

DAĞ TRENİ HİDROLİK FIRLATMA SİSTEMİ TASARIMI

Ulaş YAMAN
E. İlhan KONUKSEVEN
H. Ulaş AKOVA
Suat DEMİRER

ÖZET

Bu çalışmada, hidrolik fırlatma sistemiyle çalışan bir dağ treninin ("Roller Coaster") hidrolik devre tasarımı yapılmış ve ön ürün üzerinde kısmen test edilmiştir. Geleneksel dağ trenlerinde kullanılan yukarı çıkarma mekanizmalarından farklı olarak bu tasarımda trene ilk enerjisi hidrolik fırlatma mekanizması ile kazandırılmakta ve bu enerji ile rotayı durmaksızın tamamlaması sağlanmaktadır. Tasarlanan hidrolik sistemin en önemli avantajlarından birisi hızlı tepki veriyor olmasıdır. Bu özellikle beraber dağ trenine binen yolcuların daha eğlenceli bir yolculuk yapması sağlanmaktadır. Sistemin diğer bir önemli avantajı ise rotanın tamamlanmasından sonra trenin frenlenmesi sırasında oluşan enerjiyi bir sonraki fırlatmada kullanılmak üzere akümülatörlerde yüksek basınçta depolamasıdır. Böylelikle sistemin enerji verimliliği artırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dağ treni, Hidrolik fırlatma sistemi, Enerji geri dönüşümü.

ABSTRACT

In this study, hydraulic circuit of a hydraulically launched roller coaster is designed and it is partially tested on a prototype design. As opposed to the conventional elevating systems used in the roller coaster systems, the initial energy of the roller coaster is given via hydraulic launching mechanism and with the supplied energy the roller coaster is assured to complete the route without stopping. One of the main advantages of the designed hydraulic system is that it responds quickly. With this property of the design, it is assured that the riders will feel great excitement during their travel on the route. Another important advantage of the system is that the energy formed after braking the roller coaster is stored in the accumulators at higher pressures in order to use it in the next ride. With this approach, the energy efficiency of the system is increased.

Keywords: Roller coaster, Hydraulic-launching system, Energy recycling.

1. GİRİŞ

Dağ trenleri, yolcuları aşırı hızlara ve yükseklerle çıkarmasından dolayı yaklaşık olarak yüz yıldır insanların ilgisini çekmektedir. Dağ treni üreticileri arasındaki rekabet arttıkça tasarımcılar daha heyecan verici sistemleri güvenlik koşullarını da göz önünde bulundurarak geliştirmeye başladılar.

Makalenin bu bölümde piyasada bulunan farklı dağ trenleri incelenmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmayla birlikte tasarlanacak dağ treninin piyasada rekabet edebilmesi için özelliklerinin nasıl olması gerektiğine karar verilmiştir. Dağ trenleri incelenirken dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan birisi fırlatma sistemleridir. Dağ treninin performansı genel olarak fırlatma sistemine

bağlıdır. Dağ treninin belirli bir yüksekliğe çıkması ve mekanik devreyi tamamlayarak geri gelmesi için ilk anda yüksek bir enerji verilmesi gerekmektedir. Bu ilk enerjinin verilebilmesi için literatürde farklı yöntemler kullanılmaktadır; elektrik motorları, akışkan gücü, volan ve tekerlek. Dağ trenleri karşılaştırılırken dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta ise sistemin bir saatte kaç yolcuya hizmet verdiğidir. Tablo 1’de şu anda aktif olarak çalışan farklı dağ trenlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Tablodaki dikkat çeken en önemli nokta Kingda Ka’nın 167 m yüksekliğe çıkabiliyor olmasıdır. Burada, fırlatma sisteminin hidrolik olmasının avantajı kullanılmaktadır. En yüksek ikinci seviyeye çıkan dağ treni ise yine hidrolik fırlatma sistemi kullanan Xcelerator’dır. Elektrik motoru, volan ve tekerlekli fırlatma sistemleri çok fazla enerjiyi kısa bir sürede sağlayamadıkları için trenleri fazla yükseğe fırlatamamaktadırlar. Bu nedenle tasarlanacak olan fırlatma sisteminin bu tür sistemlerle rekabet edebilmesi için hidrolik olması kaçınılmazdır. Tablodan çıkarılabilecek diğer bir değerlendirme ise hidrolik sistemle beraber trenlerin ulaştığı en yüksek ivmelerin de artmasıdır.

Tablo 1. Dağ Trenleri Karşılaştırması [1]

DağTreni	Wicked	Flight of Fear	Xcelerator	Montezooma Revenge	Incredible Hulk	Kingda Ka
Fırlatma Sistemi	Elektrik Motoru	Elektrik Motoru	Hidrolik	Volan	Tekerlek	Hidrolik
Kapasite (<i>kullanıcı/saat</i>)	900	2.000	1.330	1.344	1.920	1.400
Yükseklik (<i>m</i>)	34	23	62	45	34	167
En Yüksek Hız (<i>km/saat</i>)	88	86	131	88	107	206
En Yüksek İvme (<i>g</i>)	4,8	4,5	-	-	4	6
En Büyük Dikey Açı (°)	90	-	90	-	-	90
En Yüksek Hıza Ulaşılan Süre (<i>s</i>)	-	-	2,3	4,5	2	3,5

Literatürde dağ trenlerinde kullanılan hidrolik ve mekanik sistemler ile alakalı birçok patent bulunmaktadır. Roodenburg [2], fırlatma sistemi için farklı bir hidrolik tasarım yaparak 2007 yılında patentini almıştır. Bu sistemin genel amacı, verimliliği artırarak fırlatma sistemine verilecek olan hidrolik enerjiyi azaltmaktır. Patentte ayrıca trenlerin durdurulması için de bir mekanizma önerilmiştir. Hidrolik devre şemasının da çok ayrıntılı olmasa da yer aldığı patentte hidrolik sistemlerin dezavantajlarını ortadan kaldıracak bir yaklaşım göz önünde bulundurulmuştur. Spieldiener’in [3] önermiş olduğu fırlatma sistemi ise mekanik yaylar ile çalışmaktadır. Fırlatma esnasındaki yüksek ivmeleri yolculara yansıtmamak için fırlatmada bir frenleme sistemi kullanmıştır. Fırlatma kuvvetlerinin trenlere aktarılması kısmında hidrolik veya diğer mekanik sistemlerden herhangi bir farkı yoktur. Mehrman[4] ise dağ treninin kısa süre içerisinde yüksek hızlara ulaşmasını sağlayan hızlı sarım yapabilen bir makara sistemi önermiştir.

Takip eden bölümlerde tasarlanan hidrolik sistemin ayrıntılarına yer verilmiş ve tasarlanan sistemin benzetimi yapılarak sonuçlar yorumlanmıştır. Son bölümde ise bildiri genel olarak değerlendirilmiştir.

2. HİDROLİK SİSTEM TASARIMI

Bu bölümde, dağ treninin fırlatılması ve geri döndüğünde frenleme esnasında oluşan enerjiyi geri kazanmak için tasarlanan hidrolik devrelerin ayrıntılarına yer verilmiştir. Takip eden alt bölümde fırlatma sisteminin parametreleri belirlendikten sonra hidrolik devre için gerekli elemanların seçimi yapılmıştır. Bir sonraki alt bölümde ise enerji geri kazanımı için sağlanması gereken parametreler belirlenerek hidrolik devre sonlandırılmıştır. Üçüncü alt bölümde iki hidrolik devre birleştirilerek sunulmuştur.

2.1. Hidrolik Fırlatma Sistemi

Fırlatma sistemi, genel sistemin en önemli bölümü olarak nitelendirilebilir. Fırlatma sisteminin gerekli performansı sağlamaması durumunda dağ treni yeterli yüksekliğe çıkamayarak yolcuların güvenliğini tehlikeye sokabilir. Bu nedenle fırlatma sisteminin tasarımı yolcuların güvenliği dikkate alınarak yapılmıştır. Öncelikle hidrolik devrenin parametreleri belirlenmiş ve sonrasında gerekli elemanlar seçilmiştir.

Bu bölümde belirlenecek olan parametreler hidrolik elemanların seçiminde kullanılmaktadır. Tasarlanacak olan fırlatma sisteminin, trenleri yolcularla birlikte ($\approx 4.000 \text{ kg}$) mümkün olan en kısa süre içerisinde 50 m yüksekliğe çıkarması beklenmektedir. En yüksek noktada güvenli bir geçiş için hızın $2,5 \text{ m/s}$ olması gerektiği düşünülürse (ivmenin $2 \times 9,81 \text{ m/s}^2$ 'yi geçmemesi için) yaklaşık olarak $2,5 \text{ MJ}$ enerji fırlatma esnasında gerekmektedir. Bu nedenle fırlatmanın başladığı ilk anda trenin hızı $35,38 \text{ m/s}$ olmalıdır. Sistemde kullanılan $0,5 \text{ m}$ yarıçaplı makaranın bu hızı sağlayabilmesi için 340 dev/dk ile dönmesi gerekmektedir. Fırlatmanın 3 saniye içerisinde tamamlanması gerektiği düşünüldüğünde ise 836 kW 'lık güç gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu güç ve hız değerlerini sağlayabilmek için fırlatma sisteminin makaraya $23,6 \text{ kN.m}$ 'lik bir tork uygulaması gerekir. Bu tork değerinin tek bir motor tarafından uygulanmasının çok zor olduğu düşünülürse, yeterli sayıda orta düzey motorların kullanılması planlanmaktadır. 16 adet hidrolik motor kullanılması durumunda motorların sağlaması gereken ortalama tork 295 N.m olmaktadır. Bu bilgiler ışığında tekrarlanan bir hesaplama süreciyle motor ve akümülatör parametreleri belirlenmiştir.

Sistemde kullanılacak olan hidrolik motor ve akümülatör sistemin en temel parçalarındandır. Bu elemanların seçiminin yapılabilmesi için 4 farklı parametrenin belirlenmesi gerekmektedir. İlk olarak bu parametrelerden birisi seçilmiş ve diğerleri tekrarlanan bir hesaplama süreciyle hesaplanmıştır. Hidrolik motorlar akümülatörlerden daha pahalı olduğu için sistemin toplam maliyetini düşürmek amacıyla ilk olarak motorun deplasmanı sabitlenmiştir (V_D^m). Hesaplanması gereken diğer parametreler ise akümülatörün kapasitesi (V_0), önceden ayarlanmış akümülatör basıncı (P_0) ve en yüksek çalışma basıncıdır (P_2). İlk hesaplama süreci için motorun deplasmanı $63,5 \text{ cc/dev}$ alınmış ve diğer değerler aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$V_0 = 30L, P_2 = 465 \text{ bar}, P_1 = 186 \text{ bar}, P_0 = 167 \text{ bar}, V_D^m = 63,5 \text{ cc/dev}$$

Elde edilen değerler incelendiğinde en yüksek çalışma basıncının tahmin edilenden yüksek olduğu görülmüştür. Sistemde 16 adet akümülatör kullanılması gerektiği düşünüldüğünde bu yüksek basınç değeri sistemin maliyetini oldukça artırmaktadır. Bu değerlerle MATLAB/Simulink® ortamında yapılan benzetimler sonucunda motorların uygulaması gereken en yüksek torkun 500 N.m olması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu değeri düşürmek amacıyla en yüksek çalışma basıncı değerinde bir azaltmaya gidilmiştir. Benzetimlerden elde edilen diğer bir bilgi ise akümülatörde depolanmış enerjinin tamamen kullanılmasıdır. 30 l olarak tasarlanan akümülatörün 4 l 'si kullanılmamıştır. Bu izlenimlerden sonra deplasmanı öncesine göre daha fazla olan bir motor ($80,1 \text{ cc/dev}$) seçilerek akümülatör hacminin tamamen kullanılması ve en yüksek çalışma basıncının düşürülmesi sağlanmıştır. Yeni hesaplama sürecinde oluşan parametreler aşağıda verilmiştir.

$$V_0 = 30L, P_2 = 370 \text{ bar}, P_1 = 164,5 \text{ bar}, P_0 = 148 \text{ bar}, V_D^m = 80,1 \text{ cc/dev}$$

Önceki hesap sürecinin sonunda olduğu gibi bulunan parametrelerle MATLAB/Simulink® ortamında sistemin benzetimi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar öncekilerle karşılaştırıldığında performansın arttığı gözlenmiştir. En yüksek çalışma basıncının düşmesiyle akümülatör seçimi kolaylaşmaktadır. Bu değer biraz daha aşağı çekildiği takdirde, tork gereksinimi de düşmekte fakat fırlatma süresinde artışa yol açmaktadır. Akümülatör seçimini kolaylaştırmak ve montajı basitleştirmek amacıyla parametreler aşağıda verildiği gibi seçilmiştir.

$$V_0 = 35L, P_2 = 320 \text{ bar}, P_1 = 167 \text{ bar}, P_0 = 150 \text{ bar}, V_D^m = 80,1 \text{ cc/dev}$$

2.2. Frenleme Sistemi

Hidrolik frenleme sisteminin dağ treninde yer almasının temel nedeni enerji kullanımını azaltmaktır. Frenleme sırasında trenin sahip olduğu kinetik enerji hidrolik akümülatörlerde depolanarak bir sonraki fırlatma için kullanılmaktadır.

Frenleme sisteminin maliyetini düşürmek için kullanılacak olan pompaların frenleme esnasında oluşan en yüksek tork değerlerine dayanabiliyor olması gerekmektedir. Bununla birlikte pompanın izin verilen hızı de göz önünde bulundurulmalıdır. Tek bir pompanın frenleme sırasında oluşacak olan kuvvetlere dayanabilmesi mümkün olmadığı için pompaların bir dişli sistemi ile birbirlerine bağlanmaları gerekmektedir.

Frenleme sisteminin güvenilir olabilmesi için trenin frenlemenin başladığı andaki hızı fırlatma hızına eşit alınmıştır. Böylelikle seçilecek olan hidrolik elemanlar en kötü durumda bile herhangi bir sıkıntı olmadan çalışacaktır. 40 cm'lik bir makara kullanıldığında milin en yüksek dönme hızı yaklaşık olarak 670 dev/dk olmaktadır. Böyle bir bağlantı ile en yüksek ağırlığın 0,8 g ile yavaşladığını düşünürsek 11 kN.m'lik bir tork gerekmektedir. Bu nedenle dönme hızını artıran ve torku düşüren bir dişli kutusu kullanılarak gerekli frenleme yapılmaktadır. 2.050 dev/dk'lık bir pompa seçildiğinde dişli oranı 3 olmaktadır. Kullanılacak pompa sayısı ise seçilen pompanın tork değeri kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$N_p = \frac{11.000 \text{ N.m}}{3(635 \text{ N.m})} = 5,77 \rightarrow N_p = 6$$

Frenleme sistemindeki diğer kritik eleman ise akümülatörleri dolduracak olan pompalardır. Dağ treni ilk kez çalıştırıldığında pompanın çalışma süresi fazla olacağı için pompa seçiminde bu durum göz önüne alınmamıştır. Arka arkaya çalıştırıldığı durumlarda, öncelikle fırlatma sonrasında akümülatörler boşalacak ve frenleme sonrasında belirli bir doluluk oranına ulaşacaklardır. Seçilecek olan pompalar akümülatörleri bir sonraki fırlatmaya kadar dolu konuma getirmek durumundadırlar.

Pompa seçimi yapılırken akümülatör basınçları yerine hidrolik yağın giriş ve çıkış hacimleri dikkate alınmıştır. MATLAB/Simulink® ortamında trenlerin en ağır olduğu durum için yapılan benzetimler sonucunda akümülatörlerden fırlatma esnasında 106,6 litre yağ boşaltıldığı görülmektedir. Frenleme esnasında ise 34,5 litre yağ akümülatörlere dolmaktadır. Bu nedenle seçilecek olan pompaların fırlatma öncesinde 72,1 litre yağı pompalaması gerekmektedir. Sistemin daha güvenilir olması için bu değer pompa seçimi için 80 litre olarak alınmıştır. Pompaların bu işlemi 4 dakika içerisinde tamamlaması gerektiği düşünülürse pompaların akış hızı 20 l/dk olmalıdır.

Pompa üreticilerinin katalogları incelendiğinde 1.200-1.700 dev/dk aralığında çalışan ve 18,7-26,5 l/dk debiye sahip bir pompanın akümülatörleri doldurabileceği görülmektedir. Pompanın ulaştığı en yüksek basıncın 320 bar olduğu düşünülürse pompayı sürmek için 16 kW üzeri bir motora ihtiyaç vardır.

Pompada herhangi bir sıkıntı olduğunda sistemin çalışmaya devam edebilmesi için yedek bir pompa kullanılmıştır. Kullanılan bu yedek pompanın diğer bir amacı ise ilk çalıştırma esnasında akümülatörlerin dolmuş süresini yarıya indirmektir.

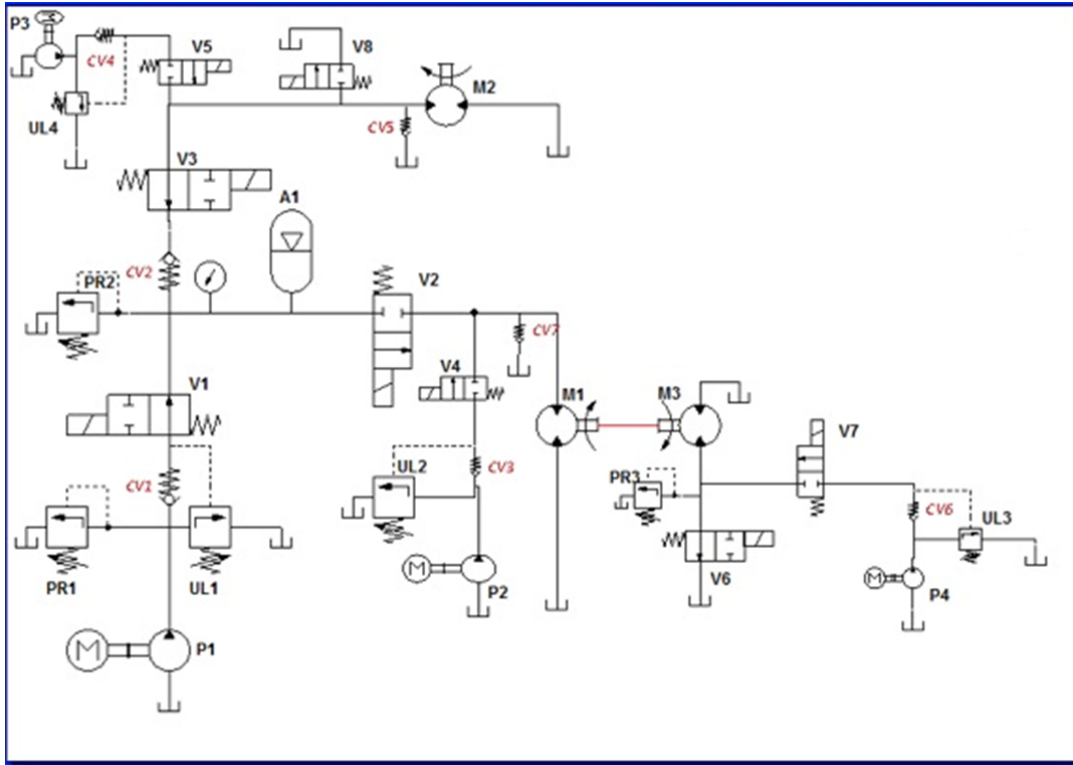
2.3.Genel Hidrolik Sistem Elemanları

Bu bölümde, dağ treni fırlatma sisteminin gereksinimlerini sağlayacak bir hidrolik devre tasarlanmıştır. Bir sonraki bölümde ise bu tasarlanan sistemin benzetimi yapılarak sistemdeki kayıplar ve elemanları dinamikleri incelenmektedir. Tasarlanan hidrolik devrenin temel özellikleri aşağıda verilmektedir.

- Sistemde hidrolik enerjiyi depolamak amacıyla 16 adet 35 litre akümülatörler bulunacaktır.
- Kullanılacak olan bu akümülatörler bir pompa yardımıyla en yüksek 320 bar çalışma basıncına getirilecektir.

- Akümülatörlerde bulunan hidrolik yağ fırlatma sırasında 16 adet pompa/motor elemanına aktarılacaktır.
- Frenleme esnasındaki kinetik enerji yardımıyla bu akümülatörler 6 adet pompa/motor elemanı ile belirli bir seviyeye kadar doldurulacaktır.
- İkinci bir hidrolik devre ise trenin gerekli hızı zamanından önce ulaşması durumunda sistemin enerjisini bir sonraki fırlatmada kullanması için tasarlanacaktır.
- Frenleme sisteminin frenlemeden sonra hazır hale gelebilmesi için bir pompa kullanılacaktır.
- Pompaların fırlatma ve frenleme işlemlerinde kapalı olması gerekmektedir.
- Enerji kayıplarını en aza indirmek için frenleme pompaları ve akümülatörler ile akümülatörler ve fırlatma motorları arasında mümkün olduğunca az eleman kullanılmalıdır.

Bu özellikler göz önünde bulundurulduğunda Şekil 1'de verilmiş bir hidrolik devre tasarlanmıştır. Şekil üzerinde bulunan kısaltmaların açıklaması Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Hidrolik Devre Şeması

Tablo 2. Kullanılan Hidrolik Elemanlar

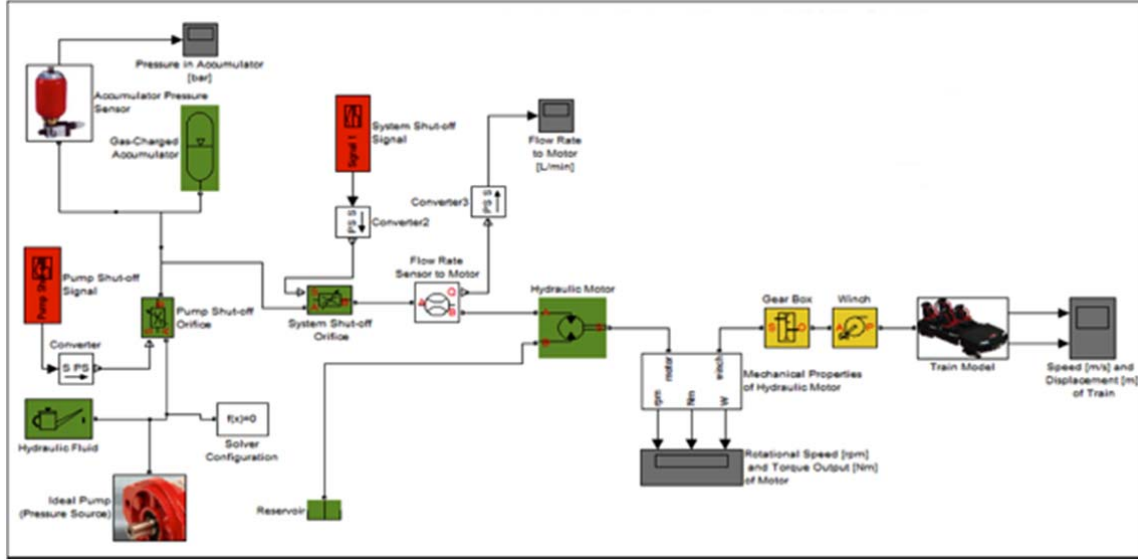
Kısaltma	Adet	Eleman
M1	16	Pompa / Motor
M2	6	Pompa / Motor
M3	2	Pompa / Motor
A1	16	Akümülatör
V1	1	Oturmalı Valf
V2	16	Oturmalı Valf
V3	6	Oturmalı Valf
V4	1	Oturmalı Valf
V5	1	Oturmalı Valf
V6	1	Oturmalı Valf
V7	1	Solenoid Valf
UL1	1	Yüksüzlük Valfi
UL2	2	Yüksüzlük Valfi
UL3	1	Yüksüzlük Valfi
UL4	2	Yüksüzlük Valfi
PR1	1	Kartriç Valf
PR2	2	Kartriç Valf
PR3	2	Basınç Ayar Valfi
P1	1	Pompa
P2	1	Pompa
P3	1	Pompa
P4	1	Pompa
CV1	1	Durdurucu Valf
CV2	6	Durdurucu Valf
CV3	1	Durdurucu Valf
CV4	1	Durdurucu Valf
CV5	6	Durdurucu Valf
CV6	1	Durdurucu Valf
CV7	16	Durdurucu Valf

3. HİDROLİK SİSTEM BENZETİMİ

Makalenin bu bölümünde dağ treninin fırlatma ve frenleme sisteminin benzetimi gerçekleştirilerek sonuçları grafiklerle verilmiştir.

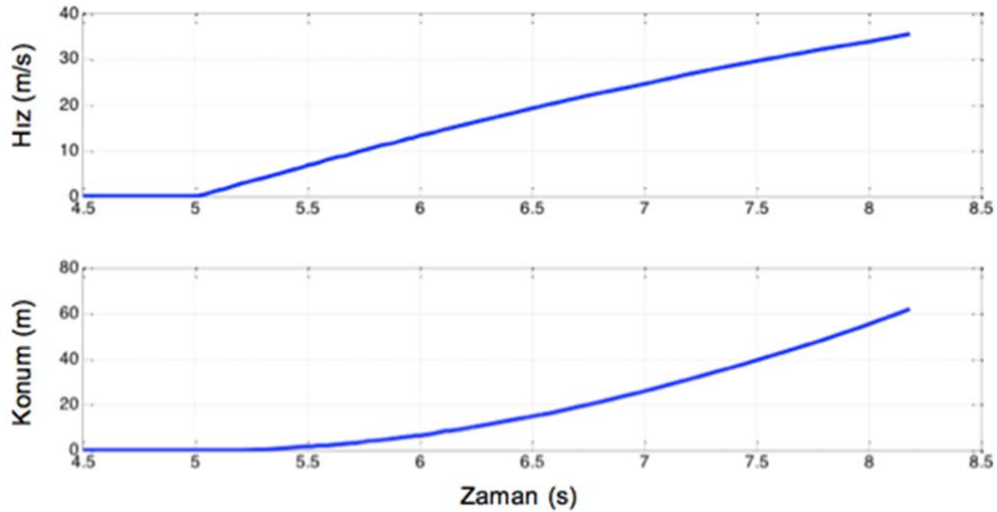
3.1. Fırlatma Sistemi Benzetimi

Fırlatma sisteminde kullanılan hidrolik ve mekanik elemanların seçimi yapılırken benzetim sonuçları göz önünde bulundurulmuştur. Fırlatma sistemindeki kayıpları tahmin etmek oldukça zor olduğu için sistem sağlaması gereken enerjinin %20 daha fazlasını verebilecek şekilde tasarlanmıştır. MATLAB/Simulink® ortamında yapılan benzetimde Simscape® araç kutusundan mümkün olduğunca yararlanılmıştır. Sistemde 16 adet eş motor ve akümülatör kullanıldığı için sistemin tamamının benzetimi yerine 1/16 modelinin benzetimi yapılmıştır. Böylelikle sistemin fırlatması gereken kütle de 1/16 oranında azaltılmıştır. Fırlatma sisteminin modeli Şekil 2'de verilmiştir.

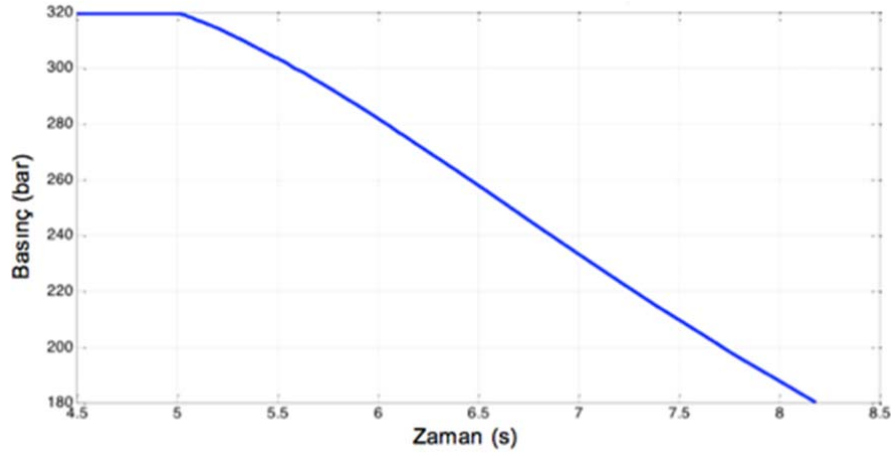


Şekil 2.Fırlatma Sistemi MATLAB/Simulink-Simscape Modeli

Benzetimde sadece hidrolik akümülatörlerin boşalması dikkate alındığı için akümülatörleri doldurmak için ideal bir basınç kaynağı kullanılmıştır. Benzetimde kullanılan tren modeli ise ideal bir kütleden farksızdır. Fırlatma sisteminin ataleti ve toplam kütlesi trenin kütlesine katılmıştır. En son karar verilen parametrelerle birlikte yapılan benzetim sonucunda trenin hız ve konum grafikleri zamana göre Şekil 3'te verilmiştir. Akümülatördeki basınç değişimi ise Şekil 4'te sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde tasarım için gerekli kriterlerin yerine getirildiği görülmektedir. Akümülatör basıncının boşaltım sonrasında önceden hesaplanan değer 10 bar üzerinde olmasının nedeni tasarım sırasında hesaplanan yerine katalogta yer alan en yakın akümülatörün kullanılmasıdır. Herhangi bir dezavantajın aksine bu durum, sistemin gereksinimden biraz daha fazla enerji depolamasını sağlamıştır.



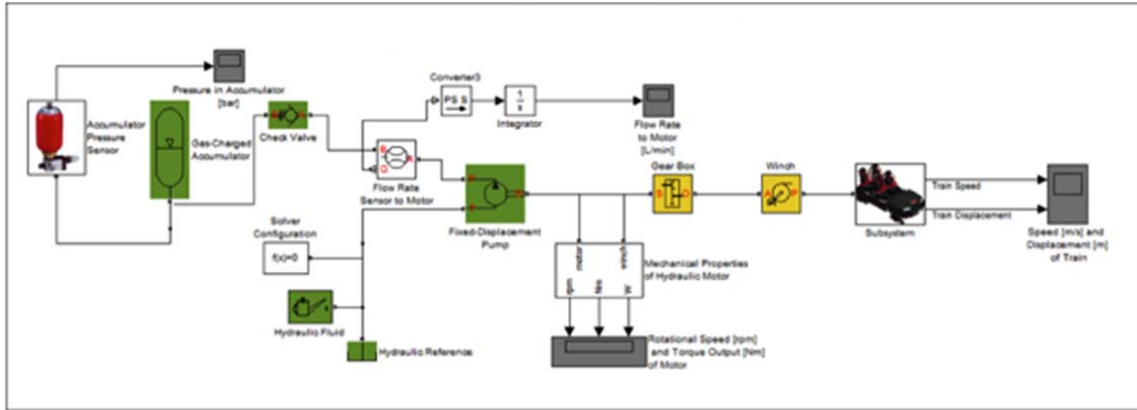
Şekil 3. Tren Hız ve Konum Grafiği



Şekil 4. Akümülatör Basınç Değişimi

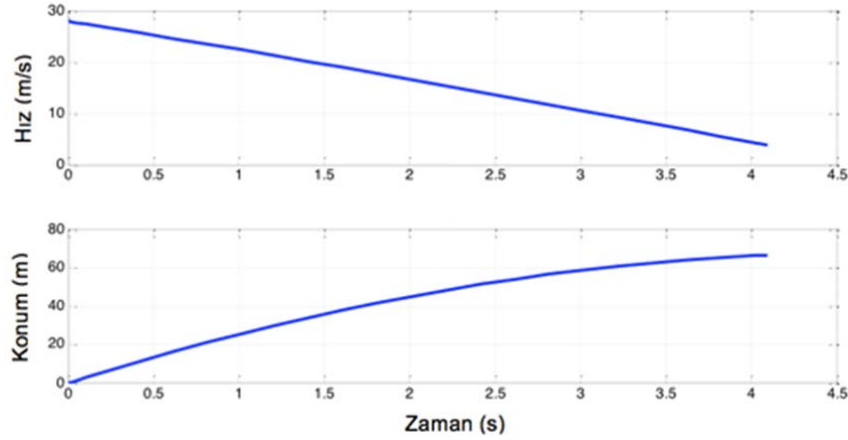
3.2. Frenleme Sistemi Benzetimi

Frenleme sisteminin benzetiminin yapılmasının temel amacı gerekli olan fren mesafesini belirlemektir. Bir önceki bölümde olduğu gibi benzetim MATLAB/Simulink-Simscape® ortamında yapılmıştır. Benzetimin gerçekçi olabilmesi için seçilen pompanın özellikleri modelde kullanılan pompanın özelliklerine girilmiştir. Fırlatma sonrasında akümülatörler tamamen boşalmadığı için hidrolik motora giden hacim dikkate alınarak akümülatör bilgileri elde edilir. Frenleme sisteminin modeli Şekil 5'te verilmiştir.

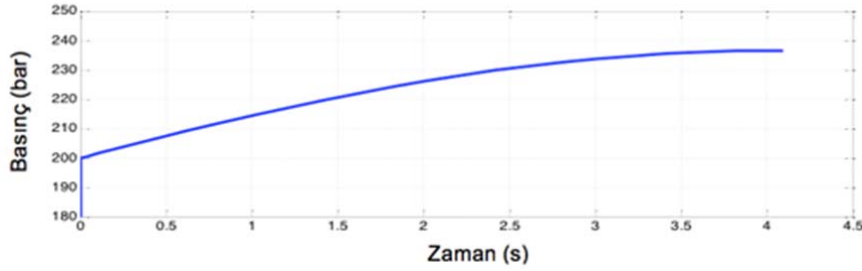


Şekil 5. Frenleme Sistemi MATLAB/Simulink-Simscape® Modeli

Frenleme mesafesini belirleyebilmek için trenin en yüksek kütleye sahip olduğu durum göz önünde bulundurulmuştur. Benzetimde bir önceki bölümün aksine 16 adet akümülatör kullanılmıştır. Şekil 6'da trenin zamana karşı hız ve konum grafikleri verilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı üzere sağlıklı bir frenleme için yaklaşık olarak 70 m mesafe gerekmektedir. Frenleme esnasında akümülatörlerde oluşan basınç değişimi ise Şekil 7'de gösterilmiştir. Fırlatma sonrası 200 bar'a inen basınç frenleme sistemindeki enerji geri kazanımıyla birlikte yaklaşık olarak 240 bar'a çıkmaktadır.



Şekil 6. Frenleme Sırasında Trenin Hız ve Konum Grafiği



Şekil 7. Frenleme Sırasında Akümülatör Basınç Değişimi

SONUÇ

Geleneksel dağ treni fırlatma sistemlerinden farklı bir hidrolik tasarımın anlatıldığı bu çalışmada frenleme sırasında açığa çıkan enerji sisteme geri beslenerek sistemin genel olarak enerji verimliliği artırılmıştır. Benzetim sonuçları değerlendirildiğinde genel olarak sistemin istenilen performansta çalıştığı görülmektedir. Bu çalışma kapsamında ayrıca sistemde kullanılan hidrolik elemanların değerlendirmeleri ve seçimleri de yapılmış ancak makalenin çerçevesini genişletmemek amacıyla bu eleman seçimlerine yer verilmemiştir. Bu seçimlerin yüksek akışkan hızları ve basınçlar nedeniyle çok dikkatli yapılması gerekmektedir. Tasarlanan hidrolik devre seçilen bu elemanlara göre sürekli güncellenmiştir. Tasarlanan sistem genel olarak değerlendirildiğinde şu anda aktif olarak çalışan dağ trenleri arasında öne çıkmaktadır.

Tasarlanan sistemin performansını incelemek amacıyla bir dağ treni rotası ve treni üretilmiştir. Sistemin üretim sonrası fotoğrafları Şekil 8'de verilmiştir. Yapılan testlerin henüz sonuçlandırılmamasından dolayı bu bildiriye test sonuçlarına yer verilmemiştir.



Şekil 8. Üretim Fotoğrafları

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.rcdb.com>, En son görüntülenme, 31 Temmuz, 2011.
- [2] ROODENBURG, J., "Rollercoaster Launch System", US-Patent 7192010, 2007.
- [3] SPIELDIENER, P., "Amusement Device", US-Patent 6679182, 2004.
- [4] MEHRMAN, M. J., "Rapid-Winding Winch For Amusement Ride", US-Patent 6561916, 2003.

ÖZGEÇMİŞ

Ulaş YAMAN

1984 yılı Ankara doğumludur. 2007 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Makina Mühendisliği Bölümünü ve Mekatronik Yandal Programını bitirdikten sonra 2010 yılında yine ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümünden Yüksek Mühendis unvanını almıştır. 2010 yılında aynı bölümde Doktora eğitimine başlamıştır. Ayrıca 2007 yılından beri ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. Endüstriyel Otomasyon, Alan Programlanabilir Kapı Dizinleri, Komut Üretimi, Veri Sıkıştırılması ve Hidrolik konularında çalışmaktadır.

E. İlhan KONUKSEVEN

1986 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümünden 1989 yılında Yüksek Lisans ve 1996 yılında Doktora unvanını almıştır. 1997 yılında Carnegie Mellon Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünde Doktora Sonrası çalışmalarını tamamlamıştır. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümünde Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır. BDT (Bilgisayar Destekli Tasarım), Robotik, Haptik Cihazlar, Telerobotik, Mekatronik ve Metroloji konularında çalışmaktadır.

H. Ulaş AKOVA

1988 yılı Ankara doğumludur. 2011 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı yıl yine ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine kabul edilmiştir.

Suat DEMİRER

1960 yılında Ankara'da doğmuştur. 1993–2005 yılları arasında Demirer San. ve Tic. Ltd. Şti'nde Genel Müdür olarak görev yapmıştır. 2005 yılından bu yana kendi kuruluşu olan ve aynı zamanda ODTÜ – Teknokent'te yer alan Demirer Teknolojik Sistemler San. ve Tic. Ltd. Şti'nde Genel Müdür olarak çalışma hayatını sürdürmektedir. 1999 yılındaki kuruluşundan bu yana 6 dönemdir HPKON Yürütme Kurulu üyesidir.