



## İÇİNDEKİLER

### 1.BÖLÜM:DC MAKİNALAR

#### **1.1. Yabancı Uyarımlı Dinamonun Boş Çalışma Karakteristiği**

|  |    |
|--|----|
| 1.1.1. Teorik Bilgi.....               | 4  |
| 1.1.2. Bağlantı Şeması.....            | 6  |
| 1.1.3. Deneyin Yapılışı.....           | 7  |
| 1.1.4. Deneyde Kullanılan Aletler..... | 8  |
| 1.1.5. Deneyde Alınan Değerler.....    | 9  |
| 1.1.6. Sorular ve Yanıtlar.....        | 10 |

#### **1.2. Yabancı Uyarımlı Dinamonun Yük Karakteristiği**

|  |    |
|--|----|
| 1.2.1. Teorik Bilgi.....               | 11 |
| 1.2.2. Bağlantı Şeması.....            | 13 |
| 1.2.3. Deneyin Yapılışı.....           | 14 |
| 1.2.4. Deneyde Kullanılan Aletler..... | 14 |
| 1.2.5. Deneyde Alınan Değerler.....    | 15 |
| 1.2.6. Sorular ve Yanıtlar.....        | 16 |

#### **1.3. Yabancı Uyarımlı Dinamonun Dış Karakteristiği**

|  |    |
|--|----|
| 1.3.1. Teorik Bilgi.....               | 17 |
| 1.3.2. Bağlantı Şeması.....            | 19 |
| 1.3.3. Deneyin Yapılışı.....           | 20 |
| 1.3.4. Deneyde Kullanılan Aletler..... | 21 |
| 1.3.5. Deneyde Alınan Değerler.....    | 21 |
| 1.3.6. Sorular ve Yanıtlar.....        | 23 |

#### **1.4. Yabancı Uyarımlı Dinamonun Ayar Karakteristiği**

|  |    |
|--|----|
| 1.4.1. Teorik Bilgi.....               | 24 |
| 1.4.2. Bağlantı Şeması.....            | 25 |
| 1.4.3. Deneyin Yapılışı.....           | 25 |
| 1.4.4. Deneyde Kullanılan Aletler..... | 26 |
| 1.4.5. Deneyde Alınan Değerler.....    | 27 |
| 1.4.6. Sorular ve Yanıtlar.....        | 27 |

#### **1.5. Şönt Uyarımlı Dinamonun Boş Çalışması ve Kendi Kendini Uyarması**

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 1.5.1. Teorik Bilgi.....     | 28 |
| 1.5.2. Bağlantı Şeması.....  | 31 |
| 1.5.3. Deneyin Yapılışı..... | 31 |



|   |    |
|---|----|
| 1.5.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....                  | 32 |
| 1.5.5. Deneyde Alınan Değerler.....                     | 33 |
| 1.5.6. Sorular ve Yanıtlar.....                         | 35 |
| <b>1.6. Şönt Uyarımlı Dinamonun Yük Karakteristiği</b>  |    |
| 1.6.1. Teorik Bilgi.....                                | 36 |
| 1.6.2. Bağlantı Şeması.....                             | 37 |
| 1.6.3. Deneyin Yapılışı.....                            | 38 |
| 1.6.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....                  | 38 |
| 1.6.5. Deneyde Alınan Değerler.....                     | 39 |
| 1.6.6. Sorular ve Yanıtlar.....                         | 41 |
| <b>1.7. Şönt Uyarımlı Dinamonun Dış Karakteristiği</b>  |    |
| 1.7.1. Teorik Bilgi.....                                | 42 |
| 1.7.2. Bağlantı Şeması.....                             | 44 |
| 1.7.3. Deneyin Yapılışı.....                            | 45 |
| 1.7.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....                  | 46 |
| 1.7.5. Deneyde Alınan Değerler.....                     | 46 |
| 1.7.6. Sorular ve Yanıtlar.....                         | 49 |
| <b>1.8. Şönt Uyarımlı Dinamonun Ayar Karakteristiği</b> |    |
| 1.8.1. Teorik Bilgi.....                                | 50 |
| 1.8.2. Bağlantı Şeması.....                             | 51 |
| 1.8.3. Deneyin Yapılışı.....                            | 52 |
| 1.8.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....                  | 53 |
| 1.8.5. Deneyde Alınan Değerler.....                     | 53 |
| 1.8.6. Sorular ve Yanıtlar.....                         | 55 |
| <b>1.9. Kompunt Dinamo Dış Karakteristiği</b>           |    |
| 1.9.1. Teorik Bilgi.....                                | 56 |
| 1.9.2. Bağlantı Şeması.....                             | 58 |
| 1.9.3. Deneyin Yapılışı.....                            | 59 |
| 1.9.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....                  | 59 |
| 1.9.5. Deneyde Alınan Değerler.....                     | 59 |
| 1.9.6. Sorular ve Yanıtlar.....                         | 60 |
| <b>1.10. Şönt Motorun Dış Karakteristiği</b>            |    |
| 1.10.1. Teorik Bilgi.....                               | 61 |
| 1.10.2. Bağlantı Şeması.....                            | 62 |



|   |    |
|---|----|
| 1.10.3. Deneyin Yapılışı.....                           | 63 |
| 1.10.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....                 | 64 |
| 1.10.5. Deneyde Alınan Değerler.....                    | 64 |
| 1.10.6. Sorular ve Yanıtlar.....                        | 66 |
| <b>1.11. Şönt Motorun Yük Karakteristiği</b>            |    |
| 1.11.1. Teorik Bilgi.....                               | 67 |
| 1.11.2. Bağlantı Şeması.....                            | 68 |
| 1.11.3. Deneyin Yapılışı.....                           | 69 |
| 1.11.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....                 | 69 |
| 1.11.5. Deneyde Alınan Değerler.....                    | 70 |
| 1.11.6. Sorular ve Yanıtlar.....                        | 72 |
| <b>1.12. Şönt Motorun Ayar Karakteristiği</b>           |    |
| 1.12.1. Teorik Bilgi.....                               | 73 |
| 1.12.2. Bağlantı Şeması.....                            | 74 |
| 1.12.3. Deneyin Yapılışı.....                           | 74 |
| 1.12.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....                 | 74 |
| 1.12.5. Deneyde Alınan Değerler.....                    | 75 |
| 1.12.6. Sorular ve Yanıtlar.....                        | 76 |
| <b>1.13. Seri Motor Dış ve Moment Karakteristikleri</b> |    |
| 1.13.1. Teorik Bilgi.....                               | 77 |
| 1.13.2. Bağlantı Şeması.....                            | 80 |
| 1.13.3. Deneyin Yapılışı.....                           | 81 |
| 1.13.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....                 | 81 |
| 1.13.5. Deneyde Alınan Değerler.....                    | 81 |
| 1.13.6. Sorular ve Yanıtlar.....                        | 83 |
| <b>1.14. Kompunt Motor Dış Karakteristiği.</b>          |    |
| 1.14.1. Teorik Bilgi.....                               | 84 |
| 1.14.2. Bağlantı Şeması.....                            | 85 |
| 1.14.3. Deneyin Yapılışı.....                           | 86 |
| 1.14.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....                 | 87 |
| 1.14.5. Deneyde Alınan Değerler.....                    | 88 |
| 1.14.6. Sorular ve Yanıtlar.....                        | 89 |



## BÖLÜM 1:DOĞRU AKIM MAKİNASI DENEYLERİ

### Deney No:1

### Deney Adı : Yabancı Uyartımlı Dinamonun Boş Çalışma Karakteristiği

#### Teorik Bilgi

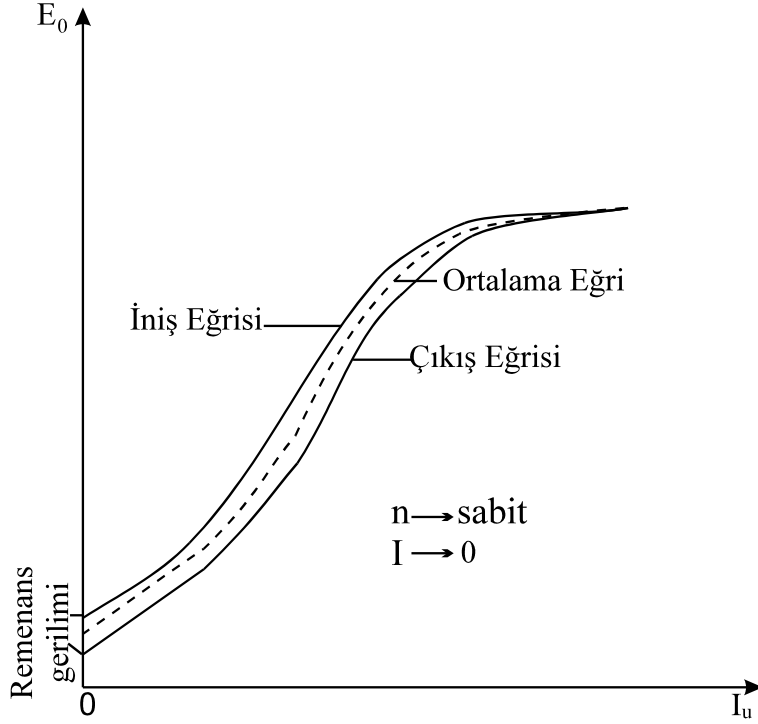
Yabancı uyartımlı dinamolarda kutup sargıları dışarıdan bir d.c. kaynağı ile beslenerek gerilim elde edilir. D.C. makinalarında yabancı uyartım uçları J-K harfleri ile belirtilir. Kutup beslemesi için ayrı bir d.c. kaynağına ihtiyaç göstermeleri kullanım alanlarını sınırlar.

#### **Boş Çalışma Karakteristiği**

Y.U.D.'nun boş çalışma karakteristiği, devir sayısı (n) sabit ve dış devre akımı sıfırken ( $I=0$ ); uyartım akımı ( $I_u$ ) ile kutup gerilimi (E) arasındaki bağıntıdır.

Bilindiği gibi dinamonun endüvisinde endüklenen emk,  $E=K.Ø.n$  olarak ifade edilir. Deneyde Ø manyetik akısı ile E geriliminin değişimi incelenecektir. Formülden de görüldüğü gibi bu iki büyüklük birbiriyle doğru orantılıdır. Ancak bu tam bir doğru orantı değildir. Alınan değerler bir grafik kağıdına aktarılırsa Şekil-1'deki eğri elde edilir.

Dinamo daha önceden çalıştırıldıysa kutuplarında bu çalışmadan dolayı kalıcı bir "artık mıknatısiyet" olur. Bu nedenle ilk anda uyrtım devresi açıkken yani  $I_u=0$  iken dinamo normal devri ile döndürülürse kutuplarda küçük bir gerilim okunur. Bu gerilime "remenans gerilimi" denir. Bu bütün d.c. makinalarında vardır. Ancak makina ilk imal edildiğinde olmayabilir. Fabrika çıkışında kontrol için makinanın çalıştırılacağı düşünülürse bütün makinalarda olduğu söylenebilir. Deneyde çizilecek eğrinin başlangıç noktasının bulunabilmesi için remenans geriliminin ölçülmesi gerekir.



Şekil-1: Yabancı Uyartımlı Dinamonun Boş Çalışma Karakteristik Eğrisi.

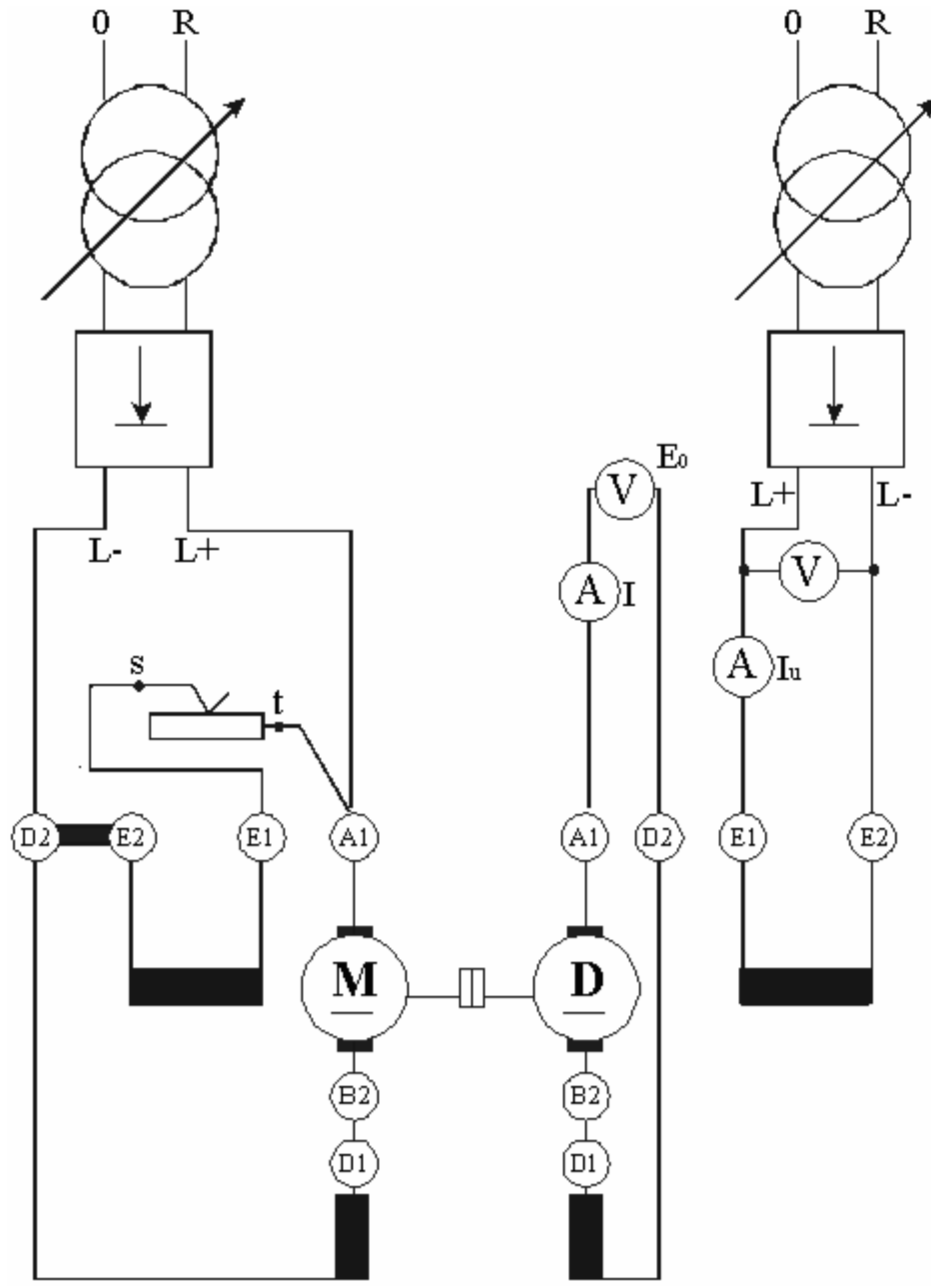
Şekil-1'e dikkat edilirse üç tane eğri olduğu görülür. Bunlardan 1 nolu eğri çıkış eğrisidir ve uyartım akımı artışıyla gerilimin değişimini gösterir. Uyartım akımının belli bir değerine kadar gerilimin artışı doğrusaldır. Ancak belli bir uyartım akımından sonra gerilim artışı yavaşlar ve nihayet durur. Akım arttığı halde gerilimin değişmemesinin nedeni kutuplardaki doyma olayıdır. Manyetik nüve doyuma ulaştığından artık daha fazla akı geçiremez. Dolayısıyla  $\Phi$  artmaz ve gerilim sabit kalır. Doyma noktasından sonra akım artışına devam edilmemelidir. Aksi halde sargılar aşırı ısınır ve motor zarar görebilir.

2 nolu eğride ise uyartım akımının azaltılarak gerilimin değişimi görülmektedir. Buna iniş eğrisi adı verilir. Dikkat edilirse iniş ve çıkış eğrilerindeki gerilim değerleri aynı akım için eşit değildir. Dinamo çalıştığından kutuplardaki artık mıknatısiyet fazlaşmıştır. Bu da toplam  $\Phi$  akısının artması demektir. Bu nedenle iniş ve çıkış eğrileri üst üste çıkmaz.  $\Phi$  arttığından iniş eğrisindeki gerilim değerleri daha yüksektir. Pratikte ise bu iki eğrinin ortalaması olan 3 nolu eğri kullanılır.

Deney yapılırken dikkat edilecek en önemli nokta uyartım direncinin daima aynı yönde hareket ettirilmesidir. Yani çıkış eğrisi değerleri alınırken devreden çıkacak şekilde, iniş eğrisinde de ters yönde hareket etmelidir. Kesinlikle ileri-geri

oynatılmamalıdır. Bu durumda  $\emptyset$  sürekli değiştiğinden alınan değerler ve çizilen eğriler hatalı olur. Dinamo ilk defa çalıştırılmış olsa çıkış eğrisi sıfırdan başlar. Ancak kutuplarında bir artık mıknatısiyet varsa bu durumda eğriler remenans gerilimi kadar yukarıdan başlar.

### Bağlantı Şeması





### **Denevin Yapılışı**

1. Şekildeki bağlantıyı kurunuz ve ilgili öğretim elemanına kontrol ettirmeden devreye enerji vermeyiniz.
2. Uyarım devresi uçları açıkken dinamo motor aracılığı ile nominal devir sayısında döndürülür.
3. Devir sayısı deney boyunca sabit tutulur.
4. Uyarım devresine ayarlı güç kaynağı ile kademe kademe gerilim uygulanır, çıkış eğrisinin düzgün çıkması için bu aşamada gerilim azaltılmamalıdır.
5. Her uyarım gerilimi için uyarım akımı  $I_u$  ve dinamo EMK değeri E tabloya kaydedilir.
6. E Değeri nominalin 1,2 katına ulaşınca kadar işleme devam edilir.
7. Buradan sonra iniş eğrisi elde etmek için uyarım gerilimi kademe kademe azaltılır.
8. Her kademede alınan  $I_u$  ve E değerleri kaydedilir.
9. Alınan değerler yardımıyla dinamomonun  $E=f(I_u)$  boş çalışma karakteristiği çizilir.

### **Denejde Kullanılan Aletler**

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |



**Deneyde Alınan Değerler**

| Gözlem No | n (d/dk) | Çıkış Eğrisi |            | İniş Eğrisi |            |
|-----------|----------|--------------|------------|-------------|------------|
|           |          | E (Volt)     | Iu (Amper) | E (Volt)    | Iu (Amper) |
| 1         | SABİT    |              |            |             |            |
| 2         |          |              |            |             |            |
| 3         |          |              |            |             |            |
| 4         |          |              |            |             |            |
| 5         |          |              |            |             |            |
| 6         |          |              |            |             |            |
| 7         |          |              |            |             |            |
| 8         |          |              |            |             |            |
| 9         |          |              |            |             |            |
| 10        |          |              |            |             |            |
| 11        |          |              |            |             |            |
| 12        |          |              |            |             |            |

**Sorular ve Yanıtlar**

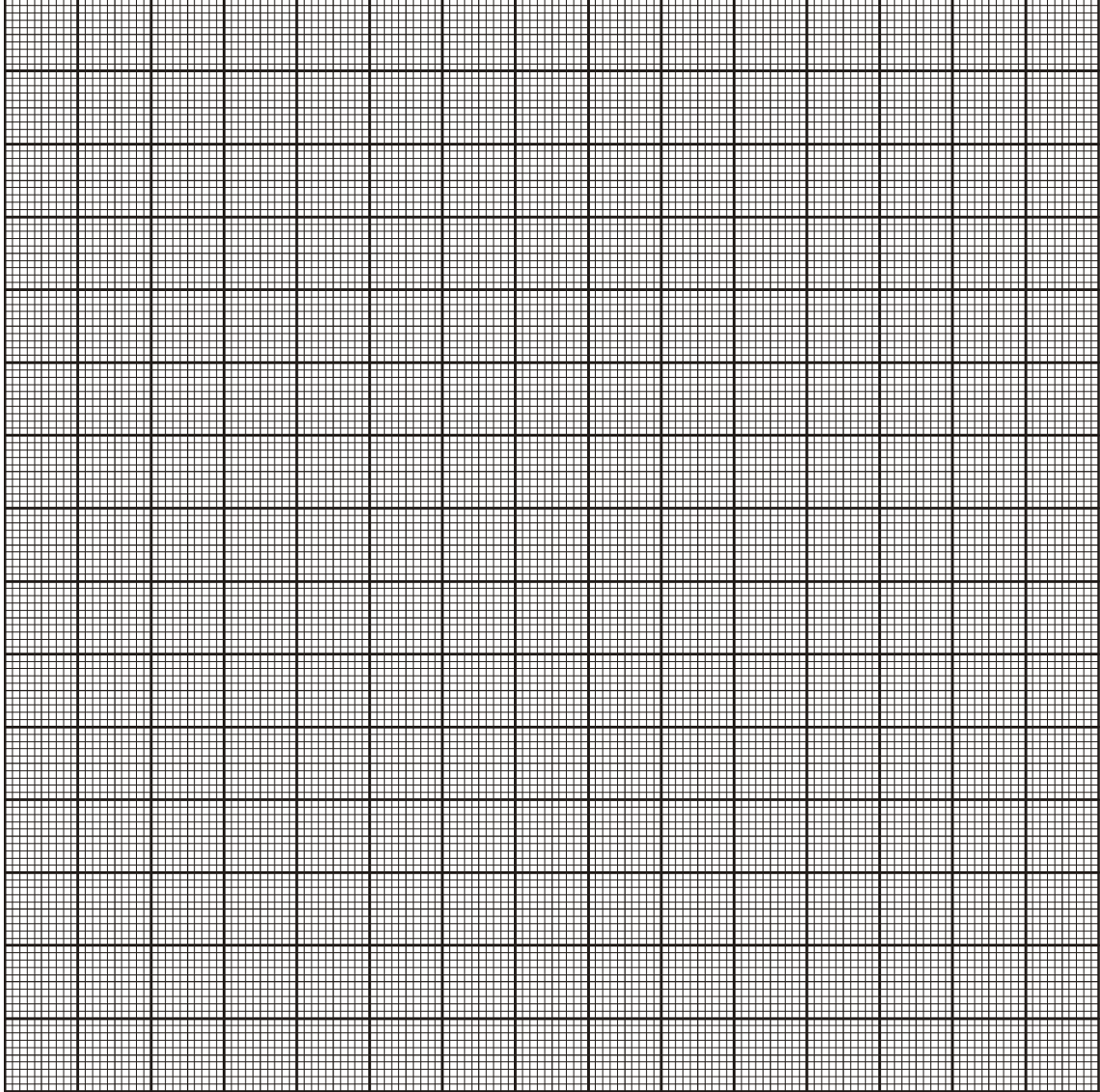
1-) Dinamoların boş çalışma karakteristiklerinde iniş ve çıkış eğrisi olarak iki eğri elde edilmesinin sebebi nedir?

2-) Aynı değerdeki akım artışı için başta ve sondaki gerilim artış oranları nasıldır?





3-) Denede aldığınız değere göre  $E_0=f(I_u)$  boş çalışma eğrisini çiziniz.



Ölçek:

4-) Uyartım akımını çok fazla arttıracak olursak kutup gerilimi nasıl değişir?



5-) Dinamo boşta çalışırken okunan gerilim değeri neye eşittir?

6-) Nominal gerilimde kutup akımının değeri nedir? Endüvi akımıyla arasında nasıl bir oran vardır?

7-) Devir sayısıyla kutup gerilimini değiştirmek mümkün müdür?

**Deney No : 2****Deney Adı : Yabancı Uyarımlı Dinamonun Yük Karakteristiği****Teorik Bilgi**

Sabit devir sayısı ve sabit yük akımında çalışan bir dinamonun kutup gerilimi  $U$  ile uyarım akımı  $I_m$  arasındaki bağıntıya yük karakteristiği adı verilir.

Dinamoda endüklenen  $E$  elektromotor kuvveti ile  $U$  şebeke gerilimi arasındaki bağıntı şu şekildedir:

$$E = U + I_a \cdot \sum R_i + 2\Delta U_b$$

Burada  $2\Delta U_b$ , fırçalar ile kollektör arasındaki geçiş dirençlerinin sebep olduğu gerilim düşümünü gösterir.  $\sum R_i$  ise makinanın toplam iç direncidir. Eğer, endüvi sargısına seri bağlanmış başka sargılar da varsa (yardımcı kutup, seri uyarma ve kompanzasyon sargıları gibi) , bu sargılar üzerinde düşen omik gerilim düşümleri de göz önüne alınır.

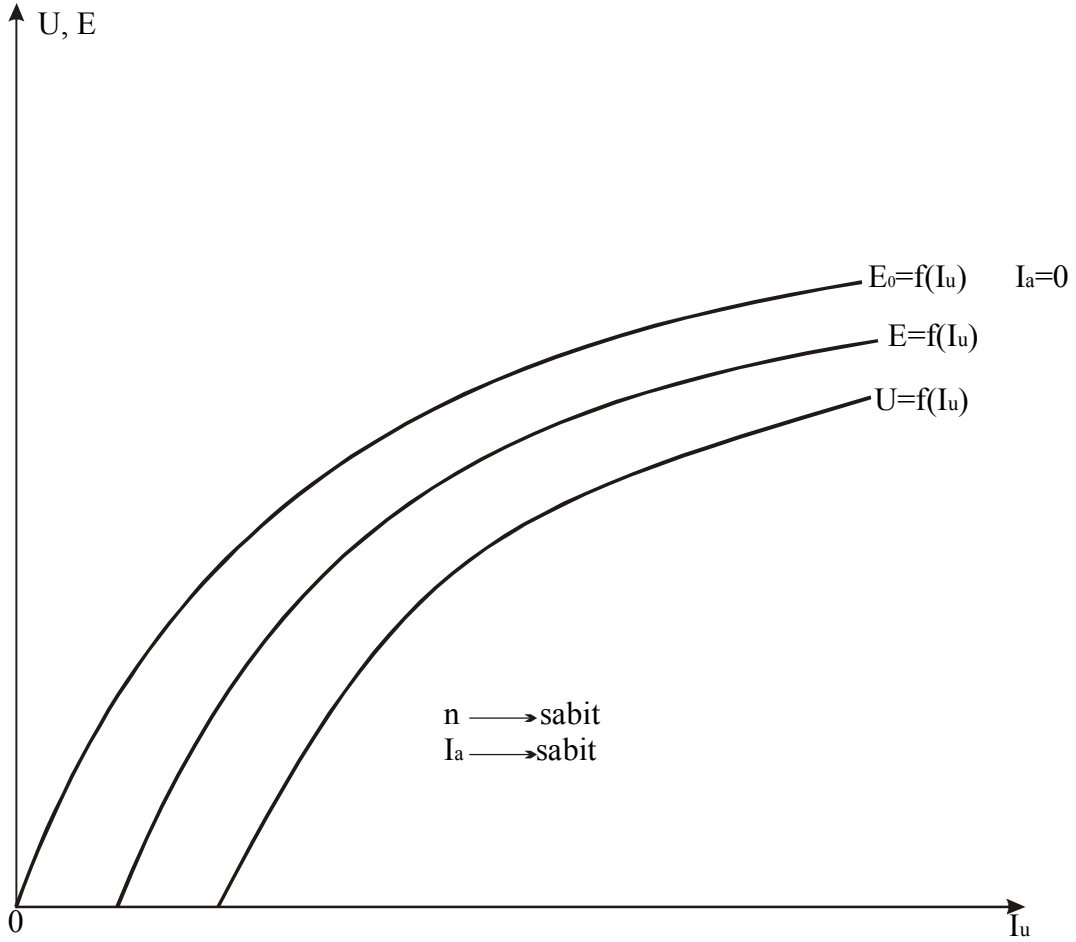
$$\sum R_i = R_a + R_y + R_s + R_k$$

olur. Burada;  $R_a$  endüvi sargısı,  $R_y$  yardımcı kutup sargısı ,  $R_s$  seri sargı ve  $R_k$  kompanzasyon sargısı dirençleridir.

Böylece endüvi sargısından geçen yük akımı , endüvi sargısında ve endüvi sargısına seri olarak bağlanmış bütün dirençlerde gerilim düşümleri meydana getirir.

Ana alanı zayıflamaya çalışan endüvi reaksiyonu ve omik gerilim düşümlerinden dolayı kutup gerilimi boşa çalışan dinamonun kutuplarından ölçülen gerilim değerinden küçük olacaktır.

Yük karakteristiğinin, boş çalışma karakteristiğinden farkı; dinamonun endüvinin yüklenmesini sağlayan bir yük direnci ile endüvi devresine yük ampermetresinin bağlanmış olmasıdır.



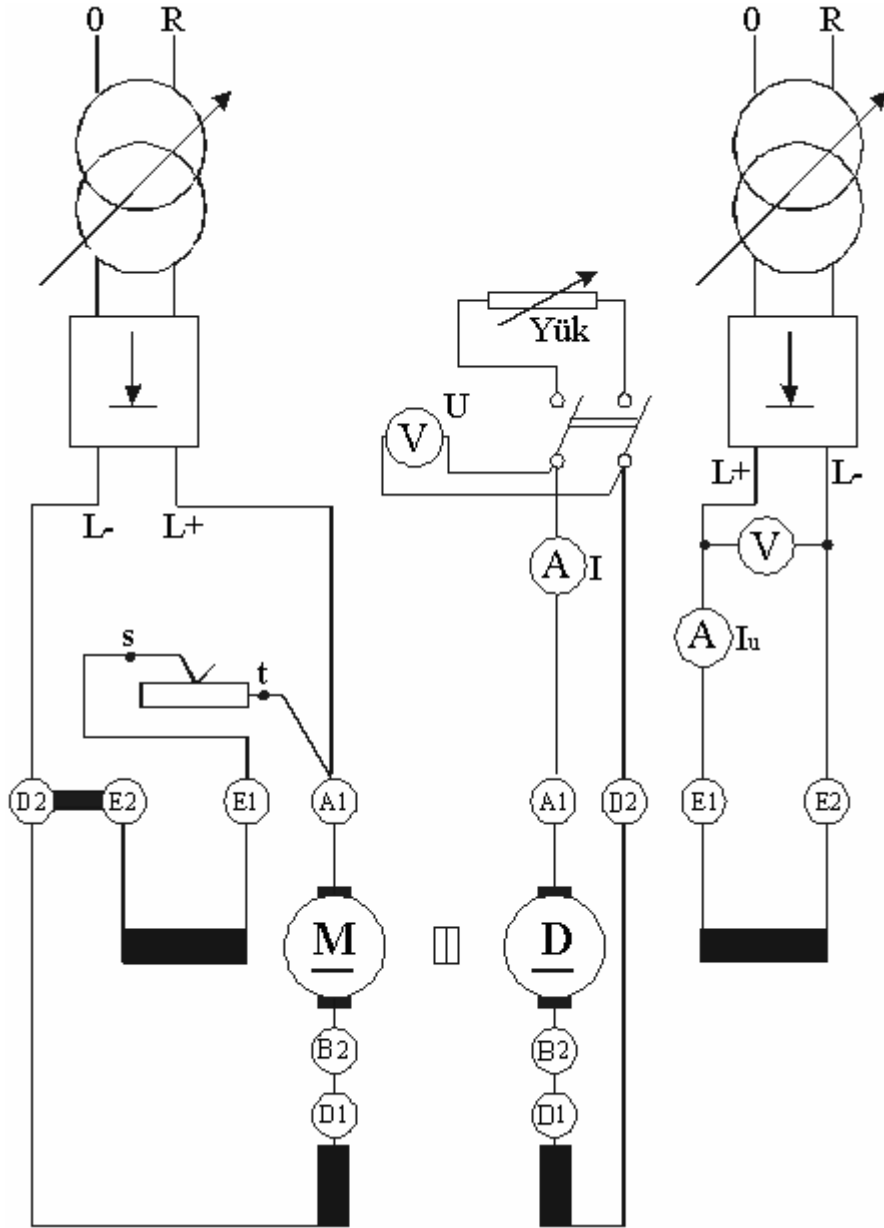
Şekil-1 Yabancı uyarımlı dinamo yük karakteristik eğrileri.

Şekil-1’de görüldüğü gibi  $U=f(I_u)$  eğrisi fırçaları nötr ekseninden  $\alpha$  açısı kadar kaydırılmış dinamonun yük karakteristiğidir.  $E=f(I_u)$  de dinamonun iç gerilim eğrisidir.  $E_0=f(I_m)$ , dinamo fırçalarının nötr ekseninden kaydırılmadığı durumlardaki iç gerilim eğrisini verir. E ile U arasındaki fark kutuplar arasında meydana gelen toplam omik gerilim düşümünü verir. Yük karakteristiği incelendiğinde, boş çalışma karakteristiği ile benzerliği görülür. Yük akımı sabit olduğundan devir sayısında boş çalışma karakteristiğinde olduğu gibi sabit tutulduğundan, yük karakteristiğine dinamonun mıknatıslanma eğrisi de denebilir.

Yük akımı sıfır alınırsa boş çalışma karakteristiğinin özel bir durum olduğu görülür.

Sonuç olarak boştaki karakteristik, yük akımı sıfırken çizilmiş bir yük eğrisidir.

### Bağlantı Şeması



### Denevin Yapılışı

1. Şekildeki bağlantıyı kurunuz ve ilgili öğretim elemanına kontrol ettirmeden devreye enerji vermeyiniz.
2. Tahrik makinası yardımıyla dinamometrenin devir sayısı nominal değerinde sabit tutulur.



3. Dinamonun uyartım akımı kademe kademe artırılırken yük akımını sabit tutmak için yük direnci ile ayar yapılır.
4. Her uyartım akımı değeri için, yük akımı sabit iken  $I_u$  ve  $U$  değerleri alınır.
5. Alınan bu değerler yardımı ile dinamonun  $U=f(I_u)$  yük karakteristiği eğrisi elde edilir.

**Denejde Kullanılan Aletler**

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |



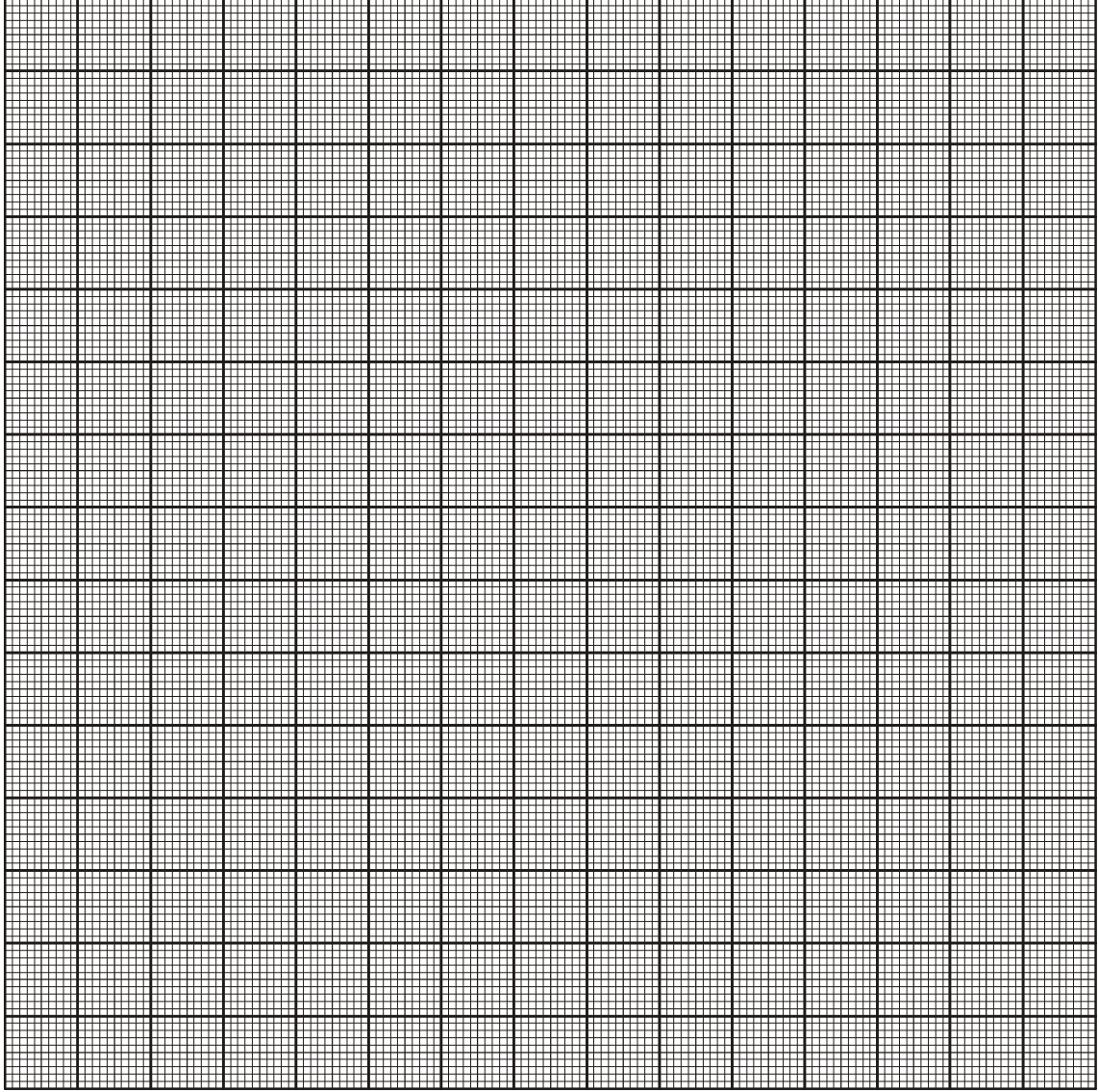
**Deneyde Alınan Değerler**

| Gözlem No | n (d/dk.)             | $I=I_a$ (A.)          | U (V.) | $I_u$ (A.) | $\Sigma R_a$ ( $\Omega$ ) | $I_a * \Sigma R_a$ (V.) | $E=U+I_a * \Sigma R_a$ (V.) |
|-----------|-----------------------|-----------------------|--------|------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 1         | S<br>A<br>B<br>İ<br>T | S<br>A<br>B<br>İ<br>T |        |            | S<br>A<br>B<br>İ<br>T     |                         |                             |
| 2         |                       |                       |        |            |                           |                         |                             |
| 3         |                       |                       |        |            |                           |                         |                             |
| 4         |                       |                       |        |            |                           |                         |                             |
| 5         |                       |                       |        |            |                           |                         |                             |
| 6         |                       |                       |        |            |                           |                         |                             |
| 7         |                       |                       |        |            |                           |                         |                             |
| 8         |                       |                       |        |            |                           |                         |                             |
| 9         |                       |                       |        |            |                           |                         |                             |
| 10        |                       |                       |        |            |                           |                         |                             |
| 11        |                       |                       |        |            |                           |                         |                             |
| 12        |                       |                       |        |            |                           |                         |                             |
| 13        |                       |                       |        |            |                           |                         |                             |
| 14        |                       |                       |        |            |                           |                         |                             |
| 15        |                       |                       |        |            |                           |                         |                             |

**Sorular ve Yanıtlar**

1-) Boş çalışma karakteristiği ile yük karakteristiği arasındaki fark nedir?

2-) Deneyde aldığımız değerlere göre yabancı uyarımlı dinamo yük karakteristik eğrileri  $U=f(I_m)$  ve  $E=f(I_m)$  çizin.



Ölçek:



**Deney No : 3**

**Deney Adı : Yabancı Uyartımlı Dinamonun Dış Karakteristiği**

**Teorik Bilgi**

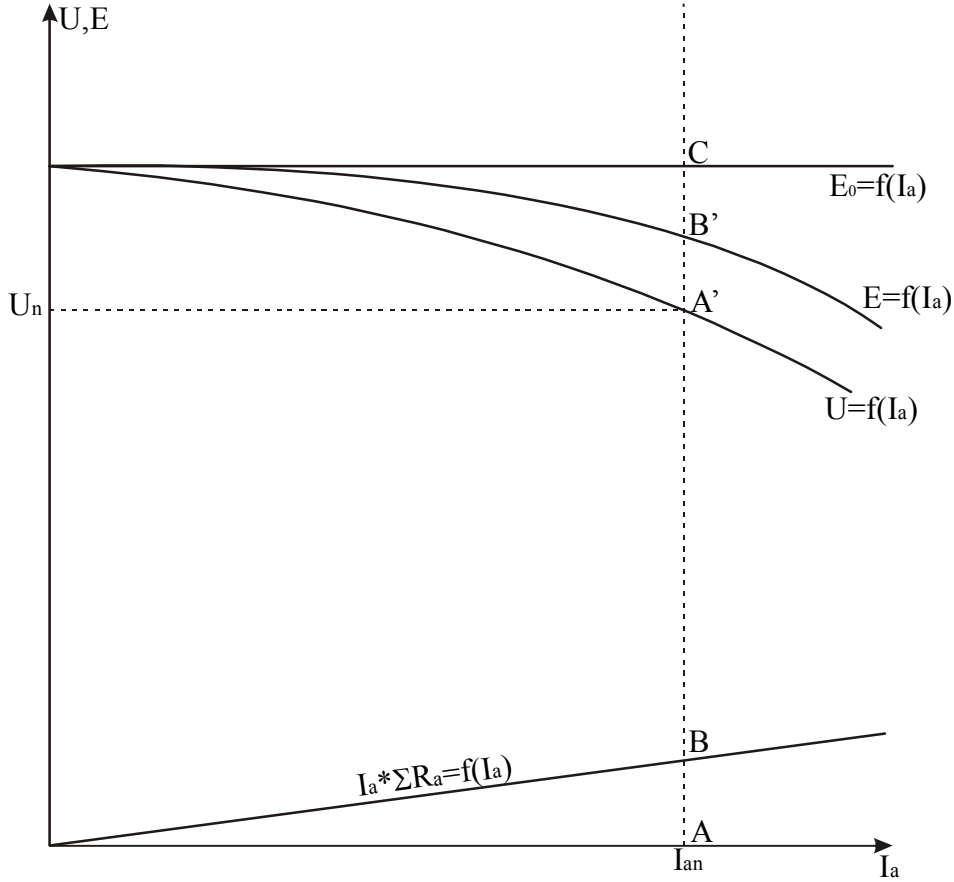
Yabancı uyartımlı dinamonun dış karakteristiği diye; uyartım akımı ( $I_u$ ) ve devir sayısı ( $n$ ) sabitken, yük akımı ( $I$ ) ile kutup gerilimi ( $U$ ) arasındaki bağıntıya denir.

Tanımdan da anlaşılacağı gibi deneyde dinamonun beslediği yükün ürettiği gerilime olan etkisi incelenecektir. Deneyde yapılacak olan bağlantının şekli aşağıda verilmiştir. Yük olarak bir lamba grubu kullanılabileceği gibi, ayarlanabilir telli veya sıvılı dirençler de kullanılabilir.

Deneye başlarken dinamo nominal devir sayısında dışarıdan bir kuvvetle döndürülür ve devir sayısı deney süresince sabit tutulur. Dinamo yüklenmeden önce voltmetreye bakılırsa artık mıknatısıyetten dolayı oluşan remenans gerilimi okunur. sonra uyartım akımı verilerek dinamonun gerilim vermesi sağlanır.

Bu ana kadar yük şalteri açıktır. Şalter kapatılarak yük direnci ile dinamo normal yüküne kadar yüklenir. Devir sabit tutularak uyartım ve yük dirençleri ayarlanmak suretiyle dinamonun normal gerilim altında normal akım vermesi sağlanır. Bu andaki uyartım akımına “nominal uyartım akımı ( $I_{un}$ )” denir. Dinamo bu durumdayken şalter açılarak bütün yükü kaldırılır. Uyartım direnci ile kesinlikle oynanmaz ve dinamonun boştaki kutup gerilimi ölçülür. Daha sonra dinamo kademe kademe yüklenerek her kademede akım ve gerilim değerleri alınır. Her yük artışında değişen devir sayısı ve  $I_{un}$  değerleri reostalar yardımı ile eski değerine ayarlanmalıdır. Alınan değerler bir çizelgeye kaydedilir. Değer alma işlemine nominal yük akımının 1,2 katına kadar devam edilir.

Bu değerler bir grafik olarak çizilirse Şekil-1'deki  $U$  eğrisi elde edilir. Görüldüğü gibi yük akımı arttıkça kutup gerilimi düşmektedir. Bu gerilim düşümünün iki sebebi vardır.



Şekil-1 Yabancı Uyarımlı Dinamonun Dış Karakteristik Eğrisi.

- 1- Endüvi reaksiyonundan dolayı düşen gerilim.
- 2- Endüvi direncinden dolayı düşen gerilim.

Endüvi reaksiyonundan dolayı olan gerilim düşümünün nedenleri t3eori derslerinden bilinmektedir.

Dinamo boşa çalışırken endüvisinde hiç bir gerilim düşümü yoktur. Ancak yüklendikçe dış devreden bir akım çekilir ve bu akım endüvi sargılarından da geçer. Sargıların bir omik direnci ( $R_a$ ) olduğuna göre  $I \cdot R_a$  kadar bir gerilim düşümüne neden olur. Buna endüvi direncinden dolayı düşen gerilim denir. Yük akımı ile doğru orantılıdır. Fırçaların geçiş dirençleri de bu gerilim düşümü içindedir.

Bir yabancı uyarımlı dinamoda gerek endüvi direnci gerekse endüvi reaksiyonundan dolayı düşen gerilimler ayrı ayrı bulunabilir. Bunun için bir ohmmetre yardımı ile endüvi direnci ( $R_a$ ) ölçülür ve  $I$  ile çarpılarak  $U_a = I \cdot R_a$  değeri bulunur. Çizelgedeki her  $I$  değeri için bu hesaplama yapılırsa OB doğrusu elde edilir.

Bu gerilim düşümleri U eğrisi üzerine ilave edilirse E eğrisi elde edilir. Bu eğriye iç karakteristik eğrisi denir. Bu eğrinin üzerinde olan gerilim düşümleri endüvi reaksiyonundan dolayı düşen gerilimdir. Buna göre;

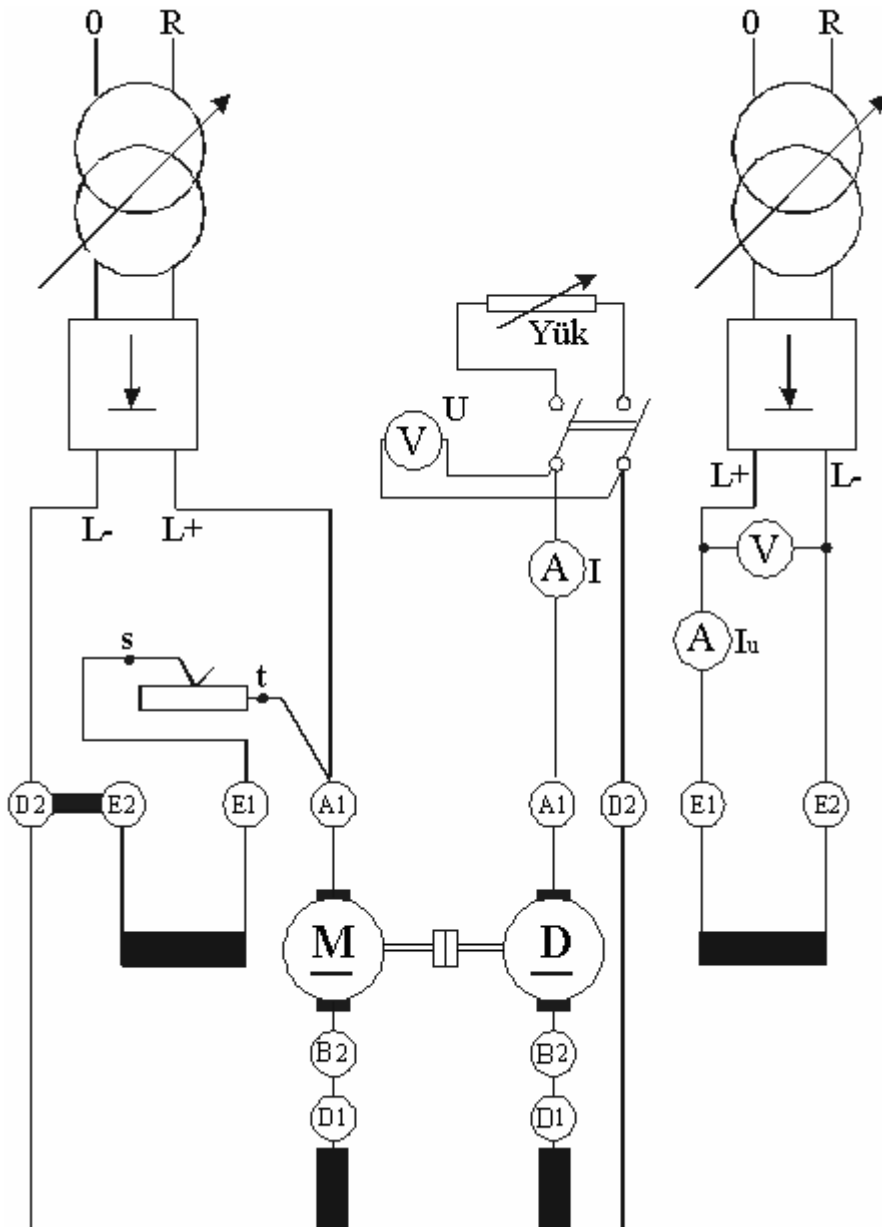
U: Dış karakteristik eğrisi.

E: İç karakteristik eğrisi.

CB': Endüvi reaksiyonundan dolayı oluşan gerilim düşümü.

B'A': Endüvi direncinin sebep olduğu gerilim düşümü olur.

### Bağlantı Seması





### Denevin Yapılışı

1. Şekildeki bağlantıyı kurunuz ve ilgili öğretim elemanına kontrol ettirmeden devreye enerji vermeyiniz.
2. Dinamo, nominal yük akımına kadar yüklenir.
3. Dinamonun devir sayısı sabit kalmak şartıyla, uyarım devresi ve yük direnci ayarlanarak dinamonun nominal gerilim altında nominal akımını vermesi sağlanır.
4. Uyarım devresinde nominal uyarım akımı geçerken dinamonun bütün yükü kaldırılır.
5. Uyarım akımı deney boyunca sabit tutulur.
6. Dinamo boşta çalışırken kutup gerilimi ölçülür.
7. Daha sonra dinamo kademe kademe yüklenir ve her kademe  $I_a$  ve  $U$  değerleri alınır.
8. Alınan değerler yardımıyla dinamonun  $U=f(I_a)$  dış karakteristik eğrisi çizilir.

### Deneyde Kullanılan Aletler

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |



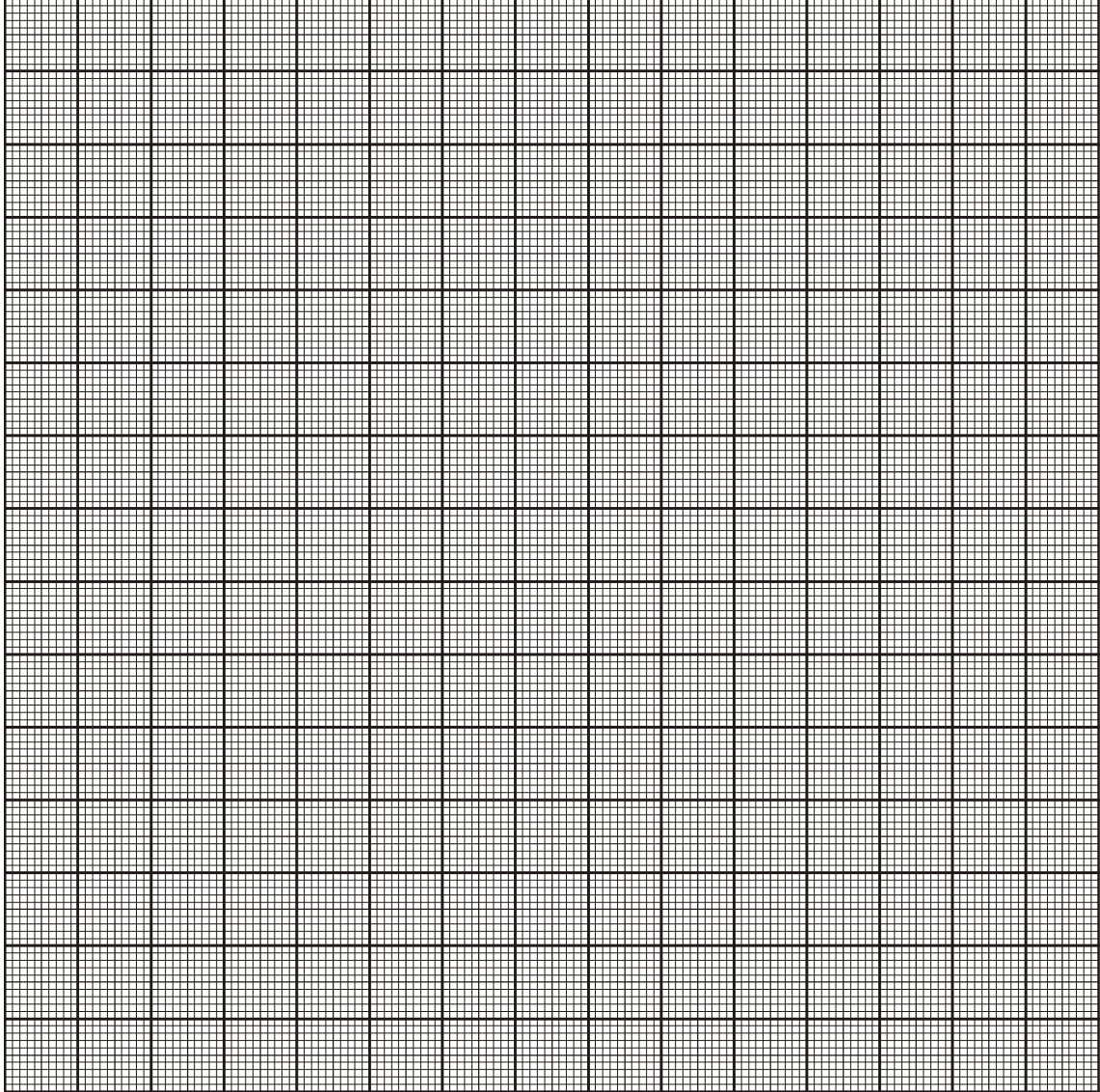
**Denejde Alınan Değerler**

| Gözlem No | n (d/dk.)             | $I_u$ (A.)            | U (V.) | $I=I_a$ (A.) | $\Sigma R_a$ ( $\Omega$ ) | $I_a*\Sigma R_a$ (V.) | $E=U+I_a*\Sigma R_a$ (V.) |
|-----------|-----------------------|-----------------------|--------|--------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 1         | S<br>A<br>B<br>İ<br>T | S<br>A<br>B<br>İ<br>T |        |              |                           |                       |                           |
| 2         |                       |                       |        |              |                           |                       |                           |
| 3         |                       |                       |        |              |                           |                       |                           |
| 4         |                       |                       |        |              |                           |                       |                           |
| 5         |                       |                       |        |              |                           |                       |                           |
| 6         |                       |                       |        |              |                           |                       |                           |
| 7         |                       |                       |        |              |                           |                       |                           |
| 8         |                       |                       |        |              |                           |                       |                           |
| 9         |                       |                       |        |              |                           |                       |                           |
| 10        |                       |                       |        |              |                           |                       |                           |
| 11        |                       |                       |        |              |                           |                       |                           |
| 12        |                       |                       |        |              |                           |                       |                           |
| 13        |                       |                       |        |              |                           |                       |                           |
| 14        |                       |                       |        |              |                           |                       |                           |
| 15        |                       |                       |        |              |                           |                       |                           |

**Sorular ve Yanıtlar**

1-) Yük akımı arttıkça gerilim nasıl değişmektedir?

2-) Denejde aldığınız değerlere göre dinamonun  $U=f(I_a)$ ,  $E=f(I_a)$  ve  $I_a*R_a=f(I_a)$  karakteristik eğrilerini çiziniz.



Ölçek:

3-) Yük akımı arttıkça kutup geriliminin düşme nedenleri nelerdir?



4-)  $E=f(I_a)$  ile  $U=f(I_a)$  arasındaki fark neyi ifade eder?

5-)  $E_0$  neden yatay bir doğrudur?  $E=f(I_a)$  ile arasında neden fark vardır?

6-) Dinamoda gerilim değişimi ne zaman olur?

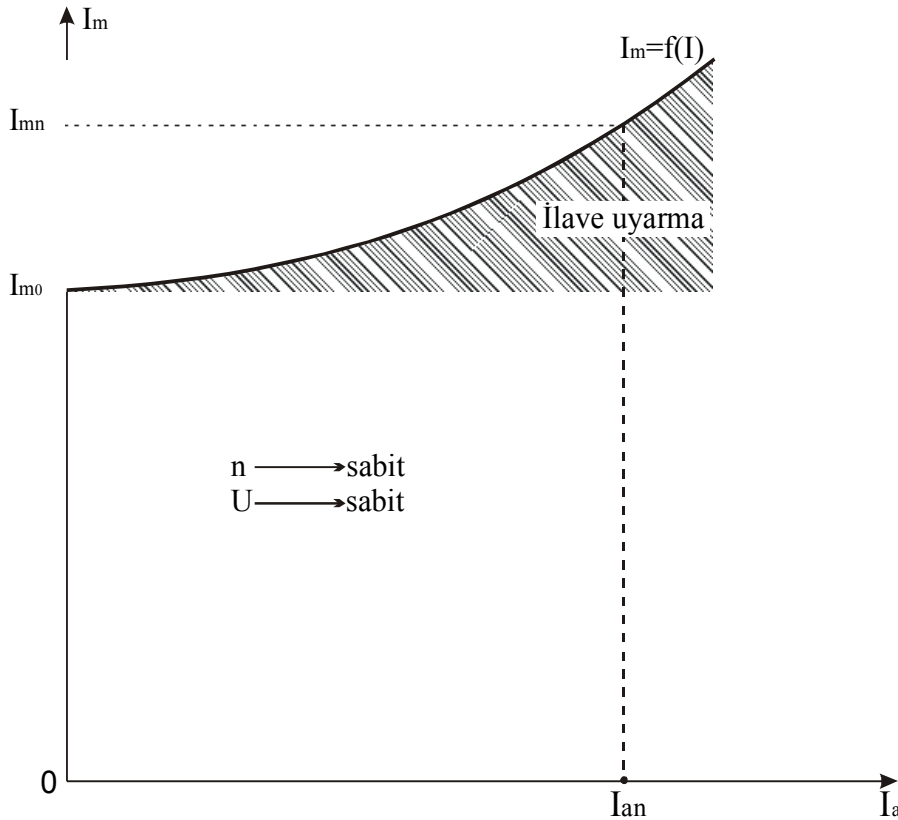
**Deney No : 4**

**Deney Adı : Yabancı Uyartımlı Dinamonun Ayar Karakteristiği**

**Teorik Bilgi**

Elektrik cihazları belli bir gerilim için üretilirler. Cihazın etiketinde yazan değerler bu gerilim için geçerlidir. Bu cihazların güvenli ve istenilen verimde çalışabilmeleri için uygulanan gerilim etiket değerine eşit ve sabit olmalıdır. Bu gerilimi sağlamak için dinamoların kutup gerilimlerinin çeşitli yüklerde ayar edilmesi gerekir. Kutup geriliminin sabit tutulabilmesi için uyartım akımı ayar edilir. Yabancı uyartımlı dinamo boşa çalışırken gerilim nominal gerilime ayarlanır. Yükte çalışmaya başladığı anda yük akımının artmasından dolayı kutup gerilimi düşer. Bu durumu önlemek için yük akımına bağlı olarak uyartım akımının artırılması gerekir. Bütün bunlar yapılırken devir sayısının sabit tutulması gerekmektedir.

Sabit devir sayısı ve sabit kutup geriliminde uyartım akımı ile yük akımı arasındaki ilişkiyi gösteren eğriye  $I_m=f(I_a)$  ayar karakteristik eğrisi denir.

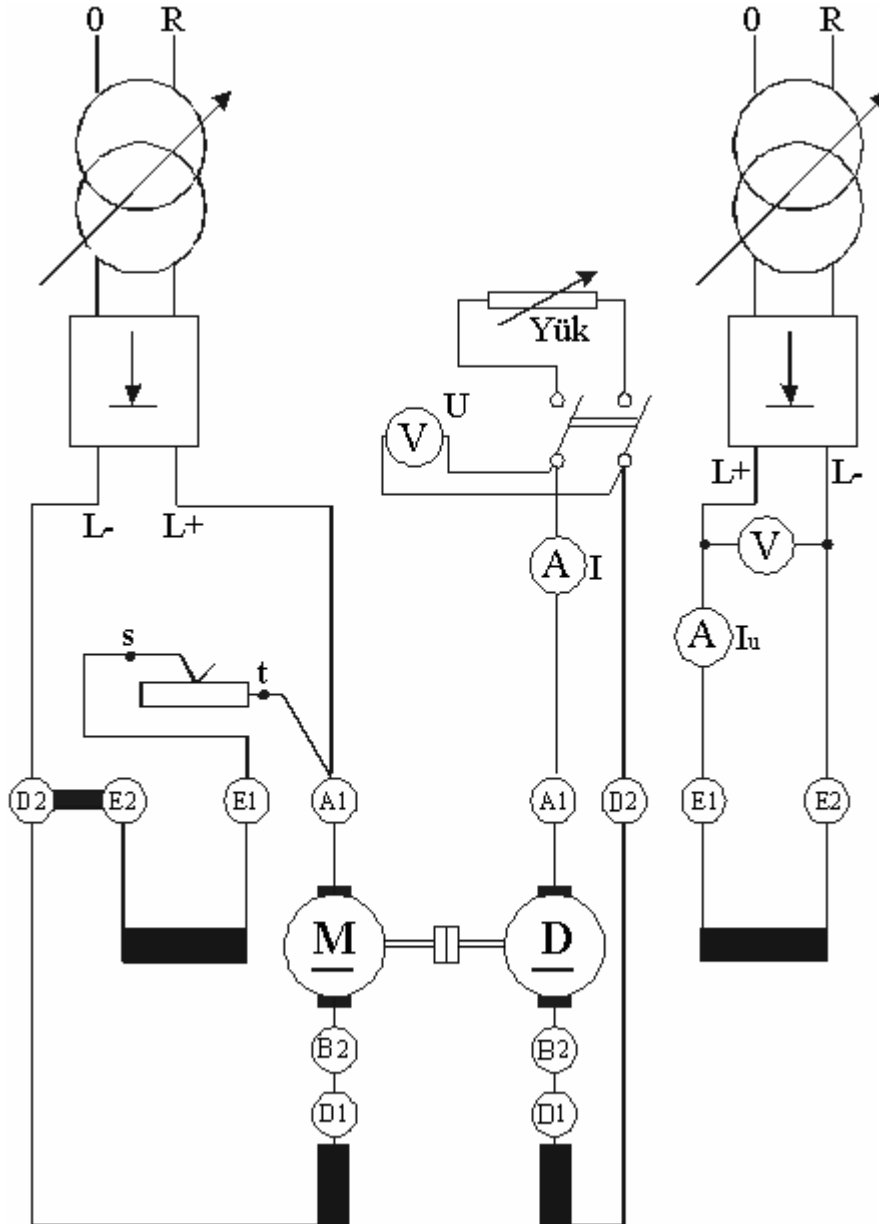


Şekil-1 Yabancı Uyartımlı Dinamonun Ayar Karakteristiği



Şekil-1’de görüldüğü gibi dinamonun boşa çalışırken ayar edilen gerilimi elde etmek için gerekli olan uyarım ve yük akımının artmasıyla temel uyarım akımına eklenen taralı kısma ilave uyarım denir.bu ilave uyarım dinamonun endüvi direnci ve endüvi reaksiyonuna göre değişebilir. Eğrinin büyük yüklerde yukarıya doğru daha fazla kıvrılmasının sebebi, endüvi kutuplarında oluşan doymadır.

### Bağlantı Seması



### Denevin Yapılışı

1. Şekildeki bağlantıyı kurunuz ve ilgili öğretim elemanına kontrol ettirmeden devreye enerji vermeyiniz.



2. Tahrik makinası yardımıyla dinamonun devir sayısı sabit tutulur.
3. Dinamo boştaiken gerilimi, nominale ayarlanır.
4. Yük direnci ile yük akımı kademe kademe arttırılır.
5. Kutup gerilimini sabit tutmak için uyarım akımı her yük için ayarlanır.
6. Her yük akımı değeri için alınan uyarım akım değeri kaydedilir.
7. Alınan değerler sonucu dinamonun  $I_u=f(I_a)$  ayar karakteristiği eğrisi çizilir.

**Deneyde Kullanılan Aletler**

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |

**Deneyde Alınan Değerler**

| Gözlem No | n (d/dk) | U (Volt) | $I_u$ (Amper) | I (Amper) |
|-----------|----------|----------|---------------|-----------|
| 1         | SABİT    | SABİT    |               |           |
| 2         |          |          |               |           |
| 3         |          |          |               |           |
| 4         |          |          |               |           |
| 5         |          |          |               |           |
| 6         |          |          |               |           |
| 7         |          |          |               |           |
| 8         |          |          |               |           |
| 9         |          |          |               |           |
| 10        |          |          |               |           |
| 11        |          |          |               |           |
| 12        |          |          |               |           |

### Sorular ve Yanıtlar

1-) Deneyde aldığınız değerlere göre dinamonun ayar karakteristik eğrisini çiziniz.



Ölçek:

2-) Ayar karakteristiği ile elde edilmek istenen sonuç nedir?



**Deney No : 5**

**Deney Adı : Şönt Uyarımlı Dinamonun Boş Çalışması ve Kendi Kendini Uyarması**

**Teorik Bilgi**

Dinamolar millerinden aldıkları mekanik enerjiyi d.c. elektrik enerjisine çeviren makinalardır. Sargılarının özelliği ve bağlantı şekillerine göre; yabancı uyarımlı, şönt, seri ve kompunt dinamolar olarak adlandırılırlar. Bu deneyde şönt dinamonun boş ve dış çalışma karakteristiği incelenecektir. Bu karakteristikler hemen hemen yabancı uyarımlı dinamo için de aynıdır. Y.U.D. dışardan bir d.c. kaynağı ile kutupları beslenerek uyarılan dinamolardır. Bu özelliklerinden dolayı pratikte pek kullanılmazlar. Diğer dinamolar ise kendikendine uyarımla çalışırlar.

**Kendi Kendine Uyarım**

Bu şekilde çalışan bir doğru akım dinamosunun kutupları daha önceden uyarılmış olmalıdır. Makinanın kutuplarında daha önceki çalışmalardan kalan bir artık mıknatısiyet olmalıdır. Bu mıknatısiyetten dolayı dinamo mili döndürüldüğünde kutuplardan hiç akım geçmese bile endüvide küçük bir gerilim endüklenir. Bu gerilime “remenans gerilimi” denir. Bu küçük değerli gerilim kutuplara uygulanarak küçük bir akım geçirmesi sağlanır. Bu akım kutup geriliminin daha da yükselmesine neden olur. Böylece uç gerilimi sürekli olarak artar ve uyarım akımı devresine konulan bir dirençle ayarlanabilir.

Şu halde bir dinamonun kendikendini uyartabilmesi için daha önceden çalıştırılmış olması şarttır. Şayet makina ilk defa çalıştırılıyorsa veya herhangi bir sebeple kutuplarındaki artık mıknatıslık kaybolmuşsa yabancı uyarımlı çalıştırılarak artık mıknatısiyet kazanması sağlanır.

**Şönt Dinamonun Boş Çalışma Karakteristiği**

Sabit devir sayısında ve uçlarında hiç yük olmadan çalışan bir şönt dinamonun uyarım akımı ile kutup gerilimi arasındaki bağıntı boş çalışma karakteristiğini verir.

$$n_n = \text{sabit ve } I = 0 \text{ iken } E_0 = f(I_u)$$

Boş çalışmada devir sayısı sabit ve yük akımı sıfır olduğundan dinamo uçlarındaki kutup gerilimi yalnızca uyarım akımı ile değişir. Uyarım akımı  $\phi$  yi



oluşturduğu için ( $\phi=f(I_u)$ ) uyartım arttıkça  $\phi$  artar ve uç gerilimi de yükselir. Uyartım akımı ile kutup geriliminin artışı hemen hemen doğrusaldır. Bu artış doyma noktasına kadar devam eder. Kutupları oluşturan demir nüve doymaya yaklaştıkça uyartım akımı ile gerilim artışı yavaşlar ve bir noktadan sonra durur. Bu noktaya “doyma noktası” adı verilir.

Şönt dinamo mili döndürülse bile uyartım direnci küçültüldüğü halde gerilim vermeyebilir. Bunun üç sebebi vardır:

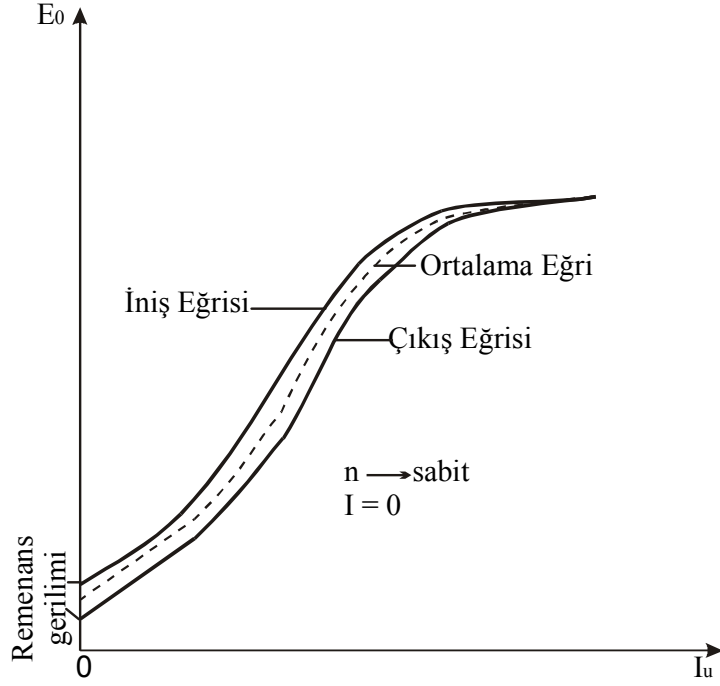
1- Dinamonun kutuplarında artık mıknatısiyet yoksa dinamo gerilim vermez. Bu durumda dışardan bir d.c. kaynağı ile kutuplar uyartılmalıdır.

2- Dinamo bağlantısı doğru olmalıdır. Uyartım akımının oluşturduğu akı ile artık mıknatıslık birbirini desteklemelidir. Şayet bu iki akı birbirini yok edecek yönde olursa bu bağlantıya “intihar montajı” denir. Bu durumda dinamo gerilim üretmez.

3- Şönt dinamodan gerilim alabilmenin üçüncü koşulu ise uyartım devresi toplam direncinin kritik direnç değerinden küçük olmasıdır. Kritik direnç değeri dinamonun kendiliğinden gerilim üretmeğe başladığı uyartım devresi direncidir. Bu direnç deney esnasında görülebilir. Uyartım direnci bir değerinde sabit tutulduğunda kutup geriliminin kendiliğinden yükseldiği görülür. Bu dirence “kritik direnç” denir. Bu dirençten büyük değerlerde dinamo gerilim üretmez.

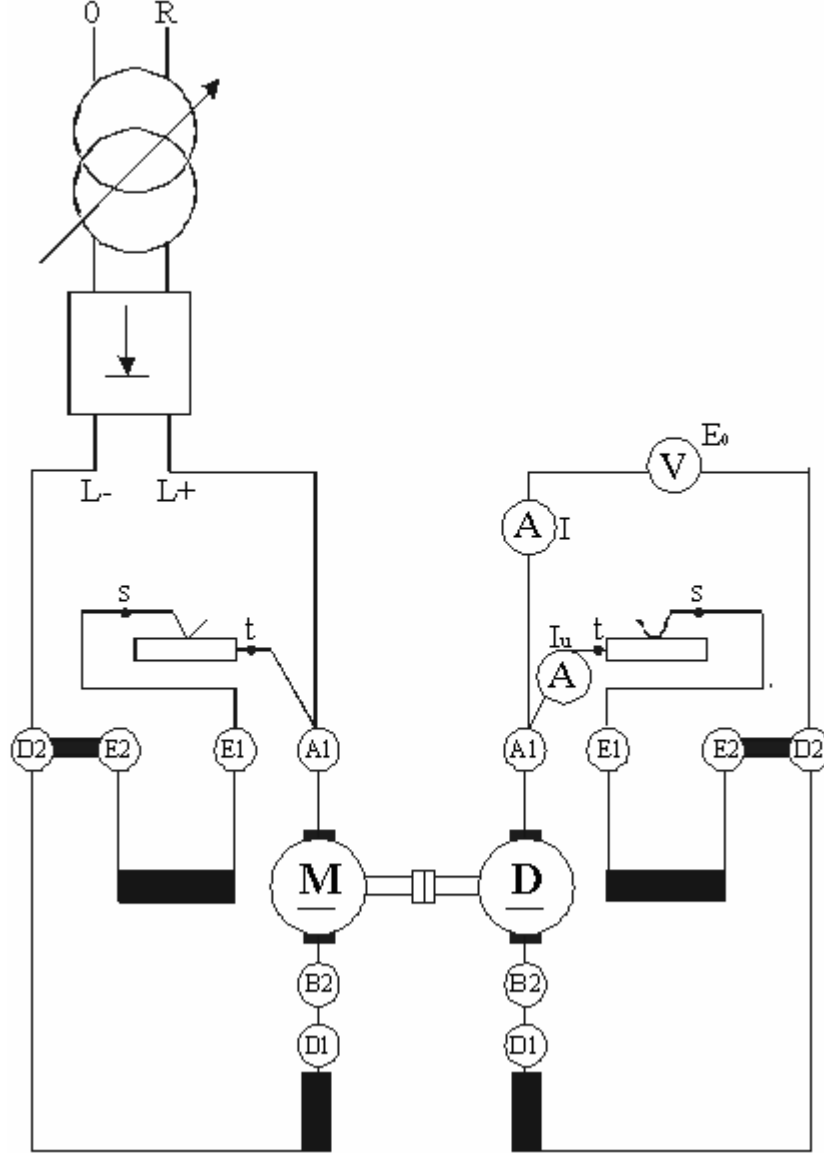
Bu koşullar sağlandıktan sonra dinamonun uyartım akımı yavaş yavaş arttırılarak  $E_0$ ' ın değişimi incelenirse Şekil-1'deki çıkış eğrisi elde edilir. Doyma noktasından sonra uyartım akım ters yönde hareket ettirilerek azaltılır ve iniş eğrisi elde edilir. Bu iki eğrinin üst üste çıkmamasının sebebi iniş değerleri alınırken mıknatısığın ataletinden dolayı gerilimin yükselmesidir. Bu nedenle iniş eğrisi daha yukarda olur.

Deney yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta uyartım direncinin sürekli bir yönde hareket ettirilmemesidir. İleri geri hareket ettirilmemelidir. Aksi halde eğrilerde sivri uçlar oluşur.



Şekil-1 Şönt Dinamonun Boş Çalışma Karakteristik Eğrisi.

### Bağlantı Şeması



### Denevin Yapılışı

1. Şekildeki bağlantıyı kurunuz ve ilgili öğretim elemanına kontrol ettirmeden devreye enerji vermeyiniz.
2. Dinamonun A1 ve A2 uçlarına ölçme alanı küçük bir voltmetre bağlanır.
3. Uyarım devresi direnci en büyük değerinde,  $I_u=0$  iken makine nominal devrinde döndürülür. Voltmetrenin gösterdiği değer kaydedilir.



4. A1 ve A2 uçlarına bağlanan voltmetrenin ölçme alanı genişletilir.
5. Uyarım devresi direnci yavaş yavaş azaltılır ve her  $I_u$  değeri için E değeri kaydedilir.
6. Bu işleme dinamo nominal geriliminin 1,2 katına ulaşıncaya kadar devam edilir.
7. Geri dönüş işlemi için direnç yavaş yavaş devreye alınır, direnç sadece arttırma yönünde hareket ettirilmelidir.
8. Her uyarım akımı değeri için E değeri tabloya kaydedilir.

#### **Deneyde Kullanılan Aletler**

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |





**Denejde Alınan Değerler**

| Gözlem No | n (d/dk) | Çıkış Eğrisi |            | İniş Eğrisi |            |
|-----------|----------|--------------|------------|-------------|------------|
|           |          | E (Volt)     | Iu (Amper) | E (Volt)    | Iu (Amper) |
| 1         | SABİT    |              |            |             |            |
| 2         |          |              |            |             |            |
| 3         |          |              |            |             |            |
| 4         |          |              |            |             |            |
| 5         |          |              |            |             |            |
| 6         |          |              |            |             |            |
| 7         |          |              |            |             |            |
| 8         |          |              |            |             |            |
| 9         |          |              |            |             |            |
| 10        |          |              |            |             |            |
| 11        |          |              |            |             |            |
| 12        |          |              |            |             |            |

**Sorular ve Yanıtlar**

1-) Uyartım akımı arttıkça gerilimdeki artış miktarı ne şekilde olur?



2-) Deneyde aldığınız değerlere göre dinamonun boş çalışma eğrilerini çiziniz.



Ölçek :



3-) Artık mıknatısiyeti kaybolan bir şönt dinamoyu tekrar çalıştırabilmek için ne yapılır?

4-) Kritik direnç nedir?

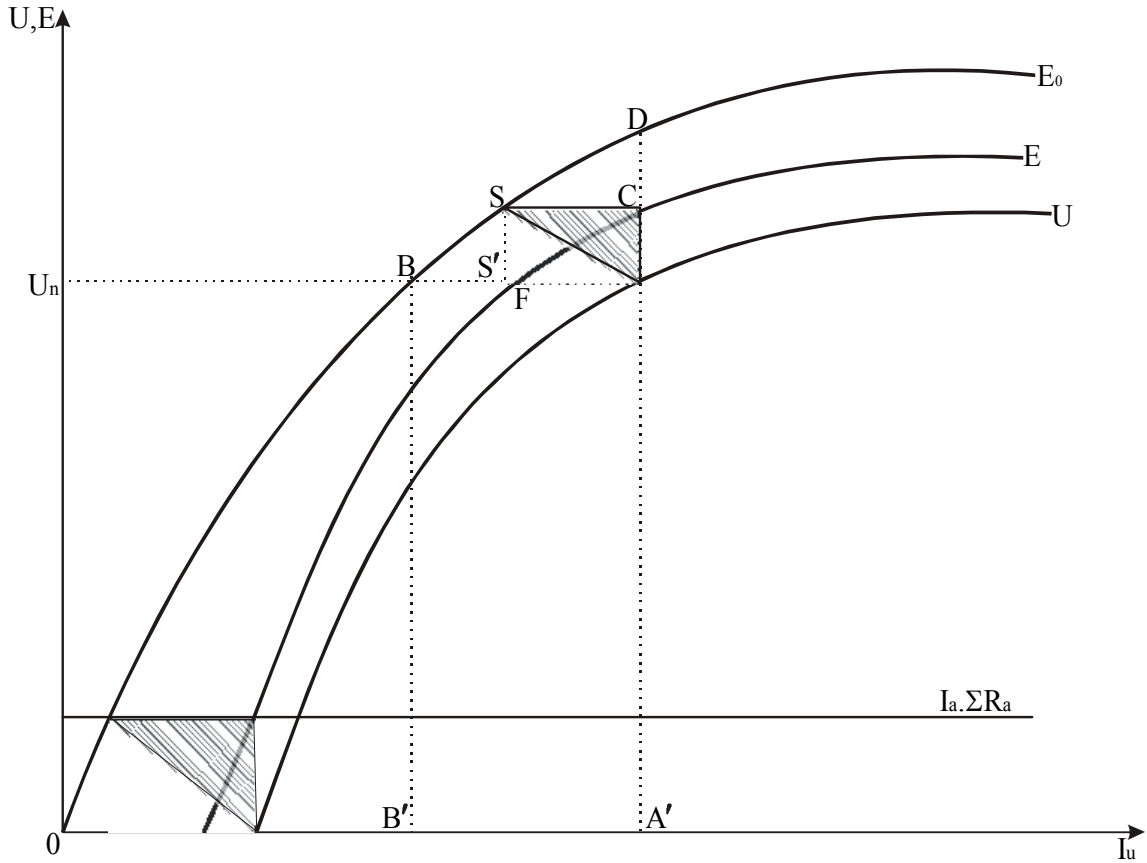
5-) Şönt dinamonun gerilim üretebilmesi için gerekli şartlar nelerdir?

**Deney No : 6**

**Deney Adı : Şönt Uyarımlı Dinamonun Yük Karakteristiği**

**Teorik Bilgi**

Yüklü çalışmada şebekeden bir yük akımı çekilir . Devreden yük direnci kaldırılacak olursa yük akımı sıfır olacağından dolayı, dinamo boş çalışmadaki karakteristik özelliklerini verir. Dinamoun boş çalışmadaki ürettiği gerilim  $E_0$ , yüklü çalışmada  $E$  ve kutup gerilimi  $U$ 'nun yük akımı sabit iken, uyarım akımı ile nasıl değiştiği aşağıdaki şekilde açıkça görülmektedir.

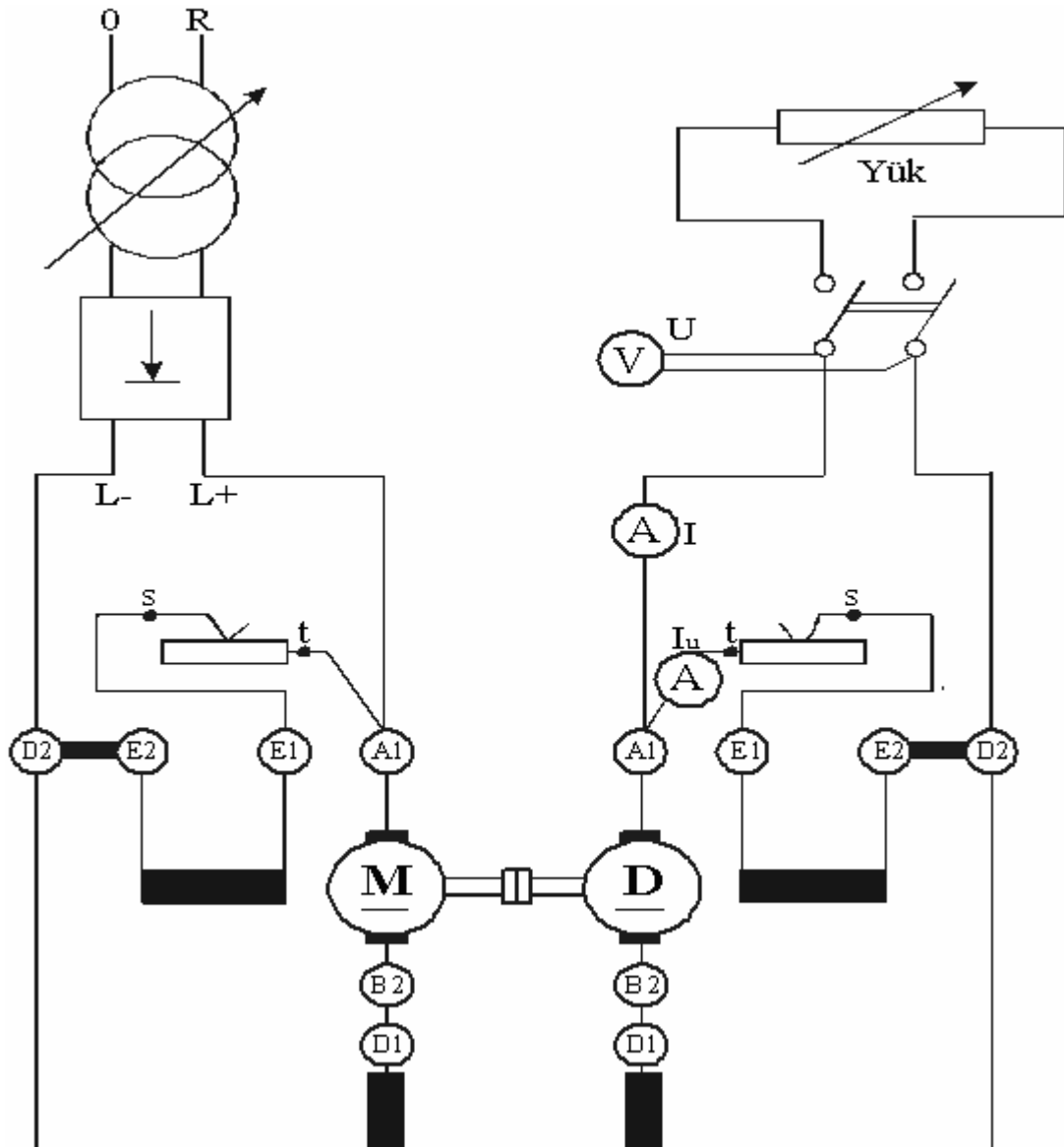


**Şekil-1 Şönt Dinamonun yük karakteristik eğrileri.**

Şekil-1'de görüldüğü gibi,  $E_0$  eğrisi ile  $E$  eğrisi arasındaki fark endüvi reaksiyonundan dolayı düşen gerilimi vermektedir .  $E$  eğrisi ile  $U$  eğrisi arasındaki fark ise, endüvi iç direncinden dolayı meydana gelen gerilim düşümünü verir. Dinamoda meydana gelen gerilim düşümlerini karşılamak için  $I_m$  uyarım akımı belirli bir miktar artırılmaktadır. Yani ,  $U_n$  gerilimi için dinamo boşta iken uyarım

devresinden OB' akımı geçerken, yüklü durumda  $U_n$  gerilimi için OA' uyarım akımının geçtiği görülmektedir. Dolayısıyla dinamonun endüvi reaksiyonu ve endüvi iç direncinden dolayı meydana gelen gerilim düşümlerini karşılamak için B'A' değeri kadar fazla bir uyarım akımına gerek vardır. E eğrisi ile U eğrisi arasındaki endüvi iç direncinden dolayı meydana gelen gerilim düşümü AC ' yi karşılamak için uyarım akımı FA kadar artırılır.  $E_0$  ile E eğrileri arasındaki endüvi reaksiyonundan dolayı meydana gelen gerilim düşümü CD'yi karşılamak için uyarım akımı BF kadar artırılmaktadır. Sonuç olarak, doğru akım dinamolarında gerilim düşümlerini karşılamak için uyarım akımını artırmak gerekir

### Bağlantı Seması





### Deneğin Yapılışı

1. Şekildeki bağlantıyı kurunuz ve ilgili öğretim elemanına kontrol ettirmeden devreye enerji vermeyiniz.
2. Tahrik makinası yardımıyla dinamonun devir sayısı nominal değerinde sabit tutulur.
3. dinamonun uyarım akımı kademe kademe artırılırken yük akımını sabit tutmak için yük direnci ile ayar yapılır.
4. Her uyarım akımı değeri için, yük akımı sabit iken  $I_u$  ve  $U$  değerleri alınır.
5. Alınan bu değerler yardımı ile dinamonun  $U = f(I_u)$  yük karakteristiği eğrisi elde edilir.

### Deneşte Kullanılan Aletler

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |



**Deneyde Alınan Değerler**

| Gözlem No | n (d/dk) | U (Volt) | $I_u$ (Amper) | I (Amper) | $I_a$ (Amper) | $I_a \cdot \Sigma R_a$ (Volt) | E (Volt) | $E_0$ (Volt) |
|-----------|----------|----------|---------------|-----------|---------------|-------------------------------|----------|--------------|
| 1         | SABİT    |          |               |           |               |                               |          |              |
| 2         |          |          |               |           |               |                               |          |              |
| 3         |          |          |               |           |               |                               |          |              |
| 4         |          |          |               |           |               |                               |          |              |
| 5         |          |          |               |           |               |                               |          |              |
| 6         |          |          |               |           |               |                               |          |              |
| 7         |          |          |               |           |               |                               |          |              |
| 8         |          |          |               |           |               |                               |          |              |
| 9         |          |          |               |           |               |                               |          |              |
| 10        |          |          |               |           |               |                               |          |              |
| 11        |          |          |               |           |               |                               |          |              |
| 12        |          |          |               |           |               |                               |          |              |

**Sorular ve Yanıtlar**

1. Deneyde aldığınız değerlere göre şönt dinamonun  $U=f(I_m)$ ,  $E=f(I_m)$  eğrilerini çiziniz.



Ölçek :

2. Dinamo yüklendiğinde gerilimin düşme sebebi nedir?

3. Devrede yük direnci kaldırılırsa dinamo nasıl çalışır?





4. Dinamoda meydana gelen gerilim düşümlerini karşılamak için ne yapılır?

5. Dinamo yüklendikçe uyarım akımı sabit tutulursa ne olur?

**Deney No : 7**

**Deney Adı : Şönt Uyarımlı Dinamonun Dış Karakteristiği**

**Teorik Bilgi**

Şönt dinamonun boş çalışma karakteristiği, devir sayısı sabit ve uyarım devresi direnci sabit iken, yük akımı ile kutup gerilimi arasındaki bağıntıdır.

$$n=\text{sabit}, R_s+R_m=\text{sabit Iken } U=f(I)$$

Bu deneyde uyarım direnci ve devir sabit tutularak dinamo kademe kademe yüklenir. Her kademedeki gerilim ve akım değerleri bir grafik üzerine aktarılırsa Şekil-1'deki  $U=f(I)$  eğrisi elde edilir. Bu eğriden de görüldüğü gibi şönt dinamoda yük akımı arttıkça kutup gerilimi düşmektedir. Bu gerilim düşümünün üç sebebi vardır:

1- *Endüvi Reaksiyonu*: Endüvi alanının kutup alanı üzerindeki etkisinden dolayı oluşur.

2- *Endüvi İç Direnci*: Endüvi sargılarının  $R_a$  gibi küçük bir omik direnci vardır. Ayrıca yardımcı sargı kullanılmışsa ( $R_{GH}$ ) bu dirence ilave edilir. Fırçaların geçiş direnci ( $R_b$ ) de dikkate alınarak endüvi devresi toplam direnci  $\Sigma R_a$  olarak ifade edilir.

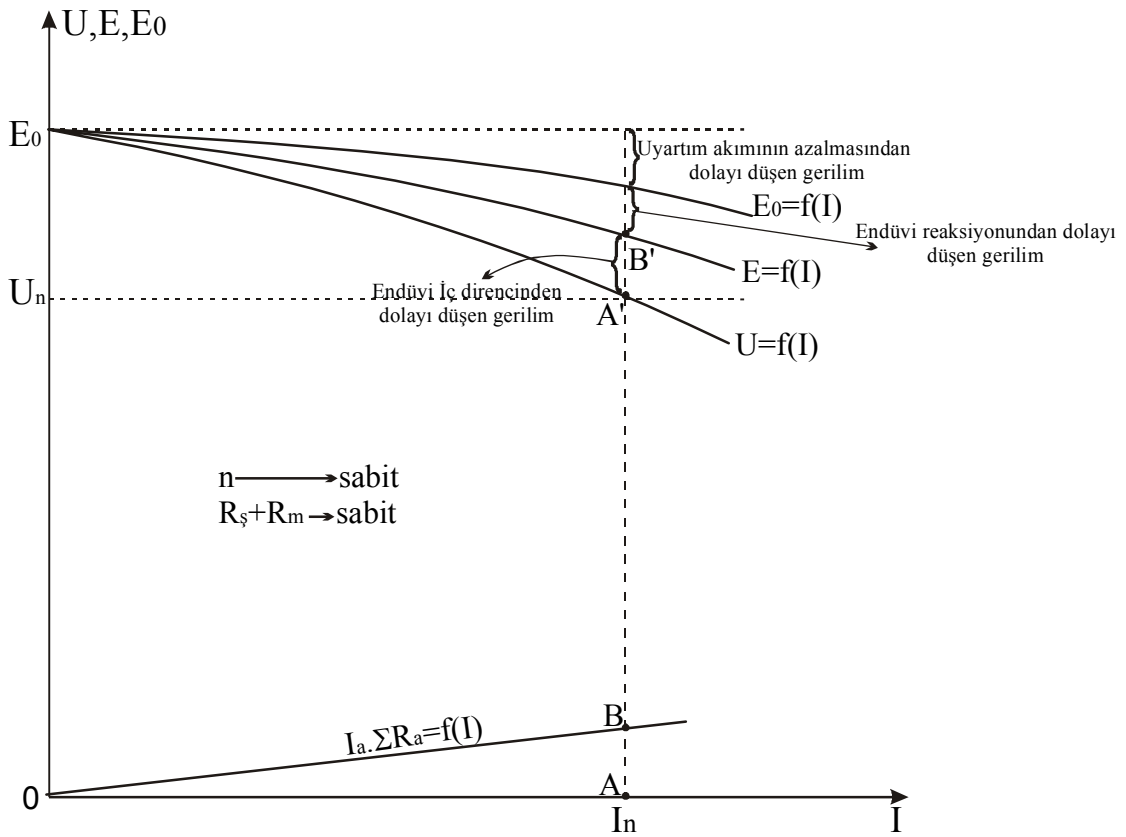
$$\Sigma R_a=R_a+R_{GH}+2R_b \text{ olarak yazılabilir.}$$

Bu direnç üzerinden endüvi akımı geçmektedir. Bu akım yük akımı arttıkça artar. Dolayısıyla direnç üzerinde bir gerilim düşümü oluşturur. Bu gerilim düşümleri hesaplama ile bulunabilir.  $\Sigma R_a$  bir ohmmetre veya ampermetre voltmetre metodu ile bulunarak her kademedeki  $I_a$  akımı ile çarpılırsa Şekil-1'deki  $I_a.R_a$  doğrusu elde edilir. Bu değerler  $U$  gerilimine eklenerek  $E$  değerleri bulunur ve  $E=f(I)$  eğrisi çizilir.

3- *Uyarım Akımının Azalması*: Şönt dinamolarda uyarım devresi direnci sabit tutulsa bile uyarım akımı yük arttıkça bir miktar azalır. Bunun nedeni; Endüvi reaksiyonu ve iç dirençten dolayı düşen gerilimin kutup sargılarına da aynen yansımadır.  $I_u=U/(R_s+R_m)$  olduğundan  $U$  azaldıkça uyarım akımı da bir miktar düşer.

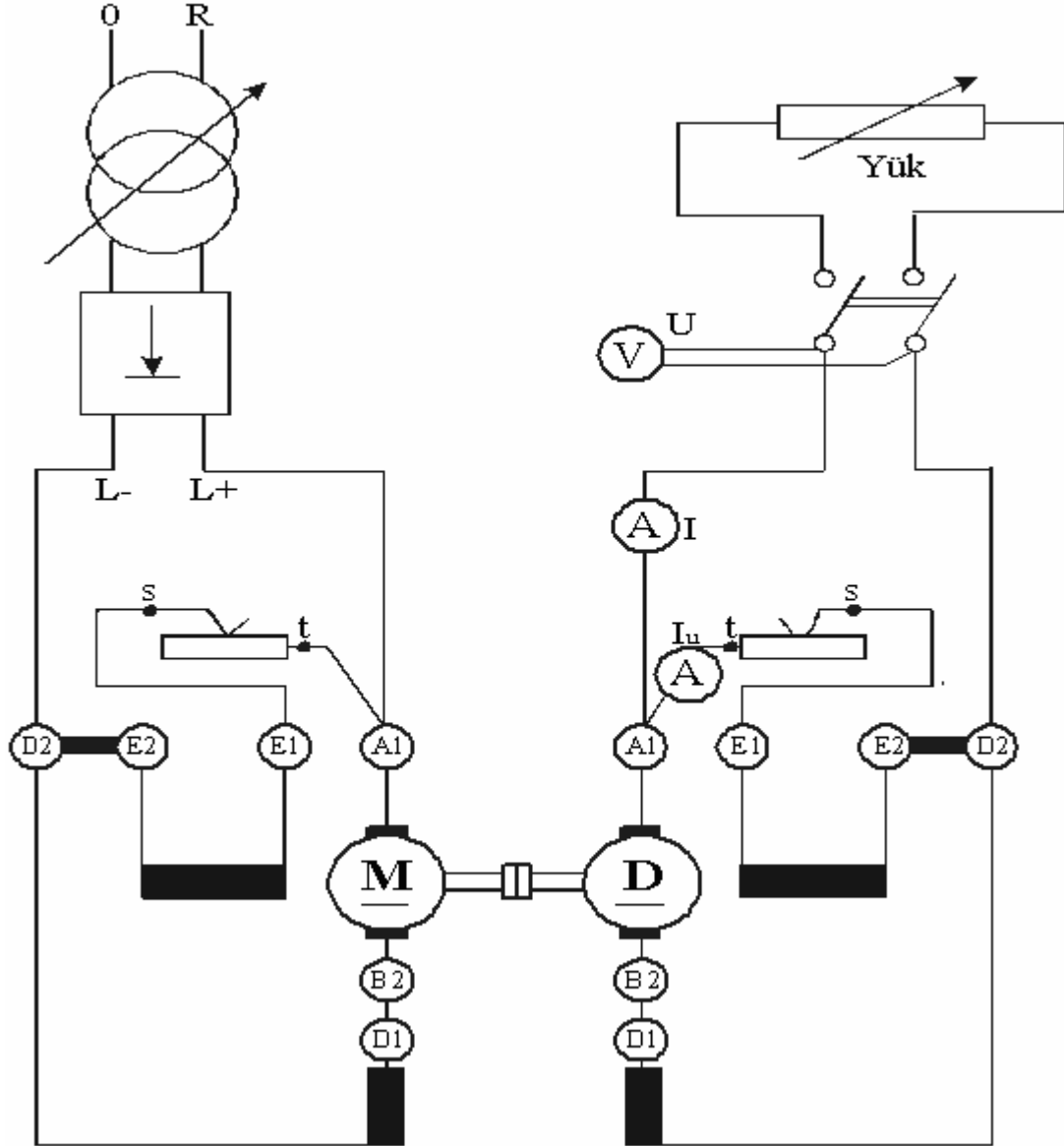
Uyarım akımının azalmasından dolayı düşen gerilimi ancak deneysel olarak bulabiliriz. Bu deneyde uyarım akımı da bir ampermetre ile her kademe ölçülür.

Bu uyarım akımlarına karşılık gelen boş çalışma gerilimleri bir önceki deney grafiklerinden bulunarak tabloya eklenir. Bu değerlerle yük akımının değişimi  $E_0=f(I)$  eğrisini verir. Şayet uyarım akımı sabit kalabilseydi boştaki uç geriliminin sürekli aynı değerde olması gerekirdi Ancak şekilde de görüldüğü gibi bir yataya tam paralel olmayıp bir miktar düşmüştür. İşte yataya paralel çizgiyle eğri arasındaki fark uyarım akımının azalmasından dolayı düşen gerilimdir.



Şekil-1: Şönt dinamonun dış karakteristik eğrileri

**Bağlantı Seması**





### Denevin Yapılışı

1. Şekildeki bağlantıyı kurunuz ve ilgili öğretim elemanına kontrol ettirmeden kesinlikle enerji vermeyiniz.
2. Dinamo nominal devir sayısında döndürülür.
3. Uyarım direnci ayar edilerek gerilim, nominal değere ayarlanır.
4. Yük direnci devreye sokularak nominal gerilim altında, nominal akım elde edinceye kadar yük ve uyarım akımı ile ayar edilir.
5. Bu aşamadan sonra uyarım direnci değiştirilmez.
6. Yük direnci devreden çıkartılır. Tahrik makinası ile dinamunun devri nominal değere ayarlanır.
7. Voltmetreden okunan değer tabloya kaydedilir.
8. Yük direnci devreye kademe kademe girilerek, akımın kademe kademe artması sağlanır.
9. Her kademe U ve I değerleri tabloya kaydedilir. Yükleme, nominal yük akımının 1,2 katına kadar devam edilir.
10. Denejde alınan değerlere göre  $U = f(I)$  eğrisi çizilir.



### Deneyde Kullanılan Aletler

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |

### Deneyde Alınan Değerler

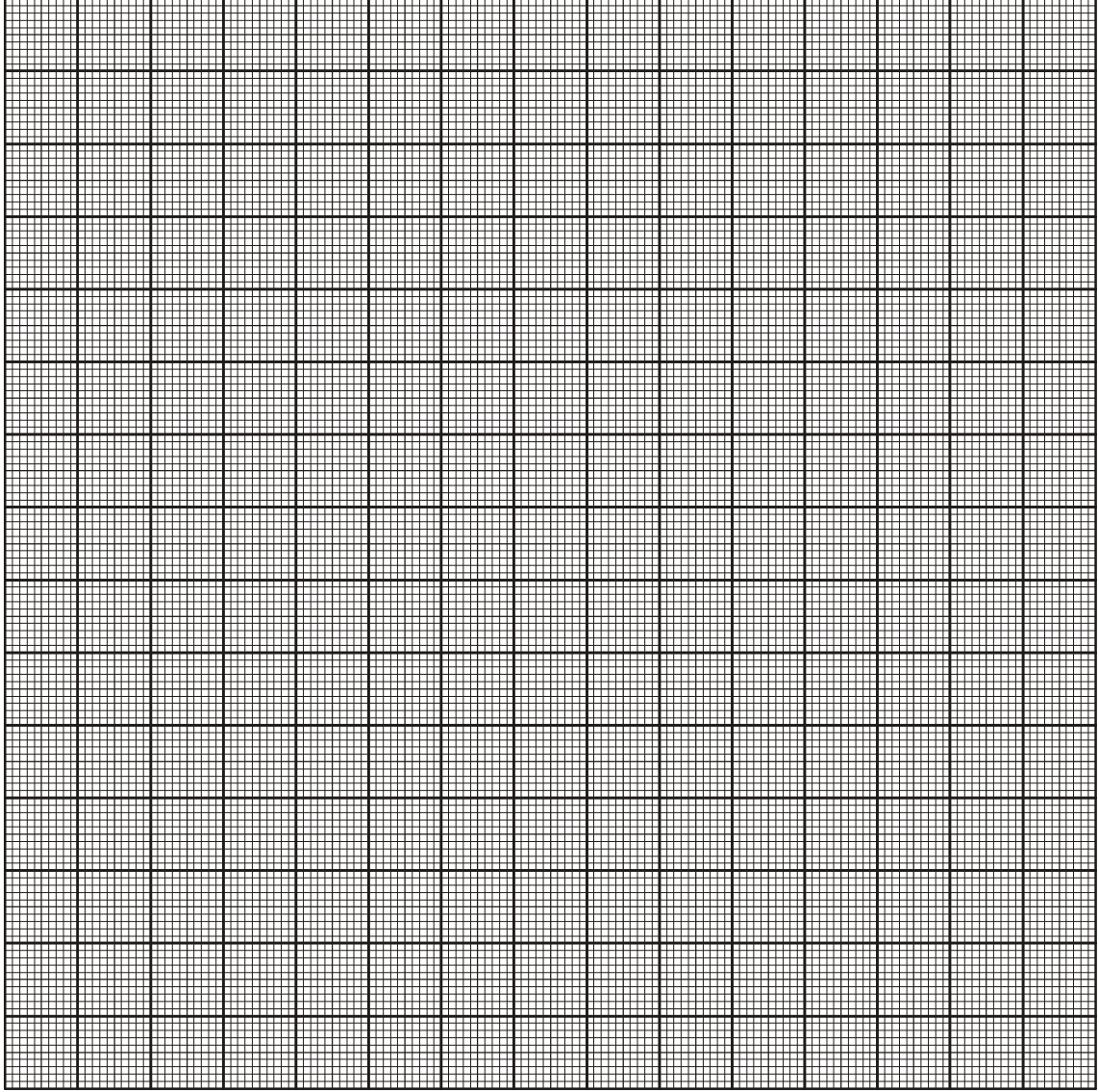
| Gözlem No | n (d/dk.) | $R_s+R_m$ ( $\Omega$ ) | $I_u$ (A.) | U (V.) | I (A.) | $I_a=I+I_u$ (A.) | $\Sigma R_a$ ( $\Omega$ ) | $I_a*\Sigma R_a$ (V.) | $E=U+I_a*\Sigma R_a$ (V.) | $E_0$ (V.) |
|-----------|-----------|------------------------|------------|--------|--------|------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|------------|
| 1         | S A B İ T | S A B İ T              |            |        |        |                  |                           |                       |                           |            |
| 2         |           |                        |            |        |        |                  |                           |                       |                           |            |
| 3         |           |                        |            |        |        |                  |                           |                       |                           |            |
| 4         |           |                        |            |        |        |                  |                           |                       |                           |            |
| 5         |           |                        |            |        |        |                  |                           |                       |                           |            |
| 6         |           |                        |            |        |        |                  |                           |                       |                           |            |
| 7         |           |                        |            |        |        |                  |                           |                       |                           |            |
| 8         |           |                        |            |        |        |                  |                           |                       |                           |            |
| 9         |           |                        |            |        |        |                  |                           |                       |                           |            |
| 10        |           |                        |            |        |        |                  |                           |                       |                           |            |
| 11        |           |                        |            |        |        |                  |                           |                       |                           |            |
| 12        |           |                        |            |        |        |                  |                           |                       |                           |            |
| 13        |           |                        |            |        |        |                  |                           |                       |                           |            |
| 14        |           |                        |            |        |        |                  |                           |                       |                           |            |
| 15        |           |                        |            |        |        |                  |                           |                       |                           |            |



**Sorular ve Yanıtlar**

1-) Yük arttıkça kutup gerilimi nasıl değişir? Niçin?

2-) Deneyde aldığınız değerlere göre şönt dinamonun  $U=f(I)$ ,  $E=f(I)$  ve  $E_0=f(I)$  karakteristik eğrilerini çizin.



Ölçek :





3-) Uyarım akımının yükte birlikte azalmasının nedenini açıklayınız.

4-) Şönt dinamo uçları kısa devre edilirse ne olur?

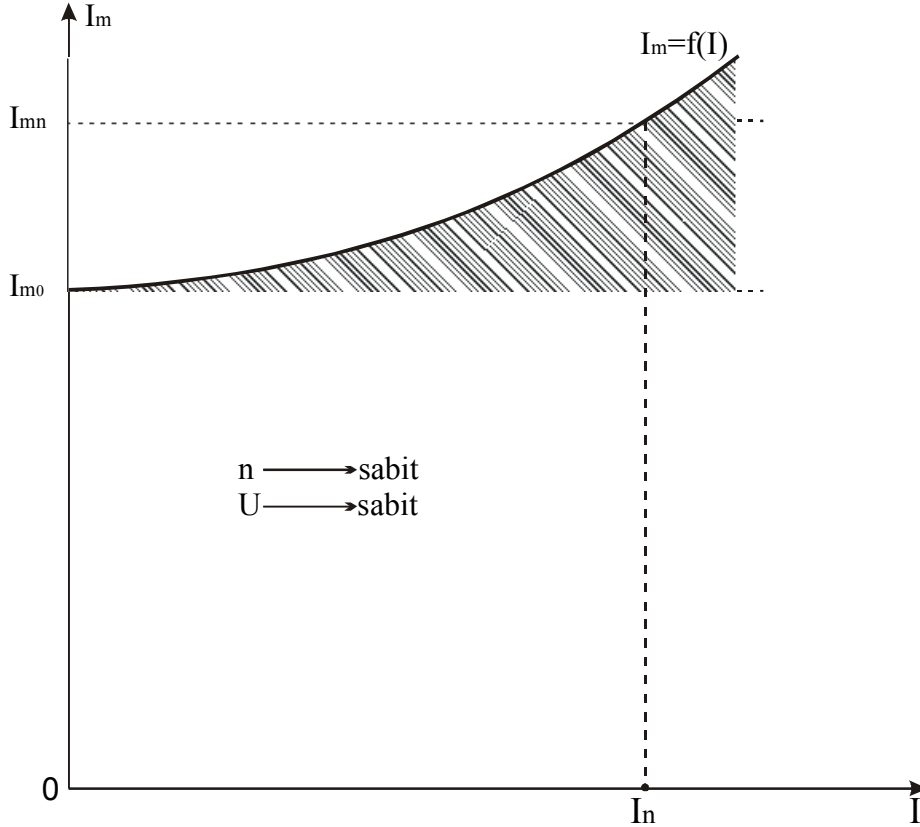
5-) Şönt dinamo dış karakteristiği ile yabancı uyarımlı dinamo dış karakteristiği arasındaki farklar nelerdir?

**Deney No : 8**

**Deney Adı : Şönt Dinamonun Ayar Karakteristiği**

**Teorik Bilgi**

Şönt dinamonun dış ve yük karakteristikleri deneylerinde görüldüğü gibi, dinamo yüklendikçe kutup gerilimi düşmektedir. Kutup gerilimi sabitliği birçok yerde istenir. Ayar karakteristiği deneyinde sabit devir sayısında çalışan bir şönt dinamonun kutup gerilimi de sabit tutularak yük akımı ile uyarım akımı arasındaki ilişki incelenecektir. Kutup gerilimini sabit tutmak için yük akımı arttıkça uyarım akımı da aynı oranda artırılır. Şekil-1 de  $I_m = f(I)$  eğrisinde bu durum açıkça görülmektedir.



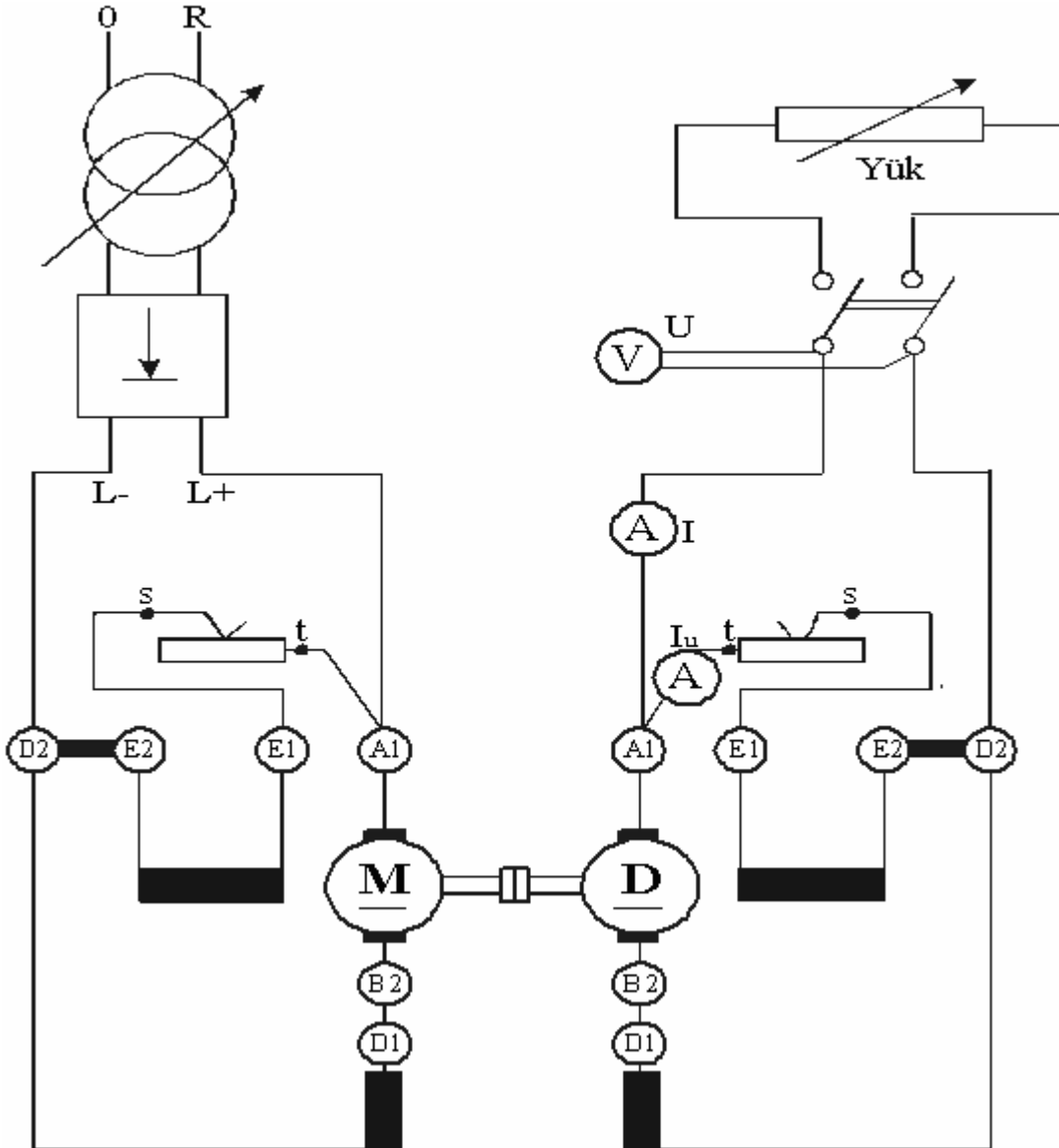
**Şekil -1 Şönt dinamo ayar karakteristiği.**

Şekildeki eğrinin altında kalan taralı kısım, yük akımının artmasıyla oluşan gerilim düşümlerini önlemek için uyarım akımının artan kısmını göstermektedir. Bu kısma ilave uyarma akımı denir ve dinamonun endüvi direncine ve endüvi reaksiyonunun etkisine bağlı olarak değeri değişir. Yük akımının nominal değerinde,

nominal uç gerilimini veren uyartım akımı değeri nominal uyartım akımıdır. Yük akımı nominal değerın üzerine çıkarsa doymadan dolayı daha küçük yük artışı için daha yüksek gerilim düşümü olur. Bunu karşılama için de uyartımın daha çok artırılması gereklidir. Bunun için eğrinin uç kısmı yukarı doğru dikleşmektedir. Bu noktadan sonra yük akımının daha fazla artmasına izin verilmemelidir.

Şönt uyartımlı dinamonun ayar karakteristiği, uyartım akımının oluşturduğu gerilim düşümü, yük akımının oluşturduğu gerilim düşümüne oranla ihmal edilecek kadar küçük olduğundan, yabancı uyartımlı dinamonun ayar karakteristiğinin hemen hemen aynıdır.

### Bağlantı Şeması





### **Deneğin Yapılışı**

1. Şekildeki bağlantıyı kurunuz ve ilgili öğretim elemanına kontrol ettirmeden devreye enerji vermeyiniz.
2. Dinamo, nominal devir sayısında döndürülür ve bu değerde sabit tutulur.
3. Uyarım direnci ayarlanarak, kutup gerilimi nominal değere getirilir.
4. Dinamo, yük direnci ile kademe kademe yüklenir.
5. Ayarlanan kutup geriliminin sabit kalması gerektiğinden, yük akımına bağlı olarak, uyarım akımı kademe kademe artırılır.
6. İşleme dinamo nominal yük akımının 1,2 katına ulaşınca kadar devam edilir.
7. Her kademede uyarım akımı ve yük akımı değerleri tabloya kaydedilir.
8. Alınan değerlere göre ayar karakteristik eğrisi çizilir.

### **Deneşte Kullanılan Aletler**

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |

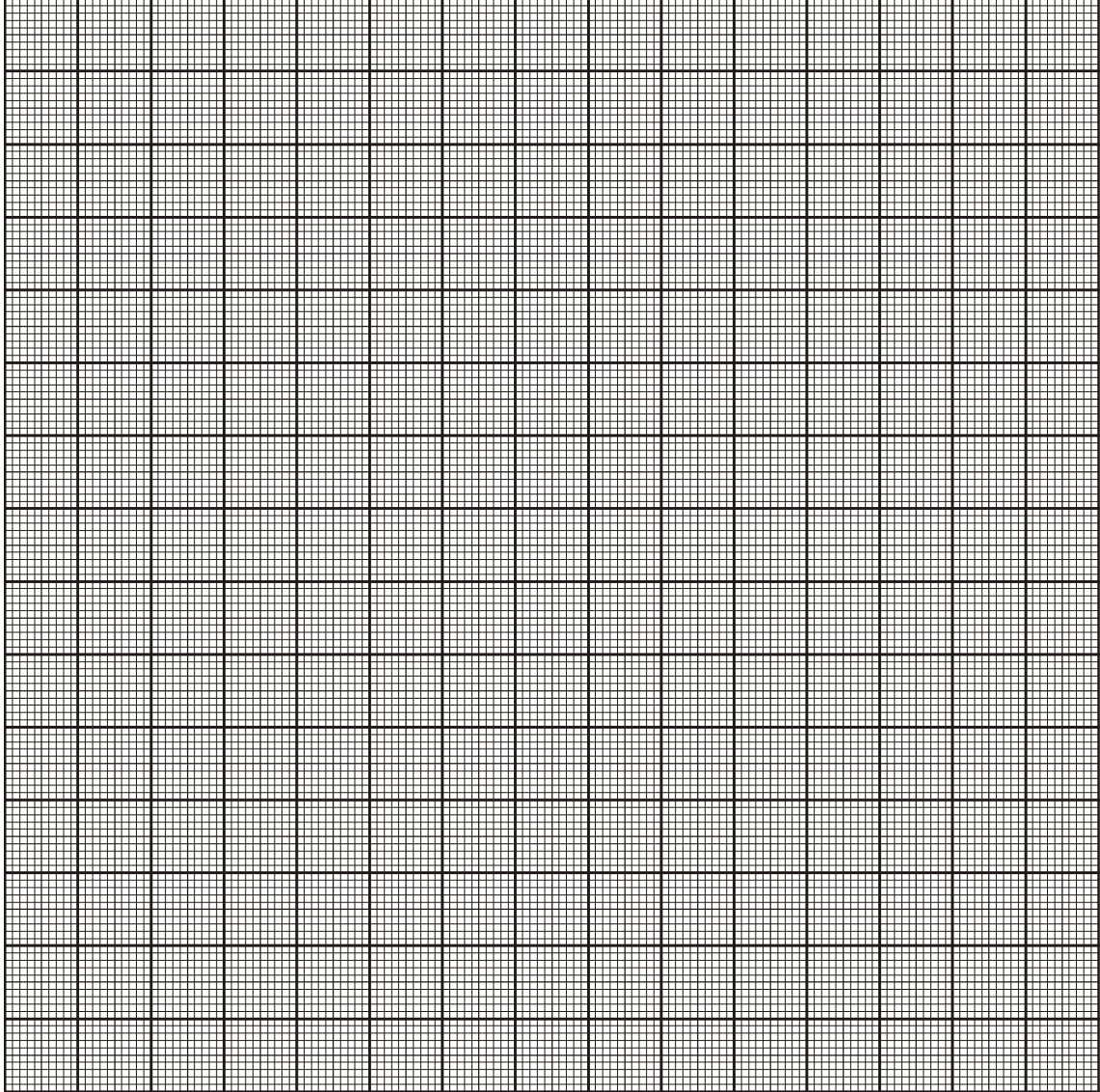


**Deneyde Alınan Değerler**

| Gözlem No | n (d/dk) | U (Volt) | I <sub>u</sub> (Amper) | I (Amper) |
|-----------|----------|----------|------------------------|-----------|
| 1         | SABİT    | SABİT    |                        |           |
| 2         |          |          |                        |           |
| 3         |          |          |                        |           |
| 4         |          |          |                        |           |
| 5         |          |          |                        |           |
| 6         |          |          |                        |           |
| 7         |          |          |                        |           |
| 8         |          |          |                        |           |
| 9         |          |          |                        |           |
| 10        |          |          |                        |           |
| 11        |          |          |                        |           |
| 12        |          |          |                        |           |

**Sorular ve Yanıtlar**

1-) Deneyde aldığımız değerlere göre şönt dinamonun ayar karakteristik eğrisini ( $I_m=f(I)$ ) çiziniz.



Ölçek :

2-) Dinamo yüklendikçe uyartım kaimı niçin arttırılır?

3-) Şönt dinamoda ayar karakteristiği hangi amaç için kullanılır?



4-) Yük akımı ile uyartım akımının artışı niçin tam doğrusal değildir?

5-) Yük çok arttırılırsa gerilim sabit tutulabilir mi? Neden?

**Deney No : 9**

**Deney Adı : Kompunt Dinamo Dış Karakteristiği**

**Teorik Bilgi**

Kompunt dinamolar seri ve şönt sargıların bir arada kullanıldığı makinalardır. Bu dinamodaki seri ve şönt sargıların yapıları aynen seri ve şönt dinamolarda olduğu gibidir.

Kompunt dinamolar kutup bağlantılarının durumuna göre ikiye ayrılırlar.

Seri sargı manyetik alanı şönt sargı alanını destekleyecek şekilde bağlanırsa, bu tip kompunt dinamolara “*eklemeli (yukarı) kompunt dinamo*” adı verilir.

Seri sargı manyetik alanı şönt sargı alanını yok edecek şekilde bağlanırsa, bu tip kompunt dinamolara “*ters (eksiltmeli) kompunt dinamo*” adı verilir.

Kompunt dinamolarda seri sargı üzerinden yük akımı geçer. Boş çalışmada seri sargının hiç bir etkisi olmadığından boş çalışma eğrisi aynen şönt dinamodaki gibi çıkar. Bu nedenle sadece dış çalışma karakteristiği incelenecektir.

**Kompunt Dinamonun Dış Karakteristiği**

Devir sayısı ve şönt uyartım devresi direnci sabitken, yük akımı ile kutup gerilimi arasındaki bağıntıdır.

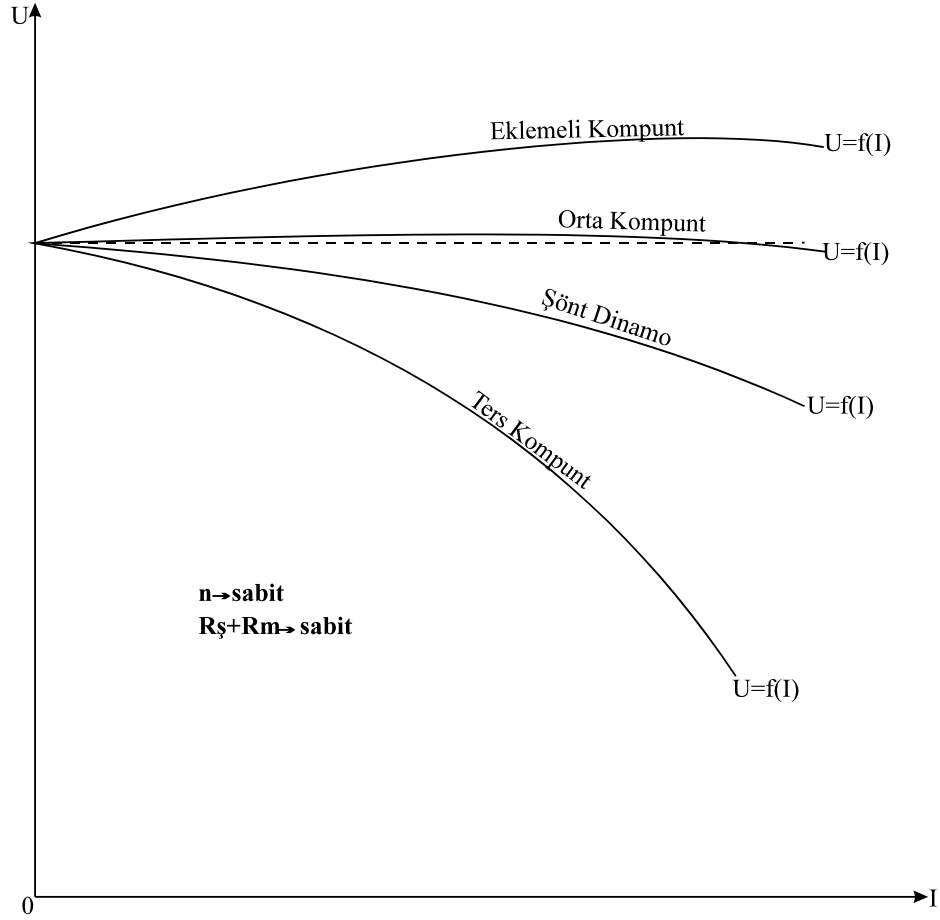
$n$ : sabit ve  $R_s+R_m$ : sabit iken,  $U=f(I_y)$

Yukarıda belirtilen iki tip bağlantı yapılarak yukarıdaki eğriler çizilirse Şekil-1'deki eğriler elde edilir.

Bu eğriler incelenirse eklemeli kompunt dinamolarda yük akımı arttıkça kutup geriliminin yükseldiği görülür. Seri sargıdan yük akımı geçtiğinden bu akım arttıkça seri sargı manyetik alanı ( $\phi_s$ ) artar. Toplam manyetik alan seri ve şönt alanların toplamı ( $\phi=\phi_s +\phi_s$ ) olduğundan toplam alanda artar.  $E=K.\phi.n$  olduğundan gerilimde bir artış olur.

Ters kompunt dinamolarda ise toplam alan iki sargının oluşturduğu alanın farkıdır ( $\phi=\phi_s -\phi_s$ ). Bu nedenle yük akımı arttıkça toplam alan büyük miktarda azalır ve kutup geriliminde büyük düşmeler görülür.

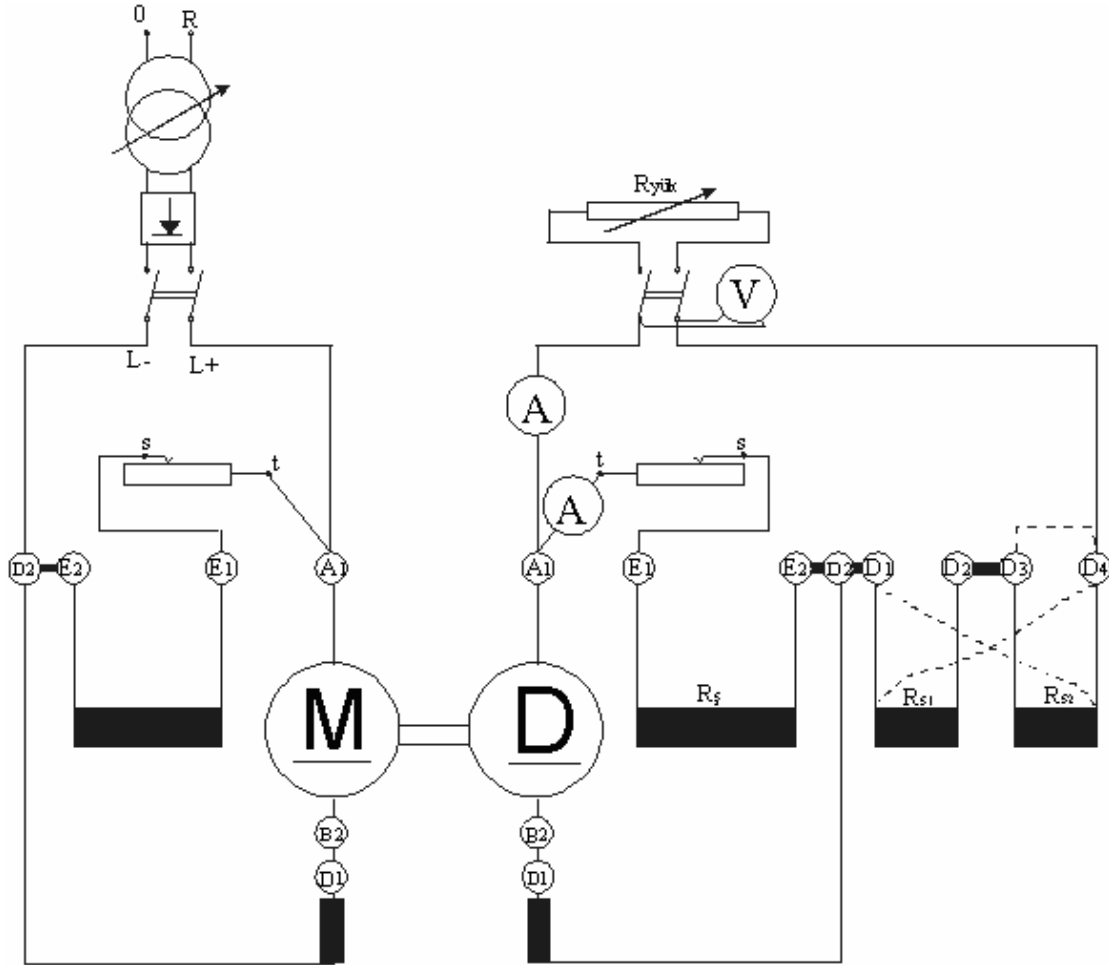




Şekil-1 Kompunt dinamonun dış karakteristik eğrileri.

Eklemeli kompunt dinamolarda seri sargı sadece şönt dinamodaki gerilim düşümlerini karşılayacak şekilde sarılırsa yük akımı arttıkça gerilim sabit kalır. Bu tip eklemeli kompunt dinamolara “*orta kompunt dinamo*” adı verilir.

### Bağlantı Şeması



### Denevin Yapılışı

1. Şekildeki bağlantıyı kurunuz ve ilgili öğretim elemanına kontrol ettirmeden kesinlikle enerji vermeyiniz.
2. Dinamo nominal devir sayısında döndürülür.
3. Uyarım direnci ayar edilerek gerilim, nominal değere ayarlanır.
4. Bu aşamadan sonra uyarım direnci değiştirilmez.
5. Yük direnci devreye kademe kademe girilerek, akımın kademe kademe artması sağlanır.
6. Her kademe U ve I değerleri tabloya kaydedilir. Yükleme, nominal yük akımının 1,2 katına kadar devam edilir.
7. Bu işlemler komponent dinamonun her bağlantı şekli için yapılır.
8. Denevide alınan değerlere göre  $U=f(I)$  eğrisi çizilir.



**Denejde Kullanılan Aletler**

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |

**Denejde Alınan Değerler**

| Gözlem No | Bağlantı Tipi      | U (Volt) | I <sub>u</sub> (Amper) | n (d/dk.) | I (Amper) |
|-----------|--------------------|----------|------------------------|-----------|-----------|
| 1         | Eklemeli Kompunt   |          |                        | SABİT     |           |
| 2         |                    |          |                        |           |           |
| 3         |                    |          |                        |           |           |
| 4         |                    |          |                        |           |           |
| 5         |                    |          |                        |           |           |
| 6         |                    |          |                        |           |           |
| 7         | Orta Kompunt       |          |                        |           |           |
| 8         |                    |          |                        |           |           |
| 9         |                    |          |                        |           |           |
| 10        |                    |          |                        |           |           |
| 11        |                    |          |                        |           |           |
| 12        |                    |          |                        |           |           |
| 13        | Eksiltmeli Kompunt |          |                        |           |           |
| 14        |                    |          |                        |           |           |
| 15        |                    |          |                        |           |           |
| 16        |                    |          |                        |           |           |
| 17        |                    |          |                        |           |           |
| 18        |                    |          |                        |           |           |



### Sorular ve Yanıtlar

1-) Kompunt dinamolarda seri sargının özellikleri nasıl belirlenir?

2-) Kompunt çalışan bir dinamonun hangi tip kompunt bağlantıda olduğu nasıl anlaşılır?

3-) Deneyde alınan değerlerden kompunt dinamonun dış karakteristik eğrilerini çiziniz.



Ölçek :

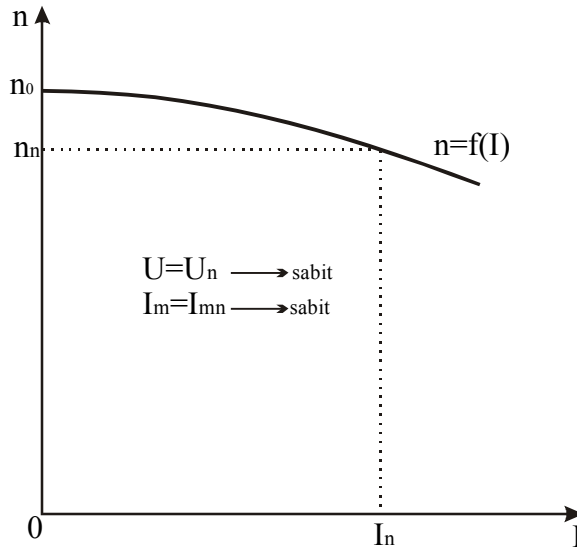
**Deney No : 10**

**Deney Adı : Şönt Motorun Dış Karakteristiği**

**Teorik Bilgi**

Şönt motorun dış karakteristiği; motor uçlarındaki gerilim ve uyarım devresinden geçen akım sabit tutularak , yük akımı ile devir sayısı arasındaki bağıntının incelenmesidir.

Tanımdan da anlaşılacağı gibi dış karakteristlik deneyi, devir sayısının yük akımı ile değişimini inceler. Deneyde motorun milini yüklemek için fren veya dinamo kullanılabilir. Deneye başlarken öncelikle motor yüklenerek nominal devir sayısında nominal yük akımını çekmesi sağlanır. Bu işlemden sonra uyarım direnci hep sabit tutulur. Motorun bütün yükü kaldırılarak boştaki devir sayısı kaydedilir. Daha sonra motor dinamo ile kademe kademe yüklenerek her kademedeki devir ve yük akımı değerleri alınır. Bu değerlerle  $n=f(I)$  eğrisi çizilecek olursa Şekil.1'deki eğri elde edilir.



**Şekil.1 Şönt motor dış karakteristlik eğrisi.**

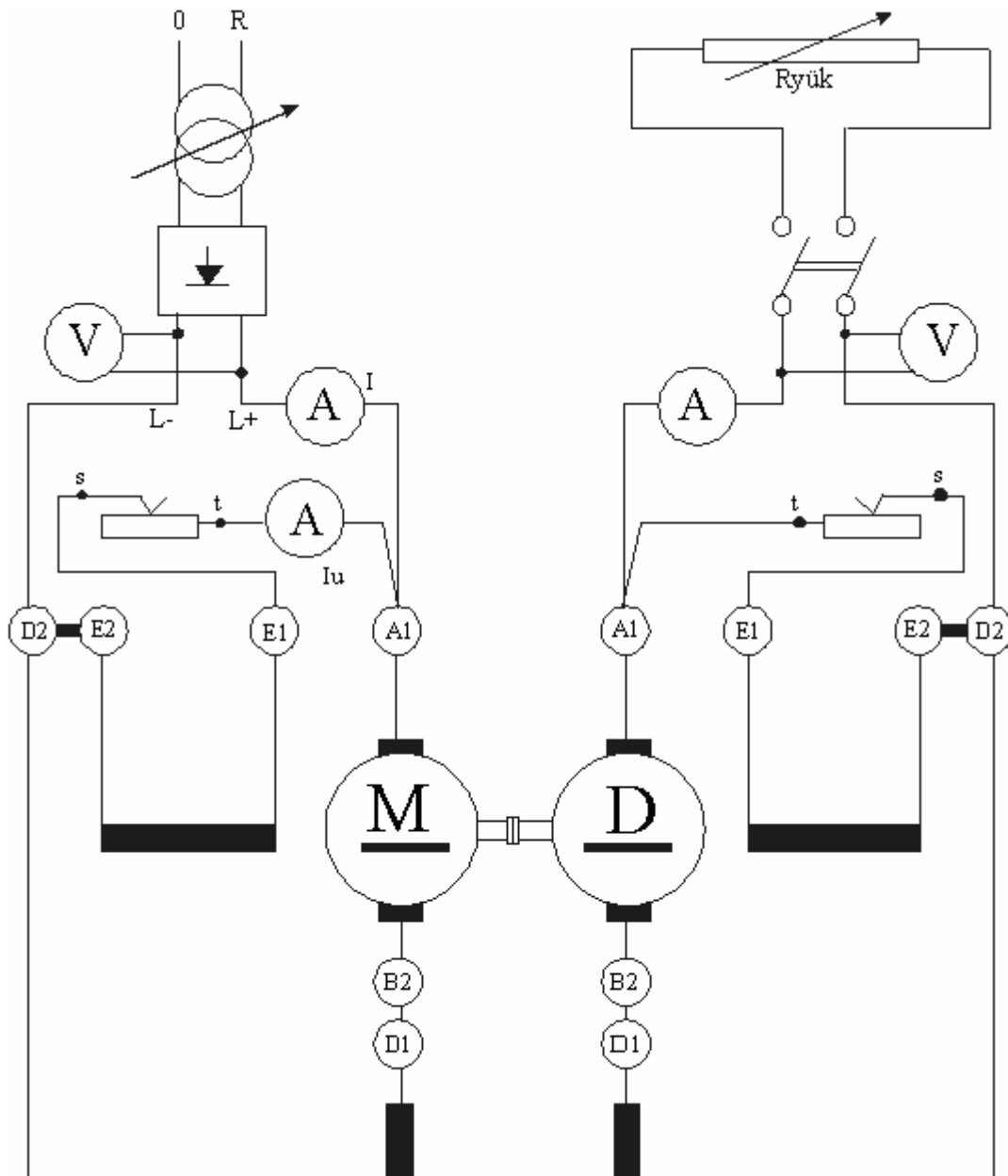
Eğriden de görüldüğü gibi şönt motor yüklendikçe devir sayısı küçük bir düşme gösterir. Bu düşme motorun endüvisindeki momentin artan yükü karşılamak için artmasından kaynaklanır. Şönt motorun momentü  $M=K.\phi.I_a$  formülü ile bulunur. Deneyde uyarım akımı ve dolayısıyla  $\phi$  akısı sabittir. Şu halde artan moment ancak endüvi akımı ile karşılanabilir. Öte yandan motora uygulanan gerilim  $U=E+I_a.R_a$  olarak ifade edilir. Gerilim sabit olduğuna göre endüvi akımı arttıkça  $I_a.R_a$  artacak ve

zıt emk (E) azalacaktır.  $E=K.\phi.n$  bağıntısında  $\phi$  sabit olduğundan E'nin azalması için devir sayısının düşmesi gerekir.

$$\text{Ayrıca } n = \frac{U - I_a.R_a}{K.\phi}$$
 ifadesine göre yük arttıkça  $I_a$  akımı arttığından  $I_a.R_a$

çarpımı da artmakta ve  $K.\phi$  değeri sabit olduğ için kesrin payı küçülmekte ve devir sayısı düşmektedir.

### Bağlantı Seması





### **Denevin Yapılışı**

1. Şekildeki bağlantıyı kurunuz ve ilgili öğretim elemanına kontrol ettirmeden devreye enerji vermeyiniz.
2. Dinamo yük direnci ve motorun uyarım devresi direnci ayar edilerek, motorun nominal yük akımında ve nominal devir sayısında çalışması sağlanır.
3. Bu aşamadan sonra motorun uyarım devresi direnci değiştirilmez ve motor üzerindeki yük kaldırılır.
4. Motor boşta iken çektiği akım ve devir sayısı kaydedilir.
5. Motor, dinamo ile kademe kademe yüklenir.
6. Her kademede yük akımı ve devir sayısı değerleri kaydedilir.
7. Yükleme işlemine nominal akımın 1,2 katına kadar devam edilir.
8. Alınan değerlere göre  $n = f(I)$  eğrisi çizilir.

### **Deneyde Kullanılan Aletler**

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |



**Denejde Alınan Değerler**

| Gözlem No | U (Volt) | $I_u$ (Amper) | I (Amper) | n (d/dk) |
|-----------|----------|---------------|-----------|----------|
| 1         | SABİT    | SABİT         |           |          |
| 2         |          |               |           |          |
| 3         |          |               |           |          |
| 4         |          |               |           |          |
| 5         |          |               |           |          |
| 6         |          |               |           |          |
| 7         |          |               |           |          |
| 8         |          |               |           |          |
| 9         |          |               |           |          |
| 10        |          |               |           |          |
| 11        |          |               |           |          |
| 12        |          |               |           |          |

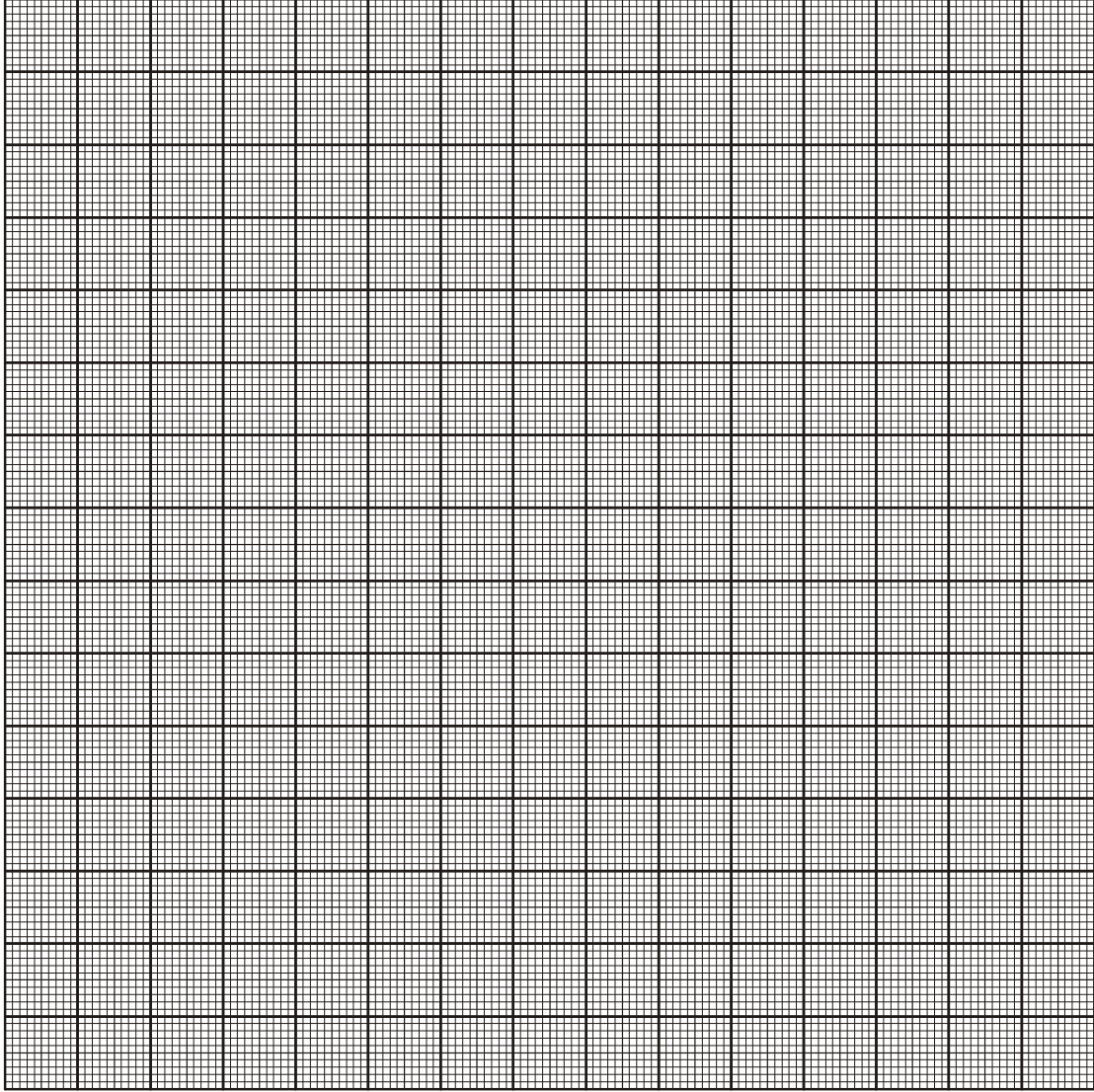
**Sorular ve Yanıtlar**

1-) Motor yüklendikçe devir sayısı niçin değişir?

2-) Motor yüklendikçe, motor yük akımı nasıl değişir?



3-) Deneyde aldığınız değerlerle şönt motorun dış karakteristik eğrisini çiziniz?



Ölçek

4-) Yük akımı değiştikçe uyartım akımı değişir mi?



5-) Kutup gerilimi (U) sabit tutulmazsa nasıl bir eğri elde edilir?

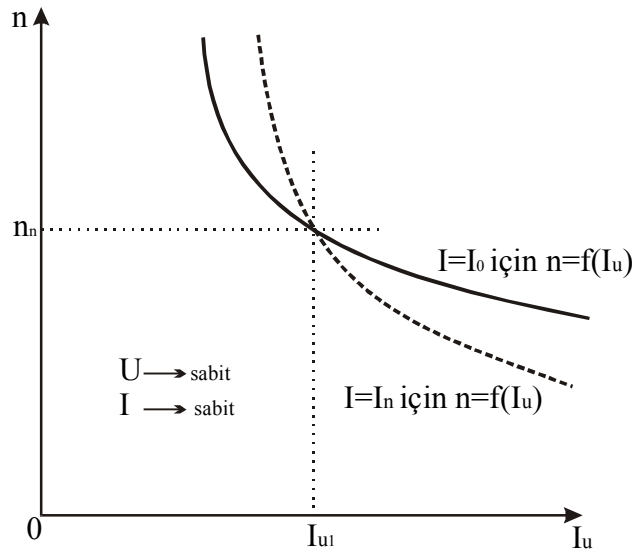
6-) Şönt motorda momentin yükle değişimi nasıldır? Araştırınız.

**Deney No : 11**

**Deney Adı : Şönt Motorun Yük Karakteristiği.**

**Teorik Bilgi**

Sabit kutup gerilimi ve sabit yük akımında, uyarım akımı ile devir sayısı arasındaki bağıntıya şönt motorun yük karakteristiği denir.



Şekil-1 Şönt motorun boşa ve nominal yük altındaki yük karakteristiği.

Şönt motorun yük akımı sabit olduğundan, endüvi reaksiyonu ve motor omik gerilim düşümü, karakteristik boyunca sabit olacaktır. kutup gerilimi formülüne göre;

$$U = E + (I_a \cdot R_i + 2\Delta U_b)$$

olur. Buradan,  $E = K \cdot \phi \cdot n$  olduğundan, devir sayısı formülü;

$$n = \frac{U - (I_a \cdot R_i + 2\Delta U_b)}{K \cdot \phi}$$

elde edilir.

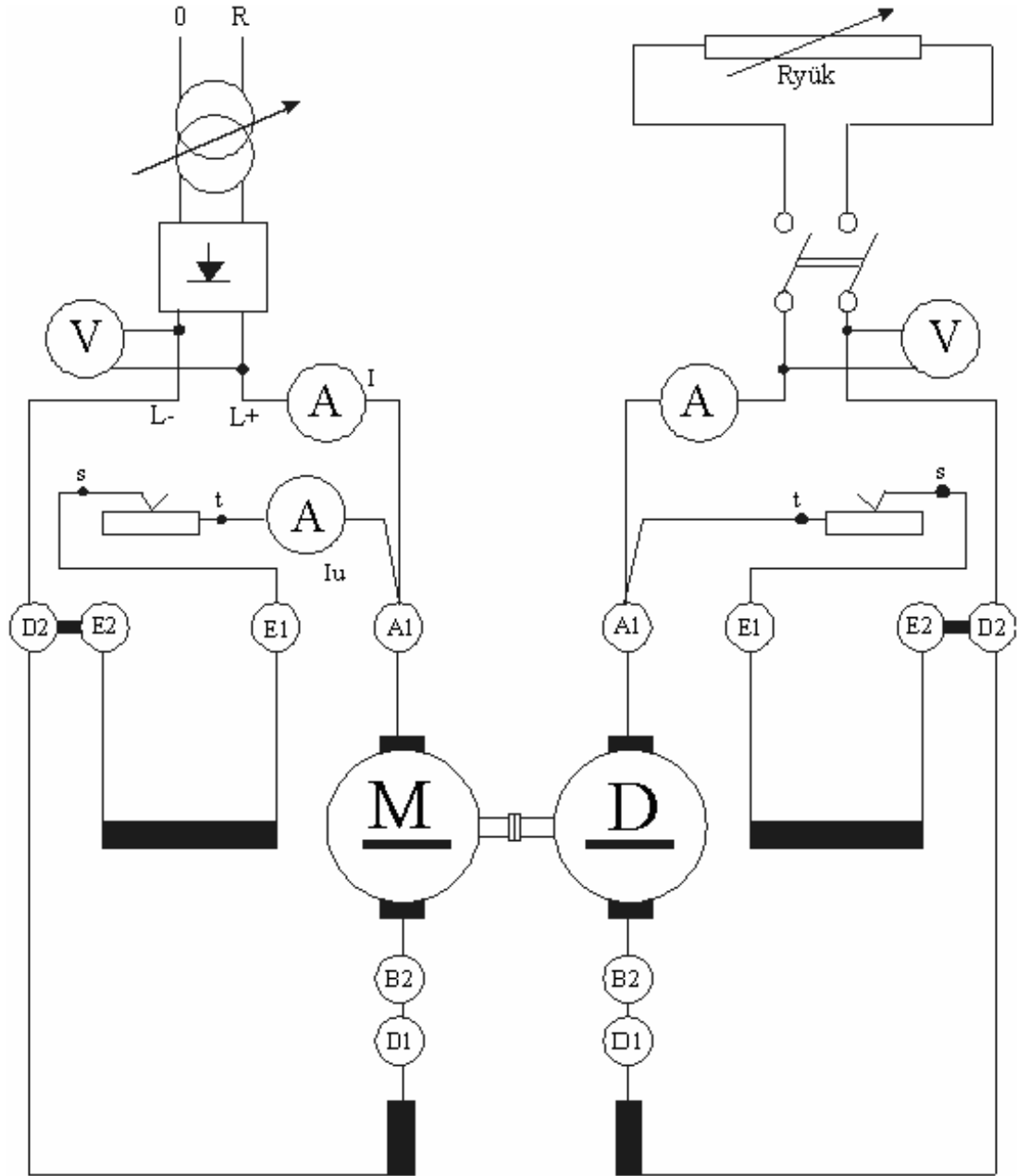
Yük akımına bağlı olarak  $I_a$  endüvi akımı sabit olacağından, devir sayısı formülünün payı değişmeyecektir. Uyarım akımına bağlı olarak  $\Phi$  ana kutup alanı değişecektir. Yani uyarım akımı azaldıkça,  $\Phi$  azalacağından 'n' devir sayısı yükselecektir. Uyarım akımı arttıkça da devir sayısı azalacaktır.



Endüvi reaksiyonu ve omik gerilim düşümü sabit olduğundan, yük karakteristiği hiperbole yakın bir eğri olur. Eğer, kutuplardaki doyma olmasaydı,  $\Phi$  ve  $I_m$  doğrusal orantılı olduklarından, yük karakteristiği, tam hiperbol şeklinde olacaktı. Kutuplardaki doyma, uyartım akımını artıracığından eğri, hiperbolden farklı olur.

Şekil-1' de görüldüğü gibi, boştaki ve yükteki eğriler birbirlerini kesmektedir. Bunun nedeni kesişme noktalarındaki uyartım akımında ( $I_{u1}$ ), endüvi reaksiyonunun devir üzerindeki yükseltici etkisi ile endüvideki omik gerilim düşümünün devir sayısını düşürücü etkisinin eşit olmasıdır. Bu  $I_{u1}$  uyartım akımının altındaki değerlerde, endüvi reaksiyonu, omik gerilim düşümünden büyük olacağından yükte devir sayısı artar,  $i_{m1}$  akımının üstündeki değerlerde ise  $\Phi$  uyarma alanının kuvvetli olmasından dolayı endüvi reaksiyonu, omik gerilim düşümünden daha küçük olur. Bu sebepten dolayı yükte devir sayısı, boştakine göre daha düşük olacaktır.

**BağlantıSeması**





### Denevin Yapılışı

1. Şekideki bağlantıyı kurunuz ve ilgili öğretim elemanına kontrol ettirmeden kesinlikle enerji vermeyiniz.
2. Deneysel hangi yük akımında yapılacaksa motor, o değere kadar dinamo ile yüklenir.
3. Sabit kutup geriliminde, dinamo kutuplarına bağlı yük dirençleri ayarlanarak, değişik uyartım akımlarında motorun yük akımı sabit bir değere ayarlanır.
4. Uyartım akımı, motorun dayanabileceği devir sayısına çıkıncaya kadar azaltılır.
5. Yük akımı sabit tutularak, uyartım akımı kademe kademe arttırılır.
6. Uyartım akımının her değeri için devir sayısının aldığı eğer tabloya kaydedilir.
7. Uyartım akımının arttırılmasına, devir sayısında hiç bir değişme olmayıncaya kadar yada uyartım devresi ayar direnci sıfır olana kadar devam edilir.
8. Deneysel alınan değerlere göre  $n = f(I_m)$  eğrisi çizilir.

### Deneysel Kullanılan Aletler

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |



**Deneyde Alınan Değerler**

| Gözlem No | U (Volt) | I (Amper) | $I_u$ (Amper) | n (d/dk) |
|-----------|----------|-----------|---------------|----------|
| 1         | SABİT    | SABİT     |               |          |
| 2         |          |           |               |          |
| 3         |          |           |               |          |
| 4         |          |           |               |          |
| 5         |          |           |               |          |
| 6         |          |           |               |          |
| 7         |          |           |               |          |
| 8         |          |           |               |          |
| 9         |          |           |               |          |
| 10        |          |           |               |          |
| 11        |          |           |               |          |
| 12        |          |           |               |          |

**Sorular ve Yanıtlar**

1-) Devir sayısı arttıkça, uyartım akımı nasıl değişir?



2-) Deneyde aldığınız değerlerle şönt motorun  $n=f(I_u)$  yük karakteristik eğrisini çiziniz.



Ölçek :

3-) Devir sayısı arttıkça yük akımı değişir mi?





4-) Şönt motorun boştaki ve yükteki yük karakteristik eğrilerinin birbirini kesmesinin nedeni nedir?

5-) Endüvi reaksiyonu ve endüvi omik direnci üzerindeki gerilim düşümünün devir sayısı üzerinde ne gibi bir etkisi vardır?

6-) Şönt motorun devir sayısı ve devir yönü nasıl değiştirilir?

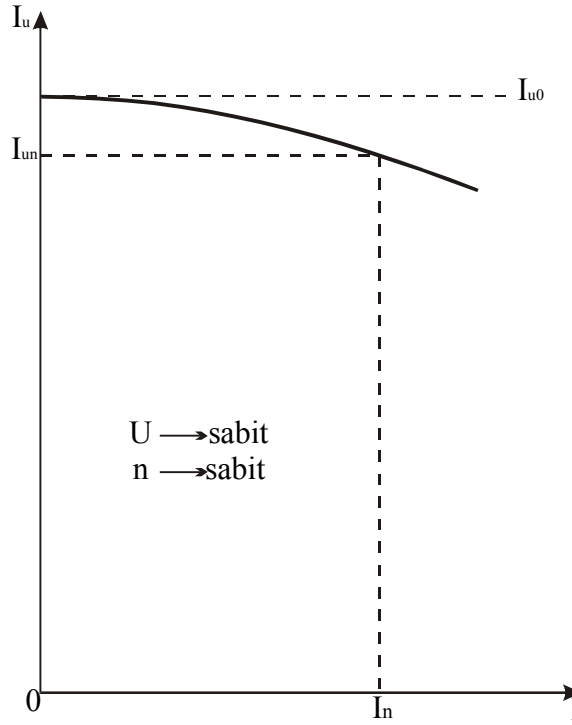
**Deney No : 12**

**Deney Adı : Şönt Motorun Ayar Karakteristiği.**

**Teorik Bilgi**

Sabit kutup geriliminde ve sabit devir sayısı ile çalışan bir şönt motorun uyartım akımı ile yük akımı arasındaki ilişki ayar karakteristiğini verir.

Deney yapılırken motor nominal gerilim ve devrinde boşta döndürülür. Daha sonra dinamo ile kademe kademe yüklenerek her kademede devir nominal değerine ayarlanır ve uyartım ve yük akımları kaydedilir. Alınan değerlerle  $I_u=f(I)$  eğrisi çizilecek olursa Şekil-1'deki eğri elde edilir.

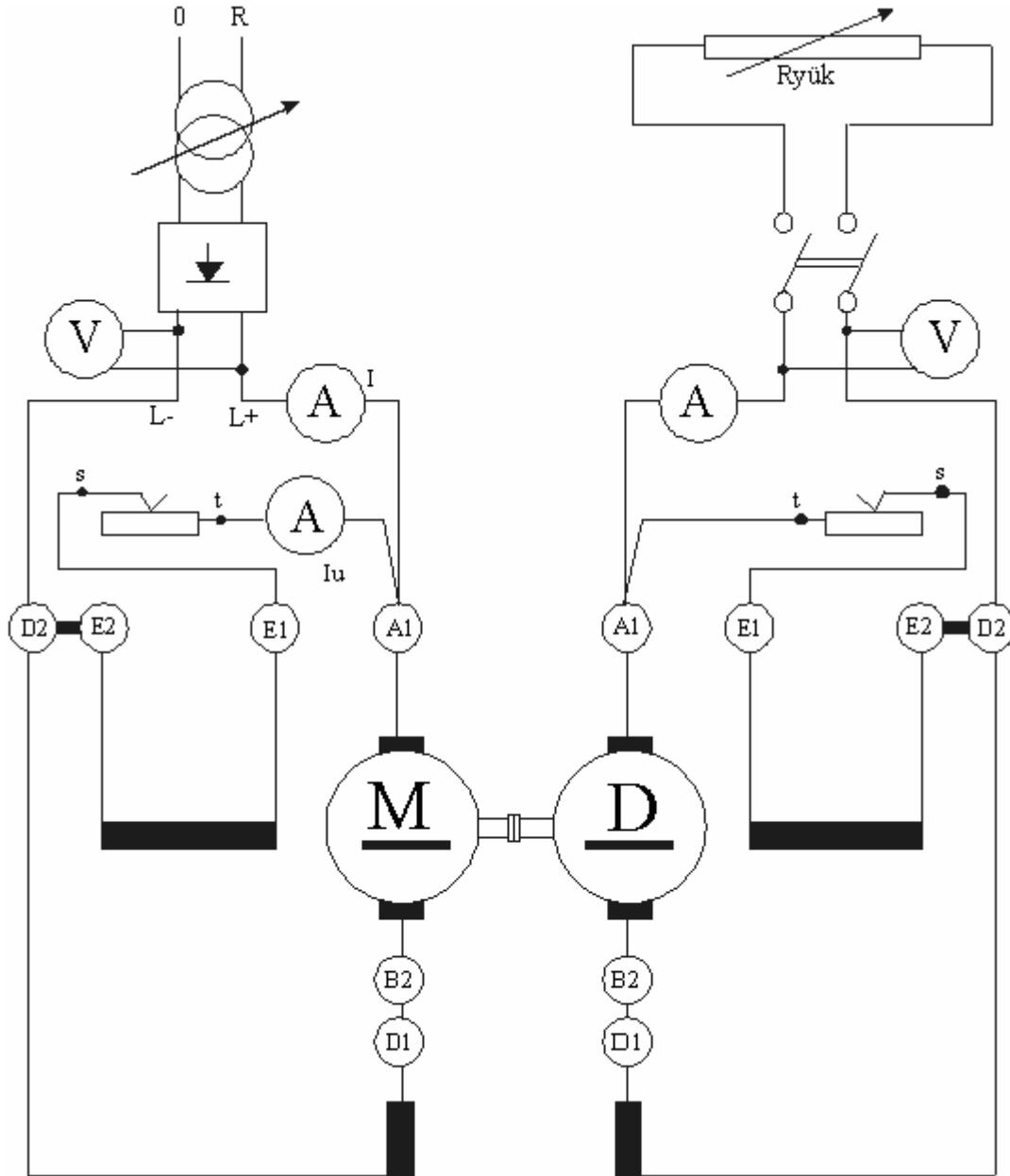


**Şekil-1 Şönt motor ayar karakteristik eğrisi.**

Eğri incelendiğinde yük arttıkça devri sabit tutmak için uyartım akımının azaltıldığı görülmektedir. Bunun nedeni yük akımı arttıkça devir sayısının azalması ve devir sayısı formülüne göre devri nominal yapabilmek için  $\phi$ 'nin azaltılmasıdır.  $f=f(I_u)$  olduğundan uyartım akımı azalmaktadır.

Şönt motorlarda yük ile devir değişmesi çok küçüktür. Hatta bazı özel durumlarda yük akımı artışı ile endüvi reaksiyonundan dolayı manyetik alanda meydana gelebilecek zayıflama devrin artmasına bile neden olabilir. O halde eğriler yukarı doğru çıkar.

### Bağlantı Şeması



### Denevin Yapılışı

1. Şekildeki bağlantıyı kurunuz ve ilgili öğretim elemanına kontrol ettirmeden devreye enerji vermeyiniz.
2. Motor, nominal devir sayısı ile döndürülür.
3. Dinamonun yükü belirli bir değere ayarlanır ve kademe kademe arttırılır.
4. Motorun uyarım akımı her yükte değiştirilerek devir sayısının sabit kalması sağlanır.
5. Her yük için  $I_u$  ve  $I$  değerleri alınır.



6. Motorun yüklenmesine nominal akımının 1,2 katına kadar devam edilir.
7. Alınan değerlere göre motorun  $I_u=f(I)$  eğrisi çıkartılır.

### Deneyde Kullanılan Aletler

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |

### Deneyde Alınan Değerler

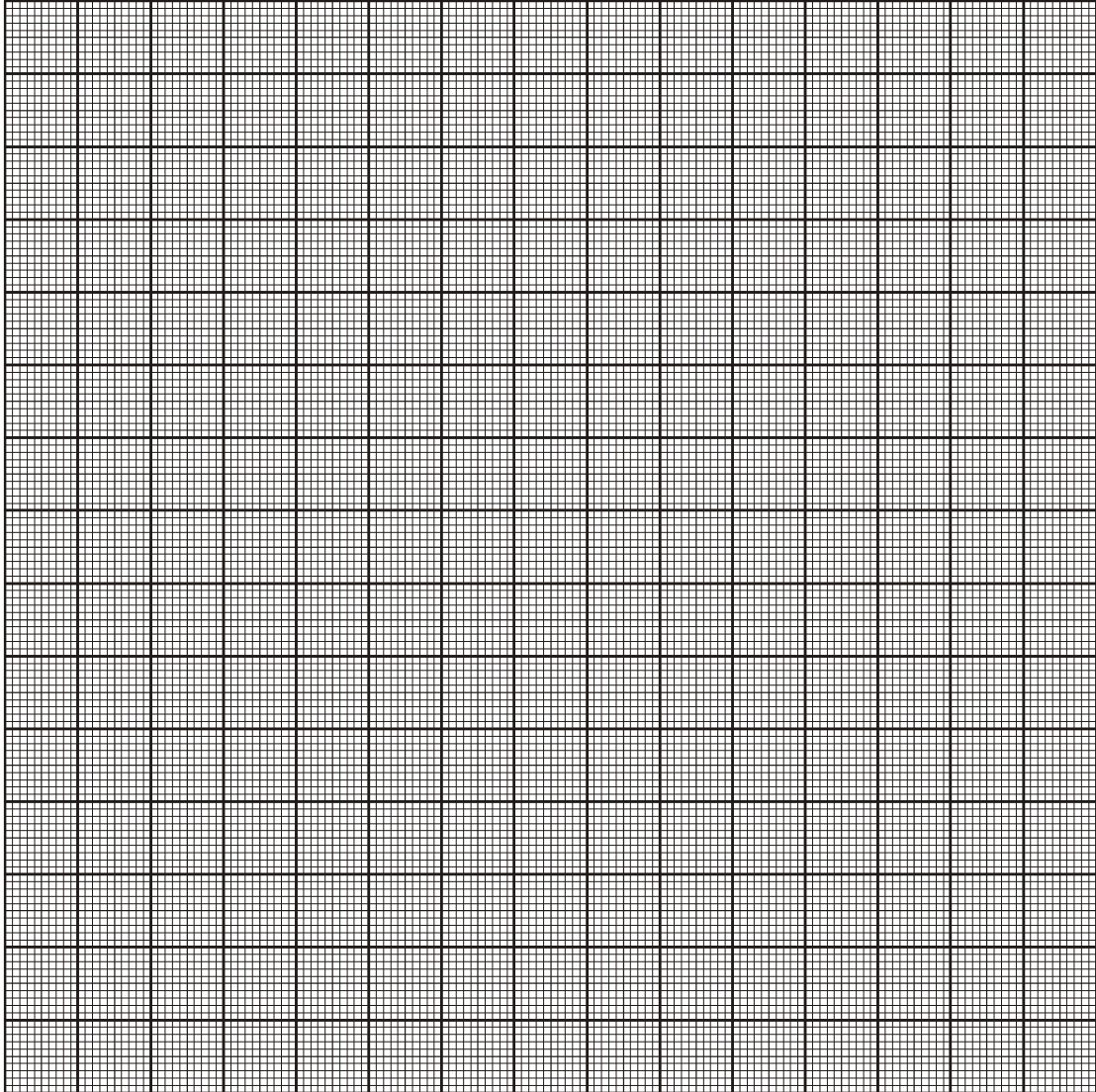
| Gözlem No | U (Volt) | n (d/dk) | $I_u$ (Amper) | I (Amper) |
|-----------|----------|----------|---------------|-----------|
| 1         | SABİT    | SABİT    |               |           |
| 2         |          |          |               |           |
| 3         |          |          |               |           |
| 4         |          |          |               |           |
| 5         |          |          |               |           |
| 6         |          |          |               |           |
| 7         |          |          |               |           |
| 8         |          |          |               |           |
| 9         |          |          |               |           |
| 10        |          |          |               |           |
| 11        |          |          |               |           |
| 12        |          |          |               |           |

### Sorular ve Yanıtlar

1-) Yük akımı arttıkça uyartım akımı artabilir mi? Bunun için hangi şartların yerine gelmesi gerekir?

2-) Yük akımı arttıkça uyarım akımı niçin azaltılır?

3-) Deneyde aldığımız değerlere göre şönt motor ayar karakteristik eğrisini çiziniz.



Ölçek :

**Deney No : 13****Deney Adı : Seri Motor Dış ve Moment Karakteristikleri****Teorik Bilgi**

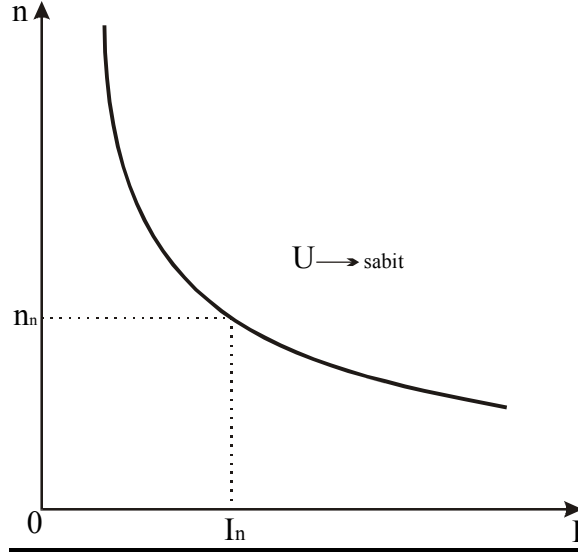
Sabit kutup geriliminde, yük akımı ile devir sayısının ne şekilde değiştiğini gösteren eğriye dış karakteristik eğrisi denir.

Seri motorlarda uyartım akımı, endüvi sargularından geçen yük akımına eşit olduğundan  $\Phi$  manyetik alanı, yük akımıyla değişecektir. Seri motorların devir sayısı;

$$n = \frac{U - (I \cdot R_i + 2\Delta U_b)}{K \cdot \phi} \quad \text{dir.}$$

Bu formüle göre; yük akımı arttıkça, seri motorun iç direnci ve fırçaların geçiş direnci üzerindeki gerilim düşümleri artacak, aynı zamanda yük akımının artmasıyla  $\Phi$  manyetik alanıda artacaktır ve buna bağlı olarak devir hızla düşecektir.

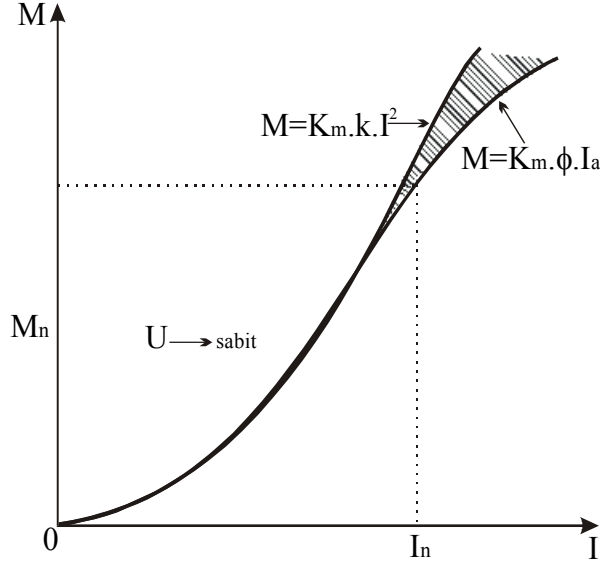
Eğer, motor üzerindeki yük kaldırılacak olursa, devir sayısı hızla sonsuza doğru yükselecektir. Bunun nedeni yükün kalkmasıyla yük akımının azalması, azalan yük akımının motor içindeki gerilim düşümlerini azaltması ve buna bağlı olarakta  $\Phi$  manyetik alanının sıfıra doğru yaklaşmasıdır ve bunun sonucu devir hızla artar. Devir sayısının artmasıyla yük akımını azalacağından devrede bulunan sigortalar bu durum için engelleyici olamazlar. Bu sebepten seri motorlar her zaman yüklü durumda kullanılırlar.



Şekil-1 Seri Motorun Dış Karakteristiği

Şekil-1’de görüldüğü gibi, yük akımı arttıkça devir sayısı düşmektedir. Yük akımının yüksek değerlerinde devir sayısı pek fazla değişme göstermez ve hemen hemen sabit kalır. Bunun nedeni artan akıma rağmen kutuplardaki doyma nedeniyle akımın aynı oranda artma gösterememesidir.

Seri motorlarda dış karakteristikle birlikte moment karakteristiği deneyi de yapılabilir. Moment karakteristiği; sabit kutup geriliminde yük akımı ile endüvide meydana gelen moment arasındaki bağıntıdır. Şekil-2’den de görüldüğü gibi yük akımının küçük değerleri için yatık olan moment eğrisi, artan yük akımı ile dikleşerek yüksek değerlere ulaşmaktadır. Seri motorun bu karakteristiği, ağır yükler için oldukça elverişlidir. Çünkü, motorun döndürme momenti yük akımının karesi ile doğru orantılıdır. Dolayısıyla küçük devir sayılarında, motorun döndürme momenti oldukça büyük olmaktadır.



Şekil-2 Seri Motor Moment Karakteristiği

Doğru akım motorlarında moment;

$$M = K_m \cdot \phi \cdot I_a$$

olarak ifade edilir. Ancak seri motorlarda endüvi akımı aynı zamanda uyarım akımı olduğundan formüldeki  $I$  akımı ile  $\phi$  de artmaktadır. Ana manyetik alana etki eden diğer faktörleri de “ $k$ ” katsayısı ile ifade edersek;

$\phi = k \cdot I$  olur. Bu eşitliği yukarıdaki moment ifadesinde yerine koyarsak;

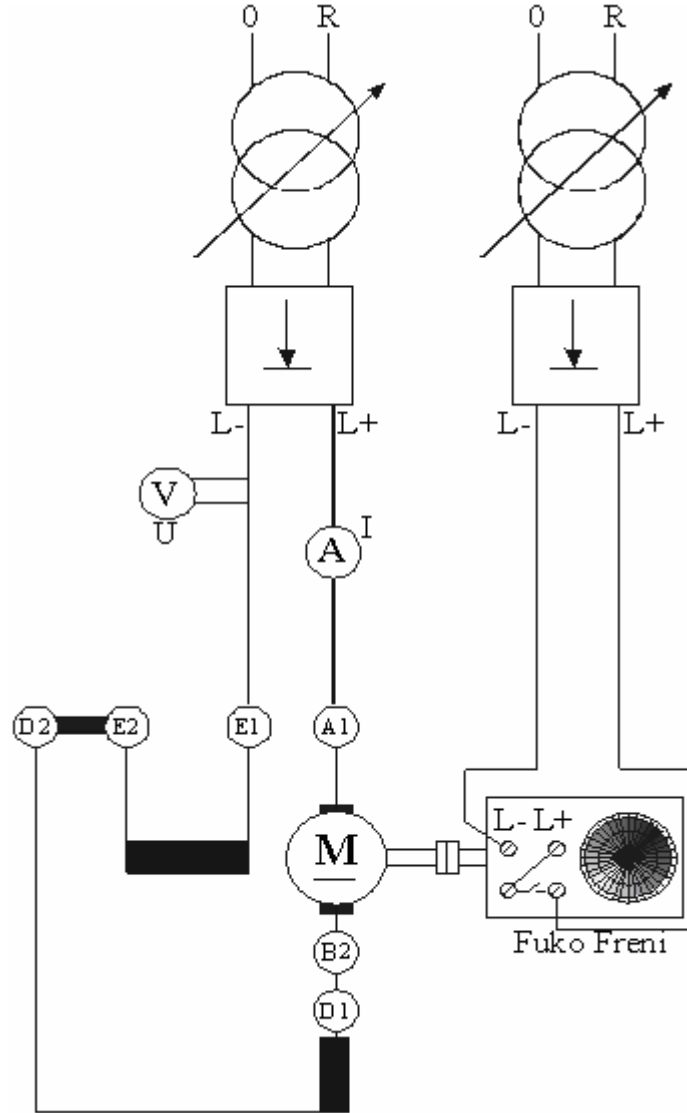
$$M = K_m \cdot k \cdot I^2$$

eşitliği bulunur. Şu halde seri motorlarda moment yük akımının karesi ile artmaktadır.

Eğer kutup geriliminin değerini azaltacak olursak devir sayısı daha küçük değerler alacak, eğri daha aşağıya kayacaktır. Yani, kutup gerilimi değiştirilerek seri motorun devir sayısı da ayar edilebilmektedir. Kutup gerilimi değiştirilebilir değilse sabit olursa ön dirençler bağlayarakta devir sayısı ayarı yapılabilir. Fakat, bu durumda ön dirençlerde çok büyük joule kayıpları meydana gelecektir ve bu istenmeyen bir durumdur.



### Bağlantı Şeması



### Deneyin Yapılışı

1. Şekildeki bağlantıyı kurunuz ve ilgili öğretim elemanına kontrol ettirmeden kesinlikle enerji vermeyiniz.
2. Motor küçük bir yükte yüklenir.
3. Devir sayısı yüksek değilse devir biraz daha arttırılır.
4. Motor kademe kademe yüklenir.
5. Her yük için I ve n değerleri tabloya kaydedilir.
6. Yükleme nominal akımın 1.2 katına kadar devam edilir.
7. Alınan değerlere göre seri motorun  $n = f(I)$  eğrisi çizilir.



**Denejde Kullanılan Aletler**

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |

**Denejde Alınan Değerler**

| Gözlem No | U (Volt) | n (d/dk) | I (Amper) | M (Nm.) |
|-----------|----------|----------|-----------|---------|
| 1         | SABİT    |          |           |         |
| 2         |          |          |           |         |
| 3         |          |          |           |         |
| 4         |          |          |           |         |
| 5         |          |          |           |         |
| 6         |          |          |           |         |
| 7         |          |          |           |         |
| 8         |          |          |           |         |
| 9         |          |          |           |         |
| 10        |          |          |           |         |
| 11        |          |          |           |         |
| 12        |          |          |           |         |

**Sorular ve Yanıtlar**

1-) Denejden aldığınız değerlerle seri motor dış ve moment karakteristiklerini çiziniz.



Ölçek :

2-) Seri motor yükü azaldıkça devir sayısı niçin yükselir?



3-) Seri motor momentinin yükü artmasının sebebi nedir?

4-) Seri motorlar nerelerde kullanılır?

**Deney No : 14****Deney Adı : Kompunt Motor Dış Karakteristiği.****Teorik Bilgi**

Kompunt motor dış karakteristiği; motora uygulanan kutup gerilimi ve sabit şönt uyarım akımında, yük akımı ile devir sayısı arasındaki bağıntıya denir.

Kompunt motorlar eklemeli (üst), orta ve eksiltmeli (ters) kompunt olmak üzere üçe ayrılırlar. Yapıları aynen dinamoların yapısındadır.

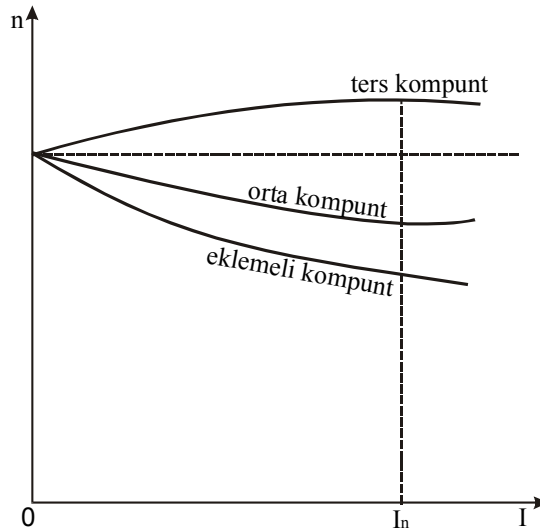
Eklemeli ve orta kompunt dinamolarda seri sargı alanı ( $\phi_s$ ) şönt sargı alanını ( $\phi_\delta$ ) destekler. Toplam manyetik akı  $\phi_t = \phi_s + \phi_\delta$  dir. Seri sargı alanı yük akımının bir fonksiyonudur  $\phi_s = f(I)$ . Şönt sargı alanı ise uyarım akımı tarafından oluşturulur. Deneyde uyarım akımı sabit tutularak  $\phi_\delta$  alanı sabit tutulur. Yük akımı arttıkça  $\phi_s$  alanı arttığından toplam akı sürekli artar. Devir sayısı ise,

$$n = \frac{U - I_a.R_a}{K.\phi_t}$$
 fomülüne göre akıyla ters orantılı olduğundan çok fazla

miktarlarda azalır. Orta kompunt dinamolarda da devir sayısı yük akımıyla şönt dinamoya oranla daha fazla düşmektedir.

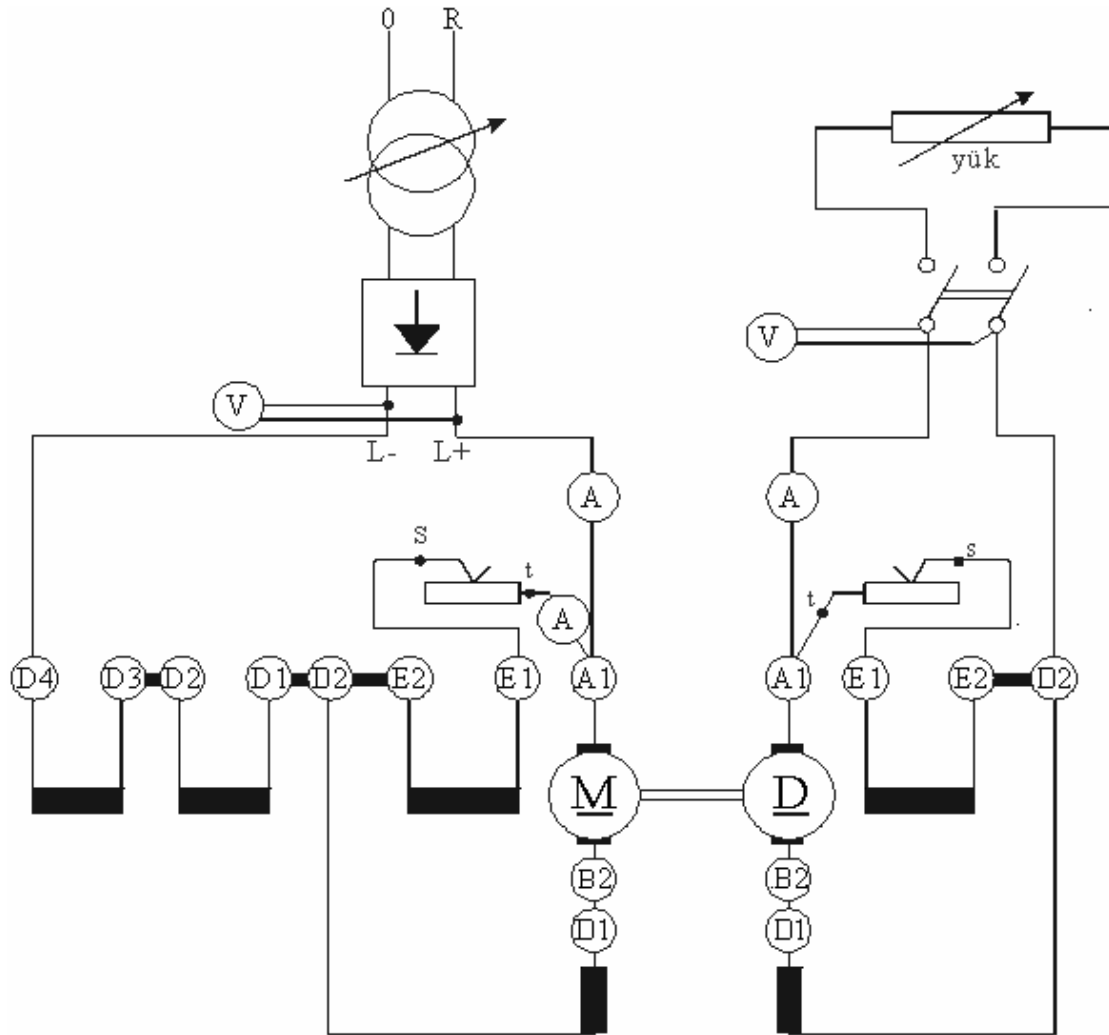
Ters kompunt dinamolarda ise toplam alan iki alanın farkı şeklinde oluşur  $\phi_t = \phi_\delta - \phi_s$  dir. Bu nedenle yük akımı arttıkça toplam akı azaldığından devir sayısı yükselir.

Kompunt motorların dış karakteristik eğrileri şekil.1'de görülmektedir.

**Şekil-1 Kompunt motor dış karakteristikleri.**

Deney yapılırken öncelikle motor nominal devirde nominal akımı ile yüklenerek uyartım direnci sabitlenir. Daha sonra motorun tüm yükü kaldırılarak boştaki devir sayısı ölçülür. Motor kademe kademe yüklenerek her kademedeki yük akımı ve devir sayısı kaydedilir. Her üç motor için aynı işlemler tekrar edilerek  $n=f(I)$  grafikleri elde edilir.

### BağlantıSeması



### Denevin Yapılışı

1. Şekildeki bağlantıyı kurunuz ve ilgili öğretim elemanına kontrol ettirmeden devreye enerji vermeyiniz.
2. Motorun devir sayısı nominale ayarlanır ve uyartım akımı bu noktadan sonra sabit tutulur.



3. Bu durumda devir sayısı ve yük akımı değerleri kaydedilir.
4. Dinamo kademe kademe yüklenir.
5. Her yük için motorun devir sayısı ve devir değerleri kaydedilir.
6. Alınan değerler yardımıyla kompant motorun  $n = f(I)$  eğrisi elde edilir.

### Deneyde Kullanılan Aletler

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |

**Deneyde Alınan Değerler**

| Gözlem No | Bağlantı Tipi      | U (Volt) | $I_u$ (Amper) | n (d/dk.) | I (Amper) |
|-----------|--------------------|----------|---------------|-----------|-----------|
| 1         | Eklemeli Kompunt   | SABİT    | SABİT         |           |           |
| 2         |                    |          |               |           |           |
| 3         |                    |          |               |           |           |
| 4         |                    |          |               |           |           |
| 5         |                    |          |               |           |           |
| 6         |                    |          |               |           |           |
| 7         | Orta Kompunt       |          |               |           |           |
| 8         |                    |          |               |           |           |
| 9         |                    |          |               |           |           |
| 10        |                    |          |               |           |           |
| 11        |                    |          |               |           |           |
| 12        |                    |          |               |           |           |
| 13        | Eksiltmeli Kompunt |          |               |           |           |
| 14        |                    |          |               |           |           |
| 15        |                    |          |               |           |           |
| 16        |                    |          |               |           |           |
| 17        |                    |          |               |           |           |
| 18        |                    |          |               |           |           |

**Sorular ve Yanıtlar**

1-) Deneyden aldığımız değerlerle kompunt motorların dış karakteristik eğrilerini çiziniz.





Ölçek :

2-) Kompunt motor boşta çalışırken devir sayısı nasıl değişir?



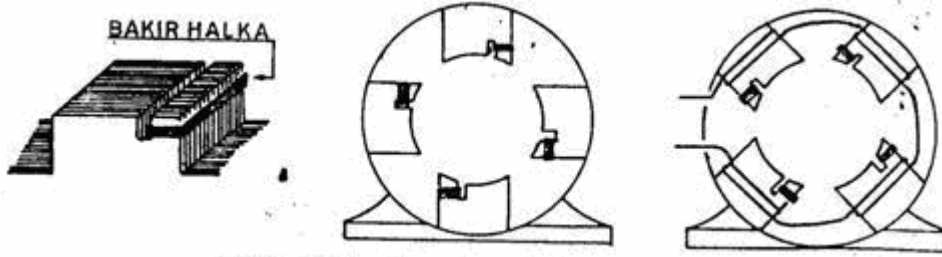
3-) Yükle devir sayısının sabit kalması istenirse seri sargının sarım sayısı nasıl hesaplanabilir? Araştırınız.

4-) Ters kompunt motorda ilk kalkınma anında yol verme direncinin hızlı bir şekilde devreden çıkartılmasının sakıncası nedir?

5-) Kompunt olarak çalışan bir motorun hangi tip olduğunu nasıl anlayabiliriz?

## YARDIMCI KUTUPLU (GÖLGE KUTUPLU) MOTORLAR

Daha çok küçük güçlü olarak yapılan ve sessiz çalışmaları nedeniyle tercih edilen bu motorların yapımları kolay ve ucuzdur. D. A. makinelerindeki gibi kutup ayakları vardır ve kutbun bir ucundan 1/3 uzaklıkta bulunan yarık içerisine uçları kısa devre edilen bakır halka geçirilmiştir. Kutbun diğer 2/3'lük kısmına ise kutup sargısı sarılmıştır (Şekil: 183).



Şekil 1. Yardımcı ( Gölge ) Kutuplu Asenkron Motor

Üç fazlı motorlardaki gibi döner alan prensibine göre çalışan bu motorlarda döner alan statorun çevresinde dönmeyip, kutupların bir ucundan diğer ucuna doğru kayar. Bu nedenle bu tip motorlarda moment, her an değişir. Kutup ayakları üzerinde açılan ve yarıklı ayrılan kısma yerleştirilen bakır halkaya, Yardımcı Kutup veya Gölge Kutup denir. Kutup sargılarının bir fazlı A.A. ile beslendiği bu motorlarda rotor, aynen üç fazlı asenkron motorlarda olduğu gibi sincap kafeslidir.

Kutup sargılarına bir fazlı A.A. uygulandığında bobinden geçen sinüsoidal akım, sıfırdan maksimum değere doğru arttıkça değişken bir manyetik akı meydana getirir. Bu değişken manyetik alan içerisinde kalan bakır halka üzerinde bir gerilim indüklenir ve kısa devre edildiğinden, üzerinden kısa devre akımı geçer. Lenz Kanununa göre; kısa devre akımı, kendisini meydana getiren manyetik alanın yönüne zıt yönde bir manyetik alan meydana getirir. Dolayısıyla yardımcı kutup üzerinde alan zayıflaması olur ve kutup sargısının meydana getirdiği alan, yardımcı kutba doğru kayar. A.A. yön değiştirdiğinde bu kez kutupların ismi değişir (N iken S olur) ve yine alanın kayma yönü aynı kalır.

Yukarıda anlatıldığı gibi bir fazlı yardımcı kutuplu motorlarda manyetik alan, ana kutuptan yardımcı kutba doğru devamlı olarak kayma gösterir. Döner alana benzeyen bu manyetik alan, rotorun dönmesini sağlar. Bir fazlı yardımcı kutuplu asenkron motorlar daima aynı yönde dönerler. Devir yönünü değiştirmek için rotor, stator içerisinde ters çevrilir. Bu motorlarda devir sayısı ayarı, motora uygulanan gerilim bazı yöntemlerle değiştirilerek yapılır. Yardımcı kutuplu motorların olumlu yönleri:

- 1- Yapıları basittir,
- 2- Maliyetleri ucuzdur,
- 3- Çok sessiz çalışırlar.

### Yardımcı kutuplu motorların olumsuz yönleri:

- 1- Kalkınma momentleri düşüktür,
- 2- Verimleri düşüktür,
- 3- Aşırı yüklerde dururlar.

Bu motorlar 1/6 Hp - 1/250 Hp güçlerinde yapırlar tam yük momentleri genellikle %10-%25 gibi yüksek kaymalarda meydana gelir maksimum momentleri tam yük momentlerinin 1,25 katı kadardır.

### Devir Ayarı:

Oto trafo ile devir ayarı yapma yardımcı sargılı motorda olan şekilde ayanıdır. Seri reaktans bobini ile olan devir ayarı da yardımcı sargılı motorda olan şekilde ayanıdır. Bunlardan farklı olarak bobinden kademeli uçlar çıkarıp şebeke geriliminin uygulanışı ile devir ayarı yapılabilir.

### Kullanıldığı Yerler:

Sesiz çalışmaları için bunlar pikap ve teyplerde çok kullanılırlar, küçük vantilatör ve aspiratörlerde de kullanılırlar.



## DC DRIVER

SmartDrive (TDMC1 serisi) DC-Motor sürücüler yüksek performanslı, genel amaçlı, faz açısını kontrol ederek hız kontrolü sağlayan, dijital PI (Proportional-Integrative, Oransal-İntegral) filtrelidir. Tasarımında RISC tabanlı en son teknoloji mikro İşlemci Kullanılmıştır. Piyasada mevcut tüm sabit Miknatıslı veya elektrik ikazlı Doğru akım motorlarını Şebekenin sinüs dalga şeklini 14 ila 120 derece (%7,5 ile %66) arasında kırpmak suretiyle hız ve tork kontrolü yaparak çalıştırabilir.

| MODEL   | TDMC1P   | TDMC1D                           | TDMC1C        |
|---|--|----------------------------------|---------------|
| MOTOR GÜCÜ (KW)   | 1.8  |                                  |               |
| MOTOR GÜCÜ (Hp)   | 2.7  |                                  |               |
| SINIRLI AKIM (Amp)  | 10   |                                  |               |
| SINIRLI GÜÇ (KVA)   | 2.0  |                                  |               |
| GİRİŞ VOLTAJI   | 1Ø, 220VAC +%14, -%20 50Hz                                       |                                  |               |
| ÇIKIŞ VOLTAJI   | 1Ø, 0 - 200VDC   |                                  |               |
| İKAZ AKIMI (Amp)  | 2  |                                  |               |
| İKAZ VOLTAJI  | 90/180VDC  |                                  |               |
| KONTROL YÖNTEMİ   | Faz Açısı Kontrolü   |                                  |               |
| TETİKLEME ALT SINIRI  | 14° (şebekenin %7,5'i)   |                                  |               |
| TETİKLEME ÜST SINIRI  | 120° (şebekenin %66'sı)  |                                  |               |
| DOĞRULUK  | 25°C'de ve max hızda +/- %5                                      |                                  |               |
| HIZ AYAR ARALIĞI  | 2 ila 200 volt aralığında (1 basamaklı)                          |                                  |               |
| AKIM AYAR ARALIĞI   | 0.1 ile 10.0 amper aralığında(0.1 basamaklı)                     |                                  |               |
| IR-KOMPANZASYON<br>(Akımın armatür geri beslemesine etkisi) | 0-25.0 volt aralığında (0.1 basamaklı)                           |                                  |               |
| ACCEL/DECEL SÜRESİ<br>(Hızlanma / Yavaşlama)                | 2-25 saniye aralığında (0.1 basamaklı)                           |                                  |               |
| KUMANDA BİÇİMİ  | Dahili buton veya harici serbest kontak                          |                                  |               |
| DURMA ŞEKLİ   | Kontrollü  | Kontrollü veya Serbest Duruş     |               |
| GÖSTERGE  | durum ledleri  | 4 hane dijital,<br>durum ledleri | durum ledleri |
| KORUMA<br>FONKSİYONLARI                                     | Aşırı akım, Yüksek voltaj, Düşük voltaj,<br>Yüksek hararet       |                                  |               |
| AŞIRI YÜK   | %150 yük, 5 dakika süreyle                                       |                                  |               |
| AKIM KORUMA   | %150 (Tam Kapanma)   |                                  |               |
| VOLTAJ KORUMA   | %125 (Tam Kapanma)   |                                  |               |
| ÇALIŞMA SICAKLIĞI   | 0 ile 40°C arası   |                                  |               |
| NEM   | 0 ile 95% arası (Yoğuşmayan)                                     |                                  |               |
| SARSINTI  | 0.5 G  |                                  |               |
| ÇEVREL ORTAM<br>İHTİYACI                                    | Toz, Metal Parçacıklar ve Aşındırıcı Gazlardan<br>Korunmuş Ortam |                                  |               |

Tablo 1: DC Driver özellikleri



## 2. UYARILAR

- **KESİNLİKLE** SmartDrive'in kontrol terminali (**TAC**) ile Şase, Nötr ve Faz arasına bağlantı veya devre yerleştirmeyin. Bu şekildeki bir bağlantı SmartDrive'in arızalanmasına sebep olur.
- **KESİNLİKLE** SmartDrive'in güç terminallerine (**A+, A-, F+, F-**) Şebeke ve Toprakla ilgili bağlantı yapmayın. Bu cihazın arızalanmasına sebep olur.
- **KESİNLİKLE** SmartDrive'in güç terminalleri (**A+, A-, F+, F-**) ile motor arasına Manyetik Kontaktör, Termik Şalter ve Sigorta gibi devre kesici elemanlar bağlamayın. Motor çalışırken bu elemanların devreyi bağlaması veya kesmesi sonucu oluşan yüksek voltajlı parazitler SmartDrive'in güç ünitesinin arızalanmasına sebep olabilir.
- **KESİNLİKLE** SmartDrive'in güç terminallerine (**A+, A-, F+, F-**) kondansatör, varistör gibi pasif elemanlar bağlamayın.
- **KESİNLİKLE** SmartDrive çalışırken güç terminalleri'ni kurcalamayın. Kablolarda oluşabilecek temassızlıklar sonucu ortaya çıkan yüksek voltajlı parazitler SmartDrive'in güç ünitesinin arızalanmasına neden olabilir.

## 3. HARİCİ KUMANDA

### Güç Klemensi'nin Tarifi

| Terminal | Terminal Adı                   | Açıklama  |
|----------|--------------------------------|---|
| L1<br>N  | Faz ve Nötr girişleri (Şebeke) | 1Ø, 180-250 VAC , 50 Hz±5%  |
| A+<br>A- | Motor terminalleri (Armatür)   | 1Ø, 200 VDC. (2-200 arasında ayarlı)  |
| F+<br>F- | İkaz terminalleri (Alan)       | 1Ø, 180 VDC. (Fixed)  |
| PE<br>⏚  | Şasi terminali (Toprak)        | Bu terminal sadece alüminyum soğutucu ve sürücünün kılıfına bağlıdır. <b>KESİNLİKLE</b> Kontrol klemensinin "COM" veya diğer terminallerine bağlamayın. |

Tablo 2: Güç klemensinin tarifi

| Fn11 | Konum          | RUN    | STP    | İşlev                          |
|------|----------------|--------|--------|--------------------------------|
| 1    | Harici Kumanda | Açık   | Kapalı | Değişiklik yok                 |
|      |                | Kapalı | Kapalı | Çalıştırma komutu              |
|      |                | Açık   | Açık   | Durdurma komutu                |
|      |                | Kapalı | Açık   | Yanlış kumanda ( <b>E-02</b> ) |
| 0    | Dahili Kumanda | X      | Kapalı | Değişiklik yok                 |
|      |                | X      | Açık   | Durdurma komutu                |

Tablo 3: Kumanda konumu ve "RUN", "STP" terminalleri



### Terminal “POT”

İşlev: Hız ve akım için harici referans gerilimi (Harici referans konumunda geçerlidir. **Fn12=1**)

SmartDrive kullanıcıya Hız veya Akım Ayarının harici kontrolü imkânını sağlar. Harici referans gerilimi (0-5Vdc) toprak ve nötr'den elektriksel olarak izole edilmiş olmalıdır (optik izolasyonlu voltaj/voltaj çevirici kullanılmalıdır). Bu terminal aynı zamanda hız kontrol potansiyometresinin orta ucudur. Detaylar için Tablo 4'e bakınız.

### Dahili HIZ ve AKIM Ayarı seçimi (Fn12=0):

- Hız değeri (**Fn00**) dijital kumanda panelinden en-düşük hız değeri (**Fn05**) ile en-yüksek hız değeri (**Fn06**) arasında ayarlanabilir.
- Akım-sınır değeri (**Fn03**) sıfır ile en-yüksek akım değeri (**Fn04**) arasında dijital kumanda panelinden ayarlanır.

### Harici HIZ değeri seçimi (Fn12=1, Fn13=0):

- **POT** terminaline uygulanan 0 ile 5Vdc arasındaki gerilim sürücü tarafından en-düşük hız değeri (**Fn05**) ile en-yüksek hız değeri (**Fn06**) arasında orantılanır. **POT** terminaline 0Vdc uygulanırsa sürücü motora en-düşük hız değeri (**Fn05**) olarak seçilen gerilimi uygular ve 5Vdc uygulanırsa sürücü motor'a en-yüksek hız değeri (**Fn06**) olarak seçilen gerilimi uygular.
- Akım-sınır değeri (**Fn03**) dijital kumanda panelinden sıfır ile en-yüksek akım değeri (**Fn04**) arasında ayarlanır.

### Harici AKIM Ayarı seçimi (Fn12=1, Fn13=1):

- **POT** terminaline uygulanan 0 ile 5Vdc arasındaki gerilim sürücü tarafından sıfır ile en-yüksek akım değeri (**Fn04**) arasında orantılanır.
- Hız değeri (**Fn00**) dijital kumanda panelinden en-düşük hız değeri (**Fn05**) ile en-yüksek hız değeri (**Fn06**) arasında ayarlanabilir.

| Fn12 | Fn13 | Harici Seçim | 0 ile 5Vdc'ye tekabül eden sınırlar | Function Description           |
|------|------|--------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| 0    | -    | -            | -                                   | Dijital kumanda                |
| 1    | 0    | HIZ          | Fn05 - Fn06                         | Harici HIZ değeri Ayarı        |
| 1    | 1    | AKIM         | 0 - Fn04                            | Harici AKIM sınır değeri Ayarı |

Tablo 4: Harici HIZ ve AKIM sınır değeri seçimi

### Terminal “TAC”

İşlev: Takometre geri beslemesi (sadece JP1 “**TAC**” pozisyonunda iken etkili).

SmartDrive kullanıcıya Armatür veya Takometre geri beslemesi seçim imkanı sunar:

- Armatür geri beslemesi için JP1 atlamasının “**ARM**” pozisyonuna takılması gereklidir. Bu durumda motor üzerindeki gerilim dijital kumanda panelinde voltaj cinsinden hız değeri olarak okunur. Fabrika çıkışı bu pozisyonudadır.
- Takometre terminaline 60Vdc/1000rpm'lik (takometre 1000 devir dönerken 60 volt üretir) bir takometre takılması gerekir. Takometre 3000 devir dönerken dijital kontrol panelinde tam skala 180 devir okunur.

Takometre geri beslemesi kullanırken IR-Kompanzasyon değerini sıfırlamanız gerekir (**Fn08=0**).

## 4. DİJİTAL KUMANDA

### 4.1. Dijital Kumanda Panelinin Tanımı

Yeşil ışık motor ayarlanan hızla ulaşıncaya sürekli yanar, hızlanma ve yavaşlama sürecinde yanıp söner.

Yeşil ışık göstergenin ayar konumunda olduğunu belirtir.

Sarı ışık fonksiyon seçim konumunda olduğunu belirtir.

#### Ayar Tuşu

Motor ayarı için fonksiyon seçimi için kullanılır.

#### Gösterge Tuşu

Motor çalışırken gösterge seçer:  
- Motorun Hızı,  
- Motorun Akımı,

Kırmızı ışık göstergede arıza kodu var anlamına gelir.

Sarı ışık hız değerinin veya hız ayar bilgisinin gözlemlendiğini belirtir.

Sarı ışık akım bilgisini veya akım sınırlama ayarının gözlemlendiğini belirtir.

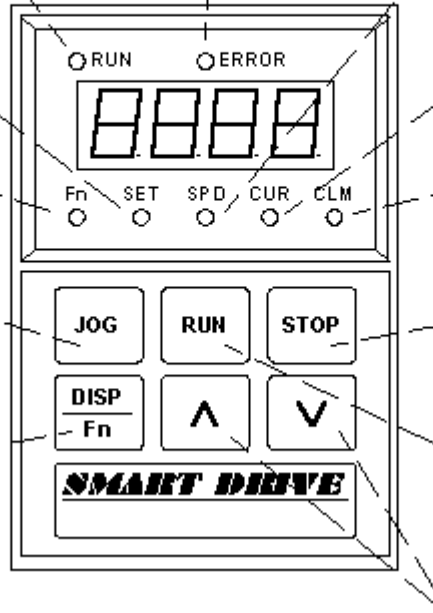
Kırmızı lamba motor akımının ayarlanan sınırlama değerini belirtir.

#### Durdurma Tuşu

Motoru durdurma komutu.

#### Çalıştırma Tuşu

Dijital kumanda konumunda motoru çalıştırma komutu.



Şekil 1: Dijital Kumanda Paneli

**4.2. Dijital Kumanda Panelindeki Işıkların İşlevi**

| Run | Err | Fn | Set | Spd | Cur | CIm | Açıklama  |
|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|---|
| ○   | ●   | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | Göstergede hata kodu okunuyor.<br>(E-XX hata kodları için Tablo<br>7.1'e bakın).          |
| ●   | ○   | ?  | ?   | ?   | ?   | ?   | Motor hızlanıyor veya<br>yavaşlıyor.<br>Ani yük değişimi nedeniyle<br>motor hızı değişti. |
| ●   | ○   | ?  | ?   | ?   | ?   | ?   | Motor istenilen hıza ulaştı<br>(Hata $\pm 3$ voltluk bant içinde ).                       |
| ●   | ○   | ?  | ?   | ?   | ?   | ●   | Motor Akım sınırında çalışıyor.<br>Motor hızı ayarlanan hızın<br>altında kalır.           |
| ●   | ○   | ○  | ○   | ●   | ○   | ?   | Motor çalışıyor, Hız ayar değeri<br>okunuyor.   |
| ●   | ○   | ○  | ○   | ○   | ●   | ?   | Motor çalışıyor, Akım sınır ayar<br>değeri okunuyor.                                      |
| ●   | ○   | ○  | ●   | ●   | ○   | ?   | Motor Çalışıyor, Hız ayar değeri<br>okunuyor ve değiştirilebilir.                         |
| ●   | ○   | ○  | ●   | ○   | ●   | ?   | Motor Çalışıyor, Akım sınırı<br>ayar değeri okunuyor ve<br>değiştirilebilir.              |
| ?   | ○   | ●  | ○   | ○   | ○   | ?   | Fonksiyon numarası seçimi,<br>göstergede fonksiyon numarası<br>okunuyor.                  |
| ?   | ○   | ●  | ●   | ○   | ○   | ?   | Seçilen fonksiyon<br>değiştirilebilir, göstergede<br>sayısal değer okunuyor.              |

●: ışık yanıyor, ○: ışık sönmük, ●: ışık göz kırpmıyor, ?: önemli değil.

**Tablo 6:** Dijital kumanda panelindeki ışıkların açıklaması





| <b>FnXX</b>                   | <b>Açıklama</b>                    | <b>Sınırlar / Seçenekler</b>   | <b>Birim</b> | <b>Fabrik</b> |
|-------------------------------|------------------------------------|--|--------------|---------------|
| Fn 00                         | Hız Ayarı                          | 2 - 200 V  | 1 V          | 50 V          |
| Fn 01                         | Hızlanma süresi                    | 2.0 - 25.0 sec   | 0.1 sn       | 4.0 san       |
| Fn 02                         | Yavaşlama süresi                   | 2.0 - 25.0 sec   | 0.1 sn       | 4.0 san       |
| Fn 03                         | Akım sınırı Ayarı                  | 0.0 - 11.0 A   | 0.1 A        | 4.0 A         |
| Fn 04                         | Akım Ayarı en-yüksek değeri        | 0.0 - 11.0 A   | 0.1 A        | 6.0 A         |
| Fn 05                         | Hız Ayarı en-düşük değeri          | 2 - 200 V  | 1 V          | 0 V           |
| Fn 06                         | Hız Ayarı en-yüksek değeri         | 3 - 200 V  | 1 V          | 180 V         |
| Fn 07                         | Fasılalı Çalıştırma hızı (JOG)     | 3 - 50 V   | 1 V          | 25 V          |
| Fn 08                         | IR kompanzasyon değeri             | 0.0 - 25.0 V   | 0.1 V        | 0 V           |
| <i>Fn 09 Kullanılmıyor</i>    |                                    |  |              |               |
| Fn 10                         | Durma şekli seçimi                 | 0: Yavaşlayarak duruş<br>1: Serbest duruş  | -            | 0             |
| Fn 11                         | Kumanda konumu seçimi              | 0: Dijital kumanda<br>1: Harici kumanda  | -            | 0             |
| Fn 12                         | Harici ayar konumu seçimi          | 0: Dijital parametre<br>1: Harici gerilim  | -            | 0             |
| Fn 13                         | Harici Hız veya Harici Akım seçimi | 0: Harici HIZ Ayarı<br>1: Harici Akım Ayarı                                      | -            | 0             |
| Fn 14                         | Direk faz açısı kontrolü           | 0: Normal çalışma<br>1: Direkt faz kontrolü                                      | -            | 0             |
| <i>Fn 15-19 Kullanılmıyor</i> |                                    |  |              |               |
| Fn 20                         | P - katsayısı (PI filtresi için)   | 0 - 250 (Oransal katsayı)  | 1            | 96            |
| Fn 21                         | I - katsayısı (PI filtresi için)   | 0 - 250 (Integral katsayı)   | 1            | 35            |
| Fn 22                         | Akımın değişim katsayısı           | 0 - 250 (Akısal katsayı)   | 1            | 100           |
| <i>Fn 23-24 Kullanılmıyor</i> |                                    |  |              |               |
| Fn 25                         | Parametre değişiklik kilidi        | 0: Parametreler serbest<br>1: Parametreler kilitli                               |              | 0             |
| <i>Fn 26 Kullanılmıyor</i>    |                                    |  |              |               |
| Fn 27                         | Parametreleri geri çağırma         | ∧: Kullanıcı ayarlarını kurtarma.<br>∨: Fabrika değerlerine geri dönüş.          |              | -             |
| <i>Fn 28-29 Kullanılmıyor</i> |                                    |  |              |               |
| Fn 30                         | Hata Mesajlarını silme             | ∨: Hata Mesajlarını silme işlemi   |              | -             |
| Fn 31                         | Hata Mesajlarının listesi          | Son on hata mesajını listeler<br>∨: önceki hata mesajı<br>∧: sonraki hata mesajı |              | -             |

**Tablo 7:** Fonksiyon Listesi.















#### 4.3. Parametre Ayarı (Motor dururken mümkün)

Örnek: Fasilalı çalışma hızı değerinin 25'ten 50'ye yükseltilmesi

| Adım | Basılacak Tuş | Açıklama  | Dijital Gösterge |
|------|---------------|---|------------------|
| 1    |               | Fonksiyon seçim konumuna geçin dijital göstergede fonksiyon numarası gözlenir. <b>Fn</b> ışığı yanar.   |                  |
| 2    |               | Ok işaretli arttırma ve azaltma tuşlarını kullanarak 7 numaralı fonksiyonu ( <b>Fn07</b> ) seçin.       |                  |
| 3    |               | Göstergede fonksiyonun daha önceden ayarlanmış veya hafızadaki değeri gözlenir. <b>SET</b> ışığı yanar. |                  |
| 4    |               | Ok işaretli arttırma ve azaltma tuşlarını kullanarak göstergedeki değeri 50 yapın.                      |                  |
| 5    |               | Göstergedeki değeri hafızaya kaydedip güncelleyin.  |                  |
| 6    |               | Başka bir fonksiyonu değiştirmek için 2'den 5'e adımları tekrarlayın                                    |                  |
| 7    |               | Fonksiyon seçim konumundan çıkıp STOP konumuna geri dönün.  |                  |

#### 4.4. Gösterge Seçimi ve Ayarlama (Motor çalışırken mümkün)

Örnek: Motor hızını 50'den 40'a ve akım sınırını 5'ten 4'e düşürülmesi.

| Adım | Basılacak Tuş   | Açıklama  | Dijital Gösterge  |
|------|---|---|---|
| 1    |    | Motoru çalıştırın. <b>RUN</b> ışığı yanar. Göstergede motorun hızı okunur. <b>SPD</b> ışığı yanar.                      |    |
| 2    |    | “Fn” tuşuna basarak göstergeyi değiştirin. Göstergede motorun akımı okunur. <b>CUR</b> ışığı yanar.                     |    |
| 3    |    | “Fn” tuşuna tekrar basın. Göstergede hız ayar değeri okunur. <b>SET</b> ışığı yanar. <b>SPD</b> ışığı yanar.            |    |
| 4    |  | Hız ayar değerini değiştirmek için yukarı ve aşağı tuşlarını kullanın. Hız Ayarını 50'den 40'a düşürün. Motor yavaşlar. |  |
| 5    |  | “Fn” tuşuna tekrar basın. Göstergede akım sınır değeri okunur. <b>SET</b> ışığı yanar. <b>CUR</b> ışığı yanar.          |  |
| 6    |  | Akım sınır değerini değiştirmek için yukarı ve aşağı tuşlarını kullanın. Akım Ayarını 5'ten 4'e düşürün.                |  |
| 7    |  | “Fn” tuşuna tekrar basın. Göstergede motorun hızı okunur. <b>SPD</b> ışığı yanar. Tekrar 1. basamaktan devam edersiniz. |  |



## 5. İLK ÇALIŞTIRMA

### 5.1 Çalıştırmadan Önce Dikkat Edilmesi Gerekenler

#### Montaj ve Bağlantıların yapılmasından sonra alınması gereken önlemler: Dikkat Edilmesi Gerekenler:

- Kabloları tekrar gözden geçirin. Güç klemensinin (A+, A-, F+, F-, L, N ) eksik yanlış bağlanması arızaya neden olur. Kontrol terminallerinin ortak ucu “COM” toprak veya nötr ile ilişkili ise sürücüde hasar meydana gelir.
  - Kısa devre kontrolü yapın.
  - Şebekenin **220Vac** olduğunu kontrol edin. Voltaj düşümü performansı düşürür.
  - Fazlar arası bağlantı (**380Vac**) sürücüde kalıcı hasara neden olur.
  - Güç terminallerinde kısa devre veya toprak bağlantısı olmamasına dikkat edin.
- Alınması Gereken Önlemler:**
- Motor tamamen durmadan sürücüyü Çalıştırmayın, yön değiştirmeyin ve kabloları ayırmayın.
  - Çok az yükte bile olsa motor etiketindeki Amper değeri 10A’i aşan motorları kullanmayın.
  - Motoru durdurmak ve Çalıştırmak için harici kumandayı veya dijital kontrol panelini kullanın

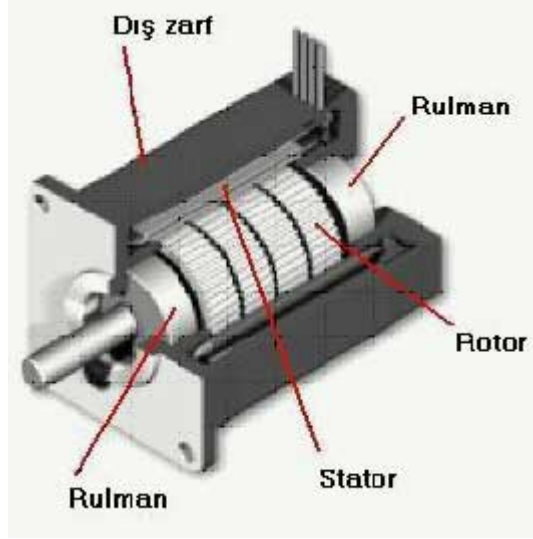
## 6. HATA MESAJLARI

Eğer SmartDrive çalışmıyorsa veya hatalı bir durum oluşursa **ERR** ışığı yanar ve göstergede ilgili hata mesajı okunur, kullanıcı bu hata mesajını değerlendirerek arıza sebep olan durumu düzeltebilir. Hata Mesajlarından son on adedi hafızaya kaydedilir. **ERR** ışığı hata kodunu belirtmek için hata kodu kadar kısa yanıp söner ve bir süre uzun yanarak kodun algılanması için süre tanıyarak yeniden arıza kodu kadar yanıp söner. Hatanın resetlenmesi için stop butonuna basılmalıdır.

| Hata | Açıklama                     | Muhtemel Sebep  | Yapılması Gerekenler  |
|------|------------------------------|---|---|
| E-00 | Arıza Yok                    | Arıza Yok   | Sadece <b>Fn31</b> 'de görülür.   |
| E-01 | Yüksek Sıcaklık              | Ortam sıcaklığı fazla veya havalandırma yetersiz                  | Ortam sıcaklığını düşürün yada havalandırmayı arttırın                        |
|      |                              | Sürücü aşırı yükleniyor   | Motoru akım sınırı ile çalıştırın   |
| E-02 | İşlevsel Hata                | Sürücü enerjilendiğinde çalış komutu aldı                         | <b>RUN</b> tuşuna basmayın veya harici çalışma komutu vermeyin                |
|      |                              | Run ve Stop komutu aynı anda verildi                              | <b>RUN</b> ve <b>STP</b> klemenslerini kontrol edin                           |
| E-03 | Aşırı Akım                   | İkaz enerjisiz  | Kabloları kontrol edin  |
|      |                              | Motor çok büyük   | Motor etiketini kontrol edin  |
|      |                              | Motor sıkışmış / kilitli  | Motoru kontrol edin   |
| E-04 | Aşırı Hız                    | Hızlanma süresi çok kısa  | Hızlanma süresini arttırın  |
|      |                              | PI filtre değerleri yanlış  | Fabrika değerlerini kullanın  |
| E-05 | Sıcaklık hissedicisi arızalı | Ortam sıcaklığı (eksi) -10°C'in altında                           | Ortam sıcaklığını arttırın  |
|      |                              | Hissedici arızalı   | Tamir servisini arayın  |
| E-06 | Hafıza karışmış              | Hafızada kayıtlı değerlerin sağlaması tutmuyor (Checksum failure) | Enerjiyi 3 saniye kesip tekrar deneyin, düzelmiyorsa <b>Fn27</b> 'yi kullanın |
| E-07 | Güç katı ile haberleşme yok  | -   | Dijital kumanda ile Güç katı arasındaki kabloyu kontrol edin                  |
| E-08 | Dijital kumanda arızalı      | -   | Dijital Kumanda kablosunu çıkarıp tekrar yerine takın. Tamir servisini arayın |
| E-09 | Armatür boşa                 | Sürücünün armatür uçları bağlı değil veya kopmuş                  | Kabloları ve klemensleri kontrol edin, temassızlık olabilir                   |

Tablo 8: Hata Mesajları

## STEP MOTOR ADIM MOTORLAR



Motor: Elektrik akımı ile oluşturulan manyetik alan kuvvetini kullanarak, elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makinelere motor denir.

Elektrik motorları AC ve DC motorları olarak iki genel sınıfa ayrılırlar. AC220V ile çalışan elektrikli ev aletlerinde genellikle universal motorlar kullanılır. Ayrıca tek fazlı ve üç fazlı asenkron motorlar da vardır. Bunları devir ayarları frekansla ya da tristör, triyak ayarlı devreler kullanılarak faz kaydırma işlemiyle yapılır. DC motorların doğal mıknatıslı ve elektromıknatıslı (seri, şönt, kompunt) çeşitleri vardır. Bunlardan başka özel tip step ve servo motorlar da bulunmaktadır. Biz bu iki motor üzerinde duracağız.

### **Servomotor:**

Uzun boylu, küçük çaplı, yüksek momentli, çalışma kararlılığı iyi olan motorlara servo motor denir. Servo motorlar DC ve AC' de çalışan değişik tipleri vardır.

### **Step (adım) motor:**

Bobin uçlarına puls uygulandığında hareket eden adım motorlarına step motor denir.

Step motorlar, ortada mıknatıs veya metalden oluşan rotor ile rotoru çevreleyen ve üzerinde elektromanyetik alan etkisi yaratarak gerilim indüklemesi meydana getiren bobinlerden oluşur. Bobin uçlarına belli bir sıraya göre gerilim uygulanarak motorun adım hareketi sağlanır.



Bu tip motorlar genellikle özel dijital devreler ile mikroişlemci kontrollü devrelerde kullanılır. Step motor devresi bir sayıcı ile kontrol edilebilir. Devre girişine uygulanan pals sayısı kadar adım hareketi oluşur. Darbe pals, step motorun uçlarına belirli bir sırayla uygulanır. Aynı sargı ucuna birden fazla pals uygulanması durumunda rotor sabitlenir ve motor durur.

Step motorlar, sabit mıknatıslı(PM- Permanent Magnet), değişken relüktanslı (VR – Variable Reluctance), hybrid ve lineer olmak üzere temel dört sınıfa ayrılır. Bunların dışında da değişik yapı ve özelliğe sahip step motorlar bulunur.

Step motorlar rotorlarının yapıldığı malzemeye göre sınıflandırılmaktadırlar.

## STEP MOTORLAR ve KONTROL UYGULAMALARI:

### STEP MOTORLAR

Step (adım) Motor: Bobin uçlarına pals uygulandığında hareket eden adım motorlarına step motor denir.

Step motorlar, ortada mıknatıs veya metalden oluşan rotor ile rotoru çevreleyen ve üzerinde elektromanyetik alan etkisi yaratarak gerilim indüklemesi meydana getiren bobinlerden oluşur. Bobin uçlarına belli bir sıraya göre gerilim uygulanarak motorun adım hareketi sağlanır.

Bu tip motorlar genellikle özel dijital devreler ile mikroişlemci kontrollü devrelerde kullanılır. Step motor devresi bir sayıcı ile kontrol edilebilir. Devre girişine uygulanan pals sayısı kadar adım hareketi oluşur. Darbe pals, step motorun uçlarına belirli bir sırayla uygulanır. Aynı sargı ucuna birden fazla pals uygulanması durumunda rotor sabitlenir ve motor durur.

Step motorlar, sabit mıknatıslı(PM- Permanent Magnet), değişken relüktanslı (VR – Variable Reluctance), hybrid ve lineer olmak üzere temel dört sınıfa ayrılır. Bunların dışında da değişik yapı ve özelliğe sahip step motorlar bulunur.

Step motorlar rotorlarının yapıldığı malzemeye göre sınıflandırılmaktadırlar Sabit mıknatıslı (PM) step motorlar Basit bir sabit mıknatıs step motoru, en az dört kutuplu stator içinde dönen, iki kutuplu sabit mıknatıs yapıya sahip rotordan oluşur. Bu tip motorlar, düşük dönme gücüne sahip olduklarından yüksek hız istenen uygulamalarda kullanılmazlar.

### Değişken Relüktanslı (VR) Step Motorlar:

Değişken relüktanslı step motorlar, sabit mıknatıslı step motorlardaki sabit mıknatıslı rotor yapısının yerine artık mıknatıslık özelliği göstermeyen dişli yapıya sahip yumuşak demirden yapılmış rotordan oluşur. Bu tip motorlar 5° -15° arasında orta adım derecesine sahip, düşük momentli ve yüksek ivmeli motorlardır. Değişken relüktanslı motorlar daha çok hafif yüklerde kullanılırlar.



### **Hybrit Step Motorlar:**

İçinde sabit mıknatıs rotor bulunan değişken relüktanslı step motorlardır. Açık çevrim kontrol (Open Loop Control) uygulamalarında servo motorların aksine geri beslemeye ihtiyaç duymadan çalıştırılabilirler. Bu gibi özelliklerinden dolayı servo motorlara alternatif olarak tercih edilirler. Bu motorlar yüksek momentte,  $0,5^{\circ}$ - $15^{\circ}$  arası küçük adım açılara ve yüksek hassasiyete sahiptirler.

### **Lineer Step Motorlar:**

Lineer step motorlarda motor mil hareketi dairesel olmayıp düz bir hat boyunca ilerler.

### **Unipolar ve Bipolar Step Motorlar:**

Endüstri uygulamalarında genellikle Unipolar (çok kutuplu) ve bipolar (tek kutuplu) olmak üzere iki çeşit step motor kullanılır. Çok hassas çalışmalarda ise daha fazla kutup sayısına sahip step motorlar kullanılır.

Unipolar step motorlarda 536 veya daha fazla bobin ucu dışarıya çıkarılır. Genellikle 5 veya 6 uçlu Unipolar step motorlar kullanılır. 5 uçlu Unipolar step motorların 6 uçlu step motorlardan farkı, 5 uçlu step motorda ortak uç tek iken, 6 uçlu step motorlarda ayrı ayrıdır. Bununla birlikte her iki motorun da çalışma prensibi aynıdır. Tüm Unipolar step motorlar ortak uca göre diğer bobin uçlarına uygun sıralamada palsler uygulanarak çalıştırılırlar.

Bipolar step motorlarda ise orta uç bulunmaz. Bu tip motorlarda ortak uç bulunmadığından her bobin ucuna "1" veya "0" mantığından oluşan "on-off" palsy uygun sırada direkt olarak verilir.

## **STEP MOTORUN UÇLARININ BULUNMASI**

Step motorlarda genellikle 5 veya 6 kablo bulunur. 5 kablolu step motorlarda bir, 6 kablolu step motorlarda ise iki kablo ortak uçtur ve bu uçlar kaynağın pozitif(+) kutbuna bağlanırlar.

Kaynağın pozitif (+)kutbuna bağlanacak ortak uçları ölçü aletinin ohm kademesini kullanarak bulmak mümkündür. Ölçü aleti ohm kademesinde iken step motorun bobin uçlarına bağlı kablolar arasındaki direnç ölçülür. Step motorlar ister 5, ister 6 kablolu olsun tüm uçlar arasında eşit dirence sahip olan uç ortak uçtur.

6 Kablolu step motorlarda kablolar üçerli olarak iki gurup halindedir. Her guruptaki bir kablo ortak ucu temsil eder. Ölçüm yapılırken her iki gurup kendi aralarında ölçülerek ortak uç tespit edilir. Bu işlem için ölçü aleti ohm kademesinde iken ilk guruba ait üç kablo ayrı ayrı kendi aralarında ölçülür. Tüm uçlar arasında eşit direnç gösteren uç, ortak uçtur. Aynı işlem ikinci gurup içinde tekrarlanır. Ölçüm



sonucunda her iki ortak uca göre iki grupta da eşit direnç değerleri elde edilir. Bu dirençlerin değerleri her step motor için farklı olabilir.

Step motorlara ait bobin kabloları farklı renklerle temsil edilirler. Bu renkler 6 kablolu step motorlarda genellikle her grup için aynı şekilde tekrarlanır.

Aşağıdaki tabloda herhangi bir step motor için ortak uca göre bobin uçları arasındaki örnek direnç değerleri verilmiştir. Tabloda, “1.Sarı –1.Kırmızı” arasında karşılıklı olarak 119 Ohm ölçülmüştür. Aynı şekilde “1.kırmızı – 1.gri” arasında da karşılıklı olarak 119 Ohm ölçülmüştür. Buna göre 1. kırmızı ortak uç olarak tespit edilmiş olur. Aynı ölçümler 2.gurup uçlar için de tekrarlandığında 2.gurubun da ortak ucunun kırmızı olduğu görülür. Gri ve sarı renkli kabloların kendi aralarındaki ölçüm değerleri ise ortak uca göre iki kat yüksektir. Bunun nedeni yukarıdaki şekillerden de anlaşılacağı gibi sarı ve gri renkli kabloların step motor bobininin iki dış ucuna bağlı olmasıdır.

Bir devre üzerinde step motoru düzgün çalıştırmak için kabloları doğru olarak sıralamada bağlamak gerekir. Ortak uç dışında kullanılan diğer dört ucun kendi arasında bir sırası vardır. Kablo sıralaması bobin uçlarına enerji uygulanarak deneme yanılma şeklinde tespit edilebilir. Eğer kablo bağlantısı yanlış yapılırsa step motorda bir titreme oluşur ve motor dönmez.

Motora adım attırmak için ortak uca motorun cinsine göre pozitif (+) 5V ile 12V arası sabit gerilim uygulanır. Diğer dört uca ise belirli sırada şase (-) uygulanır. Eğer şase potansiyeli bobin uçlarına uygun sıralamada uygulanırsa step motorda dönme hareketi başlar. Bobin uçlarının uygun sıralaması aşağıdaki gibi tespit edilir.

- a) Ortak uçlara ait kablolar kaynağın pozitif (+) kutbuna bağlanır.
- b) Step motorun diğer herhangi bir ucu seçilerek şase uygulanır. Örneğin 1 numaralı bobin ucuna şase uygulanarak sabit bırakılır.
- c) Başka bir bobin ucu seçilerek şase potansiyeli uygulanır. Eğer step motor saat yönünde bir adım atıyor ise bu 2 numaralı kablodur.
- d) Motor saat yönünün tersinde bir adım atıyorsa bu 4 numaralı kablodur.
- e) Motor hiç hareket etmiyor ise bu 3 numaralı kablodur.

Sonuç olarak step motoru saat yönünde döndürmek için ortak uca pozitif (+) ;1.2.3 ve 4 numaralı kabloların bağlı olduğu bobinlere sırasıyla şase(-) potansiyeli uygulanmalıdır. Step motoru saat yönünün tersine hareket ettirmek için ise bobinlere 4.3.2 ve 1 sıralamasında enerji uygulanmalıdır.



## ÜNİVERSAL MOTOR ( SERİ MOTOR )

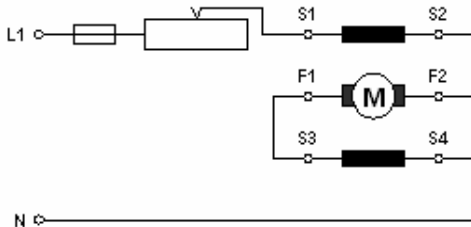
### A) YAPISI

Üniversal motor doğru akım seri motoruna benzer. Statoru saç paketlerinden çıkıntılı kutuplu olarak yapılmış kutuplara kutup bobinleri yerleştirilmiştir. Rotor doğru akım makinesi endüvisi gibidir, sac parçalarından yapılmıştır. Rotor oluklarına yerleştirilen sargılar D.A endüvi sargılarının aynıdır. Yapısı nedeniyle hem D.A hem de A.A.da kullanılır. Her iki akımda da kullanıldığı için bu motorlara üniversal motor denilmektedir.

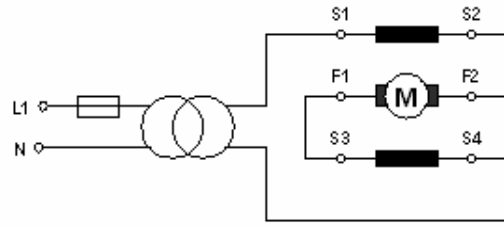
### B) ÇALIŞMA PRENSİBİ:

Üniversal motora bir fazlı alternatif gerilim uyguladığımızda statordaki kutup bobinlerinden ve endüvi sargılarından alternatif akım geçer. Kutup bobinlerinden geçen akım manyetik alan meydana getirir. Endüvi sargılarından akım geçirilince bir MMK oluşur ve iletken manyetik alanın dışına doğru itilir. Oluşan bu kuvvet endüvinin dönmelerini sağlar. Alternatif akımın pozitif periyodunda kutup bobinlerinden ve endüviden bir yönde akım geçer, negatif periyotta ise her ikisinden de tersi yönde bir akım geçer. Endüvide N kutbunun altındaki iletkenler bir yönde itilirken, S kutbunun altındaki iletkenlerde ters yönde itilirler. Endüvinin iki tarafındaki bu kuvvet çiftinin meydana getirdiği döndürme momenti endüviyi döndürür. Alternatif akımın negatif yarım periyodunda ise kutuplardan geçen akımın yönü değiştiği için kutuplar değişir. Aynı anda endüviden geçen akımın da yönü değiştiği için kutupların altındaki akım yönleri aynıdır. Manyetik alan tarafından endüvi iletkenlerinin itilme yönleri değişmediği için endüvi aynı yönde dönmeye devam eder. Endüvide meydana gelen döndürme momenti, endüviden geçen akıma ve kutupların manyetik akısına bağlıdır. Endüvi ve kutup sargıları seri bağlı olduğu için manyetik akımın ve endüvi akımının arşı aynı anda olur. Bu yüzden üniversal motorların kalkınma ve döndürme momentleri yüksektir.

### 1. Üniversal Motorun Devir Ayarının Yapılması

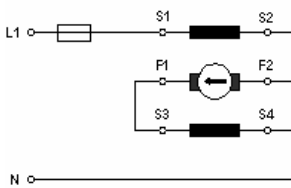


a) Ayarlı Direnç İle Devir Ayarı

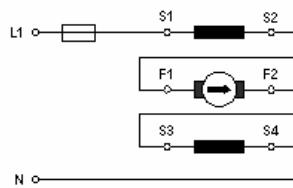


b) Oto Trafosu İle Devir Ayarı

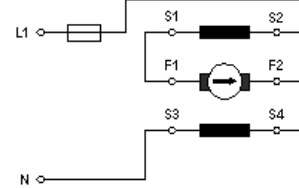
### 2. Üniversal Motorun Devir Yönünün Değiştirilmesi



a) Normal Durum



b) Endüvi Uçlarının Değiştirilmesi



c) Kutup Sargı Uçlarının Değiştirilmesi



### C) ÖZELLİKLERİ:

Üniversal motorların devirleri D.A seri motorlarında olduğu gibi yüküyle değişir. Boştaki devir sayıları çok yüksektir. Devirleri 15000–20000 d/d 'ya kadar çıkar. Boşta devir sayısını sınırlayan sürtünme ve vantilasyon kayıplarıdır. Üniversal motor D.A la çalıştığıında “devir sayısı – yük” karakteristik eğrisi, A.A da çalıştığıındaki karakteristik eğrisinden biraz düşük olur. Bazı motorlarda A.A ve D.A “devir yük” ergileri birbirini keser. Seri motorlarda (üniversal motorlarda )devir sayısını veren formülü D.A makinelerinden hatırlayarak yazarsak:  $n = \frac{U - I(RA + RS)}{K \cdot \Phi}$  n= devir sayısı RA=endüvi direnci RS=seri kutup direnci U=motora uygulanan gerilim I=motordan geçen akım K=katsayı  $\Phi$ =manyetik akı

Üniversal motor A.A ile çalışırken motor yüklendikçe devir sayısını etkileyen bir başka etken de: Endüvi ve kutup sargılarının reaktif dirençleridir. Endüvinin ve kutup sargılarının reaktif dirençlerinin sebep olduğu reaktif gerilim düşümleri endüvi ye uygulanan gerilimi düşürür. Böylece A.A da çalışan motorun devir sayısı D.A da çalışırken oluşan devir sayısından düşük olur. Yük altında çalışan bir seri motorun devir sayısı motora uygulanan gerilimi değiştirerek ayarlanır. Bir üniversal motorun endüvi uçlarını veya kutup sargısı uçlarını değiştirerek devir yönü değiştirilebilir.

### D) KULLANILDIĞI YERLER:

Üniversal motorlar çok çeşitli yerlerde kullanılırlar. Yüksek devirleri sebebiyle ev aletlerinde tercih edilirler; dikiş makineleri, saç kurutma makineleri, elektrikli matkaplar ve benzeri...



|   |    |
|---|----|
| <b>BÖLÜM 4: TRANSFORMATÖR DENEYLERİ</b> .....                                     | 3  |
| <b>4.1. Deney Adı : Transformatörlerde Sargı Direncinin Ölçülmesi</b> .....       | 3  |
| 4.1.1. Teorik Bilgi .....   | 3  |
| 4.1.2. Bağlantı Şeması .....  | 6  |
| 4.1.3. Deneyde Kullanılan Aletler .....   | 7  |
| 4.1.4. Deneyde Alınan Değerler .....  | 7  |
| 4.1.5. Yapılan Hesaplamalar .....   | 8  |
| 4.1.6. Sorular .....  | 8  |
| Deney no:2 .....  | 9  |
| <b>4.2. Deney Adı : Transformatörlerin Dönüştürme Oranlarının Bulunması</b> ..... | 9  |
| 4.2.1. Teorik Bilgi .....   | 9  |
| 4.2.2. Bağlantı Şeması .....  | 10 |
| 4.2.3. Deneyde Kullanılan Aletler .....   | 10 |
| 4.2.4. Deneyde Alınan Değerler .....  | 11 |
| 4.2.5. Yapılan Hesaplamalar .....   | 11 |
| 4.2.6. Sorular .....  | 12 |
| Cevaplar .....  | 12 |
| <b>4.3. Deney Adı : Bir Fazlı Transformatörlerin Boş Çalışması</b> .....          | 13 |
| 4.3.1. Teorik Bilgi .....   | 13 |
| 4.3.2. Deney Bağlantı Şeması .....  | 16 |
| 4.3.3. Deneyde Kullanılan Aletler .....   | 17 |
| 4.3.4. Deneyde Alınan Değerler .....  | 17 |
| 4.3.5. Sorular .....  | 17 |
| <b>4.4. Deney Adı : Bir Fazlı Transformatörlerin Kısa Devre Çalışması</b> .....   | 18 |
| 4.4.1. Teorik Bilgi .....   | 18 |
| 4.4.2. Deney Bağlantı Şeması .....  | 21 |
| 4.4.3. Deneyde Kullanılan Aletler .....   | 21 |
| 4.4.4. Deneyde Alınan Değerler .....  | 22 |
| 4.4.5. Sorular .....  | 22 |
| <b>4.5. Deney Adı : Bir Fazlı Transformatörlerde Polarite Tayini</b> .....        | 23 |
| 4.5.1. Teorik Bilgi .....   | 23 |
| 4.5.2. Bağlantı Şeması .....  | 24 |
| 4.5.3. Deneyde Kullanılan Aletler .....   | 25 |
| 4.5.4. Deneyde Alınan Değerler .....  | 25 |
| 4.5.5. Sorular .....  | 26 |
| <b>4.6. Deney Adı : Transformatörlerin Yüklü Çalışması</b> .....                  | 27 |
| 4.6.1. Teorik Bilgi .....   | 27 |
| 4.6.2. Bağlantı Şeması .....  | 28 |
| 4.6.3. Deneyde Kullanılan Aletler .....   | 29 |
| 4.6.4. Deneyde Alınan Değerler .....  | 29 |
| 4.6.5. Sorular .....  | 30 |
| <b>4.7. Deney Adı : Transformatörlerde Regülasyon ve Verim Hesabı</b> .....       | 31 |
| 4.7.1. Teorik Bilgi .....   | 31 |
| 4.7.2. Bağlantı Şeması .....  | 36 |
| 4.7.3. Gözlem Tablosu .....   | 36 |



|  |           |
|--|-----------|
| 4.7.4.Sorular .....  | 36        |
| <b>4.8.Deney Adı : Transformatörlerde Birinci ve İkinci Sargı Gerilimleri<br/>Arasındaki Faz Farkının Osiloskopa Ölçülmesi .....</b> | <b>37</b> |
| 4.8.1Teorik Bilgi.....   | 37        |
| 4.8.2.Deneyin Şekli .....  | 37        |
| 4.8.3.Sorular .....  | 37        |
| <b>4.9.Deney Adı : Üç Fazlı Transformatörlerin Paralel Bağlanması.....</b>   | <b>39</b> |
| 4.9.1Teorik Bilgi.....   | 39        |
| 4.9.2.Deney bağlantı şeması .....  | 41        |
| 4.9.3.Sorular ve Yanıtlar.....   | 43        |

## BÖLÜM 4: TRANSFORMATÖR DENEYLERİ

### Deney no:1

#### 4.1.Deney Adı : Transformatorlerde Sargı Direncinin Ölçülmesi

##### 4.1.1 Teorik Bilgi

Transformatorlerin belli bir sıcaklıktaki sargı direncinin bilinmesi çok önemlidir. Ek yük kayıpları, sargı sıcaklığı, verim hesaplamaları ve eşdeğer devrenin elde edilebilmesi için sargı dirençlerinin ölçülmesi zorunluluktur.

Ölçme soğuk durumda yani çevre sıcaklığında yapılır. Sargılar bir doğru akım kaynağından beslenir. Ortam sıcaklığı termometre ile ölçülür. Ölçülen dirençler özellikle büyük güçlü trafolarında çok küçüktür. İstenen ölçme hassasiyeti ise yüksektir. Örneğin, 60,3MVA'lık Keban ana güç transformatorünün 19,5° de ölçülen sargı dirençleri  $R_1=3,9936m\Omega$  ve  $R_2=0,9697\Omega$  dur.

Genel olarak sargı direnci iki yöntemle belirlenir.

1-) Ampermetre-Voltmetre Yöntemi.

2-) Köprü yöntemleri.

Küçük dirençler ölçülürken iki önlem gereklidir.

a-) Ölçmede kullanılan temas yüzeyleri temiz ve parlak olmalıdır. Temas dirençleri temas yüzeylerinin temizliğine ve temas basıncına bağlıdır. Cıvatalı bağlantı yerleri varsa somunlar iyice sıkılmalıdır.

b-) Küçük direnç ölçülürken dört uç mutlaka kullanılmalıdır. Bu ilkeye göre sargı iki akım ucu ile beslenir. İki ayrı gerilim ucu akım uçlarının iç tarafında direnç uçlarına değdirilir. Böylelikle akım geçiş yerlerindeki temas direnci ve gerilim düşümleri ölçülen gerilime dahil edilmez.

##### 1-) Ampermetre-Voltmetre Yöntemi

En çok kullanılan ve en basit olan yöntemdir. Bu yöntemde sargı bir doğru akım kaynağından beslenir. Sargılar doğru akımda,  $R_{dc} = \frac{U_{dc}}{I_{dc}}$  direnç değerini gösterir. Bulunan bu değer doğru akım direncidir. Alternatif akımdaki omik direnç doğru akıma nazaran %110-%150 daha fazladır. Bunun nedeni alternatif akımdaki deri olayıdır. Bu durumda alternatif akım direnci,

$R_{AC} = k.R_{dc}$  olarak bulunabilir. Burada  $k=1,1-.....1,5$  arası bir değer olabilir.

$Z = R + jXL$  olduğundan,

$$Z^2 = R^2 + XL^2$$

$$XL = \sqrt{Z^2 - R_{AC}^2}$$

bağıntılarından sargının endüktif reaktansı ve omik direnci ayrı ayrı hesaplanmış olur.

Sargıdan geçen ölçme akımının yeterli doğruluk sağlayacak kadar büyük, fakat sargı sıcaklığını değiştirmeyecek kadar küçük olması gerekir. Aksi halde, ısınan sargının direnci yükselir ve ölçme hatalı olur. Transformator direnci oda sıcaklığında ölçülür. Ancak çalışma şartlarında sargı sıcaklıkları ve dolayısıyla dirençleri artar. Genellikle bu artışın  $75^{\circ}\text{C}$  olduğu kabul edilir. Ölçüm sıcaklığı bilinen bir direncin herhangi bir sıcaklık değerindeki değeri,

$$R_2 = R_1 \frac{\tau + t_2}{\tau + t_1}$$

bağıntısıyla hesaplanır. Burada;

$R_1$  : Ölçülen direnç değeri (ohm)

$t_1$  : Ölçümün yapıldığı sıcaklık değeri ( $^{\circ}\text{C}$ )

$t_2$  : Ölçülen direncin hesaplanması istenen sıcaklık değeri ( $^{\circ}\text{C}$ )

$R_2$  : Bilinmesi gereken direnç değeri (ohm)

$\tau$  : 235K

Üç fazlı transformatorlerde bağlantı şekline göre ölçülen direnç değerleri değişir. Sargıların yıldız, zikzak veya üçgen bağlanmasına göre hesaplamalar değişir. Sargıların yıldız veya üçgen bağlantı uçlarını ayırarak her fazın direncini ölçmek çoğu zaman mümkün olmaz. Bu durumda dışarıya çıkarılan üç uç kullanılarak direnç ölçümü yapılır.

Eğer makina yıldız bağlıysa iki uç arasından ölçülen  $R_Y$  direnci iki faz sargı dirençlerinin toplamına eşittir.

$$R_{Ydc} = \frac{U_{dc}}{I_{dc}} = 2R_{1dc} \Rightarrow R_{1dc} = \frac{R_{Ydc}}{2} \quad \text{ve alternatif akım değeri } R_{AC} = k.R_{1dc}$$

ifadeleri ile bulunur. Alternatif akımda ölçülen empedans değerleri için de aynı bağıntılar geçerlidir.

Üçgen bağlı sargılarda ise iki uç arasından ölçülen direnç,



$$R_{\Delta} = \frac{U_{dc}}{I_{dc}} = \frac{2}{3} R_{1dc} \Rightarrow R_{1dc} = \frac{3}{2} R_{\Delta} \quad R_{AC} = k \cdot R_{1dc} \text{ olarak ifade edilir.}$$

Pratikte transformatör  $I_0$  boş çalışma akımının 1,2 katı ile  $I_N$  akımının %10'u arasında bir ölçme akımı ile beslenir. Makinanın gücüne göre 100A'e kadar çıkılabilir.

$$1,2I_0 \leq I \leq 0,1I_N$$

## 2-) Köprü Yöntemleri

Köprü yöntemlerinden Thomson ve Wheatstone köprüsü en çok kullanılır. Her iki köprü de yalnız doğru akımda ölçme yapabilen direnç elemanlarından yapılmıştır. Thomson köprüsü, Wheatstone'a göre daha küçük dirençlerin ölçümünde kullanılır. Thomson köprüsü ölçülecek direnç ile köprü arasındaki temas dirençlerinin ve bağlantı dirençlerinin hatasını gidermesidir.

Köprü yöntemleri sıfırlama ilkesine dayanır. Bu yöntemle direnç ölçümü, Ölçme Laboratuvarı'nda uygulandığından burada ayrıntısına girilmeyecektir.

Thomson köprü sistemi dengelendiği anda bilinmeyen  $R_x$  direnci;

$$R_1 = R_3 \quad R_2 = R_4 \quad \frac{R_x}{R_N} = \frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

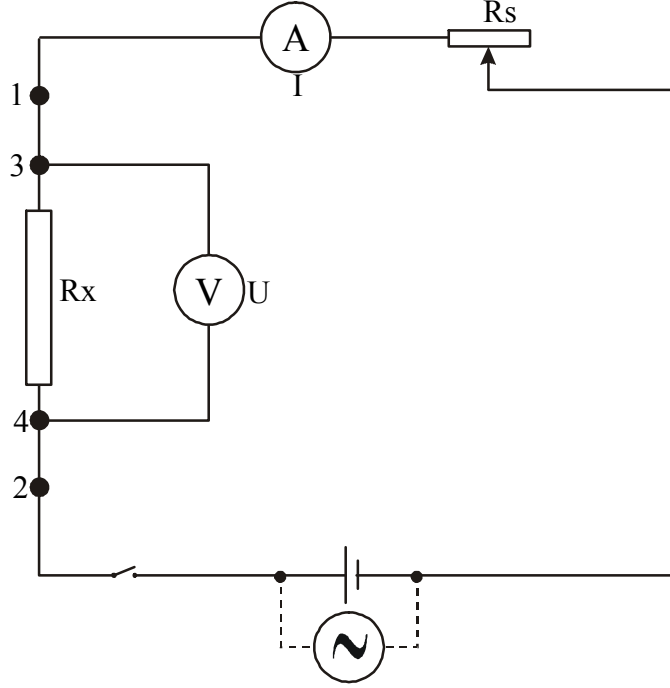
olarak hesaplanabilir. Buradaki  $R_N$  etalon direnci  $R_x$  ile aynı mertebeden olmalıdır.

Küçük direnç ölçümünde daha az kullanılan Wheatstone köprüsünde değişken direnç ayarlanarak galvanometrenin sıfırı göstermesi sağlandığında, paralel dirençlere aynı gerilim uygulanmış olur. Bilinmeyen direnç;

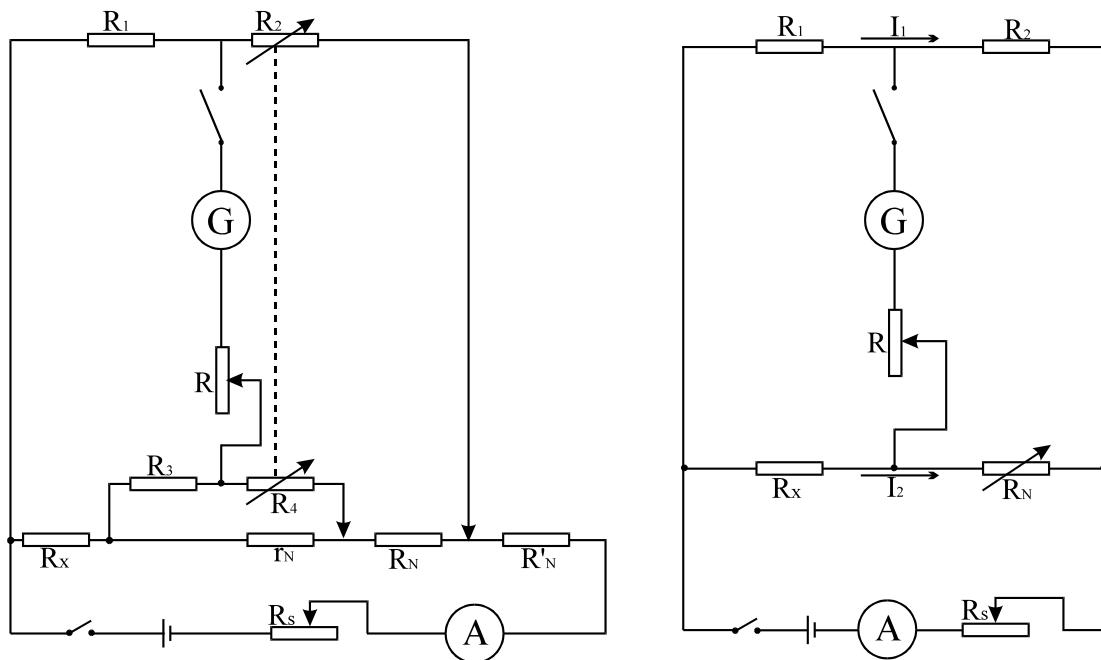
$$R_2 I_1 = R_x I_2 \quad R_2 I_1 = R_N I_2 \quad \frac{R_x}{R_N} = \frac{R_1}{R_2}$$

olarak hesaplanır.

#### 4.1.2. Bağlantı Şeması



Şekil-1: Ampermetre-Voltmetre Metodu İle Direnç Ölçme.







-A-

Şekil-2-A: Thomson Köprü Sistemi

-B-

Şekil-2-B: Wheatstone Köprü Sistemi

#### 4.1.3. Deneyde Kullanılan Aletler

#### 4.1.4. Deneyde Alınan Değerler

##### 1-) Ampermetre-Voltmetre Yöntemi

| Gözlem No | $U_{dc}$<br>(V) | $I_{dc}$<br>(A) | $U_{ac}$<br>(V) | $I_{ac}$<br>(A) | $R_{dc}$<br>( $\square$ ) | k | $R_{ac25^{\circ}C}$ | $R_{ac75^{\circ}C}$ | Z<br>( $\square$ ) |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------------|---|---------------------|---------------------|--------------------|
| 1         |                 |                 |                 |                 |                           |   |                     |                     |                    |
| 2         |                 |                 |                 |                 |                           |   |                     |                     |                    |
| 3         |                 |                 |                 |                 |                           |   |                     |                     |                    |

##### 2-) Wheatstone Köprüsü Metodu

| Gözlem No | $R_1$<br>( $\angle$ ) | $R_2$<br>( $\angle$ ) | $R_N$<br>( $\angle$ ) | $R_x$<br>( $\angle$ ) | k | $R_{ac25^{\circ}C}$ | $R_{ac75^{\circ}C}$ | Z<br>( $\angle$ ) |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---|---------------------|---------------------|-------------------|
| 1         |                       |                       |                       |                       |   |                     |                     |                   |
| 2         |                       |                       |                       |                       |   |                     |                     |                   |
| 3         |                       |                       |                       |                       |   |                     |                     |                   |



#### **4.1.5.Yapılan Hesaplamalar**

#### **4.1.6.Sorular**

1-) Bu deneyden elde edilen transformatör parametreleri nelerdir? Bu parametreler nerelerde kullanılır?

2-) Özellikle büyük güçlü transformatörlerde sargı dirençleri neden çok küçük değerlerdedir?

3-) Transformatör sargı dirençleri sıcaklıkla neden değişir? Değişim eğrisi nasıldır?

#### **Cevaplar**



## Deney no:2

### **4.2.Deney Adı: Transformatörlerin Dönüştürme Oranlarının Bulunması**

#### **4.2.1.Teorik Bilgi**

Bir fazlı transformatörlerde anma dönüştürme oranı  $ü_N$  birinci sargıda endüklenen gerilimin ikinci sargıda endüklenen gerilime oranı olarak ifade edilir. Endüklenen gerilimler sarım sayısına eşit olduğundan, anma dönüştürme oranı sarım sayılarının oranına eşittir.

$$ü_N = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_{1N}}{U_{2N}} = \frac{N_1}{N_2} \quad E_2 = \frac{E_1}{ü_N}$$

Yukarıdaki tanıma göre dönüştürme oranı 1'den küçük, 1'e eşit veya büyük olabilir. Değişik gerilimler elde edebilmek için transformatörlerde birden çok çıkış ucu olabilir. Bu durumda her uç için bir dönüştürme oranı elde edilir. Anma dönüştürme oranı ise anma gerilimini veren uça elde edilen değerdir.

Standartlarda anma dönüştürme oranı yüksek gerilim sargısı anma geriliminin alt gerilim sargısı anma gerilimine oranı olarak kabul edilir. Bu durumda dönüştürme oranı daima 1'den büyük veya en az 1'e eşit olacaktır.

Dönüştürme oranı transformatörün hassas olarak ölçülmesi gereken önemli bir büyüklüğüdür. Özellikle trafoların paralel bağlanmasında büyük önem taşır. Bu nedenle etiketinde yazılı değerleri yuvarlama yapmadan kullanmak gerekir. Örneğin 14,4/220kV'luk bir transformatörün dönüştürme oranı 220/14,4 olarak bulunur.

Dönüştürme oranı tasarımda bilinen sarım sayıları ile hesaplanır. Boşta çalışma deneyi ile ölçülür. Boşta çalışma deneyi daha sonraki deneylerde uygulanacaktır. Bu nedenle burada sadece bağlantı şekli verilerek ölçmenin nasıl yapılacağı anlatılacaktır.

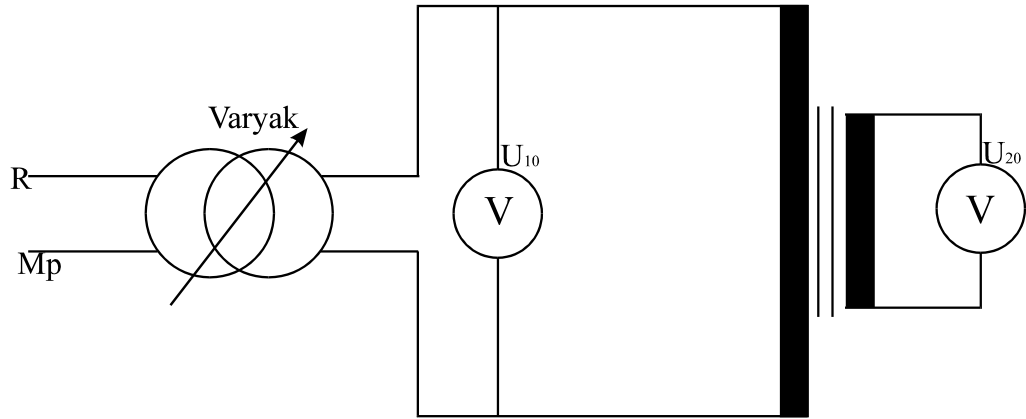
Transformatörlerin boş çalışma deneyinde sargılarından herhangi biri boşta bırakılır. Diğer sargı ise anma gerilim ve frekansında beslenir. Deney trafonun istenen tarafında yapılabilir. Ancak trafonun diğer tarafında birden fazla çıkış ucu varsa o zaman esas uç kullanılır. Deneyin birinci sargıda yapıldığını kabul edersek, trafonun  $I_2$  akımı sıfır olacaktır. Birinci sargı gerilimi arttırılarak anma değerine getirildiğinde,

ikinci tarafın anma değerine ulaşılır. Deneyde birinci ve ikinci taraf gerilimi ölçülerek dönüştürme oranı, bu iki gerilimin oranına eşit olarak bulunur.

$$\dot{u}_N = \frac{U_{10}}{U_{20}}$$

Alman standartlarına göre anma çevirme oranının siparişte verilen değerlere göre toleransı -%0.5'tir. Bu tolerans sargının anma gerilim ucu için geçerlidir. Başka çıkış ucu varsa, bu uçlardaki dönüştürme oranlarının toleransı -%1'dir.

#### 4.2.2. Bağlantı Seması



#### 4.2.3. Deneyde Kullanılan Aletler

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |



#### **4.2.4.Deneyde Alınan Değerler**

| <b>Gözlem<br/>No</b> | <b><math>U_{10}</math></b> | <b><math>U_{20}</math></b> | <b><math>\ddot{u}</math></b> |
|----------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1                    |                            |                            |                              |
| 2                    |                            |                            |                              |
| 3                    |                            |                            |                              |

#### **4.2.5.Yapılan Hesaplamalar**



#### **4.2.6.Sorular**

1-) Sarım sayısı bilinmeyen bir transformatörün sarım sayıları nasıl tesbit edilebilir? Bu işlem için gerekli uygulamaları ayrıntılı biçimde anlatınız.

2-) Sarım sayısı birinci sargıda 1320 ve ikinci sargıda 46 olan bir fazlı transformatörün azami manyetik akısı  $3,76 \cdot 10^{-2}$  Weber olarak verilmiştir. Sargılara 50Hz ve 60Hz frekansta endüklenen gerilimleri ve bir sargıda endüklenen gerilimi hesaplayınız. Dönüştürme oranını hesaplayınız.

#### **Cevaplar**



### **Deney no:3**

#### **4.3.Deney Adı: Bir Fazlı Transformatörlerin Boş Çalışması**

##### **4.3.1.Teorik Bilgi**

Transformatörlerin boş çalışma deneyinde sargılarından herhangi biri boşta bırakılır. Diğer sargı ise anma gerilim ve frekansında beslenir. Deney trafonun istenen tarafında yapılabilir. Ancak trafonun diğer tarafında birden fazla çıkış ucu varsa o zaman esas uç kullanılır. Deneyin birinci sargıda yapıldığını kabul edersek, trafonun  $I_2$  akımı sıfır olacaktır. Birinci sargı gerilimi artırılarak anma değerine getirildiğinde, ikinci tarafın anma değerine ulaşılır. Deneyde birinci ve ikinci taraf gerilimi, birinci taraftan geçen akım ve çekilen güç değerleri ölçü aletleri yardımıyla tespit edilir.

Boşta çalışmada trafo faydalı güç vermez. Bu nedenle şebekeden çekilen gücün tamamı demir ve bakır kayıplarında tüketilir. Sabit frekansta trafonun akısı gerilim tarafından belirlendiğinden boş çalışmada anma gerilimi, dolayısıyla yüklü çalışmadaki demir kayıpları elde edilmiş olur. Boş çalışmada statordan geçen akımın oluşturduğu bir güç kaybı varsa da ihmal edilebilir. Ancak istenirse sargı dirensi ölçülerek bu sargıdaki güç kaybı kolayca hesaplanabilir. Bu durumda transformatörün demir kayıpları daha doğru olarak bulunmuş olur.

$$P_0 \cong P_{Fe} \quad P_{Fe} = P_0 - P_{cu0} \quad P_{cu0} = R \cdot I_0^2$$

Gerçekte trafonun sargı yalıtkanındaki di elektrik kayıp gücü de boş çalışmada çekilen güce dahildir. Ancak günümüz transformatörlerinde bu kayıp daima ihmal edilecek kadar küçüktür.

Boş çalışma deneyinde ölçülen değerlerle aşağıdaki veriler elde edilebilir.



**1-) Anma dönüştürme oranı:**

$$\dot{u}_N = \frac{U_{10}}{U_{20}}$$

**2-) Boşta güç katsayısı:**

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{U_{10} \cdot I_{10}}$$

Trafoların boşta güç katsayıları çok küçüktür. Yeni tip trafolarda 0,2 değerinde olup, eski trafolarda 0,1 değeri civarındadır. Boşta güç katsayısı ile boş çalışma akımının bileşenleri hesaplanabilir.

**3-) Bağıl boş çalışma akımı, boş çalışma akımı bileşenleri, boşta akım ve gerilim diyagramları:**

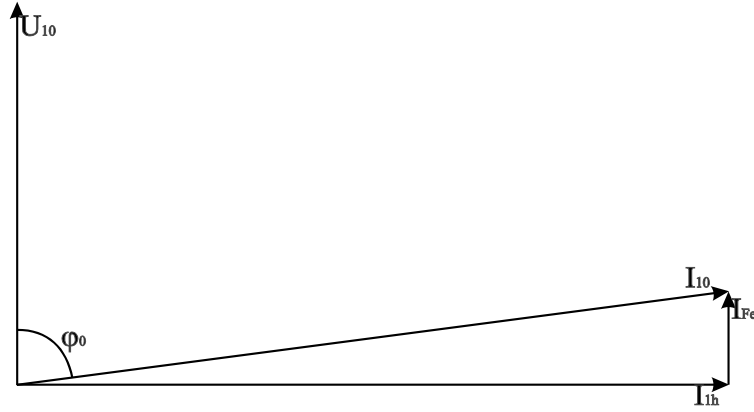
$$i_0 = \frac{I_{10}}{I_N}$$

$$I_{1Fe} = I_{10} \cdot \cos \varphi_0 = \frac{P_0}{U_{10}}$$

$$I_{1h} = I_{10} \cdot \sin \varphi_0 = \sqrt{I_{10}^2 - I_{1Fe}^2} \cong I_{10}$$

Görüldüğü gibi, kayıp ve mıknatıslama akımları iki ayrı formüle göre bulunabilir. Boşta deney sonuçları ile çizilebilecek boş çalışma vektör diyagramı şekil-1'de görülmektedir.





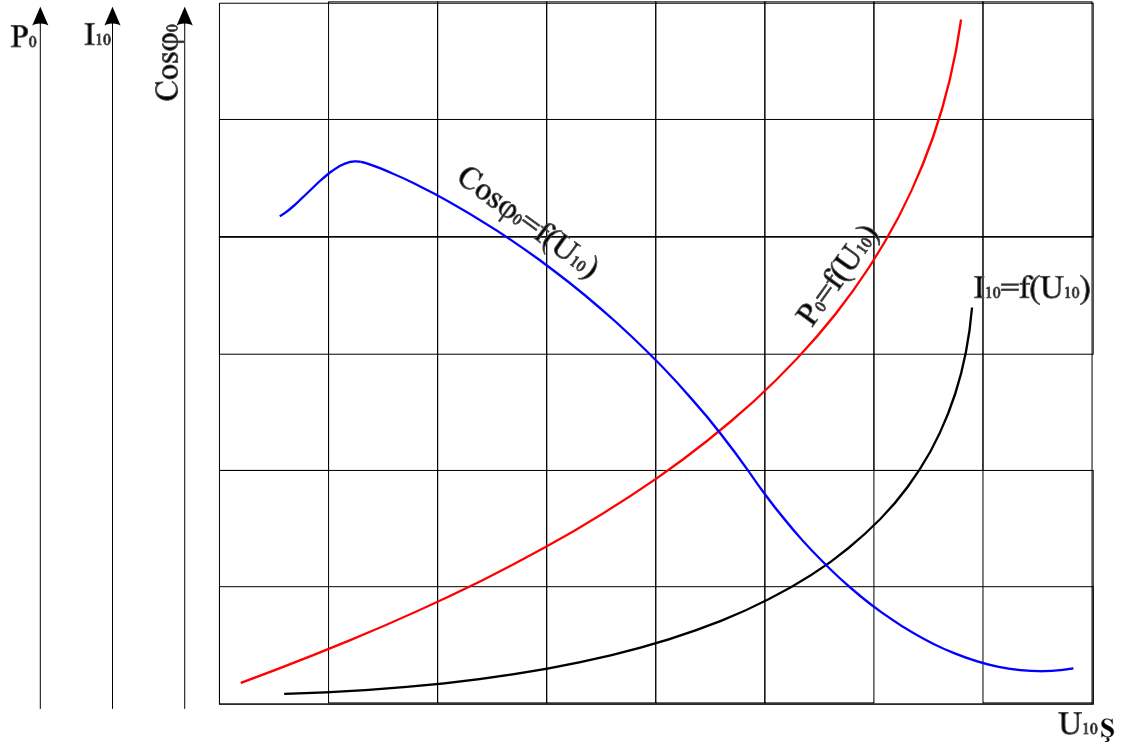
Şekil-1

4-) L ve T eşdeğer devrenin paralel veya dikey elemanları olan esas reaktans  $X_{1h}$  ve demir kayıp direnci  $R_{1Fe}$  ile bu iki elemanın oluşturduğu esas empedans  $Z_{1h}$ :

$$Z_{1h} = \frac{U_{10}}{I_{10}} = \frac{U_{10}^2}{i_0 \cdot S_N} \quad R_{1Fe} = \frac{U_{10}}{I_{1Fe}} = \frac{P_0}{I_{1Fe}^2} = \frac{U_{10}^2}{P_0} \quad X_{1h} = \frac{U_{10}}{I_{1h}}$$

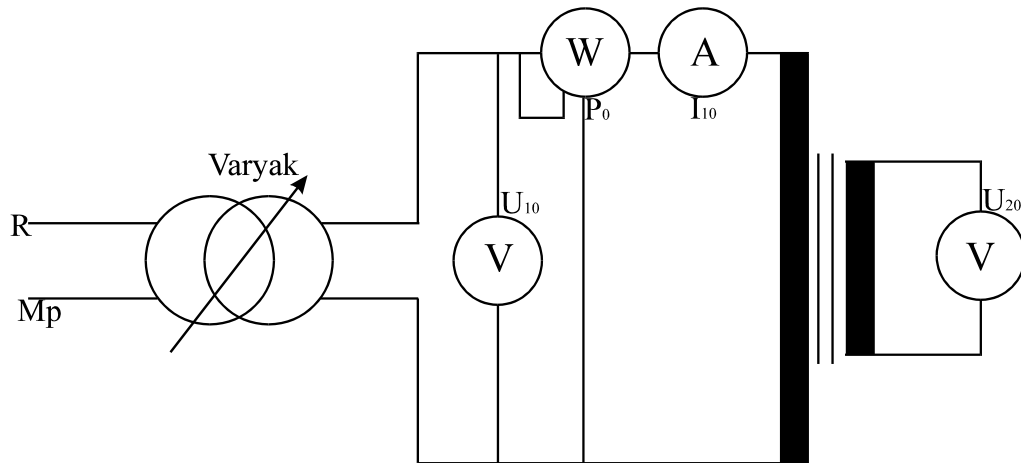
Bulunan elemanların değerleri deneyin yapıldığı tarafa aittir.

Frekans sabit olduğu için gerilim kademe kademe artırılarak, yukarıda bulunan değerlerin gerilimle nasıl değiştiği grafiksel olarak da bulunabilir. Bunlara transformatörün boş çalışma karakteristikleri adı verilir. Bu karakteristikler trafonun özelliklerini tanımda yardımcı olurlar.



ekil-2: Transformatörün sabit frekansta boş çalışma karakteristikleri.

#### 4.3.2. Denev Bağlantı Şeması





#### 4.3.3.Deneyde Kullanılan Aletler

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |

#### 4.3.4.Deneyde Alınan Değerler

| $U_{10}$ | $I_{10}$ | $P_0$ | $P_{Cu0}$ | $P_{Fe}$ | $\dot{u}_N$ | $R_1$ | $i_0$ | $I_{1Fe}$ | $I_{1h}$ | $R_{1Fe}$ | $X_{1h}$ | $Z_{1h}$ |
|----------|----------|-------|-----------|----------|-------------|-------|-------|-----------|----------|-----------|----------|----------|
|          |          |       |           |          |             |       |       |           |          |           |          |          |
|          |          |       |           |          |             |       |       |           |          |           |          |          |
|          |          |       |           |          |             |       |       |           |          |           |          |          |
|          |          |       |           |          |             |       |       |           |          |           |          |          |

Yapılan Hesaplamalar

#### 4.3.5.Sorular

- 1-) Deneyde alınan değerlerden şekil-2’de belirtilen karakteristik eğrileri çiziniz.
- 2-) Boş çalışma karakteristik eğrilerini yorumlayınız. Bu eğriler niçin bu şekilde çıkmaktadır? Her biri için ayrı ayrı açıklayınız.

#### Cevaplar



#### **Deney no:4**

#### **4.4.Deney Adı: Bir Fazlı Transformatörlerin Kısa Devre Çalışması**

##### **4.4.1.Teorik Bilgi**

Transformatörün kısa devre çalışması çıkış sargısının uçlarını empedansı ihmal edilebilen bir iletkenle birleştirmek suretiyle olur. Giriş sargılarının beslenmesi aşırı akımların geçmesine neden olmayacak küçük gerilimlerle yapılır. İşletme esnasında kısa devre olayı kesinlikle istenmeyen bir durumdur. Ancak gerilimin küçük tutulmasıyla yapılan kısa devre deneyinin trafoya bir zararı olmaz.

Kısa devre deneyi aşağıdaki sonuçları elde edebilmek için yapılır.

- 1-) Verim ve ısınma kayıplarında kullanılan kısa devre kayıp gücü  $P_K$  veya bakır kaybı  $P_{cu}$ ,
- 2-) Kısa devre güç katsayısı  $\cos\phi_K$ ,
- 3-) Eşdeğer devre kısa devre elemanları  $Z_K, R_K, X_K$ ,
- 4-) Anma iç gerilim düşümleri  $U_{KN}, U_{RN}, U_{XN}$  ve bağıl değerleri  $u_{KN}, u_{RN}, u_{XN}$ ,
- 5-) Anma dönüştürme oranı  $ü_N$
- 6-) Kısa devre karakteristikleri.

Bu deney sonucu elde edilen büyüklükler ekonomik bakımdan önemli olduğundan değerlendirmeye tabidir ve belirli toleranslar dahilinde standartlara uymak zorundadır.

Kısa devre deneyi için aşağıdaki deney bağlantı şeması kurularak gerilim sıfırdan itibaren yavaş yavaş artırılır. Bu arada ikinci tarafı kısa devre eden ampermetre sürekli izlenir. Kısa devre edilen kısımdan geçen akım nominal değerinin 1,5 katına gelinceye kadar gerilim artırılabilir. Ancak bu değerden sonra gerilimi arttırmak trafo için tehlikeli olabilir. Gerilim artışının belirli kademelerinde ölçü aletlerinden değerler okunarak gözlem tablosuna kaydedilir.

Kısa devre deneyi sonucu şebekeden çekilen güç yaklaşık olarak transformatörün toplam bakır kayıplarını verir. Bu deney çok küçük gerilimlerle yapıldığından, gerilimin karesi ile orantılı olan demir kayıpları ihmal edilebilecek kadar küçüktür.



$$P_K = P_{Cu} + P_{FeK} \cong P_{Cu}$$

Kısa devre kayıp gücünün aslında üç bileşeni vardır.

Kısa Devre Deneyinden Alınacak Sonuçlar

**1-) Kısa devre güç katsayısı:**

$$\cos \varphi_k = \frac{P_K}{S_K} = \frac{P_K}{U_K \cdot I_K} \quad \varphi_K = \text{ArcCos} \frac{P_K}{U_K \cdot I_K}$$

**2-) Eşdeğer devrelerin yük akımı kolundaki seri elemanlar, kısa devre empedansı  $Z_K$ , direnci  $R_K$  ve reaktansı  $X_K$ :**

$$Z_K = \frac{U_K}{I_K} \quad R_K = \frac{P_K}{I_K^2} \quad X_K = \sqrt{Z_K^2 - R_K^2}$$

**3-) Anma kısa devre gerilimi ve bileşenleri  $U_{KN}$ ,  $U_{RN}$ ,  $U_{XN}$  ile bağlı değerleri  $u_{KN}$ ,  $u_{RN}$ ,  $u_{XN}$  :**

$$U_{RN} = R_K I_N = U_{KN} \cos \varphi_K$$

$$U_{XN} = X_K I_N = U_{KN} \sin \varphi_K = \sqrt{U_{KN}^2 - U_{RN}^2}$$

Bu formüller anma değerleri dışında da geçerlidir. Fakat aşağıdaki bağlı gerilim düşümlerinin hesaplanmasında ancak anma değerler kullanılabilir.

$$u_{KN} = \frac{U_{KN}}{U_N} \quad u_{RN} = \frac{U_{RN}}{U_N} = \frac{R_K \cdot I_N}{U_N} = \frac{P_{KN}}{S_N} = u_{KN} \cdot \cos \varphi_K$$

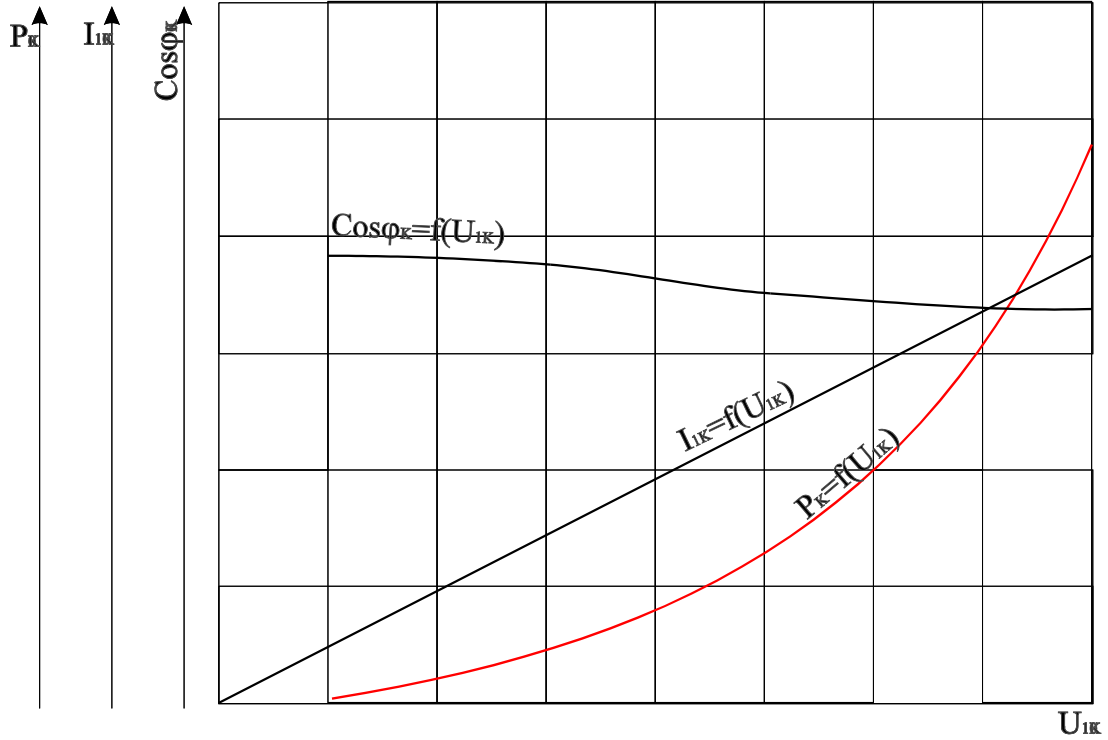
$$u_{XN} = \frac{U_{XN}}{U_N} = \frac{X_K \cdot I_N}{U_N} = \frac{Q_{KN}}{S_N} = u_{KN} \cdot \sin \varphi_K = \sqrt{u_{KN}^2 - u_{RN}^2}$$

#### 4-) Anma dönüştürme oranı:

$$\dot{u}_N = \frac{I_{2K}}{I_{1K}}$$

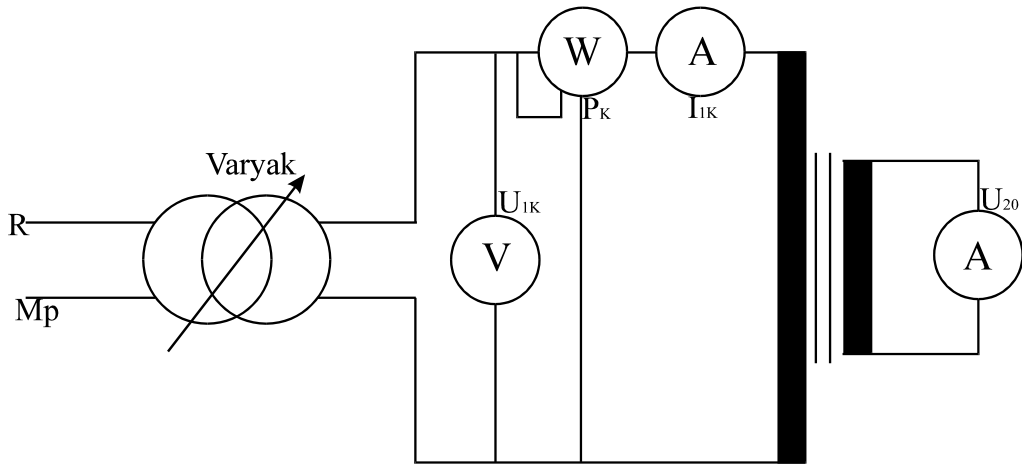
#### Kısa Devre Karakteristikleri

Kısa devre deneyinde gerilim sıfırdan başlanarak arttırılır ve her kademedeki gerilim değerlerinde kısa devre akımı ve gücü ölçülürse, sabit frekans kısa devre karakteristikleri çizilebilir.



Şekil-1: Sabit frekans kısa devre karakteristikleri

#### 4.4.2. Deney Bağlantı Şeması



#### 4.4.3. Deneyde Kullanılan Aletler

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |



#### 4.4.4.Deneyde Alınan Değerler

| $U_{1K}$ | $P_K$ | $I_{1K}$ | $Z_K$ | $R_K$ | $X_K$ | $\text{Cos}\phi_K$ | $U_{RN}$ | $U_{XN}$ | $u_{KN}$ | $u_{RN}$ | $u_{XN}$ | $I_{2K}$ | $\ddot{u}_N$ |
|----------|-------|----------|-------|-------|-------|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
|          |       |          |       |       |       |                    |          |          |          |          |          |          |              |
|          |       |          |       |       |       |                    |          |          |          |          |          |          |              |
|          |       |          |       |       |       |                    |          |          |          |          |          |          |              |
|          |       |          |       |       |       |                    |          |          |          |          |          |          |              |
|          |       |          |       |       |       |                    |          |          |          |          |          |          |              |
|          |       |          |       |       |       |                    |          |          |          |          |          |          |              |
|          |       |          |       |       |       |                    |          |          |          |          |          |          |              |

#### Yapılan Hesaplamalar

#### 4.4.5.Sorular

- 1-) Deneyde alınan değerlerden şekil-1'de belirtilen karakteristik eğrileri çiziniz.
- 2-) Kısa devre çalışma karakteristik eğrilerini yorumlayınız. Bu eğriler niçin bu şekilde çıkmaktadır? Her biri için ayrı ayrı açıklayınız.

#### Cevaplar



## Deney no:5

### 4.5.Deney Adı: Bir Fazlı Transformatörlerde Polarite Tayini

#### 4.5.1. Teorik Bilgi

Transformatör polaritelerinin bilinmesi özellikle iki veya daha fazla trafoyu paralel bağlama işleminde gereklidir. Paralel bağlama esnasında trafonun hangi ucunun hangi işareti taşıdığının bilinmesi gerekir.

Trafoalarda polarite tayini

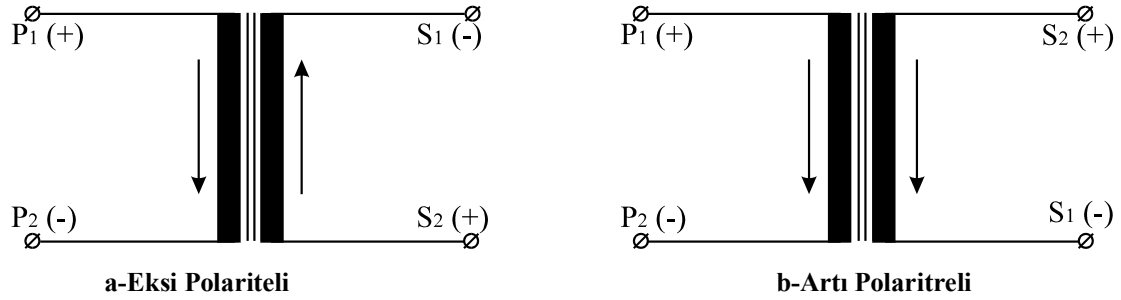
1-) Alternatif akım polarite kontrol metodu.

2-) Osiloskop kullanarak,

3-) Darbe metodu

olarak üç değişik yöntemle bulunabilir. Burada birinci yöntemle polarite tayini deneyi yapılacaktır.

Trafoaların polarite durumları aşağıda görülmektedir.

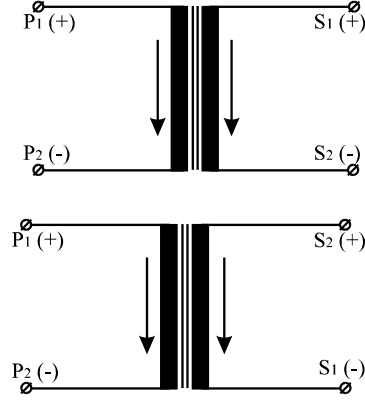


Şekil-1

Polarite tayini deneyinde Şekil-2'teki bağlantı yapılarak transformatörün primer ucuna nominal gerilim uygulanır. Primer ve sekonder arasında bağlı voltmetre iki uç geriliminin farkını gösterirse ( $U_1-U_2$ ) transformatör eksi polaritelidir. Bu durumda uçlar Şekil-1-a'da olduğu gibi işaretlenir. Voltmetre iki gerilim toplamını gösterirse ( $U_1+U_2$ ) bu durumda trafo artı polaritelidir ve uçlar Şekil-1-b'de olduğu gibi işaretlenir.

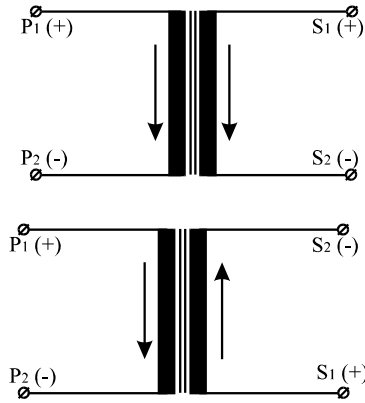
**Not:** Burada devredeki voltmetrenin ölçme alanı iki uç geriliminin toplamını ölçebilecek değerde olmalıdır.

İki transformatörün polarite tayininde ise Şekil-3'teki bağlantı yapılır. Voltmetreden  $U=U_{12}-U_{22}$  veya  $U=U_{22}-U_{12}$  değeri okunursa polariteler



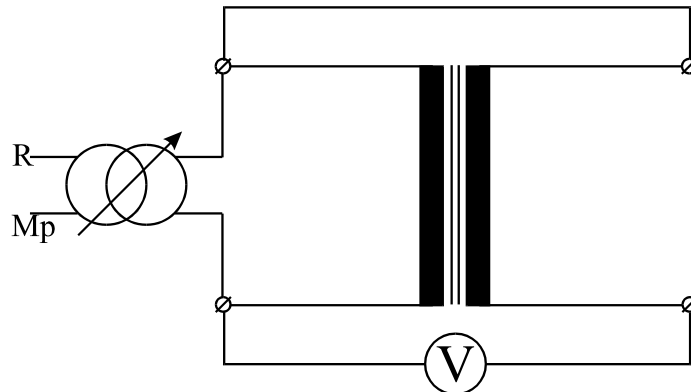
şekildeki gibi olacaktır.

Eğer deneyde voltmetreden  $U=U_{12}+U_{22}$  değeri okunursa bu durumda ise;

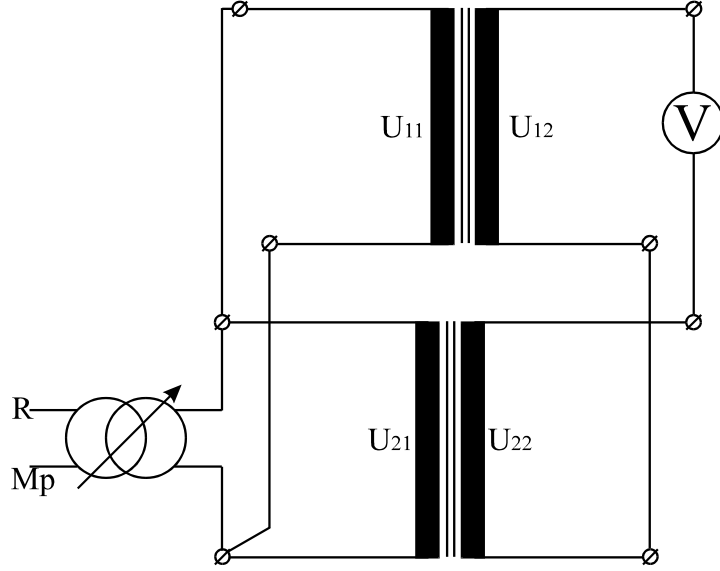


olarak polariteler belirlenir.

#### 4.5.2. Bağlantı Şeması



Şekil-2



Şekil-2

#### 4.5.3. Deneyde Kullanılan Aletler

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |

#### 4.5.4. Deneyde Alınan Değerler

| U <sub>1</sub> | U <sub>2</sub> | U | Polarite |
|----------------|----------------|---|----------|
|                |                |   |          |
|                |                |   |          |
|                |                |   |          |

| U <sub>12</sub> | U <sub>22</sub> | U | Polarite |
|-----------------|-----------------|---|----------|
|                 |                 |   |          |
|                 |                 |   |          |
|                 |                 |   |          |



## Yapılan Hesaplamalar

### 4.5.5.Sorular

- 1-) Transformatörün polarite tayini için geliştirilen diğer yöntemlerin nasıl uygulandığını araştırınız.
- 2-) Transformatör polaritesinin bilinmesi ne gibi yararlar sağlar?

### Cevaplar

1. Deneyde aldığımız değerlerle alternatörün kısa devre karakteristik eğrisini çiziniz.

**Deney no:6****4.6.Deney Adı: Transformatörlerin Yüklü Çalışması****4.6.1.Teorik Bilgi**

Transformatörlerin yüklü çalışması, ikinci sargının bir yükü veya şebekeyi beslemesi şeklinde olur. Bu durumda ikinci sargıdan bir akım geçer. Dolayısıyla boşta çalışan bir trafo yüklenince birinci taraf boş çalışma akımı ( $I_{10}$ ),  $I_1$  yüklü çalışma değerine yükselir. İkinci sargı akımı da sıfırdan  $I_2$  yüklü çalışma değerine gelir. Bu durumda şebekeden çekilen birinci sargı gücü de boştaki değerinden  $P_1$  değerine ulaşır.

Yüklü çalışma durumunda sabit güç katsayısı ve şebeke geriliminde şebekeden çekilen güç sadece yükün çektiği akımla belirlenir.

İkinci sargı gücü,

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2$$

olarak ifade edildiğine göre, transformatör  $I_2$  akımı tarafından belirlenen ikinci sargı gücünü ve toplam kayıp gücü karşılayabilmek için, birinci sargının şebekeden bu iki gücün toplamına eşit olan daha büyük bir gücü çekmesi gerekir.

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 = P_1 + P_{K_t}$$

Şebeke gerilimi sabit olduğundan ikinci taraftan çekilen akım artınca birinci akım da kendiliğinden artacaktır.  $I_1$  akımının aktif bileşeni  $I_{1a}$  aktif gücü karşılar. Reaktif bileşeni ise şebekeden çekilen reaktif gücü karşılamaktadır.

$$I_{1a} = I_1 \cdot \cos \varphi_1 \quad \Rightarrow \quad I_{1r} = I_1 \cdot \sin \varphi_1 = I_1 \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_1}$$

Trafo yüklendikçe şebekeden çekilen aktif gücün yan ısıra reaktif güçte artar. Aktif güç  $P_0$ 'dan  $P_1$ 'e yükselirken, reaktif güç de  $Q_0$ 'dan  $Q_1$  değerine yükselir. İkinci sargı ise bağlı bulunduğu yüke veya şebekeye  $P_1$  ve  $Q_1$  güçlerini verir. Reaktif güçler,

$$Q_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_1 \quad Q_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \sin \varphi_2$$

olarak ifade edilir. Bu iki reaktif güç farkı ( $Q_1 - Q_2$ ) birinci sargı esas ve kaçak reaktanslarında tüketilir. Faydalı ve kaçak akıları oluşturur. Bu nedenle reaktif güce mıknatıslama gücü de denir. Bu nedenle reaktif güç trafonun ve diğer bütün elektrik makinalarının çalışması için gereklidir. Tepkin güç yoksa manyetik alan da yoktur. Trafo saçlarının kaliteli olması durumunda küçük akımlarda mıknatıslanmayı sağlar. Dolayısıyla çekilen reaktif güç bu yolla azaltılabilir.

Yüklü çalışmada birinci ve ikinci sargı akımları arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılabilmesi için daima çok küçük olan, büyük güçlü trafolarda %0,5'in altına düşen kayıplar ihmal edilir. Bu durumda;

$$P_{ki} \cong 0 \Rightarrow P_1 \cong P_2 \quad U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 \cong U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2$$

ifadeleri yazılabilir. Bu eşitlikten trafonun akımlar bağıntısı elde edilebilir.

$$\frac{I_1}{I_2} \cong \frac{U_2 \cos \varphi_2}{U_1 \cos \varphi_1} \cong \frac{N_2 \cos \varphi_2}{N_1 \cos \varphi_1} \cong \frac{1}{\ddot{u}} \frac{\cos \varphi_2}{\cos \varphi_1}$$

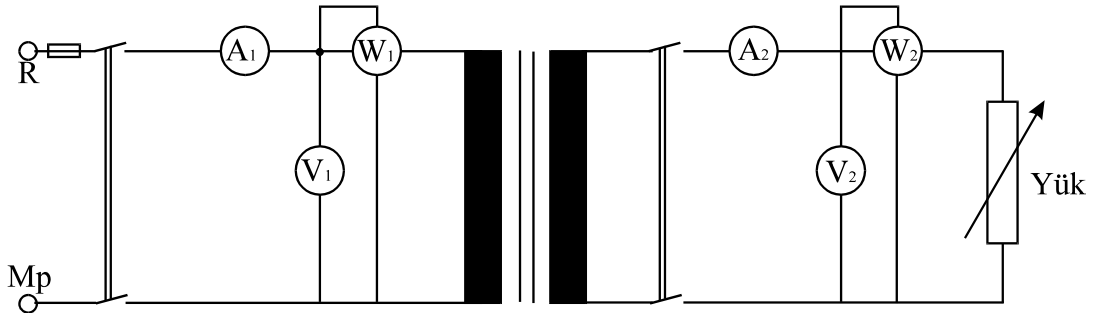
Güç katsayıları sabit kabul edilirse, birinci ve ikinci akım birbiri ile doğru orantılı olarak değişir. Güç katsayıları eşit kabul edilirse akımlar oranı dönüştürme

$$\text{oranının tersine eşit olur } \frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{\ddot{Y}}$$

Enerjinin korunumu yasasına göre birinci sargı akımı sürekli olarak ikinci akımı izler ve bu akımın değişimlerine otomatik olarak uyar.

Bu deneyde transformatör ayarlı omik ve endüktif yüklerle kademeli bir şekilde yüklenerek artan yükte transformatörün çeşitli büyüklüklerinin değişimi incelenecektir. Bunun için trafonun birinci ve ikinci sargı gerilim, akım ve güç değerleri ölçülerek gerekli hesaplamalar sonucunda aşağıda belirtilen değerler elde edilecektir. Sargı dirençlerinin ölçülmesinde daha önce uygulanan yöntemlerden faydalanılacaktır. Ayrıca boş çalışmada elde edilen değerlerle boş çalışma akımının bileşenlerinin nasıl bulunacağı da daha önceki deneylerde görülmüştür.

#### 4.6.2. Bağlantı Seması





#### 4.6.3. Deneide Kullanılan Aletler

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |

#### 4.6.4. Deneide Alınan Değerler

| Yük             | U <sub>1</sub> | I <sub>1</sub> | P <sub>1</sub> | Cosφ <sub>1</sub> | U <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> | ü | I <sub>2</sub> | Cosφ <sub>2</sub> | R <sub>1</sub> | X <sub>1σ</sub> | I <sub>2</sub> ' | X <sub>2</sub> 'σ | R <sub>2</sub> ' | I <sub>1Fe</sub> | I <sub>1h</sub> | E <sub>1</sub> =E <sub>2</sub> ' | R <sub>1Fe</sub> | X <sub>1h</sub> |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|---|----------------|-------------------|----------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------------------------|------------------|-----------------|
|                 |                |                |                |                   |                |                |   |                |                   |                |                 |                  |                   |                  |                  |                 |                                  |                  |                 |
|                 |                |                |                |                   |                |                |   |                |                   |                |                 |                  |                   |                  |                  |                 |                                  |                  |                 |
|                 |                |                |                |                   |                |                |   |                |                   |                |                 |                  |                   |                  |                  |                 |                                  |                  |                 |
| <b>Omik</b>     |                |                |                |                   |                |                |   |                |                   |                |                 |                  |                   |                  |                  |                 |                                  |                  |                 |
|                 |                |                |                |                   |                |                |   |                |                   |                |                 |                  |                   |                  |                  |                 |                                  |                  |                 |
|                 |                |                |                |                   |                |                |   |                |                   |                |                 |                  |                   |                  |                  |                 |                                  |                  |                 |
|                 |                |                |                |                   |                |                |   |                |                   |                |                 |                  |                   |                  |                  |                 |                                  |                  |                 |
|                 |                |                |                |                   |                |                |   |                |                   |                |                 |                  |                   |                  |                  |                 |                                  |                  |                 |
| <b>Endüktif</b> |                |                |                |                   |                |                |   |                |                   |                |                 |                  |                   |                  |                  |                 |                                  |                  |                 |
|                 |                |                |                |                   |                |                |   |                |                   |                |                 |                  |                   |                  |                  |                 |                                  |                  |                 |
|                 |                |                |                |                   |                |                |   |                |                   |                |                 |                  |                   |                  |                  |                 |                                  |                  |                 |
|                 |                |                |                |                   |                |                |   |                |                   |                |                 |                  |                   |                  |                  |                 |                                  |                  |                 |

Yapılan Hesaplamalar



#### **4.6.5.Sorular**

- 1-) Deneyde alınan değerleri kullanarak eşdeğer “T” devre parametrelerini hesaplayınız.
- 2-) Yukarıdaki değerlerin anma yükünde alınan ölçüleriyle omik ve endüktif yük vektör diyagramlarını çiziniz.
- 3-) Transformör eşdeğer devre çeşitleri nelerdir? Özelliklerini araştırınız.
- 4-) 200/100V., 50Hz., değerlerine sahip tek fazlı bir transformörün birinci sargı kaçak empedansı  $0,15+j0,76\Omega$ , ikinci sargı kaçak empedansı  $0,04+j0,19\Omega$  ve yük empedansı  $3,92+j2,62\Omega$  olduğuna göre birinci sargı akımı ve güç karsayısını ve ikinci sargı gerilimini hesaplayınız.





## **Deney no:7**

### **4.7.Deney Adı: Transformatörlerde Regülasyon ve Verim Hesabı**

#### **4.7.1.Teorik Bilgi**

##### **Regülasyon**

Regülasyon olayı bütün elektrik makinalarında ve özellikle üreteçlerde görülen genel bir olaydır. Regülasyona yükte gerilim değişimi adı da verilmektedir. Örneğin, bir pilin uçları açıkken ölçülen gerilimi ile uçlarına yük bağlandığında ölçülen gerilimi farklıdır. Yükte ölçülen gerilim biraz düşük olur. Doğru akım generatörlerinde de gerilim yükte değişir. Bu değişim uyartım şekline ve yük akımına bağlıdır.

Transformatörlerde birinci sargı gerilimi sabit tutularak ikinci sargı gerilimi boşa ve yükte ölçülecek olursa, gerilimin genellikle değiştiği görülür. Endüktif yükteki gerilim düşümü çok, omik yükte ise buna nazaran daha azdır. Pratikte genellikle endüktif yükte yükleme yapıldığından transformatör uç gerilimi yük akımı ile düşer. Bu olay enerji tüketiminin arttığı saatlerde şebeke geriliminin düşmesi şeklinde kendini gösterir.

Regülasyonun nedeni pil ve doğru akım makinalarında iç direnç, transformatörler ve enerji iletim hatlarında iç empedanstır. İç empedans; hatlarda hat empedansı, transformatörlerde kısa devre empedansıdır.

Transformatörün kısa devre empedansı sıfır yapılarak elde edilen ideal transformatörlerde gerilim düşümü oluşmaz. Fakat böyle bir trafö işletme bakımından sakıncalıdır.

Elektrik enerjisinin sabit gerilimle tüketilmesi her zaman istenen bir durumdur. Bu nedenle hatlardaki gerilim değişimleri tüketiciler açısından her zaman önemli bir sorundur. Bu nedenle azami gerilim düşümlerinin şebekeler için yönetmeliklerde belirtilen sınırlar içinde kalması bir zorunluluktur. Gerilim dalgalanmasının sakıncaları şu şekilde sıralanabilir:

1- Elektrik motorları düşük gerilimlerde fazla akım çekmek zorunda kalırlar. Bu durum sargılarının aşırı ısınmasına ve ömürlerinin kısalmasına neden olur. Makinaların kayıpları artar, verimleri düşer ve enerji boşa harcanır.



2- Düşük gerilimde çalışan elektronik cihazlar arızalar yapar.

3- Akkor flamanlı lambalar düşük gerilimle iyi aydınlatmaz, verimleri düşer. Gerilim yükselmelerinde ise ömürleri kısalmır.

4- Gerilim dalgalanmaları gerilim regülatörlerinin kullanımını gerektirir. Bu da şebeke için gereksiz bir yük ve ekonomik bakımdan israftır.

Bu nedenlerden dolayı gerilimi sabit tutmak gereklidir. Gerilimi sabit tutmak için alınan önlemlerden bazıları şunlardır:

1- Kullanılan kablolar yeterli kesitte ve mümkün olduğu kadar kısa olmalıdır.

2- Dağıtım trafolarının yüksek gerilim sargılarında gerilim ayarlama uçları bulunmalıdır.

3- Dağıtım trafolarında bağlı kısa devre gerilimi  $u_{KN}$  mümkün olduğu kadar küçük olmalıdır.

4- Güç kondansatörleri ile güç katsayısı düzeltilmelidir.

5- Yüksek gerilim şebekelerinde, şebekeyi besleyen senkron generatörler gerilimi otomatik olarak sabit değerlerde tutan regülatörlerle donatılır.

6- Şebeke transformatörlerine gerilimi yükte ayarlayan kademe anahtarları konulur.

Ayrıca tüketiciler için ani yüklemeler sonucunda oluşan, gerilim çöküntülerinin de önemli zararları olabilir. Bunu önlemek için genelde ışık ve kuvvet şebekelerini birbirinden ayırmak ve ayrı trafolardan beslemektir.

### Regülasyonun Bulunması

Transformatörlerde yönetmelik, birinci sargıya uygulanan gerilim sabit tutulduğunda, boşta ve yükte çalışma durumları için ikinci taraf uç gerilimlerinin farklı olması olarak belirtilebilir. Regülasyonun bulunması için transformatör nominal yükü ile çalıştırılırken ikinci taraftan ölçülen gerilim ile bu yük trafo üzerinden kaldırılarak boş çalışmadaki gerilimin ölçülmesi gerekir. Aradaki fark  $\Delta U_2$  olarak da verilebilir. Bu durumda

$$\Delta U_2 = \text{Regülasyon} = U_{20} - U_{2N}$$

olarak yazılabilir. Bu gerilim farkının bağıl değeri  $\Delta u$  olarak ifade edilir ve regülasyonun yüzde olarak oranını verir. Bu değer yukarıda bulunan gerilim farkının

$$\text{boştaki gerilime oranıdır. } \Delta u = \% \text{ Regülasyon} = \frac{U_{20} - U_{2N}}{U_{20}} = \frac{\Delta U_2}{U_{20}} = 1 - \frac{U_{2N}}{U_{20}}$$

Regülasyon formüllerindeki büyüklüklerden herhangi ikisi bilinirse üçüncü değer kolayca bulunabilir. Regülasyon ve yönetmelik yüzdesi, transformatörün kısa devre empedansına, yük akımına ve güç katsayısına bağlıdır. Yükün endüktif kapasitif veya omik olmasına göre pozitif, sıfır veya negatif değerler alabilirler.

Regülasyon yukarıdaki bağıntılarda ikinci tarafa göre tanımlanmıştır. Eşdeğer devreler genelde birinci tarafa indirgenerek çizildiğinden regülasyonun birinci tarafa indirgenmesi yararlı olabilir. Bunun için yukarıdaki ifadenin payını ve paydasını dönüştürme oranı ile çarpmak yeterlidir.

$$\Delta u = \% \text{ Reg} = \frac{U_{20} - U_{2N}}{U_{20}} = \frac{\ddot{u}.U_{20} - \ddot{u}.U_{2N}}{\ddot{u}.U_{20}} = \frac{U_1 - U_2'}{U_1} = \frac{\Delta U_2'}{U_1}$$

### Verim

Transformatörlerde verim makinanın etiketinde belirtilmez. Bu nedenle trafoların verimleri hesapla bulunur. Bunun için kayıp güçlerin hesaplanması gerekir. Transformatör kayıpları demir ve sargılardaki bakır kayıplarından oluşur. Hareketli kısım olmadığından mekanik kayıp yoktur ve verim çok yüksektir. Büyük güçlü trafolarda %99,5 değerini aşan verimlere ulaşılmıştır.

Demir kaybı transformatör sabit gerilimle çalıştığı sürece sabit kalır. Boşta çalışmada da yüklü çalışmada da tüketilir. Bakır kayıpları ise akımın karesi ile değişir ve boş çalışmada ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Bakır kayıpları ikinci tarafın yüklenmesiyle oluşur. Demir kayıpları trafonun boş çalışma deneyi ile bakır kayıpları ise kısa devre deneyi ile bulunabilir. Boş çalışmada şebekeden çekilen güç (boş çalışma akımının oluşturduğu bakır kaybı ihmal edilirse) demir kaybına eşittir. Benzer şekilde kısa devre çalışmada şebekeden çekilen kısa devre gücü bakır kaybına eşit olarak alınabilir.

$$P_0 = P_{Fe} \quad P_K = P_{Cu}$$

### **Anma Görünür Güçte Verim**

Anma görünür gücü ile yüklenen bir transformatörde ikinci taraf gücü veya çıkış gücü, anma güç katsayısı ile ikinci taraf güç katsayısının çarpımına eşittir. Toplam kayıp ise anma demir kaybı ile bakır kaybının toplamıdır.

$$P_2 = S_N \cdot \cos\varphi_2 \quad P_{KN} = P_{FeN} + P_{CuN}$$
$$P_1 = P_2 + P_{KN} = S_N \cdot \cos\varphi_2 + P_{FeN} + P_{CuN}$$

Verim bu büyüklükler kullanılarak bulunabilir.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{S_N \cdot \cos\varphi_2}{S_N \cdot \cos\varphi_2 + P_{FeN} + P_{CuN}} = 1 - \frac{P_{KN}}{P_2 + P_{KN}} = 1 - \frac{1}{S_N \cdot \cos\varphi_2 + P_{KN}}$$

Bu ifadeler verimin güç katsayısına bağlı olduğunu ve güç katsayısının artmasıyla verimin de yükseldiğini gösterir.

### **Herhangi Bir Yükte Verim**

Transformatörler sürekli olarak anma gücünde çalışmazlar. Yükleme oranı ve ona bağlı olan kayıp güç ile verim de değişir. Bu nedenle trafo etiketlerine verim yazılmaz. Fakat herhangi bir yük değerinde hesaplamayı mümkün kılan boş ve kısa devre kayıp gücü belirtilir. Bu verilerden trafonun herhangi bir yükteki verimi hesaplanabilir. Hesaplama yüklem oranı kavramından yararlanır. Yükleme oranı x ile gösterilir ve

$$x = \frac{I_{2X}}{I_{2N}} \quad \text{olarak ifade edilir. İkinci taraf gerilimi sabit kabul edilirse, ikinci taraf}$$

güçleri x ile orantılıdır.

$$x = \frac{I_{2X}}{I_{2N}} = \frac{U_{2N} \cdot I_{2X}}{U_{2N} \cdot I_{2N}} = \frac{S_X}{S_N}$$

$$S_X = x \cdot S_N \quad P_{2X} = x \cdot S_N \cdot \cos\varphi_2 \quad Q_{2X} = x \cdot S_N \cdot \sin\varphi_2$$

Boşta ve yükte çalışma aradında faydalı akı çok az değiştiğinden, sabit gerilim ve frekansta yük değişse bile trafo demir kaybı sabit kabul edilir. Buna karşılık bakır kayıp gücü yükte çok değişir. Bu değişken kayıp  $P_{CuX}$  kısa devre direncinde tüketilir.

$$P_{CuN} = P_{KN} = R_{1K} \cdot I_{1N}^2 \quad x = \frac{I_{1X}}{I_{1N}} \Rightarrow I_{1X} = x \cdot I_{1N}$$

$$P_{CuX} = P_{KX} = R_{1K} \cdot I_{1X}^2 = x^2 \cdot R_{1K} \cdot I_{1N}^2 = x^2 \cdot P_{KN}$$

Herhangi bir x yükleme oranında toplam kayıp güç, sabit demir kayıp gücü ve yükleme oranı ile karesel değişen bakır kayıp gücünün toplamına eşittir.

$$P_{KX} = P_{Fe} + P_{CuX} = P_{Fe} + x^2 \cdot P_{CuN}$$

Bu ifadeler elde edildikten sonra artık trafonun herhangi bir yükleme anındaki verimi hesaplanabilir.

$$P_{2X} = S_X \cdot \cos \varphi_2 = x \cdot S_N \cdot \cos \varphi_2$$

$$P_{1X} = P_{2X} + P_{KX} = S_X \cdot \cos \varphi_2 + P_{KX} = x \cdot S_N \cdot \cos \varphi_2 + P_{Fe} + x^2 \cdot P_{CuN}$$

$$\eta_X = \frac{P_{2X}}{P_{1X}} = \frac{S_X \cdot \cos \varphi_2}{S_X \cdot \cos \varphi_2 + P_{KX}} = \frac{x \cdot S_N \cdot \cos \varphi_2}{x \cdot S_N \cdot \cos \varphi_2 + P_{Fe} + x^2 \cdot P_{CuN}}$$

$$\eta_X = 1 - \frac{P_{KX}}{P_{2X} + P_{KX}} = 1 - \frac{P_{KX}}{S_X \cdot \cos \varphi_2 + P_{KX}} = 1 - \frac{P_{Fe} + x^2 \cdot P_{CuN}}{x \cdot S_N \cdot \cos \varphi_2 + P_{Fe} + x^2 \cdot P_{CuN}}$$

Herhangi bir yükleme durumunda transformatörün verimi, anma büyüklükleri dışında, yalnız yükleme oranı ve güç katsayısı tarafından belirlenir. Formüllerde görünür güç kullanıldığından, bu denklemler bütün güç transformatörleri için geçerlidir.

Bu deneyde direkt metotla yani her iki tarafın güçleri ölçülerek verim elde edilecektir.

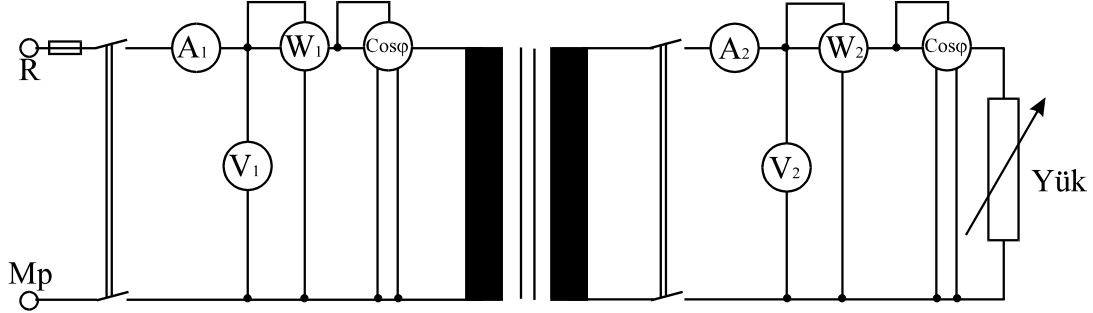
Bu metot ancak küçük güçlü trafolarla uygulanabilir. Büyük güçlü trafoları yüklemek sakıncalı olduğundan kayıplar metodu ile verim hesaplanır.

### **Denevin Yapılışı**

Denyde öncelikle regülasyon bulunacaktır. Bunun için trafo anma yüküne kadar yüklenecek ve tam yükte anma gerilimini veren trafonun yük şalteri açılarak bütün yükü kaldırılacak ve boştaki gerilimi ölçülecektir. Yukarıda anlatıldığı gibi regülasyon hesabı yapılacaktır.

Verim hesabında ise direkt olarak her iki taraf gücü ölçülerek verim direkt olarak bulunacaktır. Verim ölçümü değişik yük kademelerinde yapılacak ve büyüklüklerin yük artışı ile değişimleri incelenecektir. Her iki deney için aşağıdaki bağlantı şeması kullanılabilir.

#### 4.7.2. Bağlantı Şeması



#### 4.7.3. Gözlem Tablosu

| U <sub>1</sub> | I <sub>1</sub> | P <sub>1</sub> | Cosφ <sub>1</sub> | U <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> | I <sub>2</sub> | Cosφ <sub>2</sub> | I <sub>2N</sub> | x | η | P <sub>K</sub> |
|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|---|---|----------------|
|                |                |                |                   |                |                |                |                   |                 |   |   |                |
|                |                |                |                   |                |                |                |                   |                 |   |   |                |
|                |                |                |                   |                |                |                |                   |                 |   |   |                |
|                |                |                |                   |                |                |                |                   |                 |   |   |                |

#### 4.7.4. Sorular

- 1-) Yaptığınız deneyden aldığınız sonuçlarla  $\eta=f(P_1)$ ,  $U_2'=f(P_1)$ ,  $\text{Cos}\phi_1=f(P_1)$ ,  $I_1=f(P_1)$  değişim eğrilerini çiziniz ve eğrilerin niçin bu şekilde çıktığını yorumlayınız.
- 2-) Deneyini yaptığınız transformatörün regülasyonunu ve regülasyon yüzdesini hesaplayınız.
- 3-) Deneyden aldığınız değerlerle yukarıdaki tabloda ölçülemeyen değerleri hesaplayınız.
- 4-) 160kVA'lık bir transformatörün katoloğunda boşa kayıp gücü 300W., 75°C de anma kısa devre kayıp gücü 2350W olarak verilmiştir. Güç katsayısı 0,85 olduğunda, tam ve %60 yükte verimi hesaplayınız.
- 5-) Anma değerleri 250kVA, 10kV/400V, 50Hz,  $u_{KN}=\%4$ ,  $P_{KN}=3250W$ ,  $P_0=650W$  olan bir transformatörde güç katsayısının 0,8 endüktif değeri için tam yük verimini, ikinci taraf gerilimini ve regülasyon yüzdesini hesaplayınız.

**Deney No : 8**

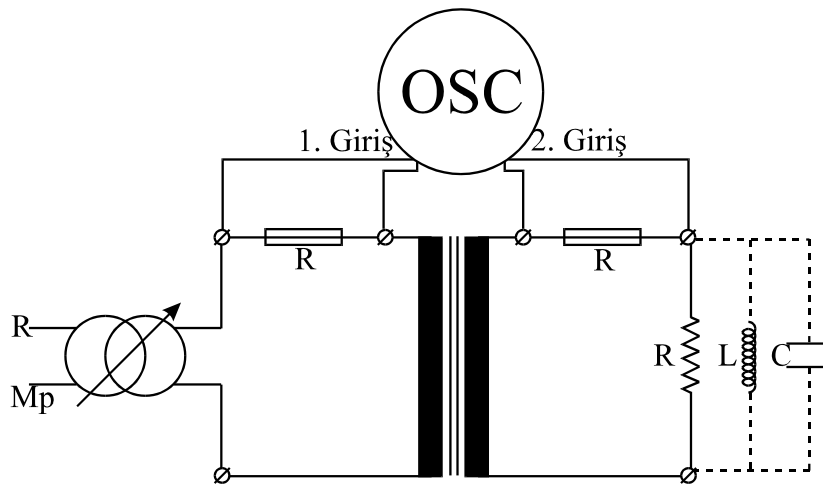
#### **4.8. Deney Adı : Transformatörlerde Birinci ve İkinci Sargı Gerilimleri Arasındaki Faz Farkının Osiloskopa Ölçülmesi**

##### **4.8.1 Teorik Bilgi**

Bu deneyde transformatörün iki sargısında bulunan gerilimleri birbirlerine göre durumları osiloskopa incelenecektir. Bunun için trafonun iki sargı girişine seri olarak aynı değerli dirençler bağlanacak ve bu dirençler üzerinde düşen gerilimlerin osiloskop ekranındaki görüntüleri alınacaktır. Her iki direnç üzerinde düşen gerilimler aynı ekran üzerinde birlikte izlenerek aradaki faz farkının görülmesi amaçlanmaktadır. Bilindiği gibi transformatörler birinci sargılarına uygulanan gerilimin frekansını değiştirmeden ikinci sargıda aynı frekanslı bir gerilim indüklemektedir. Ancak bu gerilim birinci sargı geriliminden  $180^\circ$  faz farklı olmaktadır.

Deney omik, endüktif, kapasitif ve karışık yük durumları için tekrarlanarak her durumda faz farkının değişimi incelenecektir.

##### **4.8.2. Deneyin Şekli**



##### **4.8.3. Sorular**

1-) Deney esnasında her yük durumu için seri dirençler üzerinde düşen gerilimlerin değişim eğrilerini kaydediniz.



2-) Trafolarda birinci ve ikinci sargı gerilimleri arasında faz farkı oluşmasının nedeni nedir? Açıklayınız.

**Cevaplar**





**Deney No : 9**

**4.9.Deney Adı : Üç Fazlı Transformatorlerin Paralel Bağlanması**

**4.9.1Teorik Bilgi**

Elektrik santrallerinde ve transformatör postalarında birden fazla transformatör bulundurulur. Trafoların yüklerinde bir artış olması durumunda, paralel bağlanmak suretiyle yükü paylaşmaları sağlanır. Yük azaldığında ise paralel çalışan trafolardan bazıları devreden çıkarılarak en verimli çalışma durumu elde edilmeye çalışılır. Ayrıca işletmede bulunan trafolardan biri arıza yapar veya bakım gerektirirse yedekteki trafolar beslemenin sürekliliğini sağlarlar. Elektrik şebekelerinde trafoların paralel bağlanması çok karşılaşılan bir uygulamadır. Aynı yerde bulunan trafolar ortak bir bara sistemi ile, birbirinden uzak yerlerde bulunan trafolar ise enterkonnekte sistem yardımı ile paralel bağlanırlar.

Paralel bağlanacak transformatörlerin belirdi özellikleri içermesi gerekir. Bunları maddeler halinde özetlersek;

- 1- Paralel çalışan transformatörlerin boş çalışmada ikinci sargılarından akım geçmemelidir.
- 2- Paralel çalışan transformatörlerin üzerindeki yükleri güçler ile orantılı olmalıdır.
- 3- Paralel çalışan trafoların ikinci sargı akımları, dolayısıyla toplam yük akımı aynı fazda olmalıdır.
- 4- Paralel çalışan transformatörlerin kutuplaşmaları aynı olmalıdır.

Bu istenenlerin gerçekleşebilmesi için paralel bağlanacak trafolarda bazı özelliklerin bir arada olması istenir. Trafoların paralel bağlama koşullarını şu şekilde sıralayabiliriz.

1- Paralel bağlanacak trafoların birinci ve ikinci sargı gerilimleri boşta birbirine eşit olmalıdır. Bu durumu sağlamak için dönüştürme oranları birbirine eşit olan trafoların paralel bağlanması gerekir.

2- Paralel bağlanacak trafoların anma yükündeki kısa devre gerilimleri (UK) birbirine eşit veya çok yakın olmalıdır. (%10 dan fazla farkı izin verilmez.)

3- Paralel bağlanacak trafoların güçleri eşit olmalı veya güçleri arasındaki oranın 1/3'ten küçük olmaması gerekir.

4- Paralel bağlanacak trafoların ikinci sargılarının aynı polaritedeki uçlarının birbirine bağlanması gerekir.

### Paralel Bağlı Transformatörlerde Güç Dağılımı

Paralel Çalışan transformatörlerin anma güçleri ve kısa devre gerilimleri aynı ise, beraberce besledikleri yükü aralarında eşit olarak paylaşırlar. Eğer güçleri; veya kısa devre gerilimleri farklı ise yükü aralarında belirli bir oranda paylaşırlar. Bu paylaşma;

$$S_{1y} = S_1 (u_k / u_{k1})$$

$$S_{1y} = S_1 (u_k / u_{k1})$$

$$S_{2y} = S_2 (u_k / u_{k2})$$

Şeklinde olur. Formüllerde ;

$S_{1y}$  = birinci tarafın üzerine aldığı güç

$S_{2y}$  = ikinci tarafın üzerine aldığı güç

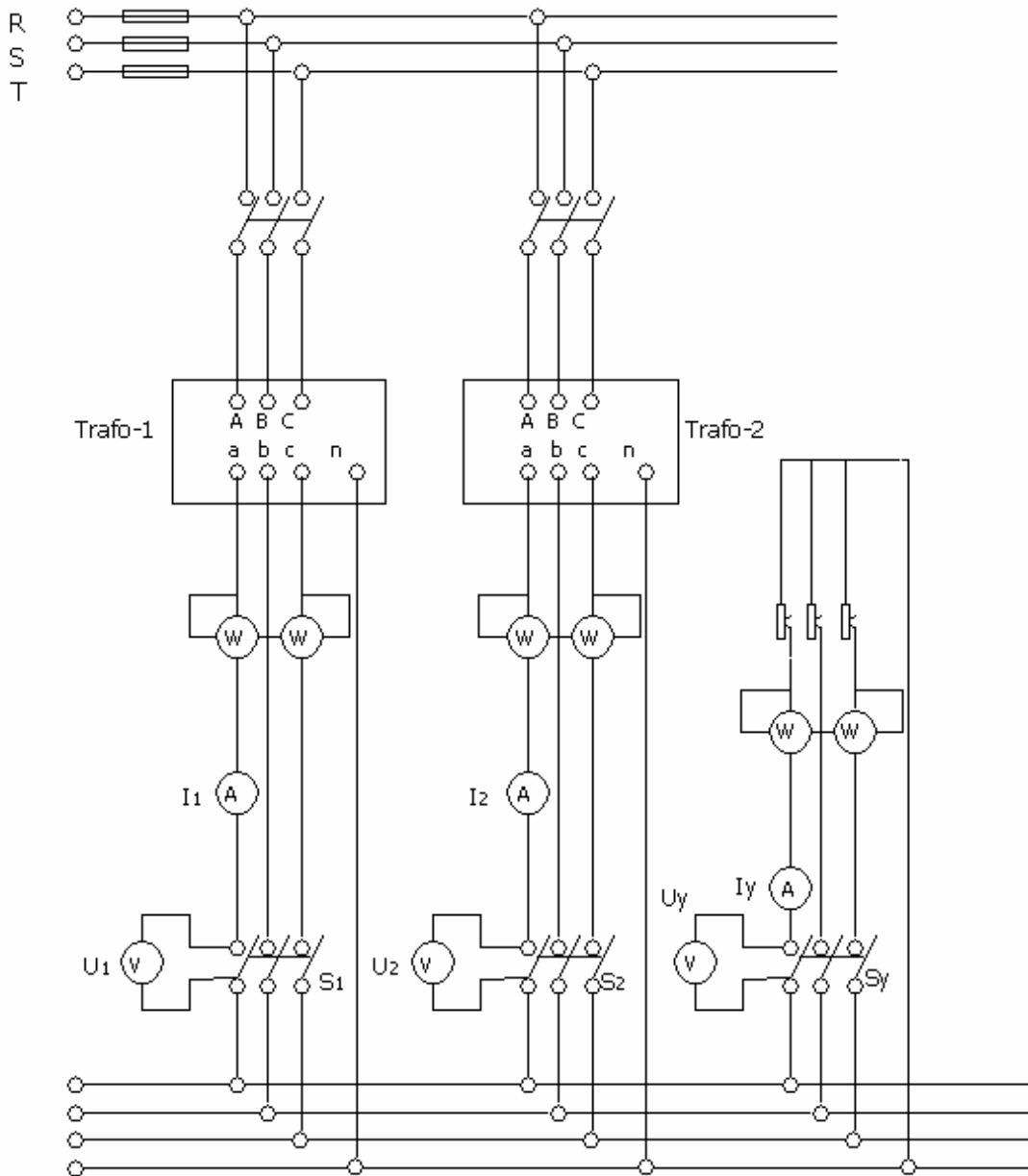
$S_1$  ve  $S_2$  sırasıyla birinci ve ikinci tarafın üzerine aldığı güç

$u_k$  = paralel çalışan trf. Ortak kısa devre gücü olup;

$$u_k = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{\frac{S_1}{u_{k1}} + \frac{S_2}{u_{k2}} + \dots + \frac{S_n}{u_{kn}}} \text{ formülü ile hesaplanabilir.}$$

n: paralel bağlı trf. sayısı

#### 4.9.2.Deney bağlantı şeması





Denevde Alınan Değerler

| Gözlem No | $U_1$ | $I_1$ | $P_1$ | $I_2$ | $P_2$ | $U_y$ | $I_y$ | $P_y$ |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1         |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2         |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 3         |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4         |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5         |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 6         |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7         |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 8         |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 9         |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 10        |       |       |       |       |       |       |       |       |

Denevde Kullanılan Aletler

| Sıra No | Lab.No | Aletin Cinsi | Özelliği | Ölçme Alanı |
|---------|--------|--------------|----------|-------------|
| 1       |        |              |          |             |
| 2       |        |              |          |             |
| 3       |        |              |          |             |
| 4       |        |              |          |             |
| 5       |        |              |          |             |
| 6       |        |              |          |             |
| 7       |        |              |          |             |
| 8       |        |              |          |             |
| 9       |        |              |          |             |
| 10      |        |              |          |             |



#### **4.9.3.Sorular ve Yanıtlar**

1-) Parelel bağılı transformatörlerde yük paylaşımı nasıl olmaktadır?

2-) Parelel bağılı trafoların aşırı yüklenmemeleri için ne gibi önlemler alınabilir?