

Orijinal Makale/Research Article

Kremayer dişli sistemi kullanılarak hız kesiciden DC elektrik enerjisinin üretimi

İbrahim Bayram¹, Fahri Başsoy¹, Enes Kılıç¹, Abdullah Genç^{1*}¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, 32200, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Hız kesici
DC elektrik enerjisi
Kremayer dişli sistemi
Alternatif enerji

Makale geçmişi:

Geliş Tarihi: 06.12.2021
Kabul Tarihi: 30.12.2021

Öz: Dünyada nüfus artışına bağlı olarak enerji tüketimi de artmaktadır. Ülkemiz enerji talebi artışında Çin'den sonra ikinci sırada yer almaktadır. Bu doğrultuda çalışmanın amacı, kremayer dişli sistemi kullanılarak hız kesiciden DC elektrik enerjisi üreten bir prototip tasarlanıp gerçekleştirmektir. Sistemin çalışma prensibi şu şekilde gerçekleşir: Platform üstünden geçen araçların ağırlıklarından kaynaklı kuvvet yaylara aktarılır ve bu kuvvet kremayer dişlinin öteleme hareketi yapmasını sağlar. Sistemde yayların kullanılma amacı mekanizmanın uzun vadede zarar görmesini engellemektir. Bir diğer amacı ise çok yüksek kuvvet oluşturabilecek (tır, kamyon, iş makinesi vb.) araçların sisteme ani yüklenmeler yaparak mekanizmadaki parçaların kırılmasını engellemektir. Kremayer dişli, düz dişli mekanizmasını harekete geçirir ve öteleme hareketi dönme hareketine dönüşür. Kremayerin bağlı olduğu dişli ise dişli kutusuna bağlıdır. Dişliler döndükçe dişli mekanizma çalışır ve milin dönme hızı artar. Dişli kutusunun iletim oranı 6'dır. Son olarak çıkış mili DC dinamo motoruna bağlanır ve mekanik enerji, DC elektrik enerjisine dönüştürülür. Örneğin bir otomobilin hız kesiciden geçmesiyle 18-20 W, otobüsün geçmesiyle 28-30 W, tırın geçmesi ile 55-60 W güç elde edilir. Dinamo çıkış gerilimi 24 V'dur. Üretilen DC enerji trafik lambalarında, aydınlatma sistemlerinde, şarj istasyonlarında vb. kullanılmak üzere depolanır. Sistem yaygın olarak kullanıldıkça üretilen enerji miktarı artacak ve Türkiye'nin enerji talebine katkı sunulacaktır.

Atıf için/To Cite:

Bayram İ. Başsoy F. Kılıç E. Genç A. Kremayer Dişli Sistemi Kullanılarak Hız Kesiciden DC Elektrik Enerjisinin Üretimi. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 13(3), 130-135, 2021.

Generation of DC electric energy from speed breaker using gear system

Keywords

Speed bump
DC electric power
Rack gear system
Alternative energy

Article history:

Received: 06.12.2021
Accepted: 30.12.2021

Abstract: In the world, energy consumption is increasing due to the increase in population. Our country ranks second after China in the increase in energy demand. In this direction, the aim of the study is to design and realize a prototype that generates DC electrical energy from the speed breaker using the rack gear system. The working principle of the system is as follows: The force originating from the weight of the vehicles passing over the platform is transferred to the springs, and this force enables the rack gear system to make a translational motion. The purpose of using springs in the system is to prevent the mechanism from being damaged in the long run. Another purpose is to prevent the parts in the mechanism from breaking by making sudden loads on the system of vehicles (trailer, truck, construction equipment, etc.) that can generate very high forces. The rack gear drives the spur gear mechanism and the translational motion turns into rotational motion. The gear is connected to the gearbox. As the gears rotate, the gear mechanism works, and the rotational speed of the shaft increases. The transmission ratio of the gearbox is 6. Finally, the output shaft is connected to the DC dynamo motor and the mechanical energy is converted into DC electrical energy. For example, 18-20 W power is obtained when a car passes the speed limiter, 28-30 W is obtained when a bus passes, and 55-60 W is obtained when a truck passes. The dynamo output voltage is 24 V. The DC energy produced is used in traffic lights, lighting systems, charging stations, etc. stored for use. As the system is widely used, the amount of energy produced will increase and contribute to Turkey's energy demand.

* İlgili yazar/Corresponding author: abduhahgenc@isparta.edu.tr

1. Giriş

Günümüzde sürekli artan dünya nüfusu ve bilinçsiz tüketime bağlı olarak enerji kaynakları, gittikçe azalmaktadır. Artan enerji ihtiyacını karşılamak için alternatif enerji üretim yöntemleri mevcuttur. Bu alternatif yöntemlerden biri de, araçların hareket enerjisini ve ağırlığını kullanarak DC elektrik enerjisi üretmektir. Çünkü günümüzde yaygın olarak kullanılan araçların (otomobil, otobüs, kamyonet, motosiklet vb.) sayısı gün geçtikçe artmaktadır [1]. Literatür incelendiğinde bu alanda çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmalar neticesinde, Demircan ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, araç hızını yavaşlatmak için kullanılan hız kesiciden (kasis) yararlanan bir alternatif enerji kaynağı tasarlanmıştır. Özel hız kesici tasarımı ile hidrolik sistem birleştirilmiş ve mekanik enerji üretilmiştir. Mekanik enerji, dinamo motoruna (DM) kullanılarak elektrik enerjisine dönüştürülmüştür [2]. Bir diğer çalışmada ise araçların geçiş anında zincir dişli sistemi sayesinde kinetik enerji, elektrik enerjisine dönüştürülmüştür. Dönüştürülen DC elektrik enerjisi akümülatör ile depolanmıştır [3]. Ramadan ve arkadaşları çalışmalarında, araç sisteme basınç uyguladığında makara mekanizması, krank mili mekanizması, kremayer ve pinyon mekanizmalarından oluşan sisteme farklı ağırlıklarda yükler uygulanmıştır. Böylece, hız kesici güç jeneratöründe, araçların kinetik enerjisini kullanabilen ve onları elektrik enerjisine dönüştüren bir prototip oluşturulmuştur [4]. Son olarak, Ennawaoui ve arkadaşları çalışmalarında, yaylar ve piezoelektrik malzeme kullanılarak mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren hibrit bir sistem önermişlerdir [5].

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde çeşitli yöntemlerle hız kesicilerden elektrik üretildiği görülmektedir. Bu makalelerden farklı olarak önerilen bu çalışmada, kremayer dişli sistemi kullanılarak hız kesiciden DC elektrik enerjisi üreten bir prototip tasarlanıp gerçekleştirilmiştir. Prototipin toplam yüksekliği 50 cm olup araç geçişi sırasındaki yükseklik ise 12 cm'dir. Prototip üzerinden bir otomobil geçtiğinde 18-20 watt elektrik enerjisi Li-ion batarya ile depolanmaktadır. Depolanan elektrik enerjisi şehir ve yol aydınlatmalarında, trafik lambalarında, elektrikli araç şarj istasyonlarında kullanılabilir. Bu makale şu şekilde organize edilmiştir: Bölüm 1'de giriş içermektedir. Bölüm 2'de hız kesicinin tasarım ve imalat aşamaları bulunmaktadır. Bölüm 3'te elde edilen bulgular ve tartışma içermektedir. Bölüm 4'de ise sonuç bölümü verilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu bölüm; sistem mimarisi, prototipin boyutlandırılması ve benzetimi, prototipin üretimi olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır.

2.1. Sistem mimarisi

Sistem mimarisi; sistemin yapısını, çalışmasını ve davranışını tanımlamak için kullanılmaktadır. Prototipin sistem mimarisi Şekil 1'de verilmiştir. Buna göre, hız kesici amacıyla kullanılan bu prototip üzerinde bir platform bulunmaktadır. Sistemin çalışma prensibi şu şekilde gerçekleşir: Platform üstünden geçen araçların ağırlıklarından kaynaklı kuvvet yaylara aktarılır ve bu kuvvet kremayer dişlinin öteleme hareketi yapmasını sağlar. Sistemde yayların kullanılması amaçlarından birisi araçlar geçerken yayların altında kalan mekanizmanın uzun vadede zarar görmesini engellemektir. Bir diğer amacı ise çok yüksek kuvvet oluşturabilecek (tır, kamyon, iş makinesi vb.) araçların sisteme ani yüklenmeler yaparak mekanizmadaki parçaların kırılmasını engellemektir. Kremayer dişli, düz dişli mekanizmasını harekete geçirir ve öteleme hareketi dönme hareketine dönüşür. Kremayerin bağlı olduğu dişli ise dişli kutusuna bağlıdır. Dişliler döndükçe dişli mekanizma çalışır ve milin dönme hızı artar. Dişli kutusunun iletim oranı 6'dır ve bu sayede çıkış mil, giriş milinden 6 kat daha hızlı döner. Son olarak çıkış mili DC DM bağlanır. DM, mekanik enerjiyi DC elektrik enerjisine dönüştürür. Üretilen DC enerji trafik lambalarında, aydınlatma sistemlerinde, şarj istasyonlarında vb. kullanılmak üzere depolanır.



2.2. Prototipin boyutlandırılması ve benzetimi

Prototipin boyutlandırması, tek bir aracın tekerlek mesafesi dikkate alınarak tüm hesaplamalar yapılmıştır. Karayollarında standart olarak kullanılan hız kesici boyutlarının 1:10 oranında küçültülmesi ile önerilen prototip tasarlanmıştır. Bu oranla hem maliyet azaltılmış hem de tasarımda maksimum performans sağlanması amaçlanmaktadır. Hız kesicide bulunan platform aşağı yönde maksimum 50 mm hareket mesafesi belirlenmiştir. Bu hareket mesafesinde DC DM en yüksek iletim oranını sağlamak için Tablo 1’de verilen formüller kullanılmıştır.

Tablo 1. Dişli formülleri

Parametreler	Formüller
Dişli modülü	$M = \frac{D}{Z}$
Dişli çaplarının bir adımı	$P_d = \frac{Z}{D}$
Çevresel adım	$P = \frac{\pi \cdot D}{Z}$

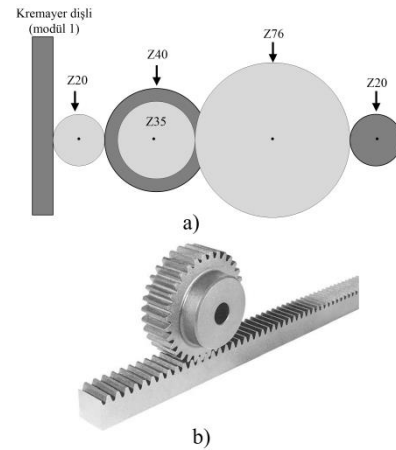
Dişlilerin evolvent hesaplaması (diş yüksekliği)	$h = \frac{2.157}{P_d}$
Çalışma yüksekliği	$h_w = 2. M$
İletim Oranı	$i = \frac{N_1}{N_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$
Eksenler arası mesafe	$C = \frac{Z_p + Z_G}{2. P_d}$

Burada, D bölüm dairesi çapı, Z diş sayısı, N devir, Z_p pinyon dişli diş sayısı ve Z_G ise ana dişli diş sayısıdır.

Hesaplamalar sonunda prototipte kullanılacak kremayer dişli ve düz dişliler Tablo 2’de verilmiştir. Ayrıca, kremayer dişli ve düz dişlilerden oluşan tasarlanan dişli sistemi Şekil 2’de gösterilmiştir.

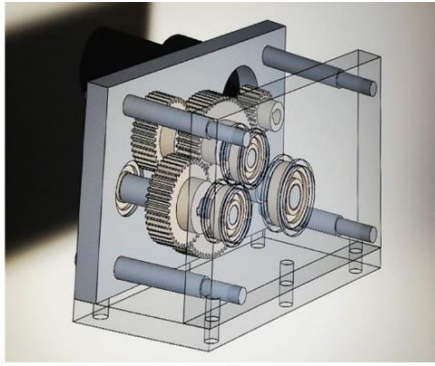
Tablo 2. Kullanılan dişlilerin modül ve diş sayıları

Kullanılan dişliler	Modül türü	Diş sayısı (Z)
Kremayer dişli	M1	32
1. düz dişli	M1	20
2. düz dişli	M1	40
3. düz dişli	M1	35
4. düz dişli	M1	76
5. düz dişli	M1	20

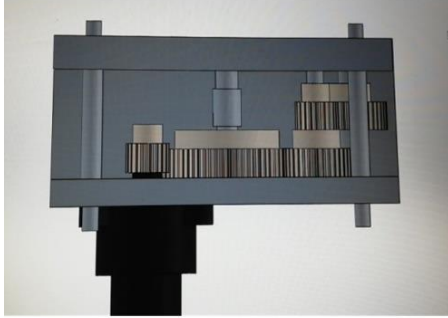


Şekil 2. a) Dişli sistem tasarımı b) kremayer ve dişli

Farklı boyutlarda beş farklı dişli kullanarak şanzıman tasarımı, Solidworks® programında tasarlanmıştır. Dişlilerin güç iletimini DC DM aktarımını sağlamak için şanzımana ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan benzetim imalat öncesinde kullanılacak malzemeler ve parçaların birlikte uyum içinde çalıştığını göstermektedir. Dişli sisteminin iç ve dış görünüşleri Şekil 3’de verilmiştir.



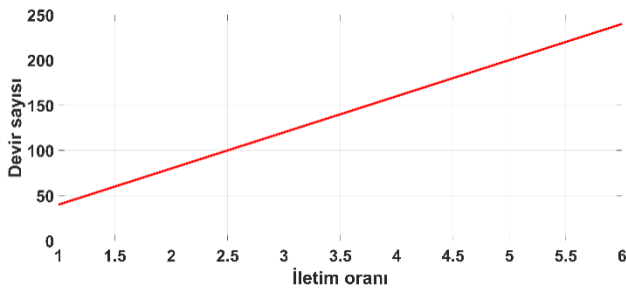
a)



b)

Şekil 3. Dişli sisteminin a) iç ve b) dış görünüşleri

Benzetimde sistemin iletim oranını test etmek için kremayer dişlinin bağlı olduğu pinyon dişliye Solidworks® programındaki "hareket etüdü" bölümünden sanal bir motor bağlanmıştır. DC DM milinden alınan iletim oranı değerleri Şekil 4'de verilmiştir. Ters orantılı olan hız ve tork büyüklükleri optimum seviyede olması için dişli iletim oranı 6 olarak belirlenmiştir. Seçilen DC DM'nin maksimum güçte çalışabilmesi için gerekli olan devir sayısı sağlanmıştır.



Şekil 4. İletim oranı değerleri

2.3. Prototipin üretimi

Prototipin tasarım ve benzetim aşamaları tamamlandıktan sonra üretim aşamasına geçilmiştir. Üretimi aşaması, şanzıman ve kafes profil imalatı olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Şanzıman elemanlarının teknik çizimleri Solidworks® programından iki boyutlu olarak alınmıştır. Bu iki boyutlu teknik çizimler doğrultusunda şanzıman

imalatında kullanılacak olan dişli milleri ve yan kapaklar talaşlı imalat yöntemleri (torna ve freze) kullanılarak imal edilmiştir. Dişlilerin birbiriyle eş zamanlı çalışmasını sağlayan dişli millerinin rulman yatakları ve segman kanalları, talaşlı imalat yöntemi olan tornalama işlemiyle yapılmıştır. İmalatı tamamlanan yan kapaklar ve dişli milleri, segmanlar ve rulmanlarla birleştirilerek şanzıman kutusunun montajı tamamlanmıştır. Şanzıman kutusuna DC DM bağlanmıştır. Şanzımanın üst ve sol yan görünüşleri Şekil 5'de gösterilmiştir.



a)



b)

Şekil 5. Şanzımanın a) üst ve b) sol yan görünüşleri

Daha önce belirtildiği gibi hız kesicide kullanılan şanzıman kutusundaki çıkış dişlisinin bir devirlik hareketi DC DM 6 devir olarak aktarmaktadır. DC DM parametreleri Tablo 3'de görülmektedir.

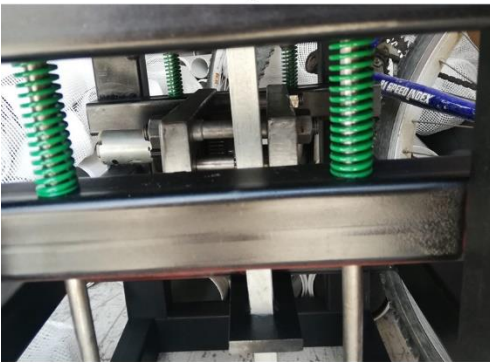
Tablo 3. DC dinamo motorunun parametreleri

Parametreler	Değerleri
Motor tipi	DC dinamo motoru
Motor çıkış voltajı	5-24 V
Maksimum çıkış akımı	1,5 A
Anma akım değeri	0,83 A
Maksimum yüklenme gücü	20 W
Çalışma ortamı	5-48 °C
Şaft uzunluğu	25 mm
Şaft çapı	12 mm

Kafes profil olarak adlandırılan parçanın asıl kullanım amacı platform üzerinden geçecek aracın ağırlığından dolayı oluşan dikey kuvveti sönmüleyerek sistemi korumasıdır. Ayrıca şanzıman kutusunun kafes profile montaj edilmesi ile kremayer dişlinin hareket alanı artırılmıştır. Kafes profilin teknik çizimleri iki boyutlu olarak kullanılmıştır. Uygun boyutlardaki profiller kullanılarak gaz altı kaynak yöntemi ile gövde imalatı gerçekleştirilmiştir. Gövde, sistemde bulunan diğer elemanların eş zamanlı çalışmasını sağlamaktadır ve üst kısmında bulunan platforma kremayer dişlinin montajı için gerekli bağlantılar yapılmıştır. Araç geçişinde oluşan ani potansiyel enerjinin sisteme zarar vermemesi için platformun altına dört adet yay ve içine miller yerleştirilmiştir. Kafes profil içine kremayer dişli ile birlikte çalışacak olan şanzıman kutusu bağlantısı yapılmıştır. Kafes profil kaynak işlemi ve yan görünümü Şekil 6'da verilmiştir.



a)



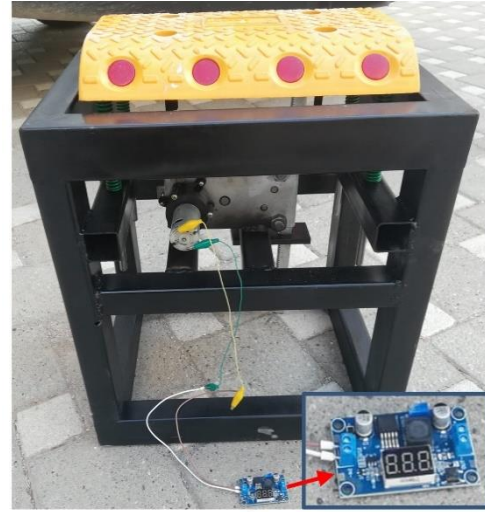
b)

Şekil 6. a) Kafes profil kaynak işlemi ve b) yan görünümü

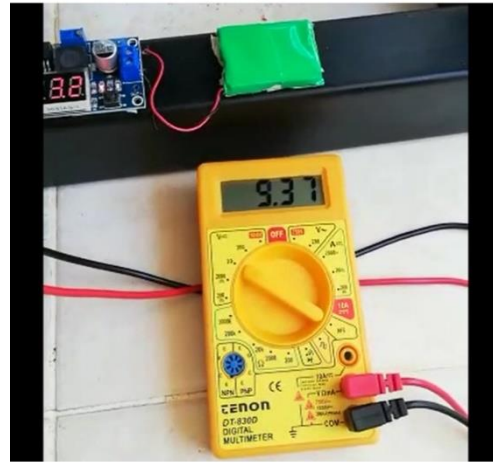
3. Bulgular

Prototip, katı model tasarımı ve gövde montajı yapılarak son testleri tamamlanmıştır. Voltaj regülatörü devre kartı, DC DM çıkış uçlarına bağlanarak prototip imalatı gerçekleştirilmiştir. Prototipin genel

görüntüsü ve multimetre kullanılarak test ölçümü Şekil 7'de verilmiştir.



a)



b)

Şekil 7. a) Prototipin genel görüntüsü b) test ölçümü

Hız kesici olarak da kullanılan prototipi yerleştirmek için $36 \times 36 \times 50 \text{ cm}^3$ boyutlarında zemine çukur kazılmıştır. Hız kesici üzerinden araç geçişi sağlanarak DC DM üretmiş olduğu güç miktarı, ölçülen akım ve gerilim değerleri çarpılarak ($P=V.I$) bulunur. Bir araçtan üretilen toplam güç miktarı ise tek tekerlek için ölçülen güç değerinin tekerlek sayısı ile çarpılarak hesaplanır. Araçların ağırlık ve tekerlek sayıları farklı olduğu için güç değerleri, araç tiplerine göre farklılık gösterir. Araçların tekerlek sayısı hız kesici üzerinden geçiş sayısını etkilemektedir. Araçların ağırlıkları ise yayların üzerinde oluşan kuvveti değiştirmektedir. Tekerlek başına düşen ağırlık miktarı arttıkça motorun dönme hızı da artmaktadır. Değişen bu dönme hızı, üretilen güç miktarını belli oranda etkilemektedir. Bu yüzden, toplam güç miktarları belli bir aralıkta verilmiştir. Araç türleri için prototipten üretilen toplam güç miktarları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Araç türleri için prototipten üretilen toplam güç miktarları

Araç türü	Tahmini ağırlık (Ton)	Tekerlek sayısı	Üretilen gerilim miktarı (V)	Üretilen toplam güç miktarı (W)
Motosiklet	0.1-0.25	2	24	12-13
Otomobil	1-2	4	24	18-20
Otobüs	7.5-10	6	24	28-30
Kamyon	12-20	8	24	37-40
Tır	20-30	12	24	55-60

4. Sonuç

Günümüzde ulaşım, tıp, tarım, iletişim, sanayi gibi birçok alanda kullanılan elektrik enerjisi, hayatımızı kolaylaştıran ve hayatımızın vazgeçilmez bir parçası haline almıştır. Elektrik enerjisinin çoğu sınırlı olan doğal kaynaklardan elde edildiği için hem enerji tasarruflu tüketilmeli hem de alternatif üretim yöntemleri geliştirilmelidir. Bu amaç doğrultusunda bu çalışmada, ülkemizde ve dünyada çok sayıda kullanılan hız kesicilerden DC elektrik enerjisi üreten bir prototip geliştirilmiştir. Literatürdeki diğer çalışmalarda hidrolik, pnömatik, dönel silindir ve kayış-kasnak sistemi kullanılırken, önerilen bu sistemde ise kremayer dişli sistemi kullanılmıştır. Kullanılan farklı sistemler enerji üretim değerleri Tablo5'te verilmiştir.

Tablo 5. Literatür karşılaştırması

Kullanılan sistem	Ağırlık (Kg)	Üretilen elektriksel güç (W)	Referans numarası
Hidrolik	1000	3	[2]
Şanzıman	800	45	[4]
Piezoelektrik	100	3	[5]
Dönel silindir	605	7	[14]
Kremayer dişli (Şanzıman)	1000	18	Bu çalışma

Üretilen elektrik enerjisi depolanmaktadır. İlerleyen çalışmalarda önerilen prototip geliştirilerek, karayollarında kullanılması hedeflenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma, 1919B012003819 nolu 2209-A projesi altında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Bu çalışmanın ortaya çıkmasında verdiği destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

[1] Kum H. Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler Ve Politikalar.

Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, (33), 207-223, 2009.

- [2] Demircan A, Demetgül M, Yenitepe R. Hız Kesiciden Elektrik Enerjisi Üretimi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(2), 655-662, 2015.
- [3] Aqeel H, Abdulsada S. Electric power generation device through bumps industrial. *Academic Research International*, 4(4), 48, 2013.
- [4] Ramadan M, Khaled M, El Hage H. Using speed bump for power generation. *Experimental study. Energy Procedia*, 75, 867-872, 2015.
- [5] Ennawaoui C, Lifi H, Hajjaji A, Elballouti A, Laasri S, Azim A. Mathematical Modeling of Mass Spring's System: Hybrid Speed Bumps Application for Mechanical Energy Harvesting. *Engineering Solid Mechanics*, 7, 47-58, 2019.
- [6] Syam B, Muttaqin B, Hastrino D, Sebayang A, Basuki S, Sabri M, Abda S. *10th International Conference Numerical Analysis in Engineering*, Indonesia, 2018.
- [7] Tabak A, Özkaymak M. Elektrik Motorlarında Uygulanan Bakım Yöntemlerinin İncelenmesi, Karşılaştırılması ve Uzaktan Erişimin Kestirimci Bakıma Etkisi. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8 (4), 889-905, 2018.
- [8] Ayyıldız M, Çiçek A, Kara F. Bilgisayar Destekli Tasarımda Parametrik Dişli Çark Uygulamaları. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(3), 643-651, 2010.
- [9] Çavdar K, Yılmaz T. G. Kalıp Yayları İçin Yorulma Test Cihazı Tasarımı Ve Analizi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 22(3), 163-178, 2017.
- [10] Ören, C. B. *Galvanizli çelik sacların ark kaynaklı bağlantılarının mekanik ve korozyon davranışlarının incelenmesi*. (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü), İstanbul Technical University, Institute of Science and Technology, İstanbul, Turkey, 1999.
- [11] Özdemir, Ö. *Güç sistemlerinde dinamik voltaj regülatörlerin kullanılması*. (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü), Denizli, Turkey, 2020.
- [12] Özdamar, A. Dalga Enerjisinden Elektrik Enerjisi Eldesi Üzerine Bir Araştırma: Çeşme Örneği. *Su Ürünleri Dergisi*, 17(1-2), 201-213, 2000.
- [13] Kaygısız Ö. *Trafiği Sakinleştirmeye Yönelik Önlemler, Karayolu Trafik Güvenliği Sempozyumu Kitabı*, Ankara, Türkiye, Polis Akademisi Yayınları, 2010.
- [14] Laksimi A., Darhmaou, H. (2019). Speed Bump Generating Electrical Power.