, yani sistemin etkin çalışma süresinin uzatılması amaçlanmalıdır. Bu çalışmada kontrol sistemi olarak histeresiz ile aç-kapa kontrol yöntemi uygulanmıştır. Gelecekte bu gibi çalışmalarda ısıtmayı sağlamak ve etkin kullanım süresini arttırmak için farklı kontrol yöntemleri kullanılabilir. Bunlardan biri de Vuru Genişlik Modülasyonu (VGM) kontrolüdür. VGM'nda aç-kapa

sinyali, devrede kalma süresi değiştirilebilen bir kare dalga şeklindedir. Diğer yöntemler ise Oransal (P) kontrol ile Türevsel-Oransal (PD) kontroldür.

Akıllı giysi uygulamalarında önemli konulardan biri de bilgi ve güç aktarımıdır. Bu çalışmada elektriksel ve elektronik tüm bağlantılar klasik kablolama ile yapılmıştır. Bu konuda yapılacak ileriki çalışmalarda, algılayıcılardan gelen sıcaklık bilgisi iletimi, kullanıcı arayüzü ile kontrol kartı arasındaki haberleşme, klasik kablolama yerine, giysinin içine dokunan iletken ipliklerle yapılabilir. Giysi ve elektronik düzenekler arasındaki bağlantı da metalik çıt çıt düğme gibi tekstil malzemeleri ile sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Akhtar H. (2002): “American Hi-tech Soldier of Tomorrow”, alınan kaynak- www.defencejournal.com/2002/dec/american_hitech.htm.
- Brower B. (2001): “Soldier Systems”, Army Research Office Nanoscience for the Soldier Workshop.
- Cognis R. M. (2005): “Günümüzde ve Gelecekte Akıllı Tekstiller”, Nonwoven Technical Textiles, 3, sf. 105-110.
- Maxim Integrated Products (2008): DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Thermometer, alınan kaynak- www.maxim-ic.com.
- Haisman M. F. (1988): “Physiological aspects of electrically heated garments”, Ergonomics, Vol.31, No.7, sf. 1049-1063.
- Hongu T., Philip, G. O. (1990): “New Fibres”, New York, Ellis Horwood.
- Kayacan O., Bulgun E. Y., Şahin O. (2006): “Designing An Electronic Body Temperature Control Unit For Smart Garments”, International Conference Futurotextiles, sf. 30-34.
- Park J. (2003): “Smart Clothing”, alınana kaynak-www.ltd.stanford.edu/~jeepark/jeepark+portfolio/cs147hw8jeepark.html.
- Şahin O., Bulgun E., Kayacan O. (2004): “Isıtma Fonksiyonlu Akıllı Giysiler”, Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu-ASYU , sf. 93-95.
- Şahin O., Kayacan O., Bulgun E. (2005): “Smart Textiles for Soldier of the Future”, Defence Science Journal, Vol.55, No.2, sf. 195-205.
- Yazıcı T. (2004): “Temperature Control Unit of an Electrically Heated Clothing”, DEÜ Elektrik ve Elektronik Böl. Lisans Tezi, Danışman:Yrd.Doç.Dr.Ö.Şahin.