

# GSM Baz İstasyonları Kabinleri İklimlendirme Sistemlerinin Otomatik Arıza Tespit ve Kontrolü

## Automatic Error Detection and Control of Air Conditioners Placed in GSM Base Stations

*Ishak Alkuş<sup>1</sup>, Savaş Şahin<sup>1</sup>, Sezgin Yağbasan<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Çiğli Ana Yerleşkesi, İzmir Türkiye  
ishakalkus@gmail.com, savas.sahin@ikc.edu.tr

<sup>2</sup>Deka Digital Ltd. Şti.  
Kemalpaşa Cad. No:13, Pınarbaşı, İzmir Türkiye  
sezgin.yagbasan@dekadigital.com.tr

### Özet

*Bu bildiri GSM baz istasyonları kabinlerinde bulunun klimaların arızalarının otomatik tespit edilmesi, çözülmesi ve bu klimaların çalışmalarının sınırlandırılarak baz istasyonu kabinlerinin iklimlendirilmesinin için harcanan enerjiden tasarruf edilmesi üzerine tasarlanan sistemi sunmaktadır. Tasarlanan sistem sayesinde baz istasyonu kabinlerindeki klimaların herhangi bir sebeple durduğu durumlar tespit edilmekte ve yeniden başlatma işlemi yapılmaktadır. Yeniden başlatma işleminin klima prensibine uygun olarak belli bir süreç içinde gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Çalışmanın ikinci ayağında doğal soğutmanın daha az enerji harcayarak yapılabileceği durumlarda klimanın devreden çıkartılarak baz istasyonu iklimlendirme sisteminin genelinde enerji verimliliği sağlanmıştır. Bu sistemde çeşitli sensörler aracılığı ile sürekli sıcaklık, nem ve akım değerleri ölçülmüş, bu değerlerin karşılaştırılması yolu ile hangi sistemin daha az enerji harcayarak ısıtma-soğutma yapacağına kararlaştırılması ve daha az enerji harcayacak sistemin kullanıma alınması sağlanmıştır. Tasarlanan sisteme çeşitli iletişim protokolleri ile bağlantı kurulabilmesine olanak sağlayan iletişim portu eklenmiş, sistemin uzaktan kontrol edilmesi ve alınan verilerin kaydedilip daha sonra işlemeye hazır hale getirilmesi sağlanmıştır.*

### Abstract

*This paper presents the system designed to detect and solve the errors occurred at air conditioners placed in cabinets of GSM base stations and to limit operations of these air conditioners to decrease overall energy consumption of base stations. Any stop errors of air conditioners are detected and solved by restarting the air conditioners with this system. Restarting operations have been operated in a process regarding to the*

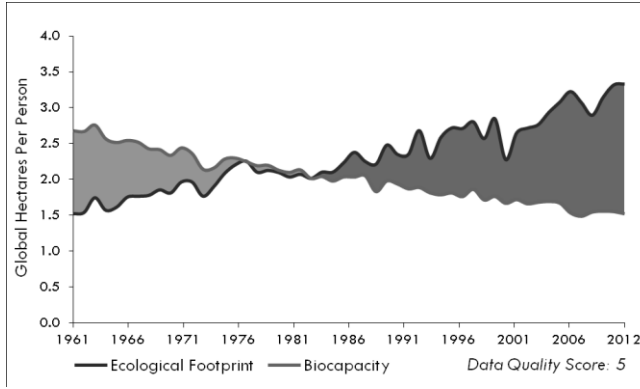
*technique of air conditioners. At the second part of this work, the air conditioners have deactivated when the natural cooling process have better energy performance. Temperature, humidity and current measurements have continuously taken by various sensors, with comparing these results the system made decisions which cooling system is more useful. A communication port is added to the system to make it available to connect another devices, remote control and data logging operations.*

### 1. Giriş

Mobil iletişim teknolojileri son yüzyılın en çok gelişme kaydedilen alanlarından biri olmuştur. 2000'li yılların başlarında cep telefonlarından internete bağlanmak daha yeni gelişen bir düşünce iken günümüzde mobil şebekeler aracılığıyla 1 GBPS veri indirme hızına ulaşabilmektedir [1]. Teknolojideki bu gelişme ve artan Pazar talepleri mobil operatörleri daha çok yatırım yapmaya, yeni baz istasyonları kurmaya itmiştir. Yeni baz istasyonları şehir merkezlerine olduğu gibi kapsama alanını artırmak üzere taşralara da kurulmaktadır. Bu durum her baz istasyonu ile birlikte işletici firmaya ek maliyetler yüklemektedir.

Baz istasyonu kabinlerinde sistemin çalışma kararlılığını optimum düzeyde tutabilmek adına yerleştirilmiş klimalar bulunmaktadır. Bu klimalar zaman zaman çalışmalarını kendiliğinden durdurabilmekte, bu durum sistemin çalışmasını olumsuz etkilemekte ve hatta cihazların bozulmasına sebep olmaktadır. Bakım şirketi görevlileri bu sorunu çözmek için baz istasyonuna giderek klimaya yeniden başlatma işlemi yapmaktadırlar. Bu işlem bakım şirketine fazladan maliyet yüklemektedir.

Özellikle sanayi devriminden sonra insanlığın doğaya verdiği zarar gitgide artmıştır. Halen dünyada kullanılan enerji kaynaklarının büyük çoğunluğunu karbon temelli yakıtlar oluşturmaktadır. TEİAŞ verilerine göre Türkiye'nin enerji üretiminde kullanılan kaynakların yarısından fazlası fosil kaynaklı yakıtlardır [2]. Aşağıdaki grafikte verilen değerler göz önünde bulundurulursa ülkemizin karbon ayak izinin<sup>1</sup> biyokapasitenin<sup>2</sup> 2 katına ulaştığı doğru bir çıkarım olacaktır [3]. Bu durumda yapılması gereken 2 şey vardır: Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek ya da enerji tüketiminde tasarrufa gitmek. Bu çalışmanın önemli unsurlarından biri enerji tüketiminde tasarruf sağlamaktır. Bu tasarruf işlemi freecooling adı verilen doğal ısı farkından yararlanılarak ısıtma soğutma işleminin daha az enerji harcanması yoluyla gerçekleştirilmiştir.



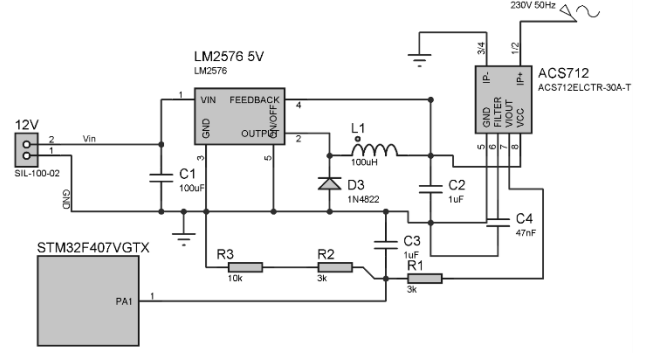
Şekil 1. Türkiye'de kaynak tüketiminin biyokapasiteye yıllara göre oranı [3].

Konuyla alakalı olarak literatürde yapılan çalışmalar daha çok akıllı bina otomasyonları, uzaktan kontrol edilen iklimlendirme sistemleri ve IoT<sup>3</sup> tabanlı cihaz tasarımları üzerine yoğunlaşmıştır [4-7].

## 2. Donanım Tasarımı

### 2.1. Akım Ölçme Modülü

Akım ölçümü sıcaklık ve nem ölçümleri ile birlikte sistemin en önemli parçalarından biridir. Akım bilgisi ile iklimlendirme sisteminin kullandığı güç bilgisi elde edilmektedir. Ölçüm için kullanılan ana eleman Sensirion<sup>TM</sup> firması tarafından üretilen ACS712 sensördür. Bu sensörün çeşitli devrelere tek başına uygulanması olanaksızdır. Çıkışta istenilen veri çözünürlüğünü ayarlayabilmek adına sensörün ilgili pinine katalogta verilen değerlerde kondansatör eklenmelidir. Sensör kullanımı için kurulan devrenin şeması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Akım ölçme modülü devre şeması.

Akım ölçümü esnasında karşılaşılan en büyük problem sensörün çıkışından alınan verinin girişine uygulanan gerilimle çok hassas bir şekilde değiştiğidir. Girişe uygulanan gerilim besleme devresinde kullanılan gerilim düşürücü entegrenin karakteristiğinden ve devredeki elemanların oluşturduğu gürültüler yüzünden zaman zaman değişebilmekte, çıkıştan yanlış sonuçlar okunmasına neden olabilmektedir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek adına akım ölçme sisteminin ayrı bir PCB üzerine tak-çıkartılabilir modül olarak tasarlanmasına, PWM mantığı ile çalışmayan bir besleme ile kullanılmasına ve devrenin çıkışına alçak geçiren bir filtre uygulanmasına karar verilmiştir. Alçak geçiren filtre uygulamasının sebebi okunacak akım değerlerinin en yüksek frekansının şebeke frekansı olan 50 Hz bandında olmasıdır. Yine bu bağlamda yapılan ölçümlerle gürültü sinyallerinin kHz mertebesinde frekans değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu gürültüler SMPS entegre türünün çalışma prensibinden (PWM) kaynaklanmaktadır. Tasarlanan filtre devresinde 1 adet 1 µF kondansatör ile 1 adet 3 kΩ direnç birlikte kullanılmıştır. Bu tasarımdaki hesaplama aşağıdaki denkleme göre yapılmıştır:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2 \times \pi \times 3000 \times 1 \times 10^{-6}} = 53.05 \text{ Hz} \quad (1)$$

53.05 merkez frekansı devrede istenilen filtreleme işlemi için elverişli bir frekans değeridir. Şekil 3'de verilen grafikte tasarlanan filtreleme devresinin faz ve frekans karakteristikleri verilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı üzere 200 Hz üzeri frekansa sahip sinyallerin büyüklüklerinde 100 kat azalma sağlanmıştır.

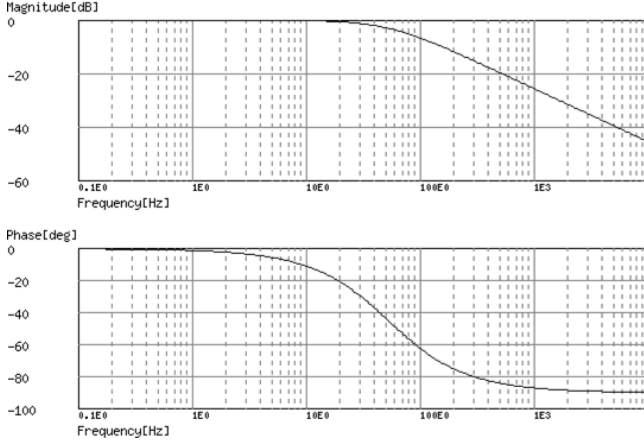
Kullanılan mikrokontrolcünün giriş çıkış (GPIO) pinleri 0 ile 3.3V değerler arasında çalışmaktadır. Akım ölçme sensörünün çıkış değeri ise maksimum 5 V değeri almaktadır. Bu durumda maksimum değeri mikrokontrolcü için güvenli sınır olan 3.3V değerine çekebilmek için aşağıda verilen eşitlikle hesaplanmış direnç değerleri ile oluşturulan gerilim bölücü devresi kullanılmıştır.

$$V_{out} = \frac{10k\Omega}{6k\Omega + 10k\Omega} \times V_{in} \cong 0.625 \times V_{in} \quad (2)$$

<sup>1</sup> Karbon Ayak İzi: Kullanılan doğal kaynakların sahip olunan tüm kaynaklara oranı.

<sup>2</sup> Biyokapasite: Biyosfer'deki yenilenme ve yaşamsal ihtiyaçların karşılanma potansiyeli.

<sup>3</sup> IoT: Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)



Şekil 3. Alçak geçiren filtre devresi faz – frekans karakteristikleri.

## 2.2. Sıcaklık ve Nem Ölçme Modülü

Devrede kullanılmak üzere hazırlanan ikinci modül sıcaklık ve nem ölçme modülüdür. Bu modülün hazırlanmasındaki amaç SHT11 sıcaklık ve nem sensörünün devrede üretilen ısıdan etkilenip yanlış sıcaklık ve nem değeri okumasının önüne geçilmesidir. Bir diğer deyişle bu modül sayesinde sensör devre ana kartından ısı olarak yalıtılmıştır. Modülün bir diğer avantajı ise SMD paket şeklinde gelen sensörün tak-çıkartılabilir şekilde kullanılmasına olanak sağlamasıdır. Bu sayede kullanımda ve ısı yalıtımında başarı sağlanmıştır.

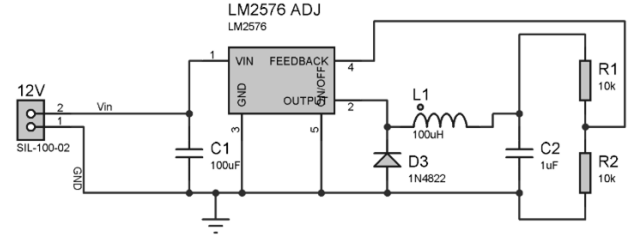
## 2.3. Güç ve Anahtarlama Üniteleri

Devrede çeşitli yerlerde farklı gerilim değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin mikrokontrolcü kartı ve akım sensörü 5V gerilim ile beslenirken, iletişim portuna takılacak cihazlar 3.8V gerilime ihtiyaç duymaktadır. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda sistemin beslemeleri 1 adet sabit çıkışlı gerilim düşürücü ve bir adet ayarlanabilir gerilim düşürücü entegreleri kullanılarak yapılmıştır. Sabit çıkışlı gerilim düşürücü entegresi sistemin ihtiyacı olan 5V gerilimi sisteme sağlamaktadır. Ayarlanabilir modelde ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak değerleri hesaplanan dirençler ile çıkış 3.8V seviyesine çekilmiştir.

$$V_{OUT} = V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right), \quad V_{REF} = 1,23 \text{ V} \quad (3)$$

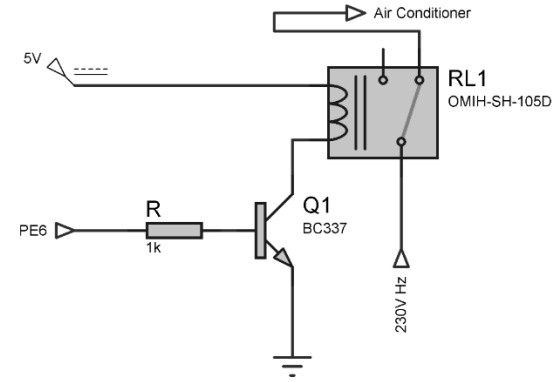
$$V_{OUT} = 1,23 \times \left(1 + \frac{4,7k\Omega}{2,2k\Omega}\right) = 3,85 \text{ V} \quad (4)$$

Hazırlanan devrede entegrelere ek olarak çeşitli direnç, bobin ve kondansatörler filtreleme elemanları olarak kullanılmıştır. Şekil 5'de devrenin şematik gösterimi verilmiştir.



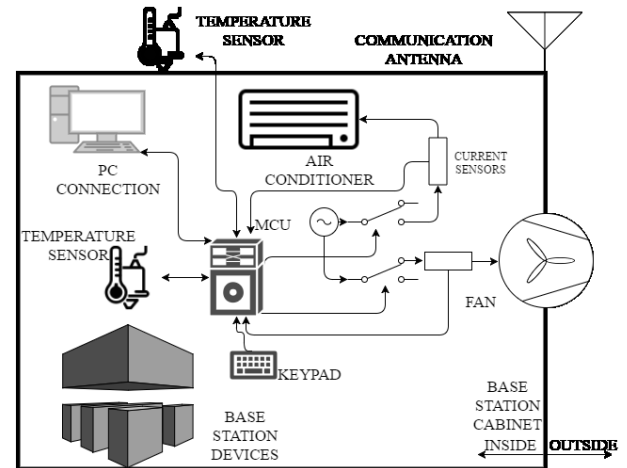
Şekil 4. Ayarlanabilir güç modülü devre şeması.

Mikro kontrolcülerin pinleri genellikle gerilim bazlı kontrol için kullanılmaktadır. Bu yüzden mikro kontrolcüler çıkışlarına yüksek miktarda akım sağlayamazlar. Devrede kullanılan röleler yapılan ölçümler sonucu 100 mA düzeyinde akım çektikleri gözlemlenmiştir. MCU pinleri bu akımı karşılayamayacağından çift kademeli anahtarlama sistemi kullanılmıştır. Burada 1. Kademe anahtarlama için kullanılan eleman BC337 modeli NPN BJ transistördür. Devrenin şeması Şekil 6'daki görselde verilmiştir.



Şekil 5. Anahtarlama devresi.

## 2.4. Genel Sistem Görünümü



Şekil 6. Genel Sistem Görünümü

Sistemin genel görünümü Şekil 6'daki blok diyagram ile gösterilmiştir. Sistem temelde iç ve dış sıcaklık değerlerini ölçme ve bu değerlerin karşılaştırılması yolu ile klima ya da fanın çalıştırılması yöntemiyle çalışmaktadır. Sistem baz istasyonu kabini iç sıcaklığını ve kabinin dışındaki sıcaklığı ayrı ayrı sensörler ile ölçmektedir. İç sıcaklığın çok yükseldiği durumlarda sistem hatası anlaşılacak klimanın yeniden başlatılması anahtarlama elemanları aracılığıyla sağlanmıştır. Sisteminde bulunan bilgisayar bağlantısı ile sistem uzaktan kontrol edilmeye müsait hale getirilmiş ayrıca alınan bilgilerin kaydedilmesine de olanak sağlamıştır.

### 3. Yazılım Tasarımı

Sistem yazılımı oldukça anlaşılabilir tutulmuştur. Sistem çalışmasına gerekli olan kütüphanelerin hazırlanması, GPIO, USART ve diğer iletişim ayarlamaları ve RTC parametrelerinin kurulumu işlemi ile başlamakta, sonsuz döngüde rutin olarak kontrol işlemlerine devam etmektedir. Sistemde kullanılacak sınır değerlerinin kullanıcı tarafından girilmesi başlangıçta istenmektedir. Bu veriler istenildiğinde sistemin yeniden başlatılması suretiyle yenilenebilmektedir. Sistem çalışma esnasında LCD ekranda sadece gerçek zaman verilerini göstermekte, her 75 saniyede bir ise ölçüm değerlerinin ekranda gösterilmesine olanak sağlayan tuşun basılmasına ilişkin mesaj göstermektedir. Sistemin aldığı veriler ister iletişim protokolü üzerinden direk olarak bilgisayar ya da internete (USART, GSM), isterse de direk olarak sisteme takılabilen USB bellekler ile kaydedilebilmekte, bu verilerin sonradan işlenmesine olanak sağlanmaktadır.

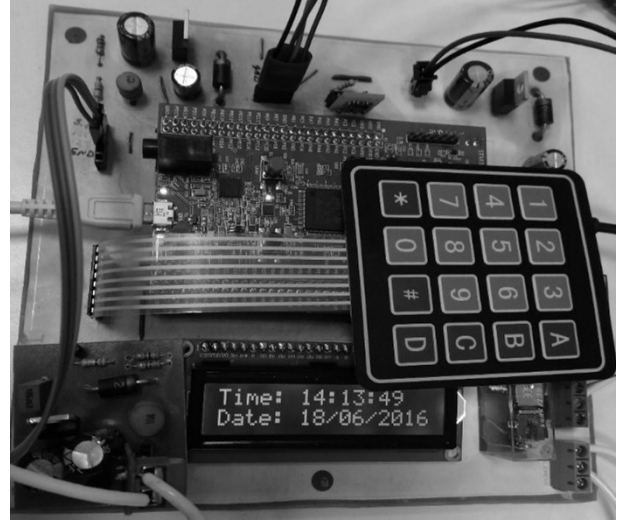
Sistem sonsuz döngü içerisinde iken sürekli olarak sensörlerden bilgiler toplamakta topladığı bu bilgileri verilen komutlar doğrultusunda karşılaştırarak operasyonlarını gerçekleştirmektedir. Eğer ölçüm değerleri girilen sıcaklık ve nem değer aralığındaysa sistem enerji tasarrufu yapmak üzere klimanın çalışmasını durdurmakta ve freecooling fanını devreye almaktadır. Sonraki kontrol noktasında sistem klimanın çalışması gereken durumlarda gerekli akımın klima tarafından çekilip çekilmediğini kontrol etmekte, arıza durumunda klimaya yeniden başlatma işlemi yapmaktadır. Herhangi bir anda dışardan gelecek kesme komutu ile sistemin rutin çalışmasına ara verilmekte, hızlıca ölçümler alınarak kullanıcıya sırayla gösterilmektedir.

Programlama aşamasında Mikrokontrolcünün (STM32F407VGTx) üretici firması olan ST Microelectronics™ tarafından sağlanan STM Cube yazılımı ön hazırlık aşamasında büyük kolaylık sağlamıştır. STM Cube yazılımında mikro kontrolcünün her bir pini ayrı ayrı görsel olarak özelleştirilebilmektedir. Ayrıca programlama aşamasında ARM mimarili işlemciler için özelleştirilmiş olan µVision™ yazılımı kullanılmıştır.

### 4. Test İşlemleri

Tasarlanan sistem PCB üzerine baskı yapılmış ve bir cihaz halini almıştır. Bu sistemde sırasıyla sensörler, MCU geliştirme kartı, LCD ekran, tuş takımı ve İletişim portu bulunmaktadır. Harici belleğe kayıt işlemi STM32F4 Discovery kartı üzerinde

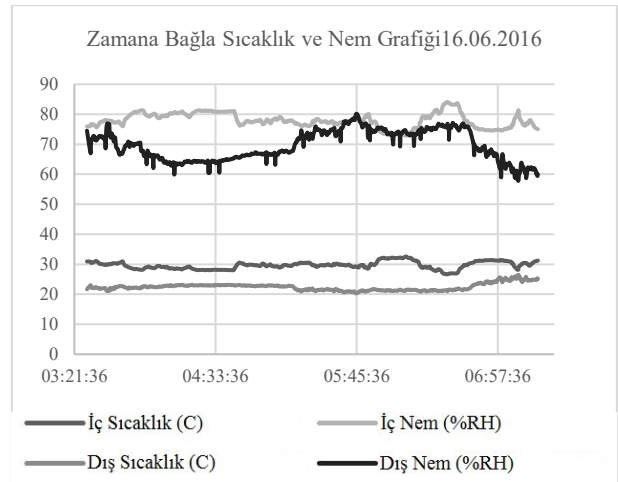
bulunan USB OTG bağlantı noktası aracılığı ile yapılmaktadır. Proje çıktısı olarak hazırlanan cihazın genel görünümü Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Üretilen cihaz.

İzmir şehrinde 16 Haziran 2016 tarihinde test edilen cihazdan alınan veriler Şekil 8-9'da gösterilmiştir. İç ve dış sıcaklık değerleri arasındaki farkın 5 dereceden fazla olduğu ve dış nem oranının %70'in altında kaldığı durumlarda freecooling sistemi aktive edilmiştir. Örneğin saat 03:58 ve 04:46 arasında freecooling sistemi aktiftir.

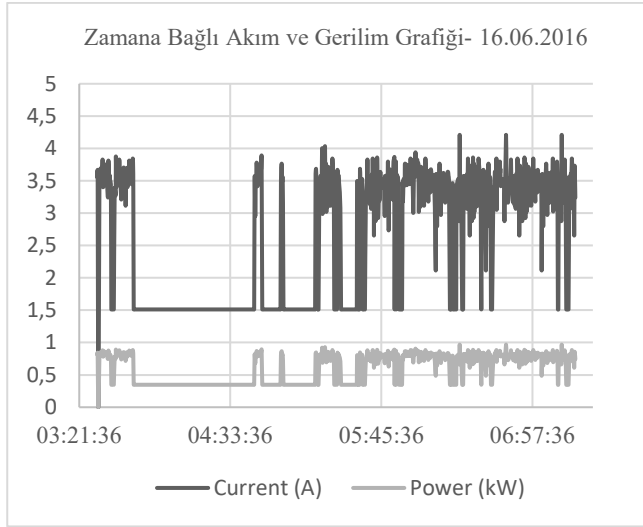
Freecooling durumunu gösteren veriler Şekil 12'de verilmiştir. Son grafikten de anlaşılacağı üzere istenen durumların sağlandığı aralıklarda freecooling sisteminin devreye alınması sağlanmıştır. Freecooling sisteminin devreye alınmasıyla birlikte GSM baz istasyonu kabinlerinin iklimlendirme sistemi güç tüketiminde sadece ölçüm alınan aralıklarda dahi %18,3 enerji tasarrufu sağlanmıştır. Bu oranın istenene daha yakın olan hava koşullarında daha da yükseleceği açıktır.



Şekil 8. Sıcaklık ve nem ölçüm değerleri grafiği.

Projenin amaçlarından biri olan klima hatalarının giderilmesi konusu test sürecinde dikkatle ele alınmış fakat herhangi bir hata ile karşılaşmamıştır. Ancak dışarıdan yapılan müdahaleler ile herhangi bir arıza durumunda sistemin arıza tespiti ve düzeltimi işini yapıp yapamadığı kontrol edilmiştir. Yapılan gözlemlere göre sistemin herhangi bir klima arızası durumunda yerinde ve zamanında doğru reaksiyonu gösterdiği de gözlenmiştir.

Tasarlanan cihaz laboratuvar ortamında uzun süreli testlere tabi tutulmuştur. Bunlardan en önemlisi sensörlerden birisinin gerçek uygulamada olması gerektiği gibi dış ortamda bırakılması ve iç ortamdaki sensöre zaman zaman müdahale edilmesi yoluyla yapılan testtir. Bu test sayesinde sistemin kararlılığı da kanıtlanmıştır.



Şekil 9. Ölçülen akım ve güç değerleri.

## 5. Sonuç

Tasarlanan ve üretimi gerçekleştirilen cihaz ile başta hedeflenen amaçlar gerçekleştirilmiş, GSM baz istasyonu kabinlerinde oluşabilecek herhangi bir klima arızasında kabinin kabin içindeki cihazların zarar görmemesini sağlayacak bir cihaz ortaya konulmuştur. Ayrıca cihazın baz istasyonu iklimlendirme sisteminde gözle görülür bir enerji tasarrufuna da olanak sağladığı kanıtlanmıştır. Hazırlanan cihaz iklimlendirme kontrol uygulamalarının yapıldığı her alanda kullanılma potansiyeli olan bir cihazdır. Gelecek çalışmalarda cihazın boyutunun küçültülmesi ve doğrudan internet erişimli hale getirilmesi planlanmıştır.

## 6. Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 2209/B Sanayi Odaklı Bitirme Tezi Destekleme Programı Kapsamında Desteklenmiştir. Proje No: 1139B411502800. Değerli desteklerinden dolayı TÜBİTAK, Deka Digital ve İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi'ne teşekkür ederim

## 7. Kaynaklar

- [1] S. Parkvall, E. Dahlman, A. Furuskär, Y. Jading, M. Olsson, S. Wänstedt ve K. Zangi, «LTE-Advanced – Evolving LTE towards IMT-Advanced,» Stockholm, Sweden, 2008.
- [2] TEİAŞ, «Türkiye Elektrik Üretim - İletim İstatistikleri,» Türkiye Elektrik İletim A.Ş., 2014. [Çevrimiçi]. Adres: <http://www.teias.gov.tr/T%C3%BCrkiyeElektrik%C4%B0statistikleri/istatistik2014/istatistik2014.htm>. [Erişim: 26 Mayıs 2016].
- [3] Global Footprint Network, «Ecological Wealth Of Nations,» Global Footprint Network, 2016. [Çevrimiçi]. Adres: [http://www.footprintnetwork.org/ecological\\_footprint\\_nations/](http://www.footprintnetwork.org/ecological_footprint_nations/). [Erişim: 26 Mayıs 2016].
- [4] I. G. Park, «The Remote Control System For The Next Generation Air Conditioners,» *IEEE Transactions and Consumer Electronics*, no. 47, pp. 168-178, Şubat 2001.
- [5] J.-s. Jin, J. Jin, Y.-h. Wang, K. Zhao ve J.-j. Hu, «Development of Remote-Controlled Home Automation System with Wireless Sensor Network,» *Fifth IEEE International Symposium on Embedded Computing*, Beijing, China, 2008.
- [6] L. Marusic, P. Skocir, A. Petric ve G. Jezic, «Home-in-Palm - A Mobile Service for Remote Control of Household Energy Consumption,» *11th International Conference on Telecommunications (ConTEL)*, Graz, Austria, 2011.
- [7] M. Wang, G. Zhang, C. Zhang, J. Zhang ve C. Li, «An IoT-based Appliance Control System for Smart Homes,» %1 içinde *2013 Fourth International Conference on Intelligent Control and Information Processing (ICICIP)*, Beijing, China, 2013.