

## 4. ÜNİTE

# SANTRALLERİN DONANIMI VE PARALEL ÇALIŞMASI

### KONULAR

1. Santrallerde Elektrik Donanımı
2. Santrallerin Paralel Çalışması

## **4.1. SANTRALLERDE ELEKTRİK DONANIMI**

Elektrik santralleri güneş, rüzgâr, termik, su, nükleer, jeotermal ve biyogaz enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürdüğü tesislerdir. Santrallerde elektrik enerjisini üretmek için enerji kaynaklarının dönüşümü sırasında üretilen elektrik enerjisinin bir kısmı kendi iç ihtiyaçlarında kullanılır. Yenilenebilir enerji kaynağı ile çalışan elektrik santrallerinde kendi iç ihtiyaçlarının karşılanması için önemli miktarlarda elektrik enerjisine ihtiyaç yoktur. Ancak termik santrallerde üretilen enerjinin %5'i kendi ihtiyaçlarının karşılanması için kullanılır. Elektrik santrallerinin en önemli elektrik donanımları şunlardır:

- Çevre ve iç ihtiyaç aydınlatma sistemleri
- Yakıt iletim sistemleri,
- Izgara ve kül atma sistemleri
- Kazan besleme suyu sistemleri
- Soğutma suyu üniteleri
- Baca gazı arıtma üniteleri
- Kumanda ve koruma sistemleri

### **4.1.1. Elektrik enerjisi üretim üniteleri**

Elektrik santrallerinde elektrik enerjisinin üretimine direkt olarak etki eden üniteler şunlardır:

#### **4.1.1.1. Alternatörler (jeneratörler)**

Türbin milindeki mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren senkron makinelerdir. Üç fazlı alternatif akım üreten belli kutup sayısına ve şebeke frekansına göre sabit “n” dönüş sayısı ile çalışan makinelerdir. “Sabit manyetik alan içerisinde hareket edebilen bir iletkenin uçlarında endüksiyon yoluyla elektrik enerjisi meydana gelir” prensibine göre çalışırlar.

Hidroelektrik santrallerinde kullanılan alternatörlerin rotorları genellikle düşey milli ve çıkıntılı kutuplu olarak tertiplenirler. Rotorların dakikadaki devir sayısı 32 ile 1000 d/d'dır. Termik santrallerde kullanılan alternatörler yatay milli olup dakikadaki devir sayıları 3000 d/d'dır. Statorlarına ise endüvi sargıları yerleştirilerek fırçalara ihtiyaç kalmadan 7000 ampere ve 15kV gerilime kadar olan elektrik enerjisi üretilmesi sağlanır.

Alternatörlerin çıkış gerilimleri 3-25 kV arasında değişmekle birlikte en çok kullanılan gerilimler 15 kV'tur.

Alternatörlerden alınan enerji ile türbinin milindeki enerjinin oranı, verimi

verir. Verimleri yaklaşık olarak %95'dir. Güç faktörü  $\cos \phi$ , hesaplarda genellikle 0,8 alınmaktadır. Santrallerde suyu ziyan etmeden türbine giden debiyi azaltarak alternatörlerin gerektiğinde aşırı ısınması önlenebileceğinden 0,9 değeri de uygulanmaktadır. Ayrıca güç faktörünü düzeltmek için özellikle kaplan türbinlerinin alternatörleri boşa senkron motor olarak çalıştırılır. Sistemdeki endüktif reaktif gücü azaltarak güç faktörü yükseltilir.

#### 4.1.1.2. Devir regülatörleri

Alternatör yüklendikçe döndüren makinenin devir regülatörü alternatöre verilen gücü otomatik olarak ayarlar.

Alternatörlerde devir ile frekans doğru orantılıdır. Kutup sayısı sabit olduğuna göre devir sayısının değişmesi, üretilen gerilimin frekansının değişmesine sebep olur. Frekansın sabit olması (50Hz) için alternatörün boşa ve yükte devrinin sabit olmasını sağlayan ünitelere, devir regülatörü denir.

##### Devir regülatörü ikiye ayrılır:

- Değişken özellikli regülatörler: Alternatör yüklendikçe devri dolayısıyla frekansı belirli sınırlar içerisinde azalacak şekilde ayar eden regülatörlerdir.
- Sabit özellikli regülatörler: Alternatör yüklendikçe devri dolayısıyla da frekansı sabit tutan regülatörler.

#### 4.1.1.3. Gerilim regülatörleri

Alternatörlerin ürettiği gerilimin sabit tutulması için, uyartım dinamosunun uyartım devresine, seri olarak bir direncin girip çıkmasını sağlamak gerekir. Elektrik şebekelerindeki yükler, genellikle endüktif yük olup günün 24 saati içinde değişik değerler almaktadır. Bilindiği gibi endüktif yükler alternatörün ürettiği gerilimin düşmesine sebep olurlar Oysa alternatörlerin ürettiği gerilimin sabit olması istenir. Bunun için her yük durumuna göre üretilen gerilimin sabit değerler almasını sağlayan gerilim regülatörleri kullanılır.

Gerilimi ayarlamak için devir sayısının değiştirilmesi, üretilen gerilimin frekansını da değiştireceğinden tercih edilmez. Bu sebeple uyartım akımının değiştirilmesi ile gerilimin ayarlanması daha uygundur.

#### 4.1.1.4. Santral kumandası ve güvenlik devresi sistemleri

Santrallerin elektrik enerjisi üretiminin sürekli ve verimli olması kumanda ve güvenlik sistemlerinin iyi ve yeterli olması ile sağlanır. Aksi hâlde sık sık olabilecek arızalar ve onarımlar sebebiyle enerji üretiminde aksamalar olabilir. Santraller da enerji üretiminin sürekliliği yardımcı ünitelerin kaliteli ve hızlı bir şekilde devreye girmesiyle sağlanır. Santrallerde elektrik enerjisinin sürekliliği bakımından bir arı-

za sırasında yardımcı ünitelerin hemen devreye girebilmesi için alınacak önlemler şunlardır:

- Enterkonnekte şebekeden alınan bir iletim hattıyla santralin kendi gereksinimini temin edebilecek bir transformatör bağlantısı olmalıdır.
- Santrallerde yedek olarak bir dizel alternatör ünitesi bulunmalıdır.
- Akü ve akü şarj ünitesi bulunmalıdır.

#### 4.1.2. Santraller arası haberleşme üniteleri

Enterkonnekte şebekelerde; santraller, trafo merkezleri ve yük tevzi merkezleri arasında YG enerji nakil hatlarında 35-490 KHz üzerinden bir çok kanaldan (20-40 kanal) haberleşmeyi sağlayan cihazlara, kuranportör denir.

##### 4.1.2.1. Kuranportör cihazı sistemi şu kısımlardan meydana gelir

**Layn trep (hat tıkaçı):** Enerji nakil hattının (ENH) herhangi bir fazı üzerine seri olarak bağlı sepet şeklinde bir bobindir. Yüksek frekansın (YF), yüksek gerilim (YG) devresine girmesine engel olur. Herhangi bir toprağa kaçak arızasında yüksek frekans toprağa geçirmez.

**Kaplin kapasitör:** Hat tıkaçının aksine YF' nin ENH'ya girmesini sağlar. YG' nin ise kuranportör cihazına girmesini önler.

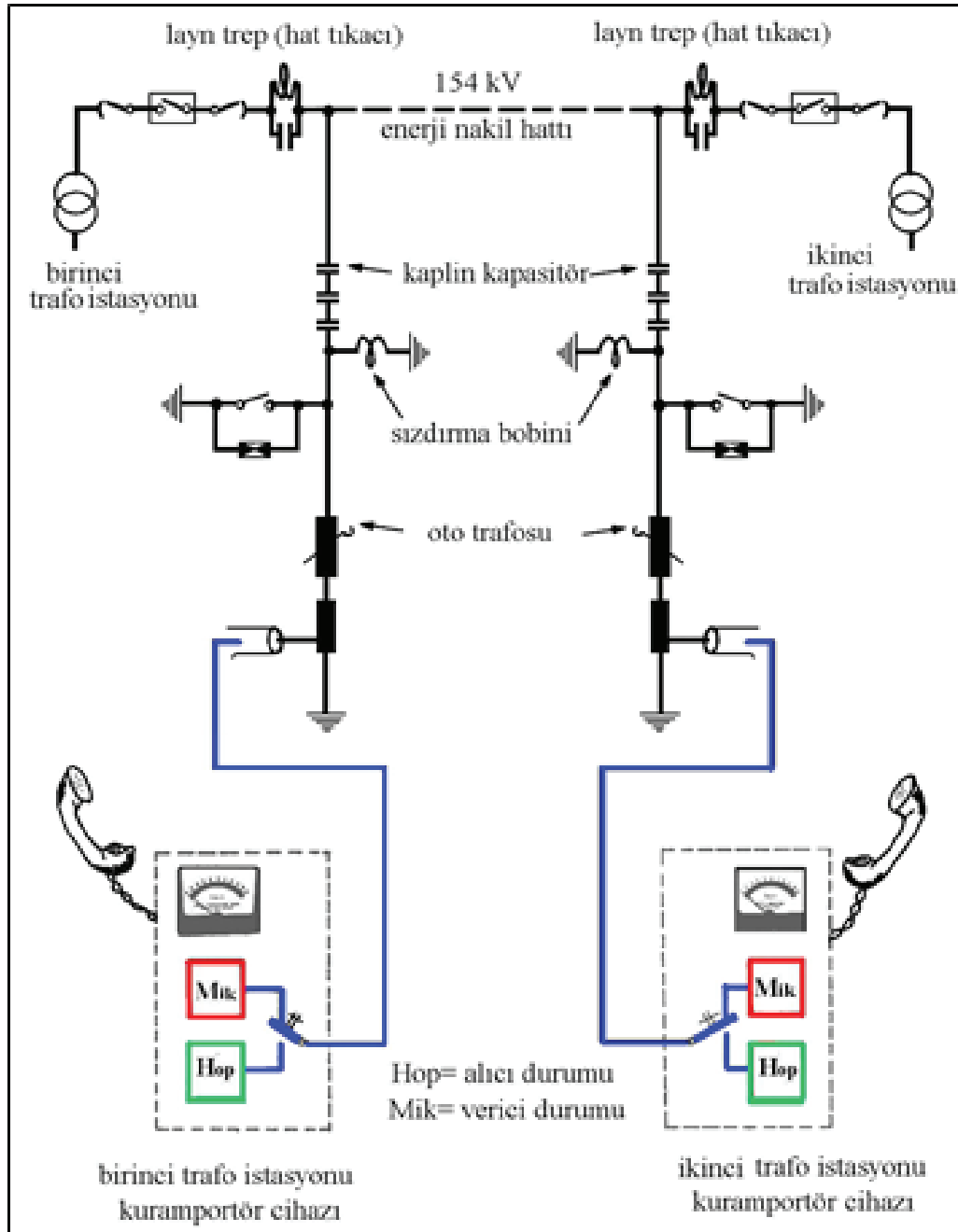
**Tuner (kuplaj bobini):** Kaplin kapasitörün hattaki kapasitif etkisini giderir.

**Oto trafosu:** Hat empedansı ve cihaz empedansını birbirine senkronize ederek maksimum güç sağlar.

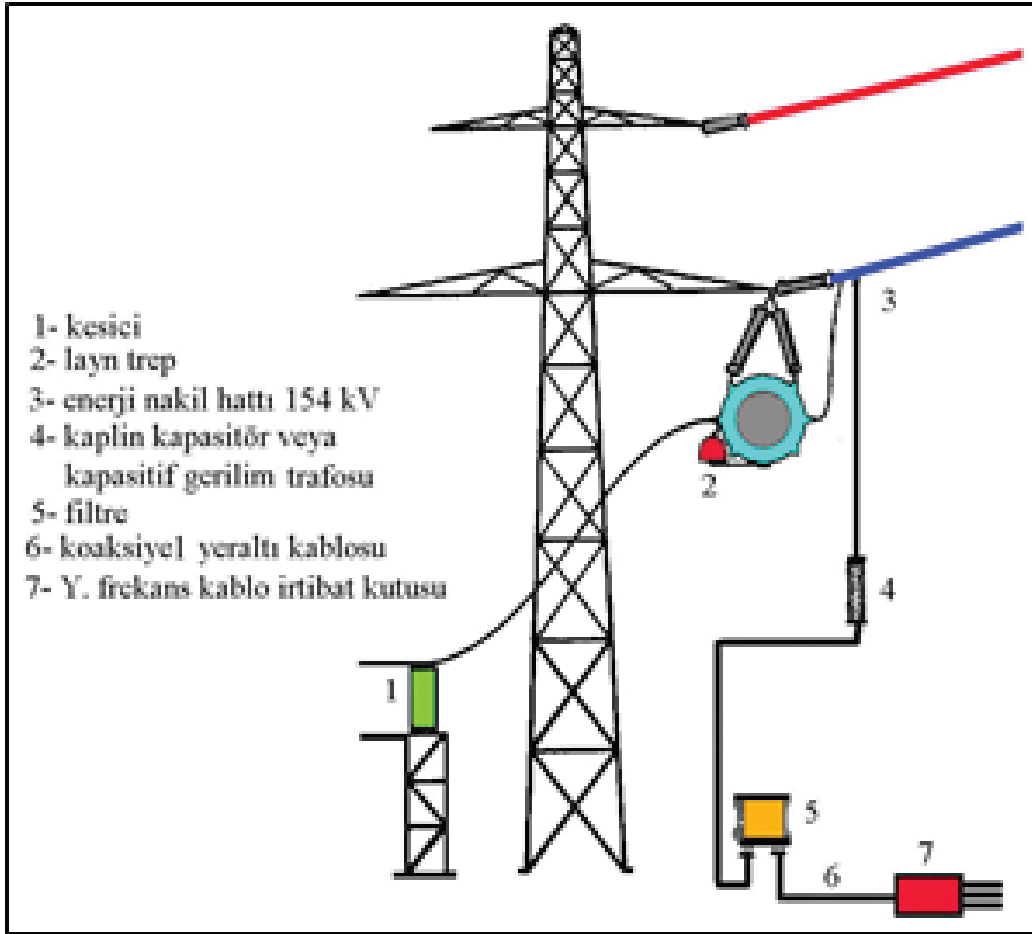
**Sızdırma bobini ve parafudur:** Hattın korunmasını sağlar, 50 Hz'lik normal frekans topraklar, YF'nin yolunu kesmez.

**Koaksiyel kablo:** Empedans değiştirmeyen kablodur.

Kuranportör sistemi haberleşmenin yanında, başka bir kanal yardımı ile arızalı hattın her iki ucundaki kesicilere kumanda ederek devre açma ve kapama işlemini de yerine getirir.



Şekil 4.1 Kuranportörlerle santraller arası haberleşme prensibi



Şekil 4.2 Bir kuranportörün bölümleri

#### 4.1.3. Santrallerin Kumanda Üniteleri

Elektrik santrallerinde üretilen elektrik enerjisinin sürekli ve verimli olması, kumanda ünitelerinin hızlı ve kaliteli bir şekilde görevlerini yerine getirmeleriyle sağlanır. Santrallerin kumanda üniteleri, kumanda odası denilen bir merkezden kontrol edilirler.

Kumanda odalarında santrallerin bütün bölümlerine ayrı ayrı kumanda edebilecek sistemler vardır. Santraller, trafo ve yük dağıtım merkezleri ile bağlantının beynini oluşturur.

Kumanda odalarında, elektrik enerjisi üretimine doğrudan etki eden sistemler ile mekanik devrelere kumanda eden sistemler, birbirlerinden ayrılmıştır. Kumanda sistemleri, panolar üzerinde olabileceği gibi masa tipinde de yapılırlar. Kumanda

panolarında enerji nakil yolları ince çizgiler ve ışıklı sistemlerle gösterilir. Bu ışıklı sistemlerde devrede olan veya olamayan ünitelerle, arızalı üniteler kolaylıkla görülebilir. Panolar üzerindeki göstergeli ve yazıcı tipte ölçü aletleri bulunur. Yazıcı ölçü aletleri 24 saatlik çalışma seyrini sürekli olarak kaydeder. Kumanda masalarında ayrıca, diğer enerji üretim ve dağıtım merkezleri ile haberleşmeyi sağlayan kuranportör sistemleri vardır.

Kumanda odalarında, enerjinin kesildiği anda aydınlatmanın yapılabilmesi için akü ve akü şarj sistemleri de bulunmalıdır

## 4.2. SANTRALLERİN PARALEL ÇALIŞMASI

### 4.2.1. 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 inceleyelim:

#### 4.2.1.1. 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

## 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

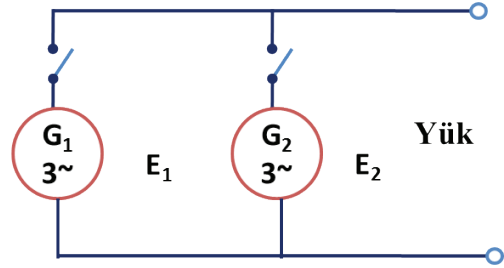
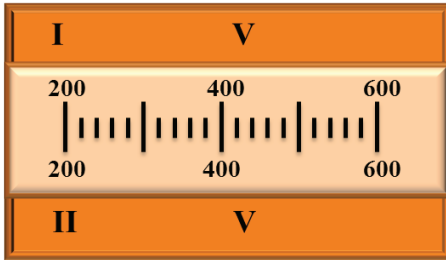
### ENERJİ ÜRETİMİ, İLETİMİ ve DAĞITIMI

beslemede süreklilik sağlanır.

- Ameliyat sırasında elektriğin kesildiğini düşünelim..!
- Aynı şekilde alternatörlerin bakıma alınmalarında aboneler (yük) elektriksiz kalmamış olur.
- Şebekenin gelişmesi, mevcut senkron jeneratör 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.

#### 4.2.1.2. Alternatörlerin Paralel Bağlanma Şartları

- Paralel bağlanacak alternatörlerin gerilimleri mutlaka birbirlerine eşit olmalıdır ( $E_1=E_2$ ). Gerilim eşitliği Şekil 4.3'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 4.3'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.

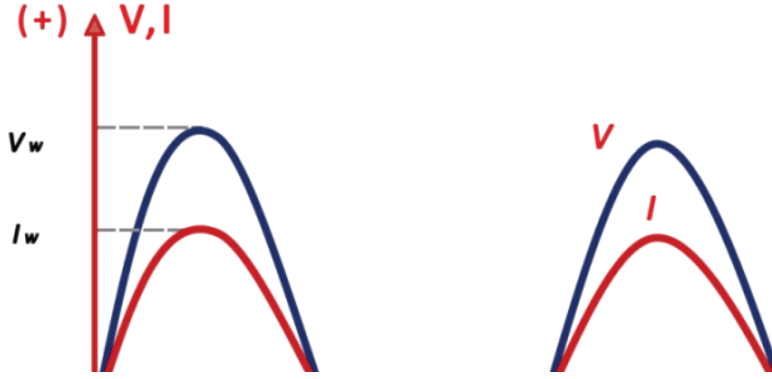


Şekil 4.3 Gerilim eşitliğinin takibi için çift voltmetre ve paralel bağlı alternatörler

- 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  $F=p.n/120$  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 gözlemlendiğini öğrendik. Bu ölçü aletleri yerine

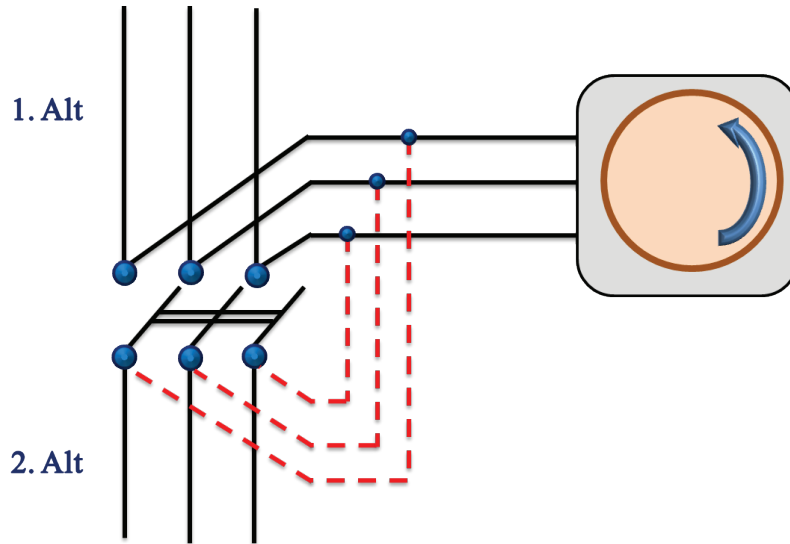


normal voltmetreler ve frekans metreler ile de aynı ölçümler yapılabilir. Ölçü aletlerinin çift kadran ve çift skalalı olması sadece rahat bir ölçüm kolaylığı sağlar (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 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 şaltere bağlanan karşılıklı uçlar aynı isimli fazlardır.

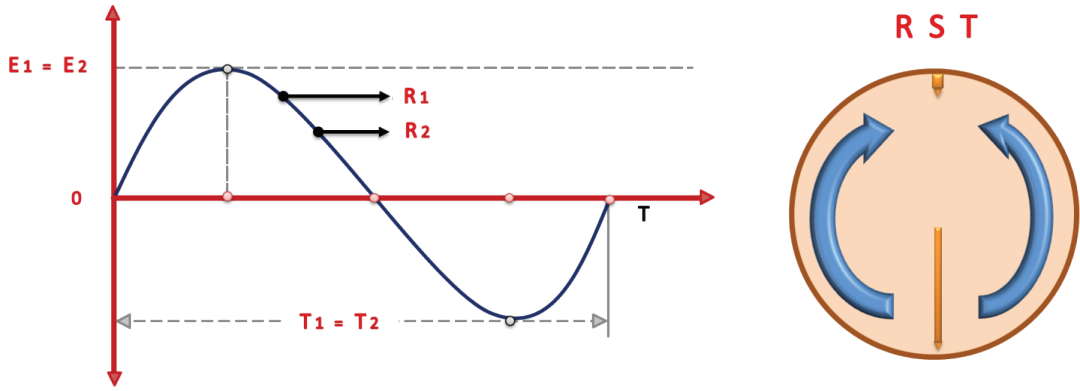


Şekil 4.5 Faz sırası göstercisinin bağlantısı

## 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

### ENERJİ ÜRETİMİ, İLETİMİ ve DAĞITIMI

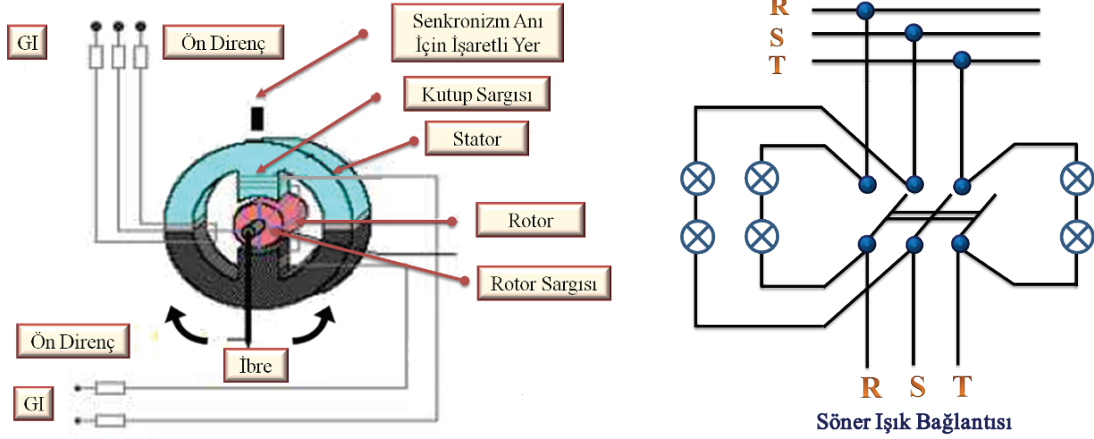
- Paralel bağlantı için gerekli olan son derece dikkat gerektiren bir koşul da senkronizm anının saptanmasıdır. Senkronizm anı (Senkronizasyon) paralel bağlanacak alternatör fazlarının üst üste çıkışması demektir. Senkronizm anında her iki alternatör gerilimleri aynı anda, aynı ani değerleri alır. Senkronizm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



Şekil 4.6.a: Senkronizm anında fazların şebeke gerilimlerinin üst üste çıkışması

Senkronizm anı senkronoskop, sıfır voltmetresi 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.

Sönen 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.



Şekil 4.7.b:Söner ışık bağlantısı

Bu küçük gerilim lambaları yakmaya yetmeyeceğinden senkronizm anı diye şalteri kapatmak sakıncalı olabilir. Bu yüzden lambalarla beraber bir voltmetre kullanılır. Voltmetrenin göstereceği değer 0 ile 2E değerleri arasındadır. Voltmetrenin sıfırı gösterdiği an senkronizm anıdır. Aynı faza ait eğriler arasındaki  $180^\circ$  aç farkında lambalar E1+E2 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.

### 4.2.1.3. Paralel Bağlı Jeneratörler Arasında Yük Dağılımı

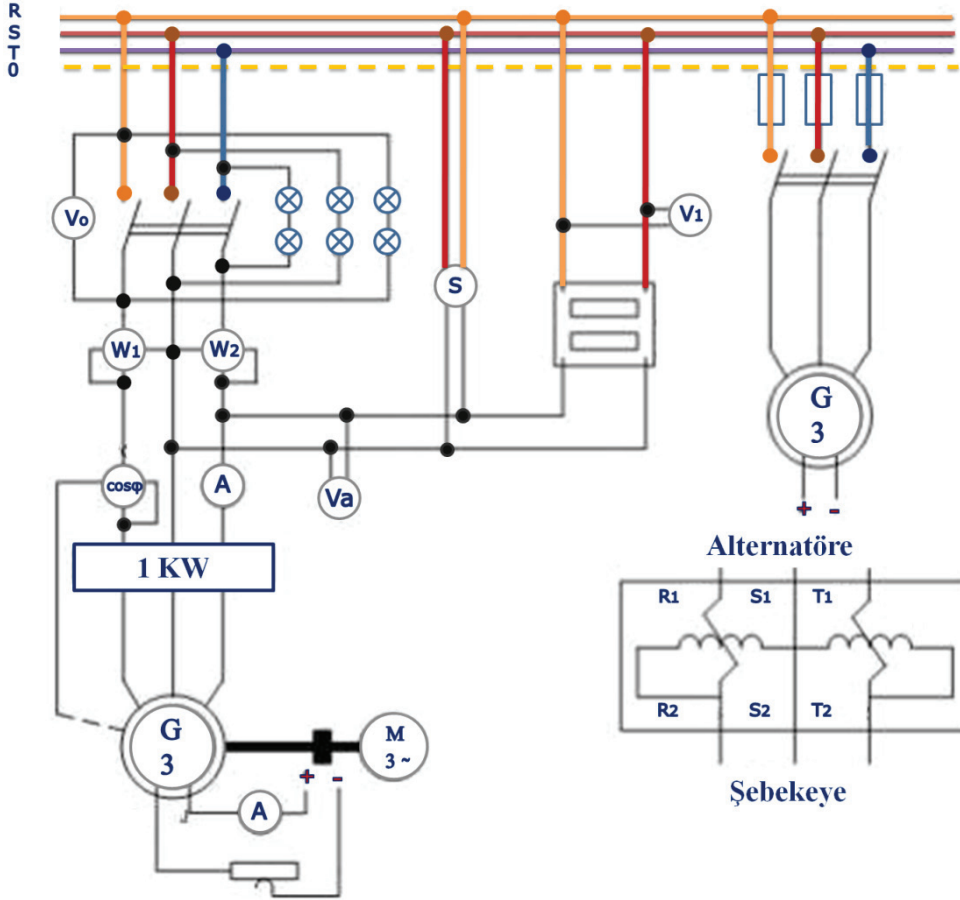
Yüklü olarak çalışan bir senkron jeneratöre ikinci bir senkron jeneratörü paralel bağlamak için şekil 4.8'deki devreyi bağlantısını yapalım. Eğer paralel bağlandıktan sonra hiçbir tedbir alınmazsa II. senkron jeneratör, I. senkron jeneratörün yüküne ortak olmaz. II. senkron jeneratörün üzerine yük alması için, dinamolarda olduğu gibi uyarım akımlarının ayarı ile gerilimin artırılması gerçek yük aktarımını sağlamaz. Bunun yerine jeneratörün döndürücü makinesinden verilen mekanik enerji yavaş yavaş artırılmalıdır.

Devreye paralel bağlanan senkron jeneratörün üzerine yük alabilmesi için senkron jeneratörü döndüren motorun devir sayısı veya gücü yükseltilmelidir. Bunun için döndürücü makinenin tipine göre gaz, benzin veya buhar miktarı artırılır. II. senkron jeneratör yükün bir kısmını üzerine alınca, yükü azalan I. Senkron je-

## 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

### ENERJİ ÜRETİMİ, İLETİMİ ve DAĞITIMI

neratörün devir sayısı, dolayısıyla sistemin frekansı bir miktar yükselir. Bu nedenle II. senkron jeneratörün döndürücü gücü artırılırken I. ninki biraz azaltılmalı ve böylece şebeke frekansının değişmesi önlenmelidir.



Şekil 4.8 Paralel bağlı iki senkron jeneratör

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

#### 4.2.2. Jeneratör Etiketinin Okunması

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

Tablo 4.1 Jeneratör üzerindeki etiket bilgileri

- Üretici kuruluşun adı
- Üretici kuruluşa göre, makine ile ilgili fabrikasyon bilgileri içeren model numarası
- Üretici kuruluşa göre seri üretim numarası
- Jeneratörden elde edilebilecek nominal çıkış gerilimi ve besleme çıkış akımı
- Jeneratör rotorunu döndüren yakıtın cinsi
- Jeneratör çıkış gücü
- Üretilen frekans değeri
- Maksimum ortam çalışma sıcaklığı
- Rotor dönüş hızı

Jeneratör çalışma şekli (devamlı ya da süreli) ve yan tarafta görülen birtakım bilgiler yer alır.

## DEĞERLENDİRME SORULARI

*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