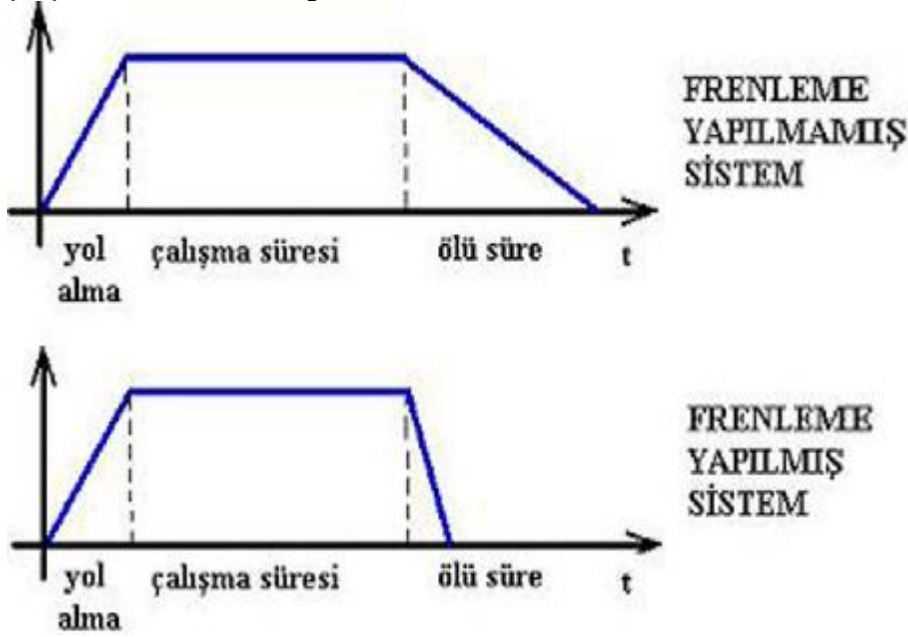


## 4. MOTOR İÇİN GEREKLİ FRENLEME SİSTEMİNİ KURMAK

Bu öğrenme faaliyetinde asenkron motorların frenlenmesi (ani olarak durdurulması) konusunda bilgi ve becerileri öğreneceksiniz.

Fren motorlarının başlıca görevi; tahrik sistemini hızlı, güvenli bir şekilde daha kısa sürede durdurmak, belli bir konumda tutmak ve güvenli frenlemeyi sağlamaktır. Fren düzeneklerinin işletmelerde kullanılmasının gerekliliği artık tartışılmaz hale gelmiştir. Hızlı durdurma yöntemiyle tahrik düzeninin boşa çalışma ve ölü zaman bölgelerinin azaltılması ile sistem verimi daha da arttırılır.



### 4.1. Frenlemenin Önemi ve Çeşitleri

Motorların enerjisi kesildikten sonra rotorun kendi ataletinden dolayı bir süre daha dönüşünü sürdürür. Yani motorun durması için durdurma butonuna basıldığında, motor durmayıp bir süre daha azalan bir hızla dönmeye devam eder ve sonra durur.

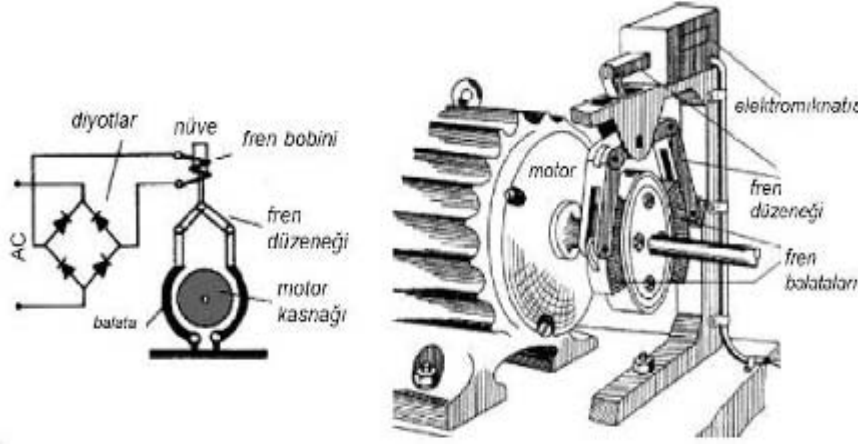
Özellikle büyük güçlü motorların ebatları da büyük olduğundan, durma süreleri uzundur. Bilhassa seri imalatta motorların durma süresi büyük önem taşır. Çünkü seri imalatta kullanılan bir tezgâhta durdurma butonuna basıldıktan sonra parçayı değiştirmek için motorun durması beklenir. Bu da hem zaman kaybına, hem de bazı iş kazalarına neden olur. Halbuki motor kısa sürede durdurulursa zamandan kazanılarak daha çok iş yapılır. İşte motorun durdurma butonuna basıldığında hemen durması için yapılan uygulamaya frenleme denir. Günümüzde kullanılan frenleme çeşitleri:

- Balatalı frenleme
- Dinamik frenleme
- Ani durdurma'dır.

#### 4.1.1. Balatalı Frenleme

İki adet balata aracılığı ile motor kasağının sıkılarak durdurulmasına balatalı frenleme denir. Genellikle asansörlerde ve vinçlerde kullanılan balatalı frenleme, motor fabrikaları tarafından özel olarak üretilen motorlara uygulanır.

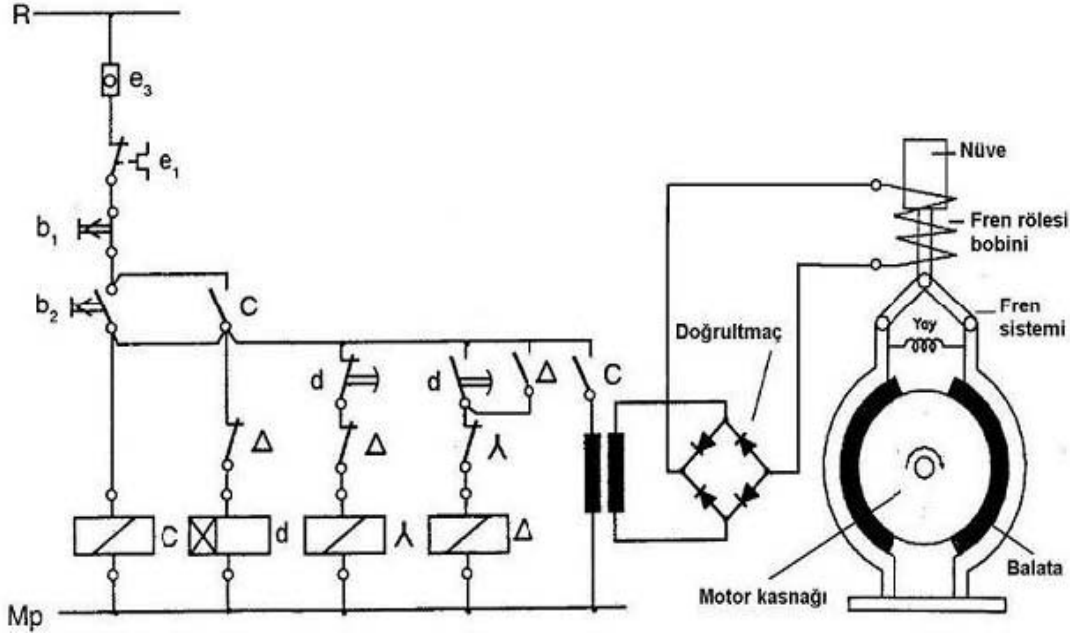
Bu çeşit frenlemede motorun kasmağı bir yay aracılığıyla iki balata tarafından sıkılır. Balatalı frende bulunan bir elektromıknatis enerjilendiğinde balataları açarak motor kasmağını serbest bırakır. Balatalı frenin ( A ) bobini frenleyeceği motorun uçlarına bağlanır. Motor çalışmaya başladığında elektromıknatisin bobini enerjilenir. Balatalar motor kasmağından ayrılır. Bu anda motor henüz şebekeye bağlandığından, yol olarak normal çalışmasına başlar. Durdurulmak istendiğinde motor elektriksel olarak şebekeden ayrılır. Aynı anda (A) fren bobininin de enerjisi kesilmiş olur. Şekil 4.2’de görüldüğü gibi “Y” yayının etkisiyle balatalar motor kasmağını sıkar. Motor kasmağı ile balatalar arasındaki mekanik sürtünme, kuvveti motoru çok kısa bir zaman içinde durdurur. Balatalı frenler asansör ve vinç benzeri düzeneklerde kullanılan motorların frenlenmesinde sıkça kullanılır.



Stator ve rotor normal bir asenkron makinedeki gibi yapılıdır. Ancak mekanik bir frenleme düzeneği ilave edilir. Şebekeden beslenen bir frenleme bobini ile çalışan bu frenleme düzeni motordan ayrıdır. Bu tür motorlar genelde dış yüzeyden soğutulmalıdır. Üç fazlı asenkron motorlar standart parçalardan yapılıdır. Kuru tipte çalışan bir fren düzeneği, elektromanyetik bir aygıttır. Bobinden akım geçince oluşan manyetik alanın çekim kuvveti, yay kuvvetini yener ve fren bırakılır ve fren düzeneği havalandırıcının bulunduğu arka kapak kısmına yerleştirilir. Sabit kısım fren yanındaki motor kapağını hareketli kısım ise motor miline sabitlenir. Frenleme tepsisinin iki tarafında balata bulunur. Balatalar motorun aşınmaya dayanıklı şekilde yapılan motor yatak kapaklarına sürtünerek frenleme yapılır. Sabit kısımda bulunan çekim tepsisi civatalar üzerinden kapağa bağlanır. Sınırlı aksel hareket yapabilir. Ayrıca dönemez ve arasında elektromıknatisin boyuna göre 0,2 ~ 0,5 mm mesafe bulunur. Motor akımı kesildiğinde elektromıknatis bobininden de akım geçmez. Baskı yayları çekim tepsisi üzerinden frenleme tepsisini yatak kapağı üzerine bastırır. Böylelikle bir fren momenti oluşur ve mil frenlenir.

Sistemde elektromıknatisin akımı ayarlanarak baskı balatasının ve tepsinin birbirine karşı uyguladıkları kuvvet ayarlanarak fren momenti de ayarlanabilir. Fren bobini genellikle doğru akımla beslenir. Bunun sebebi ise alternatif akımdaki sıfır geçiş anlarındaki momentin de o anlarda sıfır olmasıdır. Bu ise istenen ayar fren momentinin de darbeleri ve vuruntulu çalışmasına sebep verir. Eğer fren momenti ayarlanmayacak ve sadece açma kapama yaptırılacaksa elektromıknatis bobini istenirse alternatif akımla da yapılabilir. Fakat yine de denebilir ki açma kapama yaptırılacak olsa bile elektriksel bakımda iyi bir frenleme

alternatif akımla yapılamaz. Zira alternatif akımda açma kapama süresi doğru akıma nazaran üç katı artar. Frenleme momenti akımsız durumda ve yay kuvvetiyle sağlandığından tepsi fren aynı zamanda bir güvenlik frenidir. Zira motor çalışırken şebekeden elektrik enerjisi kesilse bile fren kendi kendini kilitler ve düzenek durur. Fren momenti motor momentinin yaklaşık iki katıdır.  $M_f = 2.M_n$



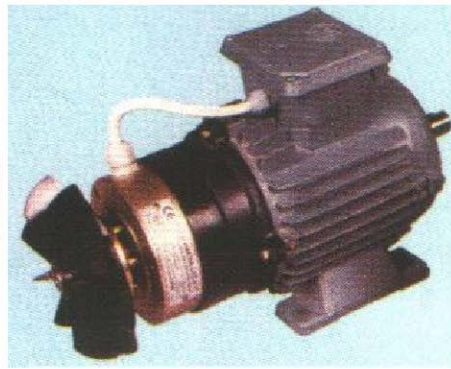
Şekil 4.3'teki devrede  $b_2$  butonuna basıldığında, C kontaktörü enerjilenecek kontaklarını kapatır. Mühürleme kontağı ve transformatöre seri bağlı kontak kapanarak motorun frenleme bobinini enerjilendirir. Nüvenin enerjilenmesiyle motor kasnağını sıkı balatalar kasnağı serbest bırakır. Motor yıldız bağlı olarak çalışır. Bir süre sonra d zaman rölesi Y kontaktörünün enerjisini keserek  $\Delta$  kontaktörünü enerjiler. Motor  $\Delta$  olarak çalışmasını sürdürür. Motor durdurulmak istenirse  $b_1$  butonuna basılır ve motorun enerjisi kesilir. Aynı zamanda fren bobini de enerjisiz kalır ve balatalar yay vasıtasıyla sıkılır. Böylece motor balataların motor kasnağını sıkması ile frenleme gerçekleşmiş olacaktır.

#### • Frenli Motorlar

Mekanik ve elektriksel özellikleri QS tip motorları ile aynıdır. Kasnak tarafı aksı motor kapağı pik dökümüdür.

Frenli motorlarda standart olarak 100V, D.C. gerilimle çalışan, güvenilir elektromanyetik fren mekanizması kullanılmaktadır. Özel uygulamalar için fren voltajı değiştirilebilir.

Enerji kesildiğinde, yay kuvveti ile fren balatasını sıkıştıran hareketli disk otomatik olarak frenlemeyi gerçekleştirir. Tekrar enerji verildiğinde manyetik olarak geri çekilen disk fren balatasını serbest kalmasını sağlayarak milin hareketini imkân sağlar. Fren balatası asbetsiz malzemeden yapılmış olup uzun ömürlüdür. Ayar halkası yardımıyla fren momenti değiştirilebilir. Resim 4.1'de frenli motor resimleri verilmiştir.



**Resim 4.1: Frenli motor resimleri**

Fren motorları yardımıyla iş makinelerinin zorlanmadan ve ısınmadan frenlemesi sağlanır.

Fren motorlarından beklenen başlıca özellikleri sıralayacak olursak:

Fren balatasının az aşınması ve az bakım gerektirmesi, küçük yer tutması, basit olması, korozyona dayanıklı olması, yüksek işletme güvenliği sağlaması, büyük savurma kütlelerini frenleyebilmesi, durma esnasında fren kuvvetini sürekli koruyabilmesi, minimum gürültü ile çalışması, fren kuvveti mekanik olarak veya elektriksel olarak kolayca ayarlanabilmesi, çok sık devreye girip çıkabilmesiyle elverişlidir. Genellikle fren motorlarında bir asenkron motor ve bir fren donanımı ile birleştirilerek kullanılır.

#### • Yay Baskılı Elektromanyetik Frenler

Çok geniş bir uygulama alanına sahip olan elektromanyetik frenler, elektrik motorlarında hassas ve kararlı frenleme yapar. DC ve AC gerilimlerle çalışmaktadırlar. Genellikle DC gerilimle çalışır. Resim 4.2’de yay baskılı elektromanyetik fren resimleri ve fren bobinin resmi verilmiştir.

Elektromanyetik frenlerin uygulama alanları; makinalar, vinç, crane, ağaç işleme makineleri, metal işleme makineleri, ambalaj makineleri sanayi, bant, konveyör sanayi, değişik endüstriyel uygulamalardır.



Resim 4.2: Yay baskılı elektromanyetik fren resimleri ve fren bobini

#### • Çalışma Sistemi

Elektromanyetik frenlerin iki sürtünme yüzeyi ve bu yüzeylerin arasında balata bulunur.

Fren torku, bobine DC gerilim uygulanmadığı zaman baskı yaylarının kuvveti ile balatanın sürtünme yüzeyleri, iki flanş arasında sıkıştırılması sonucunda oluşturulur.

Fren bobininin beslenmesiyle fren gövdesinde manyetik alan oluşturulur ve fren baskı flanşı elektromıknatısa doğru çekilir. Bu durumda rotor mili üzerine çoklu dişli düzenek ile takılmış olan balata serbest kalır.

Gerilim kesilince manyetik alan yok olur ve yayların kuvveti ile baskı pleyti balatayı sıkıştırır, bu suretle motor frenlenmiş olur. Frene gerilim uygulanmadığı sürece fren yaylarının yaptığı baskı nedeni ile kapalı durumdadır. Gerilim uygulandığında elektromanyetik kuvvet yay baskısını yenerek freni açar. Resim 4.3’te yay baskılı elektromanyetik fren motoru resimleri verilmiştir.



Resim 4.3: Yay baskılı elektromanyetik fren motoru resimleri

#### 4.1.2. Dinamik Frenleme

Alternatif akım motorlarını durdurmak için şebeke enerjisi kesildikten sonra stator sargılarına doğru gerilim uygulanarak yapılan frenleme şekline dinamik frenleme denir. Bu frenlemeye elektriksel frenleme de denir.

Uygun bir kumanda devresi ile durdurma butonuna basıldığında, stator sargılarından alternatif gerilim

kesilir ve doğru gerilim uygulanır. Daha önce değişken döner manyetik alanın meydana geldiği stator sargılarında bu kez, düzgün ve sabit bir manyetik alan meydana gelir. Sincap kafesli rotor sabit manyetik alan içinde kendi ataleti ile dönmeye devam ettiğinden, rotor çubuklarında bir emk indüklenir. Geçen kısa devre akımından dolayı NS kutupları oluşur. İşte, rotor kutupları ile stator kutuplarının birbiri etkilenmesi sonucunda rotor kısa sürede durur. Eğer durdurma butonuna alt kontaklar kapanmayacak şekilde hafifçe basılırsa, dinamik frenleme bobini enerjilenemeyeceğinden motor frenlemesiz olarak durur.

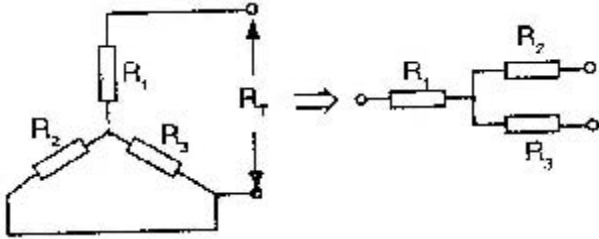
Frenleme bobinine uygulanacak doğru gerilimin değeri, motor gücüne ve stator sargılarından geçecek akıma göre değişir. Büyük güçlü motorlar büyük ebatlı olduğundan, rotorun ataletinden dolayı durma süresi uzundur. Hâlbuki küçük güçlü motorların kendiliğinden durması daha kısa sürer. Bu nedenle frenleme bobinine büyük güçlü motorlarda daha fazla, küçük güçlü motorlarda daha az gerilim uygulanır.

Diğer yandan frenleme sırasında stator sargıları, geçen doğru akıma yalnızca omik direnç etkisi gösterir. Bu nedenle frenleme sırasında sargılardan geçen akımın, motorun normal çalışma akımını geçmemesine dikkat edilir. Aksi halde stator sargıları yanabilir. Sargılara uygulanan doğru gerilim arttıkça frenleme süresi kısalmır, gerilim azaldıkça frenleme süresi uzar.

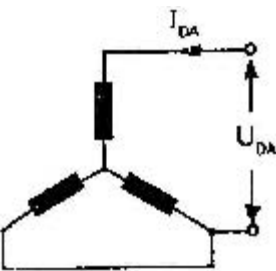
#### 4.1.2.1. Dinamik Frenleme Geriliminin Hesaplanması

• Motor Yıldız Bağlı ise

- a)  $R_T = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$
- b)  $R_1 = R_2 = R_3$
- c)  $R_T = R_1 + \frac{R_1}{2}$
- d)  $R_T = 1,5 \cdot R_1$  olur.



Yıldız bağlı stator sargılarının omik dirençlerini şekildeki gibi çizersek toplam direnç a'daki gibi olur. Dengeli sargılarda her üç faz sargısının da omik direnci birbirine eşit olduğundan formül c'deki gibi olur.



$R_1$  direncini bir faz direnci olarak ifade edersek  $R_T = 1,5 \cdot R_f$  formülü elde edilir.  $U_{DA} = I_{DA} \cdot R_T$

$$U_{DA} = I_{DA} \cdot 1,5 \cdot R_f$$

Doğru akım kaynağının gücü;

$$P_{DA} = U_{DA} \cdot I_{DA}$$

$R_f =$  Motorun bir faz sargısı omik direnci ( $\Omega$ )

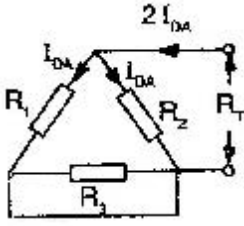
$R_T =$  Motor üç faz sargısı toplam (eşdeğer) direnci ( $\Omega$ )

$U_{DA} =$  Motora uygulanacak doğru gerilimin değeri (V)

$I_{DA} =$  Motor sargılarından geçecek doğru akım değeri (A)

$P_{DA} =$  Doğru akım kaynağının gücü (W)

### • Motor Üçgen Bağlı İse



$$R_T = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$R_T = R_1 = R_2 = R_3 \text{ olduğundan } R_T = R_1 / 2$$

Not:  $R_3$  direnci, kısa devre olduğu için işleme konulmamıştır.

Stator sargılarına uygulanacak doğru gerilimin değeri:  $U_{DA} = 2 \cdot I_{DA} \cdot R_T$

$$U_{DA} = 2 \cdot I_{DA} \cdot R_F / 2 \rightarrow U_{DA} = I_{DA} \cdot R_F \text{ olur.}$$

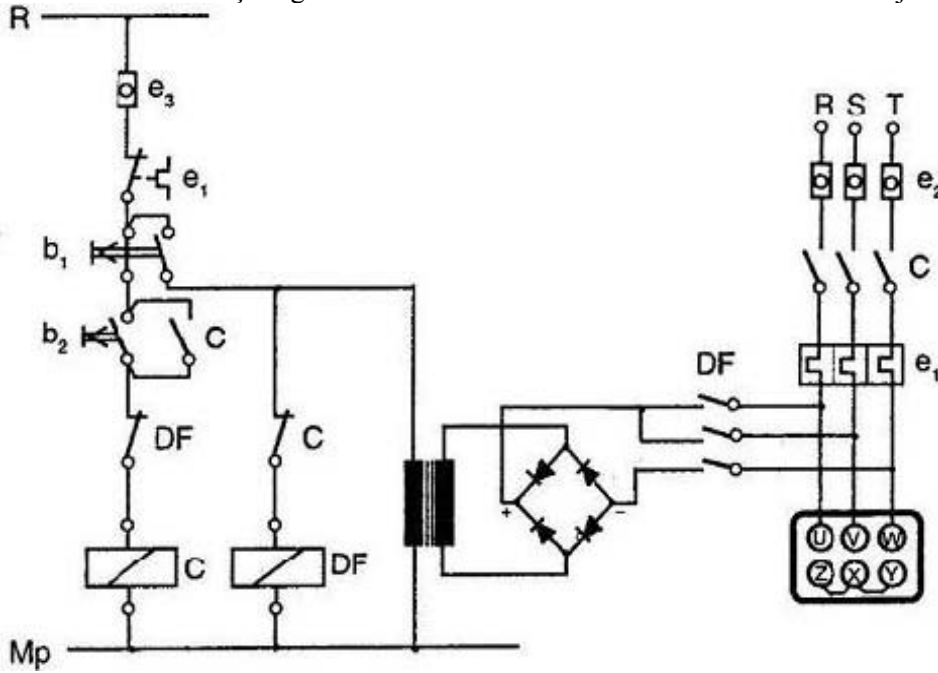
Doğru akım kaynağının gücü ise,  $P_{DA} = U_{DA} \cdot 2 \cdot I_{DA}$

**Örnek:** Etiket değerleri 3,3 kW,  $\Delta$ 380 V, 7,5 A,  $\cos\delta = 0,83$ , 2850 d/d, 50Hz olan üç fazlı asenkron motorun bir faz sargısı omik direnci  $3,9 \Omega$  olarak ölçülmüştür. Motora uygulanacak doğru gerilimin değerini ve doğru akım kaynağının gücünü bulunuz.

#### 4.1.2.2. Dinamik Frenleme Devre Uygulamaları

##### • Buton Kontrollü Dinamik Frenleme Devresi

Şekil 4.4'teki devrede b<sub>2</sub> (Başlatma) butonuna basıldığında C kontaktörü enerjilenir. Güç devresindeki kontaktörleri kapatarak motorun çalışmasını sağlar. Motoru durdurmak için b<sub>1</sub> (durdurma-fren) butonuna basılır. C kontaktörünün enerjisi kesilerek motor devresini açar. Aynı zamanda DF (dinamik frenleme) kontaktörü enerjilenirken transformatör de şebekeye bağlanır. DF kontaktörünün kontakları kapanınca, köprü diyot çıkışları da motor uçlarına bağlanır. Yukarıda anlatılan durumlara göre motor kilitlenerek durur. b<sub>1</sub> butonundan elimizi çektiğimizde DF kontaktörünün ve transformatörün enerjisi kesilir.



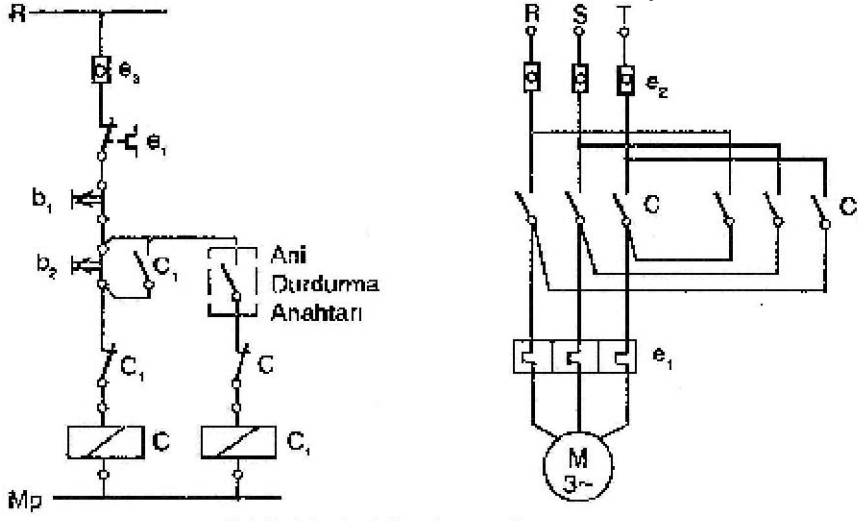
#### 4.1.3. Ani Durdurma

Ani durdurma yönteminin mantığı, motorun var olan döndürme momentini ters yönde çevirerek motorun miline ters döndürme momenti uygulamaktır. Frenleme zamanını en kısa sürede beceren yöntem ani frenleme yöntemidir. Ani durdurma sistemi güçlülükte yol alan motorlarda ve büyük güçteki motorlarda uygulanmaz. Aksi takdirde motor şebekeden aşırı akım çeker ve döndürdüğü yükde sakıncalı değerlerde mekanik gerilimler doğar.

Elbette ki beraberinde birçok sorunları da getirmektedir. Bunların başında mekanik problemler oluşturmaktadır. Her şeyden önce milin veya bu mile bağlı diğer hareketli parçaların bu ani fren karşısında bir burulması göz önüne alınmalıdır. Motor yere iyice tesbit edilmiş olmalıdır; yoksa bu ani fren karşısında motoru yere sabitlemek için kullandığımız civataların kopması sonucunda statorun dönmesi bile söz konusu olabilecektir. Bir diğer mekanik sorun da motorun bağlı olduğu sistem, bu ani frenlemeye müsaade etmelidir. Eğer bir bant sisteminde kullanılan bir motor ise ve ani durdurma sonucunda bu bant üzerindeki malzemeyi üzerinden fırlatıp atacaksa burada ani frenleme sakıncalıdır.

Ayrıca alınması gereken diğer bir önlem ise elektriksel önlemlerdir. Durdurma için motora ters döndürme momenti uygulandığından motor durma anından sonra ters yönde dönmek isteyecektir. Eğer herhangi bir müdahalede bulunulmazsa motor durduktan sonra ters dönmeye başlar. Burada bazı algılayıcılarla bu anı tespit ederek durma anında motorun enerjisi kesilmelidir ve eğer gerekiyorsa durma anında mekanik bir kilitleme sistemiyle milin dönmesi engellenmelidir.

Ani durdurulacak motor ilk önce şebekeden ayrılır. Daha sonra ters yönde dönecek şekilde tekrar şebekeye bağlanır. Bu durumda motorda ters yönde bir döndürme momenti meydana gelir. Devir sayısı süratle düşer ve belirli bir zaman sonra da motor tamamen durur. Bu andan sonra motorun ters yönde dönmesine olanak verilmez ve hemen motor devreden çıkarılır.



**Şekil 4.9: Ani durdurma devre seması**

Üç fazlı bir asenkron motorun çalıştırılması ve ani durdurulması Şekil 4.9'daki devrede gösterilmiştir. Çalışma durumunda stop butonuna basılması durumunda iki fazın yerinin değiştirilerek tekrar şebekeye bağlanması yöntemiyle motorda oluşturulan ters döndürme momenti, rotorun devir sayısını süratle düşürür. Devir sayısı sıfır olduğunda ani durdurma anahtarı açılır ve artık motorun bağlantısı şebekeden tamamen ayrılmış olur. Böylece motor ters dönmeden ani olarak durdurulmuş olur.