

1.1. Devir Sayısı Ölçme ve Takometre Çeşitleri

Döner makinelerin devir sayısını ölçmede kullanılan ağıtlara takometre (turmetre) denir. Sanıldığığının aksine hızı ölçmez, dakikadaki devir (tur) sayısını ölçer. Makine miline değerek devir sayısı ölçen turmetreler yaygın olarak kullanılan devir ölçme ağıtıdır. Genel olarak takometreler analog ve dijital olarak ikiye ayrılır.

Takometreler konusunda ayrıntılı bilgi Fiziksel Büyüklüklerin Ölçülmesi modülünde verilmiştir. Gerekirse tekrar inceleyerek bilgilerinizi tazeleyiniz.

1.1.1. Analog Takometreler

Aletin uç kısmında bulunan parça plastikten yapılmış olup devir sayısı ölçülecek makinenin miline değdirilir. Bu tip takometrelerin el tipi olduğu gibi, devri ölçülecek makinenin miline montajı yapılanlar da vardır. Analog takometrelere, arabalardaki devir ölçerler ile bisikletlerde kullanılan hız göstergelerini örnek olarak gösterebiliriz. Resim 1.1'de dokunmalı tip, dijital yapıli turmetre örneğı görölmektedir.

1.1.2. Dijital Takometreler

Elektro-optik takometrelerdir. Elektro optik bir algılayıcıdan bir ışık huzmesi gönderilir. Döner cismin üzerindeki bir noktadan periyodik olarak geri döner ışık toplanır. Bu yansıma elektronik devre tarafından algılanır. Bu ışığın periyodu döner cismin periyodu ile aynıdır. Frekansı gerilime çeviren devre sayesinde devir sayısı ölçölmüş olur. Resim 1.2'de optik tip, dijital yapıli turmetre örneğı görölmektedir.



Resim 1.1: Dokunmalı tip, dijital yapıli turmetre



Resim 1.2: Optik tip dijital yapıli turmetre



Resim 1.3: Çeşitli takometre örnekleri

1.2. Devir Sayısını Değiştirme Yöntemleri

Asenkron motorların endüstride kullanılan diğer elektrik motorlarına göre birçok üstünlüğünün olması yanında devir sayısının ayarı birkaç kademeli ve küçük sınırlar içinde olması gibi dezavantajları da vardır.

$$\text{Asenkron motorlarda döner alanın devir sayısı } n_s = \frac{60 \cdot f}{P} \text{ d / dk. veya } n_s = \frac{120 \cdot f}{2P} \text{ d /}$$

dk., rotor devir sayısında $n_r = \frac{60 \cdot f}{P} (1 - s) \text{ d / dk.}$ formülleri ile bulunur.

Formülde:

f: Şebeke frekansı (ülkemizde 50 hz.dir)

2p: Kutup sayısı

p: Çift kutup sayısı

n_s : Asenkron hız veya döner alan hızı (d/dk..)

n_r : Rotor hızı veya milin devir sayısı (d/dk..)

s: Kayma senkron hız ile rotor hızı arasındaki fark

Yukarıdaki formüller incelendiğinde asenkron motorun devir sayısının şebeke frekansına, kutup sayısına ve kaymaya bağlı olduğu görülür.

Şu hâlde asenkron motorun devir sayısını değiştirebilmek için stator sargılarının kutup sayısını ve şebeke frekansın değiştirmemiz gerekir.

Buna göre asenkron motorlarda devir ayarı aşağıdaki yöntemlerle yapılır.

- **Kutup sayısını değiştirerek devir sayısı ayarı:**
 - Statora iki ayrı kutup sayılı sargı yerleştirerek devir ayarı
 - Statora bir sargı yerleştirerek (Dahlender sargılı-PAM sargılı) devir ayarı
- Şebeke frekansın değiştirerek devir ayarı
- Dişli sistemleri (redüktör) kullanarak devir ayarı

1.2.1. Kutup Sayısını Değiştirerek Devir Ayarı

Devir sayısı formülüne göre $n_s = \frac{60 \cdot f}{P}$ d / dk. veya $n_s = \frac{120 \cdot f}{2P}$ d / dk. frekans sabit

kalmak şartı ile kutup sayısı artırılırsa devir sayısı düşer. Yani kutup sayısı ile devir sayısı ters orantılıdır.

Buna göre asenkron motorun devri, statoruna sarılan sargıların kutup sayısını değiştirerek yapılır. Aşağıdaki çizelgede değişik kutup sayılarındaki ve frekanstaki asenkron motorun devir sayıları gösterilmiştir.

Kutup Sayısı $2p$	Şebeke Frekansı	
	50 Hz	60 Hz
2	3000	3600
4	1500	1800
6	1000	1200
8	750	900
10	600	720
12	500	600

Çizelge 1.1: 50 ve 60 Hz şebekeler için çok kullanılan kutup sayılarındaki senkron hız değerleri

Kutup sayısını değiştirebilmek için asenkron motorun statoruna ya farklı kutup sayılı iki ayrı sargı sarılır veya tek sargı sarılarak aynı sargıda yapılan farklı kutup sayılı (dahlender bağlantı) bağlantıdan elde edilir.

Buna göre iki devirli motorları iki grupta düşünebiliriz.

1.2.1.1. Farklı Kutup Sayılı İki Sargısı Bulunanlar

Aynı stator oluklarına, birbirinden bağımsız, farklı kutup sayılı iki ayrı sargı sarılırsa iki sargı iki devirli motor yapılmış olur. Bu sargıların birbirleri ile hiçbir elektriki bağlantısı yoktur. Böyle bir motorda, hangi sargıya üç fazlı gerilim uygulanırsa o sargıya ait kutup sayısına uygun devir hızı elde edilir. Bu tip sarımlarda, sargının yıldız (Y) veya üçgen (Δ) bağlantısı, stator içinde yapılır. Klemens tablosuna, her sargıya ait üçer uç çıkarılır. Örneğın 6/4 kutuplu iki sargılı iki devirli motor için 6 kutuplu sargı uçları 6U-6V-6W, 4 kutuplu uçları 4U-4V-4W gibidir.

İki sargılı iki devirli motorlar ekonomik değildir. Çünkü bir sargı için düşünülmüş stator oluklarına iki ayrı sargı yerleştirilmektedir. Dolayısıyla bir sargılı iki devirli motorlara göre daha küçük güç elde edilir. Başka bir deyişle, bir sargılı iki devirli motorlardan, iki ayrı sargılı iki devirli motorlara göre daha büyük güç alınır.

Ekonomik olmayışlarından iki sargılı iki devirli motorların üretimleri sınırlıdır. Birbirinin katı olmayan kutup sayıları için tasarım ve bağlantıları kolay olduğundan uygulanır. Resim 1.4'te farklı kutup sayılı iki sargısı bulunan asenkron motorun etiketi görülmektedir. Etiketle dikkat edilirse devir sayısı için iki değişik değer vardır. Aralarında da herhangi bir oran yoktur.



Resim 1.4: Farklı kutup sayılı iki sargısı bulunan asenkron motorun etiket değerleri

1.2.1.2. Tek Sargılı İki Devirli Motorlar

➤ Dahlender sargılı motorlar

Tasarımı ve bağlantıları kolaydır. Ancak bu bağlantı türünde kutup sayıları oranı $\frac{1}{2}$ 'dir. Yani 4/2 kutuplu veya 8/4 kutuplu gibi... Çizege 1.2'de Dahlender sargılı motorun kutup sayıları ve bu kutup sayılarındaki devirleri verilmiştir.

Devir Sayısı (n)	Kutup Sayısı (2P)
3000 / 1500 d/dk.	2 / 4
1500 / 750 d/dk.	4 / 8
1000 / 500 d/dk.	6 / 12
750 / 375 d/dk.	8 / 16

Çizelge 1.2: Dahlander sargılı motorun kutup sayılarına göre devirleri

Eğer bir sargıdan birbirinin katı iki değişik kutup sayısı elde edilecek bir bağlantı yapılmışsa bu bağlantıya “Dahlander bağlantı” ve bu tip motorlara da “Dahlander motorlar” denir. Dahlander bağlantıda sargı, küçük devir sayısı için yani büyük kutup sayısına göre tasarlanır. Her faz sargısının orta uçları bulunur. Faz sargıları giriş uçları 1U-1V-1W, orta uçlar 2U-2V-2W ile işaretlenir. Klemens tablosuna bu 6 uç çıkarılır.



Resim 1.5: İki devirli dahlander motor etiketleri

➤ PAM sargılı motorlar

Dahlander sargının özel bir tipidir. Tasarımı sargının sarılması daha zordur. Dahlander sargıda hız oranı 1 / 2 iken, PAM sargıda birbirinin katı olmayan ve ardışık hızlı 2 hatta 3 hızlı olabilir. Örneğin 6/4, 8/6, 10/8 kutuplu gibi... PAM sargılı motorlarda kafes rotorlar kullanılır.

PAM sargıda, stator faz sargılarının bir yarısında akım yönleri değiştirilerek kutup sayısı değiştirilir. PAM sözcüğü, pole-amplitude-modulation (kutup geneliği modilasyonu) sözcüklerinin ilk harflerinden gelmektedir.

Pam sargıda, sargının tasarımı büyük kutup sayısına göre yapılır. Ancak sargının bağlantısı değiştirilerek istenen küçük kutup sayısı da elde edilir. Tasarımı zor olmasına karşın ayrı sarılı çok devirli motorlara göre bir sargıdan daha büyük güç elde edilebildiğinden tercih edilmesi gereken sargı örneğidir.

Bu yöntemin sargı şekilleri, Çift Devirli Asenkron Motorun Bağlantı Şekilleri konu başlığı altında incelenecektir.

1.2.2. Frekansı Değiştirerek Devir Ayarı

Asenkron motorun stator sargılarına tek kutup sayılı sargı yerleştiriliyor. Tek bir sargı sarılarak kutup sayısı sabitlenmiş oluyor.

Bu durumda devir sayısı formülüne $n_s = \frac{120 \cdot f}{2P}$ d / dk. göre motor sargılarına uygulanan AC gerilimin frekansı artırıldığında motorun hızı artar. Frekans azaltıldığında motorun hızı da azalır. Yani asenkron motorun hızı şebeke frekansı ile doğru orantılıdır.

Günümüzde elektronik frekans değiştiricilerde (konvertisör) asenkron motorların devir ayarı geniş sınırlar içinde yapılabilmektedir.

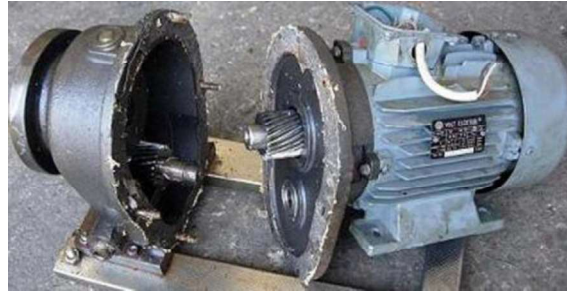
Frekans değiştirici devresiyle hız kontrolü yöntemi son derece yararlı ve otomasyonu kolaylaştırıcı niteliktedir.

Bu konuyla ilgili daha ayrıntılı bilgi Öğrenme Faaliyeti-2'de incelenecektir.

1.2.3. Dişli Sistem (Redüktör) Kullanarak Devir Ayarı

Asenkron motorun miline bağlanan dişli sistemli redüktör ile motorun devri istenen sayıya indirilebilmektedir.

Devir sayısı düştükçe motorun momenti artar.



Resim 1.6: Redüktörlü motor resimleri

1.3. Çift Devirli Asenkron Motorun Tanım ve Kullanım Alanları

Asenkron motorun statoruna iki veya tek sargı sarılarak rotorundan 2 veya 3-4 değişik devir elde edilebilen motorlara denir.

İki değişik devir için motor klemensine altı (6) uç çıkarılır. Teorik olarak üç değişik devir için motorun statoruna farklı kutup sayılı iki ayrı sargı sarılır. Sargılardan biri Dahlander bağlantılı yapılıdır. Klemens kutusuna ise dokuz (9) uç çıkarılır. Dört değişik devir için yine statora farklı kutup sayılı, Dahlander bağlantılı iki sargı sarılır. Klemens kutusuna on iki (12) uç çıkarılır. Bu tip sarımlarda, klemens kutusunda fazla uç olması, karışıklığa ve kumanda etme güçlüğüne neden olduğundan kullanılmaz.

Çift devirli asenkron motorların endüstride pek çok kullanım alanı mevcuttur. Genel olarak tek devirli asenkron motorun kullanıldığı her yerde kullanılabilir. Özellikle farklı birkaç devir gerekli olan yerler için kullanılır.

Sanayinin her kolunda yerini almıştır. Pistonlu pompalarda, kompresörlerde, bant konveyörlerinde, vantilatörlerde, körüklerde, santrifüj pompalarında, torna, freze, matkap tezgâhlarında, aspiratörlerde, ağaç işleri makinelerinde, tekstil endüstrisinde, matbaa makinelerinde çok devirli asenkron motorlar için geniş bir uygulama sahası vardır.

1.4. Çift Devirli Asenkron Motorun Çalışma Prensipleri

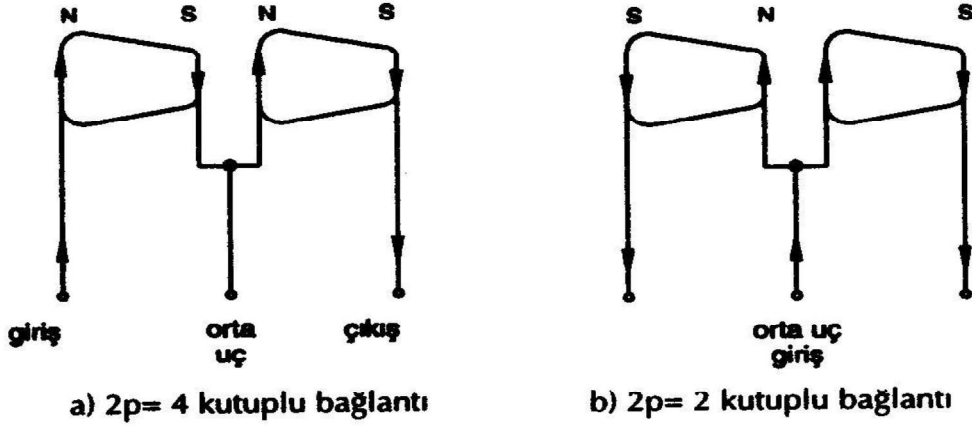
Daha önceki modüllerde asenkron motorların çalışma prensipleri detaylı olarak incelenmişti. Çift devirli asenkron motorlar, yapı ve çalışma özelliği bakımından tek devirli asenkron motorlarla aynıdır. Sadece tek devirli asenkron motorların statorunda tek kutup sayılı bir sargı varken çift devirli asenkron motorların statorunda ise farklı kutup sayılı iki veya tek sargı bulunur.

Sonuç itibarı ile her iki motorun statorunda 3 faz sargısı bulunur ve aralarında 120°'şer derecelik açı olan döner alan oluşturur. Bu döner alanların etkisi ile rotor dönmesini sürdürür. Düşük devirde çalışırken büyük kutup sayılı sargının oluşturduğu manyetik alan rotoru yavaş döndürür. Yüksek devirde çalışırken de küçük kutup sayılı sargının manyetik alanıyla rotor hızlı döndürür.

1.5. Çift Devirli Asenkron Motorun Bağlantı Şekilleri

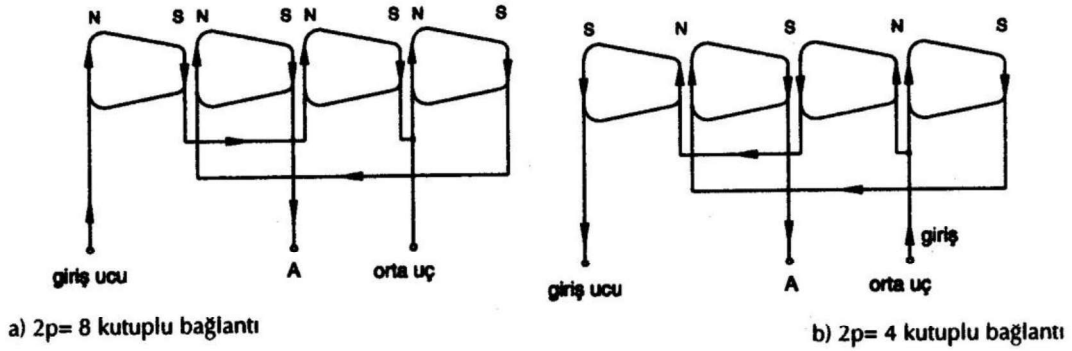
Çift devirli asenkron motorların bağlantı şekillerine geçmeden önce stator sargılarının motor içinde nasıl bir sarım yapıldığı konusunda bilgi sahibi olacaksınız.

4/2 kutuplu Dahlander bağlantıda; her fazın 2 bobin grubu vardır. Şekil 1.1.a'da faz gruplarının 4 kutuplu bağlantısı, Şekil 1.1.b'de 2 kutuplu bağlantısı gösterilmiştir.



Şekil 1.1: 4/2 kutuplu Dahlander bağlantının 1 faz grubu bağlantısı

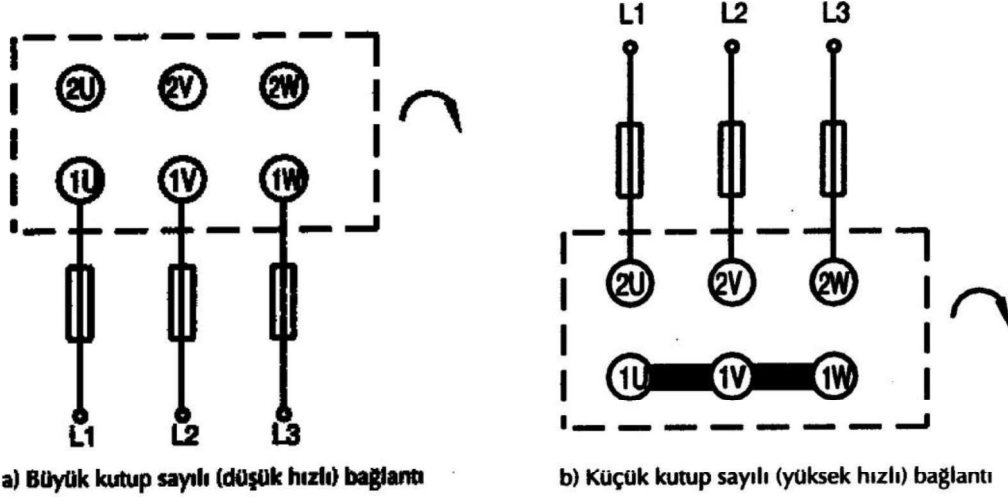
8/4 kutuplu Dahlander bağlantıda, her fazın 4 bobin grubu vardır. Şekil 1.2’de 8 ve 4 kutuplu bağlantılar gösterilmiştir.



Şekil 1.2: 8/4 kutuplu Dahlander bağlantının bir faz grubu bağlantısı

Faz grupları giriş uçları, 1U-1V-1W ile orta uçlar 2U-2V-2W ile işaretlenir. Her faz grubundaki üçüncü uçlar (A uçları), stator içinde yıldız veya üçgen bağlantıda kullanılır. Bu bağlantı şekillerini ayrı ayrı göreceksiniz.

Dahlander bağlantılı sargıların uçları, klemens tablosunda Şekil 1.3’teki gibi bağlanır.



Şekil 1.3: Dahlander bağlantıda klemens tablosu ve iki değişik hızlı bağlantı

Dahlander bağlantıda, Şekil 1.3'teki gibi motorun her iki hızdaki dönüş yönü aynı olmalıdır. Aynı dönüş yönünü elde edebilmek ve klemens tablosunda 2U-2V-2W uçlarını aynı sırada bağlayabilmek için faz grupları orta uçları işaretlerinde, iki fazda değişiklik yapılmalıdır. Örneğin, 1U birinci fazın orta ucu 2U yerine 2W, 1 W üçüncü fazın orta ucu 2W yerine 2U gibi...

Dahlander sargılı motorlar, tam kalıp sargılıdır. Yarım kalıp sargılı uygulamada, küçük kutup sayılı (yüksek hızlı) çalışmada, kuvvetli harmonikler meydana gelmekte ve bu kuvvetli harmonikler, motorun yol almasına kötü etki yapmaktadır. Onun için yarım kalıp sargı uygulaması kullanılmamaktadır.

Volt elektrik dahlander sargılı motorlar, tam kalıp sargılıdır. Motorlar 4/2 veya 8/4 kutupludur. Faz sargıları stator içinde üçgen (Δ) bağlıdır.

Dahlander sargılı motorlar güç ve momente göre değişik şekillerde yapılırlar. Bu motorların stator sargı (çıkış) uçları, motor içinde üçgen (Δ) veya yıldız (Y) bağlanır. Klemens tablosuna giriş (düşük hız $2p=4$) ve orta (yüksek hız $2p=2$) uçları çıkarılır. Motorun sabit güçlü mü? Sabit momentli mi veya değişik güç, değişik momentli mi? Bunun tespiti için klemens tablosuna bakılır. Aşağıda Dahlander motorun çeşitleri ve bağlantı tabloları verilmiştir.

➤ **Sabit güçlü iki devirli motorlar (seri üçgen - paralel yıldız bağlantılı)**

Sabit güçlü olduğundan etiketinde tek güç yazılıdır. Motor içinde üçgen (Δ) bağlıdır. Momet formülüne göre ($M=975 \cdot P/n$) hızı artarken momenti de azalır.

KUTUP(2P)	DEVİR (n)	ŞEBEKEYE	BİRBİRİNE	BAĞLANTI ŞEKLİ
4	Düşük hız	1U-1V-1W	2U-2V-2W	İkili Paralel Yıldız
2	Yüksek hız	2U-2V-2W	-----	Seri Üçgen

Çizelge 1.3: Sabit güçlü iki devirli motor klemensi bağlantı tablosu

➤ **Sabit momentli iki devirli motorlar (seri üçgen- paralel yıldız bağlantılı)**

Etiketinde iki değişik güç ve devir yazılıdır. Motor içindeki bağlantısı (Δ - YY)dır. Klemens bağlantısı sabit güçlü motorunkinin tersidir. Moment formülüne göre ($M=975 \cdot P/n$) Her iki devirde hızla birlikte gücü de artar. Bu yüzden moment sabit kalır. Resim 1.5'te sabit momentli Dahlander motor etiketleri verilmiştir.

KUTUP(2P)	DEVİR (n)	ŞEBEKEYE	BİRBİRİNE	BAĞLANTI ŞEKLİ
4	Düşük hız	1U-1V-1W	-----	Seri Üçgen
2	Yüksek hız	2U-2V-2W	1U-1V-1W	İkili Paralel Yıldız

Çizelge 1.4: Sabit momentli iki devirli motor klemensi bağlantı tablosu

➤ **Değişik güçlü değişik momentli motorlar (seri yıldız- paralel yıldız bağlantılı)**

Bu motorun stator sargı uçları, motor için yıldız (Y) bağlanır. Etiketinde iki değişik güç ve devir yazılıdır. Motor içindeki bağlantısı (Y-YY)dır. Yüksek hızda, moment ve güç yüksek; düşük hızda moment ve güç düşüktür.

KUTUP(2P)	DEVİR (n)	ŞEBEKEYE	BİRBİRİNE	BAĞLANTI ŞEKLİ
4	Düşük hız	1U-1V-1W	-----	Seri Yıldız
2	Yüksek hız	2U-2V-2W	1U-1V-1W	İkili Paralel Yıldız

Çizelge 1.5: Değişik güç ve momentli iki devirli motor klemensi bağlantı tablosu

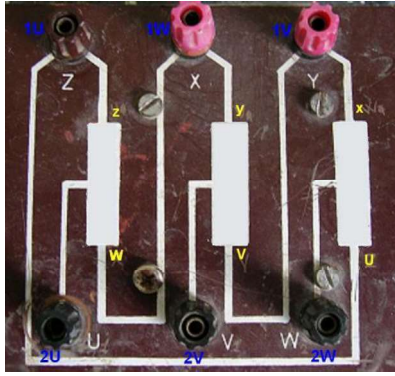
1.5.1. Seri Üçgen Paralel Yıldız (Δ - YY) Bağlantı

Dahlander sargılı motorlarda en çok uygulanan bağlantıdır. Her iki hızda motorun gücü ve akımı değişir. Yüksek hızda gücü büyüktür. Bu motorlar sabit momentli motorlardır.

Moment formülüne göre ($M=975 \cdot P/n$) moment sabit, düşük hızda güç de düşük olmalıdır. Güç düşükse akım da küçük demektir. Buna uygun bağlantı, seri üçgen bağlamadır. Faz bobinleri seri bağlı olduğundan faz direnci büyür. Dolayısıyla faz akımı da azalır.

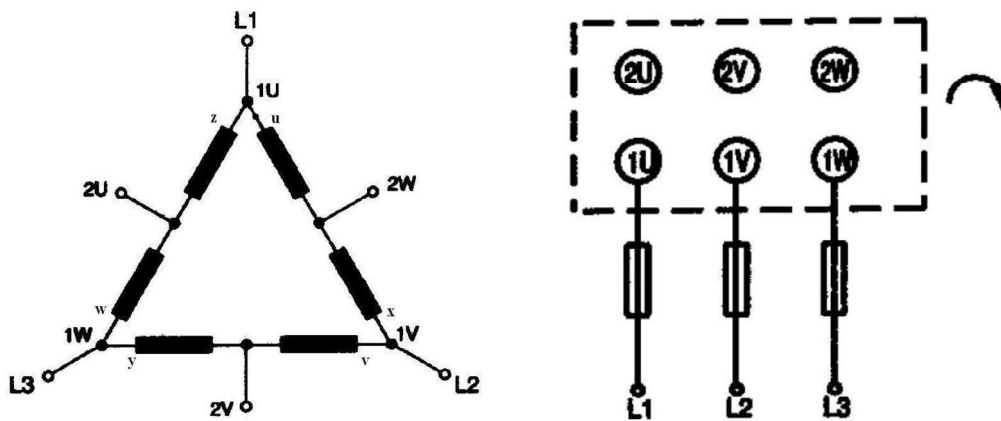
Yüksek hızda ise motorun da gücü artar. Gücü artırabilmek için faz akımını artırmak dolayısıyla faz direncini azaltmak gerekir. Buna uygun bağlama paralel yıldız bağlamadır.

Bu tip bağlantıda sargı çıkış uçları motor içinde üçgen (Δ) bağlanır. Giriş uçları (1U-1V-1W) ve orta uçlar (2U-2V-2W) klemens tablosuna çıkarılır. Faz sargıları giriş uçlarına (1U-1V-1W), üç fazlı gerilim uygulandığında, sargılar seri üçgen bağlanır ve büyük kutup sayısı ile düşük hız elde edilir. 1U-1V-1W uçları köprü edilerek faz sargıları orta uçlarına (2U-2V-2W) üç fazlı gerilim uygulandığında sargılar paralel yıldız bağlanır ve küçük kutup sayısı ile motor, yüksek hızda döner.



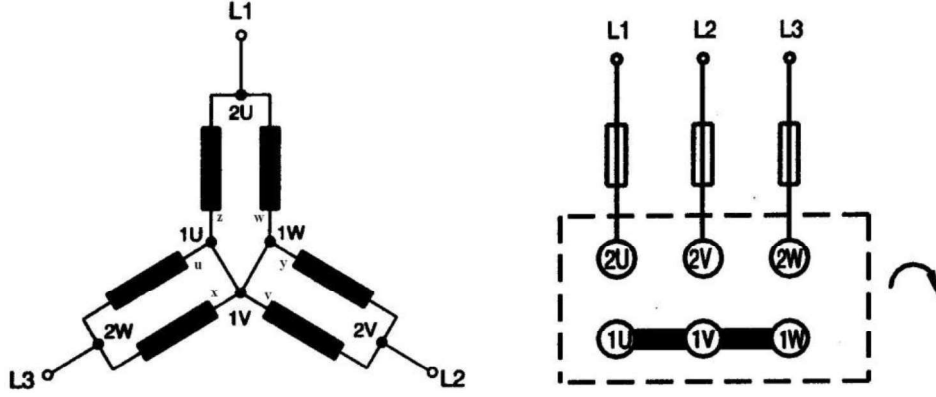
GAMAK		ASM9868-4	
3 FAZ A.C. MOTOR		Nr	1789530
Δ -YY	kW 0.6	D/d	690
	kW 0.9	D/d	1358
V	380	A	2.3 - 2.7
Hz	50	cos ϕ	0.66 - 0.87
iz. Kl. B	IP 54	B3	12 - 988
TÜRK MALI			

Resim 1.7: Eğitim amaçlı kullanılan seri üçgen dahlender motor klemensi ve etiket değerleri



Şekil 1.4: 2p=4 kutuplu seri üçgen düşük devir bağlantı

Şekil 1.4'te görüldüğü gibi faz sargıları giriş uçlarına (1U-1V-1W), üç fazlı gerilim uygulandığında, sargılar seri üçgen bağlanır ve büyük kutup sayısı ($2P=4$) ile düşük hız elde edilir. Orta uçlar (2U-2V-2W) boş bırakılır.



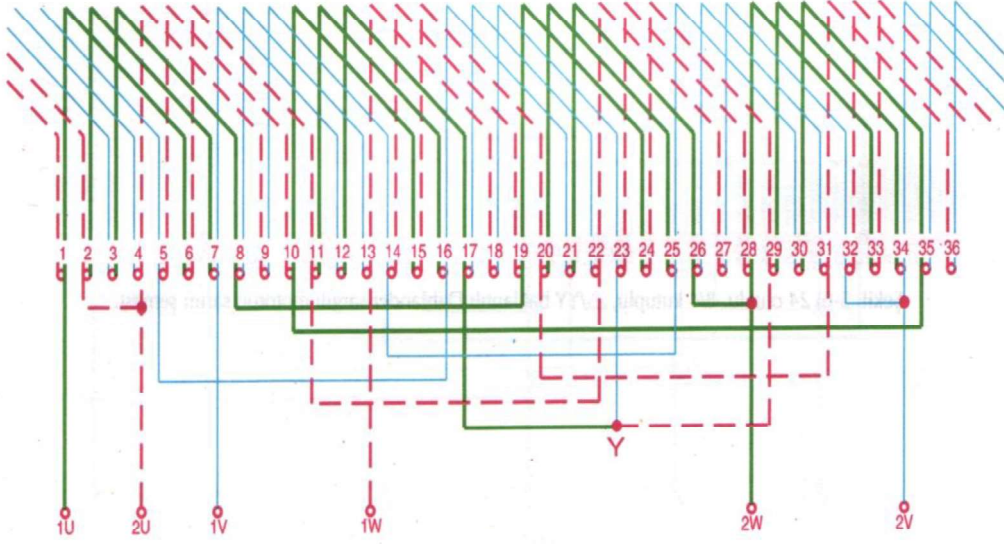
Şekil 1.5: $2p=2$ kutuplu paralel yıldız, yüksek hızlı bağlantı

Şekil 1.5'te görüldüğü gibi, 1U-1V-1W uçları köprü edilerek faz sargıları orta uçlarına (2U-2V-2W) üç fazlı gerilim uygulandığında sargılar, paralel yıldız bağlanır ve küçük kutup sayısı ($2P=2$) ile motor, yüksek hızda aynı yönde döner.

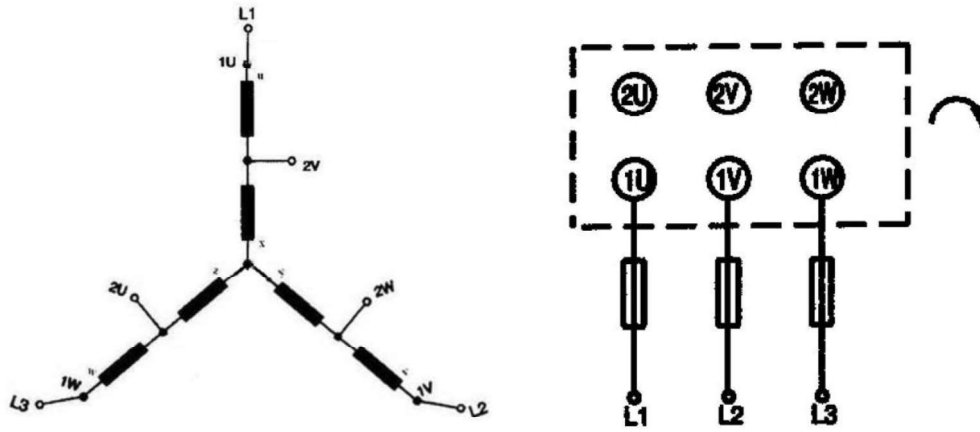
1.5.2. Seri Yıldız–Paralel Yıldız (Y–YY) Bağlantı

Dahlender sargılı motorlarda uygulanan diğer bir bağlantıdır. Stator içinde, her faz grubu bağlantısının çıkış uçları birleştirilerek yıldız (Y) bağlantı yapılır. Bu bağlantıda, motor gücü ve momentü orantılı olarak değişir. Bu motorlara değişik momentli motorlar denir.

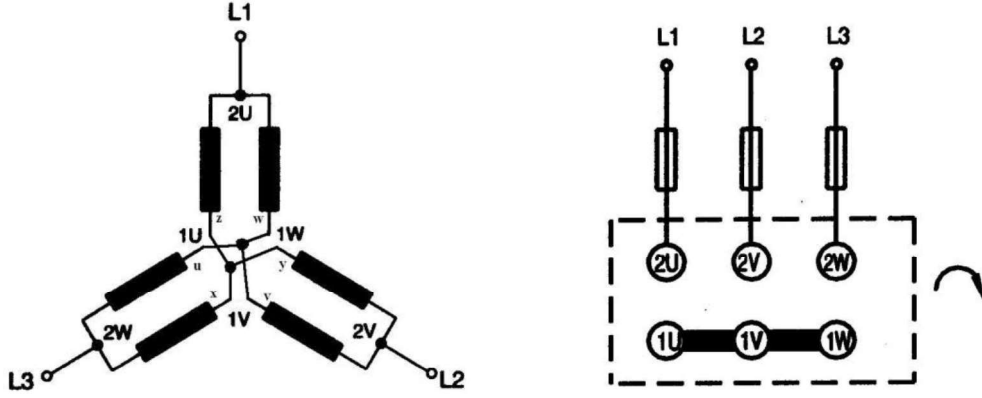
Şekil 1.6'da 36 oluklu stator sargısı 8 / 4 kutuplu, Y / YY bağlantılı Dahlender motorun sarım şeması ve Şekil 1.7 ve Şekil 1.8'de klemens bağlantıları gösterilmiştir.



Şekil 1.6: 36 oluklu stator sargısı 8/4 kutuplu, Y/YY bağlantılı dahli motorun sarımı



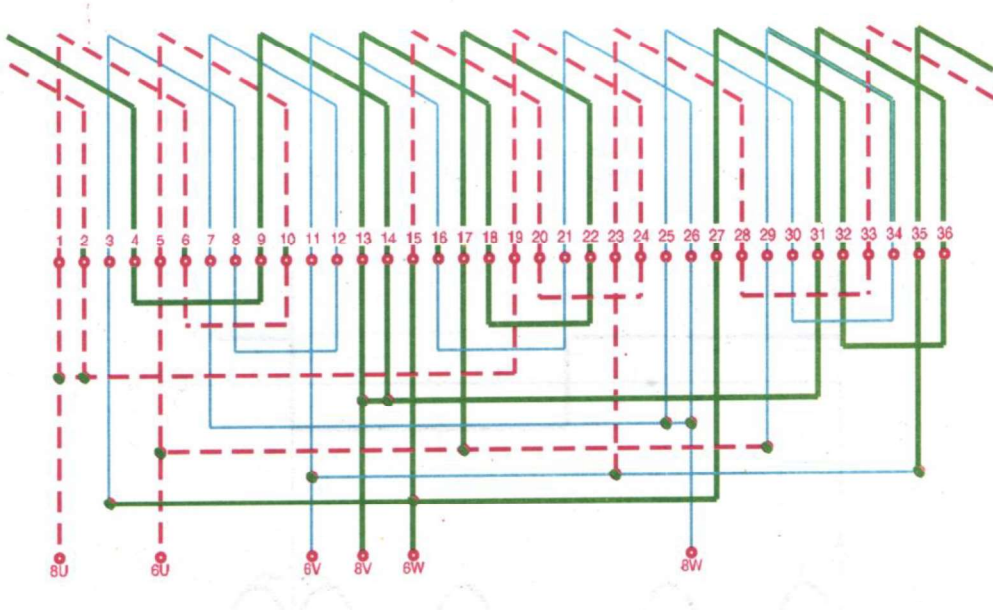
Şekil 1.7: 2p=8 kutuplu seri yıldız düşük hızlı bağlantı



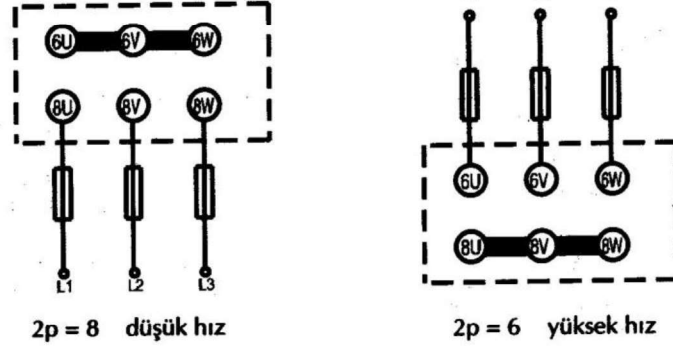
Şekil 1.8: 2p=4 kutuplu ikili paralel yıldız yüksek hızlı bağlantı

➤ **PAM sargısı, bağlantı şekli**

Şekil 1.9’da 2P = 8 / 6 kutuplu PAM sargısı gösterilmiştir. PAM sargılı motor düşük devirde (2P=8) çalıştırıldığında 8U, 8V, 8W uçları şebekeye bağlanır. 6U, 6V, 6W uçları ise köprü edilir. Yüksek devirde çalıştırıldığında ise 6U, 6V, 6W uçları şebekeye bağlanır. Diğer uçlar 8U, 8V, 8W ise köprü edilir.



Şekil 1.9: PAM sargılı, 2p = 8 / 6 kutuplu Dahlander motorun stator sarım şeması



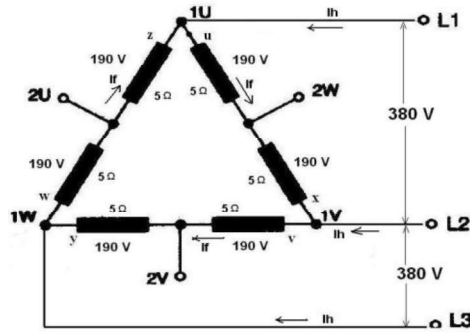
Şekil 1.10: PAM sargılı motorun düşük ve yüksek devir için klemens bağlantısı

1.6. Hat–Faz Akım ve Gerilim Değerleri Hesabı

Asenkron motorun stator sargıları, motor içinde iki şekilde bağlandığını görmüştünüz. Bunlar seri üçgen bağlantı ve seri yıldız bağlantılar idi. Klemens kutusunda ise bunlara ilaveten paralel yıldız bağlama yapıldığını gördünüz.

Bu üç bağlantı için akım gerilim ilişkisi ayrı ayrı incelenecektir. Aşağıdaki bağlantılarda Güç (P), moment (m) ve devir (n) ilişkisini $P_{kW} = \frac{m \times n}{975}$ formülüne göre yorumlayınız. (P=U*I)dir.

➤ **Seri üçgen bağlantıda akım gerilim ilişkisi**



Şekil 1.11: Seri üçgen bağlı dahlender motorun sargılarındaki akım gerilim ilişkisi

Her bir faza ait bobin gruplarının direnci 5 ohm olsun.

$$U = U_f = 380 \text{ V}$$

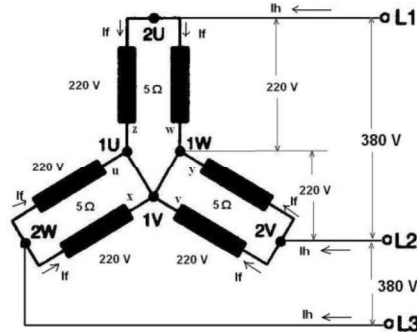
Seri iki bobinin her birine 190 V gerilim düşer.

$$I_f = \frac{190}{5} = 38 \text{ A dir (faz akımı)}$$

$$I_h = I_f * \sqrt{3} = 38 * 1,73 = 65,74 \text{ A}$$

Şebekeden I_h akımı kadar akım çekilir.

➤ **Parelel yıldız bağlantıda akım gerilim ilişkisi**



Şekil 1.12: Parelel yıldız bağlı Dahlender motorun sargılarındaki akım gerilim ilişkisi

Her bir faza ait bobin gruplarının direnci 5 ohm olsun.

$$U_f = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 220 \text{ V}$$

bobinin her birine 220 V gerilim düşer.

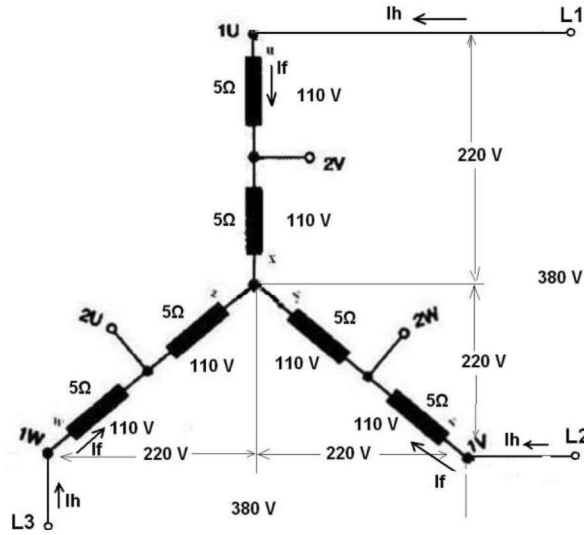
$$I_f = \frac{220}{5} = 44 \text{ A dir (faz akımı)}$$

$$I_h = I_f + I_f = 44 + 44 = 88 \text{ A}$$

Şebekeden I_h akımı kadar akım çekilir.

Parelel yıldız bağlantıda, seri üçgen bağlantıya göre faz bobinlerinden geçen akım ve hat akımı artmıştır.

➤ **Seri yıldız bağlantıda akım gerilim ilişkisi**



Şekil 1.13: Seri yıldız bağlı Dahlander motorun sargılarındaki akım gerilim ilişkisi

Her bir faza ait bobin gruplarının direnci 5 ohm olsun.

$$U_f = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 220 \text{ V}$$

Bobinin her birine $\frac{220}{2} = 110 \text{ V}$ gerilim düşer.

$$I_f = \frac{110}{5} = 22 \text{ A dir (faz akımı)}$$

$$I_h = I_f = 22 \text{ A}$$

Şebekeden I_h akımı kadar akım çekilir.

“Yıldız-Üçgen Bağlama ve Özellikleri” konusu Öğrenme Faaliyeti-3’te ayrıntılı olarak işlenecektir.

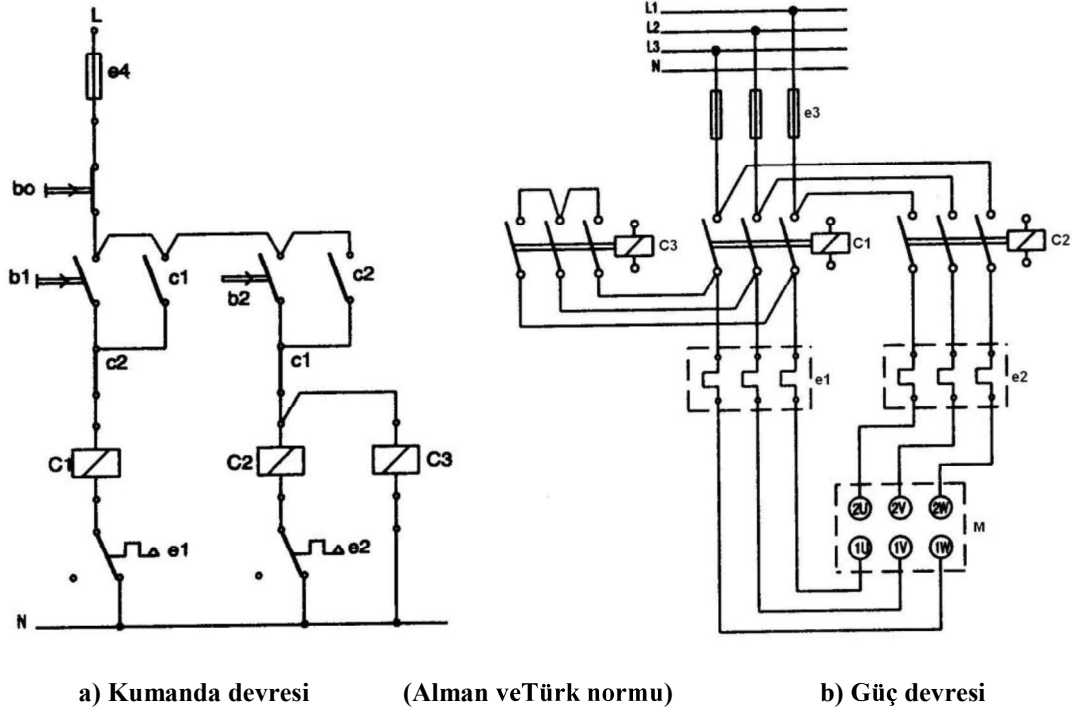
1.7. Çift Devirli Asenkron Motor Çalıştırma Uygulaması

Dahlender motorun etiketine bakılarak motorun sabit güç, sabit moment, değişik güç ve değişik momentli mi olduğu tespit edilir. Çizelge 1.3, Çizelge 1.4, Çizelge 1.5’e göre bağlantı yapılarak yol verilir.

Genellikle Dahlender sargılı motorlarda, 1U-1V-1W uclarına enerji verilirse motor düşük hızla, 2U-2V-2W uclarına enerji verilir, 1U-1V-1W ucları köprü (kısa devre) edilirse motor yüksek hızla çalışır.

Düşük ve yüksek hızla çalışmada, aynı faz sırası için motorun faz sırası değişmemelidir. Bunun için kontaktör bağlantılarında, faz sırasının değişmemesine dikkat edilmelidir.

Şekil 1.14’te Dahlender sargılı motora kontaktörlerle yol verme şeması gösterilmiştir. Bu şemaya göre; C1 kontaktörü motorun düşük hız gücüne göre C2-C3 kontaktörleri motorun yüksek hız gücüne göre seçilmelidir. C3 kontaktörü C2 kontaktöründen bir küçük boy olabilir. e1 termiği düşük hızdaki anma akım değerine, e2 termiği, yüksek hızdaki anma akım değerine ayarlanmalıdır. Termik akım ayar değeri, anma akımının 1,2 katına kadar artırılabilir.

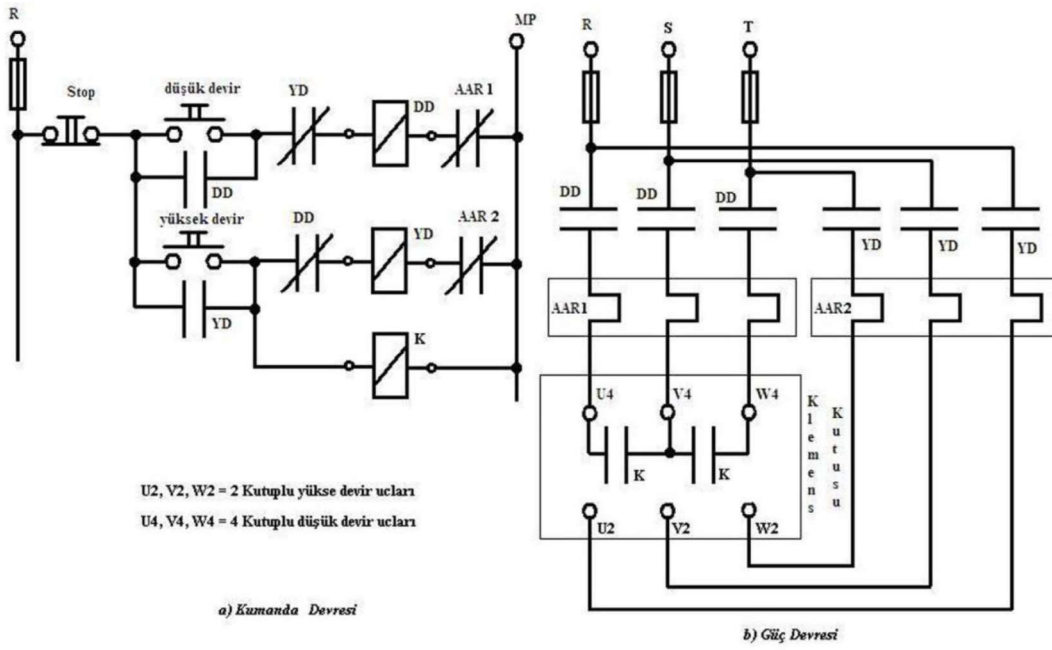


Şekil 1.14: İki devirli sabit momentli, Dahlender sargılı motora kontaktörlerle yol verme şeması

Şekil 1.14'te b_1 butonuna basılırsa C_1 kontaktörü enerjilenerek e_1 termik rölesi üzerinden motor klemensindeki 1U-1V-1W uçlarına enerji verir. Böylece motor düşük devirli çalışmaya başlar. Elektriksel kilitlemeli olduğundan yüksek devire geçirmek için önce stop butonuna basılarak motor durdurulur. b_2 butonuna basıldığında ise C_2 kontaktörü enerjilenerek e_2 termik rölesi üzerinden motor klemensindeki 2U-2V-2W uçlarına enerji verir. C_3 kontaktöründe, C_2 ile birlikte enerjilenerek motor klemensindeki 1U-1V-1W uçlarını köprü yapar. Böylece motor yüksek devirli çalışmaya başlar. Durdurmak için b_0 (stop) butonuna basılır.

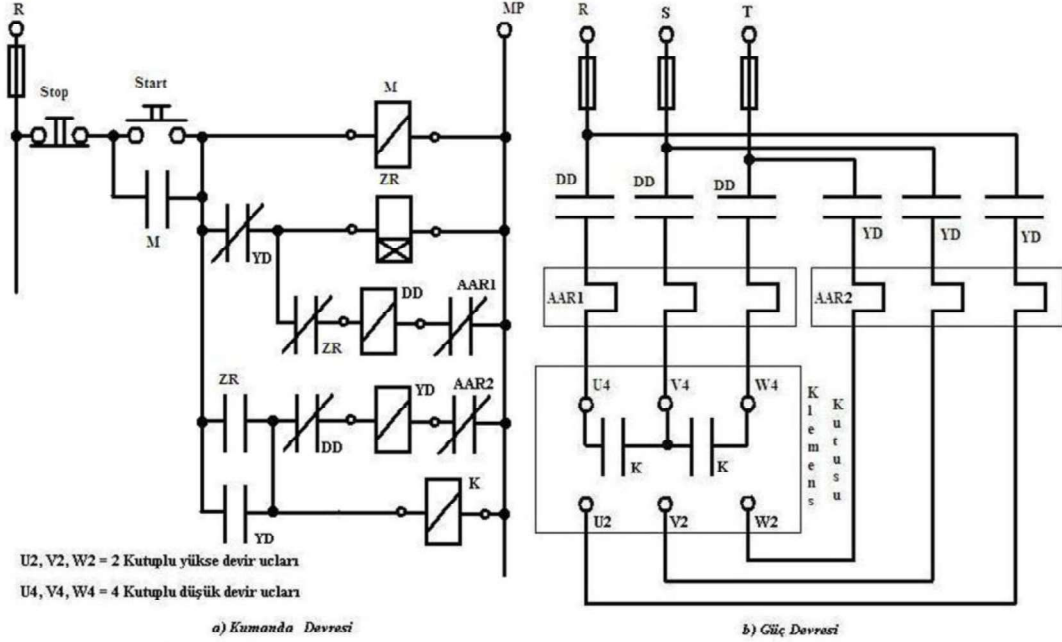
Hiçbir zaman C_1 (düşük devir) ve C_2 (yüksek devir) kontaktörleri aynı anda çalışmamalıdır. Aksi hâlde güç devresinde 3 faz birbirini ile çakışır. Yani kısa devre tehlikesi doğurabilir. İki kontaktörün aynı anda çalışmaması için elektriksel kilitleme yapılır. Bunu kontaktör bobinlerinin önüne diğerinin kapalı kontağını seri bağlayarak yaparız.

Şekil 1.15'te aynı devrenin Amerikan normu verilmiştir.



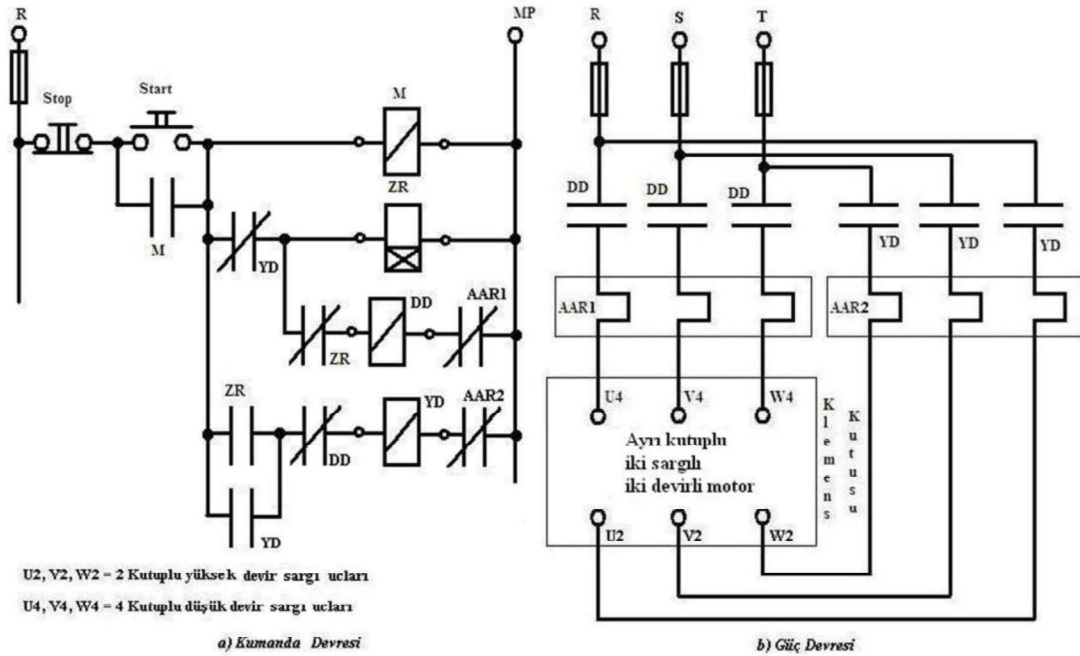
iki devirli sabit momentli dahlander motora yol verme şeması

Şekil 1.15: İki devirli sabit momentli, Dahlander sargılı motora kontaktörlerle yol verme şeması



İki devirli sabit momentli dahlender motorun düşük devirden yüksek devire otomatik geçiş şeması

Şekil 1.16: İki devirli sabit momentli, Dahlender sargılı motora zaman röleli yol verme şeması



İki sargılı, iki devirli, değişik momentli dahlender motorun düşük devirden yüksek devire otomatik geçiş şeması

Şekil 1.17: İki sargılı, iki devirli, değişik momentli, Dahlender sargılı motora zaman röleli yol verme

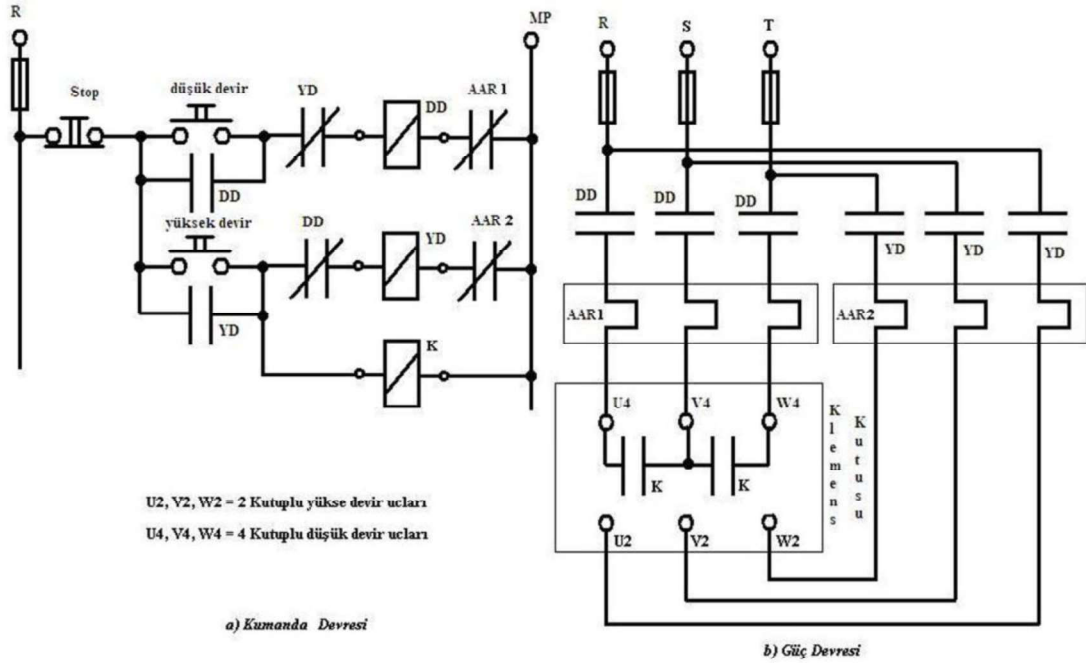
UYGULAMA FAALİYETİ

Atölye ortamında, kumanda panosu üzerine aşağıdaki devrelerde çalışma koşuluna uygun kumanda ve güç devresini kurup öğretmeniniz gözetiminde çalıştırınız.

UYGULAMA FAALİYETİ-1

Çift devirli asenkron motor, düşük devir ve yüksek devirde ayrı ayrı start butonları ile çalıştırılacaktır.

➤ Devre bağlantı şekli



iki devirli sabit momentli dallender motora yol verme şeması

İki devirli sabit momentli, Dahlender sargılı motora ayrı ayrı start butonları ile yol verme şeması

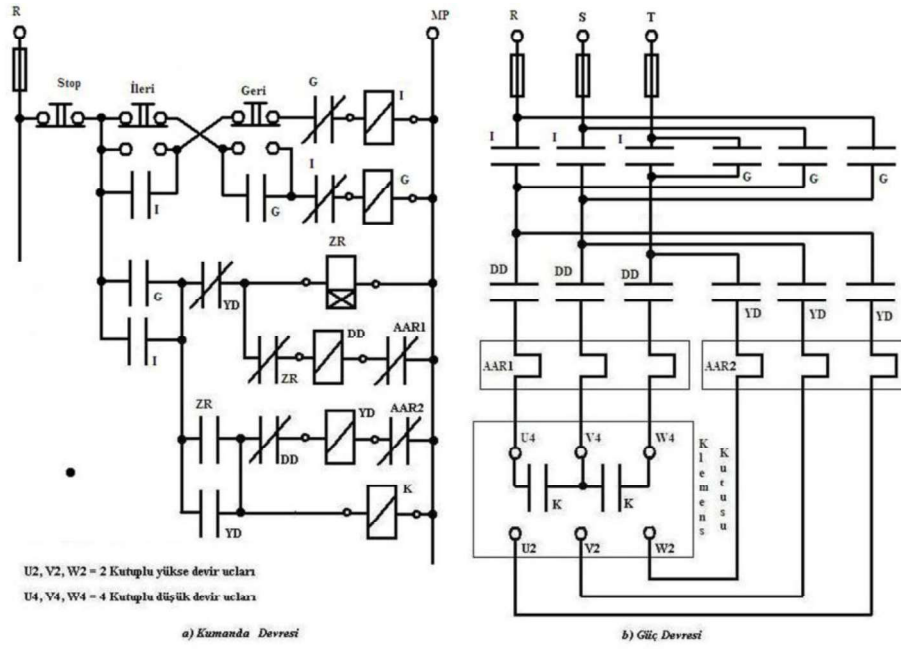
İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Şebekeye bağlayacağınız motoru seçiniz.➤ Motorun çalışma akım ve gerilim değerlerini tespit ediniz.➤ Motorun çalışma şeklini tespit ediniz.➤ Devre şemasını inceleyerek kullanılacak elemanları uygun özellikte ve sayıda temin ediniz.➤ Motorun çalışması için gerekli kumanda devresini kurunuz.➤ Motorun çalışması için gerekli güç devresini kurunuz.➤ Tüm kontrollerinizi tamamlayıp öğretmen gözetiminde devreye enerji veriniz.➤ Motoru düşük ve yüksek devirde çalıştırınız.➤ Motorun devrini her iki kademe için ölçünüz.➤ İşlem sonunda devrenin enerjisini kesiniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Seçtiğiniz motorun iki devirli olmasına dikkat ediniz.➤ Motorun akım ve gerilimine göre kumanda devre elemanlarını seçiniz.➤ Motoru korumak için gerekli önlemleri alınız.➤ Kumanda devresi ve güç devresinde kullanılacak kabloların seçimine dikkat ediniz.➤ Bağlantı mesafesine uygun uzunlukta kablo kullanınız.➤ Devreyi kurmaya başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız.➤ Çalışmalarınız esnasında tertipli, düzenli ve titiz davranmaya gayret ediniz.➤ Çalışırken arkadaşlarınıza karşı nazik ve saygılı olunuz.➤ Atölye çalışma kurallarına uyunuz.➤ Devir sayılarının farklılığına dikkat ediniz.➤ Bu işlemler sırasında iş güvenliğine dikkat etmeyi unutmayınız.

UYGULAMA FAALİYETİ-2

Çift devirli asenkron motor, butonsal kilitlemeli, ileri ve geri yönde, hem düşük hem de yüksek hızda çalışacak.

Çift devirli, sabit momentli asenkron motor kullanılacaktır.

➤ Devre bağlantı şeması



İki yönde çalışan İki devirli sabit momentli dallender motorun düşük devirden yüksek devire otomatik geçiş şeması

İki yönde düşük ve yüksek devirde çalışan, sabit momentli motora yol verme şeması

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Şebekeye bağlayacağınız motoru seçiniz.➤ Motorun çalışma akım ve gerilim değerlerini tespit ediniz.➤ Motorun çalışma şeklini tespit ediniz.➤ Devre şemasını inceleyerek kullanılacak elemanları tespit ediniz.➤ Motorun çalışması için gerekli kumanda devresini kurunuz.➤ Motorun çalışması için gerekli güç devresini kurunuz.➤ Tüm konrollerinizi tamamlayıp öğretmen gözetiminde devreye enerji veriniz.➤ Motoru düşük ve yüksek devirde çalıştırınız.➤ Motorun devrini her iki kademe ve yön için ölçünüz.➤ İşlem sonunda devrenin enerjisini kesiniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Seçtiğiniz motorun iki devirli olmasına dikkat ediniz.➤ Motorun akım ve gerilimine göre kumanda devre elemanlarını seçiniz.➤ Motoru korumak için gerekli önlemleri alınız.➤ Kumanda devresi ve güç devresinde kullanılacak kabloların seçimine dikkat ediniz.➤ Bağlantı mesafesine uygun uzunlukta kablo kullanınız.➤ Devreyi kurmaya başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız.➤ Çalışmalarınız esnasında tertipli, düzenli ve titiz davranmaya gayret ediniz.➤ Çalışırken arkadaşlarınıza karşı nazik ve saygılı olunuz.➤ Atölye çalışma kurallarına uyunuz.➤ Devir sayılarının farklılığına dikkat ediniz.➤ Bu işlemler sırasında iş güvenliğine dikkat etmeyi unutmayınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyetler kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Devre semasını inceleyerek devrenin çalışmasını kavradınız mı?		
2. Devre için gerekli elemanları doğru ve eksiksiz tespit ettiniz mi?		
3. Kumanda devresini uygun bağlantı sırası ve tekniği kullanarak kurabildiniz mi?		
4. Güç devresini uygun bağlantı sırası ve tekniği kullanarak kurabildiniz mi?		
5. Devre bağlantısı tamamlandıktan sonra son kontrolleri yaptınız mı?		
6. Devreyi kurarken ve çalıştırırken gerekli iş güvenliği tedbirlerine dikkat ettiniz mi?		
7. Devreyi hatasız kurup çalıştırdınız mı?		
7. Motoru ileri yönde düşük ve yüksek devirde çalıştırdınız mı?		
8. Motoru geri yönde düşük ve yüksek devirde çalıştırdınız mı?		

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Takometreler motorun dakikadaki tur sayısını ölçer.
2. () Kutup sayısını değiştirerek devir sayısı ayarı yapılamaz.
3. () Motorun devir sayısı, kutup sayısına ve frekansa bağlıdır.
4. () Dahlender motorda iki ayrı sargı vardır.
5. () Çift devirli asenkron motorun statoruna iki ayrı sargı sarılır.
6. () Dahlender motor statorunda tek sargı bulunur.
7. () Sabit güçlü, iki devirli motorların etiketinde tek güç değeri yazılıdır.
8. () PAM sargıda kutup sayıları arasında herhangi bir oran olması şarttır.
9. () Dahlender motorların sargıları, motor içinde seri üçgen ve seri yıldız bağlanır.
10. () Motor etiketinde Δ -YY yazılı motor değişik momentli motordur.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında frekans değiştirme yöntemi ile asenkron motorun devrini değiştirerek istenen çalışmayı sağlayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Çevrenizde asenkron motorların hız kontrolünü invertörlerle ayarlayan işletmelere gidip cihazın çalışması ve bağlantıları konusunda bilgi alınız.
- İnternet ortamında, frekans değiştirerek hız kontrolü yapan cihazları araştırınız.
- Çevrenizde bu cihazı satan firmalarla diyaloga girerek bilgi edininiz.
- Modül sonunda, önerilen kaynaklardan bu cihazları araştırınız.
- Kazanmış olduğunuz bilgi ve deneyimleri arkadaş gurubunuz ile paylaşınız.

2. ASENKRON MOTORLARDA FREKANS DEĞİŞTİREREK DEVİR AYARI

Bazı iş makinelerinin çalıştırılmasında, geniş sınırlar içinde ve kullanıcının denetiminde hız ayarı istenmektedir. Kafesli rotorlu asenkron motorlarda hız ayarı için motora uygulanan gerilimin frekansını değiştirmek gerekir. Bu amaçla frekans çeviriciler (hız kontrol cihazları) geliştirilmiştir.

Hız kontrol cihazları, üç fazlı asenkron motorlarda kullanılır. Bir fazlı kondansatörlü asenkron motorlarda, frekans değiştirerek hız ayarı yapılamaz. Frekans değişimi, kondansatör devresinin reaktansını değiştireceğinden yardımcı sargı devresinin özelliği değişir.

Bir önceki öğrenme faaliyetinde frekansın değişmesi, devir sayısını nasıl etkilediğine dair kısaca bilgi edindiniz. Buna göre motor sargılarına uygulanan AC gerilimin frekansı değiştirildiğinde motorun devir sayısında değişiyor idi. Frekans artırıldıkça motorun hızının da arttığını formül ile gördünüz.

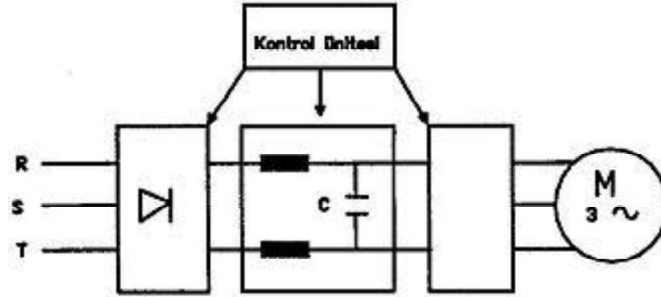
İşte bu öğrenme faaliyetinde, frekansı değiştirerek devir ayarı yapan cihazları inceleyeceksiniz.

2.1. İnvvertör Tanımı ve Yapısı

Doğru gerilimden değişken gerilimi dalga biçimine dönüştürülebilen, 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 sınırları içinde verimli olarak çalıştırılır. Günümüzde mikro işlemcilerle motor hız kontrol aygıtı (sürücü), kullanımı her gün biraz daha artmaktadır.



Şekil 2.1: 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 2.1'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 momenti anma değerindedir. Gerilim sabit tutularak frekans azalırsa manyetik akım artar, frekans artırılırsa manyetik akım azalır. Motorun döndürme momenti, faydalı akımın karesine orantılıdır. Bir motorun anma döndürme momentinde çalışması durumundaki manyetik akı değeri anma manyetik akısıdır. Motorun değişik devir hızlarında anma momenti 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 momenti çok düşer. Bu sakıncayı önlemek için düşük frekanslarda gerilim biraz artırılır. 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 momenti giderek azalır. Buna karşın hız arttığından 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.

➤ Değişken moment yükler için invertör tasarımı

Fan ve pompa yükü, değişken moment yüküdür. Fan ve pompaların kontrolünde, klasik yöntem, basınç ya da debi kontrolü yapılabilir. Değişken moment yüklerinde, hızın karesiyle orantılı moment talebi vardır. Hız 1/2 kat düşer ise karesel orantıdan dolayı moment 1/4 katına iner.

Hız kontrol cihazlarında düşünülen standart invertör mantığında, U/f sabit ilkesidir. Bu ilke, sabit moment yükleri için uygundur. Örneğin; 400 V 50 Hz motor için, rotor devri % 50 değerine düşürmek istendiğinde, frekans ve gerilimi 1/2 değerine yani; $f= 25$ HZ, $U= 200$ V değerlerine düşürmek gerekir.

Değişken moment yükleri için, $\frac{U}{f^{3/2}} = \text{sabit}$ “ gerilim, frekans üssü 1,5 ile orantılı”

ilkesi kullanılır. Bu ilkeye uygun fonksiyonları olan hız kontrol cihazları vardır. Bu durumda 400 V, 50 Hz motor için, rotor devrinin 1/2 değerine karşılık, frekans 25 Hz, gerilim 141 V olur. Değişken moment yüklerinde, bu gerilim değerinde sistemin verimli çalışması sağlanır. Gerilim, frekans üssü 1.5 ile orantılı prensibi, hız kontrol cihazının yazılım gücüyle başarılmıştır.

➤ Hız kontrol cihazlarının (frekans çevirici) seçimi

Ekonomik nedenlerle küçük ve orta güçlerde değişken frekansla besleme için standart motorlar kullanılır. Volt elektrik motorlarının 2 ve 4 kutuplarında 3 kW (dâhil), 6 kutuplarında 2,2 kW (dâhil) kadar olanları Δ 220V/Y380V gerilimlidir. Daha büyük güçlü olanlara Δ 380 V gerilimlidir.

Hız kontrol cihazları genel olarak 200-240 V AC bir faz girişli veya 380-480 V AC üç faz girişli olarak yapılır. Cihazın çıkış gerilimleri anma değerleri, giriş gerilimleri değeridir. Çıkış gerilimleri, dalgalayıcıda anma değerleri üzerine artırılabilir.

Giriş gerilimi, bir faz 220 V 50 Hz’li cihazın, çıkış gerilimi anma değeri, üç faz 220 V, 50 Hz’dir. Bu cihazda; etiketinde Δ 220 V/Y 380 V, 50 Hz yazılı motorlar üçgen (Δ) bağlı olarak çalıştırılır. Böyle motorların klemens bağlantısı yıldız (Y) bağlıdır. Yıldız (Y) köprüsü sökülerek üçgen (Δ) köprüleri yapılmalıdır.

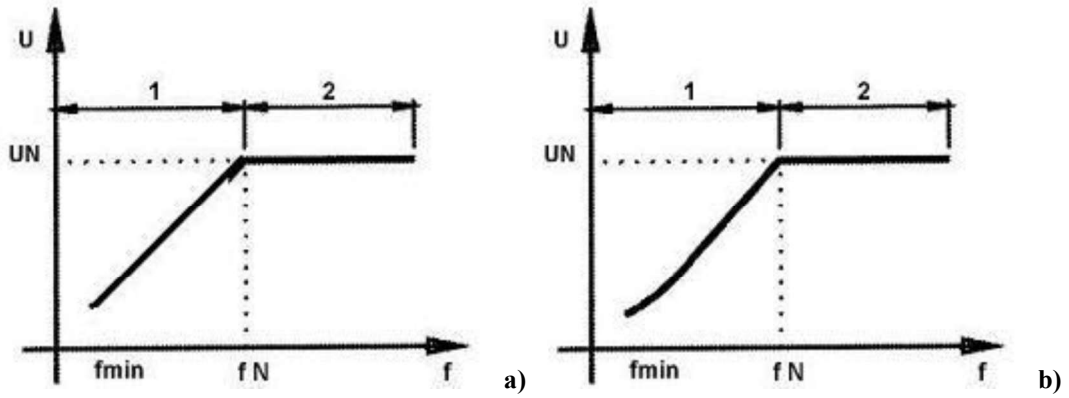
Giriş gerilimi, üç faz 380 V 50 Hz’li cihazın çıkış gerilimi anma değeri, üç faz 380 V 50 Hz’dir. Bu cihazda etiketinde Δ 220V/Y 380 V 50 Hz, yazılı motorlar yıldız bağlı olarak; etiketinde Δ 380 V yazılı motorlar, üçgen bağlı olarak çalıştırılır.

Hız kontrol cihazlarında aşırı yük, aşırı akım, düşük ve aşırı gerilim, aşırı sıcaklık, kısa devre vb. korumalar bulunmaktadır. Böylece bir arıza anında cihaz devre dışı kalacağından cihaz ve motor koruması yapılmış olur.

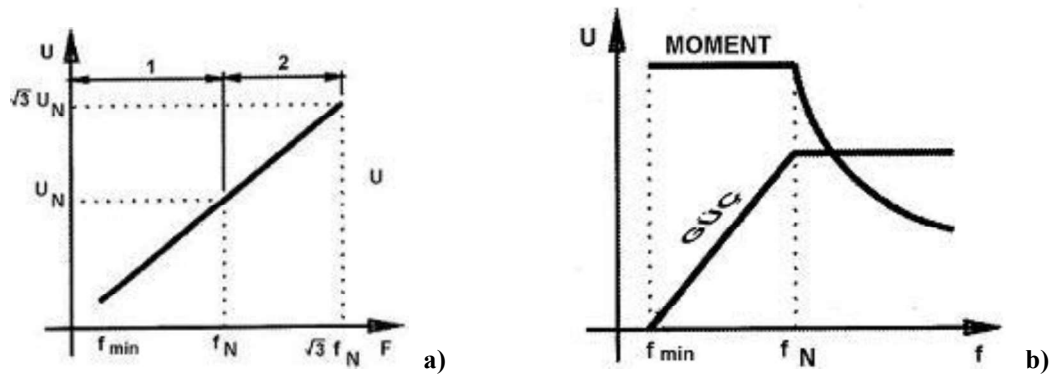
2.2. İnvörtör Çeşitleri

Frekans ve gerilim değişimi için mikro işlemci kumanda edilen temel inverter tasarımları geliştirilmiştir. Bu tasarımların başlıcaları şunlardır:

- Anma frekansının altındaki frekanslarda U/f sabit, anma frekansının üzerinde U sabit (Şekil 2.2.a'da 1- U/f sabit, 2- U sabit, f değişken)
- Anma frekansının altındaki frekanslarda $\frac{U}{f^{3/2}}$ sabit, anma frekansın üzerine U sabit (Şekil 2.2.b'de 1- $\frac{U}{f^{3/2}}$ sabit, 2- U sabit, f değişken)



Şekil 2.2: Sabit ve değişken moment prensibi ile çalışan frekans invertörünün işletme bölgeleri



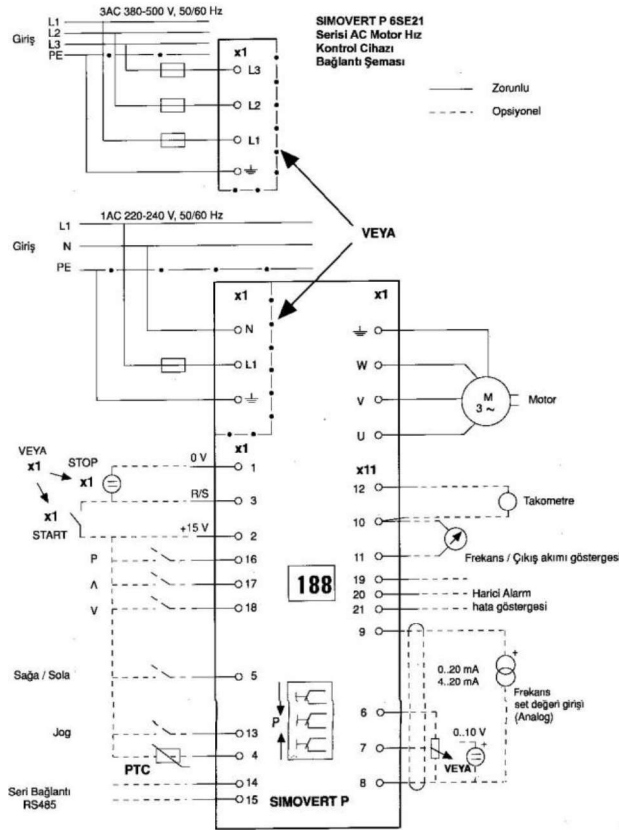
Şekil 2.3: Anma frekansının $\sqrt{3}$ katına kadar sabit moment prensibi ile çalışan frekans invertörünün işletme bölgeleri ve moment güç değişimi

- Ana frekansının $\sqrt{3}$ katına kadar (örneğin $f=50$ Hz ise, $\sqrt{3} \cdot 50 = 87$ Hz) U/f sabit (Şekil 2.3.a)

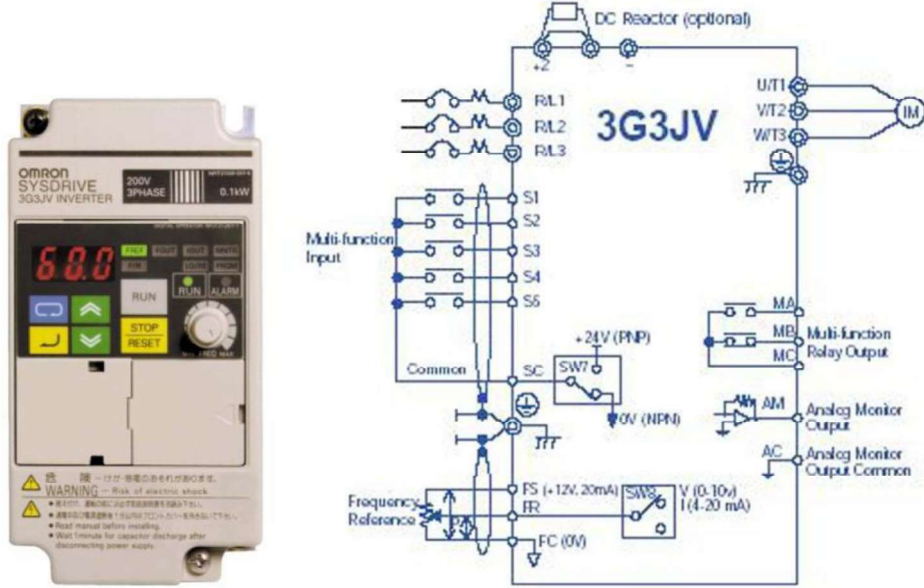
En çok kullanılan tasarım, anma frekansına kadar “gerilim frekansla orantılı” U/f= sabit, anma frekansından sonra gerilim sabit kuralıdır. Sabit moment tasarımı olarak standartlaştırılmış bu ilkeye göre moment güç değişimi, Şekil 2.3b’deki gibidir.

2.3. İnvörtör Bağlantı Şekli

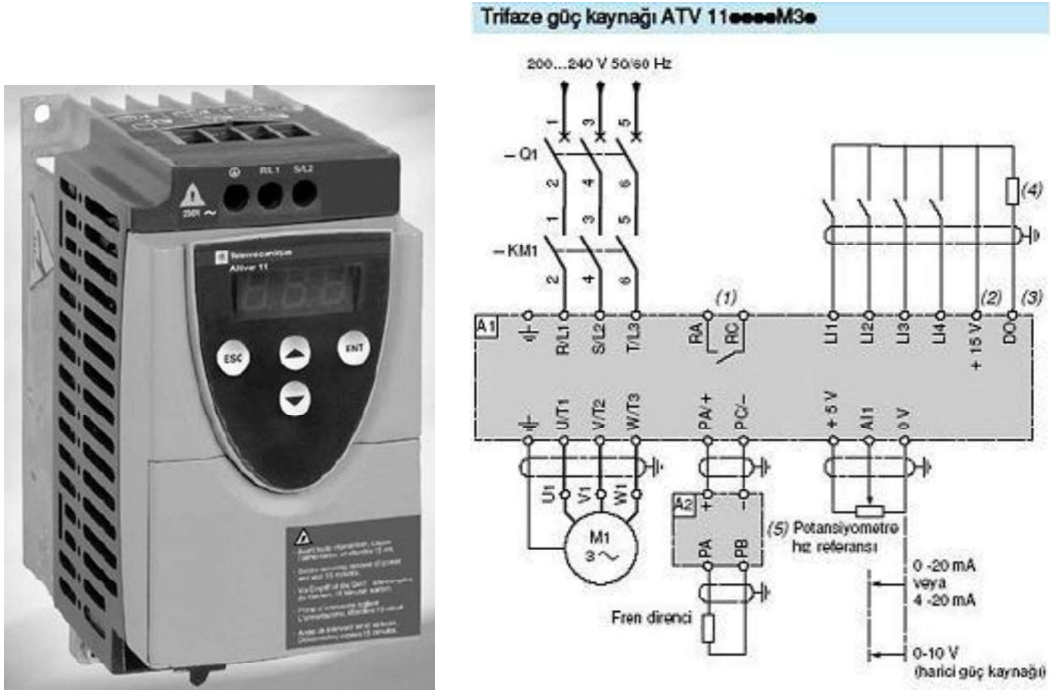
Aşağıda değişik firmaların üretmiş olduğu frekans invertörleri ve bunlara ait bağlantı şemaları verilmiştir. Dikkat ederseniz hepsinde 1 faz ve 3 faz giriş uçları ile motor bağlantı uçları mevcuttur. Ara kumanda elemanına ihtiyaç göstermez. Üzerinde motor parametrelerinin girildiği ekran ve tuşları ile motorla ilgili çeşitli ayarlamaların yapıldığı potansiyometreler mevcuttur.



Şekil 2.4: AC motor hız kontrol cihazı bağlantı şeması

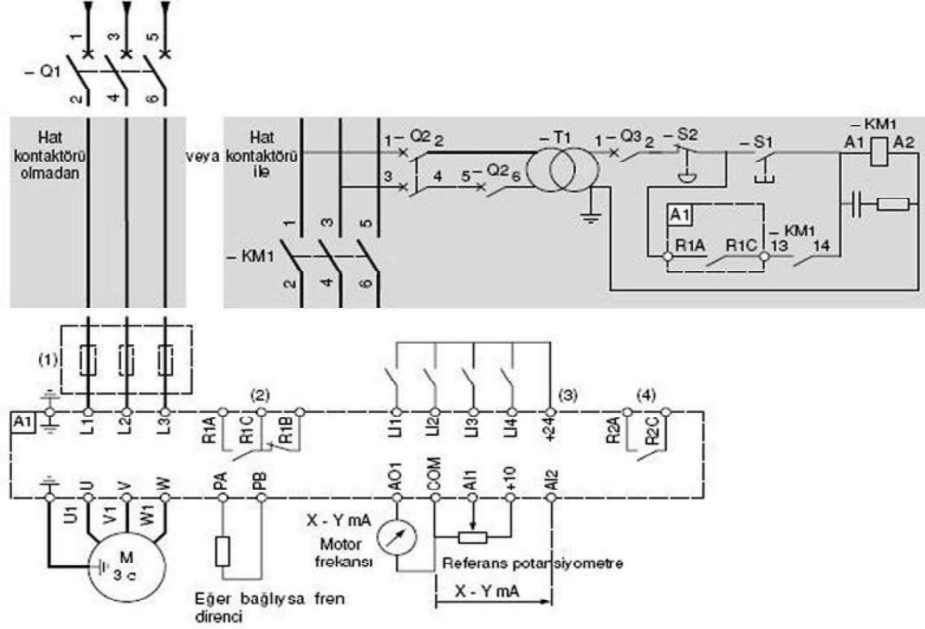


Şekil 2.5: AC Motor hız kontrol cihazı bağlantı şeması

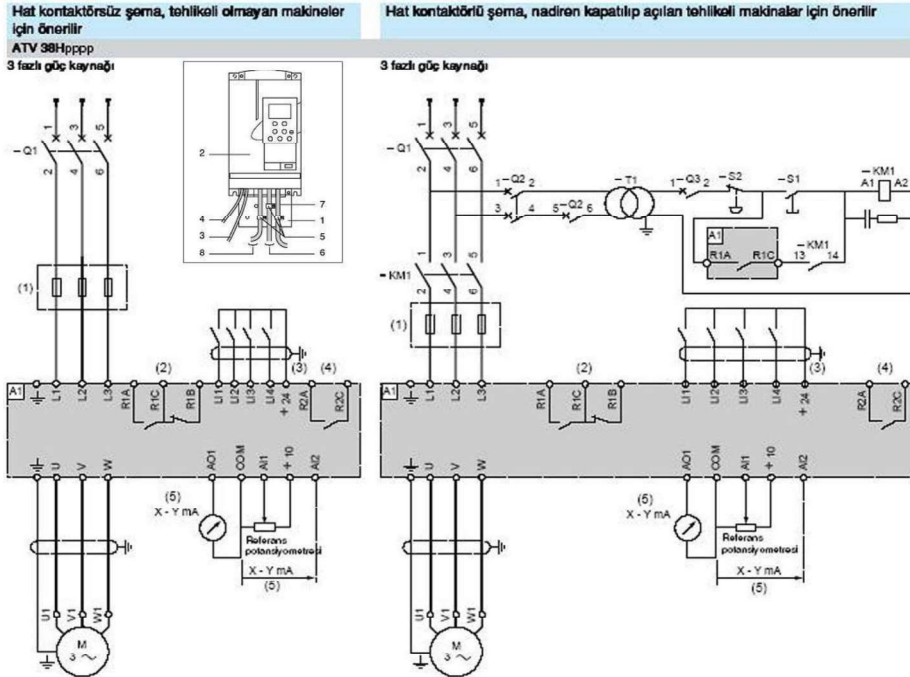


Şekil 2.6: AC motor hız kontrol cihazı bağlantı şeması

Trifaze güç kaynağı



Şekil 2.7: AC motor hız kontrol cihazı bağlantı şeması



Şekil 2.8: AC motor hız kontrol cihazı bağlantı şeması



Resim 2.1: Değişik AC motor hız kontrol cihazları

2.4. İvertör ile Asenkron Motorun Devir Ayarı Uygulaması

Günümüzde, değişik firmaların üretmiş olduğu birçok invertör cihazı bulunmaktadır. Bu cihazlar ile uygulama yapılacaksa öncelikli olarak bu cihazların kullanım kitapçığına göre bağlantı ve ayarları yapılmalıdır. Bu kitapçıklarda cihazın işlevsel ve yapısal özellikleri, montaj ve bağlantı şemaları, cihazla ilgili ayarlar ve giriş parametrelerinin listesi, kurulumunda ve çalıştırılmasında dikkat edilecek hususlar gibi birçok konuda bilgi bulunmaktadır.

İvertör ile asenkron motorun devir ayarı yapılırken önce motor etiketine uygun invertör seçilmelidir. Standart çalışma şekli uygulanacak ise invertörün faz giriş uçlarından şebeke gerilimi uygulanır. Daha sonrada cihazla motor arasındaki iletkenler bağlanır. Çalışma şekline uygun olarak motorla ilgili parametreler, cihaza dikkatlice sırayla girilir. Resim 2.2 ve Resim 2.4'te asenkron motorun invertörlerle hız kontrol uygulamaları verilmiştir.



Resim 2.2: AC motor hız kontrol uygulaması



Resim 2.3: AC Motor hız kontrol cihazı ve ön paneli



Resim 2.4: AC motor hız kontrol uygulaması

UYGULAMA FAALİYETİ

Atölye ortamında, elinizde bulunan invertör cihazıyla asenkron motorun devir ayarını yapacak bağlantıyı kurup motoru çalıştırınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Sistemde kullanılacak motorun gücünü tespit ediniz.➤ Motor gücüne uygun invertör seçimini yapınız.➤ Şebeke –invertör, invertör–motor bağlantısını yapınız.➤ Çalışma için gerekli parametre ayarlarını yapınız.➤ Enerji vererek motoru çalıştırınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Motor etiketine bakarak gücünü ve akımını tespit ediniz.➤ Kullandığınız invertörün sırları bu motor için uygun olup olmadığına dikkat ediniz.➤ Şebeke bağlantısını yaparken enerjinin olmadığından emin olunuz.➤ Bağlantı klemenslerini iyice sıkıştırınız.➤ Motor bağlantısını yaparken etiketine göre köprülerini kontrol ediniz.➤ İnvörtör ekranındaki yönlendirmelere göre parametreleri doğru giriniz.➤ Öğretmen gözetiminde devreye enerji vererek motoru çalıştırınız.➤ Cihaz üzerindeki frekans ayarı ile frekansı değiştirerek motorun devrinin değiştiğini turmetre ile ölçünüz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Kullanılacak motor gücü ve invertör gücünün uygunluğunu kontrol ettiniz mi?		
2. İnvörtörün bağlantı şeklini faz sayısını ve çalışma gerilimini tespit ettiniz mi?		
3. İnvörtörün bağlantısını kendi bağlantı şekline göre hatasız yaptınız mı?		
4. İnvörtöre enerji vererek manuel olarak frekans değiştirerek devir ayarı yaptınız mı?		
5. İnvörtörün istenen süre içinde belirli frekansa çıktığı çalışma şekli için gerekli parametre ayarlarını yaptınız mı?		
6. İnvörtörün istenen süre içinde çalışma frekansından sıfır frekansa düşürüp durması için gerekli parametre ayarlarını yaptınız mı?		

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () İnvörtörler akım sınırlayıcı cihazlardır.
2. () Frekans gerilimin değerine göre invörtörler üç şekilde tasarlanır.
3. () Anma frekansı üzerinde çalıştırılan motorların verimi ve momentini düşer.
4. () İnvörtörle kumanda edilecek motorun yıldız veya üçgen çalışıyor olması önemlidir.
5. () İnvörtör cihazı üzerinde koruma düzenekleri olmadığı için motor ayrıca korunmalıdır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında yıldız – üçgen çalışmayı, uygun geçiş süresini tespit ederek TSE, İç Tesisat Yönetmeliği ve şarnameye uygun olarak gerçekleştirebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Çevrenizde bulunan işletmelerde, asenkron motorlara nasıl yol verildiğini araştırınız.
- Oto trafosunu araştırarak yapısı ve çalışması hakkında bilgi edininiz.
- Elektrik malzemesi satan firmalardan yıldız-üçgen paket şalterler ve yıldız-üçgen rölesi konusunda katalog, broşür isteyiniz. Ellerinde bu cihazlar var ise bağlantıları ve kullanımı hakkında bilgi alınız.
- Çevrenizde bulunan işletmelerdeki değişik yol verme kumanda panolarını ve bunların kumanda ettiği motorların etiketlerini inceleyiniz.

3. ASENKRON MOTOR YOL VERME YÖNTEMLERİNİ UYGULAMAK

Asenkron motorlar kalkışları (ilk dönmeye başlaması) sırasında şebekeden normal akımlarının 3-6 katı kadar fazla akım çeker. Kalkış sırasındaki çekilen bu akım kısa sürelidir. Küçük güçlü motorlarda kısa süreli fazla akımın şebeke üzerinde olumsuz etkisi fazla olmaz.

Ancak büyük güçlü motorların direkt yol almaları sırasında, şebekeden çektikleri kalkış akımları, şebeke gerilim düşümlerine neden olur. Gerilim düşmeleri de hem çalışmakta olan motorun hem de çalışan diğer alıcıların çalışma özelliklerini etkiler.

Şebekelerin durumuna göre elektrik idareleri belli güçlerden büyük motorların (3KW'nın üstündeki) çalıştırılmasında kalkış akımını düşürücü önlemler alınması için kurallar getirir. Bu öğrenme faaliyetinde, motorların ilk kalkış akımlarını düşürücü önlemleri ve uygulamalarını göreceksiniz.

3.1. Asenkron Motorun Kalkınma Sırasındaki Şebekeye Etkileri

Asenkron motorların çalışmaya başladıkları ilk anda şebekeden çektiği akıma kalkınma akımı, yol alma akımı veya kalkış akımı denir. Bu akım, motorun gücüne ve kutup sayısına bağlı olmakla birlikte yaklaşık olarak anma akımların 3-6 katı kadardır.

Durmakta olan bir asenkron motora gerilim uygulandığında stator sargılarında meydana gelen manyetik alan kuvvet çizgilerinin tamamı rotor çubuklarını kestiğinden rotorda endüklenen gerilim ve dolayısıyla rotor çubuklarından geçen akım en büyük değerinde olur. İlk anda rotor dönmediğinden zıt emk en küçük değerindedir ve bu nedenle motor şebekeden en büyük akımı çeker.

Rotor dönmeye başlayınca stator döner alan hızı (n_s) ile rotor hızı (n_r) arasındaki fark azalmaya başlar. Bunun sonuncu zıt emk'in değeri yükseleceğinden şebekeden çekilen kalkınma akımı gittikçe azalır.

Yukarıda belirttiğimiz değerlerden dolayı küçük güçlü motorların çektiği kalkınma akımı, gittikçe azalan bir durumda olduğundan sargılar ve şebeke için bir sorun oluşturmaz. Ancak 3 kW'ın üzerindeki büyük güçlü motorların kalkınma akımları, hem şebeke için hem de motor sargıları için zararlıdır. Zira bu fazla akım motor sargılarında aşırı ısınmalara, şebekede ise gerilim düşümlerine ve gerilim dalgalanmalarına neden olur. Bunun sonucunda da gerilim düşümü, motoru ve şebekeden beslenen diğer alıcıları etkiler. Ayrıca kumanda devresindeki anahtarlama elemanlarının çabuk yıpranmasına ve arıza yapmasına yol açar.

Bu nedenle büyük güçlü motorların ve çok sık yol alan küçük güçlü motorların, kalkınma akımlarının şebekeyi olumsuz yönde etkilememeleri için değişik yöntemler uygulanır.

3.2. Asenkron Motorlara Yol Verme Yöntemleri

Asenkron motorların kalkınma (kalkış-yol alma) akımlarını azaltmak için aşağıdaki yol verme yöntemleri uygulanır.

- Doğrudan yol vermek (direkt yol verme)
- Düşük gerilimle yol vermek
 - Yıldız-üçgen yol verme
 - Oto trafosu ile yol verme
 - Dirençle yol verme
 - Rotorlu sargılı asenkron motorlara yol verme

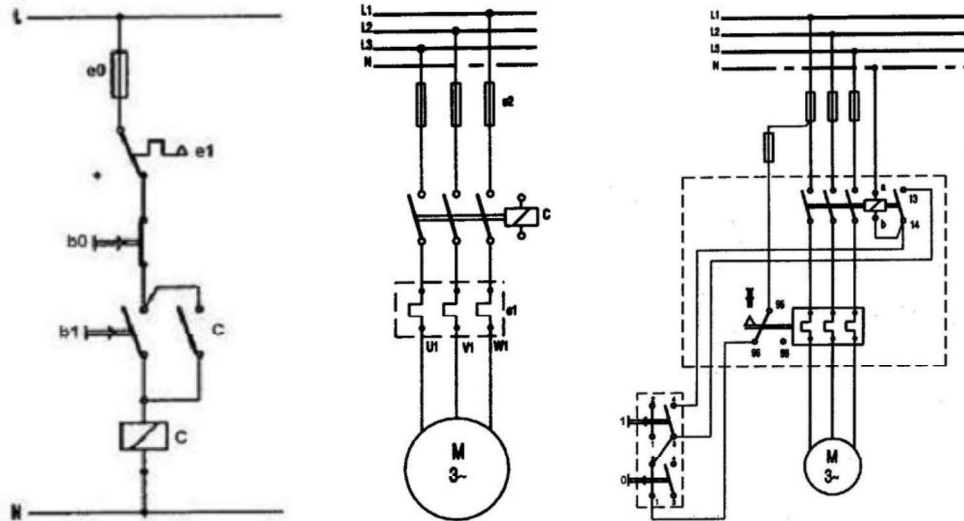
- Mikro işlemcilerle yol verme
 - Yumuşak yol verme: Softstarter ile yol verme
 - Frekans değıştirici (sürücü) ile yol verme

3.2.1. Doğrudan Yol Verme (Direkt Yol Verme)

Asenkron motorlar, kalkış sırasında şebekeden 3-6 katı kadar fazla akım çeker. Kalkış sırasında çekilen bu fazla akımın süresi kısadır. Küçük güçlü motorlarda, kısa süreli fazla akımın şebeke üzerinde olumsuz etkisi olmaz. Ancak büyük güçlü motorlarda, kalkış akımının etkisi önemlidir. Şebekelerin durumuna göre elektrik idareleri, belli güçlerden büyük motorların çalıştırılmasında kalkış akımını düşürücü önlemler alınması için kurallar getirmiştir.

Bir fazlı motorlar, küçük güçlü motorlar olduğundan bu motorlara ve yine 3-4 kW'ye kadar küçük güçlü üç fazlı asenkron motorlara doğrudan yol verilir.

Motorlara yol verme işleminde, paket veya kollu tip mekanik şalterler veya kontaktör kombinasyonu ile oluşturulan manyetik şalterler kullanılır.



Şekil 3.1: Asenkron motora doğrudan yol verme kumanda, güç ve montaj şeması

3.2.2. Düşük Gerilimle Yol Verme

Bu yöntem ilk çalışmaya başlama, boşta çalışan motorlarda uygulanır. Yük altındaki kalkınan motora uygulanmaz. Çünkü motora düşük gerilim verildiğinde döndürme mominti de azalır. Yükü karşılayabilmek için motor şebekeden daha fazla akım çeker ve kalkınmaz.

Düşük gerilimle yol verme yöntemleri:

- Yıldız-üçgen yol verme
- Oto trafosu ile yol verme
- Dirençle yol verme

Üç fazlı asenkron motorlara uygulanan yol verme yöntemlerinden en çok kullanılanı, düşük gerilimle yol vermedir. Ancak bu yöntem yalnızca boşta kalkınan motorlara uygulanır. Zira yüklü kalkınan bir motora kalkınma anında düşük gerilim uygulandığında motor, yükü karşılamak için şebekeden daha da fazla akım çeker ve kalkınamaz. Hâlbuki düşük gerilimle yol vermenin amacı kalkış akımını azaltmak olduğundan yüklü kalkınan motorlara düşük gerilim yöntemi ile yol verilemez.

3.2.2.1. Yıldız-üçgen Yol Verme

Kalkış akımını düşürmede en ekonomik yöntemdir. Üç kontaktör ile bir zaman rölesinden oluşan kontaktör kombinasyonudur. Bu yöntemle yol verebilmek için motorun üçgen bağlı çalışma gerilimi şebeke gerilimine eşit olmalıdır. Örneğin, ülkemizde şebeke gerilimi 380 volt olduğuna göre yıldız-üçgen yol verilecek motorun etiketinde $\Delta 380$ V veya $\Delta 380V/Y660V$ yazılı olmalıdır. Volt elektrik motorlarında, 2 ve 4 kutuplularda 3 kW (dâhil), 6 kutuplularda 2.2 kW (dâhil)den daha büyük güçlü motorlar bu özelliktedir. Yani 380 V şebekede üçgen bağlı çalıştırılır.

Yıldız-üçgen yol vermede amaç, motoru kalkış süresince yıldız bağlı çalıştırmak ve kalkışını tamamlayan motoru hemen normal bağlantısı olan üçgen bağlı olarak çalıştırmaktır. Bu şekilde yol verilecek motorun klemens tablosundaki üç adet üçgen köprüleri sökülmelidir.

Motor, kalkış sırasında yıldız bağlı çalıştırıldığından motor sargılarına uygulanan gerilim $U/\sqrt{3}$ değerine, motorun şebekeden çektiği akım ise $1/3$ değerine düşer.

Motorun sargılarına uygulanan gerilim azaldığından momenti önemli ölçüde küçülür. Yıldız-üçgen yol vermenin kusursuz olması için motorun yük momentinin, yıldız bağlamadaki motor momentinden büyük olmaması ve yıldız bağlamadaki sürenin uygun olması gerekir. Bu geçiş süresi çok önemlidir. Motor, yıldız bağlantıda iken anma devir sayısına ulaşıldığı anda üçgen bağlantıya geçilmesi ve fazla aralık verilmemesi gerekir. Böyle olursa yıldızdan üçgen bağlantıya geçişteki üçgen kontaktörünün kapamama akımı küçük ve yıldızdan üçgene geçiş darbesiz olur. Aksi hâlde, üçgen bağlantıya geçişte akımda geçici artışlar görülür. Bunun sonucu kontaktörün kontakları ani yüksek ısı nedeniyle kaynak olabilir.

Yıldız-üçgen yol vermede, motorun yük momenti, yıldız bağlama durumundaki motor momentinden büyükse yıldız bağlamada motor yol alamaz. Örneğin, pistonlu ve dişli pompalarda, kompresörlerde, haddelerde, bant konveyörlerde, değirmenlerde, talaş kalınlığı sabit tezgâhlarda vb. yerlerde motora, yıldız-üçgen yol vermek istenirse yükün bir kaplin aracılığı ile motor milinden ayrılması gerekir.

3.2.2.1.1. Yıldız Çalışma Süresinin Önemi

λ/Δ yol vermede yıldız olarak kalkınan motorun devir sayısı yaklaşık anma devir sayısına yaklaştığında üçgen durumuna geçilir. Burada iki önemli durum ortaya çıkar. Birincisi motorun üçgene geçmeden önceki yıldız çalışma süresi, diğeri ise yıldız bağlantıdan üçgen bağlantıya geçiş süresidir.

Motor yüksüz olarak kalkınmaya başladığında devir sayısı sıfırdan itibaren anma devir sayısına kadar bir artış gösterir. Devir sayısı anma devrine yaklaştığında ise yıldızdan üçgen bağlantıya geçilir. Devir sayısı anma devrine yaklaştığında ise yıldızdan üçgen bağlantıya geçilir. Devir sayısı henüz yükselmeden üçgen bağlantıya geçilirse motor, direkt yol almada olduğu gibi şebekeden aşırı akım çeker. Bu nedenle yıldız bağlantıda motorun normal devrine yaklaşıncaya kadar bir sürenin geçmesi gerekir. Bu süre motorun gücüne göre değişiklik gösterir ve maksimum 8-10 saniye civarındadır.

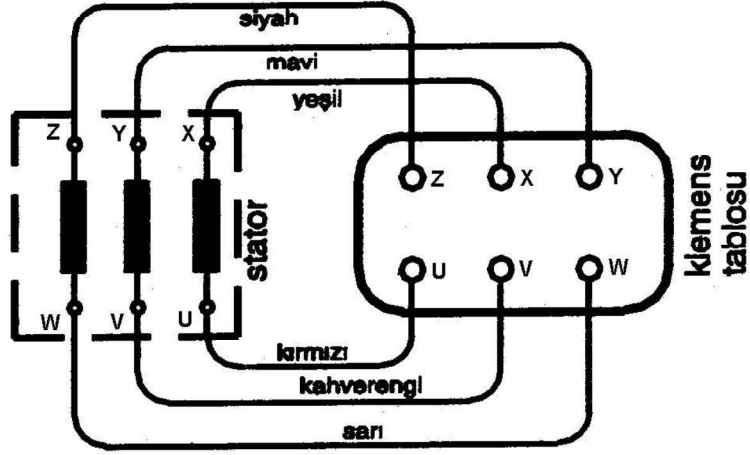
Diğeryandan yıldız bağlı iken normal devrine ulaştığı hâlde üçgen bağlantıya geçilmezse motor, normal çalışma momentinin $1/3$ 'ü oranında bir momentle çalışır. Eğer anma yükü ile yüklenecek olursa motor yük momentini karşılayamaz.

Yıldız bağlantıdan üçgen bağlantıya geçiş süresi, ani olmalıdır. Eğer bu süre uzayacak olursa devir sayısında düşme ve üçgene geçişte darbe şeklinde ani akım artışı oluşur. Bunu önlemek için motorun yük momentinin, yıldız bağlantıdaki kalkınma momentinden küçük olmasına ve yıldızdan üçgene geçiş süresinin çok kısa olmasına dikkat edilir.

Motorların yıldız çalışma süresi genelde şu şekilde saptanır; motor yüksüz durumda üçgen bağlı olarak çalıştırılır. İlk anda yüksek akım çekecektir. Normal devrine ulaştınca bu akım normal çalışma akımını düşecektir. Motorun ilk çektiği yüksek akımdan normal çalışma akımına düşünceye kadar geçen zaman motorun yıldız-üçgen yol vermedeki yıldız-üçgen çalışma süresidir. Bu süre bir ampermetre ve kronometre ile belirlenir.

3.2.2.1.2. Yıldız-üçgen Çalışma Tekniğı

Öncelikle asenkron motorun statoruna sarılan üç faz sargısının dışarı (klemens tablosuna) nasıl alındığını göreceksiniz. Daha sonra çıkarılan bu uçların yıldız (Y) ve üçgen (Δ) bağlantılarının nasıl gerçekleştirildiğı konusunda bilgi edineceksiniz.



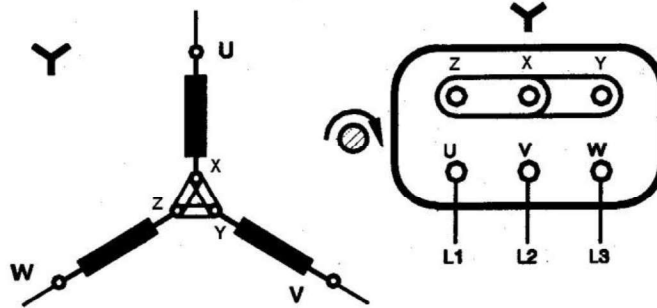
Şekil 3.2: Stator sargı uçlarının klemens tablosuna bağlanması

Statordaki üç faz sargısı uçlarının motor klemens tablosuna bağlantısı Şekil 3.2'deki gibidir. Bu bağlantıda, giriş uçları (U, V, W) klemens tablosunda aynı sıraya, çıkış uçları (X, Y, Z) aynı fazın çıkış ucu giriş ucu karşısındaki klemense gelmeyecek şekilde bağlanır. Volt elektrik üç fazlı motorlarda stator faz sargıları giriş ve çıkış uçlar, renkli kablolarla kodlanmıştır. Bu kodlama, klemens bağlantısında ve sargı uçları belirlenmesinde kolaylık sağlar. Renk kodları, Şekil 3.2'de gösterildiği gibidir.

➤ Yıldız bağlantı ve özelliği

Üç fazlı asenkron motor stator sargıları yıldız veya üçgen bağlanır. Volt elektrik motorları; 2 ve 4 kutuplarda 3 kW (dâhil), 6 kutuplarda 2.2 kW (dâhil) güce kadar olanları 380 V şebekede yıldız bağlanacak şekildedir.

Yıldız bağlantı; stator sargılarının çıkış veya giriş uçlarının birleşmesi ile elde edilen bağlantıdır. Klemes kutusunda üç uç (Z, X, Y) köprü edilir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Stator sargılarının yıldız (Y) bağlanması

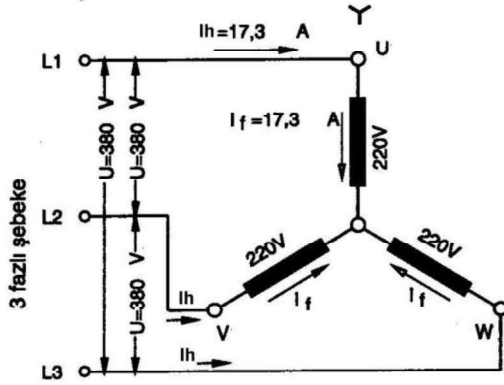
Yıldız bağlantı için klemnsteeki Z, X, Y uçları birleştirilmiştir. Üç fazla şebeke de, U, V, W uçlarına bağlanır.

Yıldız bağlantıda, gerilim akım ilişkileri, Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

VOLT ELEKTRİK®					
3 - MOTOR	TIP VM 90L-2	SE	CE	EFF2	
⊕ S1	IM B3	IP 55	I.CL.F		⊕
V	Hz	A	kW	cos φ	1/min
Δ220/Y380	50	8,6/5,0	2,2	0,85	2840
Y440	60	5,0	2,54	0,84	3380
Seri No.					TS 3067

TIP . GM 132520 *			
3 - AC MOTOR	Nr : 1065179		
Δ	380 V	14.8 A	
10 HP	7.6 kW	Cos φ: 0.9	
2880	D/D	50 Hz	
2-985	iz K1 B	B 3	IP 44

Çizelge 3.1: Yıldız bağlanacak motor etiketi ile üçgen bağlanacak motor etiketi



U = Şebeke gerilimi
 U_f = Motor sargı gerilimi (faz gerilimi)
 I_h = Şebekeden çekilen akım
 I_f = Faz akımı (motor sargılarından geçen akım)
 $U = \sqrt{3} \cdot U_f$ veya $U_f = U / \sqrt{3} = 0,58 \cdot U$
 $I_h = I_f$
 $U = 380$ V ise
 $U_f = 0,58 \cdot 380 = 220$ V olur.

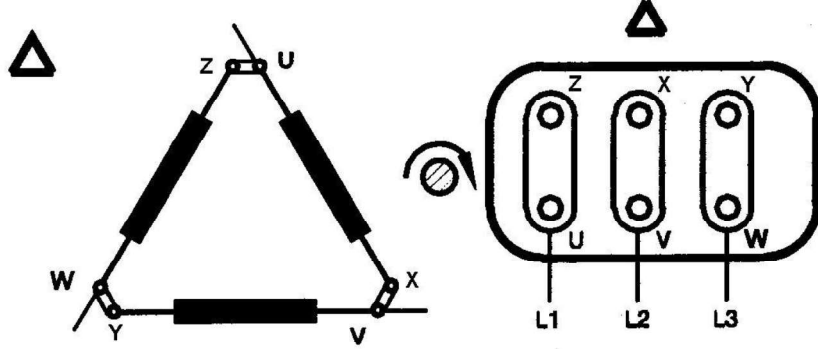
Şekil 3.4: Yıldız bağlantıda gerilim, akım ilişkileri

Sargı gerilimi 220 volt olarak yapılan 3 fazlı motorlar, 3 fazlı 380 volt şebekede yıldız (Y) bağlanır. Bu durum, motorların etiketlerinde Δ 220 V/Y 380 V veya sadece Y 380 V şeklinde belirtilir. Çizelge 3.1'de yıldız bağlanacak motorun etiketi, örnek olarak verilmiştir.

➤ Üçgen bağlantı ve özelliği

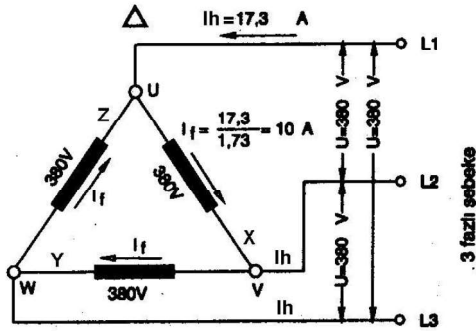
Üçgen bağlantı, faz sargısı çıkış uçlarının (Z, X, Y) diğer faz sargısı giriş uçları (U, V, W) ile birleştirilmesi sonucu elde edilen bağlantıdır (Şekil 3.5).

Motor klemensinde karşılıklı uçlar birleştirilirse üçgen bağlantı da yapılmış olur (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Stator sargı uçlarının üçgen (Δ) bağlanması

Üçgen bağlı motor, üç fazlı şebeke gerilimi uygulanırsa motorun bir faz sargısına uygulanan gerilim, üç fazlı şebeke gerilimine eşittir. Şekil 3.5'te üçgen bağlantının özelliği görülmektedir. Motorun bir faz sargısından geçen akım, şebekeden çekilen akımın ($1/\sqrt{3}$) yani % 58'i olur.



$$U = U_f$$

$$I_h = \sqrt{3} \cdot I_f \text{ veya}$$

$$I_f = I_h / \sqrt{3} = 0,58 \cdot I_h$$

$$U = 380 \text{ V ise}$$

$$U_f = U = 380 \text{ V olur.}$$

Şekil 3.6: Üçgen bağlantıda gerilim-akım ilişkileri

Üç fazlı 380 V şebekede, sargı gerilimi 380 V olan motorlar üçgen bağlanır. Bu özellikteki motorun tanıtım etiketinde, Δ 380 V veya Δ 380V/Y660V yazılır. Volt elektrik genel maksat motorlarının, 2 ve 4 kutuplarda (3000 ve 1500 devirlerde) 3 kW'den, 6 kutuplularda (1000 devirlerde) 2.2 KW'den büyük olanları üçgen (Δ) bağlıdır. Çizelge 3.1'de üçgen bağlanacak motorun etiketi, örnek olarak verilmiştir.

Yukarıda yıldız ve üçgen bağlantılarını ayrı ayrı gördünüz. Bütün bu anlatılanların ışığında yıldız-üçgen (Y/Δ) çalışma özelliğini daha iyi anlayacaksınız.

Bir şebekede üçgen (Δ) bağlı çalışacak motor, aynı şebekede yıldız (Y) bağlı çalıştırılabilir. Örneğin etiketinde Δ380V yazılı motor, 380V şebekede üçgen bağlı çalışır. Şekil 3.6'da gösterildiği gibi üçgen bağlı çalışan bu motorun sargılarına 380 V uygulanmış olur. Bu durumda sargılarından geçen faz akımı I_f ise şebekeden çekilen akım $I_h = \sqrt{3} \cdot I_f$ olur.

Üçgen bağlı çalışacak ve sargılarına 380 V uygulanacak motor, Şekil 3.4'teki gibi yıldız (Y) bağlı çalıştırılırsa faz sargılarına $380/\sqrt{3} = 220$ V uygulanmış olur. Yani faz sargılarına uygulanan gerilim % 42 azalır. Üçgen bağlı çalışırken faz sargılarından geçen akım I_f ise yıldız bağlı çalışmada faz sargılarından geçen akım, gerilimdeki azalma oranı kadar azalarak $I_f/\sqrt{3}$ olur. Yıldız bağlantıda şebekeden çekilen akım (I_h), faz sargılarından geçen akıma (I_f) eşit olduğundan şebekeden çekilen akım değeri $I_f/\sqrt{3}$ değerindedir.

Dikkat edilirse üçgen bağlantıda şebekeden çekilen akım $I_f \cdot \sqrt{3}$ değerinde iken yıldız bağlantıda $I_f/\sqrt{3}$ değerine düşer. Yıldız bağlantıda çekilen akımı, üçgen bağlantıda çekilen akıma oranlarsak:

$$\lambda \text{ bağlantıda çekilen akım} / \Delta \text{ bağlantıda çekilen akım} = \\ = \frac{I_f / \sqrt{3}}{\sqrt{3} \times I_f} = \frac{I_f}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\sqrt{3} \times I_f} = \frac{1}{3} \quad \text{olur.}$$

Şu hâlde, üç fazlı şebekede üçgen bağlı çalıştırılacak üç fazlı motor, aynı şebekede yıldız bağlı çalıştırılırsa üçgen bağlı iken şebekeden çekilen akımın 1/3 değerinde akım çeker. İşte bu özellikten yararlanarak asenkron motorların kalkış anında çektiği fazla akım azaltılabilir. Yani şebekede üçgen bağlı çalışacak üç fazlı motor, kalkışını tamamlayacak süre kadar yıldız bağlı çalıştırılır ve kalkışı yapan motor, normal bağlantısı olan üçgen bağlantıya geçirilir. Buna “yıldız-üçgen” yol verme denir. Burada dikkat edilmesi gereken önemli özellik, yıldız bağlantıda motorun momentinin azalmasıdır. Çünkü yıldız bağlantıda sargıya uygulanacak gerilim % 42 azaldığından motorun momenti de azalır. Dolayısıyla üçgen bağlı çalışacak motorun aynı şebekede yıldız bağlı çalışma süresi önemlidir (Bu konuda ayrıca bilgi verilecektir.). Ayrıca yıldız bağlantıdaki kalkış momenti, motordaki yükü karşılayabilmelidir.

Sonuç: Bir şebekede üçgen bağlı çalışacak motor, aynı şebekede yıldız bağlı (Y) olarak çalıştırılabilir. Ancak bu durumda motorun gücü ve momenti düşer. Bu özellikten yararlanarak asenkron motorların kalkış anında çektikleri fazla akımı azaltmak için yıldız-üçgen yol verme uygulanması yapılabilir. Bu konu, sonraki bölümde bağlantı şemaları çizilerek incelenmiştir.

Önemli not:

Şebekede yıldız bağlı çalıştırılması gereken motor, yanlışlıkla üçgen bağlı çalıştırılırsa sargılarına $\sqrt{3}$ katı büyük gerilim uygulanmış olur. Gerilimdeki artış oranı kadar sargı akımı büyüyeceğinden motor aşırı akım çeker ve kısa sürede artacak ısı sonucu sargılar yanar. Onun için yıldız bağlı çalışması gereken motor, kesinlikle aynı şebekede üçgen bağlı çalıştırılmaz.

3.2.2.1.3. Yıldız-üçgen Çalışmada Termik Sigorta Kontaktör Seçimi

Yıldız-üçgen yol vermede, çok önemli bir konu da kontaktör seçimi ve termik ayar akım değeridir. Büyük seçilen kontaktörlerle yapılan oluşum ekonomik olmaz. Termik, uygun ayar akım değerinde değilse görev yapamaz.

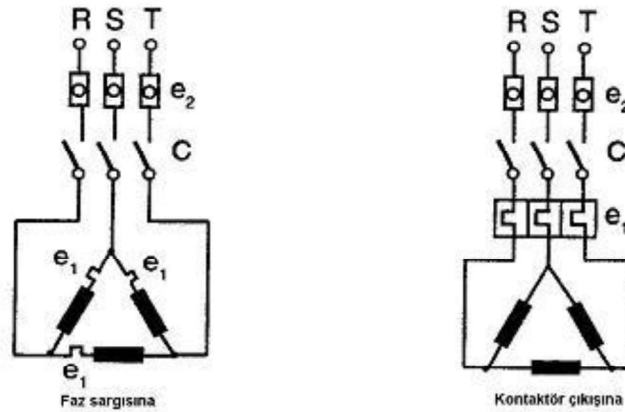
Yıldız-üçgen yol vermede, kullanılan enerji kontaktörü ile üçgen kontaktöründen motorun faz akımı ($I/\sqrt{3}$) geçer. Yıldız bağlama kontaktöründen ise motor akımının $1/3$ 'ü ($I/3$) değerinde akım geçer.

Yüksüz hâlde yıldız-üçgen yol vermede, yıldız bağlama kontaktörü, motor gücünün veya motor akımının $1/3$ değerinde, diğer iki kontaktör ise $1/\sqrt{3}$ değerinde seçilir.

Devrede kullanılacak kontaktörlerin seçiminde de sigortalarda olduğu gibi motor anma akımının bir üst standart değeri alınır. Örneğin, motor etiketinde $I=18A$ yazıyorsa kontaktör anma akımı (I_e) 22 A seçilir. Eğer kontaktör anma akımı daha büyük değerde (Örneğin 32A) seçilirse kontaklar, oluşan arktan dolayı daha az yıpranacağından kontaktör ömrü uzar. Aynı zamanda büyük akım değerli kontaktörün kontakları, motorun kısa devre akımlarına karşı daha dayanıklı olur. Eğer kontaktörün ekonomik olması düşünülüyorsa kontaktörün motor anma akımından daha büyük seçilmesi tavsiye edilir.

Yıldız-üçgen yol vermede termik, motor ile kontaktör arasında bağlanmalıdır. Bu durumdaki termik'ten motor faz akımı geçer. Termik, motor akımının $1/\sqrt{3}$ değerine veya bu değer en çok 1.2 katı kadar bir değere ayarlanmalıdır.

Eğer termik röle faz sargılarına bağlanacaksa bir faz sargısından geçecek olan I_f değerine ayarlanır. Bu değer şebekeden çekilen akımın $1/\sqrt{3}$ 'ü değerindedir. Diğer bir ifade ile $I_h,0,55$ şeklinde gösterebiliriz. Ancak termik röle enerji (C) kontaktörünün çıkışına bağlanacaksa diğer bir deyişle röleden motor hat akımı geçecekse bu kez röle, motor anma akım değerine (I_h) ayarlanır.



Şekil 3.7: Termik rölenin a) Faz sargılarına, b) Kontaktör çıkışına bağlanması

Motor devrelerinde koruma rölelerinin yanı sıra sigortalar da kullanılmaktadır. Sigorta seçilirken motor anma akımının (etiket değeri) üzerindeki ilk standart sigorta değeri seçilir. Eğer otomatik sigorta kullanılacaksa bunun gecikmeli tip (G Tipi) olmasına dikkat edilmelidir.

Motora yıldız-üçgen yol verildiğinde direkt yol vermeye göre şebekeden çekeceği akım 3 katı azalır. Bu da yaklaşık 2.lh olduğundan sigorta akım değeri motor etiket değerinin iki katı seçilebilir.

Asenkron motora yol verme için kullanılacak olan sigorta, termik, kontaktör ve kabloların seçimi için üretici firmaların yayımlanmış olduğu kataloğlardan da faydalanılabilir. Bu kataloğlardaki değerler her firmanın kendi ürettiği kumanda elemanları için geçerlidir. Çizelge 3.2’de kontaktör ve termik sigorta seçim tablosu, Çizelge 3.3’te motor gücü ve anma akımına göre sigorta ile motora çekilecek kablo kesiti seçim tabloları verilmiştir.

GÜÇ 380V/400V/3 KW	AKIM 380V/400V/3 A	KONTAKTÖR SEÇİM TABLOSU														
		AEG		GE		SIEMENS			G. SCHNEIDER		ABB		FEDERAL		TETSBAN	
		LSL	LS	LSK	GL	3TA	3TB	3TF	3TF	LCT	LCT	B	FC	SLA	SLA	
3	5,2		LS 07	LS 02K	MC 0	3TA		3TF 26								
4	6,6		LS 4	LS 4 K	CL 00	3TA 20	3TB 40	3TF 30	3TF 40	D 093	B 9	08D10	SLA-3			
5,5	11,5		LS 6	LS 6 K	CL 01	3TA 21	3TB 41	3TF 31	3TF 41	D 123	B 12	12D10	SLA-7			
7,5	15		LS 7	LS 7 K	CL 02	3TA 22	3TB 42	3TF 32	3TF 42	D 173	B 16	16D10	SLA-12			
11	22		LS 11	LS 11 K	CL 03	3TA 23	3TB 43	3TF 33	3TF 43	D 253	B 25	25D10	SLA-16			
15	28		LS 15	LS 15 K	CL 04	3TA 24	3TB 44	3TF 34	3TF 44	D 323	B 30	32D10	SLA-31			
18,5	35		LS 18,5	LS 18,5 K	CL 05	3TA 25	3TB 45	3TF 35	3TF 45	D 403	B 40	40D11	SLA-32			
22	41		LS 22	LS 22 K	CL 06	3TA 26	3TB 46	3TF 36	3TF 46	D 503	B 50	50D11	SLA-33			
30	57		LS 30	LS 30 K	CL 07	3TA 27	3TB 47	3TF 37	3TF 47	D 603	B 60	60D11	SLA-38			
37	72		LS 37	LS 37 K	CL 08	3TA 28	3TB 48	3TF 38	3TF 48	D 803	B 75	80D11	SLA-42			
45	88		LS 45	LS 45 K	CL 09	3TA 29	3TB 49	3TF 39	3TF 49	D 903	B 90	90D11	SLA-48			
55	104		LS 55	LS 55 K	CL 10	3TA 30	3TB 50	3TF 40	3TF 50	FE 43	F 115,5	EH-100	SLA-100			
75	142		LS 75	LS 75 K	CK 7A C	3TA 31	3TB 51	3TF 41	3TF 51	F 150,5	EH-145					
90	169		LS 90	LS 90 K	CK 9A C	3TA 32	3TB 52	3TF 42	3TF 52	F 180,5	EH-175		B 170			
110	205		LS 110	LS 110 K	CK 9B B	3TA 33	3TB 53	3TF 43	3TF 53	F 220,5	EH-210					
132	245		LS 132	LS 132 K	CK 9B B	3TA 34	3TB 54	3TF 44	3TF 54	F 265,7	EH-260		B 260			
140	263		LS 140	LS 140 K	CK 9B B			3TF 55		F 330,7	EH-300					
160	300		LS 160	LS 160 K	CK 9B B	3TA 32	3TB 56	3TF 56		F 400,7	EH-370		B 370			
200	370		LS 200	LS 200 K	CK 10 C			3TF 57		F 500,7						
250	460		LS 250	LS 250 K				3TF 58								
270	500		LS 270	LS 270 K				3TF 59								
280	519		LS 280	LS 280 K	CK 11 C											
325	610		LS 325	LS 325 K		3TA 34	3TB 58									
335	620		LS 335	LS 335 K												
375	685		LS 375	LS 375 K	CK 12 B											
400	710		LS 400	LS 400 K												
450	805		LS 450	LS 450 K	CK 13 B			3TF 60								

MOTOR Anma Gücü	1500 d/dak Anma Akımı	TERMİK röle ayarlanma sınırları		Sigorta Değerleri		
		A	A	Otomatik Sigorta		Baçaldı Sigorta
				Normal	Gecik- meli	
KW	HP	A	A	A	A	A
0.06	1/12	0.22	0.19	0.29	0.8	-
0.09	1/8	0.32	0.27	0.4	1.25	-
0.12	1/6	0.44	0.37	0.55	2	2
0.18	1/4	0.61	0.5	0.75	2	2
0.25	1/3	0.78	0.67	0.75	2-4	2
0.37	1/2	1.12	0.9	1	4-6	4
0.55	3/4	1.47	1.2	1.3	4-6	4-6
0.75	1	1.95	1.6	1.8	6-10	4-6
1.1	1.5	2.85	2.2	2.4	10	6
1.5	2	3.8	3	3.3	10-20	10
2.2	3	5.4	4	4.5	16-20	10-16
3	4	7.1	5.3	6	16-20	16
4	5.5	8.8	7.3	8	20	16
5.5	7.5	11.7	8	9	25-35	20-25
7.5	10	15.6	11	12	35	25
11	15	22	12	16	50	35-50
15	20	29	20	24	50	50
18.5	25	37.5	24	32	-	63-80
22	30	43.5	24	45	-	63-80
30	40	58	32	45	-	80
37	50	70	40	63	-	100
45	60	85	50	90	-	100
55	75	104	70	110	-	160
75	100	140	120	110	-	125
90	125	168	140	155	-	160
110	150	205	150	170	-	160
132	180	245	200	300	-	200
160	220	290	250	300	-	250
200	270	360	315	400	-	224
250	340	450	315	630	-	250
315	430	570				250

Çizelge 3.2: Motorlar için kontaktör, termik ve sigorta seçim tabloları

Motor anma gücü		CosØ	Verim	220 V			500 V			380 V			Bağlantı Kabloları NYY NYCY mm ²
				Motor anma akımı	Sigortalar		Motor anma akımı	Sigortalar		Motor anma akımı	Sigortalar		
					Direkt	Y/Δ		Direkt	Y/Δ		Direkt	Y/Δ	
kW	HP			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0.25	0.34	0.7	62	1.4	4	2	0.6	2	2	0.8	2	2	4x2.5
0.37	0.5	0.72	64	2.1	4	2	0.9	2	2	1.6	4	2	4x2.5
0.55	0.75	0.75	69	2.7	4	4	1.2	4	4	1.6	4	2	4x2.5
0.75	1	0.8	74	5.4	6	1	1.5	4	4	2	4	4	4x2.5
1.1	1.5	0.8	77	4.4	6	6	2	4	4	2.6	4	4	4x2.5
1.5	2	0.83	78	6	16	10	2.6	4	4	3.5	6	6	4x2.5
2.2	3	0.84	81	8.7	20	16	3.7	10	6	5	10	6	4x2.5
3	4	0.84	81	11.5	20	16	5	10	10	6.6	16	10	4x2.5
4	5.4	0.84	82	14.7	25	20	6.4	16	10	8.5	20	16	4x2.5
5.5	7.5	0.85	83	19.8	35	25	8.5	20	16	11.5	25	20	4x2.5
7.5	10	0.86	85	26.5	50	35	11.5	25	20	15.5	35	25	4x4
11	15	0.86	87	39	63	50	17	35	25	22.5	35	35	4x6
15	20	0.86	87	52	50	63	22.5	35	35	30	50	35	4x6
18.5	25	0.86	88	62	100	80	27	50	35	36	63	50	4x10
22	30	0.87	89	74	100	80	32	63	50	43	63	50	4x10
30	40	0.87	90	98	125	100	43	63	50	57	80	63	4x16
37	50	0.87	90	124	200	160	54	80	63	72	100	80	3x25+16
45	61	0.88	91	147	225	200	64	100	80	85	5	100	3x35+16
55	75	0.88	91	180	250	225	78	125	100	104	60	125	3x50+25
75	100	0.88	91	246	350	250	108	160	125	142	200	160	3x70+35
90	123	0.88	92	-	-	-	127	200	160	169	225	200	3x95+50
110	150	0.88	92	-	-	-	154	225	200	204	250	225	3x120+70
132	180	0.88	92	-	-	-	182	250	225	243	300	250	3x120+70

Çizelge 3.3: Motor anma gücü ve gerilimine göre sigorta ile kablo seçim tablosu