

# JENERATÖR SEÇİMİ ve SENKRONİZASYON

Boran Tolga DEMİR

## ÖNSÖZ

Günümüzde tüm dünyada teknolojinin, sanayileşmenin ve kentleşmenin hızlı büyümesinin sonucu olarak elektrik enerjisine olan bağımlılık yüksek ivme ile artış göstermektedir. Elektrik enerjisine olan bu bağımlılık genellikle yedek güç olarak kullanılan jeneratör gruplarının doğru seçimi ve tesis edilmesi hususunu daha da önemli bir hale getirmektedir. Bu makalede bu seçim, tesis ve verim konusunda bilgilendirme amacı güdülmektedir.

## GİRİŞ

### A. JENERATÖR NEDİR?

Jeneratör kısaca mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüşümünü sağlayan elektromekanik bir ayardır. Basitçe jeneratörlerin çalışması elektromanyetik alan prensibine dayanmakta olup, bobin üzerinde oluşturulan manyetik alanın, o bobin teli üzerinde akım meydana getirmesi şeklindedir. Kullanıldığı yerler, yakıt çeşitleri, çalışma şekillerine göre jeneratörler sınıflandırılır.

#### 1. Kullanıldığı Yerlere Göre

- Asıl Enerji Kaynağı (Ada Modu)
- Yedek Enerji Kaynağı

Jeneratör grupları kullanılacakları yerin coğrafi, ihtiyaç ve maliyet analizleri sonucunda Asıl ya da Yedek Enerji kaynağı olarak kullanılabilirler.

#### 2. Yakıtlarına Göre

- Ağır Fosil Yakıtlılar (HFO)
- Dizel
- Benzin / LPG
- Doğalgaz / Biogaz
- Çift Yakıtlılar ( Dizel-Gaz vb.)

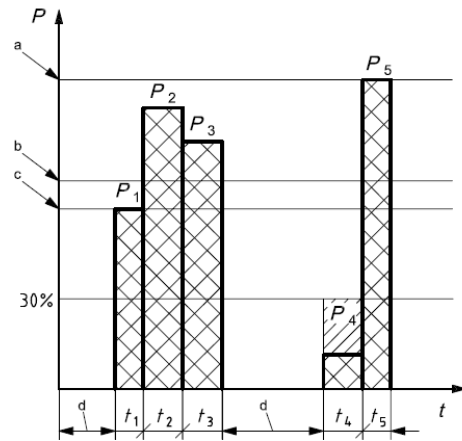
Mekanik enerji için ihtiyaç duyulan , kimyasal enerji kaynağı olarak yukarıda belirtilmiş olan yakıtlar jeneratör seçiminde ve maliyet analizinde etkilidir.

#### 3. Çalışma Şekillerine Göre

- ESP (Acil Yedek Güç )
- PRP ( Birincil Güç )
- COP ( Sürekli Güç )

Üç ana başlıkta incelenebilir. Jeneratör grupları için çalışma şekilleri çıkış gücü kategorileri ISO 8528 standardı ile belirlenmiştir. Bu standarda göre;

- ESP**(Acil yedek güç), jeneratör setinin, uygun çalışma şartları altında ve üretici tarafından önceden belirlenmiş periyodlara ve prosedürlere göre bakımları yapılarak değişken yük altında yıl boyunca en fazla 200 saat sağlayabileceği güçtür. En fazla uygulama örneğine sahip çalışma sınıfıdır. Tablo 1
- Yıl boyunca 200 saat çalışabilir.  $T=200h$ .
- Yük değişken olmalıdır.
- Ortalama yük değeri  $c=\%70$  olmalıdır.
- Aşırı yüklenemez.

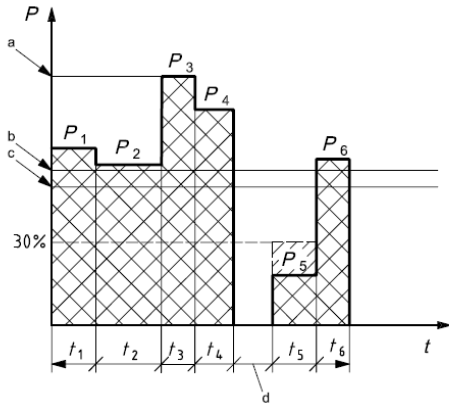


Tablo 1 – Acil Yedek Güç

**PRP** (Birincil Güç), belirtilen bakım periyotları arasında ve belirtilen ortam şartlarında yılda sürekli çalışabilen değişken

bir güç sıralaması süresince mevcut olan en yüksek güçtür. Tablo 2

- Yıl boyunca sınırsız saat çalışabilir.
- T=Limitsiz.
- Yük değişken olmalıdır.
- Ortalama yük değeri  $c=\%70$  olmalıdır.

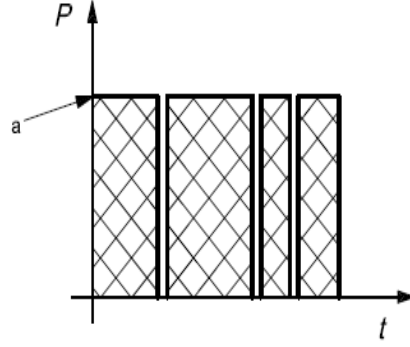


Tablo 2 – Birincil Güç

**COP** (Sürekli güç), bir jeneratör grubunun belirtilen bakım periyotları arasında ve belirtilen ortam şartlarında, bir yılda kesintisiz olarak güç sağlayabilme kapasitesidir.

(Yapılan bakım, imalatçının belirttiği gibi olmalıdır.) Tablo 3

- Yıl boyunca sınırsız saat çalışabilir.
- T = Limitsiz.
- Ortalama yük değeri  $a=\%100$  olabilir.
- Aşırı yüklenemez.
- Ts zamanı, bakım için periyodik durdurulma zamanlarını belirtir.



Tablo 3 – Sürekli Güç

### JENERATÖR SEÇİMİ İÇİN GEREKLİ KRİTERLER

1. Jeneratörün gerilimi, frekansı ve faz sayısı
2. Jeneratörün kullanılacağı coğrafi ve fiziksel koşullar
3. İzin verilen adım gerilim ve frekans düşümü
4. Yük karakteristiği
5. Kullanım şekillerine göre jeneratör kontrol şekilleri

Yukarıda belirtilmiş olan maddeleri şu şekilde açıklayabiliriz.

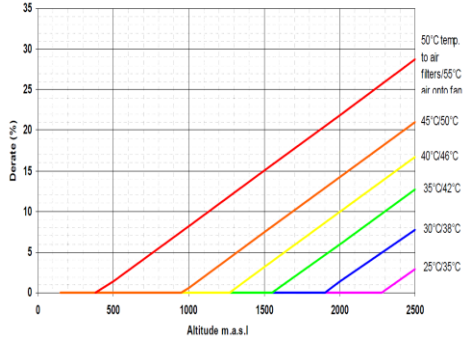
Jeneratör grubunun gerilimi, kullanıldığı ülke normlarına, yapılacak olan uygulamada ihtiyaç duyulan gerilim seviyesine göre belirlenmektedir. Ayrıca yine frekans da 50/60 Hz veya spesifik uygulamalarda (havaalanı vb. ) 400Hz olarak belirlenebilmektedir.

### Jeneratörlerin kullanılacağı coğrafi koşullar;

- Yükseklik ve Sıcaklık

Jeneratörlerin çalışacağı ortamdaki yükseklik/sıcaklık değerleri çıkış gücünü direkt etkilemektedir. Kullanılacak olan jeneratörlerin yükseklik ve sıcaklık için ayrı güç düşümü eğrileri vardır. Bu eğriler alternatör ve motor için ayrı ayrı düşünülmelidir. Örnek verecek olursak bir dizel motor için yükseklik ve sıcaklık güç düşüm grafiği Tablo-4'te ve bir

jeneratör için ise tablo-5' te yer almaktadır.



Tablo 4 - Dizel Motor için Yükseklik ve Sıcaklık güç düşüm tablosu

Ortam Sıcaklığı (°C)	30	35	40	45	50	55
K1 Faktörü	1,04	1	1	0,96	0,93	0,9
Güç Faktörü (Cos φ)	1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3
K2 Faktör	1	1	0,93	0,88	0,84	0,82
Yükseklik (m)	<1000	<1500	<2000	<2500	<3000	
K3 Faktör	1	0,96	0,93	0,9	0,86	
$\Sigma K = K1 \times K2 \times K3$						

Tablo 5 - Jeneratör için yükseklik , sıcaklık ve güç faktörüne göre güç düşüm tablosu

- Nem

Ayrıca jeneratörün kullanılacağı bölgedeki nem oranı da özellikle doğal emişli içten yanmalı motorların gücünde büyük etki yapmakta olup, turboşarjlı motorlarda ise ihmal edilebilecek düzeydedir.

### Jeneratörlerin kullanılacağı fiziksel koşullar ise;

- Jeneratör kullanılacağı mahal, iç ya da dış ortam jeneratör grubunun koruma kabinli veya kabinsiz olmasını belirlemektedir.
- Jeneratör grubunun ortama vermiş olduğu gürültünün önem derecesine göre ise ses izolasyon kabinli ya da özel konteynir kabinli olmasını belirlemektedir.

### İzin verilen maksimum adım gerilim düşümü;

Beslenilmesi istenilen yüklerin karakteri ile ilgili bir parametredir. Beslenen yükler kimi zaman bir banka, kimi zaman fabrika, kimi zamanda ev veya bir hastane olabilir. Gerilim düşümünün az istenildiği yerlerde jeneratör büyük olacak şekilde seçilmelidir. Aksi halde jeneratörün beslediği hat üzerinde gerilim düşümü nedeni ile kullanılan cihazlarda kalıcı hasarlar olabilir.

### İzin verilen maksimum adım frekans düşümü;

Maksimum müsaade edilen gerilim düşümü ile benzer mantık çerçevesindedir. Beslenen yüke ve ilk adımda alınması istenilen yük miktarı burada en önemli faktördür. Motor üreticileri, kataloglarında ISO 8528- 5 standardında belirtilmiş olan çalışma sınıflarına uygun olarak değer belirtmektedirler. Jeneratör seçimi yapılırken bu değerler göz önünde tutulmalıdır. Jeneratörlerin etiket değerleri belirlenirken standart referans koşulları ISO 8528-1 standardına göre;

- Toplam barometrik basınç ( $p_r$ ):  
= 100 kPa
- Ortam hava sıcaklığı: 25 °C (298 K)
- Bağlı nem ( $\phi_r$ ): 30 % dir

Jeneratörler etiketlerindeki çıkış gücünü bu şartlar altında verirler.

Referans koşulların değişimi ve diğer bazı faktörlerin (yükseklik, havalandırma, yakıt sıcaklığı, toz, vs) etkisi ile çıkış gücü değişebilir.

### Yük karakteristiği;

Jeneratör seçimindeki önemli etkenlerin başında gelmektedir.

Yük denilince; Isıtma ve Havalandırma, Aydınlatma, Elektrik Motorları, Elektrikli Makinalar, Lineer Olmayan Yükler şeklinde sınıflandırabiliriz.

Özellikle yüksek kalkış akımına ihtiyaç duyan elektrik motorları, metal-halide, civa-buharlı vb. ampuller, sistemde harmonik

yaratan UPS, İnvörtör gibi tristör tetiklemeli güç elektroniği elemanları, aşırı kapasitif yükler, jeneratör seçiminde etkin rol oynamaktadırlar.

Ayrıca jeneratörün minimum yük değeri de sağlıklı bir jeneratör sistemi için önemlidir. Örnek verecek olursak dizel motorlu bir jeneratörde %30 yükün altında uzun süreli çalışması dizel motorun turboşarj ünitesinde, yanma odası ve subap sisteminde kurum kaynaklı hasar meydana getirecektir. Bu sebeptendir ki jeneratör seçimi yapılırken çok küçük ya da çok büyük jeneratör seçimi doğru değildir.

Yukarıda da belirtildiği üzere pek çok kriterin önem arz ettiği jeneratör seçimi yanlış yapıldığında ya çok yüklü maliyetlere katlanılarak yenilenmesi ya da belirli yüklerin kısıtlanması sonucu eldeki jeneratörün değerlendirilmesi ile son bulur. Umarız verdiğimiz bilgiler bu konuda yardımcı olabilir.

## B. SENKRONİZASYON

Gün geçtikçe işletmelerdeki güç talebinin artması, jeneratör güçlerinin de artmasına sebep olmaktadır. Bilindiği üzere içten yanmalı motorların güçleri arttığında boyutları da kübik olarak artmaktadır. Bu artış sonucunda geline nokta yüksek devirli maksimum içten yanmalı motor gücü 4MW seviyelerine gelmiştir.

İçten yanmalı motor gücünün boyutlarının bu denli büyümesi hem jeneratörün konumlandırılacağı alanı büyütmede, hem yakıt tüketimini arttırmakta hem de olası bir arıza sonucunda bütün yüklerin enerjisiz kalmasına sebep olacaktır.

Yukarıda bahsetmiş olduğumuz bütün bu sebepler sonucunda küçük güçlü jeneratör gruplarının senkronizasyonu ile ilgili ihtiyaç doğurmuştur.

### 1. Senkronizasyon Nedir?

Senkronizasyon, iki ya da daha fazla elektrik kaynağının aynı zaman diliminde aynı

gerilim genlik değeri, aynı frekans değeri ve aynı fazlar arasında faz açısı farkının  $0^\circ$  olduğu durumdur.

Jeneratör senkronizasyonun birçok şekli mevcuttur. Bunlar;

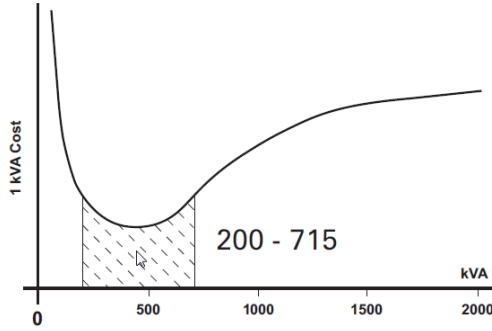
#### a. Jen - Jen Arası Senkronizasyon

İki ya da daha fazla jeneratör grubu arasında yapılan senkronizasyondur. Burada jeneratör kontrol cihazı özelliklerine göre 32 adet jeneratörü senkron edilebilmektedir.

Jeneratörler arası senkronizasyonun büyük güçlü tek jeneratöre göre avantajları;

- İlk kurulum maliyeti daha düşüktür. Bunun sebebi ise büyük güçlü içten yanmalı motorların kullanılacağı alanın sınırlı olması, üretim adedinin kısıtlı olmasındandır. Çünkü 600kW'a kadar olan dizel motorlar, iş makinası, vinç, jeneratör, yangın pompası gibi uygulamalarda kullanıldıkları için seri üretim bandında üretilmektedir. Bu sebeple üretim maliyetleri düşük olduğu için jeneratör fiyatları büyük güçlü jeneratörlere göre daha ucuzdur.
- Güç optimizasyonu sağlayarak yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Güç ihtiyacı olmadığı durumlarda jeneratörlerden ihtiyacı olmayan kadarını yükten çıkararak efektif bir jeneratör kullanımı sağlamaktadır.
- Jeneratör gruplarının mekanik ömürlerini de çalışma saatine göre eşit tutarak daha uzun ve sağlıklı bir enerji üretimini sağlamaktadır.
- Tek bir jeneratör grubunun arızalanması durumunda bütün işletme enerjisiz kalmasına rağmen senkronizasyon sistemi ile jeneratör gruplarından herhangi birinin arızalanması durumunda, yüklerde kısıtlamaya giderek sistemin kısmi olarak beslenmesi sağlanabilir. Bu sebeple jeneratör gruplarının kısmi olarak yedeklenmesi sağlanmış olur.

Yaklaşık olarak jeneratör gruplarının maliyetine ilişkin bilgi Tablo 6' da bulunmaktadır.



Tablo 6 – Birim KVA Maliyet Tablosu

Senkronizasyon sisteminin dezavantajları ise ;

- Yerleşim ile ilgili standartlar gereğince senkronize sistemlerde jeneratör yerleşimlerinde daha fazla alana ihtiyaç duyulmaktadır.
- Kullanılan bakım malzemeleri ve işçilikler düşünüldüğünde senkronize sistemlerin yıllık maliyetleri eşleniği tek jeneratöre göre 1,2 katı daha fazla olmaktadır.
- Daha kompleks bir elektrik panosu ve güç dağıtımına ihtiyaç bulunmaktadır.
- Ana kaynak kesildiğinde devreye girme süresi senkronizasyon sistemine bağlı olmak ile beraber %20-%50 daha uzun olabilir.

#### b. Jen- Şebeke Senkronizasyonu

Bir veya daha fazla jeneratör grubu ile bir ya da daha fazla şebeke arasında yapılan senkronizasyondur.

Bu senkronizasyonun birkaç farklı amacı bulunmaktadır. Bunlar;

- Yumuşak Geçiş

Bilindiği üzere acil durum jeneratörleri, şebeke enerjisi kesildiği takdirde, şebeke ile jeneratör arasında yapılmış olan

transferleme sistemi sayesinde yükü beslemektedir. Şebeke enerjisi geri geldiğinde işletme tekrar bir enerji kesintisi yaşayarak sistemi şebeke pozisyonuna almaktadır.

Enerji kesintisini iki defa görülmemesi istenen, hastane, üretim tesisleri , enerji santrali black start uygulamalarında , jeneratör grubu ya da grupları şebeke ile geri dönüşte senkron olarak sistemin ikinci defa enerjisiz kalmasını engellemektedir.

- Tepe Kesme Senkronizasyonu

İşletmenin ihtiyacı olan elektrik enerjisinin tamamını ana kaynak olan şebekeden karşılayamadığı durumlarda ya da belirli zaman aralıklarında işletmenin ihtiyacı olan enerjinin artması sonucunda bu enerji artışını karşılamak için yapılması gereken kurulum maliyetinin jeneratör işletme maliyetinden fazla olduğu durumlarda Tepe Kesme Senkronizasyonu denilen şebeke ile paralelde belirlenmiş bir enerji miktarı ile jeneratörün çalışmasıdır.

Genellikle doğalgazlı jeneratör setlerinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir.

Burada işletmenin güç artırımına gitmesi için gerekli havai hat, direk , kablo ,O.G hattı , kesici , ayırıcı , trafo gibi ekipmanların ve işçiliklerinin maliyetleri ile jeneratör, senkronizasyon panosu ve otomasyonunun maliyetleri kıyaslanarak yapılacak olan yatırıma karar verilir.

Konuya başlarken de belirttiğimiz üzere enerji tüm hücreleri ile yaşantımızın içerisinde ve artık enerjisiz geçirecek en kısa ana bile tahammülümüz kalmamıştır. Teknoloji ve sanayileşme o kadar hızlı ilerlemektedir ki tüm sanayi alt yapısı elektrik enerjisi üzerinde şekillenmektedir. Böylesine hızlı gelişen bir dünya düzeninde jeneratörler de gerek yedek enerji gerekse asıl enerji olarak kullanılсын artık hayatımızın önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Bu nedenle doğru jeneratör seçimi, ister senkronize olsun isterse

otomatik ya da manuel uygulamaları olsun oldukça önem kazanmıştır.

## KAYNAKLAR

1. TS ISO 8528-1 Gidip gelme hareketli içten yanmalı motorla tahrik edilen alternatif akım jeneratör grupları - Bölüm 1: Uygulama , beyan değerleri ve performans
2. TS ISO 8528-2 Gidip gelme hareketli içtenyanmalı motorla tahrik edilen alternatif akım jeneratör grupları - Bölüm 2: Motorlar
3. TS ISO 8528-3 Gidip gelme hareketli içten yanmalı motorla tahrik edilen alternatif akım jeneratör grupları - Bölüm 3: Jeneratör grupları için alternatif akım jeneratörleri
4. TS ISO 8528-4 Gidip gelme hareketli içten yanmalı motorla tahrik edilen alternatif akım jeneratör grupları - Bölüm 4: Kontrol tertibatı ve bağlama donanımı
5. TS ISO 8528-6 Gidip gelme hareketli içten yanmalı motorla tahrik edilen alternatif akım jeneratör grupları - Bölüm 6: Deney metotları
6. TS ISO 8528-7 Gidip gelme hareketli içten yanmalı motorla tahrik edilen alternatif akım jeneratör grupları - Bölüm 7: Tasarım ve şartname için teknik bildirimler
7. TS ISO 8528-8 Gidip gelme hareketli içten yanmalı motorla tahrik edilen alternatif akım jeneratör grupları Bölüm 8: Düşük güç jeneratör grupları – Özellikler ve deneyler
8. TS ISO 8528-9 Gidip gelme hareketli içten yanmalı motorla tahrik edilen alternatif akım jeneratör grupları Bölüm 9: Mekanik titreşimlerin ölçme ve değerlendirilmesi
9. TS ISO 8528-10 Gidip gelme hareketli içten yanmalı motorla tahrik edilen alternatif akım jeneratör grupları Bölüm 10: Havayla yayılan gürültünün yüzey kaplama metodu ile ölçülmesi
10. TS ISO 8528-12 Gidip gelme hareketli içten yanmalı motorla tahrik edilen alternatif akım jeneratör grupları -

Bölüm 12: Güvenlik hizmetleri için acil durum güç beslemesi

11. TS ISO 8528-9/T1 Gidip gelme hareketli içten yanmalı motorla tahrik edilen alternatif akım jeneratör grupları Bölüm 9: Mekanik titreşimlerin ölçme ve değerlendirilmesi
12. ISO 3046 (International Standardization Organization) İçten Yanmalı Motorlar.
13. Dizel motorun nominal gücü (ISO 3046-1'e göre) aşağıdaki şartlara göre belirlenir :

- Toplam barometrik basınç, pr: 100 kPa (1000 mbar)

- Hava sıcaklığı, Tr: 298 K (25oC)

- Bağıl nem, φr: %30

- Soğutma havasının sıcaklığı (Çevre sıcaklığı), Tcr: 298 K (25oC)

14. Alternatörün nominal gücü (IEC 60034-1 ve ISO 8528-3 ' e göre ) aşağıdaki şartlara göre belirlenir :

- Soğutucu hava sıcaklığı: 313 K (40oC) 'nin altında

- Soğutma tertibatının girişindeki soğutucu sıcaklığı 298 K (25oC) ' nin altında

- Yükseklik seviyesi: Deniz seviyesinden 1000 m yukarıya kadar

15. Kontrol tertibatı ve bağlama donanımının beyan gücü (IEC60298, IEC60439-1 ve IEC 60439-2' ye göre) aşağıdaki şartlara göre belirlenir:

- Ortam sıcaklığı, değişken en fazla: 313 K (40oC)

- Bağıl nem: 313 K (40oC) sıcaklığında %50

- Yükseklik seviyesi: Deniz seviyesinden 2000 m yukarıya kadar