



İÇİNDEKİLER

2.BÖLÜM:ASENKRON MAKİNALAR

2.1. Asenkron Motorlarda Kaymanın Bulunması

2.1.1. Teorik Bilgi.....	3
2.1.2. Bağlantı Şeması.....	5
2.1.3. Deneyin Yapılışı.....	6
2.1.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	7
2.1.5. Deneyde Alınan Değerler.....	7
2.2.6. Sorular ve Yanıtlar.....	9

2.2. Asenkron Motorun Boşta Çalışması.

2.2.1. Teorik Bilgi.....	10
2.2.2. Bağlantı Şeması.....	12
2.2.3. Deneyin Yapılışı.....	13
2.2.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	13
2.2.5. Deneyde Alınan Değerler.....	14
2.2.6. Sorular ve Yanıtlar.....	15

2.3. Asenkron Motorun Kısa Devre Çalışması, Dönüştürme Oranının Bulunması ve Sargı Dirençlerinin Ölçülmesi.

2.3.1. Teorik Bilgi.....	16
2.3.2. Bağlantı Şeması.....	18
2.3.3. Deneyin Yapılışı.....	19
2.3.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	19
2.3.5. Deneyde Alınan Değerler.....	19
2.3.6. Sorular ve Yanıtlar.....	22

2.4. Asenkron Motorun Boş ve Kısa Devre Deneylerinden Yararlanarak Daire

Diyagramının Çizimi

2.4.1. Teorik Bilgi.....	23
2.4.2. Bağlantı Şeması.....	26
2.4.3. Deneyin Yapılışı.....	26
2.4.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	27
2.4.5. Deneyde Alınan Değerler.....	27
2.4.6. Sorular ve Yanıtlar.....	30



2.5. Üç Fazlı Asenkron Motorların Yüklü Çalışma Deneyi	
2.5.1. Teorik Bilgi.....	31
2.5.2. Bağlantı Şeması.....	33
2.5.3. Deneyin Yapılışı.....	34
2.5.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	34
2.5.5. Deneyde Alınan Değerler.....	34
2.5.6. Sorular ve Yanıtlar.....	36
2.6. Asenkron Motorun Jeneratör Olarak Çalıştırılması	
2.6.1. Teorik Bilgi.....	37
2.6.2. Bağlantı Şeması.....	39
2.6.3. Deneyin Yapılışı.....	40
2.6.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	40
2.6.5. Deneyde Alınan Değerler.....	40
2.6.6. Sorular ve Yanıtlar.....	42
2.7. Bir Fazlı Asenkron Motorun Çalıştırılması ve Üç Fazlı Asenkron Motorun Bir Fazlı Asenkron Motor Olarak Çalıştırılması	
2.7.1. Teorik Bilgi.....	43
2.7.2. Bağlantı Şeması.....	44
2.7.3. Deneyin Yapılışı.....	44
2.7.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	45
2.7.5. Deneyde Alınan Değerler.....	45
2.7.6. Sorular ve Yanıtlar.....	46
2.8. Üç Fazlı Asenkron Motorun Frekans İle Devir Ayarının Yapılması	
2.8.1. Teorik Bilgi.....	47
2.8.2. Bağlantı Şeması.....	49
2.8.3. Deneyin Yapılışı.....	50
2.8.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	55
2.8.5. Deneyde Alınan Değerler.....	56
2.8.6. Sorular ve Yanıtlar.....	56

BÖLÜM 2:ASENKRON MAKİNA DENEYLERİ**Deney No : 1****Deneyin Adı : Asenkron Motorlarda Kaymanın Bulunması****Teorik Bilgi**

Asenkron motorlarda kayma, döner alan devir sayısı ile rotor devri arasındaki farkın, döner alan devir sayısına oranıdır. Kayma;

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \cdot 100$$

formülü ile ifade edilir. Döner alan devir sayısı ise; $n_s = \frac{f \cdot 60}{p}$ olarak bulunur.

Bu formülde, S kaymayı; n_s döner alan devir sayısını(senkron devir sayısını), n_r rotor devir sayısını, f asenkron motorun bağlı olduğu şebekenin frekansını ve p ise asenkron motor sargısının kaç kutuplu olduğunu göstermektedir.

Motor boşta çalışırken kayma çok küçüktür. Yük arttıkça kayma da artar. Kaymanın sıfır olması mümkün değildir. Çünkü döndürücü momentin oluşması için rotordan akım geçmesi gerekir. Kaymanın 1 olması, rotorun durması anlamına gelir. Bu durumda motor şebekeden çok büyük akım çeker.

Kayma çeşitli metotlarla ölçülür. Bu metotlardan bazıları şunlardır:

1. Turmetre(takometre) ile rotor devrini ölçerek,
2. Stroboskopik disk ve neon lamba yardımı ile,
3. Sargılı rotorlu motorlarda milivoltmetre ile,

Turmetre ile kayma ölçmek

Bunun için turmetre rotora dokundurularak, rotorun devir sayısı ölçülür. Motorun kutup sayısı,rotor devri ve frekansı belli ise kayma hesaplanarak bulunabilir. . Motor yüklü iken bir turmetre yardımı ile n devri ölçülerek kayma hesaplanabilir. Ancak motor boşta çalışırken $n_s - n$ farkı çok küçük olduğundan bu yöntem iyi sonuç vermez.

2.) Stroboskopik disk ve neon lamba ile kaymanın ölçülmesi

Bu metotla kayma ölçmek için kayması ölçülecek asenkron motorun miline üzerinde motorun kutup sayısı $2p$ kadar siyah ve yine aynı sayıda beyaz bölmeler bulunan bir disk takılır. Motorun bağlı bulunduğu şebekeden beslenen bir neon lamba yardımı ile



bu disk aydınlatılır. Motor döndüğünde kayma pozitifdir ve disk dönüş yönünün tersi yönünde dönüyormuş gibi görünür. İşte bu durumda sabit bir noktaya göre bir kronometre yardımı ile t saniyede geçen çizgi sayısı m tespit edilir. Neon lambanın bağlı olduğu şebekenin frekansı f_1 ise, lambda bir periyotta iki defa yanacağından yüzde olarak kayma;

$$\%S = \frac{m}{2.t.f_1} * 100 \text{ formülü ile hesaplanır. Burada, } \frac{m}{2.t} = f_2 \text{ dir. } f_2 \text{ rotor ile döner alan}$$

arasındaki kaymanın frekansdır. Buna göre $f_2 = f_1.S$ olur

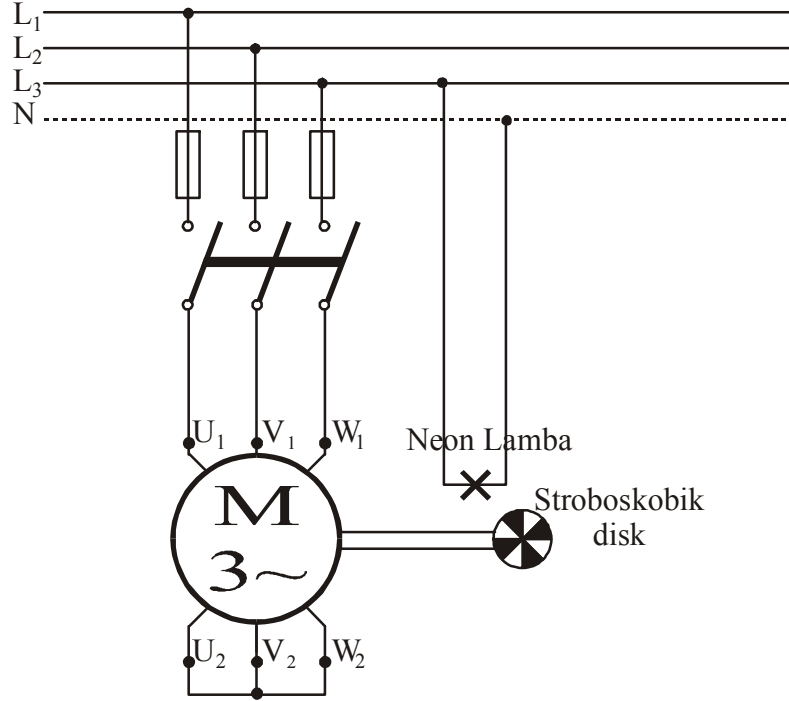
3.) Rotoru sargılı asenkron motorlarda milivoltmetre ile kayma ölçmek

Bu yöntem yalnız rotoru sargılı asenkron motorlarda uygulanabilir. Bilezikli motorun iki bileziği arasına bir d.c. milivoltmetresi bağlanırsa aletin ibresinin sağa ve sola salınımlar yaptığı görülür. Bu salınımın miktarı rotorda indüklenen gerilimin frekansına bağlıdır. t saniyedeki salınım sayısı m ise kayma,

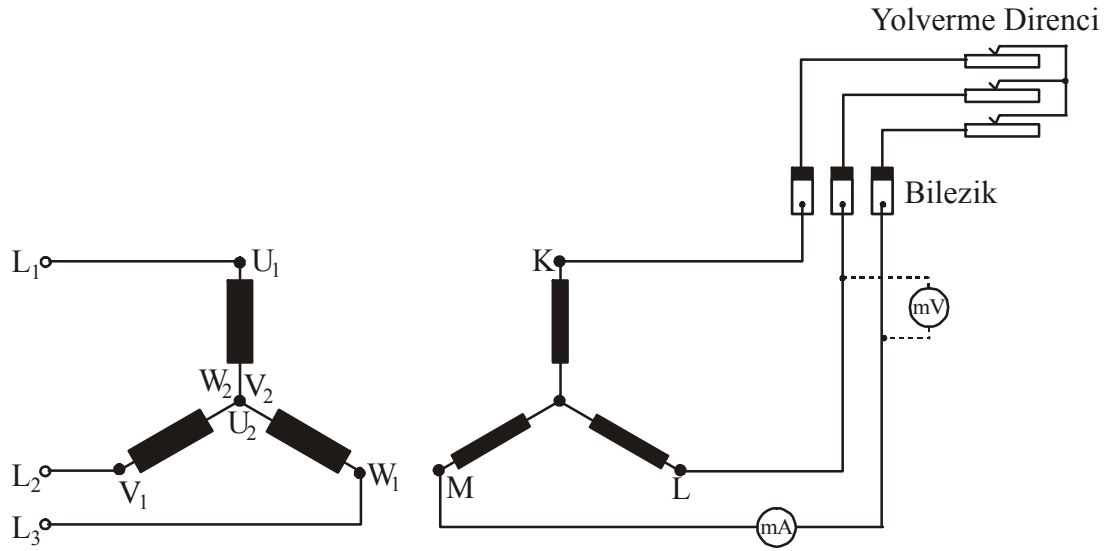
$$\%S = \frac{m}{2.t.f_1} * 100 \text{ olur.}$$

Bu metotla kayma ölçümünde dikkat edilecek en önemli nokta milivoltmetrenin motor yol aldıktan sonra bileziklere bağlanmasıdır. Aksi halde alet yanar. Voltmetrenin sıfırı ortada olursa sapmalar daha kolay görülür.

Bağlantı Şeması



Şekil-1 Stroboskopik disk yöntemiyle kayma ölçümü için gerekli bağlantı şeması.



Şekil-2 Milivoltmetre yöntemiyle kayma ölçümü için gerekli bağlantı şeması.



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:

Motor Tipi	Yük Durumu	Zaman t (sn.)	Siyah şerit sayısı (m)	İbre salınım sayısı (m)	Turmetre ile ölçülen devir (d/dk.)	f ₂ (Hz.)	U ₂ (V.)	Hesaplanan devir (d/dk.)	Kayma (S)
Sincap Kafesli	Boşta								
	Yarı yükte								
	Tam yükte								
Rotoru Sargılı	Boşta								
	Yarı yükte								
	Tam yükte								

İşlem Basamakları

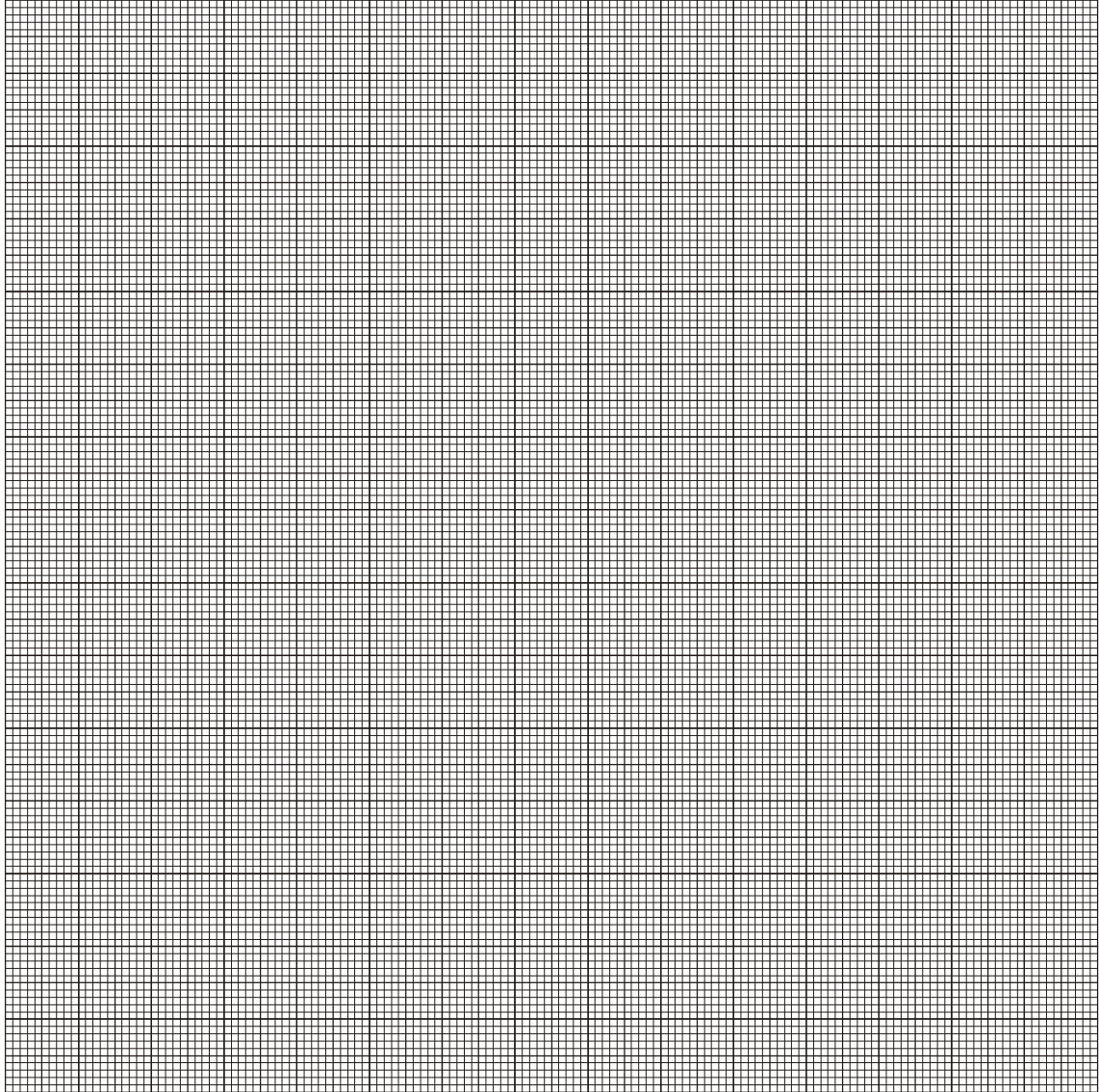
1. Asenkron motorun miline stroboskopik disk takınız.
2. Şekil-1'deki bağlantıyı yaparak motoru, miline bu disk bağlı olarak çalıştırınız.
3. Aynı şebekeden beslenen neon veya floresan lambayı dönen diske yaklaştırmınız.
4. Bir dakikadaki dönüşü sayınız ve değerler tablosuna kayıt ediniz. Aynı anda turmetre ile ölçülen değeri de alınız.
5. Motoru yarı ve tam yüküne kadar yükleyiniz ve her kademede yukarıdaki işlemi tekrarlayınız.



6. Şekil-2'deki bağlantıyı yaparak rotoru sargılı asenkron motora önce yol veriniz.
7. Motor dönerken mili voltmetrorenin iki ucunu iki bileziğe dokundurarak ibrenin belirli bir süre içindeki salınımını değerler tablosuna yazınız.
8. Motoru yarı ve tam yüküne kadar yükleyiniz ve her kademede 7 numaralı işlemi tekrarlayınız.
9. Şalteri açarak deneye son veriniz.
10. Deneyde kullandığınız aletleri ve kabloları uygun bir şekilde yerlerine bırakınız.

Sorular ve Yanıtlar

1. Asenkron makinalarda senkron devir ile rotor devir sayısı arasında niçin fark vardır.
2. Neon lambanın niçin motorun bağlı olduğu şebekeye bağlanması gerekir? Açıklayınız.
3. Aldığınız değerlere göre devir sayısına bağlı olarak kaymanın $S = f(n_r)$ değişimini grafikte çizerek gösteriniz.



Ölçek:

4. Milivoltmetre motor yol almadan veya nominal devire ulaşmadan bileziklere bağlanırsa ne olur?



5. Milivoltmetrenin doğru akım tipi olmasının nedeni nedir?

6. Kaymanın 0,1 ve -1 olmasının anlamlarını yazınız.

7. Rotor devir sayısı ile rotor frekansı nasıl bulunur? Formüllerle izah ediniz.

8. $2p = 4$, $f_1 = 50Hz$ olan kısa devre rotorlu bir makinada neon lamba yöntemi ile yapılan kayma ölçümünde dakikada 80 çizgi geçtiği belirlenmiştir. Turmetre ile devir ölçümünde ise $n = 1460d / dk$ ölçülmüştür. Buna göre kayma nedir? Rotor devir sayısını bularak turmetre ile ölçülen değerle karşılaştırınız.

Deney No : 2

Deney Adı : Asenkron Motorun Boşta Çalışması.

Teorik Bilgi

Boşta çalıştırılan asenkron motorlar şebekeden bir güç çekerler. Bu çekilen güç, stator demir kayıpları ile sürtünme ve vantilasyon kayıplarının toplamını verir. Boşta çalışan motorun devir sayısı döner alan devrine yakın olduğundan, rotorun demir ve bakır kayıpları ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Normal şebeke gerilimi altında boşta çalışan asenkron motorun stator sargılarından geçen akımlar bu sargılarda bakır kayıplarına sebep olur. Bu kayıp hesaplanarak bulunur ve motorun şebekeden çektiği güçten çıkarılırsa, geriye kalan güç stator demir kayıpları ile sürtünme ve vantilasyon (rüzgar) kayıplarının toplamını verir. Buna göre;

$P_0 = P_{Fe} + P_{Cu0} + P_{s+v}$ olarak ifade edilebilir. $P_{Cu0} = I_{10}^2 \cdot R_1$ dir. Bu değer stator sargılarının direnci üzerinde kaybolan güçtür ve boş çalışmadaki bakır kaybı olarak adlandırılır.

$P_{Fe} + P_{s+v} = P_0 - P_{Cu0}$ olur. Bu formüllerde;

P_0 : Şebekeden çekilen boş çalışma gücü (watt)

P_{Fe} : Stator demir kaybını (watt)

P_{Cu0} : Boş çalışmadaki stator bakır kaybını (watt)

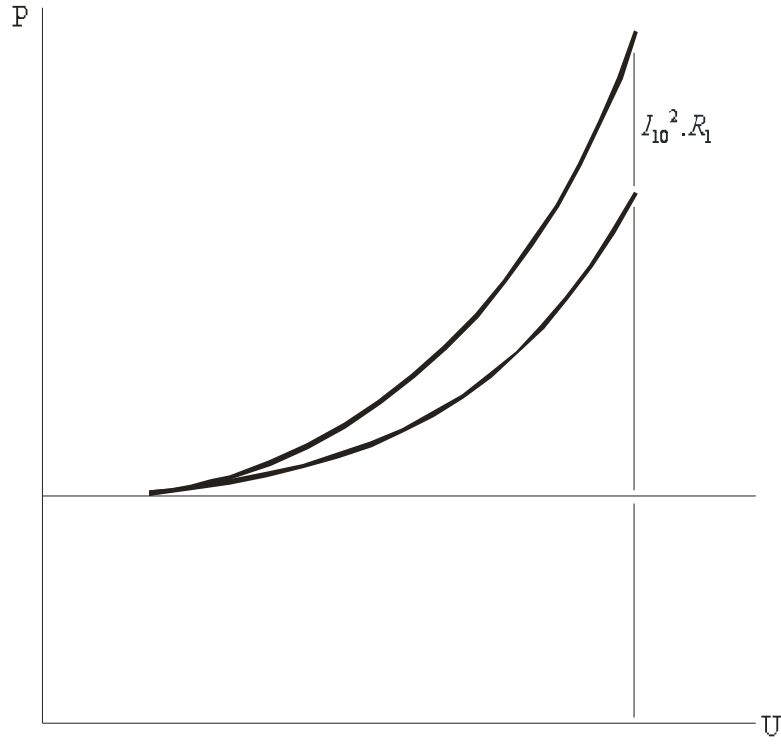
P_{s+v} : Sürtünme ve vantilasyon (rüzgar) kayıplarını gösterir.

I_{10} : Stator sargılarından geçen bir faz akımını (amper)

R_1 : Stator bir faz sargısının a.c. omik direncini (Ω) göstermektedir.

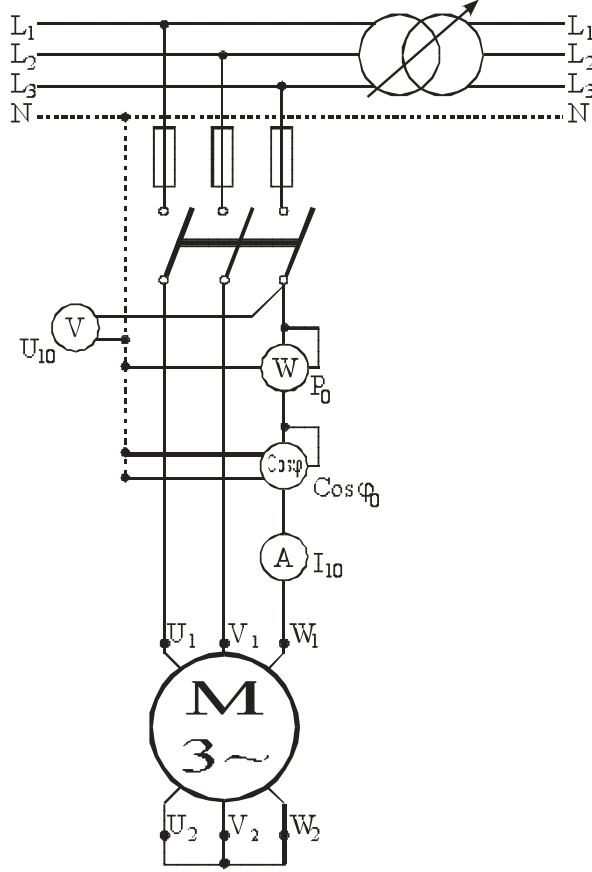
Deneyde devir sayısının hemen hemen sabit kadığı nominal gerilimin yaklaşık %25'ine kadar gerilim düşürülür. Bu değerden daha düşük gerilimlerde motor devir sayısının daha çok azaldığı görülür. Devir sayısının sabitliğinin bozulduğu noktaya kadar

olan güç sürtünme ve rüzgar kayıplarına eşittir ve sabit olarak kabul edilebilir. Şekil-1'de görüldüğü gibi gücün gerilimle değişim eğrisinde yataya paralel çizilen çizginin üzerinde devir sayısı sabittir ve güç artışı demir ve bakır kayıpları nedeniyle olmaktadır. Bu artıştan değeri ölçülebilen boş çalışma bakır kayıpları çıkartılırsa demir kayıplarının miktarı bulunabilir.



Şekil-1 Boş çalışmadaki güçlerin gerilimle değişimi.

Bağlantı Şeması



Şekil-2 Boş çalışma deneyi bağlantı şeması.

Denyde 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_{10} (V.)	I_{10} (A.)	P_0 (W.)	$\cos\phi_0$	R_1 (Ω)	P_{Cu0} (W.)	P_{st+v} (W.)	P_{Fe} (W.)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

İşlem Basamakları

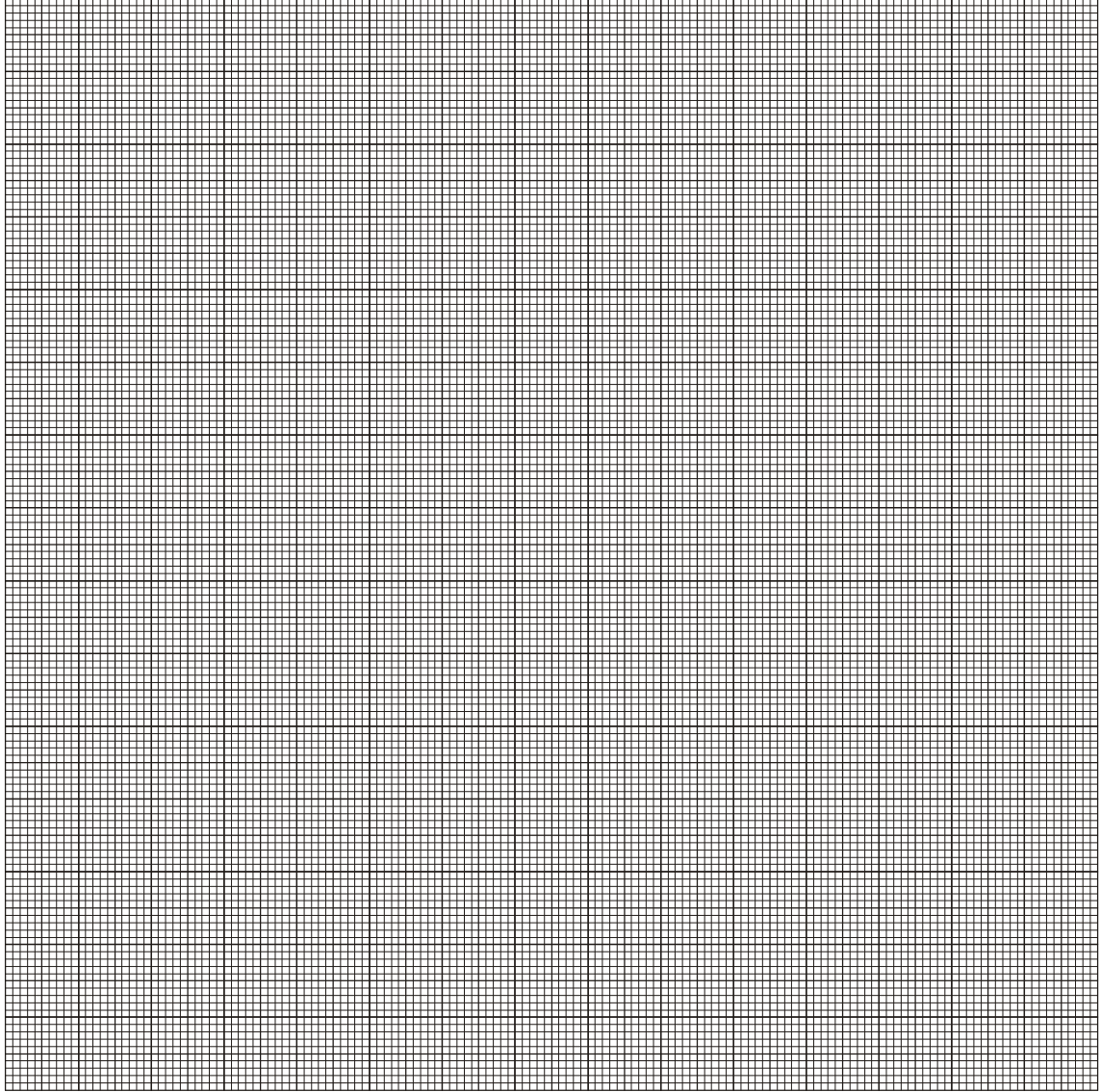
1. Şekildeki bağlantıyı uygun ölçü aletleri ile düzenleyiniz.
2. Asenkron motor boşta nominal gerilimi ile çalışırken ölçü aletlerinden okuduğunuz değerleri gözlemler tablosuna kayıt ediniz.
3. Asenkron motora uygulanan gerilimi nominal değerinden başlayarak kademe kademe oto trafosu ile küçültünüz.
4. Her gerilim değerinde motorun çektiği akımı,gücü ve motorun güç katsayısını ölçü aletlerinden okuyarak gözlemler tablosuna kayıt ediniz.
5. Motora uygulanan gerilimi normal değerinin %25 kadar düşürerek ölçü aletlerinde okuduğunuz değerleri gözlemler tablosuna yazınız.
6. Şalteri açarak deneye son veriniz.
7. Asenkron motorun stator sargısının direncini, avometre veya D.A. ampermetre-voltmetre metodu ile ölçünüz
8. Deneyde kullandığınız aletleri ve kabloları uygun bir şekilde yerlerine bırakınız.

Sorular ve Yanıtlar

1. Asekron motorun boş çalışma vektör diyagramını çiziniz.



2. Boşta çalışan asenkron motorlar, boşta çalışan transformatörlerden daha fazla mıknatıslama akımı çeker niçin? Açıklayınız.
3. Asenkron motorun boş çalışması durumunda rotor sargılarında indüklenen gerilimin küçük olmasının nedenini formüllerle izah ediniz.
4. Deneyde aldığımız değerlerle gücün gerilimle değişim eğrilerini (Şekil-2'deki eğriler) ve güç katsayısının gerilimle değişim eğrisini çiziniz.



Ölçek:



Deney No : 3

Deneyin Adı : Asenkron Motorun Kısa Devre Çalışması, Dönüştürme Oranının Bulunması ve Sargı Dirençlerinin Ölçülmesi.

Teorik Bilgi

Asenkron motorun kilitli rotor deneyi, transformatörlerin kilitli rotor deneyine benzer. Çünkü, kilitli bir asenkron motor sekonderi kısa devre edilmiş bir transformatör gibidir. Kısa devre deneyinde rotorun dönmesine engel olunarak statora sıfırdan başlanarak kademe kademe arttırılan bir gerilim uygulanır. Motor dönmediğinden, hiçbir mekanik kayıp meydana gelmez. Motorun çektiği akım, motorun etiketinde yazılı olan nominal akım değerinin 1.2 katına ulaşınca kadar motora uygulanan gerilimin arttırılmasına devam edilir. Motorun çektiği akım nominal akımının üstüne çıktığında, motor sargılarında meydana gelecek aşırı ısınmalar yüzünden ölçü aletlerindeki değerleri daha çabuk deneyi bitirmek gerekir. Kısa devre deneyinde, stator sargılarına uygulanan gerilim çok küçük olduğundan ve demir kayıpları da gerilimin karesi ile değiştiğinden bu kayıplar ihmal edilebilecek kadar küçüktür.

Kısa devre deneyinde, asenkron motorun şebekeden çektiği güç, stator ve rotor bakır kayıplarını verir.

$$P_K = R_S \cdot I_S^2 + R_r \cdot I_r^2 \quad [W / 1 \sim] \text{ olarak bulunur. Buradan rotor bakır kayıplarını,}$$

$$R_r \cdot I_r^2 = P_K - R_S \cdot I_S^2 \quad [W / 1 \sim] \text{ olarak elde edebiliriz.}$$

I_S : Stator sargısının nominal akımı, R_S : Stator sargısının etkin direnci, R_r : Rotor sargısının etkin direncini göstermektedir.

Motorun eşdeğer faz empedansı; $Z_e = \frac{U_{1K}}{I_{1K}}$ dir. Eşdeğer faz direnci ise; $R_e = \frac{P_K}{I_{1K}^2}$

olarak ifade edilir. Stator faz direnci bilindiğine göre statora indirgenmiş rotor faz direnci de; $R'_2 = R_e - R_S$ olarak bulunur.

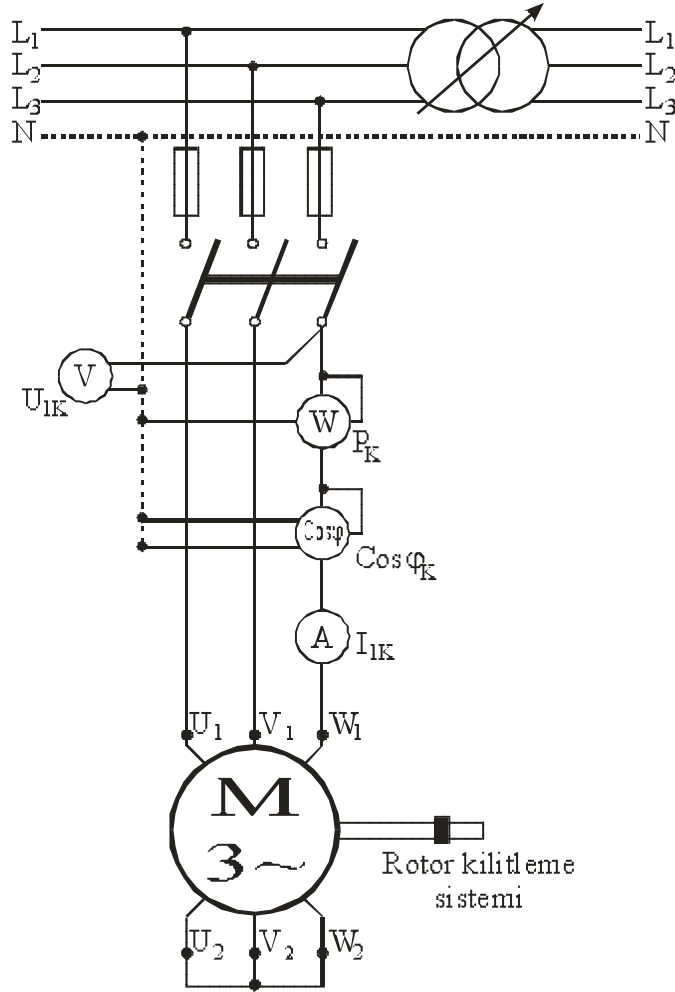
Motorun eşdeğer faz reaktansı, $X_e = \sqrt{Z_e^2 - R_e^2}$ dir. Pratikte stator eşdeğer faz reaktansının statora indirgenmiş rotor faz reaktansına eşit olduğu kabul edilir. Buna göre;

$$X_S = X'_2 = \frac{X_e}{2} \text{ olarak yazılabilir.}$$

Bu değerler asenkron motorun eşdeğer devre elemanlarını oluşturmaktadır.

Asenkron motorun boş çalışma ve kısa devre deneylerinden alınan değerler ile asenkron makinanın daire diyagramı çizilir ve eşdeğer devresi elde olunur. Makinanın ayrıca toplam kaybı bulunur.

Bağlantı Şeması



Şekil-1 Kısa devre deneyi bağlantı şeması.



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_{IK} (V.)	I_{IK} (A.)	P_K (W.)	$\cos\phi_K$	\ddot{u}	P_{Cu1} (W.)	P_{Cu2} (W.)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

İşlem Basamakları

1. Şekildeki bağlantıyı uygun alet ve gereçlerle düzenleyiniz.
2. Deney bağlantısını kurduktan sonra ilgili öğretim elemanına kontrol ettiriniz.
3. Asenkron motora, oto transformatörü ile sıfırdan başlayarak kademe kademe gerilim uygulayınız.



4. Ampermetreden okunan (I_k) akım değeri, motorun etiketinde yazılı nominal akım değerinin 1.2 katı olunca oluncaya kadar devam ediniz.
5. Her bir kademede, ölçü aletlerinde okunan değerleri gözlemler tablosuna yazınız.
6. Şalteri açarak deneye son veriniz. Deneyde kullandığınız aletleri ve kabloları uygun bir şekilde yerlerine bırakınız.

Sorular ve Yanıtlar

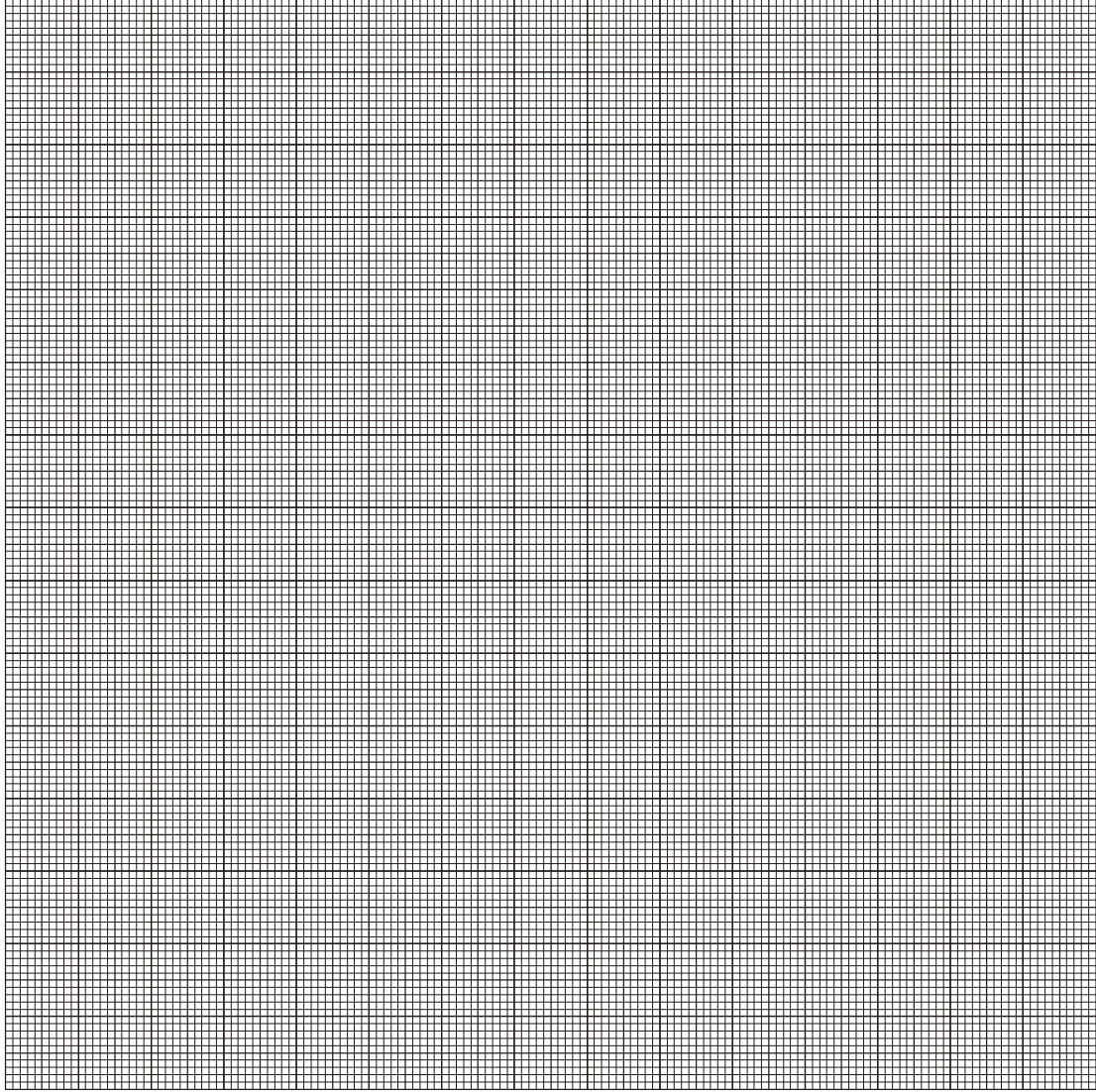
1. Kısa devre deneyi hangi amaçlar için yapılır.
2. Kısa devre deneyi niçin anma geriliminde yapılmaz ?

3. $\cos\varphi_k = \frac{P_k}{\sqrt{3} \cdot U_k \cdot I_k}$ değeri ile $\cos\varphi$ -metrede bulunan değer arasında fark var mıdır?

Niçin?



4. Kısa devre deneyinden aldığınız değerlerle motorun şebekeden çektiği akımı referans olarak gücün, gerilimin ve güç katsayısının değişim eğrilerini çiziniz.



Ölçek:

Deney No :4

Deney Adı : Asenkron Motorun Boş ve Kısa Devre Deneylerinden Yararlanarak Daire Diyagramının Çizimi

Teorik Bilgi

Asenkron motorların çalışma karakteristikleri, eşdeğer devrelerinden hesaplanabildiği gibi, daha pratik olması bakımından, daire diyagramı yardımıyla da bulunabilir. Asenkron motorun yaklaşık eşdeğer devresinden görülebileceği gibi boştaki I_0 akımı statordan geçmektedir. Büyük motorlarda bu durum, yok sayılacak kadar küçük hataya sebep olduğu için, bir çok durumlarda daire diyagramları da bu yaklaşık eşdeğer devreye göre çizilir. Seri devrelerin incelenmesinden bilindiği gibi, seri bir devrede reaktans sabit kalıp direnç değişirse, devre akımının yeri bir yarım dairedir. Eşdeğer devrede değişen direnç mekanik güce eşdeğer olarak alınan R yük direncidir. Dolayısıyla bu direncin, yani, yükün değişmesiyle, akım değişmesi hep aynı yarım daire üzerinde olacağından, asenkron motorların incelenmesi de bu daire diyagramının çizilmesi ile mümkün olabilir.

Daire Diyagramının Çizimi

1. X ve Y koordinat eksenleri çizilir. Y eksenine ölçekli olarak motora uygulanan faz gerilimi işaretlenir ve U geriliminden φ_0 kadar geride olan motorun boş çalışma akımı I_{10} ölçekli olarak çizilir. I_{10} 'ın gerilimle aynı fazda olan bileşeni I_{1Fe} motorun boştaki kayıplarını karşılamak için çekilen akımdır. X eksenindeki I_{1h} ise mıknatıslama akımıdır.
2. Nominal gerilimde motorun şebekeden çekeceği kısa devre faz akımı I_{KN} , U geriliminden φ_K kadar geride ölçekli olarak çizilir. I_{10} akımının ucu olan A noktası ile I_{KN} akım vektörünün ucu olan B noktaları bir daire çemberi üzerindedir. \overline{AB} doğrusu bir dairenin kirişidir. A noktasından yataya paralel çizilen doğru dairenin merkezinden geçer. \overline{AB} kirişinin orta dikmesi de dairenin merkezinden geçecektir. Buna göre \overline{AB} kirişinin C orta noktasından çıkılan
3. dikmenin \overline{AF} yatay doğrusunu kestiği M noktası dairenin merkezidir. Pergel M noktasına konarak \overline{MA} veya \overline{MB} kadar açılarak yarım daire çizilir.
4. B noktasından yatay eksene bir dikme inelim. \overline{BD} kısa devre akımının gerilimle aynı fazda olan bileşenidir. \overline{BD} ile U 'nun çarpımı kısa devre faz gücünü verir. Kilitli rotor

deneyinde motorun çektiği güç P_{KN} kayıpları verir. P_{KN} faz gücünü \overline{BD} uzunluğuna bölerek güç için kabul edilecek ölçeği k buluruz. Şekil-1'de görüldüğü gibi bulunan ölçeğe göre faz gücü Y eksenine üzerine işaretlenir. \overline{FD} motorun boştaki kayıplarını, \overline{BF} stator ve rotor bakır kayıplarını verir. Statorun etkin faz direnci ile stator bakır kaybı $P_{SCu} = R_S \cdot I_{KN}^2$ ile hesaplanır. Bu değer \overline{BD} üzerinde işaretlenerek G noktası bulunur. $\overline{FG} = \frac{R_S \cdot I_{KN}^2}{k}$ olur. \overline{AG} doğrusu stator ve rotor bakır kayıplarını ayıran doğrudur.

5. Asenkron motorun herhangi bir I_S akımında şebekeden çektiği gücü, güç katsayısını, stator ve rotor bakır kayıplarını, motorun milinden alınan gücü, kaymayı ve motorun verimini daire diyagramından yararlanarak bulabiliriz.

Bunun için akım için kabul edilen ölçeğe göre I_S faz akımının boyu bulunarak pergel bu uzunlukta açılır ve O noktası merkez olmak üzere bir yay çizilerek çember kestirilir. Yayın çemberi kestiği noktaya H noktası dersek, $\overline{OH} = I_S$ 'dir. Şekil-1'de görüldüğü gibi H noktasından yataya bir dikme inelim. \overline{HS} motorun şebekeden çektiği faz gücünü verir. \overline{HS} uzunluğu Y eksenindeki güç göstergesine taşınarak güç doğrudan da bulunabilir. Buna göre;

Motorun sabit kayıpları (demir, sürtünme ve rüzgar kayıpları), $P_{Fe+S+V} = \overline{NS} \cdot k$ Statorun bir fazının bakır kaybı, $P_{SCu1\sim} = \overline{RN} \cdot k$

Rotorun bir fazının bakır kaybı, $P_{rCu1\sim} = \overline{LR} \cdot k$

Motordan alınan faz gücü, $P_{A1\sim} = \overline{HL} \cdot k$

Motorun verimi, $\eta = \frac{\overline{HL} \cdot k \text{ (Alınan güç)}}{\overline{HS} \cdot k \text{ (Alınan güç)}} \cdot 100 = \frac{\overline{HL}}{\overline{HS}} \cdot 100$

Faz başına rotor giriş gücü, $P_{r,giriş1\sim} = \overline{HR} \cdot k$

Kayma, $S = \frac{\overline{LR} \cdot k \text{ (Rotor bakır kaybı)}}{\overline{HR} \cdot k \text{ (Rotor giriş gücü)}} \cdot 100 = \frac{\overline{LR}}{\overline{HR}} \cdot 100$ olarak bulunur.

\overline{AB} doğrusuna motorun çıkış gücü doğrusu adı verilir.

Döndürme momenti rotor giriş gücü ile orantılı olduğu için \overline{AG} doğrusuna moment doğrusu da denir.



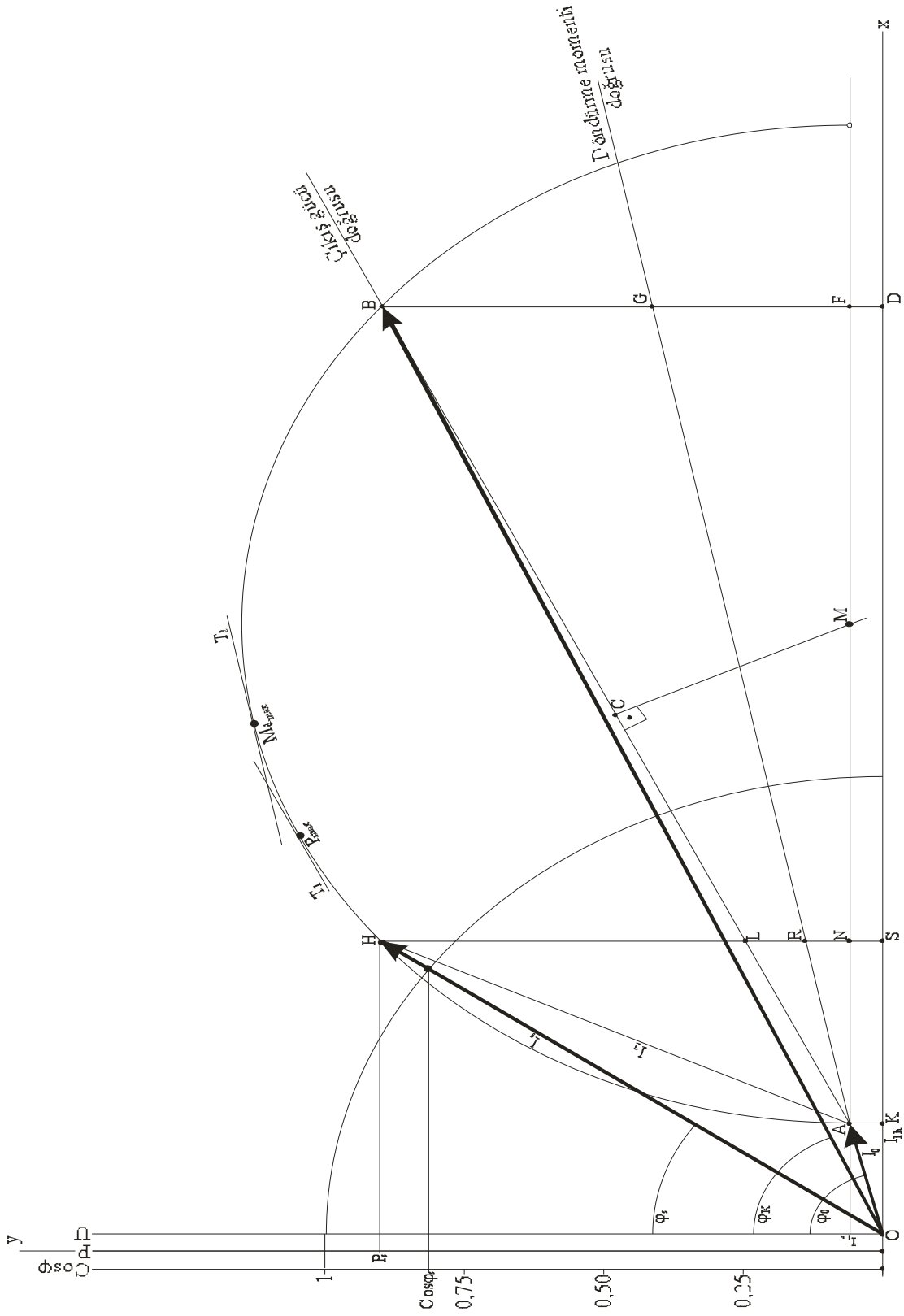
Maksimum Çıkış Gücü (P_{max}): \overline{AB} çıkış gücü doğrusuna paralel olarak daireye çizilen T_1 teğetinin teğet noktası motordan maksimum gücün alındığı noktadır.

Maksimum döndürme momenti (M_{dmax}): \overline{AG} moment doğrusuna paralel olarak çizilen T_2 teğetinin değme noktası maksimum rotor giriş gücünün dolayısıyla maksimum döndürme momentinin alındığı noktadır.

Güç Katsayısı ($\cos\varphi$): Motorun faz akımı I_s , U faz geriliminden φ açısı kadar geri alınır. Bu açının kosinüsü $\frac{\overline{HS}}{\overline{OH}}$ olur. Güç katsayısını doğrudan okuyabilmek için Y ekseninde herhangi bir nokta alınarak bu noktada $\cos\varphi$ 'nin 1 olduğu kabul edilir. Bu noktaya X eksenine arası yüz eşit parçaya bölünür. $\cos\varphi = 1$ noktası yarıçap olmak üzere O merkezli çeyrek daire çizilir. I_s akım doğrusunun bu daireyi kestiği noktadan yataya çizilen doğrunun $\cos\varphi$ eksenini kestiği nokta motorun o akımdaki güç katsayısını verir.

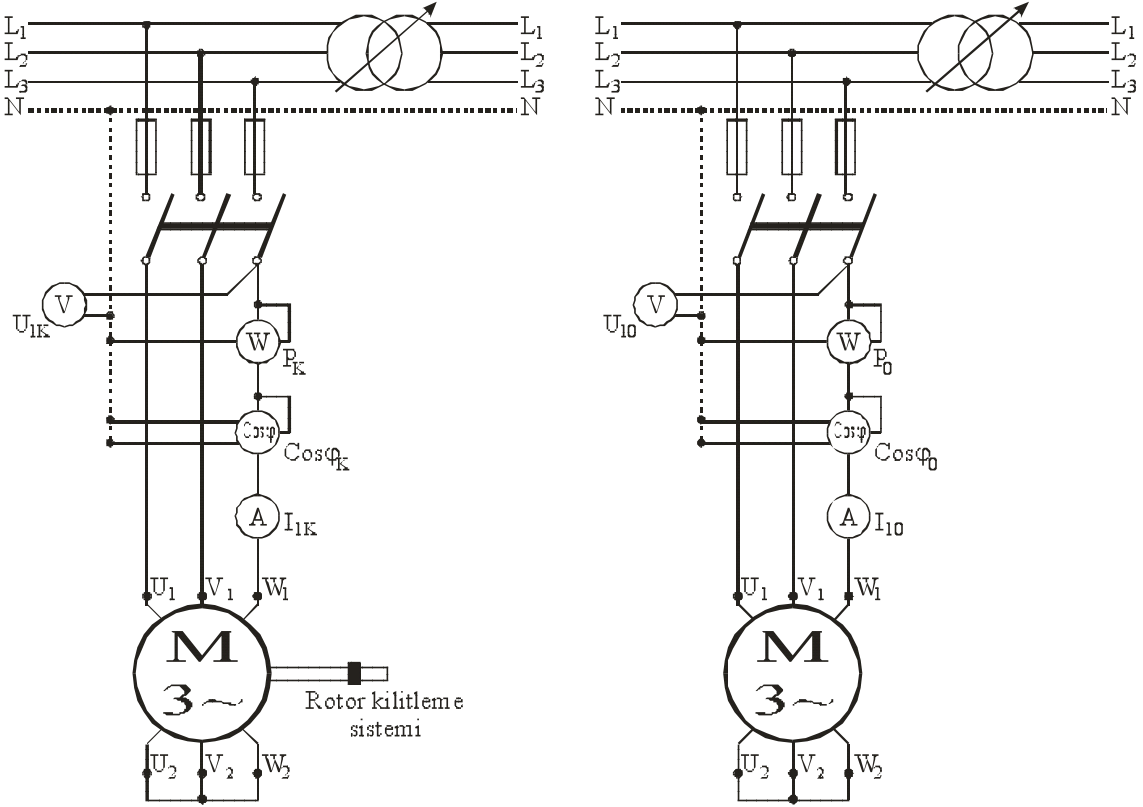
Asenkron motorun çalışması, daire diyagramındaki A ile B noktaları arasındadır.

Asenkron motorun daire diyagramı faz büyüklüklerine göre çizilir ve her motor için ayrı bir diyagram çizmek gereklidir.



Şekil-1 Asenkron Motorun Daire Diyagramı.

Bağlantı Şeması



Şekil-2 Daire diyagramı çizimi için gerekli boş ve kısa devre deney bağlantı şemaları.

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_{10} (V.)	I_{10} (A.)	P_0 (W.)	$\cos\phi_0$	R_1 (Ω)
Boş Çalışma					
	U_{1K} (V.)	I_{1K} (A.)	P_K (W.)	$\cos\phi_K$	
Kısa Devre Çalışma					

İşlem Basamakları

1. Önce boş çalışma deneyi için gerekli bağlantıyı yapınız.
2. Motora nominal gerilimini uygulayınız ve boş çalışma değerlerini kaydediniz.
3. Motorun rotorunu kilitleyiniz.
4. Kısa devre deneyinde olduğu gibi motora küçük bir gerilim uygulayınız. Motor üzerinden nominal akım geçerken kısa devre çalışma değerlerini kaydediniz.
5. Şalteri açarak motoru durdurunuz ve statorun faz bobini direncini ölçünüz.
6. Deneyde kullandığınız ölçü aletlerini ve kabloları uygun bir şekilde yerlerine bırakınız.

Sorular ve Yanıtlar

1. Alınan değerler yardımıyla boştaki ve kilitli rotor durumundaki faz açılarını ve güç katsayılarını bulunuz.



2. Rotor kilitli iken statora normal gerilim uygulandığı zaman geçecek akımı (I_{KN}) bulunuz.
3. Yaklaşık daire diyagramını, milimetrik veya kareli kağıt üzerine çiziniz.
4. Bu diyagram yardımıyla tam yükteki verimi, faz başına motora verilen gücü, sabit kayıpları(demir ve sürtünme), motorun çıkış gücünü, güç katsayısını, tam yük momentini ve maksimum momentini bulunuz.
5. 220 V., 50Hz., 6 kutuplu, yıldız bağlı, 4,5kW., gücünde bir asenkron motorun iki ucu arasından ölçülen d.c. direnci $1,25\Omega$ 'dur. Boş çalışma deneyinde; $U_{10}=220V.$, $I_{10}=9,8A.$, $P_0=540W.$ ve kısa devre deneyinde; $U_{1K}=60V.$, $I_{1K}=20,2A.$, $P_K=1080W.$ olarak ölçülmüştür.
 - a-) Motorun daire diyagramını çiziniz.
 - b-) Motor şebekeden 20A. çekerken şebekeden çektiği gücü, stator ve rotor bakır kayıplarını, kaymayı, alınan gücü, verimi, devir sayısını, maksimum gücü ve maksimum döndürme momentini hesaplayınız.



Deney No : 5

Deneyin Adı : Üç Fazlı Asenkron Motorların Yüklü Çalışma Deneyi

Teorik Bilgi

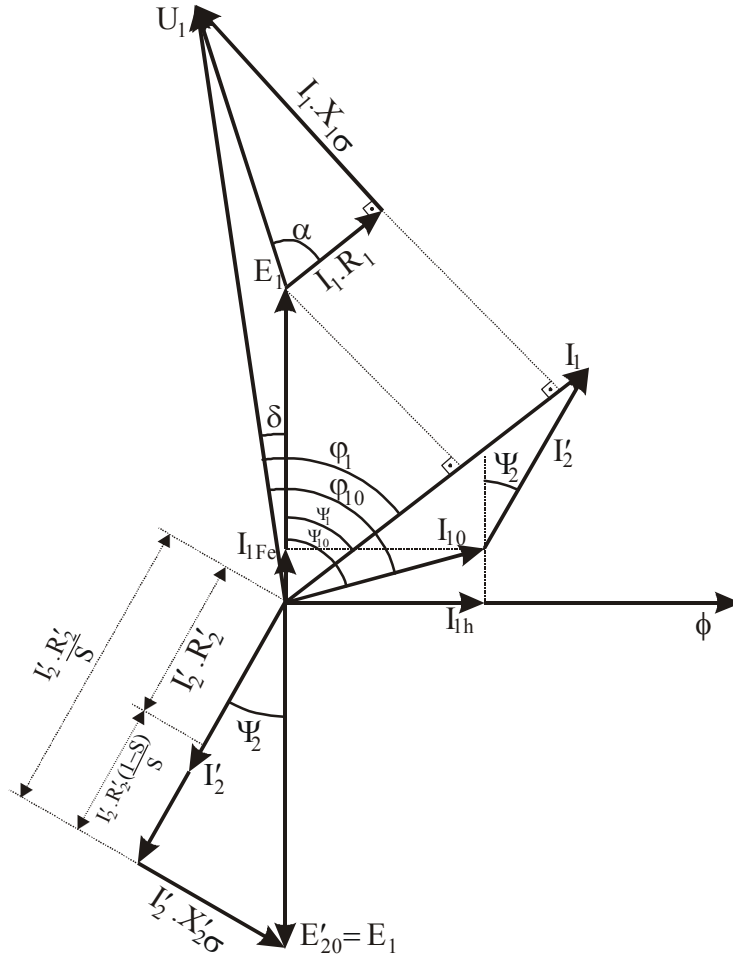
Boşta dönmekte olan asm'un milini bir fren aracı veya bir iş makinası ile yükleyelim. Bu durumda çok küçük olan motorun boşta çalışma akımı bu mekanik yüke tekabül eden döndürme momentini karşılamayacaktır. Bütün tahrik makinalarında olduğu gibi yük artması sonucunda motor kendisinden istenen enerji artmasını öncelikle dönen kısımların kinetik enerjisinden karşılayacaktır. Bu motorun devir sayısının düşmesi demektir. Devir sayısının düşmesi kaymanın artmasına neden olur. Buna bağlı olarak rotorda indüklenen $S.E_{20}$ emk'ti büyür ve bunun sonucu olarak rotor akımı I_2 artacaktır. Rotor kayması, fren momentinin gerektirdiği döndürme momenti verecek I_2 akımına kadar büyür. Bu açıklamalardan asm'lerde kaymanın motorun milinden alınan döndürme momentine bağlı olduğu anlaşılır.

Rotor akımının büyümesi aynı transformatörlerde olduğu gibi olur. Motorun yüklü çalışmasına ait vektör diyagramı Şekil-1'de görülmektedir.

Bu diyagramda ϕ manyetik akısıyla aynı fazda boş çalışma akımının mıknatıslama bileşeni (I_{1b}) vardır. Boş çalışma akımının enerji bileşeni (I_{1Fe}) ise bu akımdan 90° ileridedir. Zıt emk'ler ise $E_1 = E'_{20}$ olmaktadır. U_1 gerilimi I_1 akımından ϕ_1 açısı kadar ileridedir. E_1 ile I_1 arasında ψ_1 açısı kadar faz farkı vardır. ϕ_1 motorun dış faz açısı, ψ_1 ise iç faz açısıdır. Motorun boştaki iç ve dış faz açıları ise ϕ_{10} ve ψ_{10} ile gösterilmiştir. Statora indirgenmiş rotor akımı (I_2'), $E_2'_{0}$ emk'tine nazaran ψ_2 açısı kadar geridedir. Bu akımın genliği ise rotor devresinin empedansı (Z_2') tarafından belirlenir ve;

$$Z_2' = \frac{R_2'}{S} + jX_{2\sigma}' \text{ olarak yazılabilir.}$$

İdeal boş çalışma akımı I_{10} , I_1 akımı ile statora indirgenmiş rotor akımı (I_2') nın vektöryel toplamına eşittir.



Şekil-1 Asenkron Motorun Tam Yük Vektör Diyagramı.

$$I'_2 = \frac{E'_{20}}{Z'_2} = \frac{E'_{20}}{\sqrt{\left(\frac{R'_2}{S}\right)^2 + X'_{2\sigma}{}^2}} = \frac{U'_{20}}{\sqrt{\left(\frac{R'_2}{S}\right)^2 + X'_{2\sigma}{}^2}}$$

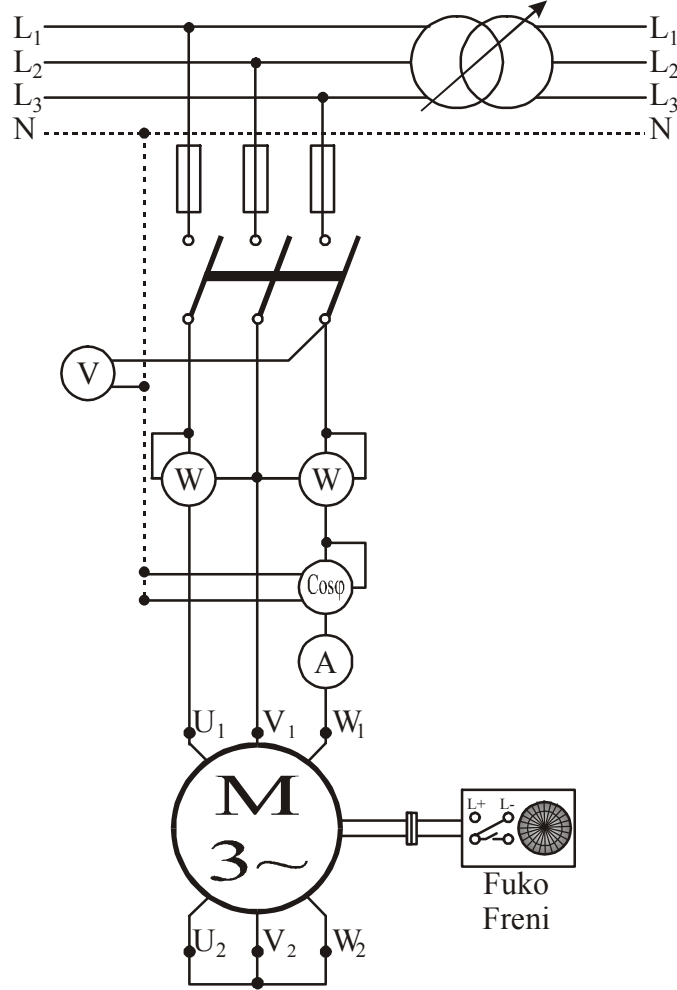
Bu formülde U'_{20} durmakta olan motorun sargı uçlarından ölçülen gerilimin statora indirgenmiş değeridir.

Stator gerilimi U_1 ise, zıt emk E_1 ile ΔU gerilim düşümünün vektöryel toplamına eşittir. $\Delta U = I_1 \cdot R_1 + jI_1 \cdot X_{1\sigma}$ olarak yazılabilir. ΔU ile I_1 akımı arasındaki açı ise α ile gösterilmiştir. Zıt emk (E_1) ile şebeke gerilimi (U_1) arasındaki açıya “yük açısı” denir ve “ δ ” ile gösterilir.

$I_1 \cdot R_1$ gerilim düşümü I_1 akımı ile aynı fazdadır. Bu nedenle vektörü I_1 akımı ile paraleldir. $I_1 \cdot jX_{1\sigma}$ gerilim düşümü ise 90° faz farklıdır. Bu bilgiler ışığında motorun zıt emk’i

$$E = \sqrt{(U_1 \cdot \cos \varphi_1 - I_1 \cdot R_1)^2 + (U_1 \cdot \sin \varphi_1 - I_1 \cdot X_{1\sigma})^2} \quad \text{olarak yazılabilir.}$$

Bağlantı Şeması



Şekil-2 Asenkron motorun yüklü çalışma deneyi için gerekli bağlantı şeması.



Denevde Kullanılan Aletler

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

Denevde Alınan Değerler:

Gözlem No	U (V.)	I (A.)	P _V (W.)	P _A (W.)	M (Nm.)	Cosφ	n (d/dk.)	η	S
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

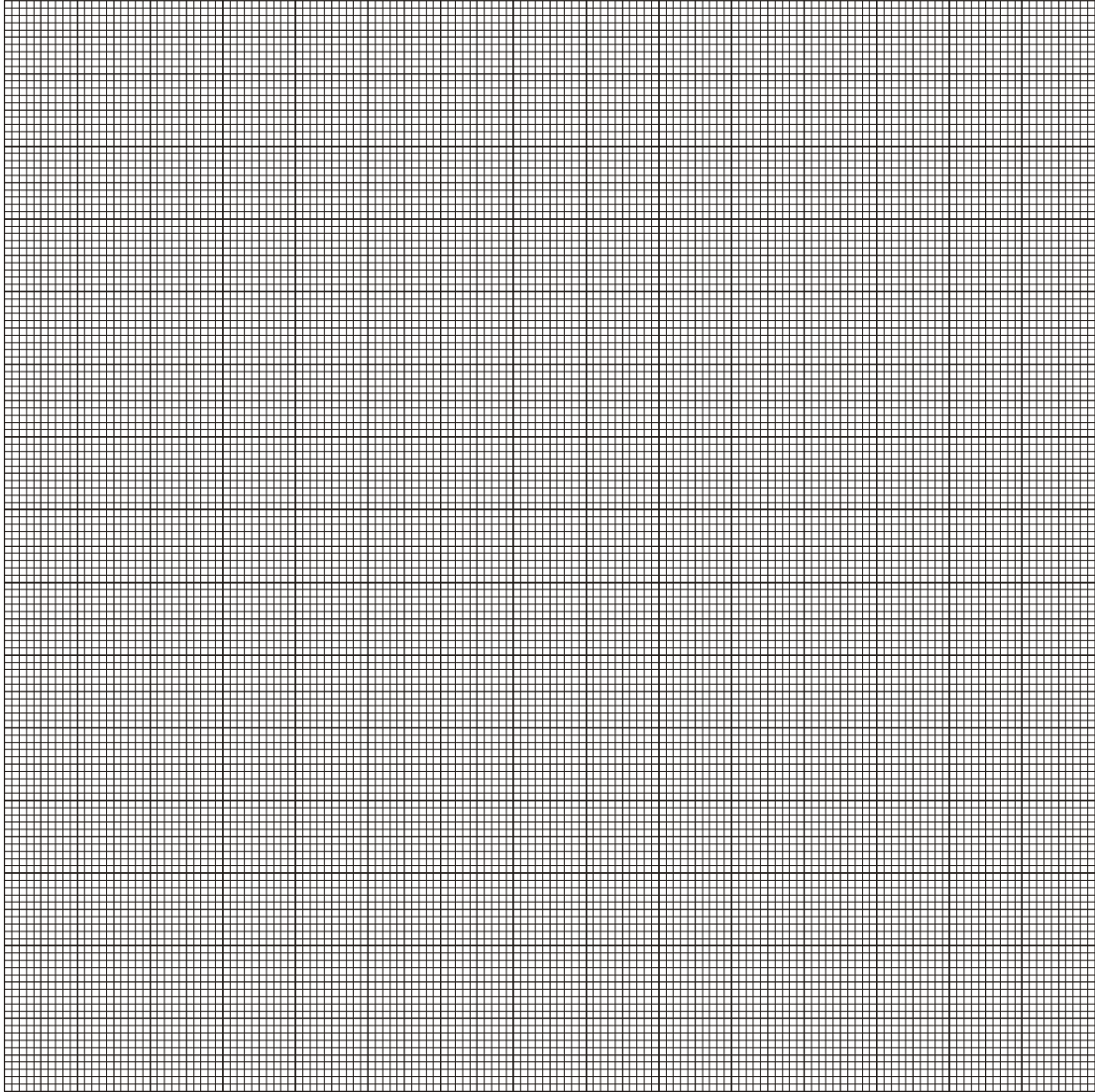
İşlem Basamakları

1. Denev bağlantısını şekilde görüldüğü gibi yapınız.
2. Asm'u çalıştırınız ve bu anda ölçü aletlerindeki değerleri okuyunuz. Aldığınız bütün değerleri gözlemler tablosuna yazınız.
3. Asenkron motoru yavaş yavaş yükleyiniz ve her kademedede aldığınız değerleri kaydediniz.
4. Yükleme işlemine nominal yük akımının 1,25 katına kadar devam edebilirsiniz.
5. Gerekli değerleri hesaplayınız ve değişim eğrilerini çiziniz.



Sorular ve Yanıtlar

1. Yaptığınız deneyden elde edilen verilerle $M=f(P_A)$, $\eta=f(P_A)$, $\cos\phi=f(P_A)$, $n=f(P_A)$, $I=f(P_A)$, $S=f(P_A)$, $P_v=f(P_A)$ ve $n=f(M)$ eğrilerini çiziniz.



Ölçek:



2. Rotor uçları açık olan rotoru sargılı bir asenkron motoru şebekeye bağlasak, bunu çalıştırıp yüklemek doğru olur mu? Neden?
3. Rotoru sargılı asenkron motorun devrilme momenti rotor devresindeki omik dirençlere bağlı mıdır?
4. Asenkron motorun $n = f(M_d)$ eğrisi doğru akım motorlarından hangisine benzer?
5. En büyük $\cos\phi$ hangi yüklerde elde edilir?

Deney No : 6**Deneyin Adı : Asenkron Motorun Generatör Olarak Çalıştırılması****Teorik Bilgi**

Sabit gerilim ve frekanslı bir şebekeye bağlı asenkron motorun miline diğer bir tahrik motorunu akuple olarak bağlayalım. Tahrik motoru önce asenkron motoru yükleyecek şekilde tahrik edilsin. Bu durumda asenkron motor yüklenmiş olarak $0 < s < 1$ durumunda çalışmaktadır. Tahrik makinasının fren etkisini milden kaldıralım. Milindeki yük azaldıkça asenkron motorun rotor devir sayısı (n) gittikçe artar. Yük tamamen kaldırıldığında, yani boş çalışmada n_1 devrine çok yakın bir değere ulaşır. Bu işlemden sonra asenkron makinanın miline bağlı motor yardımı ile devir sayısını senkron devre eşitleyelim ($n = n_1$). Bu durumda motorun stator bakır kayıpları P_{cu1} ile stator demir kayıpları motorun bağlı olduğu şebekeden karşılanırken, sürtünme ve rüzgar kayıpları P_{s+v} tahrik motoru tarafından karşılanmaktadır. Kayma sıfır değerindedir. Gerilim sabit olduğundan ϕ manyetik akısı ve bu akıyı oluşturan I_μ akımında sabit kalır.

Tahrik motorunu hızlandırarak rotor devrini n_1 devrin üzerine çıkaralım. Bu çalışma durumunda kayma negatif olur. Genliği sabit kalan ϕ akısı ise n_1 hızı ile dönmeğe devam edecektir. Fakat röletif hareketi rotora ters olacaktır. Bu durumda asenkron motor generatör olarak şebeke ile paralel çalışmaktadır. Yani n_1 devri n 'e nazaran kayma hızı kadar geridedir. Bunun sonucu olarak rotor sargılarında indüklenen E_{20} .S geriliminin işareti değişmiştir. Bu durumda rotor akımının aktif bileşenide kaymaya bağlı olarak işaret değiştirir. I_2 rotor akımı rotora nazaran ters yönde dönen bir θ_2 mmk'i oluşturur. Bu kuvvet dönüş yönüne ters etki yapan bir moment indükler. Bu moment rotoru frenlediğinden asenkron makina generatör olarak çalışıyor demektir.

Asenkron Genarötörün Kendi Kendini Uyarması :

Asenkron makinanın senkron devir üstünde tahrik edilmesiyle bağlı bulunduğu şebekeye enerji verebildiğini gördük. Bu durumda asenkron motorun ihtiyaç duyduğu I_μ mıknatıslama akımını şebekeden çeker. Asenkron motorun sargı uçlarına kondansatörler bağlamak suretiyle bu mıknatıslama akımı şebekeden bağımsız olarak sağlanabilir.

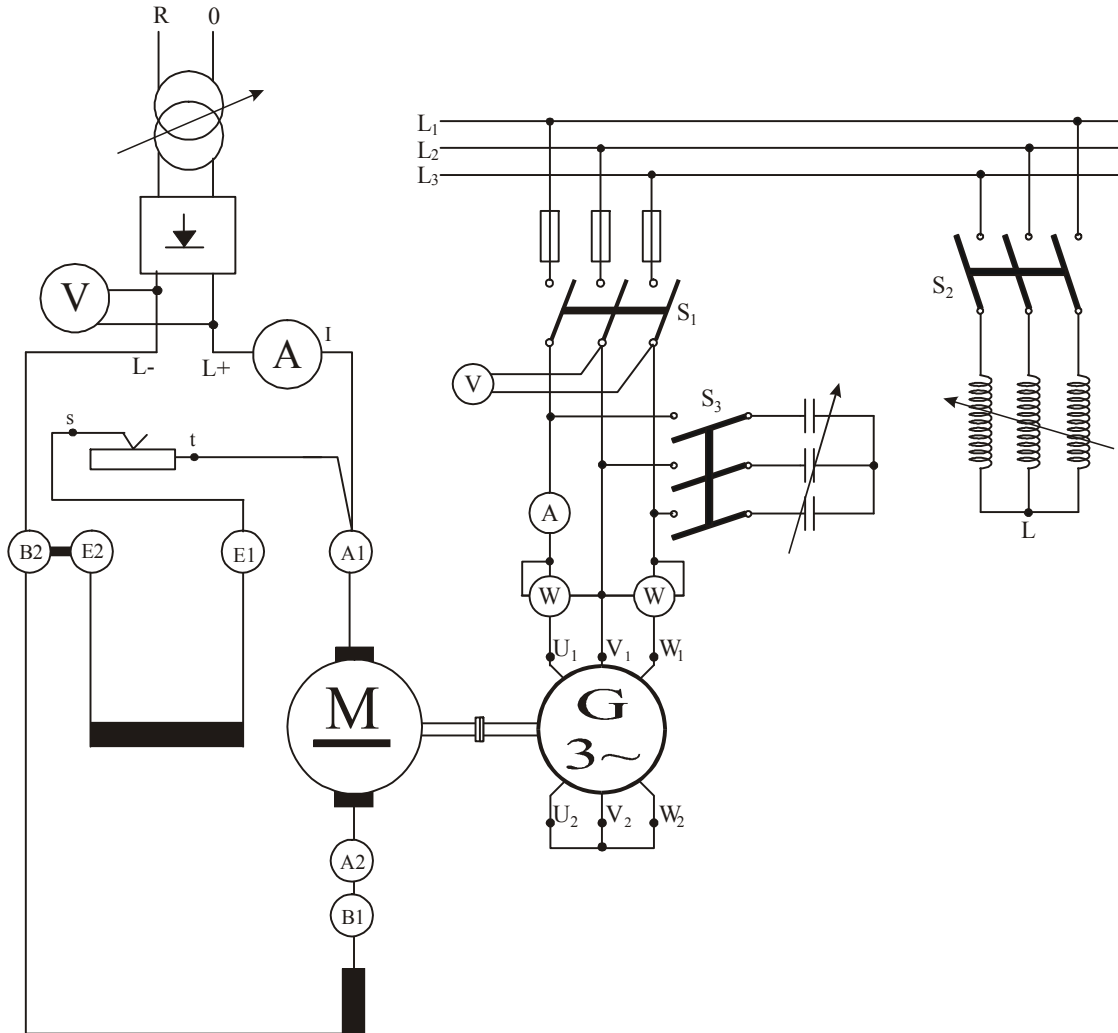
Asenkron motor aynı doğru akım dinamosu gibi kendi kendini uyararak dışarıya gerilim verebilir. Boşta çalışan asenkron motorun kayıplarını ihmal ettiğimizde şebekeden sadece I_μ akımı çeker. Bu akım ölçülerek $I_\mu = I_C$ yapılır. Bu iki akım zıt olduğundan $I_C + I_\mu$ olacak. Dolayısıyla asenkron motor şebekeye bağımlı kalmayacaktır. $I_\mu = I_C$ eşit olması demek kesişme noktalarında faz sargısı reaktansının X_C 'ye eşit olması demektir. $X_C = X_1$ Burada $X_1 = U_{10}/I_\mu$ olup, doyma derecesine bağlıdır. Asenkron generatörün kendi kendini

uyarabilmesi için $X_C < X_{Ckr}$ olmalıdır. Yani X_C nin X_{Ckr} den küçük dolayısıyla C nin C_{kr} den büyük olması gerekir.

Burada C_{kr} , sabit f_1 frekansında, kendi kendini uyarma sınırına tekabül eden kritik kapasite ve X_{Ckr} kritik reaktif dirençtir.

$$X_{Ckr} = \frac{U_{10}}{I_c} = \frac{U_{10}}{I_\mu} \quad \text{ve} \quad C_{kr} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_{Ckr}} \quad \text{formülleri ile bulunur.}$$

Bağlantı Şeması



Şekil-1 Asenkron generatör deneyi için gerekli bağlantı şeması.



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 (V.)	I (A.)	I _C (A.)	P (W.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

İşlem Basamakları

1. Deney bağlantısını uygun bir şekilde kurunuz.
2. Generatör olarak çalışmanın başlangıç koşullarını yerine getiriniz.
3. D.A. motoru ile asenkron generatörün devir sayısını senkron devre kadar çıkartınız.



4. Kendinden uyarımlı D.A. dinamlarında olduğu gibi rotor dönerken asenkron makinanın artık mıknatisiyetinden dolayı stator sargı uçlarında az da olsa bir gerilimin okunması gerekir.
5. Şebeke tarafından sağlanan mıknatıslama akımının kondansatörler yardımı ile sağlanması için 3 no'lu şalteri kapatarak generatörün uçlarına kondansatörler bağlayınız. Böylece gerekli olan mıknatıslama akımı (I_m) kondansatörler tarafından sağlanmış olur. 1 no'lu şalter kapatılarak asenkron generatör artık paralel çalıştığı şebekeye elektrik enerjisi vermeye başlar.
6. 2 no'lu şalteri kapatarak generatörü kademe kademe yükleyerek ölçü aletlerinde okuduğunuz değerleri gözlemler tablosuna yazınız.
7. Doğru akım motorunun enerjisini keserek deneye son veriniz.
8. Deneyde kullandığınız ölçü aletlerini ve kabloları uygun bir şekilde yerlerine koyunuz.

Sorular ve Yanıtlar

1. Asenkron generatörün senkron generatöre nazaran üstünlükleri nelerdir?
2. Asenkron generatör nerelerde kullanılır? Sebeplerini açıklayınız.



Deney No : 7

Deneyin Adı : Bir Fazlı Asenkron Motorun Çalıştırılması ve Üç Fazlı Asenkron Motorun Bir Fazlı Asenkron Motor Olarak Çalıştırılması

Teorik Bilgi

Genel olarak bir fazlı asenkron motorlar 1.5 kW'a kadar olan küçük güçlerde imal edilmekte olup, çamaşır makinalarının, soğutma cihazlarının, küçük tulumaların, mutfak makinalarının ve küçük tezgahların tahriki ile kontrol sistemlerinde kullanılmaktadır.

Yapılış bakımından stator sargısı hariç üç fazlı asenkron makinalara benzerler. Stator oluklarına 90° faz farklı ana sargı ve yardımcı sargı yerleştirilmiştir. Ana sargı kalın telden fazla sarımlı olarak sarılmış ve stator oluklarının 2/3'ünü kaplar. Stator oluklarının geri kalan 1/3'ünü de daha ince telden az sarımlı olarak sarılmış olan yardımcı sargı yerleştirilmiştir. Yardımcı sargının görevi motorun yol almasını sağlamaktır.

Alternatif alan tekniğinden bilindiği gibi, alternatif alan birbirine zıt iki döner alan bileşeninden meydana gelir ve döner alan bileşenlerinin genlikleri alternatif alan genliğinin yarısına eşittirler. Her bir döner alan dönüş yönünde rotora bir moment uyguladığından birbirine eşit olan momentler dolayısıyla bir fazlı asenkron motor kendiliğinden yol alamaz. Bu sebeptendir ki bir fazlı asenkron motorlara yol vermek için yardımcı sargılar kullanılır. Ana sargı ile yardımcı sargı birbirine paralel bağlanır ve bir fazlı A.A uygulanır. Yardımcı sargının devresine seri olarak bir santrifüj anahtar bağlanmıştır. Motor çalıştıktan sonra devir sayısı belli bir değere ulaştığında santrifüj anahtar açılarak yardımcı sargıyı devreden çıkarır. Motor yalnız ana sargı ile çalışmasına devam eder.

Üç fazlı Asenkron Motorun Bir Fazlı Asenkron Motor Olarak Çalıştırılması

Üç fazlı asenkron motorlar da bir fazlı asenkron motor olarak çalıştırılabilir. Üç fazlı asenkron motorun iki fazını seri olarak bir fazlı şebekeye bağlamak ve üçüncü fazı da açıkta bırakmak kafidir. Bu üçüncü fazdan yol vermede yardımcı sargı olarak faydalanılır. Bu durumda bir fazlı olarak çalışan üç fazlı makinanın gücü üç fazlı olarak çalışması halindeki nominal gücünün 2/3'ne düşer. Üç fazlı makinanın bir fazlı şebekede bu gücü verebilmesi için şebeke geriliminin üç fazlı makinanın nominal geriliminden %45 daha büyük olması gerekir.

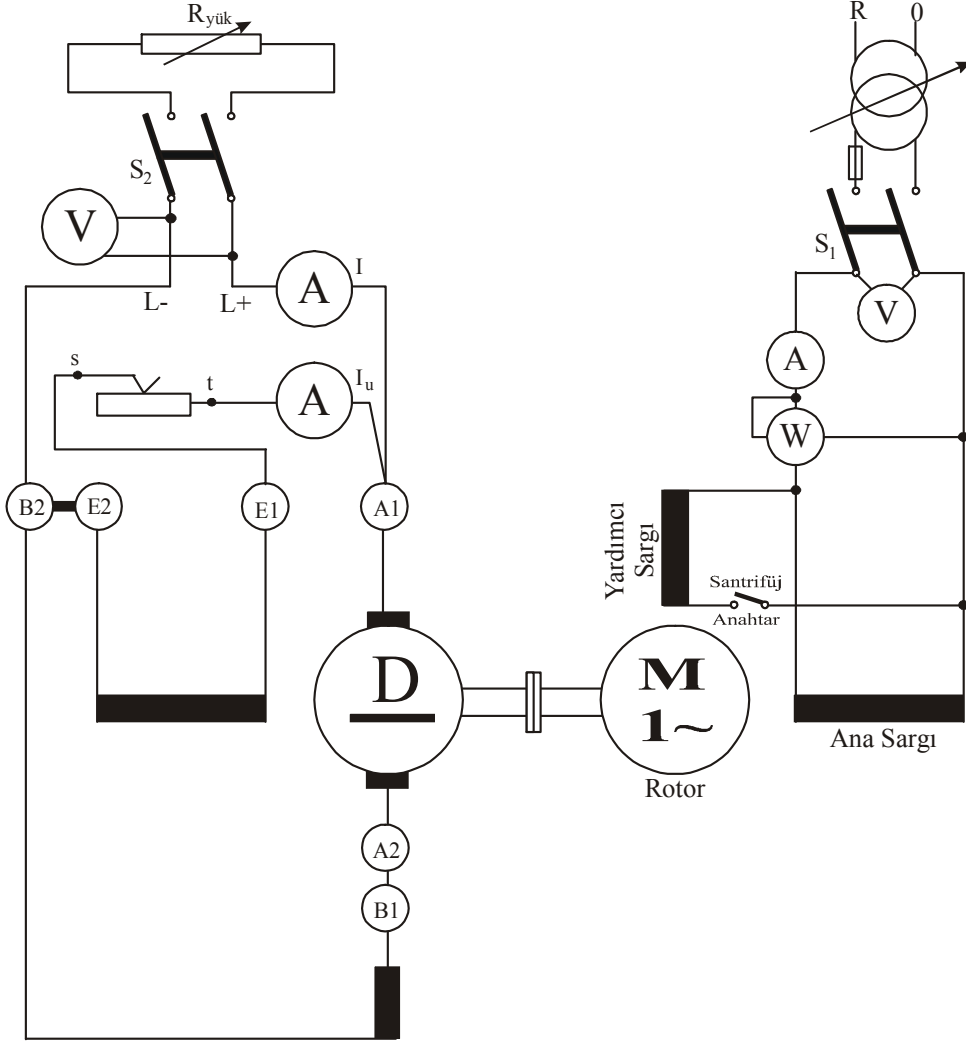
Şayet üçüncü fazın yol vermeden sonra da şebekede bağlı kalması ve bu suretle motorun gücünün artırılması isteniyorsa, bu taktirde makinaya uygun bir kondansatör, yol verme kondansatörünün devreden çıkmasından sonrada, şebeke ile üçüncü sargı arasında seri olarak devrede kalmalıdır.



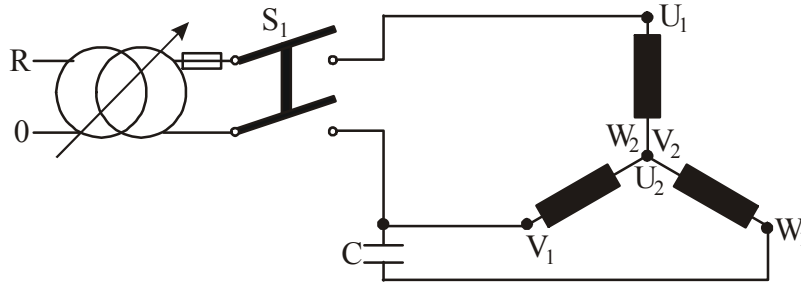
220 volt'da her bir kW mekanik güç için gerekli kondansatör kapasitesi 70 μ F alınmalı ve normal olarak kondansatör boyutlandırılırken de şebeke geriliminin 1,2 katı için hesaplanmalıdır, zira rezonans halinde bu durum baş gösterebilir. İşte bu şartlar altında motor nominal bir ısınma ile aynı faz geriliminde üç fazlı gücün %80-90 ını sağlayabilir.

Üç fazlı asenkron motorların üç fazlı şebekelerde çalıştırılmasında özellikle şu hususa dikkat edilmesi gerekir. Tam yüklü üç fazlı şebekede çalışan üç fazlı asenkron motorun herhangi bir fazında arıza olursa ve bu faz devreden çıkarsa, bu taktirde asenkron motor çalışmaya devam eder ve çalışan faz sargılarının yük akımı %50 artar. Faz sargıları devrede aşırı akım rölesi bulunmadığı takdirde yüklemenden ötürü sargı aşırı derecede ısınır ve yanar.

Bağlantı Şeması



Şekil-1 Bir fazlı asenkron motorun çalıştırılmasına ait deney bağlantı şeması.



Şekil-2 Üç fazlı asenkron motorun bir fazlı olarak çalıştırılması.



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	P (W.)	I _{motor} (A.)	U _{motor} (V.)	U _{dinamo} (V.)	I _{dinamo} (A.)	I _{usdinamo} (A.)	S	n (d/dk)	η	Cosφ
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										

İşlem Basamakları

1. Şekil 1'deki bağlantıyı uygun alet ve gereçlerle düzenleyiniz.
2. Bir fazlı asenkron motora yardımcı sargıyı devreye alarak yol veriniz.
3. Motora yol verdikten sonra boş çalışma durumunda şebekeden çekilen I₁ akımını, P₁ gücünü, U gerilimini ve n devir sayısını ölçü aletlerinden okuyarak gözlemler tablosuna yazınız.
4. Bir fazlı asenkron motoru, dinamo fren veya DA jeneratörü ile yükleyiniz.
5. Bir fazlı asenkron motoru miline akupile bağlanmış olan yükü nominal akımını çekinceye kadar kademe kademe yükleyiniz.



6. Her bir kademede gerekli değerleri gözlemler tablosuna yazınız. Şalteri açarak bir fazlı asenkron motorun deneyine son veriniz.
7. Şekil 2'deki bağlantıyı uygun ölçü aletleri ile kurunuz.
8. Kondansatör devrede yok iken motora çalışma gerilimini uygulayınız. Motorun bu durumdaki davranışını inceleyiniz.
9. Daha sonra kondansatörü devreye alarak yeniden çalışma gerilimini uygulayınız. Motorun yol almaya başladığını görünüz.

Sorular ve Yanıtlar

1. Bir fazlı asenkron motorun devir yönü nasıl değiştirilir?
2. Motorun döndürme momenti gerilime ve frekansa bağlı olarak nasıl bir değişim gösterir?
3. Bir fazlı asenkron motorun eşdeğer devresini çizin.



4. Bir fazlı asenkron motorla üç fazlı asenkron motoru, yapılarına ve çalışma durumlarına göre karşılaştırınız.

5. Bir fazlı asenkron motor çeşitlerini yazınız.

6. Yalnızca yardımcı sargısı olan bir fazlı asenkron motor kendi kendine yol alabilir mi? Sebebini açıklayınız.



7. Bir fazlı asenkron motorlarda yardımcı sargıya kondansatör bağlanmasının nedenini açıklayınız.

8. Bir fazlı asenkron motora kaç değişik biçimde yol verilir? Açıklayınız.

BÖLÜM 2: ASENKRON MAKİNA DENEYLERİ**Deney No : 8****Deneyin Adı : Asenkron Motorun Frekans İle Devir Ayarının Yapılması****Teorik Bilgi**

Asenkron motorların stator devir sayısını ayarlama yöntemlerinden biride motora uygulanan frekansı ayarlayarak motorun devir sayısını ayarlamaktır.

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{2p}$$

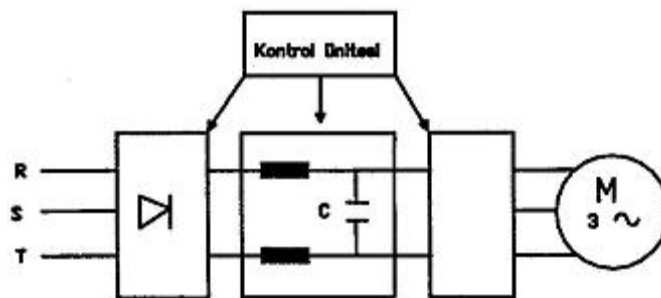
Formülünden de anlaşılacağı gibi, rotor hızını etkileyen faktörlerden biride

stator sargılarına uygulanan gerilimin frekansıdır. Stator frekansının değişmesi ile stator döner alanı ve dolayısıyla rotor hızı istenilen değere getirilebilir. Şebeke frekansının 50 Hz olması durumunda 0-50 Hz arasında istenilen değerde frekansı değiştirmek mümkündür. Buna karşılık olarak her frekans değeri olarak yeni bir rotor hız değeri elde edilir.

Doğru gerilimden değişken gerilimi dalga biçimine dönüştürebilen, frekansı ve gerilimi birbirinden bağımsız ayarlayabilen düzeneklere invertör (evirici) denir.

Değişken frekans, ilk yıllarda motor jeneratör gruplarından elde edilirdi. Günümüzde, yarı iletken teknolojisindeki gelişmeler, frekans çeviricilerin yapımını hızlandırmıştır. Genelde kafesli rotorlu asenkron motorlarda hız ayarı için düşünülen bu yöntemdeki amaç, motora uygulanan gerilimin frekansını ayarlayarak motor hızının değerini değiştirmektir.

En gelişmiş frekans çeviriciler doğru akım gerilim ara devreli olarak tasarlanmış olanlardır. Frekans ayarı 0.5-2000 Hz arasında yapılabilmektedir. Bu frekans çevirisi de önce şebeke gerilimi doğrultulur. Bu doğru gerilim ara devre bobinleri ve kondansatörle filtrelenir. Bu gerilim şebeke geriliminin yaklaşık 1.41 katıdır. Filtrelenmiş doğru gerilim, alternatif gerilim çeviricinin evirici bölümünde kontrol ünitesinde üretilen sinyaller ile ayarlanabilen gerilim ve frekans üretilir. Üretilen bu gerilim ve frekans sayesinde asenkron motorların geniş hız sınırlar içinde verimli olarak çalıştırılır. Günümüzde mikro işlemcilerle motor hız kontrol aygıtı (sürücü), kullanımı her gün biraz daha artmaktadır.

**Şekil 1: Frekans çevirici ile yol verme prensip şeması**



Ara devreli frekans çeviricilerde, şebeke gerilimi modüler doğrultmaçlar ile doğrultulur. Doğrultulan gerilim, filtre edilerek düzleştirilir. Düzleştirilen doğru gerilim, üç fazlı dalgalayıcı ile PWM (Pulse Width Modulation= Darbe Genişlik Modülasyonu) yöntemiyle motoru besleyecek değişken, frekanslı üç fazlı alternatif erilime çevrilir. Şekil 1’de frekans çevirici ile yol verme prensip şeması verilmiştir.

Çıkış gerilimin etkin değeri, ara devre doğru gerilimine doğrudan orantılıdır. Örneğin, giriş gerilimi 3 fazlı 380 Volt olan frekans çeviricide doğrultulan maksimum gerilim $U_d = 513$ Volt olur. Darbe genişlik modilasyonlu (PWM) çeviricide, hem frekans, hem de gerilim ayarı dalgalayıcıda gerçekleştirilir.

Asenkron motorların stator sargılarında oluşturulan manyetik akımın değeri, bütün yüklerde gerilimle doğru frekansla ters orantılıdır. Anma gerilim ve anma frekansında çalışan motorun momentini anma değerindedir. Gerilim sabit tutularak frekans azalırsa manyetik akım artar, frekans arttırılırsa manyetik akım azalır. Motorun döndürme momentini, faydalı akımın karesine orantılıdır. Bir motorun anma döndürme momentinde çalışması durumundaki manyetik akı değeri anma manyetik akısıdır. Motorun değişik devir hızlarında anma momentini ile çalışabilmesi ancak anma manyetik akısında çalıştırılırsa mümkündür. Motorun gücü ise, devir hızı ve momentinin çarpımı ile orantılıdır. Yani güç, hız ve moment değerine bağlı değişir.

Gerilim sabit tutularak frekans azaltılırsa, manyetik akı artarak doymaya girer. Bu nedenle frekansla beraber gerilimin de düşürülmesi zorunludur.

Akı bağıntısına göre, hava aralığı akısının ve döndürme momentinin sabit kalması için, gerilim-frekans oranı ($U/f=k$) sabit tutulmalıdır. Frekans çeviricinin çıkış gerilimi, frekansa doğrudan orantılı ayarlanmalıdır. Bu oran, çok düşük frekanslarda yetersiz kalır. Hava aralığı akısı ve döndürme momentini çok düşer. Bu sakıncayı önlemek için, düşük frekanslarda gerilim biraz arttırılır. Böylece düşük frekans bölgelerinde aşırı uyarma önlenir ve motor anma momentini verebilir. Dolayısıyla frekans çeviricilerle yol vermede, motorun kalkış sorunu yoktur. Düşük frekansla çalışmada, hız azaldığından soğutma pervanesinin soğutması yetersiz kalır ve motor ısınır. Bu bakımdan azalan frekanslardaki çalışmada, motor dışardan bir tahrikle soğutulmalıdır.

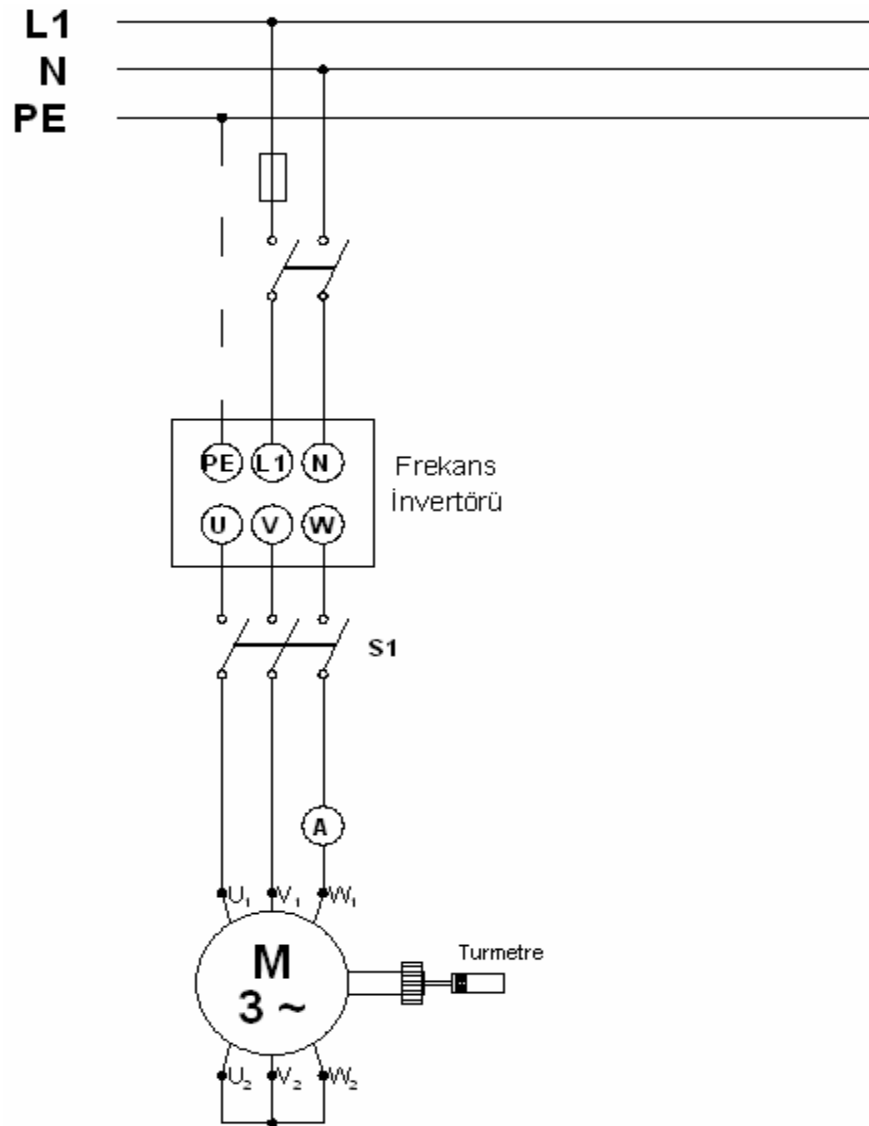
Darbe genişlik modülasyonlu (PWM) frekans çeviricilerde, hem frekans hem gerilim ayarı dalgalayıcıda gerçekleştirilir. Sabit momentle işletme U/f oranının sabit tutulması ile olur.

Değişken momentle işletme, $\frac{U}{f^{3/2}}$ oranının sabit tutulması prensibidir.

Motorların sargı yalıtımları, mekanik düzenleri, anma gerilim ve diğer anma değerlere göre tasarlanarak yapılmıştır. Pratikte motor, anma gerilim değerinin üzerinde çalıştırılmaz. Anma frekanstan sonra frekans artışı sürdürülürse, gerilim sabit tutulur. Gerilim-frekans sabit oranı ($U/f=k$) bozulur. Artan frekansta manyetik akı ve döndürme momentini giderek azalır. Buna karşın hız arttırdığından güç sabit kalabilir.

Artan frekanslarda, anma hızının üzerindeki hızlarda motor, anma momenti ile yüklenemez. Artan frekanslarda devir kayıpları, hızın yükselmesinden sürtünme ve rüzgâr kayıpları artar. Bunun sonucu olarak kayıplar arttığından, motorun verimi de düşer.

Sonuç olarak, frekans çeviricilerle anma frekansının üzerindeki frekanslardaki çalışmada, motor veriminin ve momentinin düşeceği bilinmelidir. Bu durum dikkate alınarak motor gücü, belirlenen gücün bir üst değerinde seçilmelidir. Çok yüksek frekanslardaki çalışmada 50 Hz veya 60 Hz frekansa göre tasarlanmış standart motorlarda bazı olumsuzluklarla karşılaşılabilir.





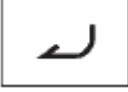




Şekil 2.1: Frekans İnvörtörü Bağlantı Şeması



Görünüm	İsim	Fonksiyon
	Veri Ekranı	Frekans referans, çıkış frekansı gibi görüntüler ilgili verileri ve parametre değerlerini görünmesini sağlar.
	FREQ Ayarlayıcı	0 Hz' den maksimum frekans arasında bir referans ayarlar.
	FREF Göstergesi	Frekans referans takip edilebilir. Bu ayarda ise gösterge yanar.
	FOUT Göstergesi	Çıkış Frekansı aktif iken bu gösterge yanar. Frekans çeviricinin çıkış frekansı izlenebilir.
	IOUT Göstergesi	Çıkış Akımı aktif iken bu gösterge yanar. Frekans çeviricinin çıkış akımı izlenebilir.
	MNTR Göstergesi	U1 – U10 çıkışları aktif iken bu gösterge yanar. Frekans çeviricinin değerleri izlenebilir.
	F/R Göstergesi	Gösterge aktif olduğunda yukarı aşağı ok tuşları ile motor yönünü seçebiliriz (İleri-Geri).
	LO/RE Göstergesi	Gösterge aktif olduğunda dijital operatör aracılığı ile frekans çevirici içeriği veya seçtiğimiz parametrelere göre LO/RE olarak iki konumda çalışır.



	PRGM Göstergesi	Gösterge aktif olduğunda n01 – n79 'a kadar olan parametreler bu göstergeden takip edilebilir veya ayarlanabilir. Not: Cihaz çalışırken sadece değerler izlenebilir. Ayarlar cihaz çalışmıyor iken yapılır.
	MODE TUŞU	Fonksiyonlar arasında geçiş yapmak için kullanılır. Herhangi bir parametre değiştirildiğinde tekrar bu tuşa basılırsa son girilen değer kayıt edilmemiş olur.
	ARTIRMA TUŞU	Parametre sayılarını veya değerlerini artırır. F/R Göstergesi aktif iken motorun konum değiştirmesini sağlar.
	AZALTMA TUŞU	Parametre sayılarını veya değerlerini azaltır. F/R Göstergesi aktif iken motorun konum değiştirmesini sağlar.
	GİRİŞ TUŞU	Parametre numaralarına, çok fonksiyonlu monitör numaralarına giriş yapmayı sağlar. Ayarlanan değerler bu tuşla kayıt edilir.
	ÇALIŞTIRMA TUŞU	CIMR-J7AZ tipi frekans çevirici bu tuşa basılarak çalıştırılır.
	DURDURMA/SIFIRLAMA TUŞU	CIMR-J7AZ tipi frekans çevirici bu tuşa basılarak durdurulur ya da sıfırlanır.

Deney setinde kullanılan Omron (CIMR-J7AZB1P5 Model) frekans dönüştürücünün 79 adet parametresi bulunmaktadır. Ancak bu parametrelerin tamamı profesyonel bir fabrika otomasyonunda kullanılabilir. Motor frekans ayarı için kullanılacak parametreler aşağıdaki tabloda verilmiştir.



Parametre No.	Açıklamalar	Seçenekler	Seçilen
n01	Parametre Erişimi: 0: Sınırlı Parametre Erişimi 1: Tam Parametre Erişimi 8: Fabrika Parametreleri	0 – 9	1
n02	Çalıştırma Komutu Seçimi: 0: Dijital Operatör 1: Kontrol Devreleri Terminali 2: Haberleşme (Opsiyon)	0 – 2	0
n 03	Frekans Referans Seçimi: 0: Dijital Operatörü (Potansiyometre) 1: Frekans Referansı 1 (n21) 2: Kontrol Devreleri Terminali (0 to 10V) 3: Kontrol Devreleri Terminali (4 to 20mA) 4: Kontrol Devreleri Terminali (0 to 20mA) 6: Haberleşme (Opsiyon)	0 – 4, 6	0
n 09	Maksimum Çıkış Frekansı	50 - 400Hz	100
n 10	Maksimum Çıkış Voltajı	1 - 255V (200V sınıf) 1 - 510V (400V sınıf)	200
n 11	Maksimum Çıkış Voltajı frekansı	50 - 400Hz	50
n 16	Hızlanma Süresi 1	0.0 - 999sec	5sec
n 17	Yavaşlama Süresi 2	0.0 - 999sec	10sec
n 21	Frekans Referansı 1	0.0 - 400Hz	6Hz
n 22 – n 28	Frekans Referansı g2–8	0.0 - 400Hz	0Hz
n 32	Motor Akımı	Modele Bağlı	6.2
n 36 – n 39	Çok Fonksiyonlu Giriş (S2 - S5)	0 – 35	...
n 40	Çok Fonksiyonlu Çıkış (MA-MB-MC)	0 – 18	1
n 44	Çok Fonksiyonlu Analog Çıkış (AM-AC): 0: Çıkış Frekansı (10V/Max, Fre.) 1: Çıkış Akımı (10V/İnvertörden Seçilen Akımı)	0.1	0
n 46	Taşıyıcı Frekansı	1 – 4 (2.5 – 10kHz)	3
n 52	DC Akım Freni Ayarı	0 – 100%	50
n 53	DC Durdurma Freni Ayarı	0 – 100%	0.5
n 54	DC Başlatma Freni Ayarı	0 – 100%	0
n 55	Motor Yavaşlatarak Durdurma 0: Etkin 1: Devre Dışı	0.1	0

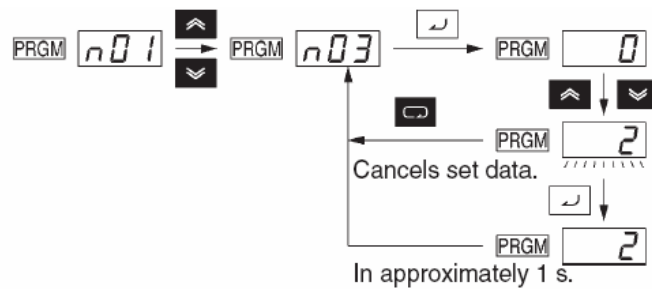
Parametre No.	Açıklamalar	Seçenekler	Seçilen
n 64	Motor Nominal Kayma	0.0 – 20.0	2.6
n 65	Motorda Akım Ve Yük Yok İken	0 – 99	45
n 79	Yazılım Numarası	...	020

Not: Herhangi bir sebeple frekans ayarlayıcının çalışmaması durumunda parametreleri yukarıda **Default** kısmında verilen değerlere ayarlayınız. Frekans kontrolü hakkında daha kapsamlı bilgi için deney seti ile verilen kullanım kitapçığını inceleyebilir ya da www.omron.com internet adresinden VS MİNİ J7 kullanım kılavuzuna bakabilirsiniz.

İşlem Basamakları

11. Şekil-1'deki bağlantıyı yapınız.
12. Frekans invertörü üzerindeki tuş takımlarını kullanarak yukarıdaki tabloda bulunan parametrelerin seçilen değerlerini frekans invertörüne kaydediniz.

Örnek Parametre Ayarı:



Tuş Sıralaması	Gösterge	Çalışma Ekran Örneği	Açıklama
	PRGM	0.0	Güç Açık
	PRGM	n01	Göstergedeki PRGM modu göstergesi yanana kadar tuşa art arda bas.
	PRGM	n03	Artırma ya da eksiltme tuşuyla ayarlanacak parametre seçilir.
	PRGM	0	Tuşa basarak parametreye girin. Ekrana parametrede kayıtlı olan değer gelir.
	PRGM	2	Parametrenin değerini tuşlar yardımıyla arttırabilir ya da azaltabiliriz. Ekrandaki veri kaydedinceye kadar yanıp söner.
	PRGM	2	Ayarladığımız değeri seçip giriş tuşuna basarak bu değeri kaydetmiş oluruz. Parametrenin yeni değeri artık son girilen değer olur.
Başka bir parametre ayarı için birinci adıma dönülür.	PRGM	n03	Parametreyi kaydettiğimizde hangi parametrenin ayarını yaptıysak ona geri döner.

Not:

- Girilen değeri iptal etmek için mode tuşuna basın.



13. Frekans invertörü üzerindeki tuşuna basınız. Cihaz üzerinde bulunan




potansiyometre FREQUENCY ile asenkron motorun frekansını kademe kademe arttırarak motora yol veriniz.

14. Asenkron motoru belirli frekanslarda çalıştırarak bu frekans değerlerinde motorun devrini, akımını, ve $n_s = \frac{120.f}{2p}$ formülü ile hesaplanacak döner alan devrini alınan değerler tablosuna kaydediniz.

15. Asenkron motorun her frekans için kayma değerini hesaplayarak tabloya kaydediniz.



16. Deney sonunda  düğmesine basarak asenkron motoru durdurunuz.

17. Şalteri açarak deneye son veriniz.

18. Deneyde kullandığınız aletleri ve kabloları uygun bir şekilde yerlerine bırakınız.

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:

f (Hz)	I (A)	n_r (d/dk)	n_s (d/dk)	%S(d/dk)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Sorular ve Yanıtlar

1. Frekans ile motor devri arasındaki bağıntıyı formüllerle açıklayınız.

2. Asenkron makinelerde senkron devir ile rotor devir sayısı arasında niçin fark vardır?



3. Aldığınız değerlere göre devir sayısına bağlı olarak kaymanın $S = f(n_r)$ değişimini grafikte çizerek gösteriniz.

4. Kaymanın 0,1 ve -1 olmasının anlamlarını yazınız.

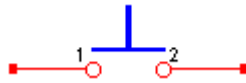
KUMANDA ELAMANLARI VE BUTONLAR

Elektrik akımının geçip geçmemesini, yön değiştirmesini sağlayan elemanlardır. Bu elemanların kontaklarından akım geçer. Normalde açık kontaklı bir anahtardan akım geçmez. Butona basarak kontak kapandığında akım geçebilir. Normalde kapalı kontaklı bir elemandan akım geçer. Butona basarak kontak açıldığında akım geçişi durur.

Yapılarına Göre Butonlar



1- Normalde Açık Kontaklı Buton:



Bu elemana kısaca başlatma (start) butonu adı verilebilir. Butona basıldığında kontak kapanarak devre tamamlanır. Buton serbest bırakıldığında ise kontak tekrar eski konumuna döner.

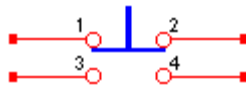


2- Normalde Kapalı Kontaklı Buton :



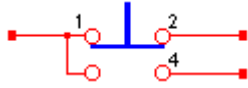
Bu elemana kısaca durdurma (stop) butonu adı verilebilir. Butona basıldığında kontak açılarak devre akımı kesilir. Buton serbest bırakıldığında tekrar eski konumuna döner.

3- Çift Yollu Buton:



Biri normalde kapalı, diğeri normalde açık iki adet kontağa sahip olan butondur. Butona kuvvet uygulandığında kontaklar yer değiştirir. Bir işleme son verirken, diğeri bir işlemi başlatmak istenen yerlerde kullanılır.

4- Ortak Uçlu Buton (Jog Buton) :

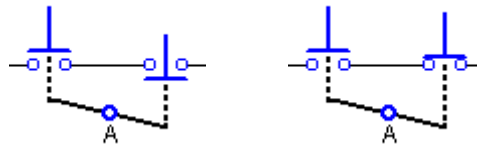


Butonun normal konumunda 1–2 bağlantılarından akım geçmektedir. Butona kuvvet uygulandığında devre 1–4 bağlantıları üzerinden tamamlanır. Buton serbest bırakıldığında normal konumuna döner. Çift yönlü butondan farkı 1 no lu ucun ortak olmasıdır.

Çalışma Şekillerine Göre Butonlar

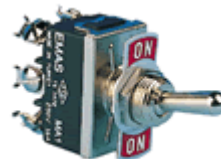
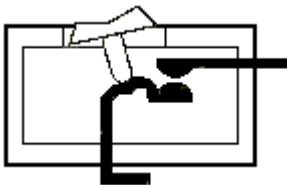
1- Kalıcı Buton (Anahtar) :

Kalıcı butona basıldığında, buton durumunu değiştirir. Kalıcı buton serbest bırakıldığında, normal konumuna dönmez. Yani basıldığı şekilde kalır. Başka bir kumanda elemanı kalıcı butonu tekrar normal konumuna döndürür. Bu eleman bir aşırı akım rölesi veya bir durdurma butonu olabilir.



2- Ani Temaslı Buton: Ani temaslı butona basıldığında, buton durumunu değiştirir. Serbest bırakıldığında, ani temaslı buton otomatik olarak normal konumuna döner.

ANAHTARLAR

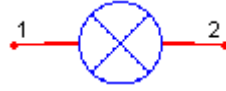


En çok kullanılan kumanda elemanlarıdır. Anahtarların butondan farkı kalıcı tipte olmasıdır. Şekildeki anahtar normalde açık konumda kullanılmaktadır.

Kuvvet uygulandığında kapalı konuma geçer. Uygulanan kuvvet kaldırılırsa olduğu konumda kalır. Tekrar eski konumuna getirmek istenirse yeniden kuvvet uygulanmalıdır.

Kalıcı tip buton olarak da kullanılırlar. Anahtarlar, alttaki sembolle gösterilir.

LAMBALAR

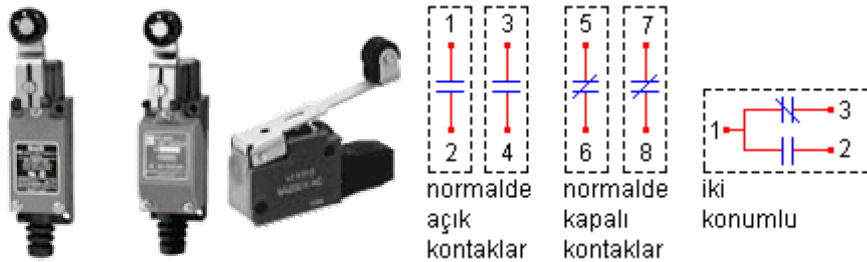


Kumanda devrelerinde en çok kullanılan elemanlar sinyal lambalarıdır. Sinyal lambalarının gövdelerine neon veya akkor telli lamba takılır. Neon lambalar 220 V gibi yüksek gerilimli kumanda devrelerinde, akkor telli lambalar ise 36 V gibi düşük gerilimli kumanda devrelerinde kullanılırlar.

Sinyal lambaları genellikle elektrik tablolarına bağlanacak şekilde yapılırlar. Bu bağlamada, sinyal lambasının gövdesi tablonun arka tarafında kalır. Sinyal lambasının bombeli ve renkli camı tablonun ön yüzünde bulunur.

SINIR ANAHTARLARI

Hareketli aygıtlarda bir hareketi durdurup başka bir hareketi başlatan ve aygıtın hareket eden elemanı tarafından çalıştırılan kumanda elemanına sınır anahtarı denir. Yapılarına göre sınır anahtarları, makaralı, pimli ve manyetik olmak üzere üç kısma ayrılır. Altta şekilinde sol kesimde gerçek sınır anahtarları, sağ kesimde de devre sembolleri görülmektedir.



Makaralı Sınır Anahtarı: Aygıtın genellikle sabit kısmına bağlanırlar. Aygıtın hareketli kısmında bulunan bir çıkıntı, sınır anahtarının makarasına

çarptığında, sınır anahtarının durumunu değiştirir. Sınır anahtarında bulunan kapalı kontaklar açılır, açık kontaklar kapanır. Sınır anahtarındaki bu durum değişikliği de aygıtı durdurur veya aygıtın çalışmasını sağlar.

Pimli Sınır Anahtarı: Aygıtın genellikle aygıtın sabit kısmına bağlanırlar. Aygıtın hareketli kısmında bulunan bir çıkıntı sınır anahtarının pimine çarptığında, sınır anahtarının durum değiştirmesine neden olur. Sınır anahtarında bulunan kapalı kontaklar açılır, açık kontaklar kapanır. Kontakların durum değiştirmesi, aygıtı durdurur veya aygıtta yeni bir hareketi başlatır. Pimli sınır anahtarında pimin hareket kursunun uygun büyüklükte olması gerekir. Aksi takdirde aygıtın hareketli parçası, anahtarın kursu kadar olan mesafede duramaz. Hareketli parça sınır anahtarının parçalanmasına neden olur.

Manyetik Sınır Anahtarı: Makaralı ve pimli sınır anahtarları mekanik bir hareketle çalışırlar. Yani mekanik bir hareket bu çeşit sınır anahtarlarının konumunu değiştirir. Manyetik sınır anahtarlarında ise bu durum farklıdır. Bu sınır anahtarı sabit mıknatis ve kontak bloğu olmak üzere iki kısımdan oluşur. Kontak bloğu aygıtın sabit kısmına, sabit mıknatis ise aygıtın hareketli kısmına bağlanır. Kontak bloğunda normalde açık ve normalde kapalı bir kontak vardır. Kontak parçalarından biri manyetik bir maddeden yapılır. Aygıt çalışırken zaman zaman kontak bloğu ile sabit mıknatis karşı karşıya gelirler. Bu durumda sabit mıknatis kontağın manyetik parçasını kendine doğru çeker. Kontakın açılmasına veya kapanmasına neden olur.

Manyetik anahtarlara Reed Kontak adı verilir. İçindeki hava alınmış şeffaf bit tüp içinde yerleştirilmiş demir - nikel alaşımli kontakten ibarettir. Akım geçişini kolaylaştırmak amacıyla cam tüpün içine azot ve hidrojen karışımı gaz doldurulur. Kontakların mekanik titreşimlerden etkilenmemesi için reçineyle birlikte bir gövdeye yerleştirilmiştir. Temassız algılama yaptıkları için yüksek hassasiyetli ve uzun ömürlüdür. Boyutları küçük ve anahtarlama hızları yüksektir (0,5 milisaniye).

Çalışma Şekillerine Göre Sınır Anahtarları

Ani Temaslı ve Kalıcı Tip olmak üzere iki kısma ayrılırlar. Sınır anahtarının durum değiştirmesine neden olan hareket ortadan kalktığında, ani temaslı sınır anahtarı hemen normal konumuna döner (yay nedeniyle). Hâlbuki bir hareket nedeniyle kalıcı tip sınır anahtarı durum değiştirirse, anahtar yeni konumunda kalır. Otomatik olarak normal konumuna dönmez. Ters yöndeki başka bir hareket kalıcı tip sınır anahtarını normal konumuna döndürür.

RÖLELER

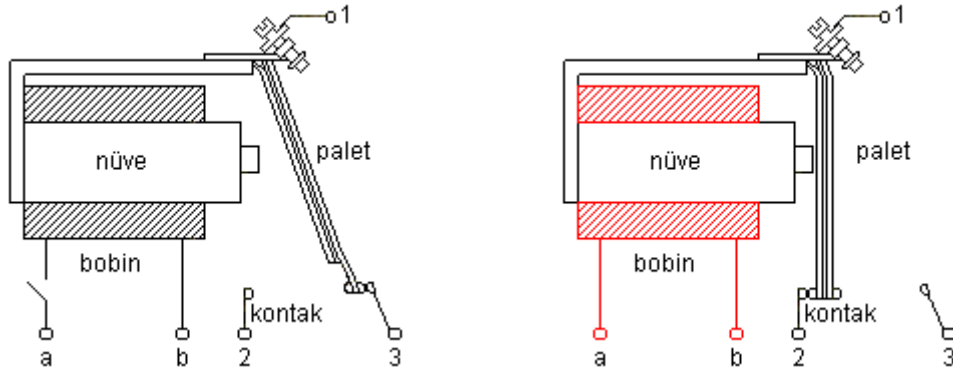
Ufak güçteki elektromanyetik anahtarlara röle adı verilir. Röleler elektromıknatis, palet ve kontaklar olmak üzere üç kısımdan oluşur. Elektromıknatis, demir nüve ve üzerine sarılmış bobinden meydana gelir. Röle bobinleri hem doğru ve hem de alternatif akımda çalışır. Bobin doğru akıma



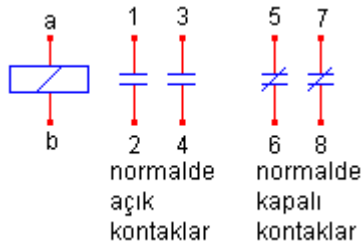
bağlanacak ise demir nüve bir parçadan yapılır.

Demir nüvenin ön yüzüne plastikten yapılmış bir pul konur. Bu pul, bobin akımı kesildikten sonra artık mıknatısiyet nedeniyle paletin demir nüveye yapışık kalmasını önler. Bobini alternatif akıma bağlanacak rölelerin demir nüveleri sac paketinden yapılır.

Demir nüvenin ön yüzünde açılan oyuya bakırdan yapılmış bir halka geçirilir. Bu bakır halka konmazsa alternatif alan nedeniyle palet titreşim yapar. Kontaklar açılıp kapanır ve röle gürültülü çalışır. Rölelerde bir veya daha fazla sayıda normalde açık ve normalde kapalı kontak bulunur. Kontakların açılıp kapanmalarını, rölenin paleti sağlar. Bobin enerjilendiğinde, palet çekilir. Normalde kapalı kontaklar açılır, normalde açık kontaklar kapanır. Rölenin paletine bağlanmış olan bir yay kontakların normal konumda kalmalarını sağlar. Kontakların yapımlarında gümüş, tungsten, paladyum metalleri ve bunların alaşımları kullanılır.

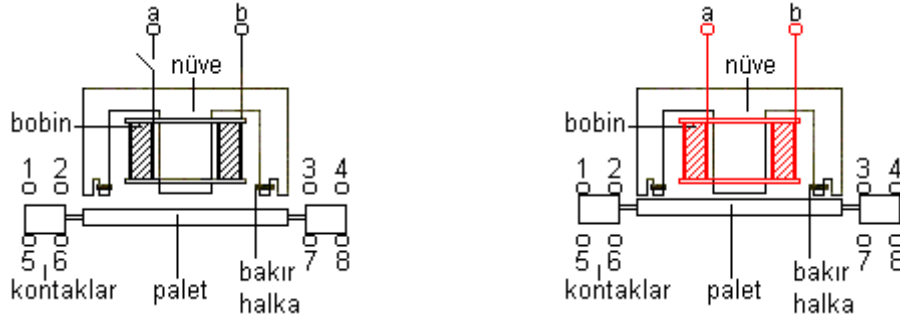


Üstteki şekilde verilen rölenin bobinine bir gerilim uygulandığında röle enerjilenir ve paletini çeker. Palet üzerinde bulunan (1-3) nolu kontak açılır ve (1-2) nolu kontak kapanır. Bobinin akımı kesildiğinde, röle üzerinde bulunan yay, paletin demir nüveden uzaklaşmasını sağlar. Bu durumda kapanmış olan (1-2) nolu kontak açılır, açılmış olan (1-3) nolu kontak kapanır. Röleler alttaki şekilde sembolize edilir.



KONTAKTÖRLER

Büyük güçteki elektromanyetik anahtarlara kontaktör adı verilir. Rölelerde olduğu gibi kontaktörler de elektromıknatis, palet ve kontaklar olmak üzere üç kısımdan oluşur. Kontaktörler, bir ve üç fazlı motor, ısıtıcı, kaynak makinesi, trafo vb. alıcıların otomatik olarak kumanda edilmesinde kullanılır. Bu elemanların bobinlerinin gerilimleri DC ya da AC olarak 24 – 48 – 220 – 380 volt olabilmektedir.



Şekilde verilen kontaktörün bobinine bir gerilim uygulandığında kontaktör enerjilenir ve paletini çeker. Palet üzerinde bulunan (5–6) notu kontak ve (7–8) notu kontak açılır. (1–2) nolu kontak ve (3–4) nolu kontak kapanır. Bobinin akımı kesildiğinde, kontaktör üzerinde bulunan yay, paletin demir nüveden uzaklaşmasını sağlar. Bu durumda kapanmış olan (1–2) nolu kontak ve (3–4) nolu kontak açılır. Açılmış olan (5–6) notu kontak ve (7–8) nolu kontak kapanır.

KONTAKTÖRLERİN YAPISI

1- Bobinler (Elektromıknatis) :

Bobin ve demir nüveden üretilmiş elemandır. Bobinde gerilim uygulandığında geçen akım manyetik alan oluşturarak mıknatısiyet meydana getirir. Kontaktör bobinleri de doğru veya alternatif akımla çalışırlar. Her iki akımla çalışacak kontaktörlerin demir nüveleri genellikle E şeklinde yapılırlar. Eğer bobin doğru akımla çalışacaksa E şeklindeki demir nüve, yumuşak demirden ve tek bir parça olarak yapılır.

Demir nüvenin dış bacalarına plastikten yapılmış iki pul konur. Bu pullar, bobin akımı kesildikten sonra kalan artık mıknatısiyet nedeniyle paletin demir nüveye yapışık kalmasını önlerler. Bobini alternatif akıma bağlanacak olan kontaktörlerin E şeklindeki demir nüveleri, silisli saçların paketlenmesiyle yapılır. Böylece manyetik devrenin demir kayıpları en küçük değere indirilmiş olur. Bir kontaktör bobini alternatif gerilime bağlanırsa bu bobin alternatif manyetik alan yaratır.

Frekansı 50 olan bir şebekede bu manyetik alan saniyede 100 kere 0 olur, 100 kere de maksimum değere ulaşır. Manyetik alan maksimum olduğunda palet çekilir, sıfır olduğunda da palet bırakılır. Bu nedenle palet titreşir, kontaklar açılır ve kapanır, kontaktör çok gürültülü olarak çalışır. Bu sakıncayı gidermek için demir nüvenin dış bacalarının ön yüzlerinde açılan oyuklara kalın bakır halkalar takılır. Bakır halkalar kullanılmazsa bir titreme oluşur.

Bir transformatörün sekonder sargısı gibi çalışan bu bakır halkaların her birinde gerilim indüklenir. Halkalar kısa devre edilmiş olduklarından, indüksiyon gerilimi halkalardan akım dolaştırır ve halkalar ek bir manyetik alan yaratır. Bu manyetik alan esas manyetik alandan 90 derece geride olduğundan, demir nüvedeki toplam manyetik alan hiçbir zaman sıfır olmaz. Bu nedenle palet devamlı çekik kalır.

2- Palet:

Kontaktör nüvesinin hareketli kısmına palet denir. Palet üzerine kontaklar monte edilmiştir. Kontaktörlerde kontakların açılıp kapanmaları palet ile sağlanır. Palet, yerçekimi kuvvetiyle veya bir yay aracılığı ile demir nüveden uzakta bulunur. Bobin enerjilendiğinde, palet demir nüve tarafından çekilir ve kontaklar durum değiştirir.

3- Kontaklar :

Normalde açık ve normalde kapalı olmak üzere iki tip kontak vardır. Palet üzerine monte edilen hareketli kontakların bir kısmı kontaktör çalışmaz iken açık konumda, bir kısmı ise kapalı konumdadır. Kontaktör bobini enerjilendiğinde ise kontaklar durum değiştirir. Kontakların yapımında gümüşün; bakır, nikel, kadmiyum, demir, karbon, tungsten ve molibden'den yapılmış alaşımlar kullanılır. Bu alaşımlarda gümüşün sertliği artırılmış, sürtünme ve arktan dolayı meydana gelecek aşınmalar azaltılmıştır. Kontaktörde iki tip kontak mevcuttur. Bunlar:

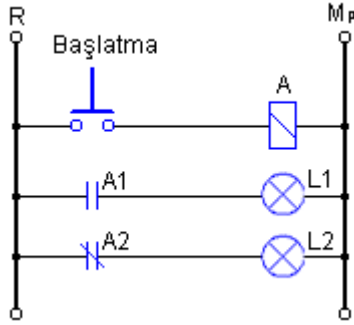


Güç kontakları yüksek akıma dayanıklı olup, motor vb. alıcıları çalıştırmak için kullanılır. Bu nedenle yapıları büyüktür. Kumanda kontakları ise, termik aşırı

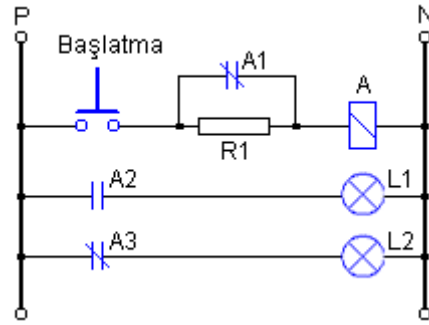
akım rölesi, zaman rölesi, ısı kontrol rölesi, mühürleme vb. gibi düzeneklerin çalıştırılmasında görev yapar. Bu nedenle yapıları küçüktür.

Kontaklar	Kumanda Kontakları				Güç Kontakları		
	13 14	31 32	23 24	41 42	1R 2U	3S 4V	5T 6W
Bobin							
Bobin Enerjisiz							
Bobin Enerjili							

Kısaca; ana kontaklar yük akımını, yardımcı kontaklar kumanda devresinin akımını taşırlar. Kontaktörün içinde normalde açık ve normalde kapalı olmak üzere değişik sayıda kontak bulunur. Bobin enerjisiz iken bazı kontaklar açık konumda bekler. Bobin enerjilendiğinde açık kontaklar kapalı, kapalı kontaklar ise açık hale gelir. Kontaktörde kontakların konumunun değişimi yukarıdaki şekilde gösterilir.



Bir alternatif akım kontaktörünün devresi



Bir doğru akım kontaktörünün devresi

Yukarıda soldaki şekilde, bir buton ve bir kontaktörle yapılan bağlantının şeması verilmiştir. Bu bağlantıda Başlatma butonu açıkken, A kontaktörü enerjilenemez. Yani A kontaktörü normal konumunda bulunur. Bu durumda A1 kontağı açık ve L1 lambası söndür. A2 kontağı kapalı olduğunda, L2 lambası yanmaktadır. Başlatma butonuna basıldığında A kontaktörü enerjilenir. Normalde açık A1 kontağı kapanır ve L1 lambası yanar. Normalde kapalı A2 kontağı açılır, yanan L2 lambası söner. Başlatma butonu serbest bırakıldığında, A2 kontaktörünün enerjisi kesilir. Kontaklar normal konumlarına dönerler. L1 lambası söner ve L2 lambası yanar.

Sağdaki şekilde ise Başlatma butonuna basıldığında P ucundan gelen akım Başlatma butonundan, A1 kontağı ve A bobininden geçerek devresini tamamlar. A kontaktörü veya rölesi, normal gerilimle enerjilenir. Normalde

kapalı A1 kontağı açılır. R1 direnci A bobinine seri olarak bağlanır. R1 direncinde düşen gerilim nedeniyle A bobini daha küçük bir gerilimle çalışmaya devam eder. Çünkü A bobinine uygulanan bu küçük gerilim, paletin çekik kalmasını sağlar. A bobini enerjilenince, A2 kontağı kapanır ve L1 lambası yanar. A3 kontağı açılır, yanık L2 lambası söner.

AŞIRI AKIM RÖLELERİ

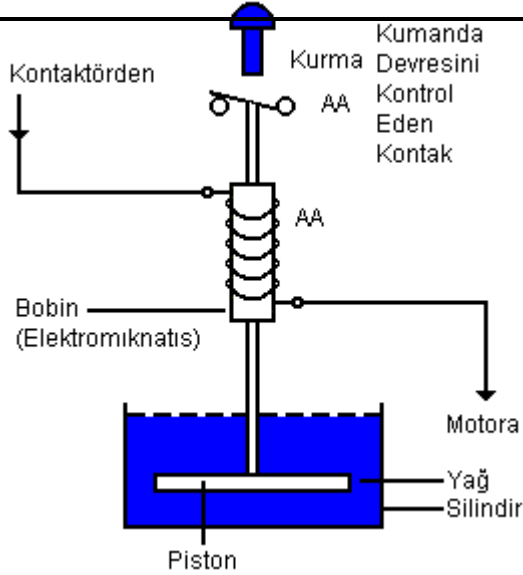


Aşırı akımların elektrik motorlarına vereceği zararları önlemek için kullanılan elemanlara, aşırı akım rölesi adı verilir. Elektrik devrelerinde kullanılan sigortalar da koruma görevi yaparlar. Çalışma karakteristikleri nedeniyle sigortalar elektrik motorlarını koruyamazlar. Yalnız hatları korurlar.

Aşırı akım röleleri motorlara seri olarak bağlanırlar. Yani bir aşırı akım rölesinden, motorun şebekeden çektiği akım geçer. Çalışma anında motor akımı kısa bir süre için normal değerinin üzerine çıkarsa, bu aşırı akım motora zarar vermez. Aşırı akımın motordan sürekli olarak geçmesi, motor için sakınca yaratır. Çünkü uzun süre geçen aşırı akım, motorun sıcaklık derecesini yükseltir ve motoru yakar. Bu nedenle kısa süreli aşırı akımlarda aşırı akım rölesinin çalışıp motoru devreden çıkarmaması gerekir. Motorun yol alma anında kısa süre çektiği aşırı akım, bu duruma örnek olarak gösterilebilir. Böyle geçici durumlarda rölenin çalışması, geciktirici bir elemanla önlenir. Herhangi bir nedenle motor fazla akım çektiğinde, aynı akım aşırı akım rölesinden de geçeceğinden, aşırı akım rölesinin kontağı açılır.

Açılan kontak, motor kontaktörünün enerjisini keser. Böylece motor devreden çıkar ve yanmaktan korunmuş olur. Üzerinden geçen fazla akım nedeniyle atan bir aşırı akım rölesi, röle üzerinde bulunan butona elle basarak kurulur. Yalnız aşırı akım rölesini kurmadan önce rölenin atmasına neden olan arızayı gidermek gerekir. Bütün iş tezgâhlarında kullanılan aşırı akım röleleri elle kurulurlar. Bazı ev tipi aygıtlarda örneğin buzdolaplarında kullanılan aşırı akım röleleri, devrenin açılmasından bir süre sonra otomatik olarak normal konumuna dönerler. Yani bu aşırı akım röleleri kendi kendilerine kurulurlar. Bazı aşırı akım röleleri de üzerlerinde bulunan bir vida aracılığı ile hem otomatik ve hem de elle kurma konumuna dönüştürülebilirler.

Bir fazlı alternatif akım veya doğru akım motor devrelerinde, aşırı akım rölesi yalnız bir iletken üzerine konur. Üç fazlı motor devrelerinde genellikle her faz için bir aşırı akım rölesi kullanılır. Bazen de yalnız iki fazın üzerine bir aşırı akım rölesi konur. Güç devresinde kullanılan aşırı akım röleleri daha çok bir kontağı kumanda ederler. Bazen de her aşırı akım rölesinin ayrı bir kontağı olur. Aşırı akım röleleri manyetik ve termik olmak üzere iki kısma ayrılırlar.

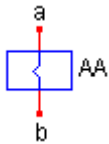


Manyetik Aşırı Akım Rölesi

Motor akımının manyetik etkisiyle çalışan aşırı akım rölelerine, manyetik aşırı akım rölesi adı verilir. Bir manyetik aşırı akım rölesi elektromıknatıs, kontak ve geciktirici eleman olmak üzere üç kısımdan oluşur. Elektromıknatısın bobini güç devresinde motora seri olarak bağlanır. Yani bobinden motorun akımı geçer.

Aşırı akım rölesinin normalde kapalı kontağı kumanda devresinin girişine konur. Bu kontak açıldığında, kumanda devresinin akımı kesilir ve motor durur. Kısa süreli aşırı akımlarda, örneğin motorun yol alma anında çektiği akımda, rölenin çalışıp kontağı açması, yağ dolu silindir içinde hareket eden bir pistonla önlenir.

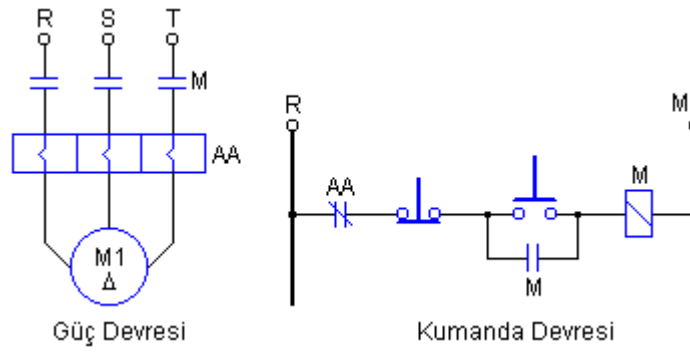
Aşırı akım rölesinin bobininden normal değerinin üzerinde bir akım geçtiğinde, bobin demir nüveyi yukarıya doğru çeker. Silindir içinde bulunan piston nedeniyle, demir nüvenin hareketi yavaş olur. Bu nedenle aşırı akım rölesinin kontağı hemen açılmaz. Eğer bobinden geçen aşırı akım normal değerine düşmezse, bir süre sonra kontak açılır. Yani yağ dolu silindir içinde hareket eden pistondan oluşan geciktirici eleman, kısa süreli aşırı akımlarda, aşırı akım rölesinin çalışmasını engeller.



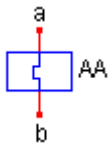
Manyetik aşırı akım rölelerinde akım ayarı, demir nüvenin bobine göre olan durumunu değiştirmekle yapılır. Örneğin bobin sabit tutulup demir nüve aşağıya kaydırılırsa, aşırı akım rölesinin devreyi açma akımı büyümüş olur. Devrelerde yandaki şekilde gösterilirler.

Manyetik Aşırı Akım Rölelerinin Motor Devrelerinde Kullanılması:

Manyetik aşırı akım röleleri üç fazlı motor devrelerine genellikle şekildeki gibi bağlanırlar. Bu bağlantıda üç faz üzerine konan üç manyetik aşırı akım rölesi, bir kapalı kontağı kumanda eder. Çalışma devam ederken, motor herhangi bir nedenle uzun süre aşırı akım çekerse, manyetik aşırı akım rölesinin kapalı kontağı açılır. Çalışan kontaktör ve motor devreden çıkar. Böylece motor yanmaktan korunmuş olur.



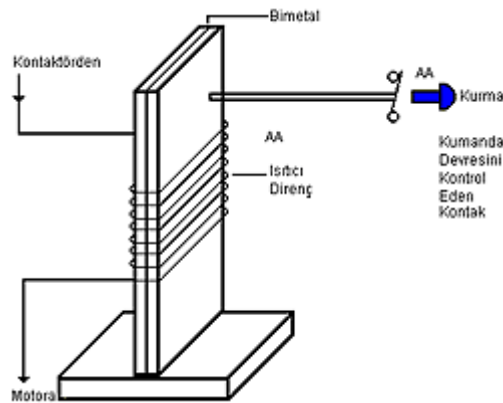
Termik Aşırı Akım Rölesi



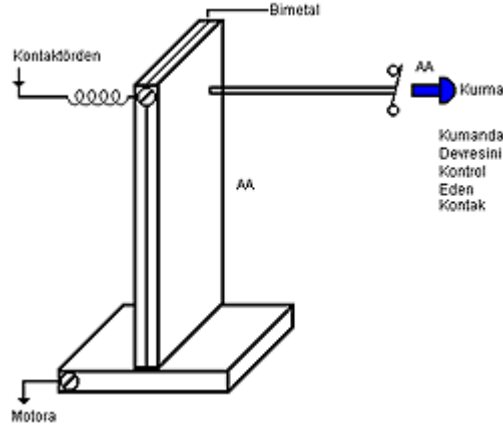
Motor akımının yarattığı ısının etkisiyle çalışan aşırı akım rölelerine, termik aşırı akım rölesi adı verilir. Termik aşırı akım rölelerinin endirekt ısıtmalı, direk ısıtmalı ve ergiyici alaşımlı olmak üzere üç çeşidi vardır.

Termik aşırı akım röleleri devrelerde, yandaki şekilde gösterilirler.

Endirekt Isıtmalı: Şekilde endirekt ısıtmalı termik aşırı akım rölesinin yapısı, görünüşü ve sembolü verilmiştir. Endirekt ısıtmalı termik aşırı akım rölesi ısıtıcı, bimetal ve kontak olmak üzere üç kısımdan oluşur. Isıtıcı motora seri olarak bağlanır. Yani ısıtıcıdan motor akım geçer. Motora zarar verecek değerde bir akım sürekli olarak ısıtıcıdan geçerse, meydana gelen ısı bimetal sağı doğru bükür. Bimetal kapalı olan kontağı açar. Açılan kontak kontaktörü ve dolayısıyla motoru devreden çıkarır. Böylece motor yanmaktan korunmuş olur. Motor akımı kısa bir süre için normal değerinin üzerine çıkarsa, ısıtıcıdan geçen bu akım bimetal ısıtacak fırsatı bulamaz. Bu nedenle bimetal bükülmez ve kontak açılmaz. Motor için sakınca yaratmayan bu gibi durumlarda, ısının bimetale iletilmesindeki gecikme, aşırı akım rölesinin çalışmasını engeller.

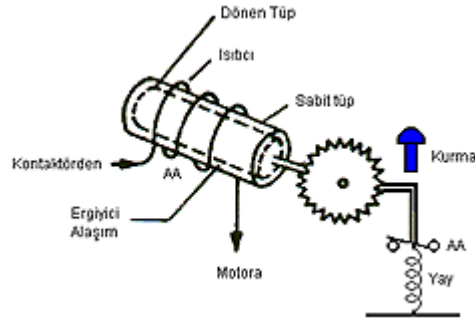


Direkt Isıtmalı: Endirekt ısıtmalı termik aşırı akım rölelerinin akım değerleri büyüdükçe, ısıtıcı telin ve bimetalin ölçüleri de büyür. Büyük akımlar için yapılacak endirekt ısıtmalı termik aşırı akım röleleri kullanışlı ve ekonomik olmaz. Bu nedenle akım şiddeti büyük olan termik aşırı akım röleleri alttaki şekilde görüldüğü gibi direkt ısıtmalı olarak yapılırlar.

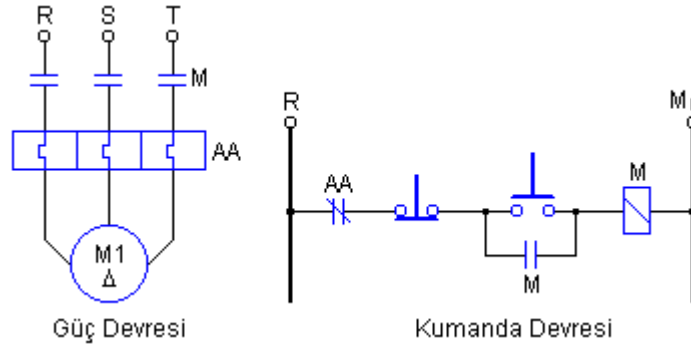


Direkt ısıtmalı termik aşırı akım rölelerinde ısıtıcı eleman bulunmaz. Motor akımı bimetal üzerinden geçer. Bimetalin bükülmesine ve kontağın açılmasına neden olan ısı, bimetalin içinde doğar. Çok büyük akımlar için yapılacak direkt ısıtmalı termik aşırı akım röleleri de aynı nedenlerle kullanışlı ve ekonomik olmaz. Termik aşırı akım rölesi bu durumda bir akım trafosuyla veya şönt dirençle beraber kullanılır. Gerek akım trafosu ve gerekse şönt direnç termik aşırı akım rölesinin çalışma akımını yani kapasitesini büyütür. Direkt ve endirekt ısıtmalı termik aşırı akım röleleri çeşitli akım şiddetleri için yapılırlar. Her termik aşırı akım rölesi iki akım değeri arasında çalışır. Aşırı akım rölesi, üzerinde bulunan bir ayar vidasıyla arzulanan motor akımına ayarlanır.

Ergiyici Alaşımli: Şekilde yapısı verilen ergiyici alaşımli termik aşırı akım rölesi, ısıtıcı, küçük bir tüp ve kontak bloğundan oluşur. Isıtıcı elemanın sardığı tüpün içinde, serbestçe dönebilen başka bir tüp daha vardır. İki tüpün arasında düşük sıcaklıkta ergiyen bir alaşım bulunur. Ergiyici alaşım normal durumda iki tüpü birbirine bağlar. Termik aşırı akım rölesinin ısıtıcısı motor devresine, normalde kapalı kontağı kumanda devresine seri olarak bağlanır. Herhangi bir nedenle motor aşırı akım çekerse, ısıtıcıdan geçen bu akım tüpteki alaşımı ertirir. Yay nedeniyle içteki tüp ve dişli döner. Normalde kapalı kontak açılır. Açılan kontak, kontaktörü ve motoru devreden çıkartır. Motor durunca ısıtıcıdan akım geçmez. Tüpleri birleştiren alaşım kısa bir süre içinde donar. Ergiyici alaşımli termik aşırı akım röleleri çeşitli akım değerlerinde yapılırlar. Bu aşırı akım rölelerinde akım ayarı yapılmaz.



Termik Aşırı Akım Rölelerinin Motor Devrelerinde Kullanımı: Termik aşırı akım röleleri üç fazlı motor devrelerinde genellikle alttaki şekildeki gibi bağlanırlar. Bu bağlantıda her faz üzerine bir termik aşırı akım rölesi konur. Üç termik aşırı akım rölesi bir kapalı kontağı kumanda eder. Motor çalışırken herhangi bir nedenle uzun süre akım çekerse, termik aşırı akım rölesinin kapalı kontağı açılır. Çalışan kontaktör ve motor devreden çıkar. Böylece motor yanmaktan korunmuş olur.



ZAMAN RÖLELERİ

Bobini enerjilendikten veya bobinin enerjisi kesildikten belirli bir süre sonra, kontakları durum değiştiren rölelere, zaman rölesi adı verilir. Çalışma şekillerine göre zaman röleleri şu şekilde sınıflandırılabilir.

- Çekmede Gecikmeli (Düz) Zaman Rölesi
- Düşmede Gecikmeli (Ters) Zaman Rölesi

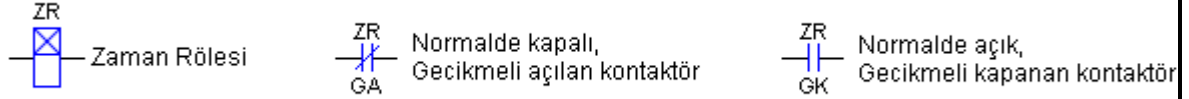
İç yapısına göre zaman röleleri ise şu şekilde sınıflandırılabilir.

- Pistonlu Zaman Rölesi
- Motorlu Zaman Rölesi
- Doğru Akım Zaman Rölesi
- Termik Zaman Rölesi
- Termistörlü Zaman Rölesi

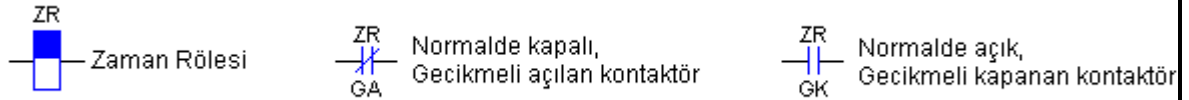


Çalışma Şekillerine Göre Zaman Röleleri

Düz Zaman Rölesi: Bobini enerjilendikten belli bir süre sonra gecikme yapan, yani kontakları konum değiştiren rölelerdir. Bobin enerjisi kesildiğinde kontaklar eski haline dönerler. Şekilde de rölelerin devrelerde ne şekilde sembolize edildiği görülmektedir.

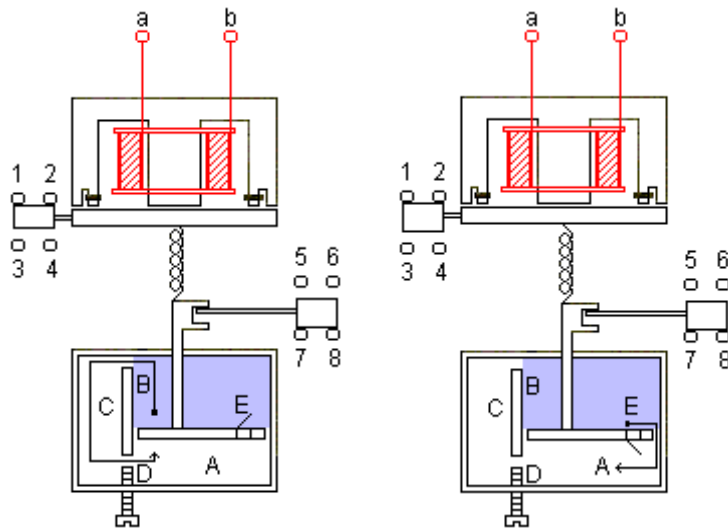


Ters Zaman Rölesi: Bobinin enerjisi kesildikten belli bir süre sonra gecikme yapan zaman rölesidir. Enerji verildikten sonra hemen kontaklar durum değiştirir. Enerji kesildikten bir süre sonra iletme izin verilir.



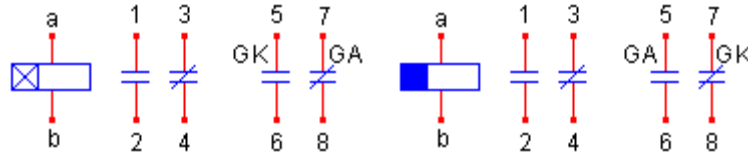
İç Yapılarına Göre Zaman Röleleri

Pistonlu Zaman Rölesi: Zaman gecikmesi bir pistonla sağlanan zaman rölelerine, pistonlu zaman rölesi adı verilir. Düz zaman rölelerinde bobine gerilim verdiğimizde karşısındaki paleti çeker. Şekildeki gibi 1-2 ve 3-4 numaralı kontaklar hemen, 5-6 ve 7-8 numaralı kontaklar zaman gecikmesiyle şekil değiştirirler. Bu gecikmeyi sağlayan bir piston ya da bunun içinde bulunan yağ veya havadır.



Pistonlu düz zaman rölesi Pistonlu ters zaman rölesi

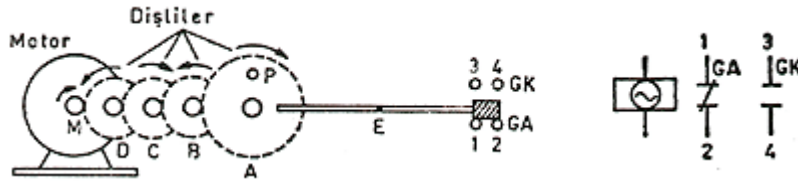
Pistonlu ters zaman rölesi, bobinin gerilimi kesildikten sonra gecikme yapar. Bobine gerilim verdiğimizde kontakların tamamı şekil değiştirir. Bobin gerilimi kesildiğinde, şekilden de görüldüğü gibi 1-2 ve 3-4 numaralı kontaklar hemen, 5-6 ve 7-8 numaralı kontaklar gecikmeli olarak şekil değiştirir.



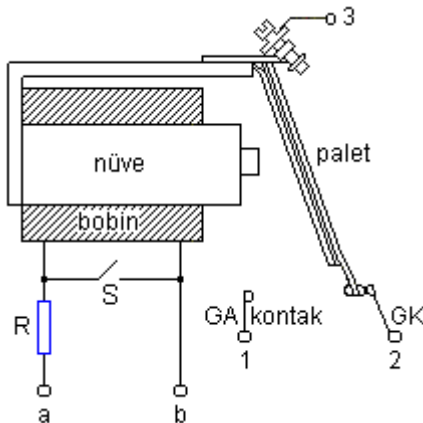
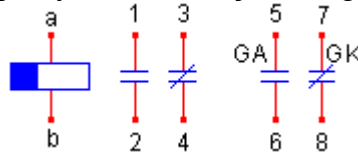
Düz zaman rölesi
sembolleri

Ters zaman rölesi
sembolleri

Motorlu Zaman Rölesi: Motorlu zaman rölelerinde genel olarak senkron motor kullanılır. Motor miline bağlı bir dizi dişliden ve kontaklardan ibarettir. Motor çalışmaya başladığında, P pimi vasıtasıyla belli zaman sonunda, kapalı kontaklar açılır, açık kontaklar kapanır ve motor frenlenir. Bu anda aynı zamanda dişliler bir yay vasıtasıyla ters yönde kurulur. Motorun akımı kesildiğinde dişliler, dolayısıyla kontaklar eski durumuna gelir. Motorun frenlenmesi esnasında geçen akım, motor sargıları için bir sakınca teşkil etmez.



Doğru Akım Zaman Rölesi: Bakır halkalı, bakır halkasız ve kondansatörlü diye üçe ayrılır. Altta gösterilirler



Bakır Halkasız Zaman Rölesi:

Bobine gerilim verdiğimizde karşısındaki paleti çeker, kontaklar şekil değiştirir. Bu durum S anahtarına basana kadar devam eder.

S anahtarını kapattığımızda bobinin meydana getirdiği magnetik alan süratle 0'a doğru düşmek ister.

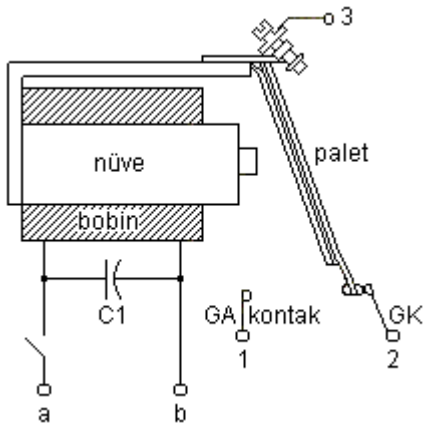
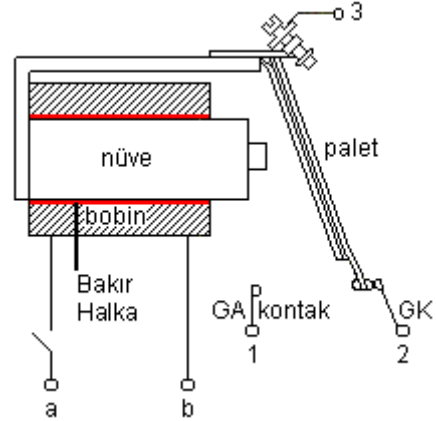
Değişik alanın içinde kalan bobinde bir gerilim indüklenir ve bu gerilim bobinden akım dolaştırır. (Kısa devre akımı) Dolayısıyla S anahtarına bastıktan belli bir süre sonra kontaklar şekil değiştirir. Bu tip rölelerle 1.5 sn'lik bir gecikme sağlanabilir. Ters zaman rölesi olarak çalışırlar.

Bakır Halkalı Zaman Rölesi:

Bir elektromıknatis, palet, bakır halka ve kontaklardan ibarettir. Bobin enerjilendiğinde paleti çeker ve kontaklar şekil değiştirir.

Röle akımı kesildiğinde, magnetik alan 0' doğru düşer. Değişken alan içinde kalan bakır halkada bir gerilim indüklenir. Bu gerilim, bakır halkadan bir akım dolaştırır.

Bobinin akımı kesildiği halde bakır halkadan dolaşan akımdan dolayı, kontaktör gecikmeli olarak şekil değiştirir. Bu tip zaman röleleriyle 1 sn gecikme sağlanabilir. Ters zaman rölesi olarak çalışırlar.



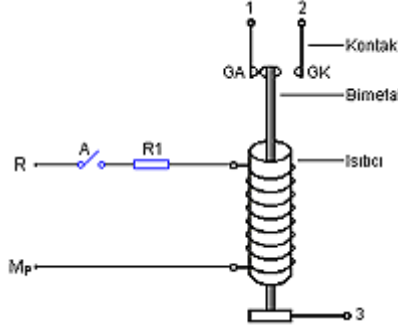
Kondansatörlü Zaman Rölesi:

Bu zaman rölesi, bir doğru akım rölesiyle bir kondansatörün paralel bağlanmasından oluşur. Kondansatörlü zaman rölesi şebekeye bağlandığında röle enerjilenir. Normalde kapalı (2-3) nolu kontak açılır. Normalde açık (1-3) nolu kontak kapanır. Kondansatör kısa bir süre zaman içinde üreteç gerilimine şarj olur. Kondansatörlü zaman rölesi şebekeden ayrıldığında, röle bobininden geçen üreteç akımı sıfır olur. Fakat şarj olmuş kondansatör bobin üzerinden boşalmaya başlar. Kondansatörün deşarj akımı sıfır olmadan palet açılır. Kontaklar normal konumlarına dönerler. Böylece kondansatörlü zaman rölesinin şebekeden ayrıldığı an ile kontakların normal konumlarına döndükleri an arasında, bir gecikme sağlanmış olur.

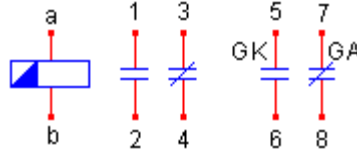
Yani kondansatörlü zaman rölesi ters zaman rölesi olarak görev yapar. Kondansatörlü zaman rölelerinde zaman ayarı yapmak oldukça güçtür. Bununla beraber (C1) kondansatörünün değerini değiştirmekle, kontakların durum değiştirme zamanı ayarlanabilir. Örneğin (C1) kondansatörünün değeri

büyütülürse, kontaklar normal konumlarına dönünceye kadar geçecek süre artar. Fakat bu yöntem sık sık başvurulacak bir yol değildir. Ters zaman rölesi olarak çalışırlar.

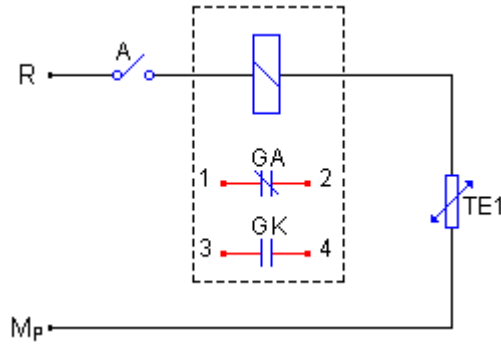
Termik Zaman Rölesi: Zaman gecikmesinin ısı ile sağlanan zaman rölelerine, termik zaman rölesi adı verilir. Bir termik zaman rölesi ısıtıcı, bimetal ve kontak olmak üzere üç parçadan oluşur.



Isıtıcı eleman seramik tüp üzerine sarılır. Isıtıcının çekeceği akım (R1) direnciyle sınırlanır. Bimetal seramikten yapılmış tüp içinde bulunur. Isıtıcı şebekeye bağlandığında, ısıtıcının sıcaklık derecesi yükselmeye başlar. Seramik tüpte doğan ısı bimetale geçer. Bimetalin sıcaklık derecesi yavaş yavaş yükselir. Bimetal ısındıkça sağa doğru eğilmek ister. Mekaniki bir düzen bimetalin yavaş hareketini engeller. Bimetalde doğan eğilme kuvveti uygun bir değere yükseldiğinde, bimetal ani olarak sağa doğru hareket eder. Normalde kapalı (1-3) nolu kontak açılır. Normalde açık (2-3) nolu kontak kapanır. Böylece ısıtıcının devreye bağlanmasından bir süre sonra kontaklar durum değiştirmiş olur. Altta gösterilirler.



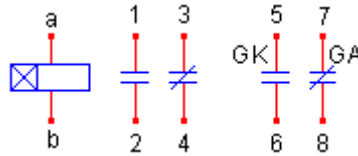
Termistörlü Zaman Rölesi: Bir termistörün ve bir rölenin seri bağlanmasından oluşan zaman rölesine, termistörlü zaman rölesi adı verilir. Termistör, direnci sıcaklıkla değişen bir elemandır. Bütün maddelerin direnci sıcaklıkla değişir. Fakat direncin sıcaklıkla değişimi termistörlerde çok fazladır.



Uygulamada iki çeşit termistör kullanılır. Direncin sıcaklıkla değişme katsayısı bunlardan birinde pozitif (PTC), diğerinde negatiftir (NTC). Negatif katsayılı termistörde sıcaklık derecesi arttıkça, termistör direnci azalır. Katsayısı pozitif olan termistörün sıcaklık derecesi artarsa, bu termistörün direnci de artar.

Şekildeki termistörlü zaman rölesinde, direncin sıcaklıkla değişme katsayısı negatif olan bir termistör kullanılmıştır. Bu devrede (A) anahtarı kapatıldığında, devreden çok küçük bir akım geçer. Bu akım, termistörün bir parça ısınmasına neden olur. Isınan termistörün direnci azalır ve devreden geçen akım büyür. Akımın artması termistörü daha çok ısıtır. Isınan termistörün direnci daha çok düşer. Sonunda devreden geçen akımın değeri, rölenin çekme akımına ulaşır. Röle paletini çeker ve kontaklar durum değiştirir. Böylece zaman rölesinin devreye bağlanışından bir süre sonra, kontakların durum değiştirmesi sağlanmış olur. Palet çekildikten sonra, rölenin empedansı büyür ve devre akımı azalır. Termistördeki sıcaklık yükselmesi sona erer, devre kararlı çalışmaya başlar. Devredeki (A) anahtarı açıldığında, kontaklar ani olarak normal konumlarına dönerler.

Termistörlü zaman röleleri düz zaman rölesi olarak çalışır. Termistörlü zaman rölelerinde zaman ayarı yapmak oldukça güçtür. Devreden geçen akımın değişmesi, kontakların durum değiştirme zamanını değiştirirse de, bu uygun bir yol değildir.



VALFLER

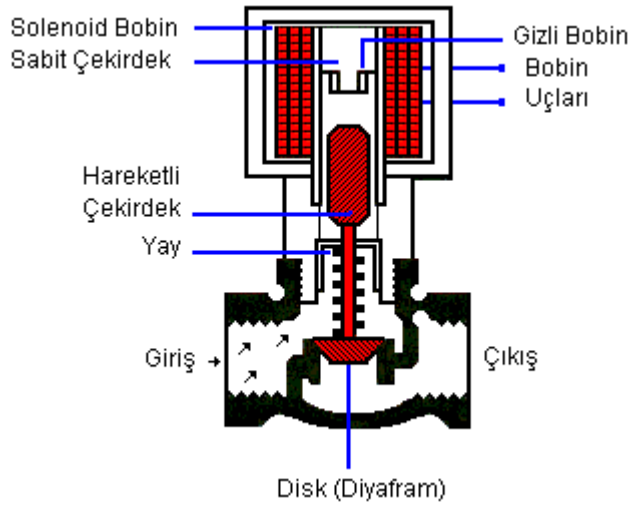


Elektrik enerjisiyle çalışan elektromanyetik musluklara veya vanalara, selenoid valf adı verilir. Selenoid valfler, hava, gaz, su, yağ ve buhar gibi akışkanlar için kullanılırlar. Akışkanlara ait borular, Selenoid valfe vidalanarak veya rakor somunla bağlanırlar.

Bir Selenoid valf elektromıknatis ve musluk olmak üzere iki kısımdan oluşur. Elektromıknatisin bobinleri düşük veya yüksek gerilimde, doğru veya alternatif akımda çalışacak şekilde çok çeşitli olarak yapılırlar.

Bobin içinde bulunan demir nüve, valfin diyaframıyla mekaniksel olarak bağlıdır. Demir nüve ve dolayısıyla diyafram bir yay ile aşağıya doğru bastırıldığından, Selenoid valf normal durumda kapalı olur.

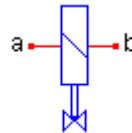
Solenoid valfin bobini şebekeye bağlandığında, demir nüve ve diyafram yukarıya çekilir. Valf açılır ve akışkan sol taraftaki girişten sağ taraftaki çıkışa geçmiş olur.



Solenoid valfler yalnız bir yön için normal olarak çalışırlar. Solenoid valfin sol tarafı çıkış ve sağ tarafı giriş olarak kullanılırsa, Solenoid valf normal görevini yapamaz. Çünkü sağ taraftan gelen akışkan, bobinin enerjilenmediği normal durumda da yay basıncını yenerek diyaframı yukarıya iter ve valfin açılmasına neden olur.

Solenoid valfler iki ve üç yollu olmak üzere iki şekilde yapılırlar.

Şekilde görülen Selenoid valf normal durumda kapalıdır. Bobin enerjilendiğinde, Selenoid valf açılır. Valfler alttaki şekilde sembolize edilirler.



TERMOSTATLAR



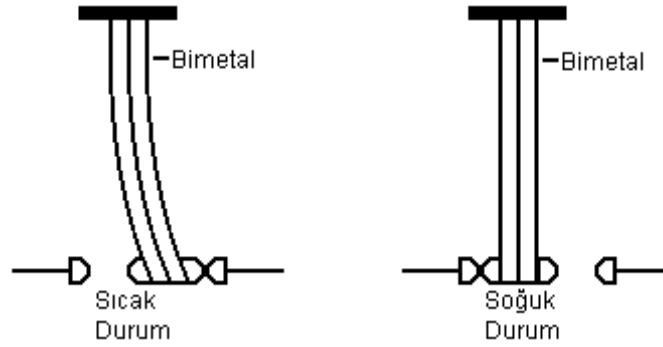
Katı, sıvı ve gazların sıcaklık derecelerinin sabit tutulmasıyla kullanılan kumanda elemanlarına, termostat adı verilir.

Termostatlar elektrikli ısıtıcı veya soğutucuların buldukları yerlerde kullanılırlar.

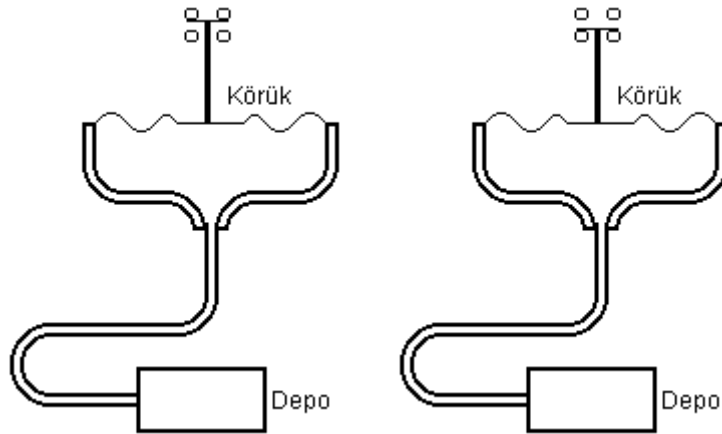
Bir termostat genellikle bimetal ve kontaklar olmak üzere iki kısımdan oluşur.

Isıtıldığında genleşme katsayıları farklı olan iki ince metal plaka birbirine yapıştırılarak bimetal elde edilir.

İki metal birbirine yapışık olduğundan çok uzayan metal kısa kalan metalin üzerine doğru eğilir. Termostadın bimetalini ısıtıldığında şekilde görüldüğü gibi bimetal sağa doğru bükülür. Bimetalin bu hareketi termostadın bir kontağı açar, başka bir kontağı kapatır.

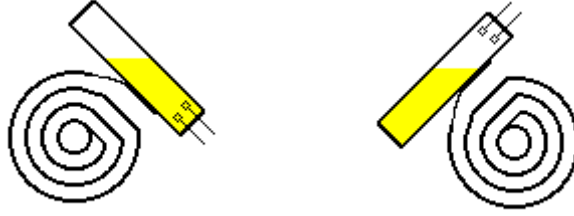


Isı değişimlerini mekanik harekete çevirme, yalnız bimetal ile yapılmaz. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi yüksek genleşme katsayılı sıvı ile doldurulmuş bir körük de aynı görevi yapar. Körük ince ve uzun boruyla küçük bir depoya bağlıdır. Bu elemanlar ve kontaklar termostadı oluşturur. Termostadın küçük deposu sıcaklığın denetleneceği yere konur. Küçük deponun bulunduğu yerdeki sıcaklık derecesi yükseldiğinde, küçük depodaki sıvı genişler. Körüğün diyaframı yukarıya doğru genişler. Termostadın kapalı kontağı açılır, açık kontağı kapanır. Soğumada da bu olayın tersi olur. İnce boru ve ucundaki küçük depo nedeniyle aşağıdaki termostada, kuyruklu termostat adı verilir.

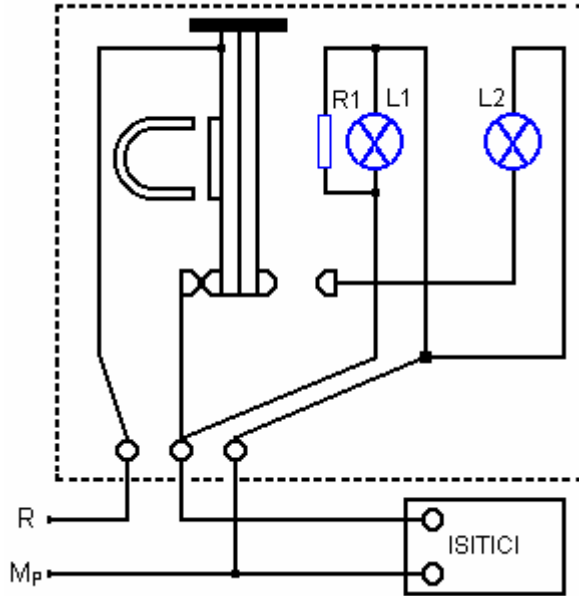


Bazı termostatlarda metal kontaklar yerine civa tüplü kontaklar, düz bimetal yerine sarmal bimetal kullanılır. Cam tüpün sağ ucu aşağıda olduğunda, civa bu tarafta bulunur ve civa kontak parçalarını birleştirir. Tüpün sağ ucu yukarıya kalktığında, civa diğer uca kayar. Kontak parçalarının arası açılır. Böyle bir termostadın bulunduğu yerde sıcaklık düşerse, sarmal bimetal toplanır. Termostat kontağı kapanmışsa açılır, açılmışsa kapanır. Kullanılış

yerlerine göre termostatlar oda, su ve katı madde termostatları olmak üzere üç kısma ayrılırlar.



Kullanılış yerlerine göre termostatlar oda, su ve katı madde termostatları olmak üzere üçe ayrılırlar.



Oda Termostatları: Oda sıcaklığının sabit tutulmasında kullanılan termostatlara denilir.

Örnek: Şekilde iki sinyal lambalı bir oda termostatının yapısı verilmiştir. Ortamın sıcaklık derecesi termostatın ayarlı olduğu sıcaklık derecesinin altına düştüğünde, termostatın sol taraftaki ana kontağı kapanır ve sağ taraftaki yardımcı kontağı açılır. Bu durumda ısıtıcı şebekeye bağlanır ve ortam ısınmaya başlar. Aynı anda (L1) sinyal lambası da yanar.

Ortam ısındıkça, bimetal sağa doğru kıvrılmak ister. Fakat sabit mıknatıs bimetalde hemen bırakmaz. Bimetalde

uygun değerde mekanik gerilme doğunca, bimetal sabit mıknatıstan ani olarak kurtulur. Kontaklar süratli olarak durum değiştirirler. Bu durumda ısıtıcı şebekeden ayrılır. (L1) sinyal lambası söner, (L2) sinyal lambası yanar. Isıtıcı devreden çıkınca, ortam soğumaya başlar. Ortamın sıcaklık derecesi termostatın ayarlı olduğu sıcaklık derecesinin altına düştüğünde, bimetal sola doğru kıvrılmaya başlar. Biraz sonra sabit mıknatıs bimetalde kendine çeker.

Kontaklar yine ani olarak durum değiştirirler. Isıtıcı tekrar şebekeye bağlanır. (L2) sinyal lambası söner, (L1) sinyal lambası yanar. Termostatdaki sabit mıknatıs kontakların hızlı açılıp kapanmalarını sağladığı halde, önemli sakınca yaratır.Örneğin termostat 23C'ye ayarlanmışsa, sabit mıknatıs bimetalde bu sıcaklıkta çeker. Isıtıcı devreye girer ve ortam ısınmaya başlar. Bimetalin sabit mıknatıstan kurtulması için daha büyük bir kuvvet gerekir. Bu kuvvet, ortamın veya termostatın sıcaklık derecesi 33C'ye çıktığında doğar. Bu durumda da

ortam arzulanmayacak kadar fazla ısınmış olur. Yani termostat 23C'de kontağını kapatır, 33C'e kontağını açar. Termostadın açma ve kapama sıcaklık dereceleri arasındaki bu fark, termostadın diferansiyeli adı verilir.

Termostatda diferansiyeli küçültmek için, termostadın içine yapay ısı artışı sağlayan (R1) direnci konur. Termostadın ana kontağı kapanıp ısıtıcı devreye girdiğinde, (R1) direnci de şebekeye bağlanır. Ortam sıcaklığı 25C'ye geldiğinde, (R1) direncinin sağladığı ısı termostadın içindeki sıcaklık 33C'ye yükselir. Bimetal sabit mıknatıstan kurtulur ve devre açılır. Böylece termostadın açma ve kapama sıcaklıkları arasındaki fark (Diferansiyel) 2C'ye düşmüş olur. Diferansiyelin çok küçük olması da, sistemin sık sık çalışıp durmasına neden olduğundan arzu edilmez.

Su Termostatları: Su ve yağ gibi sıvıların sıcaklık derecelerinin sabit tutulmasında kullanılan termostatlara, su termostadı adı verilir. Su termostadlarının yapısı oda termostatlarının yapısına çok benzer. Su termostatlarında ısı değişimlerini mekanik harekete çevirme, düz veya sarmal bimetal ya da sıvı doldurulmuş körükle yapılır. Su termostatlarında da metal veya civa tüplü kontalar kullanılır.

Su termostatlarının düz ve ters olmak üzere iki çeşidi vardır. Düz çalışan termostatlar, sıcaklık derecesi düştüğünde kontaklarını kapatırlar. Sıcaklık derecesi yükselince de kontaklarını açarlar. Düz çalışan su termostatları, sıcaklık derecesinin belirli bir değerden daha yukarıya çıkmaması gereken yerlerde kullanılırlar. Ters çalışan termostatlar, sıcaklık derecesi yükselince kontaklarını kapatırlar. Sıcaklık derecesi düşünce de kontaklarını açarlar. Ters çalışan termostatlar, sıcaklık derecesinin belirli bir değer altına düşmesinin istenmediği yerlerde kullanılırlar. Genellikle düz çalışan termostatlar ısıtıcılarda, ters çalışan termostatlar ise soğutucularda kullanılırlar.

Katı Madde Termostatları: Termostatlar, katı maddelerin sıcaklık derecelerinin denetiminde de kullanılabilirler. Örneğin generatörlerde sargıların ve yatakların sıcaklık dereceleri termostatlarla denetlenebilir. Bu gibi yerlerde kullanılan termostatlar, ya kullanıldıkları yerin sıcaklık derecesini sabit tutarlar veya sıcaklık derecesinin yükseldiğini ilgililere bir bildirim aygıtı ile duyururlar. Katı maddelerin sıcaklık derecelerinin denetiminde kullanılan termostatlar, genellikle kapalı yapılırlar. Bu termostatlar kullanılacakları yere uyan bir yapıya sahiptirler.

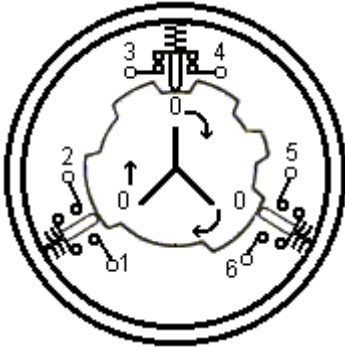
PAKET ŞALTERLER

Bir eksen etrafında döndürülebilin, arka arkaya dizilmiş birçok dilimden oluşan ve çok konumlu olan şalterlere, paket şalter adı verilir. Elektriksel aygıtlara otomatik olarak kumanda etmek, her zaman ekonomik olmaz. Bu nedenle ufak güçlü ve basit aygıtların çalıştırılmaları, daha çok paket şalterlerle yapılır. Paket şalterler, kumanda devrelerinde butonların yerine de kullanılabilirler.



Paket şalterler, arka arkaya dizilmiş ve paketlenmiş birçok dilimden oluşur. Her dilimde bir, iki, üç veya dört kontak bulunur. Arzulanan kontak sayısını elde etmek için, uygun sayıda dilim arka arkaya dizilir. Böylece paket şalterlere istenildiği kadar kontak konabilir. Paket şalterlerin kumandası, üzerlerinde bulunan kolu çevirmekle yapılır. Bu kol çevrildiğinde, paket şalterin kontaktarı açılır ve kapanırlar. Kol azar azar dönecek şekilde yapılırsa, paket şalter çok konumlu olabilir. Çok konumlu paket şalterlerle karmaşık kumanda problemleri çözülebilir.

Üç konumlu bir paket şalterin yapısı ve çalışması şekildeki gibidir. Bu animasyonda paket şalterin yalnız bir dilimi gösterilmiştir. Paket şalterde her dilimi sabit ve hareketli parçalar olmak üzere iki kısımdan oluşur. Sabit parça üzerine kontaktlar yerleştirilir. Bir eksen etrafında dönen hareketli parça ise, girintili ve çıkıntılı biçimde yani eksantrik olarak yapılır. Eksantrik parça üzerindeki girinti ve çıkıntılar, kontaktların açılıp kapanmasını sağlarlar.



Paket şalterin konumlarını görebilirsiniz. Şalterin (0) konumunda (1-2) ve (5-6) nolu kontaktlar açık, (3-4) nolu kontak ise kapalıdır. Dönen eksantrik parça üzerindeki çıkıntılar, kontaktların pimlerini dışarıya doğru iterler. Bu nedenle çıkıntılarının karşılarında bulunan kontaktlar açık olurlar. Eksantrik parça girintilerinin karşısında bulunan kontaktlardaki yaylar, pimleri içeriye doğru iterler. Girintilerin karşılarında bulunan kontaktların kapanmasını sağlarlar.

Paket şalter (1) konumuna çevrildiğinde, şekildeki gibi (1-2) ve (5-6) nolu kontaktlar kapanır. Çünkü bu kontaktların pimleri dönen eksantrik parçadaki girintilerin karşısına gelir. Yaylar kontaktların kapanmasına neden olur. Dönen eksantrik parça üzerindeki çıkıntı (3-4) nolu kontakın pimini dışarıya iter ve bu kontak açılır.

Paket şalter (2) konumuna çevrildiğinde, şekilde görüldüğü gibi (3-4) nolu kontak kapanır. Çünkü bu kontakın pimi dönen eksantrik parça üzerindeki girintinin karşısına gelir ve yay bu kontakın kapanmasına neden olur. Paket şalterin (2) konumunda (1-2) ve (5-6) nolu kontaktlar gene kapalı kalırlar. Bu

kontakların pimleri dönen eksantrik parçadaki girintilerin karşısına gelir. Yaylar bu kontakların kapanmasına neden olur.

Paket şalterin (1) ve (2) konumlarında, (1-2) ve (5-6) nolu kontaklar hep kapalı kalır. Bunlardan (1-2) nolu kontak, (1) konumundan (2) konumuna geçerken hiç açılmaz yani durumunu aynen korur. Hâlbuki (5-6) nolu kontak (1) konumundan (2) konumuna geçerken, dönen eksantrik parçadaki çıkıntı nedeniyle önce açılır, sonra tekrar kapanır.

Standart paket şalterler şunlardır;

0 – 1 (On-Off)



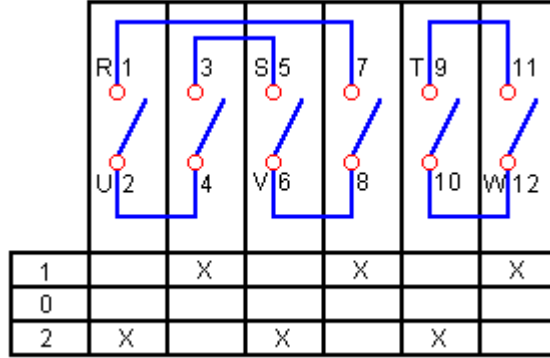
	R	S	T
0 1 ↑	1 ○ 2 U	3 ○ 4 V	5 ○ 6 W
0			
1	X	X	X

0 – 1 - Start (Tek Fazlı Asenkron Motora Yol Verme)

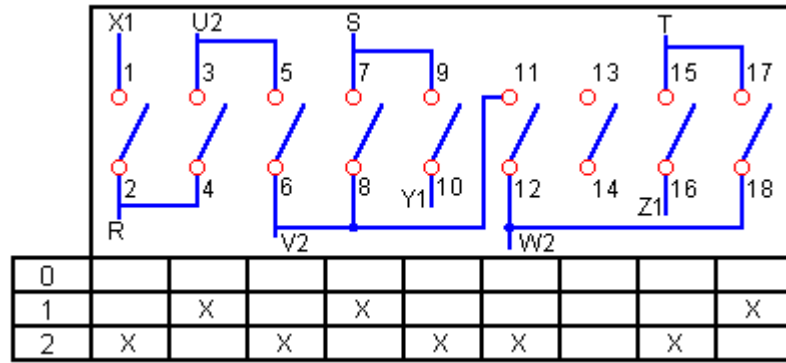


	R	S	T
0 1 S ↑	1 ○ 2 U	3 ○ 4 V	5 ○ 6 W
0			
1	X		X
Start	X	X	X

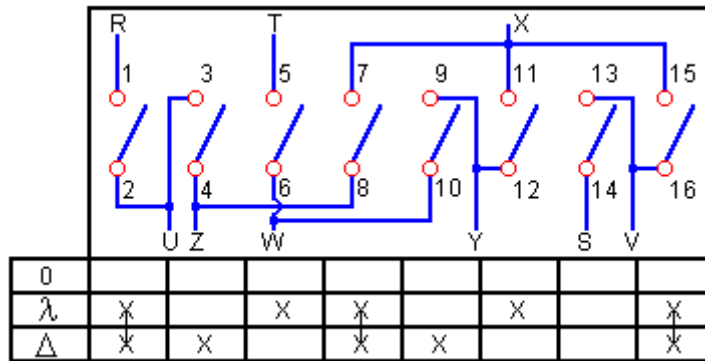
1 – 0 – 2 (Dönüş Yönü Değişirme)

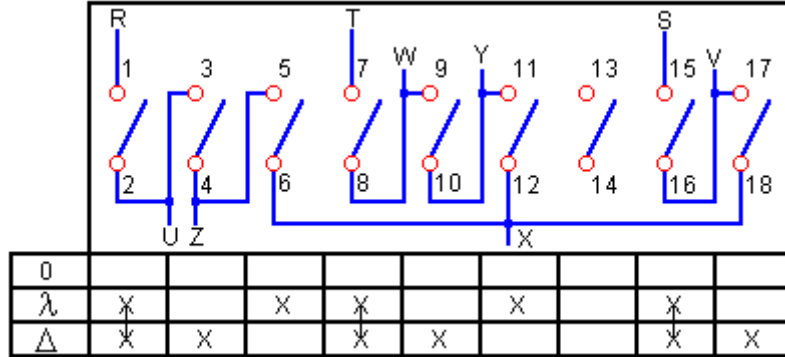


0 – 1 – 2 (Çift Devirli Yol Verme)



0 - Yıldız – Üçgen

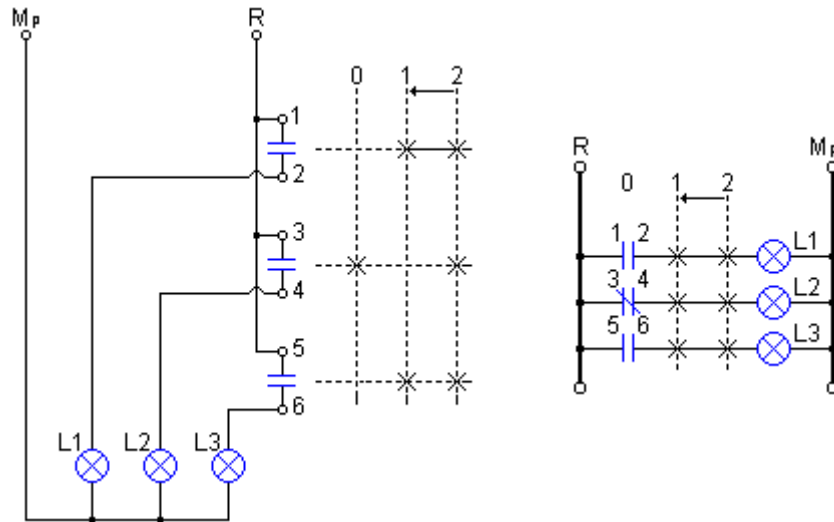


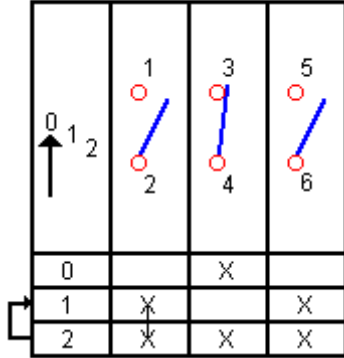


ÖRNEKLER:

1) Paket şalter ile sinyal lambalarının kontrolü

Bu devrelerin her ikisinde de aşağıda yapısı ve çalışması açıklanan üç konumlu ve üç kontaklı yaylı paket şalter kullanılmıştır. Bu paket şalter ile üç sinyal lambasının kumandası yapılmaktadır. Paket şalterler elektrik devrelerinde aşağıdaki şekilde gösterilirler.





Paket şalterin (0) konumunda (3–4) nolu kontak kapalı olduğundan, yalnız (L2) lambası yanar. (0) konumunda (L1) ve (L3) lambaları sönmüş kalırlar.

Paket şalter (1) konumuna çevrildiğinde, (3–4) nolu kontak açılır, (1–2) ve (5–6) nolu kontaklar kapanır. Yanan (L2) lambası söner, sönmüş olan (L1) ve (L3) lambaları yanarlar.

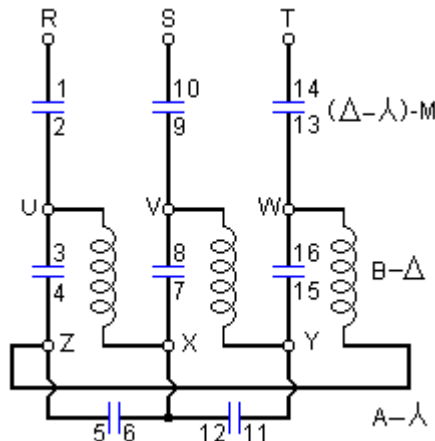
Paket şalter (2) konumuna çevrildiğinde, (3–4) nolu kontak kapanır. Sönmüş olan (L2) lambası yanar. Paket şalterin (2) konumunda (1–2) ve (5–6) nolu kontaklar kapalı kaldıklarından, (L1) ve (L3) lambaları yanmaya devam ederler.

(1–2) nolu kontak (1) konumundan (2) konumuna geçerken açılmayacağından, (L1) lambası bu geçiş anında sönmüş. Hâlbuki (5–6) nolu kontak (1) konumundan (2) konumuna geçerken ilk önce açılır, sonra tekrar kapanır. Bu nedenle geçiş anında (L3) lambası önce söner, sonra tekrar yanar. (2) konumundan (1) konumuna çizilmiş olan ok, paket şalterin yaylı olduğunu gösterir.

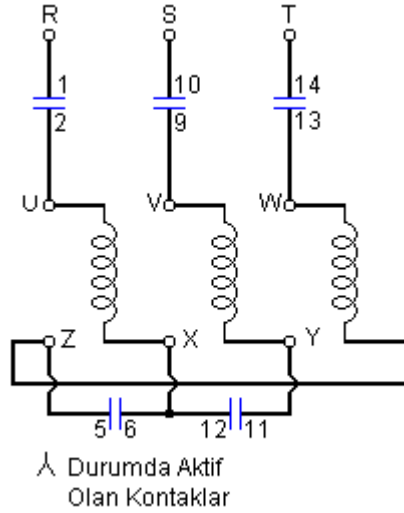
Paket şalter (2) konumuna çevrildikten sonra serbest bırakılırsa, o konumda kalmaz ve (1) konumuna döner.

2) Üç fazlı bir asenkron motora yıldız-üçgen paket şalterle yol verilmesi

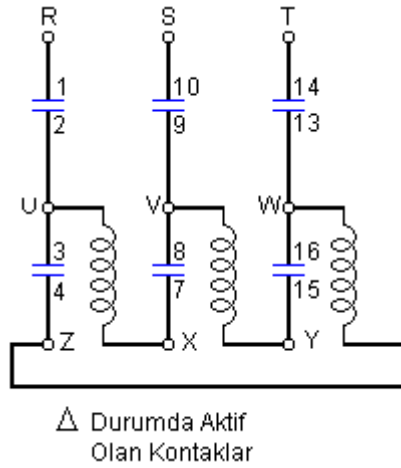
Çok kontaklı ve çok konumlu bir paket şalterin bağlantı şemasını ilk örnekte olduğu gibi çizmek oldukça güçtür. Bu gibi durumlarda paket şalterin kontaklarıyla bağlantı şeması en basit şekilde çizilir. Kontakların açılıp kapanmaları ayrı bir diyagramla gösterilir.



Yıldız-Üçgen bağlantı

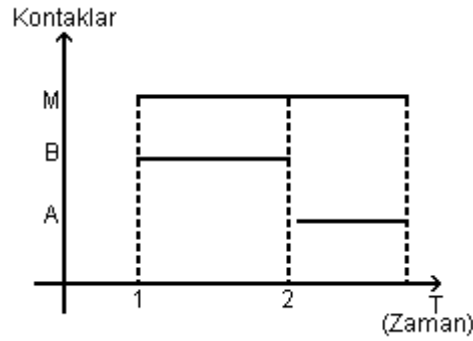
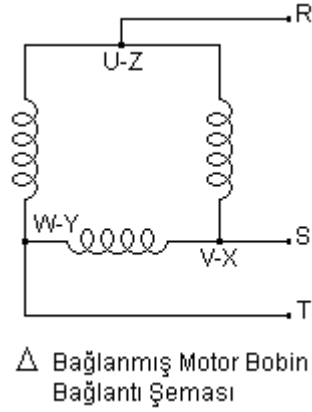
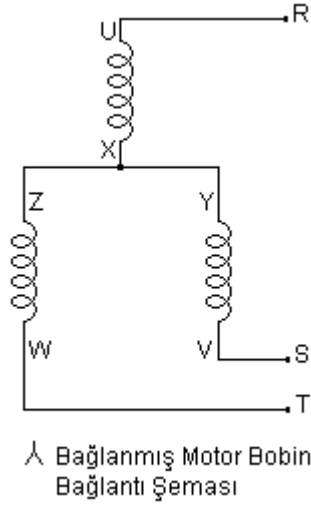


Yıldız bağlantı

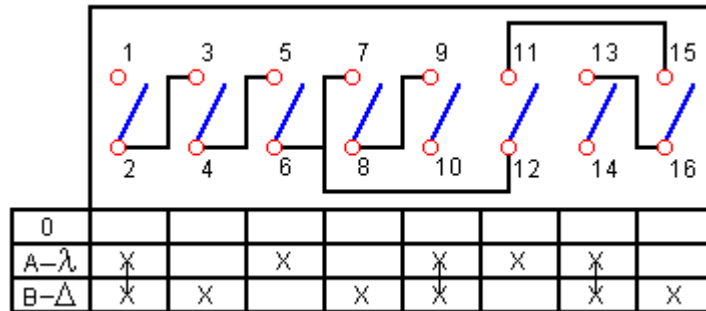


Üçgen bağlantı

Şekilde üç fazlı bir asenkron motora yıldız-üçgen paket şalterle yol verilmesine ait bağlantı şeması verilmiştir. Bu bağlantıda üç konumlu ve sekiz kontaklı bir paket şalter kullanılmıştır.

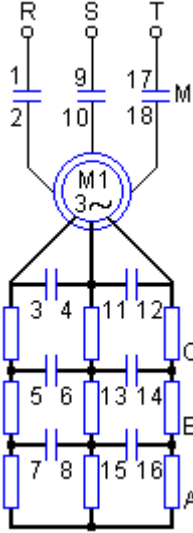


Paket şalterde bulunan kontakların açılıp kapanmaları yukarıda görülmektedir. Paket şalterin (0) konumunda bütün kontaklar açıktır. Paket şalter (1) konumuna çevildiğinde, diyagramdan görüleceği üzere (M) ve (A) kontakları kapanır. Güç devresinde kapanan (M) ve (A) kontakları, motoru yıldız olarak şebekeye bağlar. Böylece asenkron motor yol almaya başlar. Bir süre sonra paket şalter (2) konumuna çevrilir. Paket şalterin bu konumunda (M) kontakları gene kapalı kalır. Yalnız (A) kontakları açılır ve kısa bir süre sonra (B) kontakları kapanır. Güç devresinde kapanan (B) kontakları motoru üçgen bağlar. Böylece asenkron motor yol almış ve üçgen çalışmaya başlamış olur.



3) Rotoru sargılı bir asenkron motora paket şalterle yol verilmesi

Şekilde rotoru sargılı bir asenkron motora paket şalterle yol verilmesine ait bağlantı şeması verilmiştir. Bu bağlantıda beş konumlu ve dokuz kontaklı bir paket şalter kullanılmıştır.



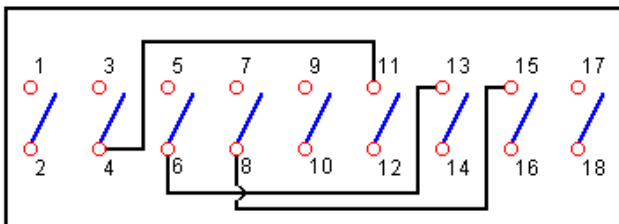
Asenkron motor devresine üç kademe yol verme direnci bağlanmıştır. Paket şalter (0) konumundayken bütün kontaklar açıktır. Paket şalter (1) konumuna çevrildiğinde diyagramdan görüleceği üzere (M) kontakları kapanır.

Yandaki şekilde görülen güç devresinde (M) kontakları kapanınca, rotor devresinde üç kademe direnç bağlı iken, motor yol almaya başlar. Bir süre sonra paket şalter (2) konumuna çevrilir. Diyagramdan görüleceği üzere, şalterin bu konumunda (M) kontakları kapalı kalırken, ayrıca (A) kontakları da kapanır.

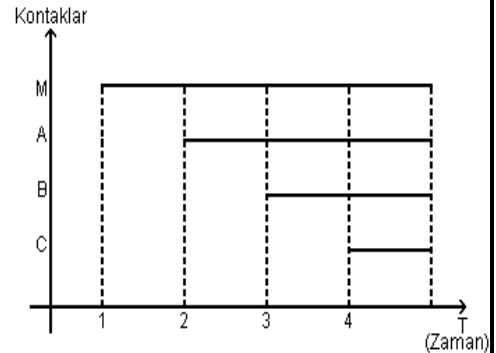
Güç devresinde kapanan (A) kontakları, dirençlerin birinci kademesini kısa devre ederler. Motorun devir sayısı yükselmeye devam eder. Bir süre sonra paket şalter (3) konumuna çevrilir. Paket şalterin bu konumunda (M) ve (A) kontakları kapalı kalır. Ayrıca (B) kontakları da kapanır.

Güç devresinde kapanan (B) kontakları, dirençlerin ikinci kademesini kısa devre ederler. Motorun devir sayısı artmaya devam eder. Bir süre sonra da paket şalter (4) konumuna çevrilir. Paket şalterin bu konumunda (M), (A) ve (B) kontakları kapalı kalır. Ayrıca (C) kontakları da kapanır.

Güç devresinde kapanan (C) kontakları, dirençlerin üçüncü kademesini kısa devre ederler. Böylece rotor dirençlerinin hepsi devreden çıkarılmış ve motora yol verilmiş olur.



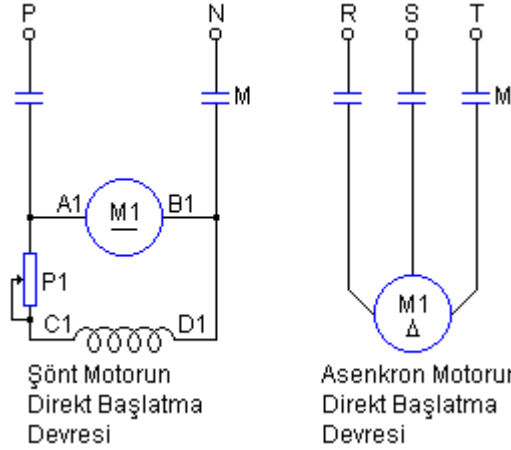
0									
1	X				X				X
2	X			X	X			X	X
3	X		X	X	X		X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X



HAREKET SİSTEMLERİ

Genel bilgiler

Bir motor, yol alma anında kendisine, devresine ve şebekeye zarar vermeyecek büyüklükte akım çekiyorsa, böyle bir motor direkt olarak şebekeye bağlanabilir.



Yukarıdaki şekilde verilen bir şönt motorun ve bir asenkron motorun direkt olarak şebekeye bağlanması için, M kontaklarının kapanması gerekir. Devreye bağlanan bu motorlar M kontakları açılıncaya kadar çalışmaya devam ederler.

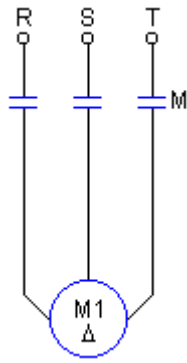
M kontakları açılınca, çalışan motorlar durur. M kontaklarını açıp kapayacak M kontaktör bobini, devreye çeşitli şekillerde bağlanabilir. Ayrıca M kontakları kısa veya uzun süre kapatılarak, motorların kesik veya sürekli çalışması sağlanabilir. Bu bölümde kesik ve sürekli çalıştırma, paket şalterle, butonla ve uzaktan kumanda yöntemleri anlatılacaktır.

KESİK VE SÜREKLİ ÇALIŞTIRMA

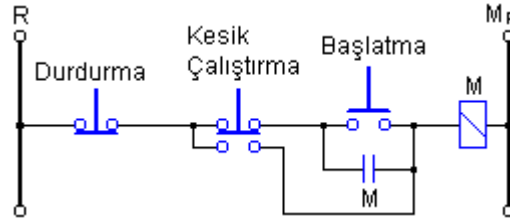
Bazı hareketli aygıtlarda (iş tezgâhlarında ve vinçlerde) motorların hem sürekli ve hem de kesik olarak çalıştırılmaları istenebilir. Bir motorun kesik çalıştırılmasına, genellikle hareket eden parçanın durumunu ayarlamak için ihtiyaç duyulur.

Örnek 1: Güç ve kumanda devresinde tek kontaktör olan kesik ve sürekli çalıştırma devresi

Şekilde motorları kesik ve sürekli çalıştıracak bir kumanda devresi görülmektedir. Bu devrede Başlatma butonuna basıldığında, M kontaktörü enerjilenir. Güç devresinde normalde açık M kontakları kapanır. Kumanda devresinde kapanan M kontağı, Başlatma butonunu mühürler. Durdurma butonuna basılıncaya kadar M kontaktörü ve motor sürekli olarak çalışır.



Güç devresi

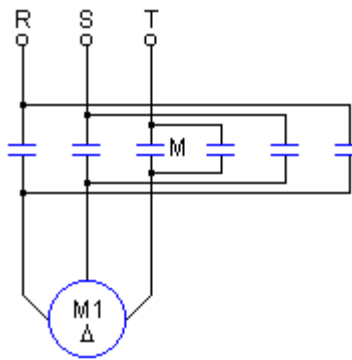


Kumanda devresi

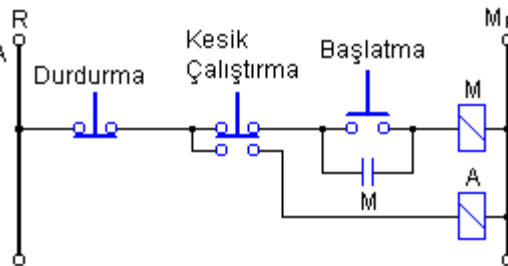
Aynı devrede kesik çalıştırma butonuna basıldığında, R fazından gelen akım durdurma butonundan ve kesik çalıştırma butonunun alt kontaklarından geçerek, M kontaktörünü enerjilendirir. Güç devresinde M kontaktörleri kapanır ve motor direkt olarak şebekeye bağlanır. M kontaktörünün ve motorun çalışması, kesik çalıştırma butonuna basıldıkça devam eder.

Motor sürekli çalışırken, Kesik Çalıştırma butonuna basılırsa, kumanda devresi kesik çalıştırma görevi yapmaya başlar. Motor kesik çalıştırılırken, kumanda devresinde M mühürleme kontağı da kapanır. Kesik Çalıştırma butonu ani olarak serbest bırakıldığında, M mühürleme kontağı açılmadan, Kesik Çalıştırma butonunun üst kontakları kapanabilir. Bu durumda motor sürekli çalışmaya başlar. Motorun durması beklenirken çalışmaya devam etmesi, bu devrenin önemli bir sakıncasıdır.

Örnek 2: Güç ve kumanda devresinde çift kontaktör olan kesik ve sürekli çalıştırma devresi



Güç devresi



Kumanda devresi

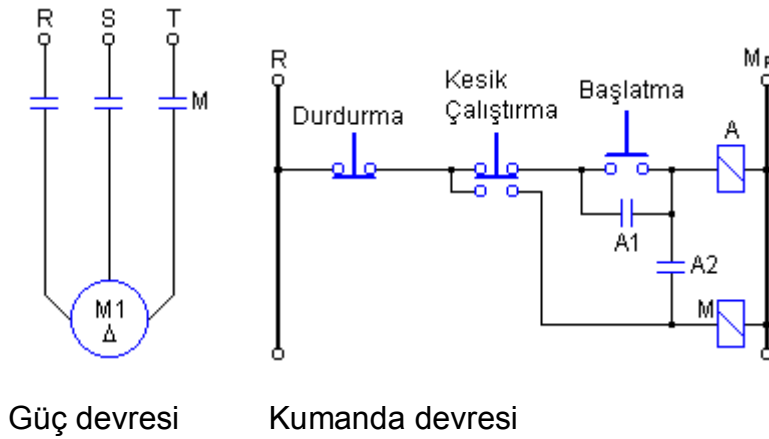
Şekilde motorları kesik ve sürekli çalıştırabilecek çift kontaktörlü bir kumanda devresi verilmiştir. Burada A ve M büyük güçlüdür.

Bu devrede Başlatma butonuna basıldığında, M kontaktörü enerjilenir. Güç devresinde normalde açık M kontaktörleri kapanır. Kumanda devresinde

kapanan M kontağı, Başlatma butonunu mühürler. Durdurma butonuna basılıncaya kadar M kontaktörü ve motor sürekli olarak çalışır.

Aynı devrede Kesik Çalıştırma butonuna basıldığında, R fazından gelen akım durdurma butonundan ve kesik çalıştırma butonunun alt kontaklarından geçerek, A kontaktörünü enerjilendirir. Güç devresinde A kontakları kapanır ve motor direkt olarak şebekeye bağlanır. A kontaktörünün ve motorun çalışması, Kesik Çalıştırma butonuna basıldıkça devam eder. Motor sürekli çalışırken, Kesik Çalıştırma butonuna basılırsa, kumanda devresi kesik çalıştırma görevi yapmaya başlar.

Örnek 3: Güç devresinde tek, kumanda devresinde çift kontaktör olan kesik ve sürekli çalıştırma devresi



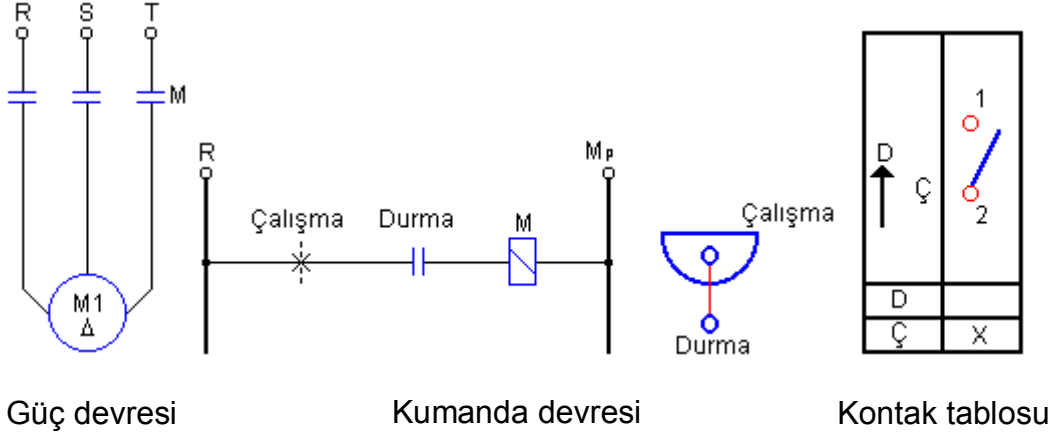
Örnek 1'deki kumanda devresinde bulunan sakınca, bir rölenin eklendiği yandaki şekilde görülmez. Burada A küçük güçlü, M ise büyük güçlüdür.

Şekilde verilen kumanda devresinde başlatma butonuna basıldığında, R fazından gelen akım durdurma, Kesik Çalıştırma ve Başlatma butonlarından geçerek, A rölesini enerjilendirir. Kapanan A1 kontağı Başlatma butonunu mühürler. Kapanan A2 kontağı ise M kontaktörünü enerjilendirir. Güç devresinde M kontakları kapanır ve motor direkt olarak şebekeye bağlanır.

Durdurma butonuna basılıncaya kadar, motor sürekli olarak çalışır. Motor dururken veya çalışırken Kesik Çalıştırma butonuna basılırsa, motor kesik çalışmaya başlar. Bu durumda R fazından gelen akım, Durdurma butonundan ve Kesik Çalıştırma butonunun alt kontaklarından geçerek, M kontaktörünü enerjilendirir. Güç devresinde M kontakları kapanır ve motor direkt olarak şebekeye bağlanır. Kesik Çalıştırma butonuna basıldıkça, motor çalışmaya devam eder. Kesik Çalıştırma butonu ani olarak serbest bırakılsa bile, çalışan motor hemen durur.

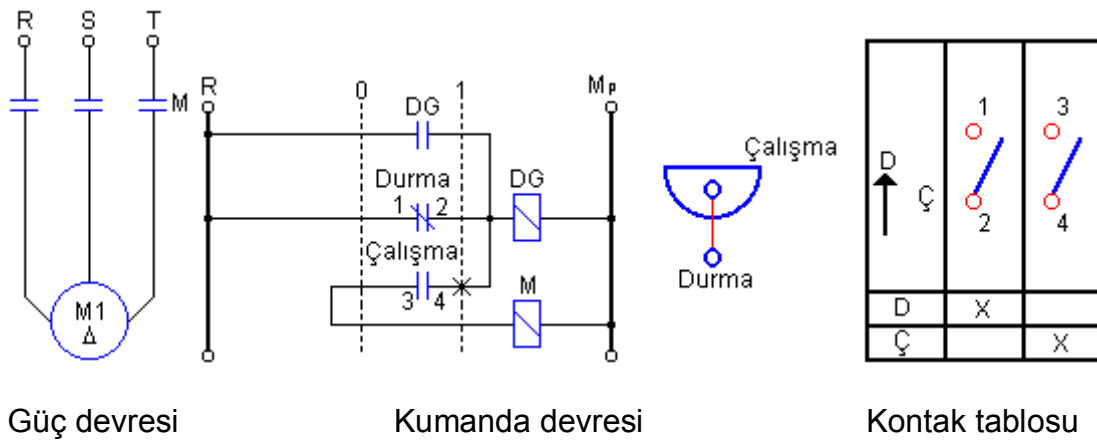
PAKET ŞALTERLE KUMANDA

Örnek 1: Bu örnekte kalıcı paket şalterle yapılan bir kumanda devresi verilmiştir. Paket şalterin çalışma ve durma olmak üzere iki konumu vardır.



Durma konumunda paket şalterin kontağı açıktır. Paket şalterin kolu çalışma konumuna getirildiğinde, paket şalterin kontağı kapanır. M kontaktörü enerjilenir. Güç devresinde M kontakları kapanır ve motor direkt olarak şebekeye bağlanır. Paket şalterle yapılan bu kumanda devresi, kalıcı butonlarla yapılan kumanda devrelerinin özelliğine sahiptir.

Örnek 2: Alttaki şekilde bir kalıcı paket şalterle yapılan kumanda devresi verilmiştir. Bu paket şalterin de çalışma ve durma olmak üzere iki konumu vardır. Bu kumanda devresinde bir de DG düşük gerilim rölesi kullanılmıştır. Paket şalter durma konumundayken, R fazından gelen akım şalterin üst kontağından geçerek DG düşük gerilim rölesinden devresini tamamlar. G düşük gerilim rölesi enerjilenir ve kumanda devresinde bulunan DG kontağını kapatır.



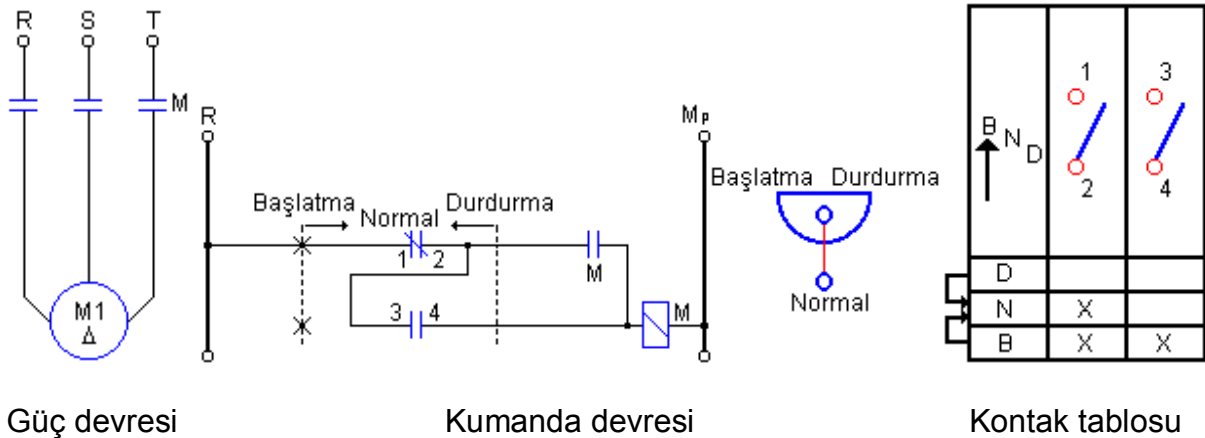
Paket şalterin kolu çalışma konumuna çevrildiğinde, şalterin üst kontağı açılır ve alt kontağı kapanır. R fazından gelen akım DG kontağından geçerek DG

düşük gerilim rölesi üzerinden devresini tamamlar. Böylece DG düşük gerilim rölesi sürekli olarak çalışır.

DG kontağından geçen akımın bir kısmı, paket şalterin alt kontağından da geçerek M kontaktörünü enerjilendirir. Güç devresinde M kontaktörleri kapanır. Motor şebekeye direkt olarak bağlanır. Motorun çalışması, şalter kolu durma konumuna getirilinceye kadar devam eder. Motor çalışırken şebeke gerilimi düşer veya kesilirse, çalışan DG rölesi ve M kontaktörü açılır. Çalışan motor durur. Normal gerilim tekrara geldiğinde, şalterin üst kontağı ve DG kontağı açık olduğundan, DG rölesi ve M kontaktörü enerjilenemez.

Motoru tekrar çalıştırmak için, şalter kolu önce durma konumuna getirilir. Sonra tekrar çalışma konumuna çevrilir. Yani kumanda devresi, ani temaslı butonlarla yapılan kumanda devrelerinin özelliğini taşır.

Örnek 3: Şekilde yaylı paket şalterle yapılan bir kumanda devresi verilmiştir. Bu devrede kullanılan paket şalterin başlatma, normal ve durdurma olmak üzere üç konumu vardır. Şalter kolu başlatma veya durdurma konumlarına çevrilirse, kol çevrildiği durumda kalmaz. Bir yay, kolun normal konumuna dönmesini sağlar.



Paket şalterin kolu başlatma konumuna getirildiğinde, şalterin üst ve alt kontaktörleri kapanır. R fazından gelen akım her iki şalter kontağından geçerek, M kontaktörünü çalıştırır.

Paket şalterin kolu serbest bırakıldığında, kol normal konumuna döner. Bu durumda şalterin üst kontağı kapalı kalır, alt kontağı açılır. R fazından gelen akım şalterin üst kontağından ve kapanmış M mühürleme kontağından geçerek, M kontaktörünü sürekli olarak çalıştırır. Güç devresinde M kontaktörleri kapanır. Motor şebekeye bağlanır.

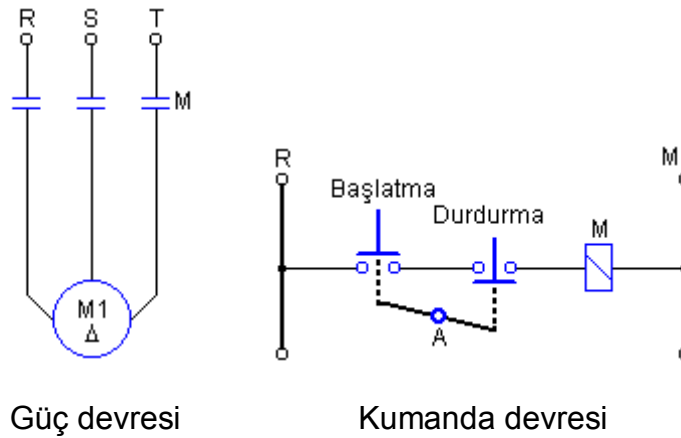
Paket şalterin kolu durdurma konumuna çevrilinceye kadar motor çalışmaya devam eder. Kol durdurma konumuna çevrildiğinde, şalterin her iki kontağı

açılır. M kontaktörünün enerjisi kesilir ve motor durur. Yani kumanda devresi, ani temaslı butonlarla yapılan kumanda devrelerinin özelliğine sahiptir.

BUTONLA KUMANDA

Motorların direkt başlatılmalarında butonlar daha çok kullanılırlar. Butonlarla yapılan kumanda devrelerinin çeşitleri, çalışmaları ve özellikleri aşağıdaki kısımlarda açıklanacaktır:

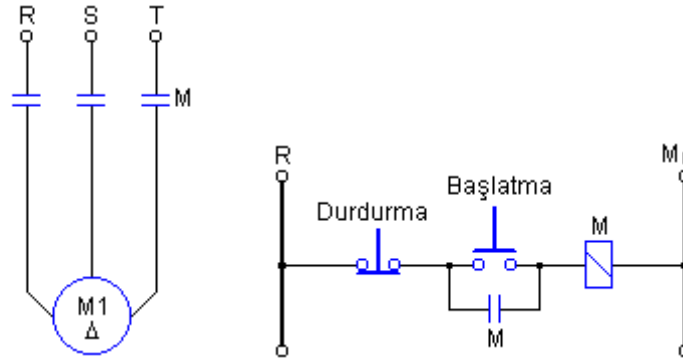
Örnek 1: Şekilde kalıcı butonlarla yapılan bir güç ve kumanda devresi görülmektedir. Bu devrede kullanılan butonların arasında mekanik bir bağ vardır. Bağı sağlayan kol A noktası etrafında dönebilir.



Bu devrede başlatma butonuna basıldığında, bu buton ve mekanik bağ nedeniyle durdurma butonu kapanır. M kontaktörü çalışır. Güç devresinde M kontaktörü kapanır.

Motorlar direkt olarak devreye bağlanır. Durdurma butonuna basılınca, durdurma butonu mekanik bağ nedeniyle başlatma butonu açılır. M kontaktör bobininin akımı kesilir. Çalışan motor durur. Kalıcı butonlarla yapılan devrede M kontaktörü çalışırken şebeke gerilimi düşer veya kesilirse, M kontaktörü açılır ve motor durur. Normal gerilim tekrar geldiğinde, başlatma ve durdurma butonları durumlarını koruduklarında, M kontaktörü tekrar çalışır. Bu özelliği nedeniyle kalıcı butonlar pompalar, kompresörler, aspiratörler ve vantilatörlerin kumanda devrelerinde kullanılır.

Örnek 2: Şekilde ani temaslı butonlarla yapılan bir kumanda devresi görülmektedir. Bu devrede kullanılan butonların her ikisi de yaylıdır. Ani temaslı bir buton basılıp serbest bırakılırsa, yay butonun normal konumuna dönmesini sağlar. Motor devreye direkt olarak bağlanır.



Güç devresi

Kumanda devresi

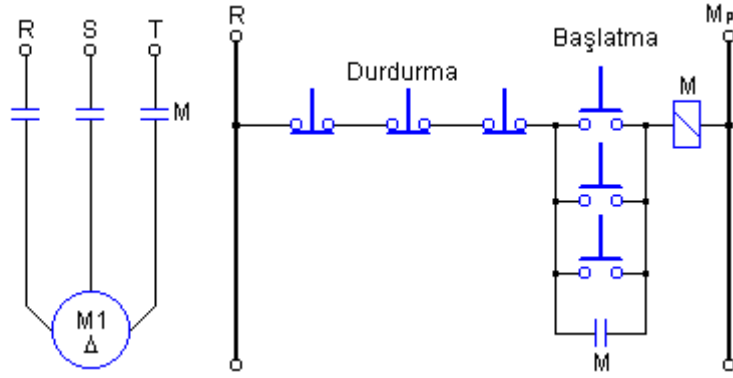
Devrede başlatma butonuna basıldığında, M kontaktörü enerjilenir. M kontakları kapanır ve kumanda devresinde bulunan normalde açık M kontağına, mühürleme kontağı adı verilir. M kontaktörü çalışınca, mühürleme kontağı da kapanır. Başlatma butonu serbest bırakılınca, M kontaktörünün bobin akımı kendi kontağı üzerinden devresini tamamlar. Bu nedenle motorların sürekli çalışması için, başlatma butonuna devamlı olarak basmak gerekmez.

Durdurma butonuna basıldığında, M kontaktör bobininin akımı kesilir. Güç devresinde M kontakları açılır ve çalışan motor durur. Normal gerilim tekrar geldiğinde, başlatma butonu ve M mühürleme kontağı açık olduğundan, M kontaktörü çalışmaz. Devrenin bu özelliği nedeniyle ani temaslı butonlar genellikle iş tezgâhlarının kumandasında kullanılırlar.

UZAKTAN KUMANDA

Motorlar birden fazla başlatma butonuyla çalıştırılıp, birden fazla durdurma butonuyla durdurulursa, böyle bir çalışmaya uzaktan kumanda adı verilir.

Uzaktan kumanda devrelerinde durdurma butonları birbirine seri, başlatma butonları birbirine paralel bağlanırlar. Böyle bir devrede başlatma butonlarından birine basıldığında, R fazından gelen akım durdurma butonlarından ve basılmış olan başlatma butonunu geçerek, M kontaktörünü enerjilendirir. M kontağı kapanır ve başlatma butonlarını mühürler. Güç devresinde kapanan M kontakları, motoru direkt olarak şebekeye bağlar. Diğer bir başlatma butonuna basılırsa, kumanda devresi tekrar aynı şekilde çalışır. Yani M kontaktörü enerjilenir ve motor çalışmaya başlar.



Güç devresi

Kumanda Devresi

Çalışan motoru durdurmak için, durdurma butonlarından birine basılır. Bu durumda M kontaktörünün enerjisi kesilir. Güç devresinde kapanmış olan M kontaktarı açılır ve motor durur. Paket şalterlerle de motorların uzaktan kumandası yapılabilir. Yalnız kalıcı paket şalterler uzaktan kumanda devrelerinde kullanılamazlar.

DÖNÜŞ YÖNÜ DEĞİŞTİRME

Genel bilgiler

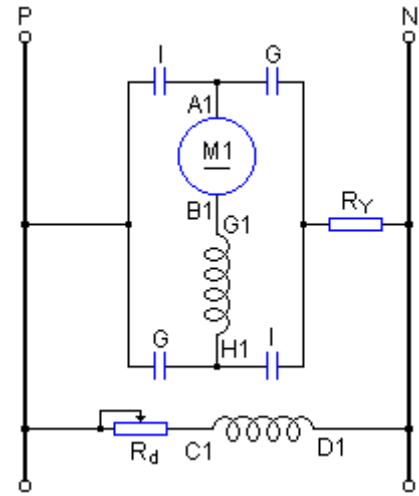
Doğru akım motorlarının dönüş yönünü değiştirmek için, bağlantıda endüvi veya uyarım sargısının uçları değiştirilir. Kumanda devrelerinde genellikle endüvi uçları değiştirilerek, motorun dönüş yönü değiştirilir. Böylece motorun maksimum momentle yol alması sağlanmış ve kontaklardaki arkın çok büyümesi önlenmiş olur.

Bir doğru akım motorunun maksimum momentle yol alması için, motorun uyarım sargısı şekilde olduğu gibi direkt olarak şebekeye bağlı tutulur.

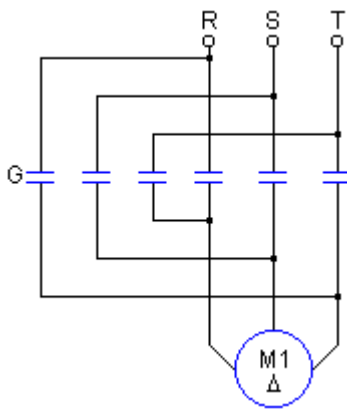
(I) ve (G) kontaklarıyla da endüvi uçları, dolayısıyla endüviden geçen akımın yönü değiştirilir. Böyle bir devrede (I) kontakları kapandığında, akım endüviden yukarıdan aşağıya doğru geçer.

Motor ileri yönde döner. Motorun dönüş yönü, (I) kontaklarının açılması ve (G) kontaklarının kapanmasıyla değiştirilir.

(G) kontakları kapanınca, akım endüviden aşağıdan yukarıya doğru geçer. Motor geri yönde döner. Endüvi uçları veya endüviden geçen akımın yönü değişince, motorun dönüş yönü değiştirilmiş olur. Bir fazlı asenkron motorların dönüş yönünün değiştirilmesi, ana ve yardımcı sargının uçlarını değiştirmekle



sağlanır. Böyle bir devrenin şeması yandaki şekilde verilen doğru akım motorunun güç devresine çok benzer.



Üç fazlı asenkron motorların dönüş yönünü değiştirmek için, motora giden iki fazın yerini değiştirmek gerekir.

Yandaki şekilde verilen üç fazlı asenkron motor devresinde (I) kontaktları kapandığında, üç faz motora (R), (S), (T) sırasıyla bağlanır ve motor ileri yönde döner.

Aynı devrede (I) kontaktları açılıp (G) kontaktları kapandığında, motora bağlanan fazların sırası (T), (S), (R) olur. Motor geri yönde döner.

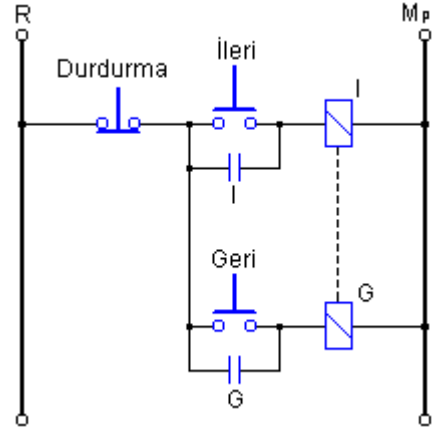
Gerek doğru ve gerekse alternatif akım devrelerinde dönüş yönü değiştirilirken, (I) ve (G) kontaktlarının çok kısa bir süre beraberce kapalı kalmaları, kısa devreye neden olur. Bir kısa devre ise devrenin çeşitli yerlerinde büyük zararlara yol açar. Dönüş yönünün değiştirilmesinde bir kısa devreyi önlemek için, üç çeşit kilitleme kullanılır. Bunlar bölüm başlığı altındaki kısımlarda ayrı ayrı açıklanacaktır.

MEKANİK KİLİTLEME

Kumanda devrelerinde mekanik kilitleme, şekilde görüldüğü gibi kontaktör bobinlerini birbirine bağlayan kesik çizgilerle gösterilir.

İki kontaktörün paletleri bir eksen etrafında dönebilen bir çubukla birbirine bağlarsa, bu bağlantıya mekanik kilitleme adı verilir.

Mekanik kilitlemeli kontaktörlerde her iki kontaktöre ait kontaktlar aynı anda kapanamazlar. Bu nedenle mekanik kilitlemeli devrelerde bir kısa devre meydana gelmez.



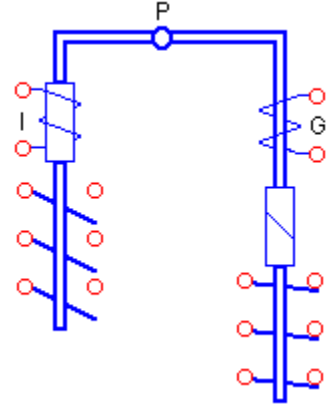
Hatta kısa devre nedeniyle bir kontaktörün kontaktları kaynamışsa, diğer kontaktör enerjilendiğinde birbirine yapışmış olan kontaktları açar.

Eğer yapışmış kontaktları açamazsa, kendi kontaktlarını kapayamaz. Böylece her iki kontaktöre ait kontaktların beraberce kapalı kalmaları ve bir kısa devreye neden olmaları önlenmiş olur. Bu özellik mekanik kilitlemenin en büyük üstünlüğüdür.

Mekanik kilitleme genellikle doğru akımda çalışan kontaktörlerde kullanılır.

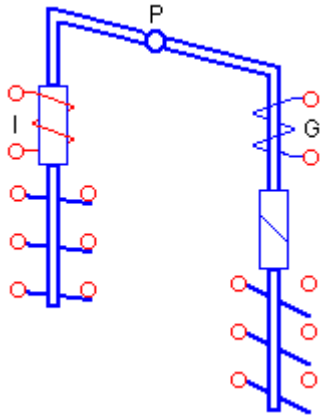
Sakıncalı olduğu halde mekanik kilitlemenin alternatif akımda çalışan kontaktörlerde de kullanıldığı görülür.

Yandaki şekil, motoru ileri yönde döndürecek bir (I) kontaktörünün enerjili durumunu göstermektedir.



Doğru akımla beslenen bir kumanda devresinde (I) kontaktörü çalışırken (G) kontaktörü enerjilenirse, (G) kontaktörü paletini çekip kontaklarını kapatamaz. Çünkü (G) kontaktörünün paleti demir nüvesinden uzakta bulunur.

Bu nedenle (G) kontaktörünün paletini çekme kuvveti, (I) kontaktörünün paletini çekme kuvvetinden daha küçük olur.



(G) kontaktörü kontaklarını kapatıp dönüş yönünü değiştiremez. Alternatif akımla beslenen bir kumanda devresinde (I) kontaktörü çalışırken (G) kontaktörü enerjilenirse, bu kontaktör de paletini çekip kontaklarını kapatamaz.

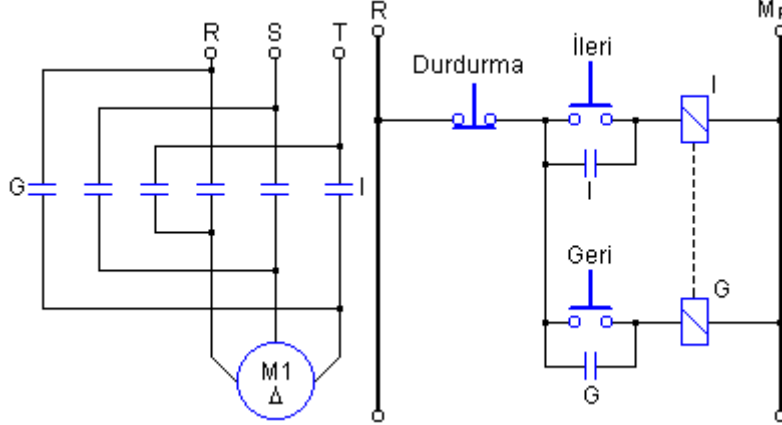
Ayrıca manyetik devresi açık kaldığından, bobin empedansı çok düşer. Bobin fazla akım çeker ve yanar.

Kumanda devrelerinde mekanik kilitleme kontaktör bobinlerini birbirine bağlayan kesik çizgilerle gösterilir.

ÖRNEKLER

1-)Butonlarla dönüş yönünün değiştirilmesi

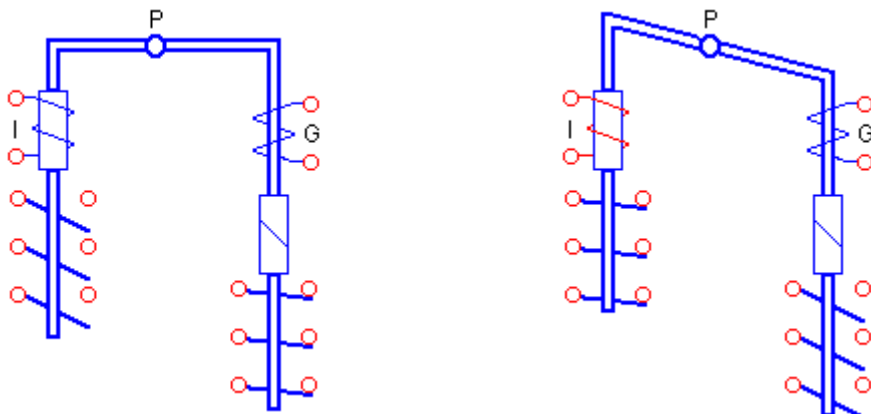
Şekilde butonlarla yapılan ve dönüş yönünün değiştirilmesinde kullanılan bir bağlantı şeması verilmiştir. Bu bağlantıda ileri butonuna basıldığında, (I) kontaktörü enerjilenir. Güç devresinde (I) kontakları kapanır. Motor ileri yönde döner. Kumanda devresinde kapanan (I) kontağı, ileri butonunu mühürler.



Güç devresi

Kumanda devresi

Durdurma butonuna basılıncaya kadar, motor ileri yönde sürekli çalışır. Motor ileri yönde dönerken geri butonuna basılırsa, (G) kontaktörü enerjilenir. Fakat paletini çekip kontaklarını kapatamaz. Böylece güç devresinde doğacak bir kısa devre önlenmiş olur. Motorun dönüş yönünü değiştirmek için ilk önce durdurma butonuna, sonra da geri butonuna basmak gerekir.

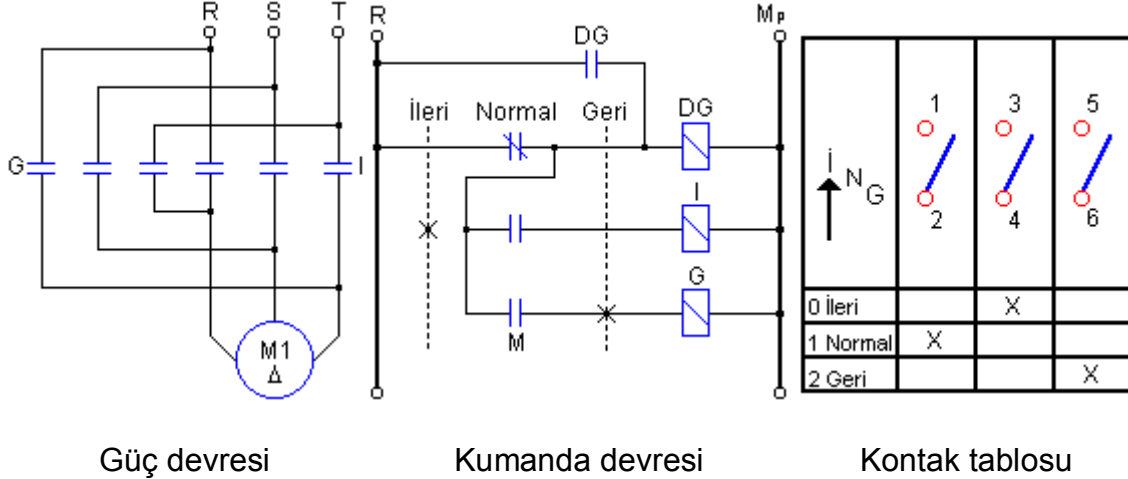


Enerji yokken paletlerin durumu

Enerji verildikten sonra paletlerin durumu

2) Kalıcı paket şalterle dönüş yönünün değiştirilmesi

Şekilde kalıcı paket şalterle dönüş yönünün değiştirilmesine ait bir bağlantı şeması verilmiştir. Bu devrede kullanılan paket şalter, üç kontaklı ve ileri, normal, geri olmak üzere üç konumdadır.



Paket şalterin normal konumunda (DG) düşük gerilim rölesi sürekli olarak çalışır ve (DG) kontağı kapalı kalır. Şalter kolu ileri konumuna çevrildiğinde, (DG) kontağından ve kapanan şalter kontağından geçen akım, (I) kontaktörünü enerjilendirir. Güç devresinde (I) kontakları kapanır. Motor ileri yönde döner.

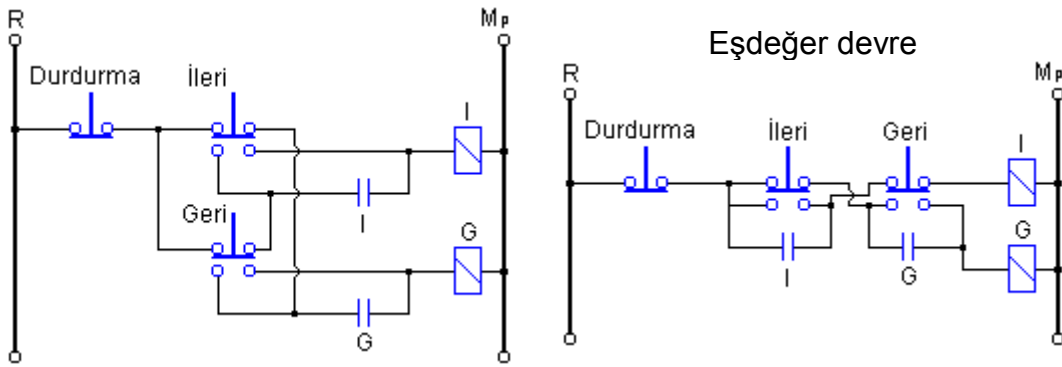
Motorun geri yönde dönmesi istendiğinde, şalter kolu geri konumuna çevrilir. Bu durumda (DG) kontağı ve kapanan şalter kontağından geçen akım, (G) kontaktörünü enerjilendirir. Güç devresinde (G) kontakları kapanır. Motor geri yönde döner.

Paket şalterin kontakları aynı anda kapalı kalmazlar. Bu nedenle şekildeki devrede mekanik kilitlemeye gerek olmadığı düşünülebilir. Hâlbuki bobin akımı kesilen bir kontaktörün kontakları, yapışma ve sıkışma nedeniyle açılmayabilir. Bu durumda diğer kontaktörün kontakları kapanırsa, güç devresinde bir kısa devre meydana gelir. Şekilde kontaktörler arasındaki mekanik kilitleme, bu kontaktörlere ait kontakların aynı anda beraberce kapalı kalmasına engel olur. Dolayısıyla güç devresinde doğabilecek bir kısa devre önlenir.

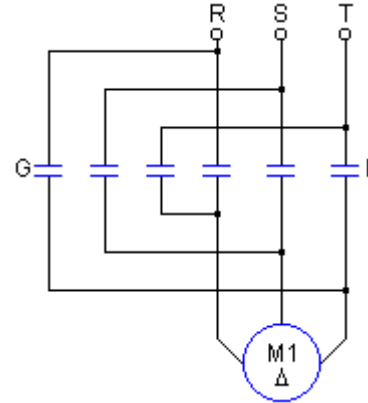
Şekilde kullanılan (DG) düşük gerilim rölesi, düşük gerilime karşı koruma yapar. Yani motor bir yönde çalışırken, şebeke gerilimi kesilir ve tekrar gelirse, motorun çalışmasına engel olur.

BUTONLA KİLİTLEME

İki yöllü butonlar arasında yapılan alttaki şekilde görülen bağlantıya, buton kilitleme denir. Böyle bir devrede ileri dönüş kontaktörünün akımı geri butonunun üst kontaklarından, geri dönüş kontaktörünün akımı da ileri butonunun üst kontaklarından devresini tamamlar. Buton kilitlemeli bir bağlantıda, durdurma butonuna basmadan motorun dönüş yönü değiştirilebilir. Yalnız bu durumda motorun dönüş yönü ani olarak değişir. Ani olarak dönüş yönünün değiştirilmesi, güç yol alan motorlara uygulanmaz. Aksi takdirde motor şebekeden çok büyük akım çeker. Altta iki devre birbiri ile eşdeğerdir.



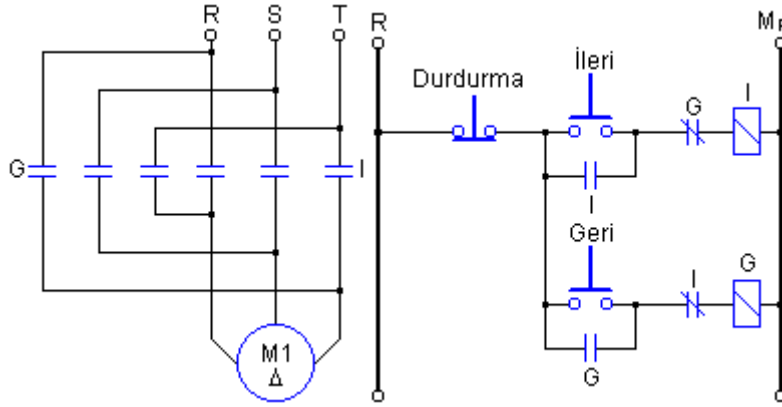
Şekildeki devrede ileri butonuna basılınca, (R) fazından gelen akım, durdurma butonundan, geri butonunun üst kontaklarından ve ileri butonunun alt kontaklarından geçerek (I) kontaktörünü enerjilendirir. Güç devresinde (I) kontakları kapanır ve motor ileri yönde döner. Kumanda devresinde kapanan (I) kontağı, ileri butonunu mühürler ve (I) kontaktörünün sürekli çalışmasını sağlar. Motorun ileri yöndeki dönüşü, durdurma veya geri butonuna basılıncaya kadar devam eder.



Geri butonuna basılınca, ilk önce (I) kontaktör bobininin akımı kesilir ve (I) kontakları açılır. Sonra durdurma butonundan, ileri butonunun üst kontaklarından ve geri butonunun alt kontaklarından geçen akım, (G) kontaktörünü enerjilendirir. Güç devresinde (G) kontakları kapanır ve motor geri yönde döner. Kumanda devresinde kapanan (G) kontağı, geri butonunu mühürler. Böylece (G) kontaktörü sürekli olarak çalışır. (G) kontaktörünün çalışması, ileri veya durdurma butonuna basılıncaya kadar devam eder. Bu nedenle buton kilitlemeli devrelerde, kontaktörler beraber çalışmazlar ve kısa devre meydana getmezler.

ELEKTRİKSEL KİLİTLEME

Şekilde görüldüğü gibi bir kontaktörün normalde kapalı kontağını diğer kontaktörün bobinine seri olarak bağlamaya, elektriksel kilitleme denir.



Güç devresi

Kumanda devresi

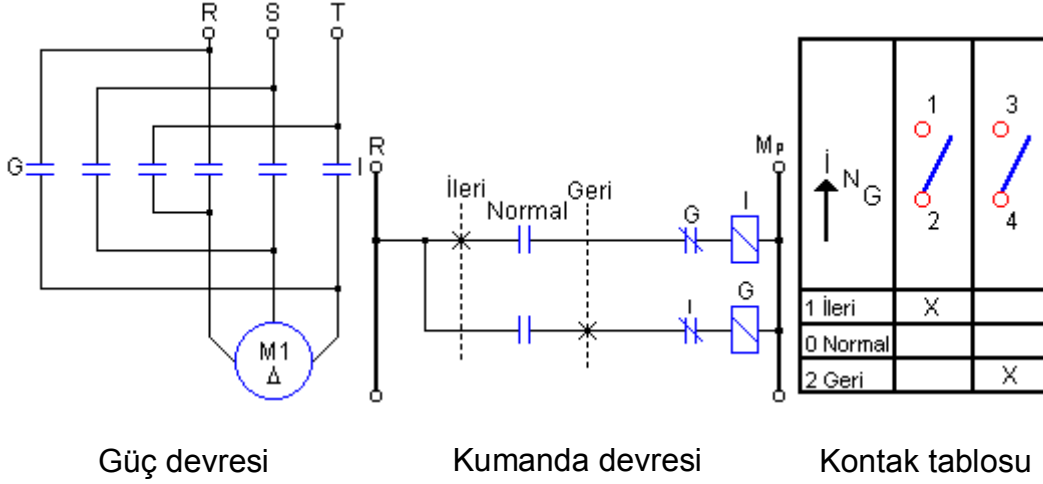
Elektriksel kilitleme yapılmış olan bir devrede bir kontaktör çalışırken, onun kapalı kontağı açık olacağından, diğer kontaktörün çalışması mümkün olmaz. Böylece güç devresinde bir kısa devre meydana gelmez.

Örnek 1: Bu örnekte dönüş yönünün değiştirilmesinde kullanılan elektriksel kilitlemeli bir devre verilmiştir. Devrede ileri butonuna basılırsa, (I) kontaktörü enerjilenir. Güç devresinde (I) kontakları kapanır ve motor ileri yönde döner. Kumanda devresinde kapanan (I) kontağı, sürekli çalışması için ileri butonunu mühürler. Deneyde görüleceği gibi ileri butonu bırakıldıktan sonra da motorun enerjilenmesi sürmektedir.

Motor ileri yönde dönerken geri butonuna basılırsa, normalde kapalı (I) kontağı açılmış olduğundan, (G) kontaktörü enerjilenmez. İleri yönde dönerken motor geri yönde çalıştırılmak istenirse, ilk önce durdurma butonuna basılır. Sonra geri butonuna basıp (G) kontaktörü çalıştırılır ve motor geri yönde döndürülür. Motor geri yönde dönerken, (I) kontaktör devresinde bulunan normalde kapalı (G) kontağı açılır. Bu durumda ileri butonuna basılrsa da, (I) kontaktörü enerjilenmez. Bu açıklamadan anlaşılacağı üzere, elektriksel kilitlemeli devrelerde bir kontaktör çalışırken aynı anda diğer kontaktör çalışamaz.

Örnek 2: Bu örnekte kalıcı paket şalterle yapılan ve dönüş yönünün değiştirilmesinde kullanılan bir bağlantı şeması verilmiştir. Paket şalter üç kontaklı ve ileri, normal, geri olmak üzere üç konumludur. Paket şalterin kolu

ileri konumuna çevrildiğinde, (I) kontaktörü çalışır. Güç devresinde (I) kontakları kapanır ve motor ileri yönde döner. Kumanda devresinde açılan (I) kontağı, her iki kontaktörün aynı anda çalışmasına engel olur.



Paket şalterin kolu geri konumuna çevrildiğinde, (G) kontaktörü enerjilenir. Güç devresinde (G) kontakları kapanır ve motor geri yönde döner. Kumanda devresinde açılan (G) kontağı, (I) kontaktörünün (G) kontaktörüyle beraber çalışmasına engel olur. Şekilde verilen paket şalterin her iki kontağı aynı anda beraberce kapanamaz. Bu nedenle şekildeki devrede elektriksel kilitlemeye gerek olmadığı düşünülebilir. Hâlbuki bobin akımı kesildiği halde, bir kontaktörün paleti ve kontakları yapışma ve sıkışma nedeniyle açılmayabilir. Bu durumda diğer kontaktör enerjilenirse, güç devresinde bir kısa devre meydana gelir.

Elektriksel kilitleme, bu gibi hallerde meydana gelebilecek bir kısa devreye engel olur. Şekildeki kumanda devresi düşük gerilime karşı koruma yapamaz. Motor bir yönde çalışırken şebeke gerilimi kesilir ve tekrar gelirse, motor aynı yönde çalışmaya devam eder.

YOL VERME YÖNTEMLERİ

Genel bilgiler

3 fazlı asenkron motorlar ilk kalkış anında nominal akımlarının 6–7 katı fazla akım çekerler. Aşırı yol alma akımı şebekede, devrede ve motorda birçok sakınca yaratır. Çok fazla derecedeki bu elektriksel yüklenme enerjisi satan kesim tarafından istenmeyen bir durumdur. Yol alma akımının güvenli sınırlar içinde kalması, motora düşük gerilimle yol vermeyle sağlanır. Bu şekilde yumuşak bir kalkışı sağlamak amacıyla yol verme işlemleri uygulanır. Türkiye’de 4–5 kW’tan sonraki güçlerde bulunan motorlara yol vermek zorunludur. Düşük gerilimle başlatma, yalnız boşta çalışan motorlara uygulanır.

Yüklü çalışan bir motora düşük gerilim uygulanırsa, belirli bir yükü veya gücü karşılamak zorunluluğunda olan motor, şebekeden normalin üzerinde akım çeker. Düşük gerilimle başlatmanın amacı, yol almada motorun az akım çekmesini sağlamak olduğundan, yüklü çalışan motorlara düşük gerilimle yol verilmez. Düşük gerilimle başlatmanın üç ayrı şekli vardır. Bu yol verme yöntemleri şunlardır;

- Direnç veya reaktörle yol verme (bir aracı eleman gerektirir)
- Oto transformatörüyle yol verme (bir aracı eleman gerektirir)
- Yıldız-üçgen şalterle yol verme (aracı elemana gerek yoktur, bağlantı şekli değiştirilerek yapılır)
- Rotoru sargılı 3 fazlı asenkron motora yol verme
- Yardımcı sargılı 1 fazlı asenkron motora yol verme
- Şönt motorlara yol verme

Bilezikli asenkron motorlara, senkron motorlara ve yardımcı sargılı asenkron motorlara yol verme, düşük gerilimle başlatma ilkesine dayanmaz.

DİRENÇ VEYA REAKTANSLA YOL VERME

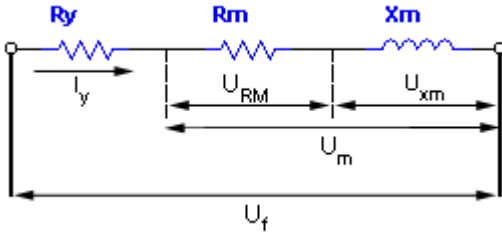
Motorları düşük gerilimle başlatmada en çok kullanılan yöntem, dirençle veya reaktansla yol vermedir. Dirençle veya reaktansla yol verme birbirine çok benzer ve temel ilke, şebeke geriliminin bir kısmını yol verme direncinde veya reaktöründe düşürmek ve geriye kalanını motora uygulamaktır. Direnç ve reaktansla yol vermede güç devresi aynıdır. Yandaki şekilde güç devresi görülmektedir. Aşağıdaki kısımlarda ise doğru veya alternatif akım motorlarına dirençle veya reaktansla yol vermeye ait çeşitli örnekler incelenecektir:

DİRENÇLE YOL VERME

Statora seri olarak eşdeğer dirençler bağlayarak yapılan yol verme işlemidir. Başlatma butonuna basıldığında stator ve dirençler birbirine seri bağlı olarak kalkınmaya başlar. Belli bir süre sonra (nominal değerinin %60-65'i) dirençler devreden çıkar ve çalışmaya devam edilir. Yol verme uygulanan motorun

milinde yük olmamalıdır. Dirençlerin devreden çıkarılmasında zaman röleleri etkin rol oynar.

Yol Verme Direncinin Hesabı: Kalkış esnasında önem kazanan yol verme direncinin değerini bulmak için belli matematiksel hesaplamalar vardır. Bu direncin hesabı şu şekilde gerçekleştirilir.



$$R_y = U_{ry} / I_y,$$

Um: Motorun bir faz sargı uçlarında kalkış anındaki gerilimdir.

Urm: Motorun iç direnci Rm üzerindeki gerilim.

Uxm: Motorun bobini Xm üzerindeki gerilim

Iy: Yol alma akımı (bizim tarafımızdan belirlenir)

$$U_f^2 = (U_{RY} + U_{RM})^2 + U_{XM}^2 \quad U_{RY} = \sqrt{U_f^2 - U_{XM}^2} - U_{RM}$$

Örnek 1: Etiketinde 380V, 20A yazılı 3 fazlı bir asenkron motor doğrudan yol aldığı anda nominal akımının 5 katı akım çekmektedir. Bu akım değerini nominal akımın 3 katına düşürecek yol verme direncinin değerini bulunuz. Cos(x)=0,2 ve Sin(x)=0,97 olarak alınacaktır.

$$I_{dy} = 5 I_n$$

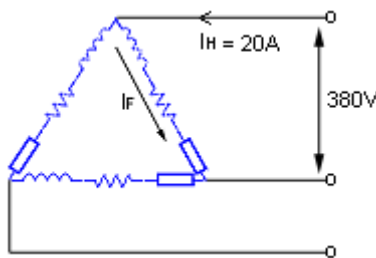
$$I_{ry} = 3 I_n$$

Ry = Ury / Iry ise burada

Iy = 3 In = 3x20 = 60A yaklaşımı doğru değildir.

$$I_f = 20 / \sqrt{3}$$

$$I_y = 20 \times 3 / \sqrt{3} = 20\sqrt{3} = 34,6A \text{ olmalıdır.}$$



$$U_f = 380V$$

$$k_a = 3 I_y / 5 I_n = 3 / 5$$

$$U_m = U_f \cdot k_a = (3 / 5) \cdot 380 = 228V$$

$$U_{rm} = U_m \cdot \cos(x) = 228 \times 0,2 = 45,6V$$

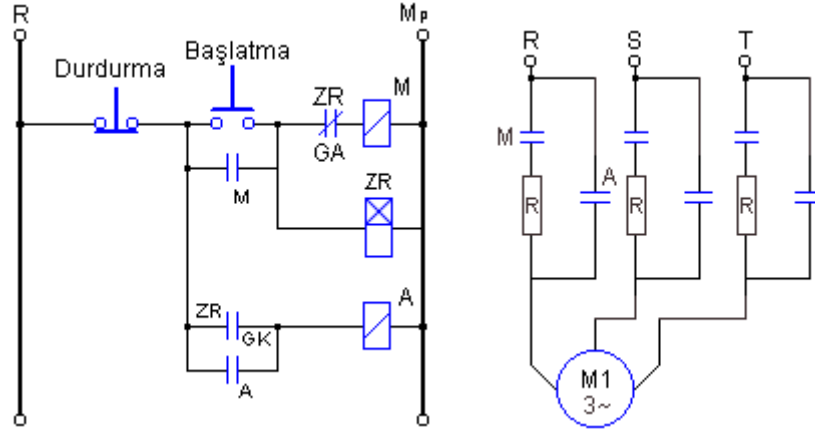
$$U_{xm} = 228 \times 0,97 = 221,16V$$

$$U_{RY} = \sqrt{U_f^2 - U_{XM}^2} - U_{RM} = 263,4V$$

$$R_y = 263,4 / 34,6 = 7,6 \text{ ohm}$$

Örnek 2: Şekilde tek kademeli dirençle yol verme işlemini gerçekleştiren devre görülmektedir. Burada M kontaktörü, yukarıdaki güç devresinde de

görüldüğü gibi dirençli yol vermeyi, A ise tam kalkınmış halde direncin devreden çıktığı hali temsil etmektedir.



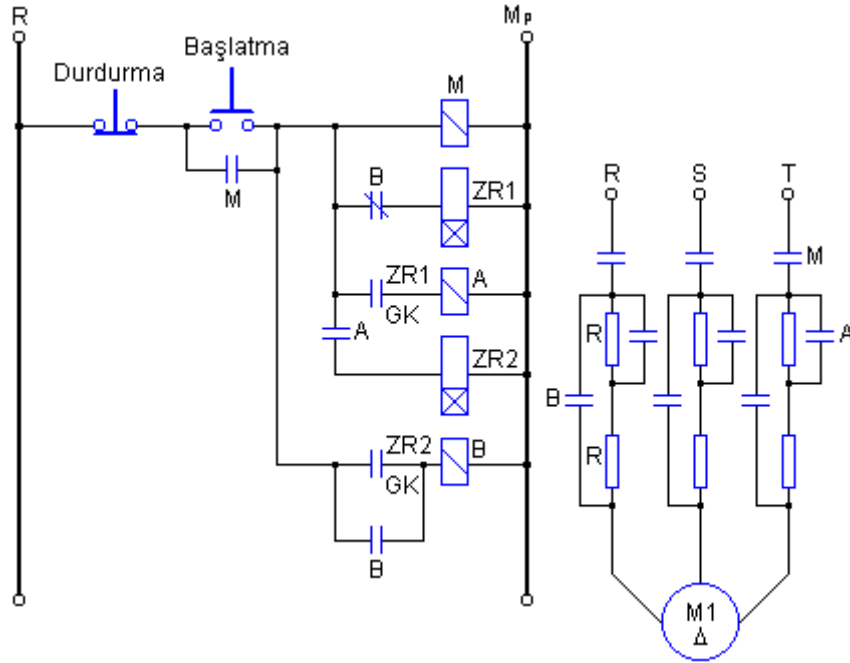
Kumanda devresi

Güç devresi

Başlatma butonuna basıldığında devre enerjilenecek ve enerji geldikten sonra mühürlemeyi sağlayan M kontağı kapanarak devrenin bu yol üzerinden enerji geçirmesini sağlayacaktır. Enerji, normalde kapalı, gecikmeli açılan zaman rölesi üzerinden devresini tamamlar.

Bu esnada alt kısımdaki zaman rölesi de enerjilendiğinden belirli bir süre saymaya başlayacaktır. 5 sn süreyle saydığı varsayılırsa enerjilenmeden 5 sn sonra M kontaktörüne ait kontağı açılıp dirençleri devreden çıkarırken, zaman rölesinin gecikmeli kapanan kontağı da kapanarak A üzerinden motorun tam kalkınmış halde çalışması sağlanır. Devre, durdurma butonuna basılana kadar çalışacaktır.

Örnek 3: Şekilde üç fazlı asenkron motora iki kademe dirençli yol vermeye ait bağlantı şeması verilmiştir. Bu bağlantıda Başlatma butonuna basıldığında, (M) kontaktörü enerjilenir. (M) kontağı kapanır ve Başlatma butonu mühürlenir. Güç devresinde (M) kontakları kapanınca, motor iki kademe direnç üzerinden şebekeye bağlanır. Dirençlerdeki gerilim düşümü nedeniyle, motor düşük gerilimle yol almaya başlar.



Kumanda devresi

Güç devresi

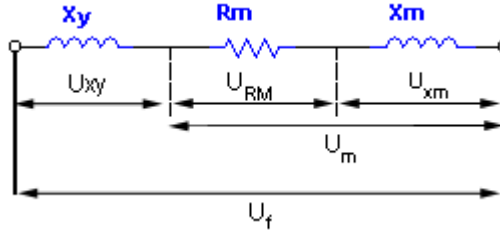
Başlatma butonuna basıldığında, (M) kontaktörüyle birlikte (ZR1) zaman rölesi de enerjilenir. Bu röle bir süre sonra (ZR1-GK) kontağını kapatır ve (A) kontaktörünü enerjilendirir. Güç devresinde (A) kontakları kapanınca, dirençlerin birinci kademesi devreden çıkar. Motor uçlarındaki gerilim artar. Motor yol almaya devam eder. Kumanda devresinde kapanan (A) kontağı (ZR2) zaman rölesini enerjilendirir. Bu röle bir süre sonra (ZR2-GK) kontağını kapatır ve (B) kontaktörünü enerjilendirir. Güç devresinde (B) kontakları kapanır. Böylece dirençlerin ikinci kademesi de devreden çıkar. (B) kontaktörü enerjilenince, normalde kapalı (B) kontağı açılır. (ZR1) zaman rölesi dolayısıyla (A) kontaktörü ve (ZR2) zaman rölesi devreden çıkar. (ZR2) kontağı açıldığı halde, (B) kontaktörü kendi kontağı üzerinden gelen akımla çalışmaya devam eder.

Şekildeki devrede görevini tamamlayan (A) kontaktörü devreden çıkartıldığından, (B) kontaktörü yol verme dirençlerinin hepsini kısa devre eder. Yol verme dirençleri devreden çıkınca, motor normal şebeke gerilimine bağlanır. Motorun normal gerilimde çalışması, durdurma butonuna basılıncaya kadar devam eder.

REAKTANSLA YOL VERME

Dirençle yol verme yönteminin hemen hemen aynıdır. Sadece direnç yerine burada reaktans kullanılır. Reaktans, bir nüve üzerine sarılmış sargısı olan, manyetik alanlı dirençlerdir. Devresinin çalışma mantığı aynı dirençle yol vermede olduğu gibi belirli süre reaktans üzerinden motorun aşırı akım çekmesi engellenir ve daha sonra reaktanslar devreden çıkarılır.

Bu yol verme yöntemi büyük güçlü ve yüksek gerilimli motorlarda tercih edilir. Standart reaktans değerleri %50, %65 ve %80 gerilimler uygulanacak şekilde imal edilirler. Büyük güçlerle çalışan motorlarda kaybı önlemek için tercih edilirler. Burada yol verme esnasında kullanılacak reaktans değerinin ölçümü şu şekilde gerçekleştirilir;



$$X_y = U_{xy} / I_y$$

$$U_{xy} = \sqrt{U_f^2 - U_{Rm}^2} - U_{xm}$$

$$U_m = U_f \cdot k_a$$

$$U_{Rm} = U_m \cdot \cos(\alpha)$$

$$U_{xm} = U_m \cdot \sin(\alpha)$$

Örnek 1: Yukarıdaki örnekte yer alan motora reaktansla yol verme durumunda gerekli reaktans değerini hesaplayınız.

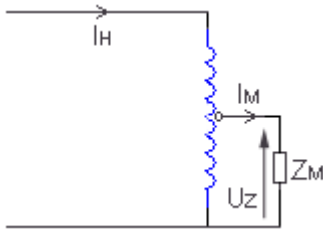
$$I_y = 34,6A \quad U_f = 380V \quad U_{Rm} = 45,6V \quad U_{xm} = 221,16V$$

$$U_{xy} = \sqrt{U_f^2 - U_{Rm}^2} - U_{xm} = 156,09V \quad X_y = 156,09 / 34,6 = 4,5 \text{ ohm}$$

OTO TAFOSUYLA YOL VERME

Motorların düşük gerilimle başlatılmasında gerekli olan düşük gerilim, bir oto transformatöründen de sağlanabilir. Kumanda devrelerinde bir, iki veya daha çok kademeli oto transformatörleri kullanılır. Oto transformatörlerinin sargıları düşük gerilimin alınması için kullanıldığı gibi, yol vermede reaktör gibi de kullanılabilirler. Oto transformatörüyle yapılan yol verme devreleri daha pahalıya mal olduğu halde, daha randımanlı çalışırlar. Oto trafoları primer ve sekonderi aynı sargı olan (tek sargılı) transformatörlerdir. Yandaki şekilde güç devresinin nasıl olduğu görülmektedir.

Burada dikkat edilmesi gereken husus "Yalıtım" trafosuyla, "Yalıtımlı" trafonun farklı şeyler olmasıdır. Yalıtım trafosunda primerin sekondere oranı olan a katsayısı 1'dir. Yalıtımlı trafo ise primer-sekonder arasında fiziksel bağlantı olmayan trafo demektir. Temel prensip motor sargısına uygulanan gerilimin azaltılması yoluyla motorun çektiği yol alma akımının azaltılmasıdır.



I_h : Hattan çekilen akım
 I_m : Motorun çektiği akım
 Z_m : Motorun sargısı
 I_{tip} : Tip gücü akımı

$$I_m = I_h + I_{tip}$$
$$a = U_1 / U_2 = I_m / I_h$$

Motor sargısına doğrudan U_1 şebeke gerilimi uygulanırsa motor şebekeden, nominal akımın kd katı kadar ($I_m = I_n \cdot kd$) akım çekecektir. Motor sargısına U_2 gerilimi uygulanınca motorun çekeceği akım, gerilimdeki azalma oranında olacaktır ve $I_m = (U_2 / U_1) \cdot I_n \cdot kd$ şeklinde bir hesaplamayla bulunur.

Hattan çekilen akım $I_h = I_m / a = (1 / a) \cdot (U_2 / U_1) \cdot I_n \cdot kd$ eşitliğinden de şu sonuca varılır;

$$I_h = (1 / a^2) \cdot I_n \cdot kd = I_h = (U_2 / U_1)^2 \cdot I_n \cdot kd$$

Örnek 1: Nominal akımı 10A olan bir asenkron motor, şebekeye doğrudan bağlandığında 50A akım çekmektedir. Bu motora %50 ve %65 kademelerindeki oto trafosuyla yol verildiğinde şebekeden çekilecek akımı ve motor akımını bulunuz.

$$I_m = I_n \cdot kd \quad 50 = 10 \cdot kd \quad kd = 5$$

%50 için;

$$I_m = (U_2 / U_1) \cdot I_n \cdot k_d = (50 / 100) \cdot 10 \cdot 5 = 25A$$

$$I_h = (U_2 / U_1)^2 \cdot I_n \cdot k_d = 12,5A$$

$$I_{tip} = I_m - I_h = 25 - 12,5 = 12,5A$$

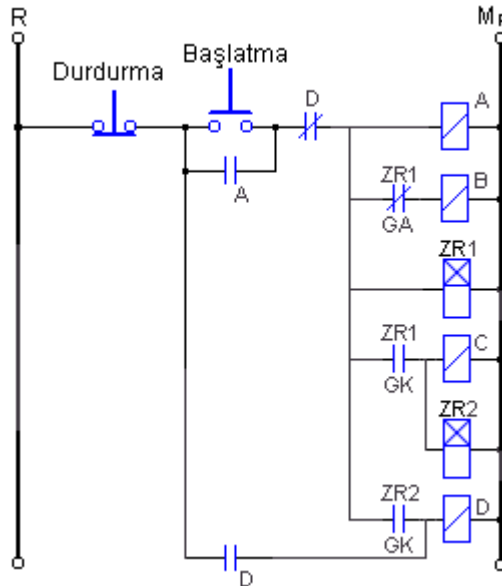
%65 için;

$$I_m = 0,65 \cdot 10 \cdot 5 = 32,5A$$

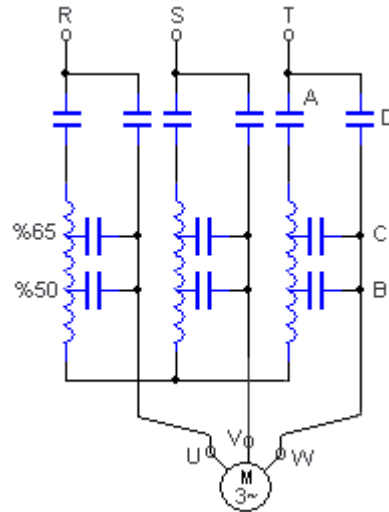
$$I_h = (U_2 / U_1)^2 \cdot I_n \cdot k_d = 21,125A$$

$$I_{tip} = 32,5 - 21,125 = 11,375A$$

Şekilde, soruda istenen çalışmayı gerçekleştiren devre görülmektedir. Başlatma butonuna basıldığında A kontaktörü enerjilenir ve A kontağı mühürleme yapar. Böylece reaktans üzerinden enerji geçişi başlar. ZR1'in gecikmeli açılan kontağı üzerinden B de enerjilendiği için en fazla %50 kapasiteye ulaşılmasına izin vardır. Bu esnada ZR1 zaman rölesi aktif hale gelir ve saymaya başlar.



Kumanda devresi

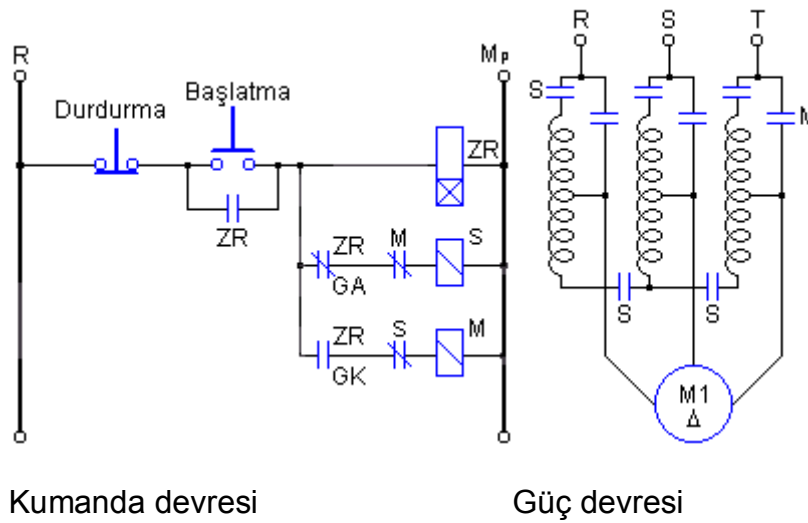


Güç devresi

Belirli bir süre sonra (örneğin 3sn olsun) ZR1'in gecikmeli açılan kontağı açılarak B kontaktörünün enerjisi kesilir, aynı anda ZR1'in gecikmeli kapanan kontağı da kapanarak C'ye ve ZR2'ye enerji gitmesi sağlanır. Böylece %65 kapasiteye ulaşmaya imkan tanınır.

ZR2 rölesi saymayı bitirdiğinde (o da 3sn olsun) ZR2 kontağı kapanarak D kontaktörünü enerjiler ve devrenin en üstündeki D kontağı açılarak A,B ve C üzerine enerji gidişi kesilir. Alt kesimdeki D kontağı kapanır ve devre durdurma butonuyla durdurulana kadar bu kontak üzerinden geçerek çalışmayı tam kapasiteyle sürdürür. Görüldüğü gibi aşama aşama oto trafosu devreden çıkarılır ve tam kapasite çalışmaya doğru geçiş yapılır.

Örnek 2: Şekilde üç fazlı bir asenkron motora bir kademeli oto transformatörüyle yol vermede kullanılan bir bağlantı şeması verilmiştir. Böyle bir oto transformatörüyle motora yol verirken, güç devresinde ilk önce (S) kontakları kapanır. Kapanan (S) kontakları üç fazlı oto transformatörünü yıldız olarak şebekeye bağlar. Transformatörün %65 lik gerilimli orta uçlarına bağlı olan motor, düşük gerilimle yol almaya başlar. Bir süre sonra (S) kontakları açılır ve oto transformatörü şebekeden ayrılır. Sonra (M) kontakları kapanır. Motor normal şebeke gerilimine bağlanır. Bu devrede ilk önce (S) kontaklarının açılması, sonra (M) kontaklarının kapanması gerekir. Aksi halde oto transformatörünün üst yarı sargıları kısa devre olur. Bu sargılardan geçen yüksek değerli akımlar, transformatörün yanmasına neden olur.



Şekilde verilen devrede başlatma butonuna basıldığında, (ZR) zaman rölesi enerjilenir. Ani çalışan (ZR) kontağı başlatma butonunu mühürler ve sürekli çalışmayı sağlar. (ZR) zaman rölesiyle birlikte (S) kontaktörü de enerjilenir. Güç devresinde (S) kontakları kapanır ve motor düşük gerilimle yol almaya başlar. Bir süre sonra (ZR) zaman rölesinin kapalı kontağı açılır ve açık kontağı kapanır. Böylece (S) kontaktörü devreden çıkar, (M) kontaktörü enerjilenir. Güç devresinde (S) kontakları açılır. Oto transformatörü devreden ayrılır. (M) kontakları kapanır ve motor normal şebeke gerilimine bağlanır. Motorunu normal gerilimde çalışması durdurma butonuna basılıncaya kadar devam eder. (S) ve (M) kontaktörlerinin aynı anda beraberce çalışmaları, bu iki kontaktör arasında yapılan elektriksel kilitleme ile önlenir.

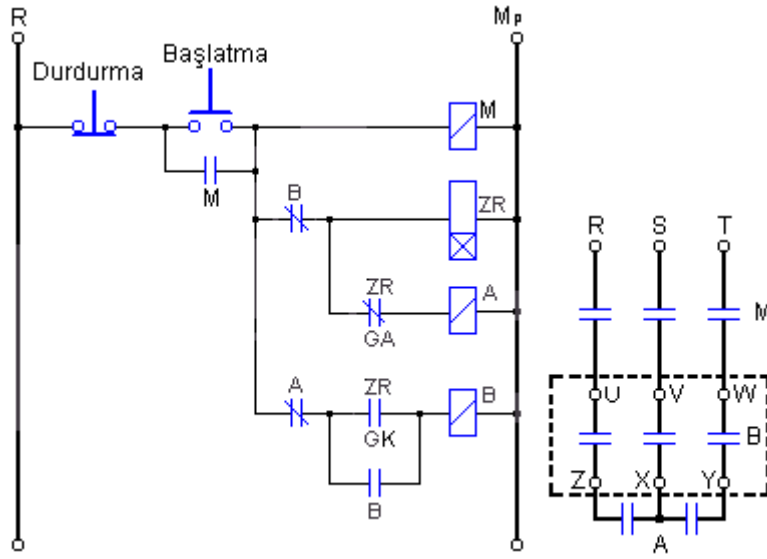
YOL VERME YÖNTEMLERİ > YILDIZ-ÜÇGEN ŞALTERLE YOL VERME

Bir şebekede üçgen bağlı olarak çalışacak üç fazlı bir asenkron motor, yol vermede yıldız bağlanırsa, faz bobinleri 1,73 kat daha az bir gerilimle çalışır. Motorun yol alma akımı yaklaşık olarak üç kat azalır. Yıldız bağlı olan motor düşük gerilimle yol almaya başlar. Yol almanın uygun bir anında, ilk önce motorun faz sargıları arasındaki yıldız bağlantı açılır. Sonra motor faz sargıları üçgen olarak bağlanır. Böylece motor normal geriliminde çalışmaya devam eder.

Bu yol verme yönteminde diğer yol verme yöntemlerinde olduğu gibi aracı bir eleman (direnç veya reaktans gibi) kullanılmaz. Sadece motorun bağlantı şekli değiştirilerek gerçekleştirilebilir. Amaç, motorun sargılarına uygulanan gerilimi azaltmak suretiyle motorun çektiği kalkış akımını azaltmaktır. Motor başlangıçta yıldız bağlanır, yol aldıktan sonra (devir sayısı %60-%65'e ulaştığında) üçgen bağlantıya geçilir. Pratik ve en ucuz bir yol verme yöntemidir. Ancak bu yöntemin uygulanabilmesi için motorun bağlanacağı kaynağa yıldız çalışabilmesi şarttır. Diğer bir ifade ile bu yöntemin uygulanacağı motorun üçgen geriliminin, bağlanacağı şebekenin fazlar arası gerilimine eşit olması gerekmektedir.

Güç açısından ise 4,5 - 5kW'dan daha büyük motorlara uygulanmalıdır. Bu yol verme yöntemini gerçekleştirmek için özel olarak bu iş için hazırlanmış pako şalterler bulunmaktadır.

Örnek 1: Şekilde üç fazlı bir asenkron motora otomatik yıldız üçgen şalterle yol vermede kullanılan bir bağlantı şeması verilmiştir. Bu devrede başlatma butonuna basıldığında, (M) ve (A) kontaktörleri enerjilenir. Güç devresinde (M) ve (A) kontakları kapanır. Kapanan (A) kontakları (X), (Y), (Z) sargı uçlarını kısa devre ederler. (U), (V), (W) sargı uçları da kapanan (M) kontaklarının üzerinden (R), (S), (T) fazlarına bağlanırlar. Böylece motor yıldız bağlı olarak düşük gerilimle yol almaya başlar. Kumanda devresinde kapanan (M) kontağı başlatma butonunu mühürler ve sürekli çalışma sağlar. (M) ve (A) kontaktörleriyle birlikte (ZR) zaman rölesi de enerjilenir. Bir süre sonra (ZR) kontaklarının durumu değişir. (ZR-GA) kontağı açılır ve (A) kontaktörü devreden çıkar. (ZR-GK) kontağı kapanarak (B) kontaktörünü enerjilendirir. Güç devresinde (X), (Y), (Z) sargı uçlarını kısa devre eden (A) kontaktörünün iki kontağı açılır. Kapanan (B) kontakları (U) sargı ucunu (Z) sargı ucuna, (V) sargı ucunu (X) sargı ucuna, (W) sargı ucunu (Y) sargı ucuna bağlar. (M) kontakları sürekli olarak kapalı kaldıklarından, (B) kontakları kapanınca faz sargıları normal şebeke gerilimine bağlanır. Böylece motor üçgen bağlı olarak normal çalışmaya başlar.



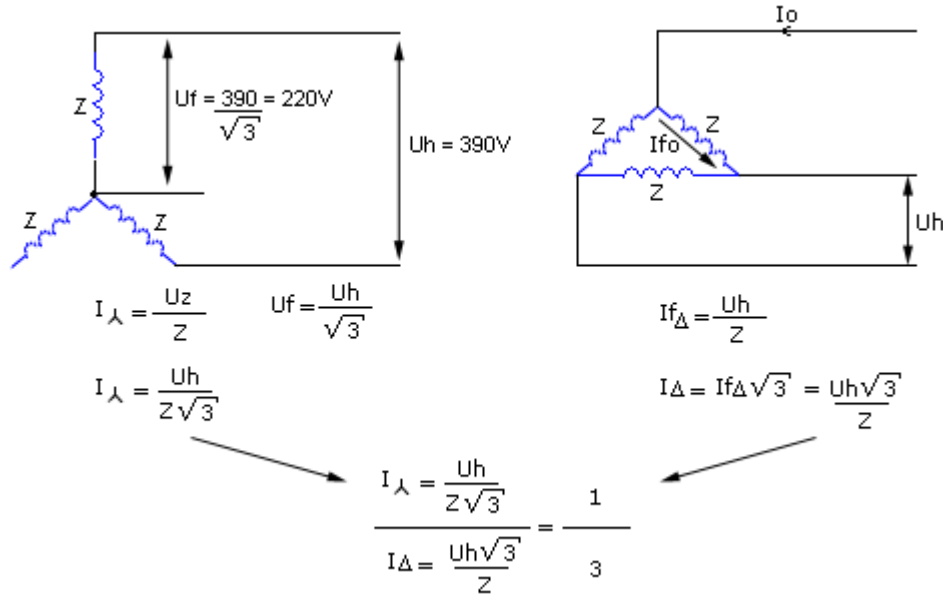
Kumanda devresi

Şalter bağlantısı

Kumanda devresinde (B) kontaktörü enerjilenince, normalde kapalı (B) kontağı açılır. Çalışan (ZR) zaman rölesi devreden çıkar ve (ZR-GK) kontağı açılır. (B) kontaktörünün sürekli çalışması, kapanan (B) mühürleme kontağıyla sağlanır. Normalde kapalı (B) ve (A) kontakları, elektriksel kilitleme yaparlar. Bu kontaklar (A) ve (B) kontaktörlerinin beraber çalışmalarına ve bir kısa devrenin doğmasına engel olurlar. Durdurma butonuna basıldığında, çalışan (M) ve (B) kontaktörleri devreden çıkar ve motor durur.

Yıldız - Üçgen Yol Vermede Akım, Güç ve Moment

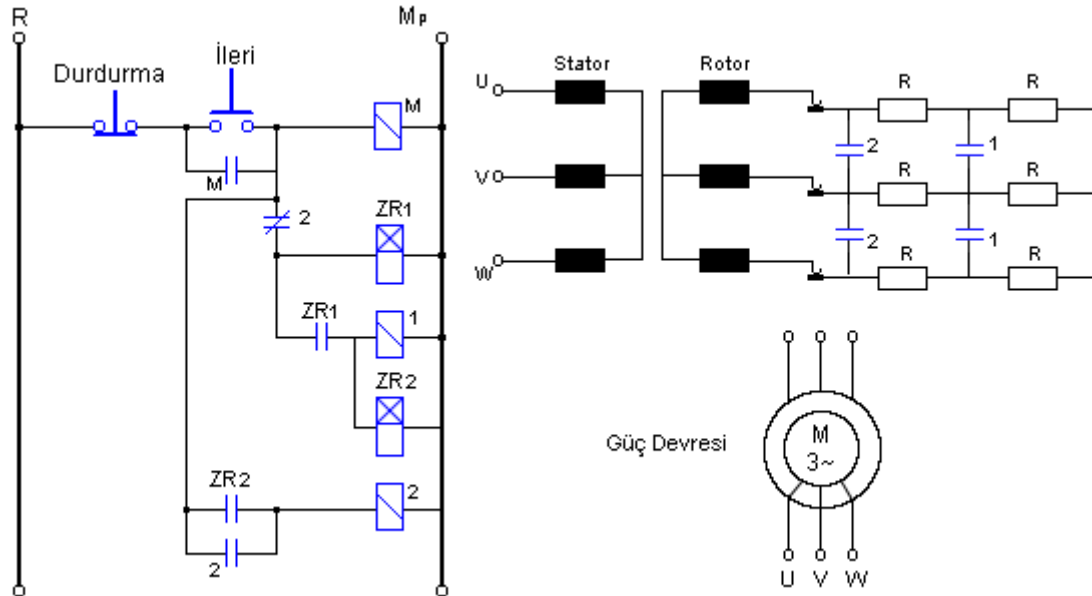
Motor yıldız çalıştırılırken faz (motor) sargılarına uygulanan gerilim az olmakta, motorun çektiği akım da azalmaktadır. Pratik olarak güç, moment ve akımdaki azalma miktarı $\sqrt{3}$ kadardır. Çünkü yıldız çalışmada sargıdan geçen akım, üçgen çalışma akımından $\sqrt{3}$ kat daha küçüktür. Ancak teorik hesaplamalarda akım, güç ve momentteki azalmanın daha fazla olduğu görülmektedir.



Görüldüğü gibi üçgen çalışabilecek motor, yıldız çalıştırıldığında, çekeceği akım 1/3 oranında azalmaktadır. Dolayısıyla güç ve moment de 1/3 oranında azalacaktır. Bu nedenle yıldız-üçgen yol vermede motorun yıldızda bırakılmaması gerekmektedir.

ROTORU SARGILI 3~ ASENKRON MOTORA YOL VERME

Rotoru sargılı asenkron motor, şekilde görüldüğü gibi rotorunda da 3 fazlı sargılar olan ve bu sargıların uçları bilezik ve fırçalar yardımıyla dışarı alınmış motorlardır. Rotora yol verme kısmı olmazsa trafo mantığıyla çalışır ve uçlardan sargı miktarına göre gerilim alınır.



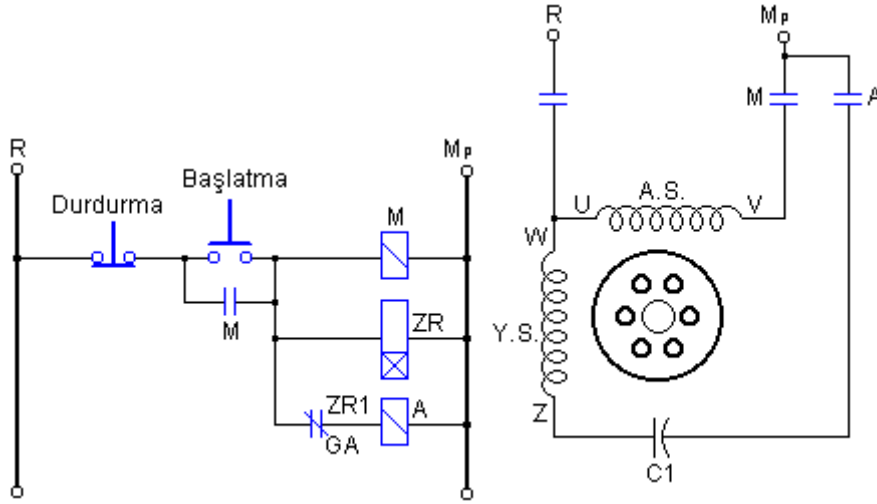
Bu tip asenkron motorların yol verme işleminde rotora bağlanan yol verme dirençleri kullanılır. Rotora direnç eklemek suretiyle ilk kalkış anındaki akım azaltılmakta, buna karşılık kalkış momenti (kuvveti) artırılmış olmaktadır. Piyasada çok fazla kullanılmazlar, çünkü maliyeti yüksektir. Yük altında çalıştırılabilirler.

BİR FAZLI YARDIMCI SARGILI ASENKRON MOTORLARA YOL VERME

Asenkron motorlarda dönme hareketini, döner manyetik alan sağlar. Döner manyetik alanı da stator sargıları yaratır. Döner alan yalnız iki ve üç fazlı sistemlerde meydana gelir. Bir faza bağlı bir sargı ile motorda döner alan yaratılamaz. Yalnız böyle bir motora yol verilirse, motordaki bir sargı dönüşü devam ettirir. Bu sargıya ana sargı adı verilir.

Bir fazlı asenkron motorlarda ilk hareketi sağlamak için, ana sargıya göre 90 derecelik açıyla yerleştirilmiş ikinci bir sargı daha kullanılır. Motordaki ikinci sargıya yardımcı sargı denir. Bu sargı, asenkron motorun iki fazlı bir motor gibi çalışmasını sağlar. Yardımcı sargıya seri olarak bir kondansatör bağlanır. Kondansatör, ana ve yardımcı sargı akımları arasında 90 dereceye yakın bir faz farkı yaratır. Bir fazlı asenkron motorların bazılarında, yardımcı sargı devamlı olarak devreye bağlı kalır. Bazılarında ise devrin %75 inde elle veya otomatik çalışan bir elemanla devreden çıkartılır.

Örnek 1: Şekilde bir fazlı yardımcı sargılı asenkron motora yol vermede kullanılan bir bağlantı şeması verilmiştir. Bu devrede başlatma butonuna basıldığında, (ZR) zaman rölesi ile (M) ve (A) kontaktörleri enerjilenir. Kapanan (M) kontağı, başlatma butonunu mühürler ve sürekli çalışmayı sağlar. Güç devresinde (M) ve (A) kontakları kapanır. Ana ve yardımcı sargı şebekeye bağlanır. Böylece asenkron motor yol almaya başlar. Devir sayısı normal değerine yaklaşırken, (ZR) zaman rölesi (ZR-GA) kontağı açar. (A) kontaktörü ve dolayısıyla yardımcı sargı devreden çıkar. Durdurma butonuna basılıncaya kadar motor ana sargıyla dönmeye devam eder.

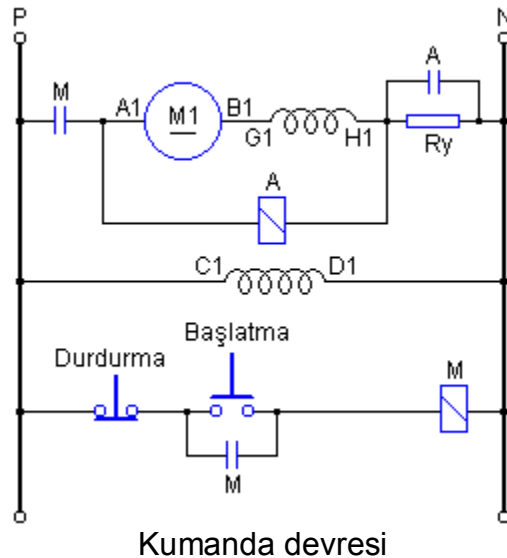


Kumanda devresi

Güç devresi

ŞÖNT MOTORLARA YOL VERME

Bir Kademeli Yol Verme: Şekilde bir şönt motora bir kadem dirençle yol vermeye ait bağlantı şeması verilmiştir. Bu devrede motorun maksimum momentle yol almasını sağlamak için, şönt sargı devamlı olarak şebekeye bağlı tutulur. Bu devrenin en büyük özelliği, bağlantıda zaman rölesinin kullanılmamış olmasıdır. Zaman rölesinin görevini bu bağlantıda (A) kontaktörü yapar.



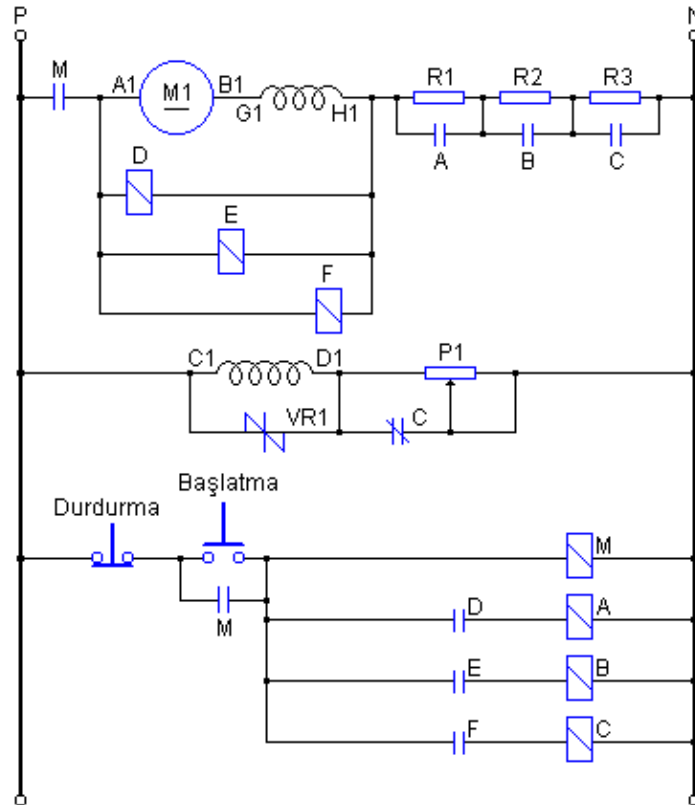
Kumanda devresi

Şekildeki devrede başlatma butonuna basıldığında, (M) kontaktörü enerjilenir. (M) mühürleme kontağı kapanır ve sürekli çalışma sağlanır. Güç devresinde (M) kontağı kapanınca, endüvi yol verme direnci üzerinden şebekeye bağlanır. Yol verme direncindeki gerilim düşümü nedeniyle, motor düşük

gerilimle yol almaya başlar. Devir sayısı yükseldikçe, endüvüdeki zıt E.M.K da artar. Yol vermenin uygun bir anında, endüvüdeki zıt E.M.K nedeniyle (A) kontaktörü çalışır. (A) kontağı kapanır ve (RY) yol verme direnci kısa devre olur. Endüvi normal şebeke gerilimine bağlanır. Durdurma butonuna basılıncaya kadar, motor normal şebeke geriliminde çalışır.

Şekilde görülen yol verme devresi, önceki incelenen yol verme devrelerinden oldukça farklı çalışır. Örneğin dirençle yol verme devresinde, yol verme dirençleri belirli zaman aralıklarıyla devreden çıkartılırlar. Dirençlerin devreden çıkma zamanını, zaman röleleri belirler. Şekildeki devrede yol verme direncinin devreden çıkması, motorun devir sayısına bağlıdır. Şebeke geriliminin düşmesi ve motor milindeki yükün artması nedeniyle motorun yol alması gecikirse, yol verme direncinin devreden çıkması da gecikir. Böylece motora daha düzgün bir şekilde yol verilmesi sağlanmış olur.

Üç Kademeli Yol Verme: Şekilde bir şönt motora üç kademe dirençle yol vermeye ait bağlantı şeması verilmiştir. Bu devrede kullanılan (D), (E), (F) röleleri motorun devir sayısına bağlı olarak enerjilenirler. Motorun maksimum momentle yol almasını sağlamak için, şönt sargı şebekeye bağlı tutulur ve (P1) devir ayar reostası normalde kapalı (C) kontağı ile kısa devre edilir. Şönt sargıdan geçen akımın kesilmesinden doğan indüksiyon gerilimi, (VR1) varistörüyle söndürülür. Direnci, uçlarındaki gerilimle ters orantılı olarak değişen elemana varistör adı verilir. Varistörün uçlarındaki gerilim büyüdüğünde, varistörün direnci çok azalır.



Kumanda devresi

Şekildeki devrede şönt sargıda doğan indüksiyon geriliminin değeri çok büyük olduğundan, bu gerilime bağlı bulunan varistörün direnci çok küçülür. Doğan indüksiyon gerilimi, varistör üzerinden kısa devre olur dolayısıyla kolayca söner.

Şekilde verilen devrede başlatma butonuna basıldığında (M) kontaktörü enerjilenir. Kapanan (M) mühürleme kontağı devrenin sürekli çalışmasını sağlar. Güç devresinde (M) kontağı kapanınca, endüvi yol verme dirençlerinin üzerinden şebekeye bağlanır. Yol verme dirençlerindeki gerilim düşümleri nedeniyle, motor düşük gerilimde yol almaya başlar. Endüvinin devir sayısı ve endüvide doğan zıt E.M.K gittikçe yükselir. Endüvideki zıt E.M.K şebeke geriliminin %50 değerine ulaştığında, (D) rölesi enerjilenir. (D) kontağı kapanır ve (A) kontaktörü devreye bağlanır. Kapanan (A) kontağı (R1) yol verme direncini kısa devre eder. Endüviden geçen akım ve meydana gelen döndürme momenti artar.

Endüvinin devir sayısı ve endüvide doğan zıt E.M.K yükselir. Endüvide doğan zıt E.M.K şebeke geriliminin %70 ine ulaştığında, (E) rölesi enerjilenir. (E) kontağı kapanır ve (B) kontaktörü devreye bağlanır. Kapanan (B) kontağı (R2) yol verme direncini kısa devre eder. Endüviden geçen akım ve bu akımın yarattığı döndürme momenti artar. Motorun devir sayısı ve endüvide doğan zıt E.M.K yükselir. Endüvide doğan zıt E.M.K şebeke geriliminin %85'ine ulaştığında (F) rölesi enerjilenir.(F) kontağı kapanır ve (C) kontaktörü devreye bağlanır. Kapanan (C) kontağı (R3) yol verme direncini kısa devre eder. Böylece endüvi normal şebeke gerilimine bağlanır.

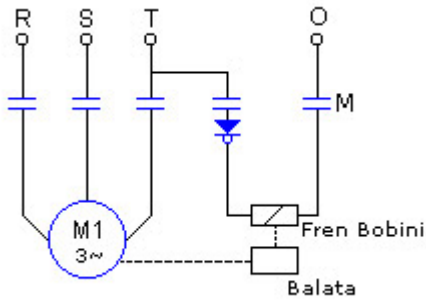
Motorun normal geriliminde çalışması, durdurma butonuna basılıncaya kadar devam eder. (C) kontaktörü enerjilenince, normalde kapalı (C) kontağı açılır. (P1) devir ayar reostası şönt sargıya bağlanır. Motorun devir sayısı önceki ayarlandığı değere yükselir. Yol verme dirençleri, motorun devir sayısına bağlı olarak devreden çıkarlar.

FRENLEME TEKNİKLERİ

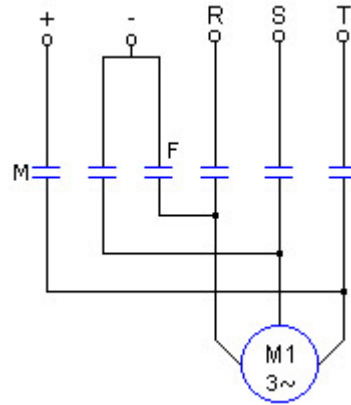
Genel Bilgiler

Durdurulacak motoru daha kısa zamanda durdurmada veya yükün yer çekimi nedeniyle motorun devrinin artmasına sebep olduğu anlarda elektriksel frenleme yapılır. Elektriksel frenleme de mekanik, dinamik ve ani frenleme olarak üçe ayrılır.

Mekanik frenleme, motor kasmağının iki balata ile sıkılması nedeniyle balatalı frenleme olarak da anılır. Ani frenleme ve dinamik frenleme ise tamamen elektriksel yolla gerçekleştirilir. Alt kesimde her iki yönetime ait güç devreleri görülmektedir.



Mekanik frenleme için güç devresi

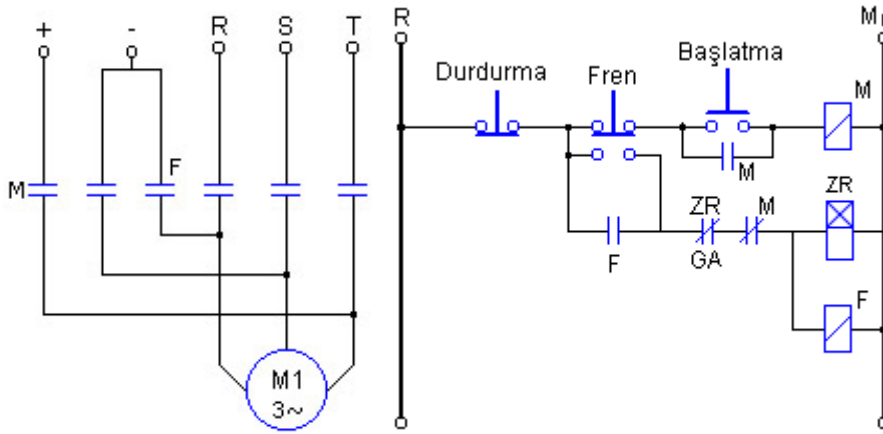


Dinamik frenleme için güç devresi

DİNAMİK FRENLEME

Hareket eden bir cismin üzerindeki yük arttırılırsa o cismin hızı da gittikçe azalacaktır. Örneğin, çalışan bir generatör yüklendikçe, generatörün devir sayısı da düşer. Bir doğru akım motoru çalışırken endüvisi şebekeden ayrılırsa, üzerindeki kinetik enerji nedeniyle, bu enerji sıfırlanana dek endüvi bir süre daha dönmeye devam eder. Eğer motorun milinde yük yoksa ve sürtünme vantilasyon kayıpları da küçükse motorun durma süresi de uzar.

Endüvi kendi kendine dönerken, kutuplar da manyetik alan yaratmaya devam ederlerse, motorun endüvi iletkenlerinde gerilim indüklenir. Yani motor dinamo gibi çalışmaya başlar. Dinamo gibi çalışan motor, dirençle yüklenirse, dönmekte olan endüvi daha çabuk durur. Bu şekildeki frenlemeye de dinamik frenleme adı verilir. Tamamen elektriksel yolla gerçekleştirilir. Dinamik frenleme yönteminde rotordaki kinetik enerji elektriksel olarak harcanır ve rotorun frenlenmesi sağlanır.



Güç devresi

Kumanda devresi

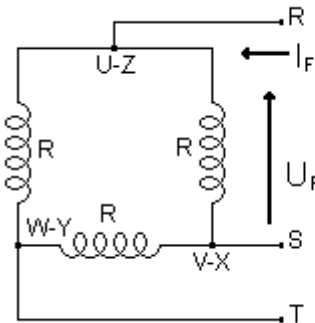
Şekildeki devrede başlatma butonuna basıldığında motor dönmeye başlar. M kontaktörü enerjilendiğinde kendisine ait M kontağı kapanarak mühürlemeyi sağlar ve dönme işinde süreklilik sağlar. Hareketin herhangi bir anında Fren butonuna basıldığında motora giden enerji kesilir ve enerji alt kolu takip ederek zaman rölesiyle fren kontaktörünü aktif hale getirir.

Bu frenleme işlemi zaman rölesinin sayacağı süre boyunca devam eder. Bu esnada F kontağı mühürleme yaparak enerjinin sürekli bu kesime akmasını sağlar. Zaman rölesinin sayması bittiğinde gecikmeli açılan zaman rölesi kontağı açılır ve frenleme kesimine enerjinin ulaşmasını engeller. Böylece zaman rölesinin saydığı süre boyunca frenleme gerçekleştirilmiş olur.

Frenleme Gerilimi ve Direnç Hesabı

Frenleme gerilimi hesabı yapılırken önce frenlenecek motorun bir faz sargısı omik direnci ölçülür. Motorun bağlantı şekline göre hesap şu şekilde yapılır.

Motor yıldız bağlı ise;



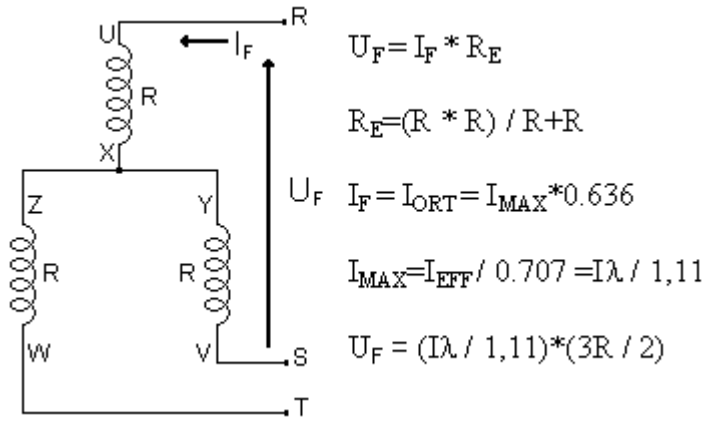
$$U_F = I_F * R_E$$

$$R_E = (R + R) * R / 3R$$

$$R_E = 2R / 3$$

$$U_F = (I_{\Delta} / 1,11) * (2R / 3)$$

Motor üçgen bağlı ise;



Burada dikkat edilecek nokta frenleme akımının sargılara zarar vermeyecek değerde olmasıdır. Frenlemenin daha kuvvetli olmasını istiyorsak frenleme akımı olarak yıldız akımının seçilmesidir. Frenleme süresi kısa olduğundan sargılar zarar görmeyecektir.

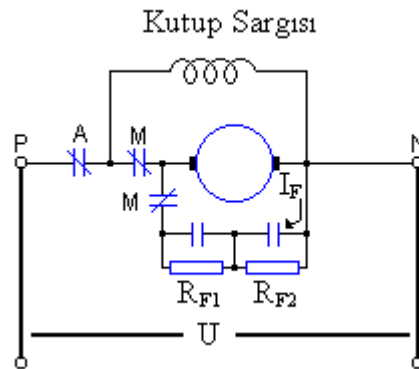
Örnek 1: Etiketinde 220/380V, 1.73/1A yazılı 3 fazlı bir asenkron motorun U-X uçlarına 10V DC gerilim uygulanmış ve devreye bağlı ampermetreden 0.5A okunmuştur. Bu motor için frenleme gerilimini hesaplayınız. (Motor fazlar arası gerilimi 380V olan şebekeye bağlanacaktır.)

Bu motorun yıldız bağlanması gerekir. Buna göre;

$$U_F = (I / 1,11) * (3R / 2)$$
$$U_F = (1 / 1,11) * (3 / 2) * (10 / 0,5)$$
$$U_F = 27V \text{ olarak bulunur.}$$

DC Motorlarda Dinamik Frenleme

DC motorların frenlenmesindeki prensip AC motorların frenlenmesi prensibi ile aynıdır. Ancak burada frenleme direnci kullanılarak frenleme akımının belli bir değerin üstüne çıkması önlenir. Böylece fırçaların, kollektörün ve sargıların zarar görmesi önlenir. AC motorlarda rotor çubukları geçecek büyük değerli akımlara dayanabildiği için bir sakınca yoktur.



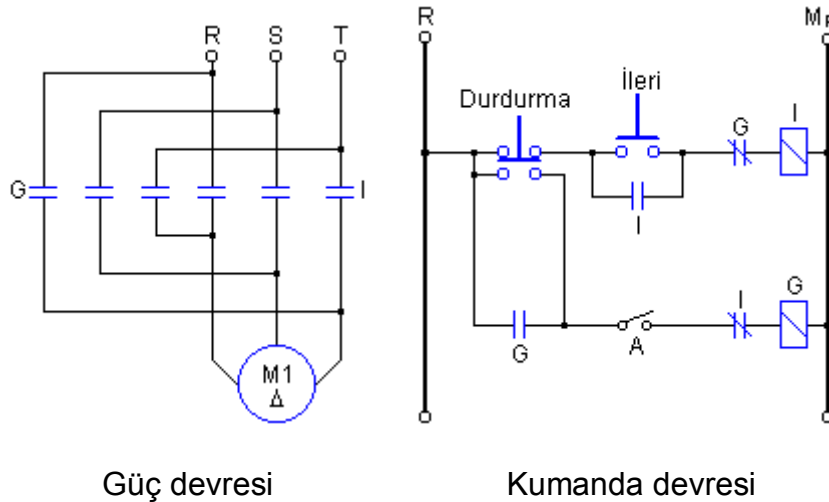
Bir DC motorun endüvi akımı kesildikten sonra endüktör akımı devam ettirilirse DC motor generatör gibi çalışmaya başlar. Bu durumda endüvi uçları arasına bir yük (direnç) bağlanırsa bu yükten geçen akıma bağlı olarak motorun devir sayısı hızla azalacak ve frenlenecektir.

ANİ FRENLEME

Motor bir yönde dönerken şebekeden ayrılır ve ters yönde dönecek şekilde hemen şebekeye bağlanırsa motorda ters yönde bir döndürme momenti meydana gelir. Devir sayısı hızla azalır ve sıfır olur. Motor ters yönde dönmeden şebekeden ayrılırsa frenlenmiş veya ani olarak durdurulmuş olunur. Bu tip elektriksel frenlemeye ani durdurma denir. Bir motora ani durdurma işlemi uygulanmadan önce motorun yol alma karakteristiğinin ve bağlı olduğu tezgâhın durumunun iyice incelenmesi gerekir.

Üç Fazlı Asenkron Motorların Ani Frenlemesi

Bu devrede ileri butonuna basıldığında, (I) kontaktörü enerjilenir. Normalde kapalı (I) kontağı açılır, normalde açık (I) kontakları kapanır. Motor ileri yönde dönmeye başlar. (A) ani durdurma anahtarının ileri dönüş yönündeki kontağı kapanır. Normalde kapalı olan (I) kontağı açıldığından, bu durumda (G) kontaktörü enerjilenmez. (R) fazından gelen akım (A) ani durdurma anahtarının ileri dönüş yönündeki kontağından, geri butonu üst kontaklarından ve normalde kapalı (G) kontağından geçerek (I) kontaktörünü sürekli olarak çalıştırır. Böylece motor ileri yönde sürekli olarak döner. Motorun ileri yöndeki dönüşü, durdurma butonuna basılıncaya kadar devam eder.



Durdurma butonuna basıldığında, (I) kontaktörünün enerjisi kesilir. Güç devresinde (I) kontakları açılır ve motor şebekeden ayrılır. Kumanda devresinde açılmış olan (I) kontağı kapanır. Rotor ileri dönmekte olduğundan, (A) ani durdurma anahtarının ileri dönüş yönündeki kontağı kapalı kalır. Bu kontak ve normalde kapalı (I) kontağı üzerinden geçen akım (G) kontaktörünü enerjilendirir. Güç devresinde (G) kontakları kapanır. İki fazın yeri değişmiş

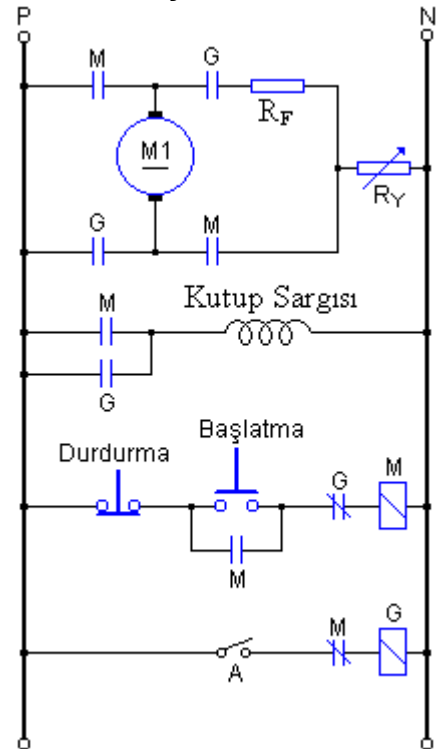
olarak, motor tekrar şebekeye bağlanır. Rotoru ileri yönde dönmekte olan motorda, ters yönde bir döndürme momenti meydana gelir. Devir sayısı hızla düşer ve sıfır olur. Ani durdurma anahtarı normal konumuna döner. (G) kontaktörünün enerjisi kesilir. Motor şebekeden ayrılır. Ters yönde dönmeye başlamadan motor ani olarak durmuş olur.

DC Motorların Ani Frenlemesi

DC motorlarında ani olarak durdurulmasında ani durdurma anahtarı veya röleleri kullanılır. Ani durdurmada, endüvide indüklenen gerilim (zıt E.M.K) şebeke gerilimine eklenir. Bu nedenle motor şebekeden yol alma akımının iki katına yakın akım çeker. Bu akımı sınırlandırmak için, devrede (R_f) ani durdurma direnci kullanılır. (R_f) ani durdurma direncinin değeri yaklaşık olarak (R_y) yol verme direncini iki katına eşittir. Ani durdurmayı otomatik olarak gerçekleştirmek için, devrede otomatik çalışan bir anahtar kullanılır. (A) harfi ile işaretlenmiş bu anahtar, mildeki sürtünme kuvvetiyle veya merkezkaç kuvvetiyle çalışır.

Yol verme momentinin yüksek olmasını sağlamak için devrede şönt sargı devamlı olarak şebekeye bağlı olarak tutulur. Bu devrede başlatma butonuna basıldığında, (M) kontaktörü enerjilenir. Kapanan (M) kontağı başlatma butonunu mühürler ve sürekli çalışmayı sağlar. Güç devresinde (M) kontakları kapanır. Endüvi şebekeye bağlanır. Endüviden yukarıdan aşağıya olmak üzere bir akım geçer. Motor şekilde gösterilen yönde döner. Mildeki sürtünme veya merkezkaç kuvveti nedeniyle, (A) ani durdurma anahtarı kapanır. Normalde kapalı (M) kontağı önceden açıldığından, bu durumda (G) kontaktörü enerjilenmez. Motor çalışması durdurma butonuna basılıncaya kadar devam eder.

Durdurma butonuna basıldığında, (M) kontaktörünün akımı kesilir ve endüvi şebekeden ayrılır. Önceden açılmış olan (M) kontağı kapanır. Ataleti nedeniyle endüvi dönmekte olduğundan, (A) ani durdurma anahtarı kapalı kalır. Bu nedenle (G) kontaktörü enerjilenir. (G) kontakları kapanır ve endüvi tekrar şebekeye bağlanır. Bu durumda endüviden aşağıdan yukarıya olmak üzere bir akım geçer. Bu akım ters yönde bir döndürme momenti yaratır. Ok yönünde dönen endüvinin devir sayısı hızla düşer. Devir sayısı sıfır olduğunda, (A) ani durdurma anahtarı açılır. (G) kontaktörünün enerjisi kesilir. (G) kontakları açılır ve endüvi şebekeden ayrılır. Motor ters yönde dönmeden, çok kısa bir zaman içinde durdurulmuş olur.



MOTOR (FAZ) KORUMA RÖLELERİ



Genel

Sanayi tesislerinde yaygın olarak kullanılan 3 Fazlı elektrik motorlarının iki fazda kalarak aşırı ısınması ve yanması sıkça karşılaşılan arızalardandır. Motor korumasında kullanılan "Termik manyetik röleler" elektromekanik yapısı ve demeraj akımının karşılanabilmesi için akım ayarının yüksek tutulması nedeniyle korumada yetersiz kalmaktadır. MK serisi motor koruma röleleri tüm bu sakıncaları ortadan kaldırarak motorların güvenle çalışmasını sağlar.

Koruma Fonksiyonları

1. Faz Yokluğu

Motorun herhangi bir nedenle iki fazda kalması durumunda motor gecikmesiz olarak devreden çıkarılır. Röle kontağını bırakır, röle LED'i söner, asimetri ve faz sırası hatası LED'leri yanar.

2. Faz Sırası

Faz sırasının ters olduğu durumlarda motor devreye alınmaz. Faz sırası bozulursa motor gecikmesiz devreden çıkarılır. Röle LED'i söner, Faz sırası hatası LED'i yanar.

3. PTC Koruması

Motor sıcaklığı PTC'nin sıcaklık sınır değerini aşarsa motor gecikmesiz olarak devreden çıkarılır.

4. Sabit Gerilim Dengesizliği

Faz - Nötr arası gerilim dengesizliği sabit değeri (%20 ve %40) aşarsa çıkış rölesi 0,2sn.de motoru devreden çıkarır.

5. Ayarlanabilir Gerilim Dengesizliği

Faz Faz arası gerilim dengesizliği cihaz üzerinde kullanıcının ayarladığı (%5-%15) asimetri değerinden küçükse, çıkış rölesi çekilidir.

Gerilim dengesizliği ayarlanan değeri aşarsa çıkış rölesi ayarlanan zaman gecikmesi (0,1sn-10sn) sonunda bırakır ve motor devre dışı kalır.

Asimetri hatası ayarlanan zamandan daha kısa sürerse çıkış rölesi çekili kalır ve motor çalışmaya devam eder.

MK-05 ve MK-05P de besleme gerilimi (L1) 178V un altına düşerse çıkış rölesi bırakır, faz sırası ve asimetri LED'leri yanıp sönmeye başlar.

Ortam sıcaklığı : -5°C, +50°C

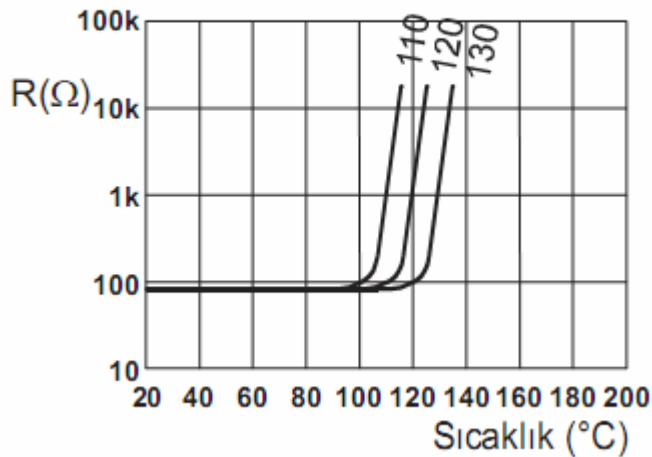
Yanmaz kutu

Raya ve yüzeye montaj

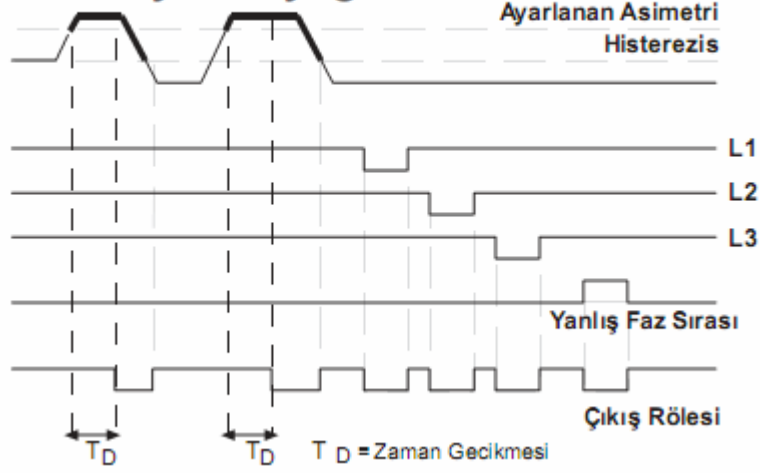
Koruma Sınıfı : IP20

IEC 60255-3, IEC 60255-6, IEC 60870-5, IEC 60529

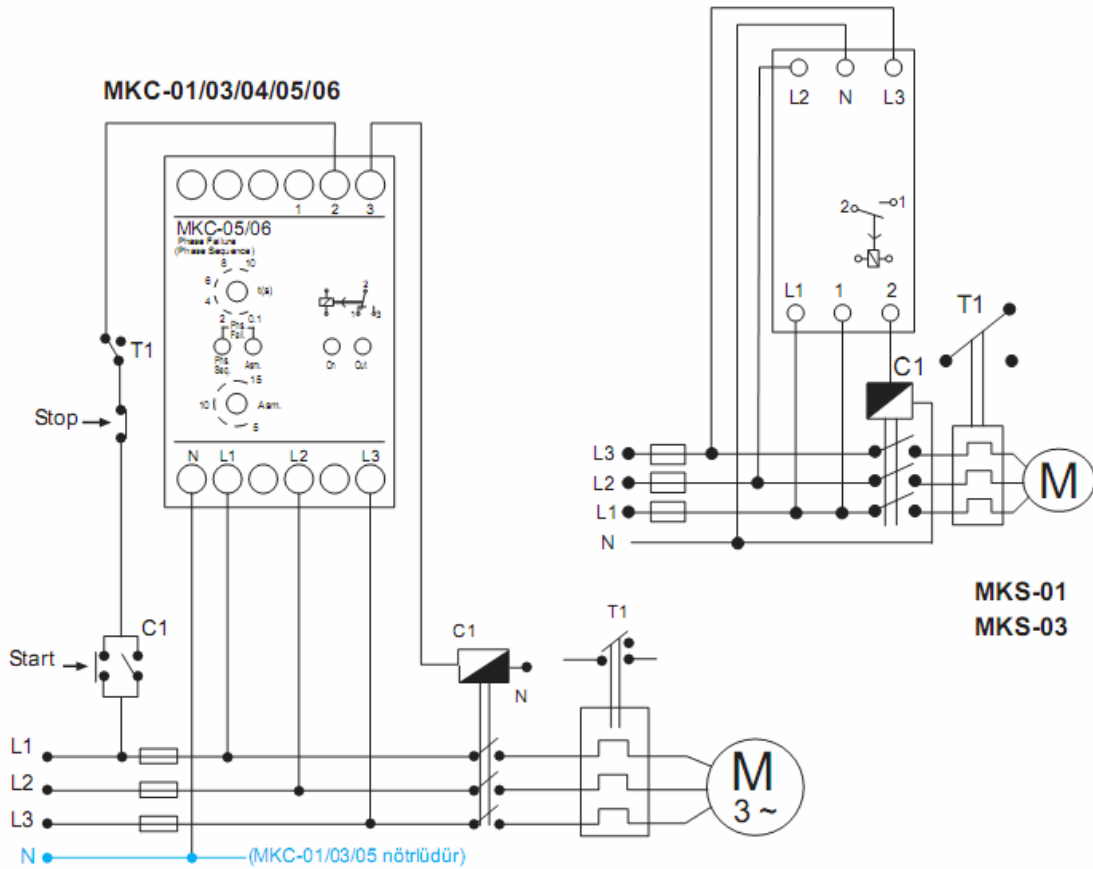
**PTC Sıcak
Direnç Değişim Grafiği**



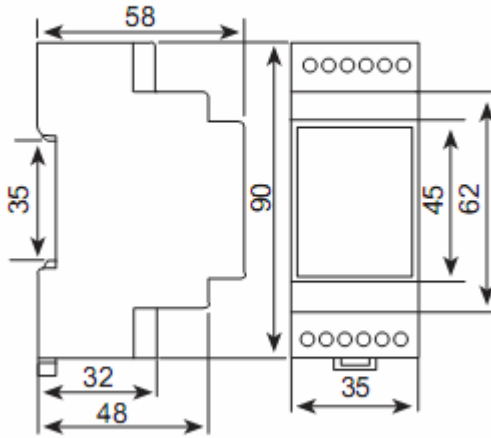
Fonksiyon Diyagramı



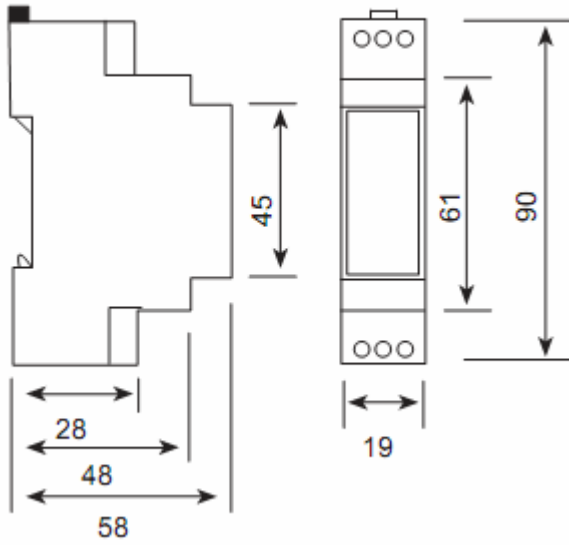
Bağlantı Şeması



Boyutlar

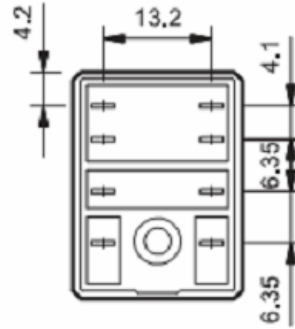
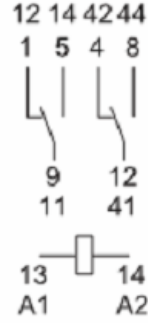


TİP PK25



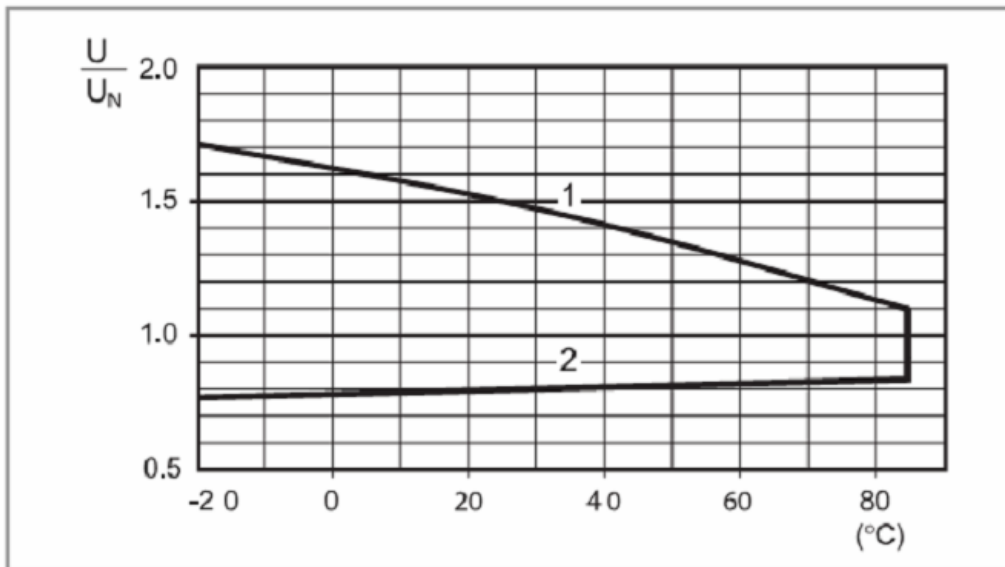
AC 230 V RÖLE – DC 24 V RÖLE

55.32



- 2 pole, 10 A
- Plug-in 94 series sockets

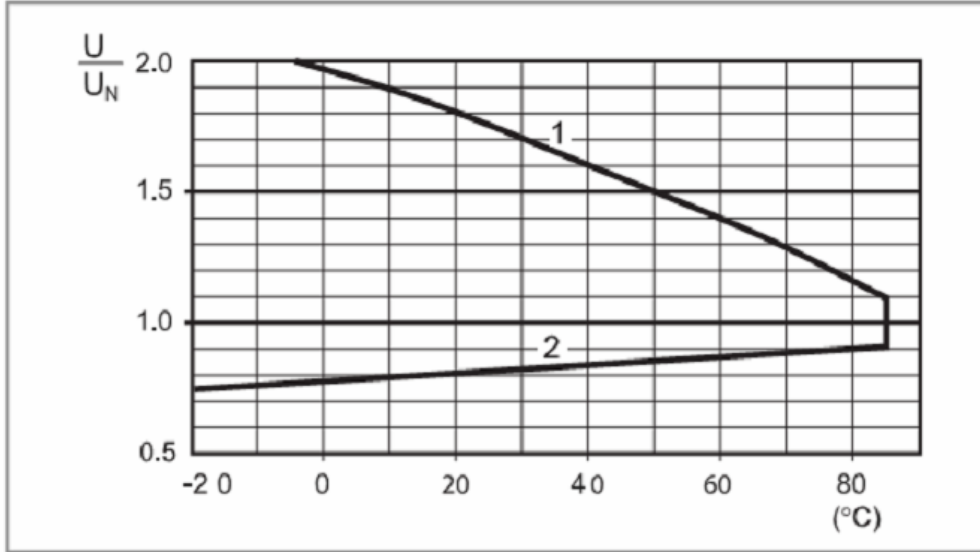
R 55 - AC coil operating range v ambient temperature



1 - Max. permitted coil voltage.

2 - Min. pick-up voltage with coil at ambient temperature.

R 55 - DC coil operating range v ambient temperature



1 - Max. permitted coil voltage.

2 - Min. pick-up voltage with coil at ambient temperature.

TERMİK RÖLE



3UA59

Faz korumalı,
çevre sıcaklığına uyumlu,
el ve otomatik konumlu,
kontaktör tipine
bağlı olmadan ayrı ve
raya montaja uygun

HAREKET SENSÖRÜ



- Maksimum Yük: 2 A dir
- UV filtreli plastik malzemeden üretilmiştir, sararmaz
- Sigortası sayesinde fazla yüklemeye devre dışı kalarak bozulmaz
- Üzerindeki butonlar sayesinde zaman, mesafe ve aydınlık düzeyi ayarları yapılır
- Montaj Yüksekliği: 2,5m -4,5m
- Tip: 180 Derece
- Güç (w): Max 500 w
- Algılama Mesafesi: 8 m
- Işık Kontrolü: (Lux) 10
- Çalışma Süresi: 10sn / 10dk
- Boyutlar (mm): 135 x 120 x 66
- Ağırlık kg: 0,25
- Hacim m³ 0,00085

100-240 V AC AKILLI RÖLE



- LOGO! 230RC, 8DE/4DA, 200 BLOECKE
- No. of Digital Inputs:8
- No. of Digital Outputs:4
- Display Type:LCD
- IP Rating:IP20
- Approval Bodies:CSA, FM, IEC, UL, VDE
- SVHC:No SVHC
- Approval Category:
- External Depth:55mm
- External Length / Height:90mm
- External Width:72mm
- Max Operating Temperature:+55°C
- Max Supply Voltage:230V
- Min Supply Voltage:115V
- Min Temperature Operating:0°C
- Mounting Type:DIN Rail
- No. of Inputs:8
- No. of Outputs:4
- Supply Voltage:230V

SINIR ŞALTERİ

Doğrusal
Hareketli Pim
*Plunger With
Linear Action*



POZİTİF AÇMA ÖZELLİKLİ →

Sipariş Kodu <i>Order Code</i>	Kontakt Yapısı <i>Contact Form</i>	Uç Elemanı Konstrüksiyonu <i>End Unit Construction</i>	Uç Elemanı Tipi <i>End Unit Type</i>	Uç Elemanı Malzemesi <i>End Unit Material</i>
L5K13PUM211	Ani Hareketli 1 NK + NA 2 Kutuplu <i>Snap Action 1 NC + NO 2 Poles</i>	Plastik <i>Plastic</i>	Pim <i>Plunger</i>	Metal <i>Metallic</i>

AC DRİVES



Vacon 10, makine imalatçlarına yönelik tasarlanmış, 0,25-5,5 kW güç aralığındaki motorları hedefleyen kompakt bir AC sürücüdür. Kolay, anlaşılır menü yapısı ve kullanışlı konsolu ile devreye almayı basitleştirirken, performansı ve dahili EMC filtreleri ile makinenize yüksek performans sağlar. makine imalatçlarına olabildiğince esnek bir tasarım sunan Vacon 10, ürünü ihtiyaçlara göre özelleştirme imkanı sunar.

Özellikler:

- Kompakt tasarım
- Dahili EMC filtre
- Akıllı menü yapısı
- IP20 koruma sınıfı (isteğe bağlı IP21)
- 380V gerilimde 1,5kW üzeri dahili frenleme kısıcısı
- RS-485 Modbus standart
- PI denetleyici
- Açık çevrim vektör kontrollü
- Kontrol kartını harici 24V ile besleme
- Sessiz çalışma
- 6 dijital girişi
- 1 dijital çıkışı
- 2 röle çıkışı
- 2 analog girişi
- 1 analog çıkışı



Sürücünün küçük boyutları ile yerden tasarruf edilmesini sağlar. Bu ölçülere sahip olmasına rağmen, dahili EMC filtreleri, akıllı menü kullanımı ve esnek kullanıcı arabirimi Vacon 10'u rakiplerinden ayırır. Mükemmel soğutucu tasarımı sayesinde cihazlar yan yana monte edilebilir. Sürücüler arasında mesafe bırakmak gerekmeyeceğinden pano ebatlarından tasarruf sağlar. Standart DIN raya yerleştirme imkanı, montaj süresini kısaltırken işçilikten kaynaklanan maliyetleri aşağıya çeker.

Seçim Tablosu:

1 Faz Besleme Gerilimi 208...240 V, IP20

Cihaz Kodu	Güç	Akım	Boyutlar
	kW	A	G*Y*D
Vacon 10-1L-0001-2	0,25	1,7	157*66*98
Vacon 10-1L-0002-2	0,37	2,6	157*66*98
Vacon 10-1L-0003-2	0,55	2,8	157*66*98
Vacon 10-1L-0004-2	0,75	3,7	157*66*98
Vacon 10-1L-0005-2	1,1	4,8	195*90*102
Vacon 10-1L-0007-2	1,5	7	195*90*102
Vacon 10-1L-0011-2	2,2	11	251*100*109

50 °C ortam sıcaklığında her 10 dakikada 1 dakika %150 yüklenebilirlik

3 Faz Besleme Gerilimi 380...480 V, IP20

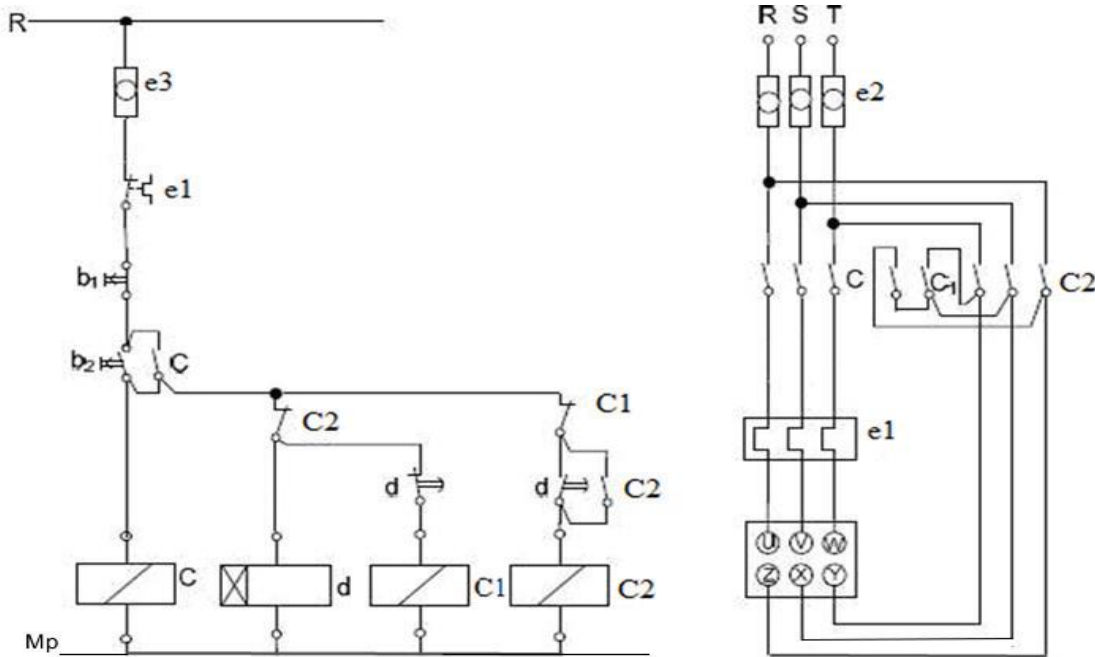
Cihaz Kodu	Güç	Akım	Boyutlar
	kW	A	G*Y*D
Vacon 10-3L-0001-2	0,37	1,3	157*66*98
Vacon 10-3L-0002-2	0,55	1,9	157*66*98
Vacon 10-3L-0003-2	0,75	2,4	157*66*98
Vacon 10-3L-0004-2	1,1	3,3	157*66*98
Vacon 10-3L-0005-2	1,5	4,3	195*90*102
Vacon 10-3L-0006-2	2,2	4,6	195*90*102
Vacon 10-3L-0008-2	3	7,6	251*100*109
Vacon 10-3L-0009-2	4	9	251*100*109
Vacon 10-3L-0012-2	5,5	12	251*100*109

50 °C ortam sıcaklığında her 10 dakikada 1 dakika %150 yüklenebilirlik

ÜÇ FAZLI ASENKRON MOTORA OTOMATİK YILDIZ ÜÇGEN YOL VERME

Otomatik λ/Δ yol verme şemaları çok değişik şekillerde dizayn edilebilmektedir. Şekil deki devrenin çalışması b2 butonuna basmakla başlar. b2 butonuna basıldığında C kontaktörü enerjilenir ve kontakları konum değiştirir. Kumanda devresindeki b2 butonu mühürlenir, güç devresinde motora şebeke gerilimi uygulanır. C kontaktörü ile birlikte d zaman rölesi ve C1 (λ) kontaktörü de enerjilenir. C1 (λ) kontaktörü motorun ZXY uçlarını kısa devre ettiğinden motor ilk anda λ olarak çalışmaya başlar.

Ayarlanan süre (λ çalışma süresi) sonunda zaman rölesi λ kontaktörüne seri bağlı olan d kontağını açar ve Δ kontaktörüne seri bağlı olan d kontağını kapatır. Bu durumda motor λ bağlantıdan ayrılıp Δ bağlanır ve bu şekilde çalışmasına devam eder. λ ve Δ kontaktör bobinlerine seri bağlı olan Δ ve λ kontakları elektriksel kilitlemeyi sağlar. Ayrıca C2nin çalışmasıyla görevleri biten zaman rölesi ve C1 kontaktörü de C2 kapalı kontağı sayesinde devre dışı bırakılır. Bir otomatik kumanda kuralı olarak, görevi biten devre elemanlarının devre dışı bırakıldığına dikkat ediniz. b1 butonuna basıldığında motorun enerjisi kesilir ve durur. Herhangi bir nedenle aşırı akım rölesinin e1 kontağı açıldığında ve şebeke enerjisi kesildiğinde de motor durur. Şebeke enerjisi tekrar geldiğinde ise devre çalışmaz. Devrenin çalışması için tekrar b2 butonuna basmak gerekir.



Şekil Asenkron motorun otomatik yıldız üçgen yol verme kumanda ve güç devre şeması

RAPORDA İSTENİLENLER

- 1- Deneyde yapılan güç ve akım yolu şemalarını çizerek, çalışmalarını adım adım açıklayınız.
- 2- Asenkron motorlarda λ / Δ klemens bağlantısı nasıl yapılır? Asenkron motorlarda λ / Δ yol vermeye neden gerek duyulur? Hangi güçlerde bu yol verme yöntemi kullanılır?
- 3- λ / Δ yol verme süresi ne kadardır ve bu süre nasıl belirlenir?

VACON 10
AC DRIVES

COMPLETE USER MANUAL

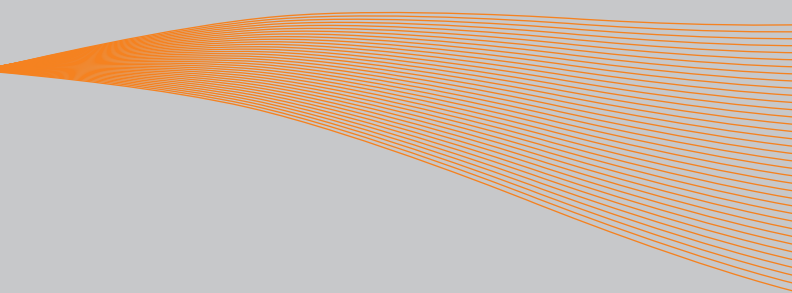


TABLE OF CONTENTS

Document code: DPD00288B2

Edited: 18.06.2010

1. Safety	3
1.1 Warnings	3
1.2 Safety instructions	5
1.3 Earthing and earth fault protection	5
1.4 Before running the motor	6
2. Receipt of delivery	7
2.1 Type designation code	7
2.2 Storage	7
2.3 Maintenance	7
2.4 Warranty	8
2.5 Manufacturer's declaration of conformity	9
3. Installation	11
3.1 Mechanical installation	11
3.1.1 Vacon 10 dimensions	12
3.1.2 Cooling	13
3.1.3 EMC levels	13
3.1.4 Changing the EMC protection class from C2 or C3 to C4 for IT networks	14
3.2 Cabling and connections	15
3.2.1 Power cabling	15
3.2.2 Control cabling	16
3.2.3 Cable and fuse specifications	18
3.2.4 General cabling rules	21
3.2.5 Stripping lengths of motor and mains cables	22
3.2.6 Cable installation and the UL standards	22
3.2.7 Cable and motor insulation checks	22
4. Commissioning	23
4.1 Commissioning steps of Vacon 10	23
5. Fault tracing	25
6. Vacon 10 Application Interface	28
6.1 Introduction	28
6.2 Control I/O	30

7. Control panel	32
7.1 General	32
7.2 Display	32
7.3 Keypad	33
7.4 Navigation on the Vacon 10 control panel	34
7.4.1 Main menu	34
7.4.2 Reference menu	35
7.4.3 Monitoring menu	36
7.4.4 Parameter menu	38
7.4.5 Fault history menu	39
8. STANDARD application parameters	40
8.1 Quick setup parameters (Virtual menu, shows when par. 13.1 = 1)	41
8.2 Motor settings (Control panel: Menu PAR -> P1)	43
8.3 Start/stop setup (Control panel: Menu PAR -> P2)	44
8.4 Frequency references (Control panel: Menu PAR -> P3)	44
8.5 Ramps and brakes setup (Control panel: Menu PAR -> P4)	45
8.6 Digital inputs (Control panel: Menu PAR -> P5)	45
8.7 Analogue inputs (Control panel: Menu PAR -> P6)	46
8.8 Digital and analogue outputs (Panel: Menu PAR -> P7)	47
8.9 Protections (Control panel: Menu PAR -> P9)	48
8.10 Fault autoreset parameters (Panel: Menu PAR -> P10)	49
8.11 PI control parameters (Control panel: Menu PAR -> P12)	50
8.12 Easy usage menu (Control panel: Menu PAR -> P0)	51
8.13 System parameters	51
9. Parameter descriptions	54
9.1 Motor settings (Control panel: Menu PAR -> P1)	54
9.2 Start/Stop setup (Control panel: Menu PAR -> P2)	59
9.3 Frequency references (Control panel: Menu PAR -> P3)	63
9.4 Ramps & brakes setup (Control panel: Menu PAR -> P4)	64
9.5 Digital inputs (Control panel: Menu PAR -> P5)	68
9.6 Analogue inputs (Control panel: Menu PAR -> P6)	69
9.7 Digital and analogue outputs (Panel: Menu PAR -> P7)	70
9.8 Motor thermal protection (parameters 9.7 - 9.10)	71
9.9 Fault autoreset parameters (Panel: Menu PAR -> P10)	76
9.10 PI control parameters (Control panel: Menu PAR -> P12)	77
9.11 Easy usage menu (Control panel: Menu PAR -> P9)	78
9.12 Modbus RTU	80
9.12.1 Termination resistor	80
9.12.2 Modbus address area	80
9.12.3 Modbus process data	81

10. Technical data	83
10.1 Vacon 10 technical data	83
10.2 Power ratings	85
10.2.1 Vacon 10 - Mains voltage 115 V	85
10.2.2 Vacon 10 - Mains voltage 208 - 240 V	85
10.2.3 Vacon 10 - Mains voltage 380 - 480 V	86
10.2.4 Vacon 10 - Mains voltage 575 V	87
10.3 Brake resistors	87

1. SAFETY



ONLY A COMPETENT ELECTRICIAN IS ALLOWED TO CARRY OUT THE ELECTRICAL INSTALLATION!

This manual contains clearly marked cautions and warnings which are intended for your personal safety and to avoid any unintentional damage to the product or connected appliances.

Please read the information included in cautions and warnings carefully:

	<p>= Dangerous voltage Risk of death or severe injury</p>
	<p>= General warning Risk of damage to the product or connected appliances</p>

1.1 Warnings



The components of the power unit of the frequency converter are live when Vacon 10 is connected to mains. Coming into contact with this voltage is extremely dangerous and may cause death or severe injury. The control unit is isolated from the mains potential.



The motor terminals U, V, W (T1, T2, T3) and the possible brake resistor terminals -/+ are live when Vacon 10 is connected to mains, even if the motor is not running.



The control I/O-terminals are isolated from the mains potential. However, the relay output terminals may have a dangerous control voltage present even when Vacon 10 is disconnected from mains.



The earth leakage current of Vacon 10 frequency converters exceeds 3.5mA AC. According to standard EN61800-5-1, a reinforced protective ground connection must be ensured.



If the frequency converter is used as a part of a machine, the machine manufacturer is responsible for providing the machine with a main switch [EN 60204-1].



If Vacon 10 is disconnected from mains while running the motor, it remains live if the motor is energized by the process. In this case the motor functions as a generator feeding energy to the frequency converter.



After disconnecting the frequency converter from the mains, wait until the fan stops and the indicators on the display go out. Wait 5 more minutes before doing any work on Vacon 10 connections.



The motor can start automatically after a fault situation, if the autoreset function has been activated

1.2 Safety instructions



The Vacon 10 frequency converter has been designed for fixed installations only.



Do not perform any measurements when the frequency converter is connected to the mains.



Do not perform any voltage withstand tests on any part of Vacon 10. The product safety is fully tested at factory.



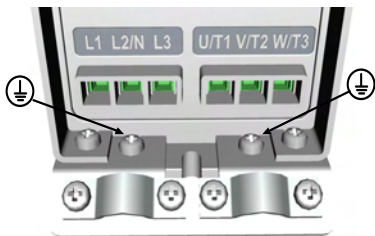
Prior to measurements on the motor or the motor cable, disconnect the motor cable from the frequency converter.



Do not open the cover of Vacon 10. Static voltage discharge from your fingers may damage the components. Opening the cover may also damage the device. If the cover of Vacon 10 is opened, warranty becomes void.

1.3 Earthing and earth fault protection

The Vacon 10 frequency converter **must always** be earthed with an earthing conductor connected to the earthing terminal. See figure below:



- The earth fault protection inside the frequency converter protects only the converter itself against earth faults.
- If fault current protective switches are used they must be tested with the drive with earth fault currents that are possible to arise in fault situations.

1.4 Before running the motor

Checklist:



Before starting the motor, check that the motor is mounted properly and ensure that the machine connected to the motor allows the motor to be started.



Set the maximum motor speed (frequency) according to the motor and the machine connected to it.



Before reversing the motor shaft rotation direction make sure that this can be done safely.



Make sure that no power correction capacitors are connected to the motor cable.

2. RECEIPT OF DELIVERY

After unpacking the product, check that no signs of transport damages are to be found on the product and that the delivery is complete (compare the type designation of the product to the code below).

Should the drive have been damaged during the shipping, please contact primarily the cargo insurance company or the carrier.

If the delivery does not correspond to your order, contact the supplier immediately.

2.1 Type designation code

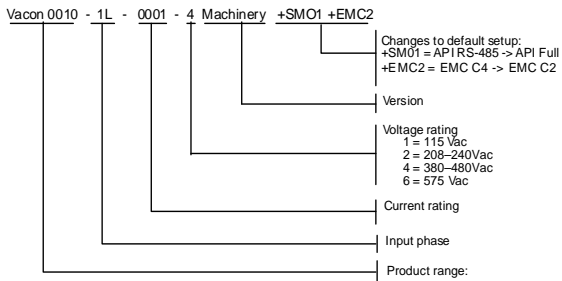


Figure 2.1: Vacon 10 type designation code

2.2 Storage

If the frequency converter is to be kept in store before use make sure that the ambient conditions are acceptable:

Storing temperature -40...+70°C

Relative humidity < 95%, no condensation

2.3 Maintenance

In normal operating conditions, Vacon 10 frequency converters are maintenance-free.

2.4 Warranty

Only manufacturing defects are covered by the warranty. The manufacturer assumes no responsibility for damages caused during or resulting from transport, receipt of the delivery, installation, commissioning or use.

The manufacturer shall in no event and under no circumstances be held responsible for damages and failures resulting from misuse, wrong installation, unacceptable ambient temperature, dust, corrosive substances or operation outside the rated specifications. Neither can the manufacturer be held responsible for consequential damages.

The Manufacturer's time of warranty is 18 months from the delivery or 12 months from the commissioning whichever expires first (General Conditions NL92/Orgalime S92).

The local distributor may grant a warranty time different from the above. This warranty time shall be specified in the distributor's sales and warranty terms. Vacon assumes no responsibility for any other warranties than that granted by Vacon itself.

In all matters concerning the warranty, please contact first your distributor.

2.5 Manufacturer's declaration of conformity

**EU DECLARATION OF CONFORMITY**

We

Manufacturer's name: Vacon Oyj
Manufacturer's address: P.O.Box 25
Runsorintie 7
FIN-65381 Vaasa
Finland

hereby declare that the product

Product name: Vacon 10 Frequency Converter
Model designation: Vacon 10 1L 0001 1...to 1L 0005 1
Vacon 10 1L 0001 2...to 1L 0009 2
Vacon 10 3L 0001 2...to 3L 0011 2
Vacon 10 3L 0001 4...to 3L 0012 4
Vacon 10 3L 0002 6...to 1L 0011 6

has been designed and manufactured in accordance with the following standards:

Safety: EN 61800-5-1 (2003)

EMC: EN 61800-3 (2004)

and conforms to the relevant safety provisions of the Low Voltage Directive 2006/95/EC and EMC Directive 2004/108/EC.

It is ensured through internal measures and quality control that the product conforms at all times to the requirements of the current Directive and the relevant standards.

In Vaasa, 6th of May, 2008

Vesa Laisi
President

3. INSTALLATION

3.1 Mechanical installation

There are two possible ways to mount Vacon 10 in the wall; either screw or DIN-rail mounting. The mounting dimensions are given on the back of the drive and on the following page.

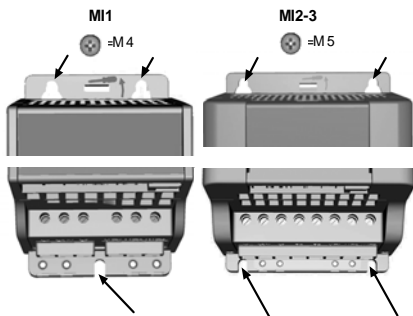


Figure 3.2: Screw mounting

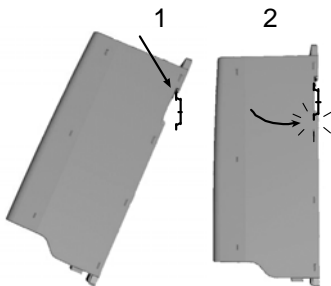


Figure 3.3: DIN-rail mounting

3.1.1 Vacon 10 dimensions

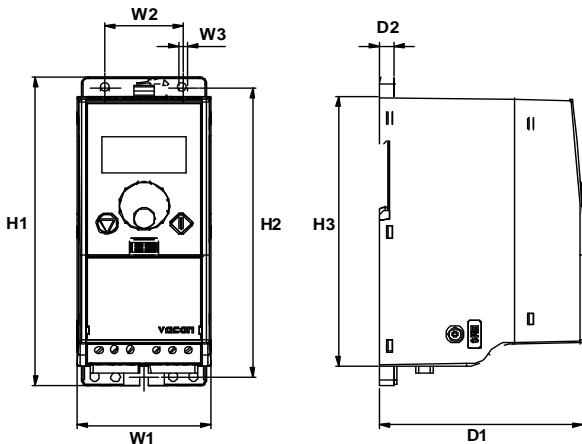


Figure 3.4: Vacon 10 dimensions, M11-M13

Type	H1	H2	H3	W1	W2	W3	D1	D2
M11	160,1	147	137,3	65,5	37,8	4,5	98,5	7
M12	195	183	170	90	62,5	5,5	101,5	7
M13	254,3	244	229,3	100	75	5,5	108,5	7

Table 3.1: Vacon 10 dimensions in millimetres

3.1.2 Cooling

Forced air flow cooling is used in all Vacon 10 drives.

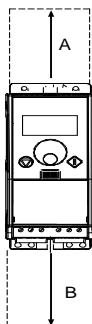
Enough free space shall be left above and below the frequency converter to ensure sufficient air circulation and cooling. You will find the required dimensions for free space in the table below:

Type	Dimensions (mm)	
	A	B
M11	100	50
M12	100	50
M13	100	50

Table 3.2: Dimensions required for cooling

Type	Cooling air required (m ³ /h)
M11	10
M12	10
M13	30

Table 3.3: Required cooling air



NOTE! See the mounting dimensions on the back of the drive.

Leave **free space** for cooling above (**100 mm**), below (**50 mm**), and on the sides (**10 mm**) of Vacon 10! (Side-to-side installation allowed only if the ambient temperature is below 40°C).

3.1.3 EMC levels

EN61800-3 defines the division of frequency converters into five classes according to the level of electromagnetic disturbances emitted, the requirements of a power system network and the installation environment (see below). The EMC class of each product is defined in the type designation code.

Category C1: Frequency converters of this class comply with the requirements of category C1 of the product standard EN 61800-3 (2004). Category C1 ensures the best EMC characteristics and it includes converters the rated voltage of which is less than 1000V and which are intended for use in the 1st environment. NOTE: The requirements of class C are fulfilled only as far as the conducted emissions are concerned.

Category C2: Frequency converters of this class comply with the requirements of category C2 of the product standard EN 61800-3 (2004). Category C2 includes converters in fixed installations and the rated voltage of which is less than 1000V. The class C2 frequency converters can be used both in the 1st and the 2nd environment.

Category C3: Frequency converters of this class comply with the requirements of category C3 of the product standard EN 61800-3 (2004). Category C3 includes converters the rated voltage of which is less than 1000V and which are intended for use in the second environment only.

Category C4: The drives of this class do not provide EMC emission protection. These kinds of drives are mounted in enclosures.

Category C4 for IT networks: Frequency converters of this class fulfil the product standard EN 61800-3 (2004) if intended to be used in IT systems. In IT systems, the networks are isolated from earth, or connected to earth through high impedance to achieve a low leakage current. NOTE: if converters are used with other supplies, no EMC requirements are complied with.

Environments in product standard EN 61800-3 (2004)

First environment: Environment that includes domestic premises. It also includes establishments directly connected without intermediate transformers to a low-voltage power supply network which supplies buildings used for domestic purposes.

NOTE: houses, apartments, commercial premises or offices in a residential building are examples of first environment locations.

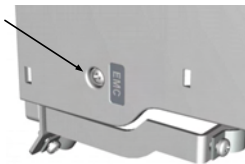
Second environment: Environment that includes all establishments other than those directly connected to a low-voltage power supply network which supplies buildings used for domestic purposes.

NOTE: industrial areas, technical areas of any building fed from a dedicated transformer are examples of second environment locations.

3.1.4 Changing the EMC protection class from C2 or C3 to C4 for IT networks

The EMC protection class of Vacon 10 frequency converters can be changed from class C2 or C3 to class C4 for IT networks by **removing the EMC-capacitor disconnecting screw**, see figure below.

Note! Do not attempt to change the EMC level back to class C2 or C3. Even if the procedure above is reversed, the frequency converter will no longer fulfil the EMC requirements of class C2/C3!



3.2 Cabling and connections

3.2.1 Power cabling

Note! Tightening torque for power cables is 0.5 - 0.6 Nm

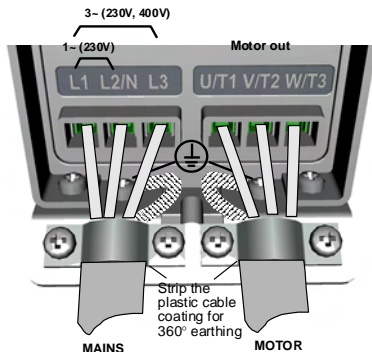


Figure 3.5: Vacon 10 power connections, MI1

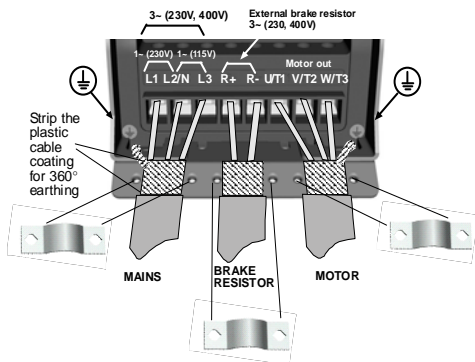


Figure 3.6: Vacon 10 power connections, MI2 - MI3

3.2.2 Control cabling

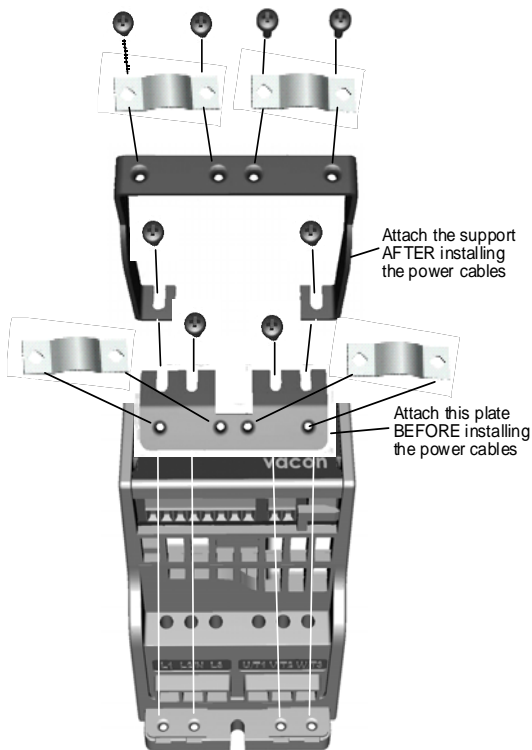


Figure 3.7: Mount the PE- plate and API cable support

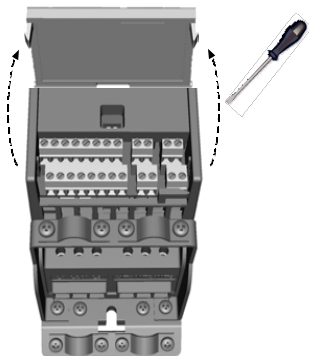


Figure 3.8: Open the lid

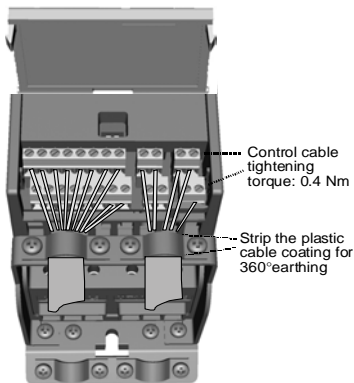


Figure 3.9: Install the control cables. See Chapter 6.3

3.2.3 Cable and fuse specifications

Use cables with heat resistance of at least +70 C. The cables and the fuses must be dimensioned according to the tables below. Installation of cables according to UL regulations is presented in Chapter 3.2.6.

The fuses function also as cable overload protection.

These instructions apply only to cases with one motor and one cable connection from the frequency converter to the motor. In any other case, ask the factory for more information.

EMC category	cat. C2	cat. C3	cat. C4
Mains cable types	1	1	1
Motor cable types	3	2	1
Control cable types	4	4	4

Table 3.4: Cable types required to meet standards. EMC categories are described in Chapter 3.1.3.

Cable type	Description
1	Power cable intended for fixed installation and the specific mains voltage. Shielded cable not required. (NKCABLES/MCMK or similar recommended)
2	Power cable equipped with concentric protection wire and intended for the specific mains voltage. (NKCABLES /MCMK or similar recommended).
3	Power cable equipped with compact low-impedance shield and intended for the specific mains voltage. (NKCABLES /MCCMK, SAB/ÖZCUY-J or similar recommended). *360° earthing of both motor and FC connection required to meet the standard
4	Screened cable equipped with compact low-impedance shield (NKCABLES /Jamak, SAB/ÖZCuY-0 or similar).

Table 3.5: Cable type descriptions

Frame	Type	Fuse [A]	Mains cable Cu [mm ²]	Motor cable Cu [mm ²]	Terminal cable size (min/max)			
					Main terminal [mm ²]	Earth terminal [mm ²]	Control terminal [mm ²]	Relay terminal [mm ²]
MI2	0001-0004	20	2*2.5+2.5	3*1.5+1.5	1.5-4	1.5-4	0.5-1.5	0.5-1.5
MI3	0005	20	2*2.5+2.5	3*1.5+1.5	1.5-4	1.5-4	0.5-1.5	0.5-1.5

Table 3.6: Cable and fuse sizes for Vacon 10, 115V, 1~

Frame	Type	Fuse [A]	Mains cable Cu [mm ²]	Motor cable Cu [mm ²]	Terminal cable size (min/max)			
					Main terminal [mm ²]	Earth terminal [mm ²]	Control terminal [mm ²]	Relay terminal [mm ²]
208 - 240V, 1~								
MI1	0001-0009	10	2*1.5+1.5	3*1.5+1.5	1.5-4	1.5-4	0.5-1.5	0.5-1.5
MI2	000-0007	20	2*2.5+2.5	3*1.5+1.5	1.5-4	1.5-4	0.5-1.5	0.5-1.5
MI3	0009	32	2*6+6	3*1.5+1.5	1.5-6	1.5-6	0.5-1.5	0.5-1.5
208 - 240V, 3~								
MI1	0001-0003	6	3*1.5+1.5	3*1.5+1.5	1.5-4	1.5-4	0.5-1.5	0.5-1.5
MI2	0004-0007	10	3*1.5+1.5	3*1.5+1.5	1.5-4	1.5-4	0.5-1.5	0.5-1.5
MI3	0011	20	3*2.5+2.5	3*2.5+2.5	1.5-6	1.5-6	0.5-1.5	0.5-1.5

Table 3.7: Cable and fuse sizes for Vacon 10, 208 - 240V, 1~ and 3~

Frame	Type	Fuse [A]	Mains cable Cu [mm ²]	Motor cable Cu [mm ²]	Terminal cable size (min/max)			
					Main terminal [mm ²]	Earth terminal [mm ²]	Control terminal [mm ²]	Relay terminal [mm ²]
MI1	0001-0003	6	3*1.5+1.5	3*1.5+1.5	1.5-4	1.5-4	0.5-1.5	0.5-1.5
MI2	0004-0006	10	3*1.5+1.5	3*1.5+1.5	1.5-4	1.5-4	0.5-1.5	0.5-1.5
MI3	0008-0012	20	3*2.5+2.5	3*2.5+2.5	1.5-6	1.5-6	0.5-1.5	0.5-1.5

Table 3.8: Cable and fuse sizes for Vacon 10, 380 - 480V, 3~

Frame	Type	Fuse [A]	Mains cable Cu [mm ²]	Motor cable Cu [mm ²]	Terminal cable size (min/max)			
					Main terminal [mm ²]	Earth terminal [mm ²]	Control terminal [mm ²]	Relay terminal [mm ²]
MI3	0002-0004	6	3*1.5+1.5	3*1.5+1.5	1.5-4	1.5-4	0.5-1.5	0.5-1.5
MI3	0005-0006	10	3*1.5+1.5	3*1.5+1.5	1.5-4	1.5-4	0.5-1.5	0.5-1.5
MI3	0009	20	3*2.5+2.5	3*2.5+2.5	1.5-6	1.5-6	0.5-1.5	0.5-1.5

Table 3.9: Cable and fuse sizes for Vacon 10, 575V

Note! To fulfil standard EN61800-5-1, the protective conductor should be **at least 10mm² Cu or 16mm² Al**. Another possibility is to use an additional protective conductor of at least the same size as the original one.

3.2.4 General cabling rules

1	Before starting the installation, check that none of the components of the frequency converter is live.
2	Place the motor cables sufficiently far from other cables: <ul style="list-style-type: none"> • Avoid placing the motor cables in long parallel lines with other cables • If the motor cable runs in parallel with other cables, the minimum distance between the motor cable and other cables is 0,3 m. • The given distance also applies between the motor cables and signal cables of other systems. • The maximum length of the motor cables is 30 m • The motor cables should cross other cables at an angle of 90 degrees.
3	If cable insulation checks are needed, see Chapter 3.2.7.
4	Connecting the cables: <ul style="list-style-type: none"> • Strip the motor and mains cables as advised in Figure 3.10. • Connect the mains, motor and control cables into their respective terminals, see Figures 3.5 - 3.9. • Note the tightening torques of power cables and control cables given in page 15 and page 17. • For information on cable installation according to UL regulations see Chapter 3.2.6 . • Make sure that the control cable wires do not come in contact with the electronic components of the unit • If an external brake resistor [option] is used, connect its cable to the appropriate terminal. • Check the connection of the earth cable to the motor and the frequency converter terminals marked with • Connect the separate shield of the motor cable to the earth plate of the frequency converter, motor and the supply centre

3.2.5 Stripping lengths of motor and mains cables

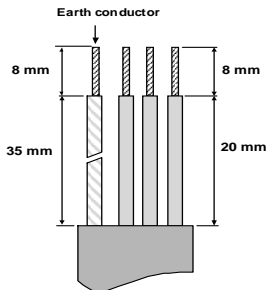


Figure 3.10: Stripping of cables

Note! Strip also the plastic cover of the cables for 360 degree earthing. See Figures 3.5, 3.6 and 3.9.

3.2.6 Cable installation and the UL standards

To meet the UL (Underwriters Laboratories) regulations, a UL-approved copper cable with a minimum heat-resistance of +60/75 C must be used.

3.2.7 Cable and motor insulation checks

These checks can be performed as follows if motor or cable insulations are suspected to be faulty.

1. Motor cable insulation checks

Disconnect the motor cable from terminals U/T1, V/T2 and W/T3 of the frequency converter and from the motor. Measure the insulation resistance of the motor cable between each phase conductor as well as between each phase conductor and the protective ground conductor.

The insulation resistance must be >1MΩ.

2. Mains cable insulation checks

Disconnect the mains cable from terminals L1, L2/N and L3 of the frequency converter and from the mains. Measure the insulation resistance of the mains cable between each phase conductor as well as between each phase conductor and the protective ground conductor. The insulation resistance must be >1MΩ.


3. Motor insulation checks

Disconnect the motor cable from the motor and open the bridging connections in the motor connection box. Measure the insulation resistance of each motor winding. The measurement voltage must equal at least the motor nominal voltage but not exceed 1000 V. The insulation resistance must be >1MΩ.

4. COMMISSIONING

Before commissioning, note the warnings and instructions listed in Chapter 1!

4.1 Commissioning steps of Vacon 10

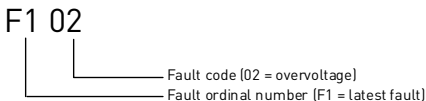
1	Read carefully the safety instructions in Chapter 1 and follow them.
2	<p>After the installation, make sure that:</p> <ul style="list-style-type: none"> • both the frequency converter and the motor are grounded • the mains and motor cables comply with the requirements given in Chapter 3.2.3 • the control cables are located as far as possible from the power cables (see Chapter , step 2) and the shields of the shielded cables are connected to protective earth <div style="text-align: center;">  </div>
3	Check the quality and quantity of cooling air (Chapter 3.1.2)
4	Check that all Start/Stop switches connected to the I/O terminals are in Stop -position.
5	Connect the frequency converter to mains
Note: The following steps are valid if you have API Full or API Limited Application Interface in your Vacon 10.	
6	<p>Set the parameters of group 1 according to the requirements of your application. At least the following parameters should be set:</p> <ul style="list-style-type: none"> • motor nominal voltage (par. 1.1) • motor nominal frequency (par. 1.2) • motor nominal speed (par. 1.3) • motor nominal current (par. 1.4) <p>You will find the values needed for the parameters on the motor rating plate</p>

7	<p>Perform test run without motor. Perform either Test A or Test B:</p> <p>A) Control from the I/O terminals:</p> <ul style="list-style-type: none">• Turn the Start/Stop switch to ON position.• Change the frequency reference (potentiometer)• Check in the Monitoring Menu that the value of Output frequency changes according to the change of frequency reference.• Turn the Start/Stop switch to OFF position <p>B) Control from the keypad:</p> <ul style="list-style-type: none">• Select the keypad as the control place with par 2.5. You can also move to keypad control by pressing the navigation wheel for 5 seconds.• Push the Start button on the keypad• Check in the Monitoring Menu that the value of Output frequency changes according to the change of frequency reference• Push the Stop button on the keypad
8	<p>Run the no-load tests without the motor being connected to the process, if possible. If this is not possible, secure the safety of each test prior to running it. Inform your co-workers of the tests.</p> <ul style="list-style-type: none">• Switch off the supply voltage and wait up until the drive has stopped.• Connect the motor cable to the motor and to the motor cable terminals of the frequency converter.• See to that all Start/Stop switches are in Stop positions.• Switch the mains ON• Repeat test 7A or 7B
9	<p>Perform an identification run (see par. 1.18), especially if the application requires a high startup torque or a high torque with low speed.</p>
10	<p>Connect the motor to the process (if the no-load test was run without the motor being connected)</p> <ul style="list-style-type: none">• Before running the tests, make sure that this can be done safely.• Inform your co-workers of the tests.• Repeat test 7A or 7B.

5. FAULT TRACING

Note: The fault codes listed in this chapter are visible if the Application Interface has a display, like e.g. in API FULL or API LIMITED or if a personal computer has been connected to the drive

When a fault is detected by the frequency converter control electronics, the drive is stopped and the symbol F together with the ordinal number of the fault and the fault code appear on the display in the following format, e.g:



The fault can be reset by pressing the Stop button on the control keypad or via the I/O terminal or fieldbus. The faults with time labels are stored in the Fault history menu which can be browsed. The different fault codes, their causes and correcting actions are presented in the table below.

Fault code	Fault name	Possible cause	Correcting actions
1	Overcurrent	Frequency converter has detected too high a current ($>4 \cdot I_N$) in the motor cable: <ul style="list-style-type: none"> • sudden heavy load increase • short circuit in motor cables • unsuitable motor 	Check loading. Check motor size. Check cables.
2	Overvoltage	The DC-link voltage has exceeded the internal safety limit: <ul style="list-style-type: none"> • too short a deceleration time • high overvoltage spikes in mains 	Increase the deceleration time (P.4.3)
3	Earth fault	Current measurement has detected extra leakage current at start: <ul style="list-style-type: none"> • insulation failure in cables or motor 	Check motor cables and motor

Table 5.10: Fault codes

Fault code	Fault name	Possible cause	Correcting actions
8	System fault	<ul style="list-style-type: none"> • component failure • faulty operation 	Reset the fault and restart. Should the fault re-occur, contact the distributor near to you NOTE! If fault F8 occurs, find out the subcode of the fault from the Fault History menu under M (minutes)!
9	Undervoltage	The DC-link voltage has gone below the internal safety limit: <ul style="list-style-type: none"> • most probable cause: too low a supply voltage • frequency converter internal fault • Power outages 	In case of temporary supply voltage break reset the fault and restart the frequency converter. Check the supply voltage. If it is adequate, an internal failure has occurred. Contact the distributor near to you
13	Frequency converter undertemperature	Heat sink temperature is under -10 C	Check the ambient temperature
14	Frequency converter overtemperature	Heat sink is overheated.	Check that the cooling air flow is not blocked. Check the ambient temperature. Make sure that the switching frequency is not too high in relation to ambient temperature and motor load.
15	Motor stalled	Motor stall protection has tripped	Check that the motor is able to rotate freely
16	Motor overtemperature	Motor overheating has been detected by frequency converter motor temperature model. Motor is overloaded	Decrease the motor load. If no motor overload exists, check the temperature model parameters.
17	Motor underload	Motor underload protection has tripped	Check motor and load, e.g. for broken belts or dry pumps
22	EEPROM checksum fault	Parameter save fault <ul style="list-style-type: none"> • faulty operation • component failure 	Contact the distributor near to you

Table 5.10: Fault codes

Fault code	Fault name	Possible cause	Correcting actions
25	Microcontroller watchdog fault	<ul style="list-style-type: none"> • faulty operation • component failure 	Reset the fault and restart. Should the fault re-occur, contact the distributor near to you.
27	Back EMF protection	Drive has detected that the magnetized motor is running in start situation <ul style="list-style-type: none"> • A rotating PM-motor 	Make sure that there is no rotating PM-motor when the start command is given.
34	Internal bus communication	Ambient interference or defective hardware	Should the fault re-occur, contact the distributor near to you.
35	Application fault	Application is not working properly	Contact the distributor near to you
41	IGBT Overtemperature	Overtemperature alarm is issued when the IGBT switch temperature exceeds 110 °C	Check loading. Check motor size. Make identification run.
50	Analogue input $I_{in} < 4\text{mA}$ (selected signal range 4 to 20 mA)	Current at the analogue input is $< 4\text{mA}$ <ul style="list-style-type: none"> • control cable is broken or loose • signal source has failed 	Check the current loop circuitry
51	External fault	Digital input fault. Digital input has been programmed as external fault input and this input is active.	
53	Fieldbus fault	The data connection between the fieldbus Master and the fieldbus of the drive broken	Check installation. If installation is correct contact the nearest Vacon distributor.
57	Identification fault	Identification run has failed.	Run command was removed before completion of identification run. Motor is not connected to frequency converter. There is load on motor shaft

Table 5.10: Fault codes

6. VACON 10 APPLICATION INTERFACE

6.2 Introduction

There are three versions of Application Interfaces (API) available for the Vacon 10 drive:

API Full	API Limited	API RS-485 (Modbus RTU)
6 Digital inputs	3 Digital inputs	1 Digital input
2 Analogue inputs	1 Analogue input	1 Relay output
1 Analogue output	1 Relay output	RS-485 Interface
1 Digital output	RS-485 Interface	
2 Relay outputs		
RS-485 Interface		

Table 6.11: Available Application Interfaces

This section provides you with a description of the I/O-signals for these versions and instructions for using the Vacon 10 general purpose application.

The frequency reference can be selected from the analogue inputs, fieldbus, preset speeds or keypad.

Basic properties:

- Digital inputs DI1...DI6 are freely programmable. The user can assign a single input to many functions
- Digital-, relay- and analogue outputs are freely programmable
- Analogue input 1 can be programmed as current or voltage input in API Limited version

Special features in all API versions:

- Programmable Start/Stop and Reverse signal logic
- Reference scaling.
- Programmable start and stop functions
- DC-brake at start and stop
- Programmable U/f curve
- Adjustable switching frequency
- Autoreset function after fault
- Protections and supervisions (all fully programmable; off, alarm, fault):

- Current signal input fault
- External fault
- Undervoltage fault
- Earth fault
- Motor thermal, stall and underload protection
- Fieldbus communication

Special features in API Full and API Limited:

- 8 preset speeds
- Analogue input range selection, signal scaling and filtering
- PI-controller

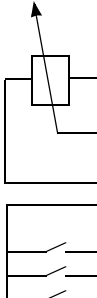
6.3 Control I/O

API FULL

Terminal	Signal	Factory preset	Description
1	+10Vre	Ref. voltage out	Maximum load 10 mA
2	AI1	Analog signal in 1	Freq. reference ^{PI} 0 - +10 V Ri = 200 kΩ (min)
3	GND	I/O signal ground	
6	24Vout	24V output for DI's	±20 %, max. load 50 mA
7	GND	I/O signal ground	
8	DI1	Digital input 1	Start forward ^{PI}
9	DI2	Digital input 2	Start reverse ^{PI}
10	DI3	Digital input 3	Preset speed B0 ^{PI}
A	A	RS485 signal A	FB Communication
B	B	RS485 signal B	FB Communication
4	AI2	Analog signal in 2	PI actual value ^{PI}
5	GND	I/O signal ground	
13	GND	I/O signal ground	
14	DI4	Digital input 4	Preset speed B1 ^{PI}
15	DI5	Digital input 5	Fault reset ^{PI}
16	DI6	Digital input 6	Disable PI contr. ^{PI}
18	AO	Output frequency ^{PI}	0(4) - 20 mA, RL = 500Ω
20	DO	Digital signal out	Active = READY ^{PI}
22	RO 13	Relay out 1	Active = RUN ^{PI}
23	RO 14		
24	RO 22	Relay out 2	Active = FAULT ^{PI}
25	RO 21		
26	RO 24		

Table 6.12: Vacon 10 General purpose application default I/O configuration and connections for API FULL version
 P) = Programmable function, see parameter lists and descriptions, chapters 8 and 9.


API LIMITED



Terminal	Signal	Factory preset	Description
1	+10Vre	Ref. voltage out	Maximum load 10 mA
2	AI1	Analog signal in 1	Freq. reference ^{P1} Can be changed to 0(4)mA - 20mA current input with the dip switch (see ch. 9.12.1)
3	GND	I/O signal ground	
6	24Vout	24V output for DI's	±20 %, max. load 50 mA
7	GND	I/O signal ground	
8	DI1	Digital input 1	Start forward ^{P1}
9	DI2	Digital input 2	Start reverse ^{P1}
10	DI3	Digital input 3	Preset speed B0 ^{P1}
A	A	RS485 signal A	FB Communication
B	B	RS485 signal B	FB Communication
24	RO 22	Relay out 2	ACTIVE (Relay opened) = FAULT ^{P1}
25	RO 21		

Table 6.13: Vacon 10 General purpose application default I/O configuration and connections for API LIMITED version
 P) = Programmable function, parameter lists and descriptions, chapters 8 and 9.

API RS-485



Terminal	Signal	Factory preset	Description
3	GND	I/O signal ground	
6	24Vout	24V output for DI's	±20 %, max. load 50 mA
7	GND	I/O signal ground	
8	DI1	Digital input 1	1 = Start forward
A	A	RS485 signal A	FB Communication
B	B	RS485 signal B	FB Communication
24	RO 22	Relay out 2	ACTIVE (Relay opened) = FAULT ^{P1}
25	RO 21		

Table 6.14: Vacon 10 General purpose application default I/O configuration and connections for API RS-485 version
 P) = Programmable function, parameter lists and descriptions, chapters 8 and 9.

7. CONTROL PANEL

7.1 General

The Vacon 10 API Full and API Limited versions have similar control panels. The panel is integrated to the drive consisting of corresponding application card and an overlay on the drive cover with status display and button clarifications.

The Control panel consists of an LCD display with backlight and a keypad including a navigation wheel, a green START button and a red STOP button (see Figure 7.11).

7.2 Display

The display includes 14-segment and 7-segment blocks, arrowheads and clear text unit symbols. The arrowheads, when visible, indicate some information about the drive, which is printed in clear text on the overlay (numbers 1...14 in the figure below). The arrowheads are grouped in 3 groups with the following meanings and English overlay texts (see Figure 7.11):

Group 1 - 5; Drive status

- 1= Drive is ready to start (READY)
- 2= Drive is running (RUN)
- 3= Drive has stopped (STOP)
- 4= Alarm condition is active (ALARM)
- 5= Drive has stopped due to a fault (FAULT)

Group 6 - 10; Control selections

- 6= Motor is rotating forward (FWD)
- 7= Motor is rotating reverse (REV)
- 8= I/O terminal block is the selected control place (I/O)
- 9= Keypad is the selected control place (KEYPAD)
- 10= Fieldbus is the selected control place (BUS)

Group 11 - 14; Navigation main menu

- 11= Reference main menu (REF)
- 12= Monitoring main menu (MON)
- 13= Parameter main menu (PAR)
- 14= Fault history main menu (FLT)



Figure 7.11: Vacon 10 Control panel

7.3 Keypad

The keypad section of the control panel consists of a navigation wheel and START and STOP buttons (see Figure 7.11). The navigation wheel is used for navigating on the panel display, but it also works as a reference potentiometer when KEYPAD has been selected as the control place of the drive. The wheel has two separate functions;

- rotating the wheel e.g. for changing parameter value (12 steps / round)
- pressing the wheel e.g. for accepting the new value.

The drive stops always, regardless of the selected control place, by pressing the keypad STOP button. The drive starts by pressing the keypad START button, but only if the selected control place is KEYPAD.

NOTE! You can quickly change the active control place from remote (I/O or fieldbus) to local (keypad) by pressing the navigation wheel for about 5 seconds!

7.4 Navigation on the Vacon 10 control panel

This chapter provides you with information on navigating the menus on Vacon 10 and editing the values of the parameters.

7.4.1 Main menu

The menu structure of Vacon 10 control software consists of a main menu and several submenus. Navigation in the main menu is shown below:

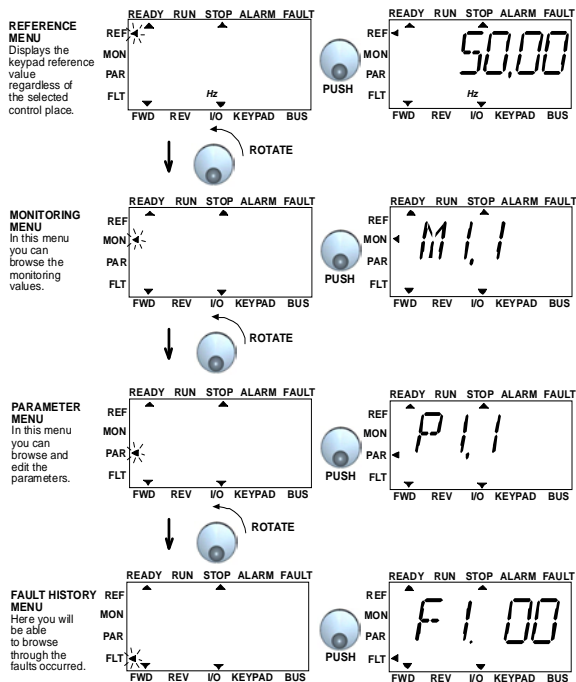


Figure 7.12: The main menu of Vacon 10

7.4.2 Reference menu

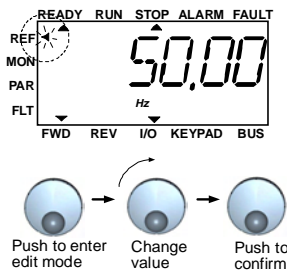


Figure 7.13: Reference menu display

Move to the reference menu with the navigation wheel (see Figure 7.12). The reference value can be changed with the navigation wheel as shown in Figure 7.13. The reference value follows the rotation continuously (= without separate new value acceptance) .

7.4.3 Monitoring menu

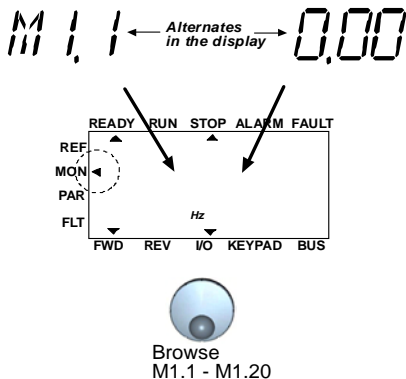


Figure 7.14: Monitoring menu display

Monitoring values mean actual values of measured signals as well as statuses of some control settings. They are visible in API Full and Limited display, but they cannot be edited. The monitoring values are listed in Table 7.15.

Pushing the navigation wheel once in this menu takes the user to the next level, where the monitoring value, e.g. M1.1 and value are visible (see Figure 7.12). The monitoring values can be browsed by rolling the navigation wheel clockwise, as shown in Figure 7.14.

Code	Monitoring signal	Unit	ID	Description
M1.1	Output frequency	Hz	1	Frequency to the motor
M1.2	Frequency reference	Hz	25	
M1.3	Motor shaft speed	rpm	2	Calculated motor speed
M1.4	Motor current	A	3	Measured motor current
M1.5	Motor torque	%	4	Calculated actual/nominal torque of the motor
M1.6	Motor power	%	5	Calculated actual/nominal power of the motor
M1.7	Motor voltage	V	6	Motor voltage
M1.8	DC-link voltage	V	7	Measured DC-link voltage
M1.9	Unit temperature	°C	8	Heat sink temperature
M1.10	Motor temperature	%		Calculated motor temperature
M1.11	Analogue input 1	%	13	AI1 value
M1.12	Analogue input 2	%	14	AI2 value ONLY IN API FULL!
M1.13	Analogue output	%	26	AO1 ONLY IN API FULL!
M1.14	DI1, DI2, DI3		15	Digital input statuses
M1.15	DI4, DI5, DI6		16	Digital input statuses ONLY IN API FULL!
M1.16	RO1, (also RO2, DO in API FULL)		17	Relay/digital output statuses
M1.17	PI setpoint	%	20	In percent of the maximum process reference
M1.18	PI feedback	%	21	In percent of the maximum actual value
M1.19	PI error value	%	22	In percent of the maximum error value
M1.20	PI Output	%	23	In percent of the maximum output value

Table 7.15: Vacon 10 monitoring signals

7.4.4 Parameter menu

In Parameter menu only the Quick setup parameter list is shown by default. By giving the value 0 to the parameter 13.1, it is possible to open other advanced parameter groups. The parameter lists and descriptions can be found in chapters 8 and 9.

The following figure shows the parameter menu view:

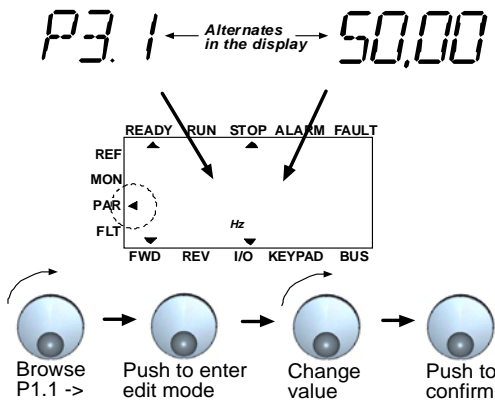


Figure 7.15: Parameter menu

7.4.5 Fault history menu

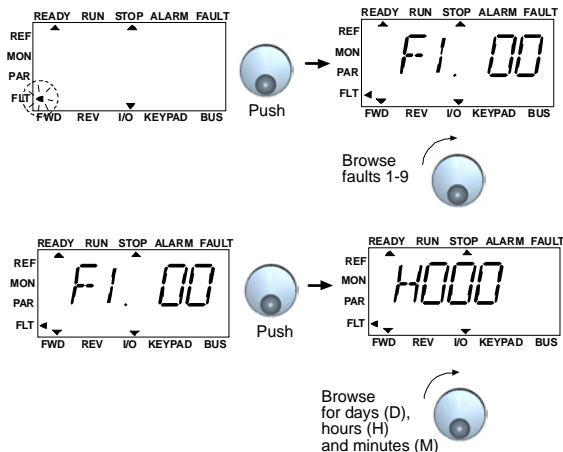


Figure 7.16: Fault history menu

In Fault history menu you can browse through 9 latest faults (see Figure 7.16). If a fault is active, the relevant fault number (e.g. F1 02) alternates in the display with main menu. When you browse between the faults, the fault codes of active faults are blinking. The active faults can be reset by pressing the STOP button for 1 time. If the fault cannot be reset, the blinking continues. It is possible to navigate in the menu structure also when there are active faults present, but the display returns automatically to the fault menu if buttons or navigation wheel are not pressed or navigation is not rotated. The operating date, hour and minute values at the fault instant are shown in the value menu (operating hours = displayed reading).

Note! The whole fault history can be cleared by pressing STOP button for 5 sec time when the drive is stopped and Fault history menu is selected in the display.

See Chapter 5 for fault descriptions

8. STANDARD APPLICATION PARAMETERS

On the next pages you can find the lists of parameters within the respective parameter groups. The parameter descriptions are given in Chapter 9.

NOTE: Parameters can only be changed when drive is in stop mode!

Explanations:

Code: Location indication on the keypad; Shows the operator the present Monitoring value number or Parameter number

Parameter: Name of monitoring value or parameter

Min: Minimum value of parameter

Max: Maximum value of parameter

Unit: Unit of parameter value; given if available

Default: Factory preset value

ID: ID number of the parameter (used with fieldbus control)



More information on this parameter available in chapter 9: 'Parameter descriptions' click on the parameter name.

NOTE: This manual is for Vacon 10 standard application only. If you are using a special application, please download the appropriate user manual on <http://www.vacon.com> -> Support & Downloads.

8.1 Quick setup parameters (Virtual menu, shows when par. 13.1 = 1)

Code	Parameter	Min	Max	Unit	Default	ID	Note
P1.1	Motor nominal voltage	180	690	V	230 400 575	110	Check rating plate on the motor
P1.2	Motor nominal frequency	30	320	Hz	50,00	111	Check rating plate on the motor
P1.3	Motor nominal speed	300	20000	rpm	1440	112	Default applies for a 4-pole motor.
P1.4	Motor nominal current	0,2 x I _{NUnit}	2,0 x I _{NUnit}	A	I _{NUnit}	113	Check rating plate on the motor
P1.5	Motor cos ϕ	0,30	1,00		0,85	120	Check rating plate on the motor
i P1.7	Current limit	0,2 x I _{NUnit}	2 x I _{NUnit}	A	1,5 x I _{NUnit}	107	
i P1.15	Torque boost	0	1		0	109	0 = Not used 1 = Used
i P2.1	Remote control place	1	2		1	172	1 = I/O terminal 2 = Fieldbus (one selection removed)
i P2.2	Start function	0	1		0	505	0 = Ramp 1 = Flying start
i P2.3	Stop function	0	1		0	506	0 = Coasting 1 = Ramp
P3.1	Min frequency	0,00	P3.2	Hz	0,00	101	
P3.2	Max frequency	P3.1	320	Hz	50,00	102	
i P3.3	I/O reference	0	4		3	117	0 = Preset Speeds [0-7] 1 = Keypad Reference 2 = Fieldbus Reference 3 = AI1 (API FULL & LIMITED) 4 = AI2 (API FULL)
i P3.4	Preset speed 0	0,00	P3.2	Hz	5,00	124	Activated by digital inputs
i P3.5	Preset speed 1	0,00	P3.2	Hz	10,00	105	Activated by digital inputs
i P3.6	Preset speed 2	0,00	P3.2	Hz	15,00	106	Activated by digital inputs
i P3.7	Preset speed 3	0,00	P3.2	Hz	20,00	126	Activated by digital inputs
P4.2	Acceleration time	0,1	3000	s	1,0	103	Acceleration time from 0 Hz to maximum frequency

Table 8.1: Quick setup parameters

Code	Parameter	Min	Max	Unit	Default	ID	Note
P4.3	Deceleration time	0,1	3000	s	1,0	104	Deceleration time from maximum frequency to 0 Hz.
P6.1	AI1 Signal range	0	3		0	379	API FULL and LIMITED: 0 = Voltage 0...10 V 1 = Voltage 2...10 V API LIMITED ONLY: 2 = Current 0...20 mA 3 = Current 4...20 mA NOTE: When using API LIMITED, select the voltage/current range also with the dip switch
P6.5	AI2 Signal range (API Full only)	2	3		3	390	2 = Current 0...20 mA 3 = Current 4...20 mA
P10.4	Fault autoreset	0	1		0	731	0 = Not used 1 = Used
P13.1	Parameter conceal	0	1		1	115	0 = All parameters visible 1 = Only quick setup parameter group visible

Table 8.1: Quick setup parameters

8.2 Motor settings (Control panel: Menu PAR -> P1)

Code	Parameter	Min	Max	Unit	Default	ID	Note
P1.1	Motor nominal voltage	180	690	V	230 400 575	110	Check rating plate on the motor
P1.2	Motor nominal frequency	30	320	Hz	50,00	111	Check rating plate on the motor
P1.3	Motor nominal speed	300	20000	rpm	1440	112	Default applies for a 4-pole motor.
P1.4	Motor nominal current	0,2 x I_{Nunit}	2,0 x I_{Nunit}	A	I_{Nunit}	113	Check rating plate on the motor
P1.5	Motor cos ϕ	0,30	1,00		0,85	120	Check rating plate on the motor
i P1.7	Current limit	0,2 x I_{Nunit}	2 x I_{Nunit}	A	1,5 x I_{Nunit}	107	
i P1.8	Motor control mode	0	1		0	600	0 = Frequency control 1 = Speed control
i P1.9	U/f ratio selection	0	2		0	108	0 = Linear 1 = Squared 2 = Programmable
i P1.10	Field weakening point	30,00	320	Hz	50,00	602	
i P1.11	Voltage at field weakening point	10,00	200	%	100,00	603	% of Nominal voltage of the motor
i P1.12	U/f curve midpoint frequency	0,00	P1.10	Hz	50,00	604	
i P1.13	U/f curve midpoint voltage	0,00	P1.11	%	100,00	605	% of Nominal voltage of the motor
i P1.14	Output voltage at zero frequency	0,00	40,00	%	0,00	606	% of Nominal voltage of the motor
i P1.15	Torque boost	0	1		0	109	0 = Not used 1 = Used
i P1.16	Switching frequency	1,5	16,0	kHz	6,0	601	
i P1.17	Brake chopper	0	2		0	504	0=Disabled 1=Used in Run state 2=Used in Run and Stop state
Only in API FULL & LIMITED							
i P1.18	Motor identification	0	1		0	631	1=Identification without run after start command

Table 8.2: Motor settings

NOTE! These parameters are shown, when P13.1 = 0.

8.3 Start/stop setup (Control panel: Menu PAR -> P2)

	Code	Parameter	Min	Max	Unit	Default	ID	Note
i	P2.1	Remote control place	1	2		1	172	1 = I/O terminal 2 = Fieldbus (keypad control is activated with par. 2.5)
i	P2.2	Start function	0	1		0	505	0 = Ramp 1 = Flying start
i	P2.3	Stop function	0	1		0	506	0 = Coasting 1 = Ramp
i	P2.4	Start/Stop logic	0	3		0	300	Start signal 1 (Default DI1) Start signal 2 (Default DI2) 0 Start Fwd Start reverse 1 Start Reverse 2 Start Pulse Stop Pulse 3 Start Fwd REAF Start Rv REAF
i	P2.5	Local/remote	0	1			211	0 = Remote 1 = Keypad

Table 8.3: Start/stop setup

8.4 Frequency references (Control panel: Menu PAR -> P3)

	Code	Parameter	Min	Max	Unit	Default	ID	Note
	P3.1	Min frequency	0,00	P3.2	Hz	0,00	101	
	P3.2	Max frequency	P3.1	320	Hz	50,00	102	
i	P3.3	I/O reference	0	4		3	117	0 = Preset Speeds (0-7) 1 = Keypad Reference 2 = Fieldbus Reference 3 = AI1 (API FULL & LIMITED) 4 = AI2 (API FULL)
i	P3.4	Preset speed 0	0,00	P3.2	Hz	5,00	124	Activated by digital inputs
i	P3.5	Preset speed 1	0,00	P3.2	Hz	10,00	105	Activated by digital inputs
i	P3.6	Preset speed 2	0,00	P3.2	Hz	15,00	106	Activated by digital inputs
i	P3.7	Preset speed 3	0,00	P3.2	Hz	20,00	126	Activated by digital inputs
i	P3.8	Preset speed 4	0,00	P3.2	Hz	25,00	127	Activated by digital inputs
i	P3.9	Preset speed 5	0,00	P3.2	Hz	30,00	128	Activated by digital inputs
i	P3.10	Preset speed 6	0,00	P3.2	Hz	40,00	129	Activated by digital inputs
i	P3.11	Preset speed 7	0,00	P3.2	Hz	50,00	130	Activated by digital inputs

Table 8.4: Frequency references

NOTE! These parameters are shown, when P13.1 = 0.

8.5 Ramps and brakes setup (Control panel: Menu PAR -> P4)

Code	Parameter	Min	Max	Unit	Default	ID	Note
i P4.1	Ramp shape	0,0	10,0	s	0,0	500	0 = Linear >0 = S-curve ramp time
i P4.2	Acceleration time	0,1	3000	s	1,0	103	
i P4.3	Deceleration time	0,1	3000	s	1,0	104	
P4.4	DC braking current	0.2 x I _{Nunit}	2 x I _{Nunit}	A	Varies	507	
i P4.5	DC braking time at start	0,00	600.00	s	0	516	0 = DC brake is off at start
i P4.6	Frequency to start DC braking during ramp stop	0,10	10,00	Hz	1,50	515	
i P4.7	DC braking time at stop	0,00	600.00	s	0	508	0 = DC brake is off at stop
i P4.8	Flux brake	0	1			520	0 = Off 1 = On
P4.9	Flux braking current	0	7,4	A		519	
i P4.10	Ramp shape 2	0,0	10,0	s	0,0	501	0 = Linear >0 = S-curve ramp time
P4.11	Acceleration time 2	0,1	3000	s	1,0	502	
P4.12	Deceleration time 2	0,1	3000	s	1,0	503	

Table 8.5: Motor control parameters

8.6 Digital inputs (Control panel: Menu PAR -> P5)

Code	Parameter	Min	Max	Unit	Default	ID	Note
i P5.1	Start signal 1	0	6		1	403	0 = Not used 1 = DI1 2 = DI2 Only in API FULL & LIMITED 3 = DI3 4 = DI4 Only in API FULL 5 = DI5 6 = DI6
P5.2	Start signal 2	0	6		2	404	As parameter 5.1
P5.3	Reverse	0	6		0	412	As parameter 5.1
P5.4	Ext. fault Close	0	6		0	405	As parameter 5.1

Table 8.6: Digital inputs

Code	Parameter	Min	Max	Unit	Default	ID	Note
P5.5	Ext. fault Open	0	6		0	406	As parameter 5.1
P5.6	Fault reset	0	6		5	414	As parameter 5.1
P5.7	Run enable	0	6		0	407	As parameter 5.1
P5.8	Preset speed B0	0	6		3	419	As parameter 5.1
P5.9	Preset speed B1	0	6		4	420	As parameter 5.1
P5.10	Preset speed B2	0	6		0	421	As parameter 5.1
P5.11	Disable PI	0	6		6	1020	As parameter 5.1
i P5.12	Force to I/O	0	1 (FULL & LIMITED 6 (RS485)		0	409	As parameter 5.1
i P5.13	Ramp time select	0	6		0	408	As parameter 5.1

Table 8.6: Digital inputs

8.7 Analogue inputs (Control panel: Menu PAR -> P6)

Code	Parameter	Min	Max	Unit	Default	ID	Note
Only in API FULL & LIMITED							
P6.1	AI1 Signal range	0	3		0	379	API FULL and LIMITED: 0 = Voltage 0...10 V 1 = Voltage 2...10 V API LIMITED ONLY: 2 = Current 0...20 mA 3 = Current 4...20 mA NOTE: When using API LIMITED, select the voltage/current range also with the dip switch
i P6.2	AI1 filter time	0,0	10,0	s	0,1	378	0 = no filtering
i P6.3	AI1 Custom min	-100,0	100,0	%	0,0	380	0,0 = no min scaling
i P6.4	AI1 Custom max	-100,0	100,0	%	100,0	381	100,0 = no max scaling
Only in API FULL							
P6.5	AI2 signal range	2	3		3	390	2 = Current 0...20 mA 3 = Current 4...20 mA
i P6.6	AI2 filter time	0,0	10,0	s	0,1	389	0 = no filtering
i P6.7	AI2 Custom min	-100,0	100,0	%	0,0	391	0,0 = no min scaling
i P6.8	AI2 Custom max	-100,0	100,0	%	100,0	392	100,0 = no max scaling

Table 8.7: Analogue inputs

8.8 Digital and analogue outputs (Control panel: Menu PAR -> P7)

Code	Parameter	Min	Max	Unit	Default	ID	Selections
Only in API FULL							
i P7.1	Relay output 1 content	0	11		2	313	0 = Not used 1 = Ready 2 = Run 3 = Fault 4 = Fault Inverted 5 = Alarm 6 = Reversed 7 = At Speed 8 = Motor Regulator Active 9 = FBControlWord.B13 10 = FBControlWord.B14 11 = FBControlWord.B15
In all API versions							
P7.2	Relay output 2 content	0	11		3	314	As parameter 7.1
Only in API FULL							
P7.3	Digital output 1 content	0	11		1	312	As parameter 7.1
i P7.4	Analogue output function	0	4		1	307	0 = Not in use 1 = Output freq. (0-f _{max}) 2 = Output current (0-I _{nMotor}) 3 = Torque (0-Nominal torque) 4 = PI controller output
i P7.5	Analogue output minimum	0	1		1	310	0 = 0 mA 1 = 4 mA
Only in API Limited							
P7.6	Relay 2 invert	0	1		0	489	1 = Relay 2 inverted

Table 8.8: Digital and analogue outputs

8.9 Protections (Control panel: Menu PAR -> P9)







Code	Parameter	Min	Max	Unit	Default	ID	Note
P9.1	Response to 4mA reference fault	1	2		1	700	0 = No response 1 = Alarm 2 = Fault, stop acc. to P2.3
P9.2	Response to undervoltage fault	1	2		2	727	1 = Alarm 2 = Fault, stop acc. to P2.3
P9.3	Earth fault protection	1	2		2	703	1 = Alarm 2 = Fault, stop acc. to P2.3
 P9.4	Stall protection	1	2		1	709	0 = No response 1 = Alarm 2 = Fault, stop acc. to P2.3
 P9.5	Underload protection	1	2		1	713	0 = No response 1 = Alarm 2 = Fault, stop acc. to P2.3
 P9.7	Thermal protection of the motor	1	2		2	704	0 = No response 1 = Alarm 2 = Fault, stop acc. to P2.3
 P9.8	Motor ambient temperature	-20	100	°C	40	705	
 P9.9	Motor cooling factor at zero speed	0,0	150,0	%	40,0	706	
 P9.10	Motor thermal time constant	1	200	min	45	707	

Table 8.9: Protections

NOTE! These parameters are shown, when P13.1 = 0.

8.10 Fault autoreset parameters (Control panel: Menu PAR -> P10)


Code	Parameter	Min	Max	Unit	Default	ID	Note
P10.1	Wait time	0,10	10,00	s	0,50	717	Delay before automatic restart after a fault has disappeared
 P10.2	Trial time	0,00	90,00 (FULL & LIMITED) 60,00 (RS485)	s	30,00	718	Defines the time before the frequency converter tries to automatically restart the motor after the fault has disappeared
P10.3	Start function	0	2		0	719	0 = Ramp 1 = Flying start 2 = According to P4.2 Affects only to start after autoreset!
P10.4	Fault autoreset	0	1		0	731	0 = Disabled 1 = Enabled

Table 8.10: Fault autoreset parameters

NOTE! These parameters are shown, when **P13.1 = 0**.

8.11 PI control parameters (Control panel: Menu PAR -> P12)

Code	Parameter	Min	Max	Unit	Default	ID	Note
i P12.1	PI activation	0	2		0	163	0 = Not used 1 = PI for motor control 2 = PI for external use (Only in API FULL)
i P12.2	PI controller gain	0,0	1000	%	100,0	118	
i P12.3	PI controller I-time	0,00	320,0	s	10,00	119	
P12.4	Keypad PI reference	0,0	100,0	%	0,0	167	
P12.5	Setpoint source	0	3		0	332	0 = Keypad PI reference, P12.4 1 = Fieldbus 2 = AI1 Only in API FULL & LIMITED 3 = AI2 Only in API FULL
P12.6	Feedback source	0	2		2	334	0 = Fieldbus 1 = AI1 Only in API FULL & LIMITED 2 = AI2 Only in API FULL
i P12.7	Feedback minimum	0,0	100,0	%	0,0	336	0 = No minimum scaling
i P12.8	Feedback maximum	0,0	100,0	%	100,0	337	100,0 = No maximum scaling
P12.9	Error value inversion	0	1		0	340	0 = No inversion (Feedback < Setpoint -> Increase PI Output) 1 = Inverted (Feedback < Setpoint -> Decrease PI Output)

Table 8.11: PI control parameters

NOTE! These parameters are shown, when P13.1 = 0.

8.12 Easy usage menu (Control panel: Menu PAR -> P0)

Code	Parameter	Min	Max	Unit	Default	ID	Note
P13.1	Parameter conceal	0	1		1	115	0 = All parameters visible 1 = Only quick setup parameter group visible
P13.2	Drive setup	0	3		0	540	0 = Basic 1 = Pump drive 2 = Fan drive 3 = Conveyor drive (HP) NOTE! Visible only during Startup wizard

Table 8.12: Easy usage menu parameters

8.13 System parameters

Code	Parameter	Min	Max	Default	ID	Note
Software information (MENU PAR -> S1)						
S1.1	API system SW				2314	
S1.2	API system SW version				835	
S1.3	Power SW ID				2315	
S1.4	Power SW version				834	
S1.5	Application SW ID				837	
S1.6	Application SW revision				838	
S1.7	System load				839	
RS485 information (MENU PAR -> S2)						
S2.1	Communication status				808	Format: xx.yyy xx = 0 - 64 (Number of error messages) yyy = 0 - 999 (Number of correct messages)
S2.2	Fieldbus protocol	0	1	0	809	0 = FB disabled 1 = Modbus
S2.3	Slave address	1	255	1	810	
S2.4	Baud rate	0	5	5	811	0=300, 1=600, 2=1200, 3=2400, 4=4800, 5=9600,
S2.5	Number of stop bits	0	1	1	812	0=1, 1=2
S2.6	Parity type	0	0	0	813	0= None (locked)
S2.7	Communication time-out	0	255	0	814	0= Not used, 1= 1 second, 2= 2 seconds, etc.

Table 8.13: System parameters

Code	Parameter	Min	Max	Default	ID	Note
S2.8	Reset communication status	0	1	0	815	1= Resets par. S2.1
Total counters (MENU PAR -> S3)						
S3.1	MWh counter				827	
S3.2	Power on days				828	
S3.3	Power on hours				829	
User settings (MENU PAR -> S4)						
S4.1	Display contrast	0	15	15	830	Adjusts the display contrast
S4.2	Default page	0	20	0	2318	Defines which monitoring page (1.1. - 1.20) is shown after startup. 0 = Not used
S4.3	Restore factory defaults	0	1	0	831	1= Restores factory defaults for all parameters

Table 8.13: System parameters

9. PARAMETER DESCRIPTIONS

On the next pages you can find the descriptions of certain parameters. The descriptions have been arranged according to parameter group and number.

9.1 Motor settings (Control panel: Menu PAR -> P1)

1.7 CURRENT LIMIT

This parameter determines the maximum motor current from the frequency converter. To avoid motor overload, set this parameter according to the rated current of the motor. The current limit is equal to the rated converter current (I_n) by default.

1.8 MOTOR CONTROL MODE

With this parameter the user can select the motor control mode. The selections are:

0 = Frequency control:

Drive frequency reference is set to output frequency without slip compensation. Motor actual speed is finally defined by motor load.

1 = Speed control:

Drive frequency reference is set to motor speed reference. The motor speed remains the same regardless of motor load. Slip is compensated.

1.9 U/F RATIO SELECTION

There are three selections for this parameter:

0 = Linear:

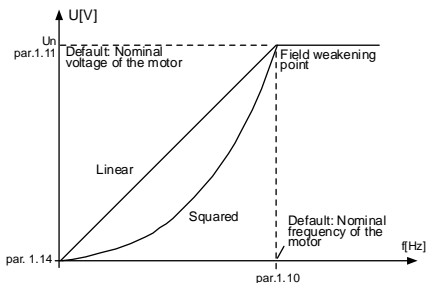
The voltage of the motor changes linearly with the frequency in the constant flux area from 0 Hz to the field weakening point where the field weakening point voltage is supplied to the motor. Linear U/f ratio should be used in constant torque applications. See Figure 9.1.

This default setting should be used if there is no special need for another setting.

1 = Squared:

The voltage of the motor changes following a squared curve form with the frequency in the area from 0 Hz to the field weakening point where the field weakening point voltage is also supplied to the motor. The motor runs under magnetised below the field weakening point and produces less torque, power losses and electromechanical noise. Squared U/f ratio can be used in applications where torque demand of the load is proportional to the square of the speed, e.g in centrifugal fans and pumps

Figure 9.1: Linear and squared change of motor voltage

**2 = Programmable U/f curve:**

The U/f curve can be programmed with three different points. Programmable U/f curve can be used if the other settings do not satisfy the needs of the application

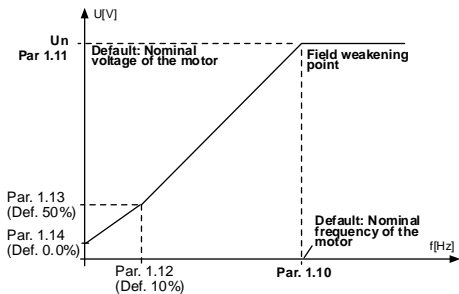


Figure 9.2: Programmable U/f curve

1.10 FIELD WEAKENING POINT

The field weakening point is the output frequency at which the output voltage reaches the value set with par. 1.11.

1.11 VOLTAGE AT FIELD WEAKENING POINT

Above the frequency at the field weakening point, the output voltage remains at the value set with this parameter. Below the frequency at the field weakening point, the output voltage depends on the setting of the U/f curve parameters. See parameters 1.9 - 1.14 and Figures 9.1 and 9.2.

When the parameters 1.1 and 1.2 (nominal voltage and nominal frequency of the motor) are set, the parameters 1.10 and 1.11 are automatically given the corresponding values. If you need different values for the field weakening point and the voltage, change these parameters after setting the parameters 1.1 and 1.2.

1.12 U/F CURVE, MIDDLE POINT FREQUENCY

If the programmable U/f curve has been selected with the parameter 1.9, this parameter defines the middle point frequency of the curve. See Figure 9.2.

1.13 U/F CURVE, MIDDLE POINT VOLTAGE

If the programmable U/f curve has been selected with the parameter 1.9, this parameter defines the middle point voltage of the curve. See Figure 9.2.

1.14 OUTPUT VOLTAGE AT ZERO FREQUENCY

This parameter defines the zero frequency voltage of the curve. See Figures 9.1 and 9.2.

1.15 TORQUE BOOST

When this parameter has been activated, the voltage to the motor changes automatically with high load torque which makes the motor produce sufficient torque to start and run at low frequencies. The voltage increase depends on the motor type and power. Automatic torque boost can be used in applications with high load torque, e.g. in conveyors.

0 = Disabled

1 = Enabled

Note: In high torque - low speed applications - it is likely that the motor will overheat. If the motor has to run a prolonged time under these conditions, special attention must be paid to cooling the motor. Use external cooling for the motor if the temperature tends to rise too high.

Note: The best performance can be reached by running motor identification, see par. 1.18.

1.16 SWITCHING FREQUENCY

Motor noise can be minimised using a high switching frequency. Increasing the switching frequency reduces the capacity of the frequency converter unit.

Switching frequency for Vacon 10: 1.5...16 kHz.

1.17 BRAKE CHOPPER

Note! An internal brake chopper is installed in three phase supply MI2 and MI3 size drives

0 = No brake chopper used

1 = Brake chopper used in Run state

2 = Used in Run and Stop state

When the frequency converter is decelerating the motor, the energy stored to the inertia of the motor and the load are fed into an external brake resistor, if the brake chopper has been activated. This enables the frequency converter to decelerate the load with a torque equal to that of acceleration (provided that the correct brake resistor has been selected). See separate Brake resistor installation manual.

1.18 MOTOR IDENTIFICATION

0 = No action

1 = ID no run

When ID no run is selected, the drive will perform an ID-run when it is started from selected control place. Drive has to be started within 20 seconds, otherwise identification is aborted.

The drive does not rotate the motor during ID no run. When ID run is ready the drive is stopped. Drive will start normally, when the next start command is given.

The ID run improves the torque calculations and the automatic torque boost function. It will also result in a better slip compensation in speed control (more accurate RPM).

9.2 Start/Stop setup (Control panel: Menu PAR -> P2)

2.1 REMOTE CONTROL PLACE

With this parameter, the user can select the active control place. The selections are:

- 1 = I/O terminal (frequency reference can be selected with P3.3)
- 2 = Fieldbus

The priority order of selecting the control place is

1. Navigation wheel
2. Forced from I/O terminal
3. Par. 2.1

Note: Local/Remote control mode can be toggled by pressing the navigation wheel for 5 seconds. P2.1 will have no effect in local mode.

Local = Keypad is the control place

Remote = P2.1 defines the control place

2.2 START FUNCTION

The user can select two start functions for Vacon 10 with this parameter:

0 = Ramp start

The frequency converter starts from 0 Hz and accelerates to the set frequency reference within the set acceleration time (See detailed description: ID103). (Load inertia, torque or starting friction may cause prolonged acceleration times).

1 = Flying start

With this function the drive identifies the speed of the motor and starts to the corresponding frequency immediately.

Use this mode if the motor is rotating when the start command is given. With the flying start, it is possible to ride through short mains voltage interruptions

2.3 STOP FUNCTION

Two stop functions can be selected in this application:

0 = Coasting

The motor coasts to a halt without control from the frequency converter after the Stop command.

1 = Ramp stop

After the Stop command, the speed of the motor is decelerated according to the set deceleration parameters.

If the regenerated energy is high it may be necessary to use an external braking resistor for to be able to decelerate the motor in acceptable time.

2.4 START/STOP LOGIC

With this parameter the user can select the start/stop logic.

0 = DI 1 = Start forward

DI 2 = Start reverse (API FULL & LIMITED)

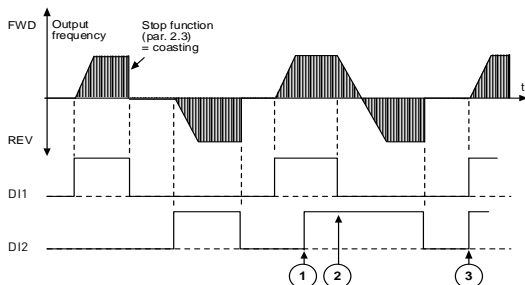


Figure 9.3: Start/Stop logic, selection 0

- ① The first selected direction has the highest priority.
- ② When the DIN1 contact opens the direction of rotation starts the change.
- ③ If Start forward (DI1) and Start reverse (DI2) signals are active simultaneously the Start forward signal (DI1) has priority

- 1 = DI1 = Start
DI2 = Reverse (API FULL & LIMITED)

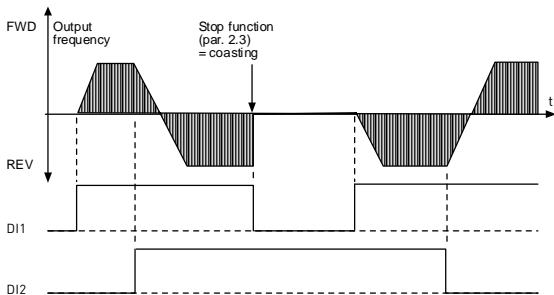


Figure 9.4: Start/Stop logic, selection 1

- 2 = DI1 = Start pulse
DI2 = Stop pulse (API FULL & LIMITED)

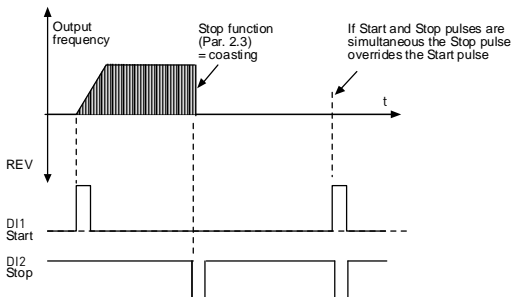


Figure 9.5: Start/Stop logic, selection 2

- 3 = DI1 = Start forward, rising edge after fault
DI2 = Start reverse, rising edge after fault (API FULL & LIMITED)

2.5 LOCAL/REMOTE

This parameter defines whether the control place of the drive is remote (I/O or FieldBus) or Keypad. Keypad can also be selected as control place by pressing the navigation wheel for 5 seconds.

The priority order of selecting control place is

1. Navigation wheel
2. Forced from I/O
3. Parameter 2.1

9.3 Frequency references (Control panel: Menu PAR -> P3)

3.3 I/O REFERENCE

Defines the selected frequency reference source when the drive is controlled from the I/O terminal.

0 = Preset speed 0 - 7

1 = Keypad reference

2 = Reference from Fieldbus (FBSpeedReference)

API FULL & LIMITED:

3 = AI1 reference (terminals 2 and 3, e.g. potentiometer)

API FULL:

4 = AI2 reference (terminal 4 and 5, e.g. transducer)

3.4 - 3.11 PRESET SPEEDS 0 - 7

These parameters can be used to determine frequency references that are applied when appropriate combinations of digital inputs are activated. Preset speeds can be activated from digital inputs despite of the active control place.

Parameter values are automatically limited between the minimum and maximum frequencies. (par. 3.1, 3.2).

Speed	Preset speed B2	Preset speed B1	Preset speed B0
If P3.3 = 0, Preset speed 0			
Preset speed 1			x
Preset speed 2		x	
Preset speed 3		x	x
Preset speed 4	x		
Preset speed 5	x		x
Preset speed 6	x	x	
Preset speed 7	x	x	x

Table 9.1: Preset speeds 0 - 7

9.4 Ramps & brakes setup (Control panel: Menu PAR -> P4)

4.1 RAMP SHAPE

4.10 RAMP SHAPE 2

The start and end of the acceleration and deceleration ramp can be smoothed with this parameter. Setting value 0 gives a linear ramp shape which causes acceleration and deceleration to act immediately to the changes in the reference signal.

Setting value 0.1...10 seconds for this parameter produces an S-shaped acceleration/deceleration. The acceleration and deceleration times are determined with parameters 4.2 and 4.3.

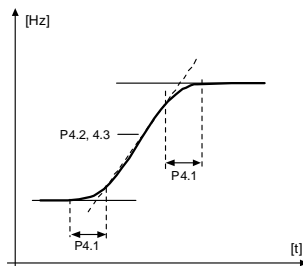


Figure 9.6: S-shaped acceleration/deceleration

4.2 ACCELERATION TIME

4.3 DECELERATION TIME

4.11 ACCELERATION TIME 2

4.12 DECELERATION TIME 2

These limits correspond to the time required for the output frequency to accelerate from the zero frequency to the set maximum frequency, or to decelerate from the set maximum frequency to zero frequency.

The user can set two different acceleration/deceleration time sets for one application. The active set can be selected with the selected digital input (par. 5.13)

4.5 DC BRAKING TIME AT START

DC-brake is activated when the start command is given. This parameter defines the time of the DC-braking. After the brake is released, the output frequency increases according to the set start function by par. 2.2.

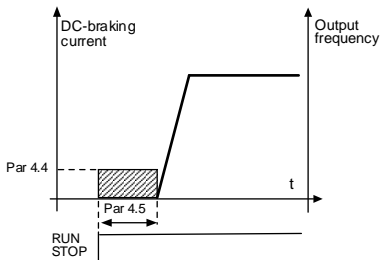


Figure 9.7: DC braking time at start

4.6 FREQUENCY TO START DC BRAKING DURING RAMP STOP

The output frequency at which the DC-braking is applied. See Figure 9.9.

4.7 DC BRAKING TIME AT STOP

Determines if braking is ON or OFF and the braking time of the DC-brake when the motor is stopping. The function of the DC-brake depends on the stop function, par. 2.3.

0 = DC brake is not in use

>0 = DC brake is in use and its function depends on the Stop function, (par. 2.3). The DC braking time is determined with this parameter.

Par. 2.3 = 0 (Stop function = Coasting):

After the stop command, the motor coasts to a stop without control from the frequency converter.

With the DC injection, the motor can be electrically stopped in the shortest possible time, without using an optional external braking resistor.

The braking time is scaled by the frequency when the DC-braking starts. If the frequency is greater, or equal to the nominal frequency of the motor, the set value of parameter 4.7 determines the braking time. For example, when the frequency is 10% of the nominal, the braking time is 10% of the set value of parameter 4.7.

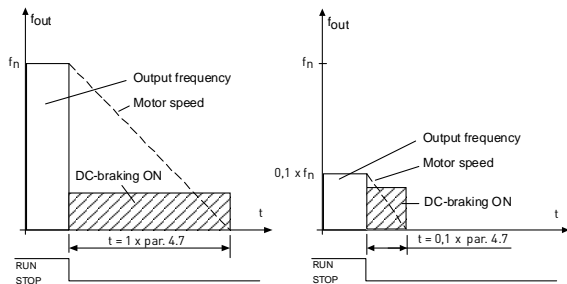


Figure 9.8: DC-braking time when Stop mode = Coasting

Par. 2.3 = 1 (Stop function = Ramp):

After the Stop command, the speed of the motor is reduced according to the set deceleration parameters, if the inertia of the motor and load allows that, to the speed defined with parameter 4.6, where the DC-braking starts.

The braking time is defined with parameter 4.7. See Figure 9.9.

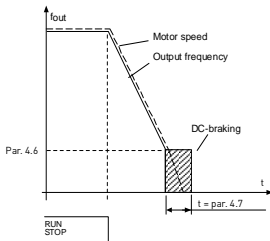


Figure 9.9: DC-braking time when Stop mode = Ramp

4.8 FLUX BRAKE

Instead of DC braking, flux braking is a useful form of braking with motors of max. 15kW.

When braking is needed, the frequency is reduced and the flux in the motor is increased, which in turn increases the motor's capability to brake. Unlike DC braking, the motor speed remains controlled during braking.

0 = Not used

1 = DI1

Note: Flux braking converts the energy into heat at the motor, and should be used intermittently to avoid motor damage.

9.5 Digital inputs (Control panel: Menu PAR -> P5)

These parameters are programmed using the FTT-method (Function To Terminal), where you have a fixed input or output that you define a certain function for. You can also define more than one function to a digital input, e.g. Start signal 1 and Preset Speed B1 to DI1.

The selections for these parameters are:

- 0 = Not used
- 1 = DI1
- 2 = DI2 (API FULL & LIMITED)
- 3 = DI3 (API FULL & LIMITED)
- 4 = DI4 (API FULL)
- 5 = DI5 (API FULL)
- 6 = DI6 (API FULL)

- 5.1 **START SIGNAL 1**
- 5.2 **START SIGNAL 2**
- 5.3 **REVERSE**
- 5.4 **EXTERNAL FAULT (CLOSE)**
- 5.5 **EXTERNAL FAULT (OPEN)**
- 5.6 **FAULT RESET**
- 5.7 **RUN ENABLE**
- 5.8 **PRESET SPEED B0**
- 5.9 **PRESET SPEED B1**
- 5.10 **PRESET SPEED B2**
- 5.11 **DISABLE PI**
- 5.12 **FORCE TO I/O**

The control place is forced to I/O by activating the digital input that this function is programmed to.

The priority order of selecting control place is

1. Navigation wheel
2. Forced from I/O
3. Parameter 2.1

5.13 RAMP TIME SELECTION

Contact open: Acceleration/Deceleration time 1 selected

Contact closed: Acceleration/Deceleration time 2 selected

Set Acceleration/Deceleration times with parameters 4.2 and 4.3 and the alternative ramp times with 4.11 and 4.12.

9.6 Analogue inputs (Control panel: Menu PAR -> P6)

6.2 AI1 SIGNAL FILTER TIME (ONLY IN API FULL & LIMITED)

6.6 AI2 SIGNAL FILTER TIME (ONLY IN API FULL)

This parameter, given a value greater than 0, activates the function that filters out disturbances from the incoming analogue signal.

Long filtering time makes the regulation response slower. See Figure 9.10.

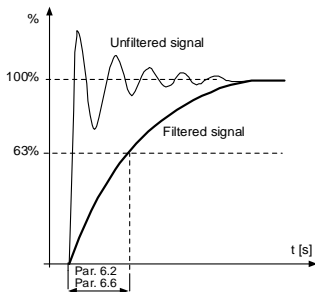


Figure 9.10: AI1 and AI2 signal filtering

6.3 AI1 CUSTOM SETTING MINIMUM

6.4 AI1 CUSTOM SETTING MAXIMUM

6.7 AI2 CUSTOM SETTING MINIMUM

6.8 AI2 CUSTOM SETTING MAXIMUM

These parameters set the analogue input signal for any input signal span from -100 to 100%.

9.7 Digital and analogue outputs (Control panel: Menu PAR -> P7)

7.1 RELAY OUTPUT 1 FUNCTION (ONLY IN API FULL)

7.2 RELAY OUTPUT 2 FUNCTION

7.3 DIGITAL OUTPUT 1 FUNCTION (ONLY IN API FULL)

Setting	Signal content
0 = Not used	Not in operation
1 = Ready	The frequency converter is ready to operate
2 = Run	The frequency converter operates (motor is running, or DC-braking)
3 = Fault	A fault trip has occurred
4 = Fault inverted	A fault trip has not occurred
5 = Alarm	An alarm has occurred
6 = Reversed	The reverse command has been selected, output frequency to the motor is negative.
7 = At speed	The output frequency has reached the set reference
8 = Motor regulator activated	One of the limit regulators (e.g. current limit, voltage limit) is activated
9 = FBControlWord.B13	Modbus control word bit 13
10 = FBControlWord.B14	Modbus control word bit 14
11 = FBControlWord.B15	Modbus control word bit 15

Table 9.2: Output signals via RO1, RO2 and DO1

7.4 ANALOGUE OUTPUT FUNCTION

- 0 = Full scale
- 1 = 0 - Max. frequency
- 2 = 0 - Nominal current
- 3 = 0 - Nominal torque
- 4 = PID controller output, 0-100%

7.5 ANALOGUE OUTPUT MINIMUM

- 0 = 0-20 mA, 0-10V
- 1 = 4-20 mA, 2-10V

9.8 Motor thermal protection (parameters 9.7 - 9.10)

The motor thermal protection is to protect the motor from overheating. The drive is capable of supplying higher than nominal current to the motor. If the load requires this high current there is a risk that the motor will be thermally overloaded. This is the case especially at low frequencies. At low frequencies the cooling effect of the motor is reduced as well as its capacity. If the motor is equipped with an external fan the load reduction at low speeds is small.

The motor thermal protection is based on a calculated model and it uses the output current of the drive to determine the load on the motor.

The motor thermal protection can be adjusted with parameters. The thermal current I_T specifies the load current above which the motor is overloaded. This current limit is a function of the output frequency.

CAUTION! The calculated model does not protect the motor if the airflow to the motor is reduced by blocked air intake grill

9.4 STALL PROTECTION

0 = No response

1 = Alarm

2 = Fault, stop according to P2.3

The motor stall protection protects the motor from short time overload situations such as one caused by a stalled shaft. The stall current is $I_{nMotor} * 1.3$, stall time 15 seconds and stall frequency limit 25Hz. If the current is higher than the limit and output frequency is lower than the limit, the stall state is true and the drive reacts according to this parameter. There is actually no real indication of the shaft rotation.

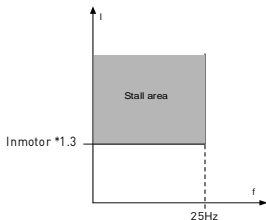


Figure 9.11: Stall characteristics

9.5 UNDERLOAD PROTECTION

0 = No response

1 = Alarm

2 = Fault, stop according to P2.3

The purpose of the motor underload protection is to ensure that there is load on the motor when the drive is running. If the motor loses its load there might be a problem in the process, e.g. a broken belt or a dry pump.

The underload protection time limit is 20 seconds, which is the maximum time allowed for an underload state to exist before causing a trip according to this parameter.

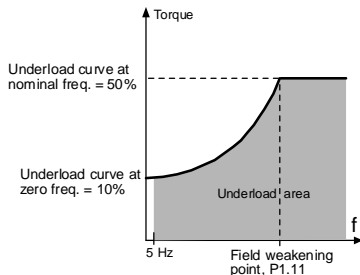


Figure 9.12: Underload protection

9.7 THERMAL PROTECTION OF THE MOTOR

0 = No response

1 = Alarm

2 = Fault, stop mode after fault according to parameter

If tripping is selected the drive will stop and activate the fault stage, if the temperature of the motor becomes too high. Deactivating the protection, i.e. setting parameter to 0, will reset the thermal model of the motor to 0%.

9.8 MOTOR AMBIENT TEMPERATURE

When the motor ambient temperature must be taken into consideration, it is recommended to set a value for this parameter. The value can be set between -20 and 100 degrees Celsius.

9.9 MOTOR COOLING FACTOR AT ZERO SPEED

The cooling power can be set between 0-150.0% x cooling power at nominal frequency. See Figure 9.13.

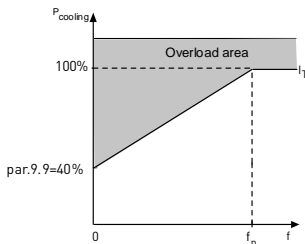


Figure 9.13: Motor cooling power

9.10 MOTOR THERMAL TIME CONSTANT

This time can be set between 1 and 200 minutes.

This is the thermal time constant of the motor. The bigger the motor, the bigger the time constant. The time constant is the time within which the calculated thermal model has reached 63% of its final value.

The motor thermal time is specific to the motor design and it varies between different motor manufacturers.

If the motor's t_6 -time (t_6 is the time in seconds the motor can safely operate at six times the rated current) is known (given by the motor manufacturer) the time constant parameter can be set basing on it. As a rule of thumb, the motor thermal time constant in minutes equals to $2 \times t_6$. If the drive is in stop state the time constant is internally increased to three times the set parameter value. See also Figure 9.14.

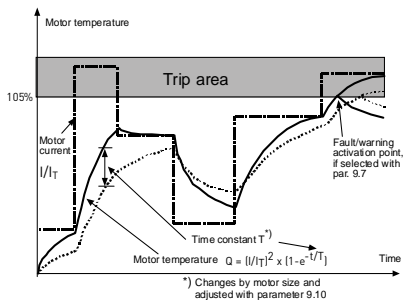


Figure 9.14: Motor temperature calculation

9.9 Fault autoreset parameters (Control panel: Menu PAR -> P10)

10.2 AUTO RESET, TRIAL TIME

The Automatic restart function restarts the frequency converter when the faults have disappeared and the waiting time has elapsed.

The time count starts from the first autoreset. If the number of faults occurring during the trial time exceeds three, the fault state becomes active. Otherwise the fault is cleared after the trial time has elapsed and the next fault starts the trial time count again. See Figure 9.15.

If a single fault remains during the trial time, a fault state is true.

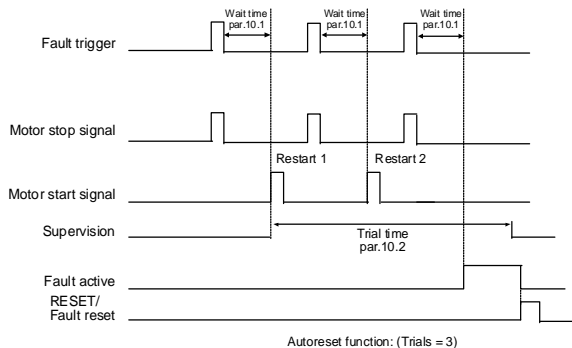


Figure 9.15: Automatic restart

9.10 PI control parameters (Control panel: Menu PAR -> P12)

12.1 PI ACTIVATION

- 0 = Not used
- 1 = PI for motor control
- 2 = PI for external use (Only in API Full!)

12.2 PI CONTROLLER GAIN

This parameter defines the gain of the PI controller. If the value of the parameter is set to 100% a change of 10% in the error value causes the controller output to change by 10%.

12.3 PI CONTROLLER I-TIME

This parameter defines the integration time of the PI controller. If this parameter is set to 1,00 second the controller output is changed by a value corresponding to the output caused from the gain every second. (Gain*Error)/s.

12.7 FEEDBACK MINIMUM

12.8 FEEDBACK MAXIMUM

This parameter sets the minimum and maximum scaling points for feedback value.

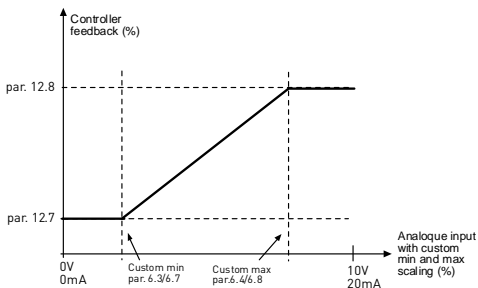


Figure 9.16: Feedback minimum and maximum

9.11 Easy usage menu (Control panel: Menu PAR -> P9)

13.2 DRIVE SETUP

With this parameter you can easily set up your drive for four different applications.

Note! This parameter is only visible when the Startup Wizard is active. The startup wizard will start in first power-up. It can also be started as follows. See the figures below.

NOTE! Running the startup wizard will always return all parameter settings to their factory defaults!

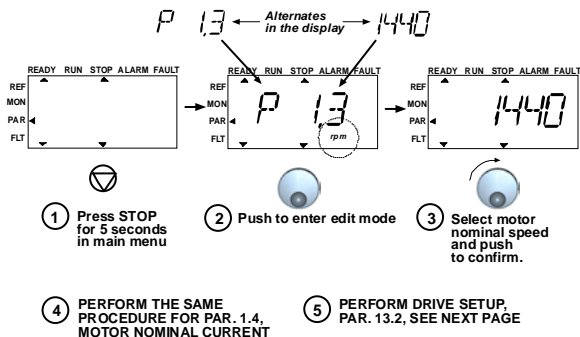
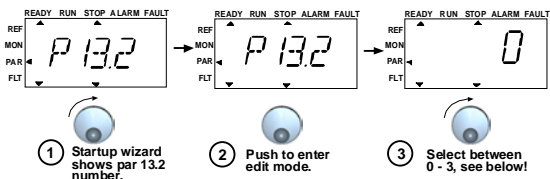


Figure 9.17: Startup wizard



Selections:

	P1.1	P1.2	P1.7	P1.15	P2.1	P2.2	P2.3	P3.1	P3.2	P3.3	P4.2	P4.3
0 = Basic	V*	50/60 Hz	1,1 x I _{NMOT}	0= Not used	I/O	0= Ramp	0= Coast.	0 Hz	50/60 Hz	0= Ai1 0-10V	3 s	3 s
1 = Pump drive	V*	50/60 Hz	1,1 x I _{NMOT}	0= Not used	I/O	0= Ramp	1= Ramp	20 Hz	50/60 Hz	0= Ai1 0-10V	5 s	5 s
2 = Fan drive	V*	50/60 Hz	1,1 x I _{NMOT}	0= Not used	I/O	0= Ramp	0= Coast.	20 Hz	50/60 Hz	0= Ai1 0-10V	20 s	20 s
3 = Conveyor drive	V*	50/60 Hz	1,5 x I _{NMOT}	1= Used	I/O	0= Ramp	0= Coast.	0 Hz	50/60 Hz	0= Ai1 0-10V	1 s	1 s

*Same as drive voltage, except in 115V drives this value is 230V

Parameters affected:

P1.1 Motor Un (V)	P2.3 Stop function
P1.2 Motor fn (Hz)	P3.1 Min frequency
P1.7 Current limit (A)	P3.2 Max frequency
P1.15 Torque boost	P3.3 I/O reference
P2.1 Control place	P4.2 Acc. time (s)
P2.2 Start function	P4.3 Dec time (s)

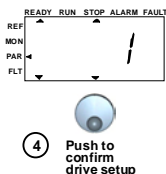


Figure 9.18: Drive setup

9.12 Modbus RTU

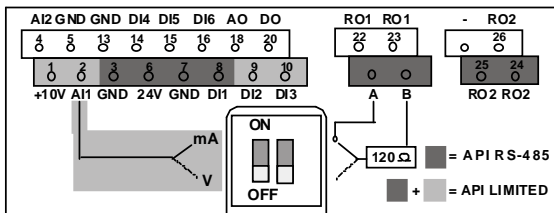
Vacon 10 has a built-in Modbus RTU bus interface. The signal level of the interface is in accordance with the RS-485 standard.

The built-in Modbus connection of Vacon 10 supports the following function codes:

Function code	Function name	Address	Broadcast messages
03	Read Holding Registers	All ID numbers	No
04	Read Input Registers	All ID numbers	No
06	Preset Single Registers	All ID numbers	Yes

9.12.1 Termination resistor

The RS-485 bus is terminated with termination resistors of 120 ohms in both ends. Vacon 10 has a built-in termination resistor which is switched off as a default (presented below). The termination resistor can be switched on and off with the right hand dip switch located above IO-terminals in the front of the drive (see below).



9.12.2 Modbus address area

The Modbus interface of Vacon 10 uses the ID numbers of the application parameters as addresses. The ID numbers can be found in the parameter tables in chapter 8. When several parameters/monitoring values are read at a time, they must be consecutive. 11 addresses can be read and the addresses can be parameters or monitoring values.

9.12.3 Modbus process data

Process data is an address area for fieldbus control. Fieldbus control is active when the value of parameter 2.1 (Control place) is 3 (=fieldbus). The contents of the process data has been determined in the application. The following tables present the process data contents in the General Purpose Application.

Table 9.3: Output process data:

ID	Modbus register	Name	Scale	Type
2101	32101, 42101	FB Status Word	-	Binary coded
2102	32102, 42102	FB General Status Word	-	Binary coded
2103	32103, 42103	FB Actual Speed	0,01	%
2104	32104, 42104	Motor freq.	0,01	+/- Hz
2105	32105, 42105	Motor speed	1	+/- Rpm
2106	32106, 42106	Motor current	0,01	A
2107	32107, 42107	Motor torque	0,1	+/- % (of nominal)
2108	32108, 42108	Motor power	0,1	+/- % (of nominal)
2109	32109, 42109	Motor voltage	0,1	V
2110	32110, 42110	DC voltage	1	V
2111	32111, 42111	Active fault	-	Fault code

Table 9.4: Input process data:

ID	Modbus register	Name	Scale	Type
2001	32001, 42001	FB Control Word	-	Binary coded
2002	32002, 42002	FB General Control Word	-	Binary coded
2003	32003, 42003	FB Speed Reference	0,01	%
2004	32004, 42004	PI Control Reference	0,01	%
2005	32005, 42005	PI Actual value	0,01	%
2006	32006, 42006	-	-	-
2007	32007, 42007	-	-	-
2008	32008, 42008	-	-	-
2009	32009, 42009	-	-	-
2010	32010, 42010	-	-	-
2011	32011, 42011	-	-	-

Status word (output process data)

Information about the status of the device and messages is indicated in the Status word. The Status word is composed of 16 bits the meanings of which are described in the table below:

Bit	Description	
	Value = 0	Value = 1
B0, RDY	Drive not ready	Drive ready
B1, RUN	Stop	Run
B2, DIR	Clockwise	Counter-clockwise
B3, FLT	No fault	Fault active
B4, W	No alarm	Alarm active
B5, AREF	Ramping	Speed reference reached
B6, Z	-	Drive is running at zero speed
B7, F	-	Flux ready
B8 - B15	-	-

Actual speed (output process data)

This is actual speed of the frequency converter. The scaling is -10000...10000. The value is scaled in percentage of the frequency area between set minimum and maximum frequency.

Control word (input process data)

The three first bits of the control word are used to control the frequency converter. By using control word it is possible to control the operation of the drive. The meaning of the bits of control word are explained in the table below:

Bit	Description	
	Value = 0	Value = 1
B0, RUN	Stop	Run
B1, DIR	Clockwise	Counter-clockwise
B2, RST	Rising edge of this bit will reset active fault	

Speed reference (input process data)

This is the Reference 1 to the frequency converter. Used normally as Speed reference. The allowed scaling is 0...10000. The value is scaled in percentage of the frequency area between the set minimum and maximum frequencies.

10. TECHNICAL DATA

10.1 Vacon 10 technical data

Mains connection	Input voltage U_{in}	115V, -15%...+10% 1- 208...240V, -15%...+10% 1- 208...240V, -15%...+10% 3- 380 - 480V, -15%...+10% 3- 575V, -15%...+10% 3-
	Input frequency	45...66 Hz
	Line current THD	> 120%
	Connection to mains	Once per minute or less (normal case)
Supply network	Networks	Vacon 10 (400V) cannot be used with corner grounded networks
	Short circuit current	Maximum short circuit current has to be < 50kA
Motor connection	Output voltage	0 - U_{in}
	Output current	Continuous rated current I_N at ambient temperature max. +50°C (depends on the unit size), overload 1.5 x I_N max. 1min/10min
	Starting current / torque	Current 2 x I_N for 2 secs in every 20 sec period. Torque depends on motor
	Output frequency	0...320 Hz
	Frequency resolution	0,01 Hz
Control characteristics	Control method	Frequency Control U/f Open Loop Sensorless Vector Control
	Switching frequency	1,5...16 kHz; Factory default 6 kHz
	Frequency reference	Resolution 0.01 Hz
	Field weakening point	30...320 Hz
	Acceleration time	0.1...3000 sec
	Deceleration time	0.1...3000 sec
	Braking torque	100%* T_N with brake option (only in 3- drives sizes MI2 and MI3) 30%* T_N without brake option

Table 10.1: Vacon 10 technical data

Ambient conditions	Ambient operating temperature	-10°C (no frost)...+40/50°C (depends on the unit size): rated loadability I _N
	Storage temperature	-40°C...+70°C
	Relative humidity	0...95% RH, non-condensing, non-corrosive, no dripping water
	Air quality: - chemical vapours - mech. particles	IEC 721-3-3, unit in operation, class 3C2 IEC 721-3-3, unit in operation, class 3S2
	Altitude	100% load capacity (no derating) up to 1000m. 1% derating for each 100m above 1000m; max. 2000m
	Vibration: EN60068-2-6	3...150 Hz Displacement amplitude 1(peak) mm at 3...15.8 Hz Max acceleration amplitude 1 G at 15.8...150 Hz
	Shock IEC 68-2-27	UPS Drop Test (for applicable UPS weights) Storage and shipping: max 15 G, 11 ms (in package)
	Enclosure class	IP20
	Pollution degree	PD2
EMC	Immunity	Complies with EN50082-1, -2, EN61800-3
	Emissions	115V: Complies with EMC category C4 230V : Complies with EMC category C2; With an internal RFI filter 400V: Complies with EMC category C2; With an internal RFI filter 575V: Complies with EMC category C4 All: No EMC emission protection (Vacon level N): Without RFI filter
Standards		For EMC: EN61800-3, For safety: UL508C, EN61800-5
Certificates and manufacturer's declarations of conformity		For safety: CB, CE, UL, cUL, For EMC: CE, CB, c-tick (see unit nameplate for more detailed approvals)

Table 10.1: Vacon 10 technical data

10.2 Power ratings

10.2.1 Vacon 10 - Mains voltage 115 V

Mains voltage 115 V, 50/60 Hz, 1~ series						
Fre- quency converter type	Rated loadability		Motor shaft power	Nominal input cur- rent	Mecha- nical size	Weight (kg)
	100% contin. current I_N [A]	150% overload current [A]	P [HP]	[A]		
0001	1,7	2,6	0.33	9,2	MI2	0,70
0002	2,4	3,6	0.5	11,6	MI2	0,70
0003	2,8	4,2	0.75	12,4	MI2	0,70
0004	3,7	5,6	1	15	MI2	0,70
0005	4,8	7,2	1.5	16,5	MI3	0,99

Table 10.2: Vacon 10 power ratings, 115 V

10.2.2 Vacon 10 - Mains voltage 208 - 240 V

Mains voltage 208-240 V, 50/60 Hz, 1~ series						
Frequency converter type	Rated loadability		Motor shaft power	Nominal input cur- rent	Mechani- cal size	Weight (kg)
	100% contin. current I_N [A]	150% overload current [A]	P [kW]	[A]		
0001	1,7	2,6	0,25	4,2	MI1	0,55
0002	2,4	3,6	0,37	5,7	MI1	0,55
0003	2,8	4,2	0,55	6,6	MI1	0,55
0004	3,7	5,6	0,75	8,3	MI2	0,70
0005	4,8	7,2	1,1	11,2	MI2	0,70
0007	7,0	10,5	1,5	14,1	MI2	0,70
0009	9,6	14,4	2,2	22,1	MI3	0,99

Table 10.3: Vacon 10 power ratings, 208 - 240 V, 1~

Mains voltage 208-240 V, 50/60 Hz, 3~ series						
Frequency converter type	Rated loadability		Motor shaft power	Nominal input current	Mechanical size	Weight (kg)
	100% contin. current I_N [A]	150% overload current [A]	P [kW]	[A]		
0001	1,7	2,6	0,25	2,7	M11	0,55
0002	2,4	3,6	0,37	3,5	M11	0,55
0003	2,8	4,2	0,55	3,8	M11	0,55
0004	3,7	5,6	0,75	4,3	M12	0,70
0005	4,8	7,2	1,1	6,8	M12	0,70
0007	7,0	10,5	1,5	8,4	M12	0,70
0011	11	16,5	2,2	13,4	M13	0,99

Table 10.4: Vacon 10 power ratings, 208 - 240 V, 3~

10.2.3 Vacon 10 - Mains voltage 380 - 480 V

Mains voltage 380-480 V, 50/60 Hz, 3~ series						
Frequency converter type	Rated loadability		Motor shaft power	Nominal input current	Mechanical size	Weight (kg)
	100% continuous current I_N [A]	150% overload current [A]	380-480V supply P [kW]	[A]		
0001	1,3	2,0	0,37	2,2	M11	0,55
0002	1,9	2,9	0,55	2,8	M11	0,55
0003	2,4	3,6	0,75	3,2	M11	0,55
0004	3,3	5,0	1,1	4,0	M12	0,70
0005	4,3	6,5	1,5	5,6	M12	0,70
0006	5,6	8,4	2,2	7,3	M12	0,70
0008	7,6	11,4	3,0	9,6	M13	0,99
0009	9,0	13,5	4,0	11,5	M13	0,99
0012	12,0	18,0	5,5	14,9	M13	0,99

Table 10.5: Vacon 10 power ratings, 380 - 480 V

10.2.4 Vacon 10 - Mains voltage 575 V

Mains voltage 575 V, 50/60 Hz, 3- series						
Frequency converter type	Rated loadability		Motor shaft power P [HP]	Nominal input current [A]	Mechanical size	Weight (kg)
	100% contin. current I_N [A]	150% overload current [A]				
0002	1,7	2,6	1	2	MI3	0,99
0003	2,7	4,2	2	3,6	MI3	0,99
0004	3,9	5,9	3	5	MI3	0,99
0006	6,1	9,2	5	7,6	MI3	0,99
0009	9	13,5	7,5	10,4	MI3	0,99
0011	11	16,5	10	14,1	MI3	0,99

Table 10.6: Vacon 10 power ratings, 575 V

Note 1: The input currents are calculated values with 100 kVA line transformer supply.

Note 2: The mechanical dimensions of the units are given in Chapter 3.1.1.

10.3 Brake resistors

Vacon 10 type	Minimum braking resistance	Resistor type code (from Vacon NX family)		
		Light duty	Heavy duty	Resistance
MI2 380-480V	75 Ohm	-	-	-
MI3 380-480V	54 Ohm	BRR 0022 LD 5	BRR 0022 HD 5	63 Ohm
MI2 204-240V, 3-	35 Ohm	BRR 0022 LD 5	BRR 0022 HD 5	63 Ohm
MI3 204-240V, 3-	26 Ohm	BRR 0022 LD 5	BRR 0022 HD 5	63 Ohm
MI3 575V	Contact the manufacturer for data!			

Note! Only 3-phase MI2 and MI3 drives are equipped with brake chopper.


For further information on brake resistors, please download Vacon NX Brake Resistor Manual (UD00971C) on <http://www.vacon.com/Support & Downloads>

VACON

DRIVEN BY DRIVES

Find your nearest Vacon office
on the Internet at:

www.vacon.com





İÇİNDEKİLER

3.BÖLÜM:SENKRON MAKİNA

3.1. Alternatörlerin boş çalışma karakteristikleri.

3.1.1. Teorik Bilgi.....	4
3.1.2. Bağlantı Şeması.....	5
3.1.3. Deneyin Yapılışı.....	6
3.1.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	7
3.1.5. Deneyde Alınan Değerler.....	7
3.3.6. Sorular ve Yanıtlar.....	9
3.2. Alternatörlerin dış karakteristiği	
3.2.1. Teorik Bilgi.....	10
3.2.2. Bağlantı Şeması.....	13
3.2.3. Deneyin Yapılışı.....	13
3.2.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	13
3.2.5. Deneyde Alınan Değerler.....	14
3.2.6. Sorular ve Yanıtlar.....	15
3.3. Alternatörlerin ayar karakteristiği.	
3.3.1. Teorik Bilgi.....	17
3.3.2. Bağlantı Şeması.....	18
3.3.3. Deneyin Yapılışı.....	19
3.3.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	19
3.3.5. Deneyde Alınan Değerler.....	19
3.3.6. Sorular ve Yanıtlar.....	23
3.4. Alternatörün Kısa Devre Karakteristiği	
3.4.1. Teorik Bilgi.....	24
3.4.2. Bağlantı Şeması.....	25
3.4.3. Deneyin Yapılışı.....	26
3.4.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	26
3.4.5. Deneyde Alınan Değerler.....	27
3.4.6. Sorular ve Yanıtlar.....	29



3.5. Alternatörlerin yüklü doyma karakteristiği.

3.5.1. Teorik Bilgi.....	30
3.5.2. Bağlantı Şeması.....	32
3.5.3. Deneyin Yapılışı.....	33
3.5.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	34
3.5.5. Deneyde Alınan Değerler.....	35
3.5.6. Sorular ve Yanıtlar.....	36

3.6. Alternatörlerin senkron empedans metoduna göre gerilim regülasyonlarının bulunması.

3.6.1. Teorik Bilgi.....	37
3.6.2. Bağlantı Şeması.....	41
3.6.3. Deneyin Yapılışı.....	41
3.6.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	41
3.6.5. Deneyde Alınan Değerler.....	42
3.6.6. Sorular ve Yanıtlar.....	43

3.7. Alternatörlerin, gerilim regülasyonlarının potiyer üçgeni metodu ile bulunması.

3.7.1. Teorik Bilgi.....	44
3.7.2. Bağlantı Şeması.....	46
3.7.3. Deneyin Yapılışı.....	47
3.7.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	47
3.7.5. Deneyde Alınan Değerler.....	47
3.7.7. Sorular ve Yanıtlar.....	48

3.8. Alternatörlerin Paralel Bağlanması

3.8.1. Teorik Bilgi.....	49
3.8.2. Bağlantı Şeması.....	57
3.8.3. Deneyin Yapılışı.....	58
3.8.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	59



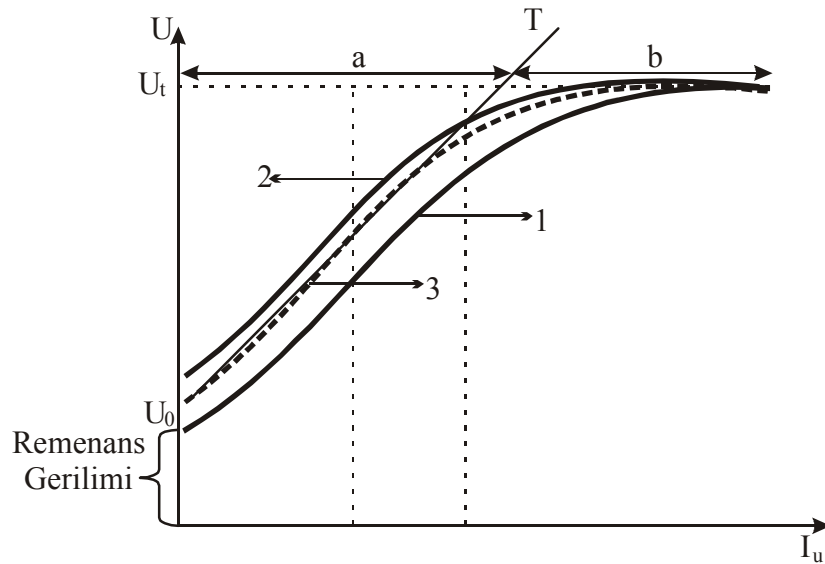
3.8.5. Deneyde Alınan Değerler.....	59
3.8.7. Sorular ve Yanıtlar.....	60
3.9. Senkron motorlara yol verme şekilleri.	
3.9.1. Teorik Bilgi.....	62
3.9.2. Bağlantı Şeması.....	65
3.9.3. Deneyin Yapılışı.....	66
3.9.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	66
3.9.5. Deneyde Alınan Değerler.....	66
3.9.7. Sorular ve Yanıtlar.....	67
3.10. Senkron Motorun “V” Eğrilerinin Elde Edilmesi.	
3.10.1. Teorik Bilgi.....	68
3.10.2. Bağlantı Şeması.....	73
3.10.3. Deneyin Yapılışı.....	74
3.10.4. Deneyde Kullanılan Aletler.....	74
3.10.5. Deneyde Alınan Değerler.....	74
3.10.7. Sorular ve Yanıtlar.....	76
3.11. Senkron motor ile güç katsayısının düzeltilmesi.	
3.11.1. Teorik Bilgi.....	77
3.11.2. Deneyin Yapılışı.....	79
3.11.3 Deneyde Kullanılan Aletler.....	79
3.11.4 Deneyde Alınan Değerler.....	80
3.11.5 Bağlantı Şeması.....	81
3.11.7. Sorular ve Yanıtlar.....	82
3.12. Alternatör veriminin bulunması.	
3.12.1. Teorik Bilgi.....	83
3.12.2. Deneyin Yapılışı.....	86
3.12.3 Deneyde Kullanılan Aletler.....	87
3.12.4 Deneyde Alınan Değerler.....	87
3.12.5 Bağlantı Şeması.....	87
3.12.7. Sorular ve Yanıtlar.....	90

Deney No : 1

Deneyin Adı : Alternatörlerin boş çalışma karakteristikleri.

Teorik Bilgi

Anma devir sayısı ile döndürülmekte olan bir alternatörün yüksüz (uçları açık) durumda uyarım akımı ile uç gerilimi arasındaki bağıntıyı veren eğriye alternatörün boş (yüksüz) çalışma karakteristiği denir.



Şekil-1 Alternatörün Boş Çalışma Eğrisi

I_u : Alternatör uyarım akımı

U_t : Alternatör anma gerilimi

U_0 : Alternatör remenans gerilimi

Şekil-1 alternatörlerin boş çalışma eğrisini göstermektedir. Bu eğriye mıknaatıslanma eğrisi, açık devre eğrisi ve boş doyma eğrisi gibi isimler de verilir.

Yatay eksen alternatörün uyarım akımını, dikey eksen ise çıkış gerilimini gösterir. Alternatör nominal gerilimle döndürülürken uyarım akımı sıfır olsa dahi çıkış uçlarında U_0 gerilimi oluşmaktadır. Bu gerilimin sebebi alternatör uçlarındaki



kalıcı mıknatıslanma olup nominal gerilimin % 5-6'sı kadardır. Bu gerilime “remanans” gerilimi denir. Büyük güçlü alternatörlerde bu gerilim değeri tehlikeli olabilir. Örneğin; nominal gerilimi 10 KV olan bir alternatörde 500-600 Volt değerinde bir gerilim .

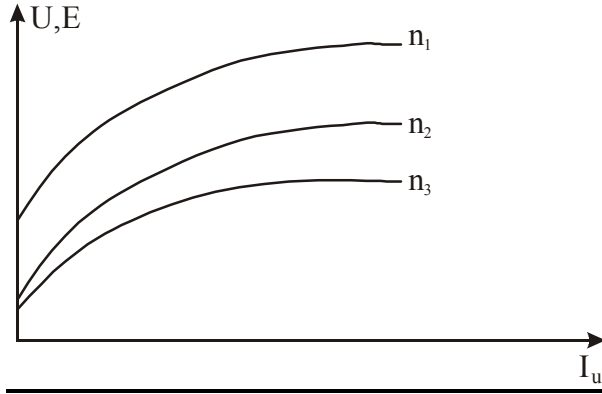
Şekil-1'deki 1 nolu eğri yükselme eğrisidir. Uyarım akımı artırılırken alınan değerleri gösterir. Eğrinin giderek doğrusal olmasının sebebi ise kutuplarda oluşacak manyetik alanın maksimum değerine yaklaşmasıdır. Kutuplarda oluşacak manyetik alan maksimum değerine ulaştığı zaman, uyarım akımı ne kadar arttırılırsa arttırılsın kutuplardaki manyetik alan yoğunluğu artamayacağından çıkış geriliminde herhangi bir değişme olmaz.

Şekil-1'deki 2 nolu eğri ise iniş eğrisidir. Uyarım akımı azalırken alınan değerleri gösterir. Her iki eğri, histerisiz dolayısıyla birbirinden farklıdır. Bu sebeple hesaplamalarda kesik çizgilerle gösterilen ortalama eğri dikkate alınır.

Uyarım akımı azaltılarak iniş eğrisi elde edilirken, artık mıknatıslanmadan dolayı; aynı uyarım akımlarında, kutuplarda daha yoğun bir manyetik alan bulunacağından, alınan değerler çıkış eğrisi değerlerinden daha yüksektir.

Bu sebeple deney sırasında uyarım akımı, 1 nolu eğri için değerler alınırken sürekli arttırılmalı, 2 nolu eğri için ise sürekli azaltılmalıdır.

Şekil-1'de T doğrusu ortalama eğrinin başlangıç kısmına teğettir. T doğrusunun, anma gerilim değerinden yataya çizilen paralel doğruyu kestiği nokta ile gerilim eksenini arasında kalan a ile gösterilen kısım, manyetik alan çizgilerinin stator ile rotor arasındaki hava aralığını geçmesi için; b ile gösterilen kısım ise nüveyi mıknatıslamak için gerekli uyarım akımı değerini verir.



Şekil-2. Çeşitli devirlerde alternatör boş çalışma eğrileri

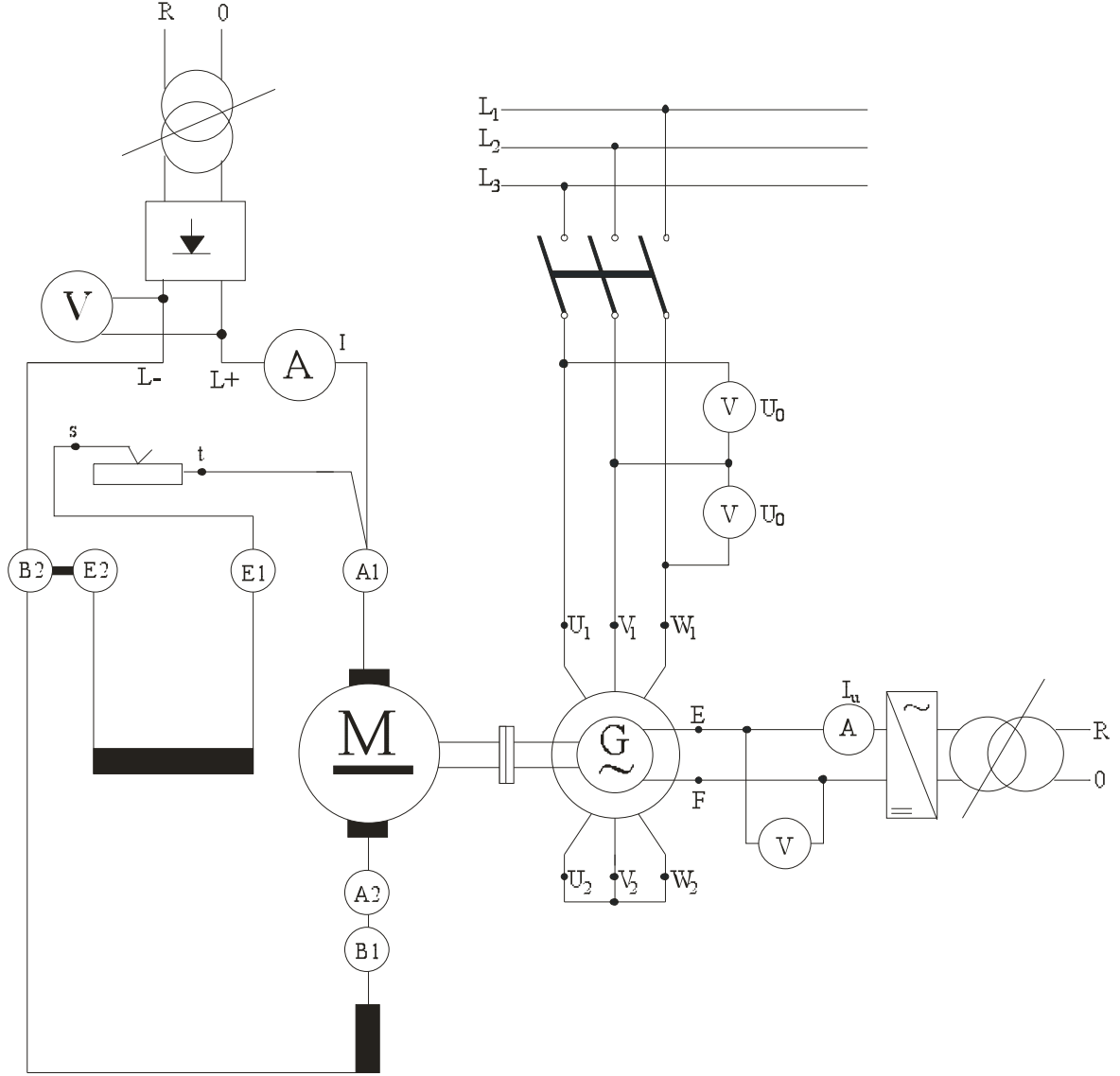
n_1 : Senkron devrin üstü

n_2 : Senkron devir

n_3 : Senkron devrin altı

Şekil-2'deki eğrilerde görüldüğü gibi farklı devir sayılarında, farklı karakteristik eğrileri bulunmaktadır. Bundan dolayı deney boyunca devir sayısı sabit tutulmalıdır.

Bağlantı Şeması



Şekil-3 Alternatörde boş çalışma karakteristiğinin elde edilmesi için gerekli bağlantı şeması.



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)	Çıkış Eğrisi		İniş Eğrisi	
		I _u (A.)	U _{h0} (V.)	I _u (A.)	U _{h0} (V.)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Sorular ve Yanıtlar

1. Uyartım akımı sıfırken alternatör uçlarında gerilim indüklenir mi, neden?

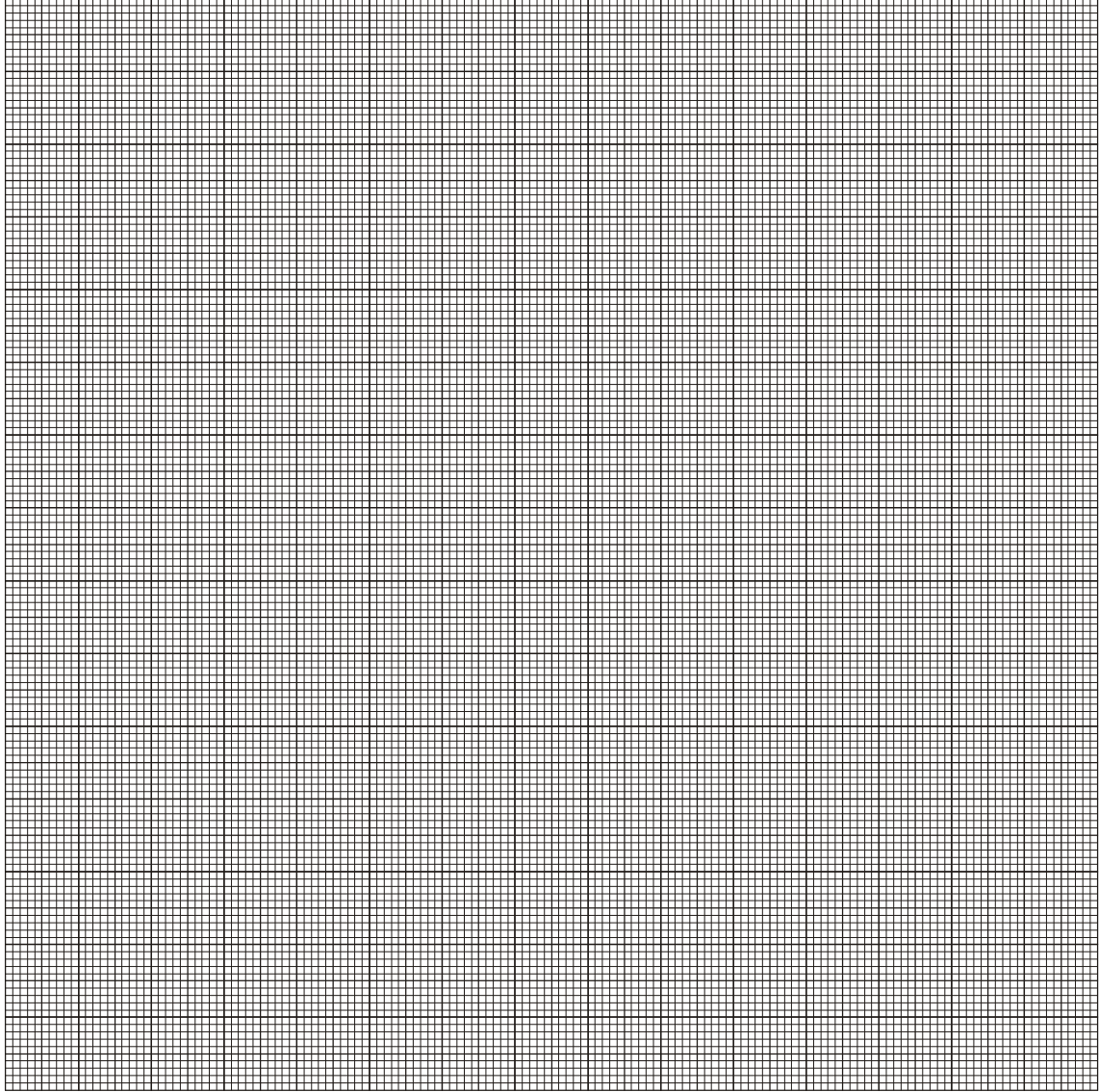


2. Boş çalışma eğrilerinin çıkış ve iniş kısımları niçin birbirinden farklıdır?
3. Uyarım akımının artışı ve azalışı niçin aynı yönde yapılmalıdır?
4. Uyarım akımı sürekli artırılmasına rağmen gerilim belli bir noktadan sonra neden yükselmez?
5. Kendinden uyarımlı bir alternatörün ilk defa çalıştırılırken hangi işlemler yapılır? Açıklayınız.



6. Farklı devir sayılarında boş çalışma karakteristik eğrisinde nasıl bir değişim olur? Açıklayınız.

7. Aldığınız değerlerle alternatörün boş çalışma grafiğini çiziniz.



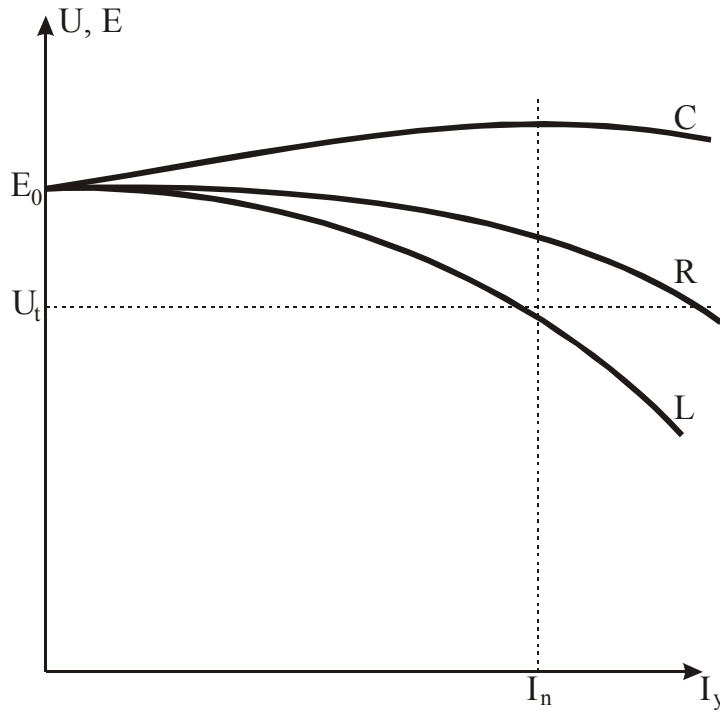
Ölçek :

Deney No : 2

Deneyin Adı : Alternatörlerin dış karakteristiği

Teorik Bilgi

Alternatörlerde uyarım akımı, güç katsayısı, devir sayısı sabit durumdayken alternatörün yük akımıyla uç gerilimi arasındaki bağlantıyı veren eğrilere dış karakteristik eğrileri denir. Yani $E=f(I_y)$ fonksiyonunun grafiği dış karakteristik eğrilerini verir. Uç geriliminin değişimi yükün güç katsayısına göre değişiklik gösterir.



Şekil-1 Uç geriliminin güç katsayısına göre değişimini.

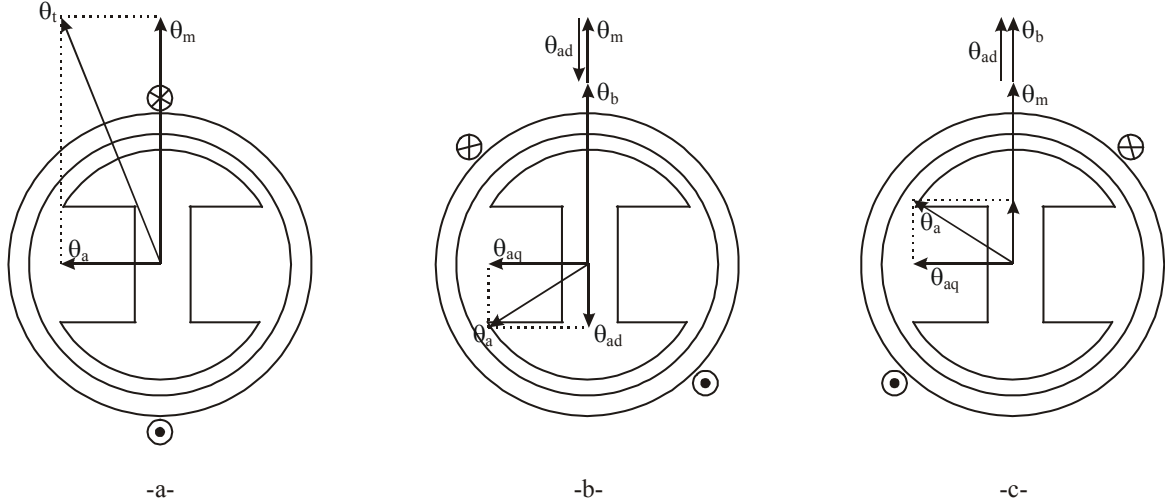
n : Alternatörün devir sayısı

I₀ : Alternatörün nominal yük akımı

U_t : Alternatörün nominal uç gerilimi

Cosφ : Güç katsayısı

Şekil-1’de görüldüğü gibi, omik ve endüktif yüklerde alternatör yüklendikçe uç gerilimi azalmış, kapasitif yüklerde ise artmıştır. Bunun sebebi alternatörlerde oluşan endüvi reaksiyonudur. Stator döner alanının rotor uyarım devresi alanına etki ederek yeni bir bileşke alan meydana getirmesine endüvi reaksiyonu denir.



Şekil-2 Çeşitli yük durumlarında manyetik alan vektörleri.

a-Omik çalışma

b-Endüktif çalışma

c-Kapasitif çalışma

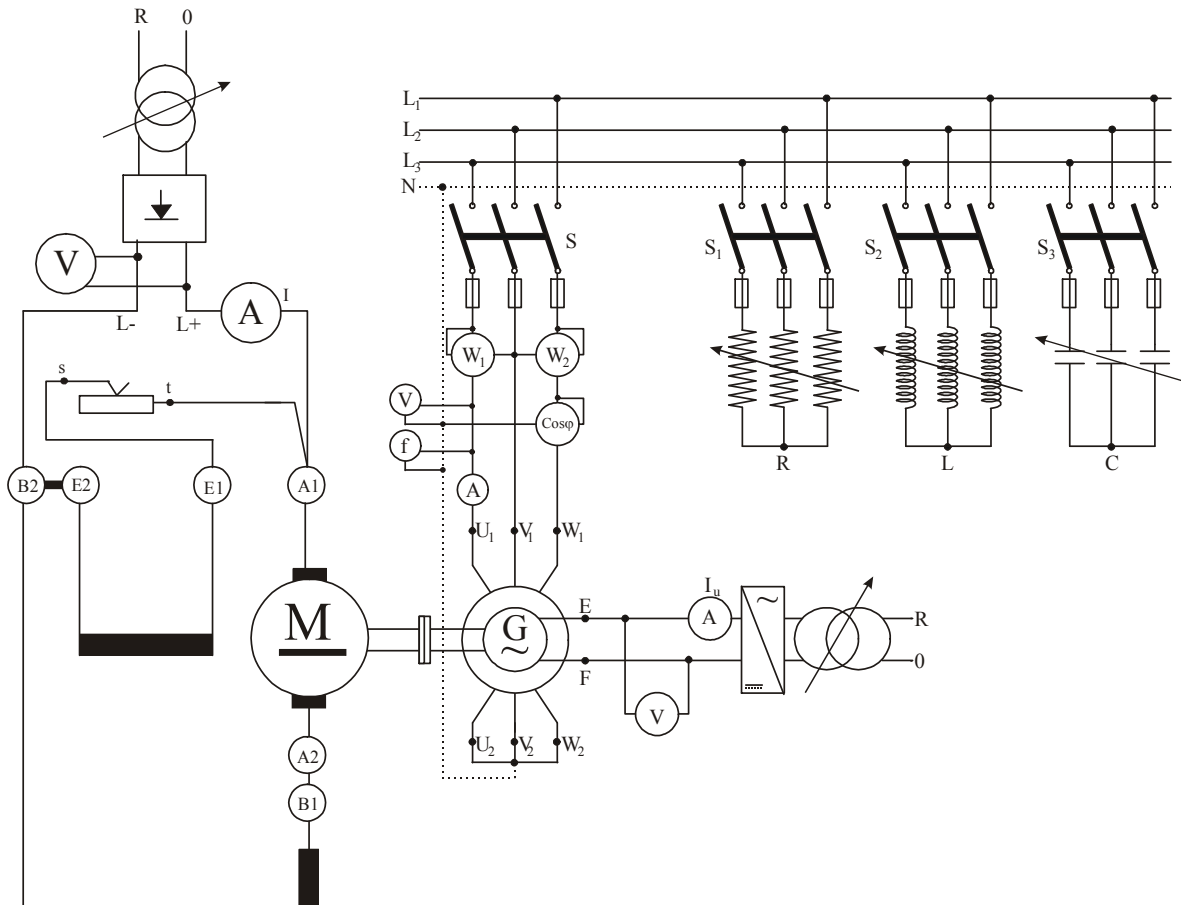
Omik çalışmada akım ve gerilim aynı fazdadır. ($\cos\varphi=1$) Gerilim maksimum değerini aldığı zaman akım da maksimum değerini almış olur. Şekil-2-a'da omik çalışma durumunda manyetik akının vektörel durumunu görülmektedir. θ_m kutup alanı, θ_a endüvi alanı θ_t ise iki alanın bileşkesidir. Endüvi alanı, kutup alanını bir tarafta desteklemekte, diğer tarafta ise zayıflatmaktadır. Bunun sonucu manyetik alan φ açısı kadar faz farklıdır. Burada ana akıyı zayıflatma desteklemeden daha kuvvetlidir. Çünkü kutuplar doyuma ulaştığı için manyetik alan daha fazla artmaz fakat zayıflatma devam eder. Bunun sonucu omik çalışmada %10 - %20 arası bir gerilim düşümü gözlenir.

Endüktif çalışmada ($\cos\varphi=0$ geri) akım gerilimden geri fazdadır. Şekil-2-b 'de θ_a endüvi alanı iki bileşene ayrılmıştır. θ_{ad} boyuna, θ_{aq} enine bileşendir. $\theta_{ad}=\theta_a \cdot \cos\varphi$, $\theta_{aq}=\theta_a \cdot \sin\varphi$ 'dir. θ_{ad} boyuna bileşeni θ_m kutup alanı ile 180° faz farklıdır. Bu yüzden ana kutup alanını zayıflatır. Toplam boyuna alan $\theta_b=\theta_m-\theta_{ad}$ olur. Akımın wattlı bileşeni θ_{aq} enine bileşeni meydana getirir. Fakat $\cos\varphi=0$ geri durumda watt'lı bileşen yoktur. Bundan dolayı θ_{ad} boyuna bileşen ana akıyı bütün kutup boyunca zayıflatır. Fakat saf endüktif yük elde edilmesi zordur. Ancak çok yakın değerlerde yük elde edilebilir. Bunun için yükte küçük bir miktar θ_{aq} enine

bileşen değeri vardır. Alternatör endüktif yüklüken uç gerilimi omik yüke nazaran daha fazla zayıflar. bunun sonucunda uç geriliminde %20 ile %50 bir azalma gözlenir.

Kapasitif çalışmada ise akım gerilimden ileri fazdadır. Şekil-2-c'de yükün kapasitif olması durumunda θ_{ad} boyuna bileşeni θ_m ana akısını destekler. Yani endüvi alanının etki yönü toplam manyetik alan yönündedir. Bu yüzden toplam boyuna gerilim $\theta_b = \theta_m + \theta_{ad}$ olur. Alternatörün uç geriliminde bir gerilim yükselmesi meydana gelir. Gerilim yükselmesi miktarı yükün kapasitiflik miktarına göre %10 - %20 arasında değişir.

Bağlantı Şeması



Şekil-3 Alternatörlerin dış karakteristik deneyi için gerekli bağlantı şeması



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:

Yük Tipi	Gözlem No	n (d/dk)	I_u (A.)	U (V.)	I_y (A.)
Omik Yük	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
Endüktif Yük	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
Kapasitif Yük	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				

İşlem Basamakları

1. Şekil-3'teki bağlantıyı uygun ölçü aletleri ile düzenleyiniz.
2. Döndürücü doğru akım makinasını çalıştırınız ve alternatör devir sayısını anma devir sayısına ayarlayınız.
3. S şalterini kapatınız ve alternatör uyarımını tam yükte ve $\cos\phi=0.8$ geri yük durumunda, alternatör uç gerilimini verilen değerlere ayarlayınız.
4. S_1 şalterini kapatıp R saf omik dirençlerini devreye alınız.
5. Ayarlı dirençler ile alternatörü % 125'lik yüke kadar yükleyiniz.



6. Her yük basamağında yük akımını ve uç gerilimini değerler tablosuna kaydediniz.
7. Alternatör yüklendikçe devir sayısının da sabit kalmasını sağlayınız. Bu arada uyartım akımını ve güç katsayısını da kontrol ediniz.
8. S_1 şalterini açıp önce S_2 şalterini; daha sonrada S_3 şalterini kapatarak saf endüktif, saf kapasitif yüklerde ve $\text{Cos}\phi=0.8$ geri yük durumu için deneyi tekrarlayınız..

Not : Kapasitif yüklü durumda uç gerilimi yükselip kondansatör gerilimini aşmamasına dikkat ediniz.

Sorular ve Yanıtlar

1. Tam yükte $E > U_t$ ve $E < U_t$ hangi güç katsayısında elde edilir?
2. Deney boyunca devir sayısı ve uyartım akımları neden sabit tutulur? Uyartım akımının hangi değerde sabit tutulacağı nasıl belirlenir?
3. Alternatörlerde gerilim düşümüne neden olan faktörleri yazınız.



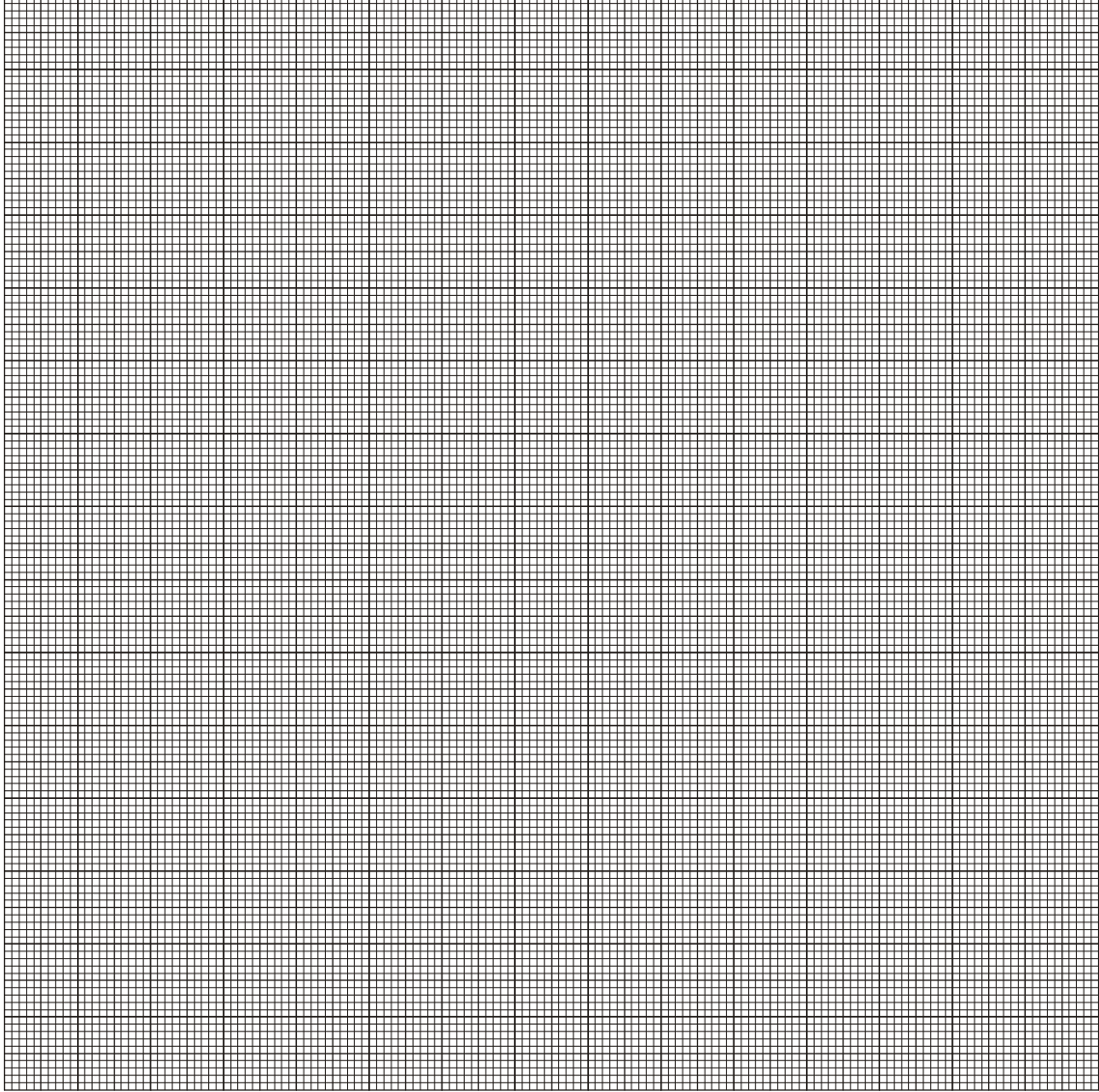
4. Endüvi reaksiyonu nedir? Omik, endüktif ve kapasitif yüklerde endüvi reaksiyonunun uç gerilimine etkilerini basit şekillerle açıklayınız.

5. Hava aralığının gerilim düşümüne etkisi olabilir mi?

6. Alternatörde yükün güç katsayısının yada yükün cinsinin değişmesi gibi durumlarda uç gerilimini sabit tutmak için ne gibi düzeneklerden faydalanılır?



7. Deneý sırasında aldığınız değerleri kullanarak alternatörün dış karakteristik grafiğini çiziniz.



Ölçek :

Deney No : 3

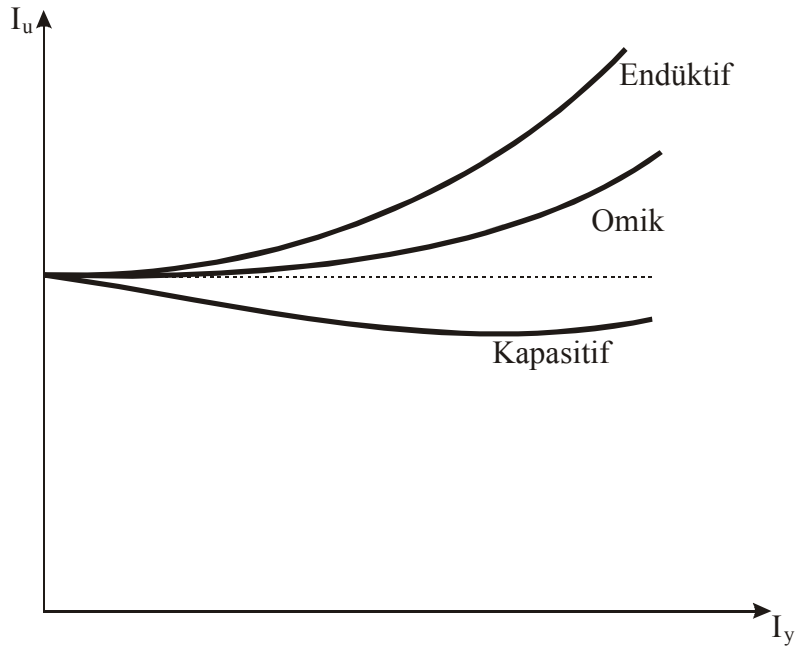
Deneyin Adı : Alternatörlerin ayar karakteristiği.

Teorik Bilgi

Sabit ve nominal devir sayısında ($n=n_n$) döndürülen alternatörün sabit güç katsayısında, değişken yük akımında; uyartım akımıyla yük akımı arasındaki bağıntıyı veren eğrilere alternatörün ayar karakteristiği denir. Yani $I_u = f(I_y)$ fonksiyonunun grafiği alternatörün ayar karakteristiğini verir. $n=n_n=\text{sabit}$ $\cos\phi=\text{sabit}$ $U=\text{sabit}$

$$I_u = f(I_y)$$

Alternatörün uç gerilimi yükün güç katsayısına göre değişiklik gösterir. Bu nedenle uç geriliminin sabit tutulması uyartım akımının ayarlanması ile sağlanır.



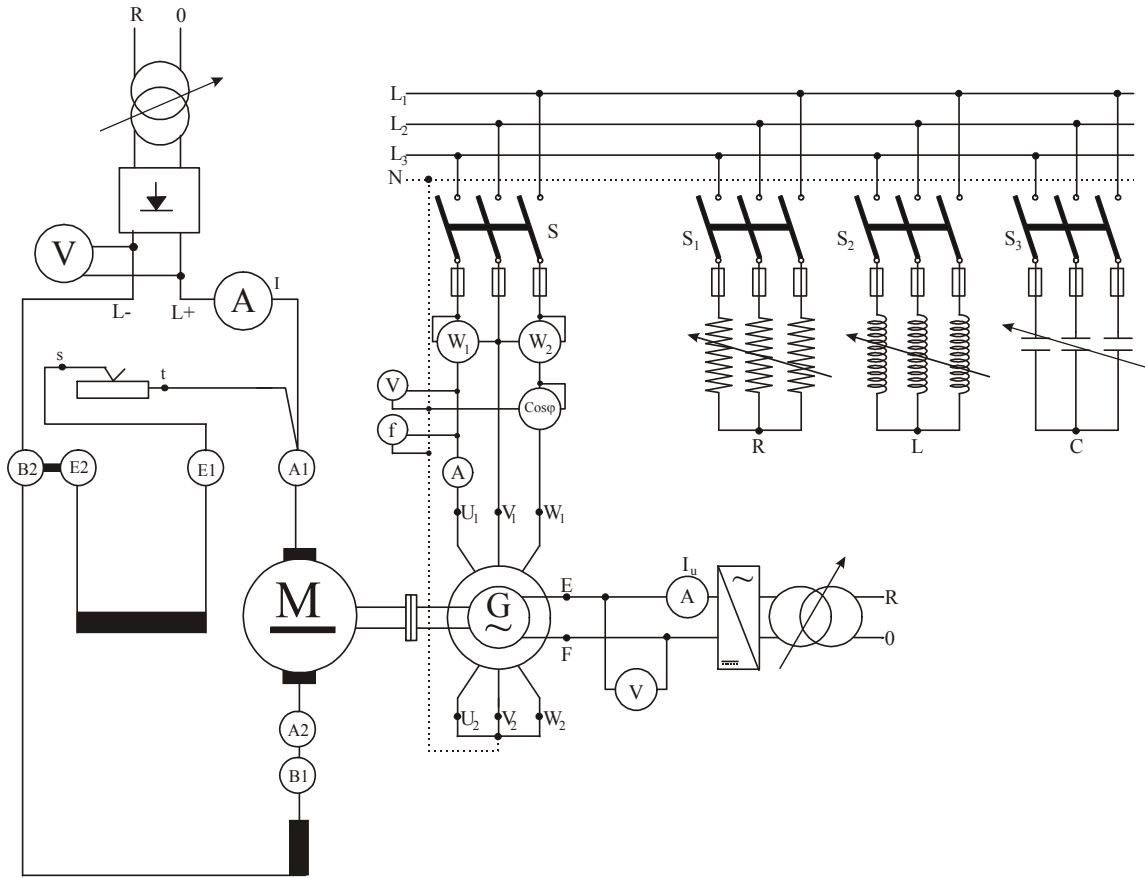
Şekil-1 Alternatörün ayar karakteristik eğrileri.

Şekil-1’de görüldüğü gibi uyartım akımının değişimi yük akımının cinsine göre değişiklik gösterir. Omik ve endüktif yüklerde daha fazla uyartım akımına ihtiyaç vardır. Kapasitif yüklerde ise çok daha az uyartım akımı yeterlidir. Bunun sebebi; alternatörün dış karakteristiğine bakıldığı zaman omik ve endüktif yüklerde uç

geriliminde azalma; kapasitif yüklerde ise uç geriliminde artma gözlenir. Endüktif yüklerde azalma omik yüklerdeki azalmaya nazaran daha fazladır. Bu nedenle uç gerilimini sabit tutmak için endüktif yüklerde alternatöre, omik yüklerde uygulananndan daha fazla uyarım akımı uygulamak gerekir. Kapasitif yüklerde ise yük akımı arttıkça uç gerilimi de arttığı için alternatöre uygulanan uyarım akımı azaltılmalıdır.

Alternatörler anma devrinde dönerden uyarım akımı, boşta alternatör uç gerilimini verecek şekilde ayarlanır. Bu aşamadan sonra deney hangi güç katsayısında yapılacaksa; o güç katsayısına ayarlanır ve deney boyunca sabit tutulur. Ayar karakteristiği eğrileri alternatörlerde kullanılacak regülatörlerin özelliklerinin belirlenmesinde yararlıdır.

Bağlantı Şeması



Şekil-2 Alternatörlerin ayar karakteristik deneyi için gerekli bağlantı şeması



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:

Yük Tipi	Gözlem No	n (d/dk)	I _u (A.)	I _y (A.)
Omik Yük	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
Endüktif Yük	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
Kapasitif Yük	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			

İşlem Basamakları

1. Şekil 3.2' deki bağlantıyı uygun ölçü aletleriyle birlikte düzenleyiniz.
2. Döndürücü doğru akım motorunu çalıştırınız ve devir sayısını alternatörün anma devir sayısına ayarlayınız.
3. S şalterini kapatarak uyarım akımını boşa anma gerilimini verecek şekilde ayarlayınız.
4. S₁ şalterini kapatarak ayarlı saf omik direnci devreye alınız.



5. Bu direnç yardımı ile alternatörü sıfırdan başlayarak % 125 yüke kadar yükleyiniz.
6. Her yük basamağında yük akımını ve uyartım akımını Tablo 3.2.'ye kaydediniz.
7. S_1 şalterini açıp önce S_2 şalterini daha sonra S_3 şalterini kapatarak aynı işlemleri endüktif ve kapasitif yükler için tekrarlayınız. Ayrıca $\cos\phi=0,8$ geri yük durumu için deneyi tekrarlayınız.

Sorular ve Yanıtlar

1. Her yük durumu için neden farklı uyartım akımına gerek duyulur? Açıklayınız.
2. Tam yükte omik, endüktif ve kapasitif durumdaki uyartım akımlarını karşılaştırınız.
3. Tam yükte $\cos\phi=0,8$ geri durumda gerekli uyartım, omik durumdaki uyartımdan fazla mıdır? Açıklayınız.



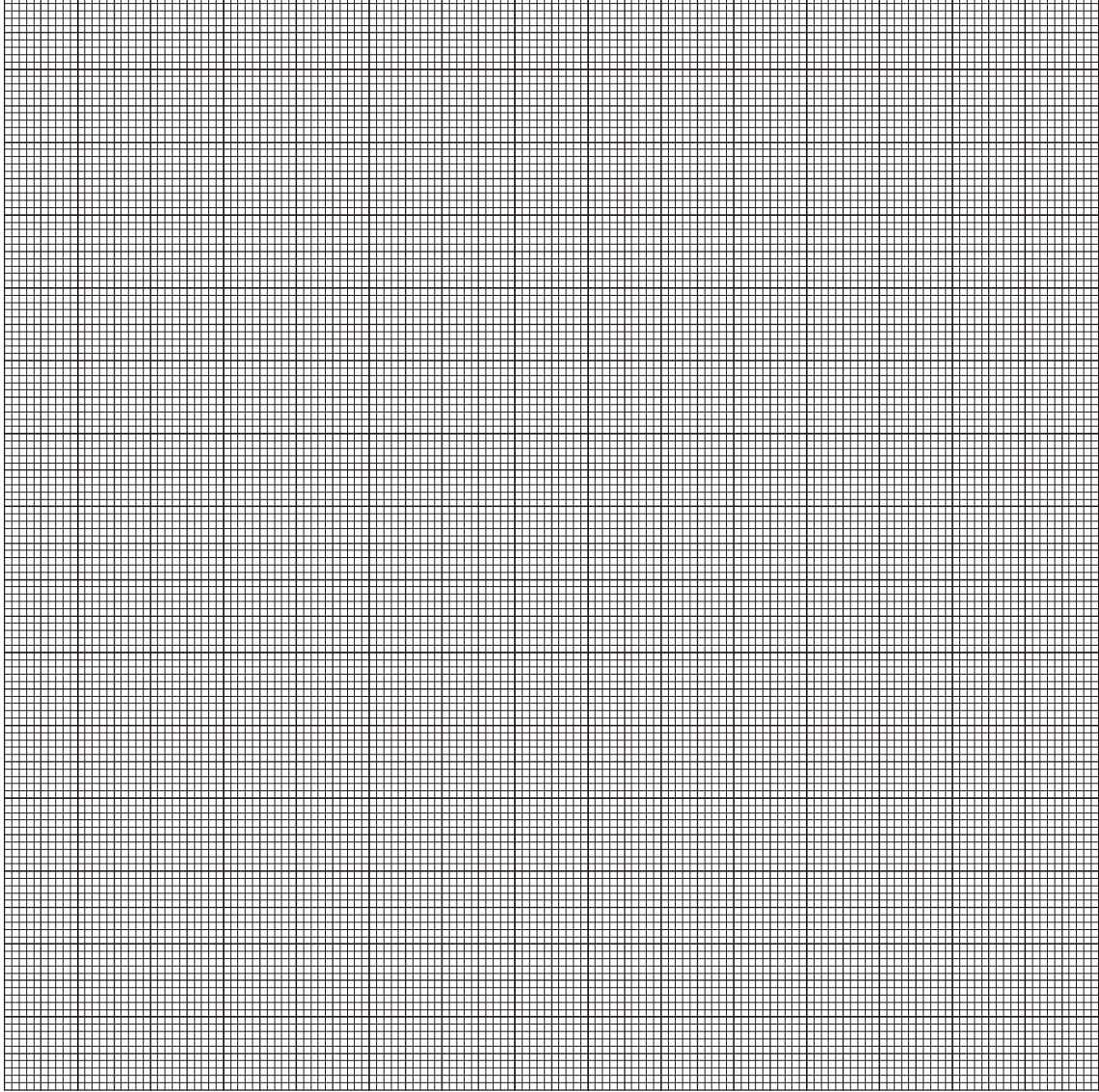
4. Dış karakteristik ve ayar karakteristiği eğrilerinin benzer ve farklı yönlerini açıklayınız.

5. Ayar eğrileri uyartım dinamosunun özellikleri hakkında ne gibi bilgiler kazandırır? Açıklayınız.

6. Yük akımı ve uyartım akımı sıfır iken alternatör uçlarında bir gerilim bulunur mu? Bu gerilim anma uç geriliminin yüzde olarak kaçına eşittir?



7. Deneyde aldığımız değerlerle alternatörün ayar karakteristik eğrilerini çiziniz.



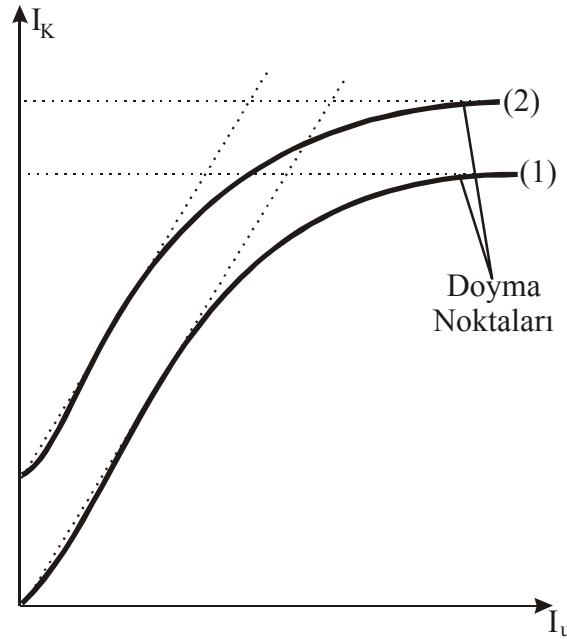
Ölçek :

Deney No : 4

Deneyin Adı : Alternatörün Kısa Devre Karakteristiği

Teorik Bilgi

Anma devir sayısı ile döndürülmekte olan ve uçları kısa devre edilmiş bir alternatörde uyartım akımına bağlı olarak, kısa devre akımının değişimini veren eğriye kısa devre karakteristiği denir. $I_K = f(I_u)$.



Şekil-1 Alternatörün kısa devre karakteristik eğrisi

I_K : Alternatörün kısa devre akımı.

I_u : Alternatörün uyartım akımı.

Kutuplarında artık mıknatıslanma bulunmayan bir alternatörde, uyartım akımı sıfırken alternatörün çıkış gerilimi de sıfır olacağından, çıkış uçları arasında bir akım dolaşmaz. Böylece Şekil-1'deki 1 nolu karakteristik eğri elde edilir. Kutuplarında artık mıknatıslanma bulunan bir alternatörde ise uyartım akımı sıfır olsa dahi alternatörün çıkış uçlarında belli bir remenans gerilimi oluşacağından; bu gerilimin etkisiyle alternatörün çıkış uçları arasında bir akım akar ve Şekil-1'deki 2 nolu karakteristik eğri elde edilir.



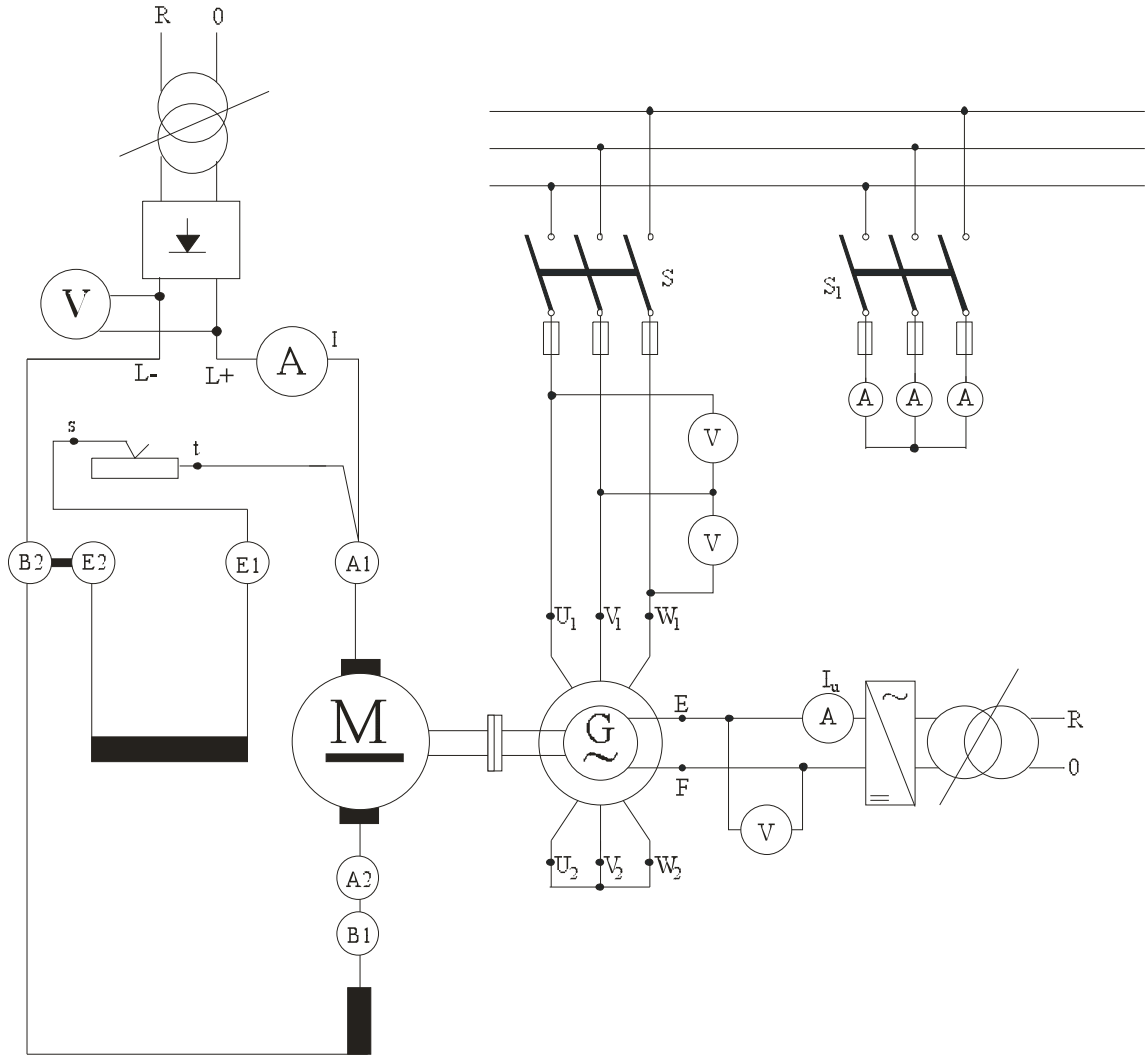
Kısa devre deneyi nominal uyartım akımının çok altında yapılır. Çünkü nominal uyartım akımında oluşan kısa devrede, kısa devre akımı, alternatör nominal yük akımının 3-4 katı kadar olup; alternatör sargılarının yanmasına neden olabilir.

Deney sırasında kısa devre akımı, nominal yük akımının %100-120' sine kadar yüklenebilir. Bu deneyde okunan değerler hızlıca not alınmalı, alternatörün uzun süre kısa devre durumunda kalmamasına dikkat edilmelidir.

Deneyde birkaç noktanın bulunması dahi kısa devre karakteristiğini çizmek için yeterli olacaktır. Çünkü bulunacak noktalar doğrusal olarak birleştirilecektir. Ancak yüksek uyartım akımlarında kutuplar doyuma oluşacağından kısa devre akımı daha fazla artmaz ve karakteristik eğrisi Şekil-1' deki gibi bir dönüm yapar.

Bağlantı Şeması





Şekil-2 Alternatörde kısa devre karakteristik eğrisini elde etmek için gerekli bağlantı şeması.

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)	I_K (A.)	I_u (A.)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

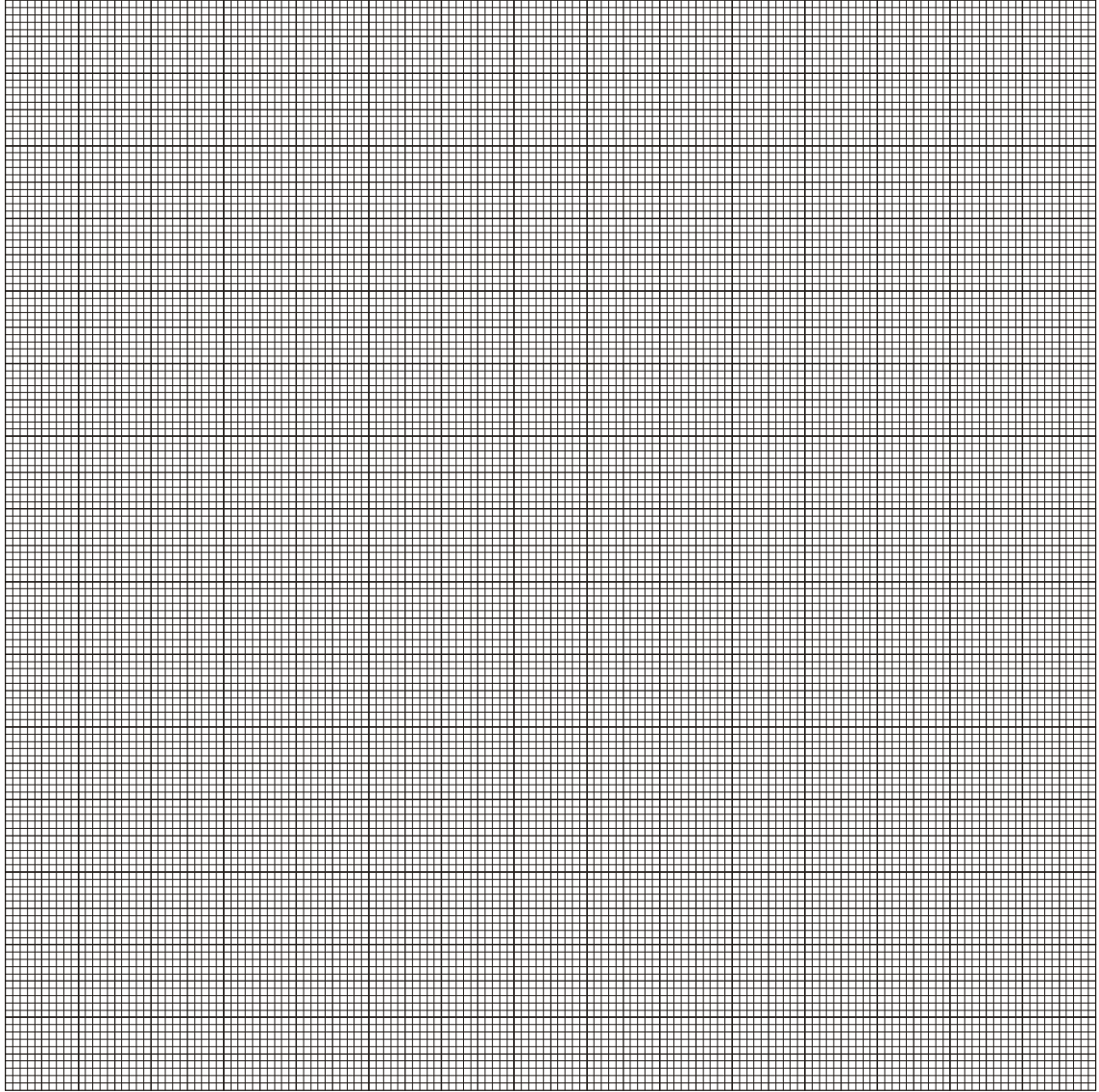


İşlem Basamakları

1. Şekil 4.2'deki devreyi uygun ölçü aletleri ile kurunuz.
2. Doğru akım motorunu çalıştırınız ve alternatörün nominal devir sayısına ayarlayınız.
3. S_1 ve S_2 şalterlerini kapatarak alternatör uçlarını kısa devre ediniz.
4. Uyartım akımını (oto trafosu ile) yavaş yavaş artırarak her defasında uyartım ve kısa devre akımlarını kaydediniz.
5. Kısa devre akımını, nominal yük akımının en fazla % 150-200'üne kadar arttırınız.
6. Doğru akım motorunu durdurunuz. S_1 ve S_2 şalterlerini açarak deneyi bitiriniz.

Sorular ve Yanıtlar

1. Kısa devre deneyi niçin nominal yük akımında yapılmaz?
2. Artık mıknatıslığı olan ve olmayan alternatörlerde kısa devre karakteristik eğrileri nasıldır? Açıklayınız.
3. Kısa devre karakteristik eğrisinin dönüm yapmasının sebebi nedir?



Ölçek :



Deney No : 5

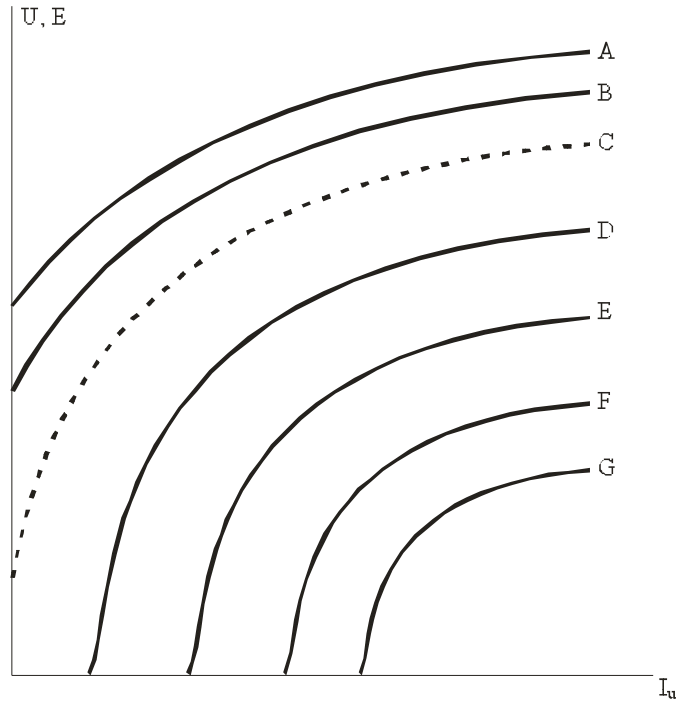
Deneyin Adı : Alternatörlerin yüklü doyma karakteristiği.

Teorik Bilgi

Alternatörlerde yük akımı ve güç katsayısı sabit iken, uç geriliminin uyartım akımına bağlı olan değişimi yük karakteristiği adını alır.

Bu deneyde yük akımları tam yük ve yarı yük için sabit tutularak omik, tam endüktif ve tam kapasitif durumlar için altı tane eğri elde edilir. Bu eğrilerden $\cos\phi=0$ geri tam yük ve $\cos\phi=0$ ileri tam yük eğrileri, boş çalışma deneyinde elde edilen boş çalışma eğrisi ile aynı ekseninde çizilerek potiyer üçgeni metodu ile alternatörün regülasyonunun bulunmasında kullanılır. Bu eğrilerden aynı zamanda alternatör dağılma geriliminin hesaplanmasında da faydalanılır.

Tam kapasitif yükte çalışırken alternatör gerilimi çok yükseleceğinden, alternatörün tam yük yerine yarı yükte çalıştırılması uygun olur. Çünkü yükselen alternatör gerilimi kondansatörlerin delinmesine neden olabilir. Bu nedenle her üç yük durumu için yarı yükte çalışmak daha uygun olur. Şekil-1'de çeşitli yük ve güç katsayıları için alternatör doyma eğrileri görülmektedir.



Şekil-1 Çeşitli yük durumlarında doyma eğrileri

A-eğrisi : $I_y = \text{Tam yük}$; $\text{Cos}\phi = 0$, ileri

B-eğrisi : $I_y = \frac{1}{2} \cdot I_n$; $\text{Cos}\phi = 0$, ileri

C-eğrisi : $I_y = 0$

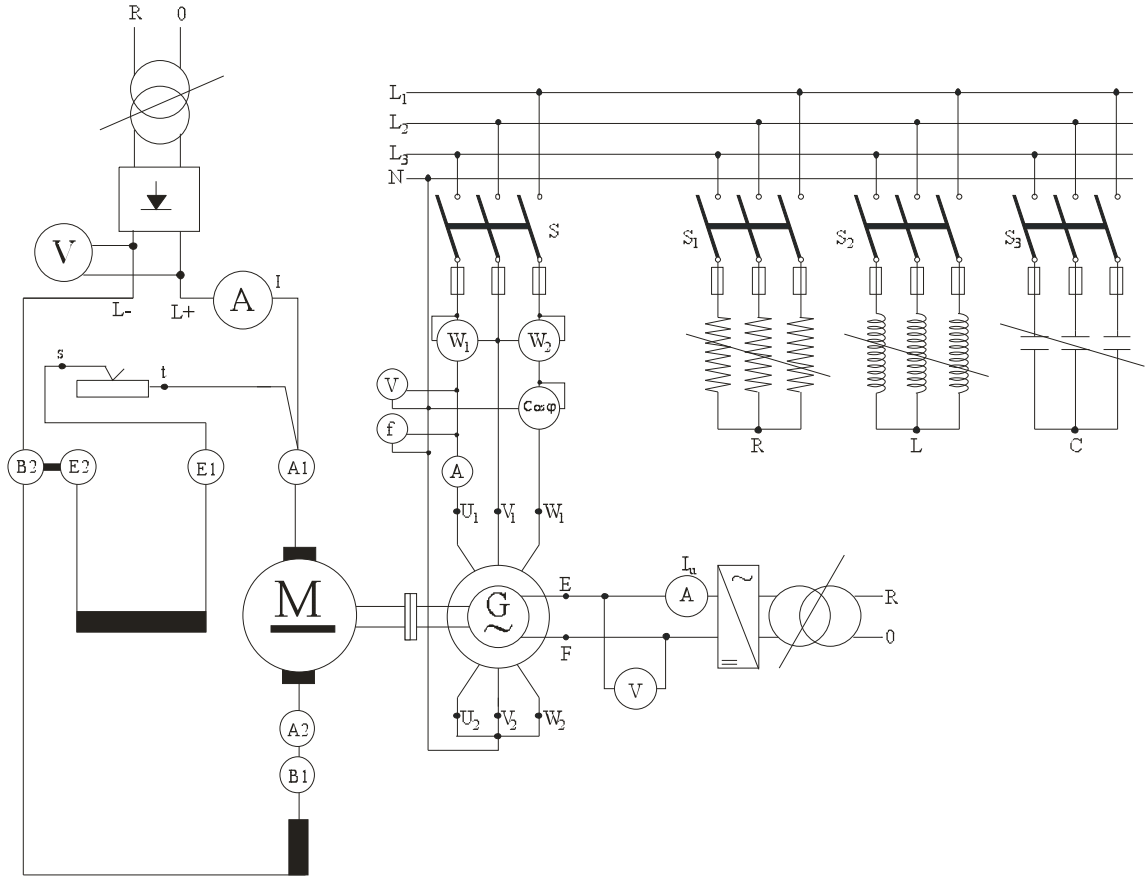
D-eğrisi : $I_y = \frac{1}{2} \cdot I_n$; $\text{Cos}\phi = 1$

E-eğrisi : $I_y = \text{Tam yük}$; $\text{Cos}\phi = 1$

F-eğrisi : $I_y = \frac{1}{2} \cdot I_n$; $\text{Cos}\phi = 0$, geri

G-eğrisi : $I_y = \text{Tam yük}$; $\text{Cos}\phi = 0$, geri

Bağlantı Seması



Şekil-2 Alternatörlerin doyma karakteristik deneyi için gerekli bağlantı şeması

Denyde Kullanılan Aletler



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



Deneyde Alınan Değerler:

Yük Tipi	Gözlem No	n (d/dk)	I _n (A.)	U (V.)
Omik Yük	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
Endüktif Yük	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
Kapasitif Yük	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			

İşlem Basamakları

1. Şekil-2'deki bağlantı şemasını uygun ölçü aletleri ile birlikte düzenleyiniz.
2. Döndürücü doğru akım motoruna yol verip, devir sayısını alternatörün anma devir sayısına ayarlayınız.
3. S ve S₁ şalterlerini kapatıp R ayarlı omik yükünü, alternatör nominal yük akımının yarısını elde edinceye kadar ayarlayınız.



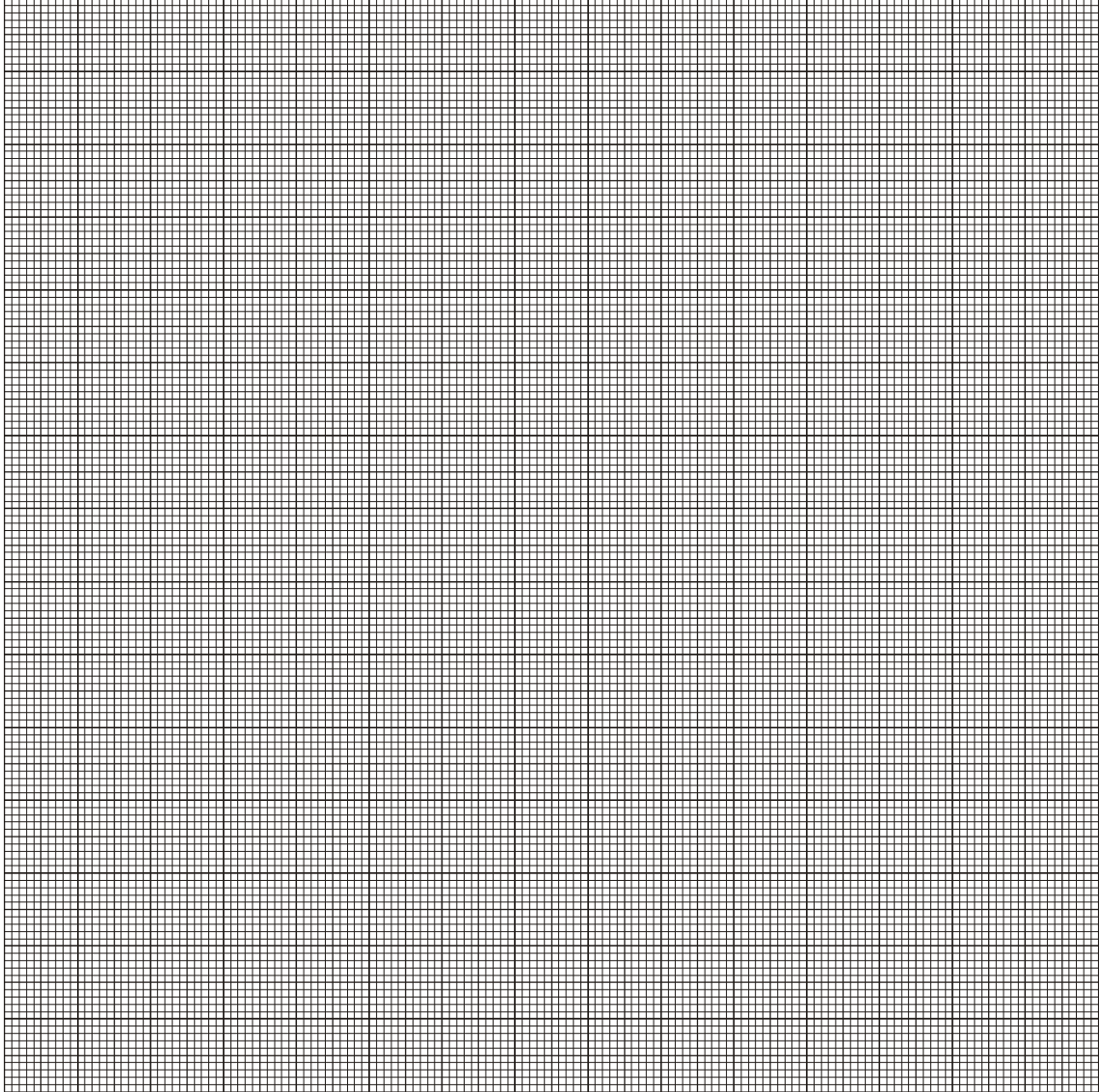
4. Alternatör uyarım akımını sıfırdan başlayarak anma uyarım değerinin %125'ine kadar yavaş yavaş arttırınız. Her kademedede alternatör uç gerilimini tabloya kaydediniz.
5. S_1 şalterini açarak S_2 şalterini kapatınız ve $\cos\phi = 0$ geri durumdaki L ayarlı endüktif yükünü, alternatör nominal yük akımının yarısını elde edinceye kadar ayarlayınız.
6. $\frac{1}{2} I_y$ ve $\cos\phi=0$ geri yük durumunu sabit tutarak uyarım akımını sıfırdan başlayıp anma uyarım değerinin % 125'ine kadar yavaş yavaş arttırınız. Her kademedede alternatör uç gerilimini tabloya kaydediniz.
7. S_2 şalterini açarak S_3 şalterini kapatınız ve altıncı maddede yapılanları C ayarlı kapasitif yükü için tekrarlayınız. Bu durumda alternatör uç gerilimine dikkat ediniz.

Sorular ve Yanıtlar

1. Alternatörlerin yarı yükteki ve tam yükteki doyma eğrileri birbirlerinden niçin farklıdır?
2. Belirli bir uyarım değerine kadar omik ve endüktif yüklerde gerilim okunamamasının nedenleri nelerdir ?
3. Yüklü doyma eğrilerinden nerelerde faydalanılır ?
4. Endüktif yükte, yük arttıkça uç gerilimi okuyabilmek için daha fazla uyarıma gerek duyulmasının nedenini açıklayınız.



5. Denede aldığımız değerlerle alternatörün doyma eğrilerini çiziniz.



Ölçek :

Deney No : 6

Deneyin Adı : Alternatörlerin senkron empedans metoduna göre gerilim regülasyonlarının bulunması.

Teorik Bilgi

Alternatörlerde regülasyon; tam yükte , anma devrinde ve anma uç gerilimi ile çalışan bir alternatörün uyarım akımı sabit tutulup, yükü kaldırıldığı zaman uç gerilimindeki değişimin tam yük gerilimine oranının yüzdesi olarak tanımlanır.

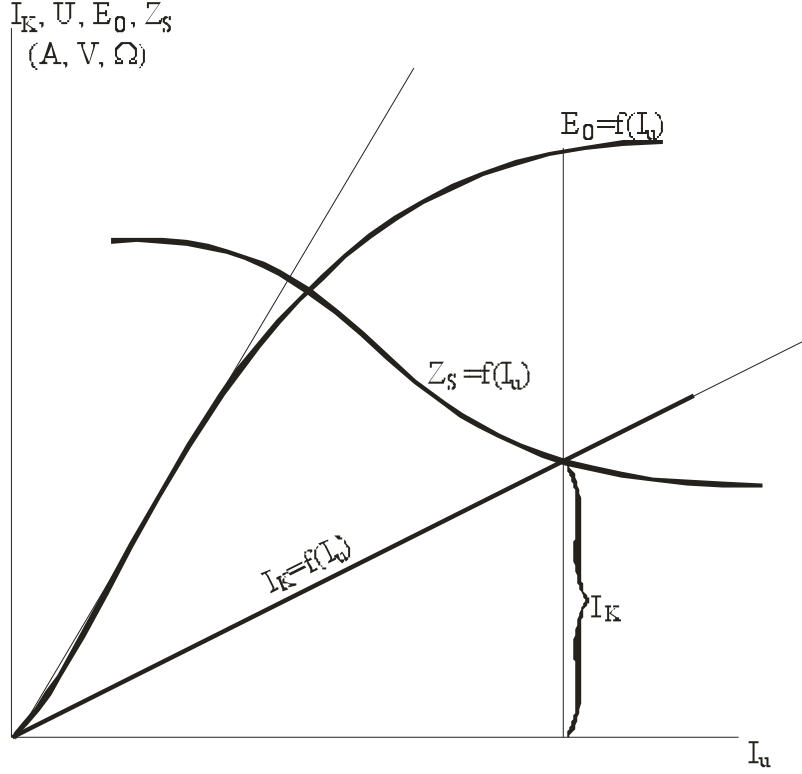
$$\%Reg = \frac{E_m - U_t}{U_t} \cdot 100 \text{ şeklinde yazılabilir.}$$

Alternatörleri tam yüküne kadar yükleme zorluğu karşısında, gerilim regülasyonlarının bulunması için bazı yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan biride senkron empedans metodudur. Senkron empedans metodu ile gerilim regülasyonunun bulunmasında, alternatörün boş ve kısa devre karakteristiklerine gerek vardır. Ancak kısa devre çalışmada alternatör küçük uyarım akımında çalıştığından; bulunacak senkron empedans (Z_S) gerçek değerinden büyük olmaktadır. Bunu önlemek için kısa devre deneyi mümkün olduğu kadar büyük uyarım akımları ile yapılmalıdır. Böylece endüvi reaksiyonunun neden olduğu gerilim düşümünün, senkron empedansa etkisi azalmış olacağından regülasyon gerçeğe daha yakın çıkmış olur. Bulunan regülasyon gerçek değerinden büyük olduğu için, bu metoda kötümser metot da denilir.

Senkron empedansın bulunabilmesi için alternatörün boş çalışma $E_0=f(I_u)$ ve kısa devre $I_K=f(I_u)$ eğrileri Şekil-1'deki gibi aynı eksene çizilir. Çeşitli uyarım akımlarındaki senkron empedans değerleri, boştaki gerilimin aynı uyarımdaki kısa devre akımına bölünmesi ile bulunur. Bu işlem için $Z_S = \frac{E_0}{I_K}$ formülü kullanılır. Çıkan değerlerle $Z_S=f(I_u)$ şeklinde üçüncü bir eğri aynı eksene çizilir. Bu eğriler yardımı ile önce senkron empedans, daha sonra da senkron reaktans belirlenebilir.

En uygun empedans $Z_S=f(I_u)$ eğrisinin en düzgün (doğrusal) olduğu yerde elde edilendir. Ancak ulaşılabilen en büyük uyarım akımındaki boş çalışma gerilimin aynı uyarımda bulunan kısa devre akımına bölünmesi ile elde edilen senkron empedans, eğrinin doğrusal olabildiği yerdeki empedansa çok yakın olacağı için en büyük

uyarımdaki Z_s 'yi almakla gerçeğe yaklaşmış olabiliriz. Kısa devre çalışma durumunda, boş çalışmada ulaşılan uyarım akımına gelinememişse; kısa devre karakteristiği aynı doğrultuda uzatılır.



Şekil-1 Alternatörün senkron empedans değişim eğrisi.

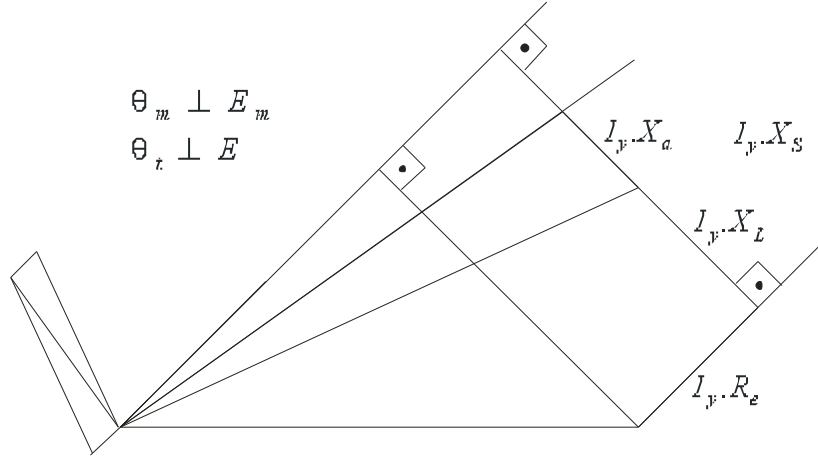
Deneyi yapılan alternatörün bir fazının etkin direnci R_e , daha önce kısa devre deneyinde ölçüldüğünden senkron empedans X_s ,

$$Z_s = \sqrt{X_s^2 + R_e^2} \text{ eşitliğinden faydalanarak,}$$

$$X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_e^2} \text{ şeklinde bulunur.}$$

Etkin direnç (A.C. akım direnci) omik direncin 1,1 - 1,5 katı arasında alınacaktır. Ancak büyük güçlü alternatörlerde R_e etkin direnci çok küçük olacağı için ihmal edilerek $Z_s \cong X_s$ olarak alınabilir.

Alternatör kapasitif yüklü iken vektör diyagramı Şekil-2'deki gibidir.



Şekil-2 Kapasitif yük vektör diyagramı.

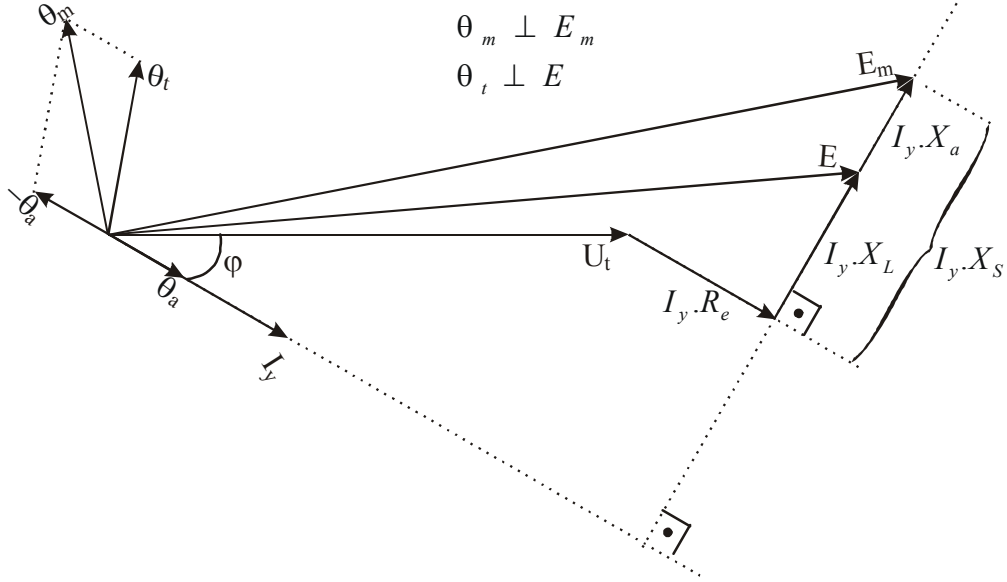
- U_t : Alternatör yüklü iken uç gerilimi
 I_y : Yük akımı
 E : Alternatör yüklü iken endüvide indüklenen gerilim
 φ : Faz açısı
 E_m : Boşta indüklenen gerilim
 θ_m : Kutupların manyeto motor kuvveti
 θ_a : Endüvi reaksiyonu manyeto motor kuvveti
 θ_t : Bileşke manyeto motor kuvvet
 $I_y \cdot R_e$: Etkin dirençte düşen gerilim
 $I_y \cdot X_L$: Kaçak reaktans nedeniyle düşen gerilim
 $I_y \cdot X_a$: Endüvi reaksiyonu nedeni ile düşen gerilim

Bu durumda boş çalışma gerilimi;

$$E_m = \sqrt{(U_t \cdot \cos\varphi + I_y \cdot R_e)^2 + (U_t \cdot \sin\varphi - I_y \cdot X_s)^2} \quad \text{olarak bulunur.}$$

$$X_s = X_L + X_a \text{ dır.}$$

Alternatör endüktif yüklü iken vektör diyagramı Şekil-3'teki gibidir.



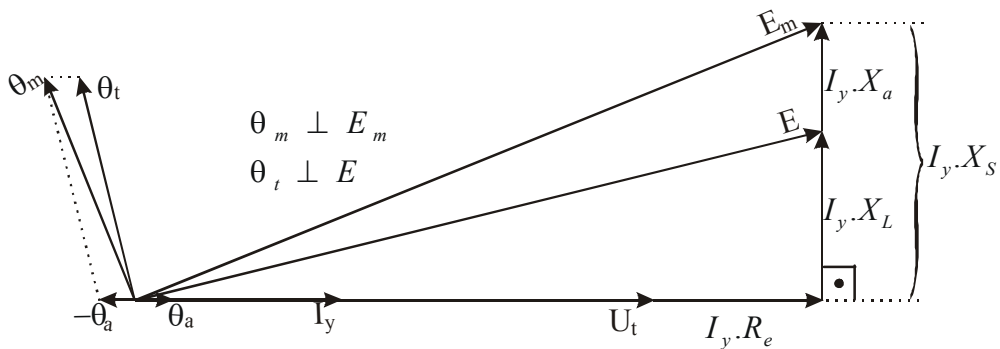
Şekil-3 Endüktif yük vektör diyagramı.

Bu durumda boş çalışma gerilimi;

$$E_m = \sqrt{(U_t \cdot \cos\phi + I_y \cdot R_e)^2 + (U_t \cdot \sin\phi + I_y \cdot X_s)^2} \quad \text{olarak bulunur.}$$

$$X_s = X_L + X_a \text{ dir.}$$

Alternatör omik yüklü iken vektör diyagramı Şekil-4'teki gibidir.



Şekil-4 Omik yük vektör diyagramı.

Bu durumda boş çalışma gerilimi;

$$E_m = \sqrt{(U_t \cdot \cos\phi + I_y \cdot R_e)^2 + (I_y \cdot X_s)^2} \quad \text{olarak bulunur. } X_s = X_L + X_a \text{ dir.}$$

Denejde Alınan Değerler:

Gözlem No	R_e (Ω)	n (d/dk)	I_K (A.)	E_0 (V.)	Z_S (Ω)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

İşlem Basamakları

1. Boş ve kısa devre karakteristiklerinin her ikisini de aynı eksene çiziniz.
2. $Z_S = \frac{E_0}{I_K}$ eşitliğinden yararlanarak her uyartım akımı için senkron empedansları hesaplayınız.
3. Uyartım akımlarını yatay, senkron empedans değerlerini düşey eksende gösterip $Z_S=f(I_u)$ grafiğini çiziniz.
4. X_S senkron reaktansını hesaplayınız.
5. $\cos\phi=0,8$ geri durumda ve alternatör tam yüklü halde gerilim regülasyonunu bulunuz. Bunun için $\cos\phi=0,8$ geri tam yük vektör diyagramını çiziniz.
6. $\cos\phi=1$ durumunda ve alternatör tam yüklü halde gerilim regülasyonunu bulunuz. Bunun için $\cos\phi=1$ tam yük vektör diyagramını çiziniz.
7. Alternatörü önce yıldız sonra üçgen bağlı varsayarak gerilim regülasyonunu $\cos\phi=1$ için ayrı ayrı bulunuz.



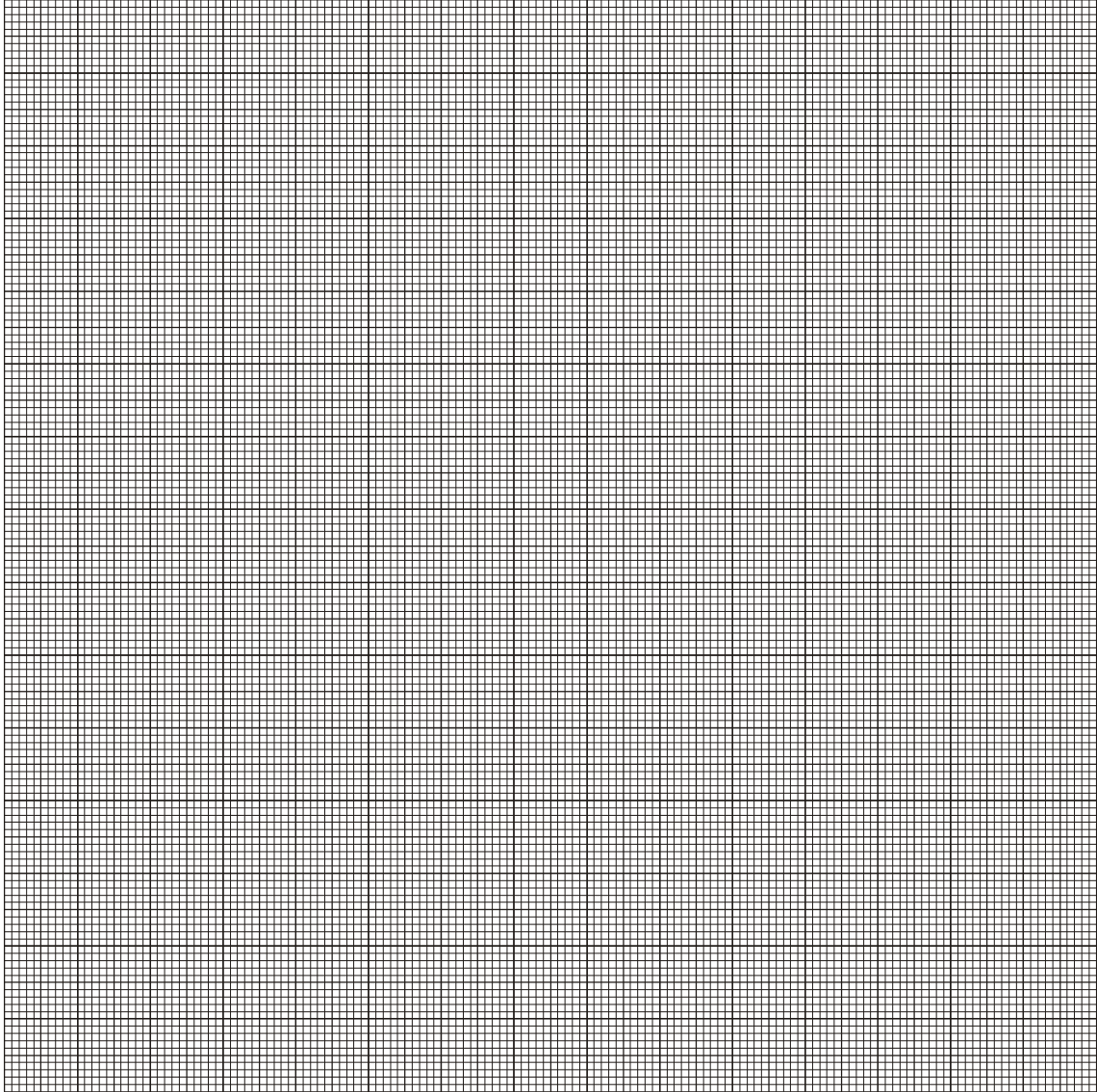
Sorular ve Yanıtlar

1. Senkron empedans metodu ile bulunan gerilim regülasyonu gerçek değerinden niçin daha büyüktür?
2. Bir alternatörün gerilim regülasyonunun bilinmesinin ne gibi faydaları vardır?
3. Regülasyonun küçük ya da büyük olması o alternatör için neyi belirler ?
4. Regülasyon % 100 veya % 0 alınabilir mi? Neden ?



5. Regülasyonun negatif yada pozitif işaretli olmasının anlamını açıklayınız.

6.Deneyde kullanacağımız eğrileri aldığımız değerlere göre çiziniz.



Ölçek :



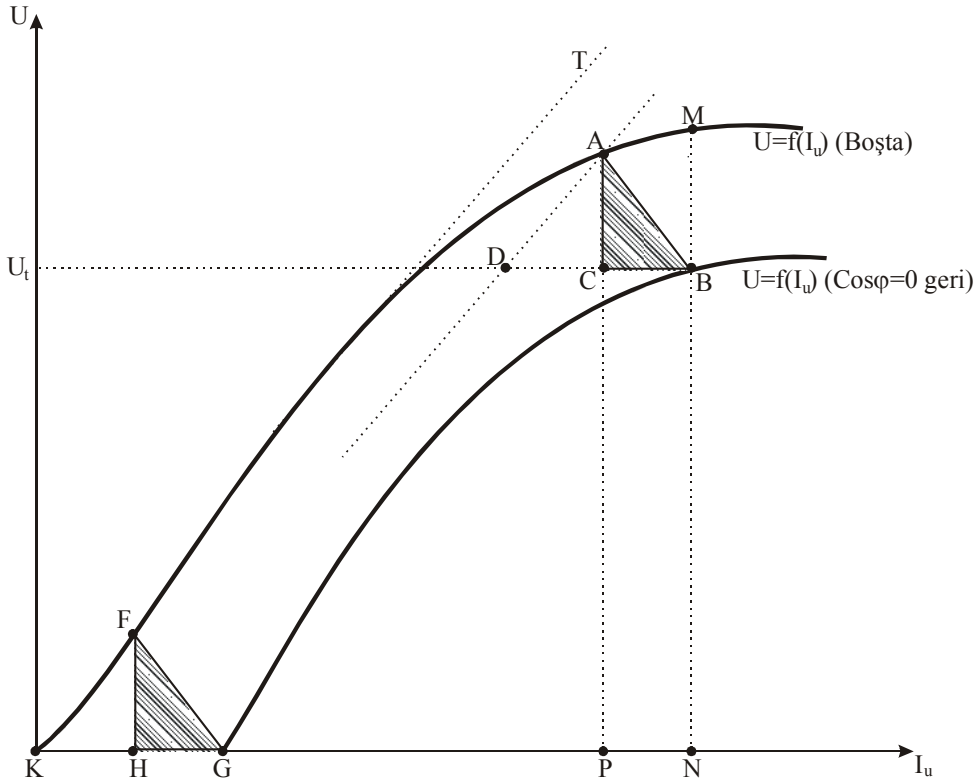
Deney No : 7

Deneyin Adı : Alternatörlerin, gerilim regülasyonlarının potiyer üçgeni metodu ile bulunması.

Teorik Bilgi

Bu metotla gerilim regülasyonunun bulunabilmesi için $\cos\phi=0$ geri güç katsayılı yük akımındaki doyma karakteristik eğrisine gerek vardır. Boş çalışma karakteristik eğrisinin nasıl elde edildiğini alternatörlerin boş çalışma deneyinde incelemiştik. Diğer eğriyi çizmek için alternatör $\cos\phi=0$ geri güç katsayılı yüklerle yüklenir. Yük akımı deney boyunca sabit tutulmalıdır. Uyarım akımı kademe kademe arttırılır. Her kademede alternatör uçlarından alınan gerilimler kaydedilir. Bu değerler ile $U=f(I_u)$ eğrisi çizilir. Çizilen bu eğriye $\cos\phi=0$ geri yük akımındaki doyma eğrisi denir.

$\cos\phi=0$ geri güç katsayısının elde edilebilmesi için alternatör düşük uyarımlı (eksik uyarımlı) bir senkron motorla yüklenir. Senkron motorun uyarım akımını ayarlayarak tam endüktif çalışma durumu sağlanabilir.



Şekil-1 Potiyer üçgeninin çizilmesi.

Şekil-1’de eğrilerin başlangıç kısımları doğruya çok yakındır. Bu nedenle birkaç noktanın bulunup birleştirilmesi yeterlidir. Eğriler yaklaşık olarak birbirinin benzeridir. $\cos\phi=0$ geri durumunda, θ_a endüvi reaksiyonu manyeto motor kuvveti, θ_m kutupların oluşturduğu manyeto motor kuvvetine tamamen zıt olup; onu zayıflatır. Bu nedenle manyetik devre her ikisi için de aynıdır. Yalnız $\cos\phi=0$ geri durumunda endüvi reaksiyonu manyeto motor kuvveti θ_a çok büyüktür. Bu nedenle eğri sağa doğru kaymıştır.

Potiyer Üçgeninin Çizilmesi

Şekil-1’deki \overline{BN} uzunluğu $\cos\phi=0$ geri güç katsayılı yük eğrisinde anma gerilimine eşit bir uzunluktur. Uyarım akımı \overline{KN} uzunluğu kadar iken, $\cos\phi=0$ geri yük eğrisindeki anma gerilimine eşit bir gerilim meydana getirir. Aynı uyarım akımı \overline{KN} , boş çalışma eğrisinde \overline{MN} uzunluğu kadar bir gerilim meydana getirir. $\overline{MB} = \overline{MN} - \overline{BN}$ olup,

$$X_s = \frac{\overline{MB}}{I_y} \text{ senkron reaktansı verir.}$$

B noktasına \overline{KG} uzunluğu kadar uzakta olan D noktasından T doğrusuna paralel çizilerek A noktası bulunur. A noktasından düşeye bir dikme çizilir. \overline{BD} doğrusunu kestiği C noktası bulunur. A noktası için manyeto motor kuvvet \overline{KP} uzunluğu, B noktası için ise \overline{KN} uzunluğudur. A ve B noktalarının manyeto motor kuvvetleri aynı olduğundan, $\overline{PN} = \overline{KN} - \overline{KP}$ olur ve endüvi reaksiyonu manyeto motor kuvvetini verir.

Endüvi reaksiyonun giderilmesi, C noktasının B noktası üzerine gelmesi ile gerçekleşir. C noktasının manyeto motor kuvveti \overline{KP} uzunluğu kadar olup, bu manyeto motor kuvveti boş çalışma eğrisinde \overline{AP} uzunluğu kadar gerilim indükler. $\overline{AC} = \overline{AP} - \overline{CP}$ olup, gerilim düşümünü verir.

$$X_L = \frac{\overline{AC}}{I_y} \text{ bulunur.}$$

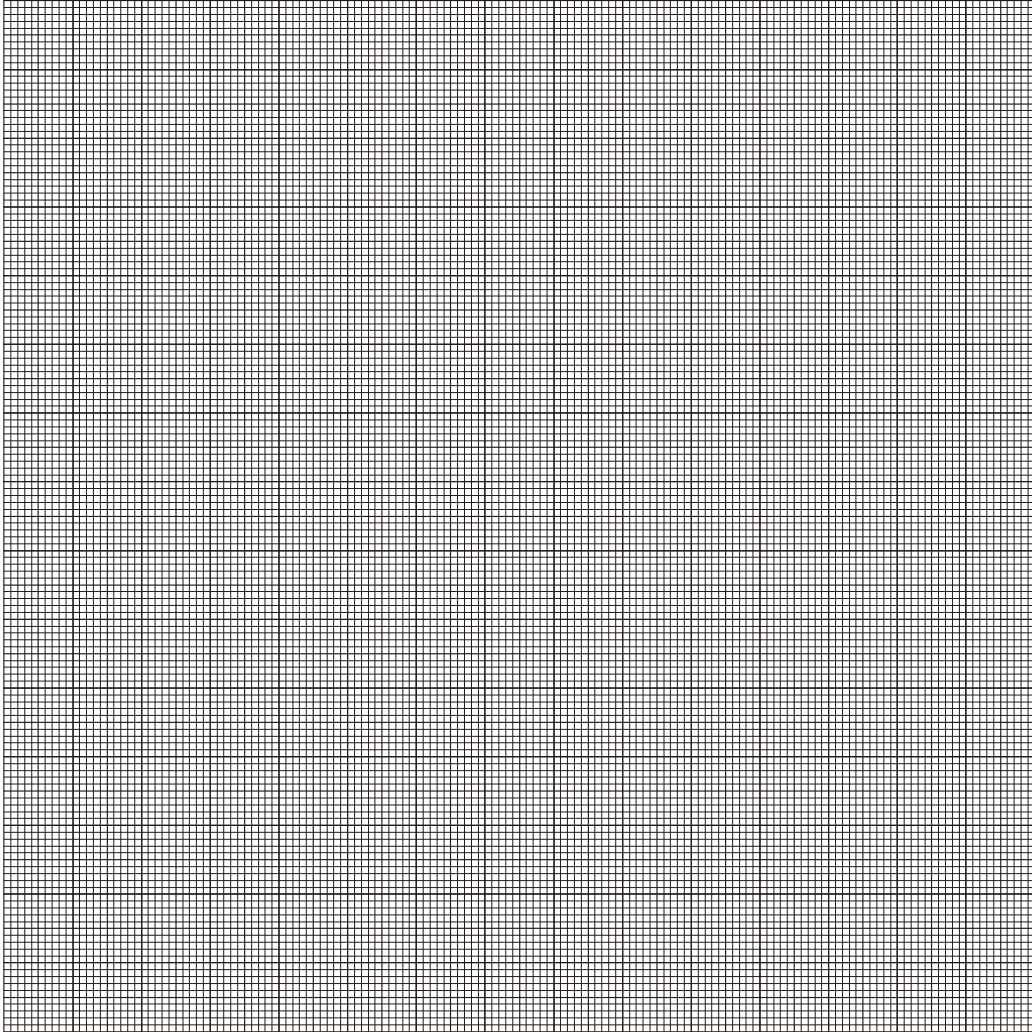
Eğride $\triangle ABC$ ile belirtilen üçgene ‘‘Potiyer üçgeni’’ denir. Bu üçgen yardımı ile Şekil-1’deki 1 nolu eğrinin herhangi bir noktasındaki çalışma için endüvi reaksiyonu gerilim düşümü bulunabilir.

Potiyer üçgeni aşağı doğru kaydırılırsa C, B ve A noktaları sırasıyla H, G ve F noktaları ile çakışır.

Not: Potiyer üçgeni metodu ile gerilim regülasyonunun hesaplanması, çıkıntılı kutuplu alternatörlerde büyük hatalara neden olur. Bu sebeple bu tür alternatörlerin gerilim regülasyonu değişik metotlarla bulunur.

İşlem Basamakları

1. Alternatörün önceki deneylerde alınan değerler ile, boş ve $\cos\phi=0$ geri tam yüklü çalışma karakteristik eğrilerini aynı koordinat ekseninde çiziniz.
2. Bu eğrileri kullanarak yukarıda anlatıldığı şekilde potiyer üçgenini çiziniz.



3. Eğriler ve potiyer üçgeni yardımıyla endüvi reaksiyonu manyeto motor kuvvetini belirleyiniz.
4. $\cos\phi=0$ geri ve boş çalışma eğrilerinden faydalanarak potiyer üçgenini yatay eksen üzerinde taşıyınız.
5. $\cos\phi=0.8$ geri ve $\cos\phi=1$ için alternatörün vektör diyagramlarını çizip, gerilim regülasyonlarını hesaplayınız.

Sorular ve Yanıtlar

1. Senkron empedans metodu ile potiyer üçgeni metodu arasında ne gibi farklar vardır? Açıklayınız.



2. Boş çalışma eğrisi ile $\text{Cos}\phi=0$ geri güç katsayılı yük eğrisini karşılaştırmız.

3. Potiyer üçgeninde \overline{AC} ve \overline{CB} uzunlukları hangi değerlere karşılık gelmektedir?



Deney No : 8

Deneyin Adı : Alternatörlerin Paralel Bağlanması

Teorik Bilgi

Elektrik santrallerinde enerjinin bir tek alternatör yerine küçük güçlü birkaç alternatörden elde edilmesi büyük faydalar sağlar. Yük durumuna göre bu alternatörler kendi aralarında veya şebekeyi besleyen diğer santraldeki alternatörler ile paralel bağlanırlar. Alternatörlerin paralel bağlanmasını gerektiren nedenler şunlardır:

1. Bir santralin yükü günün her saatinde aynı değildir. Yük arttıkça çalışmakta olan alternatöre başka alternatörler paralel bağlanarak, artan yükü karşılamaları sağlanır.
2. Santrallerin maksimum yük değerini büyük güçlü bir alternatörle karşılamak uygun değildir. Bilindiği gibi elektrik makinalarının verimleri; makina tam yükte çalışırken en büyük değerindedir. Santral her zaman aynı yükte çalışmayacağı için verim azalır. Bu durumda verimi arttırmak için santralde daha küçük güçlü birkaç alternatör bulundurmak gerekir.
3. Santralde birden fazla alternatör bulundurarak işletme emniyeti de sağlanmış olur. Arıza yapan alternatör devre dışı bırakılarak yerine sağlam alternatörler devreye alınır. Böylece beslemenin sürekliliği sağlandığı gibi, sistem de enerjisiz kalmaz.
4. Bölgeleri besleyen santrallerin yük durumlarına göre, diğer santrallerle enerji alış verişi yapılarak enerji gereksinimi giderilebilir.
5. Santralde bulunan alternatörlerin, zaman zaman bakımlarının yapılması ömürlerini uzatır. Bir alternatör ile beslenen şebekede, bu alternatörün bakımı sırasında aboneler enerjisiz kalır.

Yukarıda sayılan faydalar dikkate alındığında, santrallerde birden fazla alternatör bulundurmak ve bunların paralel bağlanması zorunluluğu ortaya çıkar.

Paralel Bağlama Koşulları

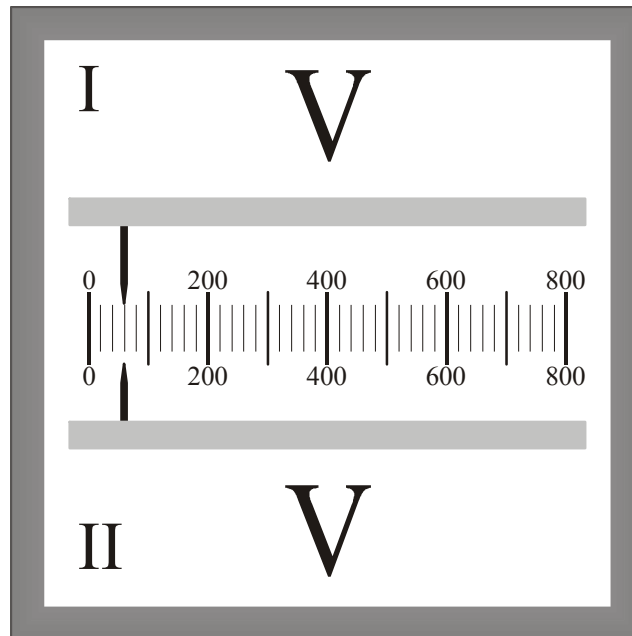
Şebekelerin artan yükü karşılamak veya çalışmakta olan alternatörlerin fazla yükünü üzerinden almak için başka alternatörlerin devreye alınmasına “Paralel bağlama” denir.

- Paralel bağlanacak alternatörlerin gerilimleri birbirine eşit olmalıdır.
- Paralel bağlanacak alternatörlerin frekansları birbirine eşit olmalıdır.
- Paralel bağlanacak alternatörlerin faz sıraları aynı olmalıdır.
- Paralel bağlanacak alternatörlerin gerilimleri arasında faz farkı olmamalıdır. (Senkronizm anında paralel bağlanmalıdır.)

Bunlara ek olarak, paralel bağlanacak olan her iki alternatör gerilimlerinin sinüsoidal karakterli olması da istenilen bir özelliktir.

Gerilim Eşitliğinin Sağlanması

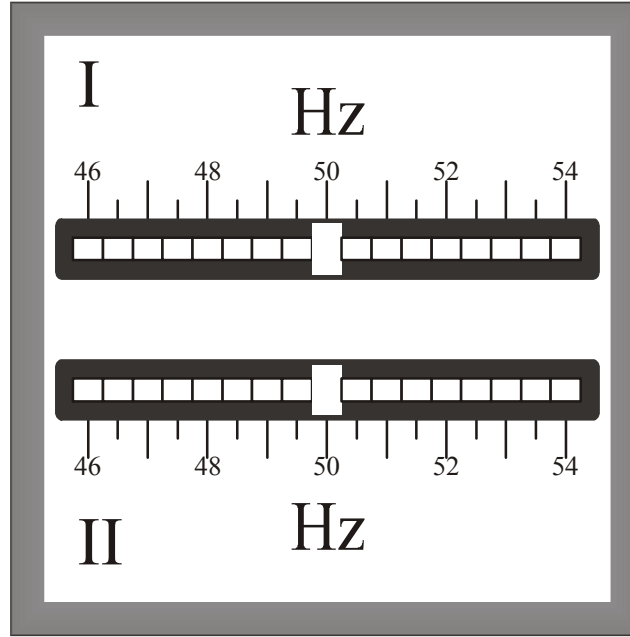
Alternatörlerin uyartım akımları ayarlanarak, her iki alternatör gerilimi birbirine eşitlenir. Gerilim eşitliği Şekil-1’deki çift voltmetre ile sağlanır. Bu voltmetreler çift ibreli olarak ve alternatörlerin paralel bağlanmasında kullanılmak amacıyla özel olarak üretilirler.



Şekil-1 Çift Voltmetre

Frekans Eşitliğinin Sağlanması

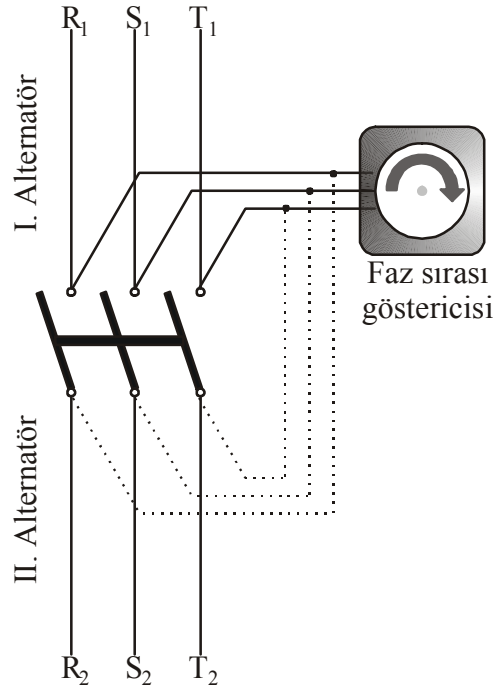
Frekans eşitliği ise senkron alternatörü döndüren makinaların devir sayılarının ayarlanması ile sağlanır. Frekans eşitliği de Şekil-2'deki çift frekansmetre ile kontrol edilir.



Şekil-2 Çift Frekansmetre

Faz Sırasının Aynı Olmasının Sağlanması

Bu koşulun kontrolü “Faz Sırası Göstericisi” denen alet yardımıyla yapılır. Faz sırası gösterici alet, Şekil-3'te görüldüğü gibi her iki alternatörün karşılıklı gelecek uçlarına aynı durumda bağlandığında, göstergenin dönüş yönü aynı olmalıdır. Alternatörlerin faz sırası aynı değilse, alet ayrı ayrı dönüş yönü gösterir. Bu durumda her hangi bir alternatörün iki fazının bağlantı uçları birbiri ile değiştirilir. Bu kontrol üç fazlı bir asenkron motor ile de yapılabilir. Bunun için ise asenkron motor aynı faz sırası göstericisi gibi bağlanır.



Şekil-2 Faz Sırası Göstercisinin devreye bağlantısı.

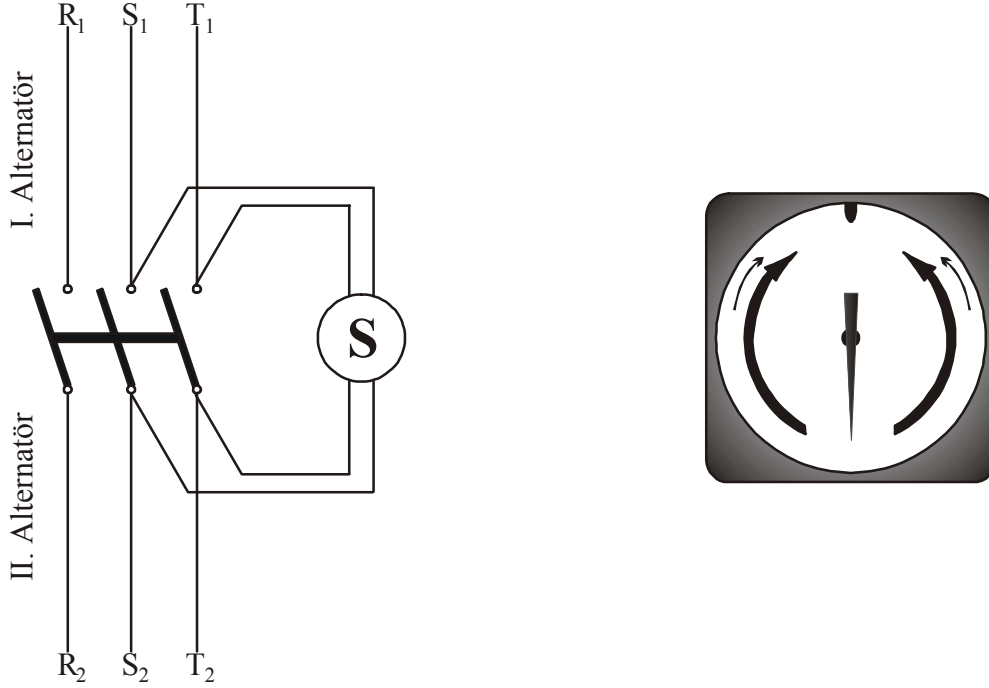
Senkronizm Anının Belirlenmesi

Senkronizm anı, paralel bağlanacak alternatörlerde fazların üst üste çakışması demektir. Bunu her iki alternatörün gerilim eğrilerinin aynı anda, aynı değerleri alması olarak da tanımlayabiliriz. Senkronizm anının belirlenmesi için çeşitli uygulamalar vardır. Bunlar genel olarak:

1. Senkronoskop ile senkronizm anının saptanması.
2. Lamba bağlantıları ile senkronizm anının saptanması.
3. Sıfır voltmetresi ile senkronizm anının saptanması.

1-) Senkronoskop ile Senkronizm Anının Tespiti

Senkronoskop rotordan beslenen bir asenkron motordur. Büyük santrallerde kullanılır. Şekil-4'te devreye bağlantısı ve dış görünüşü görülmektedir.



Şekil-4 Senkronoskop ve devreye bağlantısı.

Senkronoskop devreye bağlandıktan sonra, ibre alternatörlerin frekans veya hız farkına göre belirli bir yönde döner. Bu farklar giderildikçe ibrenin dönme hızı yavaşlar. Alternatörlerin gerilimleri arasındaki faz farkı sıfır olduğunda ibre işaretli yerde durur. Bu anda paralel bağlama şalterine basılıp bağlantı gerçekleştirilir.

2-) Lamba Bağlantıları ile Senkronizm Anının Tespiti

Senkronizm anının saptanmasında üç ayrı lamba bağlantısı yapılır.

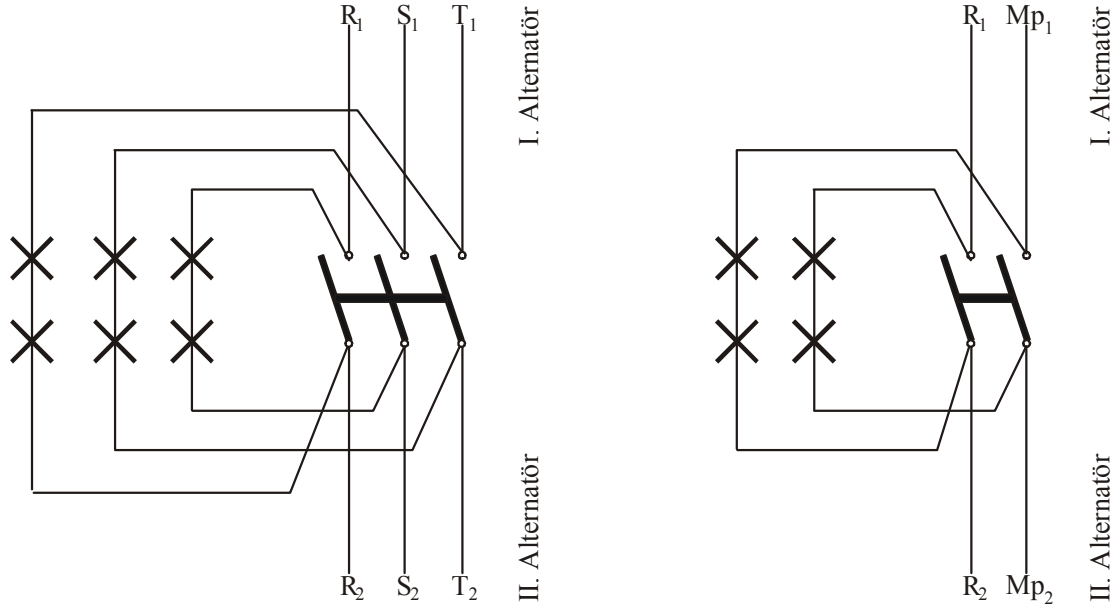
- Aydınlık bağlantı veya yanar ışık bağlantısı.
- Karanlık bağlantı veya söner ışık bağlantısı.
- Karışık bağlantı veya döner ışık bağlantısı.

Bu bağlantılardan söner ışık hem bir fazlı hem de üç fazlı, yanar ışık bir fazlı, döner ışık ise üç fazlı alternatörlere uygulanır.

- **Yanar Işık Bağlantısı**

Şekil-5-a'da üç fazlı, Şekil5-b'de ise bir fazlı alternatörlerin paralel bağlanmasında yanar ışık bağlantısı görülmektedir. Yanar ışık bağlantısı üç fazlı

sistemlere uygulandığında, lambaların en parlak yandığı an senkronizm anı olamaz. Çünkü lambalar en parlak yandığı anda $2E$ gerilime sahiptirler. Gerçekte senkronizm anında lamba uçlarında $\sqrt{3}E$ kadar gerilim vardır. Gözümüzün lambaların $\sqrt{3}E$ kadar yandığı anı yakalayamayacağı için üç fazlı sistemlerde bu bağlantı şekli uygulanmaz. Bir fazlı alternatörlerde böyle bir durum söz konusu olmadığı için uygulanabilir. Bir fazlı devrelerde lambanın en parlak yandığı an senkronizm anıdır. Diğer koşullarda sağlanmışsa şaltere basılarak paralel bağlama gerçekleştirilir.



-a-

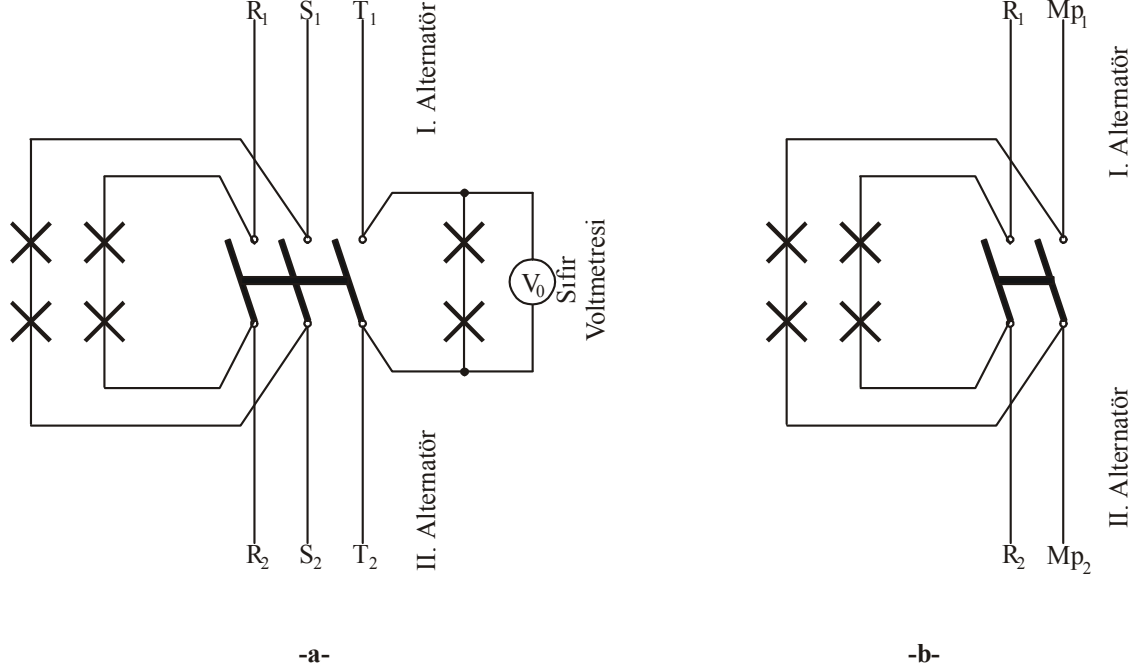
-b-

Şekil-5 Bir ve üç fazlı sistemlerde yanar ışık bağlantısı.

- *Söner Işık Bağlantısı*

Şekil-6'da görüldüğü gibi söner ışık bağlantısında lambalar aynı fazlara bağlanmıştır. Alternatörlerin faz gerilimlerinin iki katı dikkate alınarak, buna uygun sayıda lamba seri bağlanır. Yüksek gerilimli alternatörlerde lamba sayısını azaltmak için düşürücü transformatörler kullanılarak bağlantı yapılır. Çalışma sırasında lambalar yanıp sönerler. Yanıp sönmeye hızını gözle yakalayabilmek için alternatörün devir sayısını ayarlamak gerekir. Karanlık bağlantıda lambalar tam söndüğü anda paralel bağlama şalterine basılarak, bağlantı

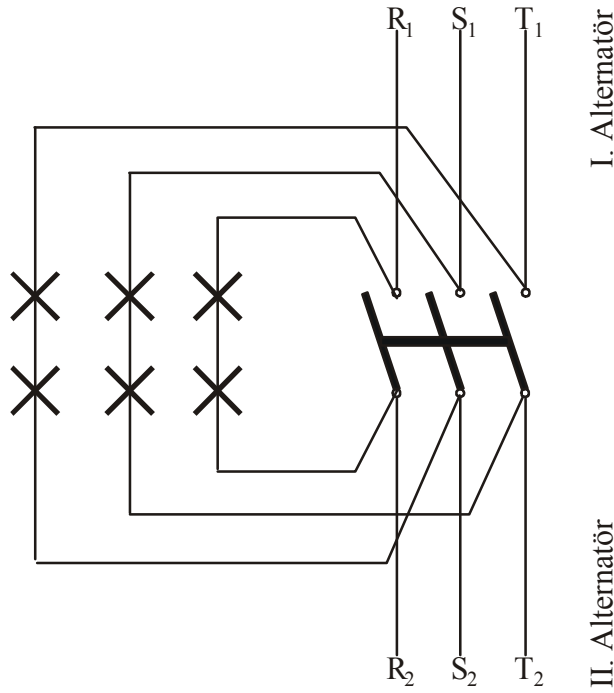
gerçekleştirilir.



Şekil-6 Bir ve üç fazlı sistemlerde söner ışık bağlantısı.

- *Döner Işık Bağlantısı*

Döner ışık bağlantısı yalnız üç fazlı alternatörlerde uygulanabilir. Şekil-7’de döner ışık bağlantısı görülmektedir. Bu bağlantıda, lamba gruplarının ikisinin karşılıklı uçları değişik fazlara, biri ise aynı faza bağlanmıştır. Senkronizm anında aynı faza bağlı olan lambalar söner, diğerleri ise $\sqrt{3}E$ gerilimi ile parlak şekilde yanarlar. Bu anda şaltire basılarak paralel bağlama gerçekleştirilir. Alternatörlerin frekans farkına göre lambalar belirli bir sıra ile yanıp sönerler. Bu nedenle bağlantıya “Döner Işık Bağlantısı” adı verilmiştir.



Şekil-7 Üç fazlı sistemlerde döner ışıık bağlantısı.

3-) Sıfır Voltmetresi ile Senkronizm Anının Tespiti

Sıfır voltmetresi bağlantısı, Şekil-6'daki söner ışık bağlantısında lamba gruplarına paralel bağlanan bir voltmetre ile sağlanır. Bu şekildeki bağlantıda sıfır voltmetresi sıfırı gösterdiğinde şaltere basılarak paralel bağlantı sağlanır. Sıfır voltmetresi özel olarak yapılmış olup skala taksimatı başlarda seyrek, sonlarda ise siktir. Ölçme alanı ise alternatör faz geriliminin en az iki katı olmalıdır.



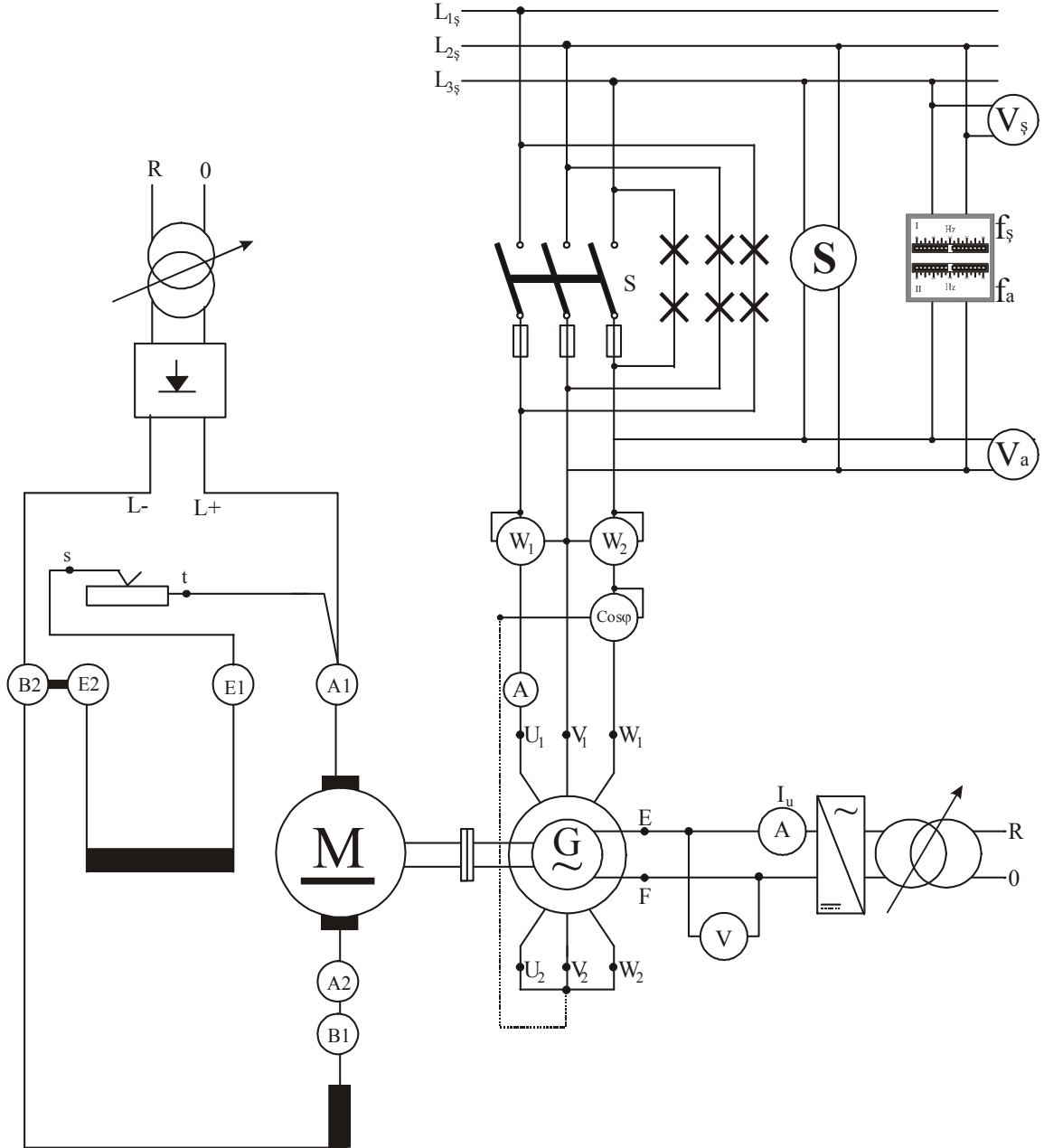
Denejde Kullanılan Aletler

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

Denejde Alınan Değerler:

	Gözlem No	n (d/dk)	I _u (A.)	I (A.)	U _s (V.)	U _a (V.)	f _s (Hz.)	f _a (Hz.)	Cosφ	P ₁ (W)	P ₂ (W)	ΣP (W)
Paralel Bağlamada	1											
Devir Sayısı Değişiminde	1											
	2											
	3											
	4											
	5											
	6											
	7											
Uyartım Akımı Değişiminde	1											
	2											
	3											
	4											
	5											
	6											
	7											
Motor Çalışmada	1											

Bağlantı Şeması



Şekil-8 Paralel bağlama deneyi için gerekli bağlantı şeması.

İşlem Basamakları

1. Şekil-8'deki bağlantıyı uygun ölçü aletleri ile birlikte düzenleyiniz.



2. Alternatörü döndüren makinaya yol verip çalıştırınız ve frekansını şebeke frekansına ayarlayınız. ($f_a=f_s$)
3. Alternatör uyartım akımını yavaş yavaş ayarlayarak gerilimini şebeke gerilimine getiriniz. ($E_a=E_s$)
4. Faz sırası göstericisi ile şebeke ve alternatör fazlarının aynı uçlarının karşılıklı gelmesini sağlayınız. (Bu alet yoksa küçük güçlü bir asenkron motor da kullanabilirsiniz)
5. Karanlık bağlantı yapılmış ve sıfır voltmetresi bağlı olduğu halde, devrede lambaların hepsinin söndüğü ve sıfır voltmetresinin sıfırı gösterdiği anda paralel bağlama şalterine basarak paralel bağlamayı gerçekleştiriniz. (Devrede senkronoskop varsa, ibrenin işaretli yerde durması senkronizm anını belirtir.)
6. Paralel bağlantı yapıldığında ölçü aletlerinden okunan değerleri tabloya kaydediniz.
7. Alternatörün uyartım akımını azaltıp çoğaltarak, aletlerde okunan değerleri yazınız.
8. Uyartım akımını, paralele girildiği andaki değere ayarlayıp bu defa alternatörü döndüren makina ile devir sayısını azaltıp çoğaltınız ve ölçü aletlerinden okunan değerleri kaydediniz.
9. Uyartım akımını ve devir sayısını paralel bağlama sırasındaki değerlere ayarladıktan sonra, alternatörü döndüren makinayı durdurunuz. Bu anda aletlerin sapma yönleri ile gösterdiği değerleri kaydediniz.

Sorular ve Yanıtlar

1. Alternatör, uyartımı verilmeden anma devir sayısında döndürülürse uçlarında gerilim bulunur mu? Bu gerilim ne kadardır?



2. Paralel bağlı alternatörlerden birisinin yükü sabit tutularak, uyartım akımı değiştirilirse ; diğer alternatörde ne gibi değişimler olur?
3. Senkronoskop belirli bir yönde ve hızla dönerken, bu dönüş hızı nasıl azaltılır? İbrenin ters yöne dönmesinden ne anlaşılır?
4. Lamba bağlantılarında seri bağlanacak lamba sayısı nasıl bulunur?
5. Karanlık bağlantıda döner ışık elde edilmişse ne anlaşılır?
6. Paralel bağlanacak alternatörler aynı makine ile döndürülürse ne gibi durumlar oluşur?
7. Bir fazlı bir alternatör ile üç fazlı bir alternatör paralel bağlanabilir mi? Açıklayınız.



Deney No : 9

Deneyin Adı : Senkron motorlara yol verme şekilleri.

Teorik Bilgi

Bir asenkron motora gerilim uygulandığında direkt olarak yol alır. Bunun için yardımcı bir düzeneğe ihtiyaç yoktur. Senkron motorlar ise gerilim uygulandığında direkt olarak yol alamazlar. Atalet dolayısıyla rotor, döner alanın hızına ulaşamaz. Rotorun senkron hızda dönmesi için rotor ve stator döner alan kutuplarının daima birbirini çekerek, kilitlenmeyi sağlayan zıt isimli kutupların karşılıklı bulunması gerekir. Rotorun devamlı olarak dönmesi için kilitlenmeyi sağlayan bazı metotlar vardır. Bunlar:

1. Senkron motoru alternatör olarak çalıştırıp yol vermek.
2. Senkron motorla aynı milde bulunan uyartım dinamosunu motor olarak çalıştırarak yol vermek.
3. Senkron motora yardımcı bir döndürme makinası ile yol vermek.
4. Senkron motoru sincap kafesli asenkron motor olarak çalıştırarak yol vermek.
5. Senkron motoru rotoru sargılı asenkron motor olarak çalıştırarak yol vermek.

Yukarıda belirtilen yöntemlerden herhangi biri ile senkron motorlara yol verilebilir. Pratikte en çok kullanılan yöntem senkron motoru asenkron motor olarak çalıştırıp yol vermektir.

Bu metotta rotor sargılarına uyartım akımı verilmeden önce stator sargılarına alternatif akım uygulanır. Bu akımın stator iletkenlerinde meydana getirdiği döner alan, sincap kafesli rotorun kısa devre edilmiş çubuklarında endüksiyon yolu ile bir gerilim endükler. Kısa devre çubuklarından geçen akımın oluşturduğu alan ile stator döner alanı birleşerek döndürme momentini meydana getirirler. Bu momentin etkisiyle rotor dönmeye başlar. Rotorun hızı senkron hıza yaklaştığında, uyartım devresinden rotor sargılarına doğru akım verilip rotor kutupları uyartılır.



Bu sırada stator döner alan kutupları ile rotor kutupları kilitletir. Böylece senkron motor yol alarak senkron hızda dönmeye devam eder. Rotorun senkron devir sayısına getirilebilmesi için yük momentinin küçük olması gerekmektedir.

Diğer yöntemleri de kısaca şu şekilde açıklayabiliriz:

Senkron Motoru Alternatör Olarak Çalıştırıp Yol Vermek

Bu metot çok az kullanılır. Paralel bağlama şartları yerine getirilerek, şebeke ile paralel olarak çalışan alternatör, kendisine mekanik enerji veren makinanın enerjisi kesildikten sonra senkron motor olarak çalışır. (Bu yöntemin detayları alternatörlerin paralel bağlanması deneyinde anlatıldı.)

Senkron Motor İle Aynı Milde Bulunan Uyarım Dinamosunu Motor Olarak Çalıştırarak Yol Vermek

Bu metot için doğru akım kaynağına gerek vardır. Uyarım dinamosu bu kaynaktan beslenerek önce motor olarak çalıştırılır. Senkron motor senkron hıza yaklaştığında stator sargılarına alternatif gerilim uygulanarak, kutupları doğru akımla uyarılır. Stator döner alan kutupları ile rotor kutuplarının kilitletmesi sağlanır. Daha sonra motor olarak çalışan uyarım dinamosunun akımı kesilir. Böylece senkron motor yol alarak çalışmasına devam eder.

Senkron Motora Yardımcı Bir Döndürme Makinası İle Yol Vermek

Bu metotta yardımcı döndürme makinası senkron motorun miline akuple edilerek bağlanır. Örneğin doğru akım motoru, dizel yada benzinli motor olabilir. Senkron motor ise bu makinalardan biri ile döndürülür. Bu döndürücü makinanın devir sayısı senkron devir sayısına ulaşabilecek bir değerde olmalıdır. Senkron motor, senkron devir sayısına yaklaştığında stator sargılarına alternatif gerilim uygulanır. Uygulanan bu gerilimin oluşturduğu döner alan, rotorun dönüş yönü ile aynı yönde olmalıdır. Bu aşamadan sonra rotor kutupları doğru akımla uyarılarak, stator kutupları ile kilitletmesi sağlanır.

Senkron Motoru Rotoru Sargılı Asenkron Motor Olarak Çalıştırarak Yol Vermek



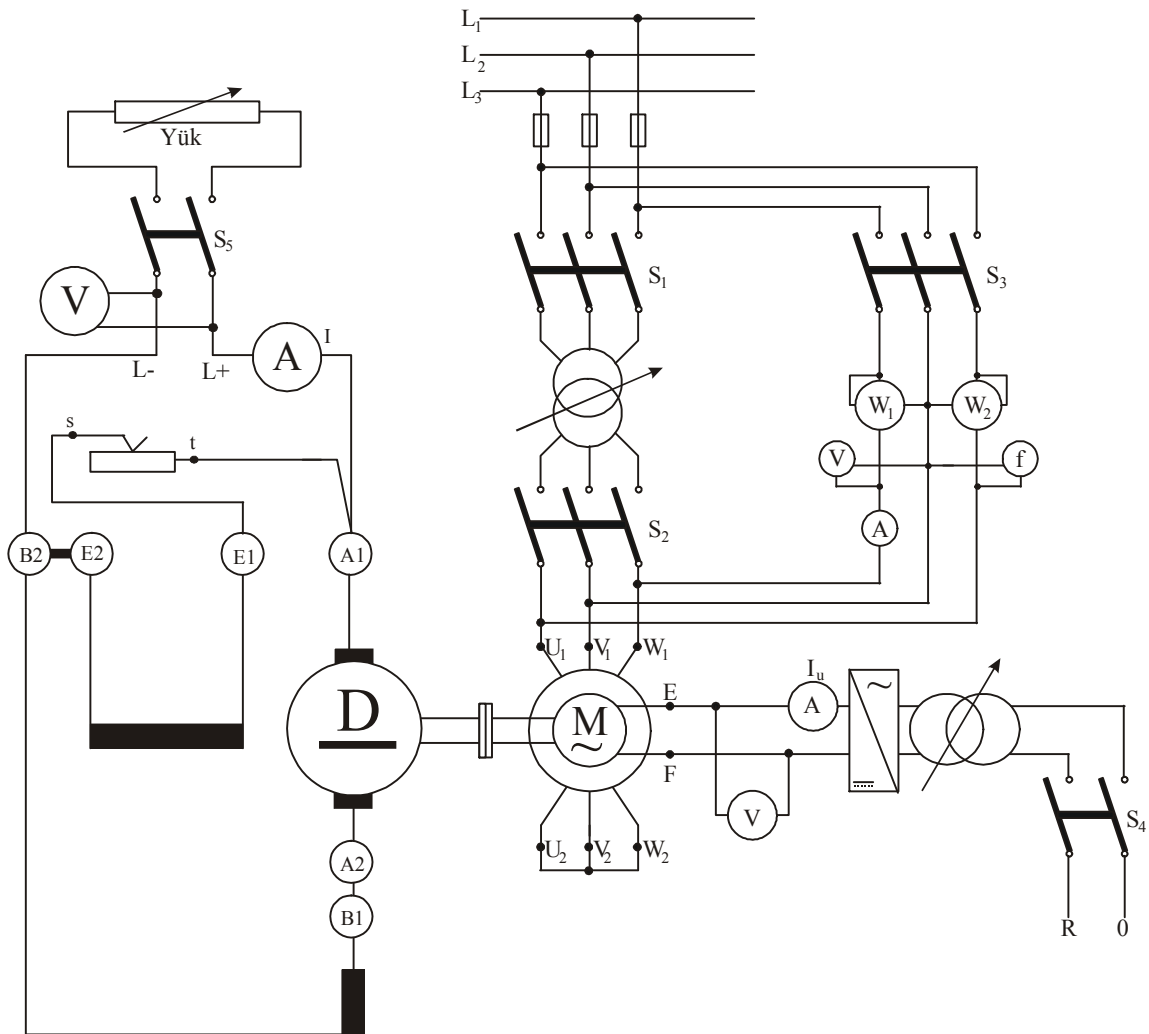
Yük altında kalkınması istenen yerlerde kullanılacak senkron motorun, rotorunda iki çeşit sargı bulunmalıdır. Bu sargılardan birincisi rotor sargısıdır. İkinci sargı ise ilk sargıdan yalıtılmış olup, rotoru sargılı asenkron motorun rotor sargısına benzemektedir. Başlangıçta rotorun üç fazlı bu sargılarına bir yol verme direnci seri bağlanır. Statora üç fazlı alternatif akım uygulandığında motor, bir asenkron motor gibi yol almaya başlar. Rotoru seri bağlanan dirençler kademe kademe devre dışı bırakılarak senkron motorun yük altında kalkınması sağlanır. Daha sonra uyartım için rotor sargılarına doğru akım uygulanarak, rotor ve stator döner alan kutuplarının kilitlemesi sağlanır.

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	n (d/dk)	I_u (A.)	U_u (V.)	U (V.)	I (A.)	f (Hz.)	P_1 (W)	P_2 (W)	ΣP (W)
Yol Almada	1									
Boş Çalışmada	1									
Yüklü Çalışmada	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									



Şekil-1 Senkron motora yol vermek için gerekli bağlantı şeması.



İşlem Basamakları

1. Şekil-1'deki bağlantıyı uygun ölçü aletlerini kullanarak kurunuz.
2. S_1 ve S_2 şalterlerini kapatarak oto trafosu yardımıyla senkron motoru asenkron motor olarak çalıştırınız. (Motora önce yarı gerilim sonra tam gerilim uygulayınız.)
3. Motor senkron devir sayısına ulaştıktan sonra S_3 şalterini kapatıp S_1 ve S_2 şalterlerini açınız. Bu durumda ölçü aletlerinde okunan değerleri tabloya kaydediniz.
4. Daha sonra S_4 şalterini kapatıp rotor kutupları ile stator kutuplarının kilitlemesini sağlayınız. Bu durumda ölçü aletlerinde okunan değerleri tabloya kaydediniz.
5. S_5 şalterini kapatıp dinamo aracılığıyla motoru yükleyiniz ve değerleri kaydediniz.

Sorular ve Yanıtlar

1. Senkron motorlar neden direkt olarak yol alamazlar ?
2. Sincap kafesli senkron motor, senkron hızda dönerken, sincap kafes sargılarında gerilim oluşur mu ? Neden ?



3. Senkron motorun dönüş yönü nasıl değiştirilir ?

4. Senkron motorlara hangi metotlarla yol verilir ?

5. Senkron motorun uyarıtımı kesilirse, rotoru sincap kafesli olan ve olmayan senkron motorlarda ne gibi durumlar oluşur ?

6. Yük altında kalkınması gereken senkron motorlarda hangi özellikler olmalıdır?.



Deney No : 10

Deneyin Adı : Senkron Motorun “V” Eğrilerinin Elde Edilmesi.

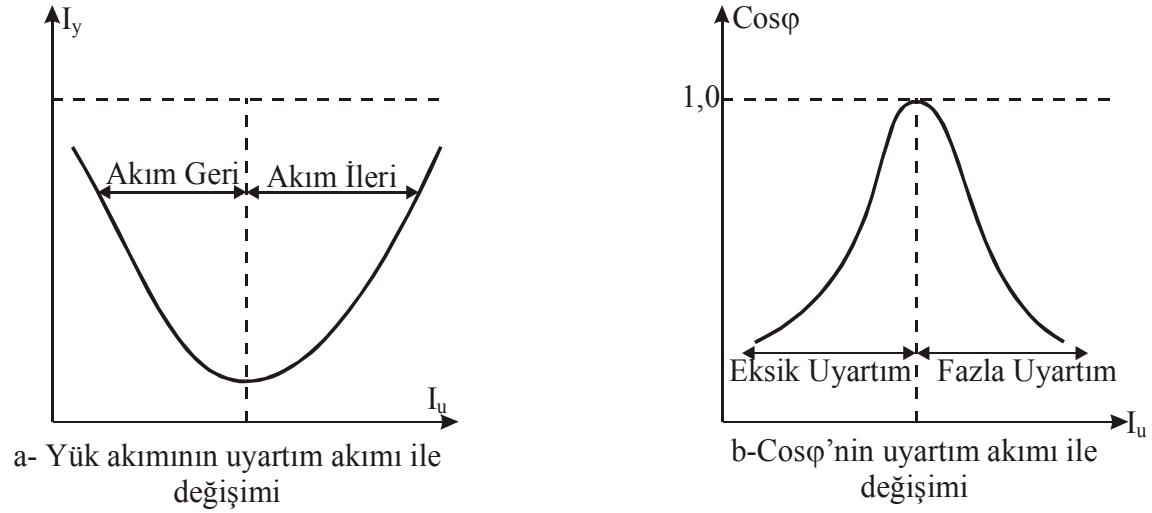
Teorik Bilgi

Senkron motorların “V” eğrileri; motora uygulanan şebeke geriliminin ve miline bağlanan yükün sabit tutularak endüvi akımı I_y ile uyarım akımı I_u arasındaki ilişkiyi gösterir. Ayrıca uygulanan gerilimin frekansı da sabit olmalıdır. Bu durumda motorun milinden çekilen güç $P = \sqrt{3}.U_s.I_y.Cos\varphi$ 'dir. Diğer değerler sabit olduğuna göre, güç katsayısı $Cos\varphi$ 'nin değişmesi yük akımını değiştirir. Daha önce de belirtildiği gibi, güç katsayısı $cos\varphi$, uyarım akımına bağlı olarak değiştirilebilir. Güç katsayısının büyümesi ile yük akımı küçülür. $Cos\varphi$ 'nin en büyük değeri olan 1'de, yük akımı en küçüktür. Bu durumda senkron motor omik çalışmaktadır. Belli bir yükte çekilen en küçük yük akımına ait uyarım akımı değerinden daha küçük uyarım akımında senkron motor endüktif, daha büyük uyarım akımında ise kapasitif çalışır.

Uyarım akımı değiştikçe senkron motorun güç katsayısı ve yük akımı değişir. Bu sırada demir ve bakır kayıplarında meydana gelecek küçük dikkate alınmazsa; senkron motorun mil gücü sabit kalır. Bu deneyden elde edilecek eğriler V harfine benzediğinden bu eğrilere senkron motorun “V” eğrileri denir.

V eğrilerini elde etmek için.'deki bağlantı yapılır. Bu bağlantı yapıldıktan sonra senkron motor çalıştırılır. (Bu sırada motor boşta çalışmaktadır). Boştaki V eğrisini çizmek için motorun çektiği yük akımı, uyarım akımı ayarlanarak en küçük değerine indirilir. Bu andaki $Cos\varphi$ değeri de saptanmalıdır. Uyarım akımının bu değeri senkron motorun omik olarak çalışması için gereken akımdır. Bu uyarım akımı yavaş yavaş artırılır. Her kademe yük akımı ve $Cos\varphi$ değerleri alınır. Yük akımı anma akımının 1.5 ile 2 katı oluncaya kadar uyarım akımı artırılmağa devam edilir. Bu çalışma değerleri kapasitif çalışma durumunu verir. Bundan sonra tekrar en küçük yük akımını veren uyarım akımına gelinir. Bu uyarım akımından daha küçük uyarım değerlerinde senkron motor endüktif çalışmaktadır. Gene uyarım akımı yavaş yavaş azaltılır. Her kademe yük akımı ve $Cos\varphi$ cetvel şeklinde yazılır. Bundan sonra senkron motor çeşitli yüklerde yüklenip aynı şekilde uyarım akımı ayarlanarak

yük akımı ve $\cos\phi$ değerleri saptanır. Bundan sonra uyartım akımı yatay eksen, yük akımı veya $\cos\phi$ değerleri de dişey eksen üzerinden işaretlenerek senkron motorun V eğrileri çizilir.



Şekil-1 Yük akımı ve $\cos\phi$ 'nin uyartımla değişimleri.

Senkron motorun istenen yük kademelerinde V eğrileri bir arada çizildiğinde, eğrilerin farklı oldukları görülür. Şekil-3'de boştaki eğrinin yükteki eğriden daha farklı olduğu görülüyor. 1 nolu eğri boşta, 2 nolu eğri yarı yükte, 3 nolu eğri tam yükte ve 4 nolu eğri de 1,5. P_{anma} yükündeki V eğrileridir. Görüldüğü gibi her yük kademesinde omik çalışma durumları için değişik uyartım akımına gerek vardır. Senkron motor boşta iken omik durum için I_{u1} uyartımı gerekirken, yarı yükte omik durum için daha büyük I_{u2} uyartımına gerek vardır. Tam yükte ise aynı durum için daha büyük uyartım akımı I_{u3} gerekir. Motorun yükü anma yükünden fazla olduğundan gerekli uyartım akımı daha artar ve I_{u4} olur. Bunun nedeni endüvi reaksiyonunun çeşitli yükler için farklı olması ve doymanın artmasıdır. Boştaki endüvi reaksiyonu ile yüklü durumdaki endüvi reaksiyonu farklı olduğundan, uç gerilimin sabit kalabilmesi için (örneğin omik durumda) yüklü durumda, boştakinden daha fazla uyartım akımına gerek vardır. $I_{u4} > I_{u3} > I_{u2} > I_{u1}$ dir. Yük altında çalışan bir senkron motorda, uyartım, anma değerinden fazla ise motor akımı I_y , uç gerilimi U_s 'den ileride olup, senkron motor kapasitif çalışır. Uyartım akımı, küçükse, akım I_y , gerilimden geride olup, motor bu defa endüktif çalışır.

Uyartım akımı çok geniş sınırlar içinde azaltılıp artırılmaz. Örneğin Şekil-3'de görüldüğü gibi tam yük için uyartım akımı I_u' den ve yarı yük için I_u'' den küçük olamaz. Aksi halde motor kararlılık sınırını geçip kilitlenme durumundan ayrılır. Bu anda motordaki yük momenti, motor momentinden fazladır. Senkron motorların çoğunda anma yükünün %40'ına kadar olan küçük yüklerde uyartım sıfır olduğu halde motor senkronizmden kopmayabilir.

Boşta ve çeşitli yük değerlerinde omik durum için gerekli yük akımları farklıdır. Boşta kayıpları karşılayacak kadar olan I_{y1} akımı, senkron motor yüklendikçe I_{y2} , I_{y3} , I_{y4} değerlerini almaktadır. Bu durumda senkron motordaki bakır kayıpları ve çok az da olsa demir kayıpları artar.

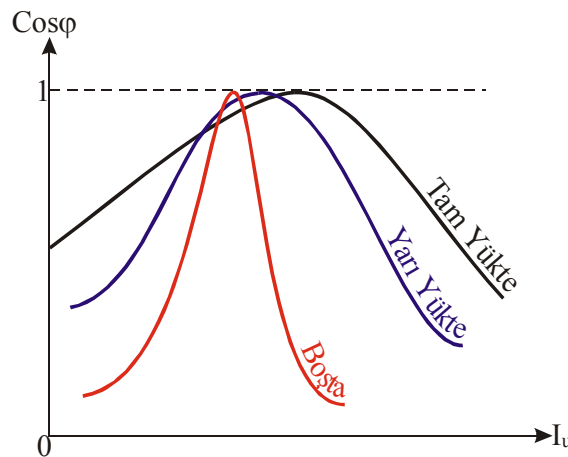
Şekil-2'de ise uyartım akımının değişmesi ile çeşitli yük kademelerindeki güç katsayısı değerleri görülmektedir. Eğrilerin tepe değerleri daima $\cos\varphi=1$ değerinden geçer. $\cos\varphi$ değerlerini saptamak için $\cos\varphi$ metre yoksa devreye iki vatmetre bağlanarak (aron vatmetresi) $\cos\varphi$ değerleri aşağıdaki formüllerle bulunur.

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{P_1 + P_2}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot I_y} \text{ veya } \operatorname{tg}\varphi = \sqrt{3} \cdot \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2}$$

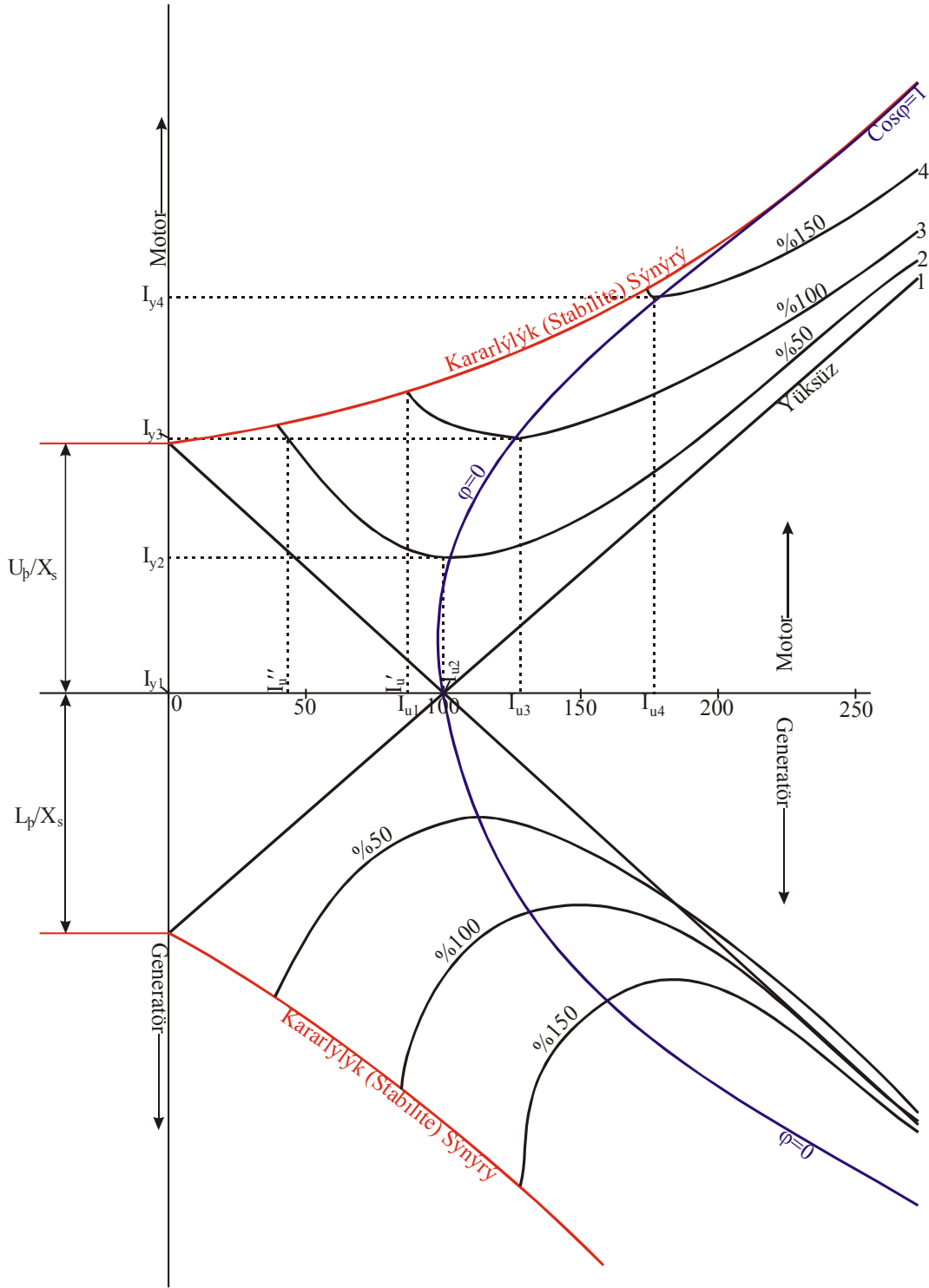
Bu formülde; $\cos\varphi = 0.5$ için $P_2 = 0$

$\cos\varphi > 0.5$ için $P_2 > 0$

$\cos\varphi < 0.5$ için $P_2 < 0$ dır

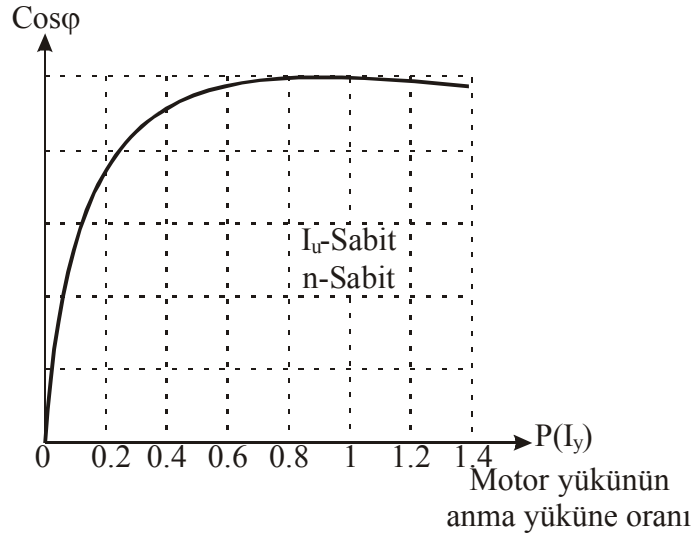


Şekil-2 Çeşitli yük durumlarında uyartım akımı ile güç katsayısının değişimi.



Şekil-3 Senkron makinanın "V" eğrileri.

V eğrileri Şekil-3’de görüldüğü gibi hem motor hem de alternatör olarak çalışırken çıkartılabilir. Senkron motorun sabit uyartım ve değişik yük durumunda güç katsayısının değişmesi de Şekil-4’de görülmektedir. Eğride en iyi güç katsayısının tam yük ve tam yüke yakın yüklerde olduğu, motor anma yükünden daha fazla yüklendikçe $\cos\phi$ ’nin azaldığı görülmüyor. Küçük yüklerde de güç katsayısı bir hayli kötüdür.



Şekil-4 Güç katsayısının yükle değişimi

Denejde Kullanılan Aletler

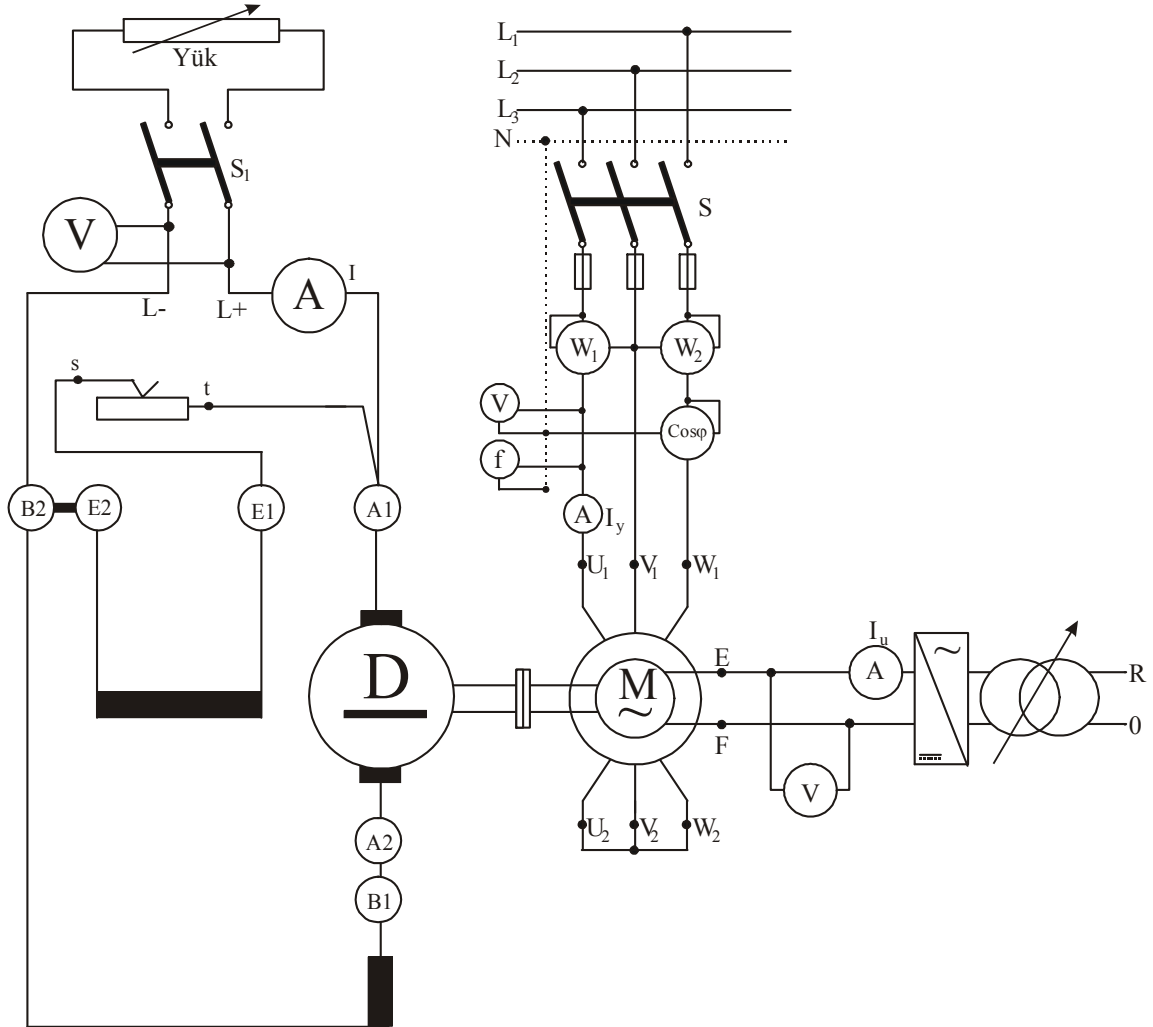
Sıra No	Lab.No	Aletin Cinsi	Özelliği	Ölçme Alanı
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				



Deneyde Alınan Değerler

Gözlem No	Yük Durumu	n (d/dk)	U (V.)	ΣP (W.)	I_u (A.)	I_y (A.)	Cos ϕ	Açıklama
1	Boşta Çalışma							Kapasitif Çalışma
2								
3								
4								
5								Cos ϕ =1
6								
7								Endüktif Çalışma
8								
9								
1	Yarı Yükte Çalışma							Kapasitif Çalışma
2								
3								
4								
5								Cos ϕ =1
6								
7								Endüktif Çalışma
8								
9								
1	Tam Yükte Çalışma							Kapasitif Çalışma
2								
3								
4								
5								Cos ϕ =1
6								
7								Endüktif Çalışma
8								
9								

Bağlantı Şeması



Şekil-5 “V” eğrilerini çıkartmak için gerekli bağlantı şeması.

İşlem Basamakları

1. Şekil-5’teki bağlantıyı kurunuz.
2. Motora yol veriniz ve senkron çalışmayı sağlayınız.
3. Boşta çalışmada uyarım akımını ayarlayarak güç katsayısının “1” olduğu değere getiriniz. Bu anda ölçü aletlerindeki değerleri kaydediniz.



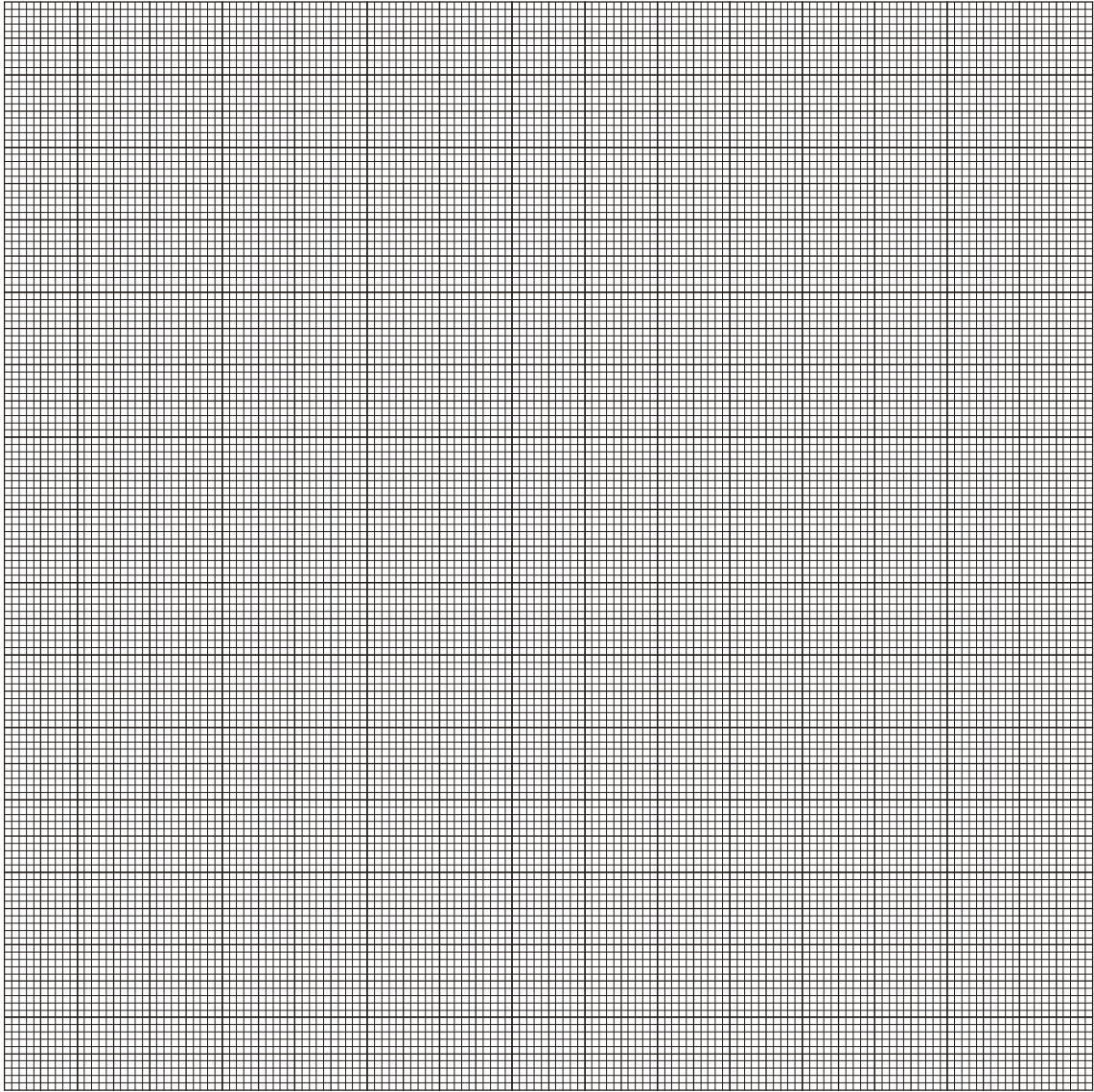
4. Uyartım akımını kademe kademe arttırarak kapasitif çalışmaya geçiniz ve her kademedeki değerleri tabloya kaydediniz. Arttırma işlemine yük akımı nominal değerinin 1,25 katına ulaşınca kadar devam ediniz.
5. Uyartım akımını ayarlayarak tekrar $\cos\phi=1$ değerine geliniz ve uyartımı kademeli olarak azaltarak endüktif çalışmaya geçiniz. Her kademedeki değerleri tabloya kaydediniz. Azaltma işlemine yük akımı nominal değerinin 1,25 katına ulaşınca kadar devam ediniz.
6. Motoru miline bağlı dinamo aracılığıyla önce yarı yükte sonra tam yükte yükleyerek yukarıdaki işlemleri tekrarlayınız.

Sorular ve Yanıtlar

1. Uyartım akımı değişiminin senkron motora etkilerini vektörel olarak açıklayınız.



2. Denejde aldığımız değerlerle $I_y=f(I_u)$ ve $\text{Cos}\phi=f(I_u)$ eğrilerini her yük durumu için çiziniz.



Ölçek:

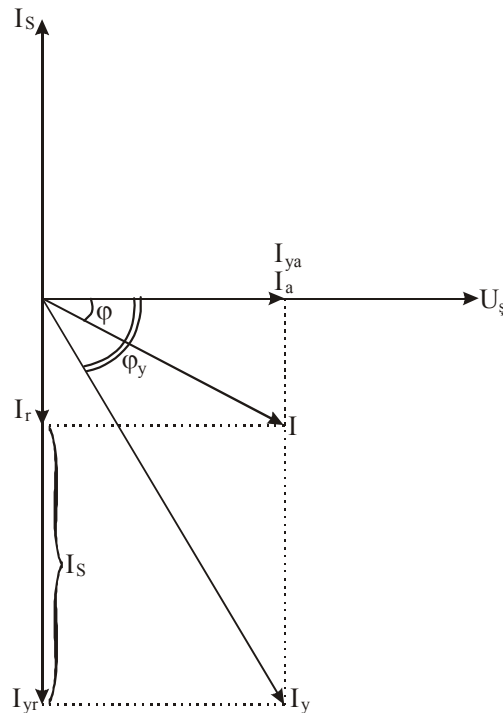
Deney No : 11

Deneyin Adı : Senkron motor ile güç katsayısının düzeltilmesi.

Teorik Bilgi

Büyük şebekelerde yük genellikle endüktiftir. Çünkü şebekeye bağlı indüksiyon motorları, indüksiyon fırınları, bir yükü besleyen transformatörler, balastlı lambalar, vs. hep endüktif akım çekerler. Bu akım, alternatörlerin gerçek güç kapasitesini küçülttüğünden iletim hatlarında büyük gerilim düşümlerine, dolayısıyla da verimin azalmasına neden olur. Güç katsayısının düzeltilmesinde kullanılan senkron motorlara senkron kompanzatör veya senkron kondansatör adı verilir.

Şekil-2 'de görülen asenkron motor endüktif, fazla uyarımlı senkron motor ise kapasitif akım çeker. Bu şekildeki çalışma sonucunda, şebekeden çekilen akımın reaktif bileşeni azalmıştır. Ancak yük sabit kalmış ve yükün güç katsayısı değişmemiştir. Şebekeden çekilen akımın reaktif bileşeni azaldığından çekilen akım küçülmüştür. Buradaki senkron motorun fazla uyarımlı olarak boşta çalıştırıldığı ve boş çalışma kayıplarının dikkate alınmadığı durumu Şekil-1' deki vektör diyagramı ile gösterebiliriz.



Şekil-1 Senkron kompanzatör vektör diyagramı.



Asenkron motorun çektiği I_y akımı, şebeke geriliminden ϕ_y açısı kadar geridedir. Bu akımın aktif bileşeni I_{ya} ve reaktif bileşeni ise I_{yr} ile gösterilmiştir. Bu şebekeye aşırı uyartımlı bir senkron motor bağlanarak boşta çalıştırıldığında, şebekeden I_s akımını çeker. Görüldüğü gibi senkron motorun çektiği akım, U_s şebeke geriliminden 90° ileride kapasitif bir akımdır. Asenkron motorun çektiği akımın reaktif bileşeni I_{yr} akımı ile I_s senkron motor akımı arasında 180° faz farkı bulunduğundan, şebekeden çekilen reaktif akım küçülmüş ve $I_r = I_{yr} - I_s$ olmuştur. Artık şebekeden 'I' akımı çekilmektedir. Önceki duruma göre, şebekeden çekilen akım küçülmüş ($I < I_y$), güç katsayısı büyümüş ($\cos\phi > \cos\phi_y$) ve aradaki açı küçülmüştür ($\phi < \phi_y$). Ama akımın yada gücün aktif bileşenlerinde herhangi bir değişiklik olmamıştır.

Senkron motorla sistemin güç katsayısı düzeltilirken aynı zamanda milinden mekanik enerji de alınabilir.



Deneyde Kullanılan Aletler

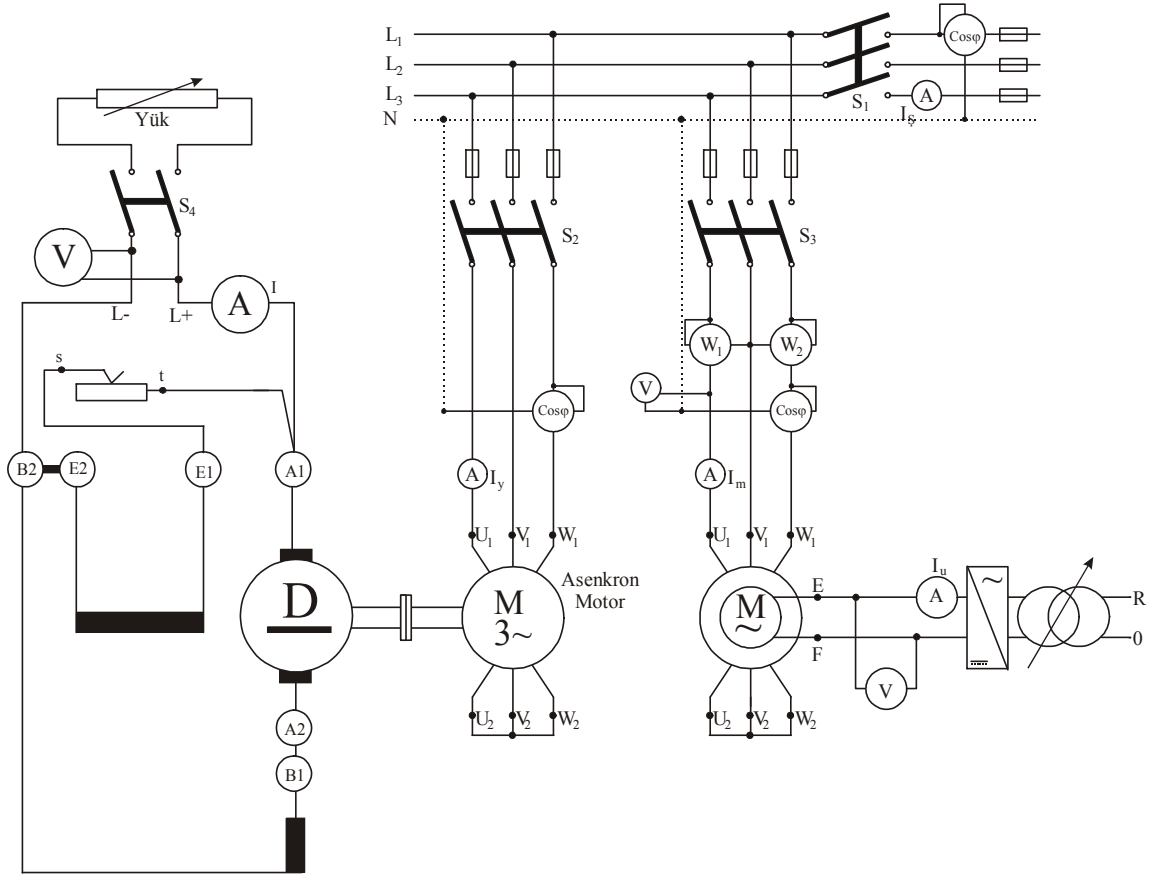
Sıra No	Lab.No	Aletin Cinsi	Özelliği	Ölçme Alanı
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				



Deneyde Alınan Değerler

Gözlem No	Yük Durumu	ΣP_m (W.)	I_u (A.)	I_m (A.)	I_y (A.)	I_s (A.)	$\cos\phi_m$	$\cos\phi_y$	$\cos\phi_s$
1	Asenkron motor boşta								
2									
3									
4									
5									
6									
1	Asenkron motor yüklü								
2									
3									
4									
5									
6									
1	Asenkron motor devre dışı								
2									
3									
4									
5									
6									
7									

Bağlantı Şeması



Şekil-2 Senkron kompanzator deneyi için gerekli bağlantı şeması.

İşlem Basamakları

1. Şekil-2'deki devreyi uygun ölçü aletleriyle birlikte kurunuz.
2. S₁ ve S₂ şalterlerini kapatınız ve asenkron motoru boşa çalıştırınız. Bu durumda ölçü aletlerinden okunan değerleri tabloya kaydediniz.
3. S₃ şalterini kapatıp senkron motoru, asenkron motor olarak çalıştırınız.
4. Senkron motor yol aldıktan sonra uyarım akımını uygulayınız ve motorun senkron durumda çalışmasını sağlayınız.



5. Senkron motorun uyartımını arttırarak kapasitif çalışmasını sağlayınız. Bu durumda ölçü aletlerinden okunan değerleri tabloya kaydediniz.
6. Senkron motorun kapasitif çalışma esnasında uyartım akımını yavaş yavaş arttırarak her defasında ölçü aletlerinden okunan değerleri kaydediniz.
7. S₄ şalterini kapatıp asenkron motorun yükünü arttırarak deneyi tekrarlayınız.
8. Asekron motoru tamamen devre dışına alınız ve deneyi tekrarlayınız.

Sorular ve Yanıtlar

1. Güç katsayısının düzeltilmesinin şebeke ve abone yönünden ne gibi faydaları vardır?

2. Asenkron motorun boş ve yüklü durumunda sistemin vektör diyagramını akımlara göre çiziniz.



3. Asenkron motor yüklü iken şebekenin güç katsayısı $\text{Cos}\phi=1$ yapılabilir mi? Açıklayınız.
4. 10 Amper akımlı 0,5 geri güç katsayılı bir yük devresie fazla uyartımlı 0,5 ileri güç katsayılı bir senkron motor bağlanmıştır. Senkron motor şebekeden 4 Amper çekmektedir. Şebekeden çekilen toplam akım ve sistemin güç katsayısı ne olur?



Deney No : 12

Deneyin Adı : Alternatör veriminin bulunması.

Teorik Bilgi

Alternatörlerin kayıpları çeşitli yöntemlerle bulunur. Bunlar:

1. Direkt metot.
2. Ters yükleme metodu.
3. Kayıpların hesaplanarak bulunması.

Direkt Metot

Bu metotta alternatör anma yüküne kadar yüklenir. Alternatöre verilen ve alternatörden alınan güçler ölçülerek verim;

$$\eta = \frac{\text{Alınan Güç}}{\text{Verilen Güç}}$$

Ancak büyük güçlü alternatörü anma yüküne kadar yüklemek zordur. Bu nedenle bu metot çok kullanılmaz.

Ters Yükleme Metodu

Bu metot için birbirlerine mekaniksel veya elektriksel olarak bağlı iki adet eş alternatöre ihtiyaç vardır. Bu nedenle kullanışlı değildir.

Kayıpların Hesaplanarak Bulunması

Verimin bulunması için en kullanışlı olan metottur. Bu metot ile kayıpların bazılarının tam olarak bulunamamasına rağmen yeterli bir doğruluk elde edilebilir. Ayrıca diğerler metotlardan daha pratik olduğundan deneyi bu metotla yapacağız.

Alternatörlerde kayıplar iki türlü incelenir. Bunlar:

- Boş çalışmadaki kayıplar.
- Yüklü çalışmadaki kayıplar.

Boş Çalışmadaki Kayıplar

Alternatörün uyarıtımı yapılmış olarak boş çalışırken meydana gelen kayıplardır. Bu kayıplara sabit kayıplar da denir. Mekanik kayıplar, demir kayıpları ve uyarıtım kayıplarından oluşmaktadır.

a.) Mekanik Kayıplar

Bunlar yatak ve fırçaların sürtünmesi ile vantilasyon ve hava sürtünmesi kayıplardır. Büyük çevresel hızlı alternatörlerde (örneğin turbo alternatörler) hava sürtünmesi kayıpları oldukça büyüktür. Sürtünme ve vantilasyon kayıpları devir sayısı ile değişmez. Yataklardaki yağlama durumu ile yatak sıcaklığı bu kayıplara etki eden faktörlerdir. Hava sürtünme kayıpları yaklaşık olarak;

$$P_{HAVA} = K \cdot \omega \cdot S_r \cdot 10^{-3} \quad \text{formülü ile bulunabilir.}$$

S_r : Rotorun yüzeyi (m)

ω : Çevresel hız (m/sn)

K : 3 ila 4,5 arası bir katsayı olup hava aralığının büyümesi ile artar.

b.) Demir Kayıpları

Bunlar endüvi oluk kaybı, oluk dişi yüzeyi kaybı ile kutup yüzeylerindeki histerizis ve fuko kayıplarından meydana gelir. Kutup yüzeylerindeki kayıplar çoğu zaman dikkate alınmaz.

Demir kayıpları yükte değişmez. Yalnızca uyarıtım akımları ile değişir.

$$P_{histerizis} = \sigma_h \cdot \left(\frac{f}{100} \right) \cdot \left(\frac{B}{1000} \right)^{1,6} \cdot V \quad \text{formülü ile bulunur.}$$

f : Frekans (Hz)

B: Alan şiddeti (Gaus)

σ_h : Histerizis kaybı katsayısı (1-2 arasında alınır.)

V: Endüvi saç paketleri hacmi (dm³)

Fuko kayıpları ise;

$$P_{\text{histerezis}} = \sigma_f \cdot \left(\frac{f}{100} \right) \cdot \left(\frac{B}{1000} \right)^2 \cdot d^2 \cdot V \quad \text{formülü ile bulunur.}$$

d : Endüvi saç paketleri uzunluğu (mm)

σ_f : Fuko kaybı katsayısı (4-8 arasında alınır.)

Her iki kayıp toplamı demir kaybını oluşturur.

c.) Uyartım Kayıpları

Alternatör kutuplarını uyartmak için verilen doğru akımın alternatör kutup sargılarında meydana getirdiği $I^2 \cdot R_u$ şeklindeki bakır kaybıdır. Fırçalarda meydana gelen kayıplarda bu kayıplara eklenir. Bu kayıplar güç ve güç katsayısı değişmedikçe değişmeyeceğinden sabit olarak alınır.

Yüklü Çalışmadaki Kayıplar

Alternatörün yüklü çalışmasında meydana gelen kayıplarıdır. Bu kayıplar endüvi bakır kaybı ve ek kayıplardan oluşmaktadır.

a.) Endüvi Bakır Kaybı

Alternatörün endüvi sargılarından geçen yük akımı bu sargıların R direncinden dolayı bir güç kaybına neden olur. Bu kayıp ısı, joule veya bakır kaybı olarak da adlandırılır.

$$P_{Cu} = I_y^2 \cdot R_e$$

R_e : Sargıların 75°C'deki etkin direncidir.

b.) Ek Kayıplar

Bu kayıplar genellikle yaklaşık olarak hesaplanan kayıplardır. Endüvi sargılarında, endüvi dış gövdesinde ve endüvi oluklarında meydana gelen fuko ve



histerizis kayıpları, ek kayıpları oluşturur. Bu kayıplar genellikle endüvi etkin direncine katıldığından ayrıca hesaplanmaz.

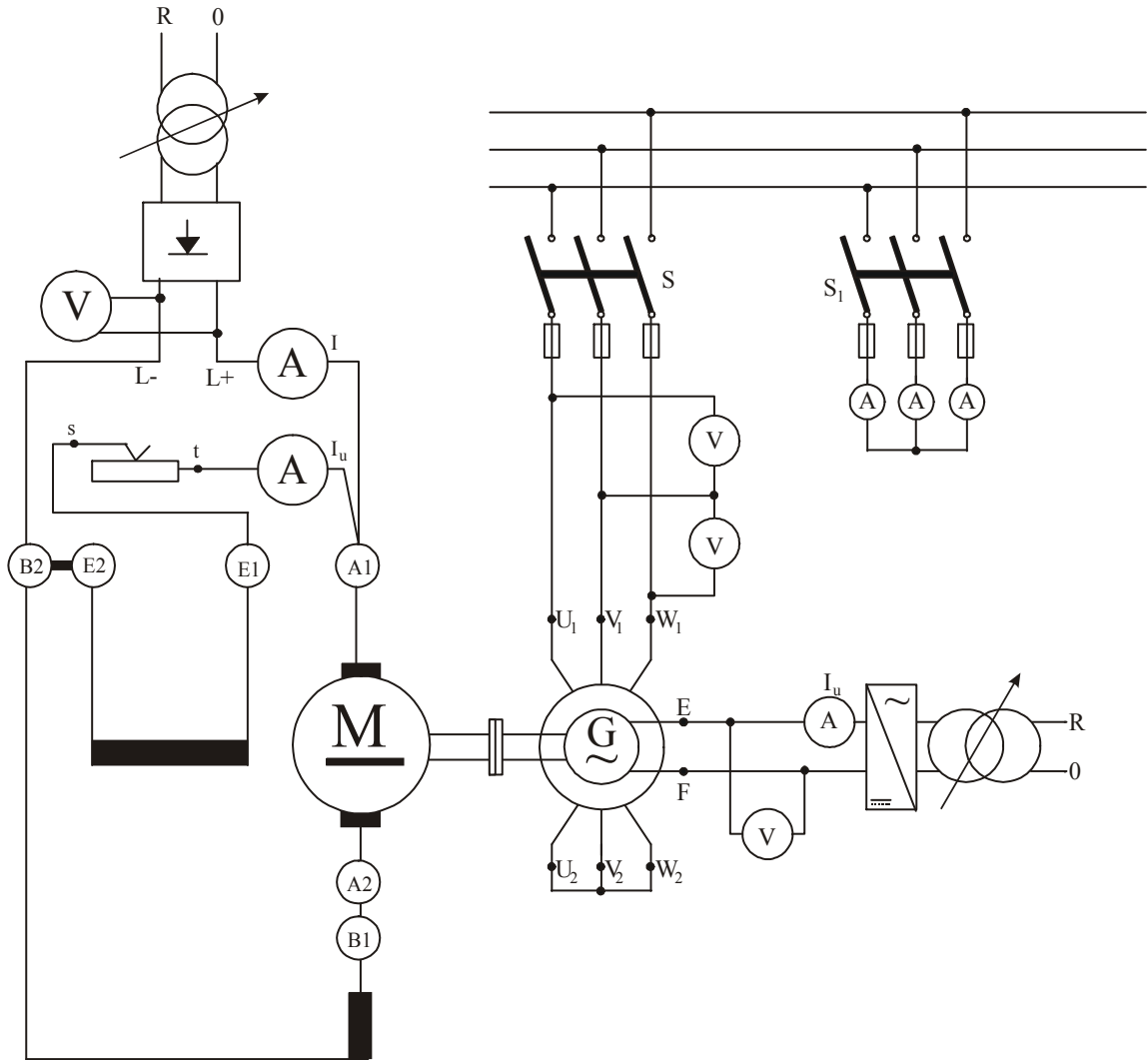
Deneyde Kullanılan Aletler

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

Deneyde Alınan Değerler

Gözlem No	Çalışma Şekli	I_u (A.)	R_u (Ω)	P_u (W)	R_e (Ω)	I (A.)	P_{kd} (W)	$P_{giriş}$ (W)	$\Sigma P_{kayıp}$ (W)	Verim
1	Boşta Çalışma									
2										
3										
4										
5										
6										
1	Kısa Devre Çalışma									
2										
3										
4										
5										
6										

Bağlantı Şeması



Şekil-1 Alternatör kayıplarının bulunmasını sağlayan deney bağlantı şeması.

İşlem Basamakları

Boş Çalışmadaki Kayıpların Bulunması

1. Şekil-1'deki bağlantıyı uygun ölçü aletleri ile birlikte düzenleyiniz.

2. Alternatörü, verimi veya kayıpları bilinen bir doğru akım motoru ile senkron hızında ve boşa döndürünüz. Devir sayısını deney boyunca sabit tutunuz.
3. Uyarım akımını sıfırdan başlayarak anma değerinin % 120'sine kadar arttırınız. Her kademedede, doğru akım motorundan alternatöre verilen gücü okuyup tabloya kaydediniz.
4. Uyarım akımını sıfır yapınız. Bu durumda doğru akım motorundan alternatöre verilen gücü okuyunuz.
5. Uyarım akımı değerlerini yatay, alternatöre verilen güç değerlerini düşey ekseninde göstererek $P_{boş} = f(I_u)$ eğrisini çiziniz.

$$P_{boş} = P_{demir} + P_{sürt.}$$

Not: Uyarım akımı kesildiğinde, alternatöre verilen güç mekanik kayıpların değerini gösterir.

Yükteki Kayıpların Bulunması

1. Şekil-1'deki bağlantıyı uygun ölçü aletleri ile birlikte düzenleyiniz.
2. Alternatörü verimi veya kayıpları bilinen bir doğru akım motoru ile senkron hızında ve boşa döndürünüz. Devir sayısını deney boyunca sabit tutunuz.
3. S ve S1 şalterlerini kapatarak alternatör uçlarını kısa devre ediniz. Uyarım akımını yavaş yavaş arttırınız. Arttırma işlemine alternatörden nominal yük akımının % 150'si geçinceye kadar devam ediniz.
4. Her durumda doğru akım motorundan alternatöre verilen güçleri hesaplayıp tabloya kaydediniz.
5. Uyarım akımlarını yatay, kısa devre güçlerini düşey ekseninde göstererek $P_{kd} = f(I_u)$ eğrisini çiziniz. $P_{kd} = P_{cu} + P_{ek}$, $P_{cu} = I_y^2 \cdot R_e$

$$R_e = \text{Endüvi etkin direnci}$$

Tam yükteki kayıplar; yüke ait uyarım akımı yatay ekseninde işaretlenerek bulunabilir.



6. $I_u=0$ iken alternatöre verilen gücü P_{kd} ekseninde gösteriniz. Bu noktadan yataya paralel çizerek mekanik kayıpları bulunuz.

7. Alternatörün uyartım kayıplarını $P_u=I_u^2 \cdot R_u$ formülü ile bulunuz.

8. Alternatörün verimini, $\eta = \frac{P_{verilen} - P_{kayıplar}}{P_{verilen}}$ ifadesine göre bulunuz.

$P_{kayıplar}=P_{cu} + P_{ek} + P_{demir} + P_{mek} + P_u$ şeklindedir

Sorular ve Yanıtlar

1. Alternatörlerin kayıpları nelerdir ? Hangileri deney yoluyla, hangileri hesap yoluyla bulunabilir ?

2. Alternatör kayıplarını hesaplamada kullanılan formülleri yazınız.

3. Alternatörün verimi ne zaman en büyüktür ?



4. Feko ve histerizis kayıpları ne ile değişir ?
5. Bir alternatörün soğutulması verimine nasıl etki eder ?
6. Sürtünme kayıplarının değişmesinin sebepleri nelerdir?
7. 545 kVA, 3150V, 50Hz, 3 fazlı, yıldız bağlı bir alternatörün etkin faz direnci $R_e=0.5\Omega$ ve güç katsayısı $\cos\phi=0.8$ geridir. Bu alternatörün sürtünme ve vantilasyon (mekanik) kayıpları 5kW, demir kaybı 10kW'dır. Kutupları tam yükte 120V, 50A ile uyarılan bu alternatörün verimini bulunuz.