ÖZET

YAY KATSAYISI MANYETİK ALAN KUVVETİ İLE AYARLANABİLEN BİR YAY SİSTEMİ

Buluş, değişken rijitlikli yay kullanımı gerektiren alanlarda kullanılan, manyetik alan kuvveti etkisiyle yay katsayısı ayarlanabilen bir yay sistemi ile ilgilidir.

İSTEMLER

1. Buluş, manyetik alan kuvveti etkisiyle yay katsayısı ayarlanabilen bir yay sistemi ile ilgili olup,

- silindirik gövdenin (1) alt yüzeyine karşılık gelecek şekilde bağlanan alt kapak (2),
- alt kapak (2) içerisindeki kanallara yerleştirilmiş ve manyetik alan oluşturulmasını sağlayan elektromıknatıslar (3),
- alt kapağın (2) ve elektromıknatısların (3) ortasına konumlandırılmış yay (7),
- yayın (7) ortasına konumlandırılmış, elektromıknatısın (3) yayın (7) karşı yüzeyine kuvvet uygulamasını engelleyen ve harcanan elektrik enerjisinin verimliliğini artıran yalıtkan madde (6),
- yayın (7) dışına konumlandırılmış, üzerinde eşit aralıklarla porlar bulunduran ve yayın (7) kendi içerisinde genişlemesine izin vererek yayı (7) muhafaza eden ve boş salınımlar yapmasına engel olan destek tüpü (4),

parçalarını içermektedir.

2. Buluş istem 1'deki gibi bir yay sistemi ile ilgili olup, yalıtkan madde (6) üzerinde yer alan ve alt kapak (2) üzerindeki boşluklara girerek yalıtkan maddenin (6) ve yayın (7) sabitlenmesini sağlayan sabitleme pinleri (5) içermesi ile karakterize edilmektedir.

3. Buluş istem 1'deki gibi bir yay sistemi ile ilgili olup, silindirik gövdenin (1), alt kapak (2) ile bağlantılı olmayan üst yüzeyine denk gelerek yayın (7) kanca kıvrımlı ucunu ve elektromıknatısların (3) alt kapağa (2) bağlı olmayan üst yüzeylerini muhafaza eden kanallar bulunduran, yayın (7) hareketini sağlayan bağlantı piminin (9) silindirik kısmı için üzerinde delik bulunduran üst kapak (8) içermesi ile karakterize edilmektedir.

4. Buluş istem 1'deki gibi bir yay sistemi ile ilgili olup, yay (7) ile bağlantılı ve bağlantı pimi (9) içermesi ile karakterize edilmektedir.

5. Buluş istem 1'deki gibi bir yay sistemi ile ilgili olup, bağlantı pimine (9) bağlı ve yayın (7) dikey yönde çekilmesini veya kendi ekseni etrafında döndürülmesini sağlayan tutamak (10) içermesi ile karakterize edilmektedir.

6. Buluş istem 1'deki gibi bir yay sistemi ile ilgili olup, gövdenin (1), alt kapak (2) ile bağlantılı olmayan yüzeyine kapatılacak üst kapak (8) içermesi ile karakterize edilmektedir.

7. Buluş yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yay sistemi ile ilgili olup, alt kapak (2) ve üst kapağında (8) yalıtkan olması ile karakterize edilmektedir.

TARİFNAME

YAY KATSAYISI MANYETİK ALAN KUVVETİ İLE AYARLANABİLEN BİR YAY SİSTEMİ

Teknik Alan

Buluş, değişken rijitlikli yay kullanımı gerektiren alanlarda kullanılan, manyetik alan kuvveti etkisiyle yay katsayısı ayarlanabilen bir yay sistemi ile ilgilidir.

Önceki Teknik

Değişken rijitlikli yay kullanımı gerektiren alanlarda, değişken rijitlikli yay tasarımlarının bazıları birkaç yayın paralel bağlanarak farklı şekilde gerilmesi mantığı üzerine çalışmaktadır. Bu basit prensibe sahip bazı sistemlerde servo motor şaftının rotasyonu ile yayların belli oranlarda sıkıştırılarak rijitlikleri değiştirilmektedir. Yine iki yayın farklı oranlarda sıkıştırılması prensibi ile birçok farklı tipte tasarım yapmak mümkündür. Sun vd. tarafından yapılan çalışmada iki ayrı yayın iki ayrı servo motor ile arşimet spirali çizerek sıkıştırılması veya esnetilmesi ile farklı rijitlik seviyeleri elde edilmektedir.[1] Tek bir yay üzerinden yapılan tasarımlara bakıldığında ise açık hava basıncı ve basınçlı sıkıştırma yardımıyla tasarlanan sistemler, yayın farklı şekillerde sarılmasıyla oluşturulan doğrusal rijitlik eğrisinden farklı eğriler elde edilen tasarımlar da bulunmaktadır.[2] Bir başka değişken rijitlikli yay tasarımında ise içerisine magnetorheological sıvı (Bu tarz sıvılar manyetik alan etkisiyle sıvıdan katıya, katıdan sıvıya geçiş özelliğine sahiptir.) eklenmiş bir yayın manyetik bir bobin içerisine yerleştirilerek zıt kutuplandırma ile germe ve sıkıştırma yapılarak rijitlik seviyesi ayarlanmaktadır.[3]

Bunun dışında manyetik kuvvet artışı yaya etki ettiğinden, yayın iç çapında azalma veya artmalar sağlanacaktır. Manyetik kuvvet artışıyla birlikte rijitlik azalacaktır. Örneğin motorla rijitliği ayarlanan bir sistemin uygulanabilirliği çalışma alanına

göre çeşitli problemler yaratacaktır. İçerisindeki motorların düzenli bakımının yapılması veya motorlardan birinin arıza göstermesi durumunda tüm sistemin değişmesinin gerekmesi maliyetin artmasına sebep olacaktır. Değişken katsayılı yaylarda ise şekilsel tasarımdan dolayı rijitlik katsayısı uzamanın bir fonksiyonu olacak ancak istenen uzama aralıklarında sabit bir katsayı elde edilemeyecektir. Basınçla sıkıştırılan ve açık hava basıncının etkisiyle enerji depolanan ve rijitlik değiştirilen bir sistem ise yapısı gereği tüm alanlara uygulanabilir olmayacaktır, ayrıca bu tarz bir sistemde rijitlik sınırları (menzili) küçük olacağından çalışma rijitlik aralığını da kısıtlayacaktır.

İncelenen ve taranan araştırmalarda belirli yöntemlerle yay rijitliğinin değiştirildiği sistemlerin olduğu görülmüştür. Örnek verilecek olursa, aşağıdaki makalede bir yay-kütle-damper sisteminden bahsedilmektedir, yayın farklı değerlerdeki rijitlik katsayısının sistem üzerindeki etkisinden bahsetmektedir, yay katsayısının değiştirilmesi farklı boyutlarda yay kullanılarak yapılmıştır.[4]

Bir başka araştırmada ise araba süspansiyon sisteminde değişkenli damper katsayısı ve değişkenli yay katsayısından bahsedilmektedir. Bu araştırmada iki tane yay paralel bağlanmaktadır ve bu yayların birine bir damper bağlanmaktadır. Damperin yapısında piston etkisi ile farklı aktif delikleri kullanarak değişkenli damper katsayısı elde edilmektedir. Bu farklı damper katsayıları ile birlikte yayların bir tanesinin de değişkenli yay katsayısı elde edilebileceğinden bahsedilmektedir.[5]

Teknikte var olan çalışmalar incelendiğinde, manyetik alan kuvveti etkisiyle yay katsayısı ayarlanabilen bir yay sisteminin geliştirilmesi ihtiyacı duyulmuştur.

Buluşun Amacı

Bu buluşun amacı, manyetik alan kuvveti etkisiyle yay katsayısı ayarlanabilen bir yay sisteminin gerçekleştirilmesidir.

Buluşun Ayrıntılı Açıklaması

Bu buluşun amaçlarına ulaşmak için gerçekleştirilen manyetik alan kuvveti etkisiyle yay katsayısı ayarlanabilen bir yay sistemi ekli şekillerde gösterilmiştir.

Bu şekiller;

Şekil 1: Buluş konusu yay sisteminin patlatılmış görünümüdür.

Şekil 2: Buluş konusu yay sisteminin elektromıknatısın kesitinin alındığı durumdaki perspektif görünümüdür.

Şekil 3: Buluş konusu yay sisteminin elektromıknatısın kesitinin alındığı durumda alt kapak ve destek tüpü parçalarının olmadığı durumdaki görünümüdür.

Şekillerde yer alan parçalar tek tek numaralandırılmış olup, bu numaraların karşılıkları aşağıda verilmiştir.

1. Gövde
2. Alt kapak
3. Elektromıknatıs
4. Destek tüpü
5. Sabitleme pinleri
6. Yalıtkan madde
7. Yay
8. Üst kapak
9. Bağlantı pimi
10. Tutamak

Buluş, manyetik alan kuvveti etkisiyle yay katsayısı ayarlanabilen bir yay sistemi ile ilgili olup,

- silindirik gövde (1),

- silindirik gövdenin (1) alt yüzeyine karşılık gelecek şekilde bağlanan alt kapak (2),
- alt kapak (2) içerisindeki kanallara yerleştirilmiş ve manyetik alan oluşturulmasını sağlayan elektromıknatıslar (3),
- alt kapağın (2) ve elektromıknatısların (3) ortasına konumlandırılmış yay (7),
- yayın (7) ortasına konumlandırılmış, elektromıknatısın (3), yayın (7) karşı yüzeyine kuvvet uygulamasını engelleyen ve harcanan elektrik enerjisinin verimliliğini arttıran yalıtkan madde (6),
- yalıtkan madde (6) üzerinde yer alan ve alt kapak (2) üzerindeki boşluklara girerek yalıtkan maddenin (6) ve yayın (7) sabitlenmesini sağlayan sabitleme pinleri (5),
- yayın (7) dışına konumlandırılmış, üzerinde eşit aralıklarla porlar bulunduran ve yayın (7) kendi içerisinde genişlemesine izin vererek yayı (7) muhafaza eden ve boş salınımlar yapmasına engel olan destek tüpü (4),
- yay (7) ile bağlantılı bağlantı pimi (9),
- silindirik gövdenin (1), alt kapak (2) ile bağlantılı olmayan üst yüzeyine denk gelerek yayın (7) kanca kıvrımlı ucunu ve elektromıknatısların (3) alt kapağa (2) bağlı olmayan üst yüzeylerini muhafaza eden kanallar bulunduran, yayın (7) hareketini sağlayan bağlantı piminin (9) silindirik kısmı için üzerinde delik bulunduran üst kapak (8),
- bağlantı pimine (9) bağlı ve yayın (7) dikey yönde çekilmesini veya kendi ekseni etrafında döndürülmesini sağlayan tutamak (10)

parçalarını içermektedir.

Buluş konusu sistemde basit anlamda; bir alt kapağa (2) yerleştirilmiş bir yayın (7) etrafına dizilen 4 adet elektromıknatıs (3) ile yaya (7) ait ortalama çap parametresi değişmekte ve yayın (7) rijitliği de buna bağlı olarak ortalama çapın küpüyle ters orantılı olarak değişmektedir. Ortada bulunan yalıtkan madde (6) elektromıknatısın (3) yayın (7) karşı yüzeyine kuvvet uygulamasını engellemek ve harcanan elektrik

enerjisinin verimliliğini artırmak amacıyla yerleştirilmiştir. Yine ortada bulunan ve üzerinde eşit aralıklarla porlar bulunduran destek tüpü (4), yayın (7) kendi içerisinde genişlemesine izin vererek yayı (7) muhafaza etmekte ve boş salınımlar yapmasına engel olmaktadır. Üst kapak (8) ve alt kapaklar (2) yalıtkan olmakla birlikte, elektromıknatısların (3) yayı (7) yalnızca genişletecek biçimde kuvvet uygulamasına izin vermekte ve bunun dışında yayı (7) dikey yönde hareket ettirecek elektromıknatıs (3) kuvvetlerinin yalıtımını sağlayacak biçimde tasarlanmıştır. Kanca uçlu ve ön gerilimli olarak üretilen sanayi yaylarının (7) hareketini sağlamak için üst kısmına da bir bağlantı pimi (9) tasarlanmıştır. Bütün sistemin "dumbbell curl" hareketi üzerinden test edilmesi düşünüldüğünden bu bağlantı pimi (9) bir tutamağa (10) bağlanmıştır.

Buluş konusu sistem, değişken zorluk gerektiren egzersiz uygulamaları, farklı modlarda çalışan makineler, gürültü (disturbance) engelleyici süspansiyon sistemleri gibi alanlarda yay (7) rijitliğinin azaltılması söz konusu cihazların, makinelerin tasarımında büyük avantajlar sağlayacaktır. Öyle ki buluş konusu sistemde tek bir yay (7) kullanılacağından fiziksel olarak daha az yer kaplayacak, manyetik kuvvetin yay (7) malzemesine olan etkileri ve davranışları incelenerek oluşturulan bir korelasyonla bir kontrol sistemi tasarlanılabilecek ve manyetik kuvvet üzerinden rijitlik seviyesi öngörülebilecektir. Öngörülen rijitlik değeri yayın (7) kullanıldığı alana göre rehabilitasyon sistemlerinde egzersiz zorluğu, süspansiyon tasarımlarında gürültü (disturbance) engelleme oranı gibi daha ileriki parametrelerin ölçülmesinde etkili olacaktır. Diğer tasarımlardan farklı olarak manyetik alan kuvveti ile genişleme arasında korelasyon belirlenecek ve bu korelasyona göre bir kontrol sistemi tasarlanacaktır.

$$k = \frac{Gd^4}{8\,ND^3} \quad \text{(Formül I)}$$

Formülde; *k*, yay katsayısını, *G*, malzemenin rijitlik modülünü veya kesme modülünü, *d*, yayın tel çapını, *N*, sarım sayısını ve son olarak *D*, yayın sarım çapını temsil etmektedir.

Buluş konusu sistemde, yayın (7) rijitliğinin %50 değiştirebilmesi için formül I'de yer alan D parametresi 35 – 45mm aralığında tutulabilir bu durumda rijitlik, ilk rijitliğin %47'si kadar olacaktır. Yani 35 mm ortalama çap ile imal edilen bir yayı (7) 10mm kadar genişletecek kadar manyetik kuvvet üretilebilmesi gerekir. Bunun dışında manyetik kuvvetin dağıtılmış olarak yay (7) üzerine etki etmesi gerekir.

Yine mukavemet hesaplarına göre yapılacak tasarımda öncelikle emniyet şartı da sağlanacak şekilde gerekli denklemlerden *d* çekilirse aşağıdaki formül II elde edilir.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{8Fcw}{\pi\tau_{em}}}, \quad c = D/d \qquad \text{(Formül II)}$$

Formül II'de verilen helisel yayların boyutlandırma hesabında *d* yay çapını, *F* yaya dikey doğrultuda uygulanacak basma veya çekme yönlü kuvvetini, *w* Wahl düzeltme faktörünü, τ_{em} ise emniyet katsayısı ve yayın (7) imal edildiği malzemenin akma dayanımına göre hesaplanan emniyetli burulma gerilmesini temsil etmektedir.

Yay (7) çapının tasarım kriteri formülüne (Formül II) göre teknik gereksinimleri karşılayan gerekli F ve D değerleri yerine koyulduğunda (196.2 N ve 35 mm) formül III elde edilir:

$$d^3 \geq \frac{17486.67Nmm}{\tau_{em}(MPa)} \qquad \text{(Formül III)}$$

Böylece, akma dayanımı 468.75 MPa ve üzeri olan bir malzemeden üretilmiş bir yay (7) için *s* emniyet faktörü 1.2 alındığında, Formül III ve standart tel çapı tablosuna göre d=3.6 mm seçilebilir.

Manyetik alan ile yaya (7) etkiyen ve D parametresini değiştirecek dağıtılmış kuvvet ile D parametresi arasında deneysel sonuçlar elde edilecektir. Elektromıknatıslara (3) uygulanan akım, oluşan kuvvet ile D parametresi arasında

korelasyon bulunacak ve bunlara birer eğri uydurularak kontrol sistemi tasarlanabilecektir.

Buluş konusu sistem, örnek bir tasarım olup elektromıknatıs (3) sayısı 4 ile sınırlandırılmamaktadır, hem elektromıknatıs (3) sayıları hem de tasarım şekli ihtiyaca ve uygulamaya yönelik olarak yine manyetik alanında farklı şekilde kullanılarak yayın (7) rijitliği sınırsız şekilde değiştirilebilir, bu yüzden odaklanılması gereken nokta yayın (7) rijitliğinin ortalama çap ‘’D’’ parametresi üzerinden manyetik alan kuvveti ile değiştiriliyor oluşudur.

Buluş sanayiye uygulanabilirdir ve her türlü sanayi alanında (medikal, uçak, uzay, makine, metal, tekstil) büyük avantajlar sağlayabilir. Özellikle elektrik enerjisiyle çalışan makinelerde kullanılan tek bir yayın (7) rijitliğinin değiştirilmesi ile büyük avantajlar elde edilebilir.

Referanslar:

[1] A Novel Design of Serial Variable Stiffness Actuator Based on an Archimedean Spiral Relocation Mechanism, Jiantao Sun an d Zhao Guo and Yubing Zhang and Xiaohui Xiao and Jianrong Tan, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2018.

[2] Variable Stiffness Springs for Energy Storage Applications, Sung Y. Kim and Tiange Zhang and David J. Braun, 2020 IEEE I nternational Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2020.

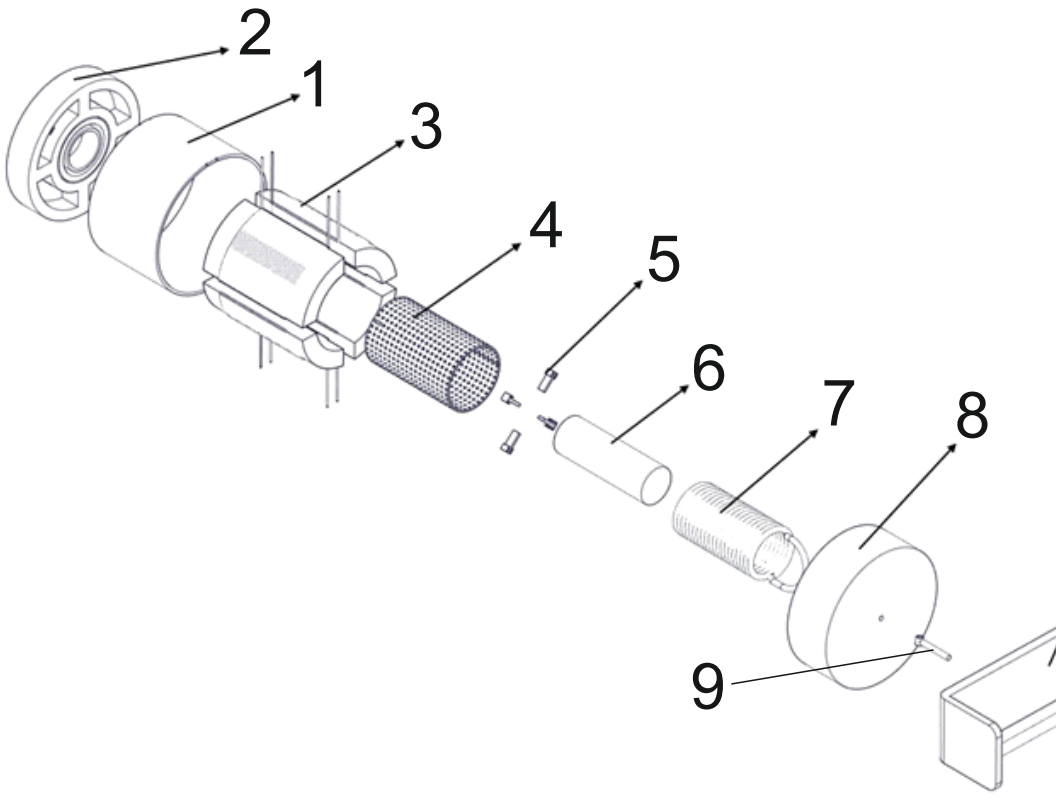
[3] Sikulskyi S, Malik A and Kim D (2022) Magnetorheological Fluid Filled Spring for Variable Stiffness and Damping: Current and Potential Performance.

[4] The effect of Damping Coefficient, Spring coefficient, and Mass ratio on the Power Extraction Performance of a Semiactive Flapping Wing” Jianyang Zhu, Institute of Robotics and Intelligent Systems, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China, 16/04/2019.

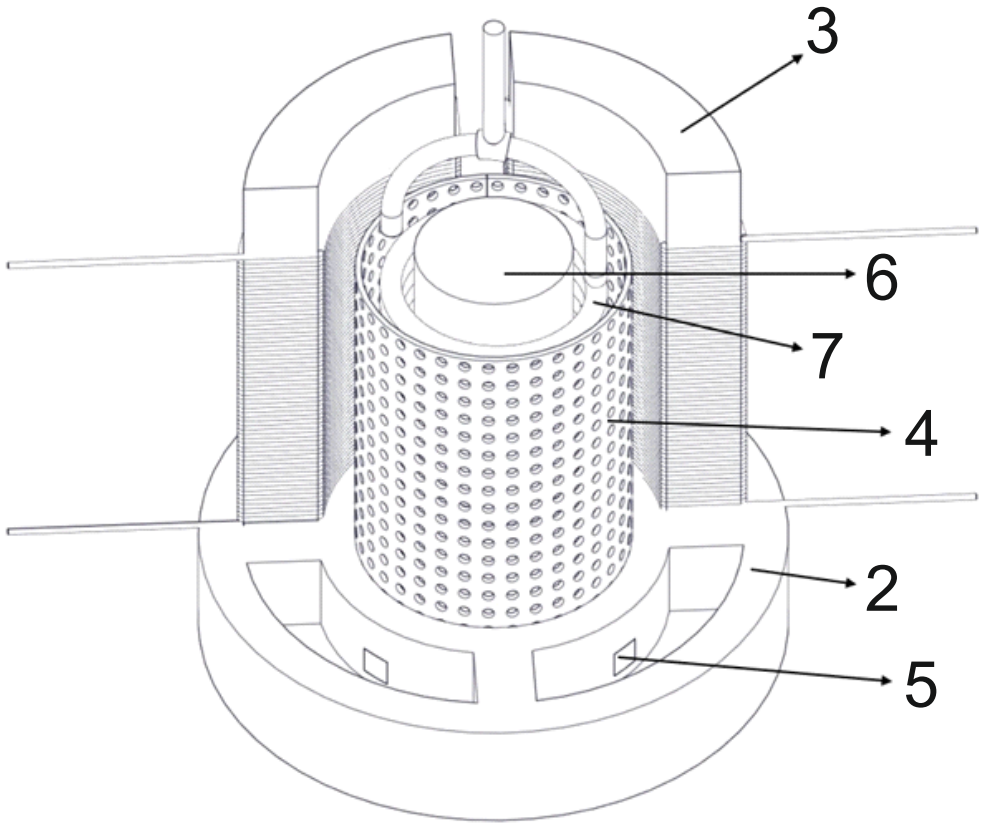
[5] Analysis of Suspension with Variable Stiffnes and Variable Damping Force for Automotive Applications" Jugulkar LM, Singh S, Sawant SM. Advances in Mechanical Engineering. 2016:8(5). Doi: 10,1177/1687814016648638.

5

Şekil 1



Şekil 2



Şekil 3

