

# 1EGZERSİZ SALONLARINDA ORTAYA ÇIKAN MEKANİK ENERJİNİN ELEKTRİK ENERJİSİNE ÇEVİRİLMESİ: TEMİZ ENERJİ

**Mustafa BURUNKAYA**

**Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi  
Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü  
06500 Beşevler - ANKARA**

[bmustafa@gazi.edu.tr](mailto:bmustafa@gazi.edu.tr)

## Özet

Bu çalışmada spor salonlarında egzersiz aletlerinin kullanımı sırasında ortaya çıkan mekanik enerjinin boşa harcanması yerine, DC elektrik enerjisine dönüştürülerek depolanmasını ve kullanılmasını gerçekleştiren bir temiz enerji üretim sistemi tasarlanmıştır. Elektrik üretimi için genel olarak jeneratörler kullanıldığından, dairesel hareketin kullanıldığı egzersiz bisikleti enerji üretmeye en uygun spor aleti olarak seçilmiştir. Yüksek verimli bir doğru akım jeneratörü ile üretilen elektrik enerjisi, tasarlanan ayarlı gerilim regülatörü kullanılarak bir akümülatörde depolanmış ve gerçekleştirilen DC/AC evirici ile 220V/50Hz AC elektrik enerjisine dönüştürülmüştür. Yapılan testler günlük kullanımda bir çok elektrikli cihazın elde edilen bu temiz enerji ile çalıştırılabileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Temiz enerji, Elektrik üretimi, Egzersiz bisikleti, Evirici*

## Abstract

In this study, a renewable energy producing system, which converts mechanical energy produced by exercise devices into DC electrical energy, was realized to store it for utilization instead of using inefficiently. Since generators usually are used to produce electricity, exercise bicycle, which produces circular motion energy, were preferred to generate electricity as the most convenient sport device. Electrical energy, produced by a high efficiency DC generator, was stored in an accumulator by using an accomplished regulator circuit and then it was converted to form in AC electrical energy of 220V/50Hz by using a DC/AC performed inverter. Performance tests shows that a great many of electricity appliances in daily use, can be operated by this generated green power.

**Key Words:** *Renewable energy, Electric generation, Exercise bicycle, Inverter*

## 1. GİRİŞ

BM verilerine göre dünya nüfusu son 100 yılda yaklaşık 4 kat artarak yaklaşık 6.2 milyara ulaşmıştır. İhtiyaç duyulan enerjinin %79' unu karşılayan fosil yakıtlar ise hızla tükenmekte ve bunların kullanımı sonucu oluşan atık maddeler dünyayı küresel ısınma sorunu ile karşı karşıya bırakmaktadır. Bu durum, fosil yakıtlar gibi tükenmesi söz konusu olmayan

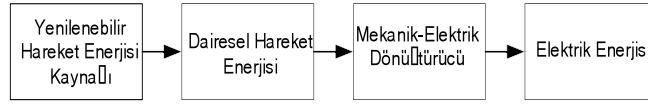
ve kullanımında atık maddeler içermeyen yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini artırmış ve dolayısıyla ülkeleri, bu kaynakları kullanabilme arayışına yöneltmiştir [1;2].

Temiz enerji veya yeşil enerji güneş, dünyadaki ısı ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilebilen enerjidir [3]. Bu çalışmada temiz enerji üretmenin, enerji potansiyeli yönünden diğerlerine göre nispeten küçük, ama yaygın ve yeni bir yöntemi üzerinde durulmuştur. Gerçekten de egzersiz salonları büyük şehirlerde çok yaygındır. İnsanlar sağlıklı yaşamak ve formda kalabilmek için spor yapma ihtiyacı duyarlar. Egzersiz salonlarını kullanma eğilimi de sürekli olarak artmaktadır. Spor yapılırken fizyolojik enerji harcanmaktadır. Bu enerji bir ağırlığın kaldırılması veya bir mekanizmanın hareket ettirilmesi için kullanılır. Bu sırada bir mekanik enerji ortaya çıkmaktadır. Bu enerji değerlendirilebilir. Çünkü günümüzde otoban yolların güvenlik bariyerlerinde oluşan hava sirkülasyonu dahi enerji üretmek için değerlendirilmek istenmektedir [4].

Bu çalışmanın amacı, spor salonlarında egzersiz aletlerinin kullanımı sırasında ortaya çıkan mekanik enerjinin boşa harcanması yerine, DC elektrik enerjisine dönüştürülerek depolanmasını ve kullanılmasını gerçekleştirmektir. Gerekliğinde de şehir şebekesi gerilimine dönüştürülerek kullanılmasını sağlamaktır. Bu çalışmada egzersiz salonlarındaki dairesel hareket üreten sistem kullanılan böyle bir temiz enerji üretim sistemi gerçekleştirilmiş ve performans testleri yapılmıştır. Geliştirilen sistem esas olarak bir egzersiz düzeneği olduğundan, egzersiz sırasında PIC Mikrodenetleyici Tabanlı Fizyolojik Durum Göstercisi Devresine kg olarak ağırlık girilerek, o an için toplam egzersiz süresi, saatteki ortalama hız ve bir saatte harcanacak olan enerji kalori olarak görülebilir.

## **2. YENİLENEBİLİR TEMİZ ENERJİ KAYNAKLARI VE ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİLMESİ**

Yenilenebilir enerji, sürekli devam eden ve doğal süreçte var olan enerji akışından elde edilen enerji olarak tanımlanabilir. Güneş ışığı, rüzgâr, akarsular, biyolojik enerjiler, jeotermal enerji vb. yenilenebilir enerji kaynaklarıdır [5]. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi için genellikle su, rüzgar gibi kinetik enerjisi olan bir akışkan ile jeneratör türbinleri döndürülür [6]. Yani enerji önce dairesel harekete dönüştürülür. Sonra mekanik enerjinin elektrik enerji formuna dönüşümü için elektromanyetik dönüştürücüler kullanılır (Şekil 1).



*Şekil 1. Yenilenebilir hareket enerjisi kaynağı kullanılarak elektrik enerjisi üretimi*

Enerji kaynakları içinde yenilenebilir enerji kaynaklarının farklı özellikleri vardır. Bunlar sıklıkla hem tasarruf sağlar hem de yenilenebilir olduklarından nerede ise sınırsızdır. Yaşamın doğal akışı içinde var oluklarından ve kullanımları sonucunda atık maddeler oluşmadığından doğaya da zarar vermezler [7]. İnsanların spor salonlarında harcadığı enerji de bu gruba girer. Burada kas gelişimi veya fazla kalorilerin yakılması için spor aletleri kullanılarak harcanan biyolojik enerjiler, mekanik-elektrik enerji dönüştürücüleri kullanılarak elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Son olarak enerjinin nispeten sürekliliği için depolama sorununun ve standart formda enerji üretme problemlerinin çözülmesi gereklidir. Bu sistemlerin tasarımı ile, egzersiz salonlarındaki yenilenebilir enerjiler elektrik enerji kaynağı olarak kullanılabilir.

### 2.1. Spor Aletleri ve Enerji Potansiyelleri

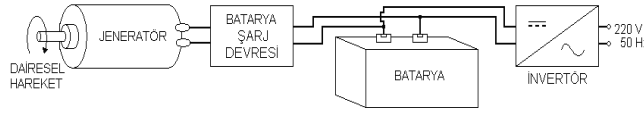
Spor yapılırken kullanılan mekanik düzenlerin genel adı egzersiz aletleridir ve enerji üretme potansiyelleri yönünden 3 gruba ayrılabilirler: Koşu bantları gibi ağırlıksız tipte spor aletleri genellikle egzersiz için ağırlığa karşı kuvvet harcamak yerine, elektrik motorlarına sahiptir ve enerji üretmek yerine enerji harcarlar. Barfiks gibi, kişinin kendi ağırlığını kullandığı spor aletleri ise makara, ağırlık ya da başka bir fonksiyon gerektirmezler. Bunların hareket mekanizması olmadığından enerji üretme potansiyelleri yoktur. Ağırlık merkezli spor aletleri bacak, sırt, kol ve karın kasları gibi kuvvetli kasları çalıştırır. Bunların ortak noktası hareketin doğrusal harekete dönüştürülmesidir. Çalışılan ağırlıklar 100 kg ve üstüne çıkabilir. Genel olarak büyük enerji potansiyeline sahiptirler.

### 2.2. Egzersiz Bisikletleri

Egzersiz bisikletleri spor salonlarında ilk ısınma veya büyük miktarda kalori harcamak için kullanılır. Fonksiyonlarına göre yatay ve dikey tipleri olup, dairesel hareket üretilir. Her yaş grubu kullanabilir. Egzersiz sırasında televizyon izlemek vb. başka uğraşlar da yapabilmek mümkündür. Ayrıca az yer kaplar ve evlerde de kullanılır. Kısaca egzersiz bisikleti en çok tercih edilen spor aletlerindedir.

### 3. GERÇEKLEŞTİRİLEN SİSTEM

Spor merkezlerindeki egzersiz aletleri doğrusal veya dairesel hareket mekanizmalarına sahiptir. Bu çalışmada; elektrik üretimi için genel olarak jeneratörler kullanıldığından ve enerji üretme potansiyelinin yüksek olması ve diğer üstünlükleri nedeni ile dairesel hareketin kullanıldığı egzersiz bisikleti enerji üretmek için en uygun spor aleti olarak seçilmiştir. Çünkü insanın fiziksel güçleri arasında döndürme ile üretebileceği güç en büyüktür ve 0.5-50W arasındadır [8]. Gerçekleştirilen sistemin blok yapısı Şekil 2'de görülmektedir [9]. Pedal sistemi ile dairesel hareket elde edilir. Redüktör ile devir ayarı yapılır. Enerjinin transfer edildiği yüksek verimli bir doğru akım jeneratöründe elektrik enerjisine dönüşüm sağlanır. Enerji gerilim düzenleyici ile regüle edilerek bir bataryada depolanır ve 12V DC veya evirici çıkışından alınan 220V/50Hz AC formunda kullanılabilir.



Şekil 2. Gerçekleştirilen sistemin blok yapısı

#### 3.1. Mekanik Tasarım

Egzersiz bisikletinin ana parçası normal bir bisiklet iskeleti kullanılarak oluşturulmuştur. Bisikletin vites ve fren sistemleri sökülerek, ön tekerleğin direksiyonla birleşim yeri kesilmiştir. Direksiyon ve 80cm genişlikte olan bir ayaklık kaynakla sabitlenerek gücün dengeli yayılımı sağlanmış ve salınım oluşması engellenmiştir. 48 dişli pedal parçası (PDS: Pedal Dişli Sayısı) arka tekerlekteki 14 dişli olan parçaya (ATDS: Arka Tekerlek Dişli Sayısı) kublajlanmıştır. Bu durumda Pedal Çevrim Kazancı (PÇK) *Eşitlik 3.1'* den bulunur.

$$\begin{aligned} P\check{C}K &= PDS / ATDS & (3.1) \\ &= 48 / 14 = 3.42 \end{aligned}$$

Arka tekerlek dengeli ve boşta dönmesini sağlayan ayaklarla geniş bir platform üzerine sabitlenmiştir. Tasarlanan güç regüle ve evirici devreleri de bu platforma yerleştirilmiştir.

#### 3.2. Elektrik Üretimi

Tasarlanan mekanik sistem ile dairesel hareket üretilmektedir. Bu enerjiden elektrik enerjisi üretimi için mekanik-elektrik dönüştürücü kullanılmalıdır. Bunun için öncelikle normal bir insanın üretebileceği maksimum güç belirlenmelidir. Bu güç seviyesine uygun olarak seçilen bir jeneratör ile gereksiz maliyet ve ağırlıktan kaçınılabilir. Çalışmada başlangıçta çıkış akımı

yüksek ve çıkış gerilimi sabit olduğu için bataryayı doğrudan şarj edebileceğinden oto alternatörü kullanılmıştır. Fakat akım üretilebilmesi için en az 1100 dev/dk hız gereklidir [10;11]. Ortalama pedal hızında elektrik üretilebilmesi için gerekli alternatör mil çapı hesaplanarak, uygun devir sayısı sağlanmalıdır. Egzersiz yapan normal bir insanın dakikada ortalama 60 tur pedal çevirdiği gözlenmiştir. Arka tekerlek yarıçapı 29.5cm olduğundan; Arka Tekerlek Çevresi (ATÇ)  $2\pi$  eşitliği ile  $(2 \times 3.14 \times 29.5)$  185.26cm olarak hesaplanmıştır. Alternatörün 1100 dev/dk'lık devri için gerekli Mil Çevresi (MÇ); Dakikadaki Devir Sayısı (DÇS) ve Dakikadaki Jeneratör Devir Sayısı (DJDS) kullanılarak *Eşitlik 3.2*' den bulunur.

$$\begin{aligned} \text{MÇ} &= \text{PÇK} \times \text{ATÇ} \times \text{DÇS} / \text{DJDS} & (3.2) \\ &= 3.42 \times 185.26\text{cm} \times 60\text{dev/dk} / 1100\text{dev/dk} = 34.55\text{cm} \end{aligned}$$

MÇ eğer 34.55cm'den daha küçük olursa devir artar ama pedalı çevirmek zorlaşır. Bu devri sağlayacak mil tasarımından sonra maksimum elektrik gücünü üretmek için pedal çevrildiğinde oluşan alternatör akımının 9.5A geriliminin ise 13.8V olduğu görülmüştür. Bu şartlarda normal bir insanın ürettiği ortalama elektrik gücü *Eşitlik 3.3*' den hesaplanabilir:

$$P = U \times I = 13.8\text{V} \times 12.07\text{A} = 166.56\text{ W} \quad (3.3)$$

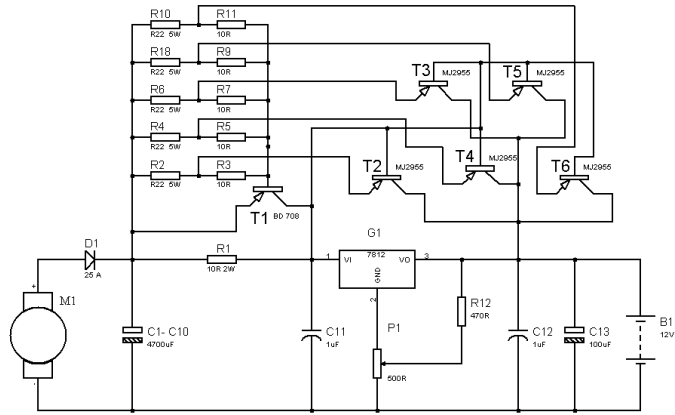
Oto alternatörünün dezavantajları nedeni ile enerji dönüşümü için KMDA Jeneratörü (Kendinden Mıknatıslı Doğru Akım) kullanılmaya karar verilmiştir [12]. KMDA jeneratörünün verimi yüksektir. Fakat manyetik alan sabit olduğu için, üretilen gerilim devir sayısı ile doğru orantılı olarak artar. Yüksek gerilimde bataryanın zarar görmemesi için, çıkışında gerilim regülatörüne ihtiyaç vardır. Bataryanın şarjı için gerekli voltaj seviyesi en az 14.5 V olduğundan, en az 14.5 V gerilim verecek bir jeneratör kullanılmalıdır. Regülatör kayıpları göz önüne alınarak çıkışı en az 17V olmalıdır. Çalışmada egzersiz yapan kişinin hızlı çevirme durumu olabileceği göz önüne alınarak; aşırı akım yerine, gerilim artışı tercih edildiğinden; 24V üreten bir KMDA kullanılmıştır. Normal tempolu bir egzersizle yaklaşık 166W güç üretebileceği dikkate alınarak; ortalama jeneratör akımı hesaplanabilir (*Eşitlik 3.3*).

$$I = P/U = 166\text{W}/16.5\text{V} = 10.06\text{A}$$

Bu durumda en az 10A ve 16.5V çıkış verebilecek bir jeneratör kullanılmalıdır. Tasarımda, çıkışları hesaplanan değerlere en yakın olan; 24V, 16.5A çıkışlı, oto kalorifer sistemlerinde hava sirkülasyonu için kullanılan 006 B50 22 kodlu bir KMDA motoru kullanılmıştır. Tam güç verebilmesi için gerekli olan devir sayısı oto alternatörününkine yakın ve 4000 devirdir. Normal bir yetişkinin jeneratör milini redüktör olmadan dakikada en fazla 100 devirle çevirebildiği gözlemlenmiştir. Jeneratörün üretebileceği aşırı akım ve gerilimden sakınmak için uygun devir sayısını sağlayacak MÇ *Eşitlik 3.2* kullanılarak ve en büyük çevrim hızı düşünülerek  $\text{MÇ} = 3.42 \times 185.26\text{cm} \times 100\text{ dev/dk} / 4000\text{dev/dk} = 13.59\text{cm}$  olarak hesaplanmıştır.

### 3.3. Güç Elektroniği Devrelerinin Tasarımı

KMDA jeneratörünün olası yüksek çıkış gerilimlerinden bataryanın korunması ve sabit şarj gerilimi sağlanabilmesi için bir dc regülatör tasarlanmıştır (Şekil 3). Bataryadan regüle devresine doğru ters yön akım akışı bir güç diyodu ile engellenmiştir. Pedal çevirme hızının çok farklı olabilmesi, jeneratör çıkış geriliminde büyük dalgalanmalara neden olduğundan, regülatörün girişi filtrelenmiştir. Gerekliğinde jeneratör çıkışı depolanmadan invertöre verilebileceğinden, regülatör ayarlanabilir olarak yapılmıştır. Akü şarj edilirken regülatör çıkışı 15V'a, invertör doğrudan sürülürken ise 12V'a ayarlanmalıdır. IC 7812'nin düşük olan çıkış akım kapasitesi (1A), sistemden en fazla 16.5A akım geçeceği gözönüne alınarak artırılmıştır. Bu değerlere göre enerji depolamak için 12V, 12/20 Amper/saat'lik bir batarya kullanılmıştır. Bataryanın uzun ömürlü olması için, üretilen güç ile bataryanın gerilim ve akımı uygun olmalı, düzenli olarak boşaltılmalı ve asla tamamen boşaltılmamalıdır [10;11].



Şekil 3. Tasarlanan regülatör devresi

Jeneratör çıkış büyüklükleri gözönüne alınarak 200W'lık bir invertör tasarlanmıştır (Şekil 4). AC enerji temel olarak 50 Hz'lik bir osilatör tarafından sürülen, anahtarlama prensibine göre çalışan güç transistörleri ile orta uçlu (2x9V) bir transformatörden akım çekilerek elde edilmektedir [13-15]. Osilatör devresinde bir potansiyometre ile kondansatörlerin deşarj süresi ayarlanarak çalışma frekansı belirlenir.

### 4. PERFORMANS TESTLERİ

Vites ayarı 3x6 konumunda iken regülatör çıkışında 12V/6A güç üretilmiştir. Akümülatör olmadan doğrudan evirici çıkışı ile bir TV (37cm,75-100W) çalıştırılabilmiştir. İnsan %25 verimle koştuğundan, bir fizyolojik enerji kaynağının düşük tempolu egzersizi ile, regülatör



Egzersiz bisikleti tabanlı temiz enerji üretim sistemi ile normal bir yetişkinin az yorucu bir egzersizi ile 70W elektrik enerjisi üretilebileceği tespit edilmiştir.

5 bisikleti olan sıradan bir salonda, tam verimle ve her bir bisiklet ile 200W enerji üretilmesi durumunda saatte 1000W-saat enerji üretilebilir. 2 saatlik bir çalışma ile 2kW'lık bir klima 1 saat çalıştırılabilir. Şüphesiz ki geliştirilen sistem esasta bir egzersiz düzeneği olup, tam randımanlı çalışma zorunlu değildir. Fakat düşük yoğunluklu çalışmalarla dahi, depolanan enerji zamanla hafife alınmayacak güç seviyelerine ulaşabilir. Egzersiz salonlarında fizyolojik enerjiyi mekanik enerjiye çeviren bir çok spor aleti mevcuttur. Yapılan anket çalışmalarında ve gözlemlerde salonların genellikle boş kalmadığı tespit edilmiştir. Doğrusal ve dairesel hareket mekanizmalarına sahip diğer spor aletleri de uygun mekanik düzenlemelerle elektrik enerjisi üretebilirler ve spor salonları bir enerji kaynağı haline gelebilir. En azından kendi ihtiyaçlarının bir kısmını karşılayabilir. Üretilen enerji temiz enerji olmasının yanısıra, sabit ve elle taşınan elektrikli cihazlar için elektrik enerjisinin bulunmadığı yerlerde enerji ihtiyacının karşılanması için belki de en uygun çözümlerden biridir [8;16].

## 6. KAYNAKLAR

1. [http://www.ren21.net/pdf/RE2007\\_Global\\_Status\\_Report.pdf](http://www.ren21.net/pdf/RE2007_Global_Status_Report.pdf) , 11(2007).
2. Kaygusuz, K., (2002). "Renewable Energy Sources: The Key to a Better Future". Energy Sources, Part A: Recovery, Utiliz. and Env. Effects, Vol.24, Issue 8, pp.787-799.
3. Barr, R.C., (1997). "Green Power: A Renewable Energy Resources Marketing Plan", 32<sup>nd</sup> Intersociety Energy Conversion Eng. Conf. pp.1803-1808.
4. Teknik Gelişim, (1995). Elektrik Üretilmesi, s:36, Şubat 1995.
5. Yenilenebilir Enerji, [http://tr.wikipedia.org/wiki/Yenilenebilir\\_enerji](http://tr.wikipedia.org/wiki/Yenilenebilir_enerji) (2008).
6. [http://www.elkraft.ntnu.no/norpie/10956873/Final%20Papers/055%20-%20Norpie%202004\\_Uppsala\\_University.pdf](http://www.elkraft.ntnu.no/norpie/10956873/Final%20Papers/055%20-%20Norpie%202004_Uppsala_University.pdf) An update of the Ongoing Research Projects.
7. Heiman, M.K., Solomon B.D., (2004). "Restructuring and the Commitment to Renewable Energy" Annals of the Association of American Geographers, Vol.94, Issue 1, pp.94-116.
8. Mestre, A., (2005). Diehl, J.C., "Ecodesign and Renewable Energy: How to Integrate Renewable Energy Technologies into Consumer Products" IEEE, pp.282-288.
9. Lai, J.S.(J), (2003). "Power Electronics Applications in Renewable Energy Systems" IECON Panel Discussion, IEEE, pp.3025-3026.
10. Yurtkulu, İ., (1996). "Oto Elektrik Teknolojisi" Yüce Yayım, İstanbul, pp: 33,34107-109.
11. Erşan, K., (2003). "Bataryalar ve İlk Hareket Sistemleri", <http://w3.gazi.edu.tr/web/kersan/>
12. Bal, G., (2006). "Doğru Akım Makinaları ve Sürücüler, Seçkin Yayınevi, Ankara, 67 p.

13. Ateş, M., Peşint, M., (1990). "Elektrik Makinalarının Esasları" Gazi Üniv., Yayın no:144, Ankara, pp.477-487.
14. Çakır, A., (1997). "Genliği Ayarlanabilen Konvertör Tasarımı ve Yapımı", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniv. Fen Bilimleri Enst., Ankara, pp.18-29.
15. Gürdal, O., (2000). "Güç Elektronikliği" Nobel Yayın, Ankara, pp.327-354.
16. Karki, R., Billinton, R., (2003). "Considering Renewable Energy in Small Isolated Power System Expansion" CCECE 2003 - CCGEI 2003, Montreal, pp.367-370.

