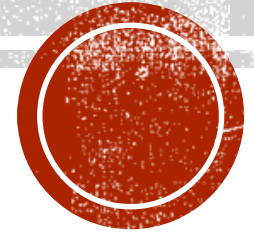


YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

Prof. Dr. Özcan KALENDERLİ



GİRİŞ

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ - 2021 BAHAR YARIYILI

Dersi veren öğretim üyesi:
Prof. Dr. Özcan Kalenderli



2021-2022 Bahar Yarıyılı

| | | | | | |
|--------------|------------|------------------------|------------------|-------------------------|-------------------|
| CRN 11203 | ELK 312 | Yüksek Gerilim Tekniği | Özcan Kalenderli | Perşembe 08:30/11:30 | Öğr. Sayısı 40 |
|--------------|------------|------------------------|------------------|-------------------------|-------------------|

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

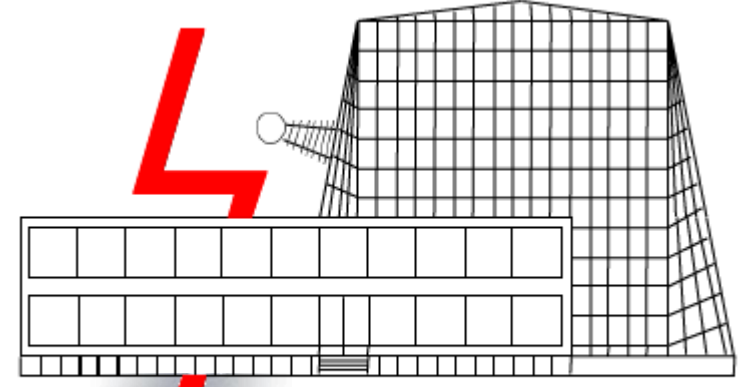


Merhaba!

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

dersine hoş geldiniz!

Sizlere yararlı, başarılı, sağlıklı bir yarıyıl dilerim.
Dersimi seçtiğiniz, zamanınızı benimle paylaştığınız için
teşekkür ederim.



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

Ben, Prof. Dr. Özcan Kalendarli

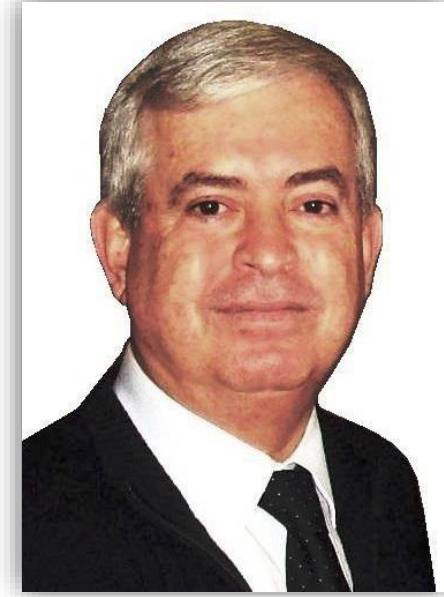
2021-2022 Bahar Yarıyılı
Perşembe öğleden önceki gruba

Yüksek Gerilim Tekniği
dersini ben vereceğim.

İletişim bilgilerim:

Web: web.itu.edu.tr/kalendarli

E-posta: kalendarli@itu.edu.tr



Lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimlerim
İTÜ'den...

Akademik kariyerim de İTÜ'den...

43 yıldır yüksek gerilim tekniği konuları ile
ilgilenmekte ve derslerini vermekteyim.

Benle ve dersle ilgili her türlü bilgiyi web
sitemden de öğrenebilir, izleyebilirsiniz.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

Başarı Değerlendirme: 2021-2022 Bahar Yarıyılı

| Etkinlik | Başarıya Katkısı | Zaman - Konu |
|-------------------|------------------|----------------|
| 1. Yıliçi Sınavı* | % 15 | 6. Hafta |
| 2. Yıliçi Sınavı* | % 15 | 12. Hafta |
| 1. Ödev | % 15 | Problem Çözümü |
| 2. Ödev | % 15 | Problem Çözümü |
| Final Sınavı* | % 40 | Yarıyıl Sonu |

* Yıliçi ve yılsonu (final) sınavlarını ödev olarak gerçekleştireceğim. Ödevlerin özgün olmasını bekliyorum. Paylaşılan ödevlerin notlarını paylaşılanlara paylaşıyorum. Sizlere güveniyorum, başarılar diliyorum.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

Kaynaklar (Türkçe):

1. Muzaffer Özkaya, *Yüksek Gerilim Tekniği*, Cilt I, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2008.
2. Muzaffer Özkaya, *Yüksek Gerilim Tekniği*, Cilt II, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2012.
3. İzzet Gönenç, *Yüksek Gerilim Tekniği*, Cilt 1, İTÜ Kütüphanesi, Sayı: 1085, İstanbul, 1977.
4. Özcan Kalendarli, Celal Kocatepe, Oktay Arıkan, *Çözümlü Problemlerle Yüksek Gerilim Tekniği*, Cilt I, Birsen Yayınevi, 2005, 2. Baskı 2011, 3. Baskı 2015.



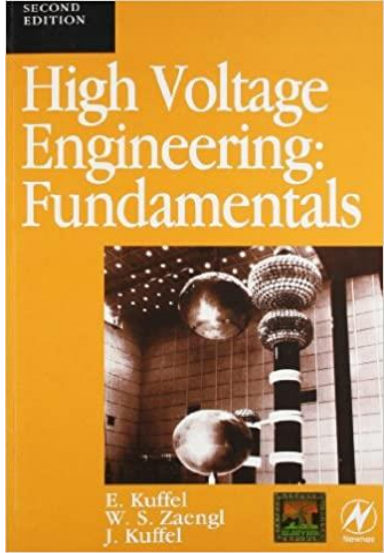
YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

Kaynaklar (Türkçe):

5. Muzaffer Özkaya, *Yüksek Gerilim Tekniğinde Deşarj Olayları*, İ.T.Ü. Kütüphanesi, İstanbul, 1971, 2. Baskı 1979.
6. Sirotinski, L. I. (Çeviren: Muzaffer Özkaya), *Yüksek Gerilim Tekniği, Gazlarda Deşarj Olayları*, İ.T.Ü. Kütüphanesi Sayı: 594, İstanbul, 1964.
7. Kuffel, E., Abdullah, M., (Çevirenler: Muzaffer Özkaya, Turgut Tüfekçi, Necati Ergan), *Yüksek Gerilim Tekniği*, İ.T.Ü. Kütüphanesi Sayı: 1322, İstanbul, 1986.

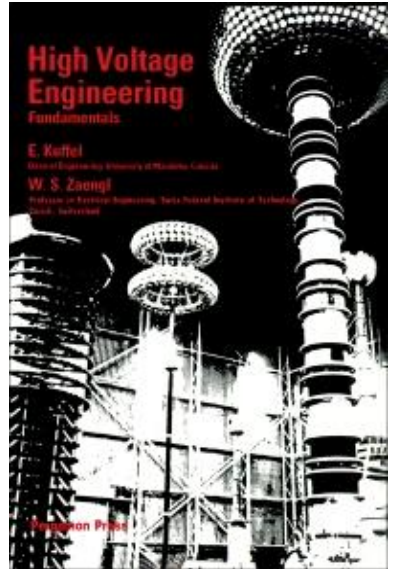
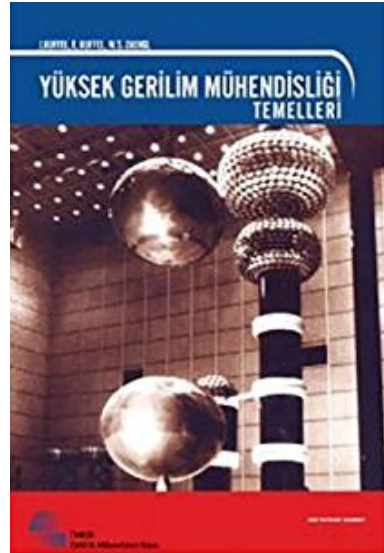


YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ



Kaynaklar (İngilizce):

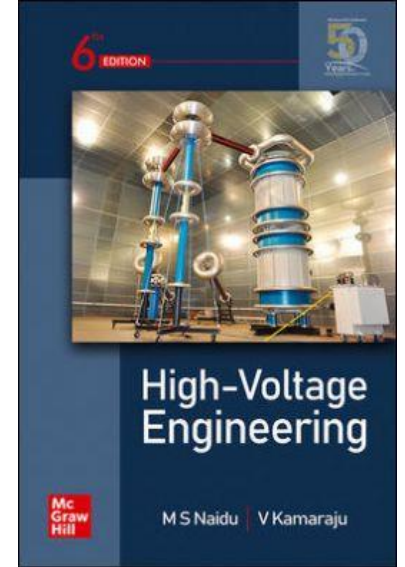
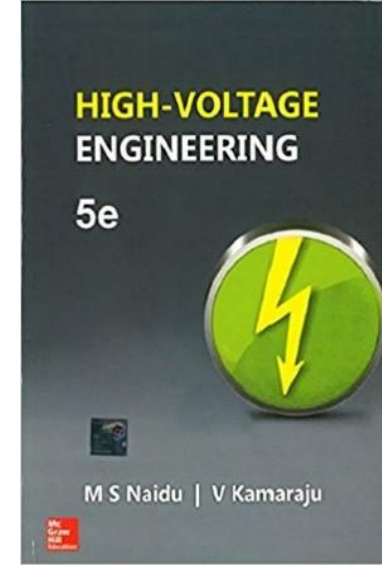
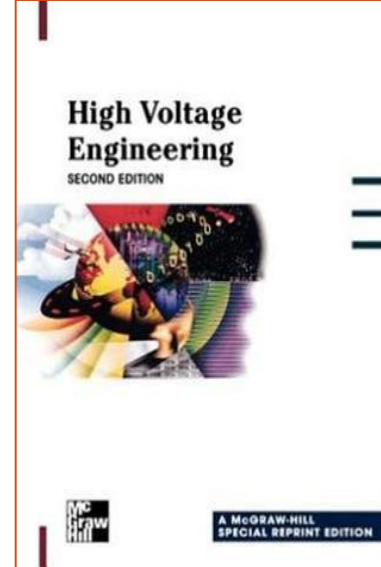
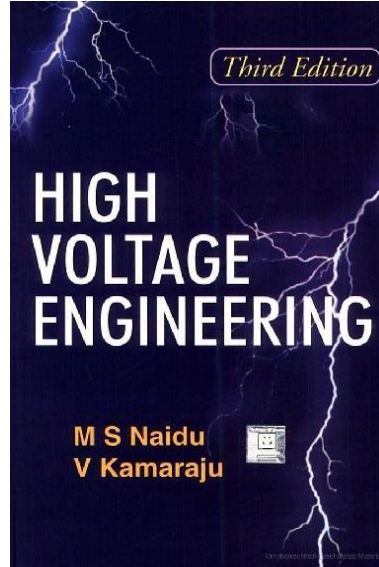
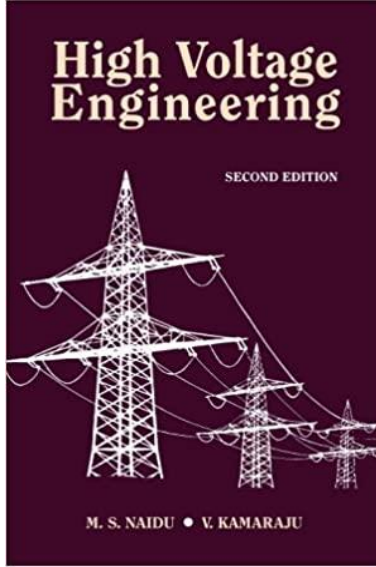
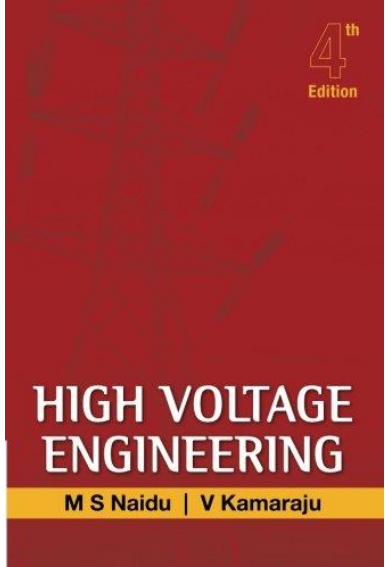
8. E. Kuffel, M. Abdullah, *High Voltage Engineering*, Pergamon Press, Oxford, 1970.
9. E. Kuffel, W. S. Zaengl, *High Voltage Engineering: Fundamentals*, Pergamon Press, Oxford, 1984.
10. E. Kuffel, W. S. Zaengl, J. Kuffel, *High Voltage Engineering: Fundamentals*, Newness, Oxford, 2. Ed. 2000 (Bu kitabın 2008 yılında, EMO tarafından “Yüksek Gerilim Mühendisliği Temelleri” adıyla Türkçe çevirisi yayınlanmıştır).



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

Kaynaklar (İngilizce):

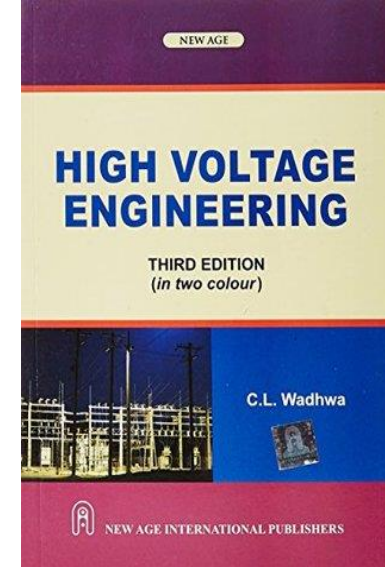
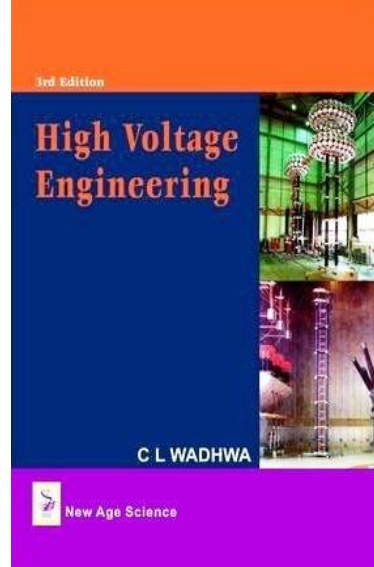
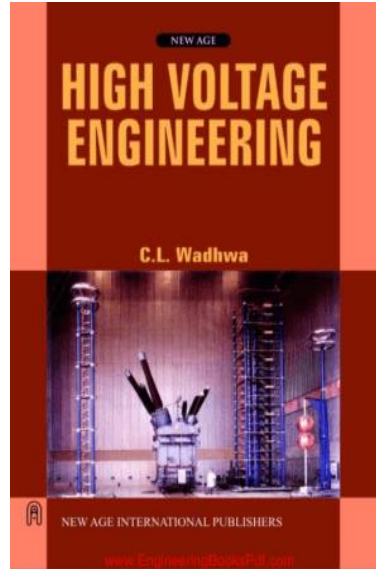
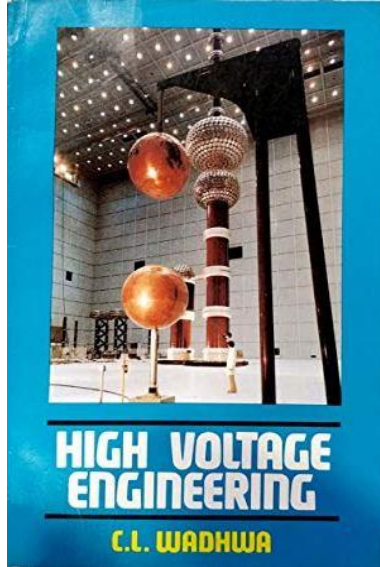
11. Naidu, M. S., Kamaraju, V., *High Voltage Engineering*, Tata McGraw-Hill, New Delhi, 1995, 2. Ed. 1996, 3. Ed. 2005, 4. Ed. 2009, 5. Ed. 2013, 6. Ed. 2020.



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

Kaynaklar (İngilizce):

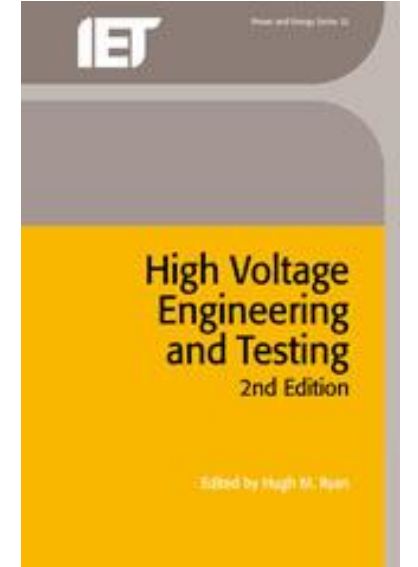
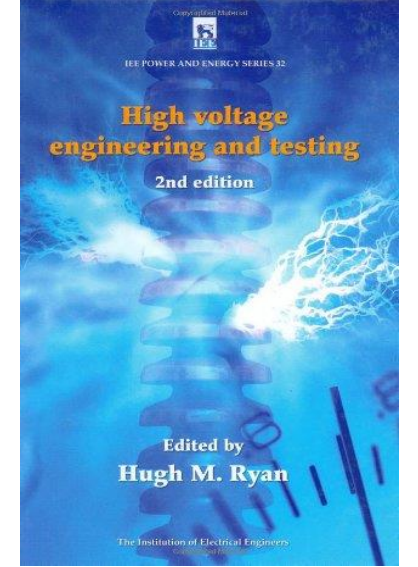
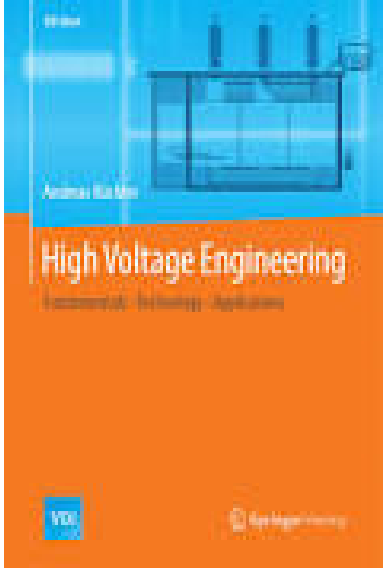
12. C. L. Wadhwa, *High Voltage Engineering*, New Age, New Delhi, 1996, 2. Ed. 2007, 3. Ed. 2010.



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

Kaynaklar (İngilizce):

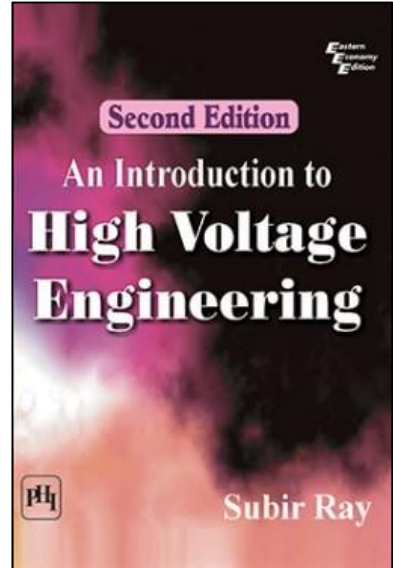
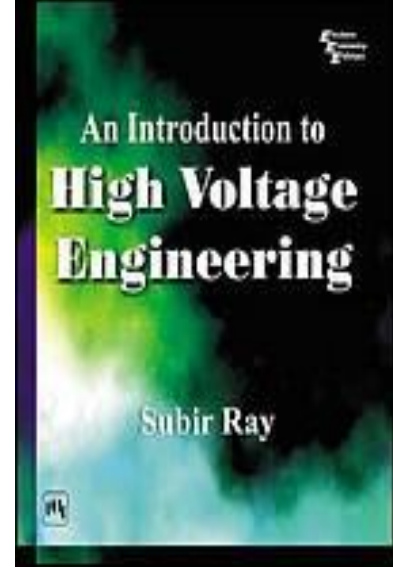
13. Andreas Küchler, *High Voltage Engineering: Fundamentals - Technology - Applications*, Springer Vieweg, Schweinfurt, Germany, 5. Ed. 2018.
14. Ryan, H. M., *High Voltage Engineering and Testing*, Peter Peregrinus Ltd., London, 1994 (ISBN 0-86341-293-9), 2. Ed. 2001, 3. Ed. 2013.



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

Kaynaklar (İngilizce):

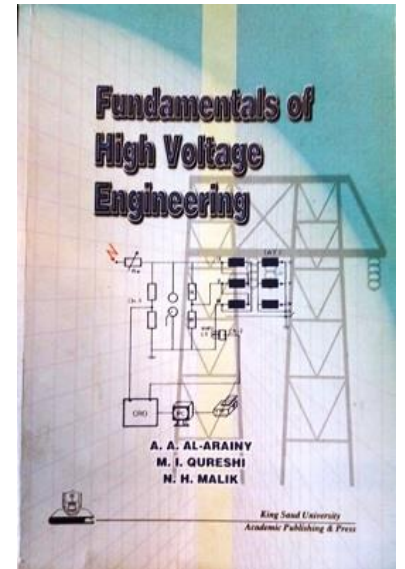
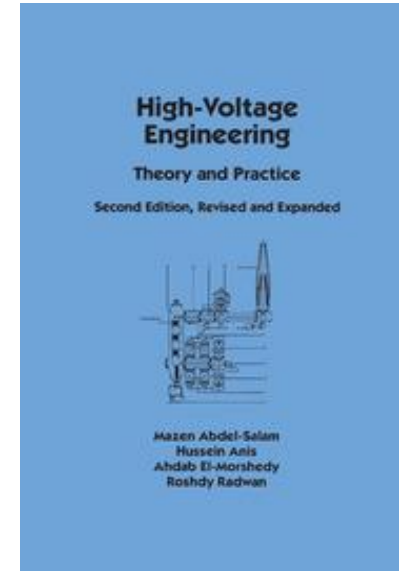
15. Kind, D., Karner, H., *High-Voltage Insulation Technology*, Friedr. Vieweg and Sohn, Braunschweig, 1985 (ISBN 3-528-08599-1).
16. Ray, S., *An Introduction to High Voltage Engineering*, PHI Learning Private Ltd., New Delhi, 2004, 2. Ed. 2013.
17. Rizk, F. A. M., Trinh, G. N., *High Voltage Engineering*, CRC Press, Boca Raton, Florida, 2014.



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

Kaynaklar (İngilizce):

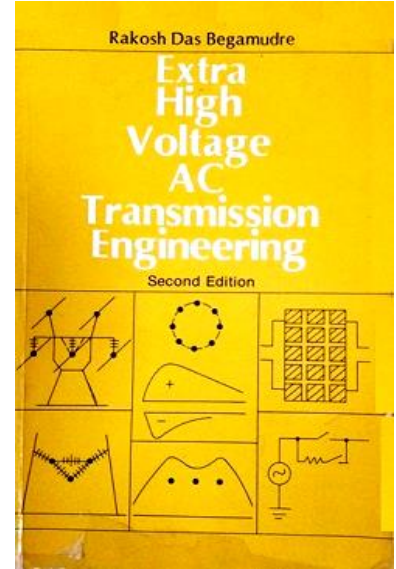
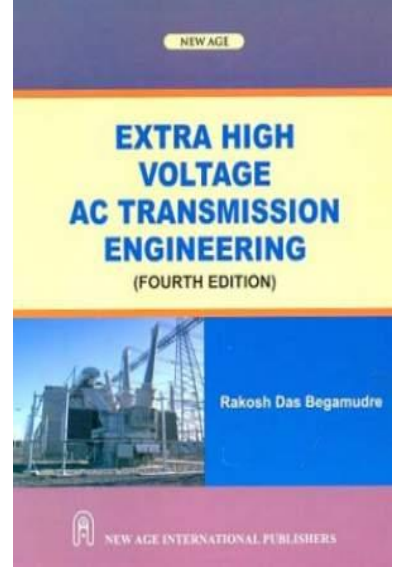
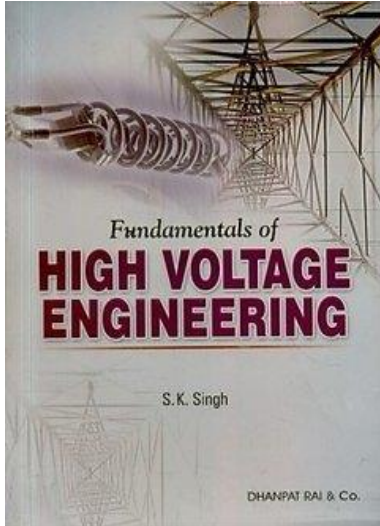
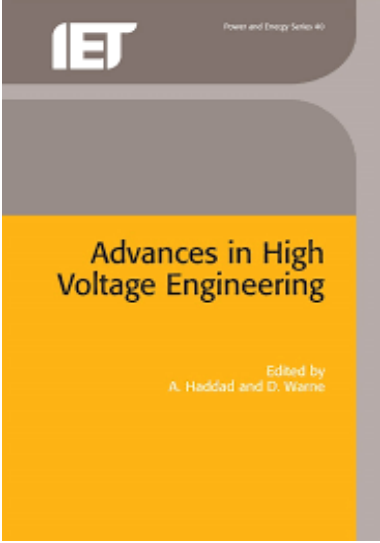
18. Abdel-Salam, M., Anis, H., El-Morshedy, A., Radwan, R.,
High-Voltage Engineering: Theory and Practice, Marcel Dekker, New York, 2000.
19. Al-Arainy, A. A., Qureshi, M. I., Malik, N. H.,
Fundamentals of High Voltage Engineering, Academic Publishing and Press, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia, 2005.



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

Kaynaklar (İngilizce):

20. Haddad, A., Warne, D. F., *Advances in High Voltage Engineering*, IET, London, 2004, 2009.
21. S. K. Singh, *Fundamentals of High Voltage Engineering*, Dhanpat Rai Co., 2014.
22. Begamudre, R. D., *Extra High Voltage AC Transmission Engineering*, New Age International, New Delhi, 3. Ed. 2006, 4. Ed. 2013.



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

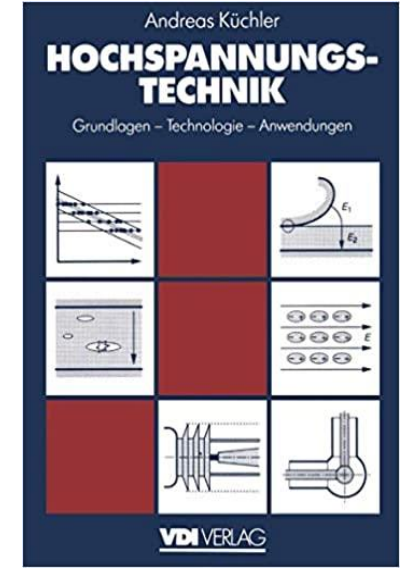


Kaynaklar (Almanca):

23. Beyer, M., Boeck, W., Möller, K., Zaengl, W., *Hochspannungstechnik, Theoretische und Praktische Grundlagen*, Springer Verlag, Berlin, 1986.

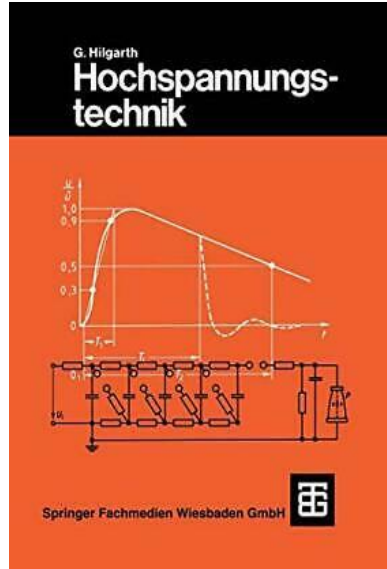
24. Küchler, A., *Hochspannungstechnik*, VDI Verlag, Düsseldorf, 1996.

25. Günther Hilgarth, *Hochspannungstechnik*, Springer Vieweg, Weisbaden, Germany, 1997, 3. Ed. 2012.

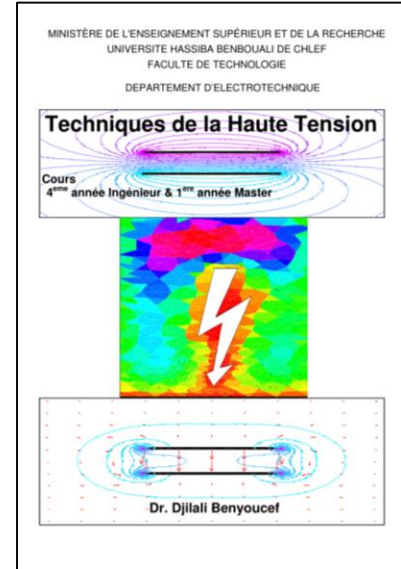


YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

Kaynaklar (Almanca): Hochspannungstechnik



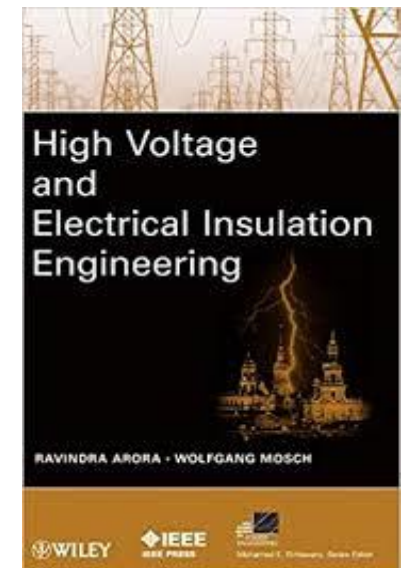
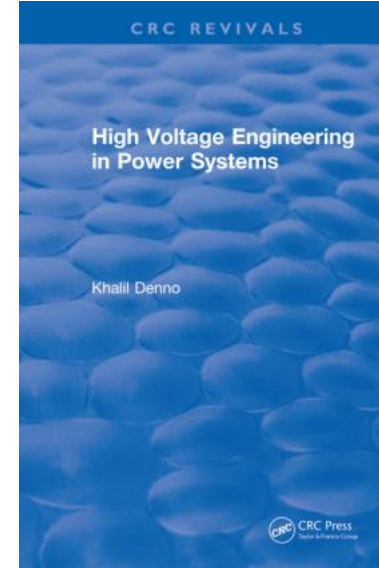
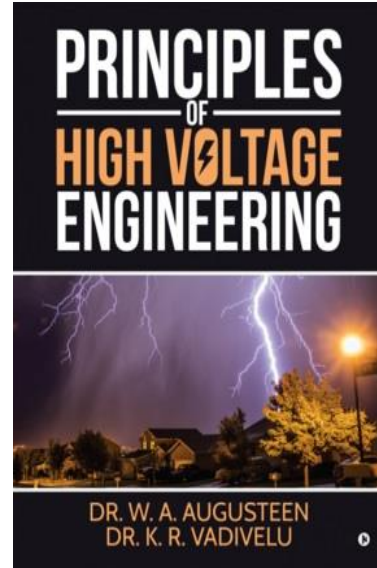
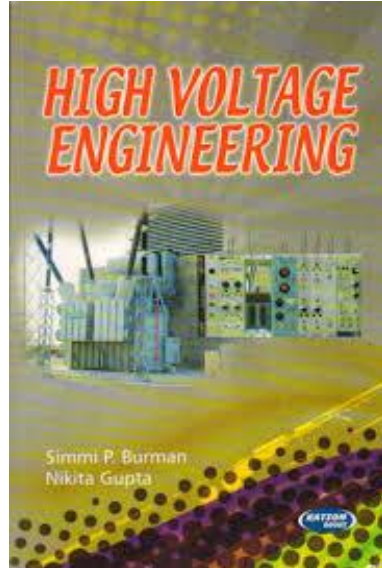
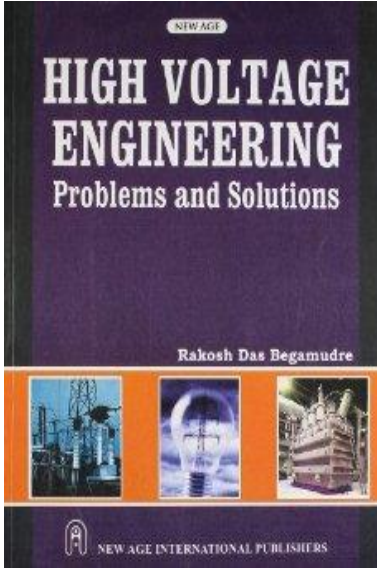
Kaynaklar (Fransızca): Techniques de la Haute Tension



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

Kaynaklar:

Yüksek gerilim tekniği ile ilgili çokça kitap var. Onlardan bazıları ...



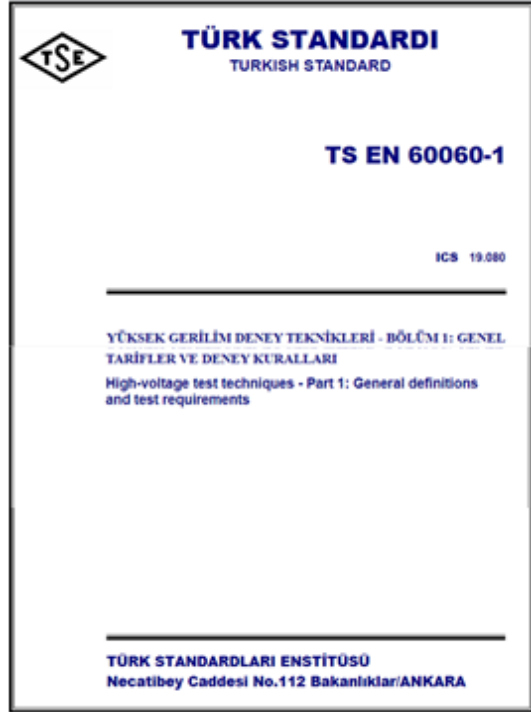
Ayrıca, dergiler (IEEE DEIS, IET High Voltage, ...), standartlar var.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

Kaynaklar (Standartlar):

Ulusal standartlar TS, BS, VDE, ANSI, ...
Uluslararası standartlar IEC, EN, HD, ...

1. TS EN 60060-1:2011 Yüksek gerilim deney teknikleri - Bölüm 1: Genel tarifler ve deney kuralları
2. IEC 60060-1:2010 High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements
3. IEC 60060-2:2010 High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

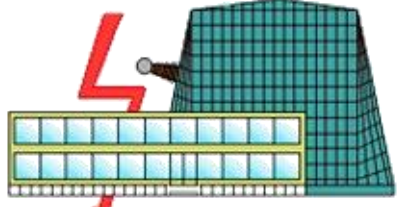


ELK 312 Yüksek Gerilim Tekniği

Yüksek Gerilim Tekniği Konuları

- ❖ Statik elektrik alanı ve temel elektrot sistemleri (düzlemsel, küresel, silindirselsel ve tabakalı elektrot sistemleri; analitik, sayısal, deneysel elektrik alan incelemeleri, ...)
- ❖ Elektriksel boşalma olayları (gazlarda, sıvılarda, katılarda, vakumda, karma yalıtkanlarda boşalma olayları; korona, yıldırım, kısmi boşalma, ...) → {
ELK 473 Yüksek Gerilim Tekniğinde Boşalma Olayları
ELK 416 Yüksek Gerilim Tekniğinde Yalıtkan Maddeler
- ❖ Aşırı gerilimler ve aşırı gerilimlere karşı koruma (aşırı gerilim kaynakları, iç ve dış aşırı gerilimler; yürüyen dalgalar; koruma elemanları, parafudrlar, ...) → {
ELK 463 Aşırı Gerilimler & Yalıtım Koordinasyonu
ELK 602 Yüksek Gerilimde Yalıtım Koordinasyonu

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ



ELK 411 Yüksek Gerilim Lab.

Yüksek Gerilim Tekniği Konuları

- ❖ Yüksek gerilimlerin üretilmesi (yüksek, şebeke frekanslı (50 Hz), düşük ve yüksek frekanslı alternatif gerilimlerin; sabit ve dalgalı doğru gerilimlerin, yıldırım ve anahtarlama darbe gerilimlerinin üretilmesi)
- ❖ Yüksek gerilimlerin ölçülmesi (yüksek alternatif, doğru, darbe gerilimlerinin ölçülmesi) →
 - ELK 436 Yüksek Gerilim Ölçme Lab.
 - ELK 509 Yüksek Gerilim Ölçme Tekniği
- ❖ Yüksek gerilimin endüstriyel uygulamaları (aygıtlar, tasarımları, uygulamaları, izolatörler, ayırıcılar, kesiciler, trafolar, hatlar, kablolar, tesisler, ...) →
 - ELK 483 Yüksek Gerilim Güç Kesicileri
 - ELK 505 Yüksek Gerilim Yeraltı Kabloları
 - ELK 426 Çok Yüksek Gerilim Tekniği



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ



Dersin amacı:

1. Yüksek gerilime gereksinimin nedenlerini öğretmek, problemlerini, uygulamalarını tanıtmak
2. YG aygıtı tasarımı ve analizi açısından analitik, sayısal ve deneysel statik alan hesabı yöntemlerini tanıtmak, boşalma olayları bakımından değerlendirmeyi vermek,
3. Gaz, katı ve sıvılarda elektriksel boşalmanın temellerini, türlerini, özelliklerini öğretmek,
4. Aşırı gerilimlerin kaynaklarını ve onlardan korunmanın temellerini vermektir.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

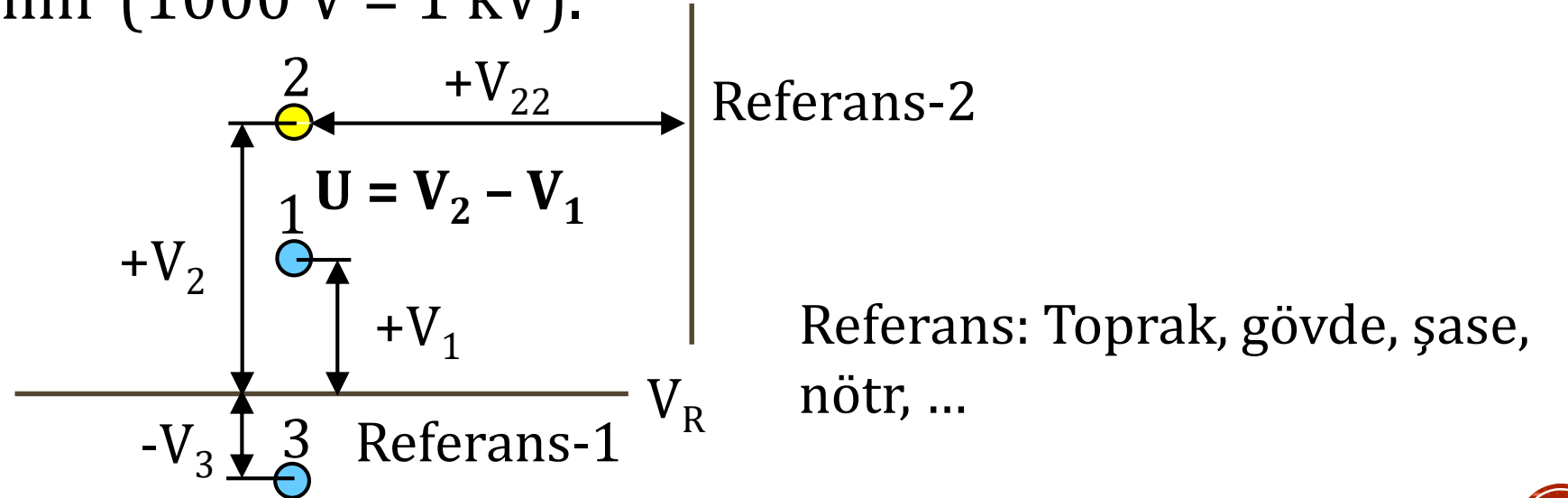
GİRİŞ



Giriş

Potansiyel, V: Bir noktanın bir referansa göre elektriksel konumudur, birimi Volt'tur.

Gerilim, U : Potansiyel farkıdır, birimi Volt'tur.
YG'de kV kullanılır ($1000 \text{ V} = 1 \text{ kV}$).



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Gerilimler

Anma gerilimi, U_n (nominal gerilim, beyan gerilimi)

Fazlar arası etkin değer cinsinden gerilimdir. Çok fazlı sistemlerde iki faz arasındaki etkin değer cinsinden gerilim değeridir.

Etkin değer
Efikas değer
Efektif değer
Karesel ortalama değer
rms değeri

$$u(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [u(t)]^2 dt}$$

Root Mean Square

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Gerilimler

İşletme gerilimi, U_i

Bir aygıtın veya sistemin işletildiği (çalıştırıldığı) gerilimdir. Etkin değer cinsinden belirtilir. Genelde işletme geriliminin anma gerilimine eşit ($U_i = U_n$) olması istenir.

İzin verilen en yüksek işletme gerilimi, U_m

Bir aygıtın veya sistemin işletilmesinde izin verilen en yüksek etkin değer cinsinden gerilimdir. Genelde $U_m \cong U_i + \%20 U_i = 1,2 U_i$ mertebesindedir.

Faz-nötr gerilimi, U_0 : Faz ile nötr arasındaki gerilimin etkin değer cinsinden değeridir. $U_0 = U_i/\sqrt{3} = U_n/\sqrt{3}$

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Yüksek Alternatif Gerilimlerin Sınıflandırılması (50/60 Hz)

1) Etkin değer cinsinden fazlar arası gerilime göre sınıflandırma

$U \leq 1 \text{ kV}$ **Alçak Gerilim** (AG) (Low Voltage: LV)

$U > 1 \text{ kV}$ **Yüksek Gerilim** (YG) (High Voltage: HV)

2) İşletme bakımından sınıflandırma

$1 \text{ kV} < U \leq 70 \text{ kV}$ **Orta Gerilim** (OG) (Medium Voltage: MV)

$110 \text{ kV} \leq U \leq 230 \text{ kV}$ **Yüksek Gerilim** (YG) (High Voltage: HV)

$275 \text{ kV} \leq U \leq 800 \text{ kV}$ **Çok Yüksek Gerilim** (ÇYG) (Extra High Voltage: EHV)

$1000 \text{ kV} \leq U$ **Aşırı Yüksek Gerilim** (AYG) (Ultra High Voltage: UHV)

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Yüksek Alternatif Gerilimlerin Sınıflandırılması (50/60 Hz)

3) IEC 60071'e göre (2006 öncesi) yalıtım koordinasyonu bakımından sınıflandırma

$1 \text{ kV} < U \leq 52 \text{ kV}$ **Orta Gerilim** (OG) (Medium Voltage: MV)

$52 \text{ kV} < U \leq 300 \text{ kV}$ **Yüksek Gerilim** (YG) (High Voltage: HV)

$300 \text{ kV} < U$ **Çok Yüksek Gerilim** (ÇYG) (Extra High Voltage: EHV)

4) IEC 60071:2006'ya göre yalıtım koordinasyonu bakımından sınıflandırma

1. Aralık: $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$ **Yüksek Gerilim** (YG) (High Voltage: HV)

2. Aralık: $245 \text{ kV} < U_m$ **Çok Yüksek Gerilim** (ÇYG) (Extra High Voltage: EHV)

U_m : İzin verilen en yüksek işletme gerilimi

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Günümüzde erişilen en yüksek gerilimler;

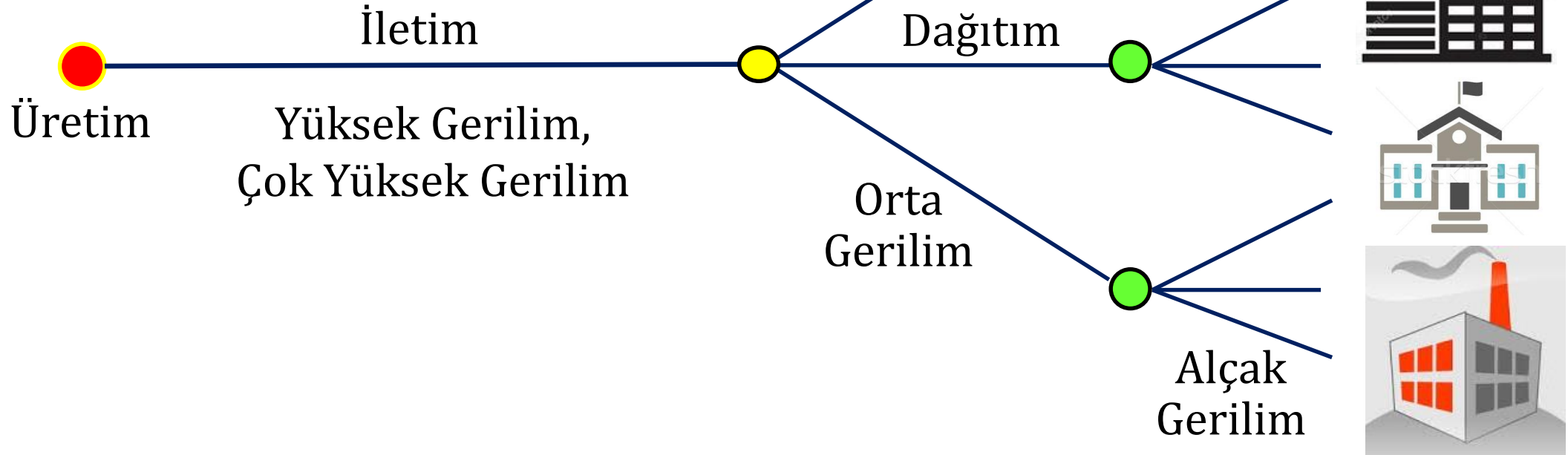
İşletme gerilimi için: Alternatif gerilim: 1100-1500 kV
Doğru gerilim: \pm 800 kV

Deney gerilimi için: Alternatif gerilim: 2000-2400 kV
Doğru gerilim: 1500-2000 kV
Darbe gerilimi: 5000-7000 kV

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Nerede, hangi düzeyde gerilim kullanılır?



Güç (Enerji) Sistemi

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Türkiye’de yüksek gerilim düzeyleri

| İşletme Gerilimi, U_i (kV) | U_m (kV) |
|------------------------------|------------|
| 3 | 3,6 |
| 10 | 12 |
| 15 | 17,5 |
| 20 | 24 |
| 30 | 36 |
| 66 | 72 |
| 154 | 170 |
| 380 | 400 (420) |

Orta Gerilim, OG

Yüksek Gerilim, YG

Çok Yüksek Gerilim, ÇYG

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

İşletme gerilimi, elektriksel yalıtımı çok zorlamaz. Ancak kirlenme koşulları gibi özel durumlarda dış yalıtımda sorunlara neden olur. İşletme gerilimi yalıtımın boyutlarını belirler.

Aşırı gerilimler, çeşitli kaynaklardan ortaya çıkar.

- ❖ Dış aşırı gerilimler, yıldırımdan kaynaklanır.
- ❖ İç aşırı gerilimler, işletme koşullarındaki (anahtarlama, arızalar, yük değişimleri, rezonans, Ferranti olayı, ... gibi) değişimlerden kaynaklanır. Aşırı gerilimler, işletme geriliminden yüksek genlikli gerilimlerdir. Aşırı gerilimler, elektriksel yalıtımı aşırı zorla ve genellikle hasarlanmasına neden olur.

Yüksek gerilimli sistemlerde güvenli yalıtım, yüksek gerilim tekniğinin temel konularındandır.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Yüksek Gerilime Olan Gereksinim

1. Elektrik gücü gereksinimindeki artış

Büyük elektrik güçlerini karşılamak için hattın gerilimi yükseltilir. Bu çözüm, gerilime karşı yalıtımı arttırmayı gerektirse de hattaki akımı ve hattın iletken kesitini fazla arttırmadan kullanılan bir çözümdür.

$$\text{Güç} = \text{Gerilim} \times \text{Akım}$$

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

$$S = P + jQ$$

S: Görünür güç (VA)

P: Etkin (aktif) güç (W)

Q: Tepkin (reaktif) güç (VAr)

$$\text{Enerji} = \text{Güç} \times \text{Zaman}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Simge:} & W & = P \times t \\ \text{Birim:} & [\text{Ws}, \text{Wh}, \text{kWh}] & = [\text{W}] \times [\text{s}, \text{h}] \text{ (Enerji, kullanılan güçtür)} \end{array}$$

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Yüksek Gerilime Olan Gereksinim

2. Güç iletim uzaklıklarındaki artış

Üretim kaynakları ile tüketim yerleri arasındaki uzaklıkların büyük olması durumunda çözüm, yüksek gerilim kullanmaktır.

Tüketim



İstanbul

1100 km

Üretim



Keban (Barajı) HES
Elazığ

1300 km



Atatürk (Barajı) HES
Şanlıurfa

YG

l gerilimi taşıma uzaklığı olmak üzere
taşıma uzaklığına göre gerilim U [kV] $\cong l$ [km]

HES: **H**idro **E**lektrik **S**antrali

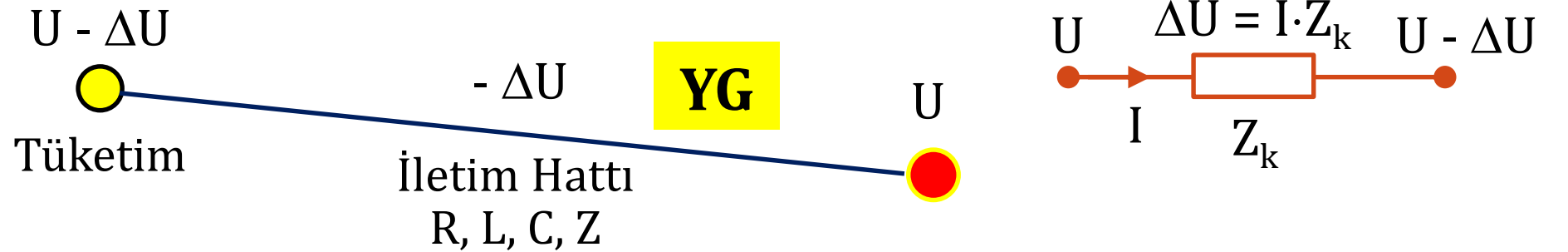
YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Yüksek Gerilime Olan Gereksinim

3. Küçük gerilim düşümü

Yüksek gerilim kullanılması durumunda uzun iletim hatlarının empedansından kaynaklanan gerilim düşümü önemsiz olur.



Hattın karakteristik empedansı

$$Z_k = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \approx \sqrt{\frac{L}{C}}$$

R: Hattın direnci
L: Hattın endüktansı
C: Hattın kapasitesi
Z: Hattın empedansı

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Yüksek Gerilime Olan Gereksinim

Karakteristik empedans

Hava hatları için $Z_{\text{hat}} = 250 \Omega - 500 \Omega$

Kablolar için $Z_{\text{kablo}} = 50 \Omega - 150 \Omega$ mertebesinde.

Taşınacak güç (S) ile akım (I) - gerilim (U) arasında

$$S = U \cdot I = U \cdot \frac{U}{Z} = \frac{U^2}{Z} \quad \Rightarrow \quad U^2 = Z \cdot S \quad \Rightarrow \quad U = \sqrt{Z} \cdot \sqrt{S}$$

ilişkisi vardır. Buna göre taşınacak güce göre gerilim:

$$U = \sqrt{250 \Omega \dots 400 \Omega} \cdot \sqrt{S} \quad \Rightarrow \quad U \cong 15 \dots 20 \cdot \sqrt{S}$$

civarında olmalıdır.

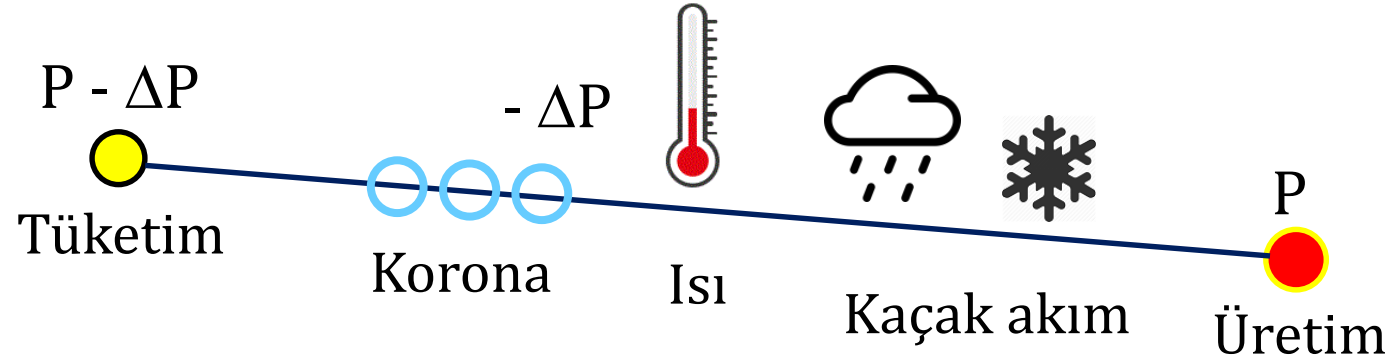
YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Yüksek Gerilime Olan Gereksinim

4. Kayıplar azaltmak

Yüksek gerilimle taşınan gücün büyüklüğü yanında ve hattan çekilen akımın azalması nedeni ile aktif güç kayıpları az ve küçük olacaktır.



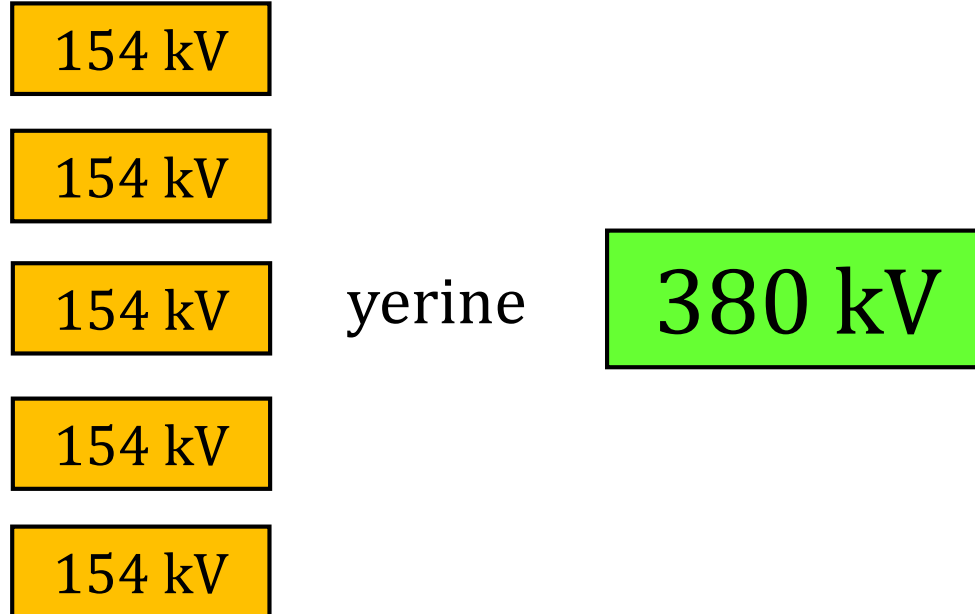
YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Yüksek Gerilime Olan Gereksinim

5. Ekonomi

Kuruluş, işletme, bakım masrafları önemli ölçüde azalacaktır.



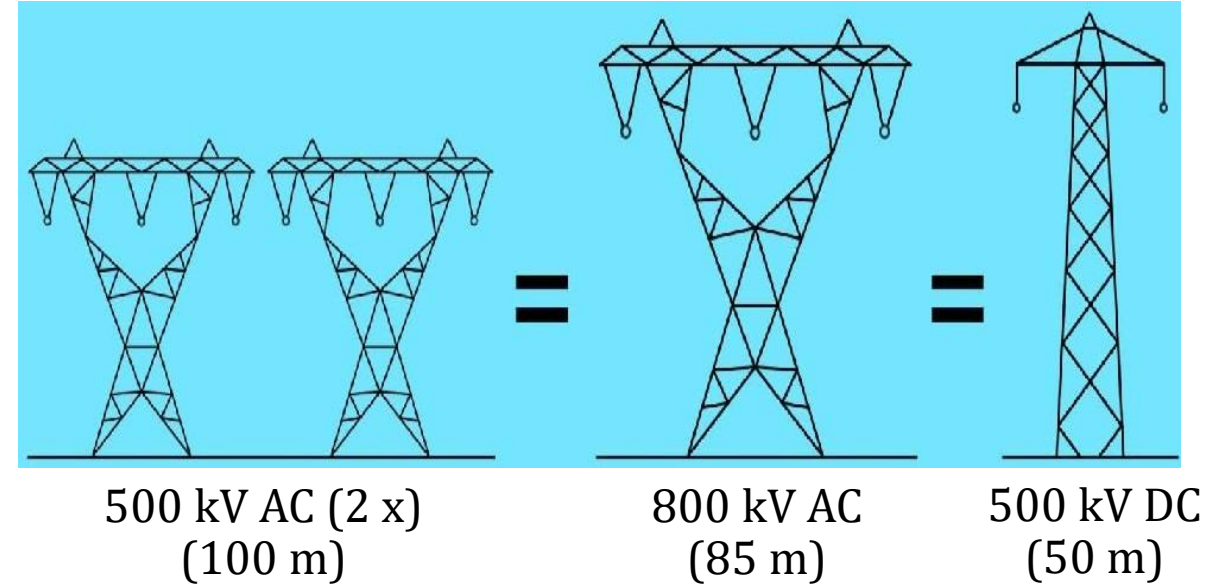
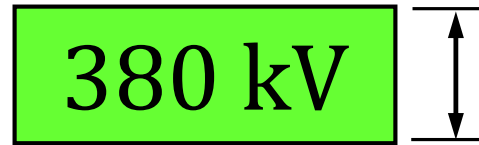
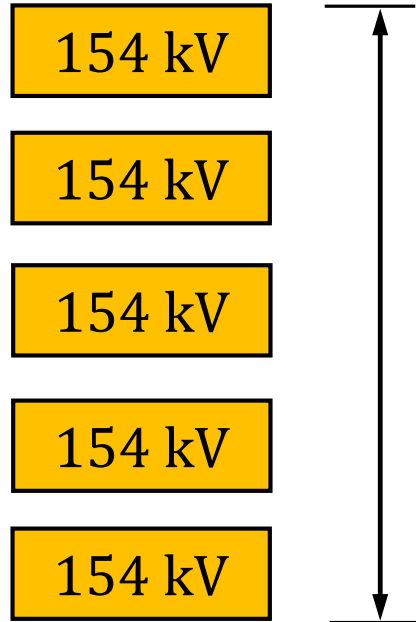
YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Yüksek Gerilime Olan Gereksinim

6. Yer gereksinimini (boyutları) azaltmak

Sistem yer gereksiniminde (boyutlarında) önemli ölçüde azalma meydana gelecektir.



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Yüksek Gerilim Türleri

Yüksek gerilimin dalga şekli, zaman büyüklükleri, kaynağı farklı gerilim türleri vardır. Bunlar:

1) Alternatif gerilim

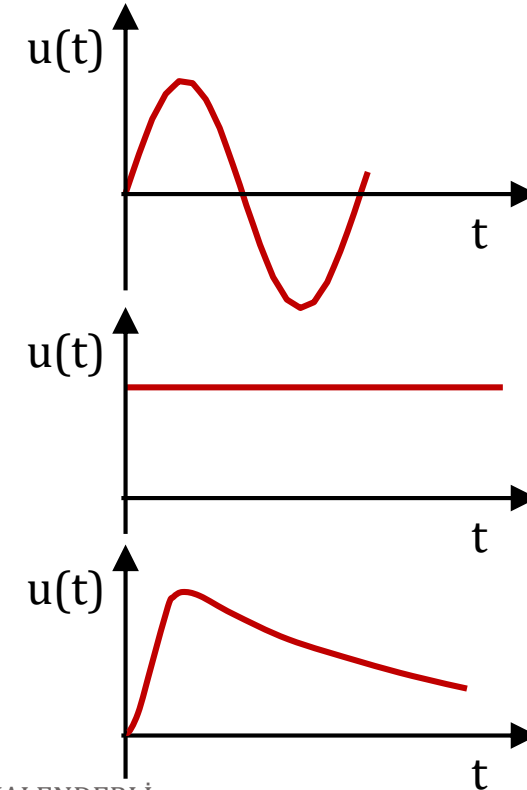
- 1.1) Şebeke frekanslı (50/60 Hz) alternatif gerilim
- 1.2) Düşük frekanslı (0,1-1 Hz) alternatif gerilim
- 1.3) Yüksek frekanslı (10-300 kHz) alternatif gerilim

2) Doğru gerilim (pozitif veya negatif kutuplu)

- 2.1) Dalgalı doğru gerilim
- 2.2) Sabit doğru gerilim

3) Darbe gerilimi (pozitif veya negatif kutuplu)

- 3.1) Yıldırım darbe gerilimi
- 3.2) Anahtarlama darbe gerilimi

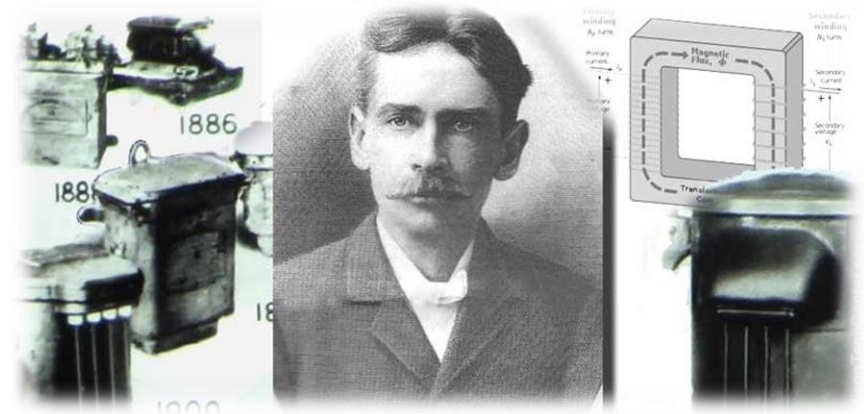


YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ GİRİŞ

Elektriğin ve Yüksek Gerilimin Gelişimi

Kısaca, Dünya'da ve Türkiye'de gelişim:

- **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 GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

- **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 GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

- **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 GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

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

GİRİŞ

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



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) 2015 verilerine göre ülkemizde

100 adet 400 kV trafo merkezi (TM)

1 adet 220 kV trafo merkezi

589 adet 154 kV trafo merkezi

11 adet 66 kV trafo merkezi

Toplam 701 adet trafo merkezi

bulunmaktadır.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) 2015 verilerine göre ülkemizde

19071 km 380 kV hava hattı (ENH)

84,5 km 220 kV hava hattı

37450 km 154 kV hava hattı

139,7 km 66 kV hava hattı

51,66 km 380 kV yeraltı kablosu

277 km 154 kV yeraltı kablosu

3,20 km 66 kV yeraltı kablosu

bulunmaktadır.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ GİRİŞ

Laboratuvarımız:



İTÜ Fuat Külünk Yüksek Gerilim Laboratuvarı , Taksim, İstanbul

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

GİRİŞ

Bu haftalık bu kadar!

Haftaya

Statik Elektrik Alanı ve Temel Elektrot Sistemlerine Giriş
konusunu işleyeceğiz.

Sağlıkla kalın.