

# Üç Fazlı Endüksiyon Motorlarının İki Fazda Kalması

Yazan:

**H. WAKELEY**

N. V. Balasubramanian

Çeviren:

Vecdi Y. ERTURAN

Elek. Y. Müh.

AZOT SANAYİİ

## ÖZET:

*Üç fazlı endüksiyon motorlarının ani olarak iki fazda kalma olayı motorun hasarına sebep olduğu gibi kullanan için de güçlük yaratır. Küçük ve orta boydaki motorlarda iki faza kalma olayından doğan arızalar basit aşırı yüklenmenin verdiği arızalardan daha sık görülür. Bu makalede iki faza kalma hadisesinin endüksiyon motorunda meydana getirdiği hasarın özelliklerine işaret edilmekte ve motorun iki faza kalması halindeki tarif ve analizi yapılmaktadır. Bölümler iyi bir motor korumasında uygulanacak şalter, röle ve sıcaklık dedektörleri ile kontrol sistemlerinin yeterli bakımına ait bilgileri ihtiva etmektedir.*

Bir üç fazlı endüksiyon motorunun ani olarak ikifaza kalmasına besleme fazlarından birindeki sigortanın yanması veya sık sık görüldüğü gibi bakımı tam yapılmamış kontaktörün hatalı çalışması veya mevzii şartların yarattığı özel problemler sebep olur.

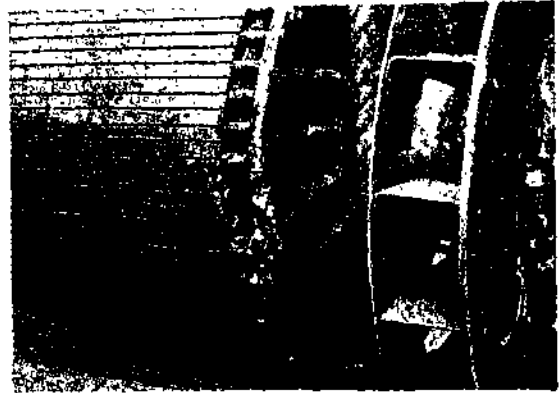
Üç fazlı endüksiyon motorlarında tasarlanmış çalışma karakteristiğinin elde edilmesi bilhassa, tatbik edilen üç fazlı gerilimin dengeli olmasına bağlıdır. Normal bir motorda tatbik edilen gerilimde büyük bir değer sayılmıyacak % 5 nisbetinde dengesizliğin tesiri, bir fazdaki akımın tam yükte % 15 - 20 oranında artmasına sebep olur. İki faza kalma olayı, yeterli koruma uygulanmaz ve motorun şebekeden ayrılması sağlanmazsa çabucak yanmasına sebep olacak elverişli olmayan bir durumdur.

## Motordaki hasarın özelliği:

Eğer bir motor fazla ısınarak yanmışsa; söküldüğünde aşırı yüklenmeci veya devirden düşerek devrilmeden veyahut iki faza kalarak çalışmasından yandığı ayırmak ekseriya mümkün olur. Rotor termik kapasitesi fazla olan motorlarda zarar başlangıçta stator sargılarında görülür. Bir veya iki faza ait sargılar (motorun üçgen ve yıldız bağlı olmasına göre değişir.) aşırı ısınmadan yanma izleri gösterecektir. İki tabakalı sargılarda çok yanmış kısımlar arasında bobin adımı mesafesi vardır. Hemen hemen bobin genişliğince (her olukta aynı faza ait iki bobin yanı olduğunda) işaretlenebilir.

Bazan motora iki faz altında, kalkma momenti doğmadan yol vermeye teşebbüs edilince veya motorun fazla yük momentine maruz kalarak zorlanmasında devrilmesi mümkündür. Bu şartlarda, sincap kafesli motorun rotor çubuklarında endüklenen büyük akımlar sebebiyle aşırı ısınma ile statordaki kutup sayısına bağlı olarak rotor çubuklarında yanan bölgeler teşekkül eder. Motor henüz şebekeye bağlı olduğundan stator sargılarında sabit bir fluks dalga pülzasyonu vardır. Bu fluks sebebiyle rotor akımlarında konumuna göre sinüzoidal bir akım dağılımı olur. Rotorun ısınarak yanan kısımlarının kombinasyonu statordaki kutup sayısını verir.

Bir kaç sene evvel imal edilmiş 8 kutuplu bir motorun yanan rotoru şekil (1) de görülmüştür. Üzerindeki yanmış rotor çubukları ve kı-



Şekil: 1 — Sekiz kutuplu bir motorun dururken iki fazda kalmış rotoru.

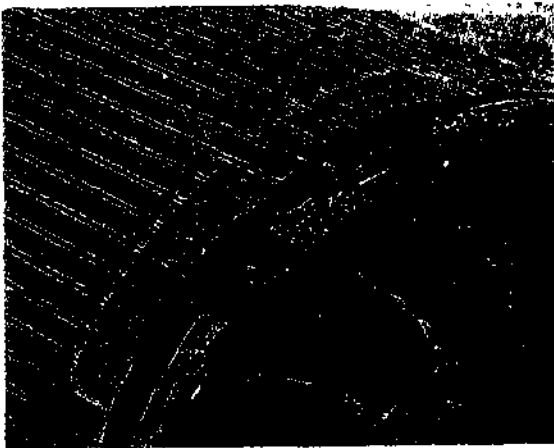
«AEI Engineering» in Ocak-Şubat 1961 sayısından Cövrülmüştür.



Şekil: 2 — (1) deki rotorun aşırı ısınması ile hasar gören stator sargıları.

sa devre halkasındaki boşluk kısımlar kutup genişliğini vermektedir.

Bakır ve sert lehim metallerinin eriyen damlaları kısa devre halkası üzerinde bariz olarak görülmektedir. Olay, o durumda ki; damlalarda bir savrulma yoktur. Eğer rotorda dönme olsaydı savrulma görülecekti. Çekirdek ve kısa devre halkası üzerinde ağırlık tesiriyle aşağıya doğru akımlar ve katılaşmalar olmuştur. Bu durum göstermektedir ki makina sükunet halinde iken iki fazda kalmıştır. Şekil (2) deki statorda hasıl olan yanmalar sargıların nihayet kısımlarında ve rotorun ısınan çubukları karşısındaki yerlerdir. Yanan bölgeler, dökülen yanık parçalan statorun alt kısımlarında görülebilmektedir. Şekil. (3) de gene birkaç sene evvel yapılmış 4 kutuplu bir makinanın dururken iki faza kalma neticesinde yanmış durumudur. Kısa devre halkası üzerinde



Şekil: 3 — Dört kutuplu bir motorun dururken iki fazda kalmış rotoru.

4 adet simetrik aralıklı çok hasar görmüş kısımlardan birisi tebeşirle işaretlidir.

#### Motorun iki fazda kalması:

Motor projelendirilenlerden emniyet gayesiyle iki fazda çalışma şartlarında motor akımının büyüklüğü sorulur. Cetvel (1) ve Şekil (6a) da görüldüğü gibi motor her zaman için iki fazda çalışmaya devam edemeyecektir. Zira bu halde maksimum motor momenti 3 fazlı çalışmadaki momentin yarısından daha az olur. Güçleri 51 - 500 HP arasında olan BS2613 tipi motorlarda maksimum moment tam yükteki momentin 1,75 katıdır. (+) Böylece BS tipindeki bir motorun dar sınırlar arasında imal edilmiş olmasından iki faza kalma halinde devrilme durumuna geçeceği tahmin edilir. Bu durum milinden çekilen güce de bağlı olacaktır. Fakat pratikte çok sayıda orta ve küçük boydaki motorlar tam takatinin % 50 - 80 ninden fazla yükte çalıştırılmazlar ve o zaman motor dönmesine devam edecektir. Eğer santrifüj pompa, kompresör veya bir hava vantilatörü tahrik ediliyorsa devrilme ihtimali daha da azalır. Bu cins yüklerde tahrik momenti hızın karesiyle değişir. Endüksiyon motorunun bu cins yükleri tahriki esnasında iki fazda kalmasıyla rotor kayması artacağından buna bağlı olarak yük momenti de görünür şekilde azalır. Tahrik karakteristiği hakkında tam ve hatasız bilgilere sahip olunan yüklerde" iki faza kalmadaki motor akımları önceden tahmin edilebilir. Cetvel (1) ve şekil (6d) de yük ve motor karakteristiklerine bağlı olarak akımda mümkün olacak değişimler gösterilmiştir.

#### Motorun iki fazda analizi:

İki fazda kalan endüksiyon motorunun analizi simetrik bileşenler metodu ile çok kolay yapılır. Çözüm için iki fazlı dengesiz sistem, üç ayn dengeli sisteme dönüştürülür. Üç fazlı bir dengesiz gerilim sistemi, üç simetrik bileşen sistemine — pozitif gerilim bileşeni, negatif gerilim bileşeni, sıfır gerilim bileşeni — ayrılır. Bu gerilim bileşenlerinden her birinin motorun ait oldukları empedanslar üzerinde tesirleri olur.

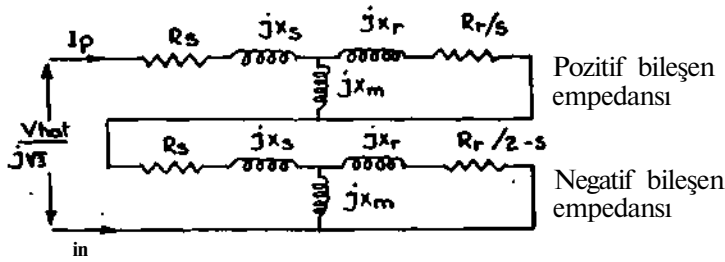
(+) Çevirenin notu: VDE nizamnamesine göre

$$re \text{ bu oran } k = \frac{M_{max}}{M_{norm}} = 1,6 - 2,5$$

olarak tayin edilmiştir.

Sükunet halinde moment	Sıfır
Sükunet halinde akün (iki faz hattında)	Normal yol alma akımının % 87'si (yol alma akımı 6 x tam yük akımı olduğundan) değeri 5,2 x tam yük akımı olur.
Boşta çalışma akımı (iki faz üzerinde)	Normal boşta çalışma akımının % 173, bazı dört kutuplu motorlarda tam yükteki akımdan % 35 az, bazı oniki kutuplu motorlarda ise % 150 oranında tam yük akımından fazladır.
Çıkış momentini	Yaklaşık olarak normaldeki gibi yansır.
Tam yükte akün (iki faz hattında)	Motorun devre dışı olmadığı İmallerde tam yük akımının % 200 - 270 kadar
Hız	Azalı. Bakınız Şekil (6a)

Cetvel: 1 — iki fazla kalma halinde motor karakteristiklerinin yaklaşık olarak özeti.

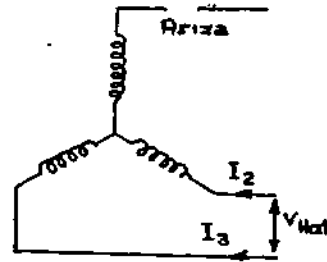


Şekil: 4 — iki fazda eşdeğer devre şemast

Pozitif yöndeki gerilim bileşeni pozitif yönde bir döner alan doğurur, negatif yöndeki gerilimler negatif yönde bir döner alan hasil ederler, sıfır-bileşeninde gerilimler birbiri ile aynı fazda ve sabit olup harmonikleri yoktur. Üç faz sargısında bir mağneto motor kuvvet (mmk) hasil etmezler. Motor m.m.Jc dalgasında umumiyetle hissedilir derecede harmonikler vardır. Sıfır bileşenin akıtacağı akıma bağlı olarak kalıcı m.m.k. doğuran üçüncü harmonik mühimdir. Bununla beraber sıfır akım bileşeni (üçgen bağlantıda devrede akar, yıldız bağlantı da toprağa geçer.) şebekede simetrisizlik yoksa mevcut olmayacaktır.

Simetrik olmayan çalışmada sınır şartlar göz önüne alınarak elde edilen eşdeğer devreden görüleceği gibi sıfır akım bileşeni yoktur. Pozitif ve negatif akım bileşenleri eşit değerde fakat zıt yöndedirler. Aynı zamanda pozitif ve negatif gerilim bileşenleri arasındaki fark mutlak değer olarak tatbik edilen orijinal dengeli faz gerilimine eşittir. Demir ka-

yıplarının ihmal edilmesi ile iki fazda çalışma şekil (4) de gösterildiği gibidir.



$$I_1 = a I_2 + a^2 I_3$$

$$I_0 = a^2 I_2 + a I_3$$

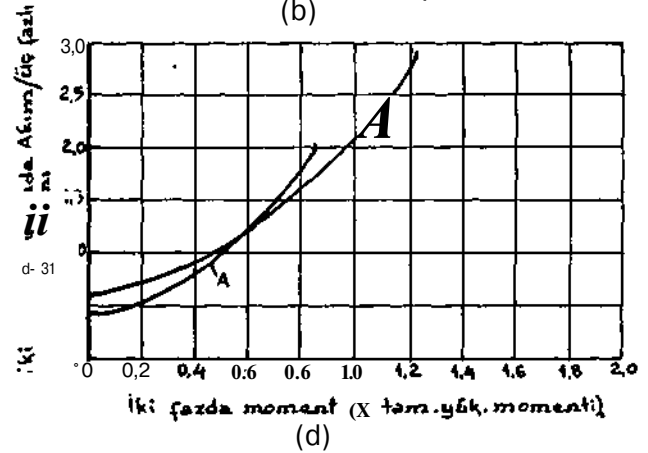
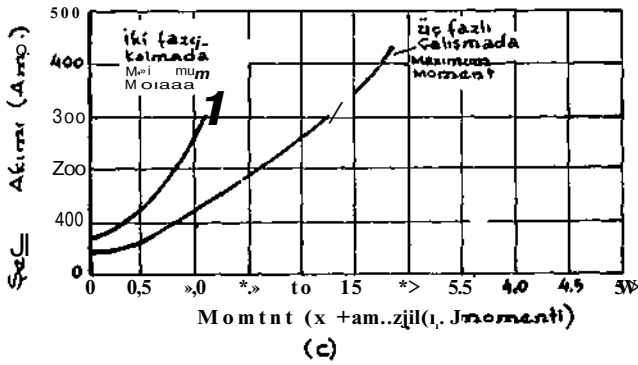
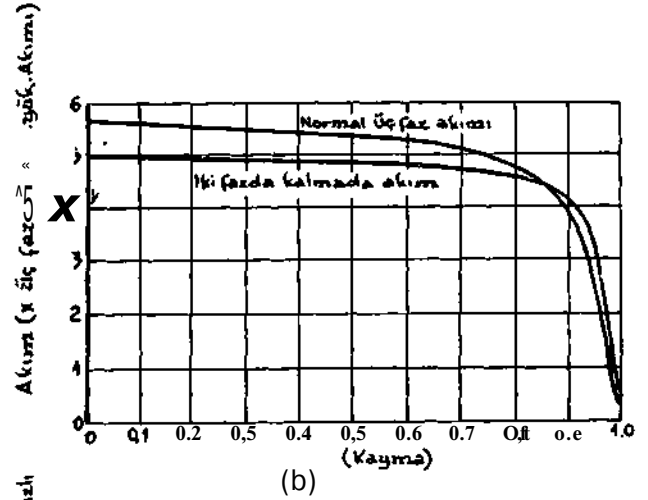
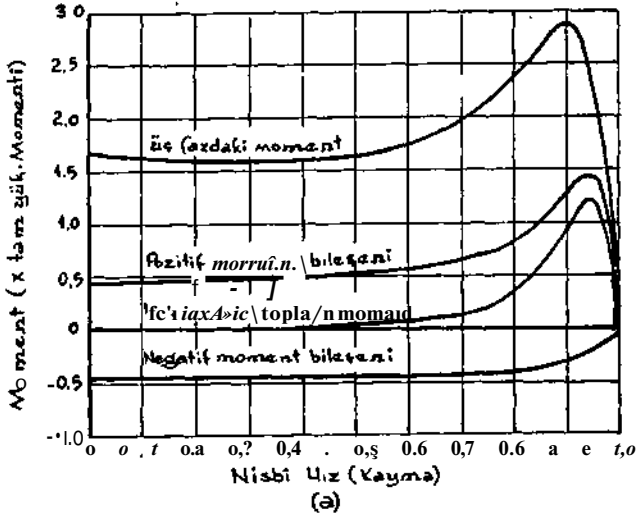
$$\left( \begin{matrix} 2X \\ jI \end{matrix} \right)$$

(Burada  $a = -E$ )

$$I_p = -I_0 \text{ den}$$

$$I_3 = -I_0 = I_p (a^2 - a) = -j \sqrt{3} I_1$$

Şekil: 5 — Bir yıldız sargısının iki faza bağlantısı.



Şekil: f6 a, b, c, dj — Üç fazlı ve iki fazlı çalışma karakteristiklerinin mukayesesi (6d) deki A eğrisi kalkma akımı  $4,2 X$  tam. yük. akımı olan motora aittir. Maksimum moment  $2,0 X$  tam. yük. momentidir. B eğrisine ait motorun karakteristikleri ise kalkma akımı;  $6,0 X$  tam. yük. akımı ve Maksimum moment  $2,9 X$  tam. yük. momentidir.

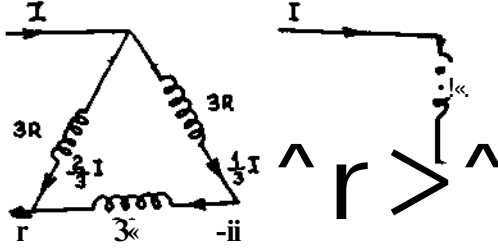
Pozitif bileşene ait empedans kıymetleri dengeli üç fazlı sistem için kullanılan devre değerleri ile aynıdır. Negatif bileşene ait empedanslar için rotor kaymasının negatif yöndeki döner alana nazaran  $(2 - S)$  olduğu malumdur. Rotor frekansındaki bu değişmeden dolayı rotorun negatif rezistans ve reaktansları derin oluk tesiri ile büyür. Kaymanın herhangi bir değeri için  $I_p$  ve  $I_n$  pozitif ve negatif akım bileşenleri olduğuna göre eşdeğer devre çözümlenebilir. Burada yıldız bağlı stator sargısı ele alınmakta (üçgen sargı farklı sınır şartları ile analiz edilir, veya üçgenen yıldız transformasyon uygulanır.) ve  $I_1$ ,  $I_2$  faz akımlarıdır. Şekil (5) de  $I_n$  ve  $I_1$  cinsinden standart değerleri verilmiştir.

Neticeden görülüyorki iki fazlı beslemede şebeke akımının büyüklüğü eşdeğer devredeki akımın  $\sqrt{3}$  katıdır. Senkronlayıcı moment watt olarak negatif ve pozitif yöndeki dönere-

lan momentlerinin farkıdır. Bunların her biri rotor gücü olarak ele alınırsa,  $TO$  ve  $I^2R (2 - S)$  şeklinde bulunur. Durma esnasında  $(S = 1)$  olacağı için pozitif ve negatif bileşenlere ait devreler ve momentler eşit olup bu anda toplam moment değeri sıfırdır. Gene görülebilir ki motor dururken her iki faz hattı üzerinde iki fazda kalma akımı normal yol alma akımının  $\sqrt{2}/2$  si kadardır.

Dört kutuplu,  $N = 100HP$  lik kapalı tip, soğutma pervaneli bir motora ait çalışma karakteristikleri Şekil (6) da gösterilmiştir. Bu motorun ortalama değerlerden oldukça yüksek maksimum moment  $2,06/1$  olarak Şekil (6d) deki gibidir. Eğer bu uygulama değiştirilmeden rutubete karşı muhafazalı  $N = 120HP$  lik motorda yapılsaydı oran  $2,74/1$  olarak artardı. Bu da motorun yüklenme durumu ile çıkış gücü arasındaki

münasebeti gösterir. Çeşitli yapıdaki motorların teferruatlı özelliklerine girişmeden söylenebilir ki küçük çıkış gücüne sahip bir motor fazla iki faza kalma akımı çeker, aksi halde aşın yüklerde devre dışı olur. Cetvel (1) de iki faza kalma olayının genel neticelerinin bir özeti verilmiştir.



Şekil: 7 — Eşdeğer yıldız ve üçgen bağlantılar

- I = Tek fazdaki akım.
- R = Yıldız bağlantılı motorun her faza ait stator sargısının direnci.

#### Statorun Isınması:

Üçgen bağlı bir motorda şebekeden çekilen akım motor iki faza kalınca, her iki koldaki empedanslara bağlı olarak Şekil (7) de görüldüğü gibi kollara ayrılır. Aşın yüklenen sargıdaki akım hat akımının % 67 si kadardır. (Simetrik üç fazlı çalışmada sargı akımı  $I/\sqrt{3} \times$  hat akımı yani 0.58 dir.) Toplam motor ısınması üçgen veya eşdeğer yıldız bağlı haller için aynıdır. Fakat daha önce izah edildiği gibi şebeke akımının kollara ayrılmasından münferit olarak her sargı birbirinden farklı ısınır.

Yıldız bağlantı:  $I^2R, I^2R, 0...$  toplam  $2PR$

Üçgen bağlantı.  $4/3 I^2R, 1/3 I^2R, 1/3 I^2R ...$  toplam  $2I^2R$

Burada görülebilir ki üçgen bağlı motorda bir faz sargısı yıldız bağlı duruma nazaran daha çabuk ısınacaktır. Tam yükte iki faza kalma akımı normal haldeki tam yük akımının en az iki katı olacağından ( $2 I_{\text{max}}$ ) üçgen bağlantıda aşın yüklenen faz sargısına ait ısı kayıpları  $4/3 (2 I_{\text{max}})^2 R = 16/3 I_{\text{max}}^2 R$  olur. Burada normal faz kayıpları olsaydı

$$\left( \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{3}} \right)^2 \cdot 3R \text{ den netice olarak } I_{\text{max}}^2 R \text{ bulunur.}$$

Bu sebeple bu faz normal çalışmadaki kayıplara nazaran beş misli fazla ısı kayıplarına maruz kalacaktır. (Eşdeğer yıldız bağlı devreden  $4/3 - 1 = 1/2 = \% 33$  daha fazladır).

Pratikte yapılan gözlemler üçgen bağlantılı motordaki akım dağılımının fazla yüklenen

sargıda % 10 - 20 nisbetinde verilen değerden yüksek olabileceğini göstermiştir. O zaman bu fazın kayıpları normal yükteki kayıplardan sekiz misli daha yüksek olur. Önceden bildirildiği gibi meydana gelen aşın ısınma bobin başlarından ısı kayıpları olarak yayılır, veya ciddi bir zarar doğurur.

#### Rotorun Isınması:

Pozitif yöndeki momentin dönmeyi sağlayabilmesi için normal üç fazdaki momentten negatif yöndeki momentini yenecek kadar fazla olması gerekir. Böylece pozitif bileşene ait bakır kayıpları normal çalışmadakinden fazla olacaktır. Diğer çok mühim kayıplarda, negatif gerilim bileşenine bağlıdır. Dengesiz 50 frekanslı beslemeden doğan ters yöndeki döner alan rotorda yaklaşık olarak 100 frekanslı rotor akımları doğurur. Hususi surette şekillendirilmiş rotor iletkenleri kullanan modern kısa devre sincap kafesli motor rotorlarında derin oluk tesiri ile rotor direnci bu akımlara karşı arttırılır. Yukarıda daha evvel bahsi geçen  $N = 100\text{HP}$  'lık dört kutuplu soğutma pervaneli kapalı tip motorda 100 Hz. lik akımlara karşı rezistansı doğru akım veya alçak frekansdaki rotor rezistansının beş mislidir. Eğer negatif ve pozitif yöndeki akım bileşenlerinin değerleri aynı olursa negatif bileşene ait bakır kayıpları pozitif bileşeninkinden beş misli fazladır. Bunun manâsı toplam bakır kayıpları üç fazlı simetrik çalışmadakinden altı misli olacak demektir. Büyük makinelerde T şeklinde iletkenli rotor olukları kullanılır. Bu suretle 100Hz lik akımlara karşı rezistans daha bariz olarak artar.

Sükûnet halindeki toplam bakır kayıpları üç fazlı durumdaki kayıpların yansı kadar olacaktır. Hava aralığındaki fluks dağılımının sinüsoidal şekli ve neticesinde rotor çubuklarında endüklenen akımların değişimi göz önüne alınırsa maksimum akım taşıyan çubuklardaki bakır kayıpları ortalama çubuk kayıplarının iki katıdır. Böylece iki fazlı beslemedeki bakır kayıpları bu çubuklar üzerinde sükûnet halindeki üç fazlı kayıplar mertebesinde. Bu da herhangi bir tipdeki rotor yapısının çabuk hasarına sebep olur.

#### Motorun korunması:

Genellikle orta ve küçük güçteki bütün motor kesicileri termik aşın akım röleleri ile donatılmıştır. Bu röleler motorun ısınma karakteristiğinin yol alma esnasında değişmesi, koruma elemanlarının ve diğer unsurların mümkün olabilecek aksaklıkları göz önünde tutulursa, tam ve hatasız olarak tek bir röle ile korumanın zorluğu aşıkardır.

Bazı zamanlar aşın yükü devrilmeye karşı bilhassa kalkış anlarında ilave bir röle lüzumludur. BS3613 Ve BS2960 tiplerine göre hazırlanan motorların aşın yük kapasiteleri fazla değildir. Artan ekonomik baskılara bağlı olarak motor boyutları daha da küçültülmektedir. Arzu edilen sınırlar içinde kalınacak şekilde motor imalatı artmaktadır. Motorda maksimum bir sahada kafi derecede korumanın tatbikindeki güçlükler tamamiyle anlaşılmıştır, tki faza kalmaya karşı uygulanacak koruma bu genel problemin bir yüzüdür.

Yıldız bağlı motorda faz akımı, şebeke akımı olup bir ölçü aleti ile tesbit edilebilir. Daha az ölçüde koruma problemine sahiptir. Bununla beraber küçük ve orta boy makinelerin büyük kısmı üçgen sargılı olarak imâl edilirler. Böylece yıldız - üçgen anahtarla yol verme mümkün olur.

Yukarıda daha evvel bahsedildiği gibi iki faza kalmada motor fazlarından biri Uç fazlı çalışmaya nazaran en az % 15 daha fazla şebeke akımı çeker. Bu-da besleme hattı üzerine konacak herhangi bir koruma cihazı için ilâve problem yaratır.

İyi hazırlanmış modern küçük şalterlerde termik aşın akım rölesi bulunur. Bu üç adet bi-metal şeritli diferansiyel mekanizmalı röle, ısınma ve soğuma hepsinde aynı oranda ve aynı zamanda olmazsa, hata yapar, tki faza kalmada arızalı çalışma süresi 1 - 2 dakika olarak iddia edilir. Standart boyutlardaki BS2960 tipi motorlarda bu period içinde ilave sıcaklık yükselmesi 35°C yi geçmeyecektir. Ani izolasyon delinmesi gibi bir tehlike de yoktur. Sincap kafesli asenkron motorların rotorlarında döküm alüminyum yapı umumiyetle bu zaman içinde tahrip olmaz. Yalnız rotor çubukları ile demir saçlar arasında ısı transferini sağlayacak ve iletkenlerin normalden fazla ısınmasını önliyecek tam temas olmalıdır. Kısa devre halkası ve çubuk sıcaklıklarının yükselmesi iki fazda kalma süresini sınırlar, (önce de izah edildiği gibi 100 Hz frekanslı akımlara karşı rotor direnci rotor çubuklarının gerçek dirençlerinden çok fazla olabilir.)

İki faza kalma olayına karşı hassas bir koruma çabası rölenin yapısı ve fiatı ile oldukça değişir, tki fazda kalma akımı motor şebeke akımından hissedilir derecede farklı olursa bu diferansiyel mekanizmalı röle söylendiği gibi genellikle bir iki dakika içerisinde çalışır. Rölenin tasarlanan yapısına göre minimum iki fazda kalma akımı motor akım nisbetinden daima yüksektir. Bu normal gücünün % 50 - 70 ile çalışan çok sayıda küçük ve orta boydaki üçgen bağlı motorlarda koruma zorluğu doğurur. Parklı motor yapılarında iki fazda

kalma akımının bu kısmı üç fazlı beslemedeki akımdan biraz büyük veya eşit olabilir. Eh küçük iki fazda kalma akımı % 105 tam yük akımı kadardır. Ve rölenin imalat toleransı % 10'dur. Bir motorda fazla yüklenen fazın akımı % 133 nisbetinde arızasız normal akım değerini çekebilir. İmalâta fazla yüklenen faz sargısı şebeke akımının 3/2 sini taşır. Daha evvel açıklandığı gibi pratikte faz akımı % 10 - 20 nisbetinde diğerlerinden fazla olabilir. Bu durumda % 133 değeri akıma göre rahatlıkla % 146 - 160 değerini bulur. Stator sargılan için bu istenmez zira izolasyon bozulmasına ve motorun yanmasına sebep olabilir.

Çok hassas diferansiyel cihazlar az yüklerde hata yapacaklardır. Dolayısı ile motor aşın ısınma tehlikesinde olmadığı zamanlarda istenmiyen aksaklıklara sebep olacaktı dü-şünülebilir. Bununla beraber bir aksama belirmeden motor iki fazda kalkışa zorlanabilir. O zaman motor sükûnette kalacak ve çabuk ısınacaktır.

#### Sıcaklığın direkt tesbiti:

Kullanılan herhangi bir aşın akım cihazı indirekt yolla motor sıcaklığını ölçme işlemi yapar. Azalan motor vantilasyonundan doğan ısınmaya karşı çok dikkatli ayarlanmış bir röle ile dahi koruma sağlanamaz. Bu vantilasyonun azalması dahili hava deliklerinde ve hava filitresi girişlerinde basıncı düşmesi ile belirir. Sirkülasyonlu soğutmada yardımcı aspiratör ünitesindeki arıza motora alınacak havayı azaltabilir. Ancak bu yollarla koruma elde edilebilir.

Son senelerde motor sıcaklığını doğrudan doğruya gösteren cihazların yapımı ve termokupl ile çalışan sıcaklık göstericileri daha çok yüksek gerilim motorlarında kullanılmaktadır. Küçük ve orta boydaki alçak gerilim motorları için bi-metal termikli şalterler kullanılmaktadır. Bunlar motor sargısının bobin kenarlarına konarak her üç fazı da koruyacak şekilde belli bir sıcaklıkta açık veya kapalı durumda olurlar.

Elde edilen gelişmeler bu cins cihazların boyutlarını ve termik ataletlerini azaltmış olup stator sargılanndaki aşırı ısınmalan çok çabuk duyarlar. Bununla beraber en iyi koruma son senelerde tanıtılan termistörlerle sağlanır. Bunlar çok iyi şekilde bir araya getirilmiş yan iletkenlerdir. Doğrusal olmayan bir şekilde sıcaklık/direnç karakteristiğine sahiptirler (motor sargısına yapıstırılır). Pozitif sıcaklık sabitesine sahip (bu memlekette çok kullanılan) tiplerin kritdk bir sıcaklığa kadar hemen hemen dirençleri sabit değerdedir. Bunun üstündeki sıcaklıkta direnç bir kaç yüz misli artar. Bu değişme olayı koruma devre-

sini harekete geçirir. Thermistörler üç fazlı zorlu çalışmalarda, iki faza kalmada stator sargılarının kâfi derecede korunmalarını sağlayan hızlı bir duyarlığa sahiptirler.

Bahsi geçen metodlardan hiç birisi orta ve büyük tip motor rotorları için iki faza kalmada direkt olarak koruma yapamazlar. Rotorların ısınma ve termik kapasiteleri esas problemi verir. (Bak. kısım rotorun ısınması)

İki fazda kalmaya karşı fazlar arasındaki dengesizliklere göre çalışan veya zaman ayarlı negatif yönlü aşın akım rölesi gibi çoklu niteliklere dayanan bir koruma elde edilebilir. Bunların fiatı tabii ki genellikle küçük motorlardan meydana gelmiş bir gruba veya büyük motorlara uygun gelir. Ucuz ve sağlam transistorlu bir faz arıza rölesi son senelerde meydana çıkmıştır. Fazlardan her hangi birisinde % 15 gerilim düşmesi olunca çalışmakta ve faz denge rölesine lüzumlu değişikliği vermektedir.



(a)



(b)

Şekil: 8 — Yağlı bir şalterin bozulmuş kontaklarının iki görünüşü.

#### Koruma sisteminin bakımı:

Koruma sisteminin yeterli derecede bakımı iki fazda kalmaya karşı lüzumlu bir ön tedbirdir. Şekil (8a) ve (8b) de gösterilen yağlı şalterin kontaklarının durumu şekil (1) ve (2) deki motorların yanmasına sebep olmuştur.

Kontakların yanma ve bozulması ile meydana gelen arızada orta kontağın faz devresini tamamlamadığı görülür. Tesisatın bakımında kontrol periodu 12 hafta olmalıdır. Bu süre içinde şalter kontaklarında karıncalanma ve yanma sebebi ile değiştirme icab edebilir. Motor arızalanmalarından sonra yapılan tetkikte şalter kontaklarının sadece beş hafta sonra aralıklı çalışma şartlarında kısmen yandığı görülmüştür.

#### Netice:

Bazı hallerde mevzî şartlar özel problemler doğurunca alıcı yıldız bağlantılı motor tercih ettiğini bildirebilir. İstatistiklere göre bu isteğin dayanacağı belirli bir esas yoktur. Fakat aşın akımla koruma işleminde yıldız ve üçgen bağlı motorlar arasındaki ısınma farkı bir hakikattir. Küçük ve orta boy motorların büyük çoğunluğu direkt olarak yol vermek veya yıldız üçgen şalterle yol verebilmek için tabüki üçgen bağlı olarak imal edilirler.

Hatasız bir şekilde stator sargı sıcaklığına bağlı çalışan termostörlerin tanıtılması ile üçgen veya yıldız her iki cins sargıyı hız motorların korunmasında ani ve tam koruma mümkündür. Genellikle thermistörlerin tahdit edümlü kapasite özelliklerinden, şimdiye kadardır kullanılmakta olan termostat tipi termik anahtar devrelerinde olduğu gibi koruma devresi, kumanda vazifesi gören kontrol akımını direkt üzerinden geçiren devreler kadar basit değildir. Thermistörün sağladığı bu gelişmiş korumadan başka ayarlanabilme özelliği de vardır. Büyük makinalarda rotor yapısı alüminyum döküm olmayan rotorlar esas güçlüğü yaratır. Bunlar stator ısınmasını hissedilen cihazların varlığı ile korunamazlar. Daha ileri şekilde korumalar lüzumlu olabilir. Sigorta vanasından doğan iki faza kalma olayı, sigorta ile korumanın fazla olduğu, yüksek erilim motorlarında problemin daha da genişlemesine sebep olur.

#### Referans:

WAGNEB, C. F. ve KVANS, R. D. «SYMMETRICAL COMPONENTS» McGraw - Hill 1933.