

700 VA KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAĞI DEVRESİNİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Müzeyyen SARITAŞ*, **M. Timur AYDEMİR**** ve **Ayhan DALBAZ**

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Maltepe 06570 Ankara * msari@mmf.gazi.edu.tr

** aydemir@mmf.gazi.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, 700 VA gücünde bir Kesintisiz Güç Kaynağı (KGK) tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Sistem, giriş güç katı, batarya doldurucusu, sürücü birimi, evirici birimi, çıkış güç katı, örnekleme birimi, kontrol birimi ve 2x12 V kuru akü içermektedir. Giriş güç katı, batarya doldurucusuna ± 15 V DC besleme gerilimi sağlar. Akü şarj birimi, evirici ve kontrol birimlerine sürekli olarak +12 V DC besleme gerilimi sağlar. Kuru aküdeki 24 V DC voltaj, sürekli olarak 50 Hz frekansta 220 V AC'ye çevrilerek elektronik aletlerimize ON-LINE güç sağlamaktadır. KGK sistemi, üç durumlu çıkışa sahip olup darbe genişlik modülasyonu (PWM) tekniği ile çalışır. PWM sinyalleri, sürücü ve kontrol ünitesi üzerinden eviriciye uygulanarak KGK'nın çıkış gerilimini regüle eder. Sistemin ön panelindeki dört LED göstergesi; düşük akü seviyesi, akü doldurma, aşırı akım ve KGK on/off durumlarını görüntüler. Sisteme, batarya seviyesinin düştüğünü duyurmak için bir de sesli uyarı eklenmiştir. KGK sisteminin aşırı yük/kısa devre koruması ve süzölmüş çıkışı vardır. Sistem, giriş gücü kesildiğinde 15-30 dakikalık kesintisiz enerji sağlayabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: AC/DC çevirici, DC/AC evirici, PWM tekniği, kesintisiz güç kaynağı, ON-LINE sistemi.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF 700 VA UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY

ABSTRACT

In this study, a 700 VA UPS has been designed and implemented. The system contains an input power stage, an internal battery charger, a driver unit, an inverter unit, an output power stage, a sampling unit, a control unit and 2x12 V dry cells.

The input power stage provides ± 15 V DC bias voltage to the battery charger. Battery charger continuously supplies +12 V DC bias voltage to the inverter and control units. 24 V DC voltage in the dry cell is continuously converted to 220 V AC at a frequency of 50 Hz to give ON-LINE power to the electronic equipment. The UPS system has three states of output and is operated with pulse width modulation (PWM) technique. The PWM signals are applied to the inverter through the driver and control unit to regulate the output voltage of the UPS. Four LED indicators on the front panel of the system make visible i) the low battery level, ii) the battery charging, iii) the overload current and iv) the UPS on/off conditions. A buzzer system is also added to make audible noise when the battery level is low. The UPS system has over load/short circuit protection and filtered output. The system can supply non-stop energy for a duration of 15-30 minutes when the input power is interrupted.

Keywords: AC to DC converter, DC to AC inverter, PWM technique, Uninterruptible power supply, ON-LINE system.

1. GİRİŞ

Elektrik kesintisi ve elektrik akımındaki dalgalanmalar her zaman sistemlerimizi olumsuz yönde etkilemektedir. Kesintisiz güç kaynağı (KGK), kesintisiz bir çalışma ortamı yaratarak sistemlerimizi şehir şebekesindeki ani değişimlere karşı korumakta; ani elektrik kesintisi sırasında devreye girerek sistemimizi güvenlik içinde kapatmamıza yardım etmektedir. Ayrıca, sistem sürekli çalışmalarda şebeke gerilimindeki dalgalanmaları regüle etmektedir. Bu çalışmada, 24 V DC kuru aküleri 220 V AC ile sürekli olarak şarj eden; sürücü, evirici, örnekleme ve kontrol üniteleri aracılığıyla 24 V DC'yi tekrar 220 V AC'ye dönüştürebilen, ON-LINE, kesintisiz güç kaynağı tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

Aşağıda, önce KGK çeşitleri hakkında kısa bilgilere daha sonra eviricilere ilişkin bilgilere yer verilecektir. Tasarlanan ve gerçekleştirilen devrenin blok diyagramı bir sonraki bölümde verilecek; devrenin çalışma prensibi ve devre üzerinde yapılan deneysel çalışmaların sonuçları tartışılacaktır. Son kısımda ise sonuçlara ve önerilere yer verilecektir.

2. TEORİK BİLGİLER

Kesintisiz güç kaynakları çalışma ilkelerine göre üç gruba ayrılırlar [1-9] Bunlar:

- STAND-BY KGK sistemleri
- ON-LINE sistemleri
- LINE INTERACTIVE KGK sistemleridir.

STAND-BY sistemleri, elektrik kesintisi olması halinde devreye girerek kendine bağlı donanımlara enerji sağlar. Ancak, regülasyon ve frekans özellikleri yeterince iyi olmadığından stand-by ilkesi ile çalışan bir KKG'nin özellikle, elektrik kesildikten sonra, en kısa sürede devreye giren modelleri tercih edilmelidir.

ON-LINE KKG sistemleri, sürekli olarak gerilim ve akım sağlamaktadır.

LINE INTERACTIVE KKG sistemlerinde, kullanılan trafolar sayesinde çıkış her zaman 220 V AC'de tutulur. Bu tip KKG sistemlerinde kullanılan trafo, hatta oluşacak ± 30 V'luk sapmaların etkisini gidererek regülasyonu sağlar. İthal kesintisiz güç kaynaklarında bu özellik bulunmaktadır.

Aküler

Kurşun asit aküler ve nikel kadmiyum (Ni-Cd) aküler olmak üzere iki tip aküden bahsedilebilir [1]. Kurşun asit aküler, 6 hücreden oluşmakta ve her hücre kurşun elektrolitler içermektedir. Bu tür aküler, sabit voltaj ve sabit akım metodu ile şarj olmaktadır.

Akü şarjının verimliliğini belirlemede kullanılan başlıca parametreler şunlardır: Akü tipleri, kapasiteleri, maksimum şarj akımları, gaz hali voltaj değerleri, sıcaklık, üretici toleransları, akünün dinamik zaman sabiti, akünün yaşı ve gaz haline etki eden diğer parametreler gibi. Bu parametrelerin birbirine bağlı olması da söz konusudur. Aküler, normal koşullar altında anma kapasitelerine göre oldukça düşük akım değerinde ve uzun zamanda doldurulduğundan genelde büyük güçlere gerek duyulmaz. Örneğin 60 Ah(amper saat) kapasiteli 12 V'luk akünün 5-6 amper akımla 10-12 saatte doldurulması akünün ömrü açısından önemlidir.

Akülerin bozulmaması için şu hususlara dikkat etmek gerekmektedir: i) Aküler hiç bir zaman şarjsız bekletilmemelidir. ii) Aküler şarjsız konumda iken üzerinden akım çekilmemelidir. iii) Akü şarj gerilimi belirli bir gerilimin üstüne çıkarılmamalıdır. Bozuk akülerin üzerine yük bindiğinde akü gerilimi düşmektedir.

Evirici Devreler

Eviriciler[1-6], DC gerilimi değişken gerilim dalga biçimine dönüştürebilen; frekansı ve gerilimi birbirinden bağımsız olarak ayarlanabilen devrelerdir. Eviricilerin üreteceği dalga şekilleri ve frekansları kullanılan yarı iletken elemanların (Tristör, BJT, IGBT, MOSFET) karakteristiklerine, iletim ve tıkama sürelerine bağlıdır[2].

Eviriciler, uygulamada besleme özelliklerine göre "Akım beslemeli" ve "Gerilim beslemeli" olmak üzere iki grupta incelenirler. Akım veya gerilim beslemeli eviriciler arasında yapılacak seçim, yükün özelliklerine göre değişir. Eğer yük,

harmonik akımlara karşı yüksek empedans gösteriyorsa gerilim beslemeli eviriciler; yük harmonik akımlara karşı düşük empedans gösteriyorsa akım beslemeli eviriciler tercih edilmelidir.

Eviriciler, devre yapılarına göre:

- Çıkış transformatörlü orta nokta bağlantılı,
- Yarı köprü bağlantılı,
- Tam köprü bağlantılı devreler.

Eviriciler aktarım özelliklerine göre de:

- Paralel aktarımlı,
- Seri aktarımlı,
- Darbe aktarımlı,
- Yük aktarımlı

eviriciler olmak üzere sınıflandırılabilirler.

Bu çalışmada, orta nokta bağlantılı transformatörlü ve MOSFET anahtarlamalı elemanlardan oluşturulmuş paralel aktarımlı bir evirici gerçekleştirilmiştir.

3. GERÇEKLEŞTİRİLEN KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAĞI DEVRESİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

Bu çalışmada tasarlanan ve gerçekleştirilen KGK devresinin blok diyagramı Şekil 1'de görülmektedir. Sistemimiz, güç katı, akü şarj katı, sürücü katı, evirici katı, örnekleme katı, kontrol katı, çıkış katı ve 2x12V'luk kuru aküden oluşmaktadır. Güç katı, sürücü, evirici, ve kontrol üniteleri için ± 15 V ve +12 V DC gerilim değerlerini üretmektedir. Akü şarj katı, 24 V'luk kuru aküleri devamlı olarak 27.2 V DC gerilimi ile şarj etmektedir. Sürücü katı, evirici katına PWM mantığı ile modüle edilmiş giriş sinyalleri sağlamaktadır. Evirici katı, orta topraklı transformatörlü ve MOSFET anahtarlamalı elemanlardan oluşturulmuş paralel evirici tipindedir. Çıkıştan alınan örnekleme sinyalleri yardımıyla, evirici katının girişine uygulanan sinyallerin darbe genişlikleri değiştirilerek çıkış gerilimi sabit tutulmaktadır. Kontrol katı, çıkış gerilimini sabit tutmanın yanısıra; aşırı akım kontrolü ve düşük akü kontrol görevlerini de üstlenmektedir.

Yukarıdaki katlardan oluşan sistem, 220 V AC ile, 24 V DC kuru aküleri sürekli olarak şarj etmekte; sürücü, evirici, örnekleme ve kontrol üniteleri aracılığıyla 24 V DC'yi tekrar 220 V AC'ye dönüştürerek, ON-LINE, kesintisiz güç sağlamaktadır.

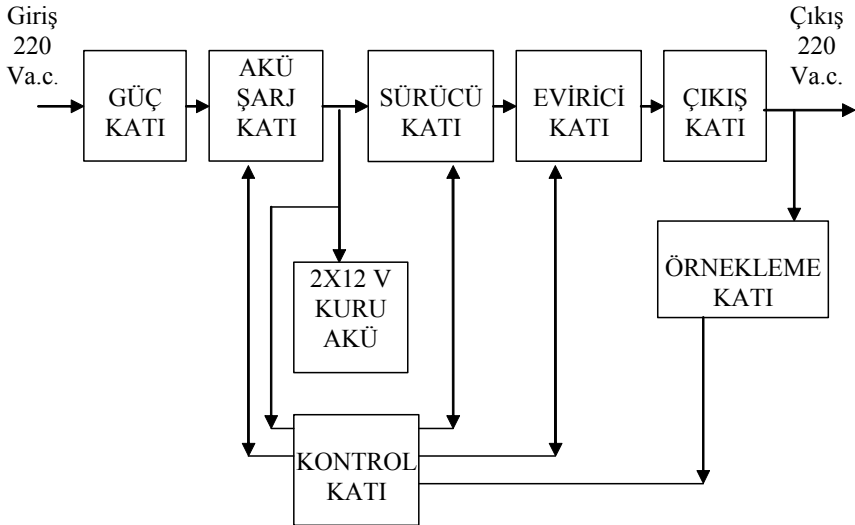
Aşağıda, KGK sisteminin tüm katları sırasıyla verilmiş olup, katlarda kullanılan entegre devreler ve bunların kat içindeki fonksiyonları incelenmiştir.

Güç Katı

KGK'deki tüm katlar için gerekli olan enerji güç katından sağlanmaktadır. Bu devrede, LM7815 ve LM7915 entegre devreleri kullanılarak 220 V AC'den ± 15 V regüle DC gerilimler elde edilir. DC gerilim aynı zamanda aküyü şarj etmekte kullanılır. Güç katındaki ikinci bir LM7812 entegre devresi de, aküden beslenerek, elektrik kesintisi durumunda tüm devrelerde kullanılabilen 12 V DC gerilimi üretir.

Akü Şarj Katı

Akü şarj katındaki UAA146 entegresi, akü şarj devrelerinde kullanılan çok özel bir tümleşik entegre devredir. Bu tümleşik devre, çok az harici devre elemanı gerektirmekte; kısa devre koruması, tam dalga sürücüsü, rampa üretici ve referans voltaj devreleri içermektedir. Akü şarj katında, akülerin uç geriliminden alınan örnek sinyal ile referans gerilim karşılaştırılır. Önce, akü şarj gerilimi, TP27 ile belli bir noktaya getirilir. Akü gerilimi, R61 üzerinden LM 301'e bağlanmıştır. Bu entegre, bir hata gerilimi üreterek akülerin uygun şarj olmasını sağlar. Kullanılan TR izolator transformatorü ve CN31-34 konnektörlerindeki darbeler, tristörleri tetiklemek suretiyle, 40 V'luk DC gerilimi şok bobinin uçları arasında açıp kapatarak aküleri şarj etmektedir. Bu çalışmada, aküler yaklaşık 5 amper ile şarj edilmektedir. Akü şarj katında voltajdaki dalgalanmaları sınırlamak için sistemde 32000 mikroyfaradlık bir kondansatör ve akımdaki dalgalanmaları sınırlamak için bir endüktans (şok bobin) kullanılmıştır.



Şekil 1. Kesintisiz güç kaynağının blok diyagramı

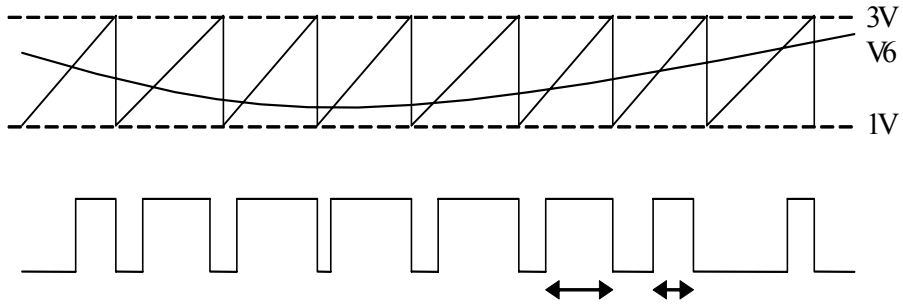
Sürücü Katı

Sürücü katında[1], eviriciye uygulanacak darbe genişlik modülasyon (PWM) işaretleri üretilir. Bu amaçla UC3524 entegresi kullanılmıştır. Bu entegre devre içinde şu katlar bulunmaktadır. Osilatör, Flip-Flop, Hata yükseltici, Akım sınırlayıcı ve Karşılaştırıcı. Tümlşik devrenin çıkışında, birbirinin evriği olan ve çekilen yüke uygun sinyaller üretilmektedir.

Entegrenin 6 ve 7 nolu bacaklarında rampa tipi bir sinyal üretilmekte ve bu sinyal hem osilatöre hem de karşılaştırıcıya uygulanmaktadır. Osilatör çıkışı da flip-flopa uygulanmaktadır. Hata yükselticiden gelen işaretle rampa işaretinin karşılaştırılması sonucu PWM işareti elde edilmektedir (Şekil 2).

Evirici Katı

Evirici katında iki adet NOR kapısı[1, 10-13] bulunmaktadır. Bu kapılara sürücü katında elde edilen PWM işaretleri ile birlikte, aşırı yük ve düşük akü durumunu gösteren işaret uygulanır. Evirici katındaki CMOS 4001 NOR kapıları evirici katı açma/kapama mantığını sağlamaktadır. CMOS 4001 tümlşik devrede harcanan maksimum güç 500 mW, çekilen akım 41 mA'dir. Aşırı yük veya düşük akü durumunda üretilen işaret, bu katın çıkış vermemesi için de kullanılır.



Şekil 2. PWM sinyalinin elde edilmesi

Örnekleme ve Kontrol Katı

Çıkıştan alınan örnek işaret bu katta işlenerek diğer katlarda kullanılacak olan hata işaretleri ve aşırı yük/düşük akü uyarıları elde edilir. Kontrol katı iki kısımdan oluşmaktadır. Kat 1'deki LM339, 4 OP AMP içermekte olup birincisi düşük akü, ikincisi aşırı akım, üçüncüsü buzzer kontrolü için kullanılmıştır. Kat 2'de ise örnekleme sinyali ile referans sinyali karşılaştırılarak, OPAMP çıkışından elde

edilen kontrol sinyalleri ile 4027 JK tipi flip floplar set edilir. Sisteme enerji verildiğinde bu flip flopların çıkışları resetlenir. Flip flop çıkışındaki bu kontrol sinyalleri evirici katında kullanılmaktadır. Kontrol katı ile, KGK'deki önemli değişiklikleri gösteren 4 önemli LED gösterge sürülmektedir.

Kontrol katındaki Hat LED'i sistemde çıkış olduğunda yanar. Aşırı yük LED'i, sistemin aşırı yükten dolayı çıkış vemediğini göstermektedir. Düşük akü LED'i, akü geriliminin 20 V'tun altına düşmesi halinde yanar. Akü 20-25 V arasında ise, sistem çıkış verir ancak buzzer her 3 saniyede çalar. Şarj LED'i, akünün şarj olup olmadığını gösterir. Buzzer için LM555 entegresi osilatör olarak kullanılmıştır. Bu osilatörün aktif olup olmaması LM339'daki karşılaştırıcı çıkışına bağlıdır.

Çıkış Katı

Çıkış katı üç farklı kattan oluşmaktadır. Kat 2'de, TR3 trafosu ile 2x17 V AC ve 40 V AC elde edilmektedir. 2x17 V AC sistem içindeki gereksinimleri karşılar. 40 V AC ise akü şarj için kullanılır. Çekilen akımın 10 A olması yeterlidir. Kat 2'de, şarj için kullanılan yarı köprü bağlantılı tristörler ve bir filtre (TR4) bobini bulunmaktadır. Trafo 3'ten sağlanan 40 V AC tristörlerin anodlarına uygulanmıştır. Tristörlerin anahtarlanmaları, akü şarj devresindeki UAA146 entegresinden sağlanmaktadır.

Kat 1'de, anahtarlama işlemi yapan özel FET'ler ve onları koruyan devre bulunmaktadır. FET'lerin çıkışları CN6 ve CN7 vasıtasıyla TR5'e bağlanır. Kat 3'de ise, aktarılması gereken güç, TR5 transformatörü ile yüke aktarılır. TR5, maksimum 8 A çekecek şekilde tasarlanmıştır.

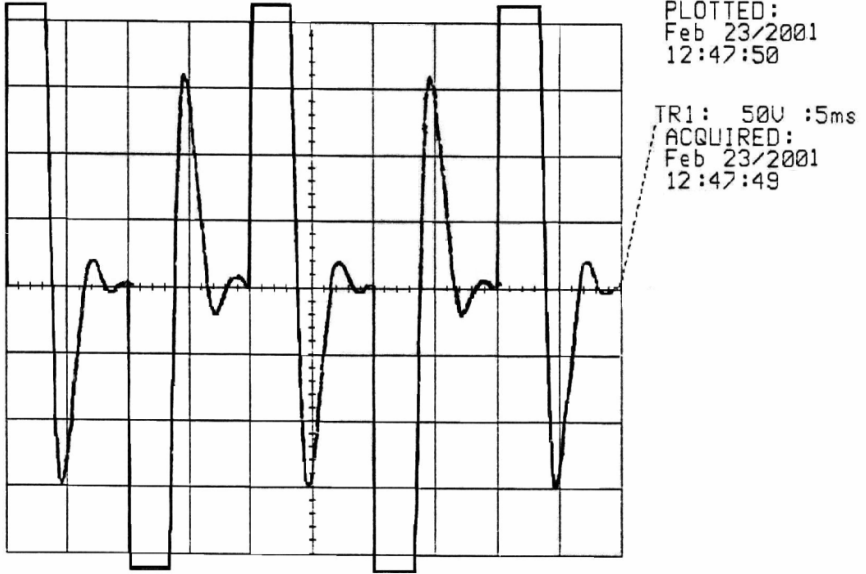
Tasarlanan ve gerçekleştirilen devrenin çıkış sinyali Şekil 3'de verilmiş olup çıkış genliği 220V'tur. Bu sinyal, 220 V AC sinyalinin aktarım gücüne sahiptir. KGK çıkışındaki sinyalimiz, yüksek frekans harmoniklerini içeren kare dalga şeklindedir. Yükün iyi tasarlanması halinde yüksek frekans harmonikleri elimine edilebilir ve çıkış sinyali sinüs dalgasına yaklaştırılabilir. Bu da LC yükün uygun tasarlanması ile mümkündür.

4. SONUÇ VE TARTIŞMALAR

Bu çalışmada gerçekleştirilen kesintisiz güç kaynağı, 220 V AC giriş ile 24 V'luk kuru aküleri sürekli olarak şarj etmekte; sürücü, evirici, örnekleme, ve kontrol üniteleri üzerinden 24 V'luk DC'yi tekrar 220 V AC'ye dönüştürerek sistemlerimize ON-LINE güç sağlamaktadır. Gerçekleştirilen KGK sistemi aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- 50 Hz üç durumlu çıkış gerilimi,

- PWM tekniği ile çalışma,



Şekil 3. Kesintisiz güç kaynağının çıkış sinyali

- Kolayca taşınabilen kuru akü,
- Elektrik kesildiğinde tam yükte 15-30 dakika arası kesintisiz güç sağlama,
- Şebeke geriliminin kesildiğini gösteren sesli ve ışıklı uyarı,
- Otomatik akü şarjı,
- PC ve çevre birimlerine kesintisiz 24 saat güç sağlama.

KGK'mızın bir gerilim kaynağı olarak özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

- **Regülasyon:** Ülkemizdeki şebeke geriliminden sapmalar - %20 ile + %15 arasında değişmektedir. Kabul edilebilir değişim aralığı %2 'dir. KGK'mız, gerilim değişimlerini %1'in altında tutmaktadır.
- **Gerilim kararlılığı:** KGK'mız değişen yük değerlerinde yükü besleyen gerilimin sabit kalmasını sağlamaktadır.
- **Yüke karşı regülasyon:** Yükteki %1-100 değişimlerde, gerilimdeki değişimi %1'den küçük olmaktadır.
- **Ani yüke karşı regülasyon:** Yükteki ani değişimlerde ve elektriğin ani kesilme ve gelmelerinde çıkışta oluşacak değişimler %10'nun altında tutulmaktadır.

- **Frekans kararlılığı:** Şebekedeki frekans bozulmalarında, KGK'mızın çıkışı 49.5-50.5 Hz arasında tutulmaktadır.
- **Aşırı yük ve kısa devreye karşı koruma:** KGK'mız aşırı yük ve kısa devreye karşı korumalıdır.

KGK çıkışındaki sinyelimiz, yüksek frekans harmoniklerini içeren kare dalga şeklindedir. Yükün iyi taarlanması ile yüksek frekans harmonikleri elimine edilebilir ve çıkış sinyali sinüs dalgasına yaklaştırılabilir. Bu da LC yükün uygun tasarlanması ile mümkündür. KGK çıkışında sinüs biçimli dalga elde etmenin bir diğer yolu, modülasyonda kullanılan darbe frekansının olabildiğince yüksek seçilmesidir. Mikroişlemciler sayesinde darbe genişlik modülasyonlu çok yüksek frekanslı sinyaller elde edilebilir ve bu sinyaller ile çıkışta kullanılan yük trafosu sürülebilir. Mikroişlemci tabanlı KGK sisteminde akü parametreleri de dijital göstergelerde görüntülenebilir. KGK'mızdaki, 12 V, 18 Ah olan iki kuru aküden bir saat boyunca sabit 18 A akım çekmek mümkün olmaktadır. KGK'nın gücünü arttırabilmek için çok daha uygun olan toroid trafolar kullanılabilir ve akü sayısı arttırılabilir.

RS232 ile KGK'mız bilgisayara bağlanabilir. Böylece, sistem içindeki tüm değişimlerin bilgisayar monitöründe görüntülenmesi ve gerekli kontrollerin sağlanması mümkün olabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Araştırma Fonu (MMF-06/96-3) tarafından desteklenmiştir. Gazi Üniversitesi Eski Rektörü Prof.Dr. Enver Hasanoğlu'na teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. Dalbaz A., **700 VA Kesintisiz Güç Kaynağı Devresinin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi**, Yüksek Lisans Tezi(Danışman: Prof. Dr. M. Sarıtaş), Gazi Üniversitesi, FBE, Ankara, 1997.
2. Stokes R. W., "High voltage high power inverter", IEEE Conf. Publ. p:154, 1977.
3. McMurry, "Selection of snubbers and clamps to optimize the design of transistor switching converters", IEEE Trans. Ind. Appl. Vol. IA-16, 1980.
4. Beorord D. ve Hoft R. G., **Principles of Inverter Circuits**, John Willy and Sons, 1964.
5. Lanoer W., **Power Electronics**, McGraw-Hill, 1981.
6. Pollack J., "Advanced pulse width modulated inverter techniques", IEEE Trans. On Industry Applications, Vol.IA-8, No.2, pp: 145-154, 1972.
7. Liang C., T. K. Ng., "Design of battery charging system with fuzzy logic controller", Ind. J. Electronics, Vol.75, No. 1, pp: 75-86, 1993.

8. Larson, Power Electronics, Prentice Hall, 1983.
9. Humphries J. T. ve Sheets L., **Industrial Electronics**, Delmar Publishers, 1989.
10. Seitzer G.ve Hamdy N. A., **Electronic A/D Converters**, John Wiley and Sons, 1983.
11. Horowitz P. ve Hill W., **The Art of Electronics**, Cambridge Univ. Press, 1980.
12. Malvino A. P. ve Leach D. P., **Digital Principles and Applications**, McGraw-Hill, 1986.
13. Mano M., **Digital Logic and Computer Design**, Prentice-Hall, 1979.