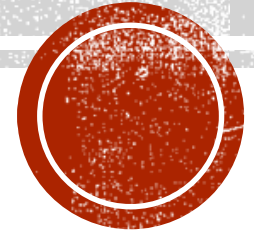


YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

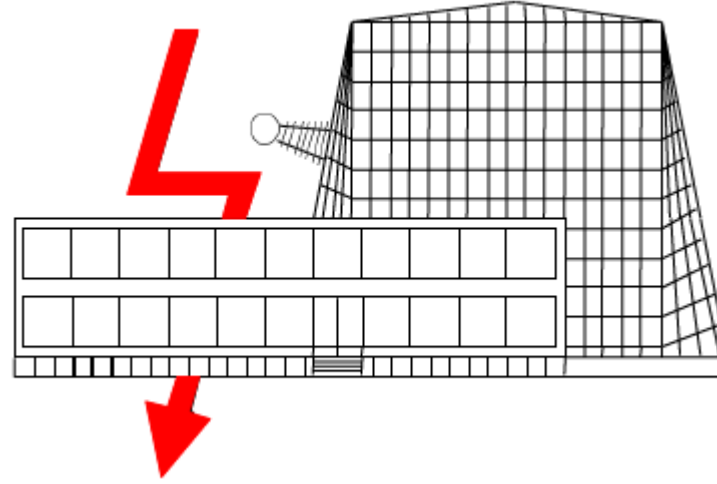
Prof. Dr. Özcan KALENDERLİ



GİRİŞ
Yüksek Gerilim Türleri – Deneyleri – Laboratuvarları

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

Merhaba!



Yüksek Gerilim Laboratuvarı
dersine hoş geldiniz!

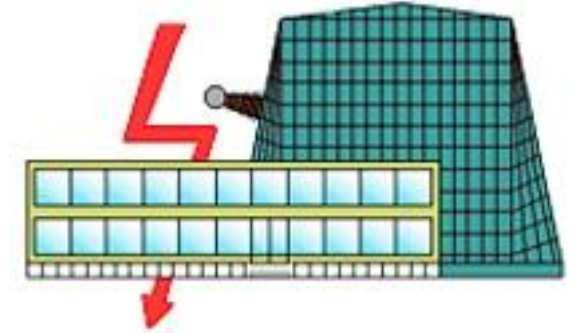
Sizlere yararlı ve başarılı bir dönem dilerim.

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

Yüksek Gerilim Laboratuvarı - 2022-2023 Güz Yarıyılı

Dersi veren öğretim üyesi:


Prof. Dr. Özcan Kalenderli



CRN 11995	ELK 411	Yüksek Gerilim Laboratuvarı	Özcan Kalenderli	Perşembe 1230/1529	35	ELK	ELK 312 MIN DD veya ELK 312E MIN DD
--------------	------------	--------------------------------	------------------	-----------------------	----	-----	--

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

Ben, Prof. Dr. **Özcan Kalendarli**, 2022-2023 Güz Yarıyılı
Yüksek Gerilim Laboratuvarı (Perşembe) dersinin sorumlusuyum.

CRN 11995	ELK 411	Yüksek Gerilim Laboratuvarı	Perşembe 1230/1529		Özcan Kalendarli Web: web.itu.edu.tr/kalendarli E-posta: kalendarli@itu.edu.tr Oda: EEF 7320
--------------	------------	--------------------------------	-----------------------	--	---

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

2022-2023 öğretim yılı **Yüksek Gerilim Laboratuvarı**, dersler ve deneylerden oluşmaktadır.

Program (dersler ve yılıçi sınavı):

1. Hafta: Giriş - Yüksek gerilim türleri – Deneyleri – Laboratuvarları
2. Hafta: Yüksek alternatif gerilimlerin üretilmesi
3. Hafta: Yüksek doğru gerilimlerin üretilmesi
4. Hafta: Yüksek darbe gerilimlerinin üretilmesi
5. Hafta: Yüksek gerilimlerin ölçülmesi
6. Hafta: Yılıçi sınavı

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI



İTÜ Yüksek Gerilim Laboratuvarı – EEF – Maslak

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI



İTÜ Fuat Külünk Yüksek Gerilim Laboratuvarı – Gümüşsuyu, Taksim

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

Program (devam - Deneyler):

7. Hafta: **D1**: Yüksek alternatif gerilimlerin ölçülmesi. Küresel elektrotlarla ölçme.
8. Hafta: **D2**: Statik elektrik alanının deneysel ve sayısal incelenmesi. Elektrolitik banyo deneyi.
9. Hafta: **D3**: Yüksek gerilim izolatörleri. İzolatör zincirlerinde gerilim dağılımının ve atlama geriliminin belirlenmesi.
10. Hafta: **D4**: Yalıtkan yağların delinme gerilimi ve delinme dayanımının belirlenmesi.

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

Program (devam - Deneyler):

- 11. Hafta: **D5**: Yalıtkan maddelerde kayıp katsayısı ve dielektrik sabitinin bulunması.
- 12. Hafta: **D6**: Darbe gerilimlerinin üretilmesi ve ölçülmesi.
- 13. Hafta: **D7**: Çok yüksek gerilimlerin üretilmesi ve ölçülmesi.
- 14. Hafta: İTÜ Fuat Külünk Yüksek Gerilim Laboratuvarı - Gümüşsuyu

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

Başarı Değerlendirme:

	Katkı
Yılıçi Sınavı	% 20
Deney Raporu	% 40
Final Sınavı	% 40

Final Sınavına Girebilme Koşulu:

En az 5 (beş) deneye girilmelidir (raporu verilmelidir).
Girilmeyen deney için verilen deney raporu kabul edilmez.

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

Deney Raporu:

Her deneyden sonra "Deney Raporu" hazırlanıp sonraki deneye kadar teslim edilecektir (**Rapor Kapağı** örneği program sayfasında var).

Raporda, yalnızca, deneyde yapılanlar, deney sonuçları ve deneylerin sonunda verilen "Raporda İstenenler" in yanıtları yazılacaktır.

Her deney için ayrı rapor verilecektir.

Not: Zamanında verilmeyen deney raporu değerlendirmeye alınmaz.

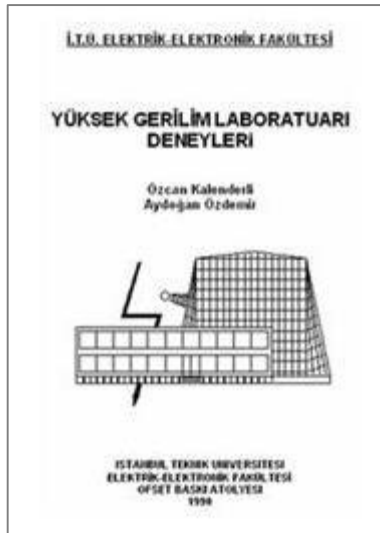
Eski öğrenciler: Derslere, sınavlara girmek ve deney raporu hazırlamak zorundadır.

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

Dersin Kitabı:

Özcan Kalendarli, Aydoğan Özdemir,
Yüksek Gerilim Laboratuvarı Deneyleri, 1. Baskı 1984, 2. Baskı 1987,
İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi, İstanbul

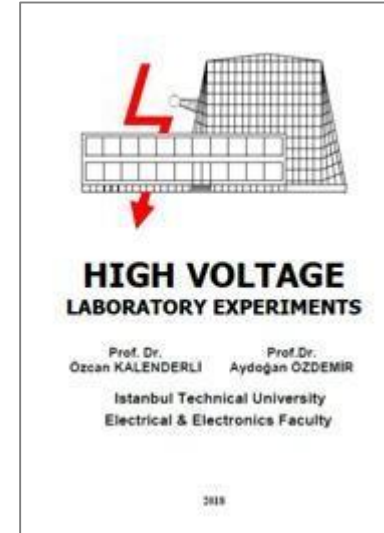
3. Baskı 1990



4. Baskı 2017



İngilizcesi 2018



YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

Kaynaklar (Türkçe):

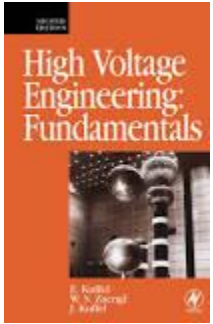
1. Özcan KALENDERLİ, Celal KOCATEPE, Oktay ARIKAN, *Çözümlü Problemlerle Yüksek Gerilim Tekniği*, Cilt I, Birsen Yayınevi, 3. Baskı 2015, 4. Baskı 2022.
2. Muzaffer ÖZKAYA, *Yüksek Gerilim Tekniği*, Cilt I, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2008.
3. Muzaffer ÖZKAYA, *Yüksek Gerilim Tekniği*, Cilt II, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2012.
4. Muzaffer ÖZKAYA, *Yüksek Gerilim Tekniğinde Ölçme*, İTÜ Yayını, İstanbul, 1984.
5. İzzet GÖNENÇ, *Yüksek Gerilim Tekniği*, Cilt 1, 1977.



YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

Kaynaklar (İngilizce):

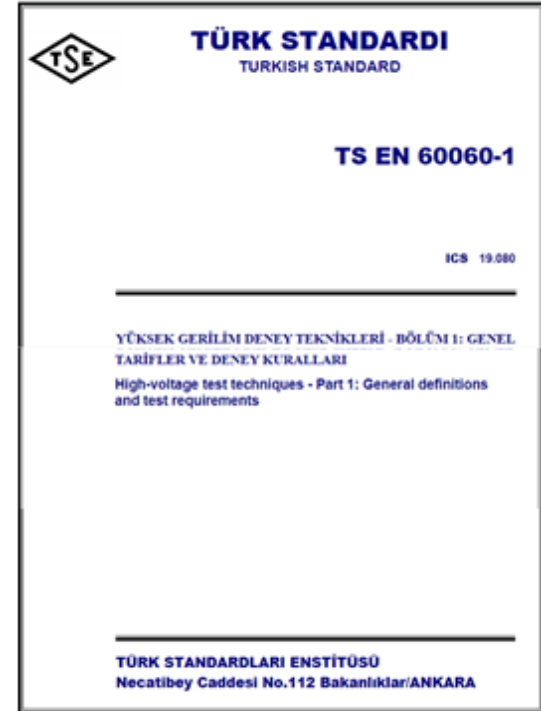
6. Kuffel, E., Zaengl, W. S., Kuffel, J., High Voltage Engineering: Fundamentals, Newness, 1st Ed. 1984, 2nd Ed. 2000.
7. Naidu, M. S., Kamaraju, V., High Voltage Engineering, Tata McGraw-Hill, New Delhi, 1995, 5th Ed. 2013, 6th Ed. 2020.
8. Wolfgang Hauschild, Eberhard Lemke, High Voltage Test and Measuring Techniques, Springer-Verlag, Heidelberg, 2014.
9. Andreas Küchler, High Voltage Engineering: Fundamentals - Technology - Applications, Springer Vieweg, Schweinfurt, Germany, 5th Ed. 2018.



YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

Kaynaklar (Standartlar):

10. IEC 60060-1:2010 High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements
11. IEC 60060-2:2010 High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems
12. TS EN 60060-1:2013 Yüksek gerilim deney teknikleri - Bölüm 1: Genel tarifler ve deney kuralları
13. TS EN 60060-2:2011 Yüksek gerilim deney teknikleri - Bölüm 2 : Ölçme sistemleri



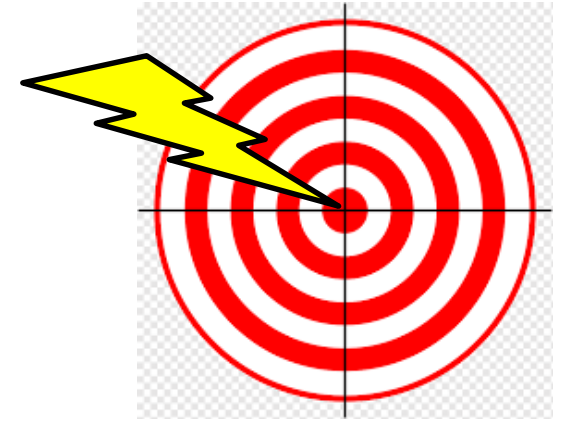
YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI



Dersin amacı:

1. Yüksek gerilimle çalışmanın koşullarını, tehlikelerini, önlemlerini tanıtmak,
2. Yüksek gerilim üretmenin ve ölçmenin önemini, ilkelerini, yöntemlerini öğretmek,
3. Yüksek gerilim üretim ve ölçme sistemi tasarlama ve kurma becerisi kazandırmak,
4. Deney sonuçlarını raporlamayı ve değerlendirmeyi öğretmek,
5. Uygulamalı araştırmaya özendirmeektir.

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI



Dersin hedefi:

1. Yüksek gerilim büyüklüklerini, üretim ve ölçme ilkelerini ve yöntemlerini bilmek,
2. Yüksek alternatif gerilimleri üretmeyi ve ölçmeyi bilmek,
3. Yüksek doğru gerilimleri üretmeyi ve ölçmeyi bilmek,
4. Yüksek darbe gerilimlerini üretmeyi ve ölçmeyi bilmek,
5. Deney sonuçlarını değerlendirmeyi ve yorumlamayı bilmektir.

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI 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)

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

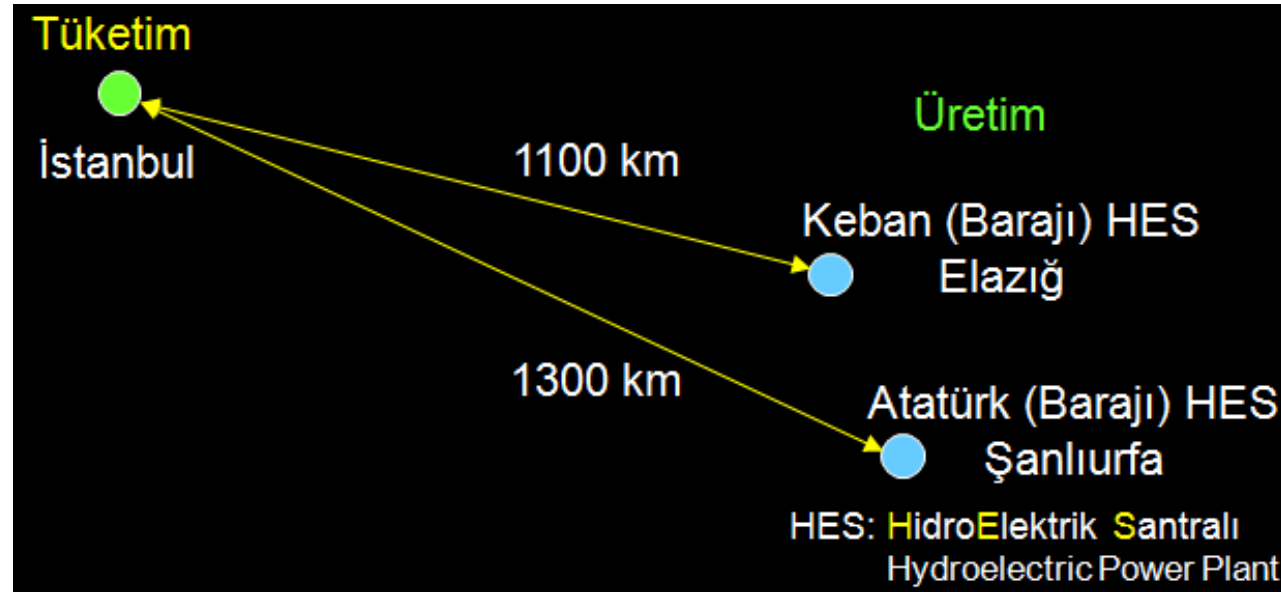
$$\begin{array}{lcl} \text{Simge:} & W & = P \times t \\ \text{Birim:} & [\text{Ws}, \text{Wh}, \text{kWh}] & = [\text{W}] \times [\text{s}, \text{h}] \text{ (Enerji, kullanılan güçtür)} \end{array}$$

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Yüksek Gerilime Olan Gereksinim

2. Güç iletim uzaklıklarındaki artış

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

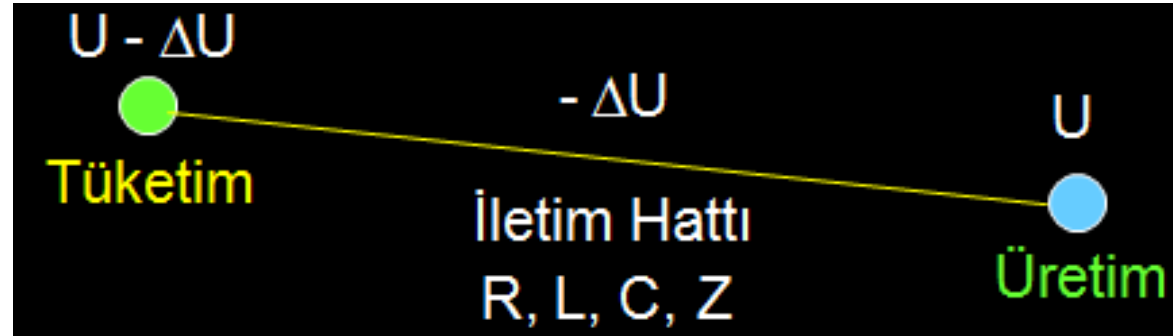


YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Yüksek Gerilime Olan Gereksinim

3. Küçük gerilim düşümü

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



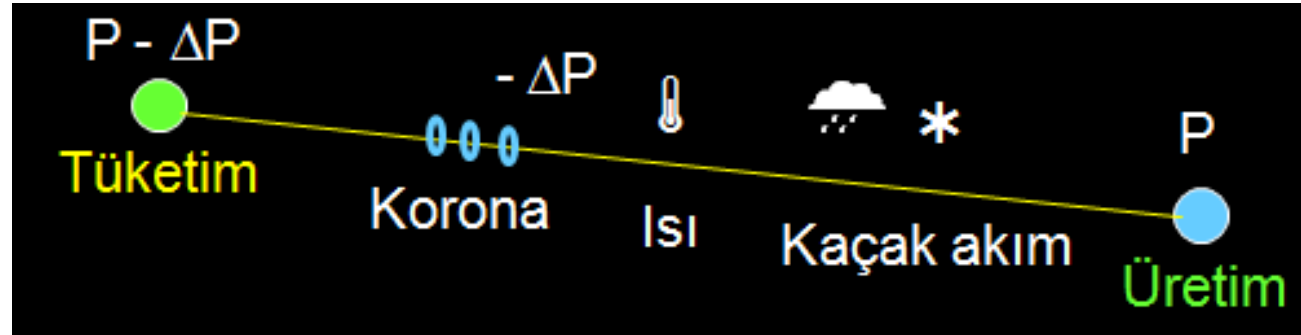
R: Hattın direnci
L: Hattın endüktansı
C: Hattın kapasitesi
Z: Hattın empedansı

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI 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.

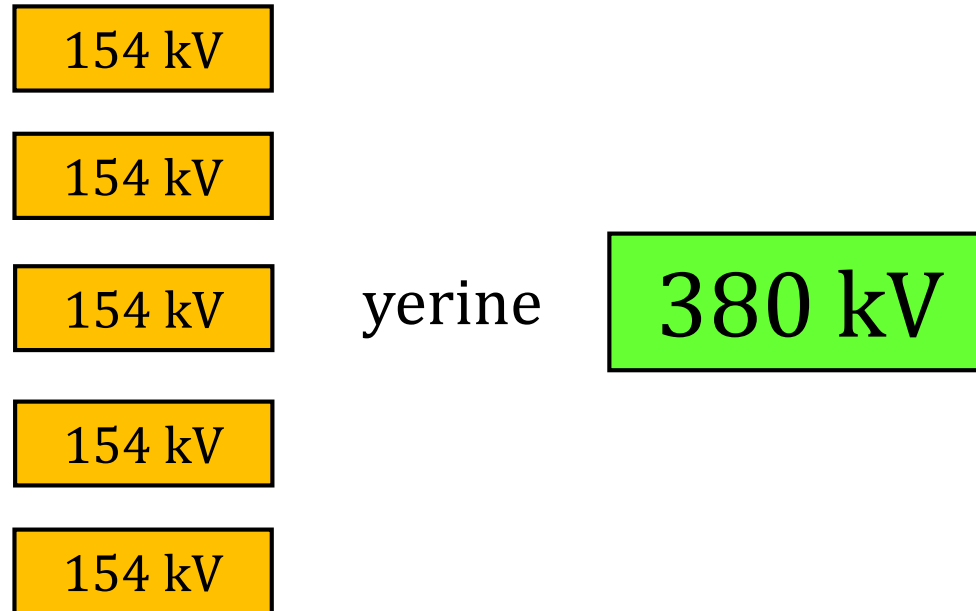


YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Yüksek Gerilime Olan Gereksinim

5. Ekonomi

Kuruluş, işletme, bakım masrafları önemli ölçüde azalacaktır.

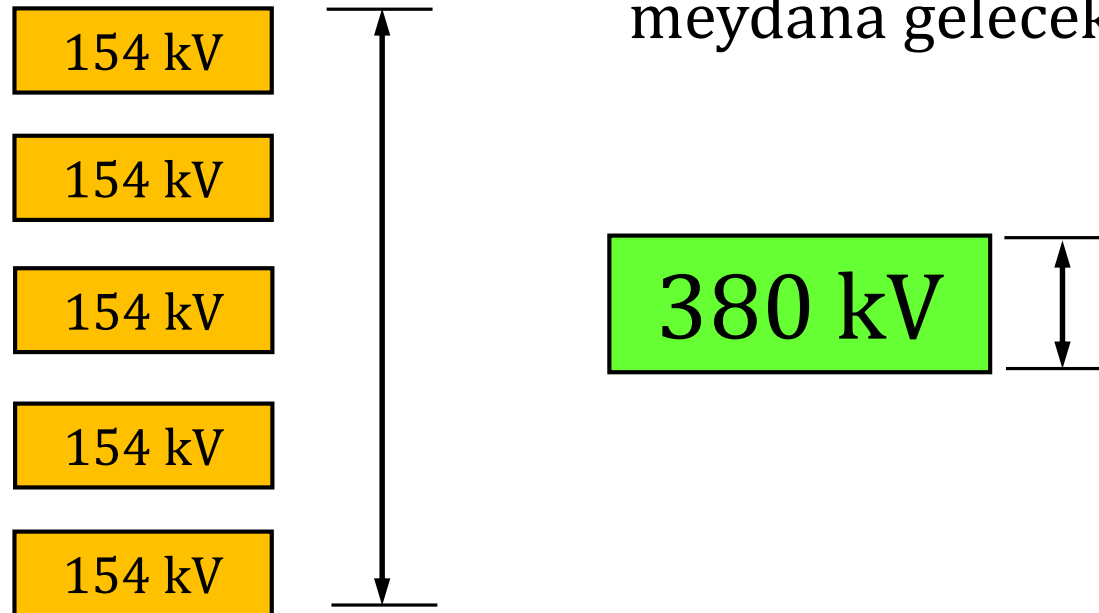


YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Yüksek Gerilime Olan Gereksinim

6. Yer gereksinimini (boyutları) azaltmak

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



YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Yüksek Gerilim Türleri

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

1) Alternatif gerilim

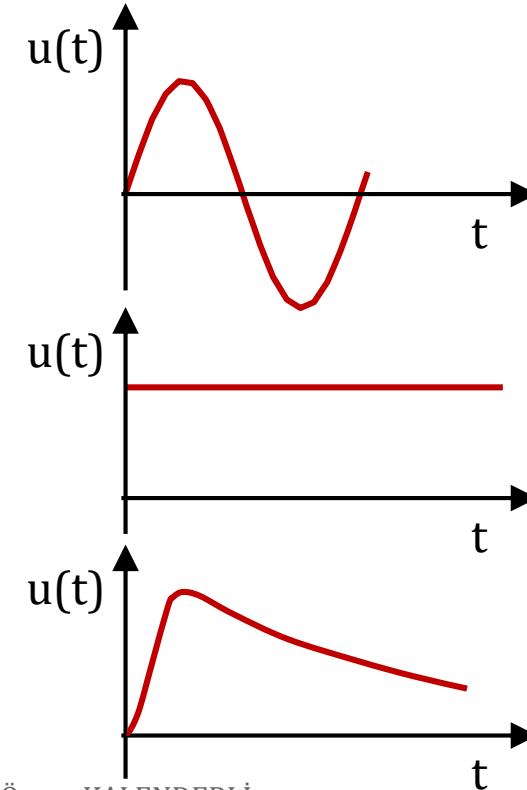
- 1.1) Şebeke frekanslı (50/60 Hz) alternatif gerilim
- 1.2) Düşük frekanslı (0,1-1 Hz) alternatif gerilim
- 1.3) Yüksek frekanslı (10-300 kHz) alternatif gerilim

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 LABORATUVARI

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 LABORATUVARI 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 LABORATUVARI GİRİŞ

Yüksek Gerilim Laboratuvarlarında Denenen Deney Cisimleri

Yüksek gerilim devrelerinde (sistemlerinde) kullanılan elemanların veya onu oluşturan malzemelerin veya bileşenlerin herbiri, deneylerde deney cismidir.

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Deney cisimleri

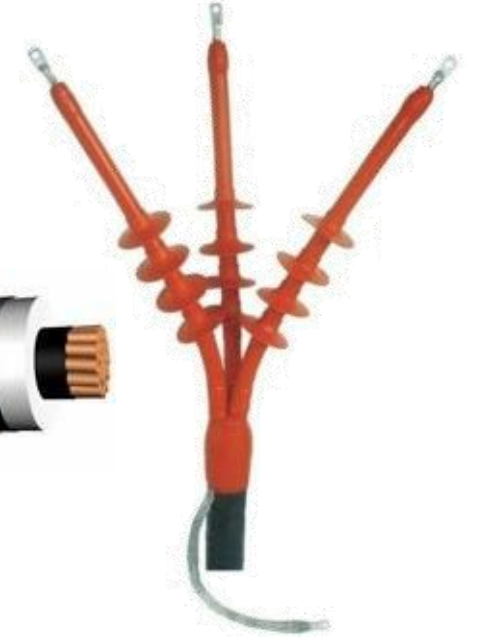
- ❖ İzolatörler (zincir, mesnet, çubuk izolatörler)
- ❖ Geçit izolatörleri (transformatör tipi, duvar tipi geçit izolatörleri)
- ❖ YG güç kesicileri (az yağlı, yağlı, havalı, gazlı, SF₆'lı, vakumlu kesiciler)
- ❖ Ayırıcılar (döner, pantograf, normal ayırıcılar)
- ❖ Transformatörler (güç tr., dağıtım tr., gerilim ölçü tr., akım ölçü tr.)
- ❖ Parafudrlar
- ❖ Kondansatörler (ölçme, düzleme, üretim, koruma, kompanzasyon amaçlı kondansatörler)



YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

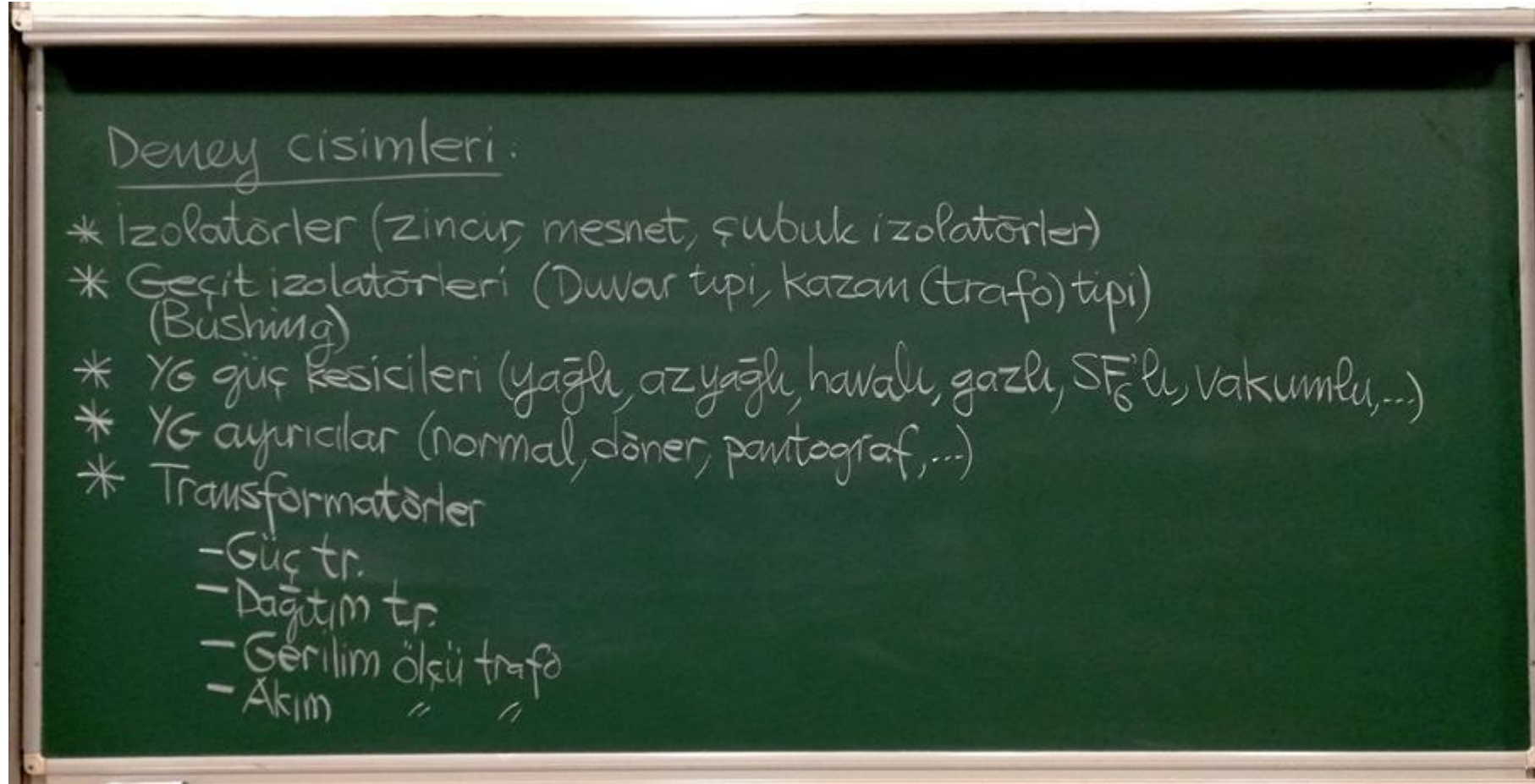
Deney cisimleri

- ❖ Direk- (direk modelleri)
- ❖ İletkenler (korona deneyleri)
- ❖ Hat donatıları
- ❖ Kablolar ve donatıları (ekler ve muflar)
- ❖ Panolar
- ❖ Yağlı sistemler
- ❖ Gazlı sistemler (GIS)
- ❖ ...



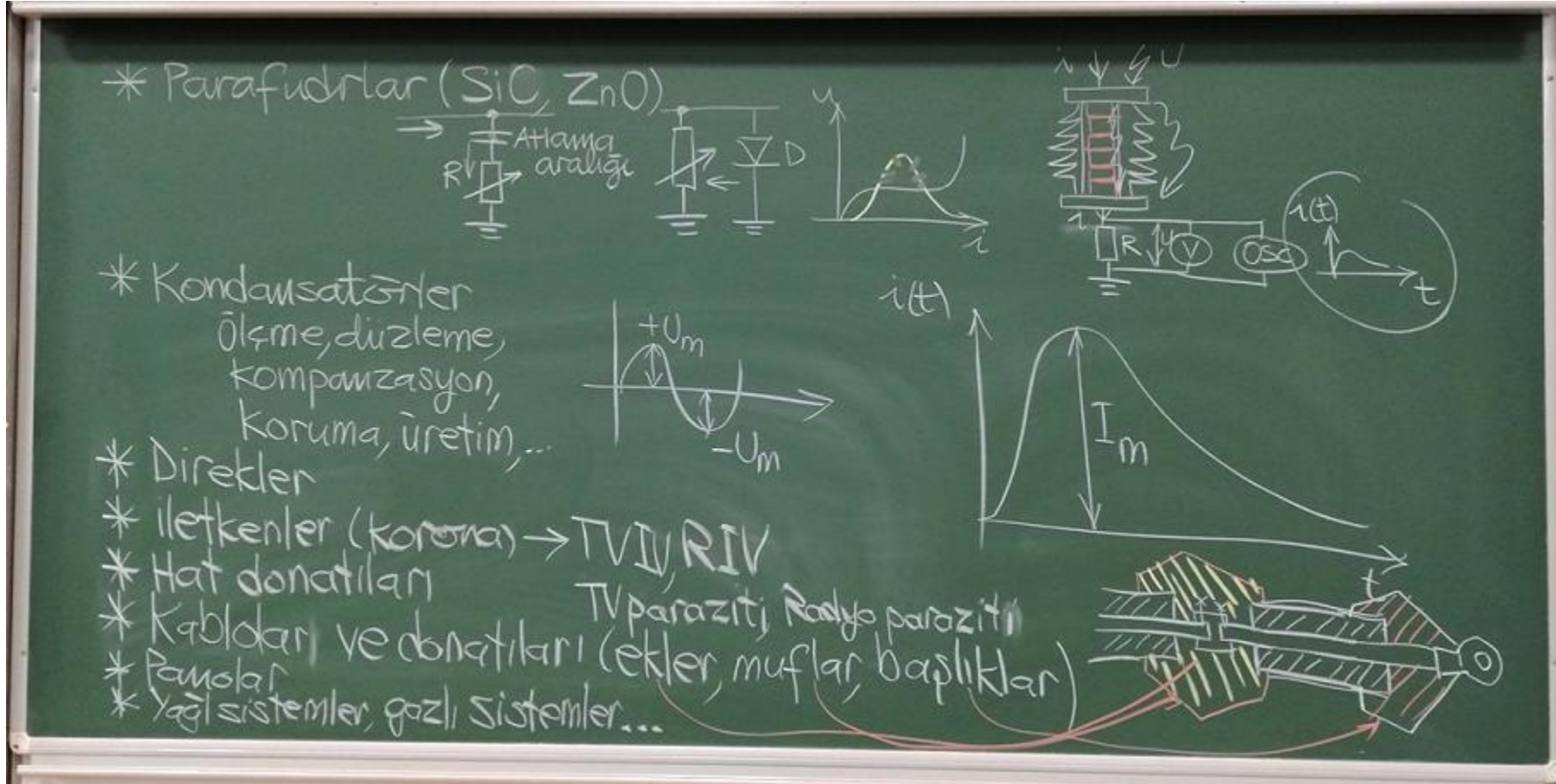
YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Tahtada... Deney cisimleri



YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Tahtada... Deney cisimleri



YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Yüksek Gerilim Laboratuvarlarında Yapılan Deneyler

Bu deneyler, araştırma - geliştirme (Ar-Ge), rutin (sıradan), tip, özel, kabul, saha deneyleri olabilir.

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Deneyler

- ❖ Alternatif gerilim (AG-AA)
- ❖ Doğru gerilim (DG-DA)
- ❖ Yıldırım darbe gerilimi
- ❖ Anahtarlama (açma-kapama) darbe gerilimi
 - Kuruda
 - Yağta (yağmurlamada)
 - Kirlenme koşullarında

Bu gerilim türleri ile

- ✓ Dayanma
- ✓ Atlama
- ✓ Delinme



deneyleri

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

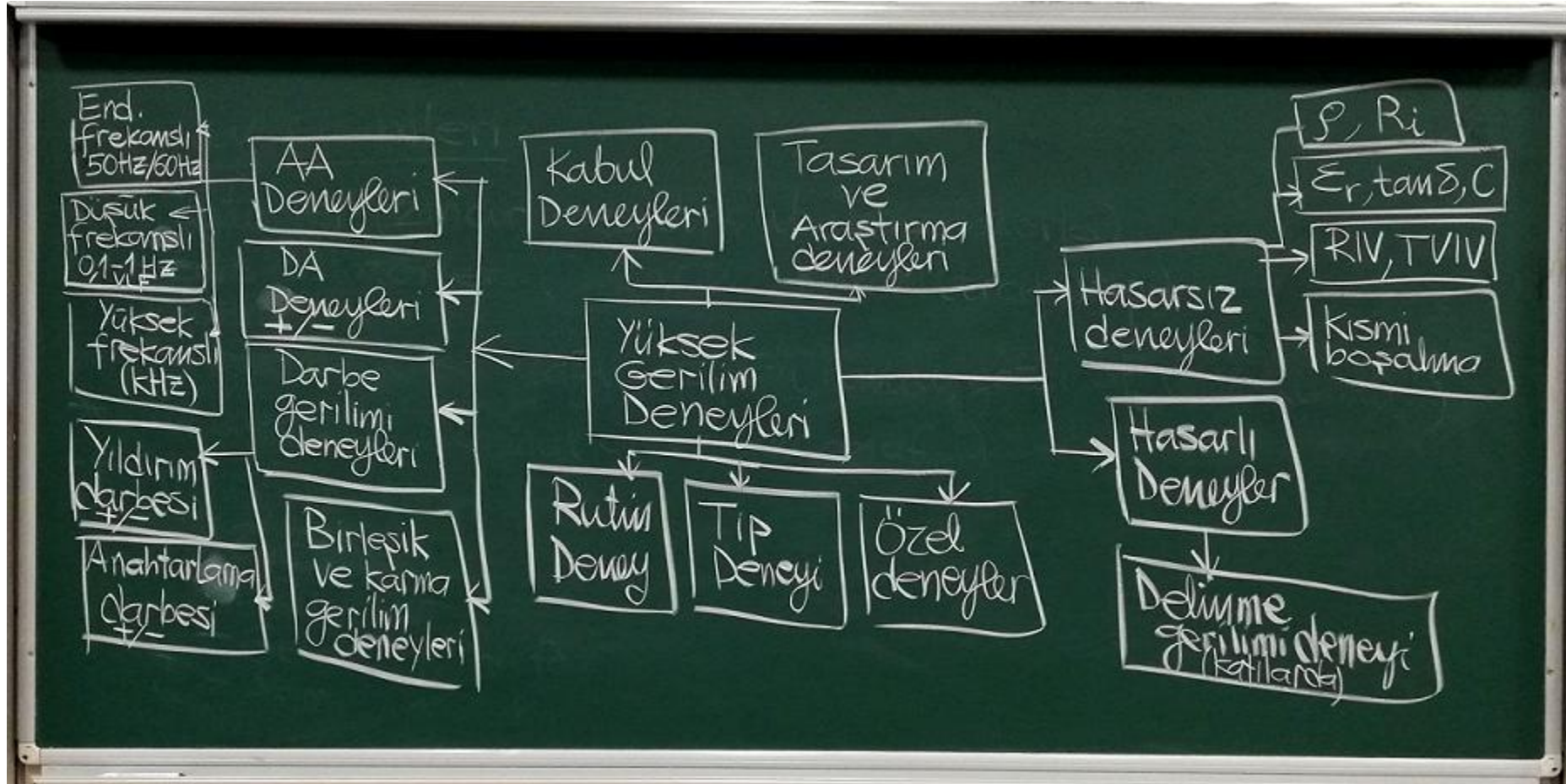


Deneyler

- ❖ Korona, kısmi boşalma, radyo parazit gerilimi (RIV) ölçmeleri (boşalma başlama, sönme, oluşma, oluşmama gerilimleri)
- ❖ Kayıp faktörü ($\tan\delta$), bağıl dielektrik sabiti (ϵ_r), kapasite (C) ölçmeleri
- ❖ Sıcaklık değişimi deneyleri
- ❖ Mekanik, elektromekanik deneyleri (kırılma, burulma, çekme, basma, eğme yükü deneyleri ve gerilim altında mekanik deneyler)
- ❖ Darbe akımı deneyleri (parafudrlar ve blokları üzerinde)
- ❖ Yalıtım direnci ölçme
- ❖ Yaşlanma deneyi, ...

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Tahtada... Yüksek Gerilim Deneyleri



YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

GİRİŞ

Deney gerilimleri

Deney gerilimleri, yalıtım koordinasyonu kavramına göre belirlenir ve yalıtım koordinasyonu ile ilgili ulusal ve uluslararası standartlarda ve denenen deney cisimlerine ilişkin standartlarda verilir.

Deney gerilimleri kadar, deneylerin yapılacağı koşullar da bu standartlarda belirtilir. Deneylerde sonuçların değerlendirilebilmesi ve karşılaştırılabilmesi için bu koşullara uygun deneyler yapılmalıdır.

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Yalıtım Koordinasyonu (Insulation Coordination)

Aşırı gerilim,
cihaz-aygıt-sistem yalıtımı
ve aşırı gerilimden koruma
arasındaki düzenlemedir.

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

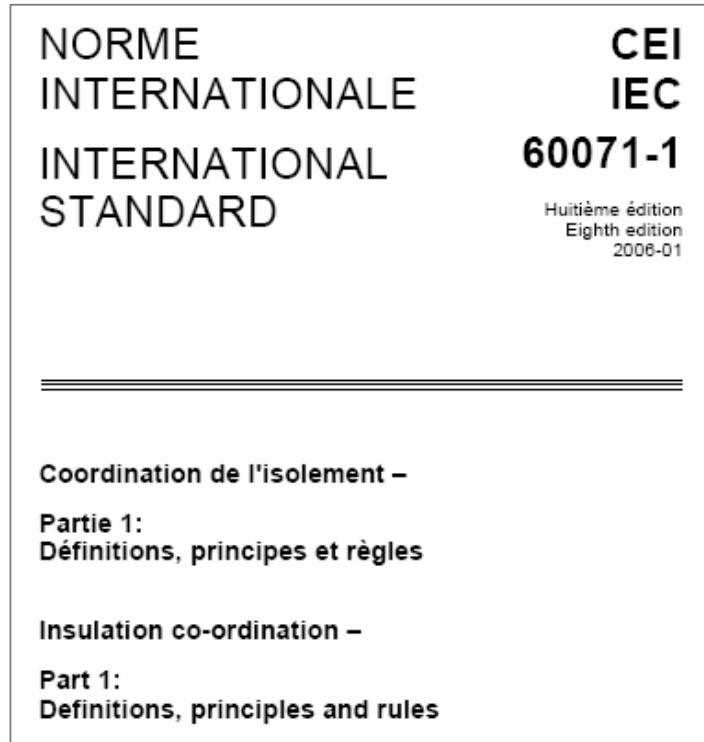
Aşırı Gerilimden Koruma

(Protection against overvoltage)
Koruma Yöntemleri ve araçları,
Topraklama, eşpotansiyelleme

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

IEC 60071-1:2006

Insulation coordination – Part 1:
Definitions, principles and rules



TS EN IEC 60071-1:2019

Yalıtım koordinasyonu – Bölüm 1:
Tarifler, prensipler ve kurallar

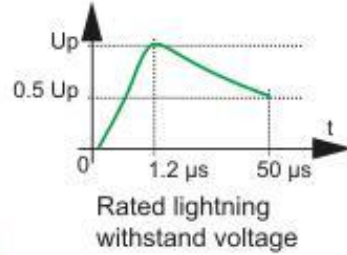
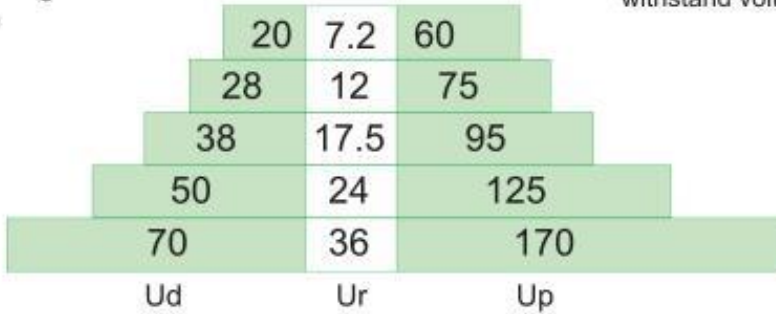
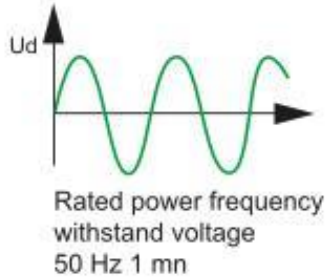


YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

IEC 60071-1:2006

İzin verilen en yüksek işletme gerilimi (U_m) kV (etkin değer)

IEC standardised voltages



Deney gerilimleri

Table 2 – Standard insulation levels for range I ($1\text{ kV} < U_m \leq 245\text{ kV}$)

Highest voltage for equipment (U_m) kV (r.m.s. value)	Standard rated short-duration power-frequency withstand voltage kV (r.m.s. value)	Standard rated lightning impulse withstand voltage kV (peak value)
3,6	10	20
7,2	20	40
12	28	60
17,5 ^a	38	75
24	50	95
36	70	125
		145
		170

Kısa (1 dakika) süreli şebeke frekanslı dayanma gerilimi kV (etkin değer)

Standart (1,2/50 μs) yıldırım darbesi dayanma gerilimi kV (tepe değer)

Deney gerilimleri
Bunlar dayanma gerilimleridir. Atlama, delinme gerilimleri daha yüksektir.

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

IEC 60071-1:2006

İzin verilen en yüksek işletme gerilimi (U_m) kV (etkin değer)

1 kV < $U_m \leq 245$ kV aralığı araçlar için alternatif gerilime dayanma ve yıldırım darbe gerilimine dayanma önemlidir. Bu sağlanıyorsa, anahtarlama darbesine dayanma deneyi yapılmaz çünkü bu sistemlerde ortaya çıkabilecek anahtarlama darbelerine sistem dayanır.

Table 2 – Standard insulation levels for range I ($1\text{ kV} < U_m \leq 245\text{ kV}$)

Highest voltage for equipment (U_m) kV (r.m.s. value)	Standard rated short-duration power-frequency withstand voltage kV (r.m.s. value)	Standard rated lightning impulse withstand voltage kV (peak value)
52 ^a	95	250
72,5	140	325
100 ^b	(150)	(380)
	185	450
123	(185)	(450)
	230	550
145	(185)	(450)
	230	550
	275	650
170 ^a	(230)	(550)
	275	650
	325	750
245	(275)	(650)
	(325)	(750)
	360	850
	395	950
	460	1050

Kısa (1 dakika) süreli şebeke frekanslı dayanma gerilimi kV (etkin değer)

Deney gerilimleri

Standart (1,2/50 μ s) yıldırım darbesi dayanma gerilimi kV (tepe değer)

Deney gerilimleri

Bunlar dayanma gerilimleridir. Atlama, delinme gerilimleri daha yüksektir.

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Deney gerilimleri

Table 3 – Standard insulation levels for range II ($U_m > 245$ kV)

Highest voltage for equipment U_m kV (r.m.s. value)	Standard rated switching impulse withstand voltage			Standard rated lightning impulse withstand voltage ^b kV (peak value)
	Longitudinal insulation ^a kV (peak value)	Phase-to-earth kV (peak value)	Phase-to-phase (ratio to the phase-to-earth peak value)	
300 ^c	750	750	1,50	850
	750	850	1,50	950
	750	850	1,50	1 050
362	850	850	1,50	950
	850	950	1,50	1 050
	850	950	1,50	1 175
420	850	850	1,60	1 050
	950	950	1,50	1 175
	950	950	1,50	1 300
	950	1050	1,50	1 425

Standart (250/2500 μ s)
anahtarlama darbesi
dayanma gerilimi
kV (tepe değeri)

Standart (1,2/50 μ s)
yıldırım darbesi
dayanma gerilimi
kV (tepe değeri)

İzin verilen en yüksek işletme
gerilimi (U_m) kV (etkin değeri)

Boyuna (kontaklar
arası) yalıtım için

Faz - toprak arası için

Faz - faz (fazlar) arası

Deney gerilimleri
Bunlar dayanma
gerilimleridir.
Atlama, delinme
gerilimleri daha
yüksektir.

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

GİRİŞ

Deney gerilimleri

Table 3 – Standard insulation levels for range II ($U_m > 245$ kV)

IEC 60071-1:2006

Um > 245 kV aralığı araçlar için anahtarlama darbesine dayanma ve yıldırım darbe gerilimine dayanma önemlidir. Bu sağlanıyorsa alternatif gerilime dayanma deneyi yapılmaz da olur çünkü bu gerilimlere sistem dayanır. Yine de üreticilerce sistemin alternatif gerilimde atlama ve delinme gerilimleri belirlenir.

Highest voltage for equipment U_m kV (r.m.s. value)	Standard rated switching impulse withstand voltage			Standard rated lightning impulse withstand voltage ^b kV (peak value)
	Longitudinal insulation ^a kV (peak value)	Phase-to-earth kV (peak value)	Phase-to-phase (ratio to the phase-to-earth peak value)	
550	950	950	1,70	1 175
				1 300
	950	1 050	1,60	1 300
				1 425
	950 1 050	1 175	1,50	1 425
				1 550
800	1 175	1 300	1,70	1 675
				1 800
	1 175	1 425	1,70	1 800
				1 950
	1 175 1 300	1 550	1,60	1 950
				2 100

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

GİRİŞ

Deney gerilimleri

Table 3 – Standard insulation levels for range II ($U_m > 245$ kV)

IEC 60071-1:2006



Dikkat Yüksek Gerilim!

İzin verilen en yüksek işletme gerilimi (U_m) kV (etkin değer)

Highest voltage for equipment U_m kV (r.m.s. value)	Standard rated switching impulse withstand voltage			Standard rated lightning impulse withstand voltage ^b kV (peak value)
	Longitudinal insulation ^a kV (peak value)	Phase-to-earth kV (peak value)	Phase-to-phase (ratio to the phase-to-earth peak value)	
1 100	–	1 425 ^d	–	1 950
	–	–	–	2 100
	1 425	1 550	1,70	2 100
	–	–	–	2 250
	1 550	1 675	1,65	2 250
	–	–	–	2 400
1 200	1 675	1 800	1,6	2 400
	–	–	–	2 550
	1 550	1 675	1,70	2 100
	–	–	–	2 250
	1 675	1 800	1,65	2 250
	–	–	–	2 400
1 200	1 800	1 950	1,60	2 550
	–	–	–	2 700

Deney gerilimleri

çok yükseldi. Bunları üretmek, ölçmek, deney yapacak ortam (lab) bulmak gerekiyor.

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Doğru gerilim için

$$U > 1,5 \text{ kV}$$

Yüksek Doğru Gerilim (DG)
(High Voltage Direct Current, HVDC)

Yüksek doğru gerilim araçları için deney gerilimleri

Anma Gerilimi (kV)	Doğru Gerilim Dayanma Gerilimi (kV)	Yıldırım Darbe Dayanma Gerilimi (kV)	Anahtarlama Darbe Dayanma Gerilimi (kV)
$\pm 400 \text{ kV}$	800	1350	1000
$\pm 600 \text{ kV}$	1200	1900	1500
$\pm 800 \text{ kV}$	1600	2300	2000

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

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 LABORATUVARI GİRİŞ

Yüksek Gerilim Laboratuvarları

Belirtilen deney gerilimlerini üretmek, ölçmek ve deneyleri yapabilmek için, içinde uygun üreteç ve ölçme düzenleri olan yüksek gerilim laboratuvarlarına gereksinim vardır.

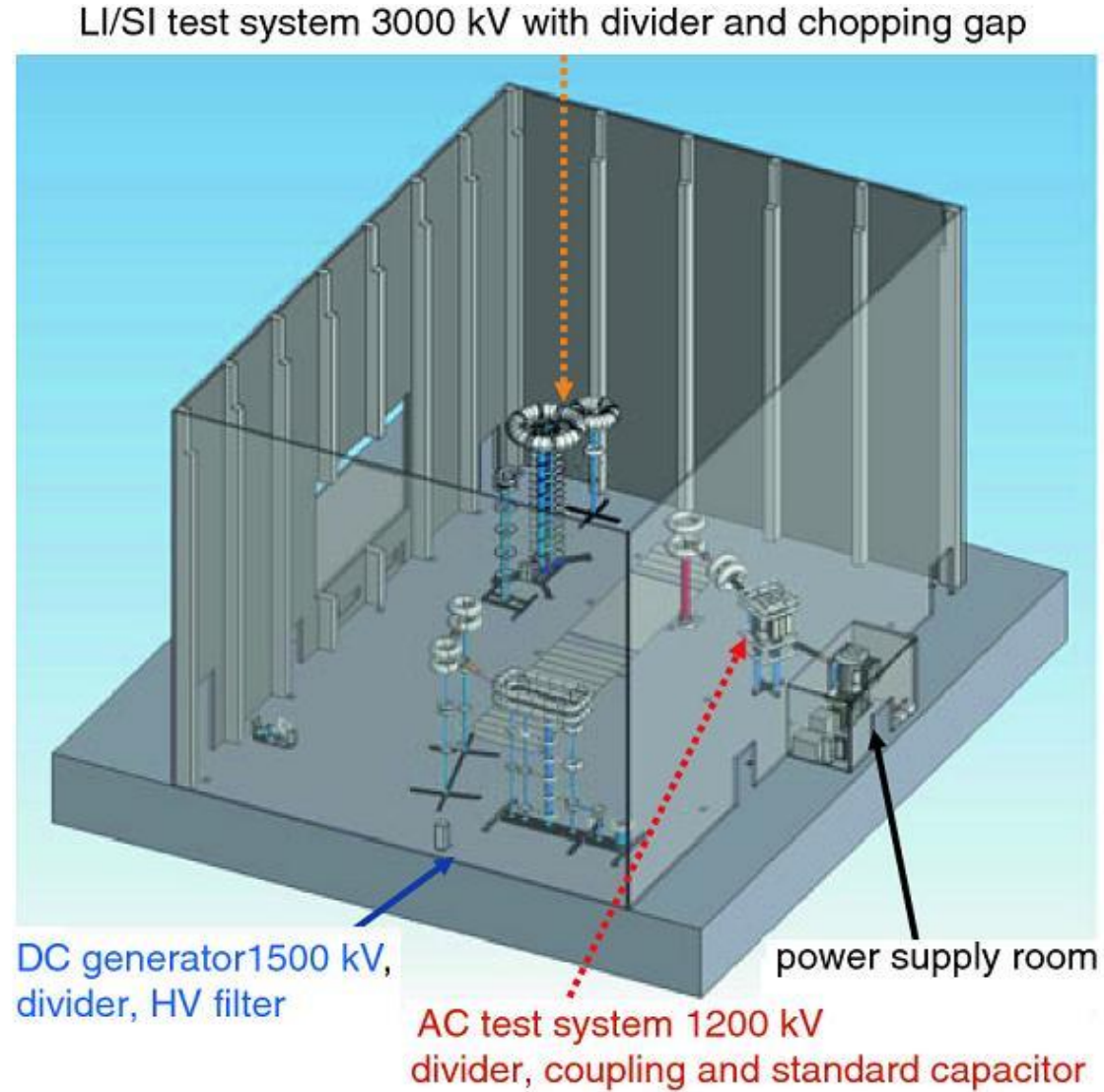
Laboratuvar, deney sırasında uygulanan gerilimin gerektireceği çevre güvenlik açıklıklarına sahip boyutlarda olmalıdır.

Yüksek gerilim laboratuvarları, ekranlaması , topraklaması, aydınlatması, akustiği, havalandırması ile özel tasarlanmış yapılardır.

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

GİRİŞ

YG Laboratuvarı
Yapısı ve içindikiler...



YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Dünya'daki bazı büyük Yüksek Gerilim Laboratuvarları

Hydro-Quebec, Kanada

80 m x 70 m, yükseklik 50 m, hacim $\sim 300.000 \text{ m}^3$

EdF (Les Renardieres), Fransa

65 m x 65 m, yükseklik 45 m, hacim $\sim 200.000 \text{ m}^3$

Berlin Teknik Üniversitesi, Almanya

40 m x 15 m, yükseklik 17 m, hacim $\sim 10.000 \text{ m}^3$

İ.T.Ü. Fuat Külünk Yüksek Gerilim Laboratuvarı, Türkiye

25 m x 35 m, yükseklik 21 m, hacim $\sim 20.000 \text{ m}^3$

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Dünya'daki bazı büyük Yüksek Gerilim Laboratuvarları

	Adı, Kuruluş Yılı, Ülkesi	Boyutlar en (m) x boy (m) x yükseklik (m)	Yıldırım Darbe Gerilimi (kV)	Alternatif Gerilim (kV)	Doğru Gerilim (kV)
1	EPRI Solutions Eng. and Test Center, 1959, USA	25 (D) x 25 (h)	5600	1700	1500
2	North China Electric Power Research Institute (NCEPRI) - Shahe HV Lab., 1994, China	33 x 46 x 24	5400	1000	800
3	Wuhan High Voltage Research Institute, 1984, China	50 x 40 x 30	5400	3000	2000
4	Ukrainian Res., Design and Tech. Transformer Ins. (VIT), 1975, Ukraine	60 x 144 x 60	5100	2000	2500
5	Hydro-Quebec Research Institute (IREQ), 1971, Canada	70 x 80 x 50	5000	2100	1200
6	Electric Power Research Institute (EPRI), 1957, China	40 x 30 x 28	4800	1050	1000
7	FGH Engineering and Test GmbH, 1968, Germany	25 x 35 x 15	4500	1100	900
8	Institute of Power Eng. HV and HP Lab., 1961, Poland	40 x 40 x 35	4500	1000	300
9	ICMET National Institute for Electrical Eng., 1973, Romania	32 x 48 x 27	4200	1200	1000
10	KERI Korea Electrotechnology Research Ins., 1981, South Korea	33 x 55 x 27	4000	1100	400

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Dünya'daki bazı büyük Yüksek Gerilim Laboratuvarları

	Adı, Kuruluş Yılı, Ülkesi	Boyutlar en (m) x boy (m) x yükseklik (m)	Yıldırım Darbe Gerilimi (kV)	Alternatif Gerilim (kV)	Doğru Gerilim (kV)
11	LAPEM Comision Federal de Electricidad, 1985, Mexico	31 x 62 x 32	4000	1300	400
12	VEIKI - Electric Large Lab.s Ltd., 1962, Hungary	40 x 60 x 18	4000	1500	100
13	ITU Fuat Külünk High Voltage Lab., 1978, Turkey	26 x 35 x 20	3600	1200	1000
14	LG Cable - Elec. Power Res. & Tech. Center, 1982, Korea	40 x 60 x 26	3600	1400	0
15	Taiwan Power Research Institute (TPRI), 1993, Taiwan	36 x 46 x 30	3600	1500	800
16	HVSRI (HV Scientific Research Ins.), 1971, Ukraine	48 x 76 x 35	3500	1500	0
17	NGK HV Lab., 1963, Japan	40 x 40 x 30	3300	1650	500
18	CEPEL, 1979, Brazil	30 x 44 x 27	3200	1100	1000
19	HVDC Power Trans. Res. Ins. HV Tech. Dept., 1962, Russia	30 x 60 x 25	3200	700	1000
20	ABB Power Technology Products AB. 1933, Sweden	25 x 37 x 30	3000	1050	1200

Kaynak: INMR (Insulator News & Market Report), Source of Information on International Developments in Transmission & Distribution, Vol. 9, No. 6, Nov. - Dec. 2001 (www.inmr.com).

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Dünyadan örnekler ...



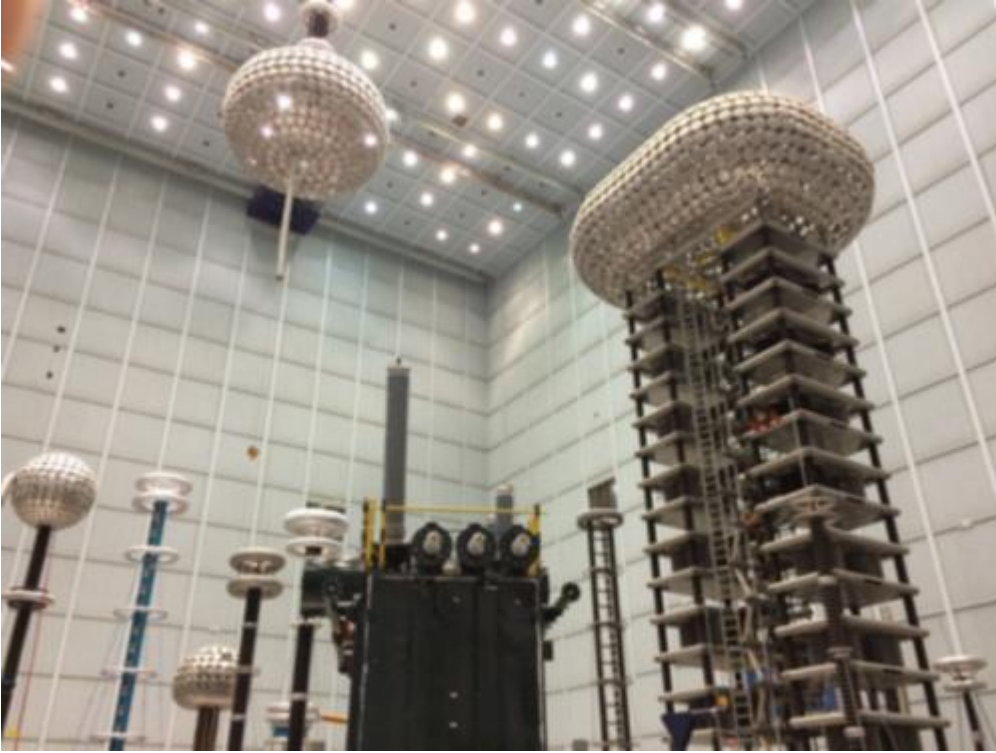
KEMA - Hollanda



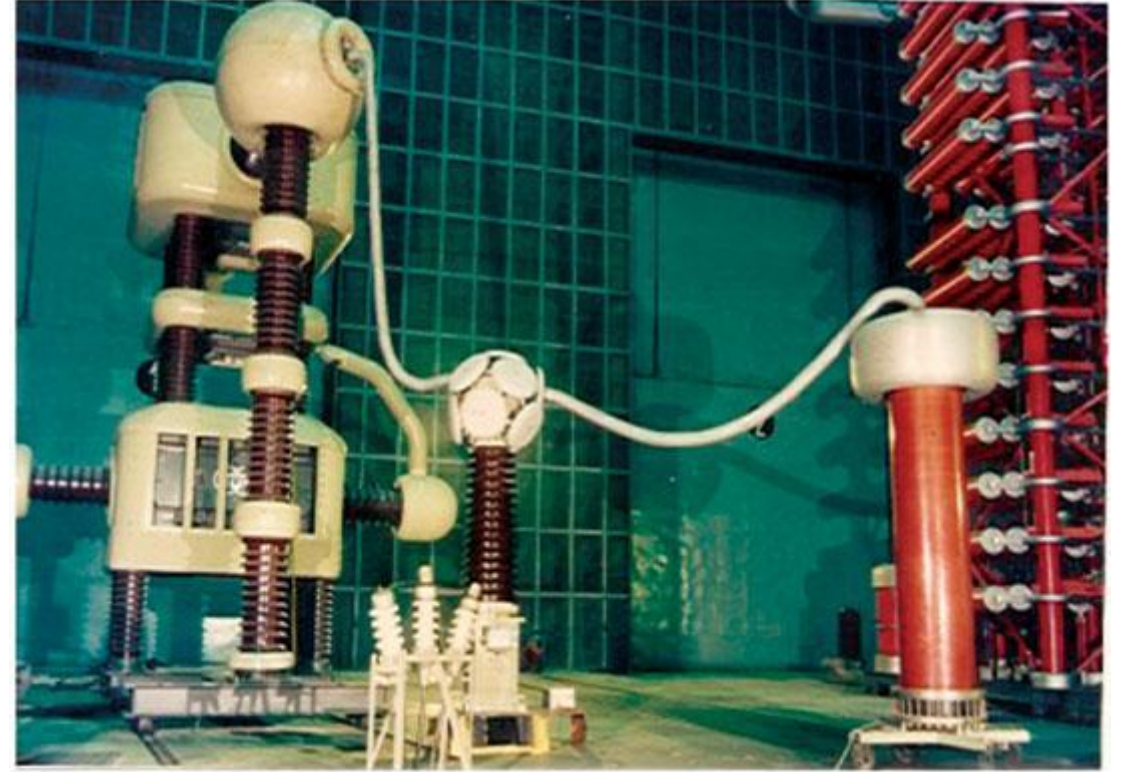
KERI Korea Electrotechnology
Research Ins., South Korea

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Dünyadan örnekler ...



Hydro-Quebec Research Institute (IREQ), Canada



ICMET National Institute for Electrical Eng., Romania

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Dünya üniversitelerinden örnekler ...



Mississippi State University (MSU) HV Lab., USA



The University of Manchester (UMIST) HV Lab.,
Manchester, UK

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Dünya üniversitelerinden örnekler ...



İTÜ Fuat Külünk Yüksek Gerilim Laboratuvarı – İstanbul, Türkiye

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Türkiye'deki bazı Yüksek Gerilim Laboratuvarları

Adı	Alternatif Gerilim (kV)	Yıldırım Darbe Gerilimi (kV)	Doğru Gerilim (kV)
İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) - Fuat Külünk Yüksek Gerilim Lab., İstanbul	1200	3600	1000
Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) - YG Lab., Ankara	300	1200	
Kocaeli Üniversitesi - YG Lab., İzmit, Kocaeli	100	240	140
TÜBİTAK UME (Ulusal Metroloji Enstitüsü), Gebze, Kocaeli	400	1200	550
Çanakkale Seramik Fab. - YG Lab., Çan, Çanakkale	300	1200	
Prysmian Kablo ve Elektrik Sistemleri A.Ş., Mudanya, Bursa	400	2800	
Ankara Seramik A.Ş., Sincan, Ankara	800	2000	
Hilkar, Arifiye, Sakarya	500	1000	
Elimsan, Adapazarı	250	1000	
Demirer Kablo, Bozöyük, Bilecik	400	1000	
Elopar, Adapazarı	100	240	
Güral Elektrik, Hadımköy, İstanbul	500	240	
Astor A.Ş., Sincan, Ankara	750	2200	

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Üniversitelerimizden örnekler ...



Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) YG Lab.



Yıldız Teknik Üniversitesi
YG Lab.



Kocaeli Üniversitesi YG Lab.

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Üniversitelerimizden örnekler ...



Afyon Kocatepe Üniversitesi (AKÜ)
YG Lab. (Afyonkarahisar)



Ostim Teknik Üniversitesi
YG Lab. (Ankara)



Munzur Üniversitesi YG Lab.
(Tunceli)

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

GİRİŞ Meslek liselerimizden örnekler ...



ÇEDAŞ - Sivas Atatürk
Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi
YG Lab. (Sivas) (2018)

BEDAŞ - Bayrampaşa
İnönü Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi
YG Lab. (İstanbul) (2018)

AEDAŞ - Kepez
Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi
YG Lab. (Antalya) (2019)

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

TÜBİTAK UME (Ulusal Metroloji Enstitüsü)
Yüksek Gerilim Laboratuvarı, Gebze, Kocaeli



400 kV alternatif gerilim deney düzeni



550 kV doğru gerilim deney düzeni



1200 kV darbe gerilimi
deney düzeni

YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Hilkar Yüksek Gerilim Laboratuvarı, Arifiye, Sakarya



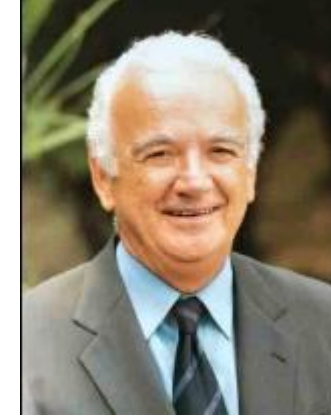
YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Astor A.Ş. Yüksek Gerilim Laboratuvarı, Sincan, Ankara



YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Boğaziçi Üniversitesi,
Sabih Tansal Yüksek Akım Laboratuvarı, İstanbul

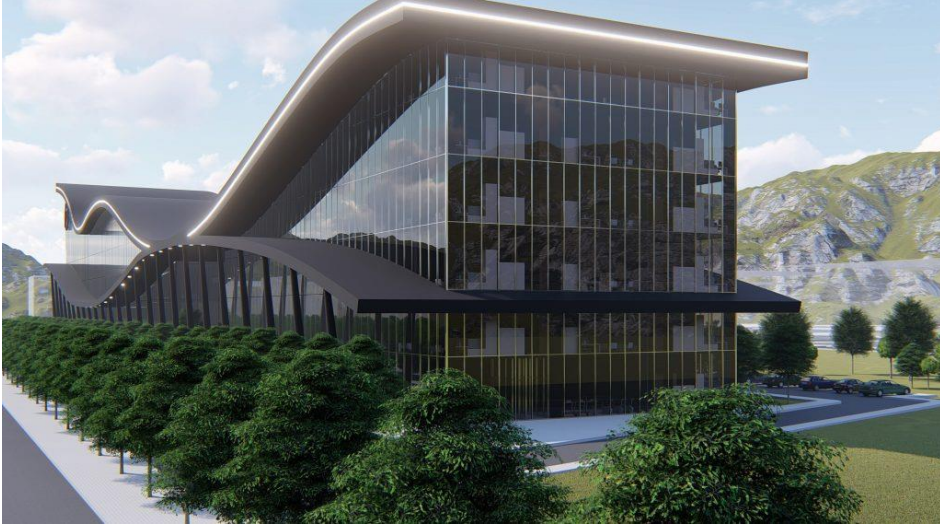


Prof. Dr. Sabih Tansal
d. 08.12.1936
ö. 15.10.2019



YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Tedaş Bandırma Yüksek Güç ve Yüksek Gerilim Laboratuvarları Kompleksi
Bandırma, Balıkesir
Yapımı devam ediyor...



İdari Bina



YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI

2022 Güz Dönemi'ne sınıfça başarılı bir giriş yaptık.



YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI GİRİŞ

Bu haftalık bu kadar!

Haftaya

Yüksek Alternatif Gerilimlerin Üretilmesi
konusunu işleyeceğiz.

Sağlıkla kalın.