

ELK 101



ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİNE GİRİŞ VE MÜHENDİSLİK ETİĞİ

Çarşamba 13:30-15:30

Konuk: **Prof. Dr. Özcan KALENDERLİ**
İTÜ Elektrik Mühendisliği Bölümü



Prof. Dr. Özcan KALENDERLİ

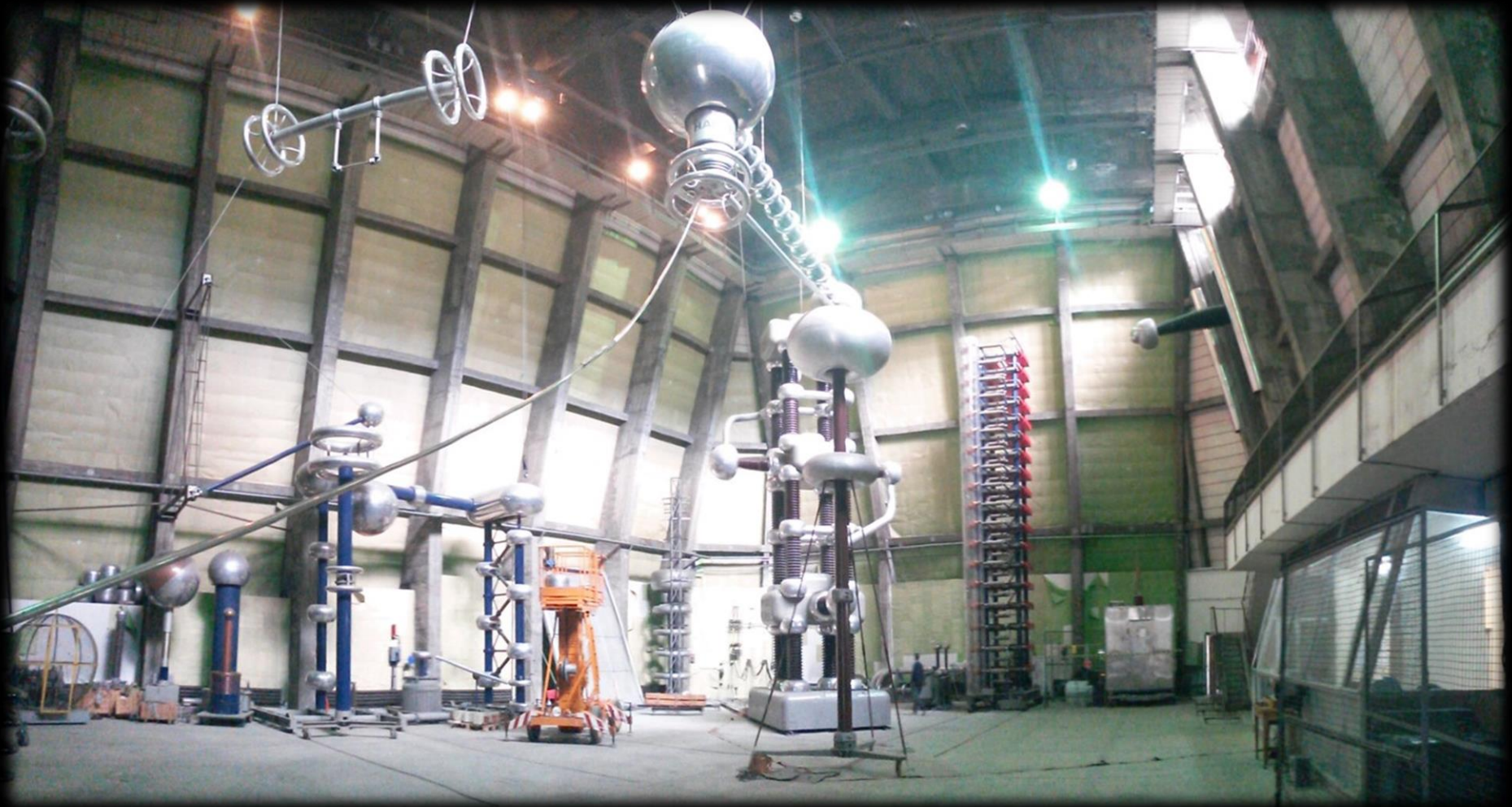
İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi
Elektrik Mühendisliği Bölümü

Web: <https://web.itu.edu.tr/kalenderli>

E-posta: kalenderli@itu.edu.tr

45 yıl





İTÜ Fuat Külünk Yüksek Gerilim Laboratuvarı
Gümüşsuyu, Taksim – İstanbul



İTÜ Yüksek Gerilim Laboratuvarı
EEF Binası (zemin kat) – Maslak Yerleşkesi

Yüksek Gerilim Nedir? Neden Gereklidir?

What is high voltage ? Why need is it?

Prof. Dr. Özcan Kalendarli

İstanbul Teknik Üniversitesi

Istanbul Technical University

Elektrik Mühendisliği Bölümü

Department of Electrical Engineering



Yüksek Gerilim

High Voltage

Potansiyel (Potential), V :

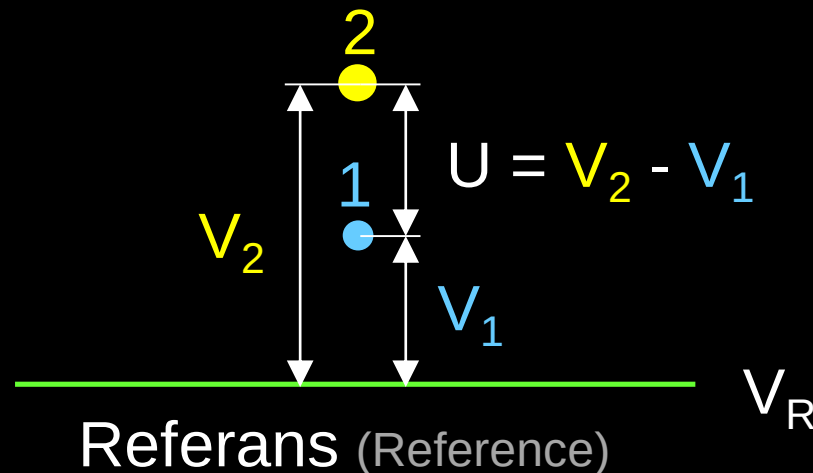
Bir noktanın bir referansa göre elektriksel konumudur.

The electrical position of a point according to a reference.

Potansiyelin birimi (Unit): Volt

Gerilim (Voltage), U : Potansiyel Farkı (Potential difference):

Gerilimin birimi (Unit): Volt



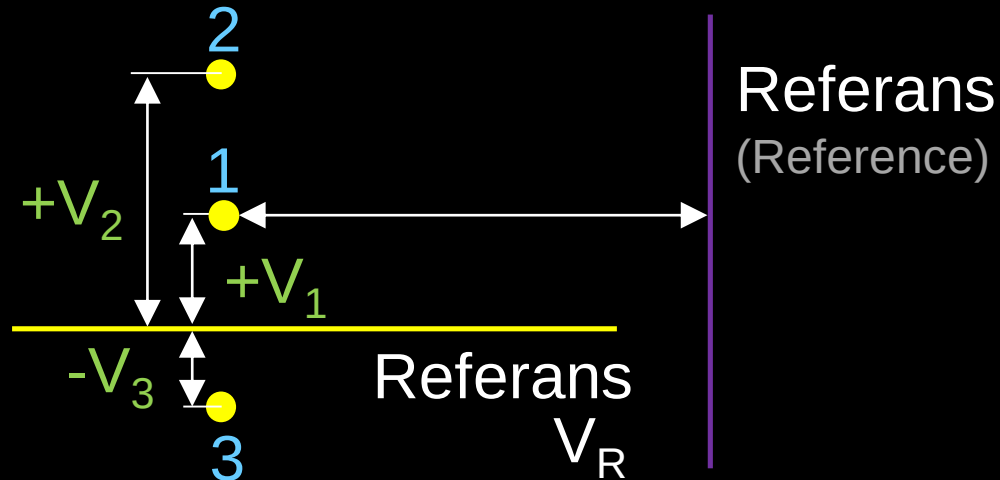
Yüksek Gerilim

High Voltage

Potansiyel (Potential), V :

Bir noktanın bir referansa göre elektriksel konumudur.

Potansiyelin birimi (Unit): Volt

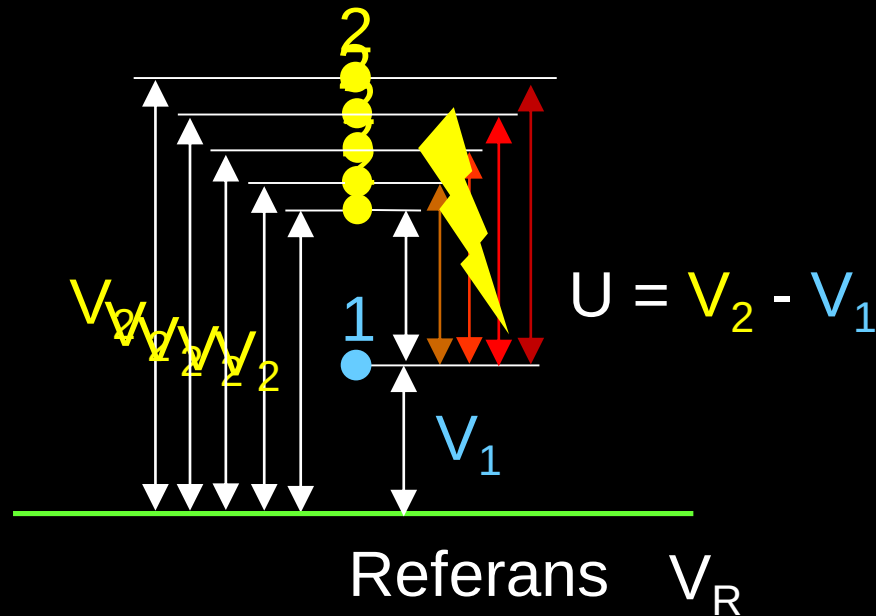


Yüksek Gerilim

High Voltage

Gerilim (Voltage), U : Potansiyel Farkı (Potential difference)

Gerilimin birimi (Unit): Volt



Alternatif Gerilim

Alternating Voltage

Dalga şekli
(wave shape)

Gerilim, $u(t)$
(Voltage)

$$u(t) = U_m \sin \omega t$$

$$u(t) = U_m \cos \omega t$$

[V]

U_m : Tepe değer
(Peak value)

U_e : Etkin değer
(rms value)

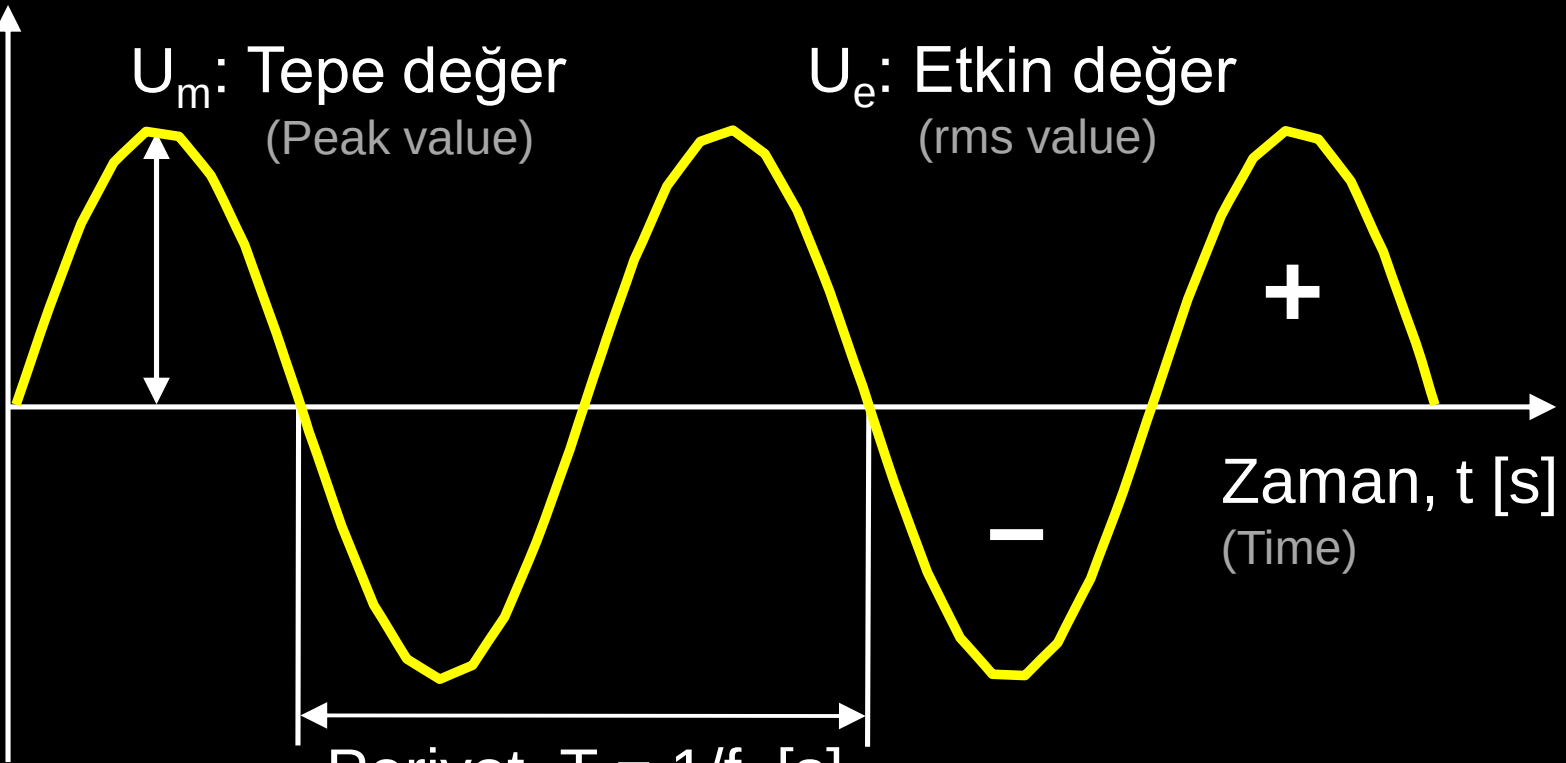
0

Zaman, t [s]
(Time)

Periyot, $T = 1/f$ [s]

(Period)

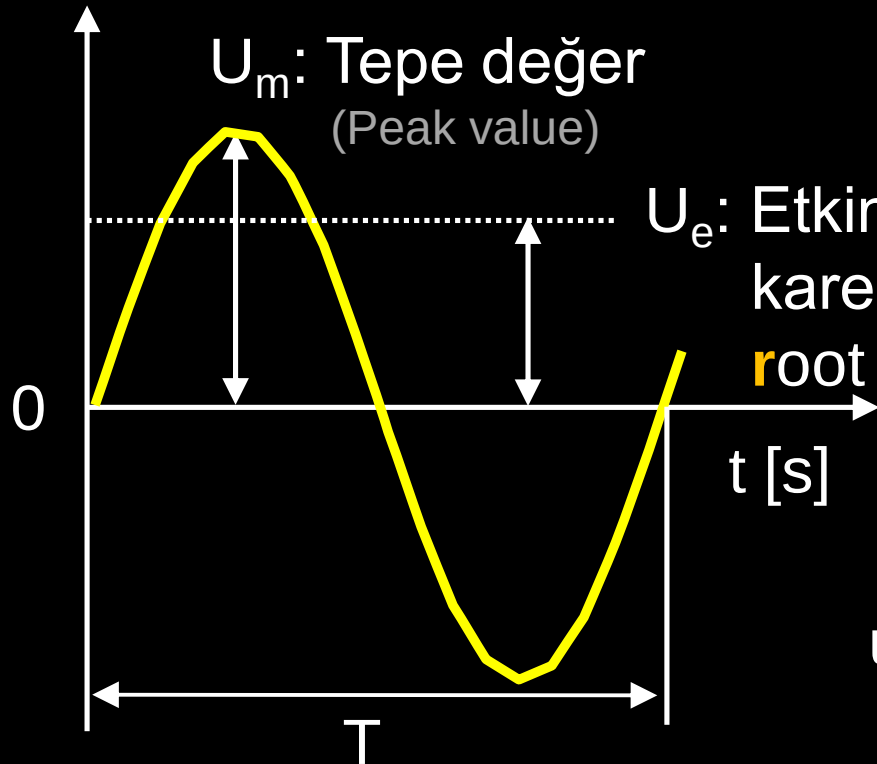
Frekans, $f = 1/T$ [1/s] veya [Hz]
(Frequency)



Alternatif Gerilim

Alternating Voltage

$u(t)$ [V]



root mean square

$$U_e = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) \cdot dt} = U_{rms}$$

U_e : Etkin değer, efektif değer, efikas değer
karesel ortalama değer
root mean square (rms)

$$u(t) = U_m \sin \omega t$$

$$U_e = U_m / \sqrt{2} = 0,707 U_m$$

$$U_m = \sqrt{2} U_e = 1,414 U_e$$



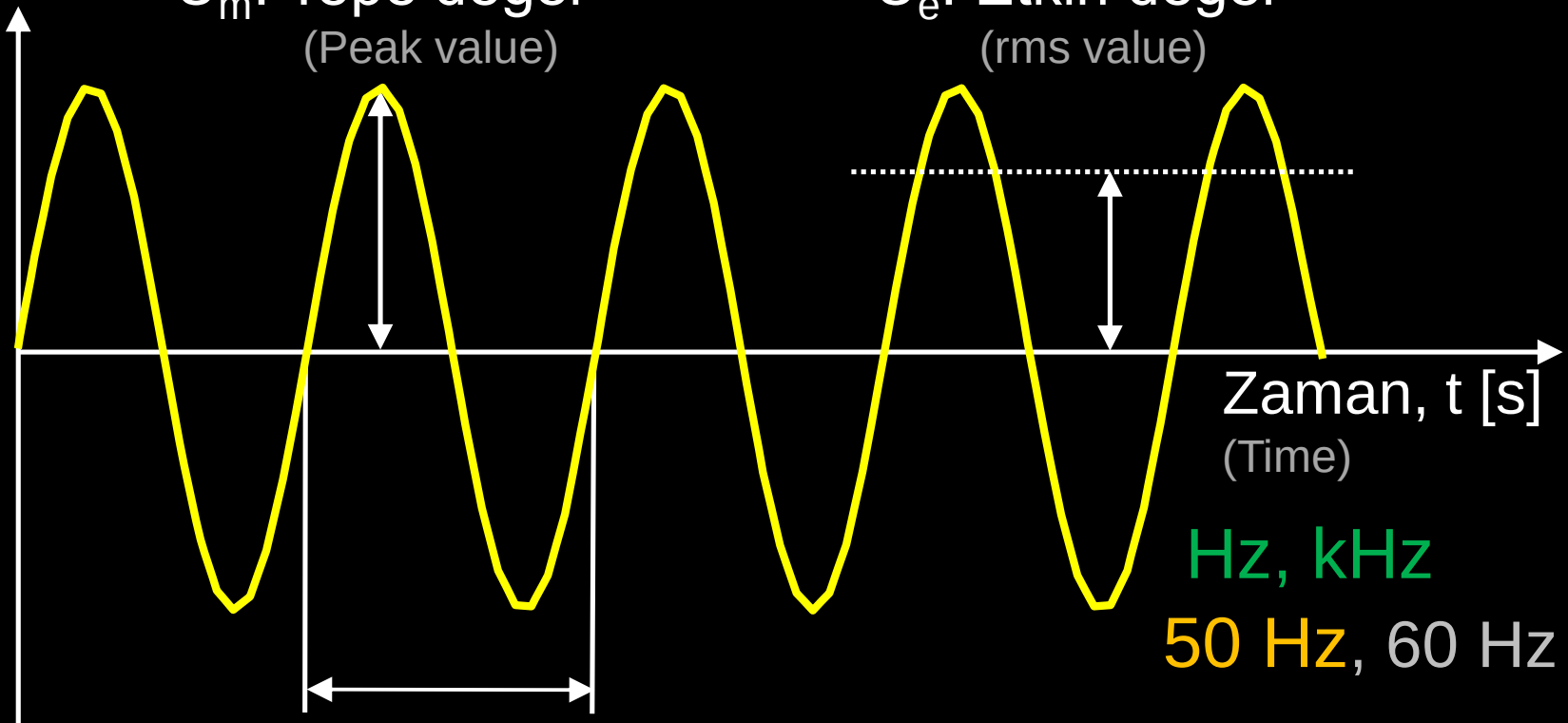
Alternatif Gerilim

Alternating Voltage

Gerilim, $u(t)$
(Voltage)

U_m : Tepe değer
(Peak value)

U_e : Etkin değer
(rms value)



Periyot, $T = 1/f$
(Period)

Frekans artıyor, periyot azalıyor, $T = 1/f$

Periyot azalıyor, frekans artıyor, $f = 1/T$

Hz, kHz

50 Hz, 60 Hz

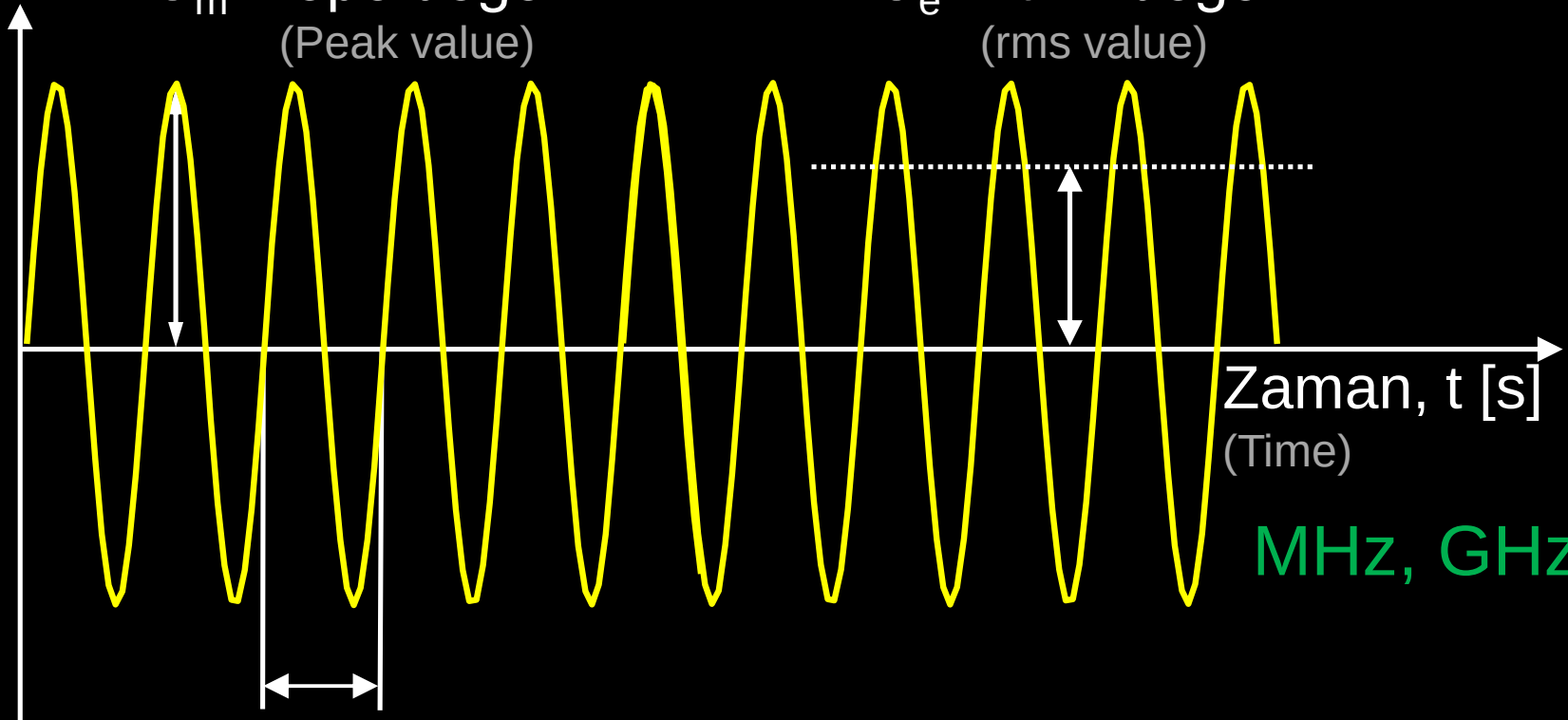
Alternatif Gerilim

Alternating Voltage

Gerilim, $u(t)$
(Voltage)

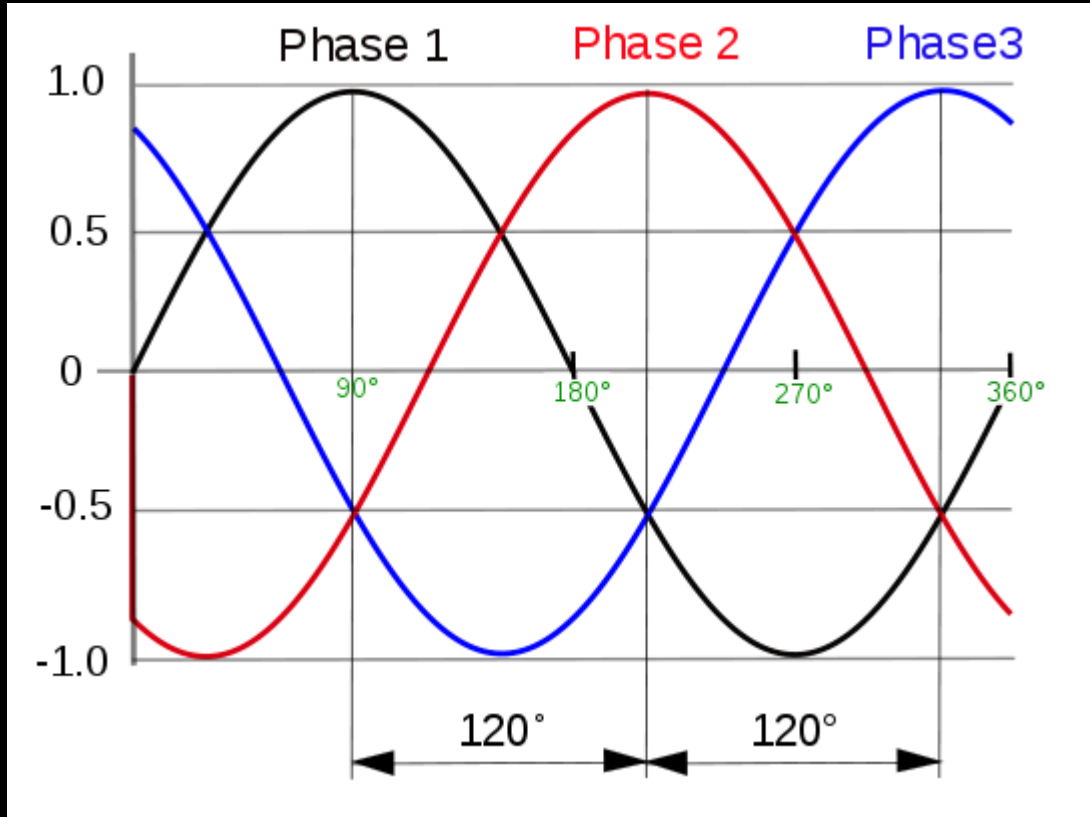
U_m : Tepe değer
(Peak value)

U_e : Etkin değer
(rms value)



Periyot, $T = 1/f$
(Period)

Frekans artıyor, periyot azalıyor, $T = 1/f$
Periyot azalıyor, frekans artıyor, $f = 1/T$



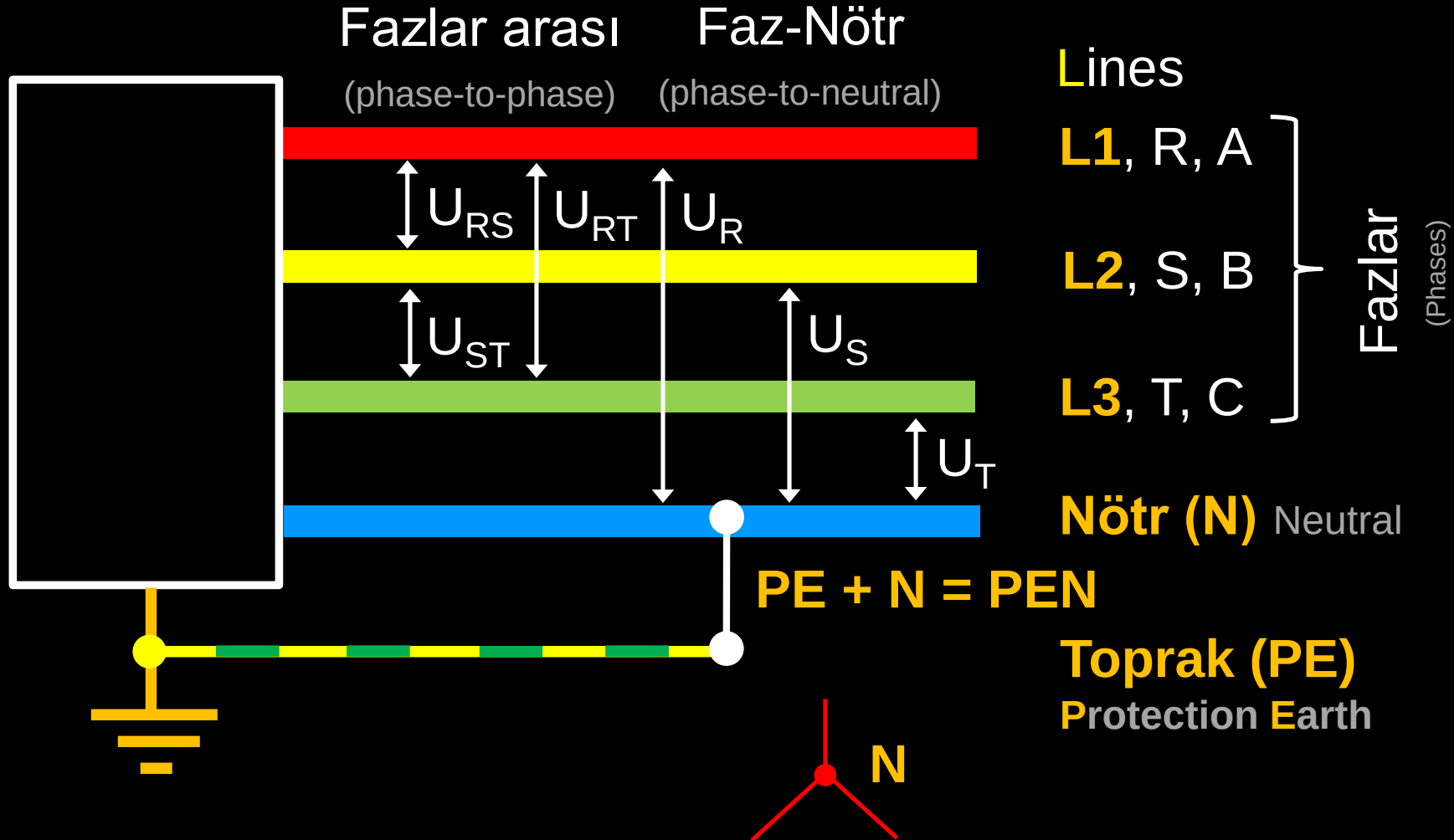
Üç Fazlı Alternatif Gerilim

Three phase alternating voltage

Faz farkı
Phase difference

Alternatif Gerilim

Alternating Voltage

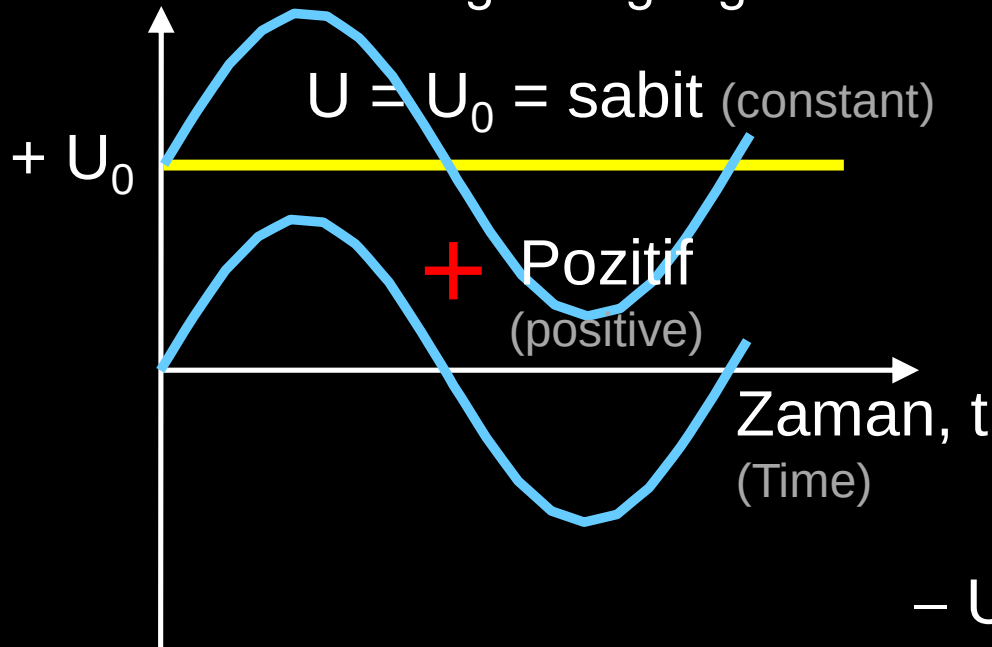


Doğru Gerilim

Direct Voltage

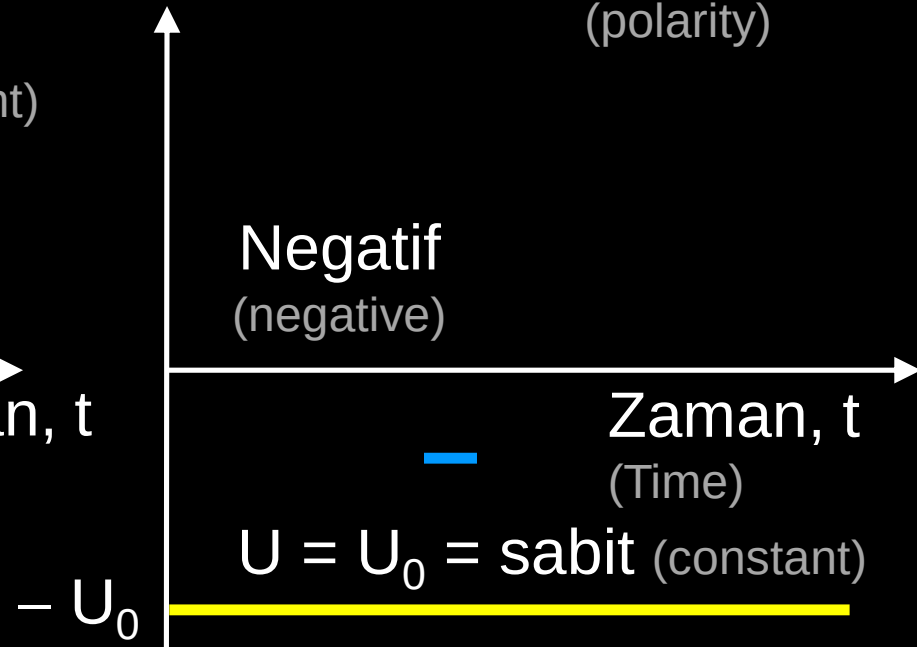
Gerilim, $u(t)$
(Voltage)

Dalgalı doğru gerilim



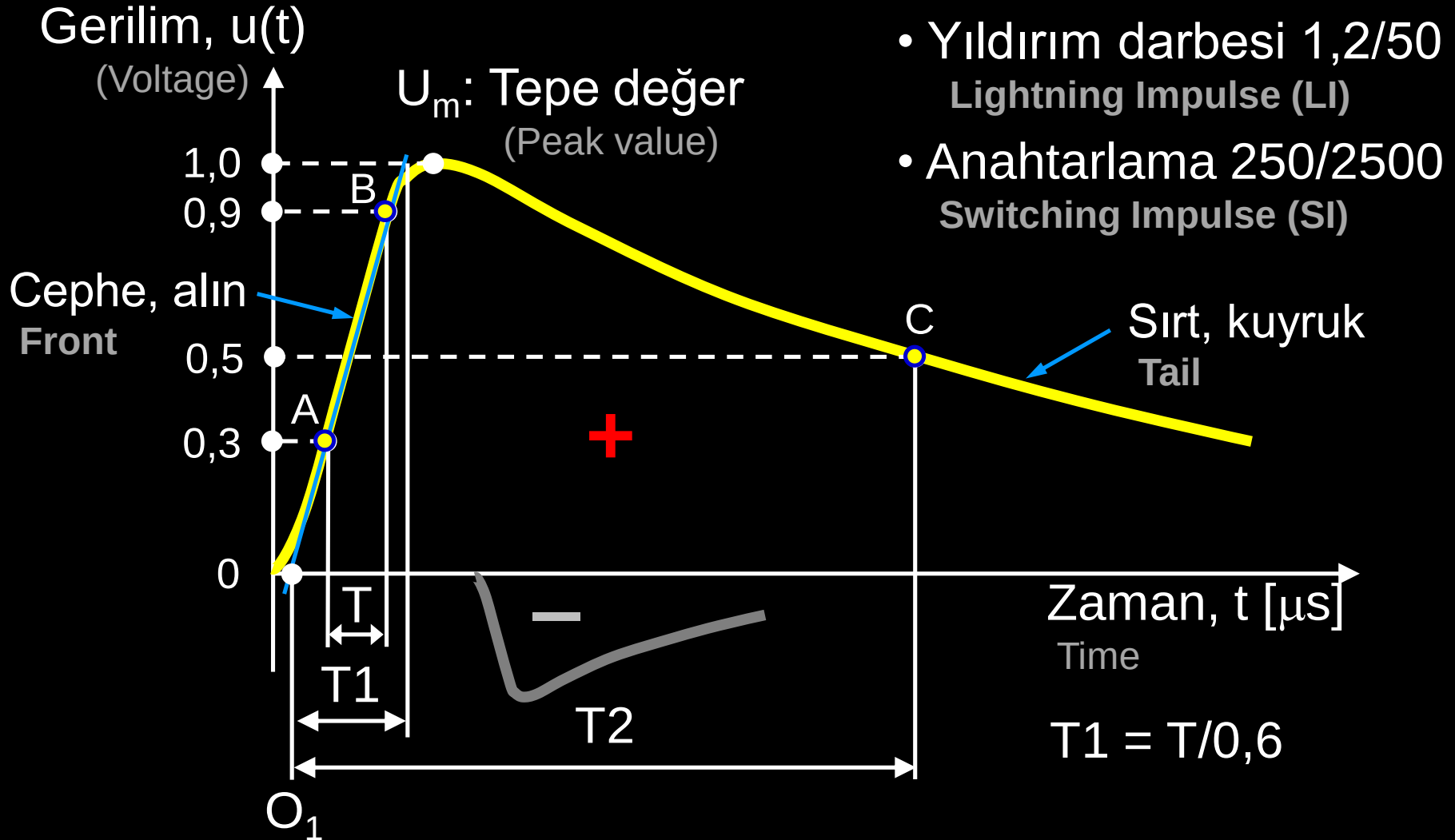
Gerilim, $u(t)$
(Voltage)

Kutup
Kutbiyet
Polarite
(polarity)



Darbe Gerilimi

Impulse Voltage



Yüksek Gerilim

High Voltage

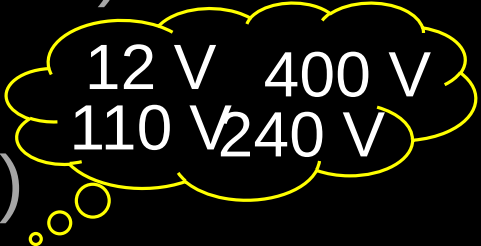
Alternatif gerilim için (for alternating voltage)

$U > 1000 \text{ Volt} = 1 \text{ kiloVolt} = 1 \text{ kV}$

Yüksek Gerilim, YG (High Voltage, HV)

$U \leq 1000 \text{ Volt} = 1 \text{ kiloVolt} = 1 \text{ kV}$

Alçak Gerilim, AG (Low Voltage, LV)



12 V 400 V
110 V 240 V

Doğru gerilim için (for direct voltage)

$U > 1500 \text{ Volt} = 1,5 \text{ kiloVolt} = 1,5 \text{ kV}$

Yüksek Doğru Gerilim

(High Voltage Direct Current, HVDC)

Yüksek Gerilim

High Voltage

IEC: International Electrotechnical Commission

Uluslararası Elektroteknik Komisyonu

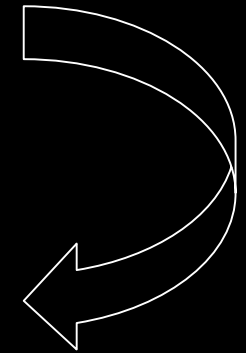
IEC 60071-1:2019 Insulation Co-ordination

Yalıtım Koordinasyonu

Elektrik elemanları,
devreleri, sistemleri
Electrical systems

Yalıtım
Insulation

Aşırı Gerilim
Overvoltage

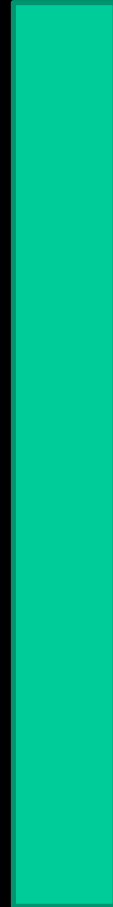
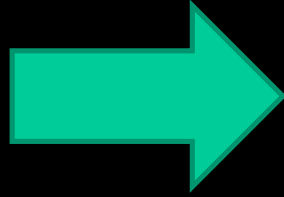


Koruma
Protection

Elektrik - Yalıtım – İletim

(Electricity – Insulation - Conduction)

- Işık (light)
 - Ses (sound)
 - Isı (heat)
 - Su (water)
 - Elektrik
 - Akım
 - Gerilim
 - Yalıtım
 - İletim
- İletim (conduction)
- İletkenlik (conductivity)
- İletken (conductor)



- Yalıtım (insulation)

- Yalıtkanlık
- Yalıtkan (insulator)



$$\text{Akım} = \frac{\text{Gerilim}}{\text{Direnç}}$$

Yalıtım Koordinasyonu

(Insulation Coordination)

Aşırı Gerilim
(Overvoltage)

Dalga biçimi (Waveform)

Genliği (Amplitude)

Frekansı (Frequency)

Periyodu (Period)

Süresi (Duration)

Kutbu (Polarity)

Konumu (Location)

Yönü, ... (Direction)

Yalıtım
Koordinasyonu

Yalıtım
(Insulation)

Aşırı Gerilimden Korunacak
Nesneler, Devreler, Canlılar

Aşırı Gerilimden Koruma
(Protection against overvoltage)

Koruma Yöntemleri ve araçları,
Topraklama, eşpotansiyelleme

İletim Koordinasyonu

(Conduction Coordination)

Aşırı Akım
(Overcurrent)

Dalga biçimi (Waveform)

Genliği (Amplitude)

Frekansı (Frequency)

Periyodu (Period)

Süresi (Duration)

Kutbu (Polarity)

Konumu (Location)

Yönü, ... (Direction)

İletim
Koordinasyonu

İletim

(Conduction)

Aşırı Akımdan Korunacak
Nesneler, Devreler, Canlılar

Aşırı Akımdan Koruma

(Protection against overcurrent)

Koruma Yöntemleri ve araçları,
Topraklama, eşpotansiyelleme

Yüksek Gerilim

High Voltage

$$1 \text{ kV} < U \leq 52 \text{ kV}$$

Orta Gerilim, OG (Medium Voltage, MV)

$$52 \text{ kV} < U \leq 300 \text{ kV}$$

Yüksek Gerilim, YG (High Voltage, HV)

$$300 \text{ kV} < U \leq 800 \text{ kV}$$

Çok Yüksek Gerilim, ÇYG (Extra High Voltage, EHV)

$$800 \text{ kV} < U$$

Aşırı Yüksek Gerilim, AYG (Ultra High Voltage, UHV)

Yüksek Gerilim

High Voltage

$$1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$$

1. Aralık (Range 1)

Yüksek Gerilim, YG (High Voltage, HV)

$$245 \text{ kV} < U_m$$

2. Aralık (Range 2)

Çok Yüksek Gerilim, ÇYG (Extra High Voltage, EHV)

U_m : İzin verilen en yüksek işletme gerilimi

Highest voltage for equipment

Maximum permissible operating voltage

Yüksek Gerilim

High Voltage

Türkiye'de Yüksek Gerilim Kademeleri:

High voltage levels in Turkey

Anma Gerilimi, U_n
(İşletme Gerilimi, U_i)

İzin Verilen En Yüksek
İşletme Gerilimi, $U_m (\cong 1,2 U_n)$

Nominal voltage	3 kV	3,6 kV	Highest voltage for equipment
Operating voltage	6 kV	7,2 kV	
OG	10 kV	12 kV	
(MV)	15 kV	17,5 kV	
	20 kV	24 kV	
	30 kV (34,5 kV)	36 kV	
YG (HV)	66 kV	72 kV	
	154 kV	170 kV	
ÇYG (EHV)	380 kV (400 kV)	420 kV	

Yüksek Gerilim

High Voltage

Yüksek Gerilime Gereksinimin Nedenleri

Why high voltage is needed?

1. Güç gereksinimindeki artış

(Increase in power demand)

$$\begin{array}{ccccc} \text{Güç} & = & \text{Gerilim} & \times & \text{Akım} \\ \text{(Power)} & & \text{(Voltage)} & & \text{(Current)} \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccc} \text{Enerji} & = & \text{Güç} & \times & \text{Zaman} \\ \text{(Energy)} & & \text{(Power)} & & \text{(Time)} \end{array}$$

Gerilim

Yalıtkan gereksinimi

Insulation requirement

$$S = P + jQ$$

S: Görünür güç (VA)

P: Etkin (aktif) güç (W)

Q: Tepkin (reaktif) güç (VAr)

$$\begin{array}{ccccc} S & = & U & \times & I \\ \text{[VA, MVA]} & & \text{[V, kV]} & & \text{[A, kA]} \end{array}$$

$$W = P \times t$$

[Ws, Wh, kvh], [W], [s, h]

iletken gereksinimi

Conductor requirement

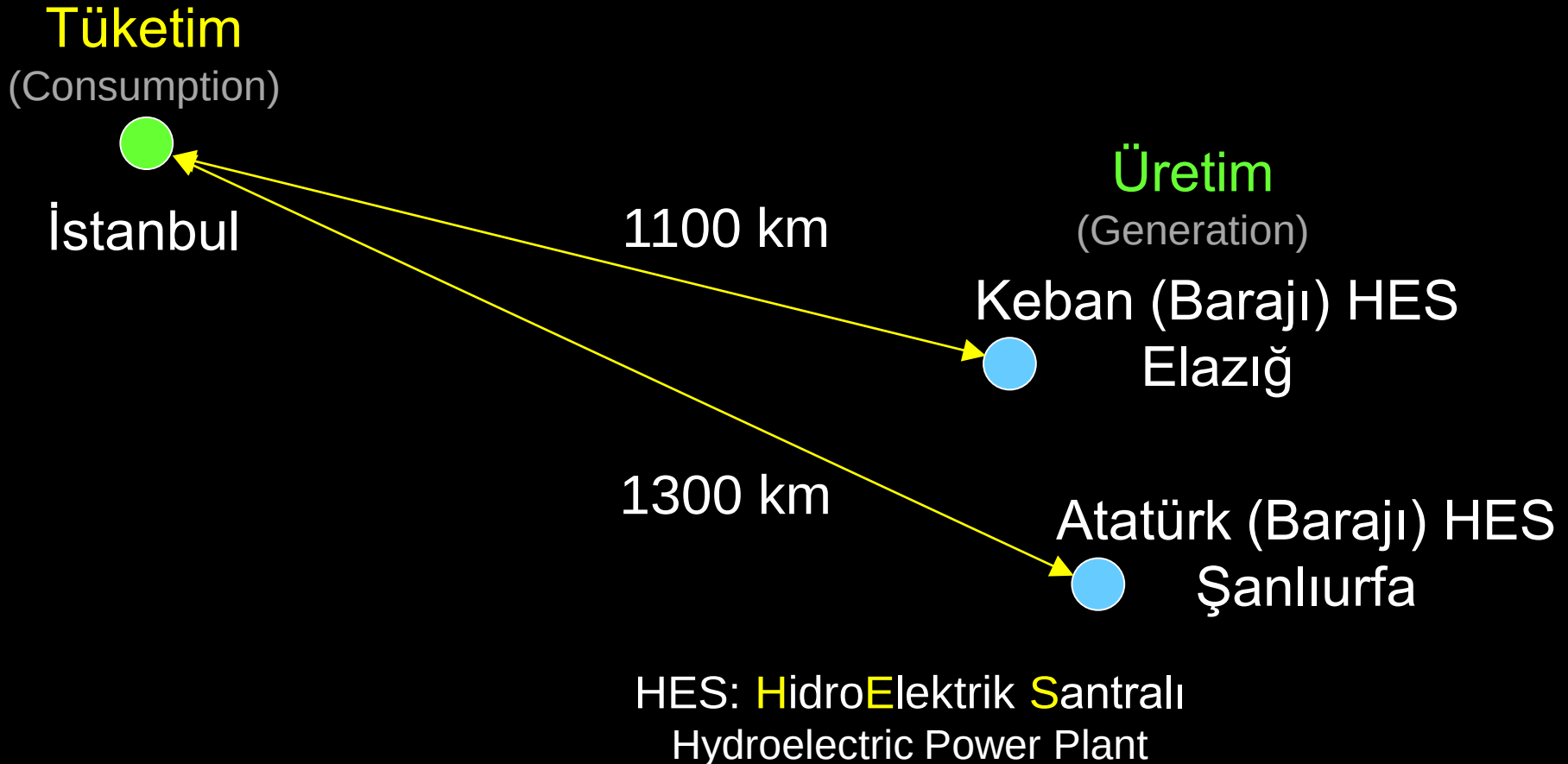
Enerji, kullanılan güçtür (Energy is the power used).

Yüksek Gerilim

High Voltage

2. İletilen uzaklıklardaki artış

(increase in transmission distances)

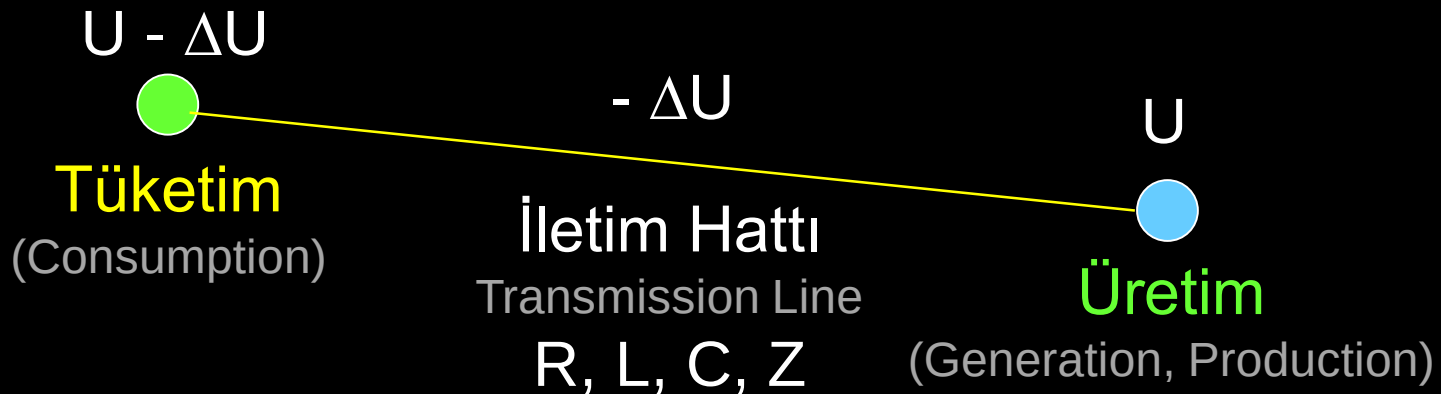


Yüksek Gerilim

High Voltage

3. Küçük gerilim düşümü (% 3 - 5)

(smaller voltage drop)



R: Hattın direnci (resistance)

L: Hattın endüktansı (inductance)

C: Hattın kapasitesi (capacitance)

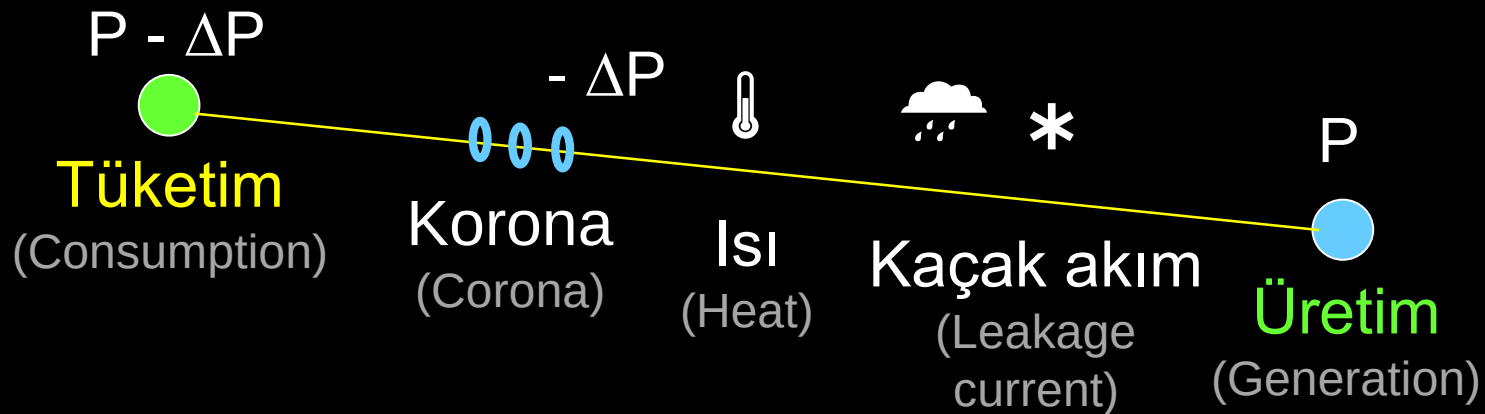
Z: Hattın empedansı (impedance)

Yüksek Gerilim

High Voltage

4. Kayıpları azaltmak

(reduce losses)



Yüksek Gerilim

High Voltage

5. Ekonomi

(kuruluş, işletme, bakım masraflarını azaltmak)

(reduce installation, operation, maintenance costs)

154 kV

154 kV

154 kV

154 kV

154 kV

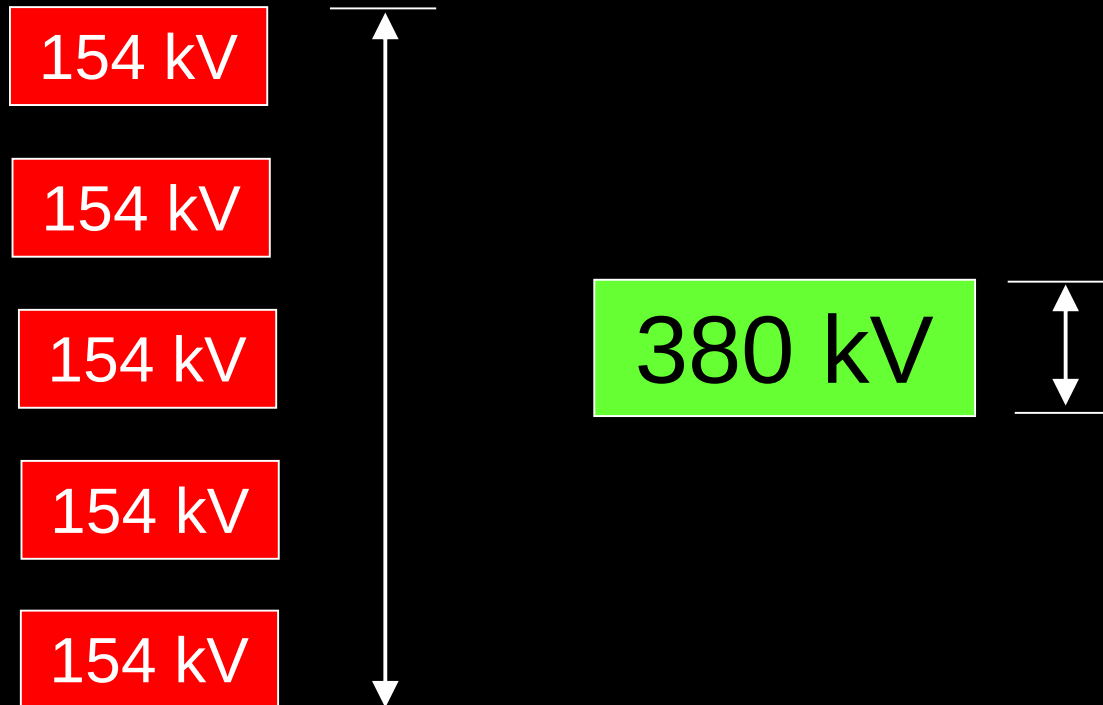
380 kV

Yüksek Gerilim

High Voltage

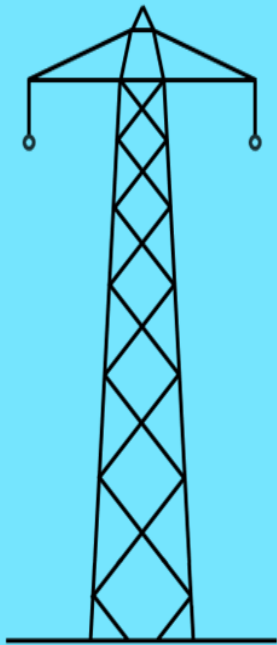
6. Boyutları azaltmak

(reduce sizes)



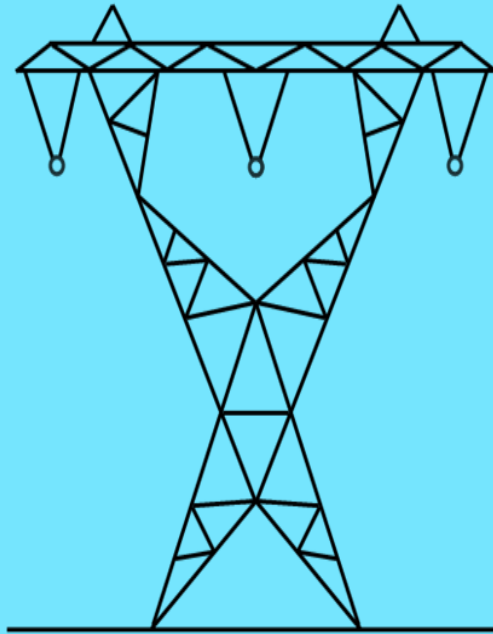
Yüksek Gerilim

High Voltage



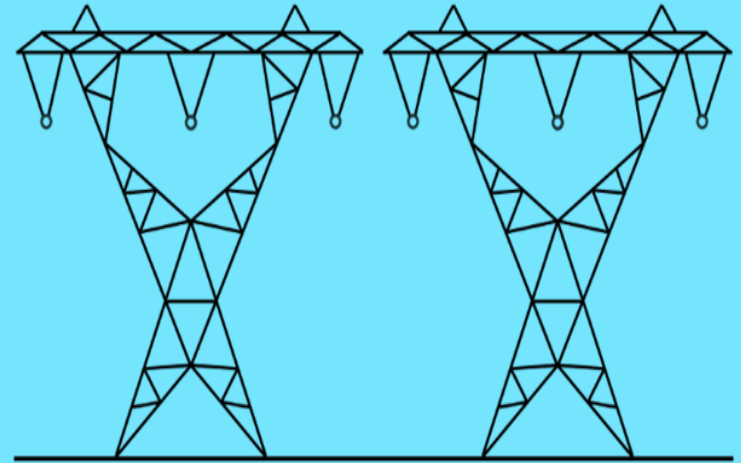
500 kV DC
(50 m)

=



800 kV AC
(85 m)

=

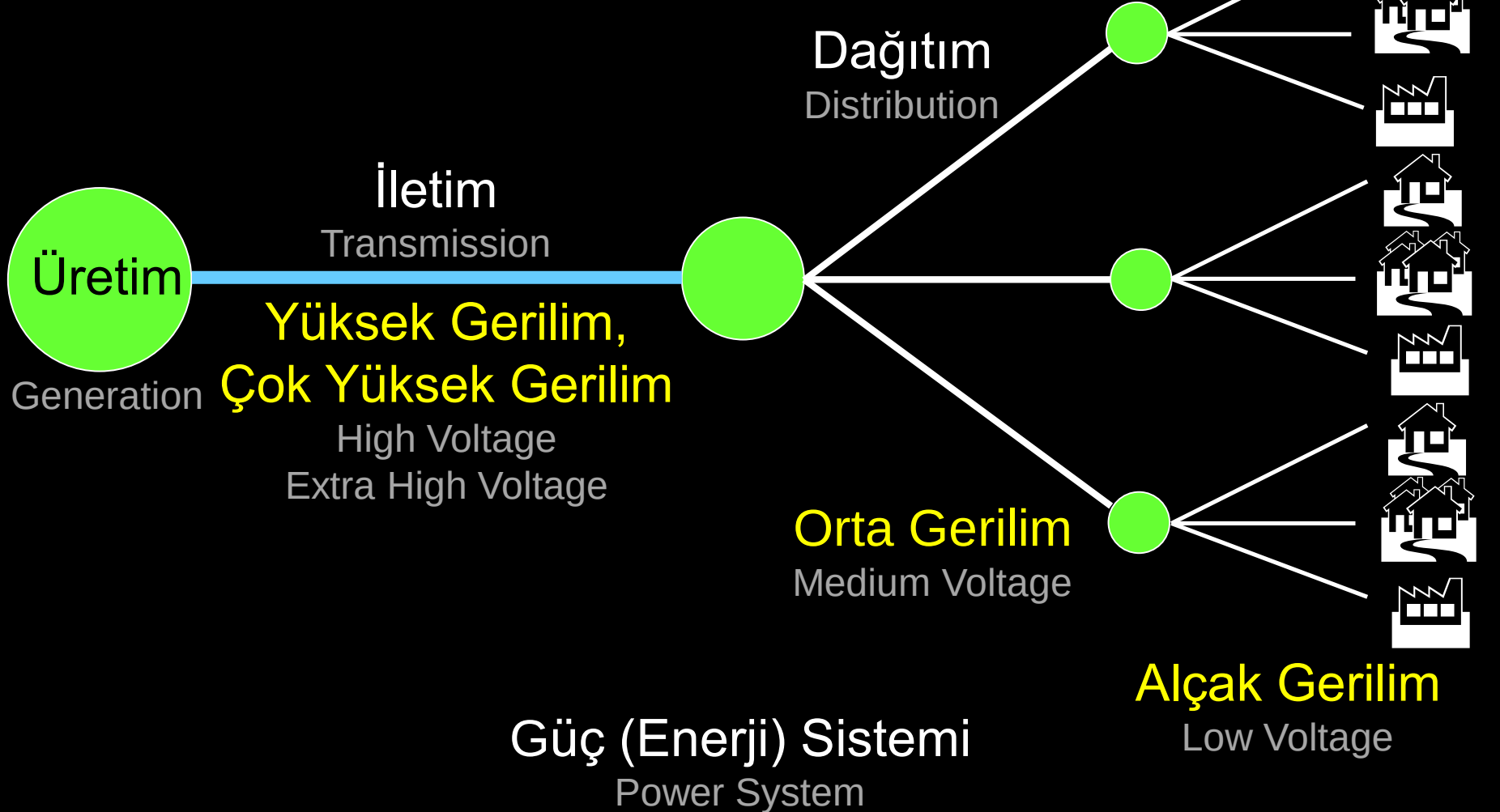


500 kV AC (2x)
(100 m)

Yüksek Gerilim

High Voltage

Nerede, hangi düzeyde gerilim kullanılır?



Yüksek Gerilim

High Voltage

Enerji Kaynakları

Energy Sources

Fosil Yakıtlar (Fossil Fuels)

Kömür, Petrol, Doğal Gaz

(Coal, oil, natural gas)

(Termik Santrallar)

(Thermal power plants)

Doğal Kaynaklar (Yenilenebilir Enerji Kaynakları)

Natural Resources (Renewable Energy Sources)

Güneş (Işık), Rüzgar, Su, Boğaz Akıntısı,

Gelgit Dalgaları, Jeotermal, Biyogaz, ...

(Sun, wind, water, tide, geothermal)

Nükleer Kaynaklar

Nuclear Resources

Debi (miktar), Süreklilik: Verim

Flow, Continuity: Efficiency

Yüksek Gerilim

High Voltage

Enerji Dönüşümü
Energy Conversion

Isı Enerjisi
Heat Energy

Mekanik Enerji
Mechanical Energy

Elektrik Enerjisi
Electrical Energy



Yüksek Gerilim
High Voltage

Üretim,
İletim

Dağıtım,
Tüketim

Yükseltici
Trafo

Alçaltıcı
Trafo

Set-up Transformer

Set-down Transformer

Generation
Transmission

Distribution
Consumption

Yüksek Gerilim

High Voltage

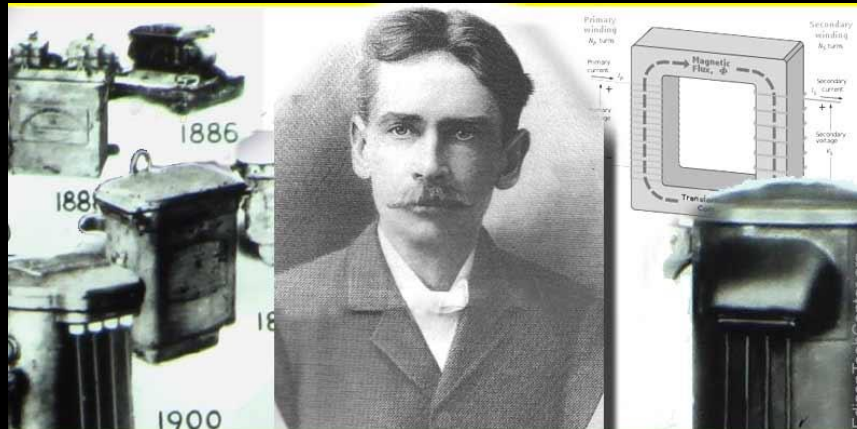
Tarihçe (Bir varmış, bir yokmuş!)

History



1878'de Pearl Street – New York üzerinde 110 V doğru gerilimle 83 Watt'lık 400 adet lambayı besleyen (~ 33 kW'lık) ilk buharlı güç santrali devreye girdi. **Edison**

1885'de **W. Stanley** transformatörü geliştirdi.



Yüksek Gerilim

High Voltage

1886'da ilk tek fazlı alternatif akımla enerji iletimi gerçekleşti (4 kV'luk 42 km uzunluğunda New York'a gelen ilk hat)

1888'de çok fazlı AA geliştirildi. **Nikola Tesla**



1893'te 3 fazlı ilk hat Kaliforniya'da devreye girdi.

Yüksek Gerilim

High Voltage

Tarihçe (History of high voltage)

1897'de 44 kV

1913'te 150 kV

1922'de 165 kV

1923'te 223 kV

1935'te 287 kV

1953'te 345 kV

1965'te 500 kV

1969'da 765 kV

1980'de 1100 kV

1990'da 1200 kV... 1500 kV



Yüksek Gerilim

High Voltage

Tarihçe (History of electricity in Turkey)

Türkiye’de ilk santral 1902 yılında
Tarsus – Mersin’de kuruldu.
Bu, 2 kW’lık su santraliydi (HES).



Yüksek Gerilim

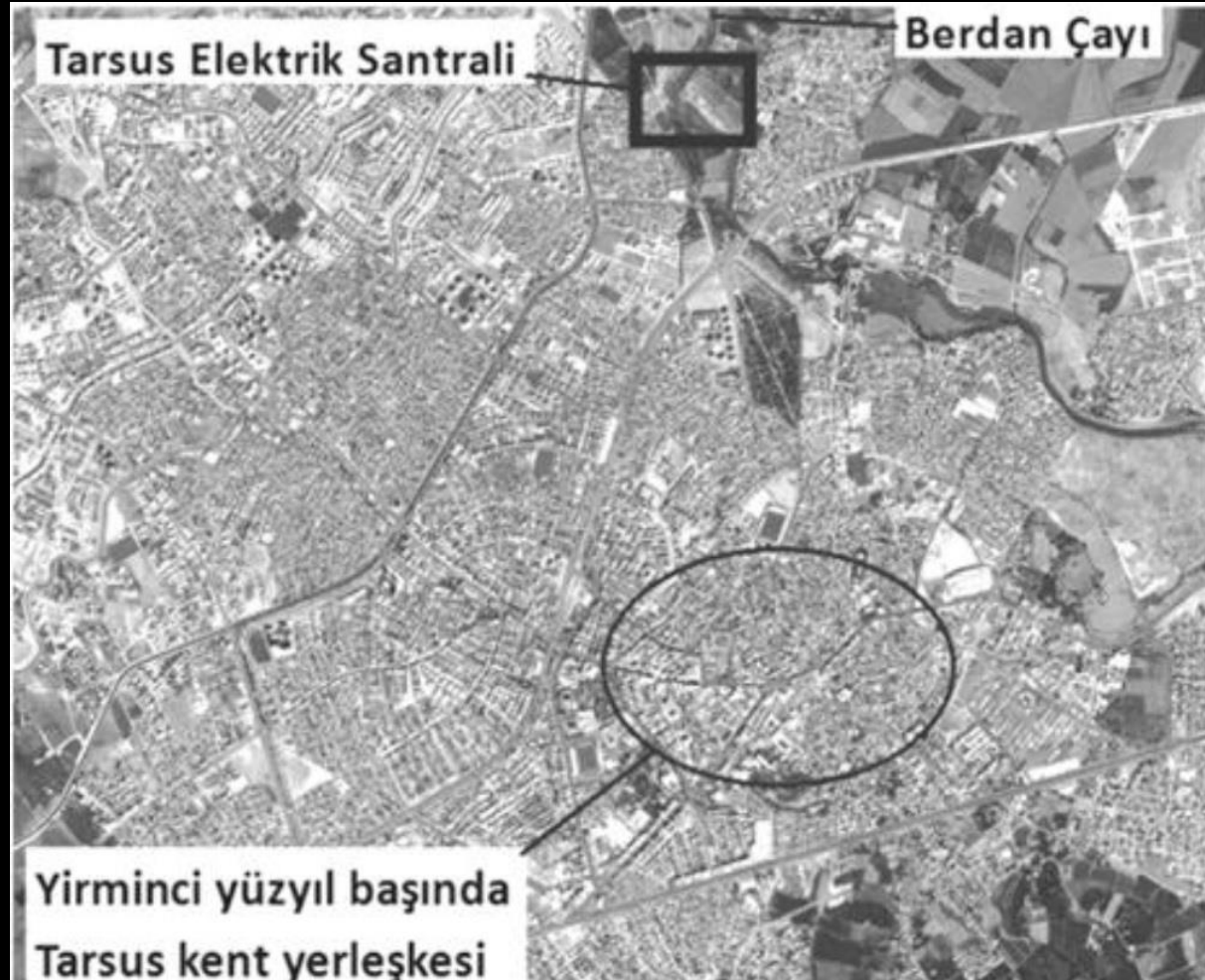
High Voltage

Tarihçe (History of electricity in Turkey)

Türkiye'de
ilk santral

1902 yılında

Tarsus – Mersin'de
kuruldu. .



Yüksek Gerilim

High Voltage

- 1913'te İstanbul'da **Alibeyköy Silahtarağa Santrali** kuruldu ve **İstanbul sokaklarına** aydınlatma amacıyla elektrik verildi.
- 14 Şubat 1914'te **İstanbul'da konutlara** da elektrik verildi.



Silahtarağa Santralinin türbini

Yüksek Gerilim

High Voltage

- 1948'te Zonguldak Çatalağzı Termik Santrali ile İstanbul Ümraniye arasında 66 kV'luk hat kuruldu.



- 1952'de Karadeniz Ereğlisi ile İstanbul arasında 154 kV'luk iletim hattı açıldı.

Yüksek Gerilim

High Voltage

- 1970'de 380 kV'luk enerji iletimi başladı.

