

# Elektrikli Tahrik Sistemlerinin Ekonomik Boyutlandırılması

Yazan:

**Dr. H. SCHAEFER**  
**T. H. Karlsruhe**

Çevirenler:

**Belika URAL**  
**Dr. Atıf URAL**  
İTÜ

## ÖZET

*Bu yazıda, elektrikli tahrik sistemlerinin ekonomik boyutlandırılmasının nasıl yapılması gerektiği anlatılmıştır, özellikle de aşırı boyutlandırmanın sakıncaları, doğru olarak boyutlandırılması ve kayıpların azaltılması gibi ana problemler incelenerek, pratik örnekler verilmiştir.*

## SUMMARY

*in this paper is how to be done the economic dimension of electric drive systems explained. Essentially the disadvantages of overdimension and the problems, for example how the exact dimension, how the reduction of losses should be done studied and the practical applications are given.*

## 1. ÇOĞUNLUKLA PEK FARKEDİLMEYEN BİR RASYONELLEŞTİRME ALANI

Elektrikle ısıtmadaki enerji tüketimi gözönüne alınmazsa, endüstrideki elektrik enerjisi tüketiminin % 10 u aydınlatmaya, % 90 ı tahrike gitmektedir. Kuvvet gerekmesini karşılamak için gerekli olan enerji tüketimi, bununla ilgili ücret giderlerinin genellikle düşen eğilimde olmalarına rağmen, verimliliğin artmasındaki çabaların kuvvet gerekmesini ve dolayısıyla mutlak olarak akım giderlerini arttırdığı oranda, işletmenin giderlerinin biçimini etkiler. Çoğunlukla işverenler bu gerçeği

pek bilmezler, çünkü hazırlanan malın birimi başına ücret giderleri kuruşuna kadar hesaplandığı halde, bugün için üretimle ilgili ücret giderlerinin % 50 veya daha fazlasına erişen enerji giderleri tahminlere göre ve çoğunlukla yanlış rakamlara dayanılarak bulunur. Şimdiye kadar, sıcaklığın yoğun olduğu işlemlerde (kurutma v.s.) bile, enerji giderleri artmakta ve kısmen sıcaklık gerekmesi için gerekli olan giderlerden daha fazla bulunmaktadır.

işletmede, enerji fiyatlarını uygun olarak etkilemek için, çeşitli olanaklar vardır. En önemlileri olarak şunları sayabiliriz:

Transformatörler dahil, elektrikli dağıtım tesislerinin gruplandırılması, doğru boyutlandırılması,

Gücün maksimum değerlerinden kaçınılması,

Reaktif akım kompanzasyonu,

Elektrikli tahrik sistemlerinin doğru boyutlandırılması.

Herşeyden önce, işletmede elektrikli tahrik sisteminin boyutlandırılmasında, genellikle pek az önem verilir. Herbir tesisdeki mal birim parçası başına enerji tüketimine ait gerekli sayısal materyalin eksikliği, burada ortaya koyulan üretim giderlerinin azaltılması olanaklarının tanınmasının nedenidir. Bu, hem yeni yapılabraklarda hem de tesis edilmiş motor düzenleri için geçerlidir.

## 2. AŞIRI SOYUTLANDIRMANIN SAKINCALARI

Tüketim makinelerinin kuvvet gerekmesinin gerçek rasyonel olarak karşılanması da herşeyden evvel, elektrik motorları özelliklerine ait bazı bilgileri gerekli kılar. Endüstrideki tahrik sistemlerinin yaklaşık % 95 i alternatif akım kısa devre motorlar olduklarından, burada bunlara ait en önemli özellikler ele alınmaktadır.

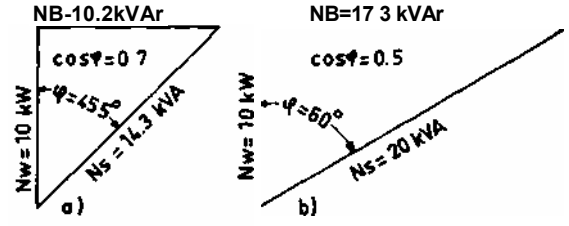
### 2.1. Aşırı boyutlandırmanın sakıncaları

Alternatif akım kısa devre motorlarının durumu ve yüklenebilirlikleri :

Her tahrik sistemi, statorun gücünün rotora taşınmasında gerekli magnetik alanın tesisi için, bir mıknatıslanma akımını ve ayrıca mile verilen mekanik enerjiyi ve sürtünme, hava aralığı ve akım ısı kayıplarını karşılamada gerekli bir aktif akımı gerektirir, işi aktif akım yapar, mıknatıslanma akımı reaktif akım olarak işaretenir.

Aktif ve reaktif akımın, dolayısıyla aktif güç  $N_w$  ve reaktif güç  $N_B$  nin  $N_s$  görünen gücünü oluşturdukları, Şekil 1 deki dikaçlı üçgenlerden görülür.

Aktif ve görünen güçler arasındaki oran, yani tp açısının kosinüsü güç faktörü olarak adlandırılır. Bu güç faktörü aktif gücün görünen güce olan katkısını gösterir.



Şekil 1.

Normal olarak motorlar, tahrik milinde güç plakasında verilen güç ile, sürekli olarak zarar görmeksizin, yüklenebilirler. Bu daima verilen mekanik güce tekabül eder, bunu alınan aktif güç ile karıştırmamalıdır. Bir örnek ile açıklayalım. Bir motorun güç plakasında, örneğin şu büyüklükler bulunsun :

$$\begin{aligned} N &= 18,5 \text{ kW} \quad U = \\ &220/380 \text{ V} \quad I = \\ &64/37,5 \text{ A} \quad \cos \phi < p \\ &= 0,86 \quad n = 1450 \\ &\text{d/dak} \end{aligned}$$

Bu büyüklükler, motorun sürekli olarak 18,5 kW lık bir mekanik güç verebileceğini gösterir. Eğer motor 220 V ile işletilirse (bu halde üçgen bağlanmıştır), milin tam yüklenmesinde yani 18,5 kW lık nominal güç (nominal işletmede) 64 A çeker. Güç faktörü 0,86 ya ulaşır. Şayet motor, 380 V luk işletme gerilimi ile işletilirse (bu halde motor yıldız bağlanmıştır) 37,5 A çeker, güç faktörü yine 0,86 dır. Söz konusu motor, 4 kutupludur ve dönü sayısı 1500 dönü/dak. dır. Bu (senkron) dönü sayısına ancak boşa yaklaşık olarak erişilir. Motor milinin nominal güç ile yüklenmesinde dönü sayısı, verilen değer olan 1450 dönü/dak. ya düşer.

Bu verilenlerden, nominal işletmedeki alman aktif güç hesaplanabilir:

$$N = U.I.\cos\phi \sqrt{3}$$

$$N = 380.37,5.0,86.1,73 = 21,2 \text{ kW}$$

21,2 kW hk alman hakiki güç ile 18,5 kW lık mekanik nominal güç arasındaki 2,7 kW hk fark, motorun nominal işletmedeki kayıplarını gösterir. 18,5 ile 21,2 büyüklükleri arasındaki oran ise  $T_n = 0,87$  nominal verimi saptar.

Bir elektrik motorunun yüklenebilirliğini iki büyüklük sınırlar, ilk olarak sargının ısınma sıcaklığı gelir. Bu, VDE 0530. S. 33'ye göre saptanan ve sargının izolasyon sınıfına göre güvenilir olan sınır sıcaklığı aşmamalıdır.

Bugünkü izolasyon maddelerinde, 60°C nin oldukça üstünde bulunan karkas (motor gövdesi) sıcaklıkları bulunur. El koymakla yerinde yapılan normal motor yüklenmesi kontrolü,

bütünüyle yanlıştır. Yukarıda söylenen VDE yönetmeliklerinde ayrıca tahrik sisteminin sıcak işletme durumunda genellikle 2 dakika boyunca, hiçbir zarar vermeksizin ve bir kalıcı şekil değişikliği oluşturmaksızın, 1,5 katı aşırı akıma dayanabilmeğe zorunlu olduğu saptanmıştır.

Yüklenebilirliği sınırlayan ikinci büyüklük, devrilme momentiyle ilgilidir. Bu moment, motorun aşın yük dolayısıyla hareketsiz kaldığı dönme momentidir ve nominal yükteki (nominal moment) dönme momentinin en aşağı 1,6 katı olmalıdır. Fakat pratikte genellikle iki katın da epey üstünde bulunur.

Kısa devre rotorlu motor bu kadar sağlam olsa bile, yine de belirli bir bakımı gerektirir. Özellikle, motorların aşın derecede kirlenmelerini her şeyden önce, soğutma yarıklarının olup olmadığı kontrol edilmelidir. Birçok durumlarda sargıların yanması aşın yüklenmeden ileri gelmeyip izolasyon maddelerinin elektriksel sağlamlığını çok düşüren, sargılar üzerindeki kirin etkisinden oluşur, özellikle, dö-küm tozu izolasyona mekanik olarak çok zarar verir. Ayrıca motorun yapımında, soğutma havasının giriş ve çıkışına engel olunmamalıdır.

Makine yapımcılarının kısmen dikkatsizlikleri yüzünden çoğunlukla böyle pek çok eksikliklere rastlanır.

## 2.2. Motor kayıpları ve etkileri

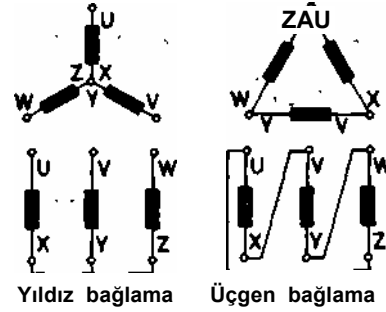
Mıknatıslanma akımına olan gereksinim ve dolayısıyla bir tahrik sisteminin reaktif güç alması her şeyden önce motorun büyüklüğüne bağlıdır. Boşta çalışmada reaktif güç zaten oldukça büyüktür, halbuki aktif güç boşta çalışmada küçüktür ve yükte yaklaşık lineer olarak artar. Aktif gücün görünen güce oranı yani güç faktörü, her tahrik sisteminde, boşta çalışmada ve motordan en az yararlanıldığı durumda en fenadır. Yük nominal güce yaklaştığı oranda bu faktör iyileşir.

Bunu daha iyi açıklayabilmek için. Şekil 1, 21 kW ve 38 kW güçlerindeki motorlarda aynı bir 10 kW lık aktif güç alınışındaki görünen ve reaktif güç almışlarını göstermektedir. 21 kW lık motor % 50 lik bir yararlanma durumunda, 10,2 kVAR lık reaktif gücü, 143 kVA lık bir gözükten gücü gerektirir. Güç faktörü 0,7 ye ulaşır.

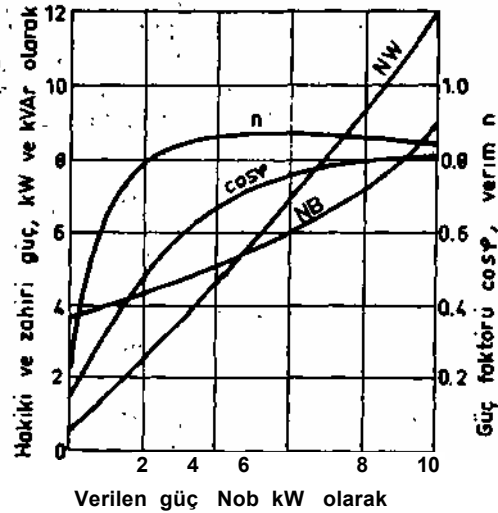
Yaklaşık dörtte bir oranında yararlanılan 38 kW lık bir motor 17,3 kVAR lık bir reaktif güç değerindedir, gözükten gücü 20 kVA e ulaşır. Güç faktörü bu durumda 0,5 değerindedir. 38 kW lık bir motorda dağıtım iletkenleri ve trans-

formatörlerdeki ısı kayıptan 21 kVf hktakine göre üç kat daha büyüktür. Orantılı olarak, motor kayıpları da tam yükte en azdır. Dolayısıyla verilen 'mekanik gücün alınan aktif güce oranı ojan verim,-tahrik sisteminden yararlanmanın artmasıyla artar. Şekil 1 deki örnek de bunu açıklar, 21 kW lık motor 10 kW lık bir aktif güç alınışında, miline mekanik enerji şeklinde 8,5 kW verir. Bu yükte kayıplar 1,5 kW a ulaşır. 38 kW lık motor ise yalnız 8,1 kW verir. • Kayıpları ise "1,9 kV-olup 1,25 kat-daha büyüktür. •••

Kötü- yüklenmiş bir motor, iki nedenden dolayı, aynı amaç için kurulmuş iyi yüklenmiş motora göre, -daha yüksek işletme enerjisi giderlerini gerektirir. Yüksek bir yol alma gereği nedeniyle de gereksiz kayıplar oluşabilir," çünkü yol alma akımının büyüklüğü motorlarda yalnız kendi büyüklüklerine bağlıdır. Bu nominal akımın yaklaşık 6 ile 7 katına ulaşır ve motorun boşta veya yükte yol almak gerektiğinde ölüp olmamasından etkilenmez. Dolayısıyla görülür ki, büyük boyutlandırılmış tahrik sistemleri-yol almada bile çok uygunsuzdur ve gereksiz yüksek gerilim düşümlerine neden olur. •••



Şekil 2.



Şekil 3.

Ayrıca dikkat edilmesi gereken bir nokta da, verilen aynı güçler için güç faktörü ve verim, motorun nominal dönü sayısı ne kadar yüksek ise o kadar artar. Dolayısıyla, iyi bir dönüştürücü sistem (küçültme kutusu) ile, dönü sayısı yüksek bir tahrik sistemi kullanmak, devir sayısı alçak bir sistemi kurmaktan çoğu kez daha uygundur.

Tahrik sistemi araştırmaları göstermiştir ki, doldurma aralıklarında ve hatta işletme aralıklarında bile, işletme tekniği bakımından gerekli olmamakla birlikte, makinelerle ait tahrik sistemlerinin çalıştığı sık sık görülür.

Diğer taraftan boşta güç, çalışma sırasındaki gücün çoğu kez % 40 ile % 70 ni bulduğundan ve boşta çalışma zamanlarının sık sık çalışma zamanlarıyla aynı büyüklükte veya daha büyük olmasından dolayı, boşta çalışma zamanları akım tüketiminin yükselmesinde oldukça önemli rol oynarlar. Bunun için, boşta çalışmaya engel olan her olanaktan muhakkak tam anlamıyla yararlanılmalıdır.

Bunlar için, herşeyden önce olabildiği kadar teknik bakımdan çalışanların yetiştirilmesi ve tahrik sisteminin otomatik olarak devreden çıkmasını sağlayan son nokta anahtarlarının yerleştirilmesi gerekir. Teknolojik koşullar makinelerin çalışmasını gerekli kılmadıkça, boşta çalışmadan kesinlikle sakınmak gerekir. Böylece % 50 ve hatta daha fazla ekonomik yarar sağlanır.

### 3. DOĞRU OLARAK NASIL SOYUTLANDIRILIR?

Başta açıklamalar, motor büyüklüklerinin tahrik edilecek makinelerin güç gerekmesine mümkün olabildiği kadar iyi uyabilmesinin ne kadar önemli olduğunu gösterirler. Fakat genellikle bu durum hiç bilinmez. Karlsruhe Yüksek Teknik Okulundaki enerji ekonomisi araştırma kısmında yapılan araştırmalar birçok endüstri işletmelerinde, tahrik sisteminin oldukça aşırı boyutlandırıldığını göstermiştir. 2000 üretim makinesinin üzerinde yapılan araştırma sonucu göstermiştir ki, tesis edilen motor gücünden ortalama ancak % 30 yararlanılmıştır. Kurulu gücün büyüklüğü satışı etkiler. Çoğunlukla bir makinenin seçiminde, satın alan kimse gerçek güç gerekmesini hesaplamadığından, tahrik sisteminin büyüklüğü son neden olmaktadır.

Kağıt, deri ve tekstil endüstri işletmelerinde de bir çok durumlarda benzer aşırı boyutlandırmalar saptanmıştır. En fazla gerekse bile birçok durumlarda, kurulan tahrik sisteminin nominal gücünden daha küçüktür.

Bu oranların belli bir amaç için kurulan, örneğin otomatikleşmiş üretim kolları gibi kurulumlarda bile hiç bir şekilde daha iyi olmadığı dikkati çekicidir. Burada kullanma faktörleri, universal makinelerdekinden kısmen daha kötüdür.

Dolayısıyla işletmenin, gerçek güç gerekmesini ve bunun için gerekli makinelerden yararlanma şeklini ve miktarını, bilmesi gereklidir. Bu, halen var olan kurulumlar için olduğu kadar, yenileri için de geçerlidir.

#### 3.1. Tahrik sistemleri nasıl ölçülebilir?

Güç gerekmesinin saptanması birçok makinelerde herşeyden önce biçim değiştirmeleri konularına ele alındığında mümkün değildir veya pek az bir doğrulukla mümkündür. Esas olarak, incelemeler yaparak toplanan değerlendirmek gerekir.

«Durchführung und Auswertung von Antrieb-suntersuchungen» '(Tahrik sistemlerinde araştırmaların yapılış ve değerlendirilişi) adlı çalışma raporunda (Berichte der Forschungsstelle für Energiewirtschaft an der Technischen Hochschule Karlsruhe, Sonderdruck aus Heft 4, 1957, Verlag A. Kramer GmbH, Karlsruhe) bu tip ölçülerin ne biçimde yapılacağı ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Az bir gider ile de gerekseme duyulan değerlere ulaşılır. Tek fazlı ölçülerle yetinilir. Tahrik sisteminin simetrisizliği nedeniyle oluşabilecek sapmalar dikkate alındığında, işletme isteklerini yerine getiren bir ölçü sistemi için 500 ile 800 DM yeterlidir.

Bunun için,

1 adet tek fazlı kWh sayacı,

1 adet duruma göre aktif ve reaktif güç ölçme için devreye girebilen vatmetre,

1 adet ampermetre,

1 adet kiloamperkare saat sayacı.

gereklidir. Bütün aletler sekonderi 5 A olan akım transformatörleri için planlanmış olmalıdırlar. Bir devreye girip çıkabilen akım trafosuyla ölçü sistemi çok amaçlı kullanılabilir.

Bu söylenen aletlerle güç gerekmesi ve tahrik sisteminin kullanılma derecesi saptanabilir. Ayrıca tahrik sisteminin aşırı termik tam yüklenmesi de kontrol edilebilir, herbir çalışma bölümü başına güç kullanılması da bu arada bulunabilir. Bu iş insanı zaman boyunca bütün önemli üretim kuruluşları için gerekli ölçümleri yapmaya yöneltir ve yapılan gidere değer.

### 3.2. Yeni yapılacaklarda ve işletmelerin yeniden kontratlarında yapılacak iş

Kuvvet gerekmesi saptandıktan sonra motorların yeniden kurulmasında, satış faktörleri nedeniyle büyük boyutlandırılmış tahrik sistemlerine gidilmemelidir.

Burada diğer bir rasyonalizasyon görüş noktası daha vardır. Bu da motorların tiplerinin düzene sokulması ve güç normlaştırılmasıdır. Sık sık rastlanan, bir tahrik sisteminin gerçek güç gerekmesine kötü bir şekilde uyması hiçbir şekilde bir tiplendirmenin sonucu değildir. Birçok işletmelerde, tip sayısının önemli oranda azaltılması, tahrik boyutlandırılmasının düzeltilmesiyle aynı zamanda yapılabilir. Bu aşağıdaki örnekte açıkça ortaya konulabilir.

Bir transfer yolunda (yürüyen band) 44 motor yerleştirilmiştir, bu motorlar 16 güç çeşindedirler. Dönü sayısı farkları da göz önüne alınırsa, toplam olarak 21 çeşit motor tipi ortaya çıkmaktadır.

Burada amaçlı makineler gözönüne alındığından, arada bir yapılan ve yüksek güç gerekmesi gösteren çalışmaları söz konusu etmek anlamsızdır. En fazla 7 güç çeşidi olması gereken bir sınırlamada, kurulmuş toplam tahrik gücü % 38 azaltılabilir, bu ise oldukça düzeltilmiş motor güçleri uyması ve dolayısıyla enerji giderlerinin azaltılması anlamına gelir. Bu örnekte motorların seçimi 4 güç çeşidinde olmak üzere kısıtlansaydı yine de, kurulu toplam güçte % 15 bir azalma olurdu.

Burada transfer yolu için söylenen, bütün bir işletme için de geçerlidir. İşletmede kullanılan motorların sınırlandırılmasıyla, motorların yatak bakımları ve onarımları için gereken giderlerin azalacağı açıktır. Bütün ayrıntıların açıklanmasına gerek olmamakla beraber, makinelere ait kartların tutulmasının, yukarıda söz konusu edilen karakteristik değerlerin, elde edilen deneylerin, yapılan onarım ve giderlerin bulunduğu motor kartlarının da tutulmasının ne kadar önemli olduğunu hatırlatmak yerinde olur. Bu yöntem, işletmenin ve enerji tüketiminin rasyonelleştirilmesinde büyük yardım sağlayacaktır.

Az yüklenmiş tahrik sisteminin şebekeye bağlantısının değiştirilebilmesi için, işletmedeki gerilime normal olarak üçgen bağlantıyla giren motorlar satın alınmalıdır. Makine alınmasında bu istem ana koşullardan biri olmalıdır. Bir fazlı motor tiplerinden belli bir yatırım göze alınır, örneğin 0,5 den 22 kW a kadar olan güç alanında 5 tip güç vardır. Aşağıdaki tipler satın alınmış olsun:

1,5 kW, 3 kW, 5,3 kW, 11 kW, 22 kW.

Bu tahrik sisteminin yıldız bağlanmasıyla aşağıdaki güçler elde edilir:

0,5 kW, 1,0 kW, 1,8 kW, 3,7 kW, 7,3 kW.

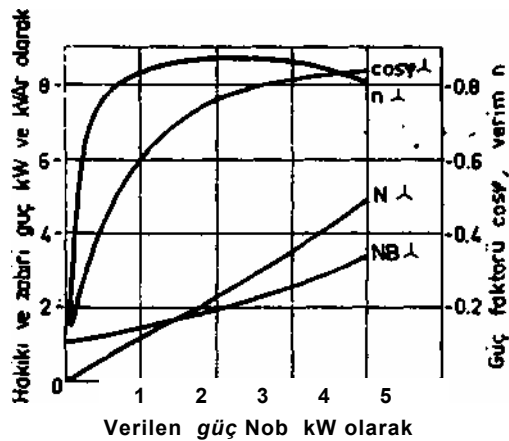
Böylece 5 motor tipiyle 10 farklı güç elde edilir ve bütün durumlarda, verilen güç alanında % 50 nin üstündeki kullanmalara bu güç basamakları olarak verirler, dolayısıyla tahrik sisteminin enerji ekonomisi bakımından uygun olmıyan işletme alanından kaçınılmış olur.

Ölçmeler sonunda tahrik sistemi oldukça büyük boyutlandırılmış bulunursa teknik önlemler ile, hazırlanan materyali giderler bakımından, uygun kılan yardımlar sağlanabilir. Birçok durumlarda tahrik sisteminin aşırı derecede büyük boyutlandırılmasının nedeni, yüklenme ve ısınma ile ilgili gerçek bilgilerin bulunmayıp yalnız, kanılara bağlı bulunulmasıdır. Motorların daha iyi bir biçimde kullanılması veya elektrikli olarak küçültülmesiyle burada da, gelecek bölümde gösterilebileceği gibi, bir avantaj yaratmak olanağı vardır.

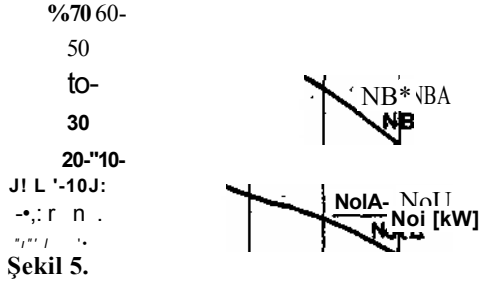
## 4. YANLIŞ BOYUTLANDIRILMADA KAYIPLARIN AZALTILMASI

### 4.1. Çalışma hızının yükseltilmesi

Makinelerde kayıplar çoğunlukla çalışma hızıyla orantılı değildir. Bu bakımdan, bu makineler için yükseltilmiş hızda özgül enerji ve güç gerekmesinin (parça ve kilo başına) azaldığı sonucu çıkar.



Şekil 4.



Buradan açıkça görülür ki, hemen hemen her yerde, verimin yükseltilmesi enerjinin rasyonel olarak kullanılmasıyla sıkı sıkıya bağlıdır, özellikle üretim makinelerinde ve bütün taşımalarda saptandığı gibi, makinelerden ve tahrik sisteminden iyi olarak yararlanılmada ve çalışma hızının yükseltilmesinde, özgül güç ve enerji tüketiminin azalması kendini açıkça ortaya koyar. Bunun, özgül ücret ve toplam giderler üzerine olan etkileri de belirli bir biçimde görülür.

#### 42, Reaktif akım kompanzasyonu (dengelenmesi)

Reaktif akım kompanzasyonu, motorlardan daha iyi yararlanılmak ve böylece reaktif akım bileşenini azaltmak olanağının bulunmadığı zanaat, ele alınıp uygulanmalıdır. Burada şu ilke geçerlidir; doğru boyutlandırma, kompanzasyondan daha iyidir. Motorun elektriki olarak küçültülmesiyle güç faktörü önemli oranda düzeltilemiyorsa, o zaman ayrıca kompanze edilmelidir. Reaktif akım bileşeninin ne kadar yüksek olabileceği çeşitli kullanma biçimlerine göre, Şekil 1 in yardımıyla kestirilebilir.

#### 4.3. Yıldız-üçgen bağlama

Yıldız-üçgen bağlama yol alma akımının azaltılması olanağını verir, ilkesi ve bağlantı şekli, Şekil 2 de gösterilmiştir! Bu bağlama yalnız, tahrik sistemi bulunduğu işletmedeki şebeke gerilimine uyacak şekilde üçgen bağlanabiliyorsa olur. Motor, yıldız bağlantıda tam dönüş ile yol alır ve tam normal dönüşüne ulaştıktan sonra üçgene çevrilir. -Böylece oldukça tatlı bir yol alış ve yol alma akımında da üçte iki bir azalma sağlanır. Yıldız bağlama -basit bir şekilde söylenecek olursa- elektriki olarak",

motorun nominal gücünün üçte bir küçülmesi demektir, örneğin, 380/220 V gerilim için yerleştirilmiş ve 380 V luk bir işletme geriliminde çalışan 9 kW lık bir motor yıldız işletmede 3 kW a kadar mekanik güç verebilir. Bu özellikten tam yüklenmemiş tahrik sistemlerinde, verimin ve güç faktörünün düzeltilmesinde yararlanır. Tahrik sistemlerinde çalışan birçok insanın düşündüğünün tersine, bir tahrik sisteminin yüklenmesi sürekli bir şekilde nominal yükünün üçte birinin altında bulunuyorsa, tahrik sistemi sürekli olarak yıldız bağlantıda çalıştırılabilir. Böylece, üçgen- bağlantılı işletmeye göre oldukça iyi verimlere ve oldukça iyi güç faktörüne erişilir. Aktif güç % 10-30, reaktif güç ise % 60-70 azalır. 940 d/dak. lık nominal dönüşü ve 7,5 kW lık bir motor için, Şekil 3'de, üçgen bağlantıda aktif ve reaktif güç alınımının, güç faktörünün ve verimin verilen güce göre, değişimi, Şekil 4. de ise; aynı büyüklüklerin yıldız. bağlantıdaki değişimleri gösterilmektedir. Şekil 5, yıldız 'bağlantıdaki aktif ve reaktif güç alınımının", üçgen bağlantıdaki aynı büyüklüklere göre ne kadar azaldığını belirtmektedir.

#### 5. ÖZET

Aşırı boyutlandırılmış tahrik sistemlerinde şu noktalara dikkat edilmesi gerekir:

1. -Çalışma hızının yükseltilmesi, makinenin akım tüketim miktarının azaltılmasına bağlıdır.

2. Birçok durumlarda oldukça aşın bir şekilde boyutlandırılmış motorlar için, tam yüklenmemiş tahrik sisteminde yıldız bağlantı önerilir, bu ise genel olarak yaklaşık % 15 aktif akım ve % 60-70 reaktif akım ekonomisi sağlar. Tam yüklenmemiş sistemlerde, üçgen bağlantıdan yıldız bağlantıya geçmek için; tahrik sisteminin bulunduğu, işletmedeki şebeke geriliminin üçgen işletmeye olanak verecek biçimde olması halinde, makinelerin satın alınmasında, - bu koşullar yerine getiren motorlar seçilmelidir. Üzülerek söylemek gerekirse, sık sık kendini gösteren, bu tahrik gücünden kötü bir şekilde yararlanılması, ortaya gereksiz aşın enerji giderleri çıkarmaktadır.

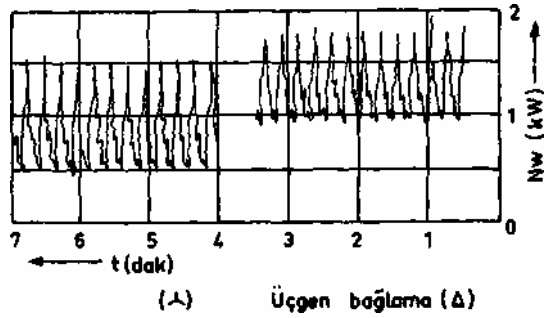
Hazırlama tekniği bakımından gerekli önlemler nedeniyle güç gerekmesi büyürse, yeniden kolaylıkla üçgen bağlantıya geçilir.

3. Yol alma akımı yalnız motor büyüklükleri ne bağlıdır, dolayısıyla oldukça büyük motorlarda, bu büyüklüklerin elektriki olarak küçültülmesiyle, azaltılabilir • (Yıldız-üçgen bağlantı).

## KOMArfOT

Yıldız bağlama

Şekil 6.



4. Kural olarak boşta çalışma gerekmesi toplam gerekseminin % 30 - % 80 i olduğuna göre, makinelerin boşta çalışması muhakkak dinlenme zamanlarına getirilmelidir, iş makinelerinde genellikle verimli zaman, toplam çalışma süresinin yaklaşık % 40 ma erişir. Dolayısıyla yalnız dinlenme sürelerindeki devreden çıkartmalarla akım gerekmesi % 20 den % 50 ye kadar indirilebilir.

### 6. PRATİK ÖRNEKLER

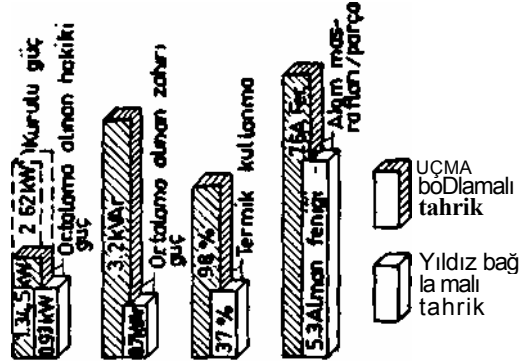
Pratikten alınan birkaç örnek, açıklanan önlemlerle güç gerekmesini karşılamada hangi rasyonelleştirme olanaklarının bulunduğunu gösterir.

İlk önce tam yüklenmemiş tahrik sistemlerinin yıldız bağlantısının kullanıldığı örneklerden söz edelim.

Örnek 1:

2,2 kW lik bir motorla tahrik edilen ve (delik çapı 7 mm, mil çapı 9,45 mm, baş çapı 14 mm olan) delikli perçin üreten 18 mm geçici bantlı bir otomatta yapılan deneylerin Şekil

6 ve 7 de gösterilen sonuçlar şaşırtıcıdır. Kurulu güç, üçgen işletmede % 51 kullanılmış, yıldız ı bağlantıda ise % 107 olmuştur. Termik olarak kullanma, üçgen bağlantıda % 98 lik oldukça büyük değerden, yıldız bağlantıda % 37 ye düşer. Motor nominal işletmede 4,8 A çeker, dolayısıyla yıldız bağlantıda güvenilir olmayan ısınmadan kaçınmak için yalnız en fazla 2,77 A lik bir efektif akıma erişilebilir. Efektif akım, üçgen işletmede 4,75 A e eriştiği halde, yıldız bağlantıda 1,68 A değerinde kalır ve hatta çekilen akımın maksimum değeri 2,6 A olduğundan, ısınma bakımından sürekli ve güvenilir akım değerine bile erişemez. Böylece, yaklaşık nominal yükün üçte biri veya daha azıyla yüklenmiş bir tahrik sisteminin, yıldız bağlantıda daha evvel bozulacağı korkusu, bütünüyle dayanıksız kalmaktadır. Enerji giderlerinin ücret giderlerine oranı % 25,1 den % 17,3 e düşmektedir. Bu oran araştırılan bütün otomatlarda % 21 de bulunmakta ve yıldız işletmeye bağlanan makinelerde, bağlantıdan önce ortalama % 19,5, bağlantıdan sonra ise % 16,3 a gider. Burada yalnız her bir makinede elde olunan ekonomiler gözönüne alınmıştır. Ayrıca, dağıtım tesislerinde oluşan kayıplarda bir azalma, azalan gerilim düşümünün sağladığı yararlar ve oldukça azalan reaktif akım kompanzasyonu giderleri de görülmektedir.



Şekil 7.

Örnek 2:

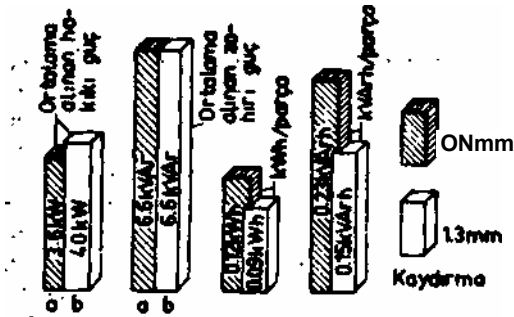
Bir tekstil finissaj fabrikasının bir bölümünde, toplam gücü 557 kW olan tesis edilmiş 159 tahrik sisteminden, 71 tanesi yıldız bağlantıya dönüştürülmüştür. Bu durumda, aktif akım tüketimi % 89'a, reaktif akım tüketimi % 67'ye düşmüştür, gücün maksimum değerleri ise % 8,5 azalmıştır. Giderlerde sağlanan ekonomi yaklaşık 9000 DM/yıl dır. Bundan başka, tesis giderleri yaklaşık 13500 DM olan kondansatörler, 270 kVar lik bir güçle diğer kullanmalar için serbest kalmış olur.

### Örnek 3:'

Çalışma hızının yükseltilmesiyle, verimin nasıl yükseleceği ve enerjiden nasıl ekonomi sağlanacağını dikey milli bir torna tezgahı örneğinde gösterelim. Döküm kalıplarının içi ve dışı torna edilmiş olsun. Kesme derinliği 1,25 mm, kesme uzunluğu 150 mm, çalışma çapı 165 mm, masa dönü sayısı 83 d/dak ve kaydırma yolu 0,88 mm/dönü ye erişmektedir. Bu çalışma karakteristiklerindeki 14 kW hk motordan yalnızca % 21,4 yarar sağlanmıştır. Yol almadaki çok kısa güç maksimumu da % 50 nin azıcık üstündedir. - Kaydırma yolunun 1,3 mm/dönü ye yükseltilmesi gerçek gücün alınımını yalnızca % 11 arttırdı, çalışma hızı da % 32,5 azaldı. Parça basma akım tüketimi % 25, reaktif güç gerekmesi ise yükselmediğinden (Şekil 8) reaktif akım tüketimi % 32,5 azaldı. Yararlanma (kullanma) faktörü % 2,4 artış ile % 23,8e yükseldi. Bu bize aynı zamanda, çalışma hızının artırılmasıyla öngörülen üretim yükselmelerinde, güç gerekmesindeki artmanın gözlerde fazla büyütülmemesi gerektiğini de gösterir: •

### örnek 4:

Bir uzun planye makinesi üzerine makkap makinelerinin masalan yerleştirilmiştir. Tahrik sisteminin motorunun gücü 19 kW dır, fakat 5,5 kW lık bir ortalama aktif güç ve 9,85 kVar lık bir ortalama reaktif güç çekmektedir. Kesme sırasındaki yük, boştaki çalışma yükünün birazcık üstünde bulunmaktadır. Aynı çalışma şekli motorun yıldız bağlantısında uygulanmış olsaydı, ortalama aktif güç ve dolayısıyla aktif akım tüketimi % 15,5 azalır, ortalama reaktif güç ve iş ise % 68,5 inerdi. Güç faktörü 0,49 dan 0,83 e çıkarılınca, ortalama reaktif güç 113 kVar dan 5,6 kVar a düştüğünden, iletkenlerdeki kayıplar üçgen bağlantılı işletmedeki kayıpların % 25 ine düşmektedir.



Şekil 8.

Kötü yüklenmiş motorları kapsayan bir işletmenin yıldız bağlantısındaki , yararları bu örnekten açıkça görülmektedir. Fakat bu ayırıcı devrenin kullanılmasında, yükün tahrik sisteminin nominal yükünün 1/3 ünü aşmaması garantiye alınmalıdır.

### örnek 5:

Motor bloklarının silindirik kafa kısımlarının yapılması dışında her işi gören ve bir hazırlama bandına yerleştirilmiş dik milli bir torna tezgahında, çeşitli ölçmeler yapılmıştır. Yerleştirilen 22 kW lık motor hiçbir zaman nominal yükünün 1/3 nün üstünde yüklenmemektedir. Yıldız bağlamadaki motorların işletmesinde üçgen bağlantısındaki işletmedekine göre aktif güç ve iş % 15, reaktif güç ve iş % 68, görünen güç ve iş % 59, hatlardaki kayıplar ise % 85 düşmektedirler. Güç faktörü 0,45 den 0,8 e çıkmıştır. Makine, pazar günlerinin dışında sürekli; H işletmededir. Tahrik motorunun yıldız bağlantısıyla, motorda bir ayda hiçbir değişiklik gerekmesizin yaklaşık 380 kWh ekonomi sağlanmıştır. .

Burada verilen açıklama ve örneklerle, işletmelerde özellikle elektrikli tahrik sistemlerinde, rasyonel bir enerji kullanılmasıyla gider azalma olanaklarının sağlandığı gösterilmiştir. Elektrik enerjisi, bugün onsuz hiçbir ticaret hayatının düşünülemeyeceği en çok yayılmış, en ideal ve dolayısıyla en çok kullanılan enerjidir. Bu çok çeşitli kullanma alanı muhakkakki, genellikle bir maddenin , üretimindeki genel gider katkılarında, bir faktör olarak yemden kendini gösterir. •

Elektrikli tahrik aracının doğru seçimi ve daha iyi kullanılması, yapılan deneylere göre, bizi parça basma daha az özgül akım giderleri sonucuna. götürür. .

Elektrik kullanılmasındaki kayıplar, enerjiyi dönüştüren makine ve aletlerde sürekli ölçüler yapmakla bulunabilir. Bunun için uygun sayıda 'ölçü aletleri gereklidir; bu ise, bazı çevrelerce işin anlaşılabilmesi ve bunu akım giderlerini azaltacağı görülemediğinden, gerçekleştirilmemektedir, insan, akım giderlerinin büyüklüğüne alışmak eğilimindedir. Kayıpların nereden geldiğini bilmekle her şey yapılmış demek değildir, öncelikle bilinen eksikliği' tamamlamak için yardımı sağlamak gerekir. Bazı firmalar enerji ekonomisini başarıyla çözebilmek için bu konuda primler koymuşlardır.