

**T.C.**  
**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK ve DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ DENEYLER I**  
**PID KONTROL DENEYİ**

**ÖĞRENCİ NO:**

**ADI-SOYADI:**

**DENEY SORUMLUSU: ÖĞR. GRV. MİTHAT YANIKÖREN**  
**DEĞERLENDİRME:**

**GÜMÜŞHANE 2014**

# PID KONTROL DENEYİ

## 1 DENEYİN AMACI:

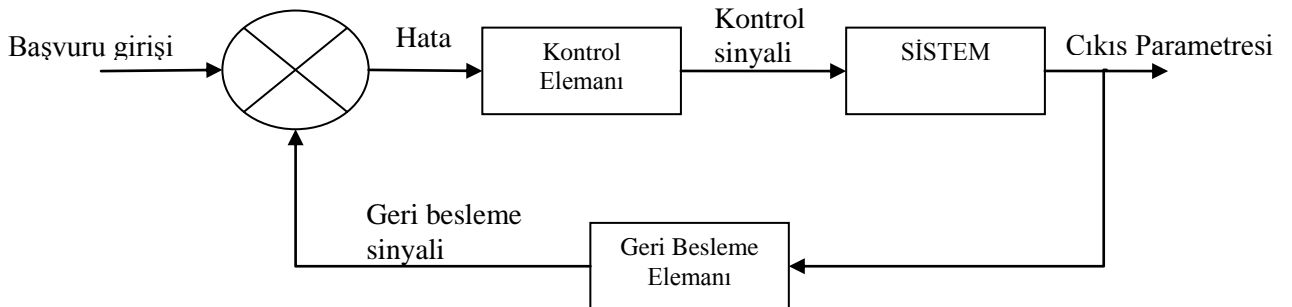
Bu deneyde, bir fiziksel sistem verildiğinde, bu sistemi kontrol etmek için temelde hangi adımların izlenmesi gerektiğinin kavranması amaçlanmaktadır. Bir kontrol sistemi oluşturulurken fiziksel sistemin dışında kontrol amacı ile eklenmesi gereken elemanların neler olabileceği gerçekleştirilen bir uygulama üzerinde gösterilmek istenmektedir. Deney sırasında, daha önceki derslerde edinilen kuramsal bilgiler kullanılarak DC motorun matematik modeli çıkarılacak ve bu model temel alınarak Matlab-Simulink programı kullanılarak DC motorun PID kontrol simülasyonu ve fiziksel olarak PID kontrolü gerçekleştirilecektir.

## 2 TEORİK BİLGİ:

Kapalı çevrimin en önemli farkı, dış etkenlere ve iç değişimlere karşı hassasiyetin az oluşudur. Dolayısıyla kapalı çevrim sisteminde çok hassas olmayan ve kusurlu denebilecek bileşenler ile hassas kontrol gerçekleştirilebilirken, açık çevrimde bu mümkün olmamaktadır. Bozucu etkenin olmadığı veya çıkışın ölçümünün mümkün olmadığı durumlarda açık-çevrim kontrol sistemi tercih edilebilir.

Kararlılık açısından bakıldığında açık çevrimli bir sistemi oluşturmak kolay olmakla birlikte sistem kararlılığı göz önüne alınmaz. Diğer yandan sistem kararlılığının önemli olduğu kapalı-döngü kontrol sisteminde sistem kararlılığını iyileştiren parametrelerin belli noktalarda veya aralıklarda sistemin davranışını olumsuz etkilemesi sonucu salınım ve büyüklük değişimi şeklinde gözlemlenebilir.

Şekil 'den hatırlanacağı gibi, bir kapalı çevrim denetim sisteminde geri besleme elemanı üzerinden alınan çıkış büyüklüğünün değerlendirilebilir kısmı, referans bir değer ile karşılaştırılır ve elde edilen hata sinyalinin yapısına ve kontrol edilen değişkene uygun bir denetim sinyali üretilir. Uygun denetim sinyalini denetim modu ünitesi oluşturur. Denetim modu ünitesi bu işlemi bir veya birkaç denetim yöntemi (denetim modu) kullanarak gerçekleştirir. Bu kısımda P, PI ,PD veya PID denetim yöntemlerini kullanarak sinyal üreten denetim devreleri ve matematiksel modellemeler incelenecektir.



Şekil 1 Kapalı Çevrim Denetim Sistemi

### **3 TANIMLAMALAR:**

#### **3.1 Oransal Kontrol (P-Kontrol):**

Oransal kontrol yönteminde, kontrolör çıkışında hata sinyali ile orantılı bir değişim söz konusudur ve çalışma devamlıdır. Sistemin enerji ihtiyacı her an değişim gösterir. Kontrolör ölçme elemanından aldığı ölçme bilgisine göre sürücü elemanı uyarır. Sürücü eleman da güç elemanına giren enerjiyi kontrol eder. Ölçme elemanı denetlenen değişkeni sürekli ölçer ve kontrolöre sürekli olarak sinyal gönderir. Sistemin set değerinde bir sapma olduğu anda ölçme elemanı bunun karşılığı olan elektrik sinyalini kontrolöre gönderir. Kontrolör bu bilgiyi referans değer ile karşılaştırarak sürücü elemanı uyarır.

#### **3.2 Oransal-İntegral Kontrol (PI-Kontrol):**

Orantı etkiye integral etki ilavesi ile elde edilen PI kontrolörün yapısı nispeten basit olup, özellikle basınç, seviye ve akış kontrol sistemlerinde kullanılır.

İntegral etki, denetlenen çıkış büyüklüğünde meydana gelebilecek kalıcı - durum hatalarını ortadan kaldırır. İntegral etkinin kullanım amacı sistemin değişen talepleri üzerinde yeterli bir kontrolör etkisi sağlamaktır. Eğer sistemden gelen bir talep yalnız başına P etkisi ile karşılanabiliyorsa I etkisinin kullanılması gereksizdir. Buna karşılık, sistemden oldukça sık aralıklarda yüksek miktarda talepler ortaya çıkıyorsa, yalnızca P etkisine sahip bir kontrolör bu talepleri karşılayamaz. Böyle bir kontrolörün karakteristiklerine ve talebin (bozucu giriş) büyüklüğüne bağlı olarak sistemde kalıcı – durum hatası ortaya çıkar. Eğer P etkisine I etkisi ilave edilecek olursa, kontrolör çıkışından sürekli artan (entegre olan) kontrolör etkisi elde edilir. Böylece, motor elemanının, hatanın ortadan kalmasını sağlayacak kadar hareket etmesi temin edilmiş olur.

#### **3.3 Oransal-Türevsel Kontrol (PD-Kontrolör):**

Türev denetim yöntemi hata sinyalinin değişim hızıyla orantılı olarak kontrolör çıkışını değiştirir. Bu değişim set noktası, ölçülen değişken ya da her ikisinin birden gerçekleştirdiği bir değişim nedeniyle olur. Türev denetimi hatanın ne kadarlık bir hızla değiştiğini gözleyerek bu hatayı sezinemeye çalışır. Beklenen bir hatayı azaltmak için ve bir denetim hareketi üretmek için değişim hızını kullanır. Türev yöntemi sadece hata değiştiğinde kontrolör çıkışına katkıda bulunur. Bu sebeple bu yöntem her zaman oransal yöntemle ve bazen de bunlara ilave olarak integral yöntemiyle beraber kullanılır. Türev denetim yöntemi tek başına asla kullanılamaz.

Türev yöntemi oransal yöntemle birleştiğinde daha yüksek oransal kazanç ayarı elde edilebilir ve osilasyonlara olan eğilim azaltılabilir. Türev yöntemi hata sinyalinin gelecekteki değerini sezinler ve buna göre kontrolör çıkışını değiştirir. Bu sezinleyici hareket hızlı yük değişimleri olan proseslerin denetiminde türev yöntemini oldukça

kullanılışlı hâle getirir. Bu sebeple hızlı yük değişimleri aşırı hatalar meydana getirdiğinde, genellikle türev yöntemi oransal veya oransal-integral denetim yöntemleriyle birlikte kullanılır. Türev yönteminin sağladığı denetim hareketi denetlenen değişkendeki osilasyonları bozarak set değerinden sapan ani değişimlere karşı koyar.

### **3.4 Oransal-Integral-Türev Kontrol (PID Kontrolör):**

PID yöntemi oransal, türevsel ve integral yöntemlerin birleşmesiyle oluşur. İntegral bileşeni büyük yük değişimleri nedeniyle oluşan oransal ofseti azaltmak ve yok etmek için kullanılır. Türev yöntemi de osilasyon eğilimini azaltır ve hata sinyalini önceden sezen bir etki sağlar. Türev yöntemi özellikle ani yük değişimlerinin olduğu proseslerde çok kullanılışlıdır. Diğer bir ifadeyle PID yöntemi bir veya iki denetim yönteminin hatayı kabul edilebilir limitler içerisinde tutamadığı hızlı ve büyük yük değişimleri olan proseslerde kullanılır.

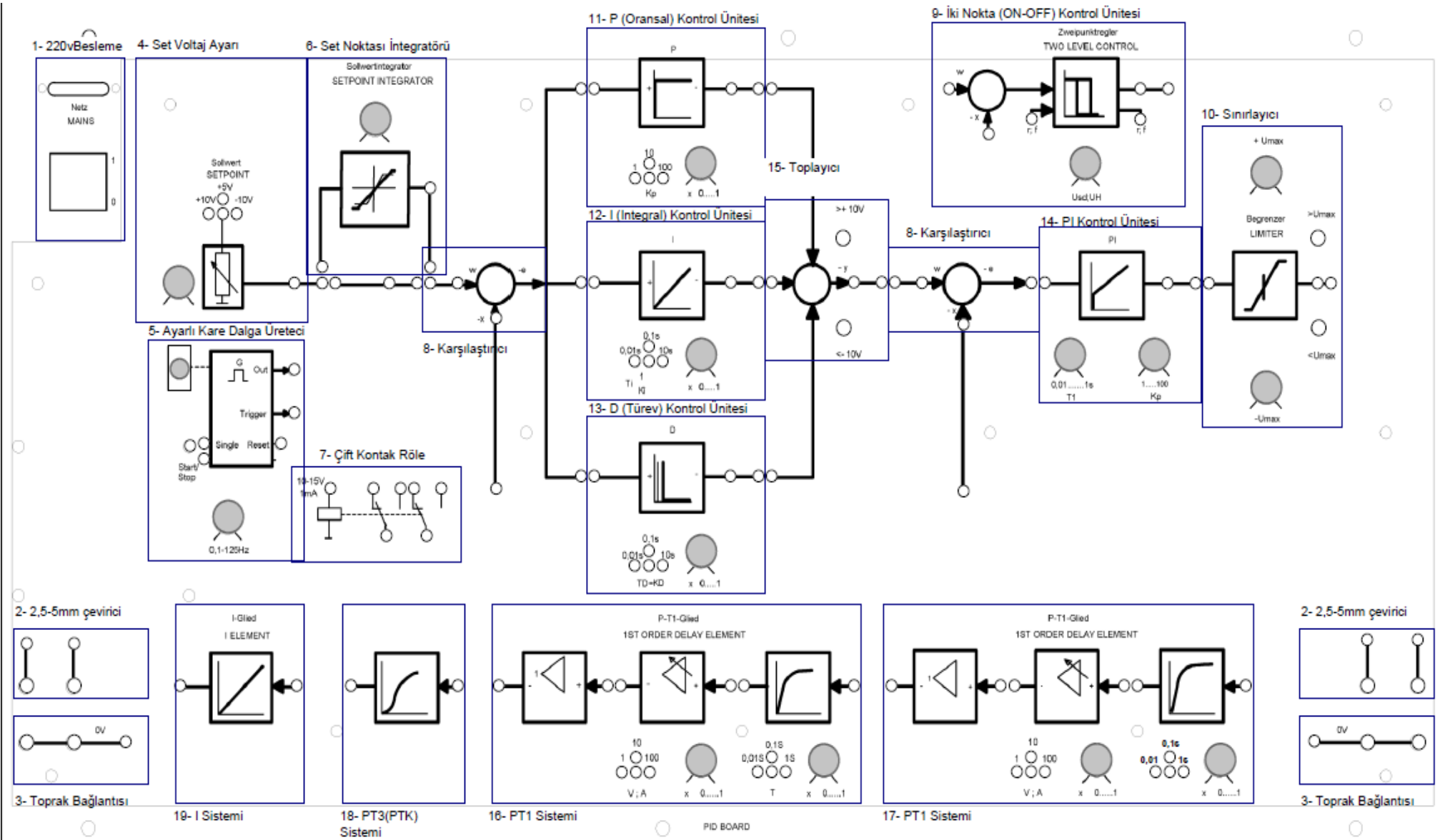
PID denetimde set değeri ile ölçülen değer arasındaki fark sinyalinin türevi ve integrali alınır. Hata sinyali oransal denetleyiciden geçer ve toplayıcı devresinde türev sinyali, integral sinyali, oransal sinyal ve dengeleme gerilimi toplanır. Bu şekilde dengeleme gerilimi taban alınarak düzeltme yapılmış olur.

### **3.5 Simulink:**

Mühendislik sistemlerinde simülasyonun önemi gün geçtikçe artmaktadır. Sistemlerin tasarımında büyük oranda bilgisayar simülasyonlarından faydalanmakta, mümkün olduğunda tasarımın test aşamaları da bilgisayarlar yardımıyla yapılmaktadır. Bu da prototiplere olan ihtiyacı azaltarak maliyetlerin büyük oranda düşmesini sağlamaktadır.

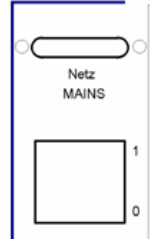
Günümüzde mühendislik alanında en çok kullanılan programlardan birisi MATLAB'dir. Simulink, MATLAB ile birlikte bütünleşik olarak çalışan bir simülasyon ortamıdır. Simulink bize karmaşık sistemleri tasarlama ve simülasyon yapma olanağı vermektedir.

Sürekli zamanlı ve ayrık zamanlı sistemleri ,veya her ikisini de içeren hibrit sistemleri desteklemektedir. İçinde birçok alt sistemi blok olarak barındırdığından sürükle-bırak yöntemiyle birçok sistemi bir-kaç dakikada kurarak simule edebilir,değişik durumlardaki cevabını test edebilirsiniz.Bunun için Simulink bizlere zengin bir blok kütüphanesi sunmaktadır

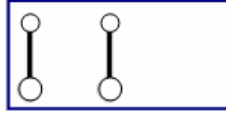


## PID seti üniteleri:

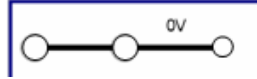
1. **220vBesleme:** 220V şebeke gerilimi kablosu ile bir anahtar yardımıyla açma kapama yapılmaktadır.



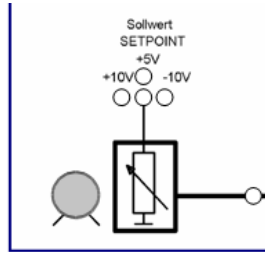
2. **2,5-5mm çevirici:** Montaj kablolarının uyumunu sağlamaktadır. Bord üzerinde iki adet bulunmaktadır.



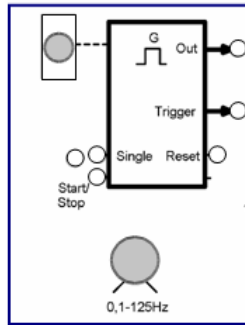
3. **Toprak Bağlantısı:** Bord üzerinde iki adet bulunmaktadır. Ortak toprak bağlantısı yapmak için kullanılır.



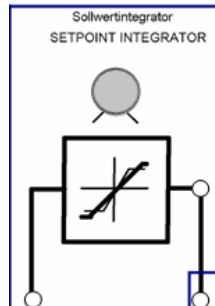
4. **Set voltajı:** +10, +5, -10 V seçenekli ayarlı kaynak



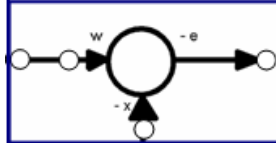
5. **PID uygulamaları için 0,1-125 Hz, ayarlı, resetli, buton başlatmalı ve durdurmalı kare dalga üretici.**



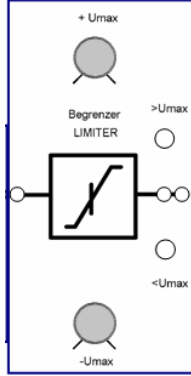
6. **Set noktası integratörü**



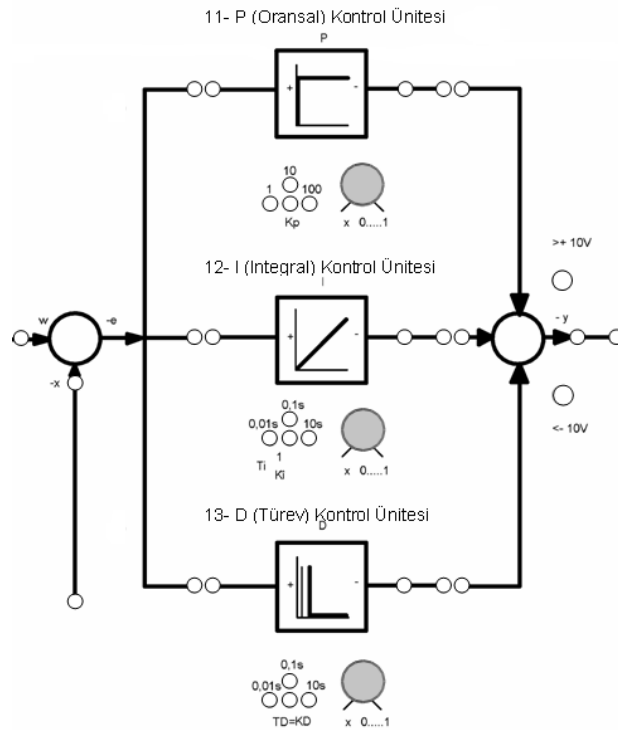
7. **Karşılaştırıcı:** Set değeri ile kontrol edilen sistemden gelen gerçek değer farkını alır.



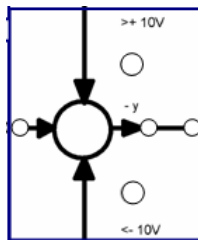
8. **Sınırlayıcı**



9. **PID kontrol ünitesi**



10. **Toplayıcı:** Kontrol ünitelerinden gelen çıkış gerilimlerini toplayarak sisteme sunar.



## Simulink üniteleri:

1. **İntegralci(Integrator):** Giriş sinyalinin zamana göre integralini hesaplar.



2. **Kazanç(Gain):** Bu bloğa gelen giriş sinyali bir kazanç(sayısal bir değer) ile çarpılır. Kazanç bloğu hem skaler (sayısal) hem de vektör(eleman elamana çarpma) sinyalleriyle çalışır; bu durumda kazanç değeri girişin tipiyle uyumlu olmalıdır.



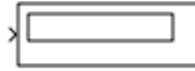
3. **Toplama(Sum):** Girişlerin cebrik toplamını veren bir bloktur. Girişlerin sayısı ve her bir girişe uygulanacak işaret, blok diyalog kutusunda ayarlanabilir.



4. **Mux:** Sonlu sayıda skaler giriş sinyallerini bir çıkış sinyali matrisi üretecek tarzda birleştiren bloktur.



5. **Gösterge(Display):** Giriş sinyalinin o anki değerini gösterir.



6. **Görüntüleme(Scope):** Skaler veya vektör sinyallerini osiloskoptakine benzer tarzda grafik olarak gösteren bloktur.



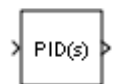
7. **Sabit(Constant):** Sabit bir sayısal değer üreten bloktur. Sabit, bir skaler veya vektör olabilir.



8. **Basamak/Adım(Step):** Basamak/Adım fonksiyonu üretir.



9. **PID:** PID kontrolünü ayarlayabilen bloktur.





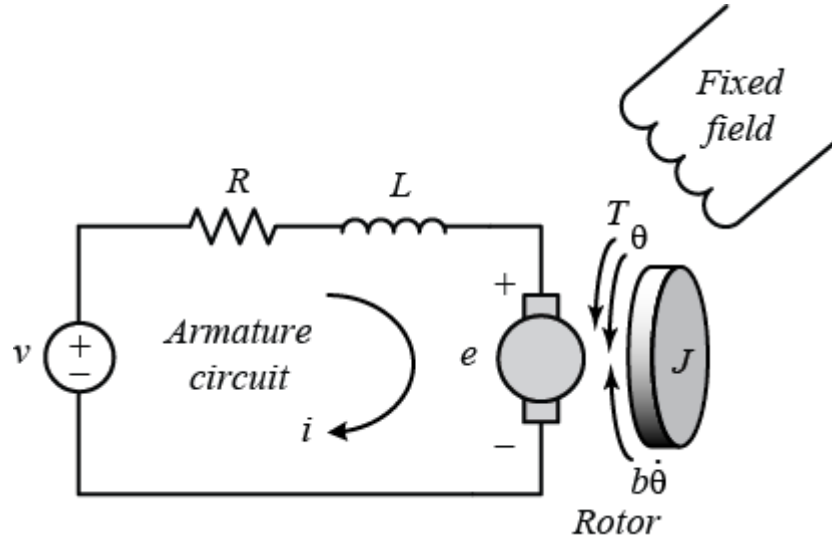
#### 4 DENEYİN ÖNEMİ VE KULLANILDIĞI ALANLAR:

PID (Proportional-Integrator-Derivative) elektrik, hidrolik ve mekanik sistemlerde en çok kullanılan kontrol sistemidir. Kontrol sisteminden sistemdeki hatayı telafi eden yani hatayı sifira indirgeyen bir yapı anlaşılmalıdır. Birçok PID kontrolcü sahada intibak edilir ve literatürdeki birçok yaklaşım kullanılarak ayarlaması yapılabilir. Bu yaklaşımlar ile sahada hassas ve ince ayarları dahi yapılabilir. Ayrıca; otomatik ayarlama metotları da kullanılabilir. Endüstride bir çoğu uygulandığı gibi kazanç katsayıları belirli program ve zaman dâhilinde değiştirilebilir.

PID kontrolün faydası, birçok kontrol sistemine genel uygulanabilirliğinin bir sonucudur. Genel olarak sistemin matematik modeli bilinmediği zaman analitik yöntemler uygulanamaz; ancak PID kontrol kendini bu bakımdan kanıtlamış durumdadır. PID kontrol genel olarak tatmin edici kontrol sonuçları verse de optimum kontrol sağlayamaz.

#### 5 DENEYİN YAPILIŞI:

Kontrol sistemlerinde çok kullanılan sistemlerden biri de DC motordur. Dc motorun elektriksel ve mekanik modeli aşağıda görülmektedir:



Bu modelden yola çıkarak DC motora ilişkin diferansiyel denklemleri yazabiliriz ve elde ettiğimiz model sayesinde gerekli simülasyonları gerçekleştirebiliriz. Motorun ürettiği Tork,  $T$ , armatür akımı,  $i$ , ve  $K_t$  sabiti ile çarpımına eşittir. Ters emk kuvveti ( $e$ ) ile açısal hız arasında da şu ilişki vardır:

$$T = K_t i$$
$$e = K_e \dot{\theta}$$

SI birim sisteminde  $K_t$  (Armatür sabiti) ile  $K_e$  motor sabiti eşittir.

## 5.1 Sistemin Matematiksel Denkleminin Elde Edilmesi

Sistem, rotorun atalet momentine etkiyen bütün torkların toplanması ve ivmenin integrali ile hızın elde edilmesiyle modellenecektir. Ayrıca armatür akımına Kirchoff yasaları uygulanacaktır. Newton ve Kirchoff kanunlarını sisteme uyguladığımızda aşağıdaki denklemleri elde ederiz:

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} = T - b \frac{d\theta}{dt} \implies \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{1}{J} (K_t i - b \frac{d\theta}{dt})$$
$$L \frac{di}{dt} = -Ri + V - e \implies \frac{di}{dt} = \frac{1}{L} (-Ri + V - K_e \frac{d\theta}{dt})$$

İvmenin integralini alarak hızı, akımın türevinin integralini alarak da akımı elde ederiz:

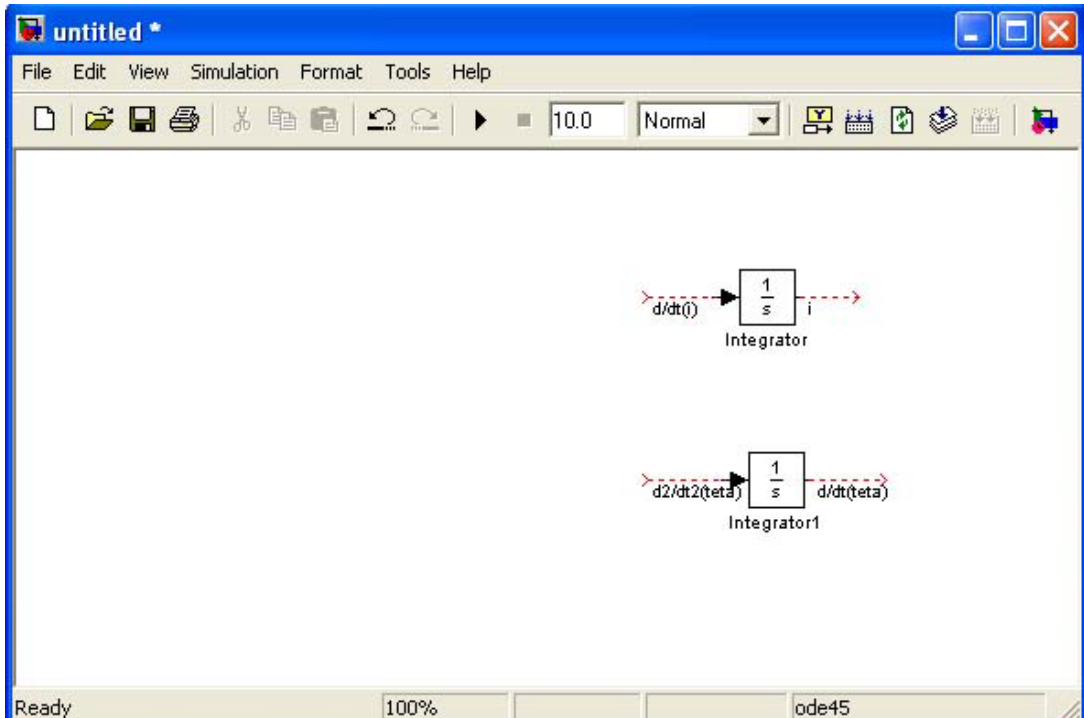
$$\int \frac{d^2\theta}{dt^2} dt = \frac{d\theta}{dt}$$
$$\int \frac{di}{dt} dt = i$$

Sisteme ait denklemler elde edildiğine göre DC motorun modeli Simulink'te oluşturulabilir.

## 5.2 DC Motorun Simulink ile Modellenmesi

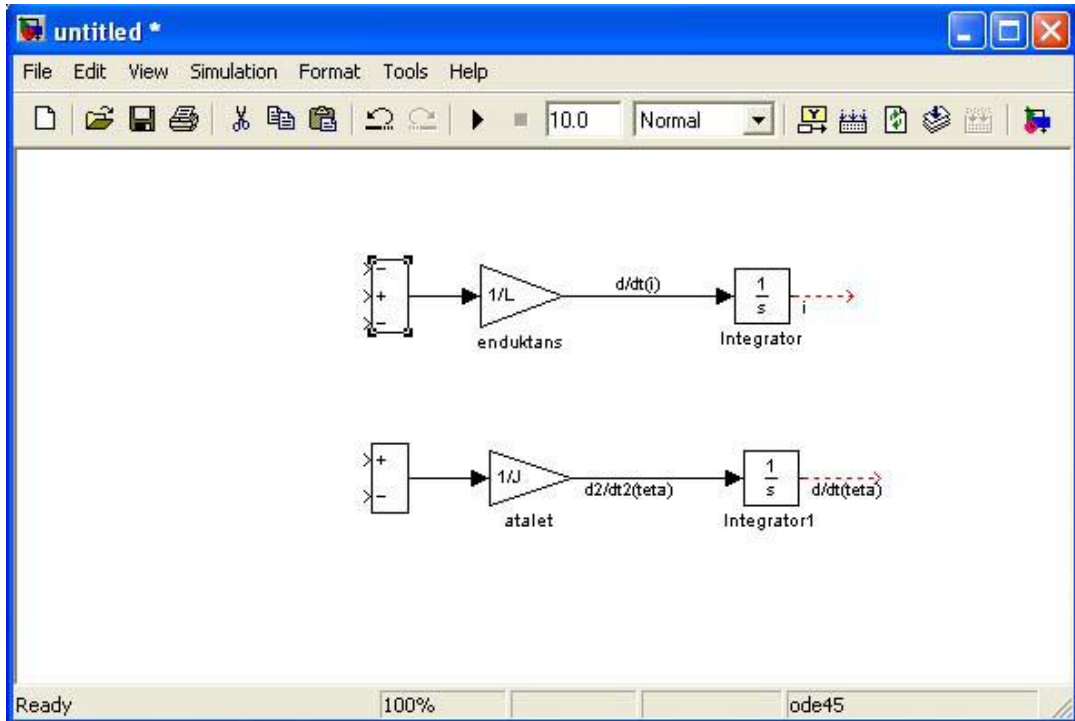
Sistemimizde akımın türevinin integralini alarak akımı, dönme açısının ikinci türevinin integralini alarak, açının birinci türevini yani açısal hızı elde edeceğiz.

- Öncelikle boş bir Simulink sayfası açınız.
- Ardından iki adet integral bloğunu (continous kütüphanesinden) yerleştiriniz.
- Integral bloklarının giriş ve çıkışlarını şekildeki gibi isimlendirin. Bunun için integrallerin giriş ve çıkışlarını uzatın, ardından da sinyallerin hemen üzerlerindeki boşluğa tıklayınız.



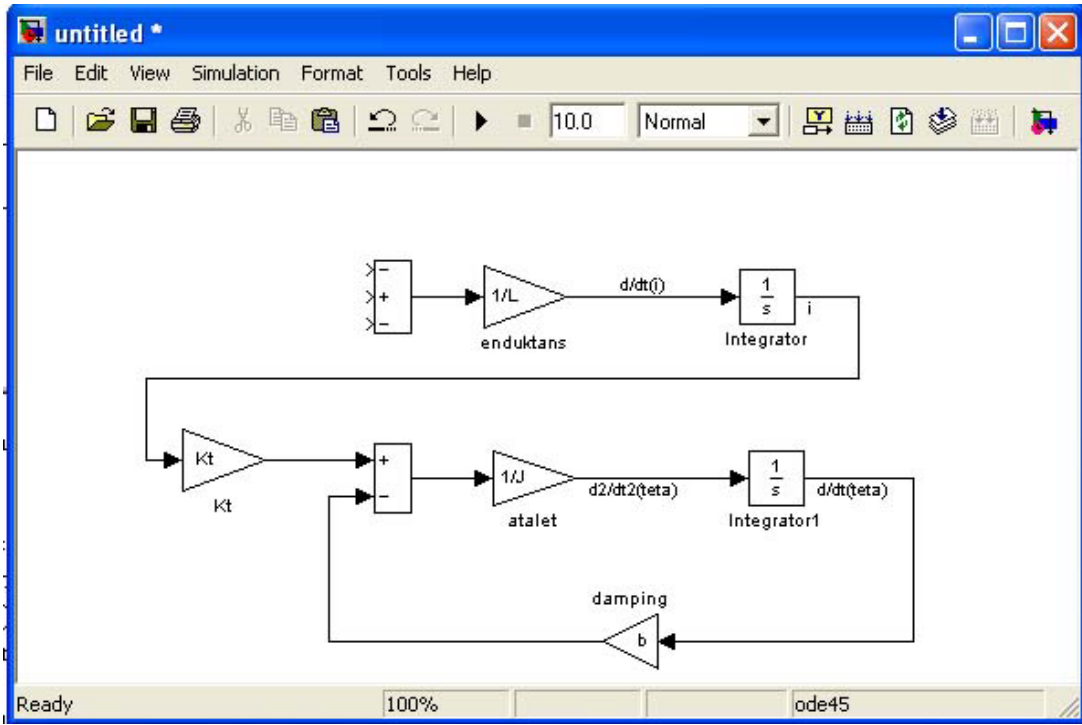
Açısal ivme biri pozitif biri negatif olmak üzere iki terimin toplamının  $1/J$  ile çarpımına eşit. Benzer şekilde akımın türevi de bir pozitif, 2 negatif terimin toplamının  $1/L$  ile çarpımına eşit.

- İki adet Gain bloğu ekleyerek (linear blok kütüphanesinden) integratorlerin girişlerine bağlayın.
- Gain bloklarına çift tıklayarak açılan pencerede value bölümlerine sırasıyla  $1/J$  ve  $1/L$  değerlerini yazın
- Bloklara enduktans ve atalet isimlerini verin.
- İki adet Sum (toplama) bloğu ekleyin. Çıktılarını da sırasıyla Gain bloklarının girişlerine bağlayın. Şekillerini de daha iyi görünmeleri için "rectangular" biçimine getirin.
- Toplama bloklarının diyalog kutularını açarak işaretlerini sırasıyla "+-" ve "-+" şekline getirin.



Şimdi Newton denklemiyle ifade edilen tork toplamını elde edeceğiz. İlk olarak tork kaybını elde edeceğiz.

- Atalet bloğunun altına bir adet Gain blok ekleyin. Ardından bloğu seçili hale getirin ve Format menüsünden "Flip" seçeneğini seçerek bloğun yönünü tersine çevirin.
- Gain değerini "b" olarak girin ve bloğu "damping" olarak adlandırın.
- Altteki integral bloğunun çıkışını alarak damping bloğunun girişine bağlayın
- Damping bloğunun çıkışını alttaki toplam bloğunun negatif girişine bağlayın. Ardından armatürden gelen torku ekliyoruz:
- Bir gain bloğu ekleyin ve bu bloğu alttaki integral bloğunun pozitif girişine bağlayın.
- Değer olarak "k" girin ve bu sabiti Kt olarak adlandırın.
- Üstteki integratorün çıkışını Kt bloğuna bağlayın.

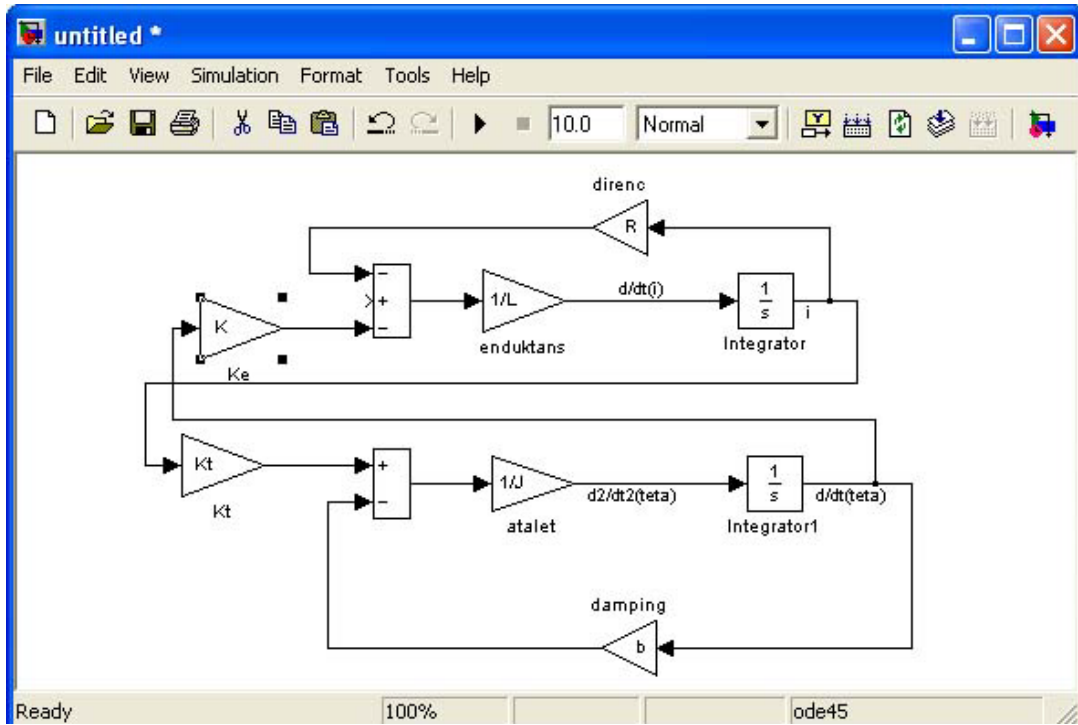


Şimdi de Kirchoff yasası yardımıyla yazdığımız voltja bileşenlerini oluşturacağız.İlk olarak sargı direncindeki voltaj düşümünü ekleyeceğiz.

- Endüktans bloğunun üstüne bir gain bloğu ekleyin ve yönünü ters çevirin.
- Kazanç(gain) değerini "R" olarak verin ve bu bloğu "direnc" adlandırın.
- Akım (i) çıkışından bir dal alarak (Ctrl'ye basılı tutarak çizin) direnc bloğunun girişine bağlayın.
- Direnc bloğunun çıkışını üstteki toplama bloğunun en üstündeki negatif girişe bağlayın.

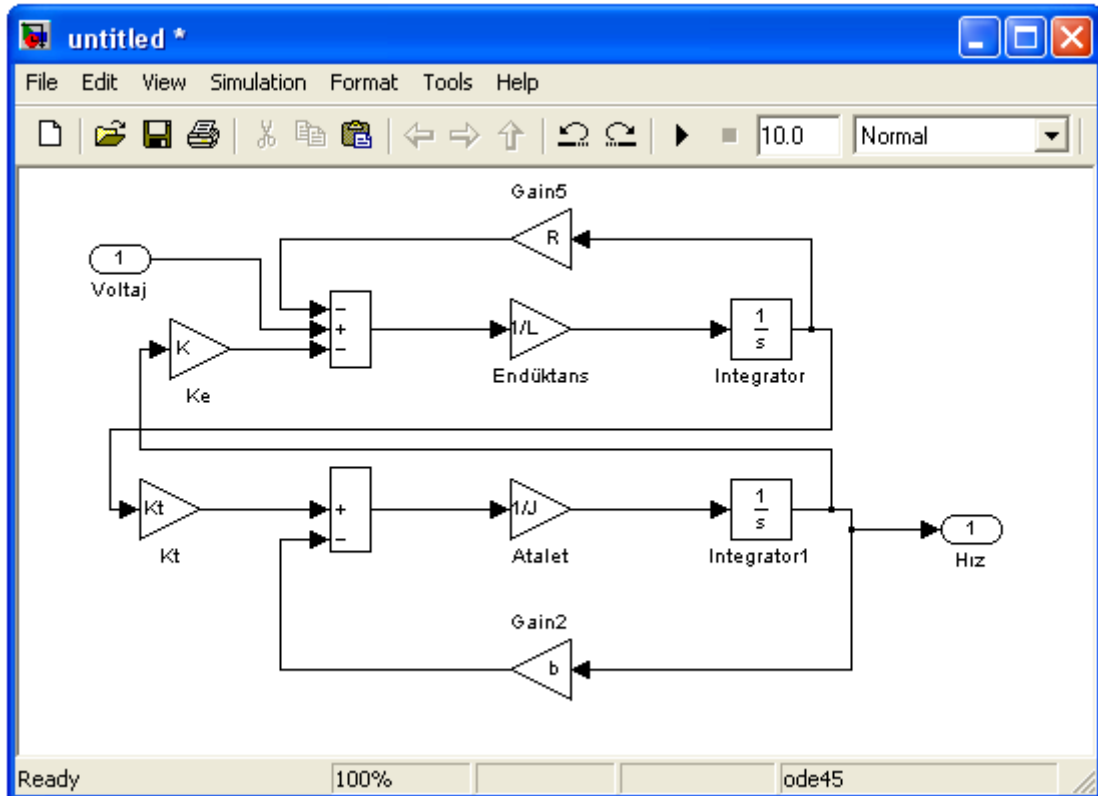
Ters emk 'yı ekleyelim:

- Üstteki toplama bloğunun negatif girişine bağlanmış bir gain bloğu ekleyin.Değerini K olarak belirleyin ve "Ke" ismini verin.
- Açısal hız (d/d(teta) çıkışından bir dal alarak Ke bloğunun girişine bağlayın.



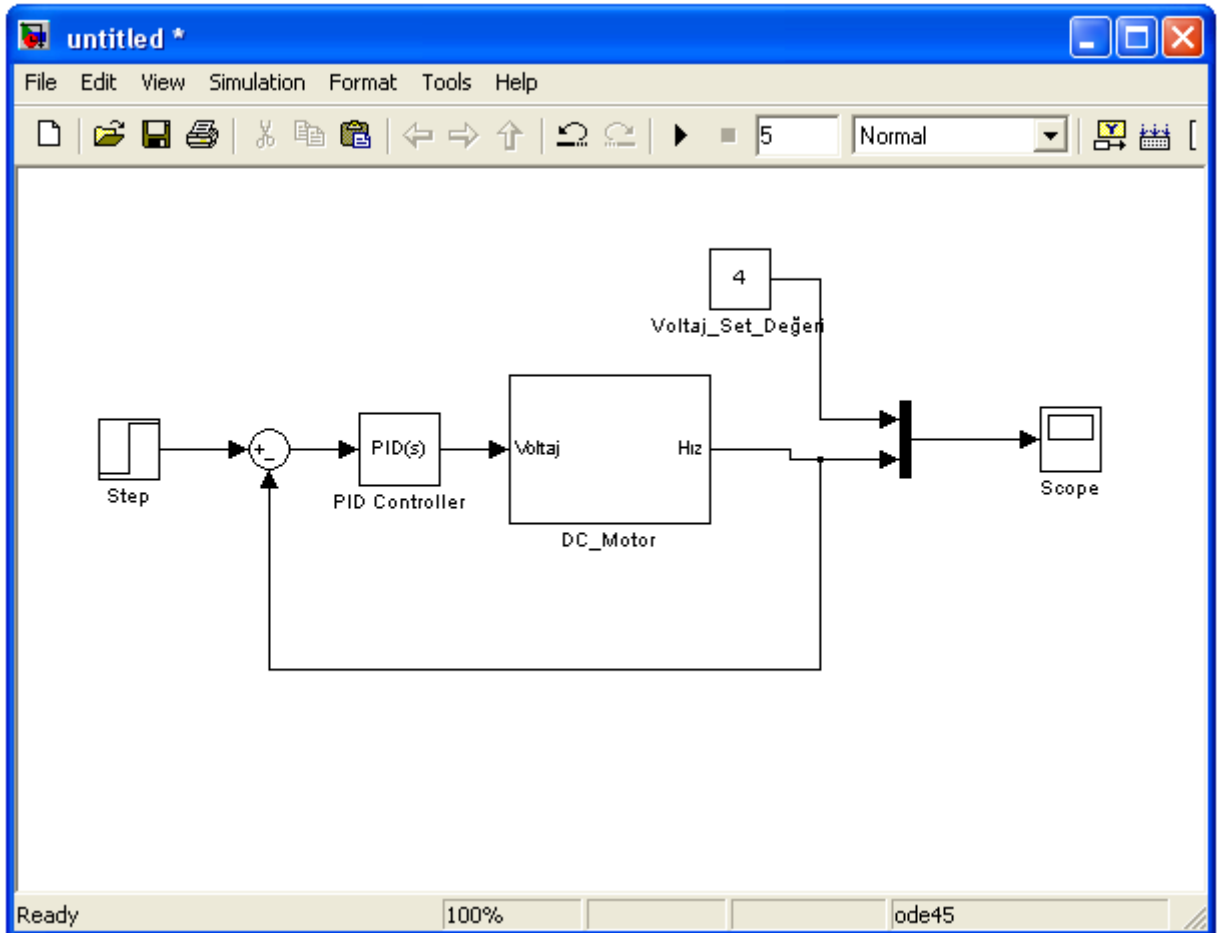
Kirchoff denklemindeki 3. bileşen de kontrol girişine Voltaj değişkeni ve DC motorun hızı için hız değişkeni uygulanacaktır. Bunun için;

- "Commonly Used " blok kütüphanesinden bir adet "In" bloğunu üstteki toplam bloğunun pozitif girişine bağlayın.
- Sistemin çıkışı olan açısal hızı gözlemleyebilmek için "Commonly Used " blok kütüphanesinden bir adet "Out" bloğunu d/dt(teta) çıkışına bağlayın.



Motor-Board deney düzeneğinde bulunan DC motorun modeli oluşturulmuştur. Sisteme PID kontrolör eklemek için aşağıdaki işlemler yapılır.

- Oluşturulan DC motor modelinin tüm elemanları seçilerek “Edit” menüsünden “Create Subsystem” sekmesi seçilir.
- “Continuous” blok kütüphanesinden PID kontrolör DC motor modelinin Voltaj girişine bağlanır.
- "Commonly Used " blok kütüphanesinden bir adet “Sum” bloğu PID bloğunun girişine bağlanır.
- "Sources " blok kütüphanesinden bir adet Step bloğunu toplam bloğunun pozitif girişine bağlayın.
- "Signal Routing" blok kütüphanesinden “Mux” blok girişine DC motor hız çıkışını ve “Constant” bloğunu bağlayın.
- Sistemin çıkışı olan açılmal hızı ve Voltaj set değeri gözlemleyebilmek için Mux” blok çıkışına "Sinks" blok kütüphanesinden Scope bloğunu modele ekleyin.



$$J=0.01\text{kgm}^2/\text{s}^2$$

$$b=0.25\text{Nms}$$

$$K=K_e=K_t=0.1\text{Nms/Amp}$$

$$R=1\text{ ohm}$$

$$L=0.5\text{ H}$$

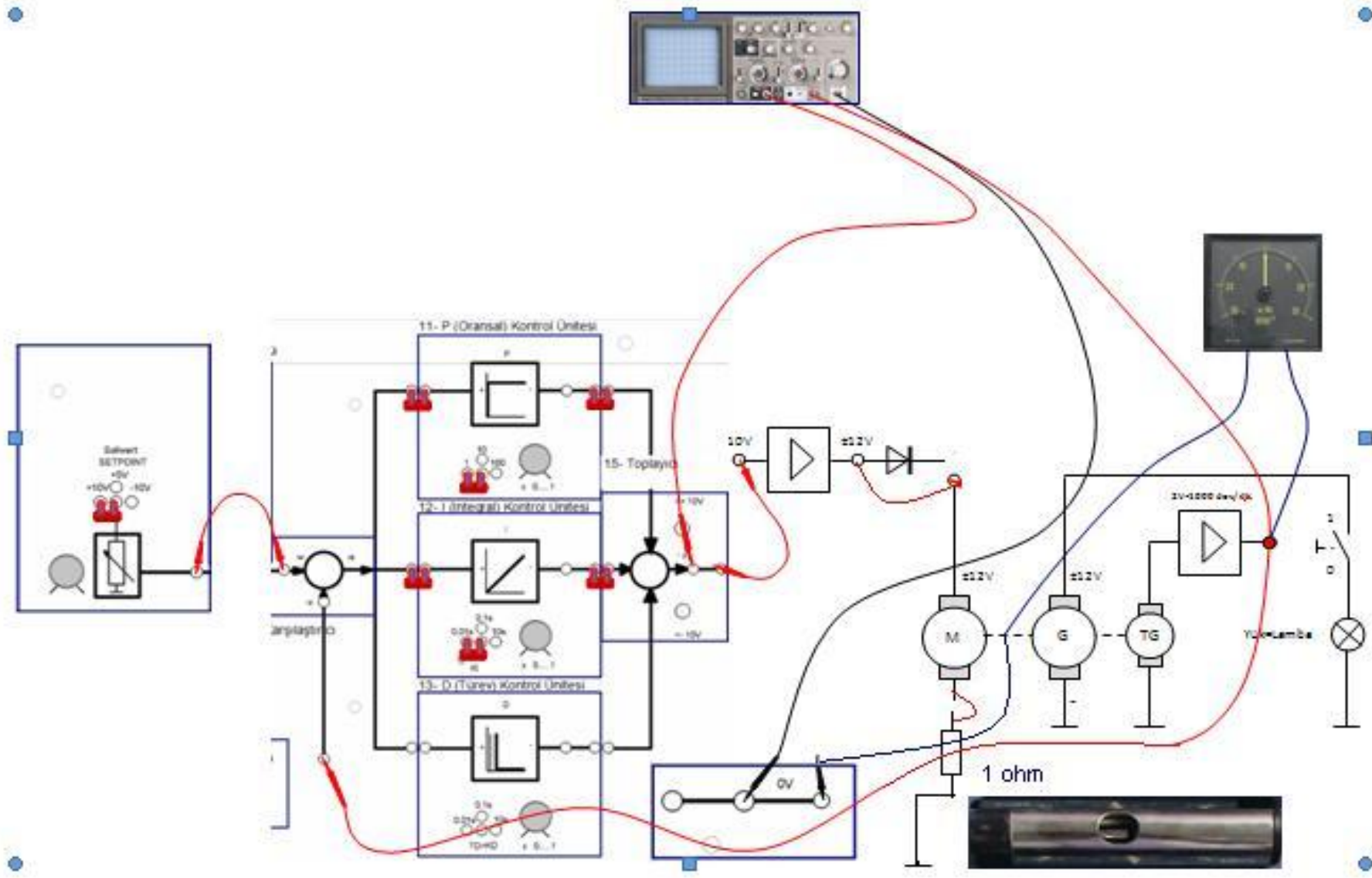
$$\text{Voltaj Girişi: } 4\text{V}$$

$$K_p=100$$

$$K_i=10$$

$$K_d=0$$

T/div:0,1ms  
CH1:V/div:5V  
CH2:V/div:2V-çık



### 5.3 Gerçek Sistem ile Kontrol

1. Osilaskobun T/div düğmesini 0,5 ms konumuna kanalların V/div düğmelerini giriş için 2 V/div, çıkış için 5 V/div durumuna getiriniz.
2. DC set değerini +10 V'a köprüleyiniz. Set değerini % 50'ye (yaklaşık 5 V) ayarlayınız.
3. DC set (set point) çıkışını kullanacağınız motor sürücü girişine bağlayınız.
4. Kullanacağınız motor-generatör-tako generatör grubunun tako generatör çıkışına devir göstergesini bağlayınız.
5. DC set değerini değiştirerek motor devrini 2000 devire (devir göstergesinden takip ediniz) ayarlayınız. Bu motor için set değeridir.



6. Yük olarak on-off anahtar kontrollü bir lambayı devreye sokunuz.



7. Devir göstergesinden motor devrinin kaç devre (yaklaşık 1500 devir) düştüğünü gözleyiniz. Devir sayısını kaydediniz
8. DC set çıkışını motor sürücü girişinden ayırınız.
9. DC Set çıkışını karşılaştırıcı girişine bağlayınız.
10. Karşılaştırıcı ünitesinin çıkış ucunu P ünitesi girişine bağlayınız.
11. P ünite giriş ve çıkışlarını karşılaştırıcı ve toplayıcıya köprüleyiniz.
12. Toplayıcı çıkışını kullanacağınız motor-generatör-tako generatör grubunun motor sürücünün girişine bağlayınız.
13. Motor sürücü çıkışını motora bağlayınız.
14. Tako generatör çıkışını devir göstergesine ve karşılaştırıcı geri besleme girişine bağlayınız.
15. Osilaskop kanallarından birini toplayıcı çıkışına diğerini karşılaştırıcı geri besleme terminaline bağlayınız.



16. Motor devrinin 2000 devirden yaklaşık 1000 devir azalmayla 1000 devire düştüğünü gözleyiniz (P ünitesinin KP miktarına bağlı olarak çıkışının değişmesi bu düşüşü oluşturmuştur).

17. DC Set değerini arttırarak ve devir göstergesinden izleyerek motor devrinin yeniden 2000 devir olmasını sağlayınız. Devir sayısını kaydediniz



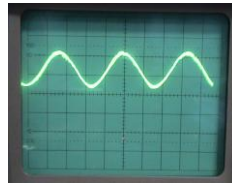
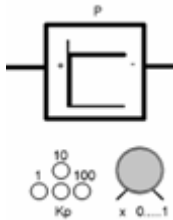
18. Yük olarak kullandığımız on-off anahtar kontrollü lambayı tekrar devreye alınız.



19. Motor devrinin 200 devir düşerek 1800 devire indiğini gözlemleyiniz. Devir sayısını kaydediniz. Lambayı devreden ayırınız



20. P ünitesinin KP değerlerini ayarlayarak ve osilaskop ekranından takip ederek motorun düşen devrini yükseltmeyi deneyiniz. Devri yükseltmeyi denediğinizde osilaskop ekranında salınımların başladığını ve motorda bu salınımların istenmeyen ve zararlı bir durum meydana getirdiğini, motor gürültüsünün arttığını yani kararlı bir çalışma gerçekleşmediğini bu nedenle KP miktarını daha fazla arttırılamadığını gözlemleyiniz.



21. P ünitesinin tek başına düşen motor devrini yükseltmeye veya düzeltmeye yetmediğini görürüz. Bunun sebebini tartışınız.

22. I ünitesini giriş ve çıkış köprüleriyle devreye ekleyiniz.

23. P ünitesinin KP ayarını salınım olmayacak bir miktara kadar arttırınız ve I ünitesinin Ti süresini en kısa süreye alınız.

24. DC Set değerini arttıarak ve devir göstergesinden izleyerek motor devrinin yeniden 2000 devir olmasını sağlayınız. Devir göstergesinden motor devrini okuyarak kaydediniz (2000devir)



25. Yük olarak kullandığımız on-off anahtar kontrollü lambayı tekrar devreye alınız.



26. Motor devrinin yükten etkilenmediğini ve 2000 devirde sabit kaldığını gözlemleyiniz.



## 6 İSTENENLER:

1. Öğrencinin devreyi simülasyon programıyla simüle etmesi ve devreyi kurarak alıştırması istenir.
2. Deneyin yapılısını kısaca açıklayınız.
3. PID kontrolü hakkında bilgi veriniz; P, PI, PD ve PID kontrol etkileri neticesinde olan grafikleri yorumlayarak açıklayınız.
4. DC Motor Devrinin neden yükten etkilenmediğini açıklayınız.
5. PID kontrol isleminin uygulanabileceęi mekanik sistemlere örnekler veriniz.
6. Ziegler-Nichols Metodundan kısaca bahsediniz.