daire, amblem, ticari marka, logo içeren bir resim

Açıklama otomatik olarak oluşturuldu

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**Mekatronik Mühendisliği Bölümü**

**MKT4111: Mekatronik Sistem Tasarımı**

**Helikopter Elektronik Eyleyici Kontrolü ve Modellemesi**

**Sistem Denklemleri Raporu**

**Dönem:** *2023/2024 Güz*

**Danışman**

Mehmet İŞÇAN

|  |  |
| --- | --- |
| İsmail Altay Ataman | 18067011 |
| Aslınur Bayram | 19067010 |
| Ayşenur Karğa | 19067050 |

# **1. Sistemin Tanımı**

Helikopterler sürüşünde aracın kontrolünün ve pilotun iş yükünün büyük bir kısmı kalkış ve iniş evrelerinde bulunmaktadır. Bu iki evre dışındaki evre olan seyir evresinde pilotun helikopterin rotasında büyük değişiklikler yapmasına gerek yoktur ve helikopter çoğu zaman belirli bir atak açısında seyreder.

Tasarlanmakta olan sistem ile uçuşun en uzun evresi olmasına rağmen pilottan en az girdi gerektiren bu evrede pilotun konforunun sağlanması ve iş yükünün azaltılması için bir kontrol sistemi elde edilmesi hedeflenmektedir.

İncelenmekte olan kontrol sisteminin görevi aracın yönelimini ve atak açısını kontrol eden kontrol çubuğunu pilotun istediği açıda tutan ve gelen bozucu etkilere karşı da istenilen açıda tutmaya devam eden bir kontrol sağlamaktır.

Bu sistem ile pilot aracı seyir evresinde istediği zaman kontrol çubuğunu istediği açıya getirerek aracın atak açısını ve yönelimini sabit tutabilecektir.

Sistemin kontrol çubuğunu kontrol edecek mekanik sistemi 3 eksenden oluşmaktadır. Her eksen için 5 dişliden oluşan bir dişli sistemi kullanılacaktır.

diyagram, daire, çizgi, tasarım içeren bir resim

Açıklama otomatik olarak oluşturuldu

*Motor Düz Dişlisi: Sonsuz Dişli:   
Damper Şaft Pinyonu:   
Dilim Dişli:*

Bu raporda sistemin denklemleri çıkarılmış ve daha sonra bu denklemlerden elde edilen ifadeler kontrol çalışmalarına entegre edilmek üzere düzenlenmiştir.

# **2. Sistem Denklemleri**

Euler’in dönme denklemlerine göre bir sistemin ürettiği tork sistemin ataletsel momenti ve açısal ivmesinin çarpımına eşittir.

Bu eşitlik her bir dişli için ayrı olarak yazılabilir:

Dişliler birbirleri ile etkileşim içerisinde oldukları için denklemlerden de göründüğü üzere dişlilerin denklemleri birbirine bağlıdır. Bu sayede tüm denklemler tek bir denklem üzerinde birleştirilebilir. Ancak bu adımı gerçekleştirilmeden önce denklemi sadeleştirmek amacı ile belirli ifadeler yeni değişkenlerle ifade edilecektir.

Atanan yeni değişkenlerin kullanımı ile ifadeler yeni formlarına getirilir:

Daha sonra tüm ifadeler tek bir denklem olarak birleştirilir:

Daha sonrasında tekrardan denklemin sadeleştirilmesi için yeni değişkenler ile işlem yapılır:

Yapılan değişiklikler sonrası sadeleştirilmiş denklem elde edilir:

Son değişiklikler ile denklem artık durum-uzay formuna kolayca geçirilebilir hale gelmiştir.

# **3. Durum-Uzay Gösterimi**

Bir önceki aşama ile elde edilen denklem üzerinden durum değişkenleri seçilir:

Durum uzay gösteriminin elde edilebilmesi için değişkeninin durum değişkenleri ile ifade edilebilir olması gerekmektedir.

Değişkeninin durum değişkenleri ile ifade edilmesinden sonra durum-uzay gösterimi elde edilebilir:

\* + \*

# **4. Referans Sinyalinin Elde Edilmesi**

Sisteme kontrol yapılabilmesi için hata sinyaline ve hata sinyalinin çıkarılabilmesi için de referans sinyaline ihtiyaç vardır. Bu referans sinyali sistemin çıktı elemanının yani çıkış şaftının açısal pozisyonu olmaktadır.

Şu ana kadar denklemlerde ve hesaplamalarda kullanılan ifadesi fırçasız DC motorun açısal pozisyonunu göstermekteydi. Çıkış şaftının açısal pozisyonu ise ile gösterilecektir.

Referans sinyalinin bulunması:

Basitleştirmek için işlem yapılır:

Son denklem elde edilir:

# **5. Kontrolcü Tasarımında Feedback Lineerizasyonu**

Sistemin elde edilen son denklemi ile feedback lineerizasyonu yapılacaktır.

Hata değeri tanımlanır:

Denklemler birleştirilince:

Elde edilen denklemi daha da basitleştirmek için işlem yapılır:

Basitleştirme sonrası elde edilen denklem aşağıdaki gibidir:

Elde edilen denklemi sadeleştirmek için aşağıdaki işlemler yapılır:

Son olarak lineer forma ulaşmak için girdi olacak şekilde son düzenleme yapılır:

Son bir basitleştirme için işlem yapılır:

Final lineer formu çıkarılır:

# **6. PID Kontrolcü Tasarımı**

Sistemin transfer fonksiyonu aşağıdaki denklemlerden elde edilir:

Sistemin transfer fonksiyonun final denklemi aşağıdaki gibidir:

Aşağıdaki blok diyagramında kapalı çevrim gösterimi verilmiştir:

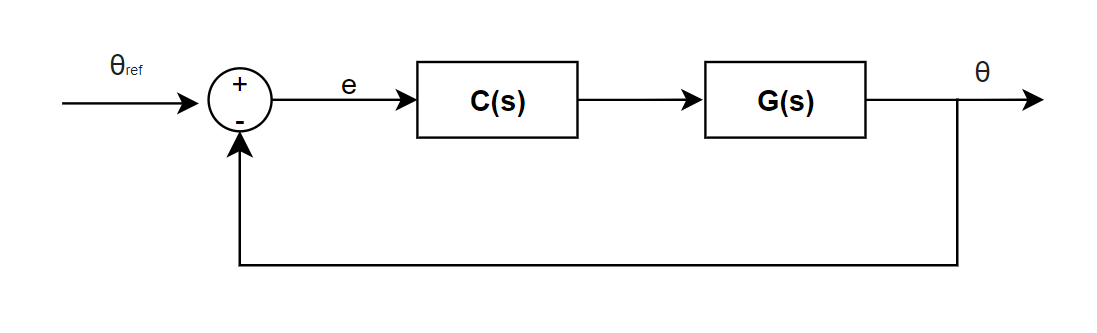


Figure 1: Kapalı çevrim blok diyagramı.

Gerekli düzenlemeler yapılırsa elde edilen transfer fonksiyonunun son hali aşağıdaki denklemdeki gibidir:

# **7. Durum Geri Besleme ile Referans Takibi Kontrolcü Tasarımı**

PID kontrolcü ile açısını ölçerek ’e yakınsanır. ve ‘i ölçebileceğimiz senör varsa ve durum olarak ifade edebiliyorsak her durumu ölçmek amacıyla durum geri beslemeli kontrolcü tasarımı yapılabilir.

=0

Hata ifadesi:

, ,

# **9. Eylemsizlik Momentinin Hesaplanması**

r

h

# **10. Ayrık Kontrolcü Tasarımı**

Sistemin ayrık zamanda çözümü için Merkezi Farklar Yöntemi (Central Difference Method) kullanılmıştır.

En son elde edilen denklem:

Merkezi Farklar Yöntemine göre denklem aşağıdaki ifadelere göre değiştirilebilir:

Elde edilen bu ifadeler ile denklem güncellenir:

Elde edilen ifadeyi basitleştirmek için aşağıdaki işlem uygulanır:

En son yapılan basitleştirme ile ayrık zamanda modellenecek denklem ortaya çıkmıştır: