DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MOBİL HİDROLİK UYGULAMALARDA KULLANILAN YÖN KONTROL VALFLERİNİN DOĞRUSAL KONTROLCÜ İLE DEĞİŞKEN SICAKLIKLARDA POZİSYON KONTROLÜ

Burak ALKAN

Ekim, 2023

İZMİR

MOBİL HİDROLİK UYGULAMALARDA KULLANILAN YÖN KONTROL VALFLERİNİN DOĞRUSAL KONTROLCÜ İLE DEĞİŞKEN SICAKLIKLARDA POZİSYON KONTROLÜ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Mekatronik Mühendisliği, Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı

Burak ALKAN

Ekim, 2023

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

BURAK ALKAN tarafından **DOÇ.DR. AYTAÇ GÖREN** yönetiminde hazırlanan **"MOBİL HİDROLİK UYGULAMALARDA KULLANILAN YÖN KONTROL VALFLERİNİN DOĞRUSAL KONTROLCÜ İLE DEĞİŞKEN SICAKLIKLARDA POZİSYON KONTROLÜ"** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Aytaç GÖREN

Danışman

Prof. Dr. Hasan ÖZTÜRK

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Özgün BAŞER

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmalar sırasında desteğini esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Aytaç Gören'e ve bu süreçte her türlü desteği sağlayan Akon Hidrolik Valf A.Ş. ve TAAC Havacılık Teknolojileri A.Ş. firmalarına teşekkürü borç bilirim.

Burak ALKAN

MOBİL HİDROLİK UYGULAMALARDA KULLANILAN YÖN KONTROL VALFLERİNİN DOĞRUSAL KONTROLCÜ İLE DEĞİŞKEN SICAKLIKLARDA POZİSYON KONTROLÜ

ÖZ

Hidrolik valf ve kontrolcü teknolojisinin gelişmesiyle birlikte manuel kontrol yerini daha hassas kontrol sağlayan ve güvenilir elektrohidrolik aktüatörlere bırakmıştır. Bu gelişme, makine üreticilerine daha yüksek verimliliğe sahip araç üretimi, kullanıcıya ise yüksek kontrol kabiliyeti imkânı sağlamıştır.

Mobil hidrolik valfler dünyanın farklı bölgelerinde değişken ortam şartlarında kullanılmaktadır. Bu değişken ortam şartlarından en önemlilerinden bir tanesi de sıcaklık parametresidir. Değişen sıcaklık parametresi ile beraber sürgüyü istenilen konumda tutmak güçleşmektedir.

Yapılan bu tez çalışmasında aktüatör ve yön kontrol valfinin 1B simülasyon modelleri oluşturulup farklı sıcaklıklardaki sonuçları değerlendirilmiştir. Tübitak projesi ile birlikte elde edilen valf verilerinden yararlanılmıştır.

Anahtar kelimeler: Hidrolik, valf, doğrusal kontrolcü, 1B simülasyon

POSITION CONTROL OF DIRECTIONAL CONTROL VALVES USED IN MOBILE HYDRAULIC APPLICATION WITH LINEAR CONTROLLER AT VARIABLE TEMPERATURES

ABSTRACT

With the development of hydraulic valve and controller technology, manual control has been replaced by more precise and reliable electro-hydraulic actuators. This development has provided machine manufacturers with higher efficiency vehicle production and the user with higher control capability.

Mobile hydraulic valves are used in different parts of the world under variable ambient conditions. One of the most important of these variable environmental conditions is the temperature parameter. With the changing temperature parameter, it becomes difficult to keep the spool in the desired position.

In this thesis, 1D simulation models of the actuator and directional control valve were created and the results at different temperatures were evaluated. The research was conducted based on the valve datas obtained in the Tübitak project.

Keywords: Hydraulic, valve, linear controller**,** 1D simulation

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU ii

TEŞEKKÜR iii

ÖZ iv

ABSTRACT v

ŞEKİLLER LİSTESİ viii

TABLOLAR LİSTESİ x

KISALTMALAR xi

SEMBOLLER LİSTESİ xii

BÖLÜM BİR - GİRİŞ 1

1.1 Giriş 1

1.2 Tez Taslağı 1

1.3 Araştırmanın Amacı 1

1.4 Araştırmanın Önemi 2

BÖLÜM İKİ - LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 3

2.1 Hidrolik Sistemler 3

2.2 Hidrolik Valfler 5

2.2.1 Yön Kontrol Valfleri 6

2.2.1.1 Valf Sürgüleri 7

2.2.1.2 Valf Sürgüsü Konum Kontrol Yöntemleri 8

2.3 Valf Kontrolcü Türleri 9

2.3.1 Açık Çevrim Valf Kontrolcüleri 10

2.3.2 Kapalı Çevrim Valf Kontrolcüleri 10

2.4 PID Kontrol 14

2.5 Kapalı Çevrim Sistemlerde Akış Kontrol Hassasiyetini Etkileyen Faktörler .. 16

2.5.1 Valf Sürgü Cep tasarımları 16

2.5.2 Kirliliğe Bağlı Oluşan Sürtünmeler 17

BÖLÜM ÜÇ - MODELLEME..... 18

3.1 Kapalı Çevrim Elektro Hidrolik Aktüatör Modelinin Oluşturulması..... 18

3.2 Oransal Yön Kontrol Valfi Sürgüsü Amesim Modelinin Oluşturulması 24

BÖLÜM DÖRT - SONUÇ..... 29

4.1 Matlab Simulink Modeli Sonuçları 29

4.2 Amesim Modeli Sonuçları..... 30

KAYNAKLAR 49

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Hidrolik yağ tankı 4
Şekil 2.2 Değişken Deplasmanlı Pistonlu Hidrolik Pompa Görseli..... 4
Şekil 2.3 Akon hidrolik SPV120 oransal yüke duyarlı yön kontrol valfi 6
Şekil 2.4 Valf sürgüleri. 7
Şekil 2.5 SPV120 sürgü görseli 7
Şekil 2.6 SPV120 oransal ve mekanik kontrol kesit görünüşü 9
Şekil 2.7 Kontrol diyagramı..... 11
Şekil 2.8 Kapalı çevrim aktüatör ve yön kontrol valfi kesit görünümü 12
Şekil 2.9 LVDT..... 13
Şekil 2.10 Solenoid valf kesit görünümü ve hatların şematik gösterimi 13
Şekil 2.11 Kontrol döngüsündeki komponentler 15
Şekil 3.1 Kapalı sistem elektrohidrolik aktüatör Matlab Simulink modeli..... 18
Şekil 3.2 Kapalı sistem elektrohidrolik aktüatör Amesim modeli 19
Şekil 3.3 Mobil hidrolik yön kontrol test valfi hidrolik devre şeması 20
Şekil 3.4 Kapalı sistem elektrohidrolik aktüatör komponentlerinin Amesim modeli 21
Şekil 3.5 Gecikme süresi komponenti..... 22
Şekil 3.6 Sınırlandırma komponenti 22
Şekil 3.7 Hall effect sensörü konum-voltaj fonksiyonu..... 23
Şekil 3.8 Sinyal basınç fonksiyonu 23
Şekil 3.9 Amesim termal hidrolik akışkan veri model parametreleri 24
Şekil 3.10 Amesim sürtünme ve sonlandırıcılı kütle modelinin parametreleri..... 25
Şekil 3.11 Amesim termal hidrolik orifisli sürgü modelinin parametreleri 25
Şekil 3.12 Strok – Cep alanı eğrisi..... 26
Şekil 3.13 Strok – Debi eğrisi 27
Şekil 3.14 Amesim termal hidrolik kaçak ve viskoz sürtünme komponentinin parametreleri 28
Şekil 4.1 Simulink adım girdi 29
Şekil 4.2 PID çevrim süresi 1ms..... 30
Şekil 4.3 PID çevrim süresi 20 ms..... 31

Şekil 4.4 Veri seti ayarları 32
Şekil 4.5 Kp katsayısının 80°C sıcaklıktaki grup verilerinin zaman-konum grafiği . 33
Şekil 4.6 Ki katsayısının 80°C sıcaklıktaki grup verilerinin zaman-konum grafiği .. 34
Şekil 4.7 Kd katsayısının -20°C sıcaklıktaki grup verilerinin zaman-konum grafiği 36
Şekil 4.8 Kp katsayısının -20°C sıcaklıktaki grup verilerinin zaman-konum grafiği37
Şekil 4.9 Optimizasyon öncesi -20°C sıcaklıktaki adım girdi 38
Şekil 4.10 Optimizasyon öncesi -20°C sıcaklıktaki aralıklı adım girdi 39
Şekil 4.11 Optimizasyon sonrası -20°C sıcaklıktaki adım girdi 40
Şekil 4.12 Optimizasyon sonrası -20°C sıcaklıktaki aralıklı adım girdi 41
Şekil 4.13 Optimizasyon sonrası 80°C sıcaklıktaki adım girdi 42
Şekil 4.14 Optimizasyon sonrası 80°C sıcaklıktaki aralıklı adım girdi 43
Şekil 4.15 Sürtünme değeri 2N olarak tanımlanan model sonucu 45
Şekil 4.16 Sürtünme değeri 3N olarak tanımlanan model sonucu 46
Şekil 4.17 Sıcaklığa göre Kp ve Kd değerleri 48

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 Kapalı çevrim ve açık çevrim elektrohidrolik aktüatör özellikleri 10
Tablo 2.2 Oransal, integral ve türevsel bağımsız etkileri..... 15
Tablo 4.1 Simulink parametreler.....29
Tablo 4.2 Amesim 80°C sıcaklıktaki simülasyon parametreleri..... 32
Tablo 4.3 Amesim -20°C sıcaklıktaki simülasyon parametreleri 35

KISALTMALAR

DEÜ	: Dokuz Eylül Üniversitesi
PID	: Proportional Integral Derivative
PWM	: Pulse Width Modulation
LVDT	: Linear Variable Differential Transformer

SEMBOLLER LİSTESİ

Kp	: Oransal Katsayı
Ki	: İntegral Kazanç Katsayısı
Kd	: Türev Kazanç Katsayısı
A	: Cep Alanları
cSt	: Santistok
°C	: Santigrat
Q	: Debi
C_d	: Orifis Katsayısı
ρ	: Yoğunluk
mV	:Milivolt
N	:Newton

BÖLÜM BİR
GİRİŞ

1.1 Giriş

Günümüzde birçok alanda kullanılmakta olan hidrolik birbirinden farklı sistemlere ve konstrüksiyonlara tahrik verir. Bu akışkanı yönlendirebilmek için farklı yöntemler geliştirmiştir. Hidrolik kontrol valfler bunlardan birisidir. Valflerde mekanik yöntemler olduğu gibi elektronik aktüatörler de kullanılmaktadır.

1.2 Tez Taslağı

Birinci bölüm, bu çalışmanın amacını, önemini ve giriş bölümünü içermektedir. İkinci bölüm, hidrolik sistemler ve kontrolcüler ile ilgili literatür araştırması yapılıp genel bilgi aktarılmıştır. Mevcut olan valf modellerinin ve kontrolcülerinin incelemesini içermektedir. Üçüncü bölüm, kapalı sistem hidrolik aktüatör ve yön kontrol valfleri modellenip testler için gerekli parametrelerin nasıl tanımlandığı konusunda açıklama yapılmıştır. Dördüncü bölüm, Amesim 1B simülasyon sonucunda modellenen kapalı döngü aktüatörün farklı parametrelerdeki sonuçları değerlendirilmiştir.

1.3 Araştırmanın Amacı

Sistemin avantajları ve dezavantajlarını görmek, sistem hakkında detaylı bilgi edinmek sistemin geliştirilmesi açısından önemlidir. Araştırmada amaçlanan öncelikle doğrusal kontrolcü ile çalışan hidrolik sistemler hakkında bilgi edinip sonrasında farklı sistemlerle verimlilik ve hassasiyet açısından karşılaştırmaktır.

Mobil hidrolik yön kontrol valfleri ve kontrolcüleri ile ilgili yapılan çalışmalar aktarılmıştır. Bu çalışmada, oluşturulan model ile birlikte simülasyonlar gerçekleştirilmiş sonuçlara göre elektronik ve hidrolik tasarımlar yapılmıştır. Sürgünün konum kontrolünü sağlayan kapalı döngü sistem mevcut sistemlerle karşılaştırılmıştır.

1.4 Araştırmanın Önemi

Türkiye'de elektro hidrolik alanında yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu araştırma ile birlikte hidrolik kontrolcüler ile açık döngü sistemlerin farklılıkları gözlemlenerek hidrolik kontrolcüler hakkında bilgi edinilmiş olacaktır. Hidrolik sektörüne aktarılacak elektro hidrolik bilgisi ile sektöre de katkıda bulunacaktır.

BÖLÜM İKİ
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Hidrolik Sistemler

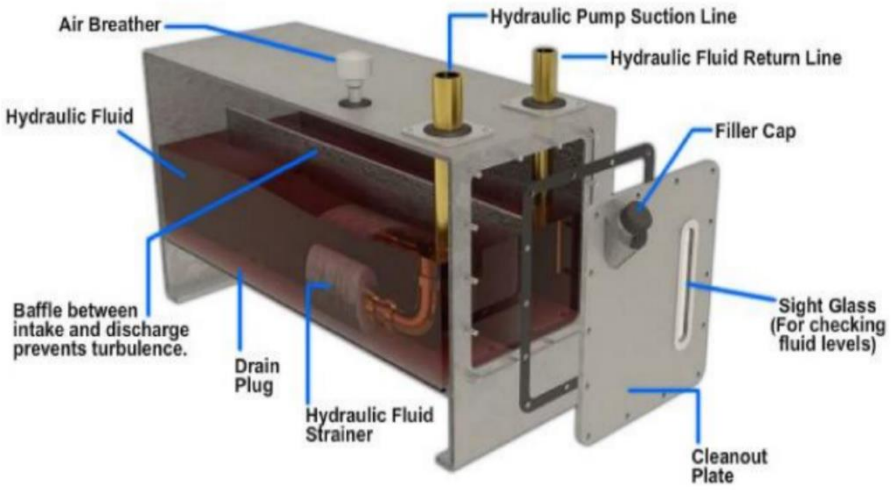
Akışkan güç sistemleri, yıllardır mobil makinelerde başarıyla kullanılmaktadır. Makinelerin çok yönlülüğü nedeniyle, farklı uygulamalar için farklı hidrolik sistemler geliştirilmiştir. Enerji verimliliği ve kontrol edilebilirlik hidrolik sistemlerin önemli özelliklerindendir (Axin, Eriksson ve Krus, 2016).

Mobil sistemlerin aktüatörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. İyi güç/ağırlık oranı, sağlamlık ve nispeten iyi kontrol edilebilirlik sunarlar. Bununla birlikte, son yıllarda bu tür makinelerin enerji verimliliğine olan ilgi artmaktadır (Huova, Linjama ve Huhtala, 2013).

Günümüzde akışkan gücü teknolojisi birçok alanda kullanılmaktadır. Gücü iletmek için hidroliğin yaygın olarak kullanılması, uygun şekilde kurulmuş akışkan güç sistemlerinin olumlu özelliklere sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Karmaşık dişli, kam ve kaldıraç sistemlerine olan ihtiyacı ortadan kaldırırlar. Hareket, katı makine parçalarının kullanımına özgü mekanik boşluk olmadan iletilebilir. Kullanılan akışkanlar mekanik parçalar gibi kırılmaz ve mekanizmalar büyük aşınmalara maruz kalmaz (Mobley, 1999).

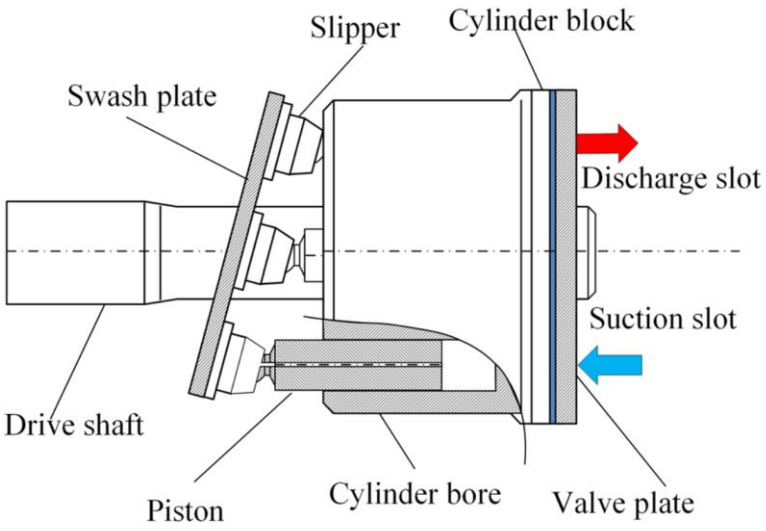
Bir hidrolik sistemin temel bileşenleri, karmaşıklığına bakılmaksızın temelde aynıdır. Her hidrolik sistemde olması gereken ana bileşenler şu şekildedir (Mobley, 1999).

- Rezervuar veya alıcı. Bu genellikle sistemi desteklemek için gereken sıvı hacmini tutan kapalı bir tank veya kaptır (Mobley, 1999). Şekil 2.1'de hidrolik yağ tankının örneğini görüyoruz.



Şekil 2.1 Hidrolik yağ tankı (Papoutsidakis, Chatzopoulos, Papachristos, ve Drosos, 2019)

- Hidrolik pompa, hidrolik sıvının sistemi boyunca akışını oluşturmaktan sorumludur (Parr, 2011). Hidrolik sistemler için enerji kaynağıdır. Aktarılan gücü, hidrolik basınca dönüştürür. Neredeyse tüm durumlarda, hidrolik sistemler birincil güç kaynağı olarak pozitif deplasmanlı pompaları kullanır. Bunlar sabit deplasmanlı veya değişken deplasmanlı olarak iki ana alt sınıflandırmaya ayrılır. Sabit deplasmanlı pompalar sabit bir hacimde hidrolik sıvı çıkışı sağlamak üzere tasarlanmıştır. Değişken deplasmanlı pompalar ise yalnızca sistemin veya bileşenlerinin belirli işlevleri için gereken hacmi veya basıncı sağlar (Mobley, 1999), (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Değişken Deplasmanlı Pistonlu Hidrolik Pompa Görseli (Ma, Wang, Liao ve Zhang, 2019).

- Kontrol valfleri. Hidrolik pompa tarafından üretilen enerji, enerjinin kullanılabilmesi için yönlendirilir ve kontrol edilir. Çeşitli kontrol fonksiyonları sağlamak üzere tasarlanmış çeşitli yönlü ve fonksiyonel kontrol valfleri vardır (Mobley, 1999).
- Aktüatörler. Enerjiyi dönme kuvvetine dönüştüren bir hidrolik motor veya hidrolik enerjiyi lineer mekanik kuvvete dönüştüren bir silindir olabilir (Mobley, 1999).

2.2 Hidrolik Valfler

Valfler kullanım amaçlarına göre sınıflandırılır: akış kontrolü, basınç kontrolü ve yön kontrolü. Bazı valfler, birden fazla sınıflandırmaya giren birden fazla işleve sahiptir (Mobley, 1999).

- Akış kontrol valfleri, sıvıların akışını düzenlemek için kullanılır. Hidrolik sistemlerde akışın kontrolü kritiktir çünkü akışkan ile çalışan makinelerin veya aktüatörlerin hareket hızı, basınçlı akışkanın hızına bağlıdır (Mobley, 1999).

- Basınç kontrol valfleri, akışkan gücü sistemlerinin, sistem bileşenlerinin ve ilgili ekipmanın güvenli ve verimli çalışması, sistem içindeki basıncı kontrol etmek için gerekli bir komponenttir. Birçok otomatik basınç kontrol valf türü vardır. Bazıları sadece aşırı basınçlar için bir çıkış sağlar; bazıları sadece basıncı azaltır ve bazıları da basıncı önceden ayarlanmış bir aralıkta tutar (Mobley, 1999).

- Yön kontrol valfleri, akışkanın akışını istenen zamanda bir akışkan gücü sisteminde çalışacağı noktaya yönlendirmek için tasarlanmıştır. Bu çalışmada modelleme ve simülasyonlar yön kontrol valfleri ile oluşturulmuştur (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Akon hidrolik SPV120 oransal yüke duyarlı yön kontrol valfi (Akon Hidrolik Valf, 2018)

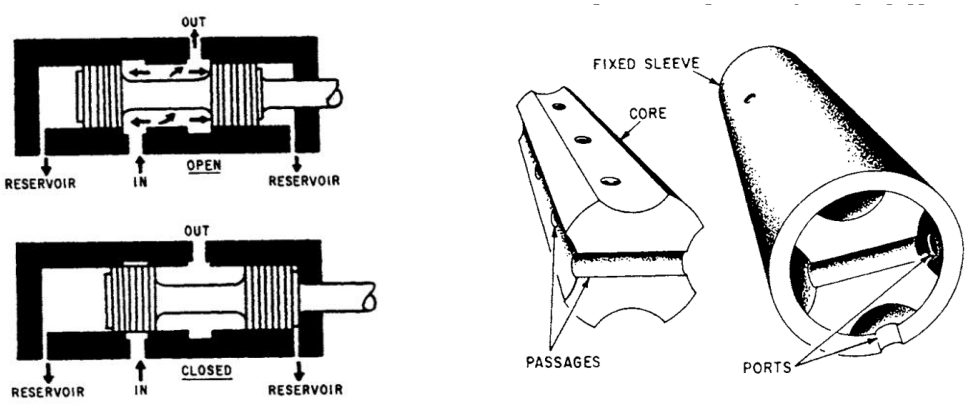
2.2.1 Yön Kontrol Valfleri

Seçici valf, transfer valfi ve kontrol valfi gibi yön valflerini tanımlamak için çeşitli başka terimler kullanılır (Mobley, 1999).

Motor veya silindirler gibi farklı aktüatörlere hassas hareket sağlamak için hidrolik sıvının yönlendirilmesinden sorumludur. Mobil ve endüstriyel hidrolik uygulamalarda sıkça kullanılmaktadır. (Mobley, 1999).

Kontrol tipine, valf gövdesindeki portların sayısına ve valfin gerçekleştirdiği özel işleve göre sınıflandırılabilir. En yaygın yöntem, valfin yapımında kullanılan valf elemanının tipine göredir. Valf elemanlarının en yaygın türleri bilye, koni, manşon, popet, sürgü ve döner sürgüdür. (Mobley, 1999).

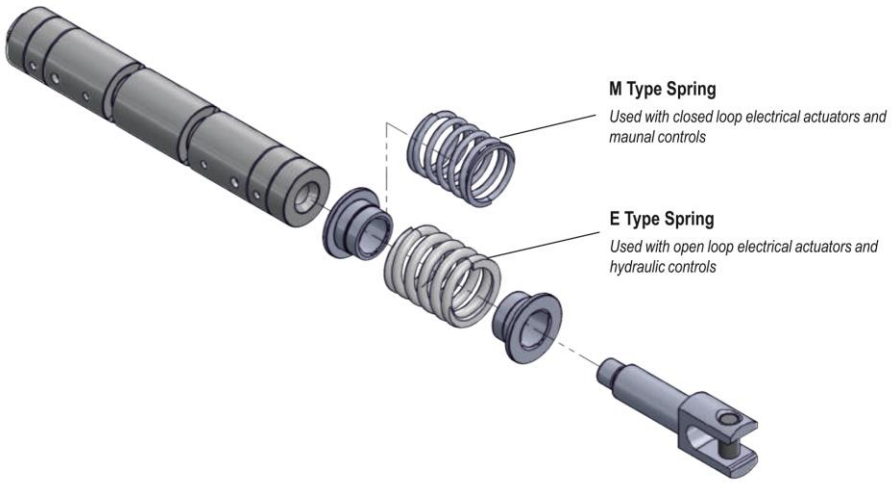
Yön kontrol valfleri, valf elemanlarının karşı taraflarına etki eden basınç farklılıkları ile çalıştırılabilir veya manuel, mekanik veya elektriksel olarak konumlandırılabilir. Genellikle aynı valfi çalıştırmada iki veya daha fazla yöntem kullanılmaktadır (Mobley, 1999).



Şekil 2.4 Valf sürgüleri (Mobley, 1999).

2.2.1.1 Valf Sürgüleri

Hidrolik yön kontrol valflerinde kritik komponentlerden birisi de valf sürgüleridir (Şekil 2.4). Motor veya silindir gibi farklı aktüatörlere yağ akışını sağlar. Sürgü, sıvı akış yollarını açmak veya kapatmak için valf gövdesi içinde hareket eden silindirik bir bileşendir. Sürgünün konumu, akış yolunu ve akış hızını belirler (Eryılmaz ve Wilson, 2006). Şekil 2.5'de kapalı merkez bir yön kontrol valfinin mil komple patlatma görseli yer almaktadır.



Şekil 2.5 SPV120 sürgü görseli (Akon Hidrolik Valf, 2018)

Açık merkezli sürgüler, kapalı merkezli sürgüler ve tandem merkezli sürgüler dahil olmak üzere birkaç farklı tipte hidrolik valf sürgüsü vardır. Açık merkezli sürgüler,

akışkanın valften geçebileceği bir nötr konuma sahipken, kapalı merkezli sürgüler, nötr konumda sıvı akışını engeller. Tandem merkez sürgüler, sıvının valften her iki yönde akmasına izin veren iki nötr konuma sahiptir (Zhang, 2019).

2.2.1.2 Valf Sürgüsü Konum Kontrol Yöntemleri

Valf sürgüsünü kontrol etmek için birçok farklı yöntem mevcuttur. Başlıca yöntemleri manuel kontrol, doğrudan etkili kontrol, pilotla kontrol, aç-kapa kontrol ve oransal kontrol olarak adlandırabiliriz.

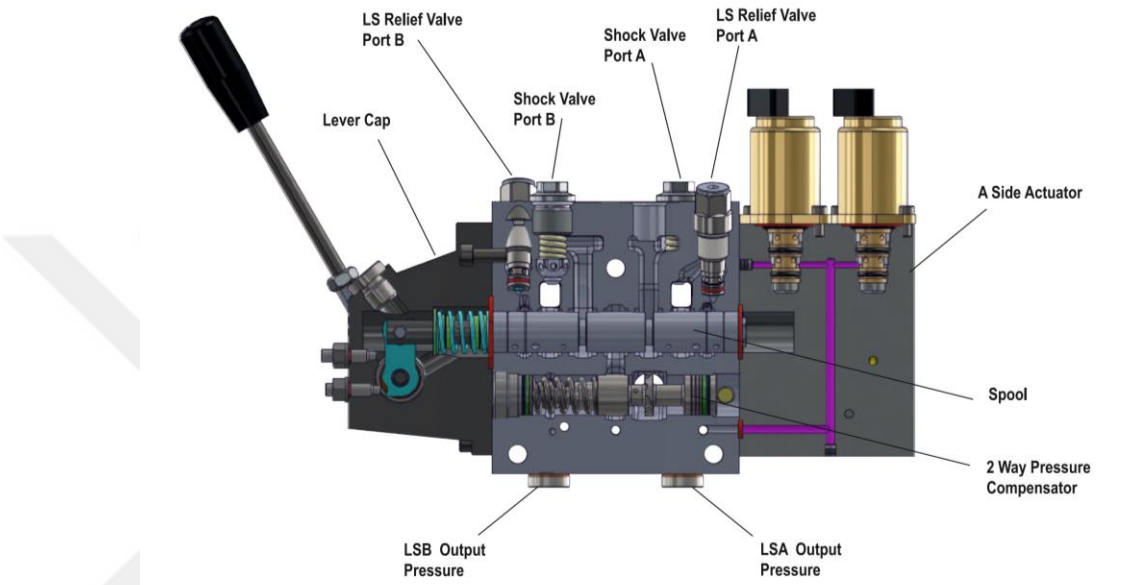
- Manuel kontrol, valf sürgüsünün mekanik bir kol veya düğme ile doğrudan çalıştırılmasını sağlar. Bu, hidrolik sıvının akışını kontrol etmenin basit ve güvenilir bir yöntemidir. (Mobley, 1999).

- Doğrudan etkili kontrol, hidrolik valfte sürgünün doğrudan selenoid veya hidrolik basınç gibi bir dış kuvvet tarafından hareket ettirilmesidir. Bu tip kontrol, valfin tamamen açık veya tamamen kapalı olduğu açma-kapama valflerinde yaygın olarak kullanılır (Tamburrano, Plummer, Distaso ve Amirante, 2019).

- Pilotla çalıştırılan valfler, daha büyük bir sürgülü valfi harekete geçirmek için daha küçük bir kontrol valfi kullanır. Bu, hidrolik sıvının akışı üzerinde daha fazla kontrol sağlar ve basınç ve akış oranlarının daha hassas bir şekilde düzenlenmesine izin verir. Pilotla çalıştırılan valfler, genellikle daha yüksek akış hızlarının ve basınçların gerekli olduğu daha büyük hidrolik sistemlerde kullanılır (Li, Du, Shi, Xu ve Shi, 2022).

- Aç-kapa kontrol, hidrolik sıvının akışını valfin tamamen açık veya tamamen kapalı olduğu şekilde kontrol etmek için kullanılır. Bu tip kontrol, hassas kontrolün gerekli olmadığı basit hidrolik sistemlerde yaygın olarak kullanılır (Mobley, 1999).

- Oransal kontrol, oransal valflerin, sürgünün konumunu modüle etmek için bir elektronik kontrol sinyali kullanılır ve böylece hidrolik sıvının akış hızı ve basıncı üzerinde hassas kontrol sağlanır (Şekil 2.6). Bu tür kontrol, hassas kontrolün gerekli olduğu otomatik sistemlerde yaygın olarak kullanılır (Tamburrano vd., 2019).



Şekil 2.6 SPV120 oransal ve mekanik kontrol kesit görünüşü (Akon Hidrolik Valf, 2018)

2.3 Valf Kontrolcü Türleri

Valf sürgüsünü oransal bir şekilde konumunu kontrol etmek istediğimizde kontrolcülerden yararlanmamız gerekir. Kapalı ve açık çevrim sistemler olarak kontrolcüleri gruplandırabiliriz. Kullanım alanlarına göre avantajlara ve dezavantajlara sahiptir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 Kapalı çevrim ve açık çevrim elektrohidrolik aktüatör özellikleri

Kapalı Çevrim Aktüatör	Açık Çevrim Aktüatör
Yay ve sürtünme kuvvetlerinden bağımsız oransal kontrol sağlanır.	Yay kuvvetine bağlı oransal kontrol sağlar.
Sürgü konum hatasını en aza indirir.	Sürtünme kuvvetlerinden etkilenir.
Hassas kontrol gerektiren ve güvenlik faktörünün önemli olduğu alanlarda kullanılır.	Yağ sıcaklığı değişimi ve buna bağlı viskozite değişiminden etkilenir.
	Yay toleranslarına bağlı olarak kontrol ve debi geçirgenlikleri değişir.

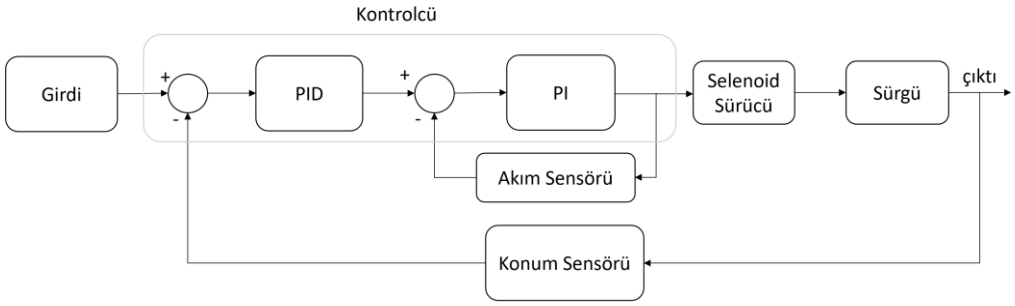
2.3.1 Açık Çevrim Valf Kontrolcüleri

Açık döngü aktüatörlerde sistemin girdisine karşılık çıktı ürettiği varsayılır. Sürgünün konumunu ölçen bir sensör bulunmamaktadır.

Sinyal genişlik modülasyonu ile sürülen valfler açık döngülü aktüatörlere örnektir. Pilot basınçlarını oluşturan selenoidlerin akım değerine karşılık gelen basınç değerleri vardır. Geri besleme olmadığı için oluşturulan pilot basıncı sürgüyü istenilen konuma gitmesi yaya bağlı olarak sağlanmaktadır. Karmaşık olmayan ve güvenlik açısından tehlike yaratmayan uygulamalarda tercih edilmektedir.

2.3.2 Kapalı Çevrim Valf Kontrolcüleri

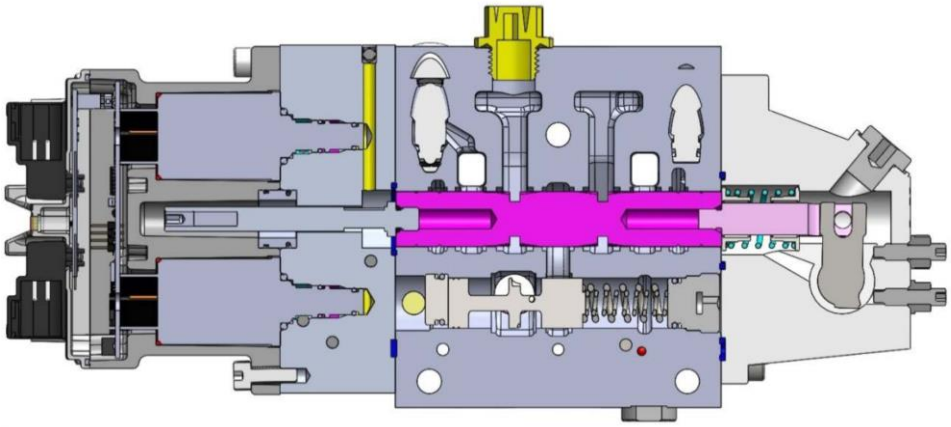
Valf üzerinde bulunan sensörlerden gelen bilgiye göre hata değeri üreten ve buna göre kontrol sinyali üretip sürgü hareketini sağlayan sistemlerdir. Akım sensörleriyle akım kontrol edilerek veya konum sensörleri ile sürgü konumu kontrol edilerek döngülerini sağlayan uygulamalar vardır. (Şekil 2.7)



Şekil 2.7 Kontrol diyagramı

Kapalı çevrim hidrolik aktüatörler, hassas konum veya hız kontrolü elde etmek için bir geri besleme kontrol döngüsü kullanan bir tür hidrolik aktüatördür. Geri besleme kontrol döngüsü, bir konum veya hız sensörü, bir kontrolör ve bir hidrolik aktüatörden oluşur. Sensör, aktüatörün konumunu veya hızını ölçer ve bu bilgiyi kontrolöre gönderir. Kontrolör, ölçülen konumu veya hızı istenen bir ayar noktasıyla karşılaştırır ve konumunu veya hızını uygun şekilde ayarlamak için hidrolik aktüatöre bir kontrol sinyali gönderir. (Acuna-Bravo, Ma ve Canuto, 2015)

Kontrol sistemi iç içe geçmiş iki döngüden oluşur: bir dış konum kontrol döngüsü ve bir iç akım kontrol döngüsüdür. Konum kontrol döngüsü, bir operatör veya daha yüksek seviyeli bir kontrol döngüsü gibi harici kaynaklardan bir konum referans sinyali alır ve hidrolik sürgünün konumunu düzenlemek için bir kontrol sinyali üretir. Konum kontrol döngüsünün performansı, valfin akış düzenlemesinin doğruluğunu sağlamak için kritik öneme sahiptir. Akım kontrol döngüsü, hidrolik sürgüyü çalıştıran selenoid akımının düzenlenmesinden sorumludur. Genel olarak, kapalı çevrim kontrol sistemi, bozulmalara ve gürültüye karşı dayanıklılık, valfin akış hızının yüksek hassasiyette düzenlenmesini sağlamak için tasarlanmıştır (Acuna-Bravo vd., 2015)



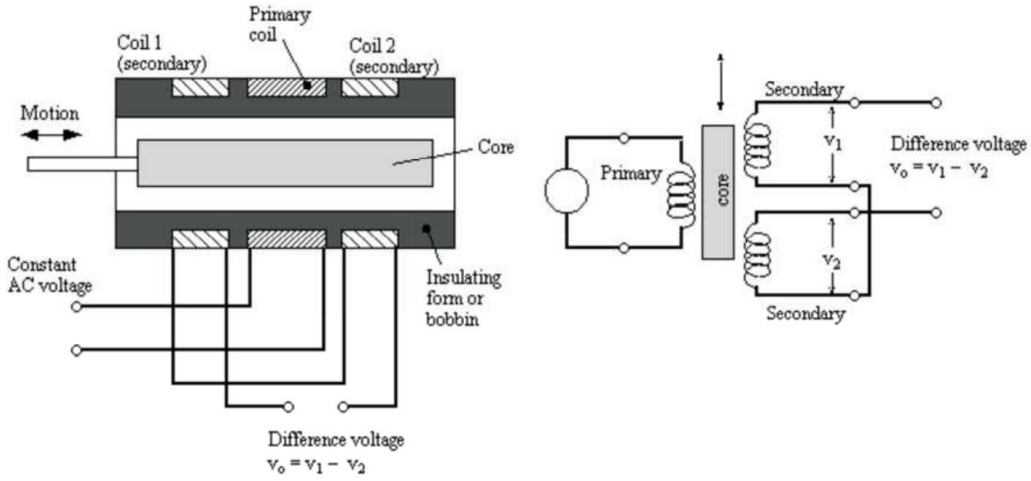
Şekil 2.8 Kapalı çevrim aktüatör ve yön kontrol valfi kesit görünümü (Alkan, Gören ve Yalçınkaya 2022)

Tübitak çalışmasında oluşturulan kapalı sistem elektro hidrolik aktüatörlerde geri beslemeyi sağlayan konum sensörü, sürgü hareketini pilot basıncı ile sağlayan selenoid ve kontrol kartı bulunmaktadır (Şekil 2.8). Projede kontrol kartı tasarlanarak üretimi gerçekleştirilmiştir. Üzerindeki sıcaklık sensöründen de anlık olarak bilgi alınabilmektedir.

Konum sensörleri dirençli veya endüktif sensörler olarak çoğunlukla hidrolik uygulamalarda kullanılır. Lineer Değişken Diferansiyel Transformatör (LVDT) gibi endüktif sensörler, yer değiştirme, kuvvet veya basınç gibi fiziksel büyüklükleri ölçmek için hidrolik mekatronik sistemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Drumea ve Svasta, 2011).

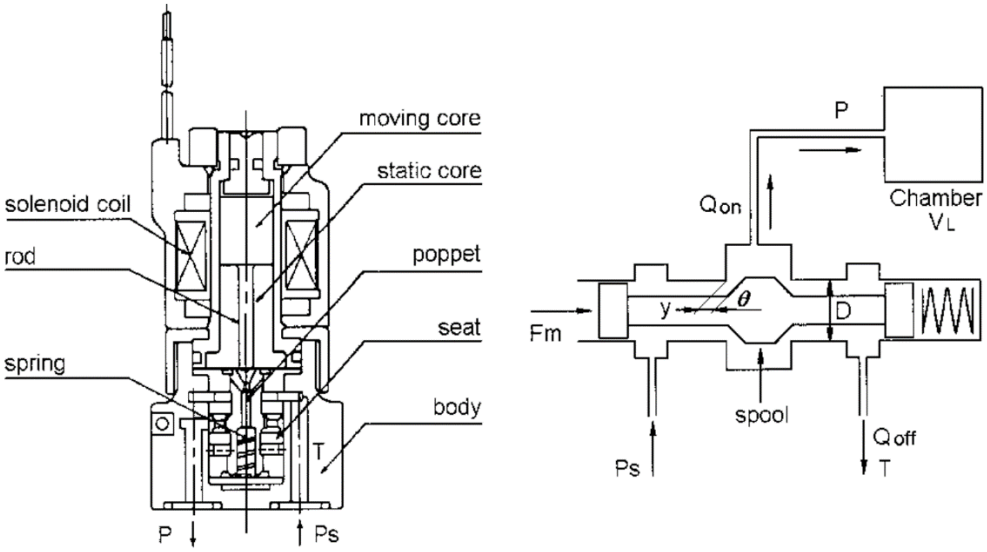
Lineer Değişken Diferansiyel Dönüştürücü (LVDT), yer değiştirme tabanlı bir dönüştürücüdür (Şekil 2.9). Yer değiştirmeyi ölçmek için kullanılan pasif bir dönüştürücüdür. LVDT, basit tasarımı ve kanıtlanmış güvenilirliği nedeniyle endüstrilerde kullanılan en çok tercih edilen yer değiştirme ölçüm dönüştürücüsüdür. LVDT'de karşılaşılan en büyük zorluk, sınırlı strok aralığında doğrusallıktır. LVDT'nin performansı dönüştürücü geometrisine, fiziksel parametrelerin lineerlik ve hassasiyet üzerindeki etkisine bağlıdır (Joshi ve Harle, 2017).

Hall Effect sensörleri, hidrolik valfler dahil olmak üzere manyetik alanları ölçmek için çeşitli uygulamalarda kullanılır.



Şekil 2.9 LVDT (Joshi ve Harle, 2017)

Selenoidler düşük maliyeti, küçük boyutu, kirlenmeye karşı sağlamlığı ve tahrik devresinin basitliği sayesinde, üç yollu açma/kapama selenoid valfı, hidrolik basınç veya konum kontrol uygulamaları için yaygın olarak kullanılmaktadır (Jeong ve Kim, 2002), (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 Solenoid valf kesit görünümü ve hatların şematik gösterimi (Jeong ve Kim, 2002)

Kontrol kartı canbus, voltaj ya da pwm gibi sürgü komut bilgilerini işledikten sonra sensör bilgileri ile farkını alıp hata bilgisini üretir. Bilgiye göre valfin sürgüsünün

istenilen konuma gitmesi için çıktı üretir. Selenoidlerin pilot basıncı üreterek sürgünün kontrol edildiği sistemlerde bu çıktı akım olabilir.

2.4 PID Kontrol

Yıllar boyunca, PID kontrol teknolojisi birçok değişikliğe uğramıştır ve bugün kontrolör, denetim sistemi yazılımı içinde standart bir yardımcı rutin, özel bir donanım proses kontrol birimi veya programlanabilir bir elektronik sistem içinde kullanılabilecek bir giriş-çıkış modülü olabilir (Johnson, 2005).

Oransal kontrol, PID kontrolcğlerde P terimi ile gösterilir. Denetleyici eylemi, işlem hatası sinyalinin boyutuyla orantılı olduğunda kullanılır. Oransal kontrol için zaman ve Laplace temsilleri Denklem 2.1 ve Denklem 2.2 gibidir (Johnson, 2005).

$$u_c(t) = k_I e(t) \tag{2.1}$$

$$U_c(s) = k_p E(s) \tag{2.2}$$

İntegral kontrol, PID kontrol cihazında I-terimi ile gösterilir ve kontrol cihazının sabit bir referans sinyal değerinden herhangi bir sabit ofseti düzeltmesi gerektiğinde kullanılır. İntegral kontrol için zaman ve Laplace temsilleri Denklem 2.3 ve Denklem 2.4 gibidir (Johnson, 2005).

$$u_c(t) = k_p \int^t e(\tau) d\tau \tag{2.3}$$

$$U_c(s) = \left[\frac{k_I}{s}\right] E(s) \tag{2.4}$$

Bir kontrolör, bir hata sinyalinin değişim oranını bir girdi olarak kullanabilirse, bu, kontrol eylemine bir tahmin unsuru ekler. Türev kontrol, bir hata sinyalinin değişim oranını kullanır ve PID kontrolöründe D-terimidir. Türev kontrolü için zaman ve Laplace temsilleri Denklem 2.5 ve Denklem 2.6 gibidir (Johnson, 2005).

$$u_c(t) = k_D \frac{d_e}{d_t} \tag{2.5}$$

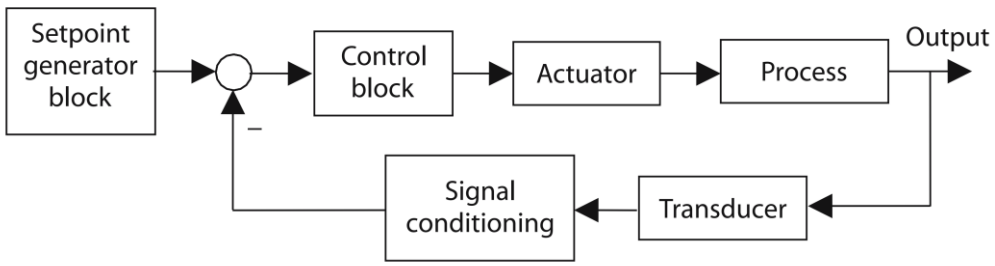
$$U_c(s) = [k_D s]E(s) \tag{2.6}$$

Oransal, integral ve türevsel etkileri Tablo 2.2'de gösterildiği gibidir.

Tablo 2. 2 Oransal, integral ve türevsel bağımsız etkileri (Coşkun, İ., & Terzioğlu, H. 2011)

Kontrolör Türü	Kapalı Çevrim Cevabı	Yükseliş Zamanı	Aşım	Yerleşim Zamanı	Sürekli Rejim Hatası
Oransal	K_p	Azalır	Artar	Küçük oranda artar	Azalır
İntegral	K_i	Küçük oranda azalır	Artar	Artar	Büyük oranda azalır
Türev	K_d	Küçük oranda değişir	Azalır	Azalır	Önemsiz değişim

Şekil 2.11'de verilen tipik kontrol döngüsü yapısından görülebileceği gibi, basit işlem döngüleri bile dörtten fazla bileşen içerir. Ana bileşenler aşağıdaki döngü işlemlerine göre gruplandırılabilir (Johnson, 2005).



Şekil 2.11 Kontrol döngüsündeki komponentler (Johnson, 2005)

Proses, bazı belirli fiziksel değişkenlerin kontrol edilmesi veya düzenlenmesi gereken gerçek sistemdir. Tipik proses endüstrisi örnekleri, kazanlar, fırınlar, fırınlar ve damıtma kuleleridir (Johnson, 2005).

Aktüatör, prosese malzeme veya güç girişi sağlayan bir işlem birimidir. Aktüatörün amplifikasyon yoluyla hareket ettiği düşünülebilir. Örneğin, kontrol sinyali, gazla çalışan bir endüstriyel kazana büyük miktarda doğal gaz akışını kontrol eden bir valf gövdesi üzerindeki küçük bir hareket olabilir (Johnson, 2005).

Ölçüm işlemi bir dönüştürücü ve ilgili sinyal işleme bileşenlerini içerir. Dönüştürücü, belirli bir fiziksel özelliği (sıcaklık gibi) algılamak için bir sensör içermektedir ve özelliğin farklı bir fiziksel biçimde (gerilim gibi) bir temsilini çıkarmaktadır. Ölçülen çıktının gürültülü bir sinyal olması ve bu gürültünün bir kısmının yine de ölçüm cihazının sinyal koşullandırma bileşeninden kontrol döngüsüne geçmesi olasıdır (Johnson, 2005).

Kontrol: Kontrolör, kararlı bir kapalı çevrim sistemi oluşturmak ve ayrıca önceden belirlenmiş bazı dinamik ve statik işlem performansı gereksinimlerine ulaşmak için tasarlanmış birimdir. Kontrol ünitesine giriş, genellikle istenen bir ayar noktası veya referans sinyali ile gerçek ölçülen çıkış arasındaki farka dayalı bir hata sinyalidir (Johnson, 2005).

Haberleşme: kontrol döngüsündeki yukarıdaki üniteler ve bileşenlerin hepsi birbirine bağlıdır. Küçük yerel döngülerde, kontrol sistemi genellikle kabloludur, ancak uzak operasyonel kontrol odalarına sahip uzamsal olarak dağıtılmış süreçlerde, bilgisayar iletişim bileşenlerine (ağlar, vericiler ve alıcılar) ihtiyaç duyulmaktadır. Döngüde içerisindeki iletişim gecikmeleri, iyi bir kontrol sistemi performansı için önemli bir engel olabilir (Johnson, 2005).

2.5 Kapalı Çevrim Sistemlerde Akış Kontrol Hassasiyetini Etkileyen Faktörler

Hidrolik sistemlerde akışı etkileyen en önemli parametreler sürgü ve sürgünün konum hassasiyetidir.

2.5.1 Valf Sürgü Cep tasarımları

Bir hidrolik sistemin performansı büyük ölçüde hidrolik valf tarafından belirlenir. Hidrolik valfin sıvı akış kontrolü esas olarak ceplerin kısma biçimine bağlıdır. Kısma yivli cepler şeklinde veya çeşitli yapılarda hassasiyet ve stabilitenin gerekli olduğu yüksek performanslı hidrolik valflerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bazı

akademisyenler, valf geometrisi ile akış özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemek için bir dizi öncü araştırma başlatmışlardır. (Ye, Yin, Li, Zhou ve Yuan, 2014).

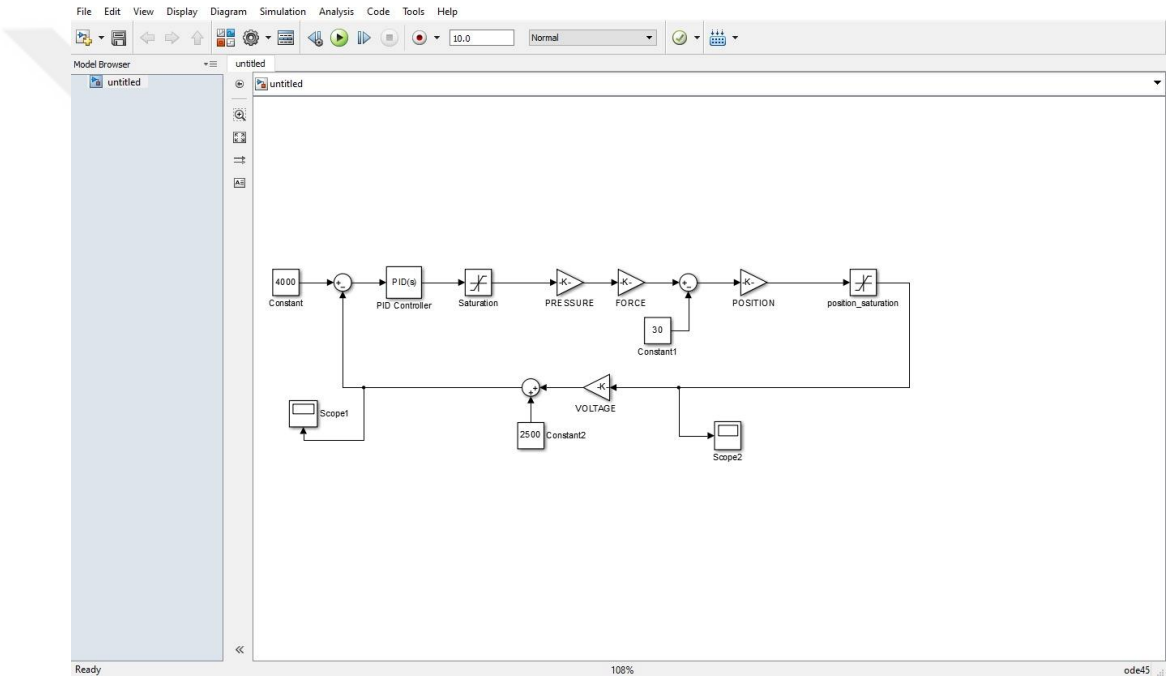
2.5.2 Kirliliğe Bağlı Oluşan Sürtünmeler

Hidrolik sürgü, hidrolik kontrol valfinin temel yapısal biçimlerinden biridir. Sürgü ile gövde arasında sürgü hareketinde ve yağlanmasında rol oynayan mikron seviyesinde dairesel bir boşluk bulunmaktadır. Büyüklüğü boşluğa yakın olan katı parçacıklar hidrolik sistemdeki sıvı ile boşluğa girerek sürgü hareketini etkiler ve sürgünün durmasına neden olur. Katı parçacıkların boyutu ve oturma açıklığının şekli, sürgülü valfteki sıkışmanın ana faktörleridir (Fan, Xu, Ji, Yang ve Yuan, 2019).

BÖLÜM ÜÇ
MODELLEME

3.1 Kapalı Çevrim Elektro Hidrolik Aktüatör Modelinin Oluşturulması

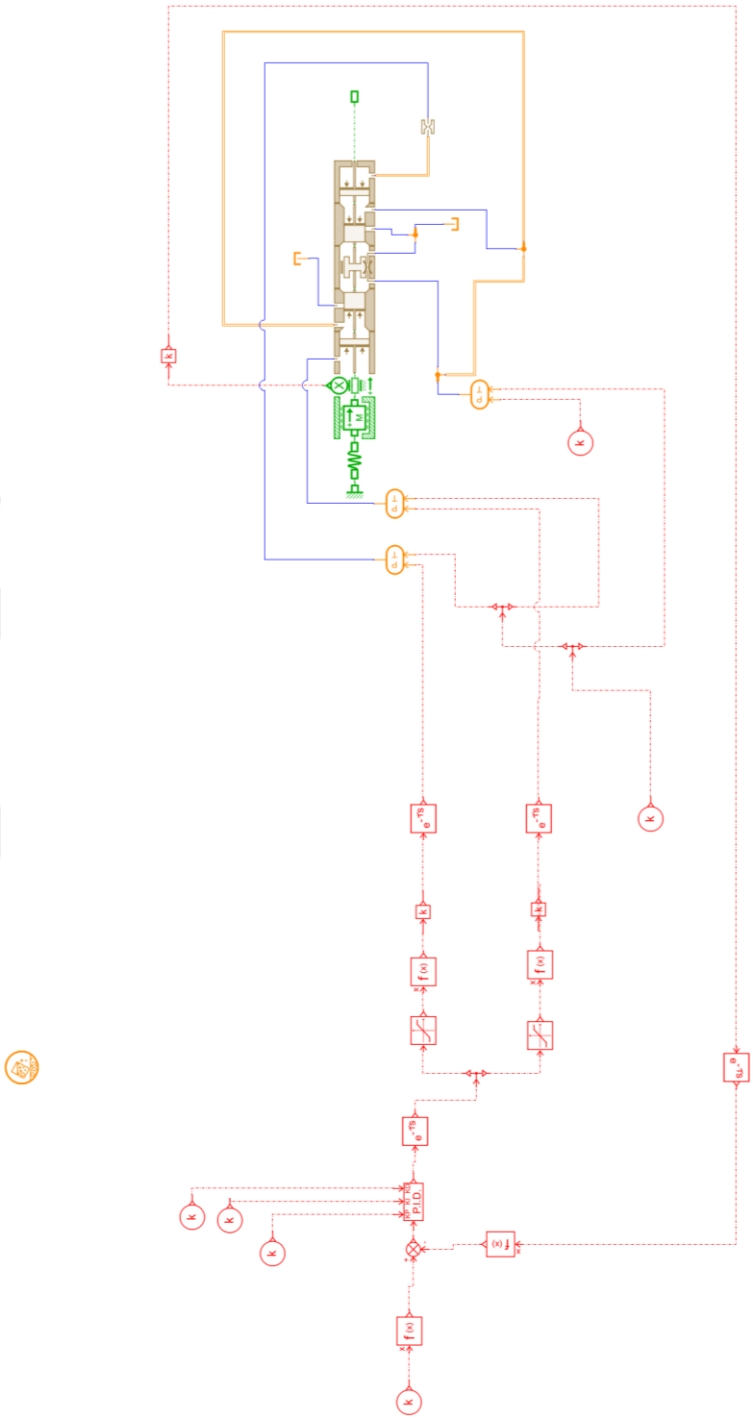
Kapalı çevrim aktüatör sistemi Matlab simulink ve amesim programları kullanılarak matematiksel fonksiyonlarla modele aktarılmıştır (Şekil 3.1). Hidrolik ve termal kütüphanelerin modelleme aşamasında hız kazandırması nedeniyle çalışmalara amesim modeli üzerinden devam edilmiştir.



Şekil 3.1 Kapalı sistem elektrohidrolik aktüatör Matlab Simulink modeli

Aktüatörün oransal, integral ve türevsel parametrelerini belirlemek amacıyla girdiler ve çıktılara göre Şekil 3.1'deki model oluşturulmuştur.

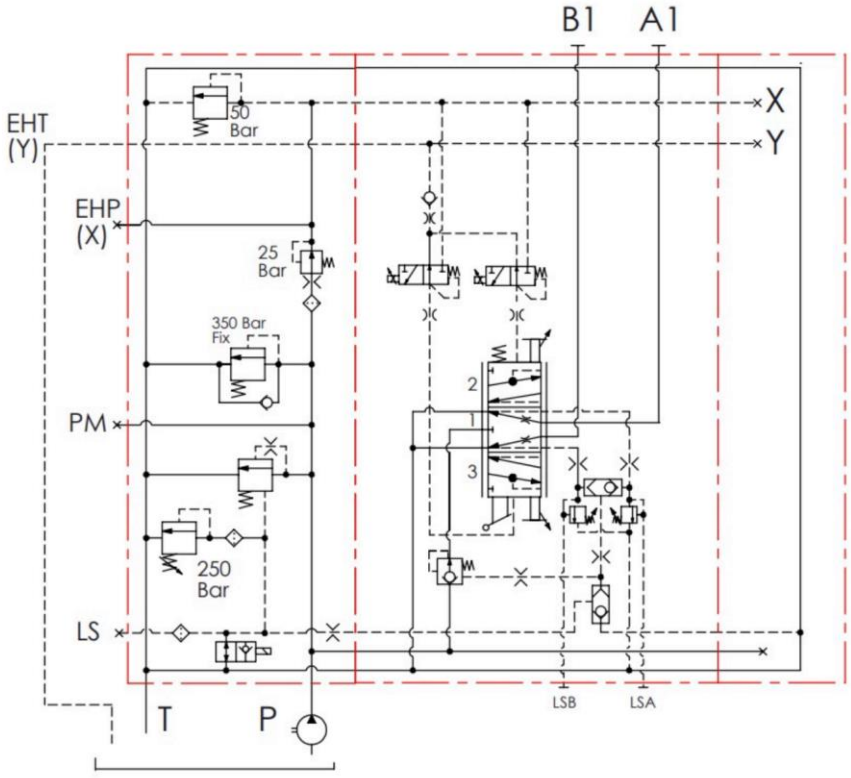
Farklı sıcaklıklarda hidrolik yağ akışı ve sürgü konumlarının incelenebilmesi için termal hidrolik sinyal ve mekanik kütüphaneleri kullanılmıştır.



Şekil 3.2 Kapalı sistem elektrohidrolik aktüatör Amesim modeli

Amesim, mühendislik sistemlerinin gelişmiş modelleme ve simülasyonu için hizmet veren grafiksel arayüze dayalı bir yazılım türüdür. Özellikle mekanik,

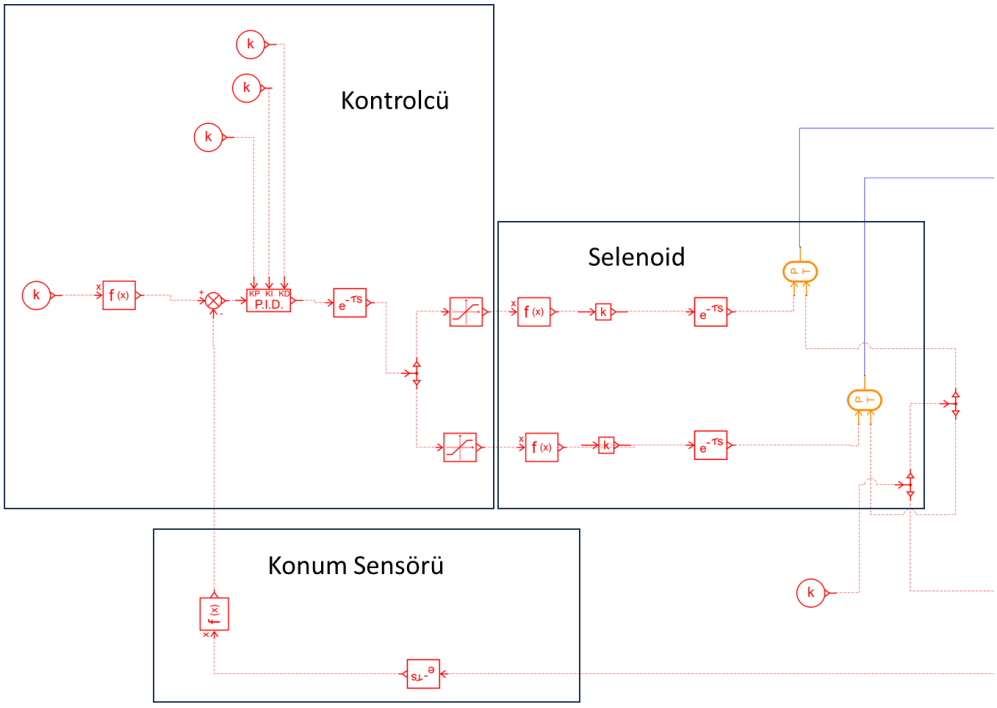
elektronik ve hidrolik için çok disiplinli simülasyonda uzmanlaşmıştır. Sistemin her bir bileşeni, bir veya daha fazla uygun simge ile temsil edilir ve uygun alt modellerle ilişkilendirilir. (Alkan vd., 2022)



Şekil 3.3 Mobil hidrolik yön kontrol test valfi hidrolik devre şeması (Alkan vd., 2022)

Kontrolcü modelini oluşturulurken Şekil 3.3'deki Tübitak aktüatör çalışmalarında kullanılan valf şemasından yararlanılmıştır.

Kontrolcü için sinyal kütüphanesindeki PID, gecikme süresi, limitleme ve fonksiyon komponentleri kullanılmıştır (Şekil 3.4).



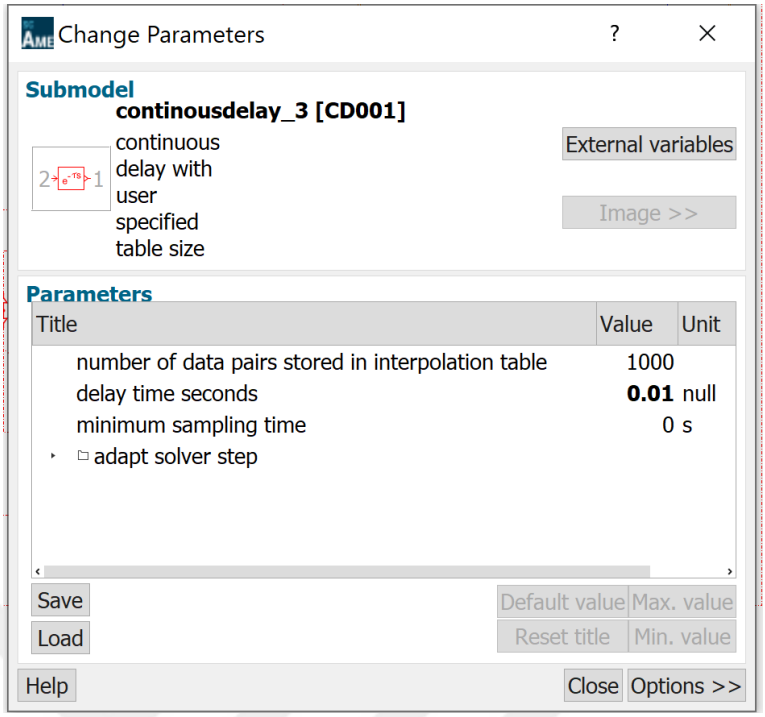
Şekil 3.4 Kapalı sistem elektro hidrolik aktüatör komponentlerinin Amesim modeli

PID komponentinin temelinde denklem 3.1 yer almaktadır. Sabit katsayı komponentinden istenilen kp, ki ve kd parametreleri tanımlanabilmektedir.

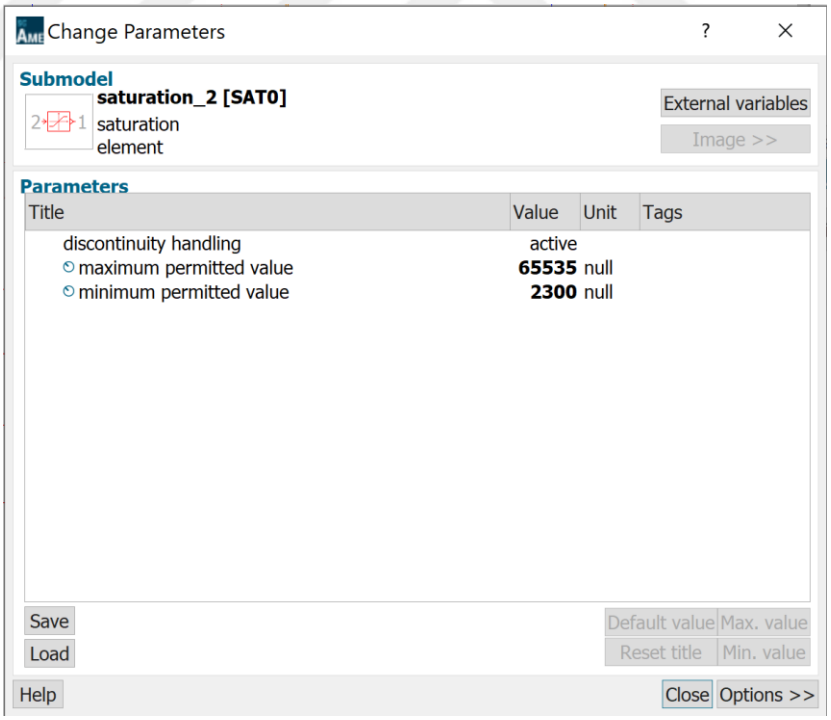
$$v(t) = Kp(t).u(t) + \int_{tbaşlangıç}^{t} Ki(x).u(x).dx + Kd(t).\frac{du(t)}{dt} \qquad (3.1)$$

Gecikme süreleri tanımlanarak mikro kontrolcülerdeki hesaplama süreleri modele aktarılmak istenmiştir. Süreler belirlenirken 8 bitlik mikro kontrolcünün 10 ms'deki kesmeleri oluşturması istenmektedir (Şekil 3.5).

PID çıktısı 65535 ve 2300 değerleri arasında sınırlandırma komponenti ile sınırlandırılmıştır. (Şekil 3.6)

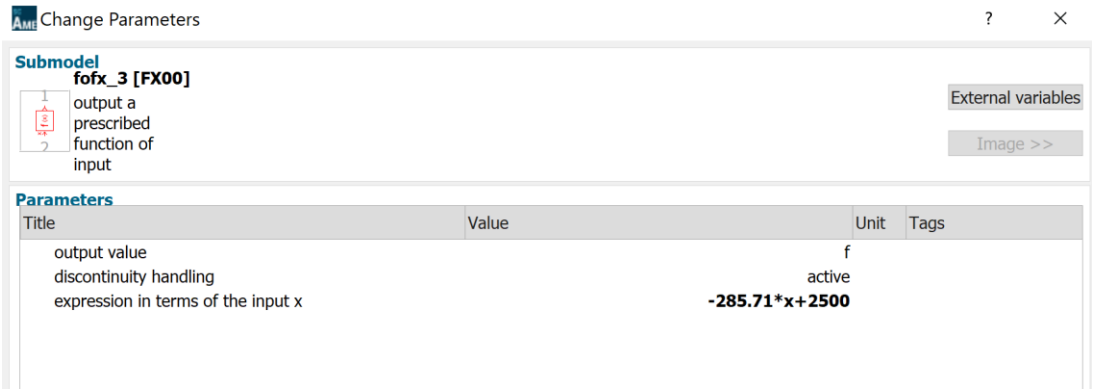


Şekil 3.5 Gecikme süresi komponenti



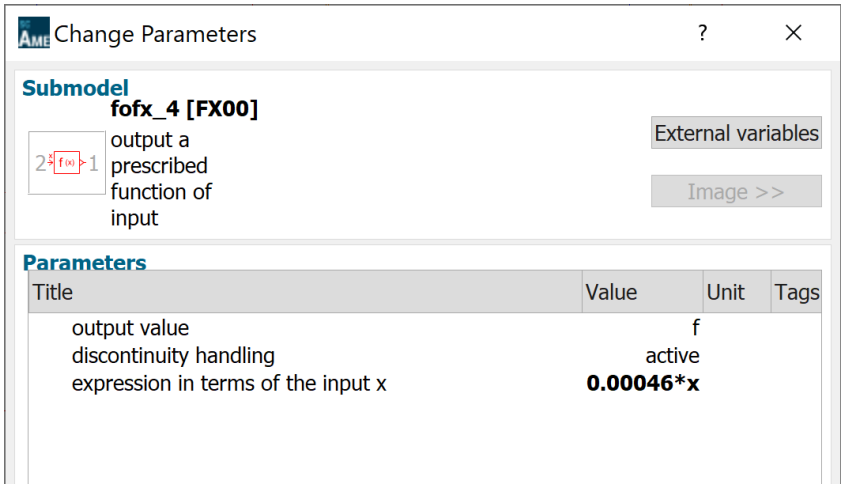
Şekil 3.6 Sınırlandırma komponenti

Hall effect sensörlerinden gelen konum bilgisi 0-5000 mV olarak Şekil 3.7'deki fonksiyon ile çevrilip iletilmektedir.



Şekil 3.7 Hall effect sensörü konum-voltaj fonksiyonu

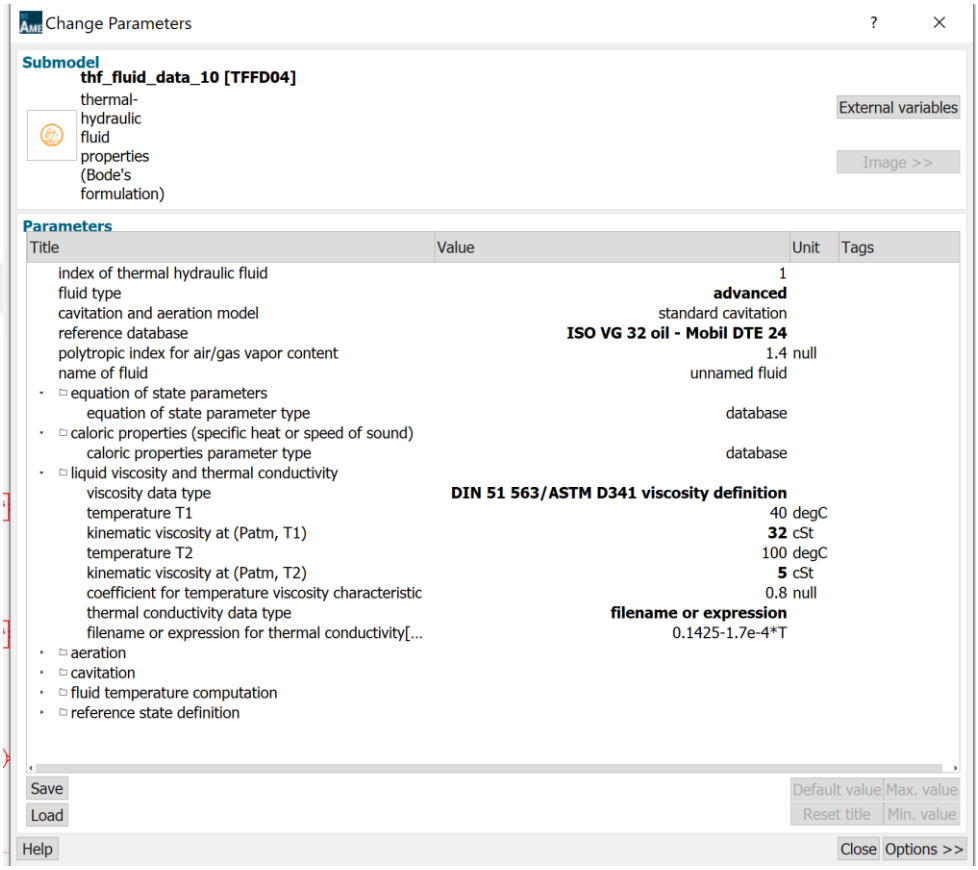
PID komponentinden elde edilen çıktılar 0-30 Bar olarak şekildeki fonksiyonla basınç karşılığına çevrilerek termal hidrolik kaynağı ile hidrolik akışkana dönüştürülür (Şekil 3.8). Termal komponent ile simülasyonda istenilen akışkanın sıcaklık değeri girilebilir.



Şekil 3.8 Sinyal basınç fonksiyonu

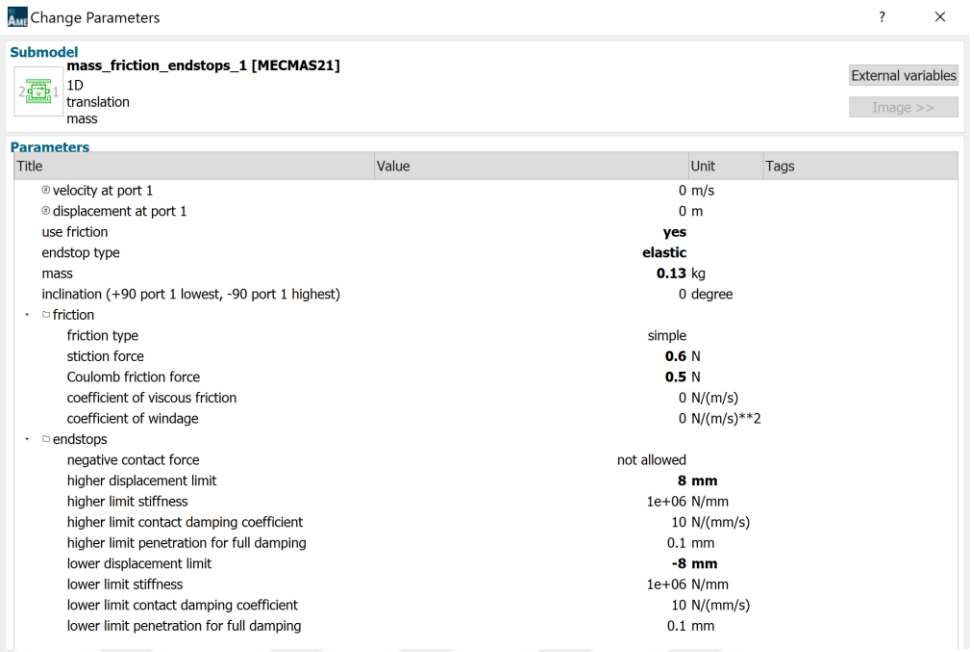
3.2 Oransal Yön Kontrol Valfi Sürgüsü Amesim Modelinin Oluşturulması

Sistemde kullanılacak olan cSt 32 yağ termal hidrolik akışkan modelinden tanımlandı. 40°C ve 100°C sıcaklıklarındaki kinematik viskozite değerleri 32 cSt ve 5 cSt olarak girildi. (Şekil 3.9)



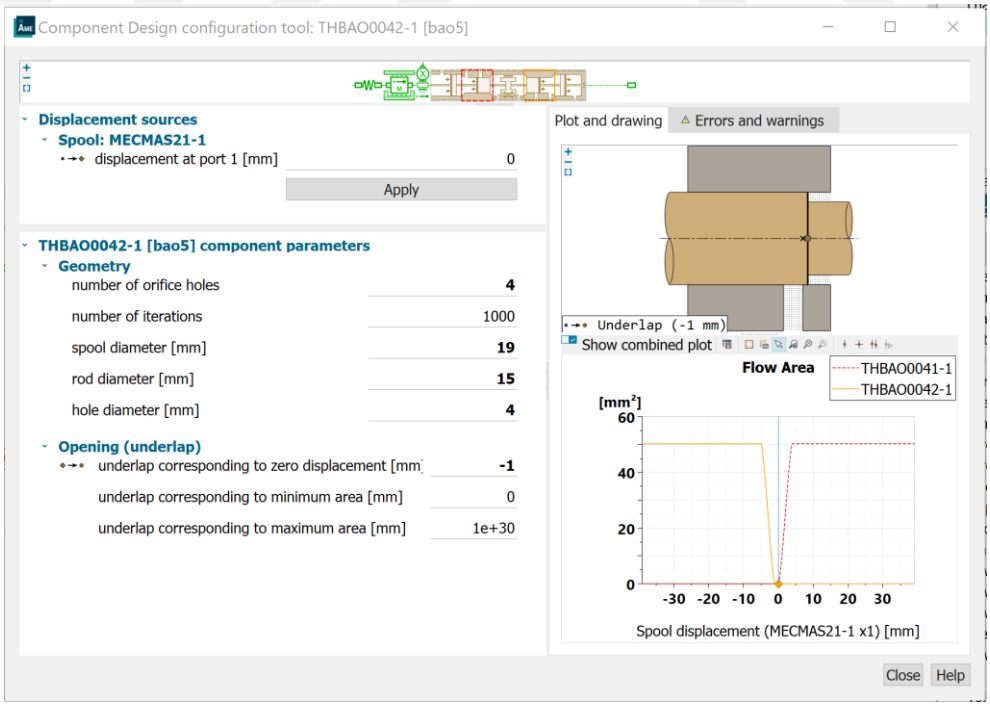
Şekil 3.9 Amesim termal hidrolik akışkan veri model parametreleri

Şekil 3.10'daki model parametreleri bölümünden sürgü ağırlığı 130 gram olarak tanımlanmıştır. Hareket limitini de ±8mm olarak simülasyona girilmiştir.



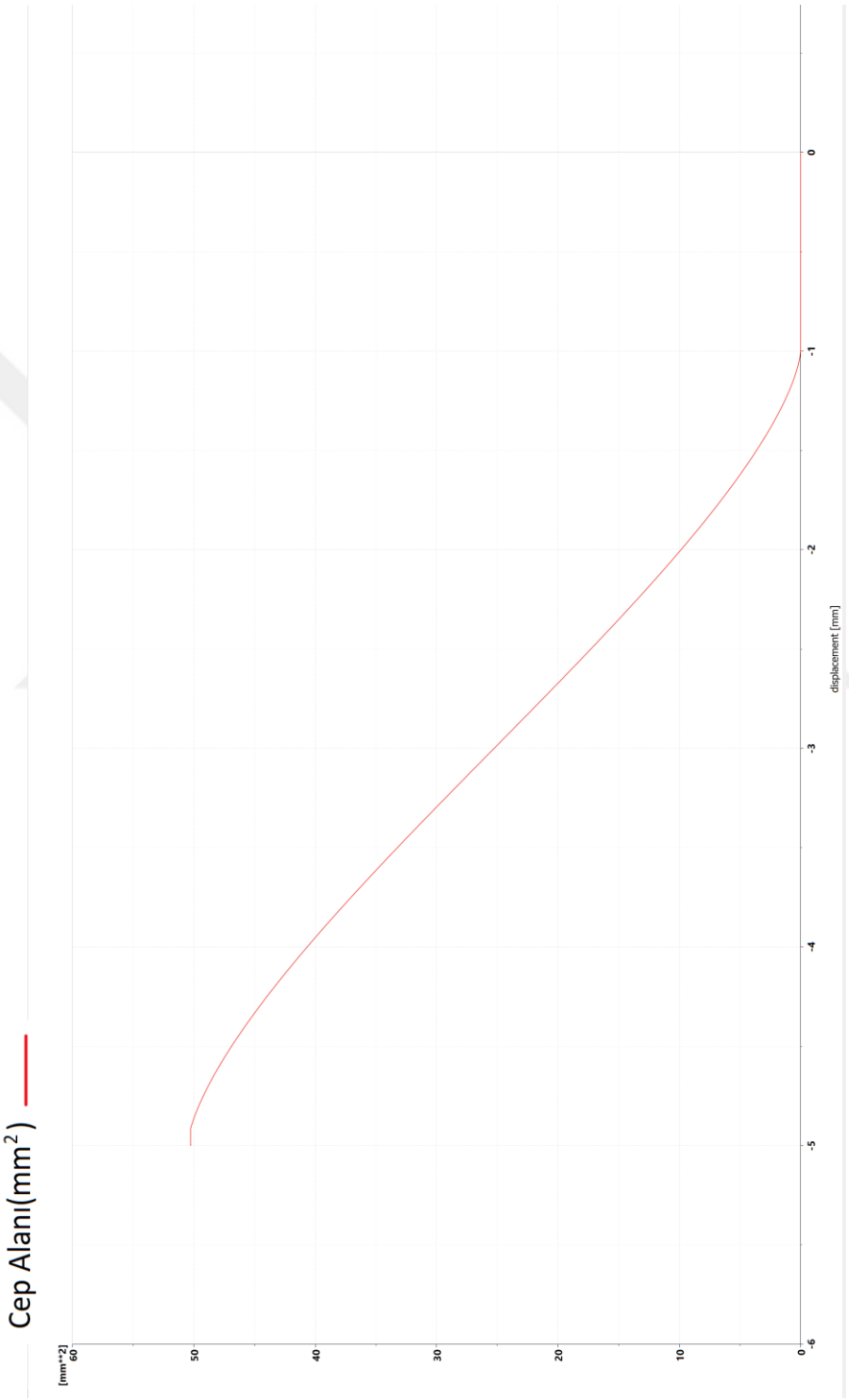
Şekil 3.10 Amesim sürtünme ve sonlandırıcılı kütle modelinin parametreleri

Sürgü çapı 19 mm ve rod çapı 15 mm olacak şekilde belirlenmiştir. Hidrolik yağ geçişini sağlayan 4 mm çapında 4 adet delik formunda cep tanımlanmıştır (Şekil 3.11).

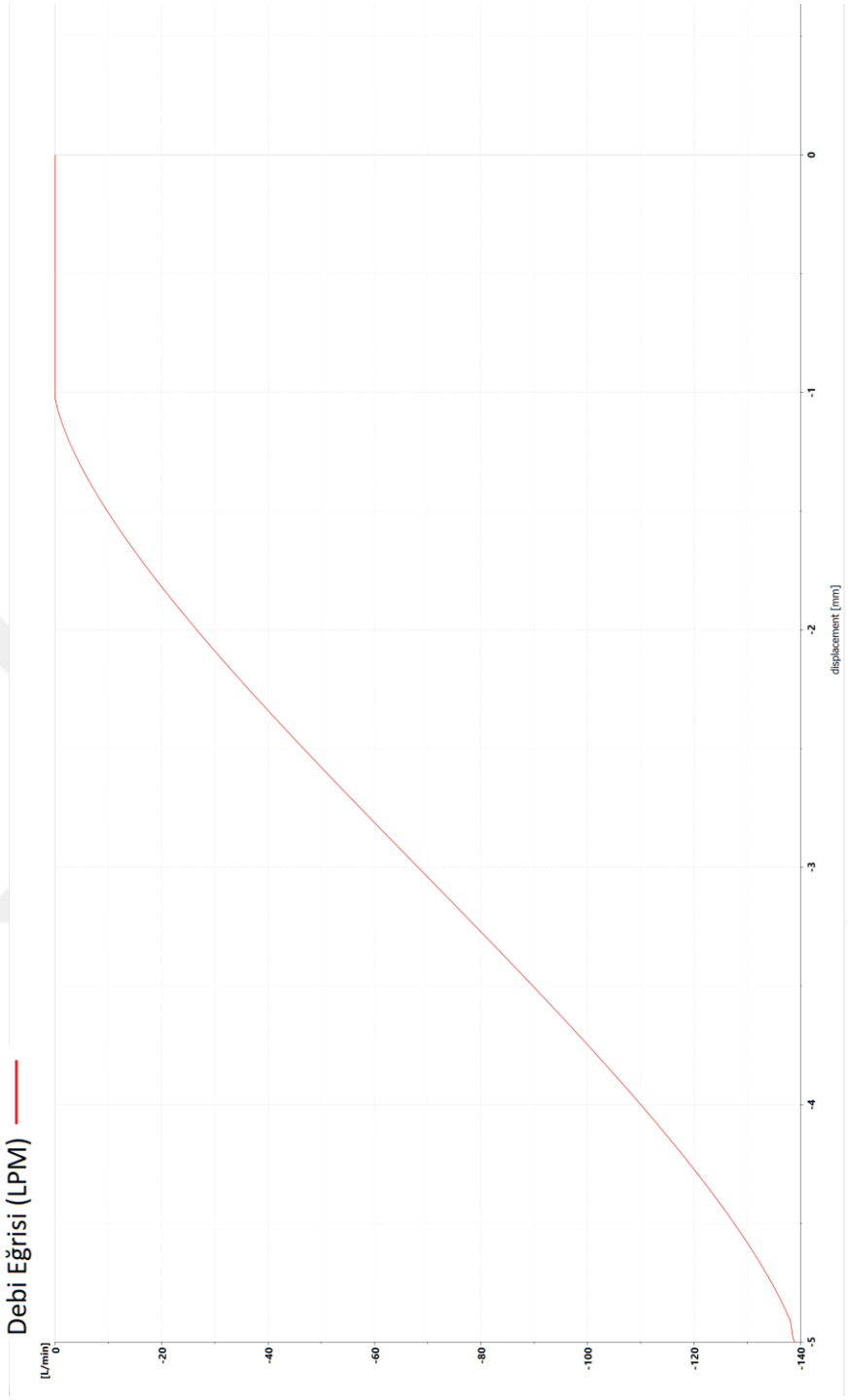


Şekil 3.11 Amesim termal hidrolik orifisli sürgü modelinin parametreleri

Akış karakteristiğini belirleyen en önemli parametre sürgü cep alanlarıdır. Şekil 3.12'deki grafikte strok-cep alanı ve Şekil 3.13'deki grafikte strok-debi alanı verilmiştir.



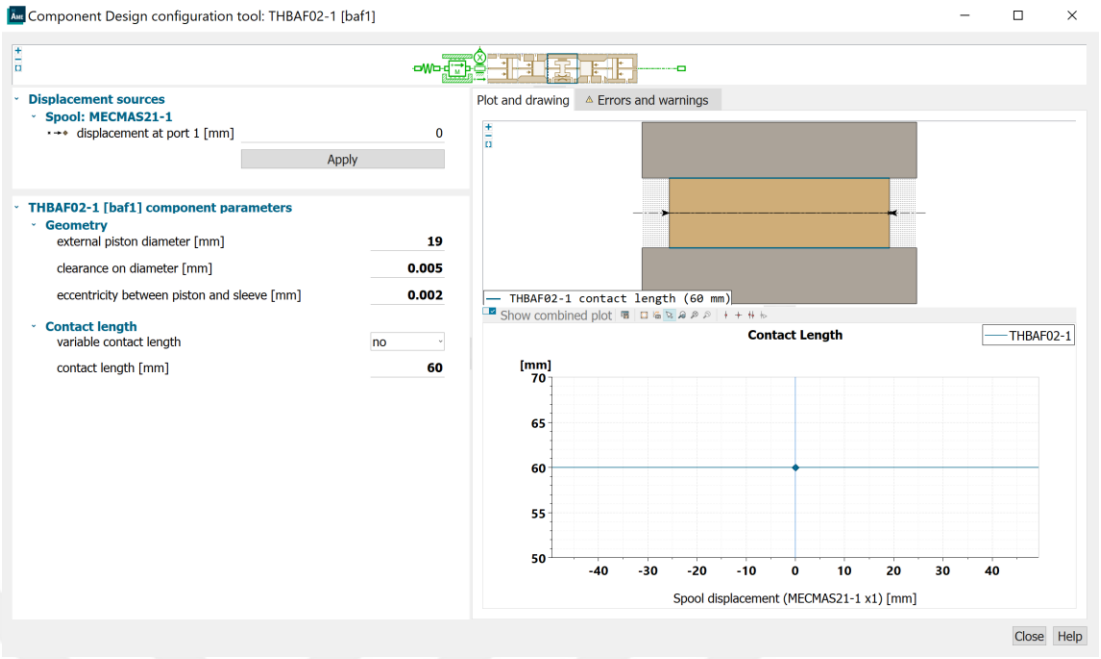
Şekil 3.12 Strok – Cep alanı eğrisi



Şekil 3.13 Strok – Debi eğrisi

Şekil 3.13'deki debi hesabı Denklem 3.2 kullanılarak oluşturulmuştur.

$$Q = C_d . A . \sqrt{\frac{2}{\rho}} . \sqrt{\Delta P} \qquad (3.2)$$



Şekil 3.14 Amesim termal hidrolik kaçak ve viskoz sürtünme komponentinin parametreleri

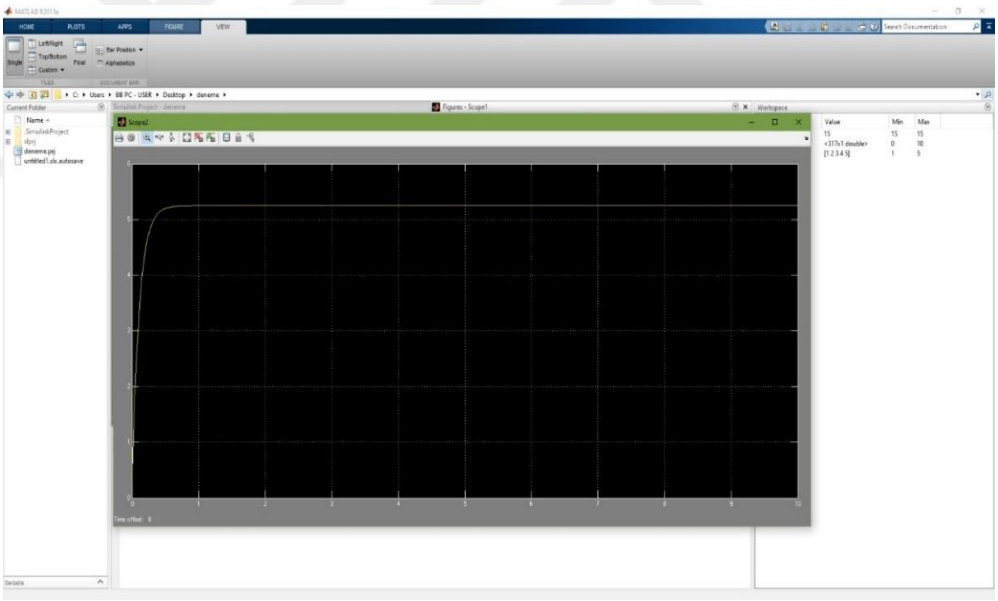
Bu alt model, sürgü ile gövde arasındaki termal-hidrolik sızıntıyı ve buna karşılık gelen viskoz sürtünme kuvvetini hesaplar.

Çap 19 valf sürgüsünün gövde ile arasındaki boşluk çapta 5 mikron, eksen kaçıklıkları ise 2 mikron olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.14).

BÖLÜM DÖRT
SONUÇ

4.1 Matlab Simulink Modeli Sonuçları

Kontrolcüleri içeren temel model oluşturulup çıkan sonuçlar Amesim modeli ile karşılaştırılmıştır (Şekil 4.1). Belirli aralıklarla seçilen Kp,Ki ve Kd değerleri sonucunda sürgü konumu ile referans girdi incelenerek ideal paremetreler belirlenmiştir. Parametreler belirlenirken Tübitak çalışmasında elde edilen verilerden yararlanılmıştır. Sürgü konumuna göre cep alanından debi karşılığı bulunabilmektedir. Bu değerler sıcaklık faktörü dahil edilmeden hesaplanmıştır. Girilen parametreler Tablo 4.1'de belirtilmiştir. Adım referans girdi gönderilerek sistemin aşma miktarı ve düzenli rejime oturduğu değerler incelenmiştir.



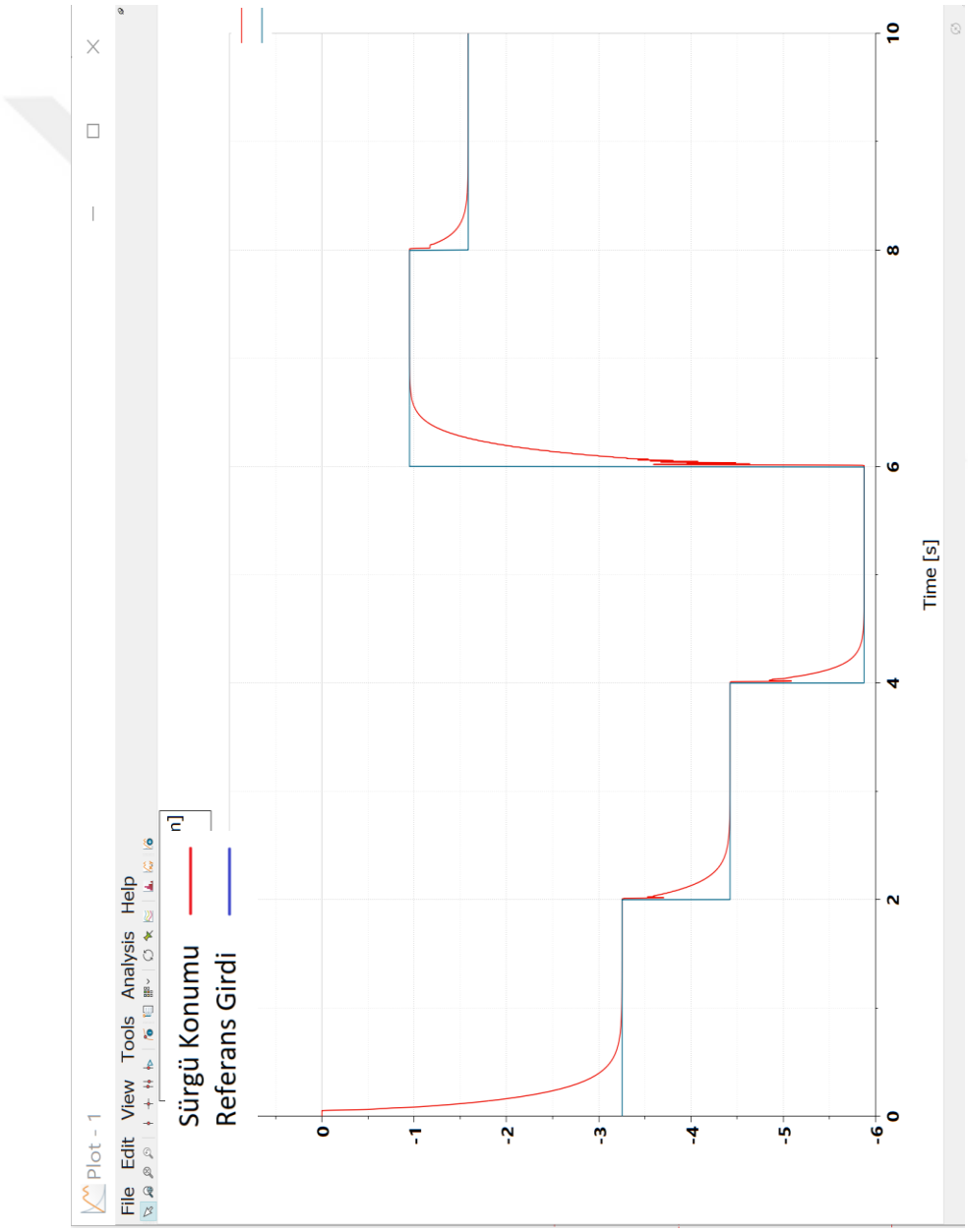
Şekil 4.1 Simulink adım girdi

Tablo 4.1 Simulink parametreler

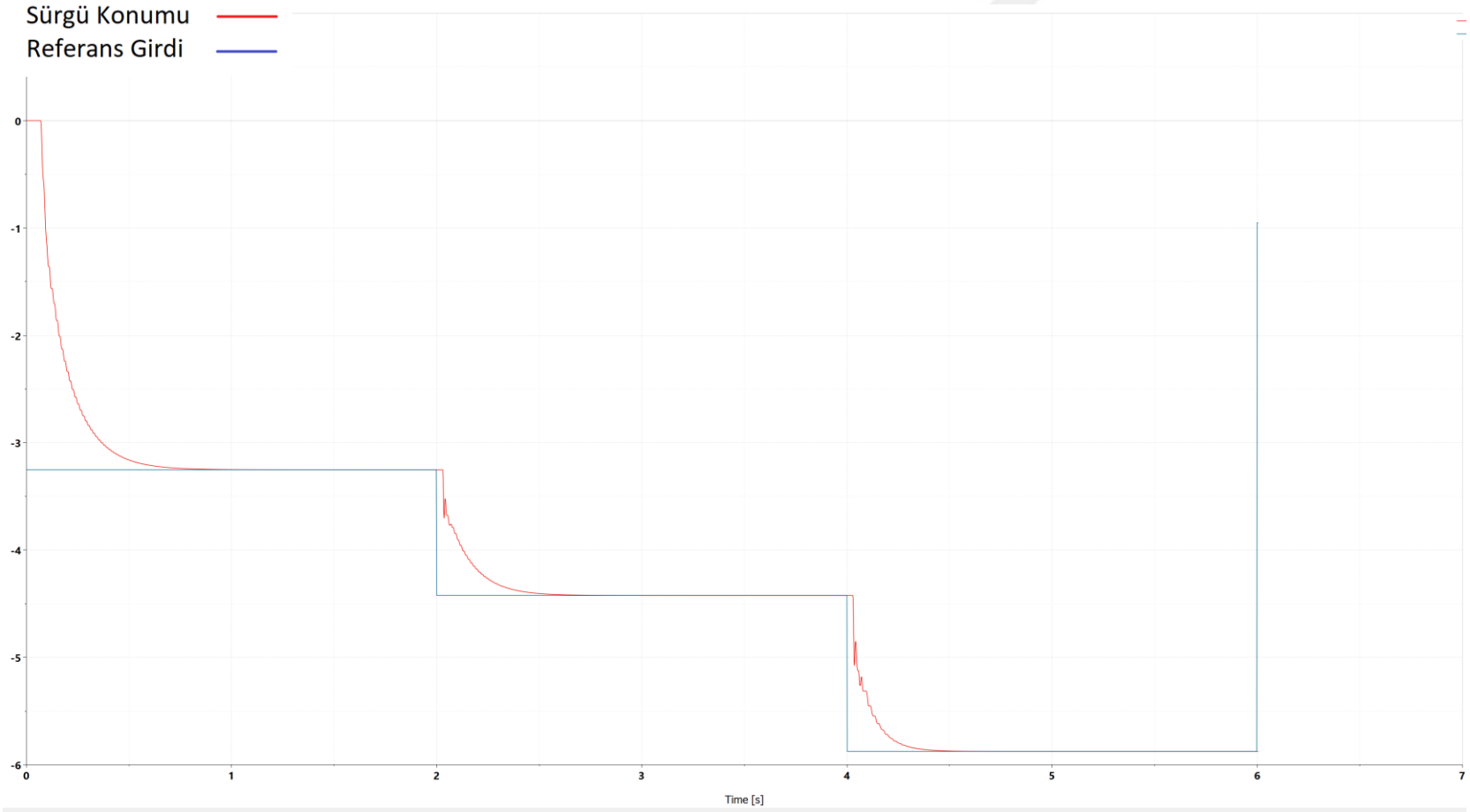
Kp	2
Ki	80
Kd	0.0001
Yay kurulum kuvveti	30 N
Yay sabiti	25 N/mm

4.2 Amesim Modeli Sonuçları

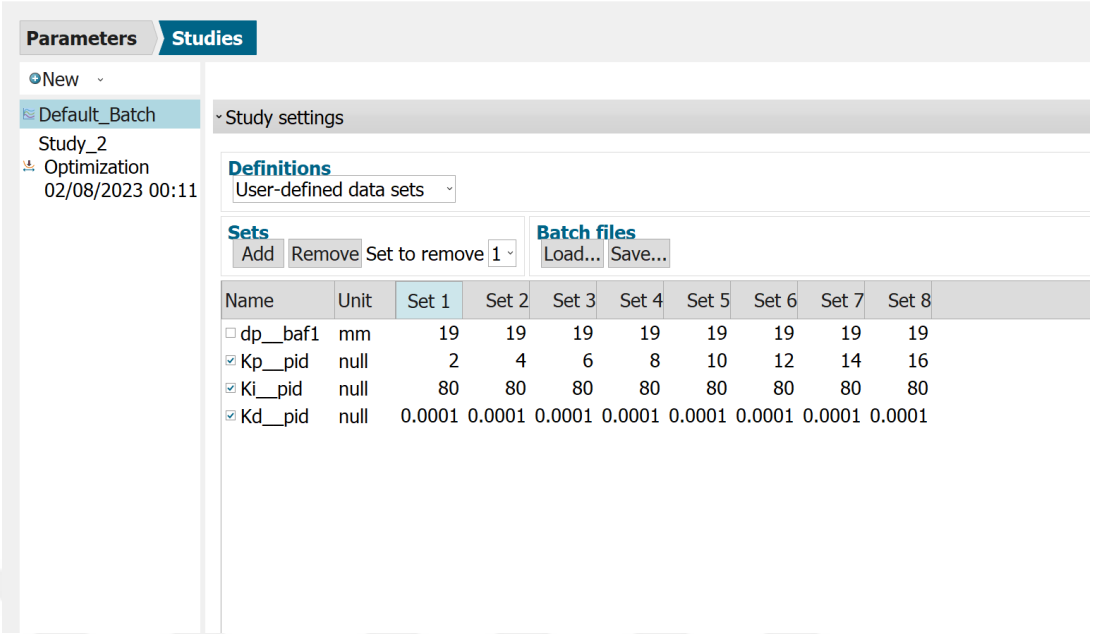
Kontrolü etkileyen önemli parametrelerden biri de kontrolcü çevrim süresidir. İlk olarak 20 ms ve 1 ms çevrim süreleri ile Matlab Simulink sonuçlarından elde edilen PID katsayıları kullanarak model çalıştırılmıştır. Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'deki grafikler elde edilmiştir. 2 saniyelik aralıklarla adım girdi uygulanmış ve sürgü konumu incelenmiştir. Çevrim süresinin artması sürgü konumunda salınıma neden olmaktadır. Kontrolcüde bu değer 10 ms olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.2 PID çevrim süresi 1ms



Şekil 4.3 PID çevrim süresi 20 ms

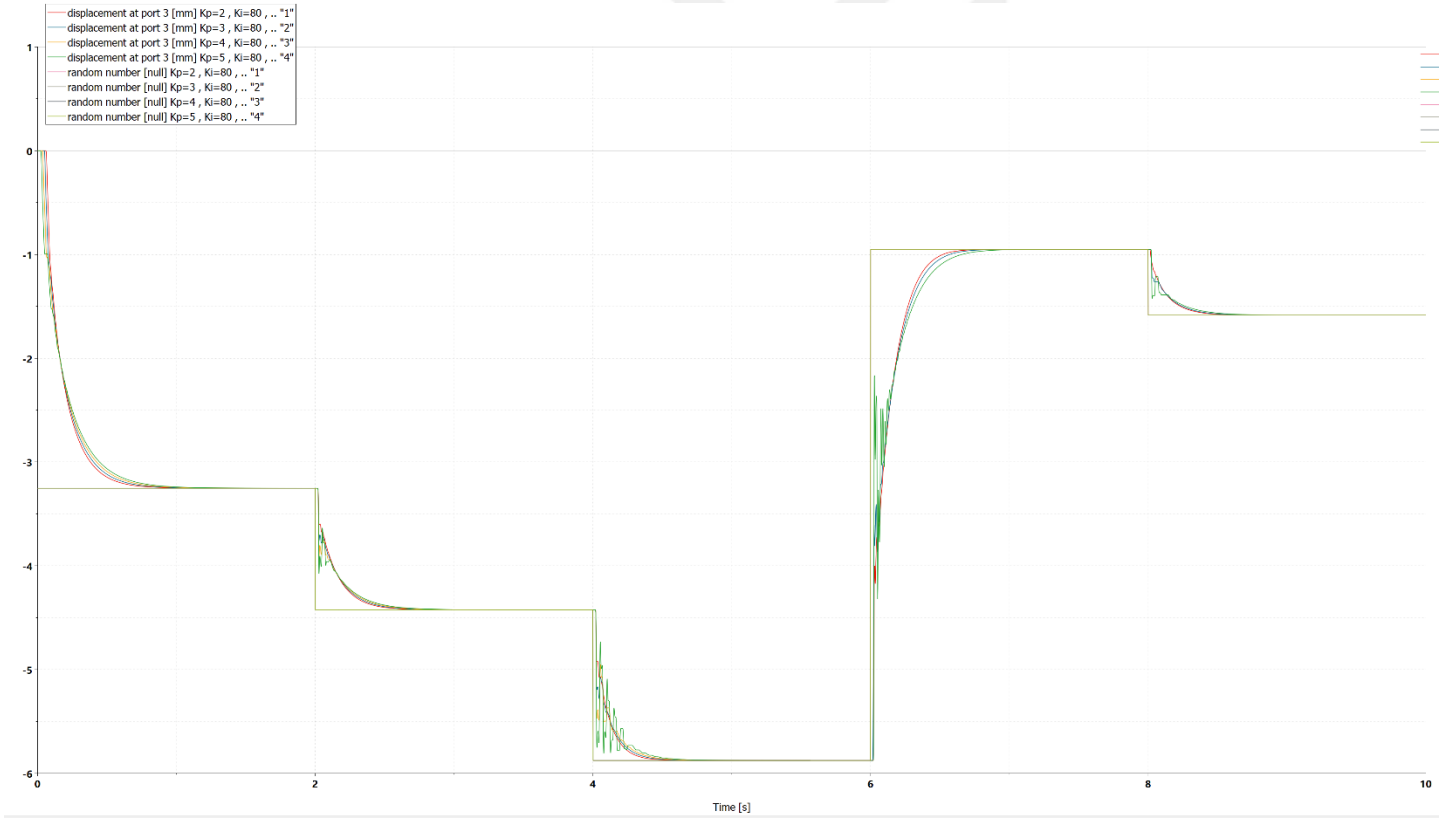


Şekil 4.4 Veri seti ayarları

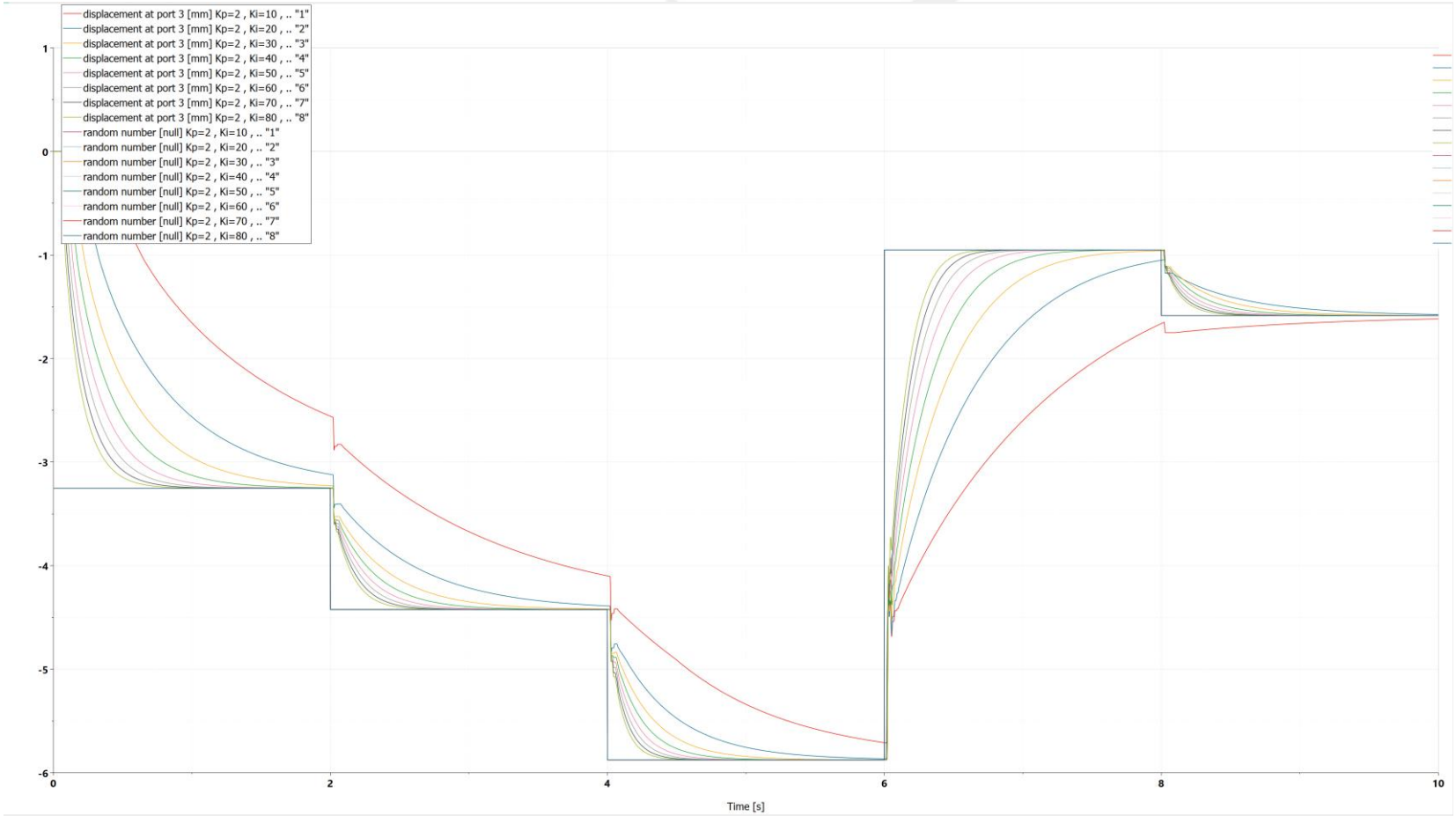
Kp, Ki ve Kd parametreleri veri giriş ayarlarından seçilen parametrelerin değerleri sabit tutulup diğer parametrelerin optimizasyonu sağlanmıştır (Şekil 4.4). Model Tablo 4.2'de belirtilen parametrelere göre çalıştırılıp sonuçlar Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.2 Amesim 80°C sıcaklıktaki simülasyon parametreleri

Yağ tipi	ISO VG 32 yağ
Yağ sıcaklığı	80°C
Kp	2-5
Ki	10-80
Kd	0.0001
Yay kurulum kuvveti	30 N
Yay sabiti	25 N/mm



Şekil 4.5 Kp katsayısının 80°C sıcaklıktaki grup verilerinin zaman-konum grafiği

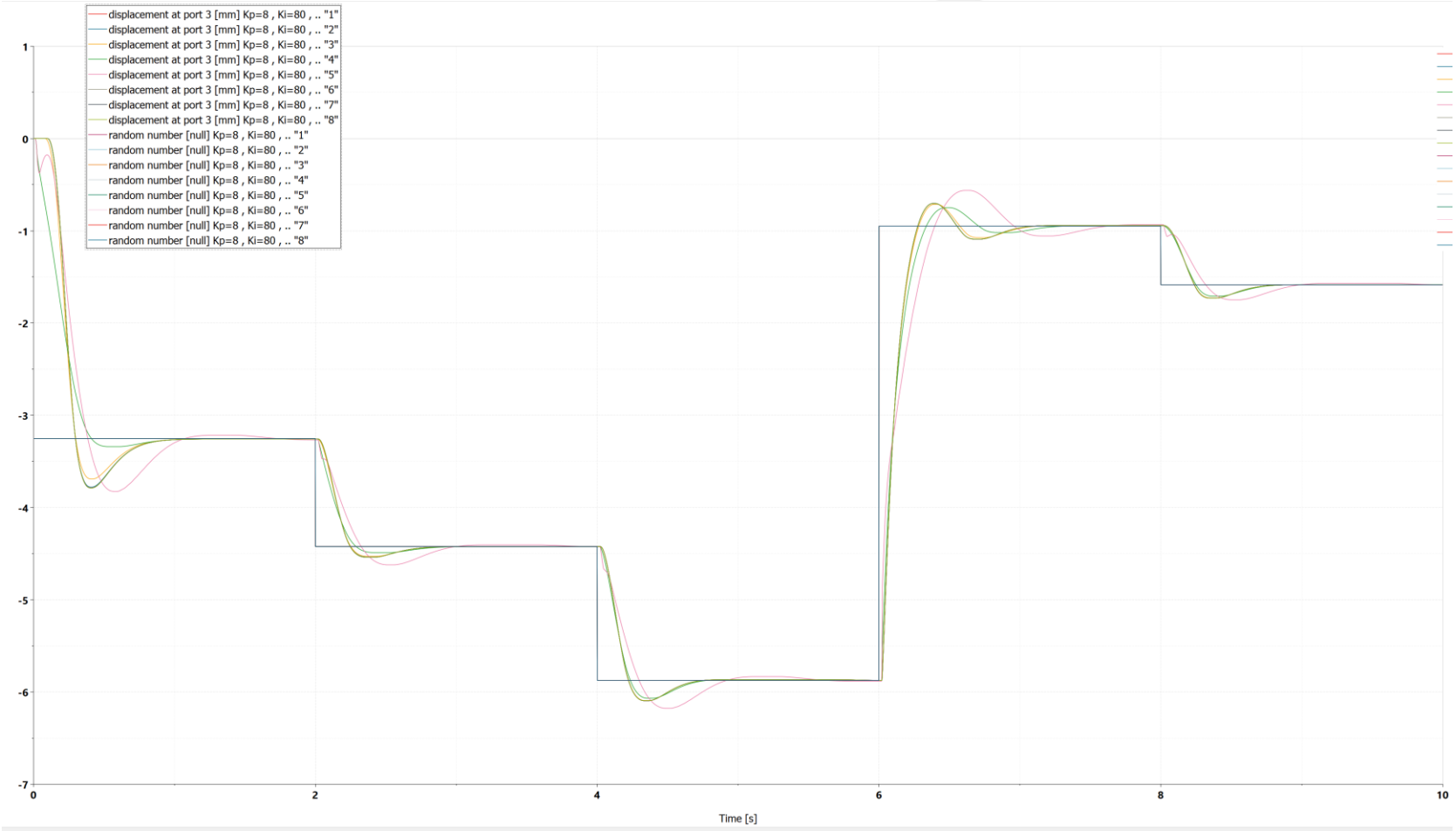


Şekil 4.8 Ki katsayısının 80°C sıcaklıktaki grup verilerinin zaman-konum grafiği

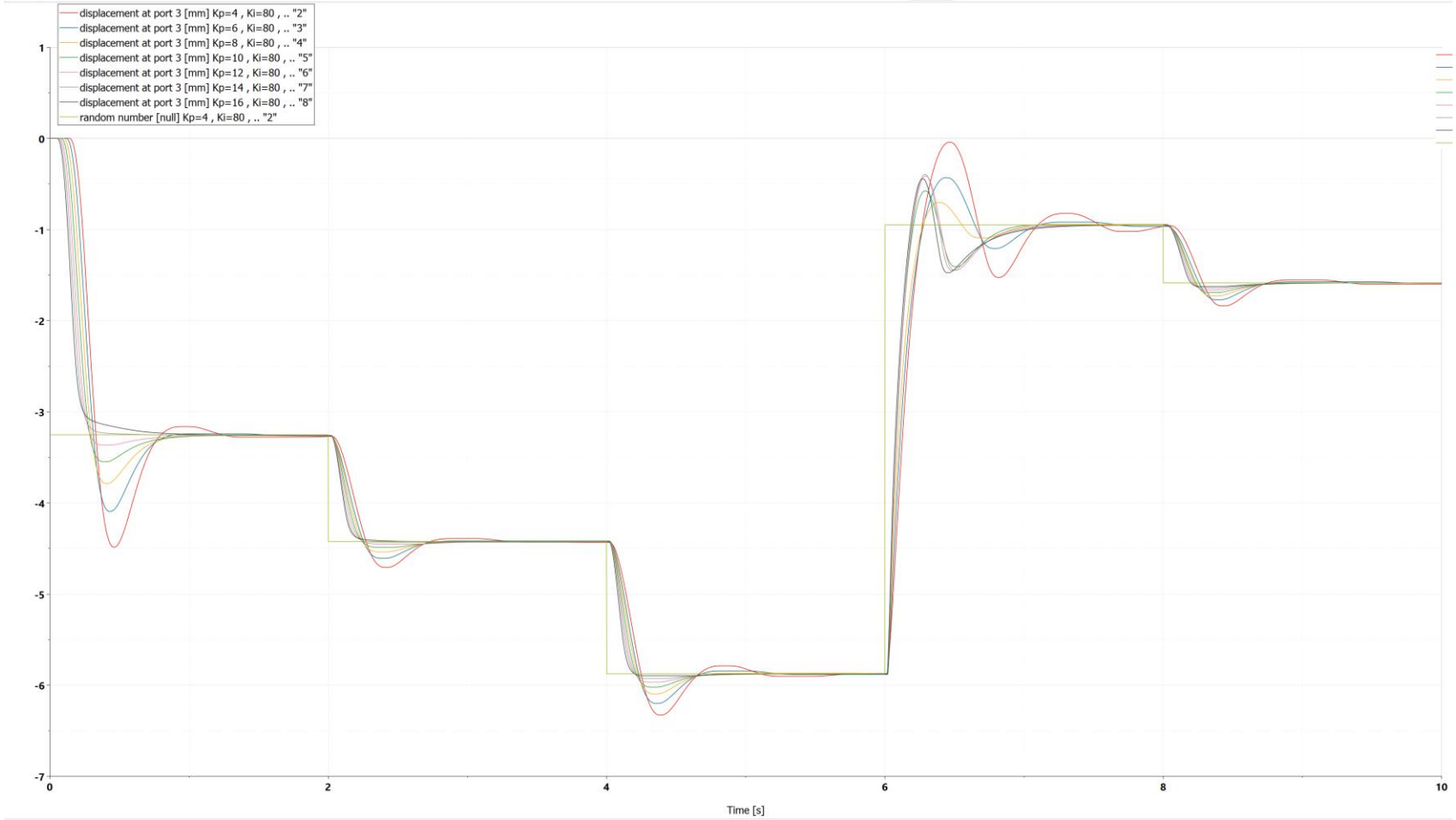
Tablo 4.3’de verilen veri setleri girilmiş ve sıcaklık -20°C olarak model tekrar çalıştırılmıştır. Şekil 4.7’de Ki ve Kp değerleri sabit tutulup Kd değeri 1-0.0001 arasında çalıştırılmıştır. Şekil 4.8’de Kd ve Ki değerleri sabit tutulup Kp değeri 4-16 arasında çalıştırılmıştır.

Tablo 4.3 Amesim -20°C sıcaklıktaki simülasyon parametreleri

Yağ tipi	ISO VG 32 yağ
Yağ sıcaklığı	-20°C
Kp	4-16
Ki	80
Kd	1-0.0001
Yay kurulum kuvveti	30 N
Yay sabiti	25 N/mm

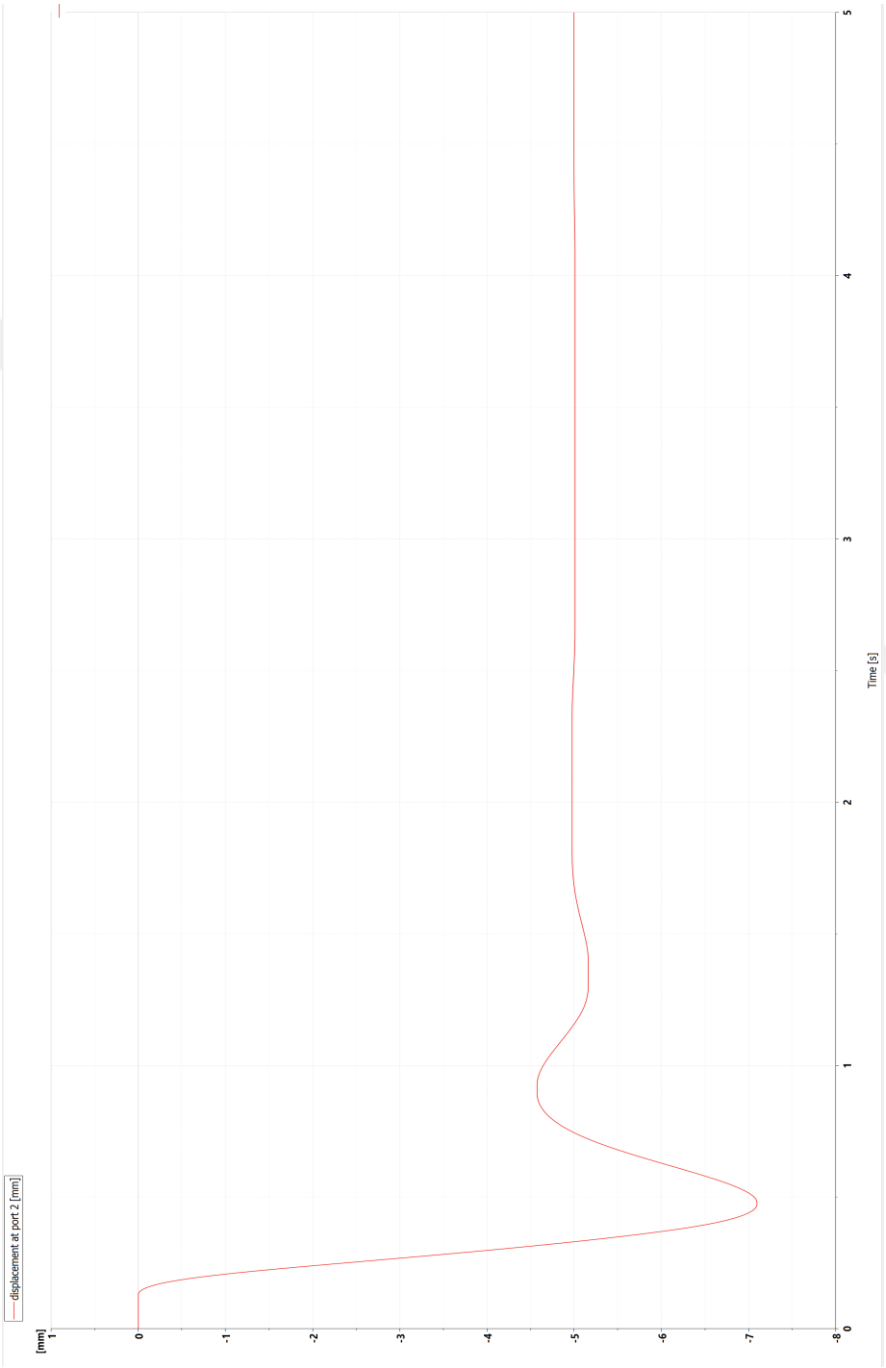


Şekil 4.11 Kd katsayısının -20°C sıcaklıktaki grup verilerinin zaman-konum grafiği

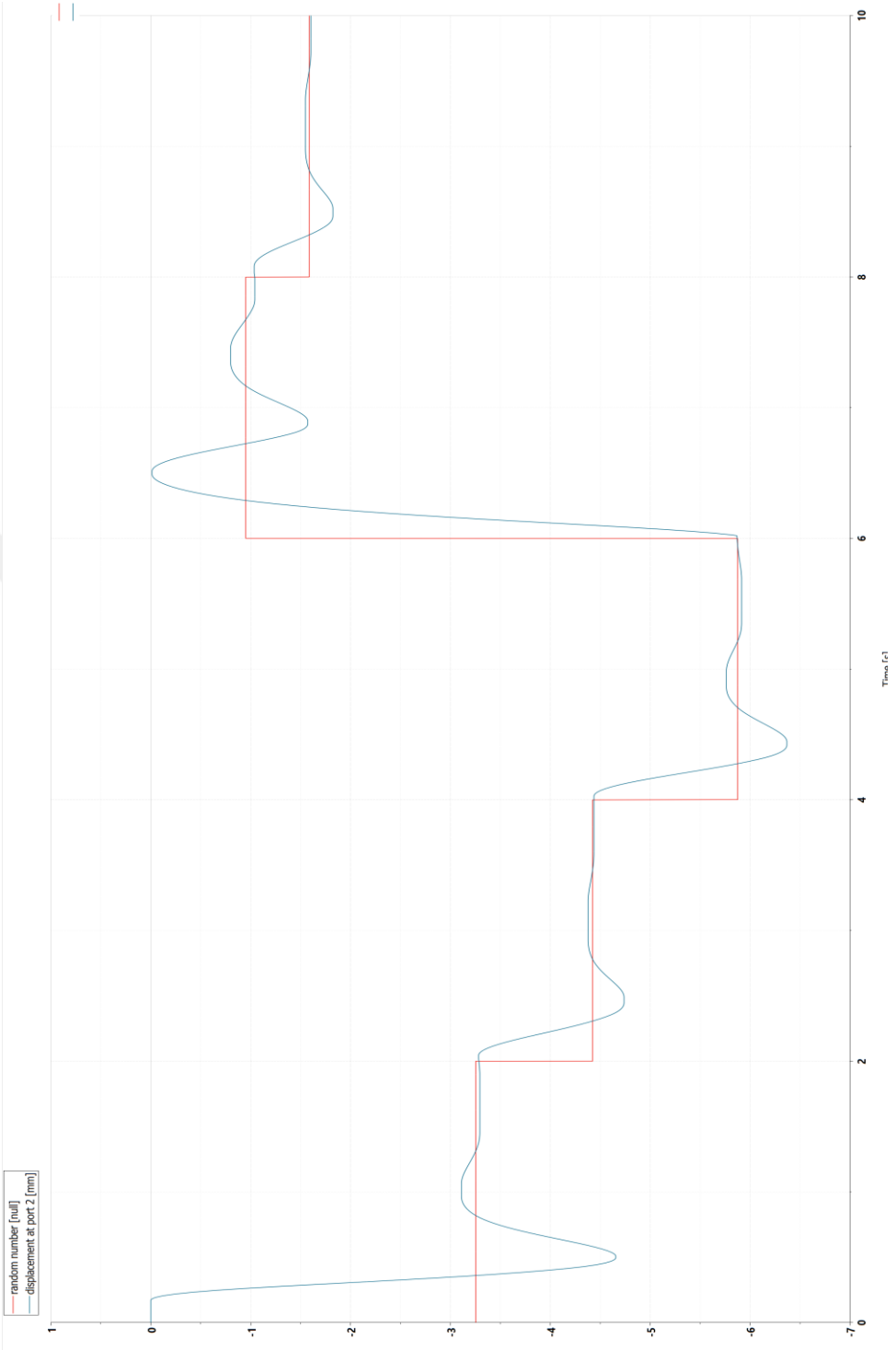


Şekil 4.14 Kp katsayısının -20°C sıcaklıktaki grup verilerinin zaman-konum grafiği

-20°C ve 80°C'deki grup veri sonuçlarından elde edilen bilgiler aşma değerleri ve ulaşma değerleri açısından değerlendirilerek ideal değerler adım girdi ile çalıştırılmıştır. Düzenli rejime oturma süresi 2 saniye kabul edilerek adım girdilerle de grafikler tekrar oluşturulmuştur.



Şekil 4.17 Optimizasyon öncesi -20°C sıcaklıktaki adım girdi

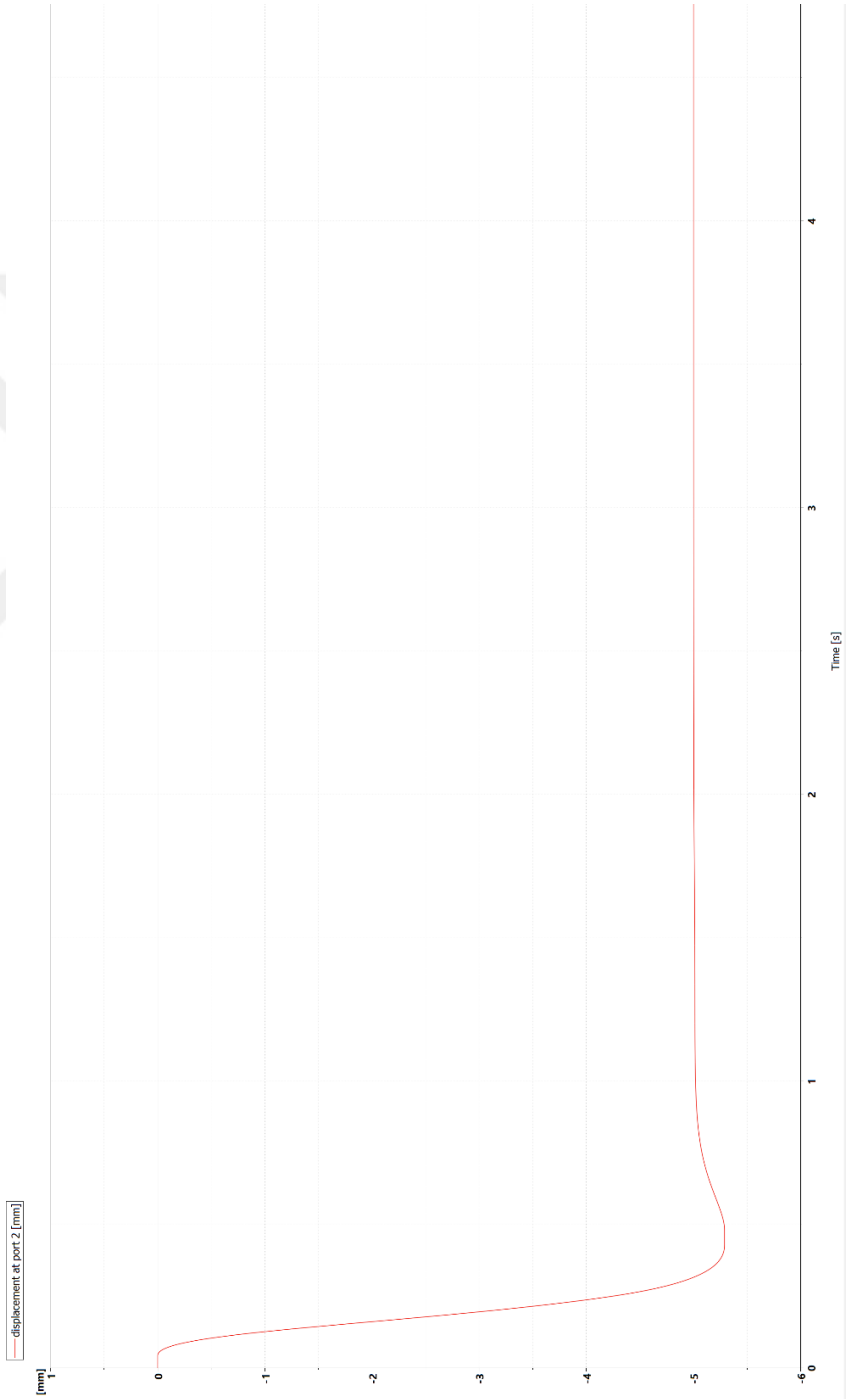


Şekil 4.20 Optimizasyon öncesi -20°C sıcaklıktaki aralıklı adım girdi

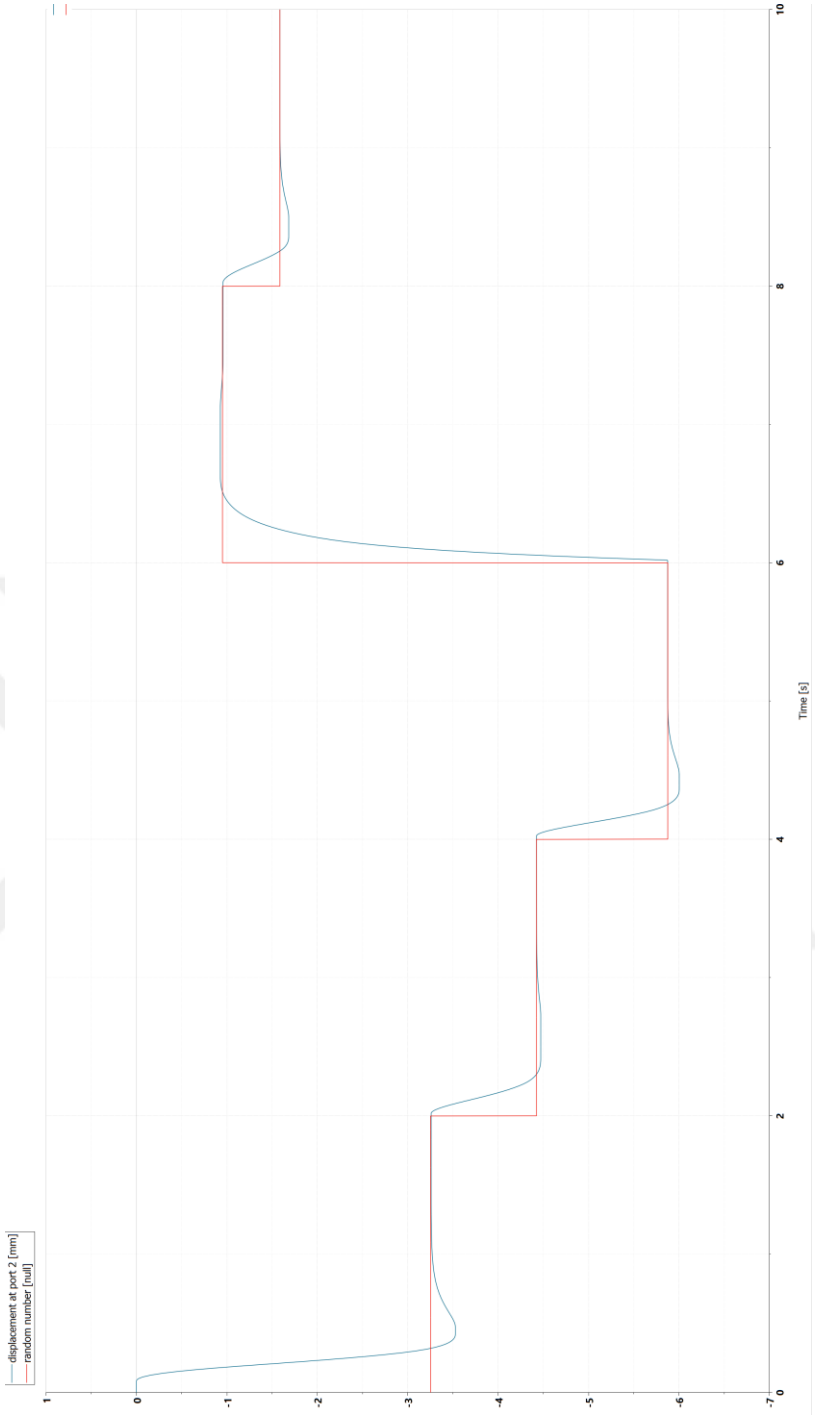
Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da -20°C sıcaklıkta optimize edilmemiş konum-zaman grafikleri verilmiştir. PID katsayıları Kp: 2 Ki: 80 Kd: 0.0001 olarak belirlenmiştir.

80°C sıcaklık için oluşturulan parametreler -20°C sisteme girildiğinde aşma miktarı ve düzenli rejime oturma sürelerinde artış meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de -20°C sıcaklıkta optimize edilmiş sürgü konum-zaman grafikleri verilmiştir. PID katsayıları Kp: 8 Ki: 80 Kd: 0.01 olarak belirlenmiştir.

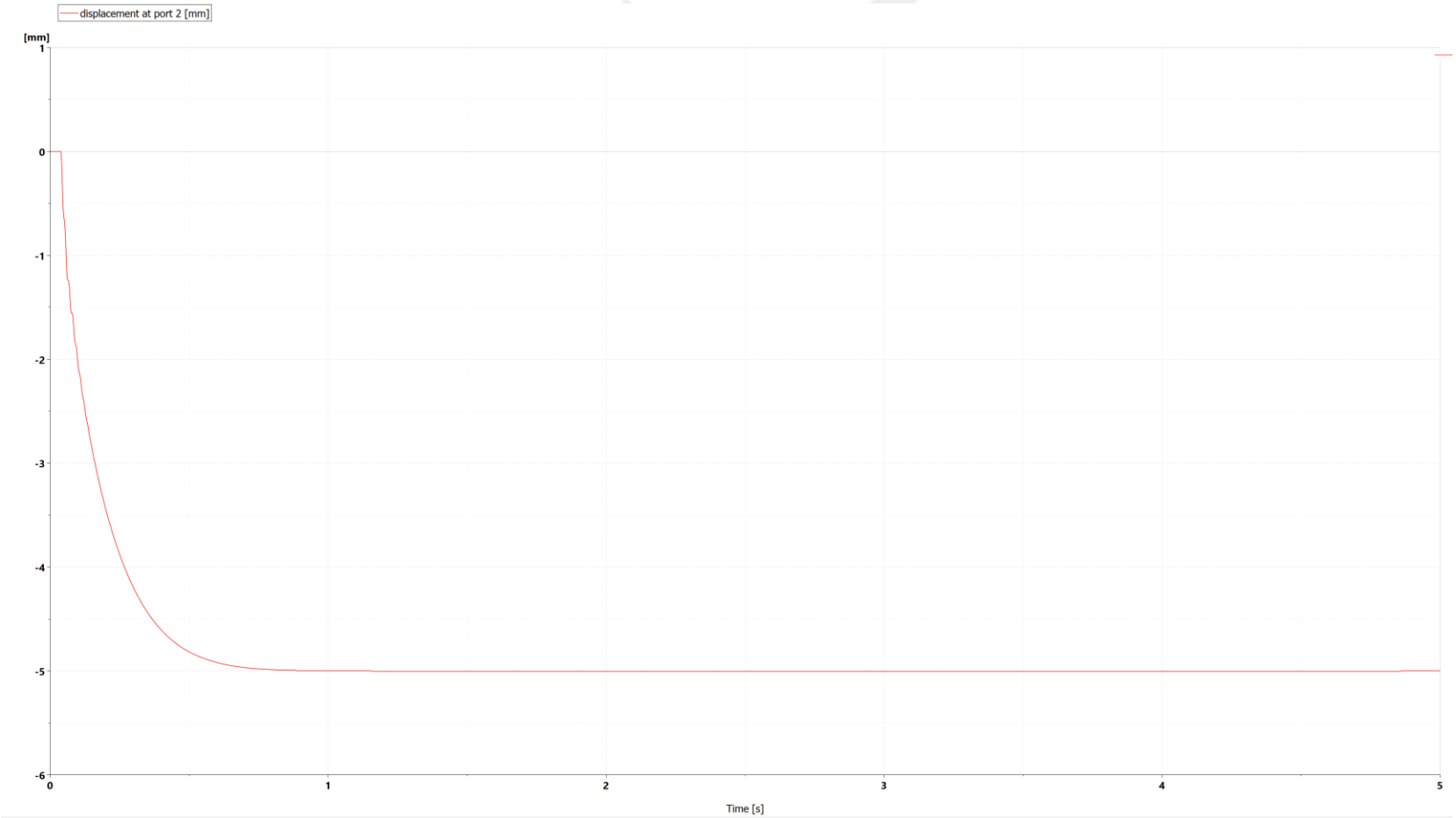


Şekil 4.23 Optimizasyon sonrası -20°C sıcaklıktaki adım girdi

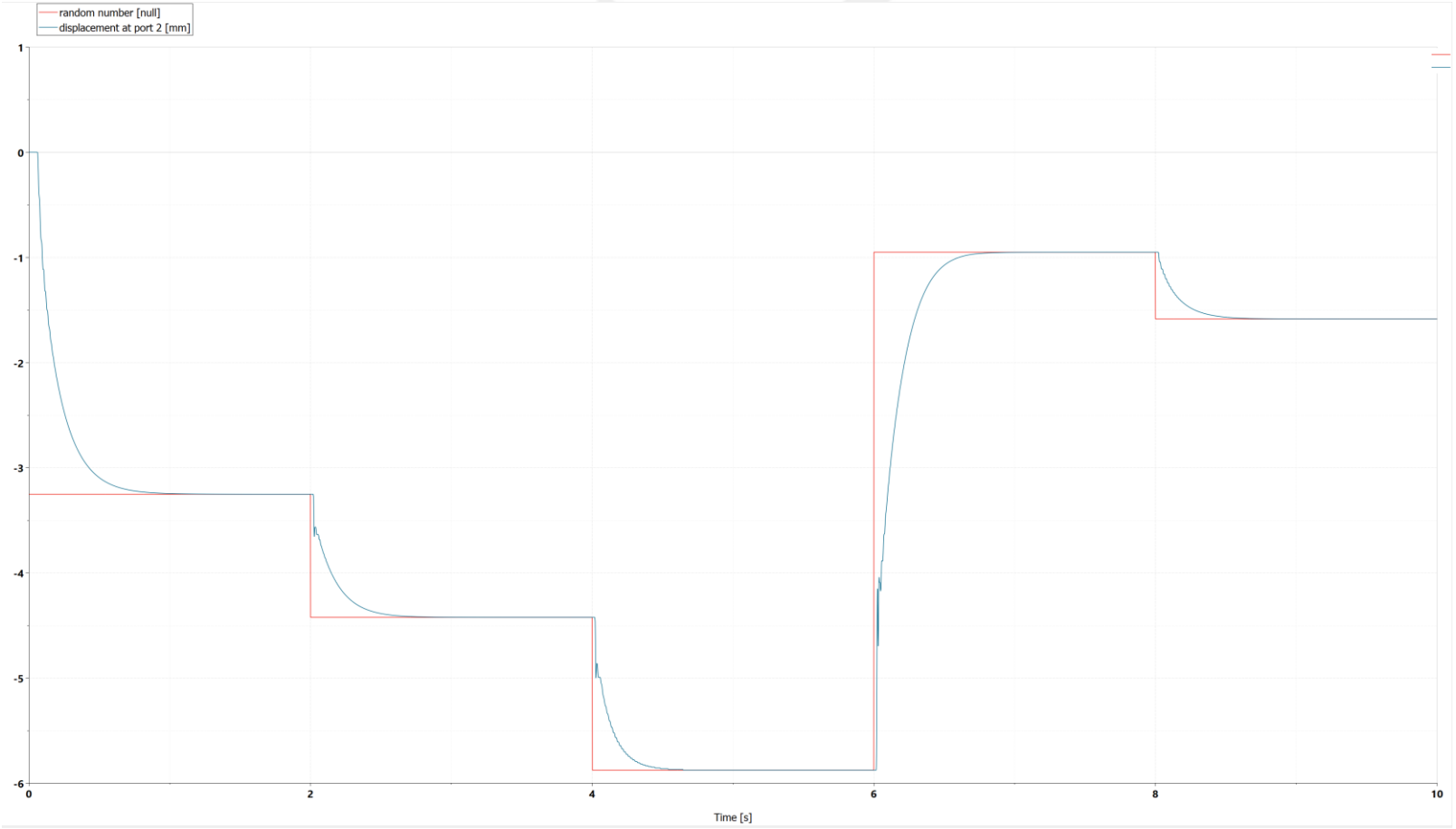


Şekil 4.26 Optimizasyon sonrası -20°C sıcaklıktaki aralıklı adım girdi

Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de 80°C sıcaklıkta optimize edilmiş sürgü konum-zaman grafikleri verilmiştir. PID katsayıları Kp: 2 Ki: 80 Kd: 0.0001 olarak belirlenmiştir.



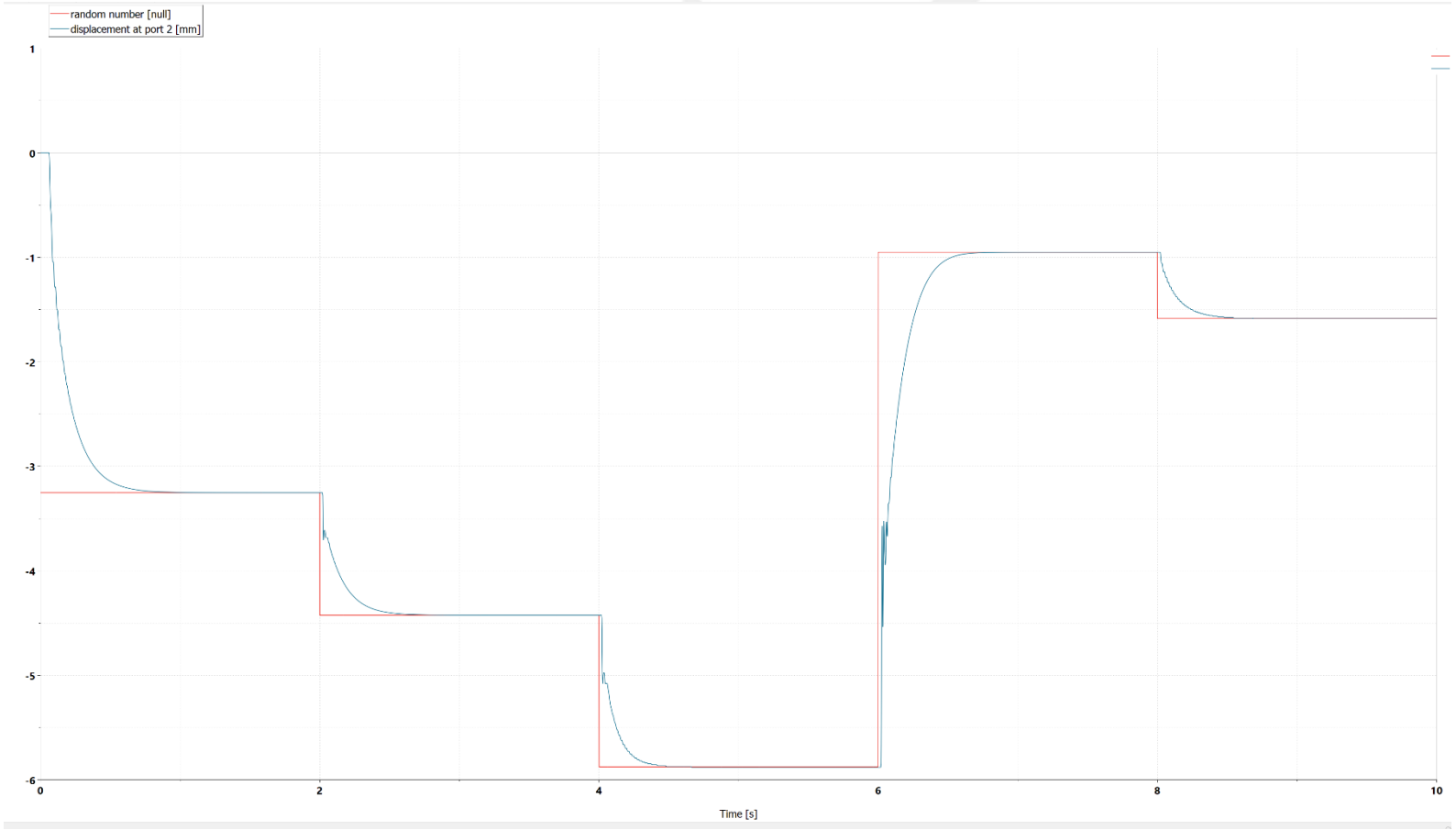
Şekil 4.29 Optimizasyon sonrası 80°C sıcaklıktaki adım girdi



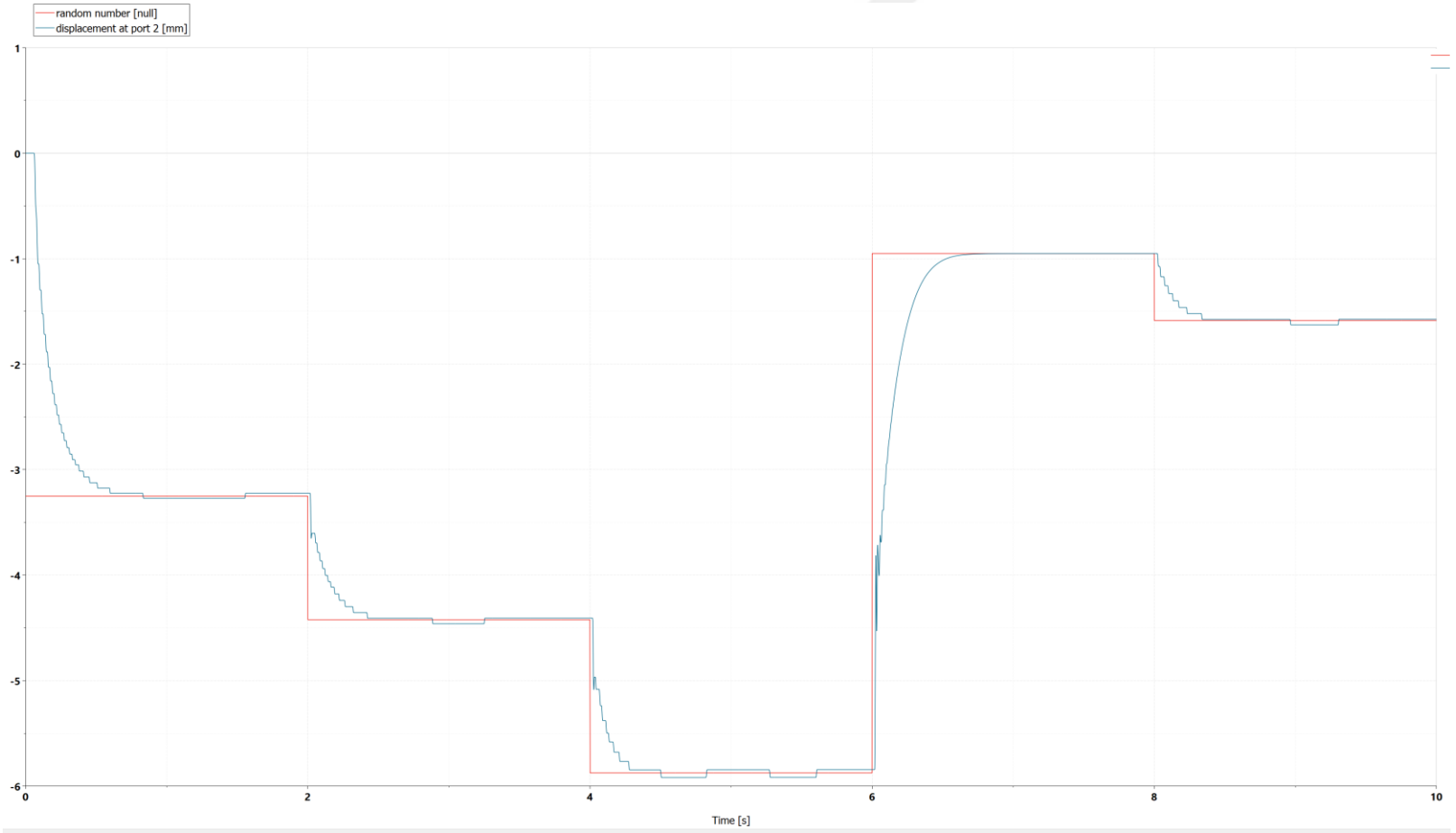
Şekil 4.32 Optimizasyon sonrası 80°C sıcaklıktaki aralıklı adım girdi

Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de 80°C sıcaklıkta optimize edilmiş değerler verilmiştir. PID katsayıları Kp: 2 Ki: 80 Kd: 0.0001 olarak belirlenmiştir.

Sürgü konumunu etkileyen parametrelerden bir diğeri de sürtünme katsayılarıdır. Sürtünme değerini 3 N olarak sisteme girdiğimizde sürgü konum hatasının arttığı ve sürgünün istenilen konumda duramadığı görülmektedir. Sürtünme kuvveti 2 N ve 3 N alındığında sırasıyla Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'daki sürgü konum-zaman grafikleri elde edilmiştir.



Şekil 4.35 Sürtünme değeri 2N olarak tanımlanan model sonucu



Şekil 4.38 Sürtünme değeri 3N olarak tanımlanan model sonucu

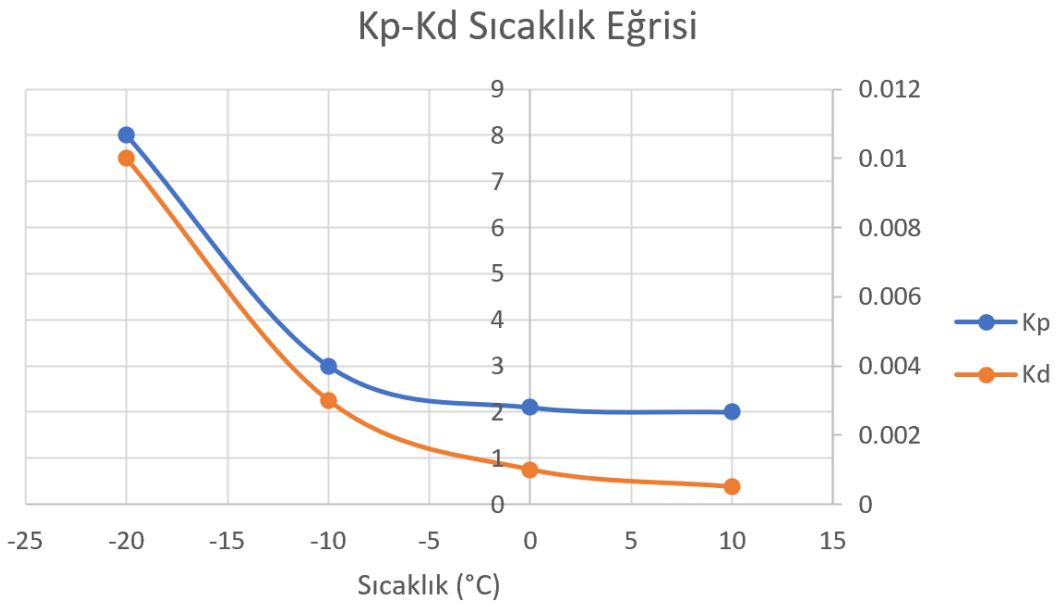
Sıcaklık optimizasyonu için kullanılan -20°C ve 80°C değerleri ISO16750-4 standardına göre belirlenmiştir.

Oluşturulan model -20°C ve 80°C sıcaklık aralığında çalıştırılarak yerleşme zamanı ve aşım değerleri incelenmiştir. Elde edilen simülasyon sonuçları test valfi ile doğrulanarak model doğrulaması sağlanmıştır.

80 °C sıcaklıkta Ki, Kp ve Kd değerleri optimize edilerek düzenli rejime oturduğu değerler ve aşma miktarı açısından ideal parametreler elde edilmiştir. Bu değerlerle -20 °C sıcaklıkta bir sistemi çalıştırmak istediğimizde sürgü konum aşımı 1.1 mm değerine ulaşmaktadır. Optimizasyon sonrası aşım 0.3 mm değerine kadar düşmüştür. 8 mm'lik bir sürgü konumunun doğruluğunda %10'luk bir iyileşme sağlanmıştır.

Bir diğer önemli parametre ise düzenli rejime oturma süresidir. Düşük sıcaklıklarda mobil hidrolik valf sürgülerinin tepki sürelerinin düşmesi, verilen girdiye karşılık debi artışının rampalı olması istenmeyen bir durumdur. Optimizasyon sonrasında 1.7 saniye olan düzenli rejime oturma süresi 0.9 saniyeye düşmüştür. Bu da kullanıcıya acil bir durumda daha erken müdahale imkânı sağlayarak güvenliği arttırmaktadır.

10°C sıcaklık aralıklarında bu simülasyonlar tekrarlanmıştır. 10°C sıcaklıktan 80°C sıcaklıklara kadar PID katsayı değişikliklerinin sistemde olumsuz etki yaratmadığı gözlemlenmiştir. Şekil 4.17'deki Kp ve Kd değerleri elde edilmiştir. Bu değerler sıcaklık sensöründen alınan bilgilere göre otomatik tanımlanacak şekilde algoritmaya aktarılmıştır.



Şekil 4.17 Sıcaklığa göre Kp ve Kd değerleri

Optimizasyon modülü ile valf kontrolü için uygun parametreler elde edilerek değişken sıcaklıklarda hassas konum kontrolü için gerekli kontrolcü değerlerine ulaşıldı. Hidrolik valf kontrolcülerinin farklı koşullarda sürgü konum kontrolü ile valflerden istenilen akış elde edilerek aktüatörlerdeki hız ve basınç kontrolü sağlandı. Bu sayede değişken çevre şartlarından etkilenmeyen kararlı bir elektro hidrolik kontrol sistemi elde edildi.

KAYNAKLAR

Acuna-Bravo,W., Ma, Y., & Canuto, E. (2015) Position control of proportional electro-hydraulic valves: an Embedded Model Control solution.

Akon Hidrolik Valf, (2018) Spv120 Product catalog

https://akon.com.tr/wp-content/uploads/2020/03/spv120.pdf

Alkan, B., Gören, A., & Yalçınkaya, U. (2022). Mobil hidrolik oransal yön kontrol valflerinde sürgünün konum kontrolü ve 1B simülasyonda PID optimizasyonu. 9. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, 16-19 Kasım 2022.

Axin, M., Eriksson, B. & Krus, P. (2016). A flexible working hydraulic system for mobile machines. International Journal of Fluid Power, 17(2), 79-89.

Coşkun, İ., & Terzioğlu, H. (2011). Hız performans eğrisi kullanılarak PID parametrelerinin gerçek zamanda belirlenmesi. Selcuk University Journal of Engineering Sciences, 10(2), 169-183.

Drumea, A. & Svasta, P. (2011). Modelling and simulation of sensors for position control for hydraulic mechatronic systems. In: Proceedings of the 2011 34th International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE). IEEE.

Ercan, Y. (2022). Klasik ve Modern Kontrol Sistemi Tasarımı. Yücel Ercan.

Eryılmaz, B. & Wilson, B. H. (2006). Unified modeling and analysis of a proportional valve. Journal of the Franklin Institute, 343(1), 48-68.

Fan, S., Xu, R., Ji, H., Yang, S., & Yuan, Q. (2019). Experimental investigation on contaminated friction of hydraulic spool valve. *Applied Sciences*, *9*(23), 5230.

Huova, M., Linjama, M. & Huhtala, K. (2013). Energy efficiency of digital hydraulic valve control systems. SAE Technical Paper.

Jeong, H. S., & Kim, H. E. (2002). Experimental based analysis of the pressure control characteristics of an oil hydraulic three-way on/off solenoid valve controlled by PWM signal. J. Dyn. Sys., Meas., Control, 124(1), 196-205.

Johnson, M. A. (2005). PID control technology. In PID Control, 1-46.

Joshi, S. & Harle, S. M. (2017). Linear variable differential transducer (LVDT) & its applications in Civil Engineering. International Journal of Transportation Science and Technology, 3(4), 62-66.

Li, S., Du, J., Shi, Z., Xu, K., & Shi, W. (2022). Characteristics Analysis of the Pilot-Operated Proportional Directional Valve by Experimental and Numerical Investigation. Energies, 15(24), 9418.

Ma, Z., Wang, S., Liao, H., & Zhang, C. (2019). Engineering-driven performance degradation analysis of hydraulic piston pump based on the inverse Gaussian process. Quality and Reliability Engineering International, 35(7), 2278-2296.

Mobley, R. K. (1999). Fluid power dynamics. Elsevier.

Papoutsidakis, M., Chatzopoulos, A., Papachristos, D., & Drosos, C. (2019). Hydraulics and pneumatics: Operational characteristics and control for modern industry applications. Int. J. Comput. Appl, 178, 31-40.

Parr, A. (2011). Hydraulics and pneumatics: a technician's and engineer's guide. Elsevier.

Tamburrano, P., Plummer, A. R., Distaso, E., & Amirante, R. (2019). A review of direct drive proportional electrohydraulic spool valves: industrial state-of-the-art and research advancements. Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, 141(2).

Tunc Ö., (2019) Yüke duyarlı oransal yön kontrol valflerinin basınç kaybı ve ısınma yönünden iyileştirilmesiyle enerji verimliliğinin arttırılması

Ye, Y., Yin, C. B., Li, X. D., Zhou, W. J., & Yuan, F. F. (2014). Effects of groove shape of notch on the flow characteristics of spool valve. Energy conversion and management, 86, 1091-1101.

Zhang, Q., (2019). Basics of hydraulic systems. CRC Press.