

ANİ GERİLİM DÜŞÜMLERİNDE AYARLI  
HIZ SÜRÜCÜLERİNİN PERFORMANSINI  
İYİLEŞTİRİCİ BİR ÇÖZÜM ÖNERİSİ

Volkan YAYLA

Yüksek Lisans Tezi

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Ekim – 2007

ANİ GERİLİM DÜŞÜMLERİNDE AYARLI HIZ SÜRÜCÜLERİNİN PERFORMANSINI  
İYİLEŞTİRİCİ BİR ÇÖZÜM ÖNERİSİ

Volkan YAYLA

Dumlupınar Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yrd. Doç. Dr. N. Serdar TUNABOYLU

Ekim – 2007

**KABUL VE ONAY SAYFASI**

Volkan YAYLA'nın yüksek lisans tezi olarak hazırladığı Ani Gerilim Düşümlerinde Ayarlı Hız Sürücülerinin Performansını İyileştirici Bir Çözüm Önerisi başlıklı bu çalışma jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

28/09/2007

Üye: Yrd. Doç. Dr. N. Serdar TUNABOYLU

Üye: Yrd. Doç Dr. Abdurrahman ÜNSAL

Üye: Yrd. Doç Dr. Bünyamin TAMYÜREK

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... gün ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. M. Sabri ÖZYURT  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ANİ GERİLİM DÜŞÜMLERİNDE AYARLI HIZ SÜRÜCÜLERİNİN PERFORMANSINI İYİLEŞTİRİCİ BİR ÇÖZÜM ÖNERİSİ

Volkan YAYLA

Elektrik – Elektronik Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2007

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. N. Serdar TUNABOYLU

### ÖZET

Ayarlı hız sürücülerinin ani gerilim düşümlerine karşı çok hassas oldukları bilinmektedir. Bu çalışmada ani gerilim düşümlerinde standart indüksiyon motorların davranışları araştırılmıştır. Asenkron motorların ve hassas elektronik cihazların kesintisiz çalışmasını sağlayan yöntemlerden bahsedilmiştir. Standart asenkron motor sürücülerinin kesintisiz çalışmasını sağlayan çalışmalar kısaca açıklanmıştır. Ayarlı hız sürücüsünün performans kaybı olmadan çalışmasını sağlamak için yeni bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemin avantajları ve dezavantajları anlatılmıştır. Önerilen yöntem ani gerilim düşümleri altında test edilmiştir. Gerilim-moment eğrileri çıkarılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ani gerilim düşümleri, Asenkron motorlar, Ayarlı hız sürücülerini, Kesintisiz çalışma

## **A SOLUTION PROPOSE FOR IMPROVING PERFORMANCE OF ADJUSTABLE SPEED DRIVES UNDER VOLTAGE DIPS**

Volkan YAYLA

Electrics – Electronics Engineering, M. S. Thesis, 2007

Thesis Supervisor: Asist. Prof. Dr. N. Serdar TUNABOYLU

### **SUMMARY**

Adjustable speed drives are reported to be very susceptible to voltage dips. In this study, the behaviour of standard induction motor drives are investigated under voltage dips. The methods maintaining ride-through operation of induction motors and sensible electronic devices are mentioned. The studies to improve the ride-through operation of standart drives are briefly explained. A new method is proposed to maintain ride-through operation of an adjustable speed drive without loss of performance. The advantages and disadvantages of the proposed method are explained. The method proposed is tested under voltage dips. Voltage-torque curves are showed.

**Keywords:** Adjustable speed drives, Induction motors, Ride-through, Voltage dips.

**TEŐEKKÖR**

Bu alıőmada emeđi geen deđerli hocam N. Serdar TUNABOYLU' ya ve diđer yűksek lisans hocalarıma, aynı zamanda çalıőmam sűresince maddi ve manevi olarak beni destekleyen ve zor durumlarda dahi yardımını eksik etmeyen aile bűyűklerime ve eőime teőekkűr ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iv
SUMMARY.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. ENERJİ KALİTESİ.....	4
2.1. Kaliteli Elektrik Enerjisi.....	4
2.2. Enerji Kalitesi Problemlerinin Tipleri.....	5
2.2.1. Kesinti.....	4
2.2.2. Kısa süreli gerilim yükselmesi.....	5
2.2.3. Harmonikler.....	6
2.2.4. Kırpışma.....	8
2.2.5. Frekans değişimi.....	8
2.2.6. Kısa süreli gerilim düşümü.....	9
2.2.7. Gerilim dalgalanması.....	9
2.2.8. Elektriksel gürültü.....	10
2.2.9. Geçici durumlar.....	10
2.2.10. Gerilim düşümü.....	11
2.2.11. Gerilim yükselmesi.....	11
3. KISA SÜRELİ GERİLİM DÜŞÜMÜ PROBLEMLERİ VE AZALTMA YÖNTEMLERİ.....	12
3.1. Kısa Süreli Gerilim Düşümü Problemlerinin Sebepleri.....	13
3.2. Kısa Süreli Gerilim Düşümü Problemlerinin Etkileri.....	13
3.2.1. Gerilim düşümü ve kesintilerin asenkron motorlar üzerindeki etkileri.....	13
3.2.2. Gerilim düşümü ve kesintilerin elektronik cihazlar üzerindeki etkileri.....	14

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.3. Gerilim Düşümlerini Azaltmakta Kullanılan Diğer Cihazlar.....	15
4. AYARLI HIZ SÜRÜCÜLERİ VE AYARLI HIZ SÜRÜCÜLERİNİN KESİNTİSİZ ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ.....	17
4.1. Ek Modül Olarak Enerji Depolayan Cihaz Kullanımı.....	17
4.2. Yükseltici Konvertör Kullanımı.....	18
4.3. Motor Jeneratör Setlerinin Kullanımı.....	19
5. AYARLI HIZ SÜRÜCÜLERİNİN KESİNTİSİZ ÇALIŞMASI İÇİN YENİ BİR ÖNERİ.....	20
5.1. Kontrollü Redresör Kullanılması.....	20
5.2. Kullanılan Kontrollü Redresörün Özellikleri.....	21
5.3. Kullanılan Kontrollü Redresörün Uygulaması.....	28
5.3.1. Kontrollü redresör kullanılmadan alınan değerler .....	30
5.3.2. Kontrollü redresör kullanılırken alınan değerler .....	32
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	43
7. ÖNERİLER.....	44
8. KAYNAKLAR DİZİNİ.....	45

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Bir faz toprak arızasının neden olduğu gerilim kesintisi.....	4
2.2. Tipik bir kısa süreli gerilim artışı eğrisi.....	5
2.3. Ayarlı hız sürücüsünün harmonik spektrumu.....	7
2.4. Üç fazlı doğrultucunun neden olduğu gerilim kırışması.....	8
2.5. Kısa süreli gerilim düşümü eğrisi.....	9
2.6. Ark fırınının oluşturduğu gerilim değişimi.....	10
2.7. Kondansatör bankının enerjilendirilmesinin sebep olduğu düşük frekanslı transient.....	11
3.1. Kısa süreli gerilim düşümü dalga formu.....	12
3.2. Asenkron motora yol verilmesi sırasında oluşan gerilim düşümü.....	14
3.3. ITIC eğrisi ( Bilgisayarların gerilim düşümlerine, yükselmelerine ve kesintilere karşı dayanımının eğrisi ).....	14
3.4. Statik gerilim düzenleyici.....	15
3.5. Kesintisiz güç kaynağı.....	16
4.1. Genel bir asenkron motorun hız kontrolü için devre şeması.....	17
4.2. Ayarlı hız sürücüsünün kesintisiz çalışması için ek modül olarak enerji depolayan cihaz kullanımı.....	18
4.3. Ek modül olarak kesintisiz çalışma için yükseltici konvertör devresi bulunan ayarlı hız sürücüsü.....	19
4.4. Motor jeneratör seti.....	19
5.1. Genel bir asenkron motor hız kontrol cihazı ile kontrollü redresörün birlikte çalışmasına ait devre .....	21
5.2. Kontrollü redresörün devre şeması.....	22
5.3. Faz kontrol devresi.....	23
5.4. Gerilim için geri besleme devresi.....	23
5.5. Tristörlerin tetiklenme açısının kontrol gerilimi ile değişiminin grafiği.....	24
5.6. Genel bir yarım kontrollü redresörün trasformatör ve doğrultucu ünitesi.....	25
5.7. Genel bir asenkron motor hız kontrol cihazının ani gerilim düşümleri altında performansını test etmek için yapılan deneyin şeması.....	28

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.8. Motor akımı 0,28 A’de alınan değerlere göre giriş gerilimi-dc bara gerilimi grafiği.....	34
5.9. Motor akımı 0,4 A’de alınan değerlere göre giriş gerilimi-dc bara gerilimi grafiği.....	34
5.10. Motor akımı 0,55 A’de alınan değerlere göre giriş gerilimi-dc bara gerilimi grafiği.....	35
5.11. Motor akımı 0,8 A’de alınan değerlere göre giriş gerilimi-dc bara gerilimi grafiği.....	35
5.12. Motor akımı 0,9 A’de alınan değerlere göre giriş gerilimi-dc bara gerilimi grafiği.....	36
5.13. Motor akımı 0,28 A’de alınan değerlere göre giriş gerilimi-moment grafiği.....	37
5.14. Motor akımı 0,4 A’de alınan değerlere göre giriş gerilimi-moment grafiği.....	37
5.15. Motor akımı 0,55 A’de alınan değerlere göre giriş gerilimi-moment grafiği.....	38
5.16. Motor akımı 0,8 A’de alınan değerlere göre giriş gerilimi-moment grafiği.....	38
5.17. Motor akımı 0,9 A’de alınan değerlere göre giriş gerilimi-moment grafiği.....	39
5.18. Motor akımı 0,28 A’de alınan değerlere göre giriş gerilimi-asenكرون motorun çıkış gücü grafiği.....	40
5.19. Motor akımı 0,4 A’de alınan değerlere göre giriş gerilimi-asenكرون motorun çıkış gücü grafiği.....	40
5.20. Motor akımı 0,55 A’de alınan değerlere göre giriş gerilimi-asenكرون motorun çıkış gücü grafiği.....	41
5.21. Motor akımı 0,8 A’de alınan değerlere göre giriş gerilimi-asenكرون motorun çıkış gücü grafiği.....	41
5.22. Motor akımı 0,9 A’de alınan değerlere göre giriş gerilimi-asenكرون motorun çıkış gücü grafiği.....	42

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.1. Şebeke gerilimi ile tristörlerin tetiklenme açısının değişimini veren değerler.....	27
5.2. Motor akımı 0, 28 A ve kontrollü redresör kullanılmadan ölçülen ve hesaplanan değerler.....	30
5.3. Motor akımı 0,4 A ve kontrollü redresör kullanılmadan ölçülen ve hesaplanan değerler.....	30
5.4. Motor akımı 0,55 A ve kontrollü redresör kullanılmadan ölçülen ve hesaplanan değerler.....	31
5.5. Motor akımı 0,8 A ve kontrollü redresör kullanılmadan ölçülen ve hesaplanan değerler.....	31
5.6. Motor akımı 0,9 A ve kontrollü redresör kullanılmadan ölçülen ve hesaplanan değerler.....	31
5.7. Motor akımı 0,28 A ve kontrollü redresör kullanılarak ölçülen ve hesaplanan değerler.....	32
5.8. Motor akımı 0,4 A ve kontrollü redresör kullanılarak ölçülen ve hesaplanan değerler.....	32
5.9. Motor akımı 0,55 A ve kontrollü redresör kullanılarak ölçülen ve hesaplanan değerler.....	33
5.10. Motor akımı 0,8 A ve kontrollü redresör kullanılarak ölçülen ve hesaplanan değerler.....	33
5.11. Motor akımı 0,9 A ve kontrollü redresör kullanılarak ölçülen ve hesaplanan değerler.....	33

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

<b><u>Simgeler</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
a	Transformatörün dönüştürme oranı
A	Akım birimi, amper
C	Kondansatörün kapasitesi, farad
M	Asenkron motorun döndürme momenti, Nm
P	Asenkron motorun çıkış gücü, watt
V	Gerilim, volt
W	Enerji, joule
$\alpha$	Tristörün tetiklenme açısı, derece
$\varphi$	Güç katsayısı
<b><u>Kısaltmalar</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
ASD	Ayarlı hız sürücüsü
IEC	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
IEEE	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
ITIC	Uluslararası Bilgisayar Endüstri Konseyi
ms	Milisaniye
Pu	Birim başına değer
THD	Toplam harmonik bozulma
VAR	Volt amper reaktif

## 1. GİRİŞ

Enerji kalitesi kavramı üretilen ya da tüketilen elektriğe bağlı olarak iki yönden tanımlanmıştır. Jeneratör tarafındaki enerji kalitesi, jeneratörün 50 Hz' de çok az bir değişimle elektrik üretebilmesi anlamında tanımlanırken, iletim ve dağıtım hatlarındaki enerji kalitesi kavramı, gerilimin %5 yükselmesi ile %5 düşümü arasında kalması anlamında tanımlanmıştır. Gerry Heydt tarafından elektrik enerjisi kalitesi, genellikle yük barasındaki gerilimin anma frekans ve genliğinin sinüzoidal olmasını sağlamak için bara geriliminin iyileştirilmesi ölçme ve analizi olarak tanımlanmıştır. Roger Dugan, Mark McGranaghan ve Wayne Beaty tarafından ise elektrik enerjisi kalitesi, şebekenin ya da son kullanıcılara ait cihazların hatalı çalışması yada arızalanmasına yol açan gerilim, akım yada frekanstaki herhangi bir problem olarak tanımlanmıştır [1].

Enerji kalitesi kavramı üç fazlı sistemde her bir faza ait kaynak gerilimi veya yük akımının anma frekans değerinde sinüzoidal dalga şeklinden saptığı bütün durumlarla ilgilidir. Enerji kalitesi problemleri büyük ölçüde ani, kısa süreli değişimler örneğin darbeleri ve salınımlı geçici durumların yanında gerilim düşümleri harmonik ve dalgalanma gibi kararlı durumdan sapmalarla da ilgilidir [2]. Problemin tipi olaya bağlı olarak kaynak gerilimiyle ilgili problemler ile yük akımıyla ilgili problemler olarak ikiye ayrılır. Birinci olarak enerji sistemlerinde en çok ortaya çıkan problemler gerilim düşümleri ve elektrik kesintileridir. Gerilim düşümü ve elektrik kesintileri endüstriyel tesislerde hassas elektronik cihazların devre dışı kalmasına ve bununla birlikte yüksek maliyetlerle bütün endüstriyel üretimin durmasına sebep olurlar [3]. Bu durumda yük tarafındaki problemin sebebi kaynak gerilimidir. Mali kayıplara sebep olan bu tür problemlerden korunmak için endüstriyel müşteriler tesislerini koruyan enerji kalitesi problemini azaltıcı cihazlar kurmayı tercih ederler. İkinci olarak diğer bir enerji kalitesi problemi, yük tarafından çekilen akımın kalitesi ile ilgilidir. Bu durumda yük akımı kaynak gerilimi tarafında bir probleme neden olur. Bunun en basit örneği diyotlu doğrultucular ya da dengesiz yüklerin sebep olduğu akım harmonikleridir. Müşteriler kesinlikle bu tür enerji kalitesi problemlerinin oluşu nedeniyle üretimin aksamasını istemezler. Bu yüzden enerji kalitesi problemlerini sınırlayan standartlar yayımlanmıştır [4]. Bu standartlarla verilen sınırlara uymak isteyen müşteriler enerji kalitesi problemini azaltıcı cihazlar kullanmak zorundadırlar. Özellikle güç elektroniği tabanlı yeni cihazlarda enerji kalitesi problemini azaltıcı cihazlar kullanımına yönelik artan bir ilgi vardır [5].

Ayarlı hız sürücüleri modern süreçlerde sıkça kullanılmaktadır. Ayarlı hız sürücüleri pazarında yüksek dinamik performans ve enerji tasarrufu en önemli özelliklerdir. Ayarlı hız

sürücülerinin kullanımı, verimi artırmasına, enerji tasarrufuna ve süreç kontrolüne bağlı olarak endüstriyel ve ticari uygulamalarda her geçen gün artmaktadır. Ancak ayarlı hız sürücülerini gerilim yükselmesi, gerilim düşümü, anlık elektrik kesintisi gibi gerilim problemlerine karşı oldukça hassas cihazlardır. Yapılan araştırmalara göre 3–30 periyotluk süre boyunca nominal gerilimin %10 ile %30 oranında azalması enerji sistemini kötü yönde etkileyen problemlerin en başında gelmektedir. Aynı zamanda endüstriyel üretim sürecinin durmasına yol açan sebeplerin başında gelmektedir. Arıza tipine bağlı olarak ayarlı hız sürücülerini anlık ya da sürekli olarak devre dışı kalabilmektedir. Ayarlı hız sürücüsünün devre dışı kalması halinde büyük ekonomik kayıplar oluşabilmektedir. Özellikle üretimin kesintisiz olduğu matbaa makineleri gibi üretim tesislerinde üretim akışının durması gerçekten ciddi kayıplara ulaşabilmektedir [6]. Ayarlı hız sürücülerinin ani gerilim düşümleri karşısında performansının kötü yönde etkilendiği ve üretim açısından büyük ekonomik kayıplara neden olduğu tespit edilmiştir. Prosesin kesintisiz olması gerektiği yerlerde prosesin kesintiye uğraması ya da arızalanması durumlarına karşı ayarlı hız sürücülerinin çalışması garanti altına alınması gerekmektedir. Bu elektronik cihazların arızalanması yüksek maliyetlerin yanında bütün üretimi durdururlar. Endüstriyel tüketiciler sürekli mali kayıpları önlemek ve bu problemlerden korunmak için kalitesi problemi azaltıcı cihazlar kullanmak zorundadırlar [7].

Bu çalışmadaki konular şu şekilde sıralanmıştır. Birinci bölümde enerji kalitesi ile ilgili tanımlardan kısaca bahsedilmiş ve enerji kalitesizliğinin nelere yol açabileceği anlatılmıştır.

İkinci bölümde enerji kalitesinin tanımı, enerji kalitesi ile ilgili standartlar ve kaliteli enerjinin nasıl olması gerektiği hakkında bilgiler verilmiştir. Enerji kalitesi problemleri maddeler halinde sıralanmıştır ve her bir problemin tanımı yapılmıştır.

Üçüncü bölümde çalışmanın asıl konusu olan kısa süreli gerilim düşümü kavramının üzerinde durulmuştur. Kısa süreli gerilim düşümlerinin sebepleri ve sonuçları anlatılmıştır. Kısa süreli gerilim düşümü problemi için çözüm önerileri aktarılmıştır.

Dördüncü bölümde kısa süreli gerilim düşümlerinde performansı test edilmek istenen ayarlanabilir hız sürücülerinin üzerinde durulmuştur. Ayarlı hız sürücülerinin kullanım yerleri ve özelliklerinden bahsedilmiştir. Ayarlı hız sürücülerinin ani gerilim düşümlerinde performans kaybı olmadan çalışabilmesi için daha önce yapılmış çalışmalar anlatılmıştır. Bu çalışmaların avantajları ve dezavantajları incelenmiştir.

Beşinci bölümde ise bu çalışmaya ait olan bir öneri üzerinde durulmuştur. Kısa süreli gerilim düşümleri altında ayarlı hız sürücülerinin performansını iyileştirici bir yöntem olarak kontrollü redresör kullanımına ait tanımlar, devre şekilleri verilmiştir. Bunlara ilave olarak deneyler yapılmış ve her bir deneye ait çizelgeler oluşturulup bu çizelgelere ait grafikler çıkartılmıştır.

Altıncı bölümde çalışmamla ilgili sonuçlara yer verilmiştir.

Yedinci bölümde öneriler verilmiştir.

## 2. ENERJİ KALİTESİ

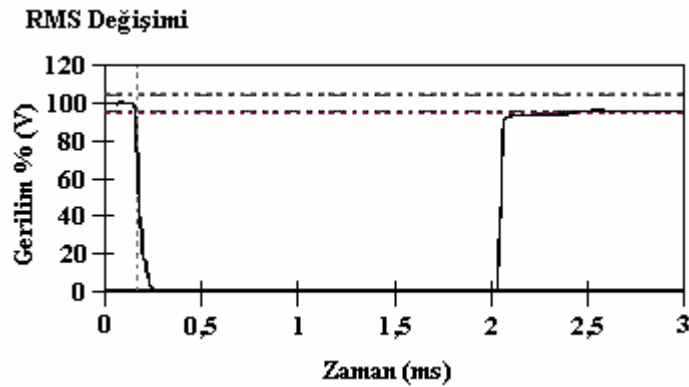
### 2.1. Kaliteli elektrik enerjisi

Kaliteli elektrik enerjisi, şebekenin tanımlanan bir noktasında, gerilimin genlik ve frekansının anma değerlerini koruması ve gerilim dalga şeklinin sinüs biçiminde bulunmasıdır. Bu tanımın tersi olarak, gerilimin genliğinin değişmesi, kesintiler, gerilim darbeleri, kırpışma, gerilimin doğru bileşen içermesi, dalga şeklinin sinüsten uzaklaşması, frekans değişimleri, üç faz dengesizlikleri enerji kalitesizliğidir. Enerji kalitesi çoklukla yük tarafından bozulur. Gerilim akım karakteristiği lineer olmayan yükler şebekeden sinüs olmayan akımlar çeker ve bu akımlar şebekede sinüs olmayan gerilim düşümleri oluşturarak besleme noktasındaki gerilimin dalga şeklini bozarlar.

### 2.2. Enerji kalitesi problemlerinin tipleri

#### 2.2.1. Kesinti

En az bir yarım dalga boyu süresince bir ya da daha fazla gerilimin sıfır değerini almasıdır. Sebebi şebeke arızalarıdır. IEEE 1159–1995 standardına göre kesintiler üç tip olmak üzere tanımlanmıştır. Bunlar ani, kalıcı ve uzun süreli kesintilerdir. Bir işletmenin üretim kaybı ona yüksek mali kayıplara sebep olur. Üretim ve para kaybına neden olan kesintilerden korunmak için kullanılan en yaygın yöntem kesintisiz güç kaynağı kullanmaktır [1].

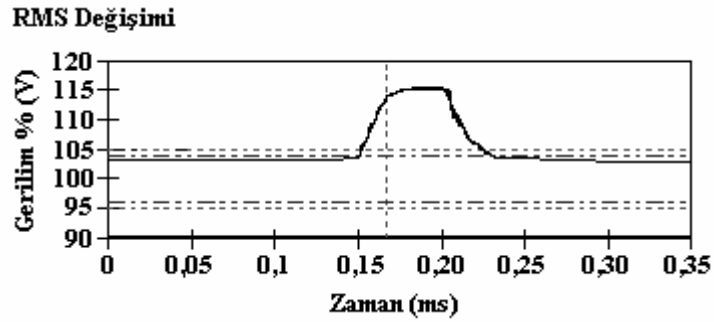


Şekil 2.1 Bir faz toprak arızasının neden olduğu gerilim kesintisi [8].

Şekil 2.1’de 1,5 milisaniyelik bir ani gerilim düşümü kaydı görülmektedir. Buradaki gerilim 0 V’a kadar ani olarak düşmüştür.

### 2.2.2. Kısa süreli gerilim yükselmesi

Gerilimin 60 s'den daha kısa bir süre için anma değerinin %110'unu aşmasıdır. Sebebi yıldırım ya da faz iletkenlerinin toprağa temas etmesi olabilir. Cihazların aşırı ısınmasına ve ömürlerinin azalmasına yol açar [1]. Yarım periyot ile 1 dakikalık sürede akım ya da gerilimin efektif değerinde 1.1 ve 1.8 pu'luk artma olarak tanımlanır. Gerilim düşmesine benzer şekilde artışlarda sistem arızalarından kaynaklanır fakat gerilim artışlarına gerilim düşümleri kadar sık rastlanmaz. Genlik ve zamanla karakterize edilirler. Büyük yüklerin devreden çıkması ya da kondansatör grubunun devreye alınması bu gerilim artışlarına neden olur [8].



Şekil 2.2 Tipik bir kısa süreli gerilim artışı eğrisi [8].

Şekil 2.2'de örnek bir 0,05 milisaniyelik kısa süreli bir gerilim yükselmesi görülmektedir.

### 2.2.3. Harmonikler

Harmonikler sinüs dalga şeklinin bozulmasının temel sebebidir. Lineer olmayan cihazların kullanımının artması sonucunda harmonikler çok yaygın hale gelmiştir. Harmonik kısaca gerilim ve akım dalga biçiminin ideal sinüsten uzaklaşmasıdır. Sebebi güç elektroniği devreleri, ark prensibiyle çalışan cihazlar, ayarlanabilir hız sürücüler, elektronik balastlar, doğrultucular ve elektronik büro makineleri gibi cihazlardır. Harmonikli akım ve gerilimlerin şebeke ve son kullanıcılar üzerinde kötü etkileri vardır. Transformatörlerin aşırı ısınması, ölçü aletlerinin ölçülen akım ve gerilim değerlerini hatalı göstermesi, transformatörlerde demir kayıplarının artması harmoniklerin sebep olduğu problemlerin bazılarıdır. Harmonik standartları IEEE 519–1992 standartları tarafından aşağıdaki başlıklarda verilmiştir [1,8].

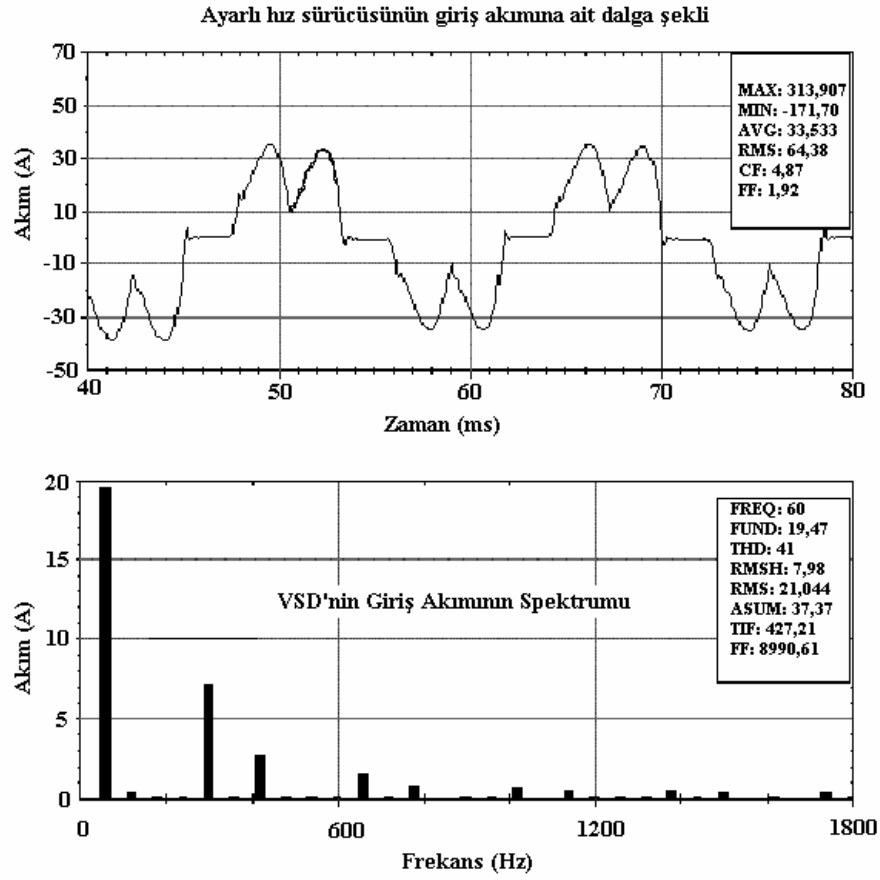
$$\text{Toplam Harmonik Bozulma ( Gerilim için )} \quad [THD]_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1}$$

Burada  $V_1$  temel gerilim değeri,  $h$  harmonik derecesi (2, 3, 4, gibi)  $V_h = V_2, V_3, V_4$  harmonik gerilim değeridir.

$$\text{Toplam Harmonik Bozulma ( Akım için )} \quad [THD]_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_L}$$

Burada  $I_L$  yük akımının maksimum etkin değeri,  $h$  harmonik derecesi,  $I_h$   $h$  dereceden yük akımının etkin değeridir [1].

Şekil 2.3'te akım için toplam harmonik bozulmaya ait bir örnek görülmektedir. Ayarlı hız sürücülerinde küçük yüklerde çalıştıklarında giriş akımına ait yüksek harmonik bozulma değerleri görülür. Ancak oransal bozukluk yüksek olsa bile harmonik akım değeri çok küçüktür [8].

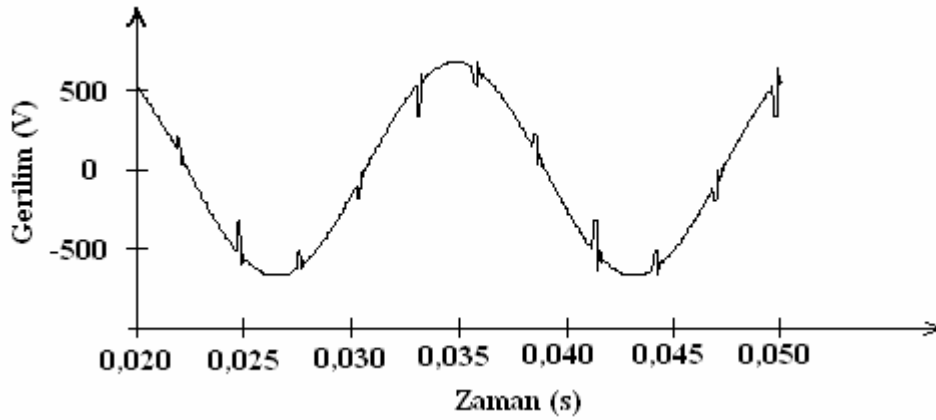


Şekil 2.3 Ayarlı hız sürücüsünün harmonik spektrumu [8].

### 2.2.4. Kırpışma

Akımın bir fazdan diğerine atlaması sonucu oluşan periyodik gerilim bozukluğudur. Etkilenen gerilimin harmonik spektrumuyla karakterize edilebilir.

Şekil 2.4 sürekli DC akım üreten üç fazlı dönüştürücüden dolayı oluşan kırpışma gerilimine bir örnektir. Akım bir fazdan diğerine atlarken iki faz arasında anlık bir kısa devre oluşur. Bu esnada gerilim sistem empedansına bağlı olarak sifıra yakın bir değer alır. Şebeke geriliminin bir tam dalgasında doğrultucu darbe sayısı kadar tekrarlanan çökmeler oluşur [8].



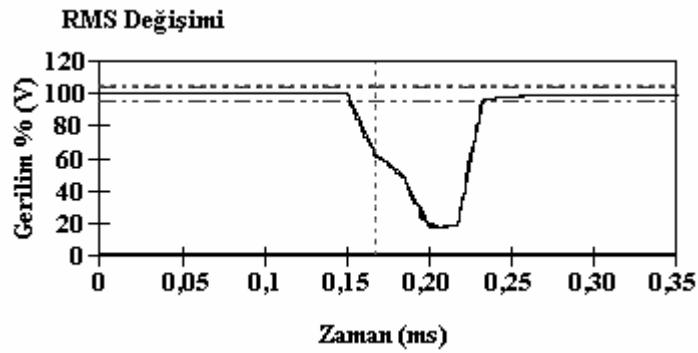
Şekil 2.4 Üç fazlı doğrultucunun neden olduğu gerilim kırpışması [8].

### 2.2.5. Frekans değişimi

Güç sisteminin temel frekansının normal değerinden sapması şeklinde tanımlanır. Güç sistem frekansı direkt olarak jeneratörün dönüş hızıyla ilgilidir. Frekans kaymasının büyüklüğü ve zamanı yük karakteristiklerine ve yük değişimlerine karşı üretim kontrol sisteminin tepkisine bağlıdır. Etkileri veri kaybı ve cihaz arızalarıdır. Sebebi elektrik şebekesi ve jeneratörlerin ayar düzeneklerinin yetersizliğidir [8].

### 2.2.6. Kısa süreli gerilim düşümü

Kısa süreli gerilim düşümleri Avrupa da Voltage dip olarak gösterilir. IEEE kısa süreli gerilim düşümünü kısa bir süre için bir ya da daha fazla gerilimin genliğinde azalma olarak tanımlar. Kısa süreli gerilim düşümünün süresi 50 Hz için 10 ms'den fazla fakat 60 s'den azdır. Gerilimin genliğindeki azalmanın büyüklüğü etkin değer  $\%10$ 'u ile  $\%90$ 'ı arasındadır. Büyük güçlü asenkron motorların devreye alınması kısa süreli gerilim düşümlerinin sebeplerinden birisidir [1,8].

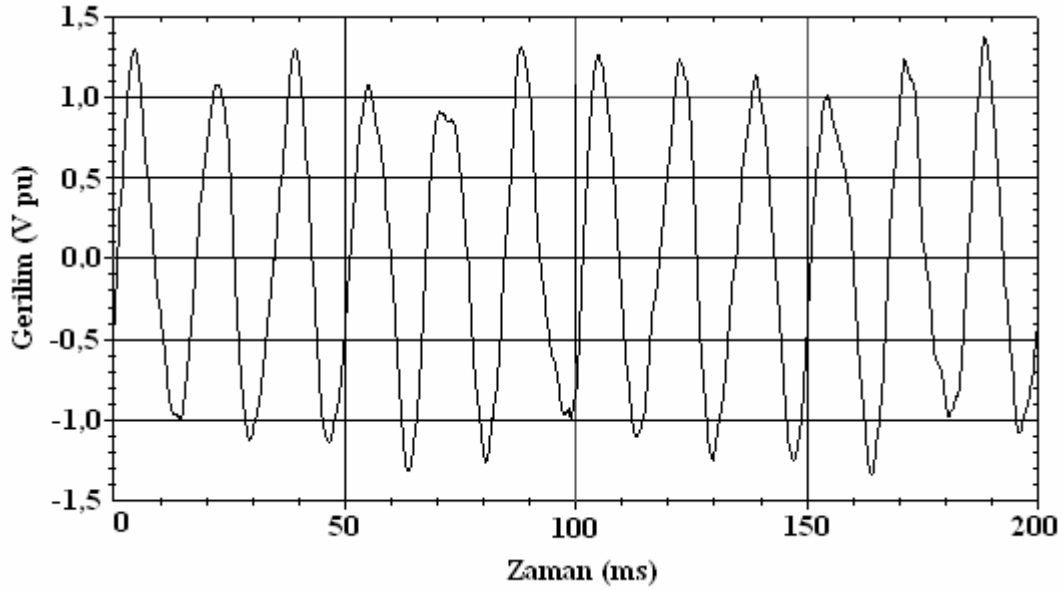


Şekil 2.5 Kısa süreli gerilim düşümü eğrisi [8].

Buna ait bir kayıt şekil 2.5'de görülmektedir. Görüldüğü üzere gerilim önce  $\%50$  seviyesine sonra tedricen  $\%20$ 'ye düşmüş, 0,02 milisaniye bu değerde durduktan sonra bir rampa fonksiyonu şeklinde hızlıca normal değerine ulaşmıştır.

### 2.2.7. Gerilim dalgalanması

Gerilim dalgalanması anma gerilim değerinin genliğinin  $\%5$  eksiği ile  $\%5$  fazlası arasında çok hızlı değişimdir. IEC 61000-2-1 gerilim dalgalanmasının değişik tiplerini tanımlar. Ark fırınları ya da kaynak makineleri gerilim dalgalanmasına sebep olurlar. Gerilim dalgalanması floresant lambaların çok hızlı olarak yanıp sönmeye sebep olurlar. Bu lambaların çok hızlı olarak yanıp sönmeye kırpışma olarak tanımlanır. Bu değişim yoğunluklu olarak 6-8 Hz arasında olur. Bu durum insanlarda baş ağrısı ve stres yapar. Kırpışma önlemenin yolu statik VAR kompanzatorleri kullanmaktır [1]. Şekil 2.6'da ark fırınının çalışmasıyla oluşan gerilim dalgalanmasına bir örnek görülmektedir. Gerilim titreşimi insan gözünün duyarlılığıyla ölçülür.



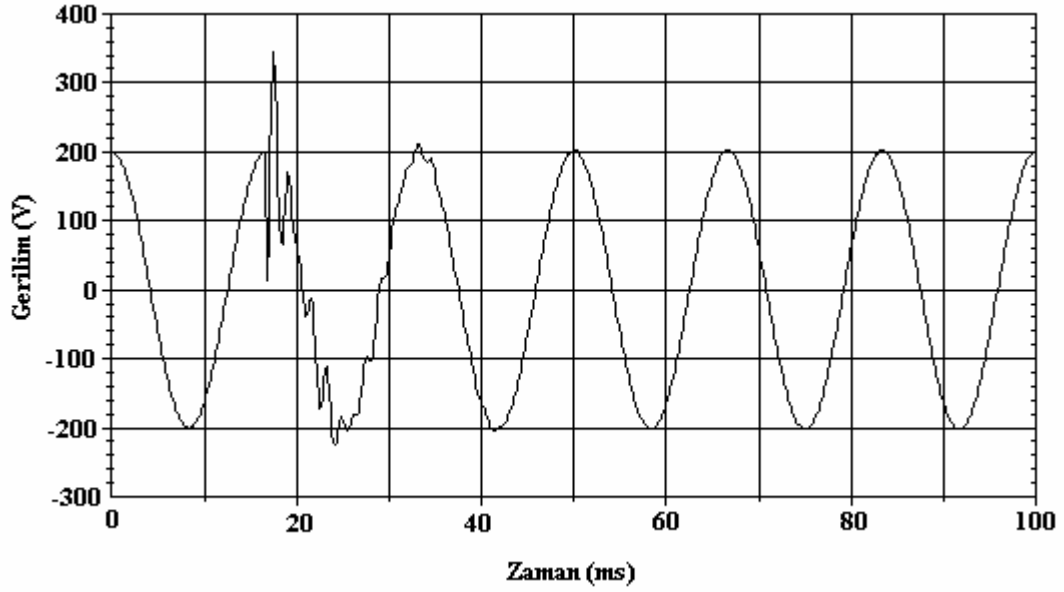
Şekil 2.6 Ark fırınının oluşturduğu gerilim değişimi [8].

### 2.2.8. Elektriksel gürültü

Elektrik sinyali üzerinde geçici olarak yürüyen, hızlı transientlerin sebep olduğu bir bozulma türüdür. Elektrik güç sinyallerinde ana dalganın üstüne binen 200 kHz'den küçük frekanslı dalga şeklinin neden olduğu bozulma olarak tanımlanır. Güç sistemlerinde güç elektroniği cihazları, kontrol devreleri, anahtarlamalı güç kaynakları gürültüye neden olur. Sistemin yanlış topraklanması, sisteme uzak bir yerde oluşan gürültünün neden olduğu arızayı şiddetlendirir. Gürültü, programlanabilir kontrol cihazlarını ve mikro bilgisayar gibi elektronik cihazları bozar. Sistemde filtre ve izolasyon trafoları kullanılmasıyla problem giderilebilir. Faz iletkeni, nötr iletkeni veya sinyal hatlarında ortaya çıkabilir [8].

### 2.2.9. Geçici durumlar

Akım ve gerilimdeki ani artma ve azalma olarak tanımlanır. Transient standartları IEEE 1159–1995 de verilmiştir. Geçici durumlar darbeli ve salınımlı olmak üzere ikiye ayrılır. Darbeli durumlarda akım çok yükselir ve 50  $\mu$ s de tepe değerinin yarısına düşer. Salınımlı geçici durumlarda ise akım veya gerilim darbeli kadar kısa sürmez yarım ya da üç tam periyot devam eder [1].



**Şekil 2.7** Kondansatör grubunun devreye alınmasının sebep olduğu düşük frekanslı geçici durum [8].

#### 2.2.10. Gerilim düşümü

Gerilim düşümü gerilimin anma değerinin %90'ının altına 60 s'den fazla süreyle düşmesidir. Gerilim düşümleri hassas cihazların yanlış değer okumasına ve indüksiyon motorlarının verimsiz çalışmasına sebep olurlar [1]. Büyük yüklerin devreye alınması, kondansatör grubunun devreden çıkarılması ya da aşırı yüklenme nedeniyle sistemdeki gerilim regülatörü gerilimi eski değerine getirene yani gerilim değerini iyileştirene kadar gerilimde düşme meydana gelir.

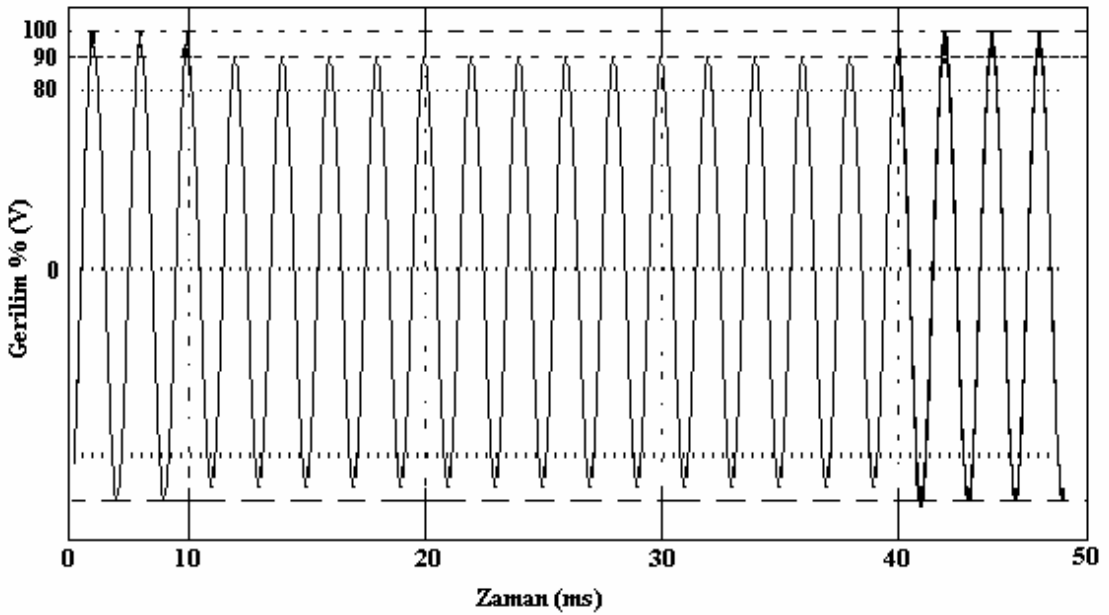
#### 2.2.11. Gerilim Yükselmesi

Gerilim yükselmeleri kısa süreli gerilim yükselmeleri ile daha uzun sürmelerinin haricinde yakından ilgilidir. Kısa süreli gerilim yükselmeleri gibi gerilim yükselmeleri de anma gerilim değerinin %110'unu 60 s'den daha uzun bir süreyle aşmasıdır. Gerilim yükselmelerinin en büyük sebebi kondansatörlerin anahtarlama zamanlarıdır. Çünkü kondansatör enerji depo eden bir elemandır. Kapasitör anahtarlandığı zaman şebeke gerilimini artırır [1].

Büyük yüklerin devreden çıkması ya da kondansatör grubunun enerjilendirilmesi sonucu sistemdeki gerilim kontrolünün yetersiz olması durumunda meydana gelir. Trafolardaki yanlış kademe ayarları da aşırı gerilimlere neden olabilir [8].

### 3. KISA SÜRELİ GERİLİM DÜŞÜMÜ PROBLEMLERİ VE AZALTMA YÖNTEMLERİ

IEEE gerilim düşümünü, kısa bir süre için gerilimin büyüklüğünde azalma olarak tanımlar. Gerilim düşümünün süresi 10 ms ile 1dk arasındadır. Azalmanın büyüklüğü 50 Hz normal RMS değerinin %10 ile %90'ı arasındadır. Gerilim düşümleri kısa bir süre için bir kere meydana gelir. Diğer gerilim azalması problemleri genelde gerilim kırışımları gibi ara ara meydana gelir [1]. Kısa süreli gerilim düşümü bir elektrik güç sisteminde meydana gelen anlık düşüş olup, birkaç periyot ile birkaç saniye arasında kısa bir süre sonra gerilimin düzelmesiyle sonuçlanır (IEC 61050-161). Kısa kesintiler bir dakikadan daha az sürer (şebekenin işletme koşullarına bağlı olarak üç dakikaya kadar çıkabilir) ve genellikle, uzun süreli kesintilerden kaçınmak amacıyla tasarlanmış bir devre kesicinin açılması veya otomatikman kapanmasıyla sonuçlanır. Kısa ve uzun süreli kesintiler hem kaynaklarına göre hem de meydana gelmelerini önlemek veya azaltmak amacıyla getirilen çözümlere göre farklılık gösterirler [8].



Şekil 3.1. Kısa süreli gerilim düşümü dalga formu.

Şekil 3.1'de 1,5 periyotluk bir kısa süreli gerilim düşümü örneği görülmektedir.

### 3.1 Kısa süreli gerilim düşümü problemlerinin sebepleri

Enerji sağlayıcılar ve kullanıcılar, iletim ve dağıtım hatlarında gerilim düşümlerine sebep olabilirler. Örneğin bir transformatör arızası şebeke üzerinde gerilim düşümüyle sonuçlanan bir hataya neden olan olayın başlangıcı olabilir. Bu arızalar enerji sisteminden güç çekerler. Arızanın olduğu enerji sağlayıcı güç sistemi üzerinde gerilim düşümü meydana gelir. Dağıtım hatları arızaları ise iletim hattı arızalarındaki gerilim düşümlerinden daha uzun sürede sonlanır [1].

### 3.2 Kısa süreli gerilim düşümü problemlerinin etkileri

Endüstriyel ve ticari kullanıcıları olumsuz etkileyen enerji kalitesi problemleri arasında gerilim düşümleri daha sık meydana gelmektedir. Gerilim düşümleri kullanıcılara aktarılan gücü azaltır ve bilgisayarların hatalı çalışmasına, ayarlı hız sürücülerinin çalışmamasına ve motorların aşırı ısınmasına yol açar [1].

En hassas uygulamalar şunlardır;

Prosesin, zincirdeki herhangi bir ögenin geçici bir süre için kapanmasını tolere edemediği eksiksiz ve kesintisiz üretim hattı, baskı, çelik işleri, kâğıt fabrikaları, petrokimyasallar,

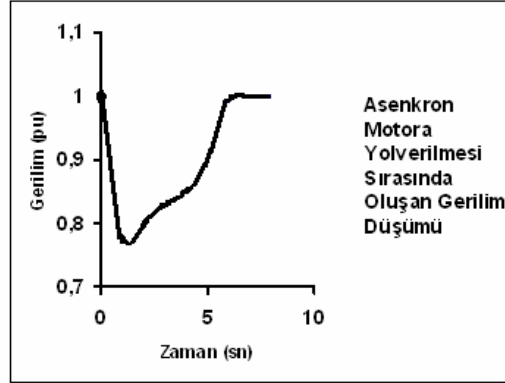
Aydınlatma ve güvenlik sistemleri (hastaneler, havaalanı aydınlatma sistemleri, kamu binaları ve yüksek binalar ),

Bilgisayarlar (bilgi işlem merkezleri, bankalar, telekomünikasyon merkezleri) [8].

#### 3.2.1 Gerilim düşümü ve kesintilerin asenkron motorlar üzerindeki etkileri

Gerilim düşümü meydana geldiğinde, asenkron motorun mekanik momenti gerilimin karesi ile orantılı olarak düşer ve bu da motorun devir hızı azalır. Motorun devir hızındaki azalma gerilimin genliğindeki azalmanın büyüklüğüne ve süresine, motorun miline monte edilmiş olan yükün eylemsizliğine ve yükün momentine bağlı olarak değişir. Motorun mekanik momenti yük momentinin altına düşerse motor durur. Bir sistemde birden fazla asenkron motor varsa aynı anda yol verme sonucunda anlık olarak gerilim düşümü meydana gelir.

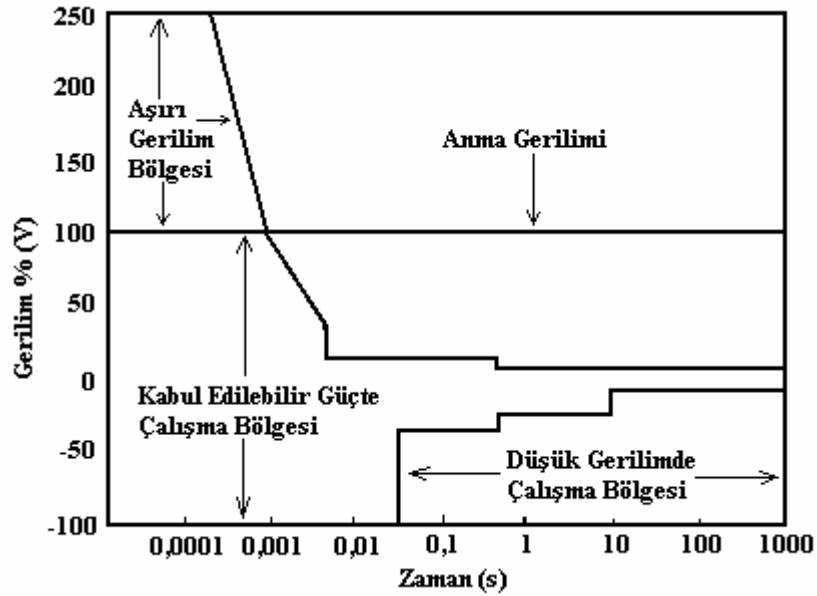
Şekil 3.2’de böyle bir direk yol verilmiş asenkron motorun yol açtığı gerilim düşümü görülmektedir.



Şekil 3.2 Asenkron motora yol verilmesi sırasında oluşan gerilim düşümü

### 3.2.2 Gerilim düşümü ve kesintilerin elektronik cihazlar üzerindeki etkileri

Günümüzde bilgisayarlar (mikrobilgisayarlar, ölçüm cihazları) yönetimin ve üretimin izlenmesinde, kontrol ve kumanda edilmesinde önemli bir konuma sahiptirler. Tüm bu cihazlar, anma gerilim değerinin %10'unu aşan gerilim düşüklüklerine karşı duyarlıdır. Şekil 3.3'te verilen eğride, ITIC (Bilgisayar Endüstri Konseyi), bilgisayarların; gerilim düşmelerine, kesintilere ve aşırı gerilimlere nasıl dayandığını gösteren, süregenlik eğrisi görülmektedir.

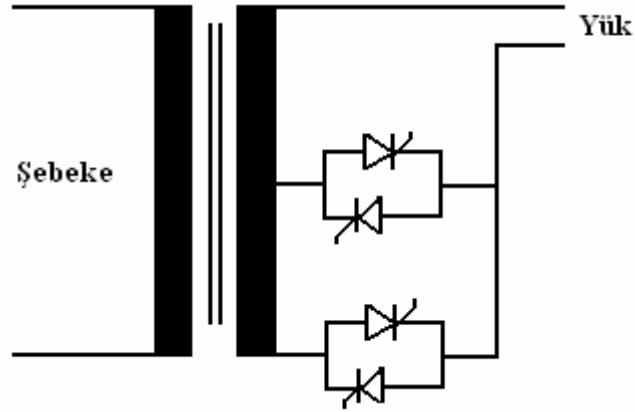


Şekil 3.3 ITIC eğrisi ( Bilgisayarların gerilim düşümlerine, yükselmelerine ve kesintilere karşı dayanımının eğrisi )

Bu limitlerin dışında gerçekleşen çalışma, veri kaybına, yanlış komutlara ve cihazın kapanmasına veya arızalanmasına neden olur. Cihazlarda işlev kaybının sonuçları, özellikle gerilim eski haline geldiğinde, yol verme koşullarına dayanmaktadır. Belirli cihazlar, örneğin kendine ait gerilim düşüklüğü saptama cihazlarına sahiptir ve bu özellik, verilerin yedeklenmesini ve hesaplama süreçlerini ve herhangi bir yanlış komutu engelleyerek güvenliği sağlamaktadır [8].

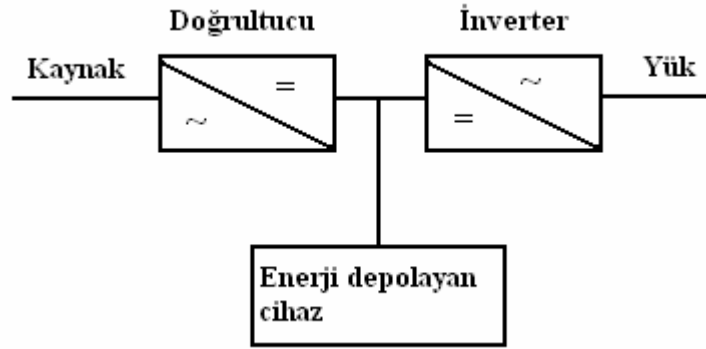
### 3.3. Gerilim düşümlerini azaltmakta kullanılan cihazlar

Değişen giriş gerilimine bağlı olarak hassas yükler için kurulmuş transformatörler için elektronik kademe değiştiriciler kullanılabilir [10]. Bu cihaza statik gerilim düzenleyicisi de denilir [5]. Kaynak ve yük arasında tesis edilmiştir. Yük tarafına gerilim aktaran sargı olan sekonder kısım birkaç parçaya ayrılmıştır. Bu kısımlar hızlı anahtarlama yapan anahtarlarla devreye girer ya da çıkarlar. Böylece adım adım sekonder tarafın regülasyonu sağlanır. Bu yöntem sayesinde çok sert gerilim düşümlerinde dahi çıkış gerilimi anma değerinin en az %90 değerine kadar getirilir. Bu yöntem de tristör temelli anahtarlar şekil 3.4'de görüldüğü gibi kullanılmıştır [9].



Şekil 3.4 Statik gerilim düzenleyici

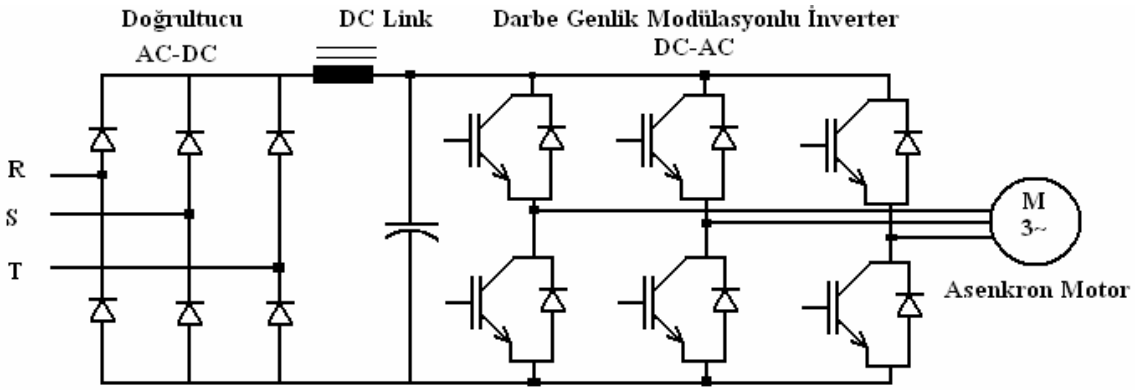
Düşük güçlü donanımlar için kullanılan standart çözüm yöntemlerinden birisi de doğrultucu ve inverter devresinden oluşan kesintisiz güç kaynağı kullanmaktır. Bir bakıma şekil 3.5 enerji depolayan cihaz genellikle kondansatöre paralel bağlı olan bir akü bloğudur. Normal çalışma sırasında şebekeden gelen gerilim önce doğrultulur ondan sonra evirilip yük tarafına aktarılmaktadır. Burada akünün görevi kondansatör gerilimini sabit tutmaktır. Gerilim düşümü ya da elektrik kesintisi sırasında kondansatöre zamanla değişmeyen doğru gerilim sağlar. Akü kapasitesine bağlı olarak dakikalar hatta saatlerce doğru gerilim verebilir. Bilgisayar yükleri gibi uygulamalarda kesintisiz güç kaynağı standart bir çözüm haline gelmiştir.



Şekil 3.5 Kesintisiz güç kaynağı

#### 4. AYARLI HIZ SÜRÜCÜLERİ VE AYARLI HIZ SÜRÜCÜLERİNİN KESİNTİSİZ ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ

Ayarlı hız sürücülerini modern prosesler de sıkça kullanılmaktadır. Ayarlı hız sürücülerini pazarında yüksek dinamik performans, enerji tasarrufu, geliştirilmiş inverter konfigürasyonu, hızlı anahtarlama, yüksek güçlü anahtarlar, mikroişlemcili uygulama en önemli özelliklerdendir. Ayarlı hız sürücülerinin kullanımı süreç kontrolüne bağlı olarak endüstriyel ve ticari uygulamalarda her geçen gün artmaktadır. Konveyörler, asansörler, tekstil makineleri, mermer makineleri, matbaa milleri, pompalar, iklimlendirme gibi uygulamalar ayarlı hız sürücülerinin en sık kullanıldığı alanlardır. Aşağıdaki verilen şekil 4.1’de tipik bir asenkron motor hız kontrol güç devresi görülmektedir.



Şekil 4.1 Genel bir asenkron motorun hız kontrolü için güç devresi

Ayarlı hız sürücüsü kullanılarak motor hızının ayarlanması daha iyi bir proses kontrolü ve mekanik donanım yönünden daha az bir aşınma sağlar. Enerji tasarrufuyla beraber daha az akustik gürültü verir. Ancak ayarlı hız sürücülerinin bazı dezavantajları da vardır. Bunlar kaynağa gönderilen harmonik akımları, elektromanyetik girişim üretimi gibi motorların ömrünü ve verimini azaltan olaylardır [11].

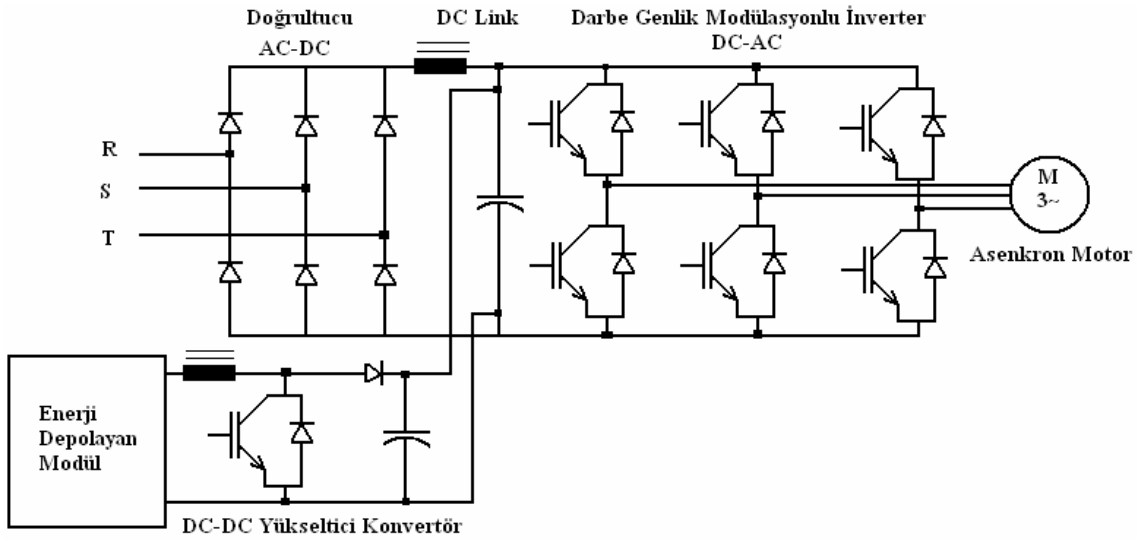
##### 4.1. Ek modül olarak enerji depolayan cihaz kullanımı

Ayarlı hız sürücülerini için tam yükte kesintisiz çalışma kabiliyeti sağlayan enerji depolama teknolojileri yedek batarya sistemleri, kondansatörler, motor-jeneratör setleri, volanlar, süper iletken manyetik enerji depolama ve yakıt pillerini kapsar. Enerji depolayan modülün çıkışına bir yükseltici devre bağlamakla daha yüksek performans kazanılabilir. Enerji

depolama kısa süreli gerilim düşümü süresinin ve gerilim düşümü azalmasının bir fonksiyonudur. Şekil 4.2’de buna ait bir örnek uygulama görülmektedir.

**Avantajları:** Enerji depolayan cihazların kullanılmasının en büyük avantajı derin gerilim düşümleri ve kesintiler de kesintisiz çalışmayı sürdürme, kolay kurulum, minimum seviyede bakım gerektirmesidir.

**Dezavantajları:** Enerji depolayan cihazların kullanılması için ek donanım, geniş alan ve hacme gereksinim vardır.[12].



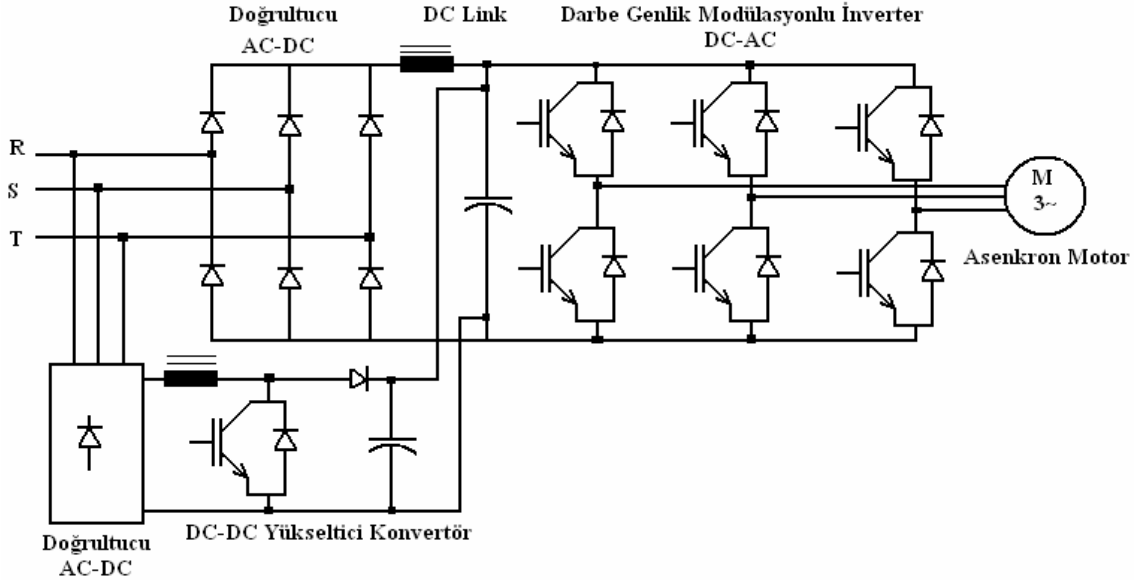
**Şekil 4.2** Ayarlı hız sürücüsünün kesintisiz çalışması için ek modül olarak enerji depolayan cihaz kullanımı

#### 4.2. Yükseltici konvertör kullanımı

Gerilim düşümü süresince dc bara için gerekli olan doğru gerilimi sabit tutmak için yükseltici konvertör kullanılabilir. Gerilim düşümü halinde konvertör, dc baradaki düşümü algılar ve inverter devresi için gerekli olan minimum gerilimi dc baraya iletmeye başlar. Bu teknoloji %50 oranındaki gerilim düşümlerine kadar kesintisiz çalışma sağlayabilir.

**Avantajları:** Bu teknoloji %50 oranındaki gerilim düşümlerine kadar kesintisiz çalışmayı sürdürebilir.

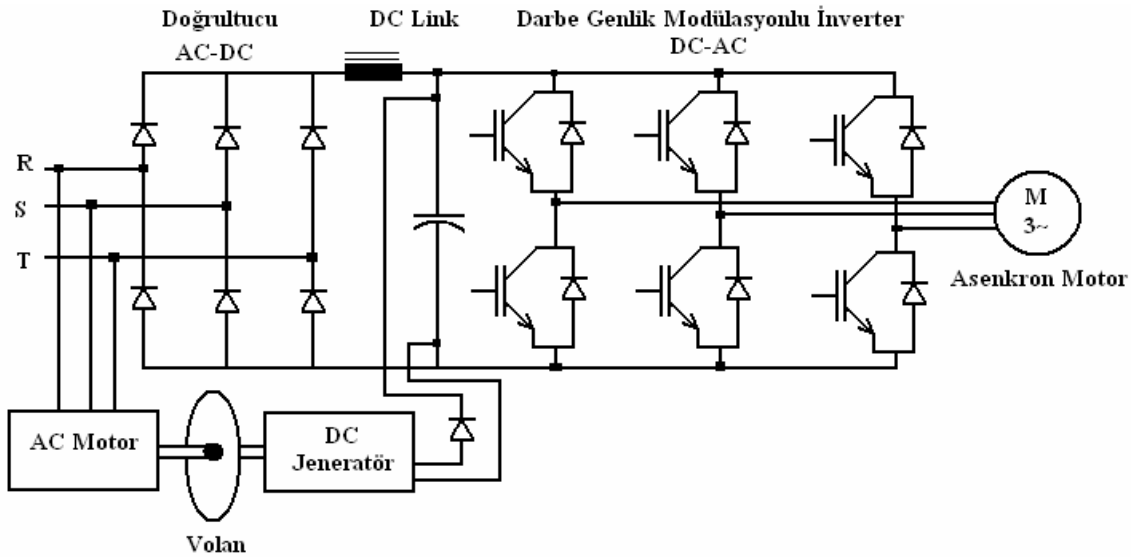
**Dezavantajları:** Ek donanım gereklidir. Elektrik kesintisi halinde yükseltici konvertör kesintisiz çalışmayı sağlayamaz. Pahalıdır ve karmaşık bir sistemdir.



Şekil 4.3 Ek modül olarak kesintisiz çalışma için yükseltici konvertör devresi bulunan ayarlı hız sürücüsü

#### 4.3. Motor-jeneratör setlerinin kullanımı

Motor jeneratör setleri gerilim düşümü ya da kesintisi süresince döner kısımlarını enerji üretmek için kullanır. Kesinti ya da gerilim düşümü süresince 60 Hz frekansta 15 s'ye kadar kesintisiz çalışmayı sürdürebilir [13]. Daha uzun süreli kesintisiz çalışma için asenkron motor yerine dizel jeneratör kullanılmalıdır. Şekil 4.4'de tipik bir motor-jeneratör seti görülmektedir.



Şekil 4.4 Motor jeneratör seti

Avantajları: Derin gerilim düşümleri ve kesintilerde kesintisiz çalışmayı sürdürebilir. Çok güvenlidirler ve 15 s'ye kadar kesintisiz çalışmayı sürdürebilirler.

Dezavantajları: Döner kısımlar için bakım gerektirir. İlave donanım ve yer gerektirir.

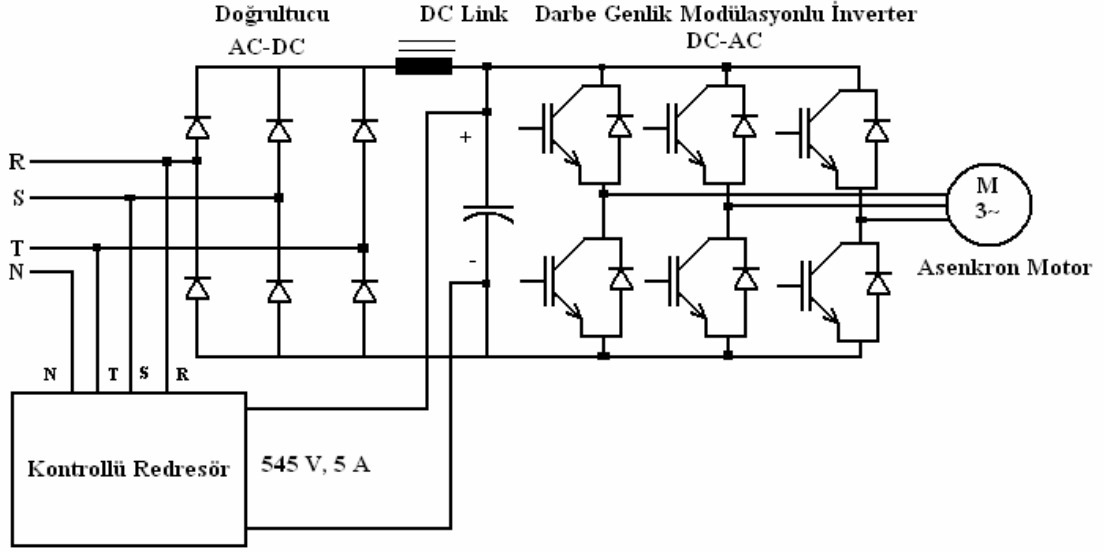
## **5. AYARLI HIZ SÜRÜCÜLERİNİN KESİNTİSİZ ÇALIŞMASI İÇİN YENİ BİR ÖNERİ**

### **5.1. Kontrollü redresör kullanılması**

Kontrollü redresör ya da kontrollü doğrultucular şebeke gerilimindeki bozulmalar ve değişimlerden etkilenmeksizin kararlı dc gerilim üretirler. Kontrollü redresörler özellikle elektro kaplama yapılan yerlerde sıkça kullanılırlar veya aküleri şarj etmekte kullanılırlar. Cihazın kontrollü olabilmesi için en basit olarak tristörlerin kullanılması gerekir. Burada giriş geriliminin azalması veya artması halinde elektronik kontrol devresi gerilim düşümü veya yükselmesini algılar ve tristörlerin tetikleme açısını hızlı bir şekilde değiştirerek cihazı korur. Redresörlerden çekilebilecek aşırı akım durumunda tristörlerin tetikleme açısının 180°'ye yaklaştırılıp çıkış geriliminin düşürülmesi ve akımın istenilen değerin üstüne çıkmasının engellenebilmesi redresörün avantajlarındanır.

Son yıllarda üretilen kontrollü redresörlerde şebeke fazlarının sırasının değişmesine yönelik tedbirlerde alınarak kontrollü redresörlerin işlevselliği arttırılmıştır. Ayrıca kontrollü redresörlerin çıkışına gerilim dalgalanmasını azaltmak için güç kondansatörleri konulur. Bu kondansatörler çıkış geriliminin dalgalılığını azaltır ve ortalama değeri yükselir. Her ne kadar kontrollü redresörler doğrultma işi yaptığı için şebekeye harmonik gönderseler de küçük güçlü redresörlerde bu problem dikkate alınmaz. Büyük güçlü redresörlerde hat reaktörleri ile bu problem büyük ölçüde giderilir. Ayrıca kontrollü redresör çıkışına şok bobinleri de konularak akım filtre edilmiş olunur. 6 ve 12 pals yani darbeli olarak üretilirler. 12 darbeli tristör kullanmakta harmoniklerin giderilmesine katkıda bulunur.

Bu yöntemin daha önceki önerilen yöntemlere göre üstünlükleri yükseltici konverter gibi daha karmaşık güç elektroniği içeren yöntemlerden daha az güç elektroniği kullanılıyor olmasıdır. Ayrıca motor jeneratör setlerindeki gibi mekanik ve hareketli kısımları olmadığı için sürtünme kayıpları olmamasının yanında gürültülü çalışma da söz konusu olmaz. Dezavantajları ise enerji depolayan modüller gibi enerji depolayamadığı için enerji kesintisi durumunda kesintisiz çalışmayı sürdüremezler. Şekil 5.1'de bu yapı verilmiştir.



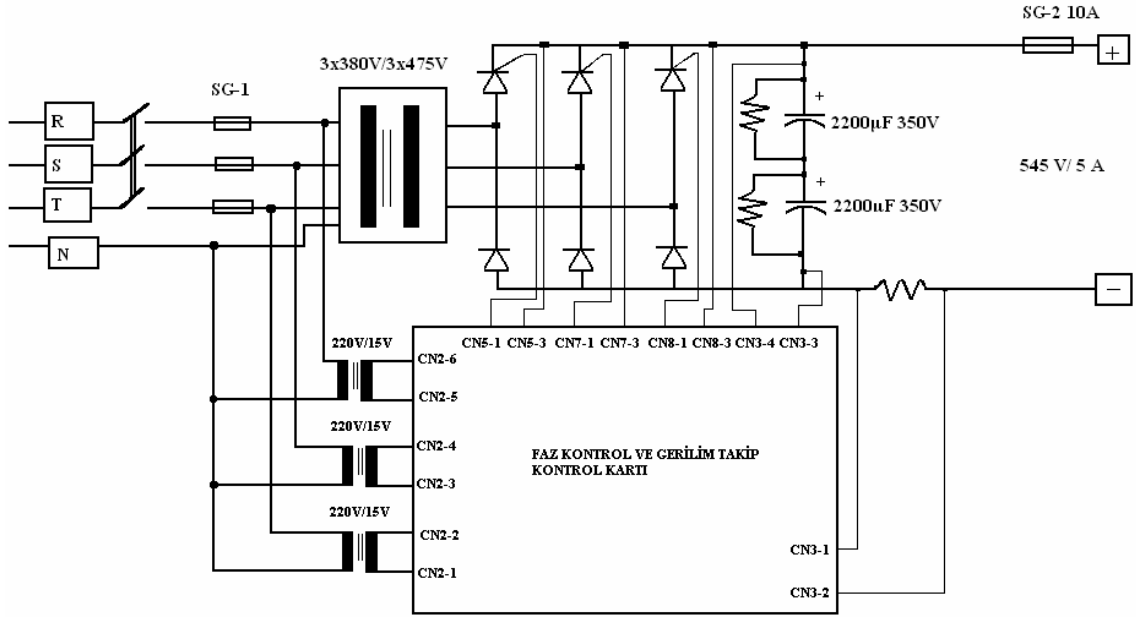
**Şekil 5.1** Genel bir asenkron motor hız kontrol cihazı ile kontrollü redresörün birlikte çalışması

## 5.2 Kullanılan kontrollü redresörün özellikleri

Deneyde kullanılan kontrollü redresörün transformatörü 3x380 V/ 3x475 V değerindedir. Bu transformatör ile şebeke geriliminin kullanılacak gerilim seviyesine yükseltilmesi sağlanmıştır. Burada 475 V tercih edilmesinin nedeni istenen 545 V DC çıkış geriliminin yaklaşık %20 oranında düştüğü zaman bu gerilimi vermesi içindir. Şebeke gerilimi faz-nötr 180 V AC olduğunda transformatörün sekonder çıkışı faz-nötr 220 V olacaktır.

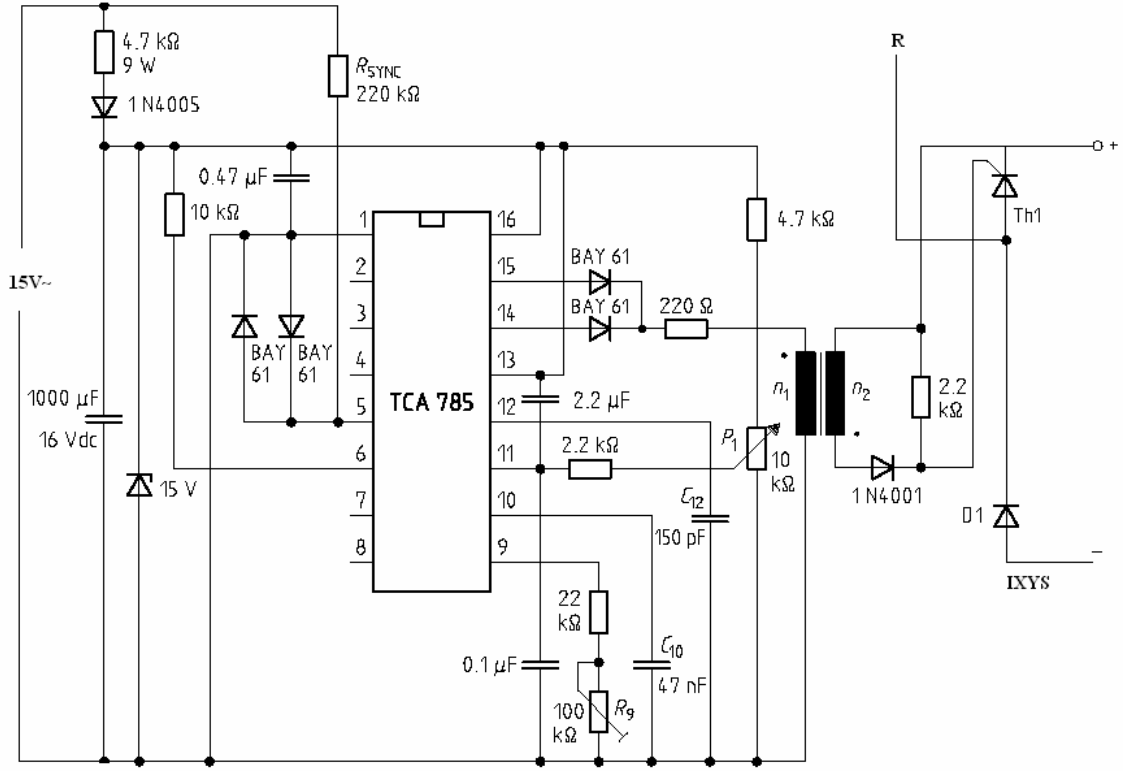
Doğrultucular tristörlerden oluşmaktadır ve cihazın ikinci kısmıdır. Burada 3 adet tristör diyot modül grubu kullanılmıştır. Çıkış akımı 5 A olmasına karşın kullanılan tristör diyot modülleri 50 A seçilmiştir. Böyle yüksek seçilmesinin nedeni çıkış geriliminin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

545 V luk çıkış geriliminin doğrultulacağı kondansatör değeri çıkış gerilimine uygun olarak 700 V olarak seçilmiştir. 700 V kondansatör piyasa da bulunmadığı için 2200 $\mu$ F değerinde 2 adet 350 V'luk kondansatör seri bağlanmıştır. Şekil 5.2'de kullanılan kontrollü redresörün devresi görülmektedir

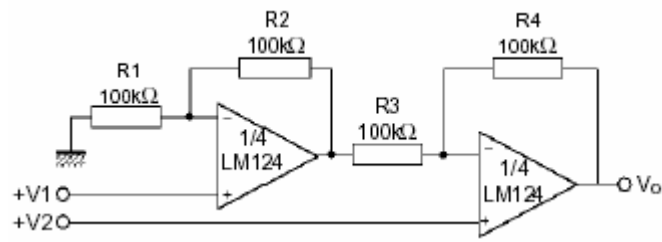


Şekil 5.2 Kullanılan kontrollü redresörün devre şeması

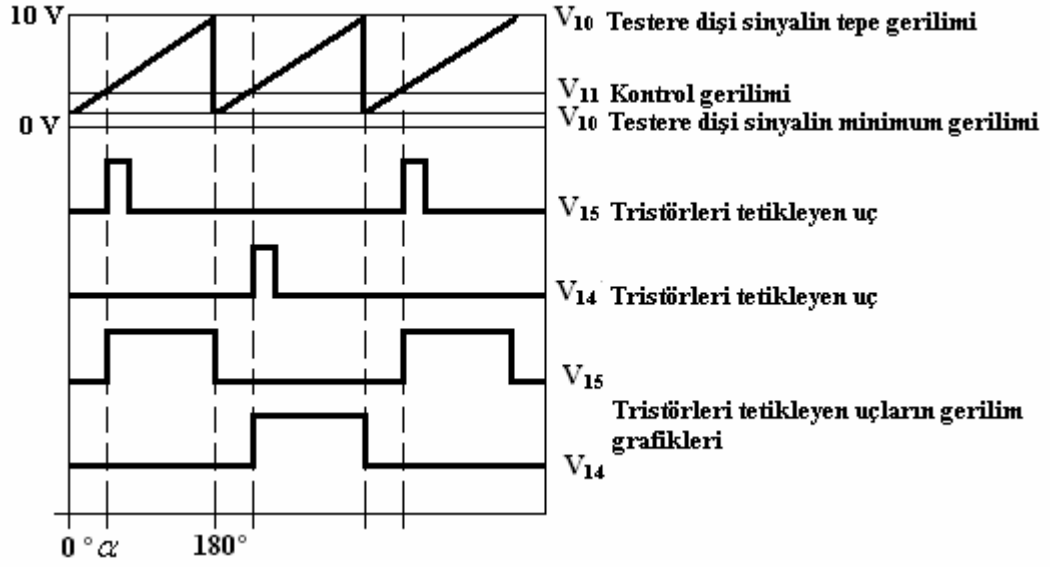
Şekil 5.3'de bir faza ait devre şeması verilmiştir. Kontrollü redresörün kontrol ünitesi faz kontrol ve gerilim kontrol kartından oluşmaktadır. Bu kartta faz kontrolü için Siemens TCA 785 entegresi kullanılmıştır. Bu faz kontrol entegresi ile tristör, triyak ve transistorler kontrol edilebilir. Tetikleme açısı  $0^\circ$  ile  $180^\circ$  arasında değiştirilebilir. TCA 785'in sıklıkla kullanıldığı yerler konvertör devreleridir. Entegrenin üç fazlı uygulamalarda kullanılabilmesi çok önemli bir özelliktir. TCA 785 ile 250 mA'e kadar çıkış akımı verilebilmektedir. Şekil 5.4'de görüleceği üzere erilim geri beslemesi için LM 124 entegresi kullanılmıştır. Kontrol ünitesinin beslenmesi için düşük dc gerilime ihtiyaç duyulmuştur. Elektronik kontrol kartının beslenmesi için her bir faza ait toplam 3 adet 220/15V düşürücü transformator kullanılmıştır. Kartın beslenmesinde kullanılan her bir faza ait 15 V alternatif gerilim kartın girişinde bulunan diyotlar tarafından doğrultulur. Redresörün çıkış geriliminin geri beslemesini yapan LM 124 entegresinin çıkış ucu TCA 785'in 11 numaralı ucuna bağlanmıştır. 11 numaralı uca gelen gerilim kontrol gerilimidir. Tristörleri tetikleyen uçlar entegrenin 14 ve 15 numaralı uçlarıdır. Uygulama tipine bağlı olarak 14 ve 15 numaralı uçlar birleştirilebilir ya da ayrı olarak tristörlerin tetiklenmesinde kullanılabilir. TCA 785'in 10 numaralı ucu tarafından testere dişi şeklinde sinyal alınmaktadır. Bu üretilen sinyal ile kontrol gerilimi karşılaştırılır. Şekil 5.5'de kontrol gerilimi ile testere dişi sinyalin karşılaştırılmasına ve buna bağlı olarak tetikleme açısı  $\alpha$ 'nın değiştirilmesine ait grafik verilmiştir.



Şekil 5.3 Faz kontrol devresi

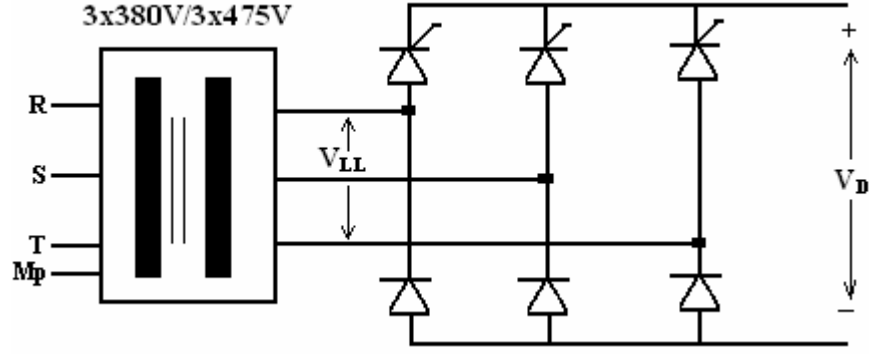


Şekil 5.4 Gerilim için geri besleme devresi



Şekil 5.5 Tristörlerin tetiklenme açısının kontrol gerilimi ile değişiminin grafiği

Redresörün çıkışından geri besleme yoluyla gelen  $V_{11}$  kontrol gerilimi TCA 785 entegresinin ürettiği testere dişi sinyal ile karşılaştırılır. Testere dişi sinyalin maksimum gerilimi 10 V dc gerilimdir. Şekil 5.5’de görüldüğü gibi 0 V’da 0°’de, 5 V’da 90°’de ve 10 V’da 180°’de tetikleme yapılmaktadır. Çıkış gerilimi yüksekse kontrol gerilimi testere dişi şeklindeki sinyalin tepe değerine yaklaşır. Bu durumda tristörlerin tetiklenme açısı 180°’ye yükseltilir. Çıkış gerilimi düşükse kontrol gerilimi testere dişi şeklindeki sinyalin tabanına yaklaşmaya başlar. Bu durumda da tristörlerin tetiklenme açısı 0°’ye yaklaştırılır. Tristörleri tetikleme uçları olan  $V_{14}$  ve  $V_{15}$  palsleri kontrol geriliminin testere dişi şeklindeki sinyali kestiği noktalarda çalışmaktadır.  $\alpha$  açısının 0° ile 180° arasında kaydırılmasıyla redresörün çıkışındaki gerilimin değeri sabit tutulmaya çalışılır. Gerilim takip devresinden gelen bilgiler ile fazların açısı TCA 785 tarafından hesaplanır ve tristörler bu açı ile tetiklenir



Şekil 5.6 Genel bir yarım kontrollü redresörün transformatör ve doğrultucu ünitesi

Kullanılan yarım kontrollü redresöre ait giriş ve çıkış gerilimi arasındaki bağıntı aşağıda verilmiştir.

$$V_D = \frac{3\sqrt{2}}{2\pi} V_{LL} (1 + \cos \alpha)$$

Burada;

$V_D$ : Redresörün çıkış gerilimi (V),

$V_{LL}$ : Redresörün faz-faz giriş gerilimi (V),

$\alpha$  : Tristörlerin tetiklenme açısı

a: Kullanılan kontrollü redresöre ait transformatörün dönüştürme oranı

$$a = \frac{475}{380} = 1,25$$

Örneğin, şebekenin faz-nötr gerilimi 220 V değerindeyken şebekenin faz-faz gerilimi 380 V değerindedir. Bu durumda redresöre ait transformatörün çıkış gerilimi 475 V olur. Redresörün çıkış geriliminin 545 V değerinde olması için tristörün tetiklenme açısı  $\alpha$ 'nın değeri yukarıda verilen bağıntıdaki değerler yerine konularak hesaplanır.

$$545 = \frac{3\sqrt{2}}{2\pi} 475(1 + \cos \alpha)$$

$$1,7 = 1 + \cos \alpha$$

$$0,7 = \cos \alpha$$

$$\alpha = \cos^{-1}(0,7)$$

$$\alpha = 45,22^\circ$$

Şebekenin faz-nötr gerilimi 210 V değerine düştüğünde faz-faz gerilimi;

$210\sqrt{3} = 363,7$  V değerine karşılık gelir. Redresörün faz-faz giriş gerilimi ise bulunan değerin transformatörün dönüştürme oranıyla çarpılarak bulunur.

$$V_{LL} = 363,7 \times 1,25 = 454,6 \text{ V dur.}$$

Bu durumda redresörün çıkış geriliminin 545 V değerinde olması için tristörün tetiklenme açısı;

$$545 = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} 454,6(1 + \cos \alpha),$$

$$1,77 = 1 + \cos \alpha,$$

$$0,77 = \cos \alpha,$$

$$\alpha = \cos^{-1}(0,77),$$

$$\alpha = 39,6^\circ$$

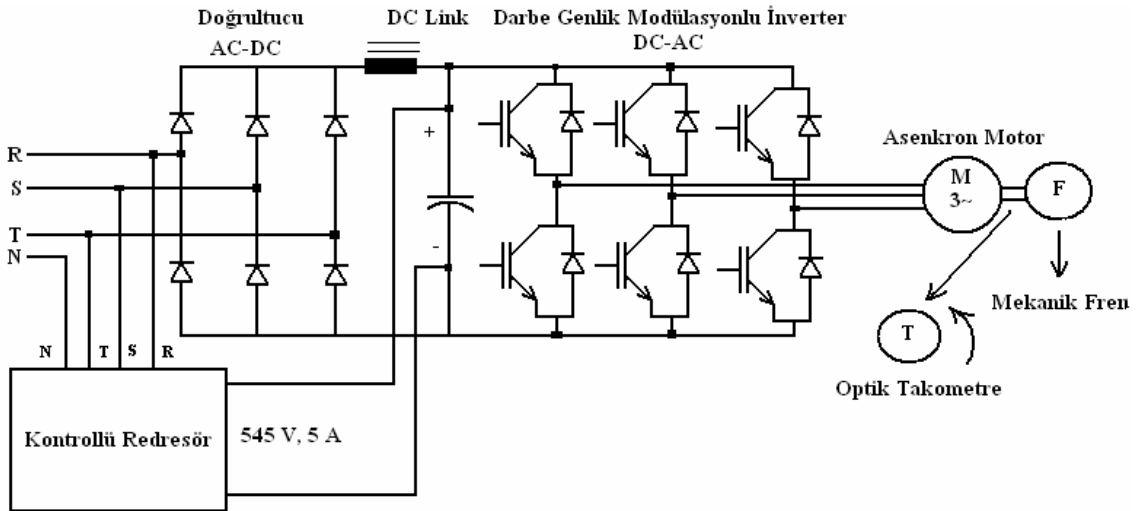
Çizelge 5.1’de görüldüğü gibi giriş geriliminin azalmasına rağmen redresörün çıkış geriliminin sabit kalması için  $\alpha$  açısının  $0^\circ$  yaklaştığı görülmektedir. Bu yöntemde kullanılan redresör yaklaşık %20 oranında bir iyileştirme yapmıştır.

**Çizelge 5.1** Şebeke gerilimi ile tristörlerin tetiklenme açısının değişimini veren değerler

Şebekenin Gerilimi Faz-Nötr (V)	Redresörün Giriş Gerilimi Faz-Faz (V)	Tristörlerin Tetiklenme Açısı ( $\alpha^\circ$ )	Redresörün Çıkış Gerilimi (V)
220	475	45,22	545
210	454,6	39,6	545
200	432,5	29,44	545
190	410,8	14,15	545
180	389,25	0	545

### 5.3. Kontrollü redresörün uygulaması

Kontrollü redresör kullanılarak ayarlanabilir hız sürücüsünün gerilim düşümleri altındaki performansını test etmek için yapılan deney için gerekli olan devre şekli aşağıdaki gibidir. Bakınız şekil 5.7’de gerilim düşümü oto transformatörü ile sağlanmıştır. Kullandığımız oto transformatörü 3x1,5 kVA olup primer sargısının faz-faz gerilimi 380 V sabit, sekonder sargısının gerilimi ise 0-380 V arasında manuel olarak değiştirilebilir özelliindedir. Ayarlı hız sürücüsü olarak Telemecanique ATV 31 cihazını kullanılmıştır. Bu cihaz 0,75 kW gücünde olup üç faz giriş üç faz çıkışlı olan bir cihazdır. Ayarlı hız sürücüsünün çıkışına 0,55 kW gücünde iki kutuplu yıldız bağlı bir asenkron motor bağlanmıştır. Hız kontrol cihazının çıkışına akım, gerilim, güç katsayısı ölçümlerini yapmak için dijital multimetre bağlanmıştır. Asenkron motorun yüklenmesini sağlamak için motor milinin üzerine şekil 5.7’de (F) ile gösterilen mekanik fren yapılmıştır. Bu mekanik fren manuel olarak sıkılarak motorun çektiği akımın artması sağlanmıştır. Asenkron motorun devir hızını ölçmek için aşağıdaki şekilde (T) ile gösterilen optik takometre kullanılmıştır. Kullanılan kontrollü redresör üç faz giriş ve dc çıkışı olan bir doğrultucu devresidir. Kullanılan redresörün girişi oto transformatörünün sekonderine bağlanmıştır. Redresörün çıkışı ise hız kontrol cihazının dc barasına bağlanmıştır. Şekil 5.7’de genel bir asenkron motorun ani gerilim düşümleri altında performansını test etmek için kontrollü redresörle birlikte çalıştırılmasına ait devre şekli görülmektedir.



Şekil 5.7 Genel bir asenkron motor hız kontrol cihazının ani gerilim düşümleri altında performansını test etmek için yapılan deneyin şeması

Kontrollü redresörün çıkış gerilimi 545 V dc değerine ayarlanmıştır. Kullanılan kontrollü redresör 5 A akım verebilmektedir. Kullanılan redresöre ait transformatörün primeri 380 V sekonderi ise 475 V değerinde yapılmıştır. Redresörde iki adet birbirine seri bağlı olan 2200 $\mu$ F değerinde kondansatör kullanılmıştır. Deney yapılırken faz-nötr gerilimi, 10'ar volt aralıklarla oto transformatörü ile düşürülmüştür. 220, 210, 200, 190, 180 V kademelerinde akım, gerilim, güç katsayısı, devir değerleri alınmıştır. Bu alınan değerlerle aşağıdaki bağıntılara göre motorun momenti, gücü hesaplanmıştır. Burada ölçülen ve hesaplanan değerlerin yardımıyla tablolar çıkartılmıştır.

Burada;

$$P = \sqrt{3}UI \cos \varphi \text{ Watt}$$

$$M = 9,55x \frac{P}{n} \text{ Newton-metre}$$

$$n = \text{Motor hızı d/dk}$$

$$U = \text{Motor gerilimi faz-faz (V)}$$

$$I = \text{Motor akımı (A)}$$

Kontrollü redresörün ürettiği enerji

$$W = \frac{1}{2}CV^2 \text{ (Joule)}$$

$$W = \frac{1}{2}1100.10^{-6}.550^2 = 166,375 \text{ joule}$$

### 5.3.1. Kontrollü redresör kullanılmadan alınan değerler

Aşağıdaki çizelgelerde ( çizelge 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6 ) kontrollü redresör kullanılmadan ölçülen ve hesaplanan değerlere yer verilmiştir. Deney yapılırken kontrollü redresörün girişindeki ve çıkışındaki sigortalar off konumuna getirilmiştir ve çıkış vermesi önlenmiştir. Deney esnasında giriş geriliminin faz nötr değeri 10'ar volt aralıklarla 220 V'dan 180 V'a kadar düşürülmüştür.

**Çizelge 5.2** Motor akımı 0,28 A ve kontrollü redresör kullanılmadan ölçülen ve hesaplanan değerler

Giriş Gerilimi Faz-Nötr (V)	DC Bara Gerilimi (V)	Motor Akımı (A)	Motor Gerilimi Faz-Faz (V)	Cosφ	Çıkış Gücü (W)	Moment (Nm)	Devir Hızı (d\dk)
220	545	0,28	290	0,34	47	0,15	2990
210	505	0,28	286	0,33	45	0,14	2990
200	483	0,28	278	0,32	43	0,13	2990
190	465	0,28	272	0,33	43	0,13	2990
180	435	0,28	265	0,30	38	0,12	2990

**Çizelge 5.3** Motor akımı 0, 4 A ve kontrollü redresör kullanılmadan ölçülen ve hesaplanan değerler

Giriş Gerilimi Faz-Nötr (V)	DC Bara Gerilimi (V)	Motor Akımı (A)	Motor Gerilimi Faz-Faz (V)	Cosφ	Çıkış Gücü (W)	Moment (Nm)	Devir Hızı (d\dk)
220	538	0,4	294	0,74	150	0,49	2923
210	512	0,4	284	0,73	141	0,46	2920
200	476	0,4	279	0,71	136	0,44	2915
190	454	0,4	272	0,71	133	0,43	2910
180	430	0,4	264	0,69	125	0,41	2910

**Çizelge 5.4** Motor akımı 0,55 A ve kontrollü redresör kullanılmadan ölçülen ve hesaplanan değerler

Giriş Gerilimi Faz-Nötr (V)	DC Bara Gerilimi (V)	Motor Akımı (A)	Motor Gerilimi Faz-Faz (V)	Cosφ	Çıkış Gücü (W)	Moment (Nm)	Devir Hızı (d\dk)
220	530	0,55	295	0,80	224	0,75	2850
210	510	0,55	288	0,80	219	0,73	2848
200	484	0,55	282	0,79	211	0,70	2845
190	455	0,55	275	0,77	206	0,69	2840
180	430	0,55	268	0,75	202	0,68	2838

**Çizelge 5.5** Motor akımı 0,8 A ve kontrollü redresör kullanılmadan ölçülen ve hesaplanan değerler

Giriş Gerilimi Faz-Nötr (V)	DC Bara Gerilimi (V)	Motor Akımı (A)	Motor Gerilimi Faz-Faz (V)	Cosφ	Çıkış Gücü (W)	Moment (Nm)	Devir Hızı (d\dk)
220	533	0,8	300	0,87	361	1,25	2750
210	505	0,8	292	0,86	346	1,20	2750
200	480	0,8	286	0,86	340	1,18	2745
190	455	0,8	280	0,84	324	1,12	2742
180	424	0,8	270	0,82	306	1,07	2730

**Çizelge 5.6** Motor akımı 0,9 A ve kontrollü redresör kullanılmadan ölçülen ve hesaplanan değerler

Giriş Gerilimi Faz-Nötr (V)	DC Bara Gerilimi (V)	Motor Akımı (A)	Motor Gerilimi Faz-Faz (V)	Cosφ	Çıkış Gücü (W)	Moment (Nm)	Devir Hızı (d\dk)
220	535	0,9	302	0,94	442	1,58	2675
210	510	0,9	295	0,93	427	1,52	2672
200	484	0,9	287	0,92	410	1,46	2672
190	458	0,9	282	0,90	395	1,41	2666
180	424	0,9	273	0,90	382	1,37	2654

### 5.3.2. Kontrollü redresör kullanılmıca alınan değerler

Aşağıdaki çizelgelerde ( çizelge 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11 ) iyileştirici bir yöntem olarak kontrollü redresör kullanılması durumunda ölçülen ve hesaplanan değerler çizelgesi görölmektedir. Deney yapılırken redresörün girişindeki ve çıkışındaki sigortalar on konumuna getirilmiştir ve redresörün çıkış vermesi sağlanmıştır. Deney esnasında giriş geriliminin faz-nötr değeri 10'ar volt aralıklarla 220 V'dan 180 V'a düşürölmüştür.

**Çizelge 5.7** Motor akımı 0,28 A ve kontrollü redresör kullanılarak ölçülen ve hesaplanan değerler.

Giriş Gerilimi Faz-Nötr (V)	DC Bara Gerilimi (V)	Motor Akımı (A)	Motor Gerilimi Faz-Faz (V)	Cosφ	Çıkış Gücü (W)	Moment (Nm)	Devir Hızı (d\dk)
220	545	0,28	292	0,35	49	0,16	2990
210	545	0,28	292	0,35	49	0,16	2990
200	545	0,28	292	0,35	49	0,16	2990
190	545	0,28	292	0,35	49	0,16	2990
180	540	0,28	291	0,35	49	0,16	2990

**Çizelge 5.8** Motor akımı 0,4 A ve kontrollü redresör kullanılarak ölçülen ve hesaplanan değerler

Giriş Gerilimi Faz-Nötr (V)	DC Bara Gerilimi (V)	Motor Akımı (A)	Motor Gerilimi Faz-Faz (V)	Cosφ	Çıkış Gücü (W)	Moment (Nm)	Devir Hızı (d\dk)
220	545	0,4	295	0,77	157	0,51	2922
210	545	0,4	295	0,77	157	0,51	2922
200	545	0,4	295	0,77	157	0,51	2922
190	545	0,4	295	0,77	157	0,51	2922
180	540	0,4	291	0,77	155	0,50	2918

**Çizelge 5.9** Motor akımı 0,55 A ve kontrollü redresör kullanılarak ölçülen ve hesaplanan değerler

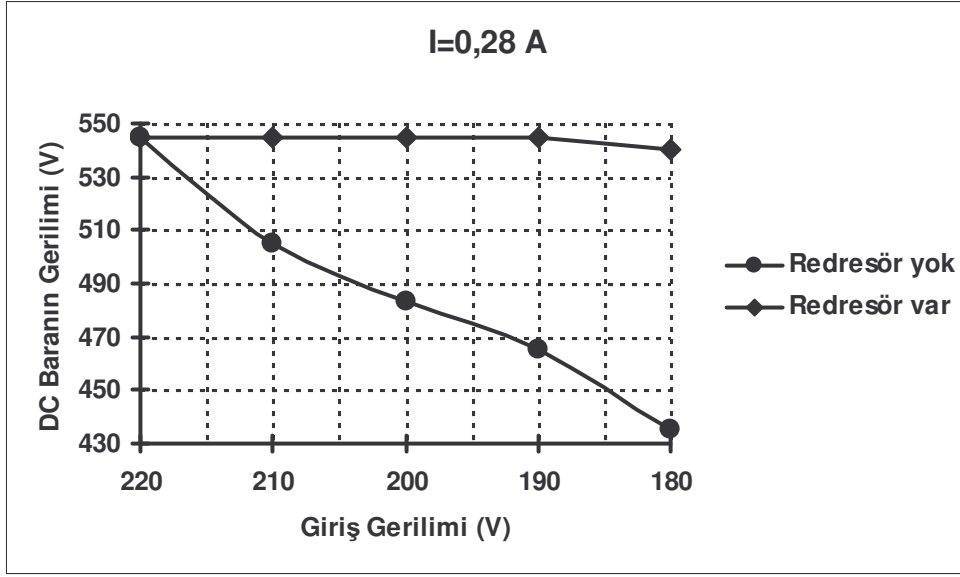
Giriş Gerilimi Faz-Nötr (V)	DC Bara Gerilimi (V)	Motor Akımı (A)	Motor Gerilimi Faz-Faz (V)	Cosφ	Çıkış Gücü (W)	Moment (Nm)	Devir Hızı (d\dk)
220	545	0,55	299	0,85	241	0,81	2850
210	545	0,55	299	0,85	241	0,81	2850
200	545	0,55	299	0,85	241	0,81	2850
190	545	0,55	298	0,85	241	0,81	2850
180	540	0,55	296	0,84	236	0,8	2840

**Çizelge 5.10** Motor akımı 0,8 A ve kontrollü redresör kullanılarak ölçülen ve hesaplanan değerler

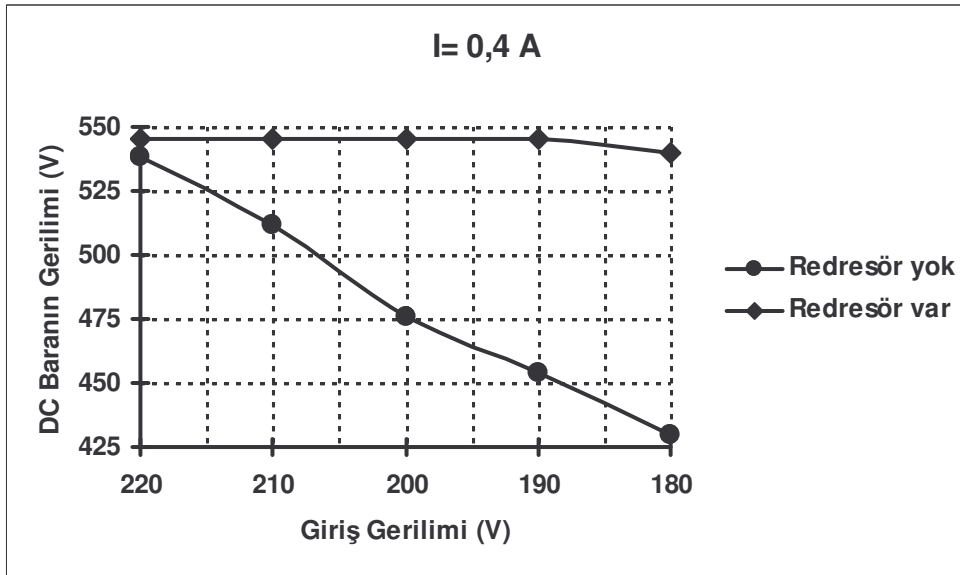
Giriş Gerilimi Faz-Nötr (V)	DC Bara Gerilimi (V)	Motor Akımı (A)	Motor Gerilimi Faz-Faz (V)	Cosφ	Çıkış Gücü (W)	Moment (Nm)	Devir Hızı (d\dk)
220	545	0,8	306	0,93	393	1,36	2750
210	545	0,8	306	0,93	393	1,36	2750
200	545	0,8	306	0,93	393	1,36	2750
190	545	0,8	305	0,92	388	1,35	2745
180	540	0,8	304	0,92	387	1,34	2745

**Çizelge 5.11** Motor akımı 0,9 A ve kontrollü redresör kullanılarak ölçülen ve hesaplanan değerler

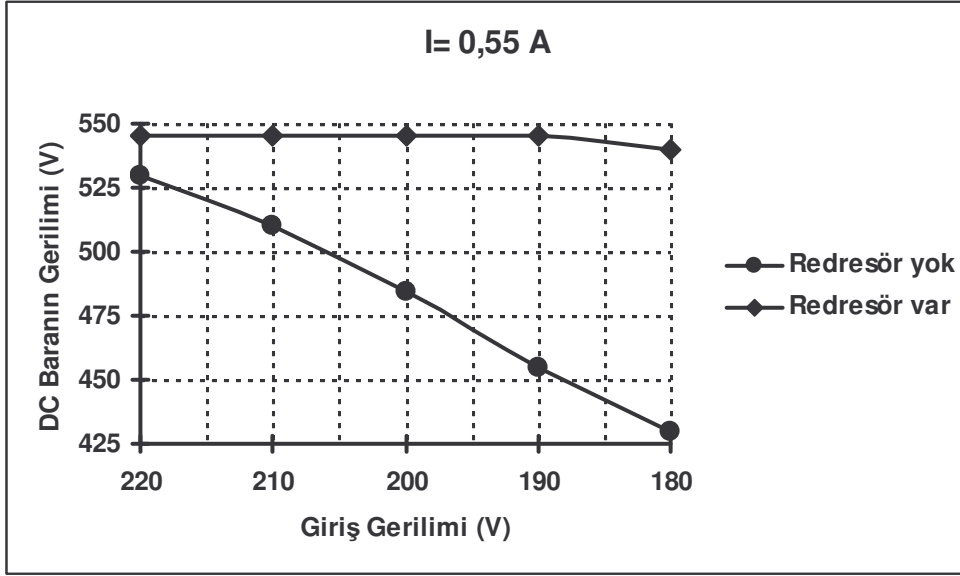
Giriş Gerilimi Faz-Nötr (V)	DC Bara Gerilimi (V)	Motor Akımı (A)	Motor Gerilimi Faz-Faz (V)	Cosφ	Çıkış Gücü (W)	Moment (Nm)	Devir Hızı (d\dk)
220	545	0,9	305	0,94	446	1,59	2676
210	545	0,9	305	0,94	446	1,59	2676
200	545	0,9	304	0,94	445	1,59	2675
190	545	0,9	304	0,94	445	1,59	2675
180	540	0,9	304	0,94	444	1,59	2674



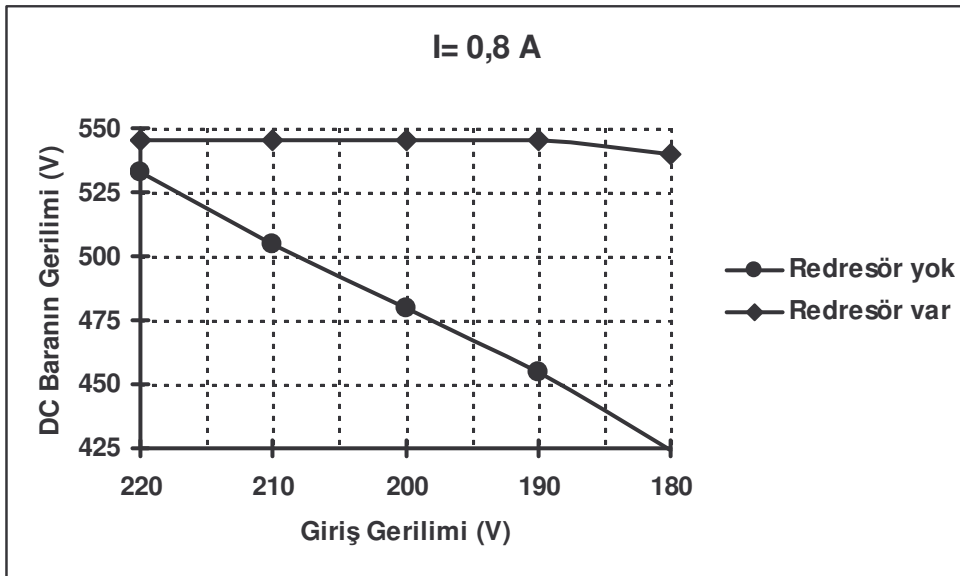
Şekil 5.8 Motor akımı 0,28 A'de alınan değerlere göre giriş gerilimi-dc bara gerilimi grafiği



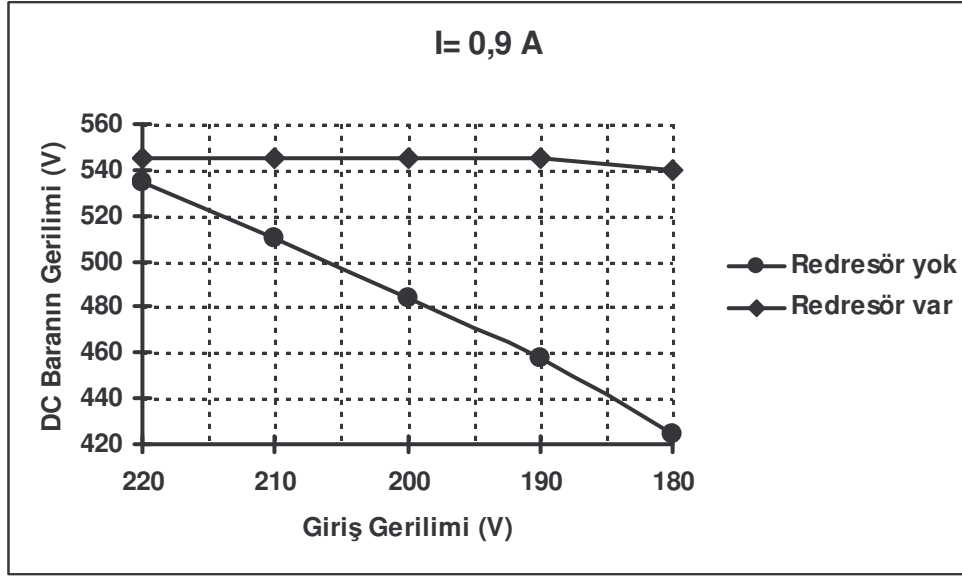
Şekil 5.9 Motor akımı 0,4 A'de alınan değerlere göre giriş gerilimi-dc bara gerilimi grafiği



Şekil 5.10 Motor akımı 0,55 A'de alınan değerlere göre giriş gerilimi-dc bara gerilimi grafiği

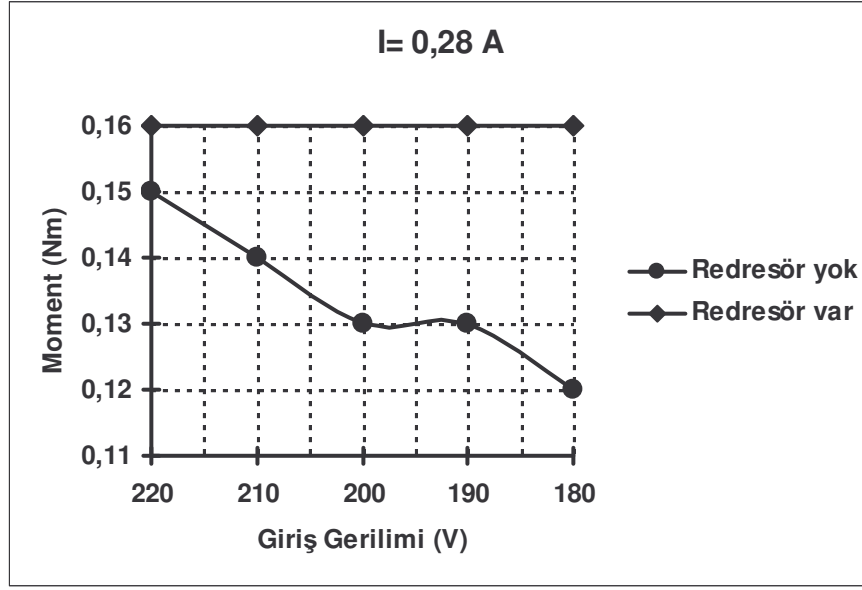


Şekil 5.11 Motor akımı 0,8 A'de alınan değerlere göre giriş gerilimi-dc bara gerilimi grafiği

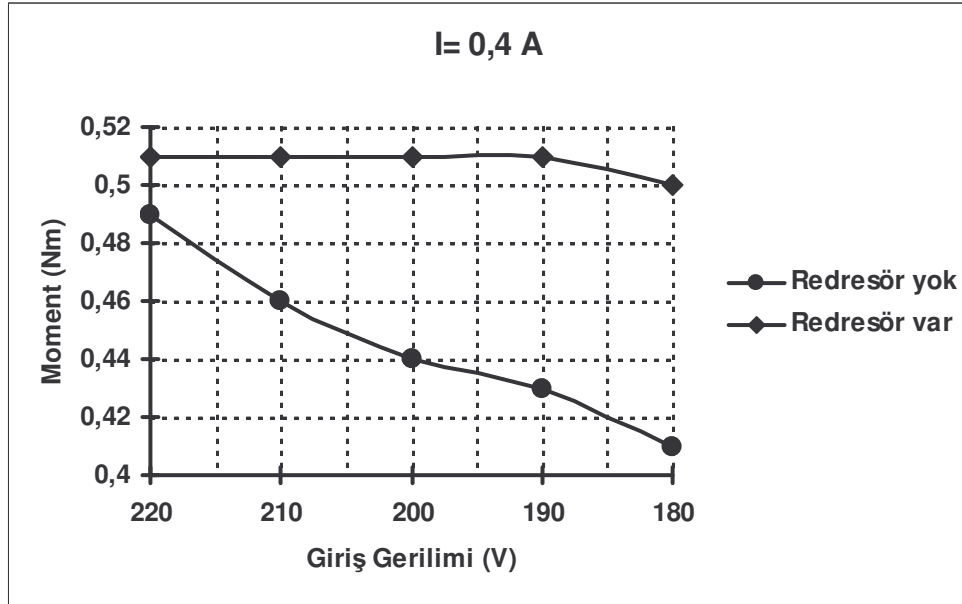


**Şekil 5.12** Motor akımı 0,9 A'de alınan değerlere göre giriş gerilimi-dc bara gerilimi grafiği

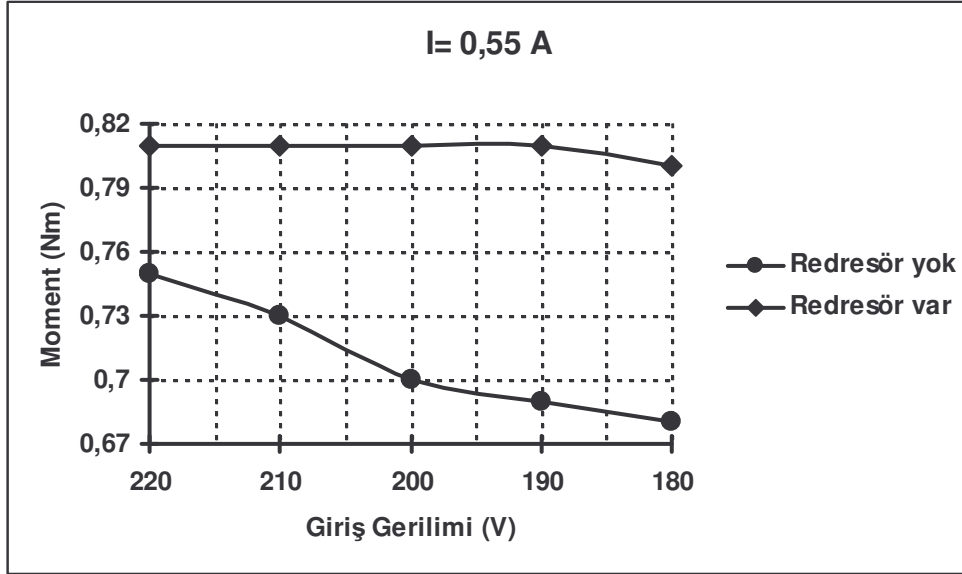
Şekil 5.8, şekil 5.9, şekil 5.10, şekil 5.11, şekil 5.12'de DC Bara gerilimindeki değişim beş farklı motor akımlarında eğri olarak gösterilmiştir. Bu eğrilerde redresör varken ve redresör yokken dc bara gerilimindeki değişim incelenmiştir. Giriş gerilimindeki düşmeyle beraber dc bara geriliminin de düştüğü görülmektedir. Redresör kullanılması halinde giriş geriliminde bir azalma olsa bile dc baranın geriliminin değişmediği görülmektedir.



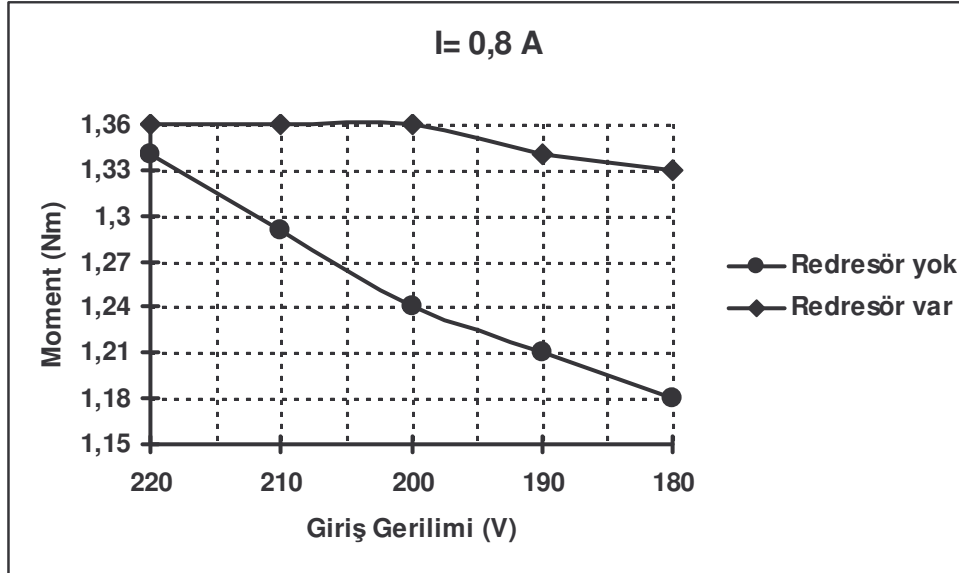
Şekil 5.13 Motor akımı 0, 28 A de alınan değerlere göre giriş gerilimi-moment grafiği



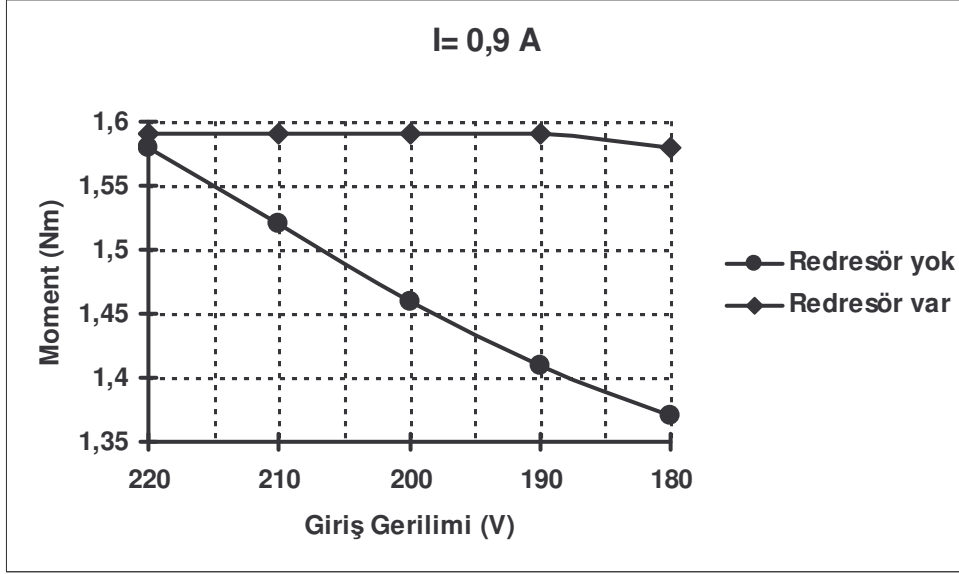
Şekil 5.14 Motor akımı 0,4 A'de alınan değerlere göre giriş gerilimi-moment grafiği



Şekil 5.15 Motor akımı 0,55 A'de alınan değerlere göre giriş gerilimi- moment grafiği



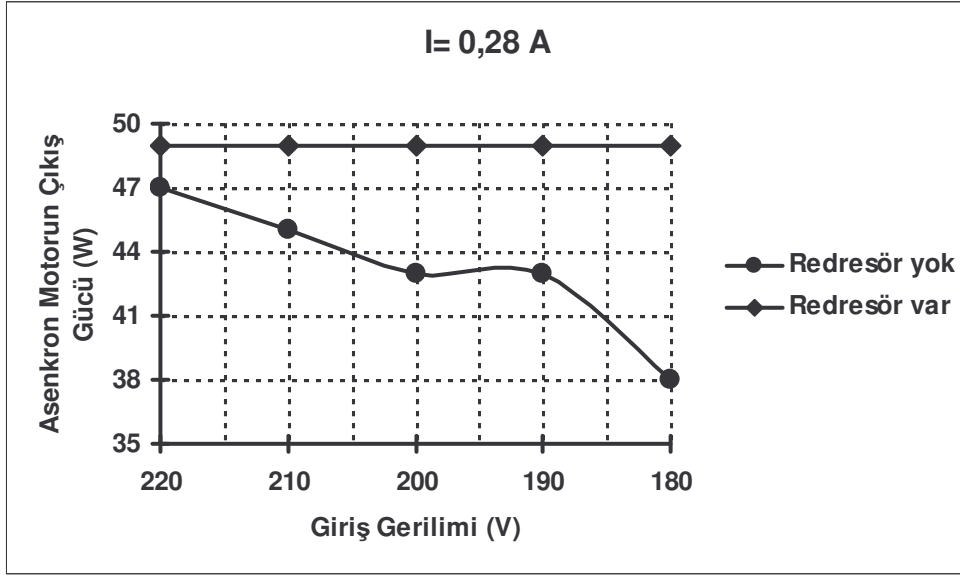
Şekil 5.16 Motor akımı 0,8 A'de alınan değerlere göre giriş gerilimi-moment grafiği



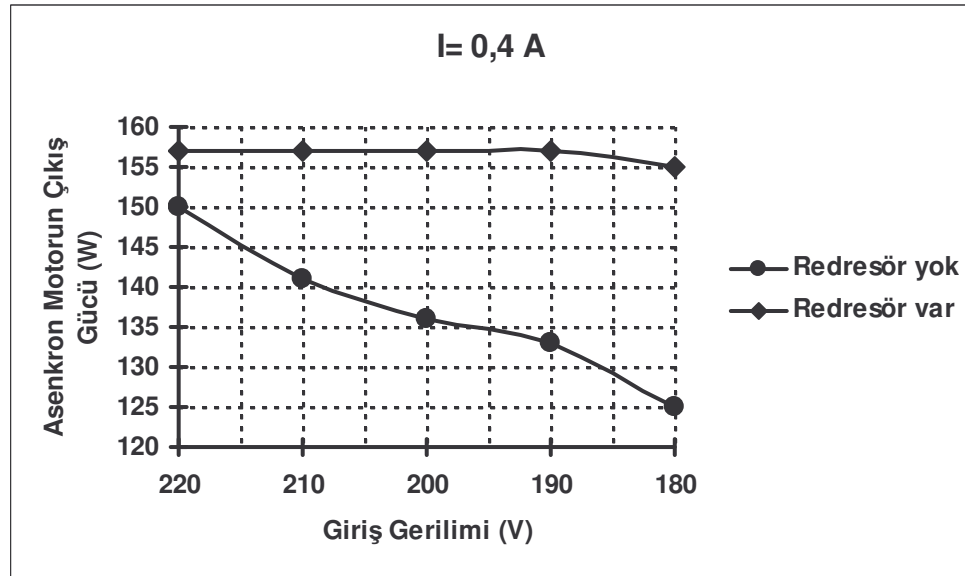
Şekil 5.17 Motor akımı 0,9 A’de alınan değerlere göre giriş gerilimi-moment grafiği

Şekil 5.13, şekil 5.14, şekil 5.15, şekil 5.16, şekil 5.17’deki grafiklerde yine beş farklı motor yüklerinde motor momentinin değişimi ek devre kullanılıp kullanılmadığına göre karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bu grafiklerde ek devre yokken giriş gerilimindeki düşmeyle asenkron motorun momentinin azaldığı görülmektedir. Redresör kullanımıyla beraber asenkron motorun momentinin gerilim düşmesine rağmen değişmediği görülmektedir.

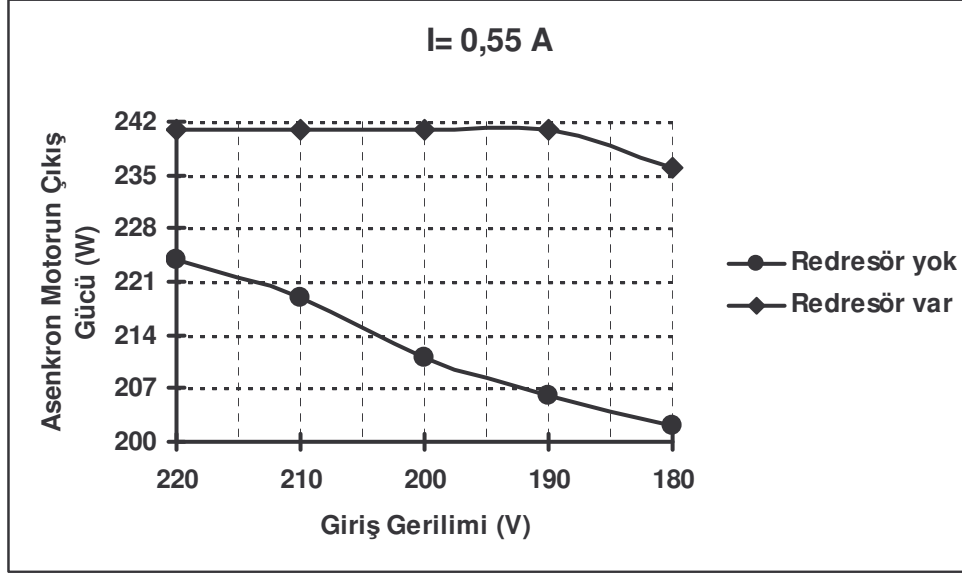
Şekil 5.18, şekil 5.19, şekil 5.20, şekil 5.21, şekil 5.22’de ise asenkron motorun çıkış gücündeki değişim yine beş farklı motor yüküne bağlı olarak verilmiştir.



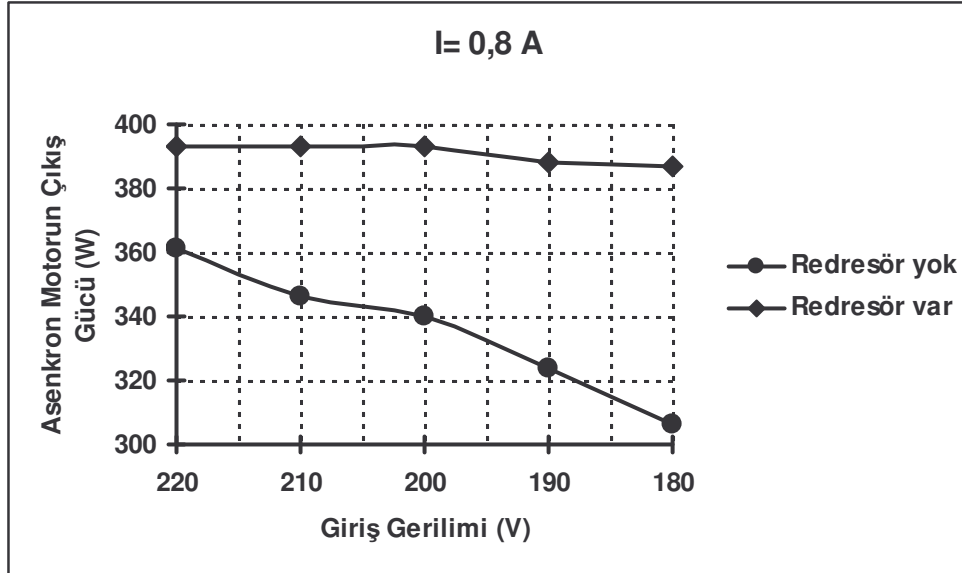
**Şekil 5.18** Motor akımı 0,28 A'de alınan değerlere göre giriş gerilimi-asekron motorun çıkış gücü grafiği



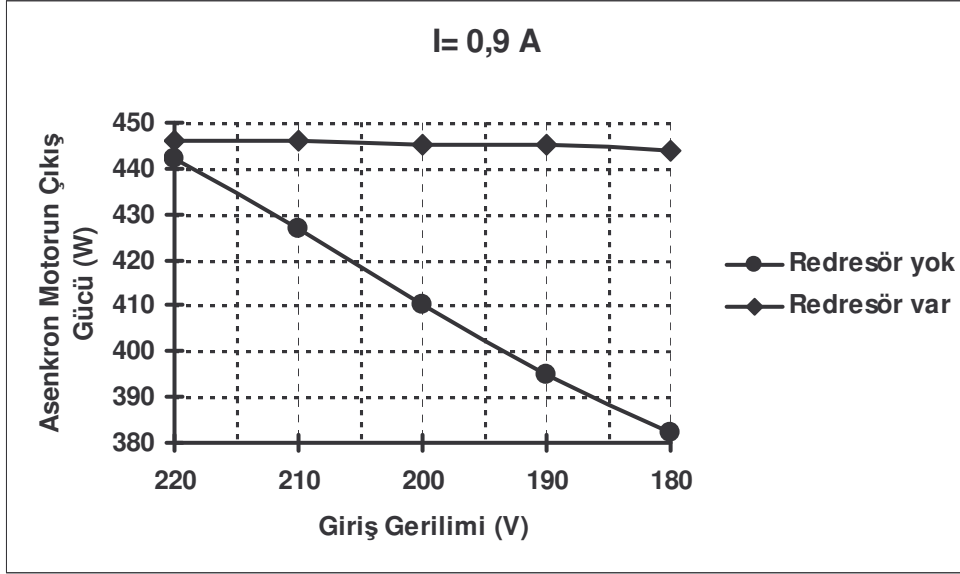
**Şekil 5.19** Motor akımı 0,4 A'de alınan değerlere göre giriş gerilimi-asekron motorun çıkış gücü grafiği



Şekil 5.20 Motor akımı 0,55 A'de alınan değerlere göre giriş gerilimi-asekron motorun çıkış gücü grafiği



Şekil 5.21 Motor akımı 0,8 A'de alınan değerlere göre giriş gerilimi-asekron motorun çıkış gücü grafiği



**Şekil 5.22** Motor akımı 0,9 A’de alınan değerlere göre giriş gerilimi-asekron motorun çıkış gücü grafiği

Yukarıdaki grafiklerde giriş gerilimi 10 V aralıklarla azaltılmıştır ve asenkron motorun yükü artırılarak yüklenmesi sağlanmıştır. Ölçümler hem redresörlü hem de redresörsüz durumlarda yapılmıştır. Giriş gerilimi ile dc baranın gerilimini karşılaştıran eğriler, giriş gerilimi ile moment eğrileri, giriş gerilimi ile asenkron motorun çıkış gücü arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler çıkartılmıştır. Redresör kullanılmadan yapılan deneylerde giriş geriliminin düşmesiyle asenkron motorun momentinin ve çıkış gücünün azaldığı görülmüştür. Redresör kullanılarak yapılan deneylerde ise giriş geriliminin düşmesine rağmen asenkron motorun momentinin ve çıkış gücünün çok az değiştiği görülmüştür. Yukarıdaki grafiklere bakılarak ani gerilim düşümlerinde ayarlı hız sürücülerinin performansını iyileştirici bir yöntem olarak kontrollü redresörün kullanılabilceği deneysel olarak gösterilmiştir.

## 6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada ayarlı hız sürücülerinin kesintisiz çalışması için daha önce yapılmış olan çalışmalar anlatılmıştır. Daha önce önerilen yöntemlerden farklı olarak kontrollü redresör kullanımı üzerinde çalışılmıştır. Yeni bir iyileştirme yöntemi olarak ayarlı hız sürücülerinin ani gerilim düşümlerinde kesintisiz çalışması için kontrollü redresör kullanılması önerilmiştir. Kontrollü redresör kullanımının avantajları ve dezavantajları anlatılmıştır. Kontrollü redresörlerin yükseltici konvertörler kadar karmaşık bir yapıda güç elektroniği yapısı ve bilgisi gerektirmemesinden dolayı büyük bir avantaja sahip olduğu görülmüştür. Ani gerilim düşümlerinde performans iyileştirici bir yöntem olarak önerilen motor jeneratör setleri ise mekanik ve hareketli kısımlara sahip olduğundan sürekli bakım gerektirirler ve döner kısımlardan dolayı gürültülü çalışırlar. Kontrollü redresörlerin ise döner kısımları olmadığından sessiz çalışırlar ve motor-jeneratör setleri kadar bakım gerektirmezler.

Kontrollü redresör kullanılmadan yapılan deneyler sonucunda ayarlı hız sürücülerinin ani gerilim düşümlerinden kötü yönde etkilendiği ve derin gerilim düşümlerinde kendini devre dışı bıraktığı görülmüştür. Ayarlı hız sürücülerinin iki fazla çalıştırılması durumunda çıkışındaki asenkron motorun çalışmasına devam ettiği fakat asenkron motorun her bir fazındaki akımın dengesizleştiği görülmüştür. Bu dengesizlik her bir faz akımının sürekli olarak anma değerinden yükselmesi ve düşmesi şeklinde görülmüştür. Ayrıca ani gerilim düşümlerinde hız kontrol cihazının dc geriliminin azaldığı ve buna bağlı olarak çıkış geriliminin azaldığı görülmüştür. Asenkron motorun döndürme torkunu asıl etkileyen büyüklük gerilim olduğu için gerilimin düşmesiyle döndürme momentinin de azaldığı görülmüştür.

Kontrollü redresör kullanılarak yapılan deneyler sonucunda yaklaşık %20 oranındaki bir gerilim düşümüne rağmen hız kontrol cihazının dc bara geriliminin değişmediği ve asenkron motorun döndürme momentinin çok az düştüğü görülmüştür. Ayrıca hız kontrol cihazının girişindeki fazlardan birisi gitse bile kontrollü redresör sayesinde dc bara gerilimi değişmediği için asenkron motorun her bir fazındaki akımının dengesizliğide yok edilmiştir. Kontrollü redresör kullanılarak yapılan deneyler sonucunda ilk duruma göre aynı akım ve hız değerlerinde önemli bir iyileşme görülmüştür.

## 7. ÖNERİLER

Daha fazla gerilim çöküntüsü problemlerini telafi etmek için kontrollü redresörün bünyesindeki transformatörün primer geriliminin sekonder gerilimine oranını değiştirmek gerekmektedir. Transformatörün görünür gücü tamamen hız kontrol cihazı tarafından sürülen asenkron motorun anma güç değerine bağlıdır. Bu durumda sistem daha geniş bir bölgede çalışma imkanı sağlar

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Kennedy, B.W., 2000, Power quality primer, McGraw-Hill Com., New York, 355 pp.
- [2] Bollen, M.H.J., 1999, Understanding power quality problems: voltage sags and interruptions, IEEE Pres, New York.
- [3] McGranaghan, M.F., Mueller, D.R., Samotyj, M.J., 1993, Voltage sags in industrial systems, IEEE Trans. Ind. Applic. 29 (2)., 397-403 p.
- [4] IEEE Recommended practices and requirements for harmonic Control in electrical power systems, 1993, IEEE Std 519-1992.
- [5] Hingorani, N., 1995, Introducing custom power, IEEE Spectrum 32 (6), 41-48 pp.
- [6] Von Jouanne, A., Enjeti, P., 1997, ASD ride through technology alternatives and development, Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, EPRI Final Rep. TR-109903.
- [7] Sarmiento, H.G., Estrada, E., 1996, A voltage dip study in an industry with adjustable speed drives, IEEE Industry Applications Magazine 2, 6-19 p.
- [8] <http://www.mtm.at/pqnet/PQDEF.htm>
- [9] Thiringer, T., 1996, Power quality measurements performed on a low voltage grid equipped with two wind turbines, IEEE Trans Energy Conversion, 11, 3, 601-606 pp.
- [10] Larsson, T., Innanen, R., Norström, G., 1997, Static Electronic tap changer for fast phase voltage control, Proceedings of IEEE International Conference on Electric Machines And Drives, TC3/4.1-TC3/4.3.
- [11] Almeida, A., Ferreira, F., Fonseca, P., Falkner, H., Reichert, J., West, M., Nielsen, S., Both, D., 2001, VSD's for electric motor systems. Coimbra, Portugal
- [12] Almeida, A., Bertoldi, P., Leonhard, W., 1997, Energy efficiency improvements in electric motors and drives, Berlin, Germany: Springer- Verlag.
- [13] Maxwell technologies systems division dc bus ride-through system, 1998, Maxwell Technologies, San Diego, CA, Product Brochure.