

MİKRODENETLEYİCİ İLE SMPS' İN ÇIKIŞ GERİLİMİNİN SICAKLIĞA BAĞLI OLARAK DEĞİŞTİRİLMESİ

^aRaşit AHISKA, ^aYılmaz SAVAŞ, ^bHakan IŞIK

^aGazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik – Bilgisayar Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar, ANKARA

^bOndokuz Mayıs Üniversitesi, Amasya Meslek Yüksek Okulu
0504 AMASYA

ÖZET

Birçok Termoelektrik ve elektronik sistemlerin çalışmasında SMPS güç kaynakları (Anahtarlama Modlu Güç Kaynağı) kullanılmaktadır. Uygulamaların amaçlarına göre SMPS' lerde çeşitli özellikler aranmaktadır. Termoelektrik uygulamalarda, SMPS' lerde yüksek verim, düşük ripple ve regülasyonun yanısıra sıcaklık kontrollu ve ayarlı özellikler de gerekebilmektedir. Bu çalışmada "Mikrodenetleyici Kontrollu, çıkışına sıcaklığa bağlı olarak gerilim ayar özelliği kazandırılmış bir SMPS sistemi tasarlanmış ve gerçekleştirilmiş ve permormans analizleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: SMPS, Sıcaklık Kontrolü, Mikrodenetleyici

TO CHANGE THE VOLTAGE OF SMPS WITH MICROCONTROLLER ACCORDING TO TEMPERATURE

ABSTRACT

SMPS are used in the working of many systems of thermoelectric and electronic. According to the targets of applications some specifications are required. In thermoelectric applications in SMPS (Switching Mode Power Supply) high performance, low ripple and regulation and further more temperature control and adjustable principles may be required. In this study a SMPS system with control of microcontroller and given a feature of voltage adjust according to the temperature has been designed and implemented. The parameters of this system in several adjustable temperatures have been measured.

Key Words: SMPS, Temperature control, Microcontroller

1. GİRİŞ

Gelişmekte olan yüksek yarı iletken ve elektronik teknolojisinde sistemlerin güvenilir bir biçimde beslenmesi ve sıcaklık gibi parametrelerin kontrolü güncelliğini korumaktadır. Bir çok elektronik sistemde ve özellikle yarı iletken termoelektrik uygulamalarda güç kaynaklarının ve kontrol sistemlerinin gereken performansta çalışması önem kazanmaktadır. Bu sistemlerde kullanılan güç kaynaklarının, boyut ve ağırlıklarının küçük olması ile beraber, verimlerinin yüksek, dalgalanma ve regülasyonlarının da düşük olması gerekmektedir (1,2).

Daha hafif ve daha küçük güç kaynaklarına talebin artmasıyla, ilk defa 1960'lı yılların başında NASA (Amerika Uzay araştırmaları Merkezi) tarafından, doğrusal güç kaynaklarına alternatif olarak, Anahtarlama Güç Kaynakları (SMPS) keşfedildi. Bu güç kaynakları, DC giriş gerilimini anahtarlama için, hızlı bir anahtarlama transistörü kullanılır (3). Anahtarlama transistörünün iletim - yalıtım süresi (duty-cycle), kontrol edilebilen bir kare dalga PWM sinyalle kontrol edilmektedir, bu da

güç kaynağının çıkış gerilimini kontrol etme imkanı vermektedir (4,5).

Yapılan literatür çalışmalarında, bu konudaki çalışmalar içerisinde çıkış gerilimi ve akımı ayarlanabilir ve aynı zamanda sıcaklık kontrol amaçlı, çıkış gerilimi sıcaklığa bağlı olarak değiştirilebilen SMPS sistemine rastlanamamıştır.

Söylemez, 1991 yılında bir halojen lambayı kontrol amaçlı çıkışı ışık şiddetine duyarlı bir SMPS sistemi geliştirdi (6). Brunoro, 1997 yılında faz kaydırma metodu ile çıkışı 0-50V/0-10A değiştirilebilen bir SMPS sistem geliştirmiştir (7). Diğer çalışmaların çoğunluğu ise, sabit çıkışlı SMPS sistemlerinden daha yüksek güç çekme yönündedir.

Termoelektrik sistemlerde giriş parametresi akım ve gerilim, çıkış parametresi sıcaklık olduğundan, girişteki DC akım ve gerilim, çıkıştaki sıcaklığa göre ayarlanabilmeli ve kontrol edilebilmelidir. Termoelektrik sistemlerin uygulamasındaki temel problemi çözebilmek için çıkış gerilimi sıcaklığa göre kontrol edilebilen, ayarlanabilir ve yüksek güçlü, verimi yüksek, dalgalanma ve

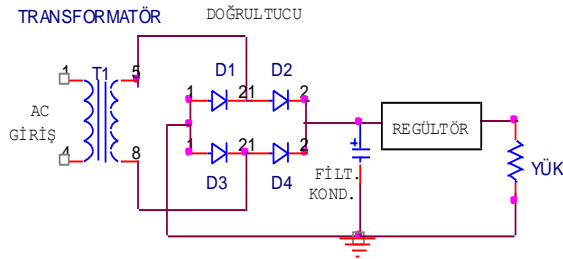
regülasyonu düşük besleme sistemlerinin tasarımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tip besleme sisteminin gerçekleştirilmesi durumunda sadece termoelektrik sistemlerde değil, birçok elektronik ve bilgisayar donanım sistemlerinde de kullanılması mümkün olacaktır.

Bu amaçla, öncelikle termoelektrik uygulamalarda kullanılmak üzere "Mikrodenetleyicili, Sıcaklık Kontrollü SMPS Sistemi" tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma esnasında SMPS sistemine gerilim ayar özelliği kazandırılmıştır.

2. ANAHTARLAMA MODLU GÜÇ KAYNAKLARI (SMPS)

Daha verimli, daha küçük ve hafif güç kaynaklarına talebin artması ile ve bu talepleri doğrusal güç kaynaklarının karşılayamamasından dolayı anahtarlama modlu güç kaynakları gelişme göstermiştir. Doğrusal regülatörler, temelde seri ve paralel regülatörler olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Şekil 1'deki seri regülatörlü doğrusal güç kaynağına bakılırsa, giriş gerilimi transformatör tarafından istenen gerilim seviyesine düşürülür. Düşürülen bu gerilim doğrultucu tarafından doğrultulur ve filtre kondansatörüne uygulanır. Doğrusal gerilim regülatörlerinin birinci sakıncası burada oluşur bu da filtre kondansatörünün depo ettiği enerji, yük akımını beslemek zorundadır ve yük akımı arttığında filtre kondansatörünün değeri de büyütülmelidir (1,2).



Şekil 1. Doğrusal seri gerilim regülatörü blok şeması

2.1. Doğrusal Regülatörün Eksiklikleri

Basit DC kuplajlı seri regülatör, 1960'lı yılların başına kadar güç kaynaklarının temelini oluşturmuştur (1,7). Bu seri regülatörle, sadece tek kutuplu yüksek giriş geriliminden, düşük çıkış gerilimi elde edilebiliyordu ve sık sık girişle çıkış arasında DC izalasyon gerekiyordu. Ham DC giriş

gerilimi (Şekil. 1) genellikle bir 50-60 Hz'lik transformatörün sekonder'inden doğrultularak alınır. Kullanılan transformatörün boyutları ve ağırlıkları oldukça büyüktür. Doğrusal regülatörün birinci eksikliği burada ortaya çıkmaktadır.

Doğrusal regülatörün en büyük eksikliği seri bağlı elaman üzerinde oluşan kayıptır. Bütün yük akımları, bu elaman üzerinden geçtiği için buradaki güç kaybı $(V_{dc} - V_o)(I_o)$ dır. Minimum fark $(V_{dc} - V_o)$ bir NPN transistörde yaklaşık 2,5 V'tur ve bu fark hiçbir şekilde sıfıra indirilemez. Transformatörün sekonder gerilimi hesaplanırken, DC çıkış geriliminden 2,5 V fazla seçilir. AC giriş gerilimi arttığında seri bağlı elaman üzerindeki kayıp artar ve dolayısıyla bu elaman üzerindeki sıcaklık artar. Bu da güç kaynağının verimini azaltacaktır. Tablo 1'de, aynı akım değerinde, üç farklı DC çıkış değerine sahip, üç farklı doğrusal regülatör incelenmiştir. Doğrusal regülatörlerde ayrıca çıkış gerilimi arttıkça verimde artmaktadır (1).

Seri elemanın girişindeki DC giriş gerilimi şöyle hesaplanabilir;

$$V_{dc(max)} = \frac{1 + 0,01T}{1 - 0,01T} (V_o + 2,5 + V_r / 2) \quad (1)$$

Burada;

$V_{dc(max)}$ = Maks. DC çıkış gerilimi, V

T = Transistörün iletim süresi, sn

V_o = DC çıkış gerilimi, V

V_r = Dalgalanma gerilimi, V.

Maksimum giriş gerilimi ve gücündeki maksimum verim ise şöyle hesaplanabilir;

$$Verim_{max} = \frac{P_o}{P_{in(max)}} = \frac{V_o I_o}{V_{dc(max)} I_o} \quad (2)$$

burada;

V_o = Çıkış gerilimi, V

I_o = Çıkış akımı, A,

P_o = Çıkış gücü, W

P_i = Giriş gücü, W

Bu güç kaynaklarına alternatif güç kaynakları 1960 lı yılların başında kullanılmaya başlamıştır (1). Bu alternatif güç kaynakları, Anahtarlama Güç Kaynakları (SMPS) olarak adlandırılmıştır.

Bir anahtarlama güç kaynağını tasarlama ile ilgili yaklaşık 14 adet topoloji vardır. Her topolojinin amacı, mevcut uygulamaları daha da uygun hale getirmektir. Bazı topolojiler, 200 W'ın

Tablo 1. Doğrusal regülatördeki giriş verimi ile çıkış veriminin karşılaştırılması

V_o	I_o (A)	$V_{dc(min)}$ (V)	$V_{dc(max)}$ (V)	$V_{dc} - V_o$ (V)	$P_{in(max)}$ (W)	$P_{out(max)}$ (W)	Q_1 deki kayıp(W)	% Verim (P_o/P_i)
5	10	7,5	9,75	4,75	97,5	50	47,5	51,25
15	10	17,5	22,8	7,75	228	150	78,0	65,9
30	10	32,5	42,25	12,25	423	300	123	71,0

$$K = \frac{N_s}{N_p} \quad (5)$$

burada;

V_o = SMPS'in çıkış gerilimi, V

T_{on} = transistörün iletim süresi, sn

T = PWM sinyalin periyot zamanı, sn

T_{on}/T = transistörün görev süresi (duty-cycle)

N_s = transformatörün sekonder sarım sayısı,

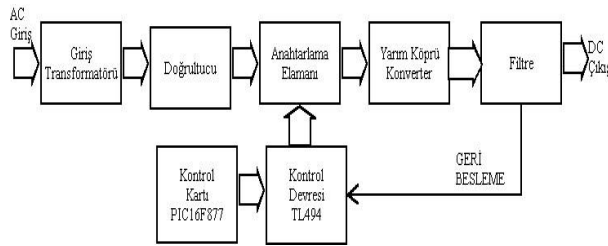
N_p = transformatörün primer sarım sayısı

Yarım köprü konvertörler de iletim süresi toplam sürenin %80'ı alınır (1). T_{on}/T oranı 0.8'dir. Ayrıca K değeri bir sabit olup N_s/N_p 'ye eşittir.

T zamanı sabit olup, T_{on} zamanı $U(t)$ kontrol gerilimine göre değişmektedir. Maksimum kontrol geriliminde $T_{on} / T = 0.8$ 'dir. Dolayısı ile kontrol gerilimi ile transistörün görev süresi %0-80 arasında değiştirilerek SMPS'in çıkış gerilimi değiştirilebilmektedir.

3.2. SMPS' in Tasarımı ve Kontrolü

Sistemde kullanılacak termoelekt-rik elemanlar yaklaşık 40A akım çekebilmektedir. Bu amaçla 0-12V, 0-50A değerlerine sahip bir SMPS tasarlanmıştır. Anahtarlama Modlu Güç Kaynağında tam dalga, yarım-köprü konvertör kullanılmıştır (Şekil 6). Bu konvertörden 1000 W'a kadar güç çekmek mümkün olabilmektedir. Konvertörde anahtarlama elemanı olarak 380V, 16A'lık değere sahip IRFP 350 tipinde N kanal Mosfet kullanılmıştır.

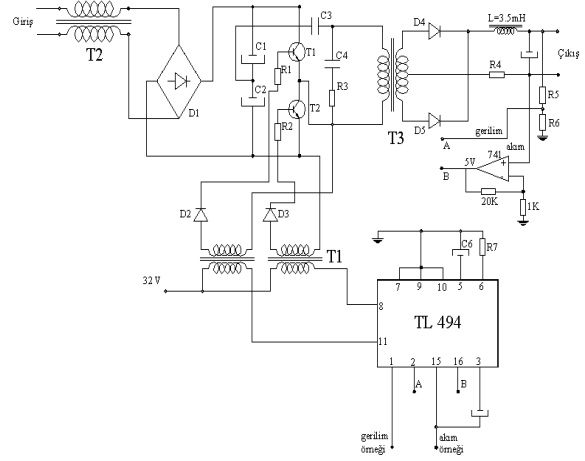


Şekil5. Tasarlanan SMPS'in blok şeması

Kontrol devresi TL 494 entegre devresi ile gerçekleştirilmiştir. Kontrol devresi ise sistemdeki Mikrodenetleyici (16F877) ile kontrol edilmiştir (Şekil 4).

Anahtarlama frekansı, kontrol devresindeki (TL494) R_6 ve C_7 elemanları ile 50 kHz'e ayarlanmıştır. Anahtarlama modlu güç kaynaklarında T süresi toplam sürenin %80'ı alınır (1).

SMPS'in tasarımında, kullanılan yüksek frekans transformatörünü, kuplaj kapasitesi, anahtarlama transistörleri, çıkış filtre kapasitesi ve bobininin hesapları önemli derecede yer tutmaktadır (8).



Şekil 6. Tasarlanan SMPS' in prensip açık devre şeması

Tasarlanan güç kaynağı (SMPS) yaklaşık 600 W değerindedir. Güç kaynağında yarım köprü konvertör kullanılmıştır. Yüksek frekans transformatörü ve diğer bazı elemanların tasarımı aşağıda verilmiştir.

$$A_e A_c = \frac{(0.68 \cdot P_{out} \cdot D) 10^3}{f \cdot B_{max}} \quad (4)$$

$$= \frac{0.68 \cdot 600 \cdot 400 \cdot 10^3}{50 \cdot 10^3 \cdot 1600} = 2.04 \text{ cm}^4$$

burada;

P_{out} = Çıkış gücü, W

B_{max} = Manyetik akı yoğunluğu, G

D = Akım yoğunluğu, cm/Amper

A_e = Nüve etkin aralığı, cm^2

A_c = Bobin sarım aralığı, cm^2

Hesaplamalarda $A_e A_c$ değerinin %50 fazlası alınır (1) ve $A_e A_c = 2.04 \cdot 1.5 = 3.06 \text{ cm}^4$ (5)

Bu değere en uygun Philips firmasının ferrocube malzemeden ürettiği EC 52 nüvesi seçilmiştir. Bu nüveden 50 kHz' de 900 W çekilebilmektedir.

Primer sarım sayısı;

$$N_p = \frac{V_p 10^8}{K \cdot f \cdot B_{\max} A_e} \quad (6)$$

$$= \frac{107 \cdot 10^8}{4.1600 \cdot 50 \cdot 10^3 \cdot 1.8} = 18.5 \text{ tur}$$

Sekonder sarım sayısı;

$$N_s = \frac{N_p V_o}{V_p} = \frac{18,5 \cdot 12}{107} = 2.07 \text{ tur} \quad (7)$$

Kuplaj kapasitesi;

$$I_p = \frac{3,13 \cdot P_o}{v_{in}} = \frac{3,13 \cdot 600}{252} = 7.45 \text{ Amper}$$

$$C_p = \frac{I_p \cdot 0.8T / 2}{dV} \quad (8)$$

$$= \frac{7,45 \cdot 0.8 \cdot (2 \cdot 10^{-5} / 2)}{14} = 4.25 \mu F$$

Çıkış filtre bobini;

$$L_o = \frac{0.05V_o T}{I_{dc}} \quad (9)$$

$$= \frac{0,05 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 10^{-5}}{50} = 0.24 \mu H$$

Maksimum kontrol geriliminde [U(t)], SMPS'in çıkış gerilimi Eşitlik 4 ve 5'den;

$$K = \frac{N_s}{N_p} = \frac{2.07}{18.5} = 0.112$$

$$V_o = K \frac{V_{dc} T_{on}}{T} = 0.112 \frac{140 \cdot 16}{20} = 12.5V$$

olarak hesaplanmıştır.

burada;

SMPS'in anahtarlama frekansı $f=50$ kHz olduğundan $T=20$ μs ve $T_{on}=16$ μs alınmıştır.

3.3. Mikrodenetleyici

Mikrodenetleyici, kontrol kartının beynidir. Tüm kontrol işlemleri, sensörden ve key-pad'den gelen bilgilerin okunması, yük kontrolü, hepsi bu elamanlarla yapılmıştır. Mikrodenetleyici olarak PIC16F84 ve PIC16F877 kullanılmıştır (Şekil 3).

Mikrodenetleyicileri, PIC16F84 ve 16F877'yi programlamak için PIC Assembly dili kullanılmıştır. (9,10). Bu program Windows altında çalışan "pfe" editöründe yazılmıştır. Bu yazılım, "MPASM" derleyicisinde derlenerek, maki-

ne diline çevrilmiştir. Derlenen program P16PRO yazılımı ve protoPIC programlama seti ile mikrodenetleyicilere yüklenmiştir. Programlama seti ve programları Mikrochip firmasından temin edilmiştir.

4. GERÇEKLEŞTİRİLEN SMPS'İN PERFORMANS ANALİZİ

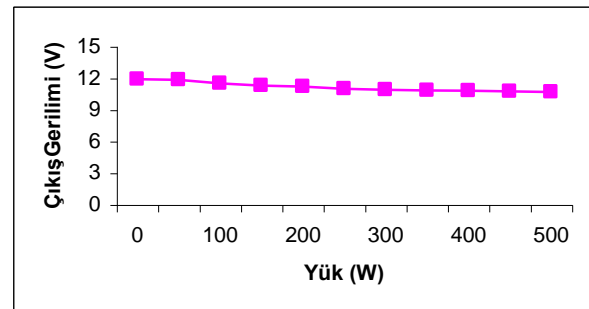
Gerçekleştirilen SMPS'in değişik yük değerlerinde performans analizi yapılmış ve elde edilen değerler aşağıdaki çizelgeler ve grafiklerde gösterilmiştir.

Tablo 2. Gerçekleştirilen SMPS' in yük değişimine karşı, çıkış gerilim değişimi sonuçları

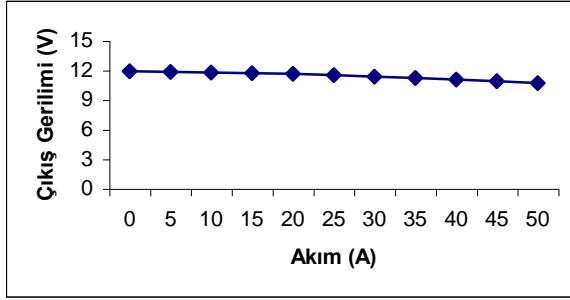
Yük (W)	Çıkış Akımı (A)
0	11,91
50	11,84
100	11,50
150	11,30
200	11,20
250	11,00
300	10,90
350	10,85
400	10,80
450	10,76
500	10,70

Tablo 3. Gerçekleştirilen SMPS' in çıkış gerilim-akım değişimi sonuçları

Çıkış Gerilimi (V)	Çıkış Akımı (A)
11,91	0
11,85	5
11,79	10
11,70	15
11,65	20
11,51	25
11,36	30
11,21	35
11,05	40
10,90	45
10,70	50



Şekil 7. SMPS'in Yük – Gerilim değişim grafiği

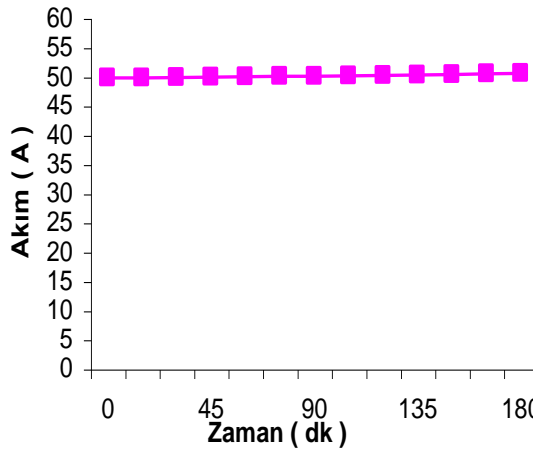


Şekil 8. SMPS'in Akım – Gerilim değişim grafiği

Gerçekleştirilen SMPS tam yük değerinde 3 saat denenmiş ve performans analizi yapılmış elde edilen değerler aşağıdaki çizelge ve grafikte gösterilmiştir.

Tablo 4. Gerçekleştirilen AMGK' nın tam yükte zamana göre çıkış akımı değişim sonuçları

Zaman (dk)	Akım (A)
0	49.80
15	49.85
30	49.90
45	49.97
60	50.03
75	50.09
90	50.14
105	50.20
120	50.26
135	50.32
150	50.38
165	50.53
180	50.58



Şekil 9. SMPS'in Zaman – Akım değişim grafiği

$$\% \text{Regülasyon} = \frac{V_{o_{yükstüz}} - V_{o_{yükli}}}{V_{o_{yükli}}}$$

$$= \frac{11.91 - 10.7}{10.7} = \%11.3$$

$$\% \text{Verim} = \frac{V_o \cdot I_o}{V_i \cdot I_i} = \frac{10.7 \cdot 50}{198 \cdot 3.13} = \%86.3$$

$$\% \text{Dalgalanma} = \frac{V_r / 2}{V_o} = \frac{0.055 / 2}{12} = \%0.2$$

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada bir “Mikrodenetleyicili, Sıcaklık Kontrollü SMPS Sistemi” tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. SMPS sistemine sıcaklığa göre değişebilen gerilim ayar özelliği kazandırılmıştır. Gerçekleştirilen “Mikrodenetleyicili Sıcaklık Kontrollü SMPS Sistemi” ile SMPS' in çıkış gerilimi sıcaklığa bağlı olarak, oransal şekilde değiştirilebilmektedir. Gerçekleştirilen sistem çıkışında 0-12V DC gerilim ve 0-50 A akım aralığında tam yükte %11.3 regülasyon, %0.2 dalgalanma ve %86.3 verimle çalışabilmektedir.

Sonuç olarak gerçekleştirilen “Mikrodenetleyicili, Sıcaklık Kontrollü SMPS Sistemi”nin kontrol sistemlerinde ve sıcaklık kontrol sistemlerinde (termoelektrik sistemler, bilgisayar CPU soğutma sistemleri, telekomünikasyon cihazları v.b.) verimi yüksek bir besleme sistemi olarak kullanılabileceğini söylemek mümkündür.

KAYNAKLAR

1. Pressman, A.I. „Switching and linear Power Converter Design, Haydan Rochelle Park, 32-78, N.J- U.S.A., 1977.
2. İoffe, A.F., Poluprovodnikoviyie Termoelementi, Rusya Bilim Akademisi Yayınevi, 131-146, Rusya, 1960.
3. Chryssis, G., High Frequency Switching Power Supplies, McGraw-Hill Inc., P. 13-63, 116-122, New York, USA., 1989.
4. Işık, H., Gerilim ve Akım Sınırlama Özellikli SMPS Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi, Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1998.
5. Jeff, D., Wayne, T., Roger, L., A 600 W Four-Stage Phase-Shifted-Parallel DC-to-DC Con-

- veter, IEEE Transactions on Power Electronics, PE-2, 2, USA., 1987.
6. Söylemez, A., Switched-Mode Power Supply Controls Halogen Lamp, Siemens Components, 26, 1, 20-24, Germany, 1991.
 7. Brunoro, M., A High Performance ZVS Full-Bridge DC-DC 0-50V/0-10A Power Supply With Phase-Shift Control, IEEE Annual Power Electronic Special Conference, 1, 262-268, USA., 1997.
 8. Matthias, J., SMPS As General-Purpose Power Supply, Siemens Components, 25, 3, 97-103, Germany, 1990.
 9. Gardner, N., A Beginner's Guide to The Microchip PIC, Blubird Press, U.S.A., 1998.
 10. Altınbaşak, O., PIC Programlama, Altaş Yayınevi, Türkiye, 2000.