

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

# **ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ**

**ENERJİ ÜRETİMİ  
522EE0124**

**Ankara, 2011**

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	iii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	3
1. ELEKTRİK SANTRALLERİ .....	3
1.1. Enerji Üretiminde Kullanılan Kaynaklar .....	3
1.1.1. Termik Kaynaklar .....	4
1.1.2. Hidrolik Kaynaklar .....	7
1.1.3. Nükleer Kaynaklar .....	8
1.1.4. Diğer Kaynaklar .....	10
1.2. Ülkemizde Elektrik Üretiminin Tarihçesi .....	22
1.3. Ülkemizde Elektrik Tüketimi Hakkında Genel Bilgi .....	24
1.4. Santraller .....	25
1.4.1. Termik Santraller .....	26
1.4.2. Hidroelektrik Santraller .....	41
1.4.3. Ülkemizdeki Başlıca Santraller .....	48
1.4.4. Santrallerin Elektriksel Donanımları .....	48
1.4.5. Santral Kumanda ve Güvenlik Devresi Sistemleri .....	49
1.4.6. Santraller Arası Haberleşme Sistemleri .....	50
UYGULAMA FAALİYETİ .....	52
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	54
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....	55
2. ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ ÜNİTELERİ .....	55
2.1. Senkron Makineler .....	55
2.1.1. Tanımı .....	55
2.1.2. Senkron Makinelerin Yapısı .....	56
2.1.3. Senkron Makinelerin Endüvi Yapılarına Göre Çeşitleri .....	57
2.1.4. Senkron Makinelerin Rotor Cinsine Göre Çeşitleri .....	60
2.1.5. Senkron Makinelerin Çalışma Yöntemleri .....	61
2.1.6. Alternatörlerin Uyarılması .....	64
2.1.7. Devir Regülatörleri .....	66
2.1.8. Gerilim (Voltaj) Regülatörü .....	66
2.1.9. Uyarım Makinesiz Alternatörler (Sabit Gerilim Generatörleri) .....	67
2.1.10. Senkron Makinelerde Frekans ve Hız .....	68
2.1.11. Senkron Makinelerin Eş Değer Devreleri .....	70
2.1.12. Alternatörlerin Paralel Bağlanması .....	72
2.1.13. Generatör Etiketinin Okunması .....	77
2.1.14. Alternatör Deneyleri Yapımı .....	78
UYGULAMA FAALİYETİ .....	89
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	91
ÖĞRENME FAALİYETİ-3 .....	92
3. ŞALT SAHASI .....	92
3.1. Gerilimlere Göre Şebeke Çeşitleri, Tanımları, Standart Gerilim Değerleri .....	92
3.1.1. Alçak Gerilim Şebekeleri .....	93
3.1.2. Orta Gerilim Şebekeleri .....	93
3.1.3. Yüksek Gerilim Şebekeleri .....	93
3.1.4. Çok Yüksek Gerilim Şebekeleri .....	94

3.2. Dağıtım Şekillerine Göre Şebeke Çeşitleri, Tanımları, Prensipler ve Şemaları .....	94
3.2.1. Dallı (Dalbudak) Şebekeler .....	94
3.2.2. Ring (Halka) Şebekeler.....	95
3.2.3. Ağ (Gözlü) Şebekeler .....	96
3.2.4. Enterkonnekte Şebekeler .....	97
3.3. Şalt Sahası .....	98
3.3.1. Tanımı.....	98
3.3.2. Şalt Sahasında Bulunan Donanımların Tanımı.....	99
3.3.3. Şalt Sahası Çeşitleri .....	109
3.4. Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği.....	112
3.4.1. Elektrik İşletme Aygıtlarının Yerleştirilmesi ve Korunması .....	113
3.5. Topraklamalar Yönetmeliği .....	117
UYGULAMA FAALİYETİ .....	119
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	121
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	122
CEVAP ANAHTARLARI .....	124
KAYNAKÇA .....	126

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>522EE0124</b>
<b>ALAN</b>	<b>Elektrik Elektronik Teknolojisi</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Yüksek Gerilim Sistemleri</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Enerji Üretimi</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Enerji üretim tesis ve donanımlarını seçebilme, enerji üretiminde kullanılan alternatörleri çalıştırabilme, şalt saha donanım ve tipini seçebilme becerilerinin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/32
<b>ÖN KOŞUL</b>	Ön koşul yoktur
<b>YETERLİK</b>	Enerji üretimi santral donanımlarının özelliklerini seçmek.
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Gerekli ortam ve donanımlar sağlandığında standartlara, kuvvetli akım yönetmeliğine uygun ve hatasız olarak enerji üretim tesis ve donanımlarını seçebilecek ve alternatör çalıştırabileceksiniz. <b>Amaçlar</b> <b>1.</b> Elektrik üretim santral çeşitlerini hatasız olarak seçebileceksiniz. <b>2.</b> Enerji üretiminde kullanılan alternatörleri hatasız olarak seçebilecek ve çalıştırabileceksiniz. <b>3.</b> Şalt saha donanım ve tipini hatasız olarak seçebileceksiniz.
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAM VE DONANIMI</b>	<b>Ortam:</b> Atölye ve laboratuvar ortamı, enerji üretim santralleri <b>Donanım:</b> Elektrik santral donanım dokümanları, projeksiyon cihazı, slayt makinesi, santral tanıtım CD'leri, alternatör (generatör), kumanda ve koruma elemanları (kesici ve ayırıcı, parafudr, sigorta, akım ve gerilim transformatörleri), elektrik makineleri deney seti, bara düzenekleri, montaj araç gereçleri, bağlantı iletkenleri
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.



# GİRİŞ

## Sevgili Öğrenci,

İnsanoğlu eskiden beri ihtiyaçlarını gidermede çeşitli enerji kaynaklarından faydalanmıştır. Elektriğin bulunup kullanılır duruma getirilmesinden sonra ise en çok kullanılan enerji, elektrik enerjisi olmuştur.

Geliřme ve kalkınma çabalarında elektrik enerjisi en başta gelen unsurlardan biridir. Kişi başına yıllık elektrik enerji tüketimei veya bir ülkede tüketilen enerjiler içinde elektrik enerjisinin fazlalığı, o ülkenin uygarlık derecesinin bir ölçüsü olarak değerlendirilmektedir. Bu elektrik enerjisi nasıl üretilmektedir?

Aslında doğada hiçbir enerji yoktan var olmaz, var olan enerji de yok olmaz. Ancak bu enerjiler birbirlerine dönüştürölür. Buna “Enerjinin Korunumu Kanunu” denilmektedir.

Teknik ve teknolojik açıdan, "Enerjinin kirlisi yoktur, ama üretim teknolojisinin kirlisi vardır". Elektrik üretilirken kullanılan teknoloji çevreye mümkün olduğunca zarar vermemelidir. Enerji retimi Modölünü tamamladığınızda bu konuyu kıyaslama şansına da sahip olacaksınız.

Bu modöl ile çeşitli enerji kaynaklarını kullanarak elektrik enerjisinin nasıl retildeđini, üretim tesisleri donanım çeşitlerini, senkron makineleri ve bunların fonksiyonlarını ğreneceksiniz.





# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Bu modülün 1. Öğrenme Faaliyetini tamamladığınızda her türlü yerde, standartlara ve kuvvetli akım yönetmeliğine uygun olarak elektrik üretim santral çeşitlerini hatasız olarak seçebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

Bu modül süresince yapmanız gereken araştırmalar şunlardır:

- Yakın çevrenizdeki elektrik üreten santralleri inceleyiniz.
- Bulduğunuz bölgedeki DSİ Müdürlüğü'ne başvurunuz.
- Santral inşaatı ve ekipmanı yapan firmalara internet ortamında ulaşarak katalog isteyiniz.
- Evlerimizde kullandığımız elektrik enerjisinin hangi yöntemle elde edildiğini araştırınız.

## 1. ELEKTRİK SANTRALLERİ

### 1.1. Enerji Üretiminde Kullanılan Kaynaklar

Elektrik enerjisini elde etmek için çeşitli enerji kaynakları kullanılır. Elektrik enerjisine dönüştürülebilen enerjilerin belli başlı kaynakları şunlardır:

- Termik kaynaklar
- Hidrolik kaynaklar
- Nükleer kaynaklar
- Diğer kaynaklar (güneş, rüzgâr, jeotermal vb.)

	Alternatif Enerji Türü	Kaynak veya yakıtı
1	Nükleer enerji	Uranyum gibi ağır elementler
2	Güneş enerjisi	Güneş
3	Rüzgar enerjisi	Atmosferin hareketi
4	Dalga enerjisi	Okyanus ve denizler
5	Doğal gaz	Yer altı kaynakları
6	Jeotermal enerji	Yer altı suları
7	Hidrolik potansiyel	Nehirler
8	Hidrojen	Su ve hidroksitler
9	Bio-mass, bio-dizel ve biyogaz	Biyolojik artıklar, yağlar
10	Piezo elektrik	Kristaller

**Tablo 1.1: Alternatif enerji kaynakları**

### 1.1.1. Termik Kaynaklar

Termik kaynaklar, ısı enerjisi oluşturan katı, sıvı ve gaz şeklindeki yakıtlardır. Günümüzde kullanılan termik kaynakların başlıcaları kömür, petrol, doğal gaz, biyogaz (hayvansal gübrenin oksijensiz ortamda fermantasyonu ile elde edilen yanıcı gaz), asfaltit (petrolün ayrışması ile oluşan kalori değeri yüksek yarı katı, siyah madde), bitümlü şistler (ısıtılması ile önemli ölçüde organik yağ elde edilen, basınç sonucu yapraklaşmış yapılı kayalara verilen ad) ve büyük şehirlerin çöp atıklarıdır.

Rezervler	Görünür *	Muhtemel	Mümkün	Toplam
<b>Taş kömürü (milyon ton)</b>	428	449	249	1 126
<b>Linyit (milyon ton)</b>				
Elbistan	3 357	-	-	3 357
Diğerleri	3 982	626	110	4 718
Toplam	7 339	626	110	** 8 075
<b>Asfaltit (milyon ton)</b>	45	29	8	82
<b>Bitümlü Şist (milyon ton)</b>	555	1 086		1 641
<b>Petrol (milyon ton)</b>	46.3			46.3
Kalan üretilebilir rezerv				
<b>Doğal gaz (milyar m<sup>3</sup>)</b>				
Kalan üretilebilir rezerv	9.4			9.4
<b>Nükleer kaynaklar (ton)</b>				
<b>Uranyum (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>)</b>	9 129			9 129
<b>Toryum (ThO<sub>2</sub>)</b>	380 000			380 000

(\*) Hazır rezerv dahil

(\*\*) 300 milyon ton belirlenmiş potansiyel kaynakla 8 375 milyon ton

**Tablo 1.2: Türkiye'nin fosil yakıt rezervleri (1997 yıl sonuna göre)**

### ➤ **Kömürler**

Türkiye'nin enerji kaynakları arasında linyitin çok önemli bir yeri vardır. Ülkemizde elektrik enerjisi üretiminde en çok linyit kömürü kullanılmaktadır. Kahverengi-siyah renkte, organik fosil hâlinde katı yakıttır. Linyit kömürün ısı değeri 1000-5000 kcal/kg arasındadır.

Ülkemizde Kütahya (Tunçbilek-Seyitömer), Manisa (Soma), Muğla (Yatağan-Milas-Turgutlu), Kahramanmaraş (Elbistan), Çanakkale (Çan), Bolu (Mengen-Salıpazarı) bölgelerinde zengin linyit yatakları vardır. Ülkemizin linyitten elde edilebilecek enerji üretim potansiyeli (2010 yılı) 120 milyar kWh/ yıl civarındadır, bunun % 37'lik kısmı değerlendirilmiştir. 11 milyar kWh/ yıl potansiyele sahip taş kömürünün ise % 32' lik kısmı değerlendirilmiştir.

***Enerjiyi harcamak kolay, üretmek zor ve pahalıdır.***

### ➤ **Petrol**

Petroün işlenmesi sonucu ortaya çıkan benzin, mazot, fuel-oil, motorin ürünleri termik santrallerde elektrik üretiminde kullanılmaktadır.

Ülkemizde petrol üretimi Batman'da devam etmektedir. Türkiye'de petrol aramaları X. Bölge Siirt, XI. Bölge Diyarbakır, XII. Bölge Gaziantep üzerinde yoğunlaştırılmış; ardından I. Bölge Marmara, XIII. Bölge Hatay, XIV. Bölge Adana, XV. Bölge Konya, XVI. Bölge Antalya yörelerinde sürdürülmüştür. II. Bölge Bolu, III. Bölge Ankara ve XVII. Bölge İzmir'de ise sınırlı aramalar yapılmıştır. Ancak on sekiz bölgenin tamamının yeterince arandığı söylenemez. Öncelikle Güneydoğu Anadolu, Batı Toroslar, Batı Karadeniz, İç Anadolu ve denizlerde yapılacak yeni aramalarla bilinen petrol rezervinin artması olasıdır. Yıllık 3,5 milyon ton petrol üretimiyle 13-14 yıl yetecek petrol rezervlerimizin olduğu tespit edilmiştir. Buna rağmen yıllık kullanılan petrol miktarının %90 'ı ithal edilmektedir.

### ➤ **Doğal gaz**

Yer altından çıkan, metan oranı yüksek yanıcı bir gazdır. Termik kaynaklardan olan doğal gaz, kalorisinin yüksek oluşu (8500- 10000 kcal/kg) ve çevreye zarar vermemesinden dolayı son yıllarda ülkemizde kullanılmaya başlanmıştır. Doğal gaz geniş kullanım alanına sahip olmakla birlikte termik santrallerde elektrik üretmekte de kullanılır.

Ülkemizin bilinen doğal gaz üretim alanları Trakya ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde bulunmaktadır. Trakya'da Bayramşah, Değirmenköy (Danişmen-Osmancık), Değirmenköy (Soğucak), Hamitabat, Hayrabolu, Kandamış, Karacaoğlan, Karaçalı, Kumrular, K. Marmara, Silivri, Umurca, Güneydoğu Anadolu'da Derin Barbeş, Çamurlu, G. Dinçer, G. Hazro, Katin başlıca üretim sahalarıdır. Üretimin % 83'den çoğu Hamitabat sahasından yapılmaktadır.

### ➤ **Biyomas**

Terimi oluşturan biyo canlı, mas (mass) ise kütle veya yığın, başka bir ifade ile enerji elde edilecek tesise enerji maddesinin yığılıp depo edilmesi gibi anlamlara gelmektedir. Dolayısıyla bu gibi organik kökenli artıklardan elde edilen enerjiye **biyomas enerjisi** denir.

Bununla birlikte bu konuda genellikle biyogaz (canlı gaz) terimi kullanılmaktadır. Gazın, canlısı veya cansız olamayacağı için terim olarak ya organik gaz ya da biyomas enerji kaynağı şeklinde ifade edilmesi uygundur.

Biyomas kaynakları odun, hayvan ve bitki artıklarıdır. Biyomas, odun, kentsel atıklar, tarımsal artıklar, mısır sapları ve buğday samanları, gibi kaynakları içine alır. Bunlar elektrik üretimi için diğer enerji kaynaklarının bazılarıdır. Bu kaynaklar kaynatıcılarda kullanılan fosil yakıtların yerine kullanılır. Odun ya da atıkların yanmasıyla oluşan buhar, alışılmış buharlı elektrik santrallerinde kullanılır.

Hayvansal gübrenin oksijensiz yani kapalı bir ortamda tepkimeye girmesi ile **“biyogaz”** üretimi yapılmaktadır. Biyogaz, renksiz, kokusuz, havadan hafif, parlak mavi bir alevle yanan ve bileşimininde organik maddelerin bileşimine bağlı olarak yaklaşık % 40-70 metan, % 30-60 karbondioksit, % 0-3 hidrojen sülfür ile çok az miktarda azot ve hidrojen bulunan bir gaz karışımıdır.

Büyükşehirlerin çöpleri de iyi bir termik kaynaktır. Çöplerin depolanması sonucu elde edilen ve **“LONDFİLL”** gaz olarak adlandırılan çöp gazı %60 oranında metan içeren önemli bir enerji kaynağıdır. Avrupa'nın birçok ülkesinde kurulu tesisler ile bu kaynak değerlendirilmektedir. Bursa ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi şehrin çöplerini kullanarak elektrik üretmektedir. Bir başka termik kaynaktaki **“biyodizel”**dir. Biyodizel; kolza (kanola), ayçiçek, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağların veya hayvansal yağların bir katalizator eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol ) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür. Evsel kızartma yağları ve hayvansal yağlar da biyodizel ham maddesi olarak kullanılabilir.



Şekil 1.1: Biyogaz enerji döngüsü

➤ **Asfaltit**

Kalori değeri yüksek, külünde nadir mineraller bulunan, işlendiğinde değişik yüzdelerde gaz elde edilen değerli bir termik kaynaktır. Ülkemizde Şırnak ve Silopi havzalarında 82 milyon ton asfaltit rezervi tespit edilmiştir. Silopi Elektrik Üretim A.Ş. tarafından, bölgedeki asfaltiti kullanarak 20 yıl süreyle elektrik enerjisi üretmek için 110 megawatt kurulu güçte yeni bir santral kurulmaktadır.

➤ **Bitümlü şeyler (Bitümlü şistler)**

Isıl işlemle petrole benzer bir yağ veren organik madde bakımından zengin, ince taneli, kristal yapıya sahip bir katı yakıttır. Bunlara bitümlü şist gibi adlar verilmektedir. Bu kayalar damıtma yöntemiyle sentetik petrol ve gaz elde edilebileceği gibi katı yakıt olarak termik santrallerde kullanılmaları olanağıdır. Yurdumuzda Ankara-Beyşehir, Balıkesir-Burhaniye, Bolu-Himmetoğlu, Mengen, Hatıldağ, Kocaeli-Bahçecek, Seyitömer, Niğde-Ulukışla, Eskişehir-Sarıkaya, Çorum-Dodurga, Amasya-Çeltik yörelerinde 1,6 milyar ton rezerv tespiti yapılmıştır.

### **1.1.2. Hidrolik Kaynaklar**

Suyun potansiyel ve kinetik enerjisi, baraj göllerinde toplanarak bir yükseklik kazandırılması ile baraj yakınlarına kurulan hidroelektrik santrallerde elektrik enerjisine dönüştürülür. Denizler, göller ve akarsular hidrolik kaynakları oluşturur. Hidrolik kaynaklar, tükenmeyen ve en ucuz enerji kaynaklarıdır. Kömür, petrol ve doğal gaz gibi termik kaynakların tükenebilir olmasına karşın, hidrolik kaynaklar tükenmez (yenilenebilir) potansiyel enerji kaynaklarıdır. Dünya elektrik üretiminin %17'si hidro gücün kullanılması ile üretilmektedir.

Ülkemizin 2010 yılı başı itibarıyla tespit edilen teknik ve ekonomik hidro elektrik enerji potansiyeli 140 milyar kWh'dir.

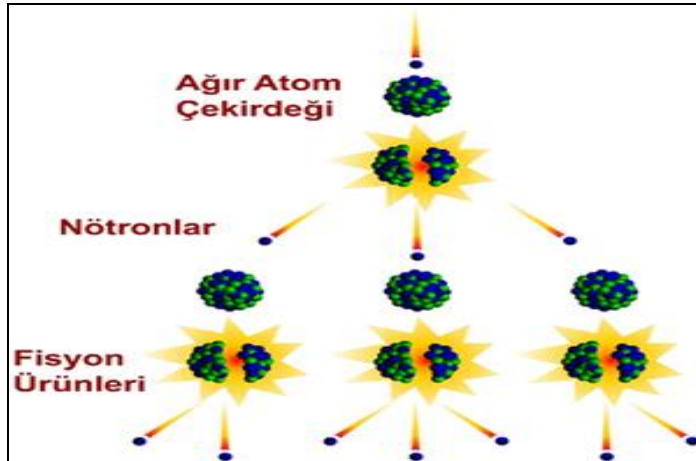
Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ) Genel Müdürlüğü verilerine göre 2007 yılında (Hidroelektrik santral) HES'lerden elektrik üretiminin 36 milyar kWh, 2008'de 33 milyar kWh, 2009'da 36 milyar kWh, 2010'da 52 milyar kWh, 2011 yılının ilk 5 ayında ise 22 milyar kilovatt saat elektrik üretilmiştir.



**Resim 1.1: Suyun potansiyel enerjisinden yararlanmak için beton setlerle biriktirilmesi**

### **1.1.3. Nükleer Kaynaklar**

Ağır radyoaktif (Uranyum gibi) atomların bir nötronun çarpması ile daha küçük atomlara bölünmesi (filyon) veya hafif radyoaktif atomların birleşerek daha ağır atomları oluşturması (füzyon) sonucu çok büyük bir miktarda enerji açığa çıkar. Bu enerjiye nükleer enerji denir. Toryum, plütonyum ve uranyum gibi radyoaktif elementlerin atomlarının, nükleer santrallerin reaktörlerinde kontrollü bir şekilde parçalanması sonucu meydana gelen ısı enerjisinden, elektrik enerjisi üretilmesi için kullanılan bir kaynaktır.



**Şekil 1.2: Uranyum atomunun zincir reaksiyonu**

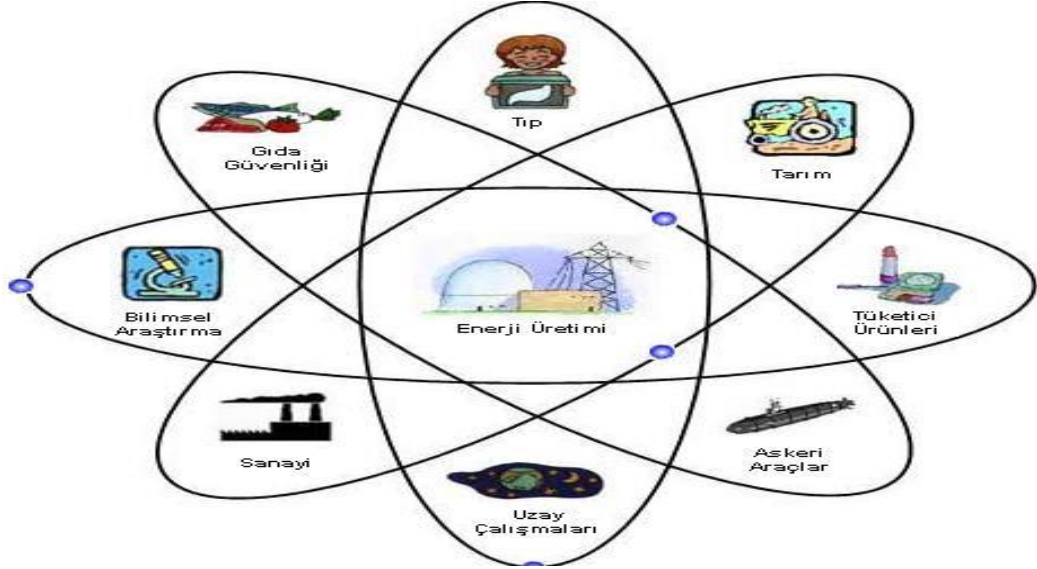
Uranyum atomu kolay parçalanabilen bir elementtir. Ülkemizde, Salihli-Köprübaşı havzasında ve Yozgat-Sorgun dolaylarında bulunmaktadır. Toplam tabii metal uranyum rezervi 9129 ton olarak belirlenmiştir.

Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcacören'de ise dünya çapında önemli olan 380.000 ton toryum rezervi bulunmaktadır. Malatya-Hekimhan-Kuluncak'ta da toryum belirtileri bulunmuştur. Dünya toryum rezervinin % 54'ü ülkemizde bulunmaktadır.

Ülkemizde henüz nükleer enerji ile elektrik üreten santraller kurulmamakla birlikte yakın tarihte Akkuyu gibi nükleer santrallerin faaliyeti gündeme gelebilecektir. TEİAŞ'ın Kasım 2004 tarihli "Türkiye Elektrik Enerjisi Üretim Planlama Çalışması (2005-2020)"na göre nükleer enerjiye verilen yer, birinci senaryoda 2012 yılında 1500 MW, 2014 yılında 1500 MW ve 2015 yılında 1500 MW olmak üzere 2010-2105 döneminde 4500 MW öngörülmüştür.

Nükleer yakıtlar; fosil yakıtların sebep olduğu sera etkisi, asit yağmurları ve ozon tabakasına zarar veren atıkları oluşturmaz. Bunun yanında reaktör arızalarından yayılan radyasyon ve nükleer atıkların kısa zamanda yok edilememesi ise potansiyel bir tehlike yaratmaktadır.

Kyoto Protokolü ve İklim Değişikliği Anlaşması yenilenebilir enerji ile dengeli nükleer enerji stratejisi istemektedir. Karbondioksit artışı ile global ısınma sorunu nükleer ve yenilenebilir (özellikle su ve rüzgâr) enerji payının artması ile çözüm bulacaktır. Dünya elektrik enerjisinin % 17'si nükleer enerjiden sağlanmaktadır.



Şekil 1.3: Nükleer teknolojinin kullanım alanları



## HEDEFİMİZ

- Elektriği bol ve ucuz,
- Yenilenebilir enerji üretimi geliştirilmiş,
- Çevresi kirlilikten korunmuş bir Türkiye olmalıdır.

### 1.1.4. Diğer Kaynaklar

Elektrik enerjisi üretiminde kullanılan diğer kaynakları güneş, rüzgâr, jeotermal, med-cezir(gel-git), dalga enerjisi, OIED (okyanus ısıl enerji dönüşümü) enerjileri, piezo elektrik olarak sıralanabilir. Sırasıyla inceleyelim:

#### ➤ Güneş enerjisi

Güneş sonsuz enerji kaynağıdır. Bünyesinde hem ısı hem de ışık enerjisi barındırır. Coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli bakımından ülkemiz, diğer birçok ülkeye göre nispeten daha şanslı durumdadır. Potansiyel belirleme çalışmaları ile ülkemizin yıllık ortalama ışıma şiddeti  $308 \text{ cal/cm}^2 \text{ gün}$  ( $3,6 \text{ Kwh/m}^2 \text{ gün}$ ) ve yıllık toplam güneşleme süresinin de 2640 saat olduğu 1997 yılı dünya enerji konseyi Türk Milli Komitesi raporunda belirtilmiştir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etme iki ayrı yöntemle yapılmaktadır:

- Güneşin ışık enerjisinden elektrik üretimi
- Güneşin ısı enerjisinden elektrik üretimi



**Resim 1.2: Güneş enerjisinden yararlanılan sokak aydınlatması, Kutuplar'da elektrik üretimi**

#### ➤ Güneşin ışık enerjisinden elektrik üretimi

Fotovoltaik ya da güneş pilleri, güneş ışığı enerjisini elektrik enerjisine direkt çevirir. Güneş pilleri, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Güç çıkışını artırmak için çok sayıda güneş pili birbirine paralel veya seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir. Bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Gerekirse bu modüller de birbirlerine seri ya da paralel



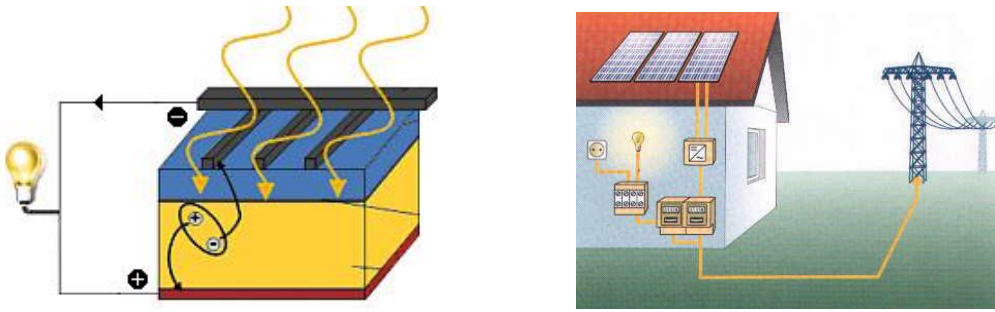
bağlanarak fotovoltaik dizi oluşturulabilir. Güneş pilleri uyduların ve uzay programlarının direkt güç kaynağıdır.

Güneş ışığından yararlanılarak elde edilen elektrik enerjisinin uygulama alanları aşağıda sıralanmıştır:

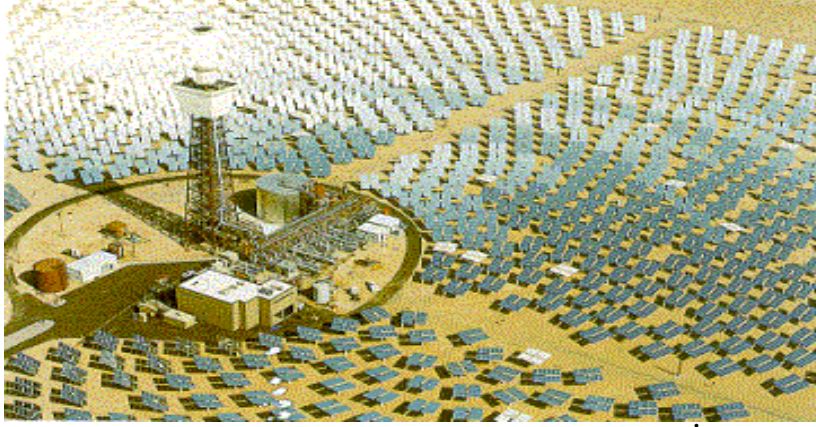
- Haberleşme istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri
- Petrol boru hatlarının katodik koruması
- Metal yapıların (köprüler, kuleler vb) korozyondan koruması
- Elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem istasyonları
- Bina içi ya da dışı aydınlatma
- Dağ evleri ya da yerleşim yerlerinden uzaktaki evlerde TV, radyo, buzdolabı gibi elektrikli aygıtların çalıştırılması, tarımsal sulama ya da ev kullanımı amacıyla su pompajı
- Orman gözetleme kuleleri
- Deniz fenerleri
- İlk yardım, alarm ve güvenlik sistemleri, deprem ve hava gözlem istasyonları
- İlaç ve aşı soğutmasında kullanılır.

#### ➤ Güneşin ısı enerjisinden elektrik üretimi

Güneş ışınları ayna ve merceklele yoğunlaştırılarak paneller içinde dolaşan su ısıtılır. Daha sonra sıcaklık artırılarak panellerdeki su buhara dönüştürülür ve türbinden elde edilen mekanik enerji jeneratör tarafından elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu türbinlerin aşırı su ihtiyaçları nedeniyle su kaynağı yakınlarına kurulması ve güneş enerjisinin yetersiz olduğu zamanlarda da kesintisiz enerji üretimini sağlamak için doğal gazlı ısıtıcı sistem kullanılması gibi zorunlulukları vardır.



Şekil 1.4: Fotovoltaik pille elektrik elde etme, bir evin pillerden ve şebekeden beslenmesi



**Resim 1.3: Solar merkezi alıcı güneş ısı elektrik santrali (İspanya)**

**Önemli Not:** Güneş enerjisi araştırma ve geliştirme konularında EİE'nin yanında Tübitak Marmara Araştırma Merkezi ve üniversiteler (Gazi Üniversitesi, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Araştırma Enstitüsü, Muğla Üniversitesi, ODTÜ, Kocaeli Üniversitesi, Fırat Üniversitesi) çalışmalar yapmaktadır.

#### **Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu Türkiye Bölümü (UGET-TB)**



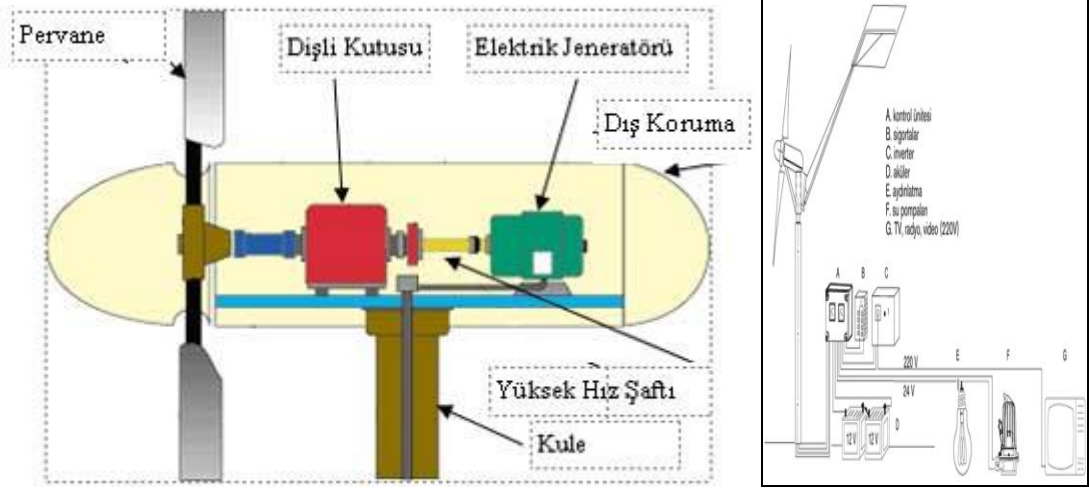
**Şekil 1.5: Türkiye güneş enerjisi haritası**

Yurdumuzda coğrafi konumu nedeniyle güneş enerjisi potansiyeli birçok ülkeye göre çok iyidir. Küçük güçlerde olmasına karşın güneş enerjisinden elektrik üretme için çalışmalar yapılmaktadır.

Bu kapsamda EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü) Didim Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Araştırma Merkezi'ne, 4,8 kW gücünde şebeke bağlantılı güneş pili sistemi kurulmuştur. EİE'nin eski DMİ (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü) kayıtlarını kullanarak yaptığı hesaplara göre ülkemizin yıllık ortalama ışıma şiddeti  $308 \text{ cal/cm}^2\text{-gün}$  ( $3.6 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$ ) ve yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saattir.

#### **➤ Rüzgâr enerjisi**

Rüzgâr enerjisinden elektrik üretebilmek için sürekli rüzgâr alabilen yüksek yerlere ihtiyaç vardır. Rüzgâr enerjisinin kuvveti ile yatay ve düşey eksenli rüzgâr türbini döndürülerek elde edilen mekanik enerji türbine bağlı alternatör yardımı ile elektrik enerjisine çevrilir.



Şekil 1.6: Rüzgâr enerjisi ile elektrik üretimi



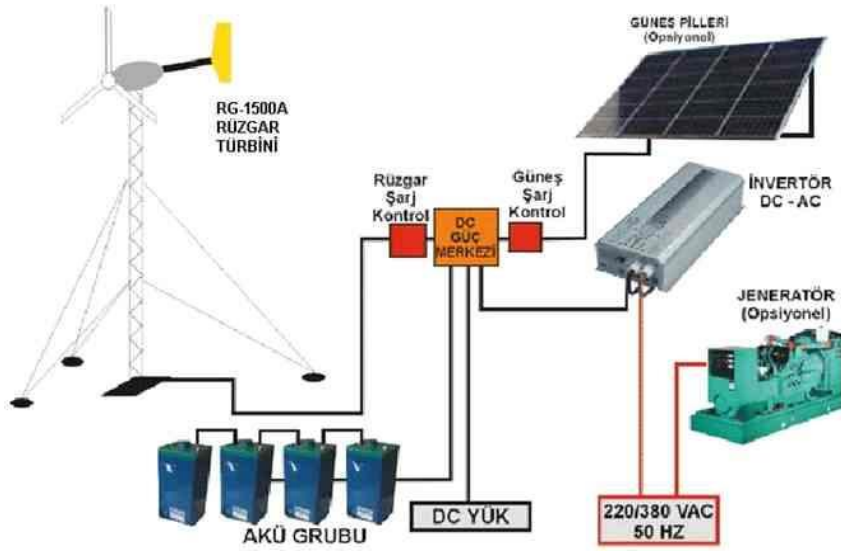
Resim 1.4: Yüksek hızlı rüzgâr türbinleri

Rüzgâr enerjisinin doğada bedava bulunmasına rağmen, rüzgâr sistemlerinin pahalı olması üretilen enerjinin maliyetini arttırmaktadır. Tesis maliyetinin fazla olmasına rağmen kurulduktan sonraki masrafları çok az olduğu için ürettiği elektriğin birim maliyeti çok düşüktür. Rüzgâr enerjisi tükenmeyen, yakıt gereksinimi olmayan, çevresel etkileri en az olan emniyetli, gelecek nesilleri etkilemeyen bir enerji kaynağıdır.

Pek çok avantajları yanında kurulması sırasında görsel ve estetik olarak kişileri ve çevreyi etkilemesi, gürültü oluşturması, kuş ölümlerine neden olması, haberleşmede parazitler meydana getirmesi gibi dezavantajları vardır.

Rüzgâr enerjisinin diğer bir sakıncalı yönü ise mutlaka şebekeye bağlı çalışma ve her bir türbine yükseltici trafo konma zorunluluğudur. Kapasite kullanım verimi de ancak % 30 kadardır. Rüzgâr esmediği zaman üretim duracağından rüzgâr enerjisi ancak termik ve

hidrolik santrallere ek olarak ya da kombine şekilde güvenilir elektrik enerjisi kaynağı olarak görülmelidir.



Şekil 1.7: Rüzgâr türbini ve güneş enerjisi ile elektrik üretimi



Yer	Kurulu Güç (MW)	Yıllık Üretim (kWh)x10 <sup>6</sup>
Kocadağ -I	50	135.5
Çanakkale	30	76.1
Mazı- I	39	131.2
Mazı -II	90	275.9
Mazı- III	40	131.2
İntepe	30	77
Akhisar -I	30	92.4
Kocadağ -II	26	80.1
Bandırma	15	40.5
Datça	29	84
Çeşme	12	35.3
Akhisar -II	12	37.6
Yalıkavak	8	21
Gökçeada	5	15
Kapıdağ	35	105
Belen	34	120

**Tablo 1.3: Yurdumuzun rüzgâr enerji santralleri ve kapasiteleri**

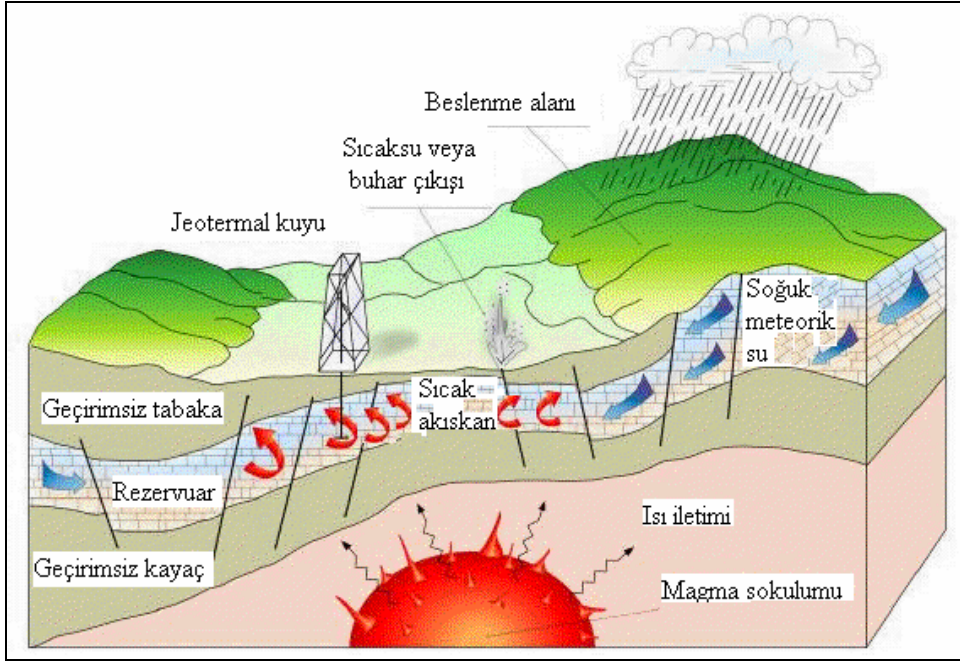
Ülkemizde uygulamaları 1998 yılında Çeşme ilçesi Germiyan köyünde başlayan rüzgâr santralleri küçük ölçeklidir. Şu anda toplam kurulu gücü 17.4 MW olan iki santral "Yap-işlet-devret" modeliyle üretim yaparken toplam kurulu gücü 1.7 MW olan bir diğer santral "otoprodüktör" statüde üretim yapmaktadır. Bu santrallerden elde edilen yıllık elektrik enerjisi de yaklaşık 54 000 000 kWh'dır ve toplam üretim içerisinde çok küçük bir orana karşı gelmektedir. Ancak şu anda ülkemizde yaklaşık 300 noktada rüzgâr elektriği üretmeye yönelik ölçümler yapılmaktadır.

#### ➤ **Jeotermal Enerji**

Yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli 20<sup>0</sup> den fazla olan ve çevresindeki normal yer altı ve yer üstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcaklık, su ve buharın yeryüzüne çıkarılmasıyla oluşan enerjidir. Tükenebilir enerji kaynaklarına alternatif, yenilenebilir enerji kaynağıdır. Dünyanın iç kesimlerinden yüzeye doğru sürekli bir ısı akışının meydana geldiği bölgelere termal bölge denir. Dünyada ABD, Japonya, Yeni Zelanda, İtalya, Meksika, Rusya, İzlanda ve Türkiye'de termal bölgeler vardır. Ülkemizde potansiyel oluşturan alanlar Batı Anadolu'da (%77,9) yoğunlaşmıştır.

Termal bölgelerde çok miktarda kaynarca ve su buharının çıktığı yerler vardır. Bunlardan elde edilen su buharı, buhar türbinlerini çalıştırması ile elektrik enerjisine dönüştürülür.





**Şekil 1.8: İdeal bir jeotermal sistemin şematik gösterimi**

Ülkemiz jeotermal enerji kaynakları bakımından çok zengindir. Hâlen sıcaklığı 100°C'ye kadar ulaşan, 600'den fazla Jeotermal su kaynağımız vardır. Yurdumuzdaki jeotermal elektrik potansiyeli 500 MW civarındadır. Ancak, elektrik üretimi yok denecek kadar azdır.

Ülkemizin ilk jeotermal elektrik santrali, 1984 Şubat ayında işletmeye açılan, 20,4 MW gücündeki **Denizli-Kızıldere** santralidir. Santral 147,2 °C sıcaklıktaki buharla çalışmaktadır. **Aydın-Germencik** ve **Nevşehir-Acıgöl** kaynakları, elektrik üretimine uygun sahalardır. Bunun dışındaki en önemli sahalardan Aydın- Salavatlı, İzmir- Balçova, İzmir-Seferihisar, Kütahya-Simav, Bursa, İnegöl, Ankara-Kızılcahamam, Van-Erciş ve İzmir-Dikili'dir. Jeotermal enerjiyle çalışan santraller buhar türbinli santraller gibidir.

2009 yılı sonu itibari ile jeotermal enerjisi kurulu gücümüz 77,2 MW düzeyine ulaşmıştır.



**Resim 1.5: Jeotermal enerji kaynağı**

Türkiye'nin kanıtlanmış jeotermal elektrik potansiyeli 200 MW düzeyinde belirtilmekle birlikte, gerekli çalışmalarla bunun kısa zamanda 350 MW düzeyine çıkarılabileceği tahmin edilmektedir.

➤ **Deniz kökenli yenilenebilir enerjiler**

Deniz kökenli yenilenebilir enerjiler; deniz dalga enerjisi, deniz sıcaklık gradyent enerjisi, deniz akıntıları enerjisi (boğazlarda) ve gel-git (med-cezir) enerjisidir. Ancak, Türkiye'yi çevreleyen denizler bir iç deniz olduğu için gel-git enerjisi olanağı yoktur. Türkiye için söz konusu enerji grubu içerisinde en önemlisi deniz dalga enerjisidir. Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında deniz akıntıları varsa da, deniz trafiği bu enerjinin kullanılma olanağını sınırlamaktadır.

➤ **Gel-git (Med-Cezir) Enerjisi**

Ay'ın Dünya üzerindeki çekim etkisi sonucu okyanusların belirli yerlerinde ve belirli zamanlarda su seviyesinin yükselmesi veya düşmesi ile oluşan bir enerji kaynağıdır.

24 saat içinde deniz suyu 20 dakika süreyle iki kez kabarır ve alçalır. Kabararak deniz suyu, bir koya veya nehrin ağzında yapılan bir depoya doldurulur. Bu depoların dolup boşalması sırasında iki yönlü çalışan santraller yardımıyla elektrik üretilir.

Gel-git enerjisi ile çalışan ABD, Belçika, Fransa-Rance koyu, Kanada-Fundy körfezi, İngiltere-Severn koyu, Avustralya, Kore, Hindistan ve Meksika gibi okyanusa kıyısı bulunan ülkelerin elektrik santralleri mevcuttur.



**Resim 1.6: Gel-git olayı ve santrali**

➤ **Dalga enerjisi**

Dünya bilim adamlarının üzerinde araştırma yapmakta olduğu temiz enerji arayışının bir parçası da dalga enerjisidir.

Hava hareketlerinin ve ısı değişimlerinin, su kütlelerinde meydana getirmiş olduğu dalga hareketleri, bitmez tükenmez enerji kaynağıdır. Dalga enerjisi, Archimedes (Arşimedes) prensibi ve yer çekimi arasında oluşan gücün alınması prensibine dayanır.

Dünyamızın 3/4'ünün sularla kaplı olduğunu düşünürsek üzerinde durduğumuz enerji türünün ne büyüklükte olduğu da ortaya çıkacaktır.

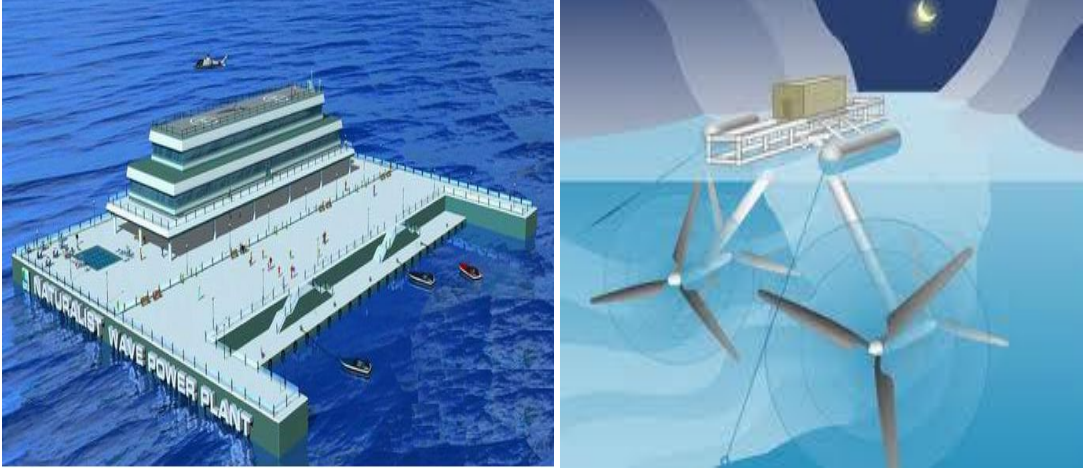
Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde, ilk yatırımından ve bakım giderlerinden başka gideri olmayan, primer enerjiye bedel ödenmeyen, doğaya herhangi bir kirlenici bırakmayan, ucuz, temiz, çevreci ve çok büyük bir enerji kaynağı olan dalga enerjisi değerlendirilmelidir.

Dalga enerjisinin faydaları şöyle özetlenebilir:

- 100 kW - 100 MW kadar ihtiyaç duyulan her güçte santral kurulabilir.
- Santral üzeri otel, restaurant, sosyal tesis, disco olarak turizm amaçlı kullanılabilir.
- Gürültü kirliliği yoktur. Tam çevrecidir.
- Dalyan görevi sayesinde tesise ek gelir sağlar.
- Deniz üzerinde kurulduğu için verimli tarım alanları yok olmaz.
- Tamamen yerli teknoloji ve yerli imalattır.
- Dışa bağımlılığı ve ambargoyu gerektirecek herhangi bir girdisi yoktur.
- Ucuz olması sebebiyle ısınmada ilk tercihtir. Bu sebeple ormanların kesilmesi önlenmiş olur.



İngiltere, İrlanda, Norveç ve Portekiz gibi ülkelerde dalga enerjisinin önemi anlaşılmiş ve yeni santraller kurulmuştur. Devlet desteği ile pilot çalışmalar başlatılmış ve y enerji planlamalarında yakın hedef olarak konu yer almıştır. Örneğin Norveç kuzey sahillerinde 350 kW'lık, Endonezya- Avustralya arasında 1.5 MW'lık santraller hizmettedir.



**Resim 1.7: Deniz üzerine kurulmuş bir dalga enerjisi santrali**

➤ **Deniz sıcaklık gradyent enerjisi**

Deniz ve okyanus suyu tabakaları arasındaki sıcaklık farkından yararlanılarak enerji üretilebilir. Henüz araştırma aşamasında olmakla beraber okyanus ısıl enerji dönüşümü gibi farklı isimlerle de anılmaktadır.

Amonyak gibi kaynama noktaları düşük sıvıların buharlaştırılması için deniz yüzeyindeki ılık suları kullanan aygıtların, hareket eden buharın bir türbini çalıştırmasıyla elektrik üretmesi esasına dayanır. Buharı soğutup yoğunlaştırmak ve yeniden dolaşıma katılmasını sağlamak için de daha derinliklerdeki soğuk sular kullanılır.

➤ **Hidrojen enerjisi**

Doğada bileşikler hâlinde bol miktarda bulunan hidrojen serbest olarak bulunmadığından doğal bir enerji kaynağı değildir. En çok bilinen bileşiği ise şudur. Bununla birlikte hidrojen birincil enerji kaynakları ile değişik ham maddelerden üretilebilmekte ve üretiminde dönüştürme işlemleri kullanılmaktadır. Bu nedenle teknolojinin elektrikten yaklaşık bir asır sonra geliştirdiği ve geleceğin alternatif kaynağı olarak yorumlanan bir enerji taşıyıcısıdır.

Hidrojen içten yanmalı motorlarda doğrudan kullanımının yanısıra katalitik yüzeylerde alevsiz yanmaya da uygun bir yakıttır. Ancak dünyadaki gelişim hidrojeninin yakıt olarak kullanıldığı yakıt pili teknolojisi doğrultusundadır.

Yakıt pilleri, temiz, çevreye zarar vermeyen ve yüksek verime sahip enerji dönüşüm teknolojileridir. Bir buhar kazanı veya türbin kullanılmadan sadece kimyasal reaksiyon ile elektrik enerjisi üretilir.

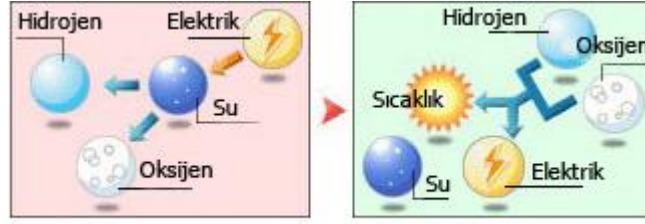
	<b>Fosforik Asit Yakıt Pili</b>	<b>Katı Oksit Yakıt Pili</b>	<b>Erimiş Karbonat Yakıt Pili</b>	<b>Polimer Elektrolit Yakıt Pili</b>	<b>Alkali Yakıt Pili</b>
<b>Elektrolit</b>	Fosforik Asit	Çinko üzerine tutturulmuş Yitria (YSZ)	Karbonat	Polimer iyon değişim filmi	Potasyum hidroksit
<b>Elektrolitteki Taşıyıcı</b>	H <sup>+</sup>	O <sub>2</sub> <sup>-2</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	H <sup>+</sup>	OH <sup>-</sup>
<b>Hücre Materyali</b>	Karbon	Seramik vb.	Ni, Paslanmaz Çelik, vb.	Karbon	Karbon
<b>Güç Yoğunluğu (W/kg)</b>	120-180	15-20	30-40	350-1500	35-105
<b>Yakıt Türü</b>	H <sub>2</sub> , Hidrokarbonlar, Fosil yakıtlar	H <sub>2</sub> , Hidrokarbonlar	H <sub>2</sub> , Hidrokarbonlar	H <sub>2</sub> , Hidrokarbonlar	H <sub>2</sub>
<b>Sıcaklık</b>	200 °C	1 000 °C	600-700 °C	80 °C	80 °C
<b>Güç Üretim Verimi</b>	% 37-42	% 60-70	% 45-60	% 60	% 42-73
<b>Uygulama Alanları</b>	Ticari Uyg. (Oteller, Hastaneler vs)	Ticari Uyg., Sanayi Uyg., Elektrik Santralleri	Elektrik Santralleri	Ulaşım Araçları, Askeri Sistemler	Uzay Çalışmaları

**Tablo 1.4: Yakıt pili çeşitleri ve özellikleri**

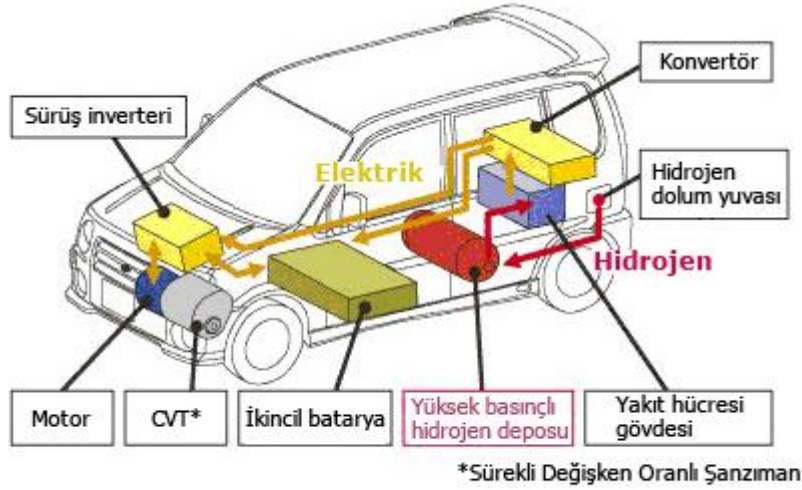
1950' lerin sonlarında, NASA tarafından uzay çalışmalarında kullanılmaya başlanan yakıt pilleri, son yıllarda özellikle ulaşım sektörü başta olmak üzere sanayi ve hizmet sektörlerinde başarı ile kullanıma sunulmuştur. Yakıt pilleri; taşınabilir bilgisayarlar, cep telefonları vb. mobil uygulamalar için kullanılabilir gibi elektrik santralleri için de uygun güç sağlayıcısıdır. Yüksek verimlilikleri ve düşük emisyonları nedeniyle, ulaşım sektöründe de geniş kullanım alanı bulmuşlardır.

Hidrojen enerji sisteminin yeni olmasına karşın hidrojen üretimi yeni değildir. Şu anda dünyada her yıl 500 milyar m<sup>3</sup> hidrojen üretilmekte, depolanmakta, taşınmakta ve kullanılmaktadır. En büyük kullanıcı payına kimya sanayii, özellikle petrokimya sanayii sahiptir.

Hidrojen karbon içermediği için fosil yakıtların neden olduğu çevresel sorunlar yaratmaz. Isınmadan elektrik üretimine kadar çeşitli alanların ihtiyacına cevap verebilecektir. Gaz ve sıvı hâlde olacağı için uzun mesafelere taşınabilecek ve iletimde kayıplar olmayacaktır.



**Bir yakıt hücresinin çalışma ilkesi**



\*Sürekli Değişken Oranlı Şanzıman

### **Sistem Konfigürasyonu**

#### **Şekil 1.9: Hidrojen ile elektrik üretimi ve kullanımı**

2010 yılından itibaren hidrojenin ticari amaçlar için kullanılması düşünülmektedir. Her türlü maliyet göz önüne alındıktan sonra ilk yıllarda benzinden 1.5 –5.5 arası daha pahalı olması beklenmektedir. Fakat gelecek yıllarda çevresel katkılar da göz önüne alındığı zaman bu maliyetin çok daha aşağılara çekilmesi hesaplanmaktadır.



**Resim 1.8: 250 kW'lık gaz türbinli, yakıt hücreli bir birleşik elektrik ve ısı üretimi sistemi**

Daha önce de belirtildiği gibi hidrojenden, yakıt pili teknolojisi ile elektrik elde edilmektedir. Bugüne kadar yakıt pillerini çeşitli yönleriyle inceleyen 200'den fazla araştırma NASA tarafından desteklenmiştir. Bugün Apollo ve Space Shuttle görevlerinde güvenli olarak elektrik ve su sağlamış olmaları nedeniyle, yakıt pilleri uzaydaki rollerini ispatlamış, 2000'li yıllarda ülkelerin enerji politikalarında önemli yer tutmuştur.

## 1.2. Ülkemizde Elektrik Üretiminin Tarihçesi

Elektrik enerjisinin üretimi ve kullanımı 1870'li yılların sonunda, gelişmiş Batı ülkelerinde başlamıştır. İlk elektrik santrali 1882'de İngiltere-Londra'da hizmete girmiştir. Yurdumuzda ilk elektrik santrali 1902 yılında Tarsus'ta İsviçre ve İtalyan grubu tarafından kurulmuştur. Bu santral, su değirmenine bağlanmış 2 kW gücündeki bir dinamo ile elektrik üretmiştir. Daha sonra o dönemki Osmanlı şehirleri olan Selanik, Şam ve Beyrut elektrikleştirilmiştir. 1910 yılında Macar Ganz şirketine verilen bir imtiyazla 1914 yılında İstanbul elektriğe kavuşmuştur. İstanbul'da kurulan Silahtarağa Santrali, Türkiye'nin ilk taş kömürü santralidir.

Cumhuriyet ilân edildiğinde Türkiye'de toplam kurulu gücü 32.8 MW ve yıllık üretimi 44.5 GWh olan 38 santral bulunuyordu. Çoğunluğu motor gücü ile çalışan bu santrallerin 14 tanesi kişilere, 13 tanesi ortaklıklara ve 11 tanesi belediyelere aitti. Türkiye Cumhuriyeti'nin bugünkü sınırları içinde yalnızca İstanbul, Adapazarı ve Tarsus elektrikli kent durumunda idi. Halkın %94'ünün elektriksiz kesimde yaşadığı o dönemde, kişi başına yıllık elektrik tüketimi yaklaşık 3 kWh olmuştur.

1948'de Çatalağzı Termik Santrali devreye girmiştir. 1952 yılında 154 kV'luk bir iletim hattı ile İstanbul'a elektrik takviyesi yapılmıştır.

1950'li yıllarda, devlet ve özel sektör eliyle santraller yapılmaya ve işletmeye başlanmıştır. Bunlar imtiyazlı şirket olarak kurulan Adana ve İçel yöresine elektrik veren ÇEAŞ (Çukurova Elektrik A.Ş.) ile Antalya yöresine elektrik veren Kepez Elektrik A.Ş. dir. 1950 yılının başında kurulu gücümüz 407,8 MW'ye, üretimimiz 789 milyon 500 bin kWh'e ulaşmıştır.

Bu dönemde ülkenin elektrifikasyonunda termik santrallerin yanı sıra hidroelektrik santrallara yönelinmiştir. Büyük barajların yapımı amaçlanarak 1953 yılında Devlet Su İşleri (DSİ) kurulmuştur.

1970 yılında elektriğin üretim, iletim, dağıtım ve ticaretini yapacak bir tek el olmak üzere, kamu iktisadi teşebbüsü olan Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) kurulmuştur. Bu tarihte de kurulu gücümüz 2234.9 MW, üretimimiz 8 milyar 623 milyon kWh seviyelerine yükselmiştir.

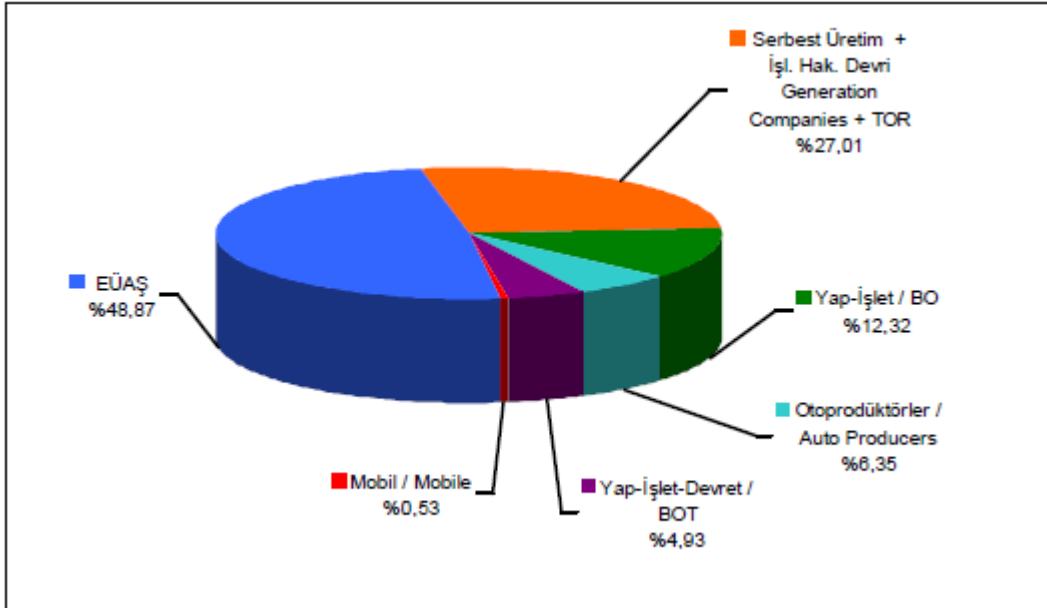
1984 yılında, enerji sektöründeki TEK'in tekeli kaldırılmış, gerekli izinler alınarak kurulacak özel sektör şirketlerine de enerji üretimi, iletimi ve dağıtımı konusunda olanaklar sağlanmıştır. Ayrıca yine bu yılda TEK'in hukukî bünyesi, organları ve yapısı düzenlenerek bir Kamu İktisadi Kuruluşu (KİT) hüviyetine kavuşması sağlanmıştır.

1988-1992 yıllarında, elektrik sektöründe kendi yasal görev bölgesi içinde elektrik üretimi, iletimi, dağıtım ve ticaretini yapmak üzere 10 kadar sermaye şirketi görevlendirilmiştir. Aynı zamanda imtiyazlı şirketlerden olan ÇEAŞ ve KEPEZ A.Ş.'lerine de kendi görev bölgelerinde elektrik üretim, iletim, dağıtım ve ticaretini yapma görevi verilmiştir.

Türkiye Elektrik Kurumu, kuruluşundan 23 yıl sonra, 1993'te çıkarılan kanun hükmünde kararname ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile ilgisi devam etmek üzere özelleştirme kapsamına alınmıştır. Bu düzenlemenin bir devamı olarak da Bakanlar Kurulunun kararı ile kurum, "Türkiye Elektrik İletim A.Ş." (TEİAŞ) ve "Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş." (TEDAŞ) adı altında iki ayrı iktisadî devlet teşekkülüne ayrılmıştır.

EÜAŞ ( Elektrik Üretim Anonim Şirketi) verilerine göre Türkiye'de 2010 yılı 211, 2 milyar kilovat saat olarak gerçekleşen toplam elektrik üretiminin yüzde 45.9'unun doğal gazdan, 18.4'ünün yerli kömürden, yüzde 24.5'inin hidroelektrik santrallerinden, 6.9'unun ithal kömürden, 2.5'inin sıvı yakıtlardan, 1.35'inin rüzgârdan ve yüzde 0.47'sinin jeotermal ve biyo gazdan sağlandığı belirtilmiştir. 2010 yılı ile 2009 yılı kıyaslandığında, üretimde 2010 yılında özellikle HES ( Hidroelektrik Santral) ve rüzgârdan yararlanma oranında artış, yerli kömür ve doğal gaz kullanım oranlarında ise düşüş görüldüğünü kaydetmiştir. Buna göre 2011 yılının ilk 5 ayı itibariyle, Türkiye'de elektrik üretiminin yüzde 44.5'inin doğal gazdan üretildiği belirtilmektedir.

#### TÜRKİYEDE KURULU ÜRETİM GÜCÜ TOPLAM 49524,06 MW'tır. (2010 yılı)



Şekil 1.10: Türkiye elektrik üretiminin sektörlere dağılımı (2010 yılı)

KAYNAKLAR / Sources	GWh
Doğal Gaz / Natural Gas	98.143,7
Hidrolik / Hydraulic	51.795,5
Linyit / Lignite	35.942,1
İthal Kömür + Taş Kömürü + Asfaltit Imported Coal + Hard Coal + Asphaltite	19.104,3
Rüzgâr / Wind	2.916,4
Sıvı Yakıtlar / Liquid Fuels	2.180,0
Jeotermal / Geothermal	668,2
Yenilenebilir + Atık / Renewable + Waste	457,5
<b>TOPLAM / Total</b>	<b>211.207,7</b>

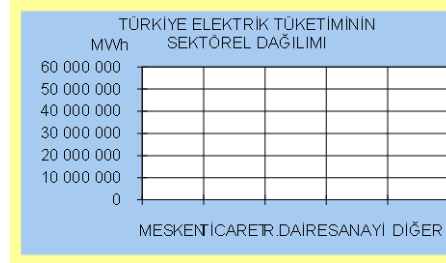
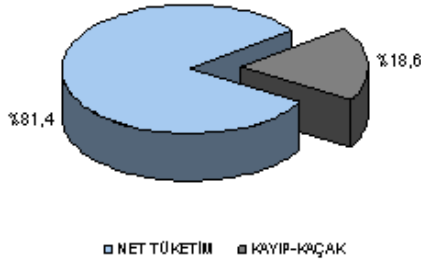
Tablo 1.5: Türkiyemizde elektrik üretiminin kaynaklara dağılımı

### 1.3. Ülkemizde Elektrik Tüketimi Hakkında Genel Bilgi

Elektrik tüketiminde 2005 yılı için %18,6'lık kayıp söz konusudur. Bu kaybın %3'ü iletim, %15'i dağıtım ve kaçak kullanımdır. Ülkemizde kaçak kullanımla ilgili kayıpların önüne geçmek için çeşitli yasalar çıkarılmış ve ağır cezalar getirilerek önlemler alınmaya başlanmıştır. 2005 yılı II. döneminde elektrik enerjisinin %43,31'i sanayide, %25,25 'i meskenlerde tüketilmiştir. 1980'li yıllardan günümüze elektrik tüketim raporları incelendiğinde %60'larda olan sanayi sektörü payı 2005 yılında %49'lara gerilemiştir. Konut ve hizmet sektöründeki pay ise %35'ten %50'lere çıkmıştır. Buradan tüketim toplumu olma yolunda hızla ilerlediğimiz sonucuna varabiliriz.

Türkiye'de elektrik tüketimi 2010 yılında yüzde 7.9 artmıştır. Türkiye Elektrik iletim (TEİAŞ) verilerine göre, küresel ekonomik krizin etkisiyle 2009 yılında yüzde 2.4 düşen elektrik tüketimi 2010 yılında yüzde 7.9 artmış, 2009 yılında 194 milyar 79 milyon kilovat saat (kWh) düzeyinde olan elektrik tüketimi, 2010 yılında 209 milyar 389 milyon kWh düzeyine yükselmiştir. Aylık bazda bakıldığında ise 2010 yılı aralık ayında tüketim bir önceki yılın aynı ayına göre yüzde 3 artarak 19 milyar 50,8 milyon kwh düzeyinde gerçekleşmiştir. Doğal gazın payı azalmıştır, 2010 yılında Türkiye'de 211 bin 207,7 Gwh elektrik üretilmiştir.





Şekil 1.11: 2004 yılı sonunda ülkemizdeki elektrik tüketiminin sektörel dağılımı ve kayıpları

YILLAR İTİBARIYLA TÜRKİYE ELEKTRİK ENERJİSİ KULLANIMININ TÜKETİCİ GRUPLARA DAĞILIMI													
Birim: GWh													
YIL	MESKEN	%	TİCARET	%	RESMİ DAİRE	%	SANAYİ	%	GENEL AYDINLATMA	%	DİĞER	%	TOPLAM
1995	14 492,5	21,5	4 195,2	6,2	3 011,6	4,5	38 007,4	56,4	3 105,9	4,6	4 581,2	6,8	67 393,9
1996	16 394,2	22,1	5 740,9	7,7	3 002,5	4,0	40 638,3	54,8	3 084,9	4,2	5 295,9	7,1	74 156,6
1997	18 514,4	22,6	6 852,4	8,4	3 803,4	4,6	43 491,3	53,1	3 310,2	4,0	5 913,2	7,2	81 884,9
1998	20 034,1	22,8	7 733,8	8,8	4 271,6	4,9	46 139,0	52,6	3 691,2	4,2	5 835,0	6,7	87 704,6
1999	22 584,3	24,8	8 208,0	9,0	3 775,1	4,1	46 480,3	51,0	4 185,3	4,6	5 968,9	6,5	91 201,9
2000	23 887,6	24,3	9 339,4	9,5	4 107,9	4,2	48 841,7	49,7	4 557,7	4,6	7 561,4	7,7	98 295,7
2001	23 557,3	24,3	9 907,8	10,2	4 370,0	4,5	46 989,0	48,4	4 888,2	5,0	7 357,7	7,6	97 070,0
2002	23 559,4	22,9	10 867,3	10,6	4 580,5	4,4	50 489,4	49,0	5 103,9	5,0	8 347,3	8,1	102 947,9
2003	25 194,9	22,5	12 871,9	11,5	4 554,0	4,1	55 099,2	49,3	4 974,8	4,5	9 071,2	8,1	111 766,1
2004	27 619,0	22,8	15 656,2	12,9	4 530,7	3,7	59 565,9	49,2	4 432,5	3,7	9 337,5	7,7	121 141,9

Tablo 1.6: Son 10 yılın Türkiye elektrik enerjisi kullanımının tüketici gruplara dağılımı

## 1.4. Santraller

Elektrik enerjisinin üretildiği ve dağıtımının yapıldığı yerlerdir. Elektrik santralleri kullandıkları enerji çeşitlerine göre isim alır. Termik ve Hidroelektrik Santraller olarak iki bölümde incelenir.

Santraller çalışma şekillerine göre;

- Temel yük santraller
- Normal santraller
- Puant santraller
- Biriktirmeli santraller olarak 4'e ayrılır.

Ucuz yakıt kullanan ve üretilen enerjinin birim maliyetinin ucuz olduğu hidrolik santraller, **temel yük santralleri** olarak görev yapar. Bu tür santrallerin işletme süreleri çok uzundur. Şehir, kasaba ve köyleri besleyen santraller ise **normal santraller** olarak adlandırılır. Şebeke yükünün çok arttığı zamanlarda çalıştırılan santrallere de **puant santralleri** adı verilir. Puant santrallerinin işletme süreleri kısa olup kuruluş masrafları azdır. Dizel santralleri bunlara örnek gösterilebilir. **Biriktirmeli santraller** ise enerji tüketiminin az olduğu zamanlarda suyu depo edip enerji tüketiminin fazla olduğu zamanlarda da bu suyu kullanarak elektrik enerjisi üreten santrallerdir.

Santralleri işletmeci **unsurlara göre de** sınıflandırabiliriz. Bunlar;

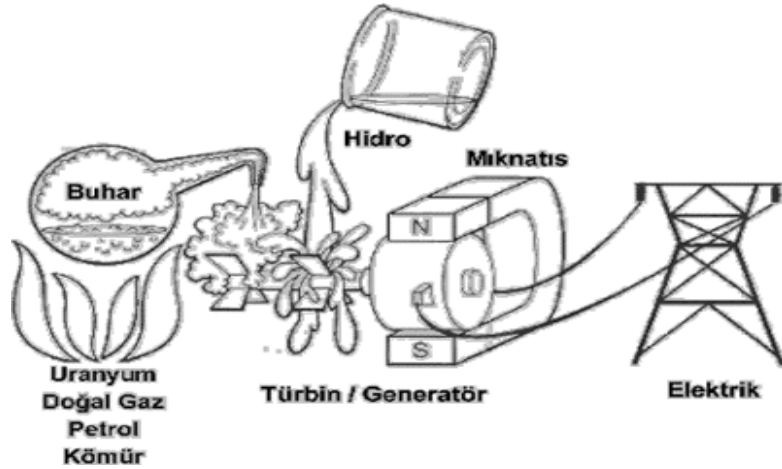
- Müessese (Kurum) santralleri
- Özel şirket santralleri (Otoprodüktör şirketler) şeklindedir.

Müessese santralleri Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) tarafından işletilen santrallerdir. Özel şirket santralleri olarak da Otoprodüktör Şirketlere ait olan santraller ile Ereğli, Karabük ve Seka santralleri sayılabilir.

### 1.4.1. Termik Santraller

Katı, sıvı, gaz hâlinde bulunan termik kaynağın uygun şartlarda ve uygun ortamda yakılarak yakıtın verdiği ısı enerjisinden ve genişmeden faydalanılarak mekanik enerji elde edilir. Elde edilen bu mekanik enerjiden alternatörler yardımı ile elektrik enerjisi üreten santrallere termik santraller denir.

Termik santrallerde üretilen elektrik enerjisinin birim maliyeti hidroelektrik santrallerde üretilen elektriğe göre çok daha pahalıdır. Günümüzde kömür, doğal gaz jeotermal enerji, güneş enerjisi, petrol ürünleri, biyogaz, nükleer yakıt gibi termik kaynakları kullanan çok sayıda termik santral vardır.



Şekil 1.12: Termik santrallerde elektrik üretimi

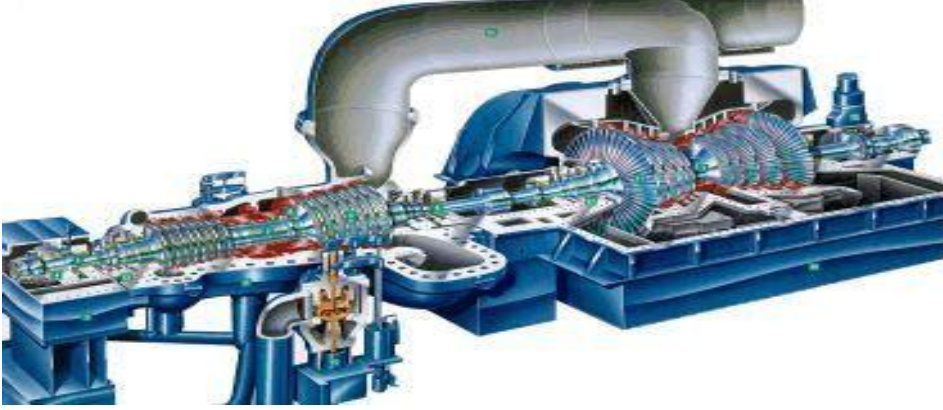
Termik santrallerin, yakıtın ve mekanik enerji üreten makinenin cinsine göre çeşitleri şunlardır:

- Buhar türbinli santraller
- Nükleer santraller (Buhar santrali)
- Gaz türbinli santraller (İçten yanmalı motorlarla çalışan santral)
- Dizel santraller (İçten yanmalı motorlarla çalışan santral)



### 1.4.1.1. Buhar Türbinli Santraller

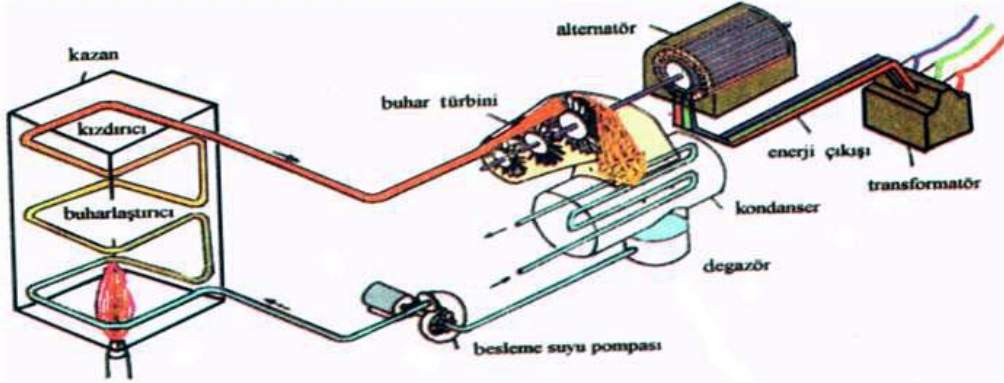
Termik santrallerde buhar kazanlarında yakıt ve hava karışımı uygun şartlarda yakılır. Bu sırada kazanda bulunan sudan, yüksek sıcaklıkta yüksek basınçlı buhar elde edilir. Elde edilen yüksek basınçlı buhar, buhar türbinine gönderilerek mekanik enerji elde edilir. Buhar türbinine akuple olan alternatörde bu enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Bu prensiple çalışan termik santrallere buhar türbinli santraller denir.



Şekil 1.13: Buhar türbinli santral kesiti

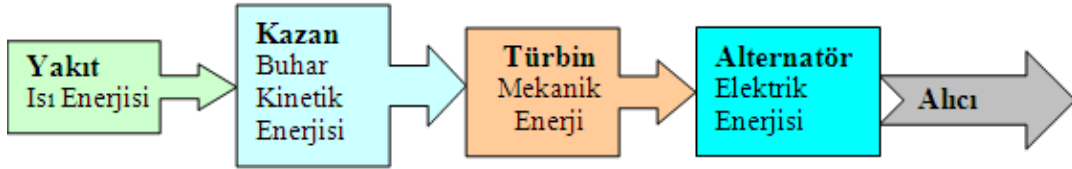
Buhar türbinli santrallerde yakıt olarak linyit kömürü, fuel-oil, doğal gaz ve büyük şehirlerin çöp atıkları vb. kullanılır. Termik santraller, üretilen elektrik enerjisinin maliyetini daha fazla artırmamak için kullanılan yakıtın bulunduğu yerin yakınına kurulur. Santralin kurulacağı yere yakın, büyük su kaynağının da bulunması gerekir. Çünkü buhar elde etmek için çok fazla suya ihtiyaç vardır. Örneğin; Afşin-Elbistan Termik Santrali'nin saatteki su ihtiyacı 5.400 ton, yakıt ihtiyacı ise saatte 3.000 tondur.

Prensip olarak bir buhar türbinli termik santralin çalışması şu şekildedir: Besleme suyu pompasından basılan su, kazana gönderilir. Kazanda ısıtılan su ilk önce buharlaşır, sonra kızdırıcılardan geçerek kızdırılır (nemi alınır). Elde edilen kızgın buhar, buhar türbinine gönderilir. Buhar türbininin kanatlarına çarpan buhar, türbini döndürür. Buhar türbinine bağlı alternatör bu dönme şeklindeki mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Alternatör çıkışı bir yükseltici trafo ile enerji nakil hatlarına verilir. Buhar türbininde işi biten çürük buhar, kondanser denilen yoğunlaştırıcılara gelerek tekrar su hâline dönüştürülür ve besleme suyu pompası ile tekrar kazana girer. Bu işlem bir döngü içerisinde devam ederek termik yolla elektrik enerjisi üretimi gerçekleşmiş olur.



Şekil 1.14: Buhar türbinli termik santralin prensip şeması ve bölümleri

Buhar türbinli santraller; yıllık yağış ortalamasının düşük olduğu zamanlarda, hidroelektrik santrallere alternatif olarak termik enerji kaynaklarının kullanılmasıyla elektrik enerjisi üretimine devam eder. Yılın her mevsiminde istenilen niteliklerde ve sürekli enerji üretebilmesi özelliğinden dolayı elektrik enerjisi üretiminde önemi büyüktür. Isı değeri düşük linyit kömürü gibi katı yakıtların değerlendirilmesine imkân sağlamakla beraber, santral bacalarından çıkan atıklar nedeniyle asit yağmuru ve sera gazı etkisi yaratmaları da söz konusudur.



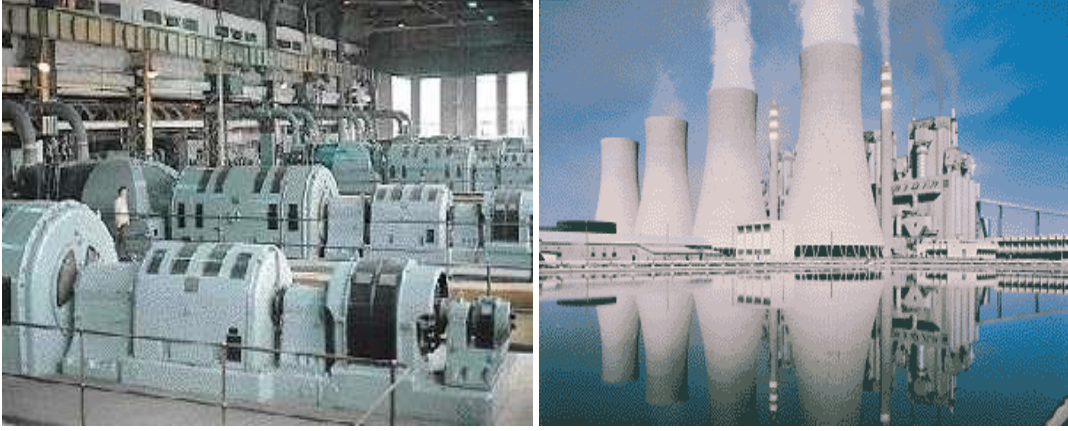
Şekil 1.15: Termik santral enerji dönüşüm şeması

➤ Buhar türbinli santral bölümleri ve görevleri

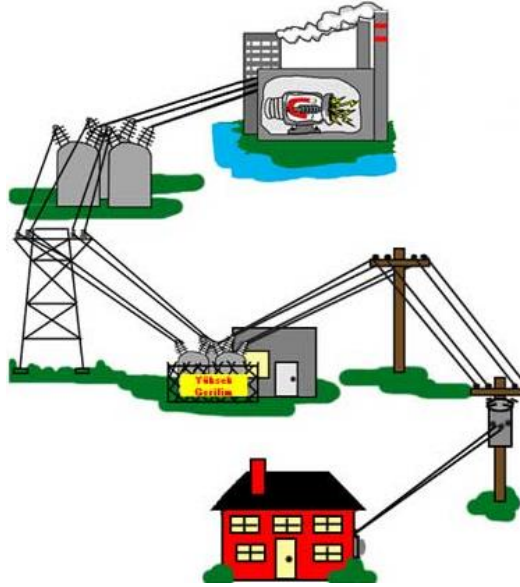
- **Ham kömür silosu (Bunker):** Vagonlarla getirilen işlenmemiş kömürün depolandığı yerdir.
- **Besleyici:** Öğütücü makine için, uygun miktarda kömürü otomatik olarak ayarlayan makinedir.
- **Öğütücü (Değirmen):** Kömürü çok ince toz hâline getirir.
- **Ocak (Yakıcı):** Yakıtın yakıldığı kısımdır.
- **Kazan:** Boru demetinde, sudan ayrılan buharın ve ekonomizlerden gelen düşük yoğunluklu buharın toplandığı kısımdır.
- **Kızdırıcı:** Kazandan gelen, düşük ısılu buharın sıcaklığını ve dolayısıyla basıncını artıran kısımdır.
- **Ekonomizer:** Kazan boru demetini terk eden gaz hâlindeki yanma ürünleri yüksek sıcaklıktadır. Bunların, bacadan direkt olarak atılması fazlaca enerji (ısı) kaybına neden olur. Atılmak üzere giden sıcak gazların, bir

kısından faydalanmak için ekonomizer kullanılır. Besleme suyunu bir miktar ısıtır.

- **Dom:** Ekonomizer ve buharlaştırıcı borulardan gelen suyun toplandığı yarısı buhar yarısı su olan tanktır.
- **Toz tutucu (Elektro filtre):** Atılmak üzere bacaya giden çevreye zararlı tozların tutulduğu yerdir.
- **Emme fanı:** Yanmış gazları, kazanın ısı transfer yüzeyinden, kızdırıcıdan, ekonomizer ve hava ısıtıcısından çekerek ocak basıncını atmosfer basıncının biraz altında tutan elemandır.
- **Hava ısıtıcı:** Bacaya giden yüksek ısıdaki yanmış gazların ısını bir miktar düşüren, yanma için gerekli havayı ısıtan bununla birlikte öğütücüdeki kömürün kurutulması için sıcaklık temin eden kısımdır.
- **Türbin:** Yüksek basınçlı buharın kinetik enerjisini, mekanik enerjiye dönüştüren makine düzeneğidir. Buhar türbinlerinde, enerji doğrudan türbin miline geçtiğinden verimleri yüksektir. Türbinler yüksek devirlerde elde etmek için yatay milli olarak yapılmıştır. Enerji üretimde kullanılan buhar sıcaklığı 600°C ile 950°C arasındadır. Verimi, türbinin büyüklüğüne, buhar basıncına ve sıcaklığına göre değişir.
- **Kondanser (Yoğunlaştırıcı):** Türbinden çıkan kullanılmış buhar, kondansere gönderilir. Buharın tekrar suya dönüştürülmesi (yoğunlaştırılması) işlemi yapan bölümdür. Kondanser, içinden soğuk suların pompalandığı borulardan oluşan büyük bir odadır.
- **Degazör:** Kondanserden gelen yoğunlaşmış buharın su hâline gelerek toplandığı su tankı ve aynı zamanda kazan tasfiye sisteminden gelen saf suyun da depolandığı su tankıdır.
- **Kondanser pompası:** Kondanserde elde edilen yoğunlaştırılmış buhar ortalama 20°C-40°C arasındadır. Yoğunlaşan buharı, tekrar ısıtıcılara pompalayan elemandır.
- **Kazan suyu besleme pompası:** Alçak ve yüksek basınç ısıtıcılarında ısıtılan suyu, ekonomizere gönderen elemandır.
- **Alçak basınç-yüksek basınç ısıtıcıları:** Besleme suyunu, türbinden aldığı buharla ısıtan kısımdır.
- **Yumuşatıcı:** Buhar elde etmek için kullanılan su içerisinde bulunan, kireç maddelerinin sistemde kabuk-tortu oluşturmamasını sağlamak için kullanılan elemandır.
- **Baca:** Kazan içindeki işi biten duman gazının dışarı atıldığı bölümdür.
- **Generatör (Alternatör):** Türbin mekanik enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren makinedir.
- **Külhan:** Yakılan kömür küllerinin toplandığı bölümdür.



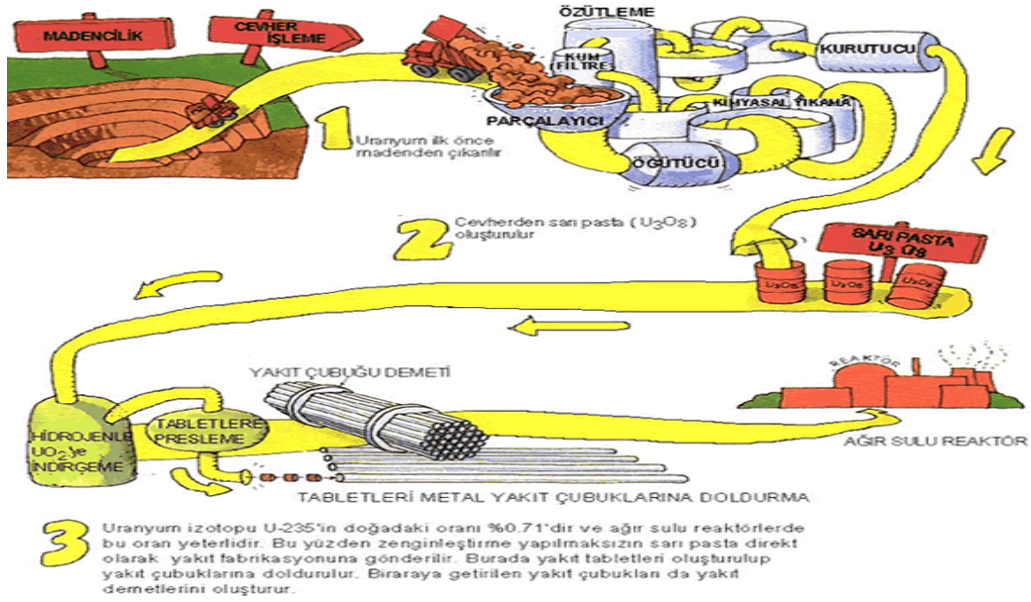
Resim 1.9: Afşin-Elbistan ve Çatalağzı termik santrallerinden bir görüntü



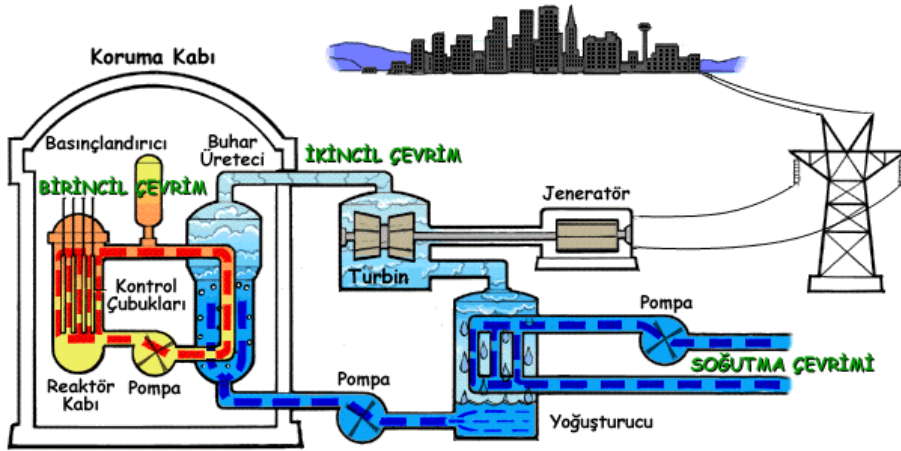
Şekil 1.16: Elektrğin üretilmesi ve taşınması

#### 1.4.1.2. Nükleer Santraller

Nükleer santral; uranyum 233, uranyum 235, plütonyum 239 ve toryum gibi maddelerin atomlarının kontrollü bir şekilde reaktörlerde parçalanması sonucu açığa çıkan çok yüksek derecede ısı enerjisinden elektrik üreten bir termik santral tipidir. Bu ısı enerjisinden buhar kazanındaki su ısıtılarak yüksek sıcaklıkta ve basınçta buhar elde edilmektedir. Meydana gelen buhar, türbine verilerek mekanik enerjiye çevrilir. Buhar türbininin miline akuple bağlı olan alternatör döndürülerek elektrik enerjisi elde edilir.



Şekil 1.17: Doğal uranyum kullanılan reaktörler için nükleer yakıt üretimi



Şekil 1.18: Nükleer reaktörün çalışma sistemi ve elektrik elde edilişi

Fosil yakıtların (kömür, petrol, gaz) tükenebilir olması ve atmosferik kirlenmeye yol açmaları ve her geçen gün artan enerji ihtiyacını karşılamak için nükleer santrallerin kurulması gündeme gelmiştir. Nükleer santraller radyoaktif bir sızıntı olmaması durumunda en temiz ve kuruluş maliyeti hariç en ucuz elektrik enerjisi üreten santrallerdir.

Nükleer santrallerin yakıt ihtiyacı ve atığı diğer termik santrallere göre çok azdır. Örneğin; 1g  $U_{235}$  2.500 kg kömürün verdiği ısıya eş değer ısı vermektedir. 1 kg uranyum ile üretilen elektrik 16.6 ton taş kömürü ya da 11.1 ton (80 varil) petrolle üretilen elektriğe eş değerdir. Bir başka anlatımla 1 kg kömürden 3 kWh, 1 kg petrolden 4.5 kWh, 1



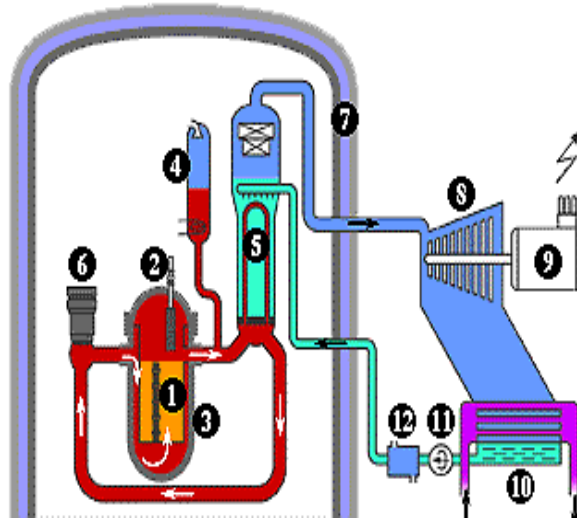
kg uranyumdan 50 000 kWh enerji üretilir.5 g uranyum yakıt lokması, reaktörde 3 yıl kalmakta ve 4.000 kW/saat elektrik üretmektedir. 1.000 MW gücündeki hafif su soğutmalı bir reaktörden yılda 27 ton atık çıkarken kömür yakıtlı bir santralde bundan 250-300 bin kat daha fazla atık çıkmaktadır. Hâlen dünya elektrik üretiminin %17'si nükleer santrallerden sağlanmaktadır (İlk elektrik üreten santral Pennsylvania'da-ABD 1957).

1955 yılında yapılan 1. Çevre Konferansı 'ndan sonra nükleer alandaki çalışmaları hemen başlatan ülkelerden biri Türkiye'dir. 1956 yılında, Başbakanlığa bağlı Atom Enerjisi Komisyonu Genel Sekreterliği kurulmuş, 1961 yılında da Küçük Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'nde 1 MW gücünde araştırma reaktörü işletmeye açılmıştır. Nükleer araştırma ve geliştirme faaliyetleri hâlen Türkiye Atom Enerjisi Kurumu tarafından sürdürülmektedir.

Türkiye'de Sinop ve Mersin –Akkuyu' da nükleer santral kurulması planlanmıştır. 2011 yılında Akkuyu 'da 1200 MW kurulu güçte 4 reaktör yapılması için ihaleye çıkmıştır.



Nükleer santrallerin kuruluş maliyetinin yüksek olması ve bazı arızalarda çevreye yayılan radyoaktif sızıntı bu santrallerin olumsuz taraflarıdır. Kaza olasılığı ve etkilerine karşı gerekli güvenlik önlemlerinin alınması şarttır. Nükleer santraller çevreyi en az kirleten elektrik santralleridir. Çevre dostu bir termik santral türü olduğu düşüncesi giderek yaygınlaşmaktadır.

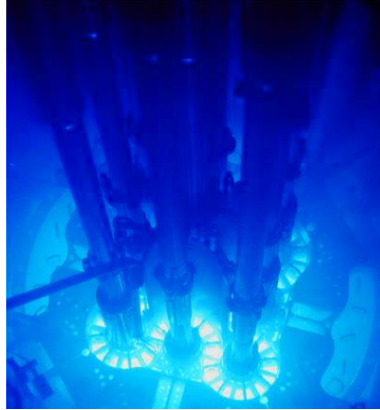


Şekil 1.19: Nükleer reaktörün bölümleri

- (1)Reaktör kalbi (reactor core)
- (2)Kontrol çubuğu (control rod)
- (3)Reaktör basınç kabı (pressure vessel)
- (4)Basınçlandırıcı (pressurizer)
- (5)Buhar üretici (steam generator)
- (6)Soğutma su pompası (primary coolant pump)
- (7)Reaktör korunak binası (containment)
- (8)Türbin (turbine)
- (9)Jeneratör - Elektrik üretici (generator)
- (10)Yoğunlaştırıcı (condenser)
- (11)Besleme suyu pompası (feedwater pump)
- (12)Besleme suyu ısıtıcısı (feedwater heater)

Nükleer santraller, hidroelektrik ve kömür yakıtlı santrallerin aksine, teknik olarak her yere kurulabilir. Ancak üretilen elektriğin ekonomik olabilmesini sağlamak amacıyla santralin bir yere kurulabilmesi için o yerin taşınması gereken şartlar vardır. Buna göre; nükleer santraller kurulurken yapım maliyetini en aza indirebilmek amacıyla deprem riskinin en düşük yer olması, nükleer santral parçalarının santralin kurulacağı yere kolay taşınabilmesi, nükleer santrallerin yüksek soğutma suyu ihtiyacının karşılanması için deniz kenarında kurulması gereklidir.

#### ➤ Nükleer santrallerin bölümleri ve görevleri



**Resim 1.10: Reaktörün Kalbi**

- **Nükleer reaktör:** Uranyum atomunun fizyona uğradığı ve yüksek ısının elde edildiği, nükleer santralin en önemli bölümüdür.
- **Basınç kabı:** Yakıtların tümünü barındıran ve buhar üretmek için kullanılan, yüksek basınçtaki soğutma suyunu içinde tutan kısımdır. Kalınlığı 20-25 cm kadardır.
- **Koruma kabı:** Basınç kabı, buhar üreticileri gibi tüm reaktör parçalarını koruyan kaptır. İç kısmı 2 cm kalınlığında çelik bir zırh ve onun dışında 2 ile 5 m kalınlığında bir beton kabuktan oluşur.

- **Kondanser:** Türbinde kullandıktan sonra çıkan buharı, yoğunlaştırarak suya dönüştürür. Kondanserden çıkan su, pompa yardımıyla soğutma kulesine gönderilir.
- **Atık Toplama Sistemi:** Nükleer santrallerin en önemli işlev gören sistemlerinden biridir. Radyoaktif madde içeren atıklar (katı, sıvı, gaz), ayrı ayrı işleme tabi tutulur. En önemlisi katı atıklardır. Katı atıklar öncelikle cam kaplar içine alınır ve tuz madenlerinde saklanır.
- **Moderatör:** Parçalanma sonucu ortaya çıkan hızlı nötronları yavaşlatan maddedir. Bu madde grafit, hafif su veya ağır sudur ( $H_2O-D_2O$  ve sıvı sodyum). Nötronlar yavaşlatılarak diğer çekirdeklerle etkileşime girmesi sağlanır. Moderatör aynı zamanda soğutucu görevi de yapar.
- **Ölçü, kontrol ve koruma sistemi:** Santralin tüm ünitelerini izleyen ve kontrol eden sistemdir. Herhangi bir arıza derhâl görülebilir.
- **Buhar türbini:** Buharın kinetik enerjisinin mekanik enerjiye dönüştürüldüğü bölümdür.
- **Generatör:** Buhar türbininden elde edilerek miline aktarılan mekanik enerjiyi, elektrik enerjisine dönüştüren elektrik makinesidir.
- **Şalt saha:** Nükleer enerjiden yararlanılarak elde edilen elektrik enerjisinin, alıcılara iletmek üzere yükseltildiği, ilgili koruma ve kontrol sistemlerinin bulunduğu merkezdir.







**Resim 1.11: Nükleer santraller ve soğutma kuleleri**

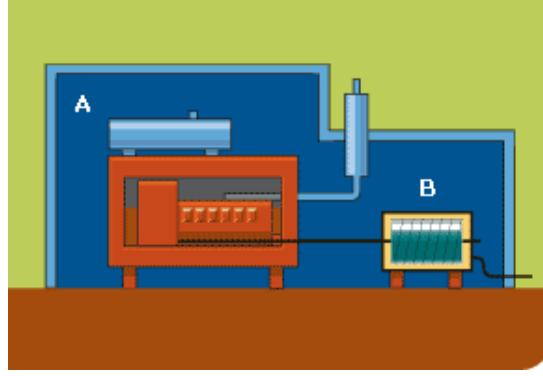
ÜLKE	İŞLETMEDE	TESİS SAFHASINDA	1996 ELEKTRİK ÜRETİMİ (TWh)	TOPLAM ELEKTRİK ÜRETİMİNDEKİ PAYI (%)
ARJANTİN	2	1	6.92	11.43
ERMENİSTAN	1	-	2.10	36.72
BELÇİKA	7	-	41.4	57.18
BREZİLYA	1	1	2.29	0.74
BULGARİSTAN	6	-	18.08	42.24
KANADA	21	-	87.52	15.97
ÇİN	3	2	13.62	1.27
ÇEK CUM.	4	2	12.85	20.00
FİNLANDİYA	4	-	18.68	28.13
FRANSA	57	3	378.20	77.36
ALMANYA	20	-	152.80	30.29
MACARİSTAN	4	-	14.18	40.76
HİNDİSTAN	10	4	7.42	2.21
İRAN	-	2	-	-
JAPONYA	53	2	287.00	33.37
KAZAKİSTAN	1	-	0.09	0.15
GÜNEY KORE	11	5	70.33	35.77
LİTVANYA	2	-	12.67	83.44
MEKSİKA	2	-	7.11	5.08
HOLLANDA	2	-	3.90	4.79
PAKİSTAN	1	1	0.31	0.56
ROMANYA	1	1	0.91	1.75
RUSYA	29	4	108.82	13.10
G.AFRİKA	2	-	11.76	6.33
SLOVAK CUM.	4	4	11.26	44.53
SLOVENYA	1	-	4.36	37.87
İSPANYA	9	-	53.80	31.97
İSVEÇ	12	-	71.40	52.38
İSVİÇRE	5	-	23.72	44.45
İNGİLTERE	35	-	85.90	26.04
UKRAYNA	16	4	79.58	43.76
ABD	110	-	674.78	21.92
TOPLAM	442	36	2300.09	%17

**Tablo 1.7: Dünyada nükleer elektrik üretimi**

#### 1.4.1.3. Gaz Türbinli Santraller

Küçük ve orta büyüklükteki yükler için kullanılan ve puant santrali olarak görev yapan santrallerdir. Elektrik şebekelerinde, yükün yüksek olduğu (puant saatleri) zamanlarda artan enerji ihtiyacını karşılamak için devreye çabuk girip çıkan santrallere ihtiyaç vardır. Bu

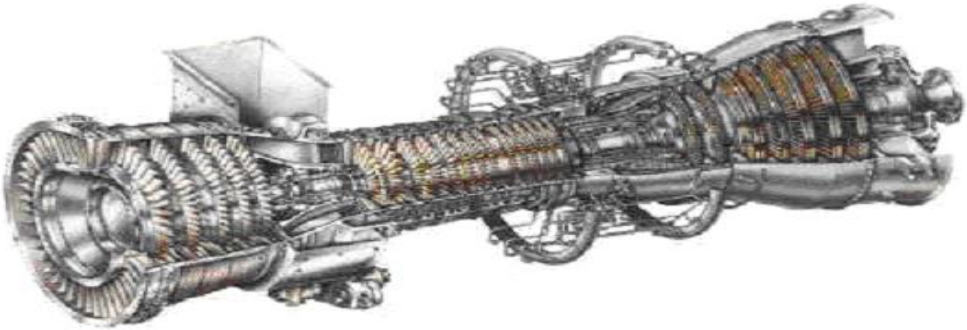
ihtiyacı gaz türbinli santraller karşılamaktadır. Buhar türbinli santrallere göre daha az yer kaplar, daha az suya ihtiyaç duyar ve daha çabuk yol verirler. Gaz türbinli santrallerde en çok motorin, benzin ve doğal gaz kullanılmaktadır.



A- Gaz türbini      B- Alternatör

Şekil 1.20: Gaz türbinli termik santralin bölümleri

Gaz türbininde mekanik enerji elde etmek için şu işlemler yapılır: Türbin ilk hareketine bir asenkron motor yardımıyla başlar. İlk hareketi veren bu motora start motoru denir. Start motoru gaz türbinini döndürmeye başlar. Gaz türbini artan bir hızla dönmeye başlar. Türbin, sistem kendi kendini hızlandırabilecek hız seviyesine ulaşıncaya kadar start motoru tarafından döndürülür. Bu hıza ulaşıldığında start motoru devreden çıkartılır. Gaz türbini bu hızın biraz altında dönerken yanma odasındaki ateşleme sistemi (memeler), ateşlenerek doğal gazı yakar ve hava ile karışarak yanan doğal gazın oluşturduğu basınç ve itme kuvveti türbinin kanatçıklarına çarparak türbinin dönmelerini sağlar. Start motoru devre dışı kaldığında bu işlem devam ettiği için gaz türbinini uygun hızda dönmeye devam eder. Gaz türbininin bu dönme hareketi, miline akupla bağlı alternatör yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülür.



Şekil 1.21: Gaz türbini kesiti

- **Gaz türbinli santrallerin bölümleri ve görevleri**
  - **Hava kompresörü:** Yakıt-hava karışımındaki basınçlı havayı sağlayan elemandır.
  - **Yanma odası (hücresi):** Yakıtın yakılarak ısı elde edildiği bölümdür.

- **Ekonomizer:** Türbinden çıkıp bacaya giden kullanılmış gaz ısısının bir kısmıyla, kompresörden gelen havayı ısıtır. Aynı zamanda, bacaya giden çürük gazın ısısını da düşürür.
- **Türbin:** Yanma odasından gelen sıcak gazı genişleterek gazın kinetik enerjisini mekanik enerjiye çevirir ve alternatör milini döndürür.
- **Generatör:** Türbinden sağlanan mekanik enerjiyi, elektrik enerjisine dönüştürür.
- **Hava ısıtıcısı:** Yakıtle karıştırılacak havanın ısıtılmasını sağlar.
- **Ateşleme sistemi:** Yanma odasında, gazın yanmasını sağlayan düzenektir.
- **Regülatör:** generatör devrinin sabit olabilmesi için yeterli yakıtı ayarlar.
- **Yolverme motoru:** Kompresörü harekete geçirmek için kullanılır.

Eski teknoloji termik santrallerde, sistemin ürettiği ısı atılarak sadece elektrik enerjisi üretilmekteydi ve sistem verimi düşüktü. Fakat son yıllarda, üretilen ısıdan da yararlanılarak gerçekleştirilen kombine çevrim santralleri ile hem ısı hem elektrik elde edilerek sistem verimi %50'lere yükseltilmiştir. Bu santrallere kojenerasyon ( aynı anda ısı ve elektrik elde edilen) ya da kombine çevrim santral denilmektedir. Bursa'da Kurulu olan Bursa Doğal gaz Ateşlemeli Kombine Çevrim Enerji Santrali 1432 MW gücündedir.



**Resim 1.12: Bursa Ovaakça doğal gaz kombine çevrim santralinden görüntüler**

SIRA NO	SANTRALİN ADI	YAKIT CİNSİ	BULUNDUĞU İL	ÜNİTE ADET VE GÜÇLERİ	T. KURULU GÜÇ (MW)	PROJE ÜRETİMİ(GWh)
1	Aliğa	Motorin	İzmir	4 x 30 + 2 x 30	180	-----
2	Seyyar GT	"		3 x 0,5 + 1 x 0,9	2,4	-----
3	Gökçeada GT	"	Çanakkale	1x0,9	0,9	-----
4	Engil GT	"	Van	1x15	15	90
5 (*)	Ambarlı KÇ	Doğal Gaz	İstanbul	6x138,8+3 x 172,7	1350,9	8780
6	Bursa KÇ	"	Bursa	2x704,9	1432	10024
7	Hamitabat KÇ	Doğal Gaz	Kırklareli	12 x 100	1200	7800

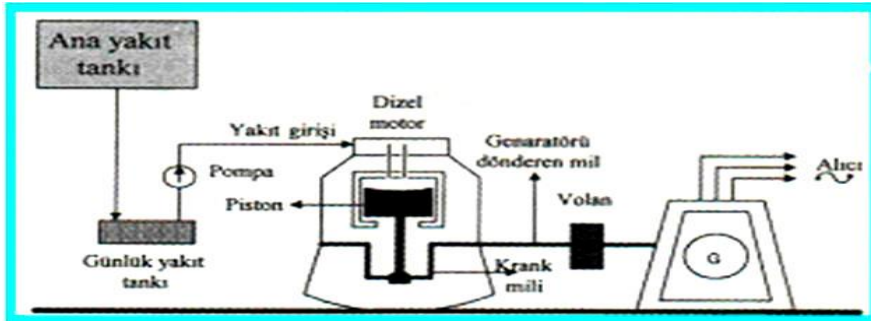
(\*) Santral fuel oil ile de çalışacak şekilde dizayn edilmiştir.  
7- TEDAŞ'a bağlı ortaklık santrali GT Gaz türbinli KÇ Kombine çevrim

**Tablo 1.8: 1998 yılı sonu itibarıyla gaz türbinli ve kombine çevrim santralleri (TEDAŞ'a ait)**

#### 1.4.1.4. Dizel Santraller

Dizel santraller, küçük ve orta büyüklükteki güçlerin elektrik ihtiyacını karşılamak üzere kurulan santrallerdir. Günümüzde fabrika, işletme, Telekom, TV istasyonları, hastaneler gibi önemli yerlerde; bunun yanı sıra haddehanelerde, dökümhanelerde, elektrikle çalışan potaların ve indüksiyon bobinlerinin çalıştığı işletmelerde enerji kesilmesinde, tesisin zarar görmesini önlemek için kullanılır. Dizel santraller elektrik enerjisinin ulaştırılmadığı çöllerde ve gemilerde de kullanılır.

Dizel santraller küçük yapılı olduğu için az yer kaplar. İstenildiğinde taşınabilir. Bu özelliklerinden dolayı çok kullanılır. Fakat elektrik enerjisi üretiminde birim maliyeti çok pahalı olduğu için büyük santral seviyesinde kullanılması uygun olmaz. Bu sebeple elektrik enerjisinin kesildiği zamanlarda hizmetlerin devamlılığını sağlamak için kullanılır. Uygulamalarda generatör olarak bildiğimiz cihazlar küçük çaplı dizel santral uygulamalarıdır. Çevreye gürültü haricinde fazla zarar da vermezler.



**Şekil 1.22: Dizel santral blok diyagramı**

Dizel santrallerde yakıt olarak mazot kullanılır. Santralde mekanik enerjiyi oluşturan kısım dizel motordur. Dizel motorun çalışması şu şekildedir:

Süzgeç ve susturucudan geçerek basınç ve sıcaklığı arttırılmış hava, dizel motora verilir. Motorun pistonları tarafından sıkıştırılan bu havanın içine basınçlı yakıt (mazot) püskürtüldüğünde, ortamda bir patlama oluşur. Bu patlama etkisi ile sıkışan pistonlar geriye doğru itilir. Bu olay zincirleme devam eder. Pistonların ucuna bağlı bir volan sayesinde hareket düzgün dairesel harekete çevrilir. Buradaki mekanik enerji, dizel motorun miline bağlı alternatörü döndürerek elektrik enerjisi elde edilir.



**Resim 1.13: Büyük güçlü dizel elektrik santrallerinden görüntüler**

➤ **Dizel santrallerin bölümleri ve görevleri**

- **Dizel motoru:** Motorin ile çalışan ve beslenecek alıcıların gücüne göre seçilen (beygir gücü cinsinden), içten yanmalı bir motordur. Motorinin, motor silindirlinde yakılmasıyla pistonlar aşağı yukarı çalışır ve pistonlara bağlı krank milinden, düzgün bir dönme hareketi elde edilir. Bu hareket yardımıyla jeneratör mili döndürülerek elektrik enerjisi üretilir.
- **Volan:** Dizel motordan elde edilen hareketin, düzgün ve titreşimsiz olmasını sağlar (Titreşim moment değişmelerinden kaynaklanır.).
- **Jeneratör:** Dizel motordan sağlanan mekanik enerjiyi (dönme hareketi), elektrik enerjisine dönüştürür ve alıcıları besler.
- **Kumanda Panosu:** Üzerinde elektriksel ölçü aletleri bulunan, üretilen elektriği aktaran, santrali devreye alan ve çıkaran otomatik kumanda sisteminin de bulunduğu bölümdür.
- **Yakıt tankı ve pompa:** Dizel santral için gerekli yakıtın sağlandığı bölümdür. Ana ve günlük yakıt tankı olmak üzere iki adet tank vardır. Günlük yakıt deposuna gelen yakıt ana tanktan sağlanır. Pompalar ise yakıtın ana tanktan yardımcı tanka pompalanmasını sağlar.
- **Yol verme düzeneği:** Dizel motorların, enerji ihtiyacı olduğu anda devreye girebilmeleri ve yük beslemesi yapabilmeleri için her an çalışmaya hazır bulundurulma zorunluluğu vardır. Bunun için ilk hareketi sağlayacak olan akümülatörlere ihtiyaç vardır. Yol verme işi, kompresörden sağlanan basınçlı havayla da yapılabilir. Ayrıca, motor gövdesi çalışmaya hazır bir



sıcaklıkta tutulmalıdır. Aksi hâlde, dizel santral devreye girdiğinde hemen yük beslemesi yapamaz.



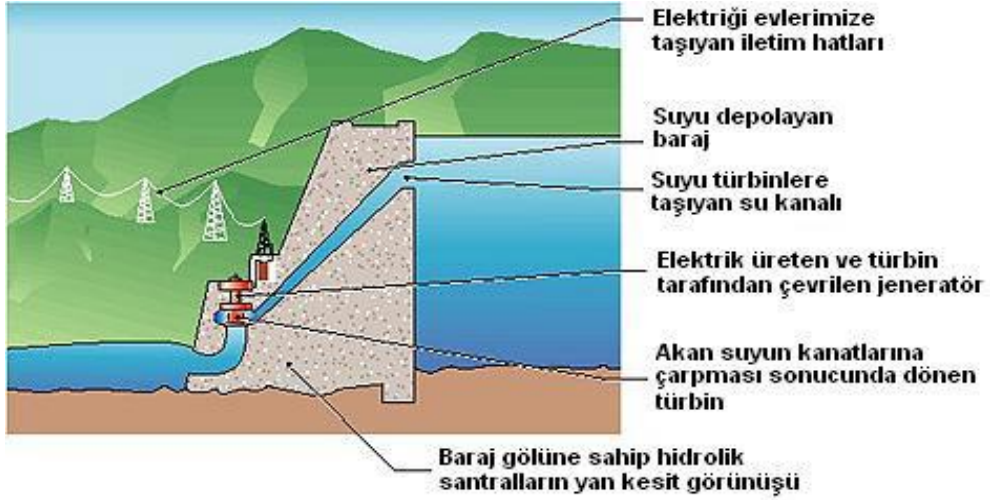
**Resim 1.14: Bir Türk firması tarafından çölde kurulmuş dizel elektrik santrali (Sapugaskanda)**



**Resim 1.15: Küçük güçlü (7.5 KVA 'lık) jeneratör setleri**

## 1.4.2. Hidroelektrik Santraller

Suyun, potansiyel ve kinetik enerjisinden yararlanılarak elektrik enerjisi üretilen santrallerdir. Akmakta olan suyun kinetik enerjisi veya bir göldeki durgun suyun potansiyel enerjisi hidroelektrik santrallerde elektrik enerjisine dönüştürülür. Bir barajda oluşturulan yapay veya doğal bir gölden gönderilen su, elektrik üreten alternatörlere bağlı bir türbinin çarklarını döndürmekte kullanılır.

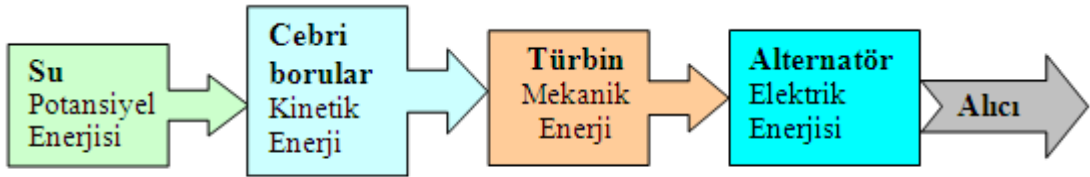


**Şekil 1.23: Hidroelektrik santrallerde elektrik üretimi**

Elektrik üretmede kullanılan kaynağın dışa bağımlı olmaması, tükenirlik sorununun bulunmaması ve doğaya atık bırakmaması en büyük avantajlarıdır. Bu nedenle hidroelektrik santraller, dünyada çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Türkiye hidroelektrik potansiyeli yüksek, akarsuyu bol bir ülkedir.

Bunun yanında enerji üretimi için yapılan barajlar, sulama, taşkın kontrolü, içme suyu temini, akarsu debisinin düzenlenmesi, balıkçılık, taşımacılık, su sporları (turizm) gibi çeşitli yan faydalar da sağlar.

Günümüzde dünya elektrik üretiminin %23'ü hidroelektrik santrallerden temin edilmektedir. Ülkemizde, elektrik enerjinin önemli bir kısmı (%47) hidroelektrik santrallerden sağlanmaktadır.

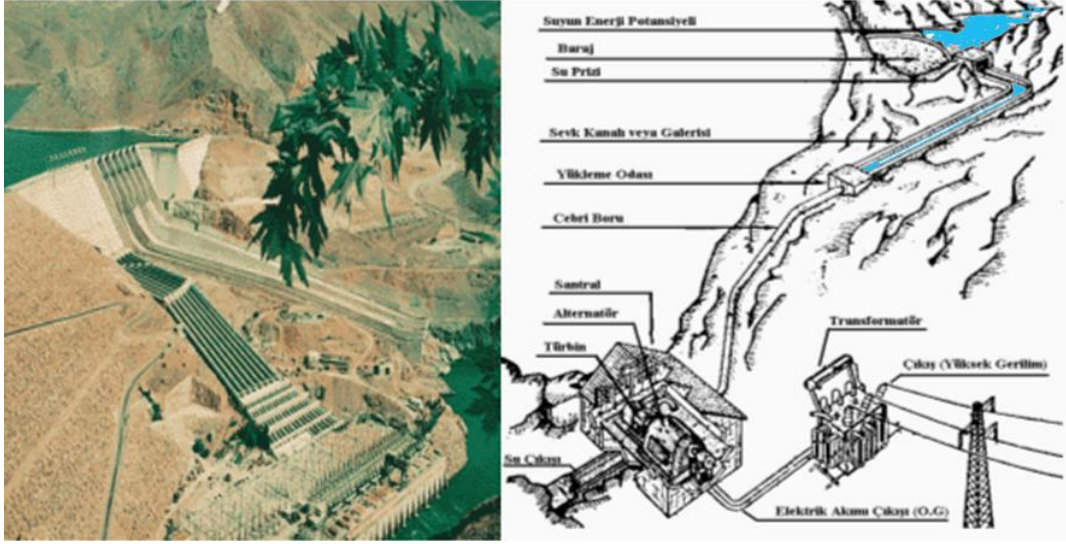


**Şekil 1.24: Hidroelektrik santral enerji dönüşüm şeması**

Hidroelektrik santrallerin, bazı olumsuz tarafları da yok değildir. Kuruluş maliyetleri yüksek, yapım süreleri uzundur. Bunun yanında kuruldukları yerlerdeki tarım alanlarının bir kısmının yok olmasına neden olur. Su altında kalan topraklar bataklığa dönüşür ve metan gazı üretimine yol açar.

Su santrallerinde en önemli kısım barajlardır. Barajlar; ağırlık barajları, kemer barajları, toprak yığılmalı barajlar ve payandalı barajlar olarak dört şekilde yapılır.





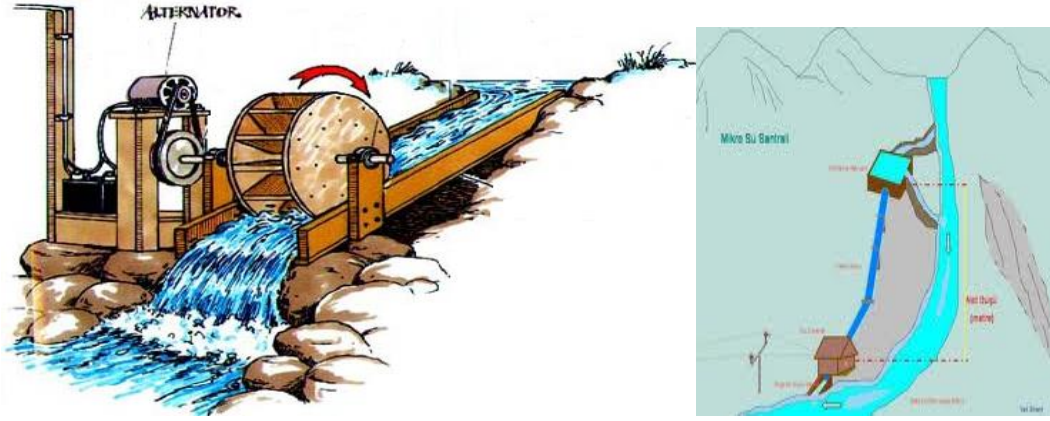
**Resim 1.16: Keban Hidroelektrik Santrali (HES) ve hidroelektrik santralin bölümleri**

Hidroelektrik santralleri; üzerine kuruldukları suyun özelliğine, suyun düşü yüksekliğine, baraj yapım malzemesine, santral kapasitesine, santral yapım yerine ve üretilen enerjinin karakter ve değerine göre çeşitlere ayırabiliriz. Hidroelektrik santrallerin üzerine kuruldukları suyun özelliğine göre çeşitleri şunlardır:

- Akarsu tipi (barajsız) hidroelektrik santraller
- Depo tipi (barajlı) hidroelektrik santraller
- Med-cezir (gel-git) hidroelektrik santraller
- Depresiyon hidroelektrik santraller

#### **1.4.2.1. Akarsu Tipi (Barajsız) Hidroelektrik Santraller**

Elektrik üretmek için baraj yapılmaz. Akarsu, bir kanal veya tünele alınarak belli bir meyil kazandırılır. Türbin ise bir köprü gibi kanalın üzerine kurulur. Barajsız hidroelektrik santrallerin kurulacağı akarsuyun türbin milini çevirebilecek potansiyele ve yıllık debisinin asgari elektrik üretimine yetecek kadar olması gerekir.



**Şekil 1.25: Akarsu tipi santral prensibi**

Akarsu tipi santrallerde, pik (en yoğun) saatlerdeki yükü karşılamak için yükleme havuzları yapılır. Bu havuzlara yükün az olduğu saatlerde su pompalanır. Daha sonra pik saatlerinde bu havuzlardaki su ek enerji üretilmesinde kullanılır. Dicle Nehri Botan kolu üzerinde 1 MW gücünde santral kurulmuştur.



**Resim 1.17: Akarsu tipi hidroelektrik santrali**

#### **1.4.2.2. Depo Tipi (Barajlı) Hidroelektrik Santraller**

Akarsu üzerine barajlar yapılarak önce büyükçe bir yapay göl meydana getirilir ve burada su biriktirilir. Bu suyun belli bir potansiyel enerjisi vardır. Dolayısıyla kurak geçen yıllarda bile bu tip hidroelektrik santrallerde elektrik üretilebilir.



**Şekil 1.26: Depo tipi (barajlı) hidroelektrik santral prensibi**

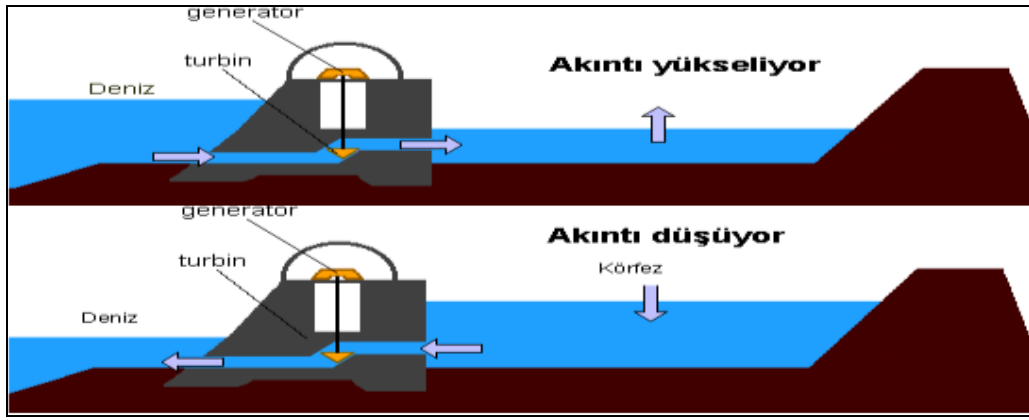
Barajlı hidroelektrik santraller enterkonnekte sisteme uyum sağlarlar ve pik yüklerini çok rahat karşılar. Çünkü her an yeterli su potansiyeline sahiptir. Santralin kuruluş maliyeti pahalıdır ve yapımları uzun zaman gerektirir. Günümüzde dünyada en yaygın kullanılan hidroelektrik santral çeşididir. Türkiye'de bugüne kadar uluslararası ölçütlere göre baraj niteliğinde olan **504 adet** depolama tesisinin yapımı gerçekleştirilmiştir. Atatürk, Keban, Altınkaya, Karakaya Hidroelektrik Santralleri ülkemizin önemli depo tipi (barajlı) santrallerindendir.



**Resim 1.18: Sırt Barajı (depo tipi) hidroelektrik santrali (K.Maraş)**

### 1.4.2.3. Med-cezir (Gel-git) Hidroelektrik Santraller

Okyanuslarda meydana gelen gel-git olayından yararlanılarak elektrik enerjisi üreten santrallerdir. Yükselen denizin suyu bir koya (Haliç vb.) alınır. Su alma işi kapaklar yardımıyla yapılır. Su yükselirken (hazneye dolarken) türbin çalışmaya başlar. Yükselme tamamlanınca su alma kapağı kapanır ve tutulan su kanal yardımıyla türbine verilir. Su çekilirken de türbin çalışır ve elektrik üretir. Yani hazneye su dolarken de boşalırken de türbin çalışır ve elektrik üretir. Suyun çekilmesi tamamlanınca kapaklar tekrar açılır ve su girişine hazır tutulur.



Şekil 1.27: Gel-git santral prensibi

Ülkemiz, gel-git enerjisi bakımından uygun değildir. Ancak dünyada uygulamaları vardır. Örneğin; Fransa'nın Atlantik sahilinde (Resim 1.19) her biri 10 MW gücünde 24 adet santral vardır. Elektrik üretiminin sürekli olmaması gel-git enerjisi santrallerinin dezavantajıdır.



Resim 1.19: Fransa Rance gelgit santrali

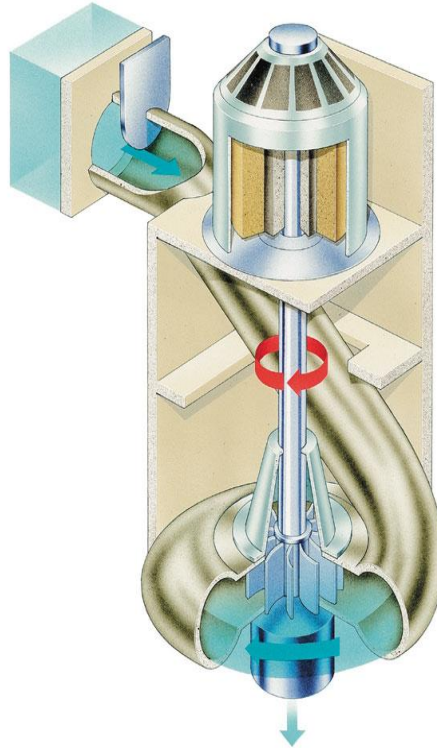


#### 1.4.2.4. Depresiyon Hidroelektrik Santraller

Denizden alçakta olan çöllerde veya denize kıyısı olan çok sıcak bölgelerde, suyun fazla buharlaşmasından yararlanılarak elektrik üreten santrallerdir.

Depresiyon hidroelektrik santrallerin çalışma prensibi şu şekildedir: Sıcak bölgedeki uygun bir koy, duvarlar vasıtasıyla denizden ayrılır. Denizden ayrılarak oluşturulan göldeki su, sıcaklığın etkisiyle hızla buharlaşır ve su seviyesi deniz seviyesinin altına düşer. Günlük ölçümlerle, buharlaşan su miktarı tespit edilir. Daha sonra günlük olarak buharlaşan su miktarına eşit debide deniz suyu, bu koya (göle) tünel yardımıyla akıtılır. Tünelden gelen su, belli bir düşü ile türbine verilerek elektrik üretilir. Oluşturulan suni gölün, zamanla deniz suyundan toplanacak tuzu da alabilecek kapasitede olması gerekir.

Bir diğer yöntem ise çöllerdeki deniz seviyesinden alçakta bulunan çukurlara, deniz suyunun taşınması ve aynı yöntemle elektrik üretilmesidir. Uygulanması planlanan en büyük proje, Kattara çukurunda bu yöntemle elektrik üretme projesidir. Kattara çukuru (Mısır-Kahire) deniz seviyesinden 135 m aşağıdadır. Akdeniz'in suyu, 80 km uzunluğundaki tünellerle bu çukura taşınacak ve 60 m düşü yüksekliği ile elektrik üretilebilecektir.



Şekil 1.28: Depresiyon santral prensibi

### 1.4.3. Ülkemizdeki Başlıca Santraller

Modül içerisinde ülkemizde elektrik üreten santrallere ait tabloları verdik. Daha önce de değindiğimiz bu konuyu hatırlamak amacıyla ülkemizin belli başlı santrallerini tekrarlayalım:

Hidroelektrik santraller;

Adı	İşletmeye Alınış Tarihi	Akarsuyu	İli	Gövde Dolgu Tipi	Kullanım Amacı	Kurulu Gücü	Yıllık Üretim
						MW	GWh
Atatürk	1992	Fırat	Şanlıurfa	Kaya	E-S*	2400	8900
Karakaya	1987	Fırat	Diyarbakır	Beton-Kemer	E*	1800	7354
Keban	1975	Fırat	Elazığ	Bet.Ağ.-Kaya	E	1330	6000
Altınkaya	1988	Kızılırmak	Samsun	Kaya	E	700	1632
Oymapınar	1984	Manavgat	Antalya	Beton-Kemer	E	540	1620

(\*) E: Elektrik / (\*) S: Sulama

Tablo 1.9: Kurulu güç sıralamasına göre ülkemizin önemli hidroelektrik santralleri

Termik santraller;

Santralin Adı	Yakıt Cinsi	Bulunduğu İl	Toplam Kurulu Güç(Mw)	Proje Üretimi (Gwh)
Çatalağzı	Taşkömürü	Zonguldak	300	1950
Afşin - Elbistan	Linyit	K.Maraş	1360	8840
Çayırhan 1,2,3,4	"	Ankara	620	3900
Seyitömer	"	Kütahya	600	3900
Ambarlı	Fuel - Oil	İstanbul	630	4100
Aliğa GT+KÇ*	Motorin	İzmir	180	
Bursa KÇ*	Doğal Gaz	Bursa	1432	10024
Ambarlı KÇ	Doğal Gaz	İstanbul	1350,9	8780
Denizli	Tabii Buhar	Denizli	15	90
Termik Toplamı			8131,1	52749

(\*) GT: Gaz Türbinli

(\*) KÇ: Kombine çevrim

Tablo 1.10: Kullanılan yakıtta göre ülkemizin önemli termik santralleri

### 1.4.4. Santrallerin Elektriksel Donanımları

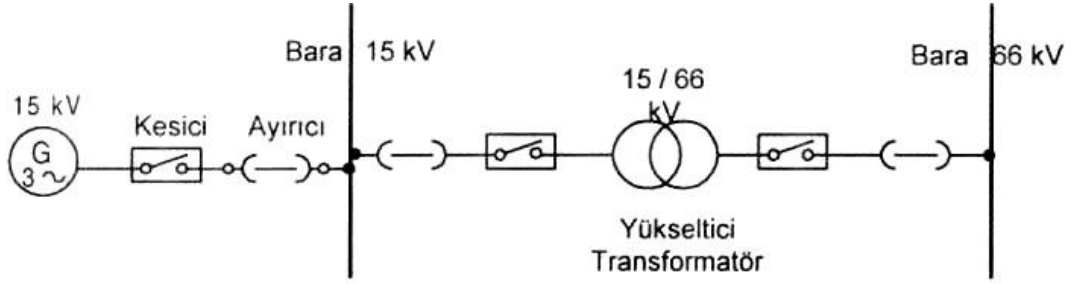
Santrallerdeki elektrik enerjisi üretiminde kullanılan üniteler şunlardır:

- Alternatör (Generatör) ve uyartım sistemleri (Ana ve yedek)
- Devir ve gerilim ayar sistemleri (Regülatörler)
- Transformatörler ve akü şarj sistemi ile kesintisiz güç kaynakları
- Dizel grubu

- Santral kumandası ve güvenlik devresi sistemleri
- Ölçü ve kontrol elemanları

Elektrik santrallerinde, öncelikle mekanik enerji elde edilir ve bu enerji bazı düzeneklerle jeneratör miline aktarılır. Jeneratörler ise mekanik enerjiyi alternatif elektrik enerjisine dönüştürür. Jeneratörlerin ürettikleri gerilim, güç trafoları yardımıyla yükseltilerek alıcılara gönderilir. Bu işlem yapılırken birçok ekipman kullanılır.

**NOT: jeneratör ve alternatör kelimeleri aynı anlama gelmektedir.**



**Şekil 1.29: Elektriğin üretim ve dağıtım şeması**

Jeneratörde üretilen elektrik enerjisi, önce kablolar yardımıyla dağıtım odasına aktarılır. Dağıtım odasından güç trafosuna, güç trafosundan da yükseltilerek kesiciye gelir. Kesiciden bara ayırıcılarına, bara ayırıcılarından baralara, baralardan tekrar kesiciye, kesiciden hat çıkış ayırıcısına, oradan da enerji nakil hatlarına iletilerek alıcılara gönderilir. Bu sistem dönüşümünü sağlayan şalt sahalarıdır. Bir santralde enerjinin sürekliliği ve işletme güvenliği, yardımcı ünitelerin kaliteli ve hızlı devreye girmesi ile sağlanır. Enerjinin sürekliliği bakımından, bir arıza sırasında yardımcı ünitelerin hemen devreye girebilmesi için alınacak önlemler şunlardır:

- Enterkonnekte şebekeden alınacak bir hatla santralin kendi gereksinimini temin edebilecek bir transformatör bağlantısı olmalıdır.
- Santralde yedek olarak bir dizel alternatör sistemi bulunmalıdır.
- Akü ve akü şarj sistemi bulunmalıdır.

#### 1.4.5. Santral Kumanda ve Güvenlik Devresi Sistemleri

Elektrik enerjisi üretiminde kullanılan tüm sistemlerle ilgili gözlem, ölçüm, kontrol ve gerektiğinde müdahale santral kumanda odalarında yapılır. Kumanda odalarında santrallerin bütün birimlerini ayrı ayrı kontrol ve kumanda edebilecek sistemler vardır. Genellikle duvar ve masa tipi panolarla ve monitörlerle donatılmışlardır.

Enerji üretiminde kullanılan tüm birimlerle ilgili bilgiler, otomatik kumanda yoluyla panolarda bulunan ışıklı veya sesli cihazlara iletilir. Ayrıca, panolarda bulunan ölçü aletlerinden olumlu veya olumsuz tüm durumlar gözlemlenip kaydedilebilir.



**Resim 1.20: Atatürk Barajı hidroelektrik santrali kumanda odası**

Santral kumanda merkezinde enerji kesilmesine karşı, kontrol ve güvenlik sistemine yedek enerji sağlayan sistemler kurulmalıdır. Bu konuda komşu santral ile yapılan bağlantılardan ya da akü şarj sistemlerinden yararlanılabilir.

Kumanda masalarında, haberleşmeyi sağlayacak kuranportör (telefon) sistemi de bulunur. Kumanda odalarında 24 saat boyunca ilgili teknik elemanlar hazır bulunur. Teknik elemanlar, her türlü müdahale ve kontrolü yapabilecek bilgi ve tecrübeye sahip olmalıdır.

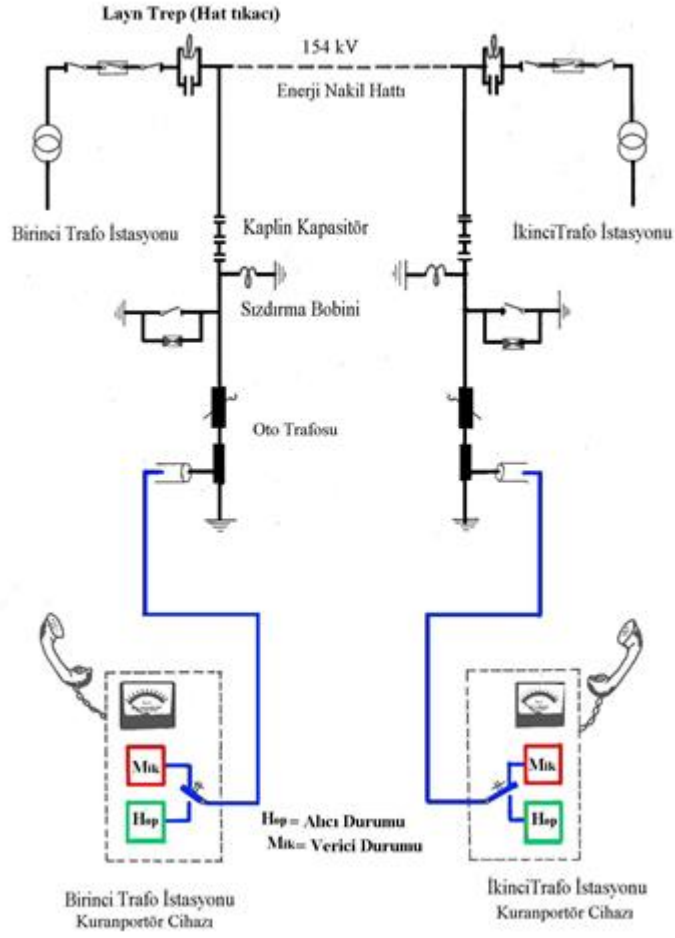
#### **1.4.6. Santraller Arası Haberleşme Sistemleri**

Yüksek gerilim şebekelerinde santraller, trafo merkezleri ve dağıtım merkezleri arası haberleşme, güvenli ve sürekli bir besleme yapabilmek için çok önemlidir. Haberleşme için kuranportör cihazlarının yanı sıra, telefonlar ve telsizlerden de yararlanılır. Son dönemde yapılan çalışmalarla santraller ve enerji iletim-dağıtım şebekeleri arası haberleşmeler cep telefonu üzerinden gerçekleştirilecektir.

Santraller arası haberleşme, **kuranportör** denilen cihazlarla sağlanır. Kuranportör bir nevi telefondur. Haberleşme yüksek gerilim iletkenleri üzerinden yapılır. Ayrıca haberleşme iletkeni kullanılmaz.

Kuranportör cihazı, yüksek frekans sinyali üzerine daha alçak frekanslı bir sinyalin bindirilmesini ve uzak mesafelere gönderilmesini sağlar. Yüksek gerilimin frekansı 50 Hz olmasına karşın, kuranportör cihazı ile yapılan haberleşme frekansı 35- 490 kHz.'dir.





**Şekil 1.30: Kuranportör cihazı**

## UYGULAMA FAALİYETİ

Uygulama faaliyeti sonucunda elektrik üretim santral çeşitlerini ve santral elektrik donanımlarını seçebileceksiniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Enerji üretiminde kullanılan kaynakları seçiniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Çalışma ortamını hazırlayınız.</li><li>➤ İş önlüğünüzü giyiniz.</li><li>➤ Evinizde kullandığınız elektrik enerjisinin hangi kaynaklar kullanılarak üretildiğini öğreniniz.</li><li>➤ Bölgenizde elektrik üretiminde kullanılabilecek kaynakları araştırınız.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Yapılış tiplerine göre santralleri seçiniz.</li><li>➤ Küçük güçlü bir dizel jeneratör çalıştırınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Bulduğunuz çevrede, elektrik enerjisi üretiminde hangi tip santral kurularak enerji üretebileceğinizi değerlendiriniz.</li><li>➤ Dizel jeneratör çalıştırmasını iş güvenliği kurallarına uyarak yapınız.</li><li>➤ Temiz ve düzenli olunuz.</li><li>➤ Planlı olunuz.</li><li>➤ Sabırlı olunuz.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Santral elektrikî donanımlarını seçiniz.</li><li>➤ Santral elektrikî donanımlarından kuranportör cihazını inceleyiniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Elektrik üreten santral donanımlarını gözden geçiriniz.</li><li>➤ Kuranportör cihazının enerjisiz olmasına dikkat ediniz.</li></ul>

## KONTROL LİSTESİ

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

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Elektrik enerjisi üretiminde kullanılan kaynak çeşitlerini seçebildiniz mi?		
2. Elektrik üreten santral çeşitlerinin özelliklerini seçebildiniz mi?		
3. Buhar türbinli santral ünitelerini ve özelliklerini seçebildiniz mi?		
4. Yapılış şekline göre hidroelektrik santral çeşitlerini seçebildiniz mi?		
5. Elektrik santralleri donanımlarını ve özelliklerini seçebildiniz mi?		
6. Santraller arası haberleşme sistemlerini ve özelliklerini seçebildiniz mi?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi kömürün yakılması ile enerji üreten elektrik santralidir?  
A) Hidrolik santral B) Nükleer santral  
C) Termik santral D) Jeotermal santral
2. Aşağıdakilerden hangisi elektrik enerjisinin üstünlüklerinden biri değildir?  
A) Atığı olmayan temiz bir enerjidir. B) Diğer enerjilere dönüştürülebilir.  
C) İstenilen büyüklüğe ayarlanabilir. D) Manyetik kirliliğe neden olur.
3. Aşağıdakilerden hangisi enerji üretiminde kullanılan kaynaklardan biri değildir?  
A) Hidrolik B) Termik C) Metafizik D) Hidrojen
4. Aşağıdakilerden hangisi yenilenebilir enerji kaynağıdır?  
A) Jeotermal B) Taş kömürü C) Petrollü kayalar D) Uranyum
5. Ülkemizde aşağıdakilerden en çok hangi sektörde elektrik tüketilmektedir?  
A) Mesken B) Sanayi C) Ticarethane D) Resmî daire
6. Aşağıdakilerden hangisi tabii buharla çalışan termik santraldir?  
A) Yatağan B) Hopa C) Kızıldere D) Afşin-Elbistan
7. Aşağıdakilerden hangisi nükleer santral bölümlerinden değildir?  
A) Basınç kabı B) Kondanser C) Reaktör D) Dizel motor
8. Aşağıdakilerden hangisi gel-git santrallerinin kurulduğu yerlerdir?  
A) Göller B) Açık denizler C) Akarsular D) Kapalı göller
9. Aşağıdakilerden hangisi elektrik üretiminde kullanılan bölümlerden biri değildir?  
A) Alternatör B) Besleyici C) Akü grubu D) Transformatör
10. Aşağıdakilerden hangisi santraller arası haberleşmeyi sağlayan cihazdır?  
A) Regülatör B) Osilatör C) Transformatör D) Kuranportör

## DEĞERLENDİRME

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

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Her yerde, standartlara ve kuvvetli akım yönetmeliğine uygun olarak enerji üretiminde kullanılan alternatörleri hatasız olarak seçebilecek ve çalıştıracaksınız.

## ARAŞTIRMA

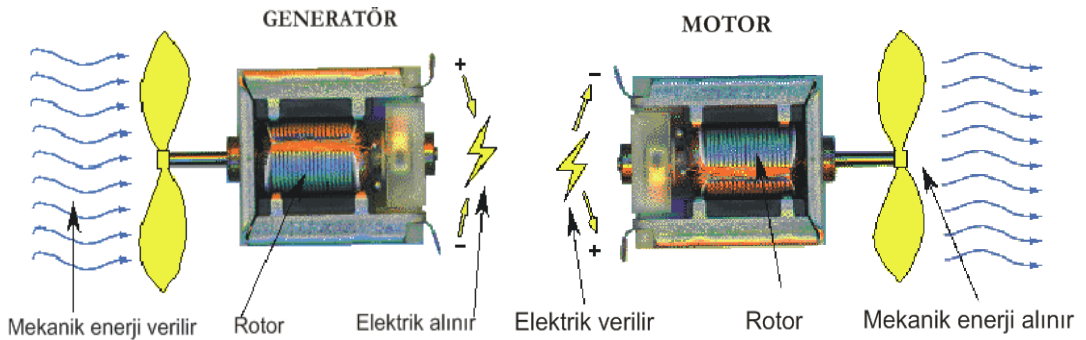
- Yakın çevrenizdeki elektrik üreten santrallerin alternatörlerini inceleyiniz.
- Alternatörlerin paralel bağlanma amaçlarını araştırınız.
- Alternatör deneylerinin yapıldığı deney setlerini inceleyiniz.

## 2. ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ ÜNİTELERİ

### 2.1. Senkron Makineler

Senkron, kelime olarak eşit zamanlı anlamına gelmektedir. Bu kelime ilk kez elektrik makineleri üzerinde araştırmalar yapan fizikçi Steinmetz tarafından kullanılmıştır. Senkron makineler grubuna, **alternatörler (generatörler)**, **senkron motorlar** ve **senkron konvertörler** girer. Senkron motor ile alternatör arasında yapı bakımından bir fark yoktur.

#### 2.1.1. Tanımı



Şekil 2.1: Senkron motor ile alternatörün (generatörün) farkı

Rotor devri ile stator devri eşit olan makinelerdir. Senkron makineye mekanik enerji verilip elektrik enerjisi alınırsa **alternatör**; elektrik enerjisi verilip mekanik enerji alınırsa **senkron motor** olur.

Bir başka tanımlamayla senkron makine; stator sargılarında alternatif akım, rotor sargılarında ise doğru akım bulunan ve rotor hızı senkron devirle dönen veya döndürülen makinelerdir.

### 2.1.2. Senkron Makinelerin Yapısı

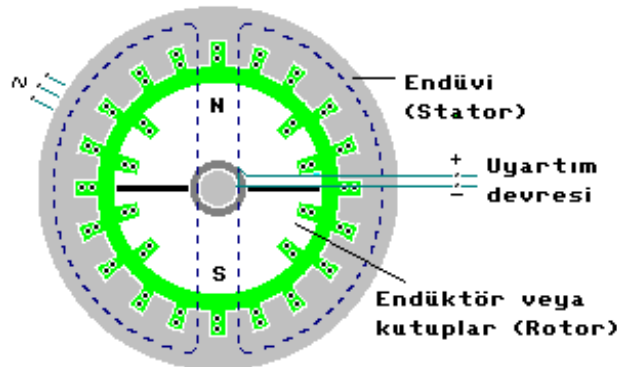
Alternatif akım senkron generatörlerle üretilir. Bu makinelere kısaca alternatörler de denir. O halde, milinden aldığı mekanik enerjiyi, gerek 1 fazlı gerekse 3 fazlı alternatif gerilime dönüştüren veya alternatif gerilim üreten makineleri alternatör diye tanımlayabiliriz. Genel olarak üç fazlı olarak karşılaşılan alternatörlerden günümüzde elde edilen maksimum güç 1500 MVA ulaşmıştır (nükleer santraller için turbo alternatörler). Bugünkü imkânlarla 4 kutuplu 2500 MVA'lık turbo generatörlerin yapımı mümkün olmaktadır.

Alternatörler başlıca iki ana bölümden oluşurlar: Endüvi (stator) ve endüktör (rotor)

**NOT:** Aynı kavramlarla D.C. generatörlerinde de (dinamolarda) karşılaştığımız.

Endüvi, alternatörlerde alternatif gerilimin elde edildiği kısma denir. Birer yüzeyleri yalıtılmış silisli saçların paketlenmesinden yapılmışlardır. Endüvi yapısına göre duran endüvili ve dönen endüvili olmak üzere iki kısma ayrılır. Dönen endüvili alternatörün endüktörü sabittir. Duran endüvili alternatörün endüktörü ise hareketlidir. Alternatör ister dönen endüvili olsun, isterse duran endüvili olsun endüvi üzerinde daima alternatif gerilimin üretildiği sargılar bulunur. Endüktör üzerinde ise daima kutup (doğru akım) sargıları bulunur. Genelde endüvi, küçük güçlü alternatörlerde dönen kısımda bulunur. Büyük güçlü alternatörlerde ise duran kısımdadır.

Kutupları (endüktörü) hareketsiz, endüviyi (rotoru) hareketli olarak dinamolarda görmüştük. Gerçekten de dinamolarda endüvi mili üzerindeki kollektörü kaldırır, yerine bilezikleri koyarsak yapısal olarak küçük güçlü alternatörle karşılaşıyoruz. Ancak her iki makinede de endüvi sarım şekilleri farklı özellikler taşımaktadır. Döner endüvili alternatörler büyük güçler için yapılamazlar. Dönen endüvili makinelerde akım ve gerilimler dış devreye bilezik ve fırçalar yardımı ile alınmaktadır. Ancak kuvvetli akım ve yüksek gerilimlerde bu işlem birçok sorun oluşturur.



Şekil 2.2: Yuvarlak (silindirik) kutuplu senkron makinenin yapısı



Endüktör (kutuplar), manyetik alanın meydana geldiği uyarım (kutup) sargılarını taşıyan büyük güçlü makinelerde dönen kısımdır. Endüktör bu yüzden rotor olarak da isimlendirilir.

Senkron makineler rotor cinsine göre iki şekilde incelenir:

- Çıkık kutuplu rotor içeren senkron makineler
- Yuvarlak kutuplu rotor içeren senkron makineler

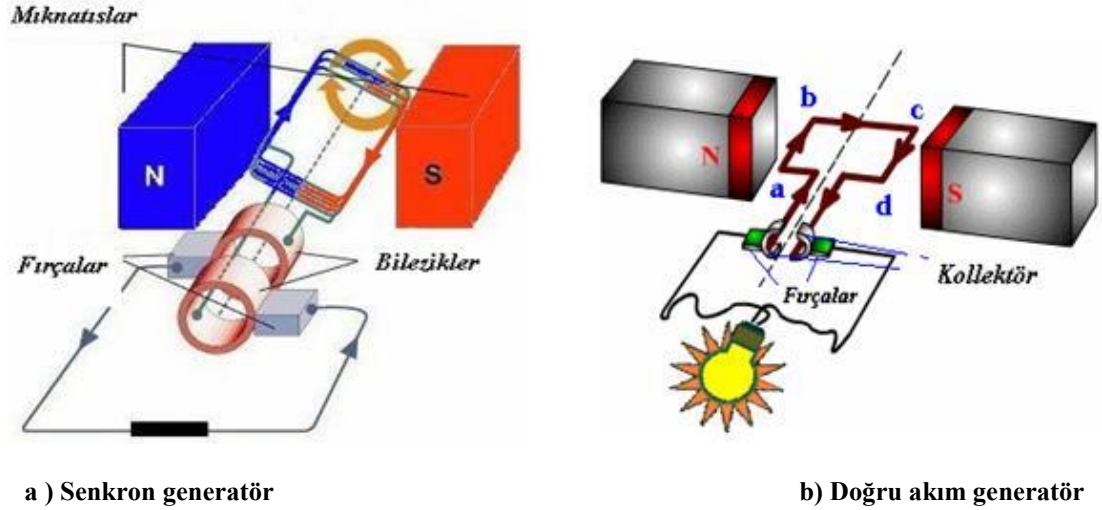
### 2.1.3. Senkron Makinelerin Endüvi Yapılarına Göre Çeşitleri

#### 2.1.3.1. Dönen Endüvili Senkron Makineler

Dönen endüvili senkron makineler yapılış bakımından doğru akım makinelerine benzer. Bu benzeşimin nedeni her iki makinenin endüvi çevresine yayılmış ve alternatif olarak yön değiştiren kutupları ile (Bu kutuplar doğru akımla uyarıldığı gibi, çok küçük makinelerde daimî mıknatıslardan da yapılabilmektedir.) üzerlerinde alternatif gerilimler indüklenen endüvi bobinlerinin bulunmasıdır.

Birbirine çok benzeyen bu iki makine arasındaki fark, endüvi bobinlerinde indüklenen alternatif gerilimlerin doğru akım makinesinde kollektör yardımı ile doğrultulmuş olarak dışarıya alınırken senkron makinede endüvi bobinlerinde indüklenen alternatif gerilimlerin bilezikler yardımı ile dışarıya alınmasıdır.

Şekil 2.3'te senkron generatör ile doğru akım generatörün prensip şemaları verilmiştir.

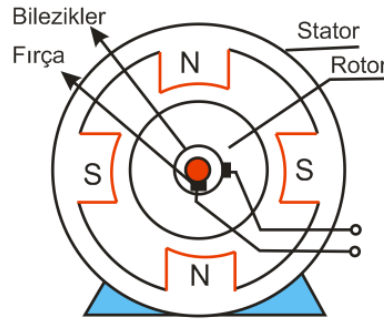


Şekil 2.3: Generatörlerin genel prensip şemaları

## Dönen Endüvili Senkron Makinelerin Yapısı

Şekil 2.4'te görüldüğü gibi dönen endüvili senkron makinelerde başlıca şu parçalar bulunur.

- Stator
- Rotor
- Bilezikler
- Fırçalar
- Yataklar ve diğer parçaları



Şekil 2.4: Dönen endüvili senkron makine

- **Rotor (endüktör):** Kutup sargılarının sarıldığı kısımdır. Silisli sacların paketlenmesi ve üzerine sargıların sarılması ile meydana gelir. Bu kutuplar aynen doğru akım makinelerinin kutupları gibidir. Kutup bobinleri dışardan bir doğru akım güç kaynağı ile beslenir.
- **Stator (endüvi):** Silisli sacların paketlenmesiyle ve üzerine alternatif akım sargıların sarılmasıyla meydana gelir. Bu kısım doğru akım makinelerinin (endüvisi) gibidir.
- **Bilezikler:** Endüvide endüklenen alternatif gerilimin, alternatif gerilim olarak dış devreye fırçalar yardımıyla alınmasını sağlar. Ayrıca dış devreden rotora gerilim uygulamasına imkân verir.
- **Fırçalar:** Endüvide endüklenen alternatif gerilimi bilezikler yardımıyla dış devreye almaya veya dış devreden rotora gerilimin uygulanmasını sağlar. Fırçalar, karbon veya karbon alaşımından yapılır.

Kutupları dışta olan ve yapılış bakımından doğru akım makinelerine benzeyenler, çıkık kutuplu ve dönen endüvili senkron makineler olup küçük güçlerde kullanılır. Dolayısıyla bu makinenin hareket eden kısımda bulunan endüvi sargısının yalıtılması da bir problem oluşturmaz. Fakat güç büyüdükçe sargı geriliminin de büyük seçilmesi gerekecektir.

Özellikle santrallerde şebekelerin beslenmesinde kullanılan yüksek gerilim altında çalışan senkron generatörlerin çok iyi yalıtılması gerekir. Bu bakımdan çok iyi yalıtılması gereken alternatif akım sargısının dönen kısımda bulunması sakıncalıdır. Bu nedenle, çok

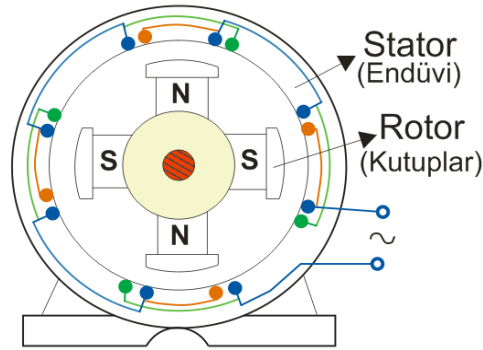
önceleri tamamen doğru akım makinelerine benzeyen senkron makineler kullanılırken sonraları orta ve büyük güçlerde bunlardan tamamen vazgeçilerek duran endüvili, dönen endüktörlü senkron makineler kullanılmaya başlanmıştır.

- **Yataklar ve diğer parçalar:** Rotorun rahatça dönmesini sağlar. Diğer parçalar olarak mil, vantilatör, klemens kutusu gibi parçalar bulunmaktadır.

### 2.1.3.2. Duran Endüvili Senkron Makineler

Bu senkron makinelerde statoruna gerilim indüklenen sargılar yerleştirilmiştir. Rotoruna ise kutup sargıları sarılmıştır. Bu tip senkron makineler orta ve büyük güçlü olarak imal edilir. Rotoru kutup sargılı senkron makine Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Rotoru kutup sargılı senkron makinedeki başlıca parçalar şunlardır:

Stator, rotor, bilezikler, fırçalar, yataklar ve diğer parçalar



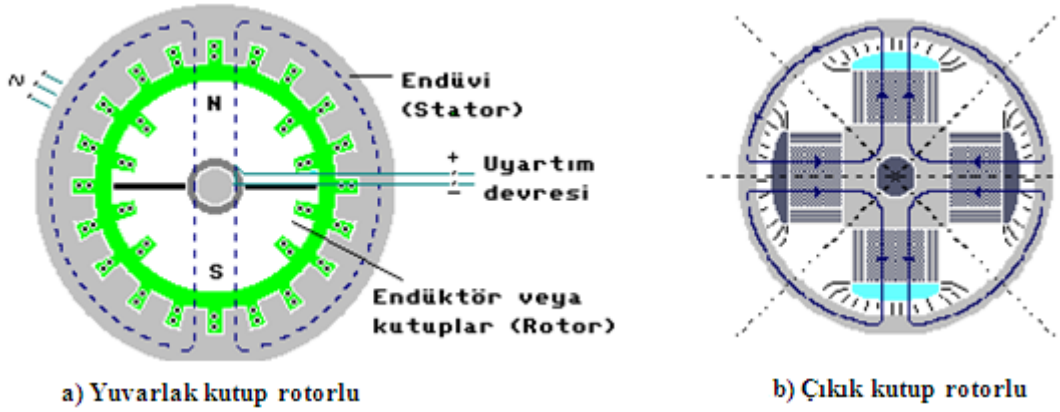
Şekil 2.5: Rotoru kutup sargılı senkron makine

- **Stator:** Silisli sacların paketlenmesiyle oluşturulmuş ve içine alternatif sargıların sarılması için oluklar açılmıştır. Bu kısım asenkron motorların statoru gibidir.
- **Rotor:** Kutup sargılarının (uyartım sargılarının) sarıldığı kısımdır. Senkron generatörleri döndüren sistemlerin devir sayısına bağlı olarak rotor, iki tipte yapılıdır. Bunlar;
  - Çıkık (çıkıntılı) kutuplu rotor
  - Yuvarlak (silindirik) kutuplu rotor
- **Bilezikler:** Rotoru doğru gerilimin dış devreden fırçalar yardımıyla verilmesini sağlar.
- **Fırçalar:** Rotoru doğru gerilimi dış devreden bileziklere iletilmesini sağlar.
- **Yataklar ve diğer parçalar:** Rotorun rahatça dönmesini sağlar. Diğer parçalar olarak mil, vantilatör, klemens kutusu gibi parçalar bulunmaktadır.

## 2.1.4. Senkron Makinelerin Rotor Cinsine Göre Çeşitleri

### 2.1.4.1. Çıkık (Çıkıntılı) Kutuplu Rotoru Olan Senkron Makineler

Çıkıntılı kutuplu senkron makineler, su türbinleri veya düşük devirli dizel makinelerinde döndürülür. Kutup başları birer yüzeyleri yalıtılmış saç levhaların paketlenmesinden yapılıdır. Kutup ayakları ise dökme demirden yapılabilir.



Şekil 2.6: Rotor cinsine göre senkron makine kesitleri

Rotor oluklarında bulunan sargılar kendi aralarında N-S-N-S kutupları oluşturacak şekilde bağlanır. Çıkıntılı kutuplu alternatörler çok kutuplu olarak yapılıdır. Bunların rotor çapları büyük, rotor uzunlukları ise küçüktür. Bu alternatörler yüksek devirde kullanılmazlar. Çünkü rotorun yapım şeklinden kaynaklanan santrifüj etki ile büyük gürültü ve rüzgar kayıplarının önüne geçilemez. Rotor montaj şekilleri de çeşitli olabilir. Mekanik enerjisini kaplan türbinünden sağlayan alternatörlerde şemsiye tipi dik eksenli, Francis türbinü ile uyartılan dikey eksenli, Pelton türbini ile uyartılan alternatörlerde yatay eksenli montaj şekilleri uygulanmaktadır.

### 2.1.4.2. Yuvarlak (Silindirik) Kutuplu Rotoru Olan Senkron Makineler

Yuvarlak (silindirik) kutuplu senkron makineler, yüksek devirli türbinlerde (buhar türbinlerinde) kullanılır. Genel olarak silindirik endüktörlerin boyları uzun, çapları küçüktür. Bu tür alternatörlere turbo alternatör de denir.

Silindirik endüktörlerde kutup sargıları, mile paralel açılan oluklara yerleştirilmiştir. Kutup sargısı uçları, rotor mili üzerinde bulunan bileziklere bağlanır. Bu tür alternatörlerde rüzgâr kayıpları çok azdır. 2 veya 4 kutuplu olarak yapılırlar. Yatay milli olarak çalışırlar.

Yuvarlak kutuplu senkron makinelerin rotordaki alan sargıları çıkıntılı kutuplu rotorlarda olduğu gibi kutuplar üzerine sarılmayıp oyuklar içerisine yerleştirilmiştir. Uçları ise rotordaki bileziklere bağlanmıştır. Büyük güçlü makinelerde iletkenler, kılıçlamasına bükülmüş bakır lamalardır. Böylece daha iyi soğutma ve mekanik dayanıklılık sağlanır.



**Resim 2.1: Sırasıyla çıkık kutuplu ve silindirik (düz) kutuplu senkron makine rotorları**

- Statorun (endüvinin) duran kısımda olmasının başlıca faydaları şunlardır:
- Gerilimin dış devreye alınması için fırça ve bilezik kullanılmaması
- Hareketsiz kısımdaki sargıların izolesinin daha kolay olması
- Sargılarda merkezkaç (santrifüj) etki ile karşılaşılması
- Sargıların soğutulmasının daha kolay olması

Sonuç olarak; Büyük güçlü senkron generatörlerin duran endüvili, dönen endüktörlü olarak yapılmasının avantajları daha çoktur.

### **2.1.5. Senkron Makinelerin Çalışma Yöntemleri**

Senkron makineler çalıştırılmalarına göre iki durumda incelenecektir. Bunlar;

- Senkron makinelerin generatör olarak çalıştırılması
- Senkron makinelerin motor olarak çalıştırılması

#### **Senkron generatör (alternatör) olarak çalıştırılırken:**

Doğru akım ile uyarılan rotor, çevirici bir makine ile ve senkron hız ile döndürüldüğünde stator sargılarında oluşan alternatif gerilim, elektriksel bir güç meydana getirir.

Her iki çalışma durumunda da doğru akım ile beslenen rotor, stator sargılarından geçen alternatif akımın oluşturduğu döner magnetik alanın dönüş hızına eşit bir hız ile, başka bir deyişle senkron hız ile döner veya döndürülür.

#### **Senkron motor olarak çalışma durumunda:**

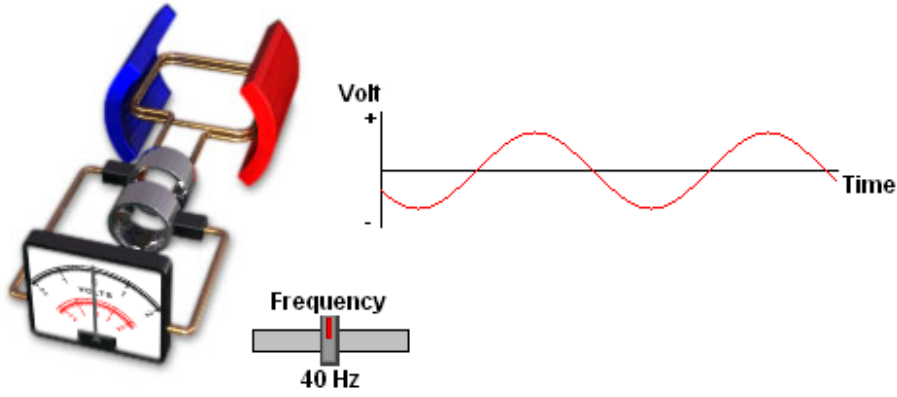
Rotor ve stator magnetik alanlarının karşılıklı etkilerinin sonucu olarak oluşan magnetik döndürme momenti, rotorun senkron hız ile dönmesini sağlar. Bu dönme sonucunda mekaniksel bir güç alınır.

### 2.1.5.1. Senkron Makinelerin Generatör Olarak Çalıştırılması

Alternatif akımın üretilmesinde kullanılan elektrik makinelerine senkron generatör (alternatör) denir. Diğer bir deyişle mekanik enerjiyi alternatif akım (A.C.) elektrik enerjisine dönüştüren makinelerdir.

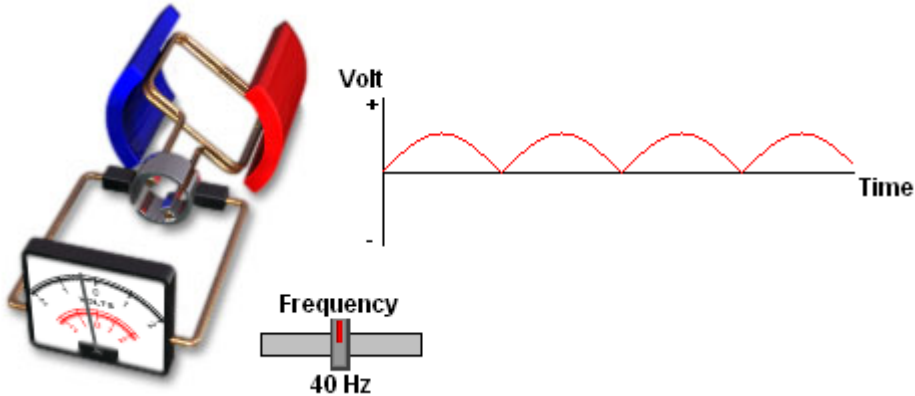
Elektrik enerjisinin üretimi, iletilmesi ve dağıtılmasında alternatif akımın kullanılması büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Alternatif akımın üretilmesinde generatörler kullanıldığı için senkron generatörlerin (alternatörlerin ) önemi büyüktür.

- **Dönen endüvili senkron generatörler:** Bu tip senkron generatörler, "Sabit kutuplar içerisinde döndürülen iletkenlerde Farady Kanununa göre bir gerilim indüklenir." prensibiyle çalışır.



Şekil 2.7: Sabit kutuplar arasında dönen iletkende A.C. gerilim indüklenmesi

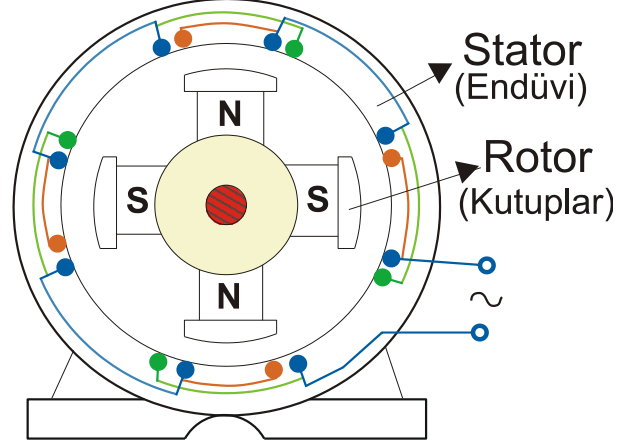
Dinamolarda kullanmış olduğumuz indüksiyon prensibi indüklenen gerilimi kollektör ve fırça yardımıyla doğru akım olarak alıyoruz (Şekil 2.8). Senkron generatörler de ise indüklenen gerilimi bilezikler ve fırça yardımıyla alternatif akım olarak alıyoruz (Şekil 2.7).



Şekil 2.8: Sabit kutuplar arasında dönen iletkende D.C. gerilim indüklenmesi



- **Duran endüvili senkron generatörler:** Bu tip senkron generatörler; "Mekanik enerji ile döndürülen kutuplar etrafında bulunan iletkenlerde Faraday Kanununa göre bir gerilim indüklenir" prensibiyle çalışır (Şekil 2.9). Genellikle büyük güçlü senkron generatörler bu tipte imal edilmektedir.



**Şekil 2.9: Rotoru (kutupları) dönen, statoru (endüvi) duran alternatör prensibi**

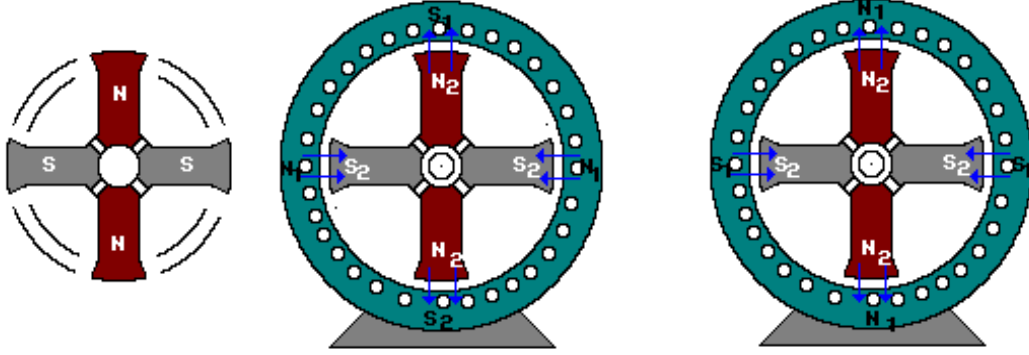
Senkron makinenin kutuplarındaki uyarım bobinleri doğru akım ile beslenir. Bu doğru akım bobinleri bir manyetik alan meydana getirir. Senkron generatörün senkron devir (ns) sayısı ile tahrik edilmesi sonucunda endüvi (rotor) çevresinde bu senkron hız ile döner. Dışardan tahrik sureti ile döndürülen bu döner alan stator sargısında değişik fazlarda gerilim indükleyecektir. Statorda indüklenen gerilim bilezik ve fırçaya gerek kalmadan direkt dış devreye alınmaktadır.

### 2.1.5.2. Senkron Makinelerin Motor Olarak Çalıştırılması

Senkron makineler motor olarak çalışırken stator sargılarına alternatif akım, rotor sargılarına da doğru akım uygulandığında Lorenz Kanununa göre sabit bir hızla dönerek motor milinden mekanik güç alınır.

Doğru akım makineleri hem dinamo hem de motor olarak nasıl çalışıyor ve aralarında yapı bakımından bir fark yoksa alternatörler de senkron motor olarak çalışır. Paralel çalışmakta olan iki alternatörden birisinin milinden uygulanan mekanik enerji kesilirse alternatör bu sefer senkron motor olarak çalışmasına devam eder ve kayıplarını karşılayacak kadar diğer alternatörden güç çeker. Bu durum senkron motor ile alternatör arasında bir yapısal farklılık olmadığını gösterir. Senkron motorlar senkron devirle döner. Motor devir sayısı (N), frekans (f) ve kutup sayısına (P) bağlıdır. Asenkron motorlarda motor milinden hiç bir zaman bu devir sayısı alınmazken senkron motorlarda hız daima döner alanın hızına eşittir. Üzerindeki sargılardan başka ayrıca, rotora sincap kafesi çubukları yerleştirilir. Alternatör olarak çalışmada çıkış geriliminde meydana gelen dalgalanmaları önleyen bu sincap kafesi çubukları, motor olarak çalışmada düzgün bir döndürme momenti oluşturur. Oysa senkron motorlarda iki ayrı akım devresi bulunmaktadır. Stator sargılarına üç fazlı alternatif akım, rotor sargılarına ise fırça ve bilezik düzeniyle doğru akım uygulanır. Bir

asenكرون motora gerilim uygulandığında motor hemen dönmeye başlar. Senkron motorun dönebilmesi için rotor hızının yardımcı bir düzenekle senkron hız değeriine ulaştırılması gerekir.



Şekil 2.10: Senkron motor çalışma prensibi

Senkron motorlarda kutup sargılarına uygulanan gerilim doğru gerilim olduğundan, meydana gelen kutuplanma N S N S şeklinde çalışma süresi boyunca değişim göstermeyen bir kutuplanmadır. Stator sargılarına üç fazlı emk uygulandığında döner alan meydana gelecek ve bir an statorunda N-S-N-S kutuplanması oluşacaktır. Bu anda kutup sargılarındaki zıt kutuplarla döner alan kutupları birbirini çekecek ve rotor dönmek isteyecektir. Rotor henüz hareket etmeden statordaki kutuplar yer değiştirecek (frekansa bağlı olarak) kutup sargılarındaki aynı isimli kutuplar karşı karşıya gelecektir. Bu seferde 'aynı adlı kutuplar birbirini iter' kuralınca rotor itme ve çekme kuvvetlerinin etkisinde kalacaktır. Rotor ve stator kutupları arasındaki karşılıklı itme ve çekme kuvvetlerinin sonucu bileşke moment sıfır olacak ve rotor dönmeyecektir. Eğer rotora yardımcı bir sistemle yol vererek rotor hızını senkron hız değeriine yakın bir hıza ulaştırırsak rotorun sabit kutupları, döner alanın kutupları ile rahatça kilitlenir.

Rotor senkron hızla dönmeye başladıktan sonra rotordaki kısa devreli çubukların dönmeye bir etkisi olur mu? Bu çubuklarda herhangi bir emk indüklenmeyeceğinden rotordaki kısa devreli çubukların dönmeye bir etkisi olmaz.

Asenkron motorlar için büyük bir önem taşıyan kaymadan senkron motorlarda söz edilemez. Bu yüzden motor ister boşa ister yükte çalışsın, devir sayısında hiçbir değişiklik olmaz. Senkron motorlar bu özellikleriyle haddehane, gemilerde pervanelerin döndürülmesinde, kağıt ve tekstil makinelerinde, ayrıca elektrik santrallerinde senkron kompansatör olarak kullanılır. Senkron motoru çalıştırabilmek için mutlaka yol verme düzenine sahip olması gerekir. Bunun için çeşitli yol verme sistemleri kullanılır.

## 2.1.6. Alternatörlerin Uyarılması

Şebekeleri besleyen alternatörlerin yükleri günün her saatinde aynı değildir. Oysa alternatörlerin yüklü çalışma durumlarında (özellikle indüktif yükte) uç gerilimlerinde düşmeler olurken üzerindeki yükü kalkan (boş çalışan) alternatörün uç geriliminde

yükselmeler olur. Ancak elektrik şebekelerinde yüke göre değişken bir gerilim değil sabit bir gerilim arzu edilir. Bu da değişik yük durumlarına göre alternatörlerin uç gerilimlerini ayarlamakla sağlanır. Bilindiği gibi alternatörlerde gerilim;

- Devir sayısı
- Kutuplardaki manyetik akı gibi değişkenlere bağlıdır.

Devir sayısının değişmesi aynı zamanda  $(F=P.n/120)$  frekansı da değiştireceğinden gerilim ayarı için kutuplardaki manyetik akının  $(\Phi)$  değiştirilmesi gerekir. Bunun için de uyartım akımını değiştirmek yeterlidir.

### **NOT: Alternatörün uyartımı doğru akımla yapılır**

Alternatörlerin uyartım akımı başlıca üç şekilde sağlanır:  
**Serbest uyartım, özel uyartım, kendi kendine uyartım.**

#### ➤ **Serbest uyartım**

Uyartım makinesi, ana makineden tamamen ayrıdır. Arada yalnız elektrikî bir bağlantı vardır. Serbest uyartımda enerji bir akümülatör bataryasından veya doğru akım dinamosundan sağlanır. Bu enerjiyle santralde bulunan diğer makinelerde uyartılabilir.



Şekil 2.11.a: Serbest uyartım

#### ➤ **Özel uyartım**

Bu sistemde senkron makinenin miline bir uyartım dinamosu yerleştirilmiştir. Böylece gerekli uyartım akımı sağlanır. Uyartım akımı sağlayan dinamonun gücü, senkron makinenin gücünün en çok % 5 i kadardır. Örneğin 250 kVA lık bir alternatör için 10-12,5 kW uyartım dinamosu yeterlidir.

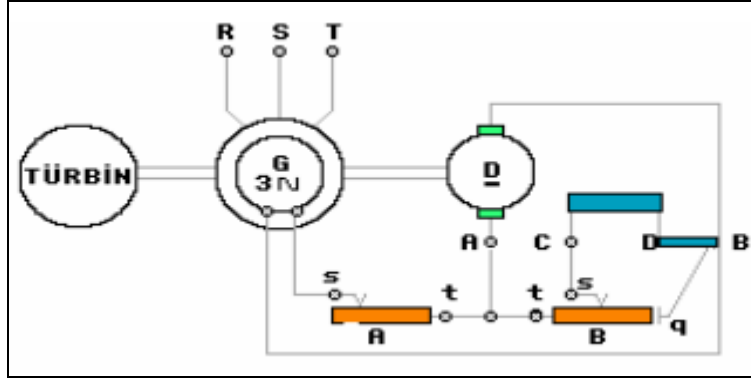
Bazı alternatörlerde iyi bir gerilim ayarı ve kararlı çalışma için çift dinamo kullanılır. Bunlardan ikincisi, uyartım dinamosunun kutuplarını uyarmak içindir.



Şekil 2.11.b: Özel uyartım

### ➤ Kendi kendine uyarım

Son zamanlarda senkron makinelerde kendi kendine uyarım çok kullanılmaya başlanmıştır. Bunlarda aynen kendi kendine uyarımlı dinamolarda olduğu gibi alternatörün artık manyetik alanından yararlanır. Alternatörün ürettiği alternatif gerilim, doğrultmaçlar aracılığı ile doğrultulur ve kutuplar uyarılır.



Şekil 2.11.c: Alternatörün uyarım bağlantı şeması

Uyarım dinamosunun alternatör miline akuple edilmiş olmasının başlıca nedeni, gerekli uyarma gücünün sürekli el altında bulunması içindir. Örneğin; şebekedeki bir kısa devrede alternatör çıkış gerilimi kuvvetle düşer. Gerilimin normal değerine çıkarılması için dinamo tarafından alternatörün kutuplarına büyük bir doğru akım gücünün verilmesi gerekir.

Şekil 2.11.c.'deki bağlantıda (B) reostası uyarım dinamosunun akımını ve dinamo çıkış gerilimini ayarlarken (A) reostası alternatörün uyarım akımını ayarlamaktadır. Sonuçta her iki reosta alternatörün uyarımı için gerekli doğru gerilimi ve alternatör çıkışını ayarlar.

### 2.1.7. Devir Regülatörleri

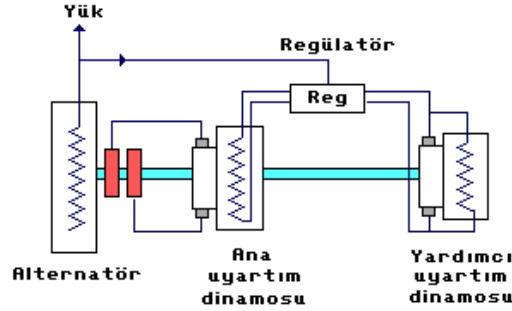
Aktif yük değişimleri alternatörün devir sayısının değişmesine neden olur. Ancak devir sayısı, devir regülatörleri yardımı ile kararlı bir şekilde tutularak gerilimin frekansında meydana gelebilecek değişimler önlenir. Bu regülatörler, alternatörlerin yüküne göre mekanik enerjii azaltıp çoğaltarak frekansı sabit tutabilir.

**“Elektriğin kalitesi frekansının düzgün olmasıdır.”**

### 2.1.8. Gerilim (Voltaj) Regülatörü

Alternatör gerilimini yük durumuna göre ayarlayan (azaltan veya çoğaltan) düzeneklere gerilim regülatörleri denir. Regülatörün çalışma prensibi alternatörün uyarımını sağlayan uyarım dinamosunun kutup sargılarına seri olarak bir direncin girip çıkması şeklindedir. Şekil 2.12'deki prensip şemada regülatör, alternatör çıkış gerilimine göre

yardımcı uyarım dinamosunun gerilimini, yardımcı uyarım dinamosu ise ana uyarım dinamosunun gerilimini, ana uyarım dinamosu ise alternatör gerilimini düzenleyecektir.



Şekil 2.12: Gerilim regülatörü prensip şeması

Uyarım akımının her yük durumunda ayarlanması, el ile istenilen çabuklukta ve doğrulukta yapılamaz. Bunun yerine otomatik gerilim regülatörleri kullanılır. Regülatörler yardımı ile gerilim otomatik olarak çabuk ve istenilen doğrulukta ayarlanabilmektedir.

### 2.1.9. Uyarım Makinesiz Alternatörler (Sabit Gerilim Generatörleri)

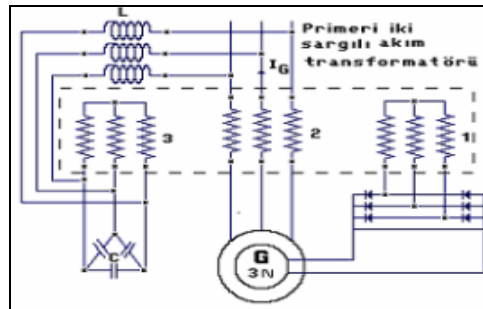
Yük durumuna göre alternatör geriliminin değişmesini önlemek için alternatör uyarım akımının ayar edilmesi gerekir. Uyarma akımını değiştirme hızı (gerilim değişimine müdahale hızı) sınırlı olduğu için uyarım dinamosu kullanılmadan alternatörlerde gerekli manyetizmayı oluşturma fikri doğmuştur.

Generatör gerilimini sabit tutmak için kullanılan yöntemler şunlardır:

- Kompunt bağlantı
- Tristörlü regülatörler

#### ➤ **Kompunt bağlantı**

Şekil 2.13'teki generatöre uygulanan gerilimi sabit tutan bağlantıya kompunt bağlantı ve bu bağlantının uygulandığı generatöre de sabit gerilim generatörü denir. Kompunt bağlantı uygulaması senkron makineler kadar eskidir.



Şekil 2.13: Uyarım makinesiz senkron generatörün kompunt bağlantısı

Bu tip uyarda alternatör kutuplarındaki artık mıknatısiyet ve alternatör çıkışındaki doğrultulan gerilimden faydalanır. Şekildeki L bobinlerine paralel bağlanan kondansatörlerin görevi, alternatörün kendi kendine uyarmasını sağlamak içindir. Alternatörün normal hızındaki remenans gerilimi, bobin ve kondansatörler  $X_L = X_C$  rezonansı oluşturacak biçimde düzenlenmişlerdir. Generatör harekete geçirildikten sonra devir sayısının artması ile rezonansa yakın hızda remenans gerilimi o kadar büyür ki redresörün iletme başlama değeri aşılır ve böylece kendi kendine uyarma başlar. Sabit gerilim generatörler, regülatörsüz olarak 600 MVA' e kadar kullanılmaktadır.

### ➤ **Tristörlü regülatörler**

Kompunt bağlantısına ilave iyi bir regülatör kullanarak generatör gerilimini sabit tutmak mümkündür. Senkron generatörün gerilim regülasyonu tamamen mikrokontrolör denetiminde dijital teknolojisi ile milisaniyeler mertebesinde gerçekleştirilir.

Bisikletlerinizin dinamoları da bir generatördür, DC elektrik üretir.

Bisikletinizin hızına göre, ışık parlaklığının artıp azaldığını fark ettiniz mi? Alternatörlerin ürettiği elektriğin sabit olması için regülatörler kullanılır.

### **2.1.10. Senkron Makinelerde Frekans ve Hız**

Statorda meydana gelen kutupların dönüş hızına senkron hız denir. Senkron hız, motorun kutup sayısı ile ters orantılı, frekans ile doğru orantılı değişen bir büyüklüktür.

$$N_s = \frac{120f}{p}$$

$N_s$ : Senkron hız (döner manyetik alanın hızı), d/dk

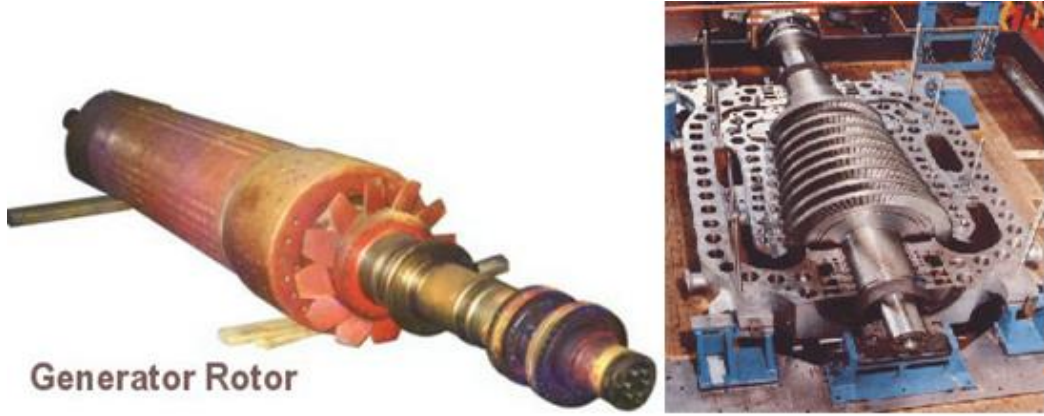
$f$ : Frekans (stator akımlarındaki), Hz

$p$ : Kutup sayısı

Senkron makineler çok büyük güçlü olarak yapılmaktadır. Bu makinelerin güçlerini sınırlayan iki büyük faktör vardır:

- Isınma
- Rotor çevresel hızı

Makineyi oluşturan her bir gerecin, belli bir ısı dayanım sınırı ve hıza bağlı olarak kritik fırlama değeri vardır. Bu sınırları geçemeyiz. Yuvarlak kutuplu alternatörlerde büyük güçler için rotor çapı büyütülemediğine göre rotor uzunluğu arttırılır.



**Resim 2.2: Büyük güçler için rotor uzunluğu arttırılmış generatör türbinleri**

Rotorun yapıldığı gereç, devir sayısını sınırlayan faktörlerin başında gelir. Bu nedenle uygulamada 1 çift (2 tek) kutup sayısından daha az kutup sayısı elde edilemeyeceğinden silindirik kutuplu bir turbo alternatörün, şebeke frekansı 50 Hz (ülkemizde hâlen 50 Hz.) sabit bir gerilim için; **(1.denklem )**

$$N_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 50}{2} = 3000 \text{ d/d ile döndürülmesi gerekecektir.}$$

Senkron makine generatör olarak çalışırsa senkron generatörün rotoru, (ns) senkron devir sayısı ile tahrik edilmesi sonucunda endüvi (stator) çevresinde bu senkron hız ile döner.

Dışardan tahrik sureti ile döndürülen bu döner alan stator sargısında çeşitli fazlarda gerilim endükleyecektir. Bu gerilimin frekansına f diyecek olursak makinenin kutup sayısına ve dakikadaki devir sayısı cinsinden değeri; **(2.denklem)**

$$f = \frac{pN_s}{120}$$

Senkron makinenin motor olarak çalışma halinde ise; makinenin kutup sayısı ve uygulanan gerilimin frekansından bu makine sargısının meydana getireceği döner alanının dakikadaki devir sayısı yukarıdaki bağıntıdan **(1.denklem )** elde edilir.

<b>f (Hz)</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>600</b>	<b>400</b>
<b>P kutup</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>N<sub>s</sub> (d/d)</b>	<b>3000</b>	<b>1500</b>	<b>1000</b>	<b>750</b>	<b>600</b>	<b>500</b>	<b>300</b>	<b>150</b>	<b>100</b>	<b>36000</b>	<b>18000</b>	<b>12000</b>

**Tablo 2.1: Değişik kutup sayıları ve frekanslar için senkron hızlar ( N<sub>s</sub> )**

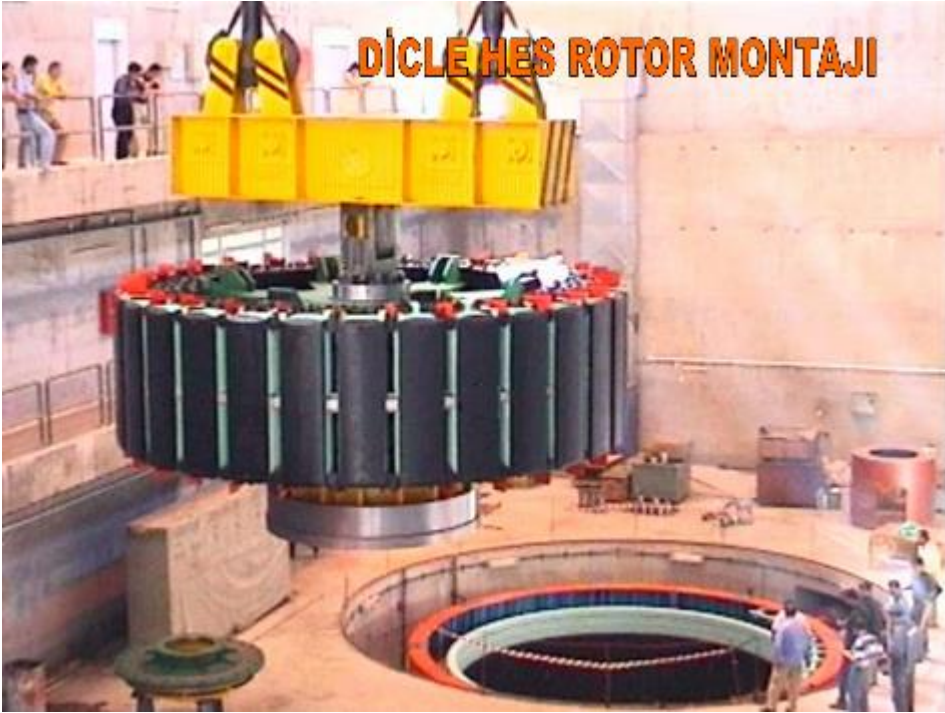


### Örnek problem:

Senkron makinenin stator akımlarındaki frekansı  $f = 50$  Hz. ve makinenin kutup sayısı  $p = 8$  ise makinenin senkron hızını bulunuz ( $n_s = ?$ )

**Çözüm:**  $f = 50$  Hz. ve  $p = 8$  ise.

$$N_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 50}{8} = 1500 \text{ d/d olarak bulunur.}$$

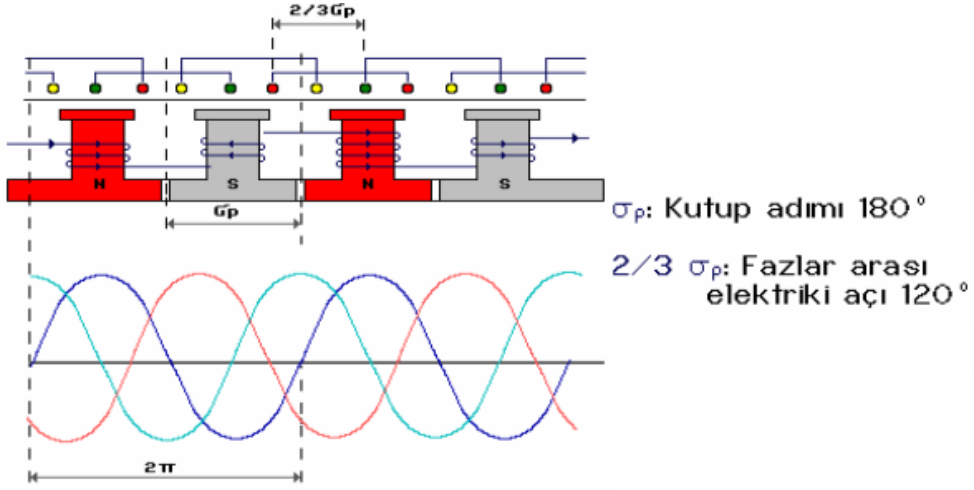


**Resim 2.3: Dicle hidroelektrik santrali (HES) rotor montajı**

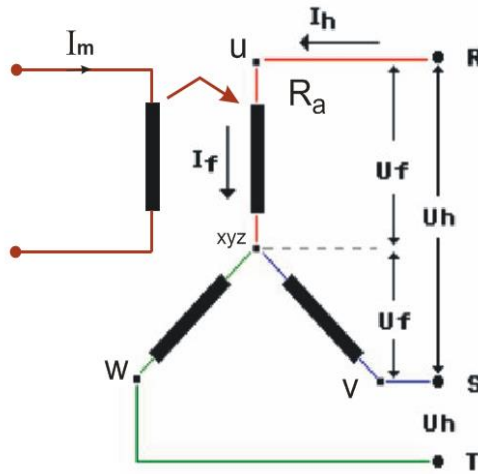
**Not:** Devir sayısı, frekansa ve kutup sayısına bağlıdır.

### 2.1.11. Senkron Makinelerin Eş Değer Devreleri

Senkron makineler yuvarlak ve çıkık kutuplu yapıldıklarından vektör diyagramları ile eş değer devreleri bazı değişiklikler gösterir. Ayrıca senkron makinenin alternatör ve motor olarak çalışma durumları ile her iki durumda omik, endüktif ve kapasitif çalışma durumlarında vektör diyagramları ayrı ayrı çizilebilir. Senkron makineler genellikle üç fazlı olarak imal edilir. Fakat eş değer devreleri ve hesaplamalar bir faza göre düzenlenir.



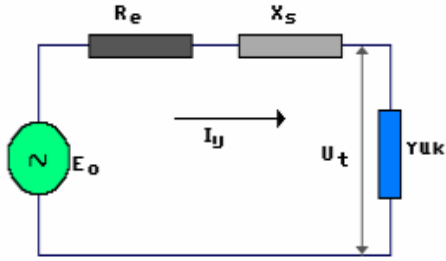
Şekil 2.14: 3 fazlı 4 kutuplü bir alternatörün endüvi ve endüktör sargılarının açılımı ve bir tam turda indüklenen üç fazlı gerilim şekli



Şekil 2.15: Senkron makinenin bir fazına ait uyartım ve faz sargıları

Yıldız bağlanmış üç fazlı senkron makine sargılarda, rotorun dönmesi ile EMK'ler indüklenir. Bunun sonucunda da alıcılardan çeşitli akımlar geçer. Bu akımlar sargılarda omik ve endüktif gerilim düşümleri meydana getirmektedir. Endüvi sargılarında etkin direnç  $R_e$ 'de düşen gerilimden başka, sargıların L endüktansından dolayı da bir gerilim düşümü olur. L endüktansını meydana getiren nedenler ikiye ayrılıp yazılabilir. Bunlar, endüvi reaksiyonu endüktansı ile sargıların kaçak akı endüktanslarıdır. Bu endüktansların meydana getirdikleri reaktanslar  $X_a$  ve  $X_l$  şeklinde belirtilir. Bu iki reaktansın toplamı ise  $X_s$  ile ifade edilir.

Şekil 2.16'da senkron makine eşdeğer devresi çizilmiştir.



- $E_0$** : Bir faz sargısının boştaki emk'ti,
- $R_e$** : Bir faz eşdeğer etkin direnci
- $X_s$** : Bir faz senkron reaktansı (Kaçak akı + endüvi reaksiyonu)
- $I_y$** : Yük akımının
- $U_t$** : Yüklü çalışmadaki faz gerilimini, göstermektedir.

Şekil 2.16: Senkron makine eşdeğer devre şeması

## 2.1.12. Alternatörlerin Paralel Bağlanması

Büyük şebekeleri besleyen santrallerde birden fazla alternatör bulunur. Yük durumuna göre bu alternatörler kendi aralarında veya o şebekeyi besleyen diğer santrallerdeki alternatörler ile paralel bağlanırlar. Normal işletmede bu paralel çalışma belirli bir plan dahilinde yapıldığı halde, arıza halinde bazı enerji kaynaklarının devreden çıkması ile kısa bir zaman zarfında yeni kaynakların devreye girmesi gerekebilir.

- **Paralel bağlama**: Şebekede artan yükleri karşılayabilmek için veya bu şebekeyi besleyen alternatörlerin fazla yükünü üzerine almak amacıyla alternatörlerin devreye girmesine paralel bağlama denir.

Şimdi alternatörlerin paralel bağlanmasını gerektiren nedenleri beraber inceleyelim:

### 2.1.12.1. Alternatörlerin Paralel Bağlama Sebepleri

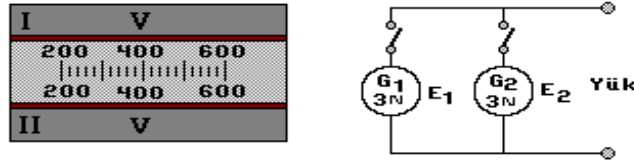
- Bildiğiniz gibi elektrik şebekelerindeki yük, günün belli saatlerinde artan ve belli saatlerinde azalan değişken bir yükür. Bu yükün tek bir alternatörle beslendiğini düşünürsek alternatörün gücünün hangi yüke göre düzenleneceği sorusuna cevap veremeyiz. Alternatör gücü maksimum yüke göre düzenlenirse yükün azaldığı saatlerde alternatör düşük verimle çalışır. Bütün elektrik makineleri nominal (etiket) yük değerinde en yüksek verimle çalışırlar. Alternatör gücü, minimum yüke göre zaten düzenlenemez. Çünkü yük arttığında alternatör sargılarından geçen akım, sargılar için tehlikeli olur. Besleme birden fazla alternatör tarafından yapılırsa yük miktarı arttıkça devreye paralel bağlı alternatör sokarak artan yük miktarı karşılanır. Yük azaldıkça devreden alternatör çıkarılarak sistemin verimi yükseltilir.
- Ayrıca paralel bağlı alternatörlerde beslenen sistemde işletme emniyeti de sağlanır. Arıza yapan alternatör devre dışı bırakılarak diğer alternatörlerle beslemede süreklilik sağlanır.
- Ameliyat sırasında elektriğin kesildiğini düşünelim..!
- Aynı şekilde alternatörlerin bakıma alınmalarında aboneler (yük) elektriksiz kalmamış olur.

- Şebekenin gelişmesi, mevcut senkron generatör yükü karşılayamaz ise başka alternatörlerin beslemeye katılmasını sağlamak için alternatörler paralel bağlanırlar.

Gördüğünüz gibi paralel bağlantıyı gerektiren pek çok neden vardır. Ancak birtakım koşullar sağlanmadan paralel bağlantı gerçekleştirilemez.

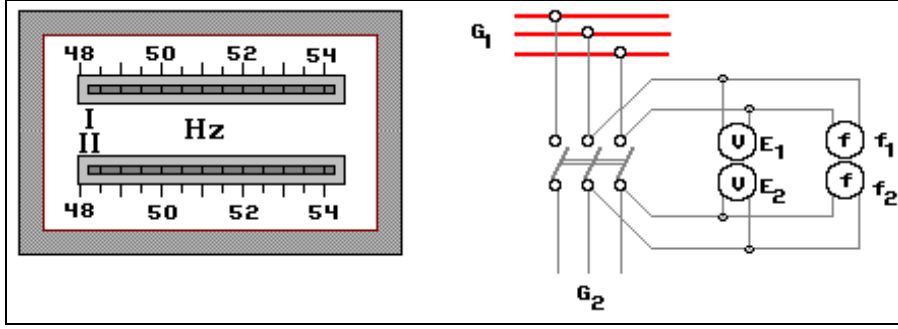
### 2.1.12.2. Alternatörlerin Paralel Bağlanma Şartları

- Paralel bağlanacak alternatörlerin gerilimleri mutlaka birbirlerine eşit olmalıdır ( $E_1=E_2$ ). Gerilim eşitliği Şekil 2.17'deki gibi çift voltmetreler ile gözlenir. Alternatörlerin paralel bağlantısı için gerilim eşitliği ( $E_1=E_2$ ) gerektiğini ve alternatör geriliminin uyarım akımı ile ayarlandığını öğrendik. Şekil 2.17'deki bağlantıda 1. alternatörün  $E_1$  gerilimi, 2. alternatörün  $E_2$  geriliminden büyük olursa ne olur? Gerilimi küçük olan 2. alternatör sisteme akım vermediği gibi şebekeden akım çekmeye başlar ve motor olarak çalışmasına devam eder.



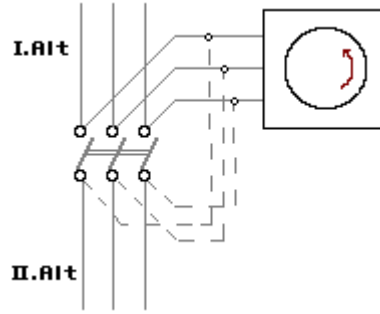
Şekil 2.17: Gerilim eşitliğinin takibi için çift voltmetre ve paralel bağlı alternatörler

- Paralel bağlantı için ikinci koşul frekans eşitliğinin sağlanmasıdır ( $f_1=f_2$ ). Frekans eşitliği çift frekans metreler ile gözlenir. Bu aletler de çift voltmetreler gibi özel olarak alternatörlerin paralel bağlanmalarında kullanılırlar. Frekans  $F = \frac{p.n}{120}$  kutup sayısı ve devir sayısına bağlı olduğuna ve alternatör kutup sayısı ( $P$ ) değiştirilemeyeceğine göre,  $f_1=f_2$  eşitliği alternatörlerin devir sayıları değiştirilerek sağlanır. Alternatör devir sayısı da; dizel grubu, su türbini, gaz türbini gibi kendisini çeviren mekanik güç kaynağının yakıt miktarı ile ayarlanır. Paralel bağlantı için özel yapılmış çift voltmetreler ve çift frekans metreler yardımı ile ( $E_1=E_2$ ) gerilim eşitliği ve ( $f_1=f_2$ ) frekans eşitliğinin gözlendiğini öğrendik. Bu ölçü aletleri yerine normal voltmetreler ve frekans metreler ile de aynı ölçümler yapılabilir. Ölçü aletlerinin çift kadran ve çift skalalı olması sadece rahat bir ölçüm kolaylığı sağlar (Şekil 2.18).



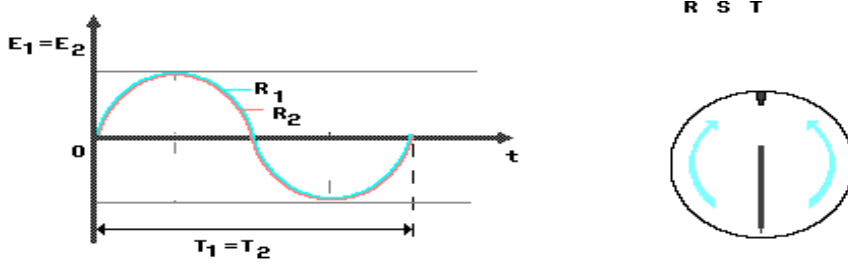
**Şekil 2.18: Çift frekansmetre ve bağlantı şekli**

- Paralel bağlantı için diğer bir koşul ise faz sıralarının aynı olması koşuludur. Bu aynı zamanda aynı adlı uçların kendi aralarında (R1, R2 ile S1, S2 ile) bağlanması anlamına da gelir. Bu koşulun kontrolü faz sırası göstercisi denilen aletle yapılır. Aynı amaçla küçük güçlü bir asenkron motor da kullanılır. Alet önce 1. alternatör uçlarına tutulur. Aletin diski belirli bir yöne döner. Sonra alet uçları aynı sıra ile şalterin diğer kontaklarına bağlı 2. alternatörün uçlarına bağlanır. Dönüş yönü aynı ise şaltlere bağlanan karşılıklı uçlar aynı isimli fazlardır.



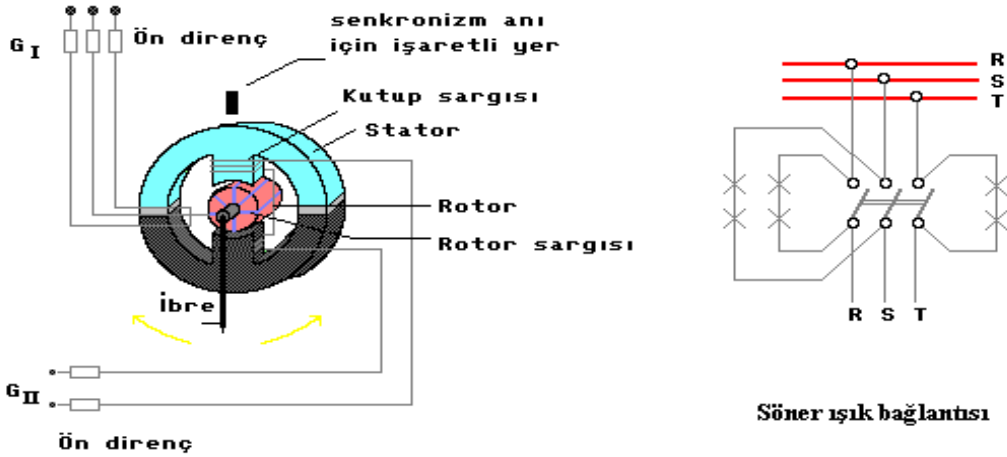
**Şekil 2.19: Faz sırası göstercisinin bağlantısı**

- Paralel bağlantı için gerekli olan son derece dikkat gerektiren bir koşul da senkronizm anının saptanmasıdır. Senkronizm anı (Senkronizasyon) paralel bağlanacak alternatör fazlarının üst üste çakışması demektir. Senkronizm anında her iki alternatör gerilimleri aynı anda, aynı ani değerleri alır. Senkronizm anı saptandıktan sonra paralel bağlanmış her iki alternatörün sadece bir fazı için çizilen şekildeki eğriler gibi diğer faz eğrileri de üst üste çakışmalıdır.



**Şekil 2.20.a: Senkronizm anında fazların şebeke gerilimlerinin üst üste çıkması**

Senkronizm anı senkronoskop, sıfır voltmeteri ve lamba bağlantıları ile ayrı ayrı saptanır. Senkronoskop bir çeşit asenkron motordur. Senkronoskop devreye bağlandığında ibre alternatörlerin frekans farkına bağlı olarak belirli bir yöne döner. Frekans farkı azaldıkça ibrenin dönüşü yavaşlar. İbre işaretlenen yerde durunca alternatör fazları üst üste gelmiş ve gerilimler arasındaki faz farkı sıfır olmuş demektir. 1. alternatörün frekansı 2. alternatör frekansından fazla ise senkronoskop bir yöne dönecek, 2. alternatör frekansı 1. alternatör frekansından fazla ise ibre ters yöne dönecektir. Senkronoskop yerine çeşitli lamba bağlantıları ile de senkronizasyon anı tespit edilir.



**Şekil 2.20.b:Söner ışık bağlantısı**

Söner ışık bağlantısı, her iki alternatör için  $E_1=E_2$  ve  $f_1=f_2$  eşitlikleri sağlanıp şalterin karşılıklı ayaklarına aynı isimli fazlar gelecek şekilde bağlantı yapılır. Her iki alternatörün faz gerilimleri toplamı dikkate alınarak uygun sayıda lamba, kendi aralarında bağlanır. Lamba grupları şekilde görüldüğü gibi aynı isimli fazlara bağlanır. Montajdan sonra lambalar yanıp söner. Lambaların yanıp sönmeye hızı alternatörlerin frekansları arasındaki farka bağlıdır. Lambaların yanıp sönmeye hızı paralel bağlanacak alternatörün devir sayısı (frekans) ile yavaşlatılır. Lambaların söndüğü an senkronizm anıdır. Ancak lambaların söndüğü anda, uçları arasında azda olsa bir gerilim bulunabilir. Bu küçük gerilim lambaları yakmaya yetmeyeceğinden senkronizm anı diye şalteri kapatmak sakıncalı olabilir. Bu yüzden lambalarla beraber bir voltmeter kullanılır. Voltmetrenin göstereceği değer 0 ile  $2E$  değerleri arasındadır. Voltmetrenin sıfırı gösterdiği an senkronizm anıdır. Aynı faza ait eğriler arasındaki  $180^\circ$  açı farkında lambalar  $E_1+E_2$  gerilimi ile yanar. Bu durum

senkronizm anından çok uzaktır. Faz eğrileri arasındaki açı farkı azaldıkça lambaların ışık miktarı da azalacak ve nihayet üç faz eğrileri arasındaki faz farkı sıfır olduğunda lambalar sönecektir. Sönen ışık bağlantısına karanlık bağlama da denir. Bunun dışında, yanan ışık ve dönen ışık gibi sakıncalarından dolayı pek kullanılmayan lamba bağlantıları da vardır. Bazı santrallerde senkronizasyon için otomatik senkronlama röleleri kullanılır. Daha duyarlı ve daha sağlıklı paralel bağlantı için **elektronik senkronlama röleleri** vardır.

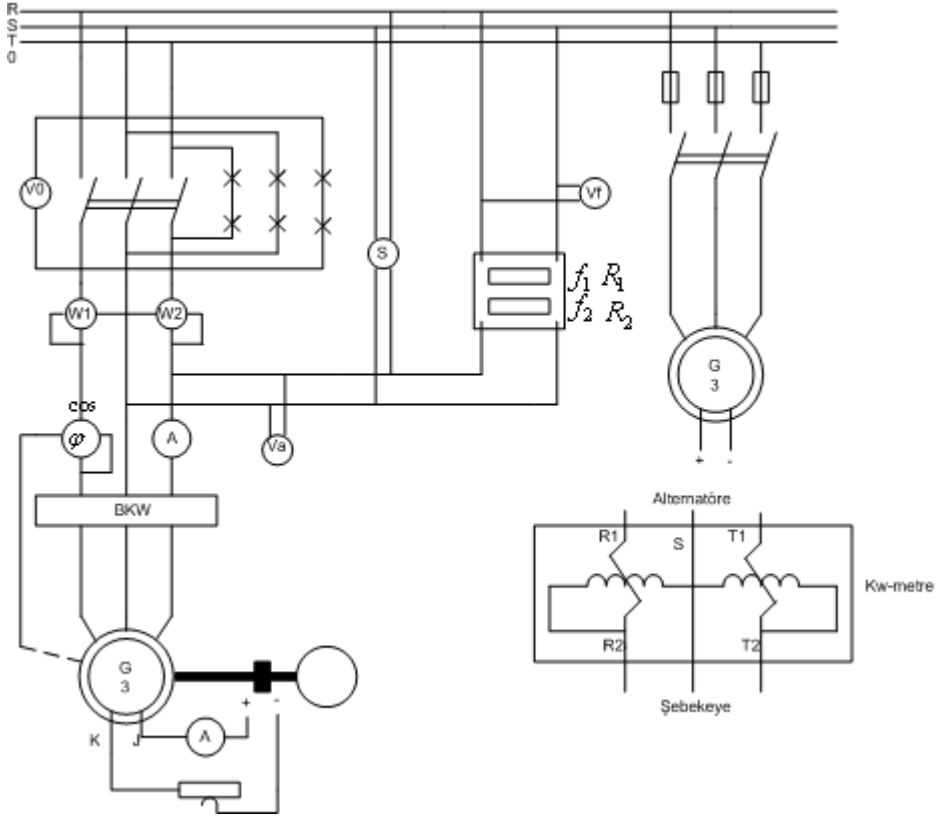
### 2.1.12.3. Paralel Bağlı Generatörler Arasında Yük Dağılımı

Yüklü olarak çalışan bir senkron generatöre ikinci bir senkron generatörü paralel bağlamak için şekil 2.21'deki devreyi bağlantısını yapalım. Eğer paralel bağladıktan sonra hiçbir tedbir alınmazsa II. senkron generatör, I. senkron generatörün yüküne ortak olmaz. II. senkron generatörün üzerine yük alması için, dinamolarda olduğu gibi uyarım akımlarının ayarı ile gerilimin artırılması gerçek yük aktarımını sağlamaz. Bunun yerine generatörün döndürücü makinesinden verilen mekanik enerji yavaş yavaş artırılmalıdır.

Devreye paralel bağlanan senkron generatörün üzerine yük alabilmesi için senkron generatörü döndüren motorun devir sayısı veya gücü yükseltilmelidir. Bunun için döndürücü makinenin tipine göre **gaz, benzin veya buhar miktarı artırılır.**

II. senkron generatör yükün bir kısmını üzerine alınca, yükü azalan I. senkron generatörün devir sayısı, dolayısıyla sistemin frekansı bir miktar yükselir. Bu nedenle II. senkron generatörün döndürücü gücü artırılırken I.'ninki biraz azaltılmalı ve böylece şebeke frekansının değişmesi önlenmelidir.





**Şekil 2.21: Paralel bağlı iki senkron generatör**

Senkron generatörlerin yük dağılımında karşılaşılan diğer bir olay, senkron generatör güç katsayılarının ( $\cos\phi$ 'lerinin) değişmesidir. Örneğin, her iki senkron generatörün wattmetrelerinin aynı gücü gösterdiğini kabul edelim. Fakat senkron generatör akımları farklı olsun. Bu durumda akımı yüksek olan senkron generatör fazla, az olan ise eksik uyarılmış demektir. Yapılacak işlem; devreye yeni giren II. senkron generatörün uyarım akımı biraz artırılırken I. senkron generatörünkini azaltmak olmalıdır. İşleme, devrede  $\cos\phi$ 'ler aynı değeri gösterinceye kadar devam edilir.

Senkron generatörlerin güç katsayılarının ( $\cos\phi$  lerinin) eşitsizliğinde; **Uyarım akımları değiştirilerek yük paylaşımında eşitlik sağlanır.**

### 2.1.13. Generatör Etiketinin Okunması

Senkron generatörler üzerinde, bütün elektrik makinelerinde olduğu gibi özelliklerini ve çalışma şartlarını bildiren etiketler bulunur. Genellikle alüminyumdan yapılmaktadır.

Etiketler IEC- 60034-1, TS3205, VDE0530 ve ISO 8528-3 standartlarında belirtilen bilgileri içermelidir. Standartlara göre etiketlerde bazı değişiklikler olabilir.

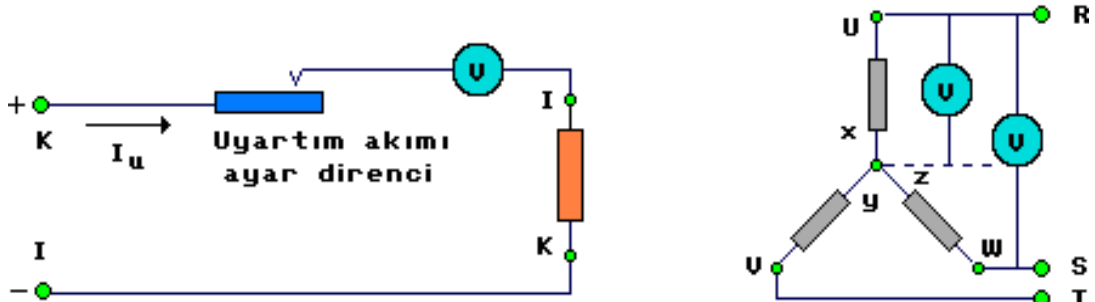
Etiket üzerinde;

GENEL ÖZELLİKLER	
Imalat normu	: IEC 60034-1, EN 60034-1 : VDE0530, TS 3205, BS 4999-5000
İzolasyon sınıfı	: F
İkaz sistemi	: Fırçasız, kendinden ikazlı
Yükseklik	: Deniz seviyesinden 1000 metreye kadar
Ortam Sıcaklığı	: 40°C
Yapı Tipi	: B3/B14 (Çift rul.);B35(Tek rul.)
Koruma	: IP 23

- Üretici kuruluşun adı
- Üretici kuruluşa göre, makine ile ilgili fabrikasyon bilgileri içeren model numarası
- Üretici kuruluşa göre seri üretim numarası
- Generatörden elde edilebilecek nominal çıkış gerilimi ve besleme çıkış akımı
- Generatör rotorunu döndüren yakıtın cinsi
- Generatör çıkış gücü
- Üretilen frekans değeri
- Maksimum ortam çalışma sıcaklığı
- Rotor dönüş hızı
- Generatör çalışma şekli (devamlı ya da süreli) ve yan tarafta görülen birtakım bilgiler yer alır.

#### 2.1.14. Alternatör Deneyleri Yapımı

Diğer elektrik makinelerinde (transformatör-dinamolar-asenكرون motorlar) olduğu gibi alternatörlerin de boş çalışma, yüklü çalışma ve kısa devre deneylerinin yapılması ve karakteristik eğrilerinin incelenmesi, bize alternatörlerin yüklü çalışmadaki gerilim düşümleri, kayıplar ve verimi, kullanılacak yardımcı üniteler hakkında gerekli bilgiyi verecektir. Şekil 2.22’de, şematik olarak alternatörün elektriksel devresi ifade edilmiştir.



Şekil 2.22: Alternatörün elektriksel devre şeması

I, K sargı uçları endüktör (kutup) devresini U, V, W sargı uçları ise üç fazlı endüvi devresini belirtmektedir. Alternatörlerde endüktör devresinden doğru akım geçtiğini ve bu akımın endüksiyon için gerekli olan manyetizmayı sağladığını biliyoruz. Bu akıma uyarım akımı denir. Endüktör devresine seri bağlanan direncin görevini söyler misiniz? Endüvi devresinde indüklenen gerilimi ayarlamak. Endüvi sargılarında indüklenen gerilim eşitliğine göre;

$$E=4.44.K.f.Ns.\phi$$

İndüklenen gerilim manyetik akı ve frekansa bağlıdır. Frekans ise  $f=P.n/120$  ifadesine göre alternatör hızına bağlıdır. Çünkü eşitliklerdeki diğer büyüklükler birer değişken değildir.

O halde bir alternatörün gerilimi,

- Devir sayısı değiştirilerek
- Kutuplardaki manyetik akı değiştirilerek ayarlanır.

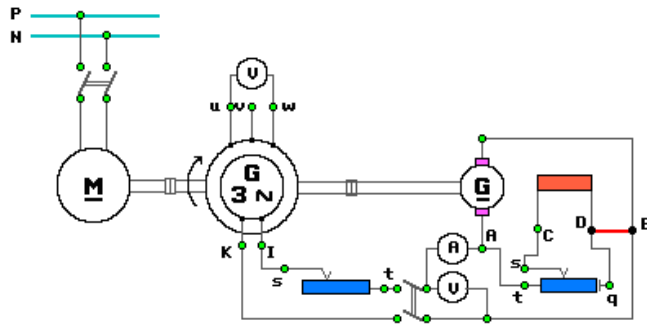
Ancak alternatör devir sayısı aynı zamanda frekansı da değiştireceğinden, devir sayısı ayarı ile gerilimi değiştirmek uygulanan bir yöntem değildir. Alternatörlerde gerilim ayarı, uyarım akımı yardımı ile kutuplardaki manyetik akıyı değiştirmekle yapılır. Bu işlem için de uyarım sargısına seri bağlanan ayarlı bir reosta kullanılır.

#### ➤ Alternatörlerin boş çalışma deneyi

Alternatörlerin boş çalışma deneyi, boş çalışma (mıknatıslanma) eğrilerini çıkarmak ve eğriler yardımı ile gerekli mıknatıslanma (uyarım) akımını tespit etmek amacıyla yapılır. Ayrıca kısa devre ve boş çalışma deneyleri yardımı ile alternatörün senkron empedansı bulunur. Şekil 2.23'te, doğru akım motoru alternatör ve dinamonun ortak bir mile bağlı olduğunu görüyoruz.

Deneyi yaparken alternatör uyarım direncini daima aynı yönde hareket ettirmelisiniz. Aksi takdirde doyma etkisi ile alınan değerler normal çıkmayabilir.

#### ➤ Deneyin bağlantı şeması



Şekil 2.23: Alternatör boş çalışma deneyi için gerekli bağlantı şeması

Doğru akım motoru alternatör için gerekli mekanik enerjiyi sağlarken dinamo ise alternatör kutupları için gerekli mıknatıslanma akımını sağlamaktadır. Bağlantı şemasındaki alternatörün U-W uçlarına bağlı voltmetre alternatörün fazlar arası gerilimini, dinamo çıkış uçlarına bağlı voltmetre alternatörün uyarım gerilimini, ampermetre ise alternatörün uyarım akımını gösterir. Alternatör miline bağlı olan dinamo, alternatör uyarımı için gerekli mıknatısiyeti sağladığından uyarım dinamosu olarak isimlendirilir. Dinamonun kutup sargılarına (C-D) bağlı olan t, s, q reostası dinamo çıkış gerilimini, dinamo çıkış gerilimi ise alternatörün uyarım akımını ve gerilimini düzenler. Boş çalışma deneyinde, senkron hızla döndürülen alternatörün mıknatıslanma (uyarım) akımı ile çıkış gerilimi arasındaki ilişki incelenir.

➤ **Deney işlem basamakları**

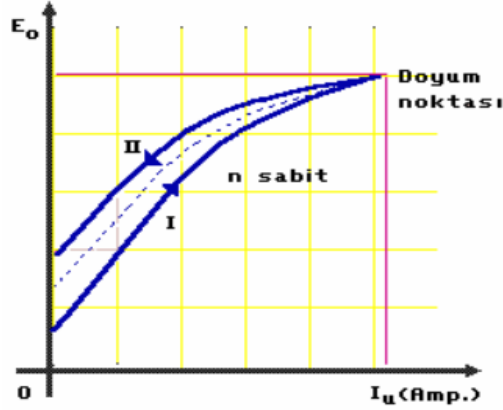
- Deney bağlantı şemasına göre bağlantıyı yapınız (Şekil 2.23).
- Daha sonra doğru akım motoru yardımı ile uyarım devresi açık iken alternatöre gerekli mekanik enerjiyi sağlayınız. Devir, deney boyunca sabit tutulur. Alternatörün endüktör (kutup) sargıları devresindeki şalter açık iken (uyarım akımı sıfırdır) endüvi devresine (U-W uçlarına) bağlı voltmetre bir değer gösterir. Bu değer kutuplardaki artık mıknatısiyetten kaynaklanan **remenans** gerilimidir. Eğer alternatör ilk defa çalıştırılıyorsa veya artık mıknatısiyet kaybolmuşsa hiç gerilim vermez.
- Alternatöre motor tarafından gerekli mekanik enerji sağlandıktan sonra uyarım devresi şalterini kapatarak reosta yardımı ile uyarım akımını yavaş yavaş arttırınız.
- Her kademedeki uyarım akımını ( $I_m$ ) ve alternatör çıkış gerilimini (E) ölçerek çizelgeye kaydediniz. Uyarım akımını artırma işlemine çıkış geriliminde değişiklik olmayıncaya kadar devam ediniz.
- Uyarım akımı arttıkça manyetik akının ( $\Phi$ ) artacağını, buna bağlı olarak çıkış geriliminin artacağını biliyoruz. Kutuplar doyduktan sonra uyarım akımını kademe kademe azaltınız. Mıknatıslanma eğrisi bu sefer II nu.lu yolu izleyerek azalacaktır( Şekil 2.24). Kutuplardaki artık mıknatısiyetten dolayı iki eğri birbirinden farklıdır. Bu yüzden iki eğrinin ortalaması boş çalışma eğrisi olarak kabul edilir.
- Devre enerjisini kesiniz.

➤ **Deneyde alınan değerler tablosu**

Sıra No	n (d/d)	$I_y$ (A)	$I_m$ (A)	E (V)	Açıklamalar
	↓ Sabit	↓ Sıfır			

**Tablo 2.2: Deneyde alınan değerler**

➤ **Sonuç**



**Şekil 2.24: Alternatörün boş çalışma eğrisi**

Deney yaparken uyartım akımının artırılması ve azaltılması işlemi (reostanın hareketi) hep bir yönde yapılmalıdır. Deney farklı devir sayılarında yapılırsa elde edilen mıknatıslanma eğrileri de farklı olacaktır. Alternatörlerde remenans gerilimi, uç geriliminin yaklaşık % 5-6 değerleri arasındadır. Buna göre çıkış gerilimi 10 kV olan bir alternatörde bu gerilim 500-600 Volt arasında olabilmektedir. Alternatör uyartım akımı sıfır olsa bile bu alternatörün çalışırken uçlarına dokunmak tehlikeli olabilir. Yandaki grafiğe dikkat edilirse eğrinin alt kısımları doğruya yakındır. Fakat uyartım arttıkça eğimde artmaktadır. Bu durum kutupların doymasından ileri gelir.

➤ **Alternatörlerin yüklü çalışma deneyi (dış karakteristiği)**

Alternatörün dış karakteristikleri, sabit ve anma (etiket) devrinde döndürülen alternatörün uyartım akımı ( $I_u$ ) ve güç katsayısı ( $\cos \varphi$ ) sabitken, yük akımı ( $I_y$ ) ile alternatör uç gerilimi ( $U$ ) arasındaki bağıntıyı veren eğrilere dış karakteristik eğrileri denir. Deney genellikle omik-indüktif ve kapasitif yükler için ayrı ayrı yapılır. Ayarlı (reaktansı değiştirilebilen) indüktif ve kapasitif yükler bulmak zor olacağından güç katsayısı belli olan ( $\cos \varphi=0,8$  gibi) farklı yükler kullanılır.

➤ **Deneyin bağlantı şeması**

Deney bağlantı şemasında,

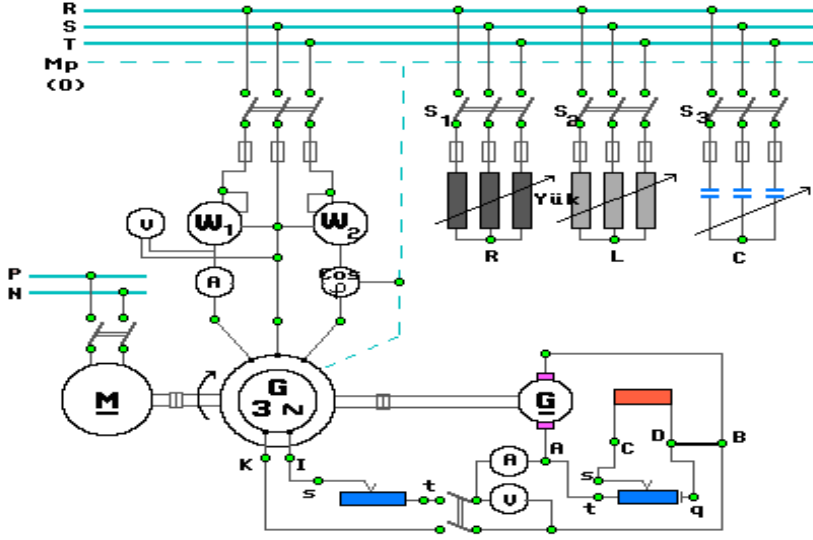
W1/W2 Watmetreleri: Alıcıların çektikleri gücü

Cos $\varphi$ metre: Deney boyunca sabit kalacak güç katsayısını

Voltmetre: Fazlar arası gerilimi

Ampermetre: Alternatörden çekilen faz akımını göstermektedir.

(S) ve (S1) şalterleri kapatılıp alternatörün omik yük ile kademe kademe yüklendiğini düşünelim. Alternatörden çekilen yük akımı arttıkça uç geriliminde düşme görülecektir (Şekil 2.25).



Şekil 2.25: Alternatörlerin yüklü çalışma deneyi için gerekli bağlantı şeması

➤ **Deney işlem basamakları**

- Deney bağlantı şemasına göre bağlantıyı yapınız (Şekil 2.25).
- Alternatörü, uyarım devresi açıkken normal devir sayısında döndürünüz.
- Uyarım dinamosunun gerilim vermesini sağlayınız.
- Uyarım devresi dirençleri ayarlanarak alternatörün normal gerilim vermesini sağlayınız.
- Alternatör yük direnci ile normal yük akımına kadar yükleyiniz. Bu durumdayken gerilimi ve devri, makinenin normal değerlerine ayarlayınız.
- Uyarım akımı değiştirilmeden bütün yükleri kaldırarak boştaki gerilimi okuyunuz.
- Alternatörü tekrar, kademe kademe yükleyerek her yük değişiminde U ve Iy değerlerini alınız.
- Aldığınız değerleri alınan değerler tablosuna kaydediniz.
- Yükleme işlemine tam yükün 1,2 katına kadar devam ediniz.
- Devre enerjisini keserek deneyi bitiriniz.

**Alternatörlerin yüklü çalışma deneyinde kapasitif yükte gerilim artmakta, endüktif yükte ise omik yükten daha fazla gerilim düşümü olmaktadır.**



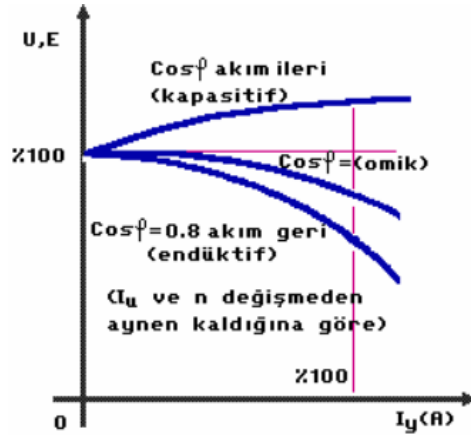
➤ **Deneyde alınan değerler tablosu**

Sıra No	n (d/d)	$I_m$ (A)	$\cos\phi$	$I_y$ (A)	E,U
	↓ Sabit	↓ Sabit	↓ Sabit		

**Tablo 2.3: Deneyde alınan değerler tablosu**

➤ **Sonuç**

Hatırlanacağı gibi gerilimin düşme nedenleri:



**Şekil 2.26: Alternatörün dış karakteristik eğrileri**

- Endüvi etkin direnci ( $R_e$ )
- Kaçak reaktans ( $X_L$ )
- Endüvi reaksiyonudur ( $X_a$ )

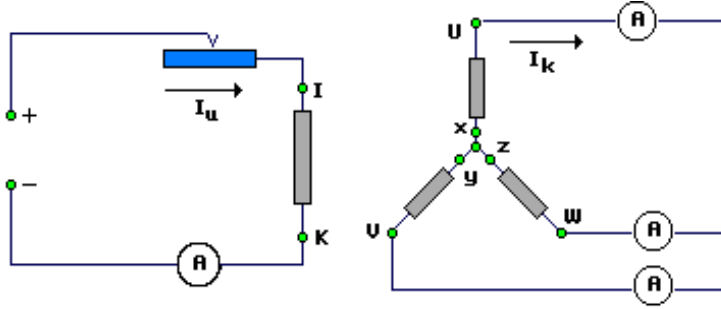
Endüvi reaksiyonu ve kaçak reaktans toplamları yerine senkron reaktans ( $X_s$ ) yazılabiliyordu. Eğrilerden anlaşılacağı gibi sabit devir, uyarım akımı ve güç katsayılarında en çok gerilim düşümü indüktif yüklerde meydana gelmektedir. Kapasitif yüklerde ise uç gerilimi anma değerinin üstüne çıkar. Yandaki grafikte, çeşitli yüklerdeki alternatör dış karakteristikleri gösterilmiştir.

➤ **Alternatörlerin kısa devre deneyi**

Alternatörlerde kısa devre karakteristiği, uçları kısa devre edilen bir alternatörde, uyarım akımı ile kısa devre akımının değişimine denir. Deney senkron devirde 1 fazın nötrle veya üç fazın kendi arasında ampermetreler yardımı ile kısa devre edilmesiyle yapılır. Biz deneyimizi üç fazı kısa devre ederek yapalım.

➤ **Deneyin bağlantı şeması**

Boş çalışma deneyi bağlantı şemasına ilave olarak alternatör çıkış uçları kısa devre edilir (Şekil 2.27).



Şekil 2.27: Alternatör çıkış uçlarının kısa devre edilerek yapılan kısa devre deney bağlantısı

➤ **Deney işlem basamakları**

- Deney bağlantı şemasına göre bağlantıyı yapınız (Şekil 2.23 ve Şekil 2.27).
- Alternatörü, uyarım devresi açıkken normal devir sayısında döndürünüz.
- Uyarım dinamosunun gerilim vermesini sağlayınız.
- Uyarım devresi direnci en yüksek değerdeyken devre şalterini kapatınız.
- Her kademedeki uyarım akımını ( $I_m$ ) ve kısa devre akımını ( $I_k$  yada  $I_y$ ) ölçerek çizelgeye kaydediniz.
- Deneye alternatör normal akımının 1,5-2 katına kadar devam ediniz.
- Devre enerjisini kesiniz.
- Deneyde alınan değerler tablosu

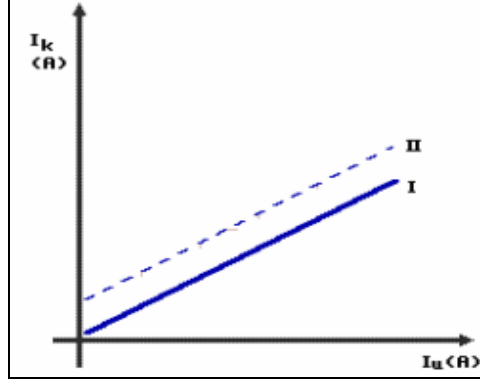
Sıra No	n (d/d)	U	$I_m$ (A)	$I_k$ (A)	Açıklamalar
	↓ Sabit				

Tablo 2.4: Deneyde alınan değerler tablosu

➤ **Sonuç**

Kısa devre deneyi, boş çalışma deneyi yardımı ile senkron empedansın ( $Z$ ) bulunması amacı ile uyarım akımını artırarak başlanır. Uyarım akımındaki her artış için yük akımı (kısa devre akımı) değerleri tabloya kaydedilir. Ancak deney yapılırken uyarım

(mıknatıslanma) akımının çok dikkatli ayarlanması gerekir. Çünkü uyarım akımındaki ani bir artış endüvi sargılarından çok büyük kısa devre akımlarının geçmesine ve sargıların yanmasına yol açar. Alternatörlerde kısa devre karakteristikleri doğru şeklindedir. Kutuplarda artık mıknatısiyet varsa I Nu'lu eğri, yoksa II Nu'lu eğri elde edilir (Şekil 2.28).



Şekil 2.28: Alternatör kısa devre karakteristiği

Boş çalışma ve kısa devre deney eğrileri aynı eksenler üzerine çizilerek çeşitli uyarım akımlarındaki senkron empedans değerleri bulunur. Senkron empedans, aynı uyarım akımındaki boş çalışma geriliminin ( $E_o$ ), kısa devre akımına ( $I_k$ ) bölünmesiyle bulunur.

$$Z_s = \frac{E_o}{I_k}$$

( $E_o$ ) ve ( $I_k$ ) değerlerinin aynı uyarım akımı için olduğu unutulmamalıdır. Senkron empedans, manyetik nüvenin doyumuna bağlı bir değişkendir.

$$Z_s = \sqrt{R_e^2 + X_s^2}$$

$$X_s = X_L + X_a$$

Alternatörlerde gerilim düşümünü etkileyen faktörler endüvi etkin direnci ( $R_e$ ), kaçak reaktans ( $X_L$ ) ve endüvi reaksiyonuydu ( $X_a$ ). Biz bütün bu etkilerin vektörel toplamını senkron empedans ( $Z_s$ ) olarak isimlendirmiştik. Yandaki formülü kullanarak  $X_s$  senkron reaktansda bulunabilir.

$$X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_e^2}$$

**Alternatör kısa devre olduğundan uyarım direnci devreden yavaş yavaş çıkarılmalıdır.**

➤ **Alternatörlerin paralel bağlama deneyi ve yüke iştirak**

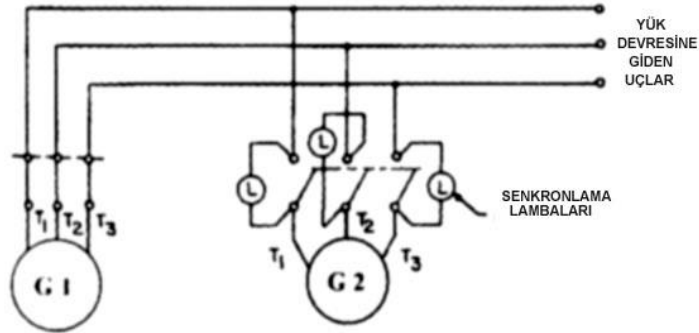
**Deneyin amacı:** Alternatörleri paralel bağlamak ve yük aktarımını sağlamak.

Dinamoları (D.A. generatörlerini ) paralel bağlamak için bunların gerilim ve polaritelerinin aynı olması gerekir. Buna karşılık senkron generatörleri (Alternatörleri) paralel bağlarken çıkış gerilimlerinin, gerek genliğinin gerekse polaritelerinin belli bir frekansta devamlı değiştiği unutulmamalıdır. Bu sebepten, alternatörler paralel bağlarken aşağıdaki şartlar mutlaka sağlanmalıdır:

- Çıkış gerilimleri eşit olmalıdır.
- Frekansları eşit olmalıdır.
- Çıkış gerilimleri aynı fazda olmalıdır.

Bu şartlar sağlandığında, alternatörler senkronize edilmiş demektir. Üç fazlı iki alternatörü senkronize etmek için yapılması gereken işlemler aşağıda sırasıyla anlatılmıştır.

➤ **Deneyin bağlantı şeması**



Şekil 2.29: Senkron generatörleri senkronlama ve paralel bağlama deney bağlantısı

➤ **Deneyde kullanılan aletler tablosu**

No	Alet Adı	Özelliği	Adet
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Tablo 2.5: Deneyde kullanılan aletler tablosu

➤ **Deney işlem basamakları**

- **G<sub>1</sub>** alternatörünün, santralin ana baralarına belli frekans ve gerilimde enerji verdiğini farzedelim.
- Paralel bağlanacak **G<sub>2</sub>** alternatörünün, **G<sub>1</sub> alternatörü** ile senkronize edildiğini kabul ediyoruz. **G<sub>2</sub>** alternatörünün hızını istenen frekans elde edilinceye kadar yükseltiniz. Aynı zamanda, **G<sub>2</sub>** alternatörünün gerilimini, alan reostası yardımı ile **G<sub>1</sub> alternatörünün** gerilimine eşit olacak şekilde ayarlayınız.
- **G<sub>2</sub>** alternatörünün üç faz çıkış gerilimlerinin, **G<sub>1</sub> alternatörünün** gerilimleriyle aynı fazda olması için; her iki alternatörün faz sırası ve frekanslarının birbirine eşit olması şarttır. Bu şartların sağlanıp sağlanmadığını senkronizasyon lambaları yardımıyla kontrol ediniz.

Şekil 2.29'da üç fazlı iki alternatörü senkronize etmek için kullanılan bir devre görülmektedir. **G<sub>1</sub> alternatörü** yüke enerji vermektedir. **G<sub>2</sub>** alternatörü ise buna paralel bağlanacaktır.

Çalışma gerilimleri, alternatörün çıkış gerilimine uygun üç lambadan her biri, şekildeki gibi birer anahtara bağlanmıştır. Alternatörler birlikte çalışırken şu iki durumdan biriyle karşılaşabilirsiniz:

- Her üç lamba, **G<sub>1</sub>** ve **G<sub>2</sub>** alternatörlerinin frekansları arasındaki farka bağlı bir hız ile hep birlikte yanıp sönebilirler.
- Her üç lamba, alternatörlerin frekansları arasındaki farka bağlı bir hızla, birlikte yanıp **sönemeyebilirler**. Bu durumda **G<sub>2</sub>** alternatörü ile **G<sub>1</sub> alternatörü** arasındaki faz bağlantısı veya sırası aynı değildir.

Şimdi, **G<sub>2</sub>** alternatörünün faz durumunu, **G<sub>1</sub> alternatörününkine** eşit olacak şekilde düzeltmeniz gerekecek. O halde, **G<sub>2</sub>** alternatörünün bağlantı uçlarından herhangi ikisinin yerlerini değiştirmelisiniz.

Yukarıdaki işlem basamakları yapıldığında senkronizasyon lambalarının üçü birlikte yanıp söneceklerdir. Bu bize, alternatörler arasındaki faz bağlantısının doğru olduğunu ifade eder.

- **G<sub>2</sub>** alternatörünü döndüren makinenin hızını biraz ayarlayarak, **G<sub>1</sub>** alternatörü ile eşit duruma getiriniz. Alternatörler arasındaki frekans farkı azaldıkça senkronizasyon lambalarının belli bir hızdaki ışık şiddeti değerinde bir azalma olacaktır. Lambaların parlaklıklarının azalıp çoğalma hızı, iki alternatör arasındaki frekans farkını gösterir.

Örneğin, **G<sub>1</sub> alternatörünün** frekansı 50 saykıl ve deneye yeni giren **G<sub>2</sub>** alternatörünün frekansı da 49 saykıl ise frekanslar arasındaki fark 1 saykıl/saniye dir. Buna göre, senkronizasyon lambaları saniyede bir defa yanıp bir defa sönecektir. Lambalar söndüğü anda, **G<sub>2</sub>** alternatörünün ani polaritesi, **G<sub>1</sub> alternatörünün** frekansı ile aynıdır. Bu anda **G<sub>2</sub>** alternatörünün şalteri kapatıldığında iki alternatör paralel bağlanmış olur.

Senkronizasyon lambaları şalterin uçları arasında direkt olarak bağlanırsa buna üç lambalı karanlık bağlama adı verilir. Bir alternatörün faz sırasını tayin etmek için bu metot her zaman kullanılabilir.

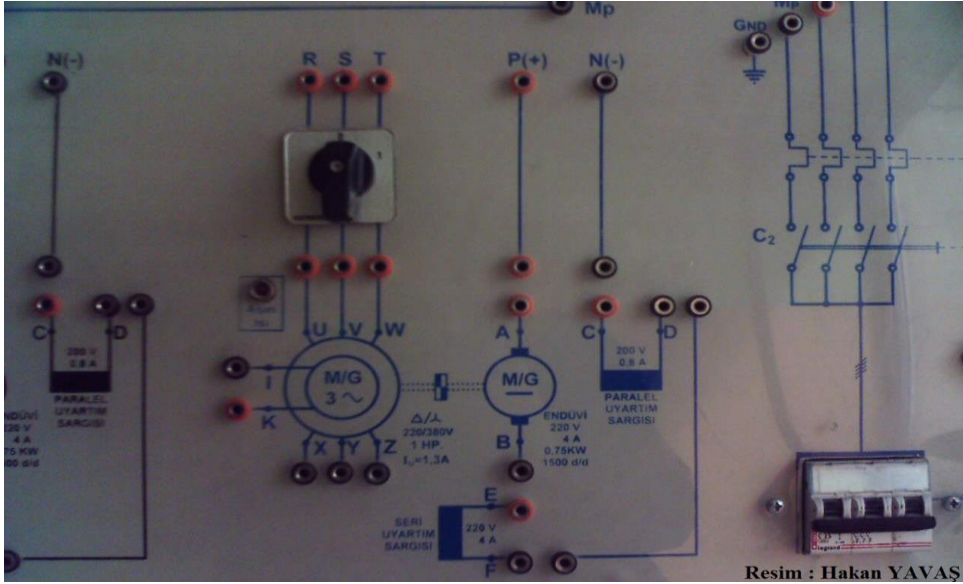
**Alternatörün faz sırası tespit edilip stator sargılarıyla, şalter ve santralin ana baraları arasındaki bağlantıları bir kere yapıldıktan sonra alternatörü devreye paralel olarak her bağlayışımızda, faz sırasını tespit için yapılan işlemi tekrarlamaya gerek kalmaz.**

➤ **Sonuç**

Elektrik santralleri, şebekelerin güç ihtiyacını karşılamak amacıyla başka santrallerle paralel bağlanır. Santrallerde artan güç ihtiyacını karşılamak için gerektiğinde birkaç alternatör paralel bağlanabilir. Paralel bağlanacak alternatörlerde, gerilimlerin eşit olması, frekansların eşit olması, faz sıralarının aynı olması ve birbirine bağlanacak uçlarda faz farkının bulunmaması gerekir.

➤ **Deney sonuçlarının tartışılarak yorumlanması**

Aşağıdaki noktalı yerlere alternatör deneyleri ile ilgili yorumlarınızı kendi ifadelerinizle yazınız.

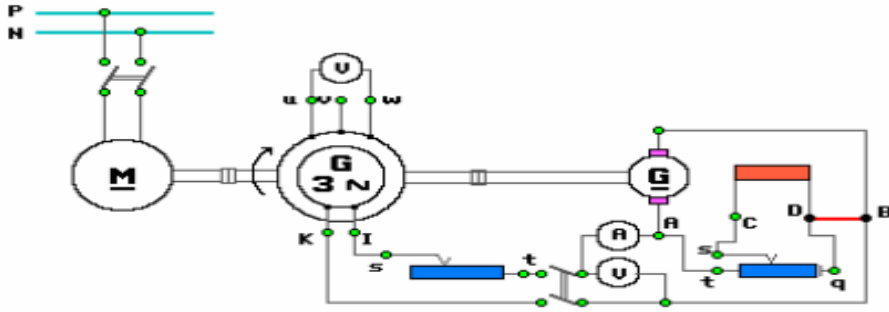


Resim 2.4: Alternatör deneylerinin yapılacağı örnek deney seti



## UYGULAMA FAALİYETİ

- Aşağıda verilen devre şemasına göre, gerekli ölçü aletlerini seçerek alternatörün boş çalışma deney bağlantısını kurunuz. Öğretmeninizin gözetiminde devreye enerji verip alternatör uyarım akımını değiştirerek ölçü aletlerinde okuduğunuz değerleri çizelgeye yazınız. Deney sonunda alternatör bağlantılarını yapabileceksiniz.
- Malzeme Listesi: Voltmetre, Ampermetre, Deney Seti (Alternatör-döndürücü Motor ve Uyarım devresi birleşik (akuple)),Bağlantı Kabloları, AC - (0-400 V), DC - (0-5 A),



Şekil 2.30: Alternatör çalıştırılması

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deney bağlantı şemasına göre bağlantıyı yapınız.</li> <li>➤ Doğru akım motoru yardımı ile alternatöre gerekli mekanik enerjiyi sağlayınız.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Çalışma ortamını hazırlayınız.</li> <li>➤ İş önlüğünüzü giyiniz.</li> <li>➤ Malzemeleri atölye laboratuvar dolabından temin ediniz.</li> <li>➤ Uygunluğunu öğretmeninize danışarak sağlayınız.</li> <li>➤ Uyarım devresi açık olmasına dikkat ediniz.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Alternatöre motor tarafından gerekli mekanik enerji sağlayınız</li> <li>➤ Uyarım devresi şalterini kapatarak reosta yardımı ile uyarım akımını yavaş yavaş arttırınız.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Temiz ve düzenli olunuz.</li> <li>➤ Enerjiyi, öğretmeninizin gözetiminde veriniz.</li> <li>➤ Alternatör uyarım direncini daima aynı yönde hareket ettirmelisiniz.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Her kademede uyarım akımını (<math>I_m</math>) ve alternatör çıkış gerilimini (<math>E</math>) ölçerek çizelgeye kaydediniz.</li> <li>➤ Devre enerjisini kesiniz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Planlı olunuz, sabırlı olunuz.</li> <li>➤ Deney bitiminde kullandığınız malzemeleri yerine koyunuz.</li> </ul>

## KONTROL LİSTESİ

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

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Deney için doğru ölçü aletlerini seçtiniz mi?		
2. Deney işlem basamaklarına ve önerilere göre hareket ettiniz mi ?		
3. Deney sonuçlarını kaydederek gerekli grafiği çıkardınız mı?		
4. Alternatörlerin niçin ve nasıl uyarıldıklarını kavradınız mı?		
5. Çalışma ortamına girerken gerekli güvenlik tedbirlerini aldınız mı?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız, öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Paralel bağlanacak alternatörlerde aşağıdakilerden hangi şart gerekli değildir?  
A) Gerilim eşitliği  
B) Frekans eşitliği  
C) Faz sıralarının aynı olması  
D) Güçlerinin eşit olması
2. Aşağıdakilerden hangisi ile Faz sırasının kontrolü yapılır?  
A) Frekansmetre ile  
B) Ohmmetre ile  
C) Senkronoskop ile  
D) Voltmetre ile
3. Alternatörler aşağıdakilerden hangi enerjiyi üretir?  
A) AA Elektrik enerjisi  
B) DA Elektrik enerjisi  
C) Mekanik enerji  
D) Kimyasal enerji
4. Alternatörlerin uyarıtımı aşağıdaki seçeneklerin hangisi ile yapılmaz?  
A) Serbest uyarıtım  
B) Kendi kendine uyarıtım  
C) Özel uyarıtım  
D) AA ile uyarıtım
5. Alternatörlerin senkron empedansı aşağıdakilerden hangisi ile bulunabilir?  
A) Alternatörlerin paralel çalışma deneyi ile  
B) Alternatörün kısa devre deneyi ile  
C) Alternatörün boş çalışma deneyi ile  
D) Alternatörün hem boş çalışma hem kısa devre deneyi ile

## DEĞERLENDİRME

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

# ÖĞRENME FAALİYETİ-3

## AMAÇ

Bu modülün 3. Öğrenme Faaliyetini tamamladığınızda her türlü yerde, standartlara ve kuvvetli akım yönetmeliğine uygun olarak şalt saha donanım ve tipini hatasız olarak seçebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Yakın çevrenizdeki trafo merkezleri ve şalt sahalarını inceleyiniz.
- Bu merkezlerdeki gerilimlerin hangi değerlerde yükseltip alçaltıldığını araştırınız.
- Şalt sahalarının donanımları ile buralardaki koruma ve güvenlik tedbirlerini araştırınız.

## 3. ŞALT SAHASI

### 3.1. Gerilimlere Göre Şebeke Çeşitleri, Tanımları, Standart Gerilim Değerleri

Elektrik enerjisini üretmeye, iletmeye, dağıtmaya ve tüketmeye yarayan ve bir yerde birbirine bağlanan, elektrikli işletme gereçlerinin tümüne **elektrik tesisleri** denir.

**Şebeke:** Aynı anma gerilimli, birbirine bağlı elektrik tesislerinin tamamına şebeke denir. İletimde kullanılan şebekelere iletim şebekeleri, dağıtımda kullanılan şebekelere de dağıtım şebekeleri diyoruz. Bir elektrik şebekesinde şu özellikler olmalıdır:

- Elektrik iletim ve dağıtım şebekeleri, elektrik enerjisinin üretilmesinden tüketilmesine kadar enerjinin kesintisiz ve güvenilir bir şekilde iletilip dağıtılmasına uygun olmalıdır.
- Elektrik şebekeleri çok iyi planlanmış ve kurulmuş olmalıdır. Şebekede oluşacak arızalar ve olumsuz etkiler tüketicileri ve alıcıları etkilememelidir.
- Dağıtım şebekelerinde hat başında, hat ortasında ve hat sonunda bulunan abonelerin hepsi aynı özellikte (sabit gerilim ve frekansta) elektrik enerjisini kullanabilmelidir.
- Elektrik şebekeleri her an değişen koşullara ve güçlere cevap verebilmelidir.

Kullanıldıkları gerilimlere göre şebeke çeşitlerini 4 grupta inceliyoruz:

- 1) Alçak gerilim şebekeleri ( 1-1000volt arası )
- 2) Orta gerilim şebekeleri ( 1 kV-35 kV arası )
- 3) Yüksek gerilim şebekeleri ( 35 kV-154 kV arası )
- 4) Çok yüksek gerilim şebekeleri ( 154 kV'dan fazla )

### 3.1.1. Alçak Gerilim Şebekeleri

Alçak gerilim şebekeleri 1 volt ile 1000 volt (1kV) arası gerilime sahip olan şebekelerdir. Bu şebekeler dağıtım trafolarından tüketicilere (abonelere) kadar olan elektrik hatlarından oluşur. Alçak gerilimler yalıtımı ve korunması kolay olduğu için abonelere yakın kısımlarda kurulur. Alçak gerilimle yapılan iletimlerde gerilim düşümü ve güç kaybı fazla olduğu için alçak gerilimler iletimden ziyade dağıtım şebekelerinde kullanılır. Ülkemizde alçak gerilim, abonelerde 220 V ve 380 V olarak kullanılıyor.

### 3.1.2. Orta Gerilim Şebekeleri

Orta gerilim şebekeleri 1000 volt (1 kV) ile 35 000 volt (35 kV) gerilimler arasındaki şebekelerdir. Bu şebekeler yüksek ve çok yüksek gerilim şebekeleri ile alçak gerilim şebekelerinin birbirine bağlanması işleminde kullanılır. Yüksek gerilimlerin direkt olarak abonelere verilmesi izolasyon ve güvenlik açısından uygun değildir. Bu sebeple yüksek gerilimler uygun değerlere indirilerek orta gerilim şebekelerine bağlanır. Orta gerilim şebekeleri küçük şehirler ve sanayi bölgelerine elektrik enerjisinin taşınmasında kullanılır. Orta gerilimler şehirlerin girişindeki dağıtım trafolarına bağlanır. Buradan abonelere dağıtılır. Türkiye'de kullanılan orta gerilim şebekelerinde 10, 15 ve 33 kV'lık gerilimler kullanılmaktadır. Orta gerilim şebekelerinde kullanılan enerji nakil hatlarının (ENH) uzunluğuna göre hat gerilimi tespit edilir. Buna göre şu genellemeyi yapabiliriz:10 km'ye kadar olan uzunluklarda 3 ile 10 kV, 20 ile 30 km arasındaki uzunlukta hatlarda 10-20 kV, 30 ile 70 km arasındaki uzaklıklarda 20-35 kV'luk gerilimler kullanılması uygun olurken **70 km'yi geçen** uzunlukta hatlarda yüksek gerilimler kullanılmaktadır.

### 3.1.3. Yüksek Gerilim Şebekeleri

Yüksek gerilim şebekeleri 35 kV ile 154 kV arasındaki gerilimi kullanan şebekelerdir. Elektrik enerjisinin üretildiği santrallerden başlayan ve büyük şehirler ile bölgelerin başlangıcı arasında kullanılan şebekelerdir.

**Yüksek** gerilimde dağıtım yapılmaz. Yüksek gerilimler iletime en uygun gerilimlerdir. Çok uzak **mesafelere** enerji iletiminde alçak gerilimlerde güç kaybı çok olurken yüksek gerilimlerde güç kaybı az olduğu için yüksek gerilimler çoğunlukla iletim şebekelerinde kullanılır. Türkiye'de kullanılan yüksek gerilim **değerleri** 66 ve 154 kV'dır. Mesela, Kuzey -Batı Anadolu Şebekesi 154 kV'luk gerilimle Güney Anadolu Şebekesi de 66 kV'luk gerilimle beslenmektedir.

**Yüksek gerilim şebekelerinde,**  
70-150 Km arasındaki uzaklıklarda 60-100 kV,  
150-230 km arasındaki uzaklıklarda 100-154 kV ve  
230 km'den uzun hatlarda çok yüksek gerilimler kullanılır.

### 3.1.4. Çok Yüksek Gerilim Şebekeleri

Çok yüksek gerilim şebekeleri 154 kV'un üstündeki gerilimi kullanan şebekelerdir. Türkiye'de çok yüksek gerilim olarak 380 kV kullanılmaktadır. Bazı yabancı ülkelerde 500 ve 750 kV'a kadar gerilimler kullanılmaktadır. Şehirlerarası ve santraller arası bağlantı için çok yüksek gerilim şebekeleri tesis edilir. Ülkemizde Atatürk Barajı'ndan İstanbul'a hatta İzmir'e kadar uzanan 380 kV gerilimli şebekesi mevcuttur. Bursa Ovaakça doğal gaz kombine çevrim santral trafosu çıkışı 380 kV'tur.

## 3.2. Dağıtım Şekillerine Göre Şebeke Çeşitleri, Tanımları, Prensipler ve Şemaları

Elektrik enerjisinin üretildiği santraller çoğu zaman yerleşim birimlerine uzak olur. Bazı yerlerde ise hiç santral yoktur. Bu sebeple üretilen elektrik enerjisini iletmek yani taşımak gerekir. Elektrik enerjisinin tüketicilere ulaştırılması için tesis edilen iletim ve dağıtım şebekeleri, iletim ve dağıtımın yapılacağı şehir, köy ve benzeri yerlerin özelliklerine göre; en uygun, güvenli ve kesintisiz enerji verebilecek nitelikte olmalıdır.

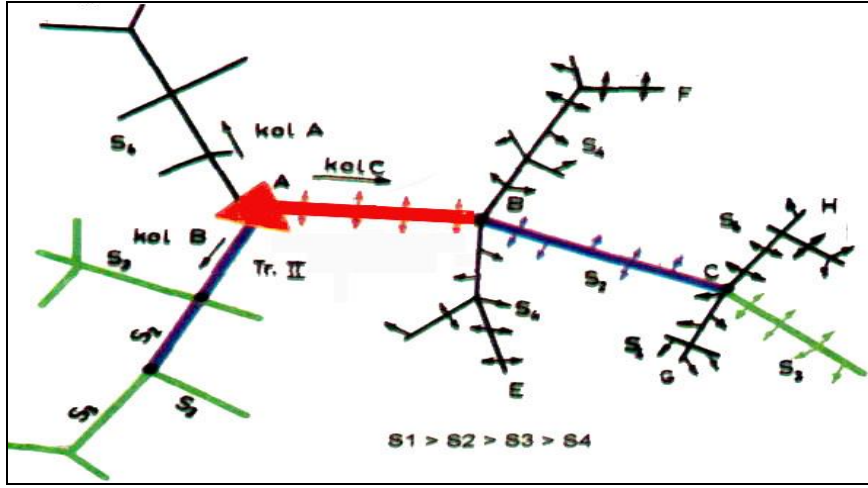
Yerleşim birimleri ve sanayilerdeki cadde, yol, meydan ve geçitler boyunca döşenen hat parçalarının birbirine eklenmesinden, kollar ve kolların birbirine eklenmesinden de **dağıtım şebekeleri meydana gelir**. Elektrik şebekelerinin kurulmasında alıcıların, teknik yönden uygun ekonomik ve ergonomik beslenmesi ana kuraldır. Bu kuralları yerine getirebilmek için değişik şebeke sistemleri geliştirilmiştir. Dağıtım şekillerine göre en uygun olan ve kullanılan şebeke sistemleri şunlardır:

- **4 grupta incelenir.**
  - Dalı şebekeler
  - Ring şebekeler
  - Ağ şebekeler
  - Enterkonnekte şebekeler

### 3.2.1. Dalı (Dalbudak) Şebekeler

Yerleşim merkezleri olan sanayi merkezleri, şehir, kasaba, köy gibi yerlerde beslemesi genellikle tek kaynaktan yapılan ve şekli ağacın dallarına benzeyen şebeke türüne dalı şebeke denir. Dalı şebekede, dağıtım trafoları, elektrik enerjisinin dağıtılacağı yerin yük bakımından ağırlık merkezlerine yerleştirilir. Bu trafodaki elektrik, bir ağacın dalları gibi önce kalın kollara daha sonra ince kollara ve dallara ayrılarak son aboneye kadar ulaşır. Dağıtım şekli bir ağacın dallarına benzediği için bu şebeke tipine dalı (dalbudak) şebeke denir.





**Şekil 3.1: Dalı şebekede ana hatlar ve branşmanlar**

Dalı şebekede dağıtım trafosuna yakın olan kısımlarda kullanılan ve kalın kesitli hatlara **ana hat** denir. Trafodan uzaklaştıkça incelen ve son alıcıya kadar ulaşan hatlara da (dallara) **branşman** hatları denir. Şekil 3.1'deki A,B ve C kollarındaki kalın kesitli hatlar ana hatları, E,F,G ve H gibi ince kesitli hatlar da branşman hatlarını göstermektedir.

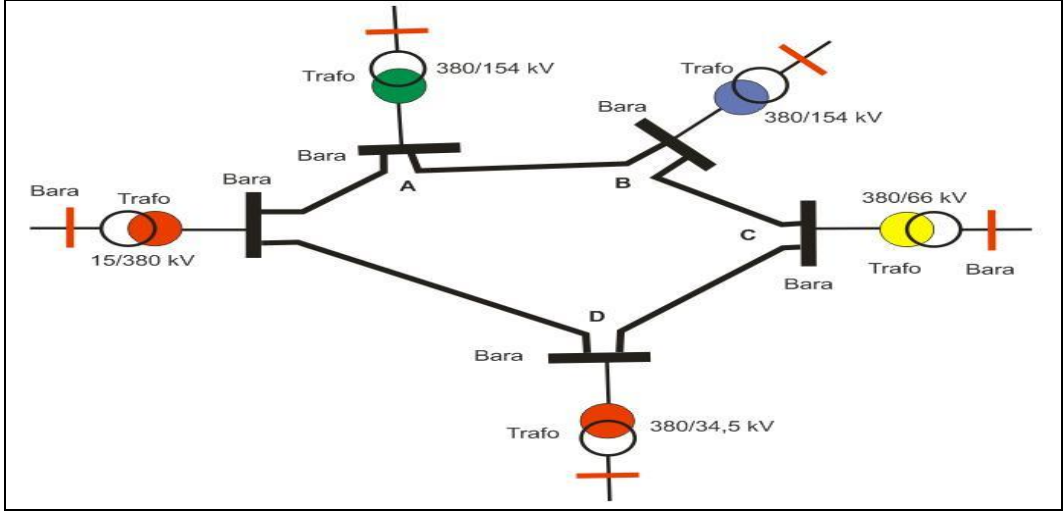
Dalı şebekeler, tesis bedellerinin ucuz, bakım ve işletmelerinin kolay olması, oluşan arızaların kolay tespit edilmesi gibi sebeplerden dolayı tercih edilir.

Bu avantajları yanında sakıncalı olan özellikleri de vardır. Dalı şebekelerde emniyet azdır, arıza olduğunda çok sayıda abone enerjisiz kalabilir. Hatlarda gerilim eşitliği yoktur. Dağıtım trafosundan uzaklaştıkça alıcılara ulaşan gerilim düşmektedir.

### 3.2.2. Ring (Halka) Şebekeler

Şehir, kasaba, köy ve sanayi merkezlerinde uygulanan, beslemenin birden fazla trafo ile yapıldığı ve bütün trafoların birbirine paralel şekilde kapalı bir sistemin oluşturduğu şebeke tipine **ring şebeke** denir.

Ring şebekelerde besleme birden fazla trafo ile yapıldığı için ring içerisinde bir arıza olması hâlinde; sadece arıza olan kısım devre dışı kalarak çok az sayıda abonenin enerjisiz kalması önlenir. Ring içerisindeki elektrik hatlarının kesitleri her yerde aynıdır. Bu sebeple tesis maliyeti yüksektir. Dalı şebekelere göre daha güvenlidir. İleride alıcıların artmasıyla hatların çekilen akımı taşımaması durumunda tesisin yenilenmesi çok pahalıya mal olur. Çünkü ring şebekelerde tüm hatların değiştirilmesi gereklidir. Dalı şebekelerde ise akımı fazla olan hattın değiştirilmesi yeterli olacaktır.

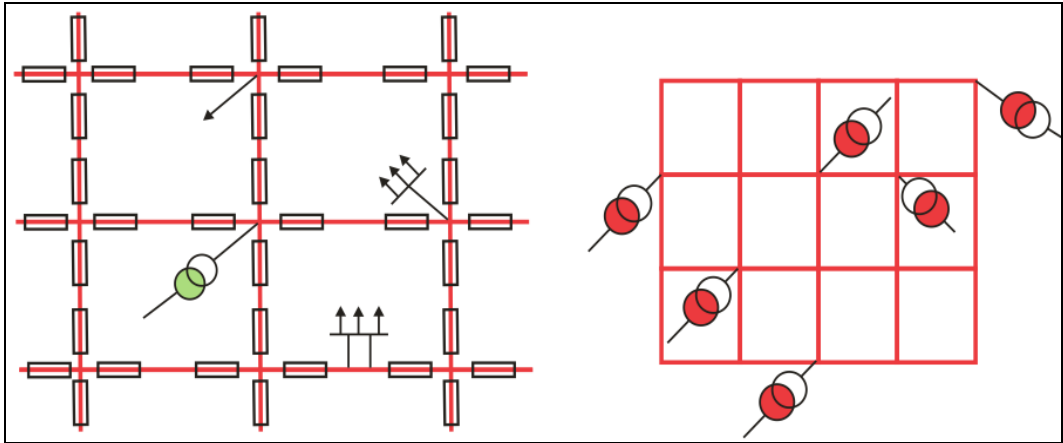


Şekil 3.2: Ring şebeke prensibi

### 3.2.3. Ağ (Gözlü) Şebekeler

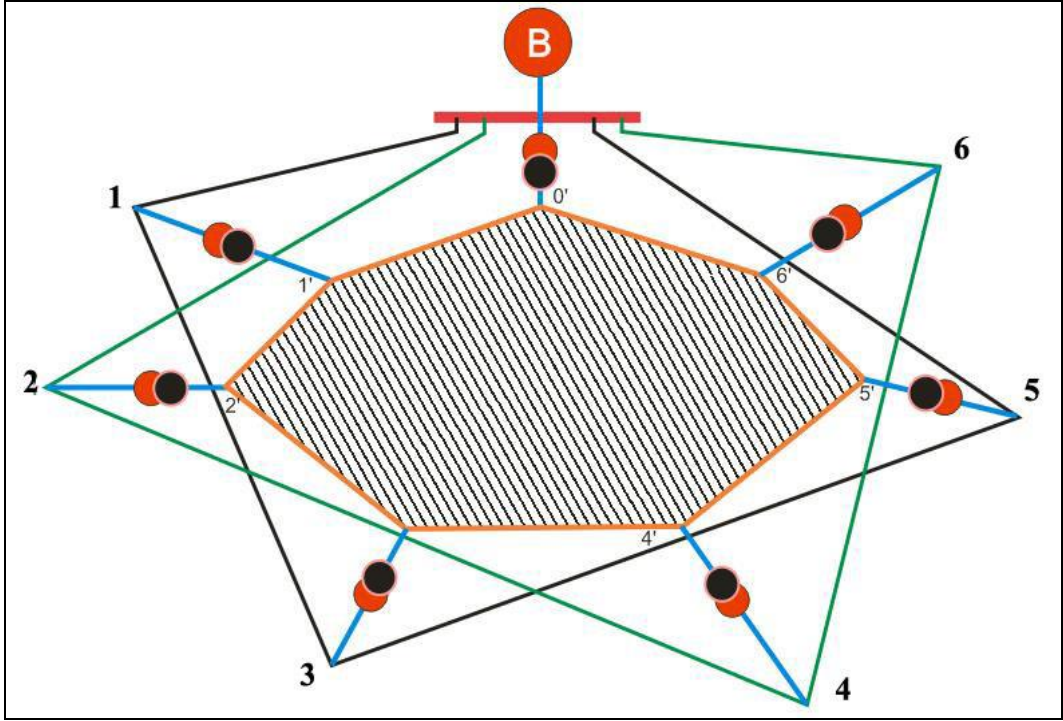
Şehir, kasaba, köy ve sanayi merkezlerinde uygulanabilen beslemenin birden fazla trafo ile yapıldığı ve alıcıları besleyen hatların bir ağ gibi örülerek gözlerin oluşturulduğu şebeke tipine **ağ şebeke** denir.

Ağ şebekeler de ring şebekeler gibi beslemenin sürekli yapılabildiği, arızanın sadece arıza olan yeri etkilediği bir sistemdir. Arıza olduğunda arızalı kısım sigortalar veya özel koruma elemanları ile devre dışı bırakılır. Diğer kısımların enerjisi kesilmez. Bazı ağ şebekelerde besleme bir yerden yapılır. Bu durumda yine kesintisiz enerji verebilir. Fakat trafo arıza yaptığında şebekenin tamamı enerjisiz kalır.



Şekil 3.3: Bir yerden beslenen ve birkaç yerden beslenen ağ (gözlü) şebekeler

Ağ şebekelerinin kesintisiz enerji alınması, gerilim düşümünün çok az oluşu, sisteme güçlü alıcıların bağlanabilmesi gibi avantajları vardır. Bütün bunların yanı sıra ağ şebekelerinin kuruluşları, işletimleri ve bakımları zordur. Kısa devre akımı etkisinin büyük olması gibi sakıncalı tarafları vardır.



**Şekil 3.4: Gözlü bir şebekenin çift halka (ring) yüksek gerilim şebekesinden beslenmesi örneği**

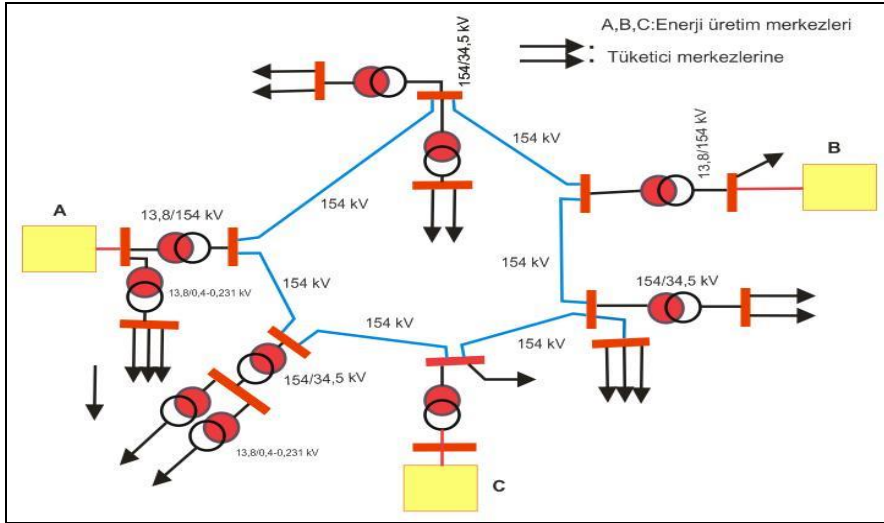
Şekil 3.4'te çift ring şebekeden, ağ şebekenin beslenmesi görülmektedir. Bu durumda ağ şebeke, ring şebekelerden birinin arıza yapması hâlinde diğer ring şebekeden enerjiyi alır. Şekilde (0',1',2',3',4',5',6') numaralar ağ gözülü şebekeyi, (1,3,5) ile (2,4,6) numaralar da iki ayrı ring şebekeyi, B ise santrali ifade etmektedir.

### 3.2.4. Enterkonnekte Şebekeler

Taşımada, iletimde, nakilde kârlılık ve güvenilirliğin artırılmasında özellikle önemli miktarlardaki enerji alışverişi için iki ya da daha fazla sistem veya şebeke arasında bölgeler arası ya da uluslararası bağlantı olanağı sağlayan elektriksel sistemdir.

Bu tip şebekelerde, o bölgedeki bütün elektrik üretim ve tüketim araçları büyük küçük ayrımı yapılmaksızın sisteme dahil edilmektedir. Enterkonnekte şebekenin; kesintisiz elektrik sağlayabilme, yüksek verim, ekonomik olması gibi avantajları vardır. Bununla birlikte kısa devre akımlarının yüksek oluşu ve sistemin kararlılığının sağlanmasının zor oluşu gibi sakıncaları vardır.

Enterkonnekte sistemde bir arıza olduğunda, sadece arıza olan yerin enerjisi kesilir. Diğer kısımlarda enerjinin sürekliliği bozulmaz. Sistem içerisinde bir bölgede arızalanan santral veya trafolar devre dışı bırakıldığında diğer santral ve trafolar bu bölgeleri beslemeye devam eder. Her ülkenin kendi alıcılarını beslediği bir enterkonnekte şebekesi vardır. Aynı zamanda bazı komşu ülkelerin sistemleri birbirine bağlanabilir. Ülke içerisinde kendi başına çalışan küçük santraller ve beslenen aboneler olabilir. Bunlar sistemi etkilemez. Ülkemizde de bir enterkonnekte şebeke vardır. Bu sistem içinde TEDAŞ'a, ayrıcalıklı şirketlere, üretim şirketlerine ve otoprodüktörlere ait tam kapasiteyle çalışan 350 kadar elektrik santrali vardır. Bütün bu santraller enterkonnekte şebeke kapsamında birbirlerine paralel bağlıdır. 40428,5 km uzunluğundaki enerji nakil hatları ile bu santraller ve yerleşim birimleri arasında bir ağ şeklinde şebeke tesis edilmiştir. Türkiye'deki enterkonnekte sistem Bulgaristan, Rusya, Irak, Suriye ve Gürcistan ülkelerinin şebekelerine bağlıdır. Bu bağlantılardan elektrik alışverişi yapılabilmektedir.



Şekil 3.5: Enterkonnekte şebeke prensibi

### 3.3. Şalt Sahası

#### 3.3.1. Tanımı

Trafo merkezlerinde güç trafoları, baralar, bir kısım yardımcı teçhizat ile bu cihazları irtibatlandırmakta kullanılan çeşitli bağlama elemanlarının (kesici ve ayırıcılar) bir arada bulunduğu, **enerjinin toplandığı ve dağıtıldığı** açık hava tipi tesislerdir.

Kapalı yerlerde bulunan şalt tesislerine ise şalt dairesi denir.

### 3.3.2. Şalt Sahasında Bulunan Donanımların Tanımı

Şalt sahası, elektrik santrali ile enterkonnekte şebeke arasında bağlantıyı sağlayan yüksek gerilim ünitelerinin bulunduğu yerdir. Yüksek gerilim ünitelerinin en önemlilerinden birisi transformatördür.

Şalt sahasında, kumanda binasındaki ölçü aletlerine bağlı akım ve gerilim trafoları bulunur.

Enterkonnekte sistemde, şalt sahalarının kumanda binaları arası haberleşmesini sağlayan enerji nakil hatlarının herhangi bir fazının üzerine bağlanan kuranportör hat tıkaçları da şalt sahasında bulunur.

Elektrik enerjisinin iletimini sağlayan enterkonnekte şebekede hava hatlarını taşıyan pylonlar (direkler) da şalt sahalarında bulunan ünitelerdir.

Ayırıcılar, kesiciler, baralar, transformatör ve yardımcı gereçlerin bir arada tesis edildiği yerlerdir. Elektrik enerjisini toplamaya veya dağıtmaya yarayan ünitelerden oluşur. Şalt sahası üniteleri gerilimlerin büyüklüğü sebebiyle açık sahaya yerleştirilir. **Şalt salonu üniteleri ise** kapalı yerlere monte edilir. Ancak bazen de açık sahaya tesis edilir. Şimdi bu teçhizatların tanımlarını ve görevlerini inceleyelim:

#### 3.3.2.1. Güç Trafosu

Alternatif akımda, güç sabit kalmak şartı ile elektrik enerjisinin gerilim ve akım değerlerini ihtiyaca göre değiştirmeye yarayan elektrik makinelerine transformatör diyoruz.

Elektrik enerjisi santrallerde üretildikten sonra abonelere ulaşana kadar değişik işlemlerden geçer. İlk önce santral çıkışında elektrik enerjisinin gerilimi yükseltilir. Böylece iletim yüksek gerilimle yapılmış olur. Şehir veya kasabaların girişinde yüksek gerilim (YG) düşürülerek orta gerilim hâline getirilir. Son olarak da orta gerilim (OG) dağıtım trafoları yardımıyla alçak gerilime çevrilir. İşte bu işlemler yerine getirilirken değişik büyüklükte ve özellikte trafolar kullanılır.

Transformatörleri, amaçları bakımından yapılış tarzlarına göre;



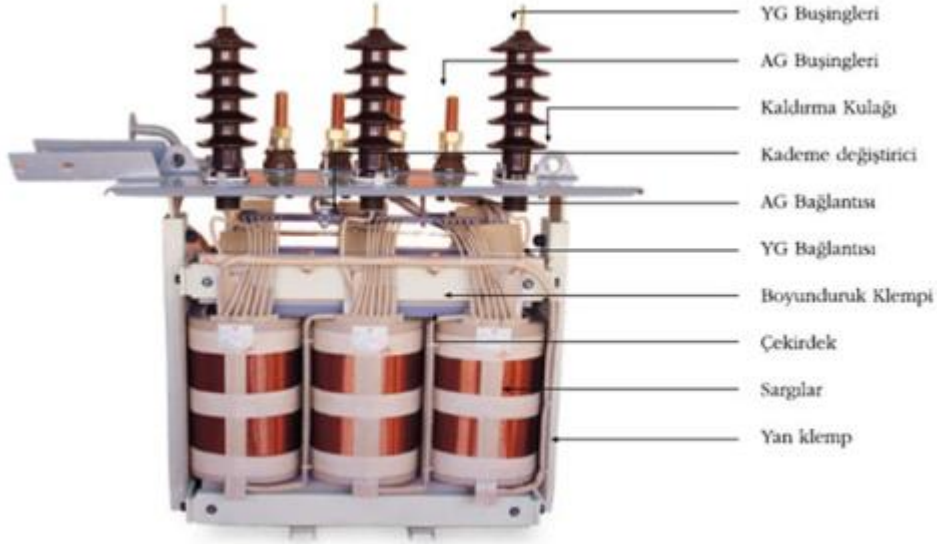
**Resim 3.1: Şalt sahasında güç trafosu**

- Güç (dağıtım) trafoları
- Ölçü (akım ve gerilim) trafoları
- Özel maksatlı trafolar olarak sınıflandırabiliriz.

Güç transformatörü, yükseltici-indirici merkezler arası enerji iletiminde kullanılan YG/YG transformatörüdür.

Güç trafoları, trafo merkezlerinin en önemli kısmıdır. Merkez içerisinde hava alabilen ve acil durumlarda müdahalesi kolay olabilecek uygun bir yere yerleştirilir.

- **Güç (dağıtım) transformatörlerinin elemanları;**
  - Demir nüve: Manyetik akım oluşmasını sağlar.
  - Primer sargılar: İnce ve çok sipirli olup transformatörün giriş kısmıdır.
  - Sekonder sargılar: Kalın ve az sipirli olup transformatörün çıkış kısmıdır.
  - İzolasyon yağı: Sarımlar sargılar arası ve gövde tank arası izolasyonu ve soğutmayı sağlar.
  - Ana tank: Sargıların, nüvenin ve yağın bulunduğu kısımdır.
  - Rezerve tankı: Genleşme ve yedek yağ tankıdır.
  - Yağ seviye göstergesi: Rezerve yağ servisini görmek içindir.
  - Radyatör: Transformatör yağının soğutmasını sağlar.
  - Tekerlekler: Transformatörü taşımaya yarar.
  - OG – AG buşingi: OG ve AG fazlarının bağlantı terminalleridir.
  - Ark boynuzu: Enerji nakil hatlarında bir gerilim yükselmesinde transformatörü koruyan elemanlardır.
  - Termometre: Transformatörün ısı derecesini gösterir.
  - Gerilim kademe komütatörü: OG gerilim seviyesini ayarlamaya yarar.
  - Taşıma kancaları: Transformatörü montaj ve demontaj işleminde kaldırmaya yarar.



**Resim 3.2: Dağıtım trafosu iç yapısı**

### **3.3.2.2. Kumanda elemanları (kesici ve ayırıcılar)**

Orta gerilim ve yüksek gerilim sistemlerinde, enerji hatlarının açma ve kapama işlemlerini yapan elemanları vardır. Bunlar;

- Ayırıcılar
- Kesiciler

#### **➤ Ayırıcılar**

Orta ve yüksek gerilim sistemlerinde devre yüksüz iken açma ve kapama işlemi yapabilen ve açık konumda gözle görülür bir ayırma aralığı oluşturan şalt cihazıdır. Tesis bölümlerini birbirinden ayırıp bakım ve kontrol işlerinin güvenli bir şekilde yapılmasını sağlar.





Resim 3.3: Bir trafo merkezindeki yüksek gerilim ayırıcılar

➤ **Kesiciler**

Yüksek gerilimli ve büyük akımlı şalterlerde, yük akımını ve kısa devre akımlarını kesmeye yarayan şalt cihazlarıdır. Üç faz ya da tek faz kumandalı olabilir.

Bu cihazlar devreyi boşa, yükte ve özellikle kısa devre hâlinde açıp kapayabildikleri gibi otomatik kumanda yardımı ile açılıp kapanmasına da olanak sağlar. Böylece insanları tehlikeden korumakta, alçak ve yüksek gerilim cihazlarında meydana gelebilecek hasarı önleyip en aza indirmektedirler.



Resim 3.4: Bir şalt merkezindeki kesici montajı

Konu ile ilgili diğer bilgiler; **Ayrıcılar ve Kesiciler Modüllerinde** ayrıntılı olarak verilmektedir.

### 3.3.2.3. Bara Düzenegi

Santrallerde üretilen enerjiyi dış devrelere ve abonelere baralar yardımı ile iletilir. **Baralar**, elektrik teçhizatının birleştiği düğüm noktalarıdır.

Genellikle **bakırdan ve alüminyumdan** yapılmaktadır. Bakır boru, lama veya tel şeklinde olabilir. Alüminyumu işleme teknolojisinin gelişmesi ile artık alüminyum baralar da bakır baralar kadar kullanım alanı bulmaktadır.

Santrallerde, trafo merkezlerinde, şalt sahalılarında, ölçme merkezlerinde tablolarda ve benzeri yerlerde kullanılan baralar çeşitli renklerle boyanırlar. R-S-T fazlarının bağlandığı baralar sırası ile sarı, yeşil ve mor renklerle boyanır.

#### ➤ **Bara sistemleri çeşitleri, tanımları, prensip şekilleri**

Baralar genel olarak dört şekli de düzenlenir. Bunlar;

- Tek bara sistemi
- Çift bara sistemi
- Yardımcı bara sistemi
- Santral iç ihtiyaç baralarıdır.

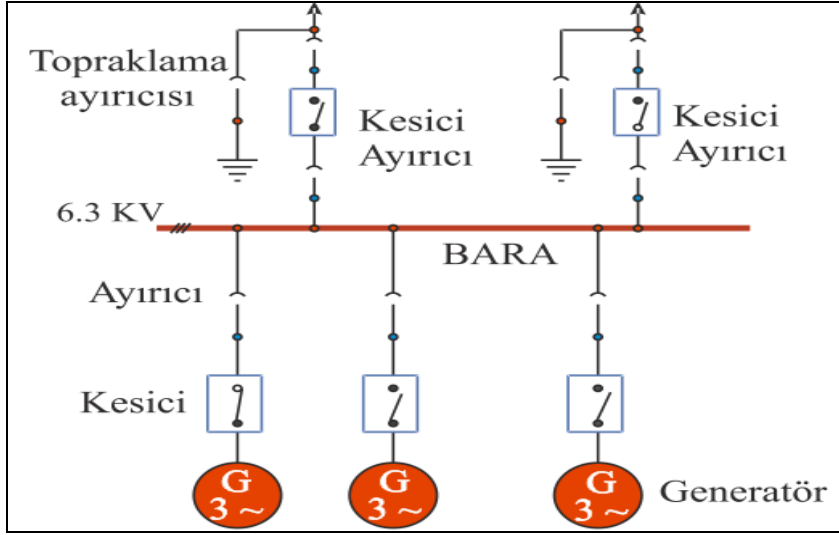
Çeşitli bara sistemleri içinde en uygun olanının seçiminde şu faktörlere dikkat etmek gerekir:

- Yükün cinsi ve miktarı
- Kullanılacağı yerin özelliği
- Besleme kaynaklarının sayısı
- Beslemenin sürekliliği
- Ekonomik durum
- Emniyet

Şimdi **bara sistemlerini** sırası ile inceleyelim.

#### • **Tek Bara Sistemleri**

Küçük güçlü santraller ile devre açmalarının önemli olmadığı yerlerde tek baralı sistemler kullanılır. Tek baralı sistemlerde emniyet ve işletmenin sürekliliği, çift baralı sistemlere göre daha azdır. Tek baralı sistemlerin en büyük sakıncası, arıza sırasında sistemin akımsız kalmasıdır. Generatör veya trafo kesicilerinde bir arıza olması durumunda tüm fiderlerin (besleme hatlarının) enerjisi kesilir. Bu sebeple kesintinin (intikanın) önemli olmadığı yerlerde kullanılabilir.

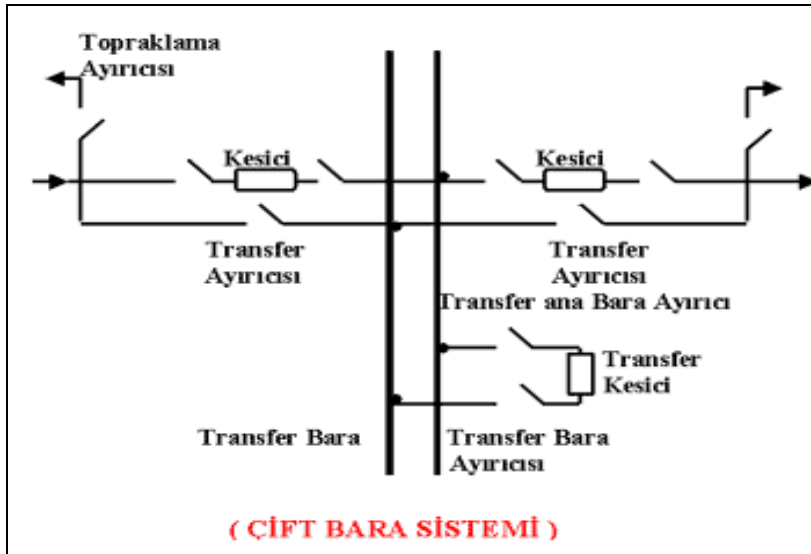


Şekil 3.6: Tek baralı sistem

- **Çift bara sistemleri**

Büyük işletmelerle, enerji kesilmelerinin büyük zararlara yol açacağı yerlerde çift baralı sistemler kullanılır. Çeşitli gerilim basamakları bulunan bir işletmede de çift baralı sistemler kullanılabilir.

Daha önce açıklanan tek baralı sistemlerde baradaki bir arıza, alıcıları enerjisiz bırakabiliyordu. Ancak bazı düzenlemeler ile örneğin barayı bölümlere ayırarak da duruma az da olsa engellenebilir.



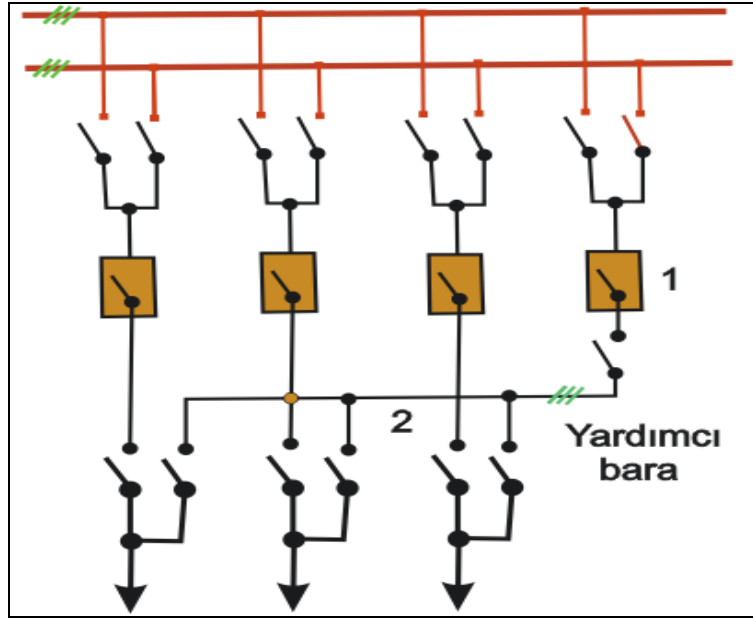
Şekil 3.7: Çift baralı sistem

Ara bağlantılı ayırıcılar kullanılacak olursa sistemde sıra gözetilmeksizin açma kapama yapılabilir.

Şebekelerde oluşacak kısa devre akımlarının zararlı etkileri reaktans bobinleri kullanarak azaltılabilir. Çift bara sistemi birkaç gruptan oluşursa gruplar arasında ayırıcılar konarak baralar bölümlere ayrılabilir. Bunun faydası arızalı kısmı ayırmak, kısa devre akımlarını sınırlamak ve bakım yapılırken enerji kesilmelerini önlemektir.

- **Yardımcı baralı sistemler**

Çok sık açma ve kapamaların yapıldığı yerlerde, işletme emniyeti bakımından kullanılan bara sistemleridir. Üçüncü bara olarak da adlandırılır. Şekil 3.8’de yardımcı baralı bir sistem görülmektedir.



Şekil 3.8: Yardımcı baralı bir sistem

Burada 1 Nu.lı kesici, yedek kesici olarak bulunmaktadır. Kesicilerden birinde bir arıza olursa o kesici devre dışı edilerek bunun yerine 1 Nu.lı yedek kesici üzerinden beslemenin sürekliliği sağlanabilir.

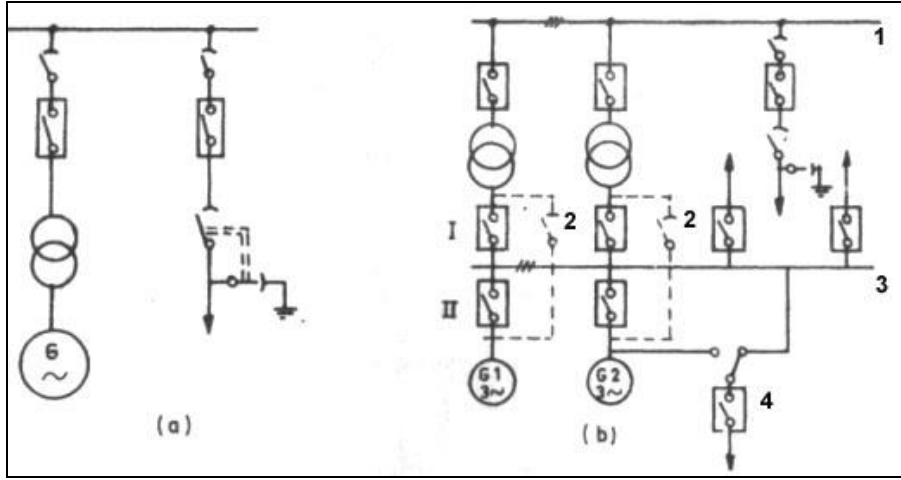
Beslemenin sürekliliğini sağlamak için daha başka bara sistemleri de vardır. Yer darlığı olan işletmelerde U baralı sistemler kullanılabilir. Burada görüldüğü gibi baralar U şeklinde düzenlenmiştir.

- **Santral iç ihtiyaç baraları**

Santrallerde birçok hizmetlerin yürütülebilmesi için iç ihtiyacın karşılanması gerekir. İç ihtiyaç için kullanılacak enerji miktarı santralin büyüklüğüne, santralin çeşidine ve çalışma sistemine bağlıdır. Santrallerin aydınlatma sistemi, ısıtma, soğutma ve havalandırma

sistemleri, pompalar, röleler ve akü şarj devre sistemlerini beslemek gibi iç ihtiyaçları vardır. Santrallerin enerji üretiminin ve beslemenin sürekliliği iç ihtiyaçlarının sağlıklı olarak karşılanması ile mümkündür.

Bu iç ihtiyaçların karşılanması amacıyla yüksek gerilim barasından enerji alınmasına gerek yoktur. Şekil 3.9'da görüldüğü gibi iç ihtiyaç generatör gerilimindeki 3 Nu.lı baradan sağlanabilir. 3 Nu.lı barada arıza olursa 2 nu.lı ayırıcılar yardımıyla trafolar beslenerek enerji gönderimi devam ettirilir. Şekilde 1 Nu.lı bara yüksek gerilim, 3 Nu.lı bara ise generatör gerilimindeki baradır.



Şekil 3.9: Santrallerin iç ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılan bara sistemi

#### 3.3.2.4. Ölçü Trafoları

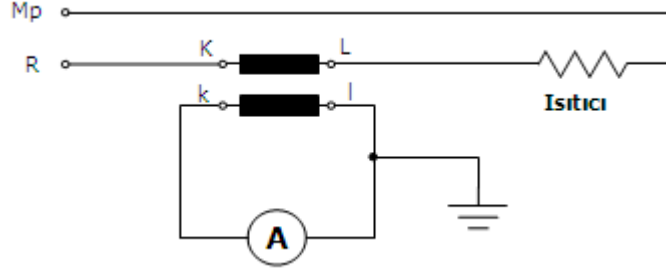
Endüstride birçok tesiste AC elektrik enerjisi kullanılır. Bu tesislerin koruma ve kontrol devrelerinde ölçü aletleri ve röleleri vardır. Bu durum yüksek gerilim ve büyük akımların ölçülmesini zorunlu kılmaktadır. Bu işlemin direkt olarak yapılması çok zor ve tehlikelidir. Çünkü ölçü aletlerinin yüksek gerilime ve büyük akım değerlerine dayanacak şekilde yapılması mümkün değildir. Bu gibi devrelerde belirli standartlarda yapılmış, ucuz ve küçük yapılı ölçü aletleri ve kontrol cihazlarının yüksek gerilim ve büyük akımlı hatlara bağlanmasını sağlayan transformatörler kullanılır. Bu transformatörlere **ölçü transformatörleri** denir. Ölçü transformatörlerinin sekonder uçlarına ampermetre, voltmetre, wattmetre, sayaç ve koruma röleleri bağlanır. Ölçü transformatörleri iki bölüme ayrılır:

- Akım transformatörleri
- Gerilim transformatörleri

- Akım transformatörleri

Büyük değerli akımların ölçülmesinde akım transformatörleri kullanılır. Akım transformatörü; normal kullanma şartlarında primer akımını belli bir oran dahilinde düşüren ve primer akımı ile sekonder akımı arasındaki faz farkı sıfır derece olan bir ölçü

transformatörüdür. Rölelerin ve ölçü aletlerinin yüksek gerilim sisteminden yalıtımını da sağlar. Devreye seri olarak bağlanan sargılarına primer; röle ve ölçü aletlerini besleyen sargılarına sekonder denir. Primer devre akımının, sekonder devre akımına bölünmesi akım trafosunun dönüştürme oranını belirtir.



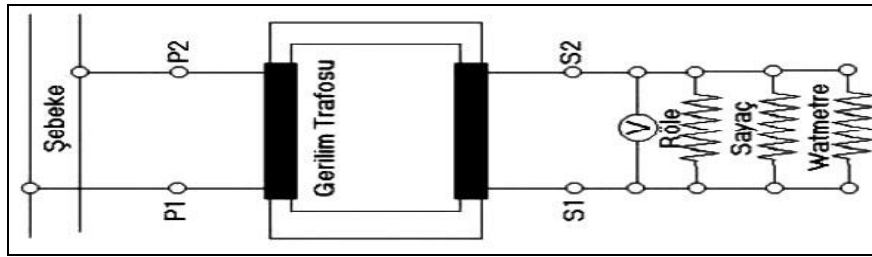
Şekil 3.10: Akım trafosunun devreye bağlanması ve akım ölçme

- **Gerilim transformatörleri**

Yüksek gerilimleri ölçmek veya koruma rölelerini çalıştırmak için gerilim trafoları kullanılır.

Gerilim transformatörü; yüksek gerilimi belli bir oran dahilinde düşüren ve primerle sekonder gerilimleri arasındaki faz farkı yaklaşık sıfır derece olan bir transformatördür. Röle ve ölçü aletlerinin düşük gerilimle çalışmasını sağlar.

Gerilim ölçü transformatörünün sekonder tarafı (küçük gerilim tarafı) daima topraklamalıdır. Topraklama tehlikeli temas gerilimine karşı can ve mal emniyetinin sağlanması bakımından zorunludur. Primer ve sekonder tarafa (kısa devreye karşı koruma ) sigorta konulur. Toprak hattına kesinlikle sigorta konulmaz.



Şekil 3.11: Gerilim trafosunun devreye bağlanması ve gerilim ölçme

### 3.3.2.5. Koruma Elemanları

Yüksek gerilim şalt tesislerinde, enerji nakil hatlarında (ENH), yüksek arıza akımlarının ve gerilimlerinin meydana getireceği ısı ve diğer olumsuz etkilere karşı koruyucu görevi yapan devre elemanlarıdır. Koruma görevi yapan devre elemanları şunlardır:

- **Yüksek gerilim NH sigortaları**
- **Parafudurlar**
- **Kuşkonmazlar**

- **İzolatörler**
- **Paratonerler**
- **Koruma röleleridir.**

- **Yüksek gerilim NH sigortaları**

Sigorta, üzerinden aşırı akım geçtiğinde devreyi açan bir eleman olarak tanımlanır. Güç trafoları, dağıtım trafoları ve bazı durumlarda da hatları korumakta kullanılır. Yüksek gerilim şebekelerinin herhangi bir noktasında meydana gelen arıza, arızalı işletme elemanı üzerindeki koruma elemanı tarafından ortadan kaldırılmalıdır. Sistemin diğer kısımlarının çalışmaya devam etmesini sağlayan koruma elemanlarına NH sigortaları denir.

- **Parafudurlar**

Yüksek gerilim tesislerinde hat arızaları, yıldırım düşmeleri ve kesici açması gibi manevralar sonucu meydana gelen aşırı ve zararlı çok yüksek gerilim şoklarının etkisini önleyen koruma elemanıdır. Ayrıca iletim hatlarında oluşan yürüyen dalgaların tahrip etkisini önleyen cihazlardır.

Parafudurlar emniyet subabı gibi çalışır. Aşırı gerilim dalgalarını toprağa aktarır. Yüksek gerilim iletkeni ile toprak arasına bağlanır. Parafudur bir direnç ile buna seri bağlı bir ark söndürme elemanından oluşur.

- **Kuşkonmazlar**

Yüksek gerilim enerji nakil hatlarını taşıyan direklerde bulunan traverslerdeki izolatörlerin bağlantı yerinin üst kısmına kuşların konması veya yuva yapması istenmez. Bu nedenle traverslerin bu kısmına kuşların konmaması için bir kuşkonmaz malzemesi montaj edilir ve arası çapraz şekilde galvanizli ince bir bağlama teli ile bağlanır.

- **İzolâtörlerin korunması**

İzolatörler hava hattı iletkenlerini direklere tespit etmeye yarar. Yüksek gerilim hava hatlarında kullanılan izolatör zincirinde koruma elemanları yoksa gerilim dağılımı düzgün değildir. Genel olarak yüksek gerilim hattının bağlandığı izolatör elemanına en büyük gerilim, ortadaki elemana en küçük gerilim ve topraklı uca bağlı olan elemana da biraz daha fazla gerilim düşer.

- **Paratonerler**

Paratoner, yıldırımı tehlikesizce toprağa ileten koruma tesisatıdır. Yıldırım düşen yerde büyük zararlar oluşur. Bu nedenle, yüksek yapılara, elektrik santrallerine, tarihi eserlere, köprülere paratoner tesisatı yapılarak buralar yıldırıma karşı korunur.

Paratoner ile parafuduru karıştırmamak gerekir. Parafudur genel olarak akım taşıyan elemanları, yüksek gerilimden, mesela yıldırımdan koruyan elemandır. Paratoner ise binaları,



büyük işletmeleri, köprü, kule, minare, elektrik santralleri ve benzeri yapıları yıldırımdan korumak amacıyla kullanılır.

- **Koruma röleleri**

Santrallerde, şalt merkezleri, trafo postaları, yük dağıtım merkezleri ve benzeri yerlerde ortaya çıkan arızaları haber veren, önleyen veya zararsız duruma getiren çeşitli röleler ve bildirim sistemleri vardır. Santrallerde alternatörler, enerji iletimi ve dağıtım devrelerinde kullanılan transformatörler ve diğer devre elemanları aşırı akım, yüksek gerilim, ısınma, toprağa kaçak, salınım ve dengesiz yüklenmelere karşı korunmalıdır. Bildirim sistemleri arızaları sesli veya ışıklı sistemlerle bildirir. Bazıları da bildirim yapmadan ayarlandıkları büyüklüklere göre devreleri açar. Şebekelerde oluşan arızaların etkili ve ekonomik bir şekilde önlenmesi için röleler ve bildirim sistemleri birlikte kullanılır. Doğru akımda ve alternatif akımda çalışan röleler vardır. Çalışma şekillerine göre röleler;

- Sekonder aşırı akım rölesi
- Diferansiyel aşırı akım rölesi
- Toprak kaçağı koruma rölesi
- Sargı kaçağı koruma rölesi
- Sargı kısadevre koruma rölesi
- Ters akım rölesi (vatmetrik röle)
- Yatak ısınma rölesi
- Bucholz (Bukoz) rölesi
- Temperatur (ısı kontrol) rölesi
- Rotor toprak arıza koruması olarak sınıflandırılır.

Konu ile ilgili Parafudurlar ve Sigortalar Modülünde ayrıntılı bilgi verilmektedir.

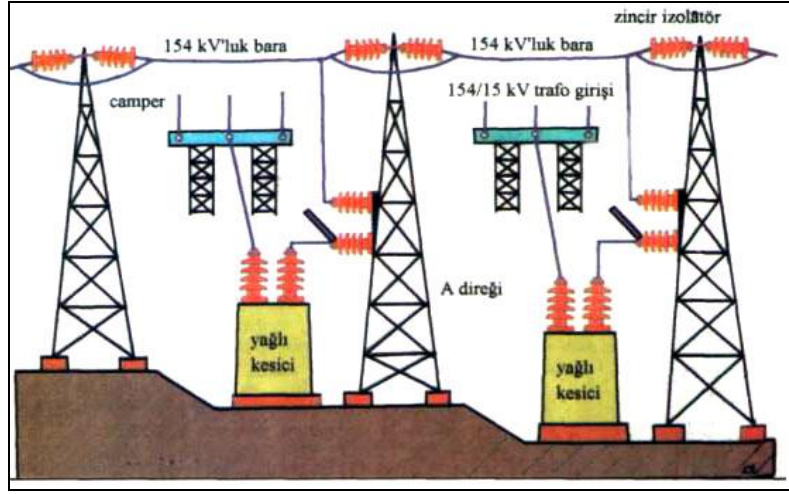
### 3.3.3. Şalt Sahası Çeşitleri

Şalt sahalarının; güç trafoları, ayırıcı ve kesici kumanda elemanları, bara sistemleri, ölçü trafoları (akım ve gerilim trafoları), parafudur ve sigortalar gibi koruma elemanları gibi donanımlara sahip olduğunu daha önce öğrendik. Şimdi, büyük açık hava tipi şalt sahaları ve şalt salonları nasıl kurulur inceleyelim; Şalt sahaları cihazların tespit edildiği konstrüksiyon şekline göre;

- **Cihaz tipi şalt sahası**
- **Kiriş tipi şalt sahası**
- **Toprak üstü şalt sahası biçiminde tesis edilirler.**

- **Cihaz tipi şalt sahası**

Arazinin düz olmadığı yerlerde tesis edilir, ölçü transformatörleri gibi hafif olan cihazlar çelik çerçeveler üzerine yerleştirilir. Baralar A tipi demir direklere tespit edilen gergi tipi zincir izolatörler arasına gergin bir şekilde yerleştirilir. Tesisin kuruluş maliyeti ucuzdur (Şekil 3.12).



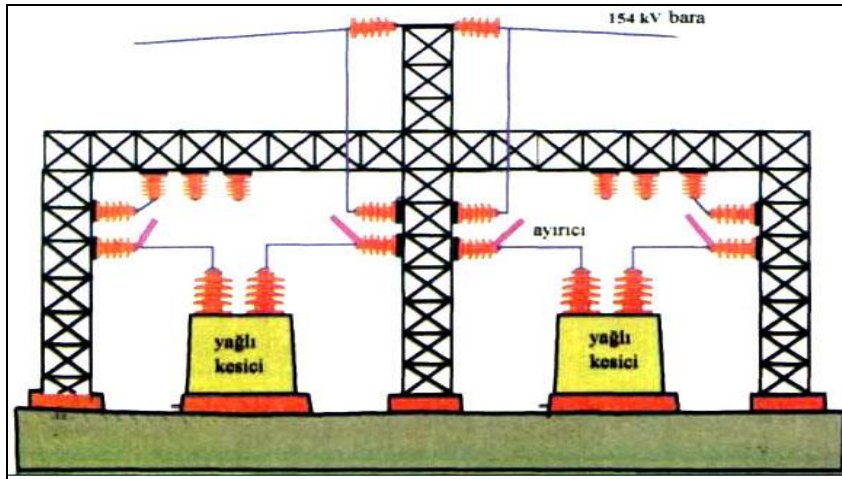
Şekil 3.12: Cihaz tipi şalt sahası

- **Kiriş tipi şalt sahası**

Bu tip şalt sahaları yatay ve dikey şekilde monte edilen kafes kirişlerden yapılıdır. Baralar gerilmiş şekilde tutturulan zincir veya mesnet tipi izolatörler yardımıyla kirişler arasında gergin bir şekilde monte edilir.

Ayrıcılar ve diğer hafif gereçler kirişler üzerine tutturulur.

Kiriş tipi şalt sahaları, cihaz tipi şalt sahalarına göre daha pahalı tesis edilir. Ancak daha sağlam ve küçük bir alana kurmak (tesis etmek) mümkündür (Şekil 3.13).



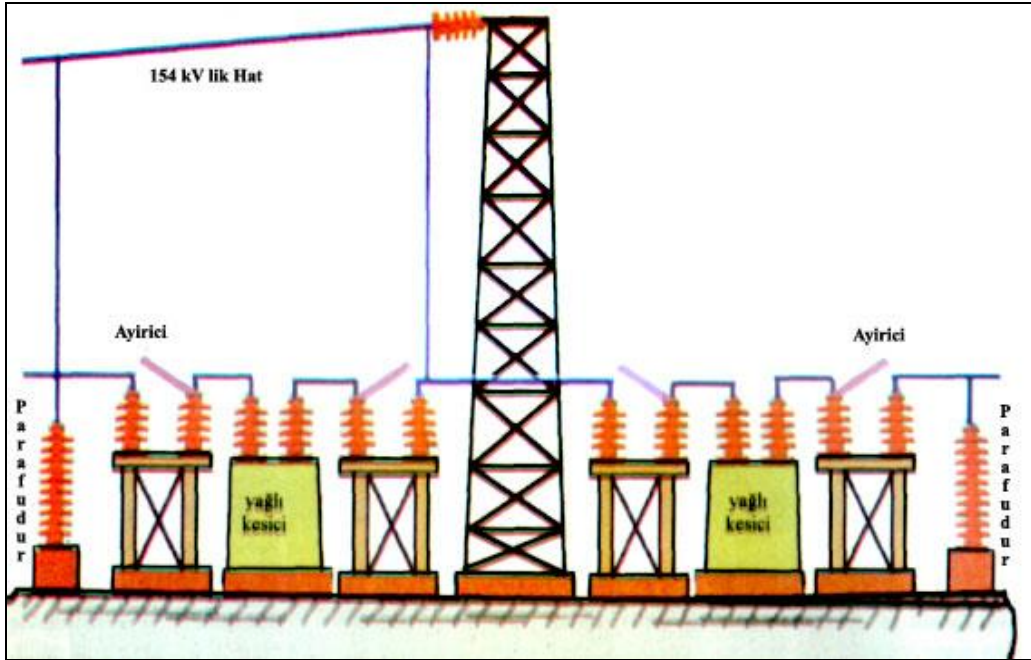
Şekil 3.13: Kiriş tipi şalt sahası

- **Toprak üstü tipi şalt sahası**

Bu tip şalt sahaslarında üniteler beton sütunlar üzerine yerleştirilir. Baralar beton kaideler üzerine monte edilen zincir izolatörler arasına gergin bir şekilde yerleştirilir. Tesisin yere olan yüksekliği fazla olmadığı için maliyeti ucuzdur. Ancak bu tip şalt sahası için geniş ve düz bir alan gereklidir (Şekil 3.14).

Toprak üstü tipi şalt sahasları gevşek zemin toprak kayması ve deprem kuşağı olan yerler için uygun değildir.

Her üç tip şalt sahasında da çok ağır olan transformatörler beton üzerindeki raylar üzerine, yağlı kesiciler ise betonarme kaideler üzerine yerleştirilir.



Şekil 3.14: Toprak üstü tipi şalt sahası



Resim 3.5: Kiriş tipi kurulmuş, Beyşehirtrafo merkezi şalt sahası

### 3.4. Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği

Bu yönetmelik; elektrik kuvvetli akım tesislerinin kurulmasının, işletilmesinin ve bakımının can (insan hayatı) ve mal güvenliği bakımından emniyetle yapılmasına ilişkin hükümleri kapsar.

İlgili Türk standartları bu yönetmeliğin tamamlayıcı ekidir. Yönetmelikte bulunmayan hükümler için EN, HD, IEC, VDE gibi standartlar göz önüne alınır. Çelişmeler durumunda sıralamaya göre öncelik verilir.

#### ➤ Genel tanımlar

- Elektrik kuvvetli akım tesisleri: İnsanlar, diğer canlılar ve eşyalar için bazı durumlarda (yaklaşma, dokunma vb.) tehlikeli olabilecek ve elektrik enerjisinin üretilmesini, özelliğinin değiştirilmesini, biriktirilmesini, iletilmesini, dağıtılmasını ve mekanik enerjiye, ışığa, kimyasal enerjiye vb. enerjilere dönüştürülerek kullanılmasını sağlayan tesislerdir.
- Alçak gerilim: Etkin değeri 1000 volt ya da 1000 voltun altında olan fazlar arası gerilimdir.
- Yüksek gerilim: Etkin değeri 1000 voltun üstünde olan fazlar arası gerilimdir.
- Tehlikeli gerilim: Etkin değeri, alçak gerilimde 50 voltun üstünde olan yüksek gerilimde hata süresine bağlı olarak değişen gerilimdir.

- İşletme elemanı: Elektrik enerji tesislerini oluşturan generatör, motor, kesici, ayırıcı, anahtarlama (bağlama) hücresi vb. cihazlardır.
- Santral: Elektrik enerjisinin üretildiği tesislerdir.
- Ağ (Enterkonnekte) şebeke: Santrallerin birbiri ile bağlantısını sağlayan gözlü şebekedir.
- İletim şebekesi: Yerel koşullar nedeniyle belli yerlerde üretilebilen ve ağ şebeke ile en üst düzeyde toplanan enerjiyi tüketicinin yakınına ileten kablo ve/veya hava hattı şebekeleridir.
- Dağıtım şebekesi: İletilerek tüketilecek bölgeye taşınmış olan enerjiyi tüketiciye kadar götüren şebekedir.
- Ana indirici merkez: Gerek enterkonnekte şebekeden alınan enerjiyi, daha küçük seviyeli iletim şebekelerine, gerekse iletilerek dağıtım bölgesine taşınan enerjiyi seçilmiş dağıtım gerilimi seviyesine dönüştüren transformatör merkezleridir.
- Ara indirici merkez: İki veya daha fazla yüksek gerilim seviyesi kullanılan şebekelerde enerjiyi bir yüksek gerilim seviyesinden diğerine dönüştüren transformatör merkezleridir.
- Dağıtım transformatör merkezi: Yüksek gerilimli elektrik enerjisini alçak gerilimli elektrik enerjisine dönüştüren transformatör merkezleridir.

Elektrik işletme aygıtları (makinelere) ile ilgili

**Kuvvetli Akım Tesisler Yönetmeliği'nde** aşağıdaki bilgiler yer alır.

### 3.4.1. Elektrik İşletme Aygıtlarının Yerleştirilmesi ve Korunması

**Madde 28-** Elektrik işletme aygıtlarının işletme, bakım ve onarımları tehlikesizce yapılabilecek biçimde yerleştirilmelidir. İşletme görevlilerinin çalışırken üzerinde durduğu yerler ve geçitler her zaman boş bırakılmalıdır.

Elektrik işletme aygıtları ve koruma düzenleri, aralarında 250 volt'tan fazla gerilim bulunan bölümlere aynı anda ve rastgele dokunulmasını önleyecek biçimde tesis edilmelidir. Elektrik işletme aygıtlarında yangın çıkması ve yayılması uygun düzenlerle olabildiğince önlenmelidir.

#### ➤ **Yalıtılmış yüksek gerilimli işletme aygıtlarında alçak gerilimli bölümler**

**Madde 29-** Toprağa karşı yalıtılmış olarak kurulan yüksek gerilimli makine ve aletlerle temasta bulunan alçak gerilimli devreler, gördükleri iş ve düzenlenmeleri bakımından yüksek gerilimli tesis bölümleri gibi işlem görmelidir.

Bu madde özellikle doğru akımlı seri makineler, doğrultmaçlara (redresörlere), sığaçlara (kondansatörler) vb. uygulanır. Toprağa karşı yalıtılmış olarak kurulan makinelerin yakınında çalışırken, özellikle taşınabilir el lambaları, bükülgen kablolar, vinç zincirleri vb.'nin elle kullanılmasında dikkatli olunmalıdır.

➤ **Aydınlatma**

Tesislerin aydınlık seviyesi en az 60 lux olmalıdır. Aydınlatma tesislerinin iletkenleri, olabildiğince arktan tehlike görmeyecek biçimde döşenmelidir. Üzerinde çalışılması ya da bakım yapılması zorunlu tesis bölümleri (lamba armatürleri vb.) tekniğe uygun olarak ve çalışanlar için yüksek gerilimli tesis bölümlerine hiçbir dokunma tehlikesi bulunmayacak biçimde kurulmalıdır.

➤ **İşaretler, uyarma levhaları**

Bara sistemleri, çıkışlar, transformatörler ve öteki önemli tesis bölümleri kolayca okunabilecek şekilde TS 6429'da belirtilen biçimde işaretlenmelidir. Bu yönetmelikte gerekli görülen uyarma levhaları, uyarma yazıları, etiketler vb. tesislerde kolayca okunabilecek biçimde yerleştirilmelidir.

➤ **Deney yerleri ve laboratuvarlara ilişkin hükümler**

**Madde 41-** Deney yerleri ve laboratuvarlar, öteki bölümlerden tesis olarak ayrılmalı ve bu bölümlere yalnızca özel izni olan kimseler girebilmelidir.

Yazılı levhalarla ve başka özel yöntemlerle görevlilerin korunması sağlanmalıdır.

Montaj ve yapım yerlerinde **elektrik makineleri deneyleri**, ancak deneyler süresince geçici olarak kullanılan tüm koruyucu düzenler yeterli olursa ve dikkatsizlikle bu yerlere yaklaşılması önlenmek kaydıyla yapılabilir.

➤ **İletkenlerin özellikleri ve kullanılması**

İletkenler bakır, tam alüminyum, çelik özlü alüminyum ya da sağlamlık ve kimyasal dayanıklılık bakımından bunlara eş değer olan alaşımlardan yapılmalıdır. İletkenler ilgili standartlara uygun olmalıdır.

ir telli (som) ya da örgülü çelik iletkenler, ancak kullanıldıkları yerde oluşabilecek korozyon etkilerine karşı sürekli olarak dayanabilecek şekilde metal örtü ile kaplandıkları takdirde kullanılabilir.

Kesitleri ve cinsleri ne olursa olsun hava hatlarında kullanılan alüminyum iletkenler ile kesitleri 16 mm<sup>2</sup>'den (16 mm<sup>2</sup> dahil) büyük bakır iletkenler örgülü olmalıdır.

Bir merkezin çıkışı ile ilk mesnet noktası olan direk arasında ve direk üstündeki köprüleme ve atlamalarda bir telli iletken de kullanılabilir.

Yüksek gerilimli hava hatlarında yalnız örgülü iletkenler kullanılır.

İletkenlerin kopma kuvveti, alçak gerilimli hatlarda en az 350 kg, yüksek gerilimli hatlarda ise en az 550 kg olmalıdır.

Hava hatlarında kullanılan çıplak örgülü iletkenlerin kesitleri aşağıdaki değerlerden küçük olamaz.



Alçak gerilimli küçük aralıklı hatlarda 10 mm<sup>2</sup> kesitli bir telli veya örgülü bakır iletkenler ya da iletkenlik bakımından buna eş değeri olan başka iletkenler kullanılabilir.

### ➤ İşletme güvenliğine ilişkin hükümler

Kuvvetli akım tesislerine meslekten olmayan kimselerin girmesine ve özel gereçler olmadan bunlara dokunulmasına izin verilmez. Ayrıca tesislerin girişinde işletme personeli için gerekli iş güvenliği malzemeleri her zaman hazır bulundurulacaktır.

Bu tesislere herhangi bir nedenle geçici olarak herkesin girmesine izin verilirse meslekten olmayanların tehlikeye uğramasını önleyecek önlemler alınacaktır.

Kuvvetli akım tesislerine girilmesi ziyaretçiler için tehlikeli olursa bunların ancak işletme tarafından özel olarak görevlendirilmiş olan ve tesisleri tanıyan bir kimsenin gözetimi altında küçük topluluklar hâlinde girmesine izin verilir.

Tüm yüksek gerilimli kuvvetli akım tesislerinde teknik konulardan sorumlu elektrik mühendisi olmalıdır. 154 kV ve daha büyük kuvvetli akım tesislerinde (uzaktan kumanda edilen TM ler hariç) işletme sorumlusu olarak en az bir elektrik mühendisi bulundurulmalıdır. Bu mühendisin iş güvenliği ve iş emniyeti açısından sorumluluğu; tesiste uyulması gereken iş güvenliği yöntemlerini tespit etmek, emniyetli bir işletme için uyulması gerekli kuralları belirlemek ve gerekli araç gereçleri tespit ederek söz konusu kurallara uyulması yönünde denetlemeler yapmaktır. Kuvvetli akım tesislerinde yapım, bakım ve işletme esnasında işi yapan elemanın kişisel hatalarından oluşacak kazalarda bu mühendise hukuki sorumluluk yüklenemez.

Yeterli güvenlik önlemleri alınmadan ve özel araçlar kullanılmadan yüksek gerilim altında hiçbir şekilde çalışma yapılamaz.

Kuvvetli akım tesislerinde yüksek gerilim altında ancak Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca yetkilendirilmiş olan kurum ve kuruluşlar tarafından bu amaçla açılmış olan eğitim kurslarını bitirerek "Kuvvetli Akım Tesisleri'nde Yüksek Gerilim Altında Çalışma İzin Belgesi" alan elektrikle ilgili fen adamları ya da bir mühendisin sorumluluğu ve gözetimi altında olmak üzere öteki görevliler çalışma yapabilir. Yeterli elektrik bilgisi olmayan kimseler yardımcı olarak çalıştırılacaksa bunlara önceden ilgili kuruluşlar tarafından hazırlanan gerekli yönergeler verilecek ve açıklamalar yapılacaktır.

Müşterek direklerde alçak gerilimli bölümlerde çalışma yapılacağına yüksek gerilimli hattın gerilimi mutlaka kesilecektir. Gerilim altında olmayan tesis bölümlerinde çalışılacağına gerilim altında bulunan öteki bölümler nedeniyle çalışanların herhangi bir tehlikeye uğramaması için gerekli önlemler alınacaktır.



➤ **Çalışanların güvenliğini sağlamak için alınacak önlemler**

İşletme sorumluları genellikle yapılacak işler için görevlendirilen kişilere işin süresi, yeri, cinsi ve önemine ilişkin yazılı yönergeler vereceklerdir.

Aşağıdaki durumlarda yazılı yönergeler verilmeyebilir:

1) İş yapmakla görevlendirilen kimselerin yeterli teknik bilgi ve görgüsü varsa; kendisi ve yardımcıları için gerekli güvenlik önlemlerini kendi sorumluluğu altına alabilirse,

2) İşletme sorumlusu tüm devre açma ve kapama işlerini kendisi yapar ya da gözetimi altında yaptırır ve yapılan işleri kendi denetlerse; sözlü olarak ya da telefonla verilen emirler, bu emri alan kimseye tekrar ettirilecektir. İlgililerin saatleri birbirine göre tam olarak ayarlanmalı ve ek güvenlik önlemi olarak işe başlarken gerilimin kaldırılması ve iş bittikten sonra gerilimin uygulanması sırasında yeterli süre bırakılmalıdır.

Kuvvetli akım tesislerinde yapılacak bakım onarım çalışmaları sırasında çalışanların hayatının korunması açısından mutlaka alınması gereken önlemler aşağıda açıklanmıştır:

**a) Gerilimin kesilmesi**

Bakım ve onarım yapılacak yere enerji sağlayan tüm kesicilerin açılması ve bunlara ait ayırıcılar ile ayırma işleminin emniyet altına alınması gerekir.

**b) Tekrar gerilim verilmesinin önlenmesi**

Gerilimin kesilmesi için açılmış olan kesici ve ayırıcıların bir başkası tarafından yanlışlıkla kapatılmasını önlemek üzere gerekli önlemlerin alınmış olması gerekir. Bu maksatla, bu aygıtların varsa tahrik ve kumanda kilitleme düzenleri kilitlenebilmeli, aygıtların üzerine "kapamak yasaktır", "hat üzerinde çalışılıyor" gibi yazılar asılmalıdır. Bu önlemler; örneğin, kesicilerin kapanmasını önleyici anahtarlı kilitleme düzeninin anahtarının yetkili kişi tarafından alınması ile de daha emin şekilde sağlanabilir.

Bir çalışma yeri birden fazla noktadan besleniyorsa, (a) ve (b) bentlerinde belirtilen önlemler her besleme noktası için uygulanacaktır.

➤ **Çalışılacak yerde gerilim olmadığının kontrolü**

Tesislerin bir bölümünde çalışma yapmak için gerilimin kaldırılması gerekiyorsa devre kapama ve açmalarının belirli bir zamanda yapılacağını bildirmek yeterli değildir. Çalışılacak yeri besleyen tüm kesicilerin açılmış olmasına rağmen söz konusu tesis bölümünün gerilim altında olup olmadığı gerekli ölçü veya gösterge cihazları ile denetlenmeli ve denetleyen kimse gerilim olmadığı kanısına vardıldıktan sonra çalışmaya başlanmalıdır. Üzerinde çalışılacak bir tesisin gerilim altında olmadığı saptanmasında, yalnız devresi kesildikten sonra ölçü aygıtlarının göstergelerinin geri gitmesi, anahtar kapatılan lambaların sönmesi ya da transformatör gürültülerinin kesilmesi gibi özelliklere güvenilmemelidir. İş bittiğinde çalışanların tehlikeyle karşılaşmayacaklarına kesinlikle inanıldıktan sonra tesisler gerilim altına alınmalıdır.

Çalışılan bölüme yakın yerlerde, işletme esnasında gerilim altında bulunması gerekli başka bölümler varsa bu bölümlerdeki gerilimli kısımlara dokunmayı önleyecek önlemler alınmalıdır. Örneğin; bir anahtarlama hücresi içinde çalışılırken, kesici açıldığı halde, tesisin

diğer bölümlerinde işletmeye devam edildiği için baralarda gerilim bulunabilir. Bölmelendirilmemiş hücrelerde hücre içine, hücre kapısı kapalı iken sokulmuş bulunan bir ayırma plakası ile bu koruma önlemi alınmış olmalıdır. Böyle bir önlem alınamıyorsa baraların gerilimlerinin mutlaka kesilmesi gerekir.

Bir elektrik enerji tesisinde, yukarıda belirtilen önlemler alınmadan hiçbir bakım ve onarım çalışması yapılmamalıdır. Bu şarta rağmen tesisin yapılacak işler sırasında geriliminin kesilmesi imkânsız ise birisi işten sorumlu tutulan en az iki kişi görevlendirilmelidir.

#### ➤ **Görevlilere verilecek donatım ve yönergeler**

Kuvvetli akım tesislerinde çalışan görevlilere, çalıştığı kuruluş ya da işletme tarafından yapacağı iş ve yükümlülükler konusunda bilgi verilecek ve gerekli açıklamalar yapılacaktır. Geçici olarak ya da gözetim altında tehlikesiz işlerde çalışanlara yapacakları işlere ilişkin yönerge verilmesi gerekir.

Yaptırılan iş, sağlık ve yaşam için tehlikeli ise iş yaptıran, çalışanları gerekli koruyucu malzemelerle donatmak zorundadır. Tesisin uygun noktalarında, kaza durumlarında gerekli olacak ilk yardım malzemeleri ve kurtarma aygıtları her an güvenle kullanılabilir durumda hazır bulundurulacaktır.

### **3.5. Topraklamalar Yönetmeliği**

#### ➤ **Topraklamalar ve endirekt temasa karşı diğer koruma yöntemleri**

Elektrik kuvvetli akım tesislerinin topraklanmasında Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği hükümleri uygulanır. Endirekt temasa karşı şebeke tiplerine göre uygulanabilecek diğer koruma yöntemleri ve şebeke tip sınıflamaları için Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği'nde belirtilen ilgili hükümler de göz önüne alınır.

#### ➤ **Aşırı gerilimlerin oluşmasını önlemek veya aşırı gerilimleri zayıflatmak için alınacak önlemler**

Toprak teması sonucunda oluşacak aşırı gerilimlere karşı alınacak önlemler: 3 amperden küçük kapasitif toprak temas akımlarında ark, özel bir önlem alınmadan kendi kendine söner. Toprak temas akımının daha büyük değerlerinde şebekenin yıldız noktası aşağıda belirtildiği gibi topraklanmalıdır.

- **Söndürme bobini üzerinden topraklama:** Uygun değerli bir reaktans bobini ile temas noktasındaki akımın kalıcı akım değerine düşmesi ve arkın sönməsi sağlanmalıdır. Geniş şebekelerde kalıcı akım, arkın sönmeyeceği kadar büyükse şebekeyi bölerek sönmə sağlanmalıdır.
- **Dirençsiz ya da küçük bir omik ya da reaktif direnç üzerinden topraklama:** Bu durumda ark otomatik tekrar kapama ile söndürülebilir. Bu yöntem hava

hatlarında kullanılır. Kablolu şebekelerde tekrar kapama rölesi kullanılmaz ve tekrar kapama yapılmamalıdır.

Transformatör merkezlerinde baraya giren tüm hat fiderleri topraklanabilmelidir. Açık ve kapalı çalışan ring sistemlerde, bu topraklama düzeni bağımsız çalışan topraklama ayırıcıları olmalıdır. Bu topraklama ayırıcıları hat gerilimli iken toprak temasını önleyecek elektriksel ve/ veya mekanik kilitleme düzenlerini ihtiva etmelidir. Bu düzenler sağlanmadığı takdirde hattın gerilimsiz olduğunun anlaşılması sağlanarak topraklama ayırıcısı kapatılmalıdır.

➤ **Aygıtların koruma topraklamasına bağlanması**

- Kuvvetli akımla çalışan metal gövdeli elektrik aygıtlarını ve koruyucu kutularını topraklama iletkenine bağlamak için bir düzen bulunmalıdır.
- Elektrik tesisleri topraklamaları ile gaz veya petrol boru hattı tesisleri veya topraklamaları kesişiyor veya aralarındaki uzaklık 2 metreden az ise topraklama iletkeninin her iki tarafı gaz veya petrol borusu üzerindeki kesişme noktasından itibaren 2'şer metre olmak üzere veya boru hattındaki temas gerilimi 50 volt'tan az olacak şekilde izole edilmelidir.

➤ **Kısa devre etme ve topraklama**

- Gerilimi kesilmiş yüksek gerilim tesislerinde çalışılacaksa çalışılacak bölüm önceden topraklanmış olan bir düzenek üzerinden kısa devre edilecektir. İşletmelerin sorumlu kimseleri, iş süresince çalışanların tehlikeyle karşılaşabileceği hiçbir devre kapama işlemi yapılmamasını sağlayacaktır. Kısa devre ve topraklama, ancak bütün çalışmalar bittikten ve bunları yapanların hepsine haber verildiği kesin olarak öğrenildikten sonra kaldırılabilir.
- Bağlama hücresi içinde çalışıldığında, bu hücreler kablo çıkış veya bara topraklama ayırıcıları ile donatılmış ise bu aygıtların kapatılması ile istenen şart sağlanabilir.
- Çıkış hatlarının topraklanmasında kullanılan topraklama donatımı hücre içindeki öteki aygıtları topraklamıyorsa gerektiğinde topraklama ve kısa devre etme düzenlerini bağlamak için hücrede ya da aygıtlar üzerinde sabit bağlantı yapmaya uygun çıplak bölümler bırakılmalıdır. Hücrelere girmeden topraklama sağlanabilmelidir. Hücre kapısı bağlama sırasında açık olabilir.
- Topraklama düzenleri, hücrelere girmeden topraklama tesislerine bağlanabilmelidir. Hücre kapısı bağlama sırasında açık olabilir, ancak bu durumda kapının açılabilmesi için mutlaka kesicinin açık olması şartı gerekli kilitlemelerle sağlanmış olmalıdır.
- Topraklama ve kısa devre etme işi, çalışma yapılan yerin yakınında ve olabilirse burası ile akım kaynakları arasında yapılacaktır. Topraklama ve kısa devre etme düzenleri, yapılan çalışmalardan dolayı ve çalışma süresince hiç kaldırılmayacak biçimde tesis edilecektir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Şebeke tiplerini ve şalt sahası donanımlarını seçiniz. Uygulama sonunda şalt sahasında kullanılan donanımları seçebileceksiniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Gerilimlere göre şebeke çeşitlerini seçiniz.	➤ Çalışma ortamını hazırlayınız. ➤ İş önlüğünüzü giyiniz. ➤ Mahallenizde ya da çevrenizdeki şebeke çeşitlerini öğreniniz. ➤ Temiz ve düzenli olunuz. ➤ Planlı olunuz. ➤ Bulduğunuz bölgeye en yakın şalt sahasına giderek tipi ve donanımları hakkında bilgi alınız. ➤ Sabırlı olunuz.
➤ Dağıtım şekillerine göre şebeke çeşitlerini seçiniz.	
➤ Şalt sahasında kullanılan üniteleri seçiniz.	
➤ Şalt sahası tipini seçiniz.	

**Uyarı:** Şalt sahalarında karşılaşılan en büyük problemlerden biri de otların uzayıp yüksek gerilimli cihazlara temas etmesi sonucu çeşitli kısa devre durumlarına yol açmasıdır.

## KONTROL LİSTESİ

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

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Gerilimlere göre şebeke çeşitlerinin standart gerilim değerlerini seçtiniz mi?		
2.	Dağıtım şekillerine göre şebeke çeşitlerini ve özelliklerini seçtiniz mi?		
3.	Şalt sahaları ve donanımlarını seçtiniz mi?		
4.	Şalt sahası çeşitlerini seçtiniz mi?		
5.	Çalışma ortamına girerken gerekli güvenlik tedbirlerini aldınız mı?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Aynı anma gerilimli, birbirine bağlı elektrik tesislerinin tamamına ..... denir.
2. Orta gerilim şebekeleri ..... kV ile .....kV gerilimler arasındaki şebekelerdir.
3. Şehirlerarası ve santraller arası bağlantı için ..... şebekeleri tesis edilir.
4. Elektrik santrali ile enterkonnekte şebeke arasında bağlantıyı sağlayan yüksek gerilim ünitelerinin bulunduğu yerlere.....denir.
5. ...., trafo merkezlerinin en önemli kısmıdır.
6. Orta gerilim ve yüksek gerilim sistemlerinde, enerji hatlarının açma ve kapama işlemlerini yapan elemanları vardır. Bunlar;..... ve.....
7. Büyük işletmelerle, enerji kesilmelerinin büyük zararlara yol açacağı yerlerde .....baralı sistemler kullanılır.
8. Arazinin düz olmadığı yerlerde .....tipi şalt sahaları tesis edilir
9. .... tipi şalt sahaları gevşek zemin toprak kayması ve deprem kuşağı olan yerler için uygun değildir.
10. Yüksek gerilim: Etkin değeri .....olan fazlar arası gerilimdir.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete dönerek tekrar ediniz. Tüm sorulara doğru cevap verdiğiniz modül değerlendirmeye geçiniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi kömürün yakılması ile enerji üreten elektrik santralidir?  
A) Hidrolik santral  
B) Nükleer santral  
C) Termik santral  
D) Jeotermal santral
2. Aşağıdakilerden hangisi elektrik enerjisinin üstünlüklerinden biri değildir?  
A) Atığı olmayan temiz bir enerjidir.  
B) Diğer enerjilere dönüştürülebilir.  
C) İstenilen büyüklüğe ayarlanabilir.  
D) Manyetik kirliliğe neden olur.
3. Aşağıdakilerden hangisi enerji üretiminde kullanılan kaynaklardan biri değildir?  
A) Hidrolik  
B) Termik  
C) Metafizik  
D) Hidrojen
4. Aşağıdakilerden hangisi yenilenebilir enerji kaynağıdır?  
A) Jeotermal  
B) Taş kömürü  
C) Petrollü kayalar  
D) Uranyum
5. Ülkemizde en çok aşağıdakilerden hangi sektörde elektrik tüketilmektedir?  
A) Mesken  
B) Sanayi  
C) Ticarethane  
D) Resmi daire
6. Paralel bağlanacak alternatörlerde aşağıdakilerden hangi şart gerekli değildir?  
A) Gerilim eşitliği  
B) Frekans eşitliği  
C) Faz sıralarının aynı olması  
D) Güçlerinin eşit olması
7. Faz sırasının kontrolü aşağıdaki cihazlardan hangisi ile yapılır?  
A) Frekansmetre ile  
B) Ohmmetre ile  
C) Senkronoskop ile  
D) Voltmetre ile



8. Alternatörler aşağıdakilerden hangi enerjiyi üretir?  
A) AA Elektrik enerjisi  
B) DA Elektrik enerjisi  
C) Mekanik enerji  
D) Kimyasal enerji
9. Alternatörlerin uyarımı aşağıdakilerden hangisi ile yapılmaz?  
A) Serbest uyarım  
B) Kendi kendine uyarım  
C) Özel uyarım  
D) AA ile uyarım
10. Alternatörlerin senkron empedansı aşağıdakilerden hangisi ile bulunabilir?  
A) Alternatörlerin paralel çalışma deneyi ile  
B) Alternatörün kısa devre deneyi ile  
C) Alternatörün boş çalışma deneyi ile  
D) Alternatörün boş çalışma ve kısa devre deneyi ile

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARLARI

1	C
2	D
3	C
4	A
5	B
6	C
7	D
8	B
9	B
10-	D

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	C
3	A
4	D
5	D

## ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	Şebeke
2	1 kV ile 35 kV
3	Çok yüksek gerilim
4	Şalt sahası
5	Güç trafosu
6	Kesici ve Ayırıcılardır.
7	Çift baralı
8	Cihaz tipi
9	Toprak üstü
10	1000 V' un üstünde

## MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

<b>1</b>	<b>C</b>
<b>2</b>	<b>D</b>
<b>3</b>	<b>C</b>
<b>4</b>	<b>A</b>
<b>5</b>	<b>B</b>
<b>6</b>	<b>D</b>
<b>7</b>	<b>C</b>
<b>8</b>	<b>A</b>
<b>9</b>	<b>D</b>
<b>10</b>	<b>D</b>

## KAYNAKÇA

- ALACACI Mahmut, Adem Altunsaçlı, **Elektrik Makineleri 2**, İskenderun, 2003.
- ALACACI Mahmut, Adem Altunsaçlı, **A. Akım Elektrik Makineleri**, İskenderun, 2004.
- ALPERÖZ Nusret, Elektrik **Enerjisi Dağıtımı**, İ.T.Ü. Elk. Fak.
- BAYRAM Mustafa, **Elektrik Tesislerinde Topraklama**, İ.T.Ü.Kütüphanesi.
- ÇALIŞKAN Kemal, Hulki Pak, Kemal Yıldır, Fikret Kök, **Orta Gerilim Elektrik Tesislerinde Koruma ve Kontrol**, Türkiye Elektrik Kurumu Yayınları,1990.
- ÇOLAK İlhami, **Senkron Makineler**, Seçkin Yayınevi, Ankara, 2003.
- Çukurova Elektrik A.Ş. Eğitim ve Araştırma Müdürlüğü, **Kumanda ve Manevralar**.
- Çukurova Elektrik A.Ş. Yüksek Gerilim Teçhizatı.
- Devlet Planlama Teşkilatı, Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005), Ankara, 2001.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı çeşitli rapor ve yayınları, TC Resmi Gazete,"Türkiye Elektrik Kurumu Dışındaki Kuruluşların Elektrik Üretimi, İletimi, Dağıtımı ve Ticareti ile Görevlendirilmesi Hakkında Kanun,19 Aralık 1984 - Sayı: 18610.
- KILINÇ Eyüp, **Endüstriyel Elektrik**, K.Maraş, 2003.
- Mesleki ve Teknik Açık Öğretim Okulu, **Enerji Üretimi, İletimi ve Dağıtımı**, Ankara, 1991.
- PEŞİNT M.Adnan, ElektrikSantralleri, **Enerji İletimi ve Dağıtımı**, İstanbul.
- PEŞİNT M. Adnan, **Senkron Makineler**, Ankara, 1975.
- PEŞİNT M. Adnan, Hüsamettin ATEŞ, **Elektrik Makinelerinin Esasları**, Ankara, 1990.
- SARAÇ Hayrullah, **Orta Gerilim Teçhizatı**, Soma Elektrik Tek. Geliştirme ve Eğitim Mer. Yayınları.
- Soma Elektrik Teknolojileri Geliştirme ve Eğitim Merkezi Yayınları, **Havai Hatçı El Kitabı**
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği**, Ankara, 2001.
- ÜLTANIR M.Özcan , Makaleler, **RESSİAD Başkanı** Ankara Üniversitesi Öğretim Üyesi,2005.
- YAVAŞ Hakan, **Ayırıcılar**, Ankara, 2006.
- ÜSTÜNEL, Mustafa, Mahir ALTIN, Mehmet KIZILGEDİK, **Endüstriyel Elektrik**, Ankara, 2001.
- ÜSTÜNYURT Ali, Dağıtım **Şebekelerinde Malzeme ve Teçhizat**, TEK.