

Selim Yürekten
21 Aralık 2011
Kocaeli Üniversitesi



**TRANSFORMER
COMPONENTS**



INDIA



TURKEY



SLOVAKIA



TRANSFORMATÖR TEKNOLOJİSİNDE MODERN TREND

Modern TREND IN TRANSFORMER TECHNOLOGY

Selim Yürekten

16 Nisan 2014

Karadeniz Teknik Üniversitesi



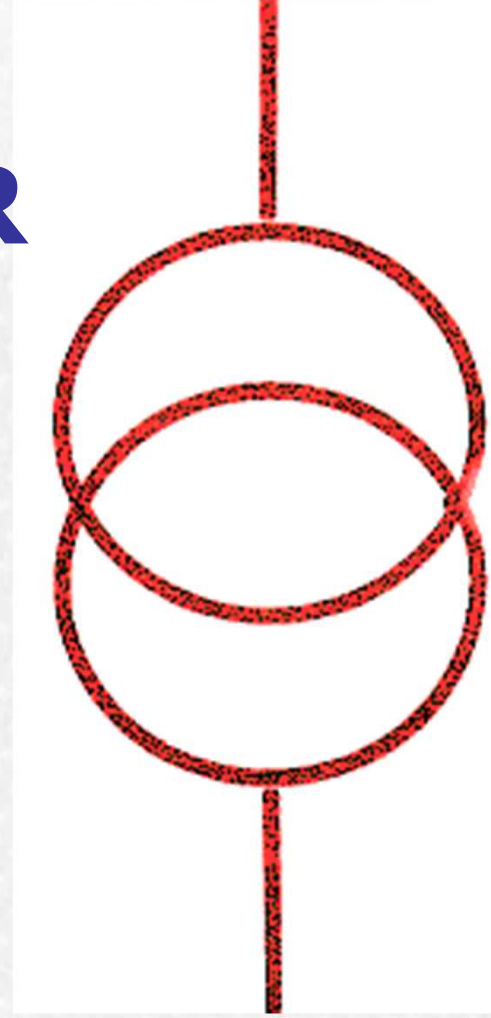
**TRANSFORMER
COMPONENTS**



TRANSFORMATÖRLER

kısaca, TRAFOLAR

SELİM YÜREKTEN
Enpay grubu
Kurucu ve
Onursal Başkanı



İÇİNDEKİLER

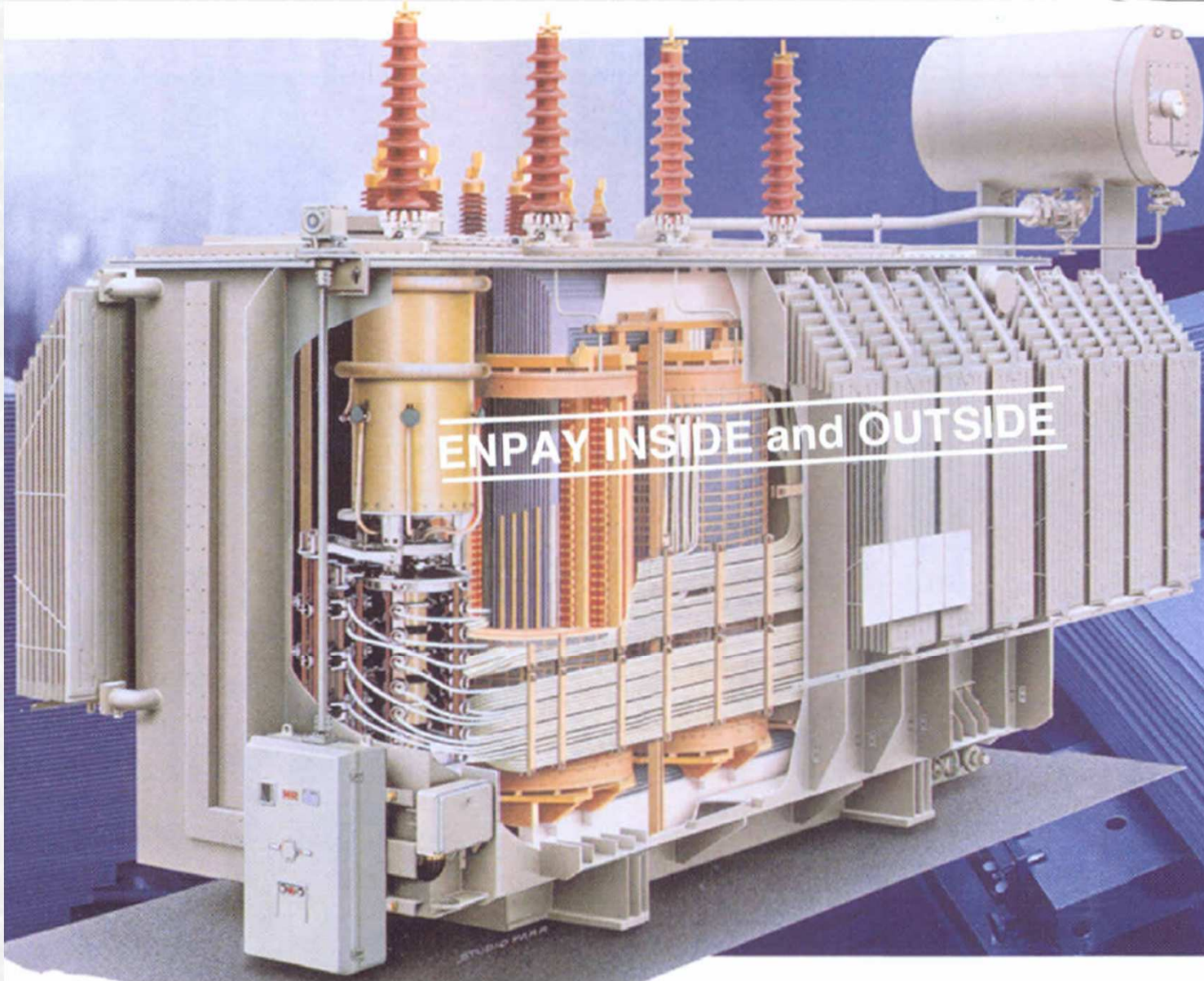
- 1.Tarihçe ve genel
- 2.Manyetik malzeme (crgo) özellikleri
- 3.Uygulamada trafo çeşitleri
- 4.Dağıtım trafoları
- 5.Amorf metal nüveli trafolar
- 6.Güç trafoları

Metnin içinde kısmen (Prof. Dr. Kulkarni ile birlikte hazırladığımız) aşağıdaki uluslararası konferanstan yararlanılmıştır:

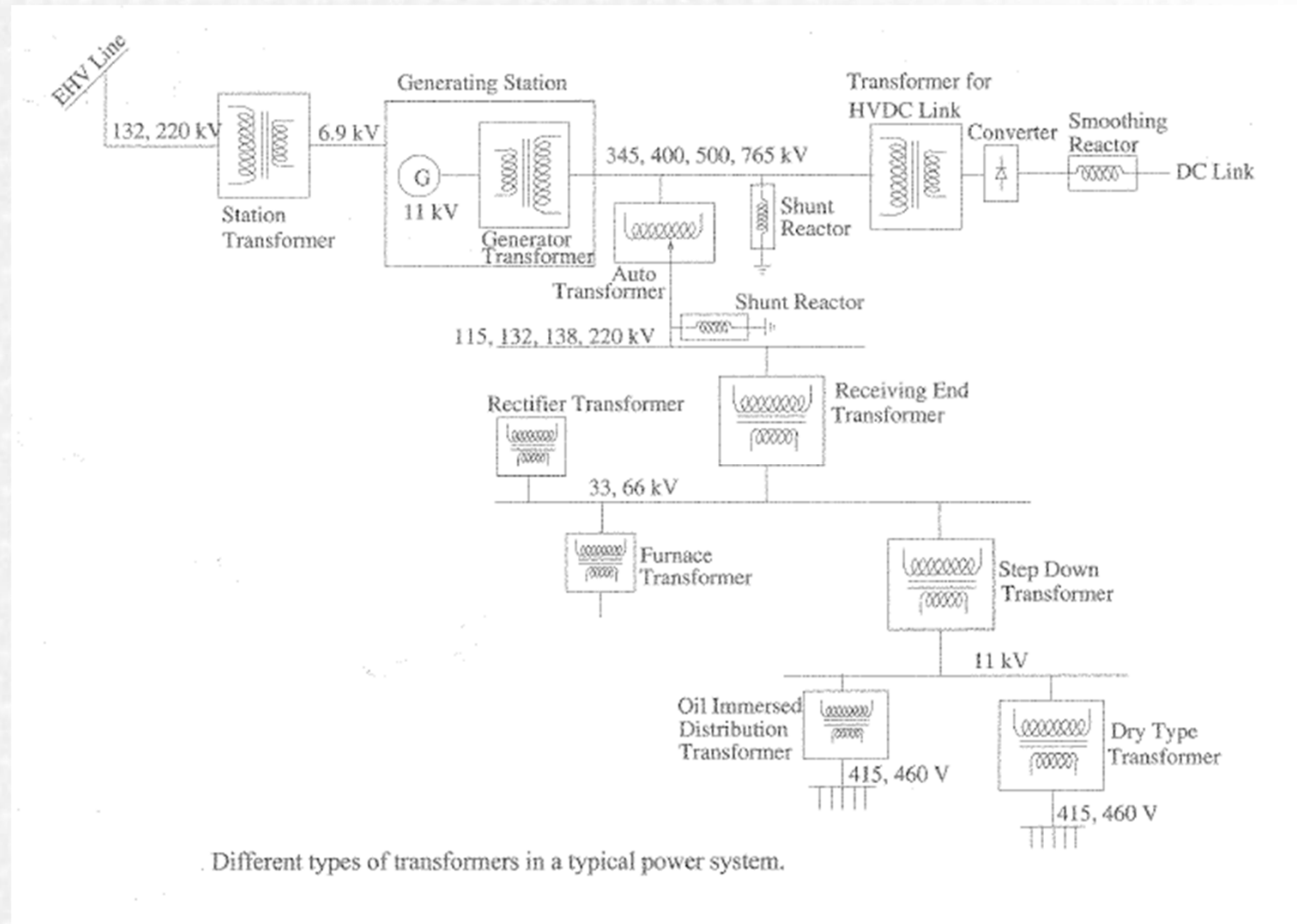
Modern Trends in Design and Manufacturing Practices for Cores in Power Transformers, **Prof.Dr.Kulkarni**, Baghel, **S.Yürekten**, CBIP Conference on Large Power Transformers, New Delhi, Jan 24-25, 2013 Challenges and Strategies in Transformer Design



1. TARIHÇE VE GENEL



1. TARIHÇE VE GENEL



TARİHÇE

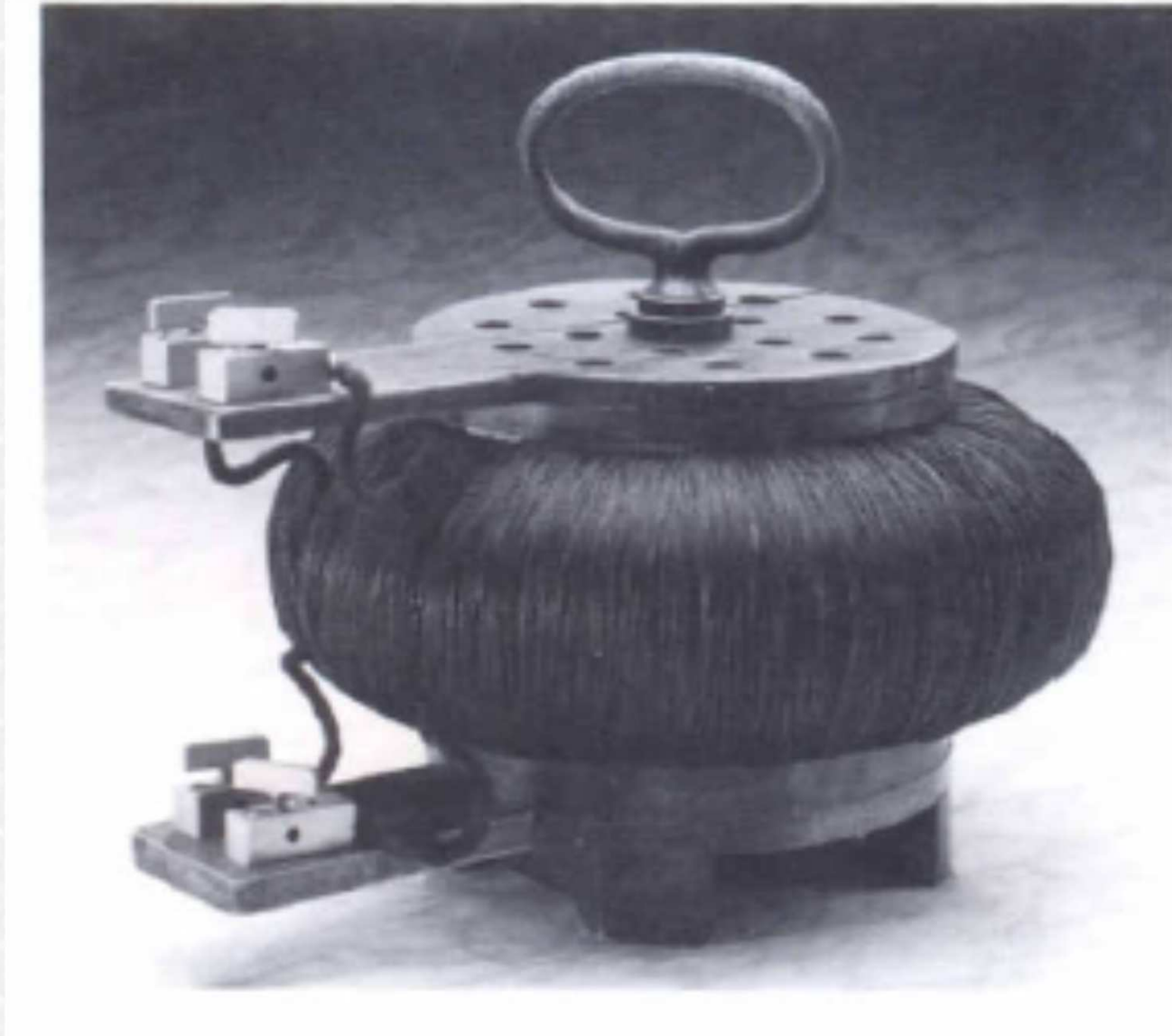
1830 larda HENRY ve FARADAY elektromıknatısları üretip kullandılar.

1878 – 1883 lerde Budapeşte'de GANZ firması mühendisleri endüksiyon bobinlerini üretip ışıklandırma sistemlerinde kullandılar. Bu ilk TOROİDAL bir trafo modeli idi. Resimde, şimdi Deutsche Museum Münih de bulunan 1885 yapımı bir trafo görülüyor. Bir çaydanlığa benziyor?

Aynı yıllarda USA, İtalya, Almanya, Japonya'da da benzeri trafolar üretilmiştir.



1. TARİHÇE VE GENEL



Otto Títusz Blathy



1. TARİHÇE VE GENEL

Trafolar, 125 yıldır geliştirilmekte olan ürünlerdir.

Teknolojileri değişmemekle birlikte, ağırlıkları, boyutları, performans parametreleri, ünite güçleri değişmiştir.

Gerilimleri, çok yükselmiş, dizayn kriterleri, üretim teknolojileri iyileştirilmiş, proses kontrolleri çok hassaslaştırılmıştır.

Bu alanda çalışacak mühendislerin başarısı için çok gerekli temel bilgiler

MATEMATİK – FİZİK – KİMYA - MALZEME

+

ELEKTROTEKNİK – MANYETİK – ELEKTRİK ALANLARI – TRAFOLARA AİT BİLGİLER



1. TARİHÇE VE GENEL

Trafolarla ilgili global birlikler ve standartlar

CIGRE =(International Council on Large Electric Systems), standartları

IEC =(International Electrotechnical Commission)

IEEE =(Institute of Electrical and Electronics Engineers) , standartları

ANSI =(American National Standards Institute)

EN =(European Norm)

TS =(Türk Standartları)

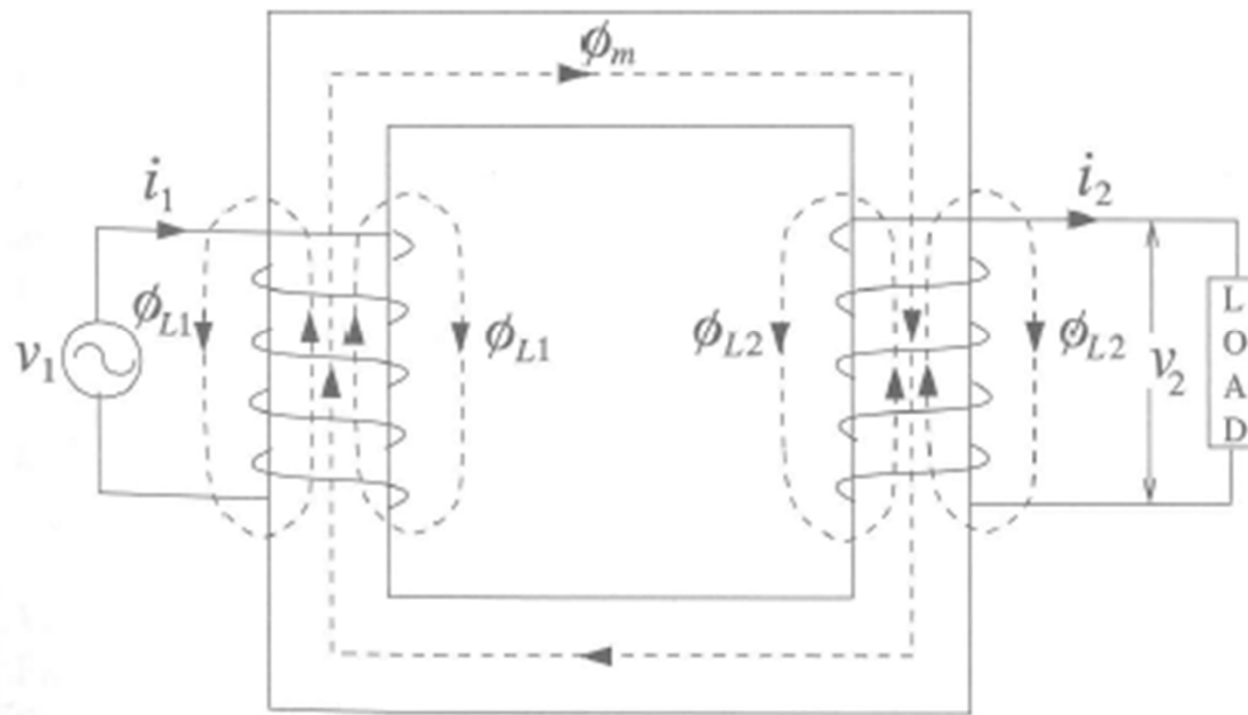
GOST=(Rusya Standartları)

Diğer ülkelerin milli standartları...

Her ülkenin milli standartları, o ülkenin gelişmişlik seviyesinin en önemli göstergelerinden biridir. Standartları uygulamak yalnız maliyetleri düşürmekle kalmaz, ürünlerin bozulan, aşınan parçalarının kolayca bulunup yenilenmesini sağlar. Uluslararası standartlara uyum göstermeyen milli standartlar (örneğin GOST gibi) uluslararası ticarete büyük güçlük çıkarmaktadır.



2.MANYETİK MALZEME ÖZELLİKLERİ



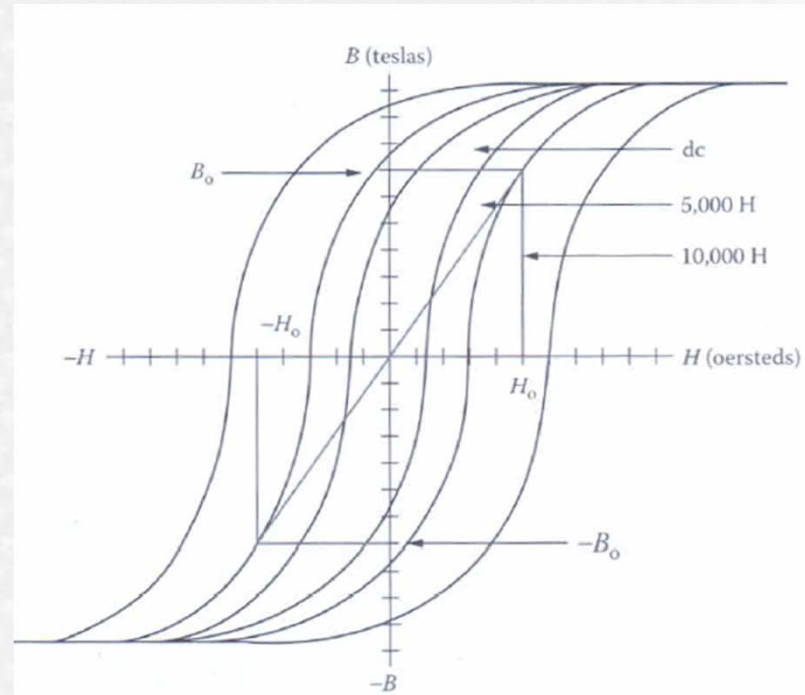
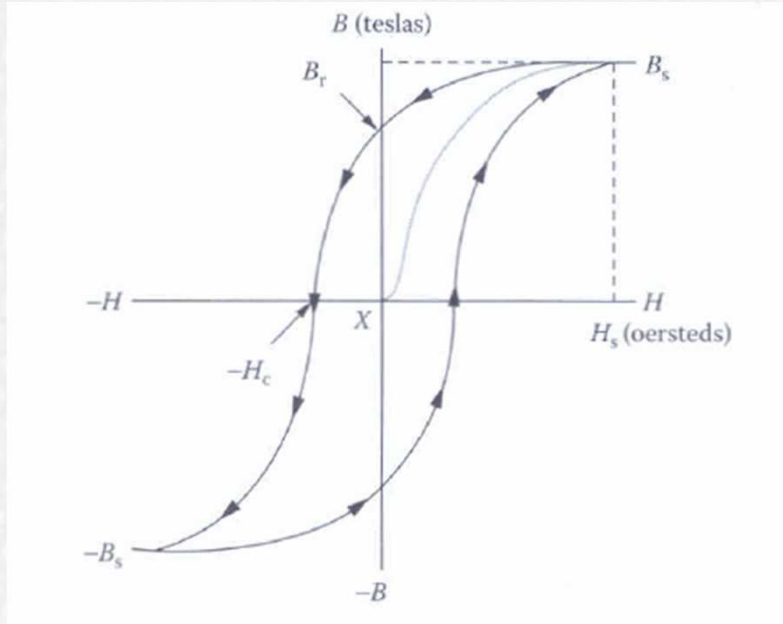
Practical transformer.



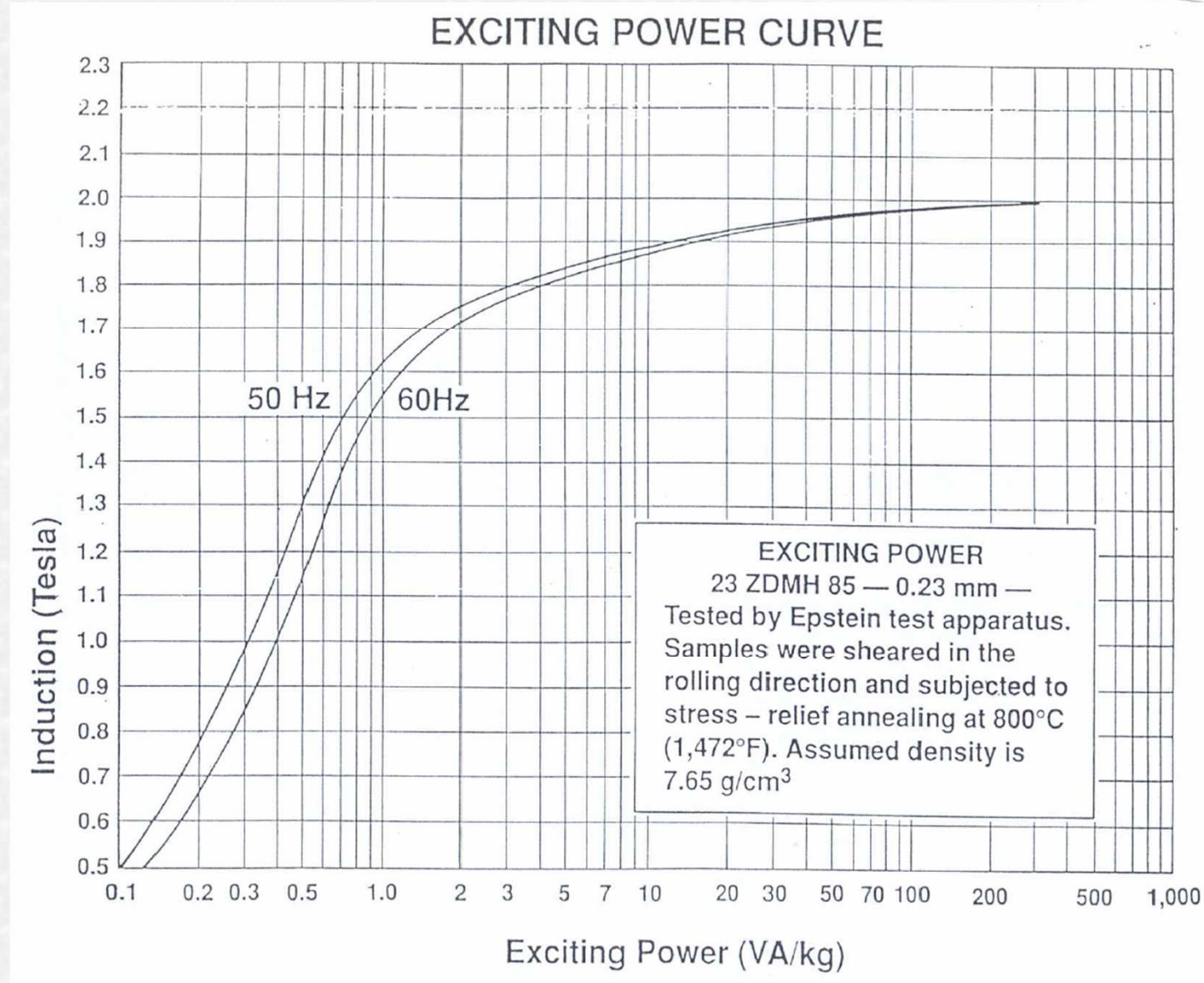
2.MANYETİK MALZEME ÖZELLİKLERİ

Tüm trafolarıda geçerli olmak üzere;

Manyetik devre hesaplamaları için önce manyetik malzemelerin (CRGO) özelliklerini gösteren Hysteresis eğrilerine bir göz atalım.

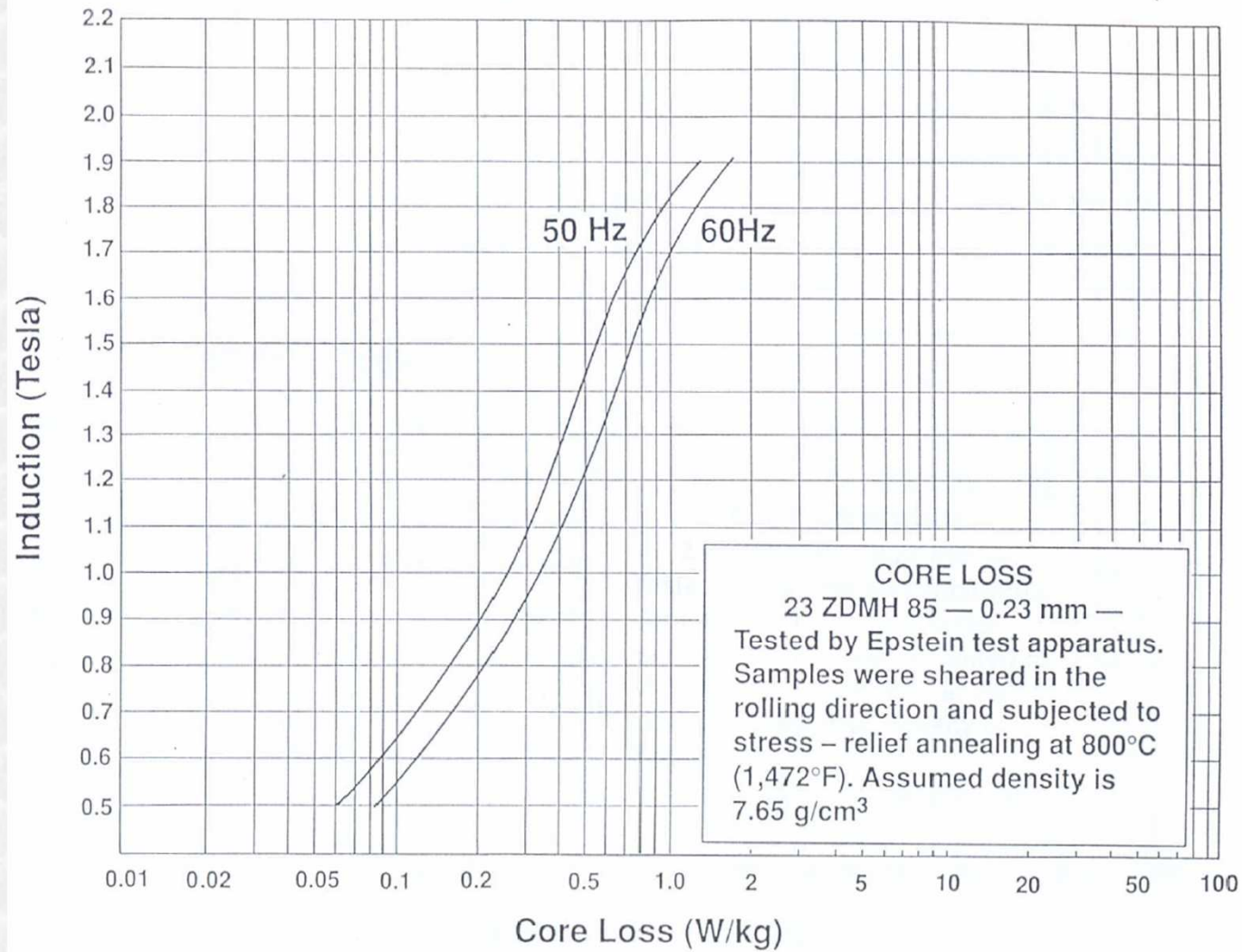


2.MANYETİK MALZEME ÖZELLİKLERİ

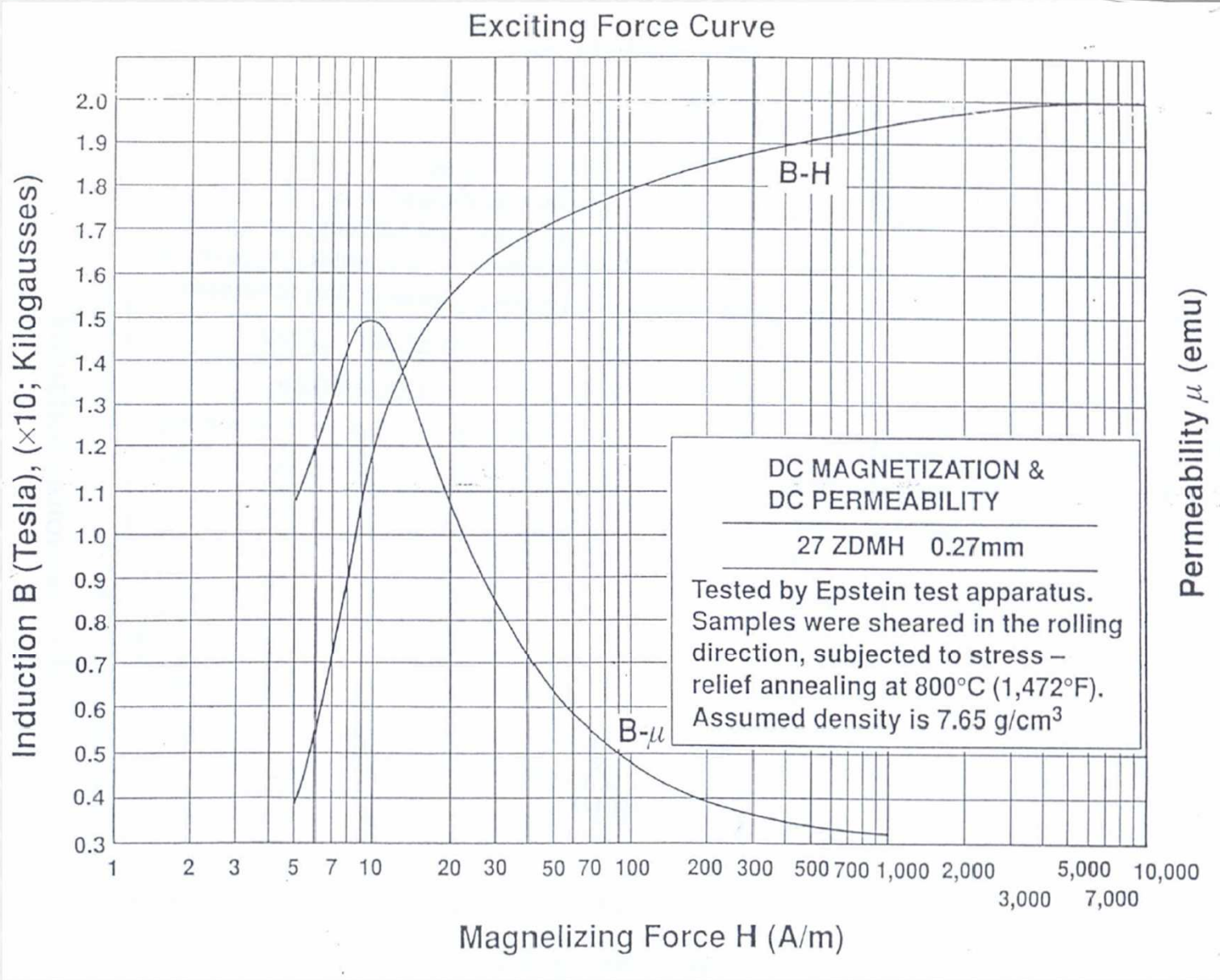


2.MANYETİK MALZEME ÖZELLİKLERİ

CORE LOSS CURVE

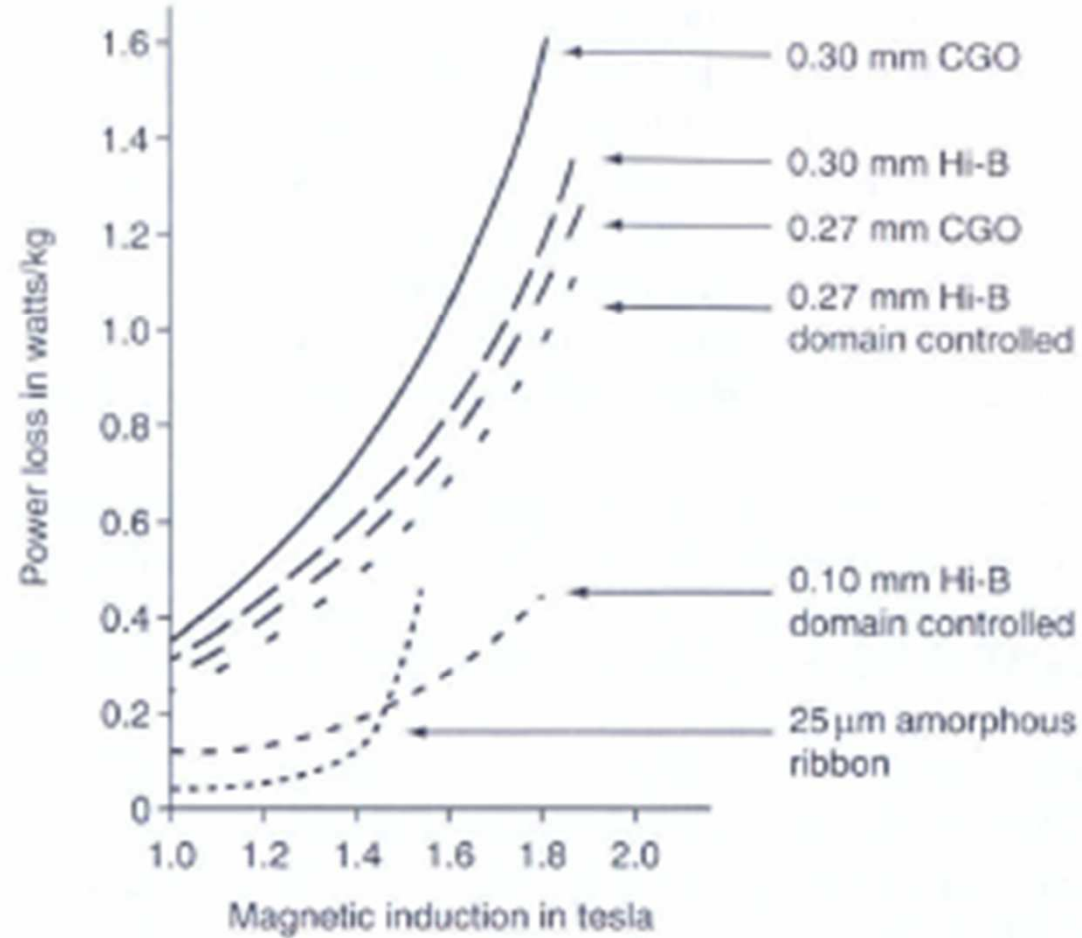


2. MANYETİK MALZEME ÖZELLİKLERİ



2.MANYETİK MALZEME ÖZELLİKLERİ

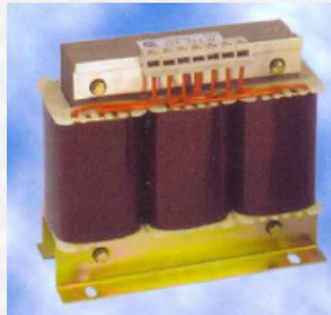
Trafo nüveleri üretiminde kullanılan CRGO ve amorphous metal saclar



2.MANYETİK MALZEME ÖZELLİKLERİ



1935 yılı üretimi 20 KVA
Ağırlık : 267 kg



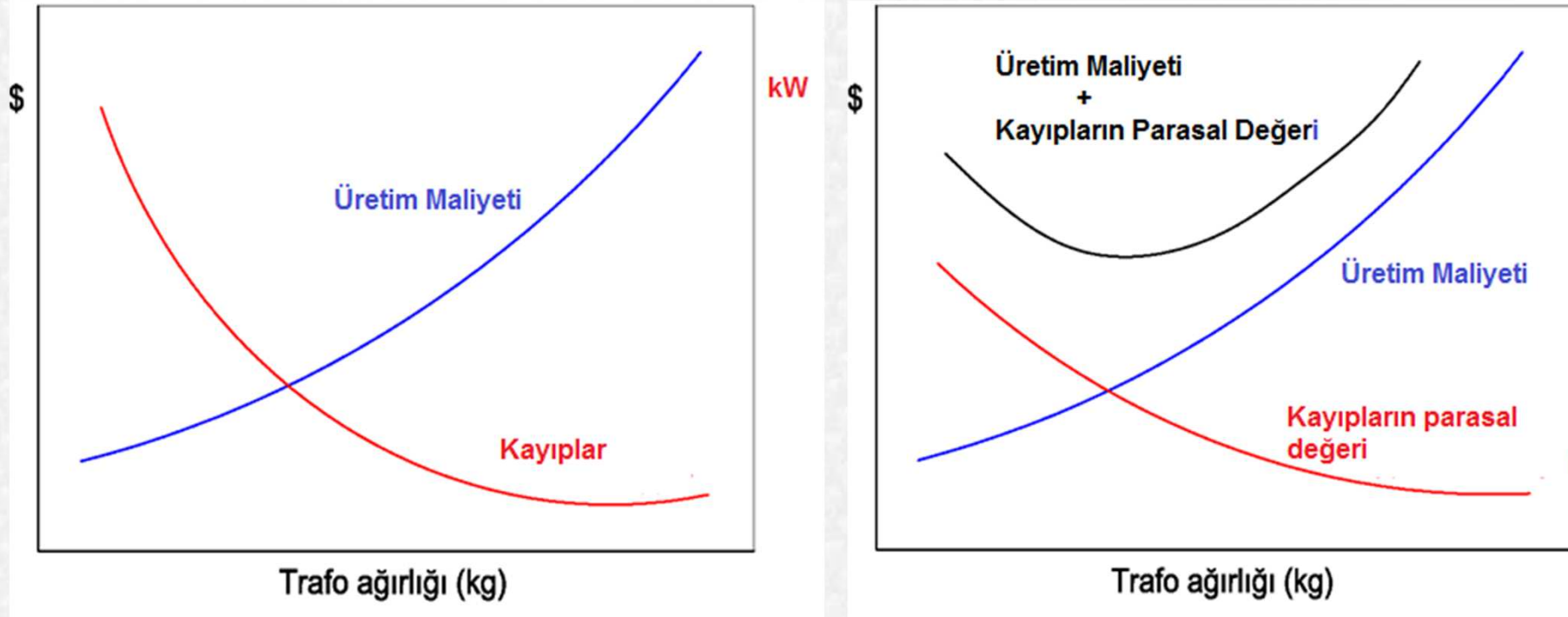
Bugünkü ağırlık : 30 kg

Kaynak : Steel Today & Tomorrow (March 2002)



2.MANYETİK MALZEME ÖZELLİKLERİ

Kayıp kapitalizasyonu ve trafonun optimum dizaynı



Total trafo maliyetinin iki bileşeni vardır:
1.Satınalma ve tesis maliyeti
2.Kullanıldığı müddetçe operasyonel maliyet

Kaynak:ABB Transformer Handbook



DÜŞÜK GERİLİMLİ KÜÇÜK TRAFOLAR VE ENDÜKTÖRLER

Elektronik sanayisinde kullanılan mini trafo ve endüktörlerde hesaplar, dizaynlar daha basit ve sade, ancak üretim otomasyonu gerektiriyor. Çünkü kullanım adetleri yüz binler-milyonlar mertebesindedir. Bu ürünlerin manyetik devrelerinde normal trafo saclarının yanında, ileri malzeme (advanced material) denen, amorf metal, nano kristalin, ferrit gibi malzemeler kullanılır.

İleriki sayfalarda bu tip ürünler görölüyor



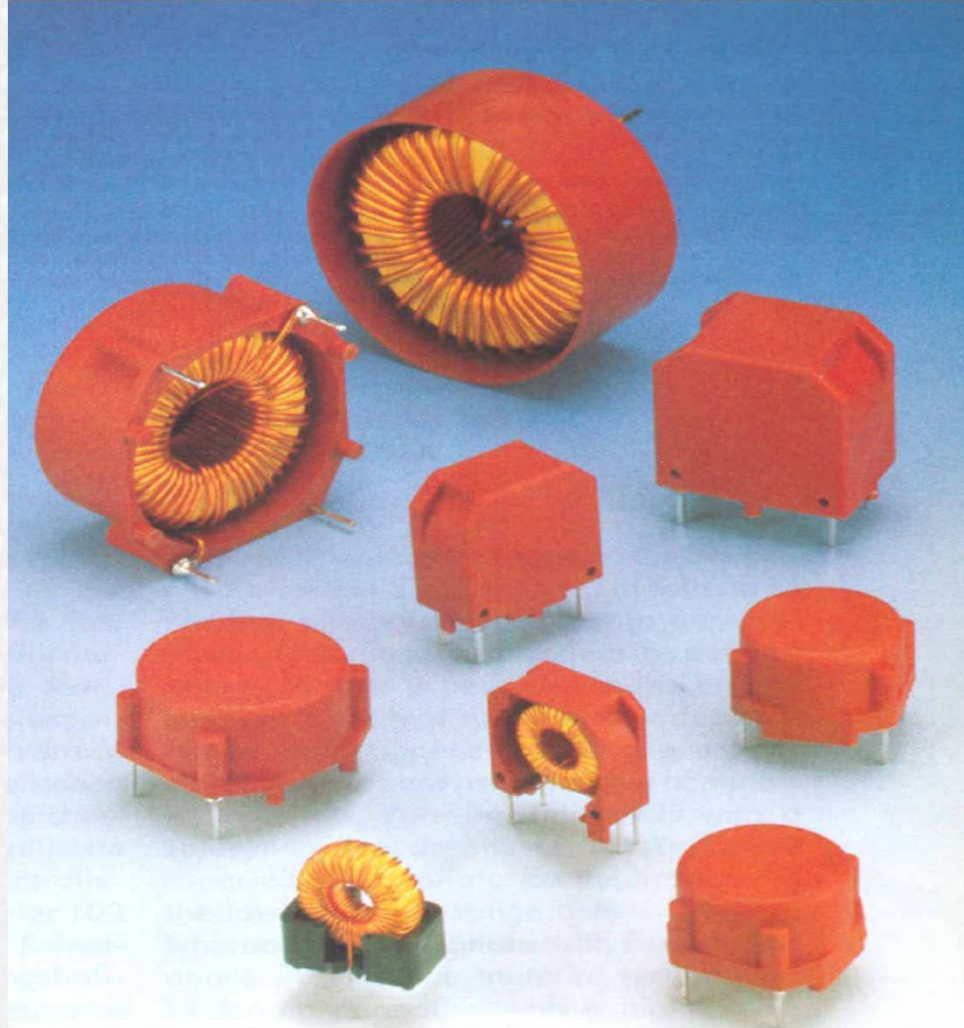
3. UYGULAMADA TRAF0 ÇEŞİTLERİ

1 fazlı alçak gerilim toroidal güç trafoları



3. UYGULAMADA TRAF0 ÇEŞİTLERİ

Küçük endüktörler (şok bobinleri)

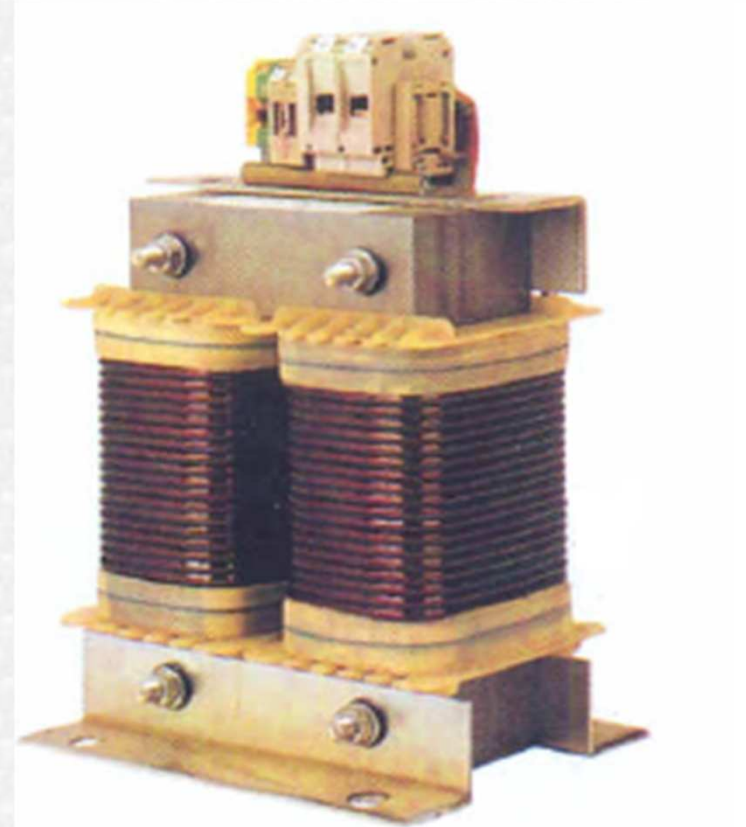


3. UYGULAMADA TRAF0 ÇEŞİTLERİ

Toroidal trafoların dışındaki trafolarda , genellikle iki tip manyetik devre vardır :



MANTEL TİPİ (shel type)



ÇEKİRDEK TİPİ (leg type)



3. UYGULAMADA TRAF0 ÇEŞİTLERİ

GLOBAL OLARAK GERİLİM STANDARDI UYGULAMALARI

Alçak gerilimler (AG) : 110 - 220 – 380 (400) –(500 – 660 -1000) VOLT

Orta gerilimler (OG) : 6 – 10 – 11 (12) – 15 – 20 – 30 – 35 kV

İzolasyon seviyesi (kV) 12 24 36

Yüksek gerilimler (YG) : 66 – 110 – 132 – 154 – 220 kV

İzolasyon seviyesi(kV) 110 145 170 245

Ultra yüksek gerilimler (UYG): 330 – 400 – 500 – 765 (800) – 1150 (1200) kV

İzolasyon seviyesi (kV) 500 800 1200

Trafo üretim atölyeleri ve test lab.ları bu izolasyon seviye gerilimleri Nazara alınarak teçhiz edilir.



ÖLÇÜ TRAFÖLARI

Akım trafoları ve gerilim trafoları olarak üretilir.

Ampermetrelerin ve voltmetrelerin direkt olarak ölçemeyecek kadar büyük değerleri, ölçebilecek seviyelere getirmek için bu ölçü trafoları kullanılır.

Primer ve sekonder devreleri elektriksel olarak bağımsız olduğundan, akım ve gerilim seviyeleri farklı olan devreler arasında izolasyonu da sağlar. Akım ve gerilimin ölçülmesinde aracı rolü oynayan bu cihazlarda hassasiyet çok önemlidir. İlgili standartlarda hassasiyet sınıfları verilmiştir. Bazı tipleri koruma gayelidir, örneğin röleleri .

İleriki sayfalarda muhtelif tiplerde ölçü trafoları görölüyor.



1. Bushing Type Current Transformers (up to 800 kV)

1.5. Subassemble CT's (Aluminium Assembled CT's)



3. UYGULAMADA TRAF0 ÇEŞİTLERİ

1. Bushing Type Current Transformers (up to 800 kV)

1.7. Subassemble CT's (Cast Resin Insulated CT's)



3. UYGULAMADA TRAF0 ÇEŞİTLERİ

Alçak gerilimde akım trafoları



3. UYGULAMADA TRAF0 ÇEŞİTLERİ

Orta gerilimde akım trafoları



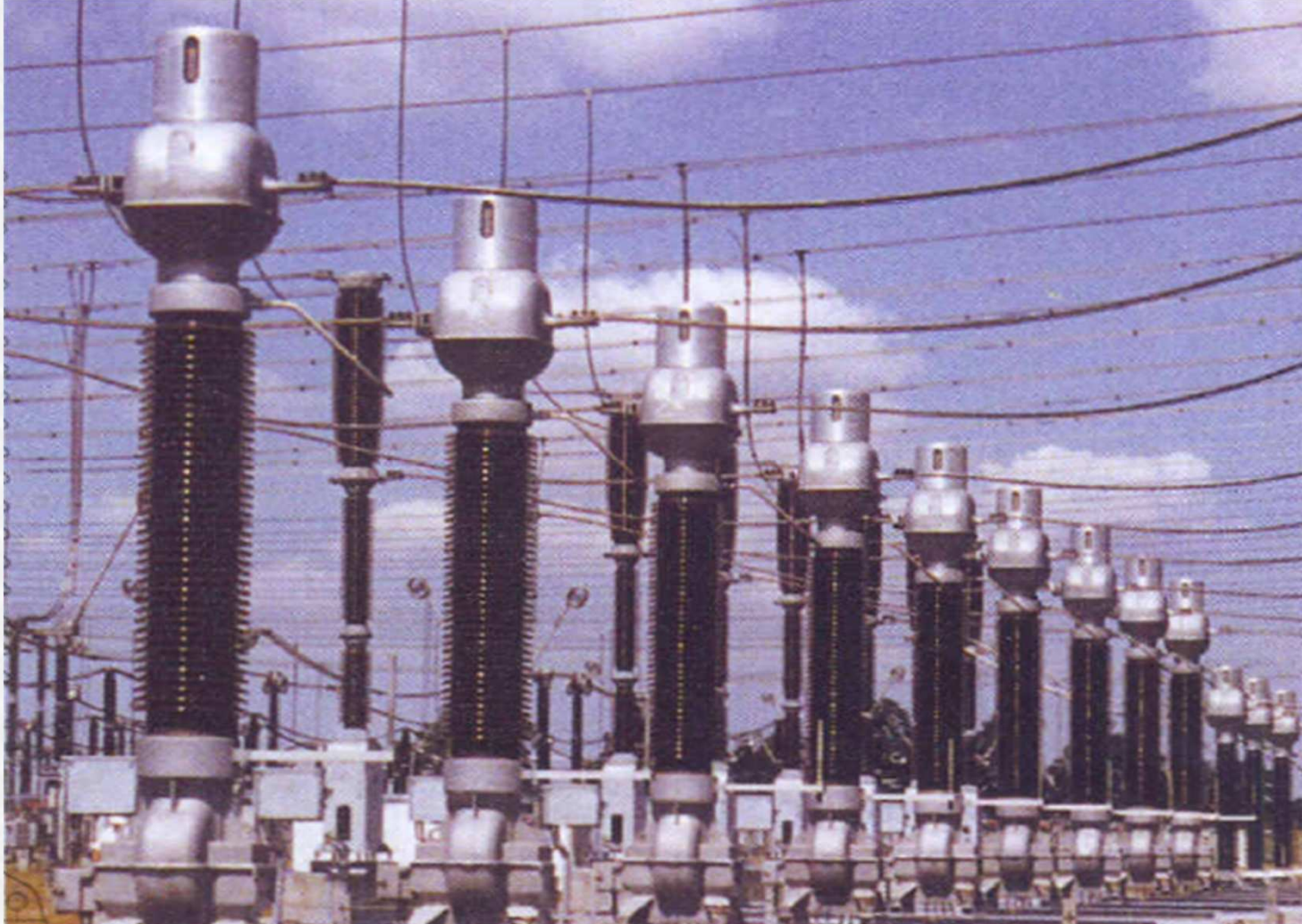
3. UYGULAMADA TRAF0 ÇEŞİTLERİ

Orta gerilimde gerilim trafoları



3. UYGULAMADA TRAF0 ÇEŞİTLERİ

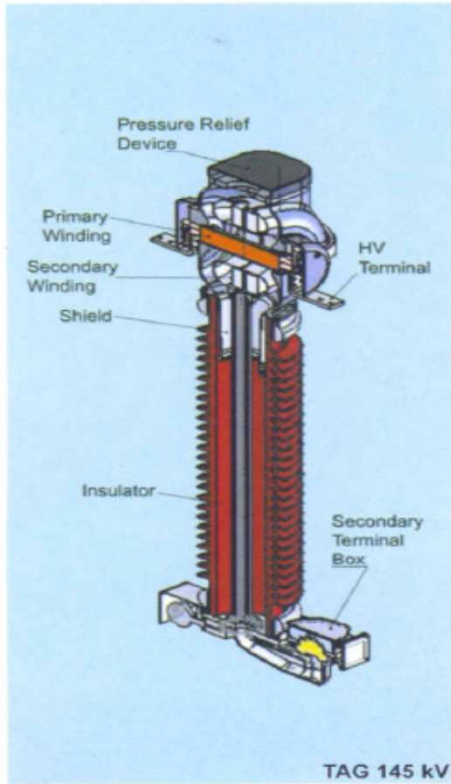
Yüksek gerilimde akım trafoları



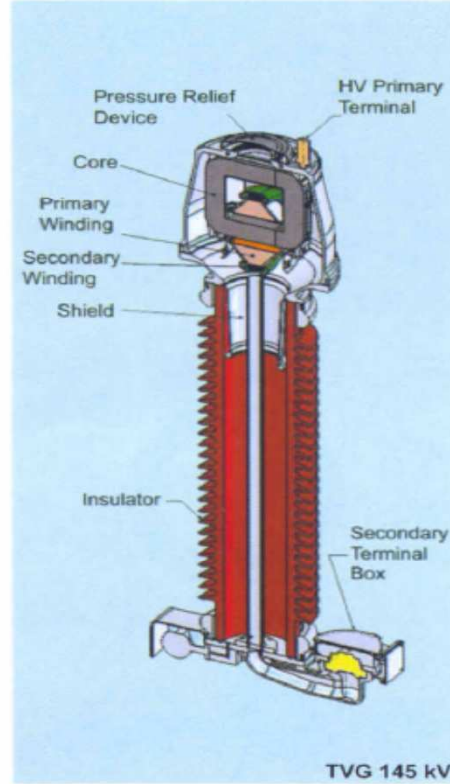
3. UYGULAMADA TRAF0 ÇEŞİTLERİ

Yüksek gerilimde gaz izoleli ölçü trafoları

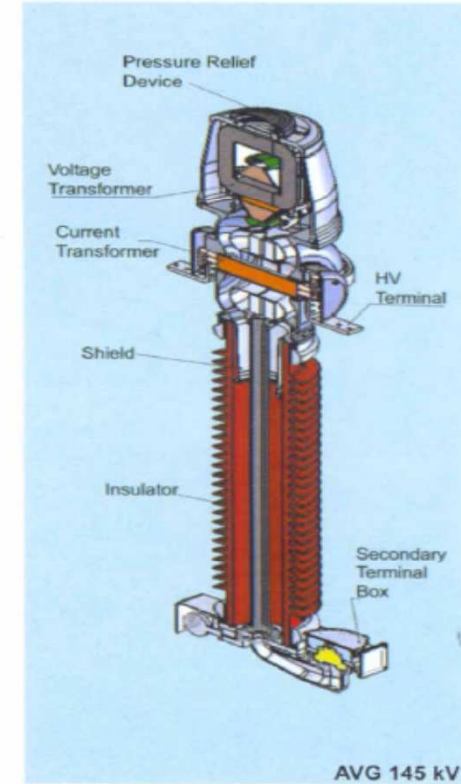
Gas Insulated Current
Transformer
TAG



Gas Insulated Voltage
Transformer
TVG



Gas Insulated Combined
Measuring Transformer
AVG



3. UYGULAMADA TRAF0 ÇEŞİTLERİ

Muhtelif test trafoları yüksek gerilim test laboratuvarında

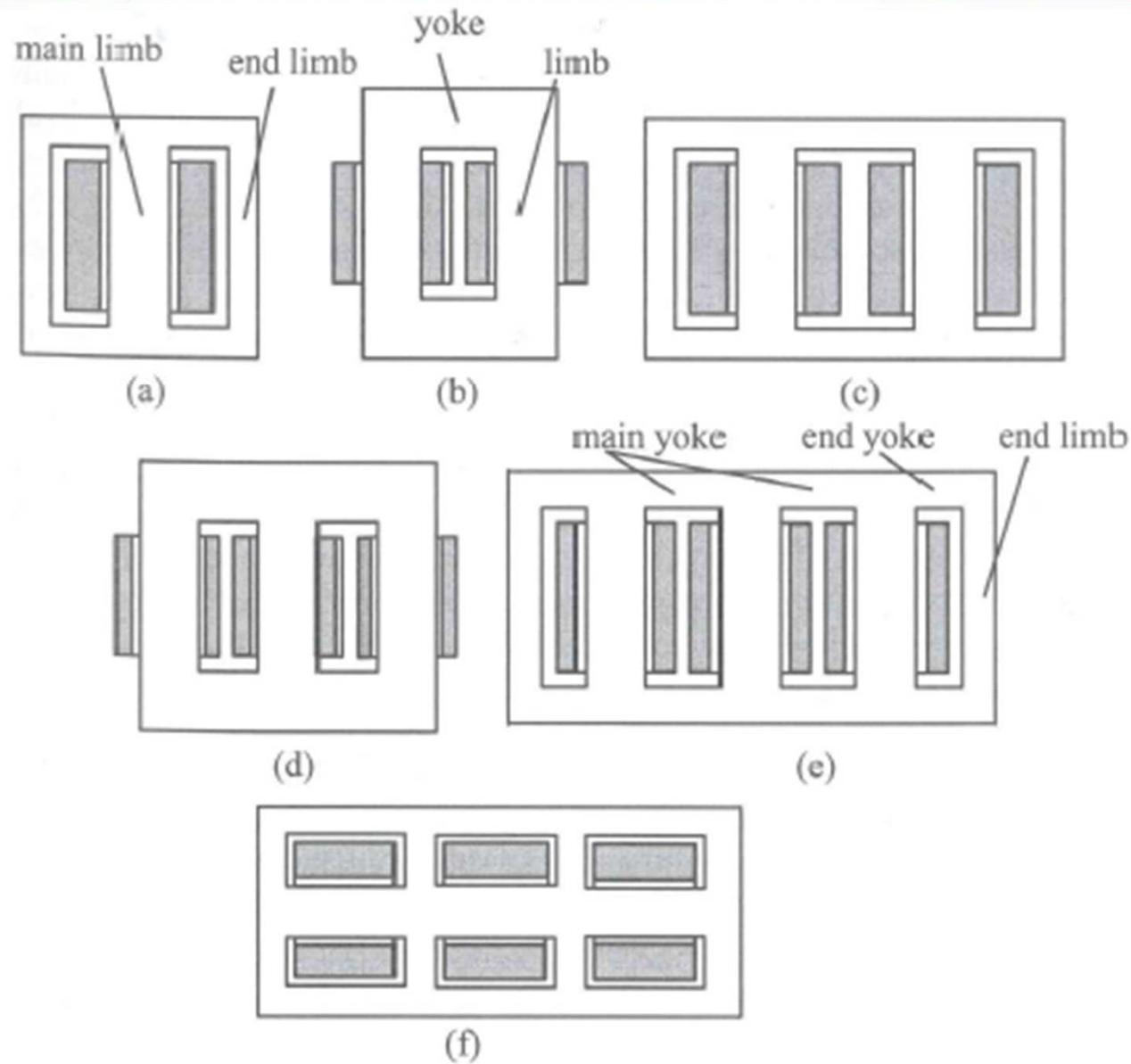


4. DAĞITIM TRAFOLARI

Dağıtım trafoları, (AC) orta gerilimli 1 ve 3 fazlı dağıtım şebekelerinde kuru ve yağlı tipler olarak, 6 – 36 kV gerilimlerde ve 25 -25 000 kVA güçlerde görülür.



4. DAGITIM TRAFOLARI



Various types of cores.



4. DAGITIM TRAFOLARI

Power and Distribution Transformer Cores 45° Step-lap GO Steel Cutting Line



45° Core cutting Capacity is 40,000 Tons/year. ENPAY can provide laminations at the required type of core steel as per the required dimensions and customer drawings.



4. DAĞITIM TRAFOLARI

Manyetik trafo saĝlarının kesim ve dizim şekilleri

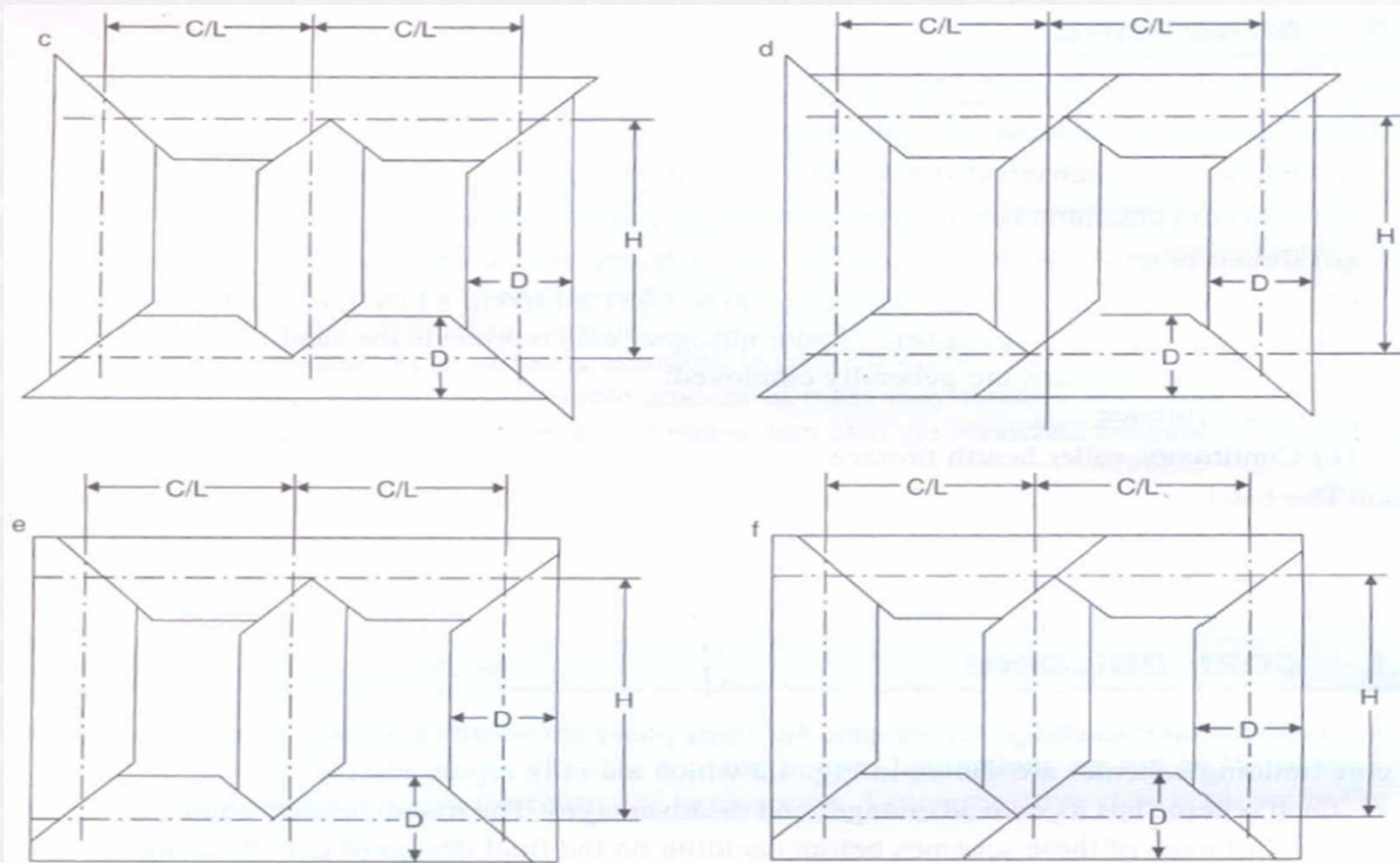


Fig. 4.2. Types of core stackings for three phase transformers



4. DAĞITIM TRAFOLARI

Manyetik trafo saçlarının istiflenme şekilleri

STEP-LAP DİZİM

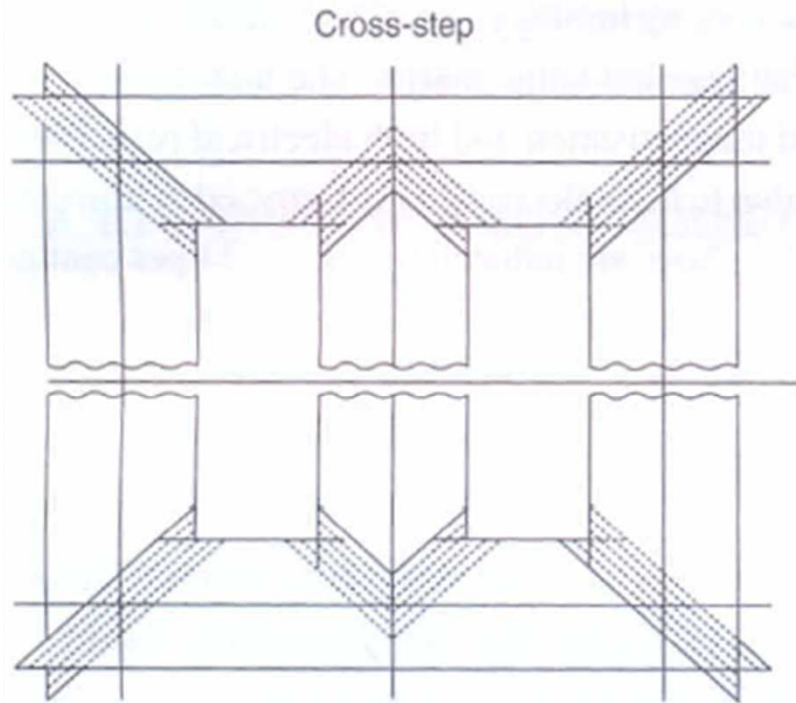


Fig. 4.3. Cross-step step-lap construction

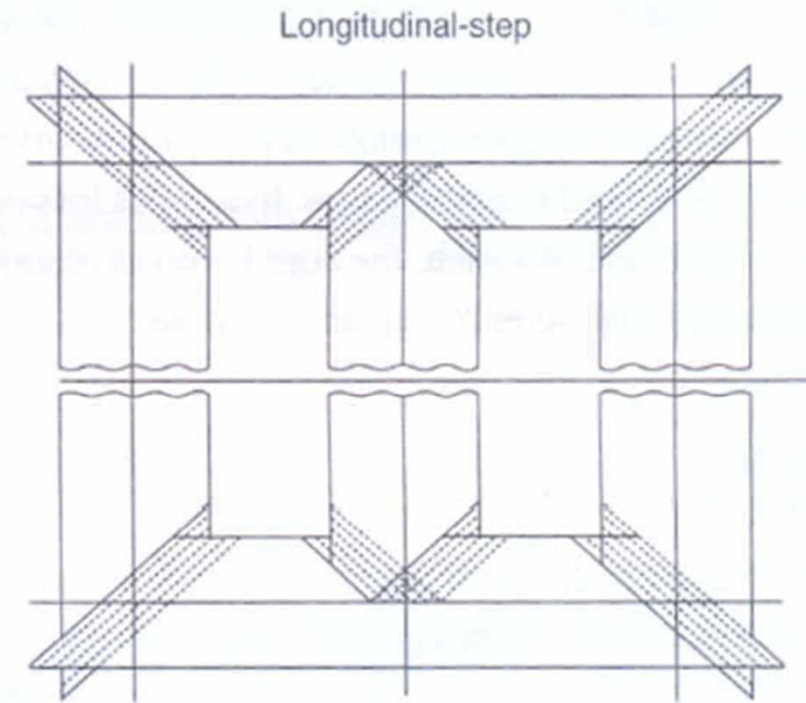
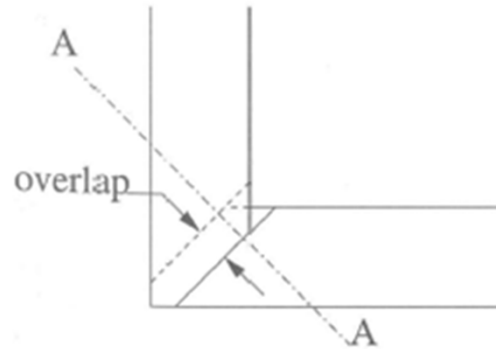


Fig. 4.4. Longitudinal-step step-lap construction

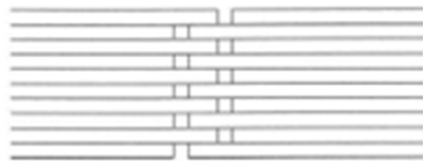


4. DAĞITIM TRAFOLARI

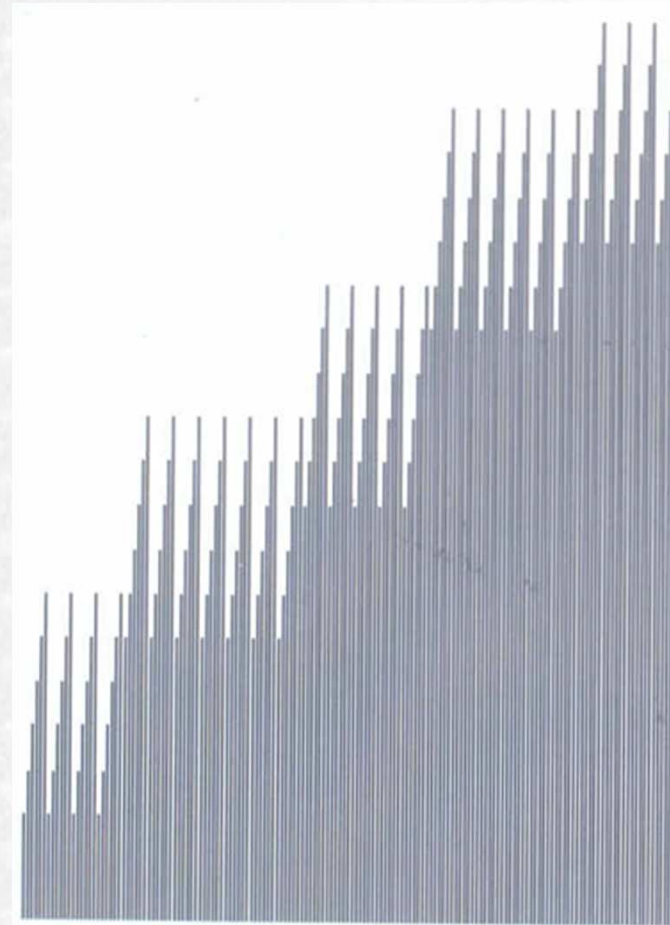


(a) Overlap at corner

Overlapping at joints.



(b) Cross section A-A



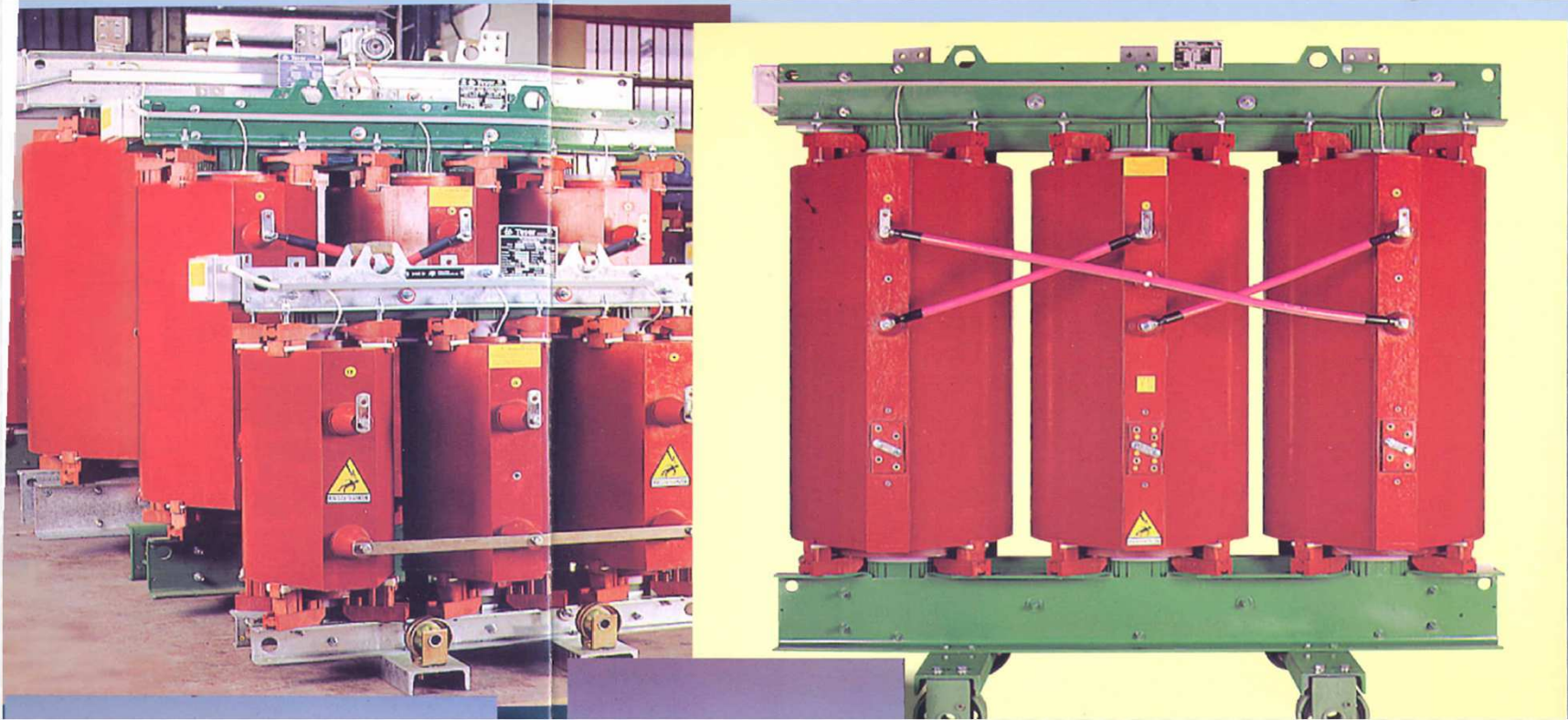
4. DAĞITIM TRAFOLARI

Saçların dizim ve istiflenmesi yapılmış dağıtım trafo nüveleri



4. DAĞITIM TRAFOLARI

Reçine dökülmüş (cast resin) blok sargılı trafolar



4. DAĞITIM TRAFOLARI

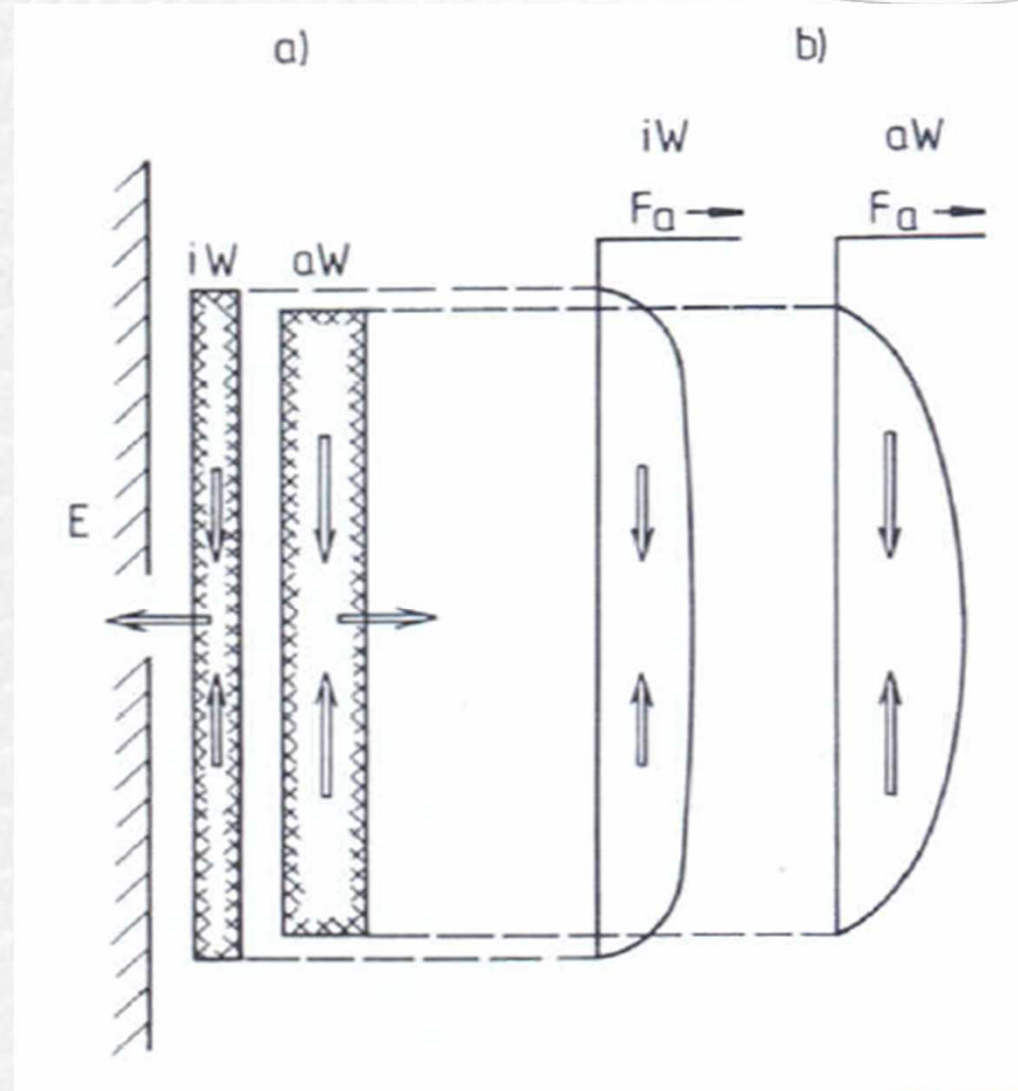
Nomex izoleli, emaye tel sargılı kuru trafolar



4. DAĞITIM TRAFOLARI

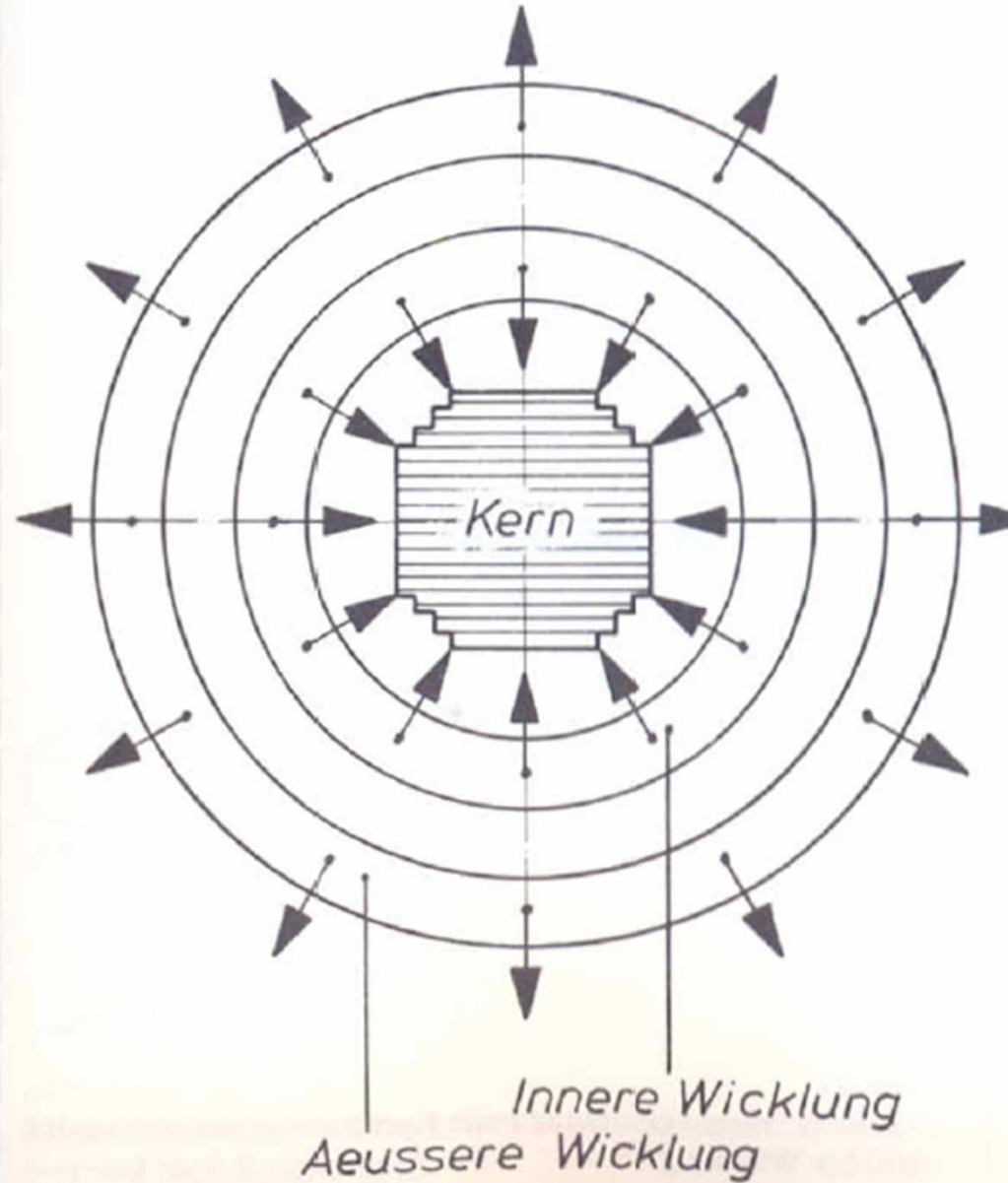
Sargıların Maruz Kaldığı Dinamik Kuvvetler:

Oklar, sargılara gelen dinamik kuvvetleri gösteriyor. Özellikle kısa devre hallerinde bu kuvvetler oldukça büyük değerlere ulaşır, sargıları tahrip edebilir.



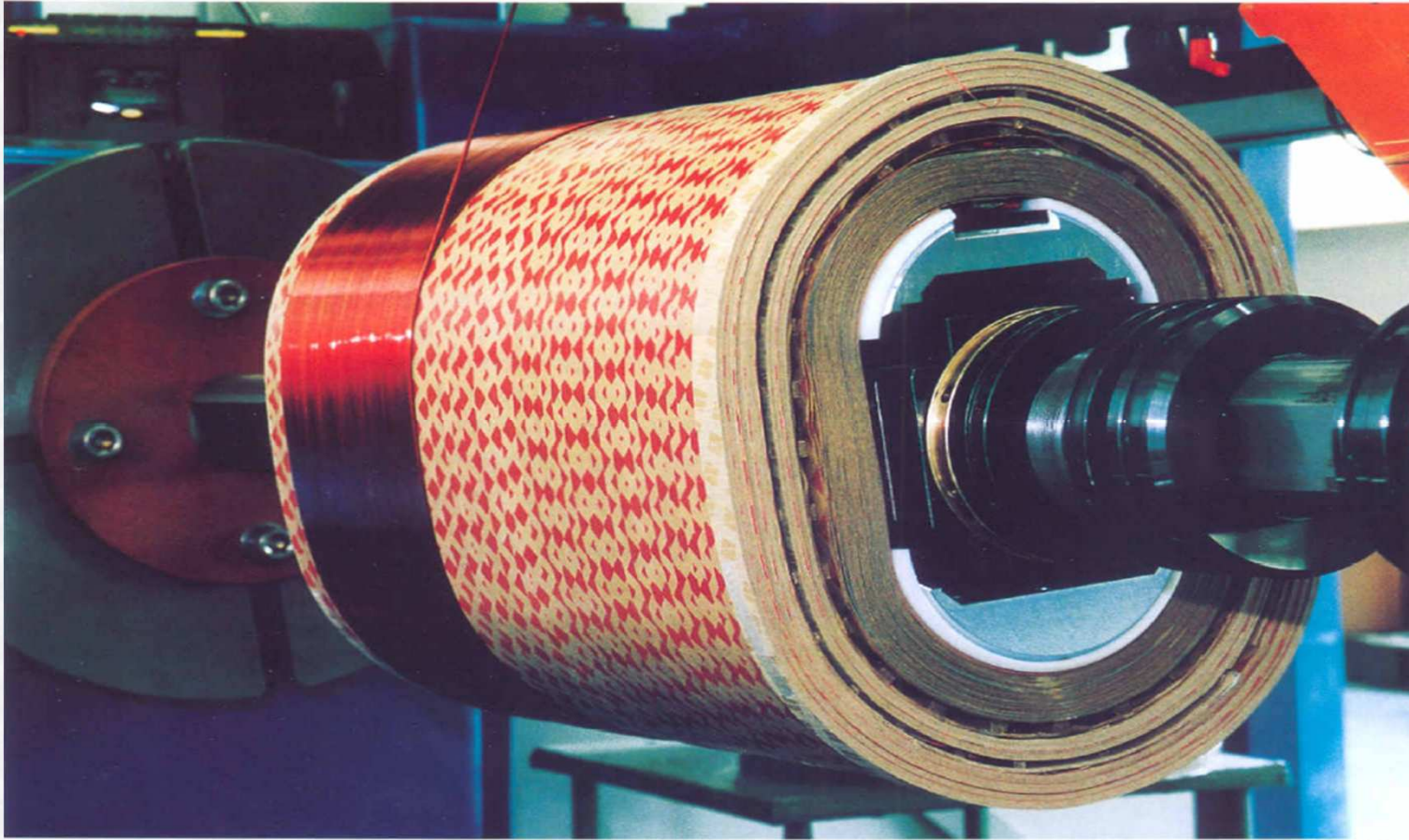
4. DAĞITIM TRAFOLARI

İçteki sargı içe doğru,
Dıştaki sargı dışa doğru
İtilir.



4. DAĞITIM TRAFOLARI

Sargı tellerinin dinamik kuvvetler etkisiyle yerlerinden oynamamasını sağlamak için, yüzeyleri epoksi yapışkanlı Kat yalıtkanları kullanılır (thermopox)



4. DAĞITIM TRAFOLARI

Dağıtım trafolarında AG sargılarının, bakır ya da alu. folyolarla sarılması, kısa devre kuvvetlerine dayanımı ve iyi bir ısı dağılımı sağlar



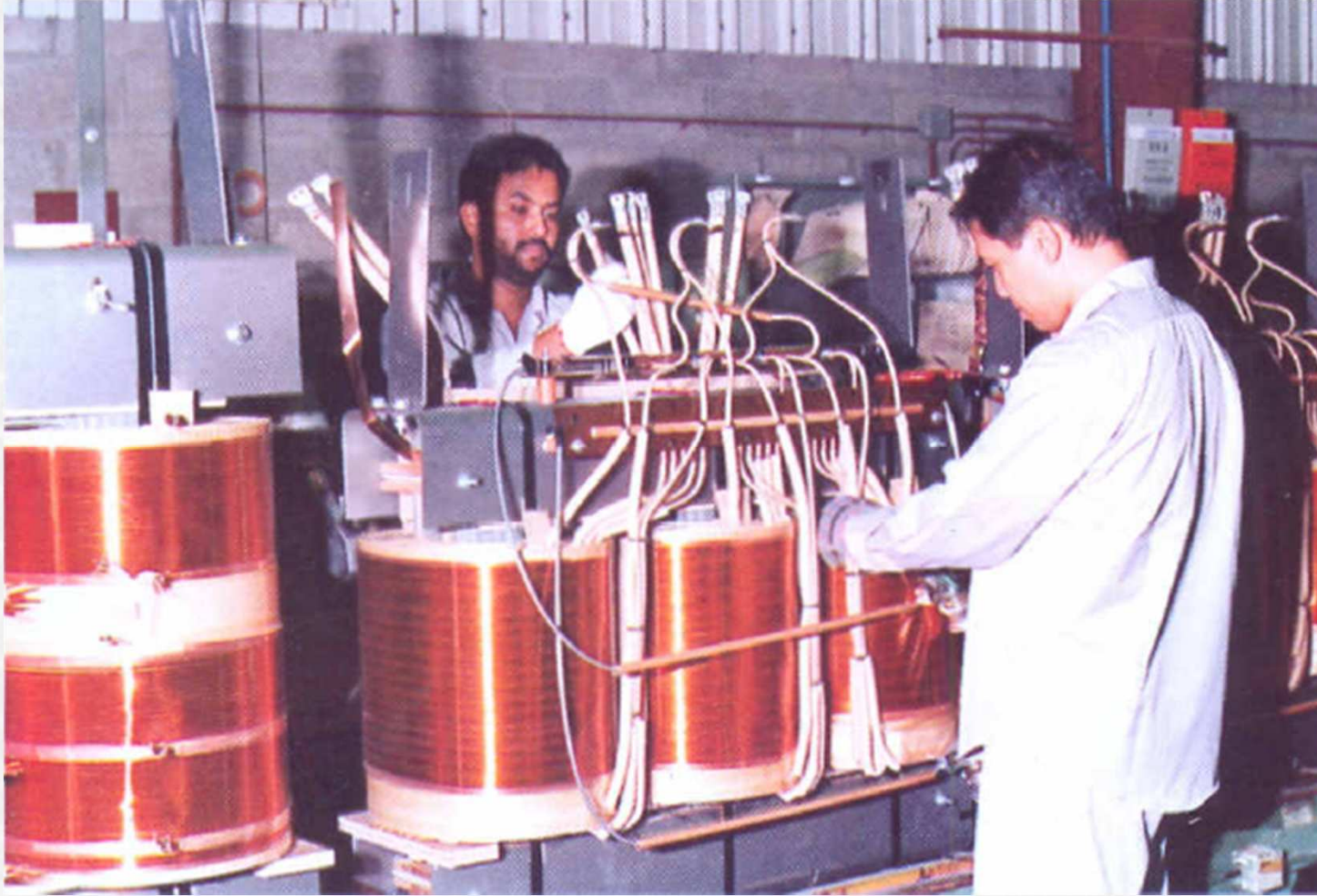
4. DAĞITIM TRAFOLARI

Üst boyunduruk sacları monte ediliyor, sacların birleşim yerlerinde hava aralığı kalmamalı



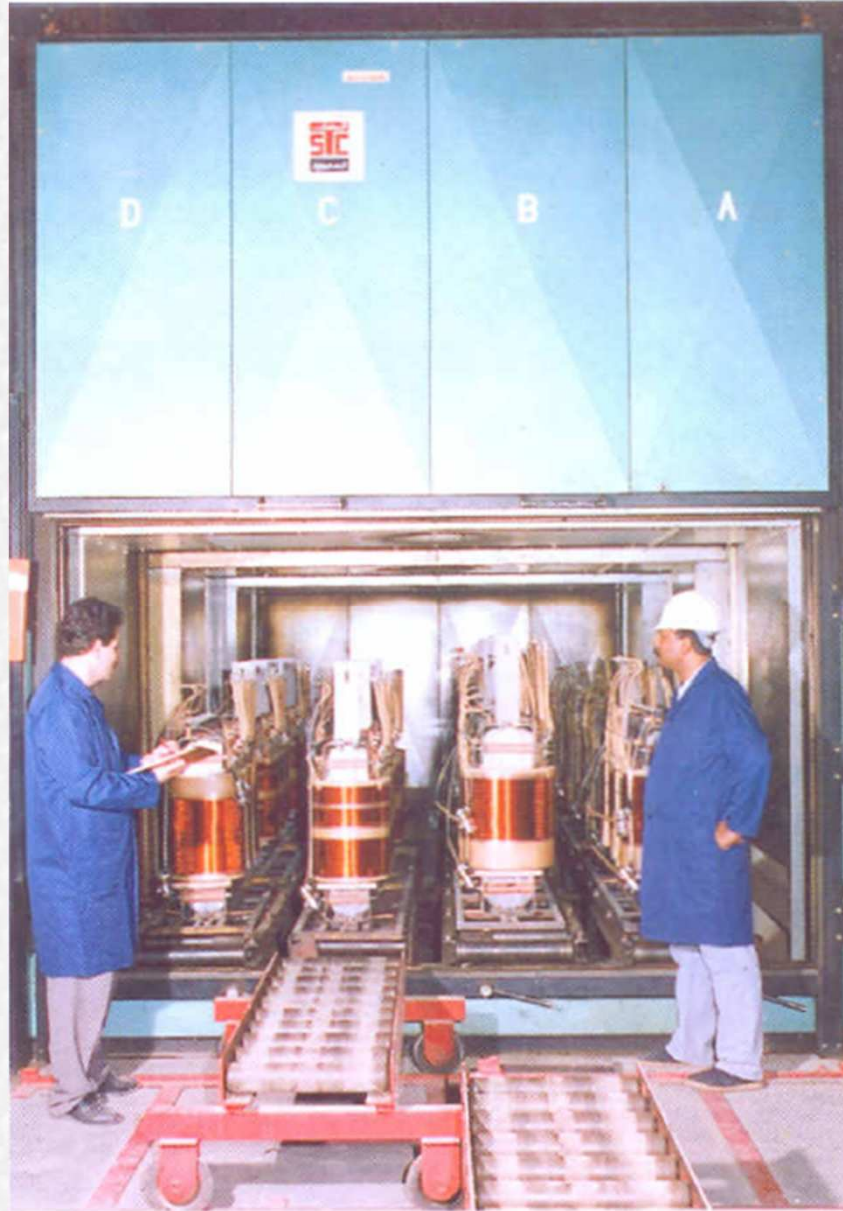
4. DAĞITIM TRAFOLARI

Üst gerilim sargı uçları bağlanıyor



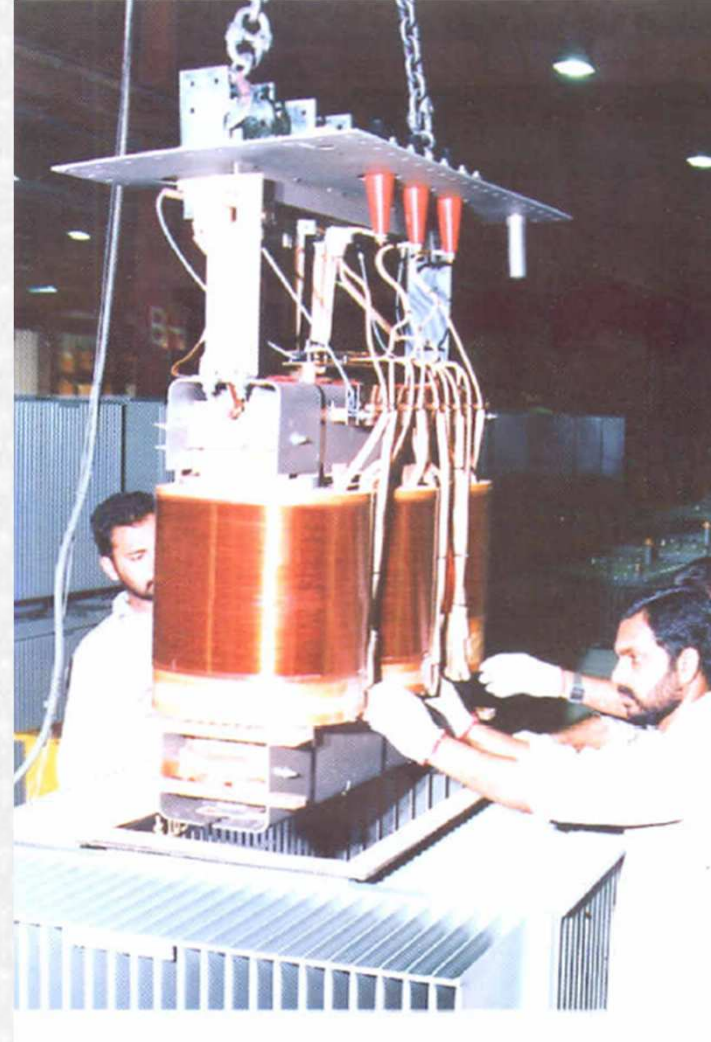
4. DAĞITIM TRAFOLARI

Aktif kısımlar kurutma fırınında



4. DAĞITIM TRAFOLARI

Aktif kısım tanka indiriliyor



4. DAĞITIM TRAFOLARI

Vakumda yağ doldurulmuş
Trafo teste gidecek



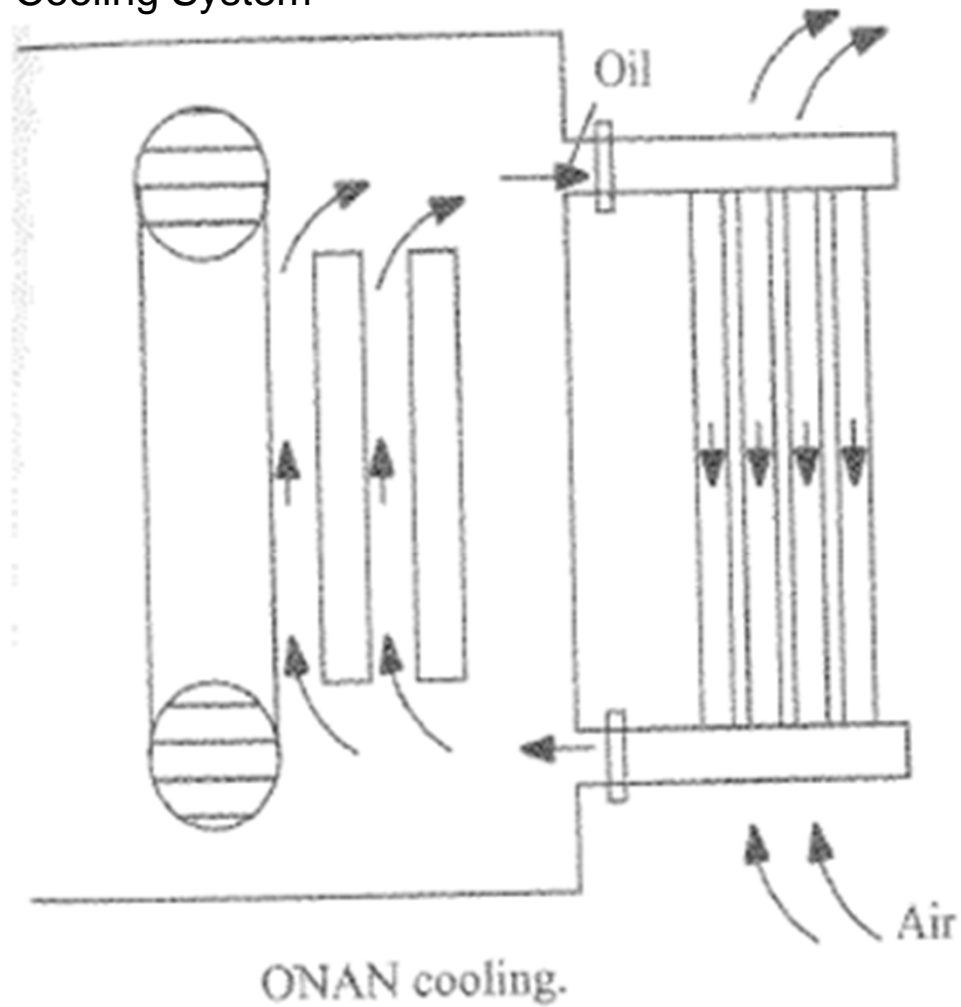
4. DAĞITIM TRAFOLARI

Dalga duvarlı tanklar



4. DAĞITIM TRAFOLARI

Cooling System



4. DAĞITIM TRAFOLARI



Hermetik tip,
Dalga duvarlı tank

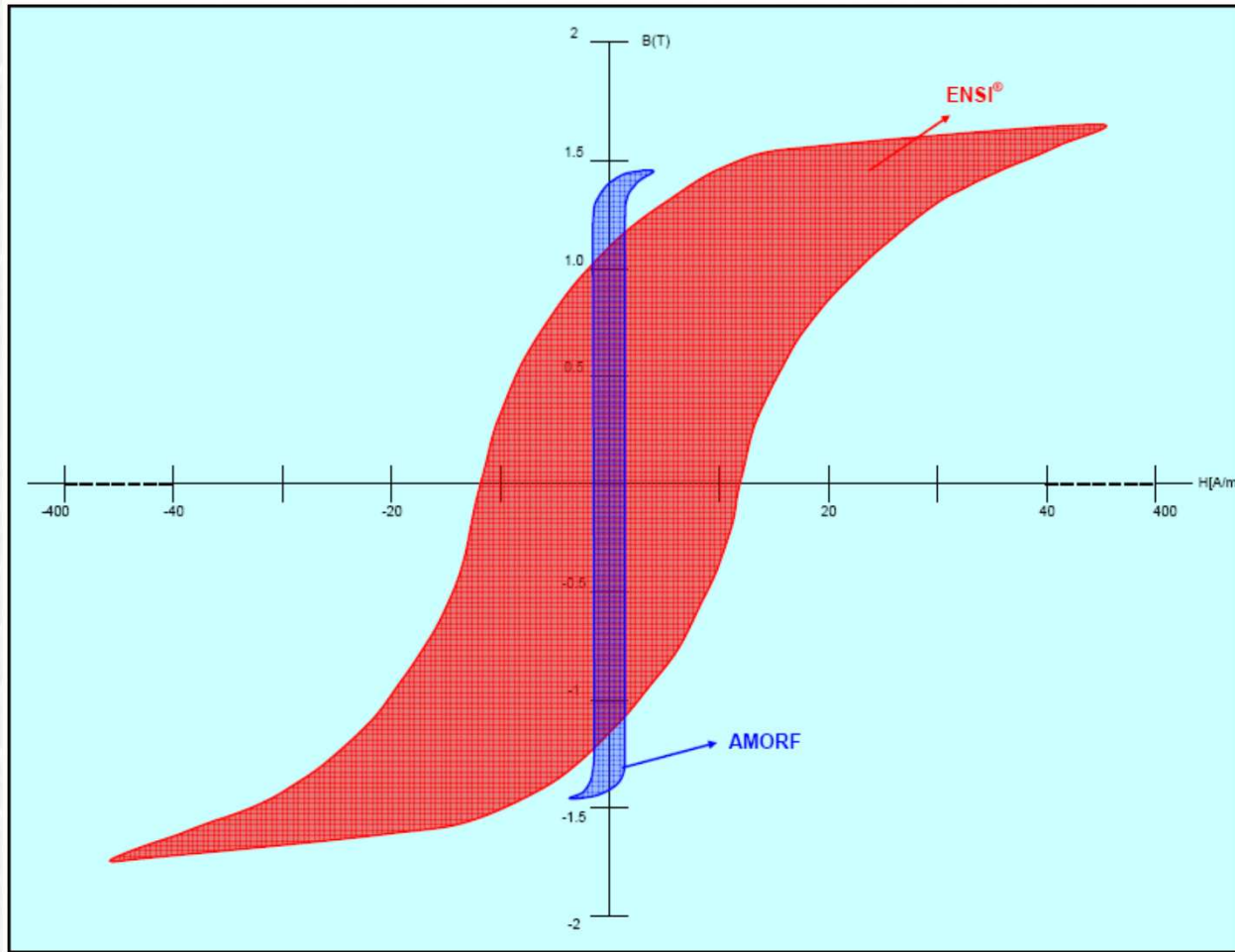


Genleşme depolu tip,
Radyatörlü tank



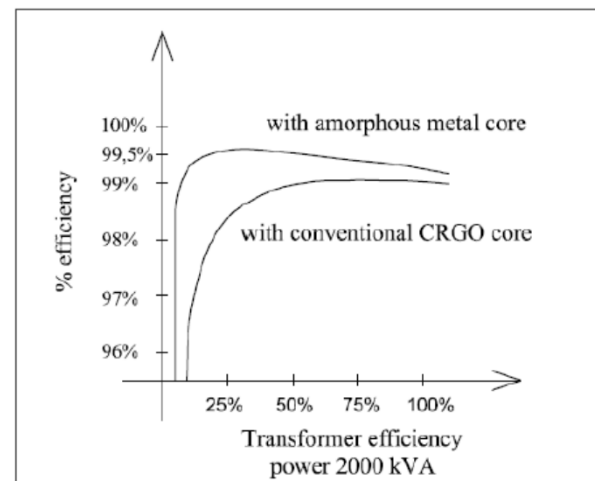
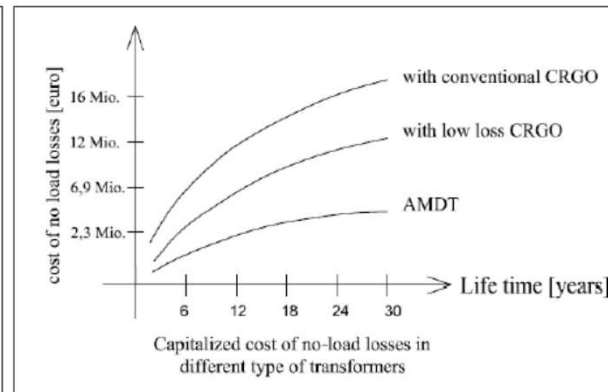
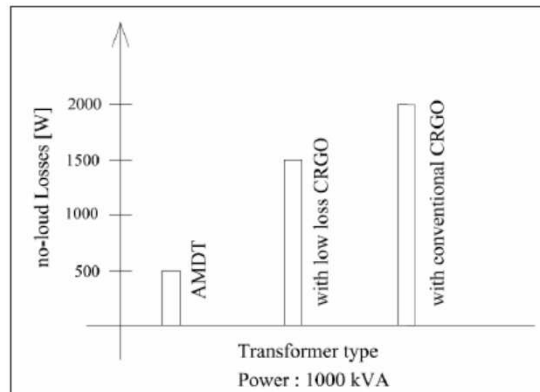
5. AMORF METAL NÜVELİ DAĞITIM TRAFOLARI

Co2 Emisyonunu azaltmak içinb **CRGO** saçlar yerine **AMORF Metal** saçlarla üretilen trafolar son yıllarda tüm dünyada büyük teşvik görmektedir.



5. AMORF METAL NÜVELİ DAĞITIM TRAFOLARI

You see the graph of losses and efficiency comparison below in amorphous sheet and CRGO steel.



5. AMORF METAL NÜVELİ DAĞITIM TRAFOLARI

Amorphous Metal Gap Core For Distribution Transformers

Advantages of Amorphous Metal

- ▶ **Easy Magnetisation (Low coercivity, low hysteresis loss, high permeability)**
- ▶ **Low Magnetic Losses (Low coercivity, low eddy current loss, high permeability, high resistivity)**
- ▶ **Fast flux reversal (Low magnetic loss)**
- ▶ **Best performance under harmonics (Non Linear Loads)**

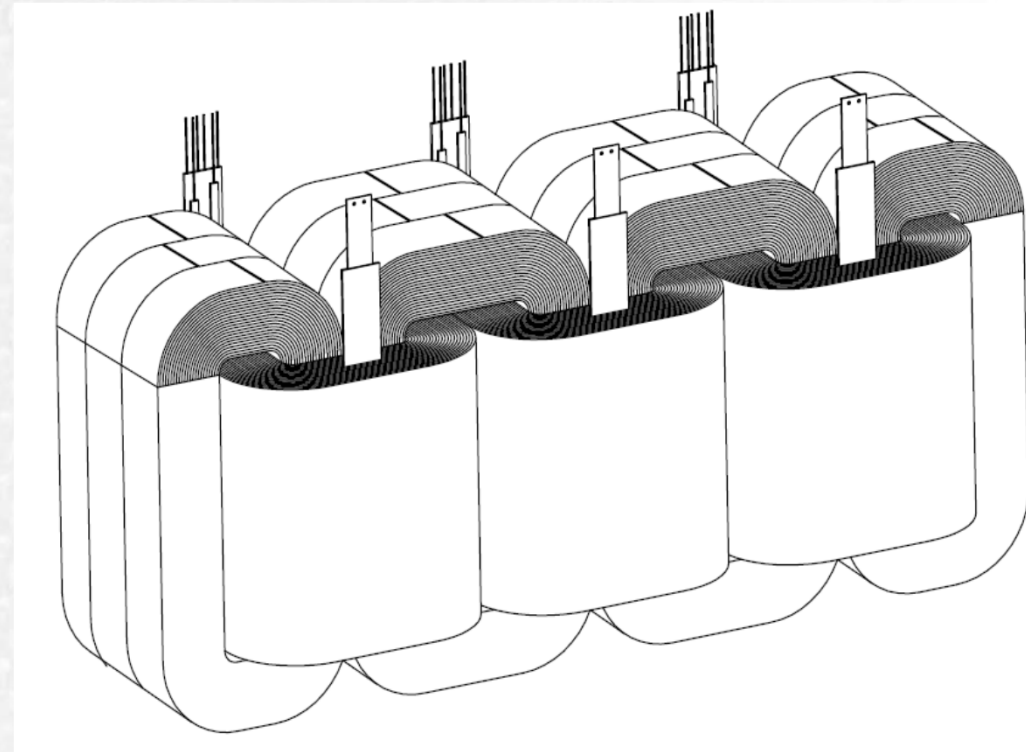
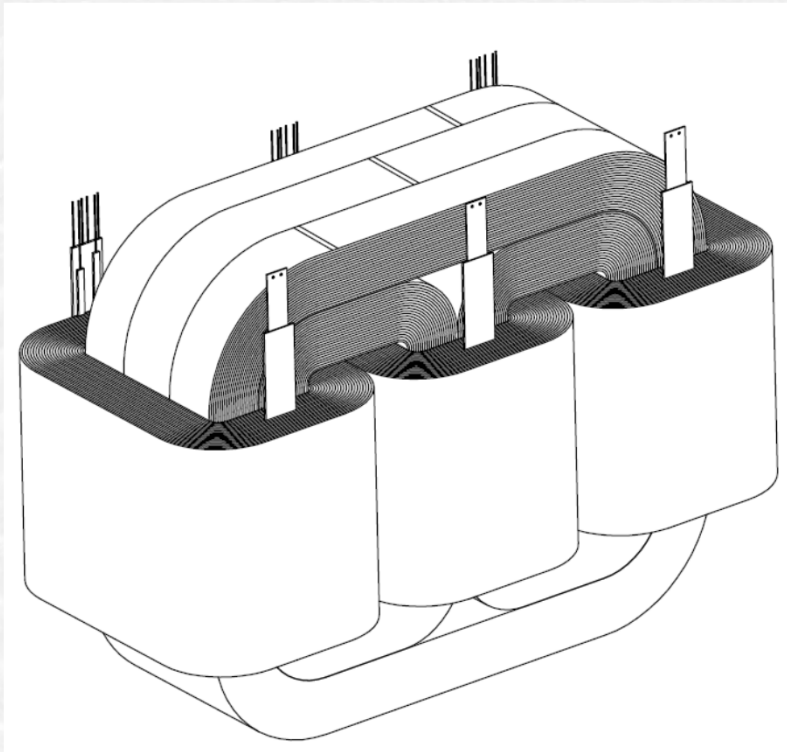
	Amorphous Metal Core		ENSI® Core	
	Eddy Current Losses	Hysteresis Losses	Eddy Current Losses	Hysteresis Losses
Linear Loads	33%	67%	67%	33%
Non Linear Loads	1,3 x Linear loads		1,8 x Linear loads	



5. AMORF METAL NÜVELİ DAĞITIM TRAFOLARI

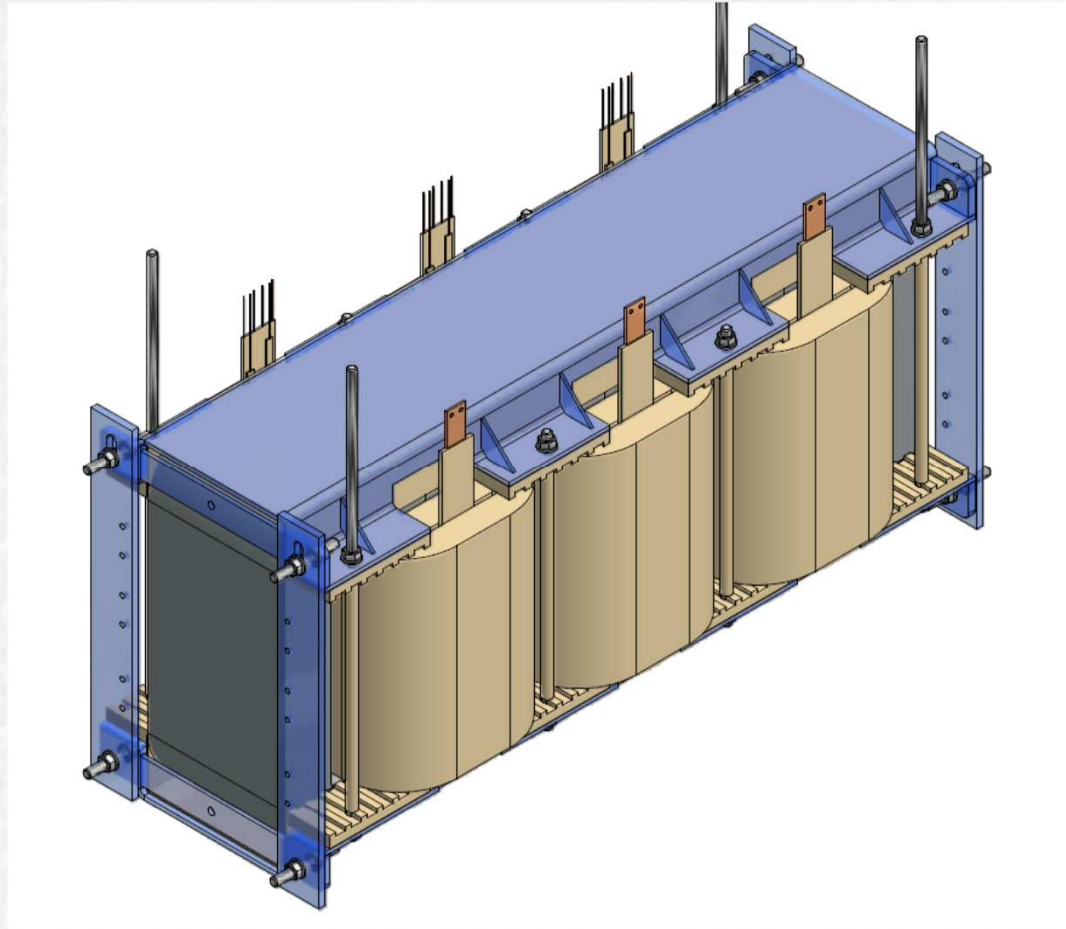
Amorphous Metal Gap Core For Distribution Transformers

Coil and Assembly



5. AMORF METAL NÜVELİ DAĞITIM TRAFOLARI

Amorphous Metal Gap Core For Distribution Transformers Coil and Assembly

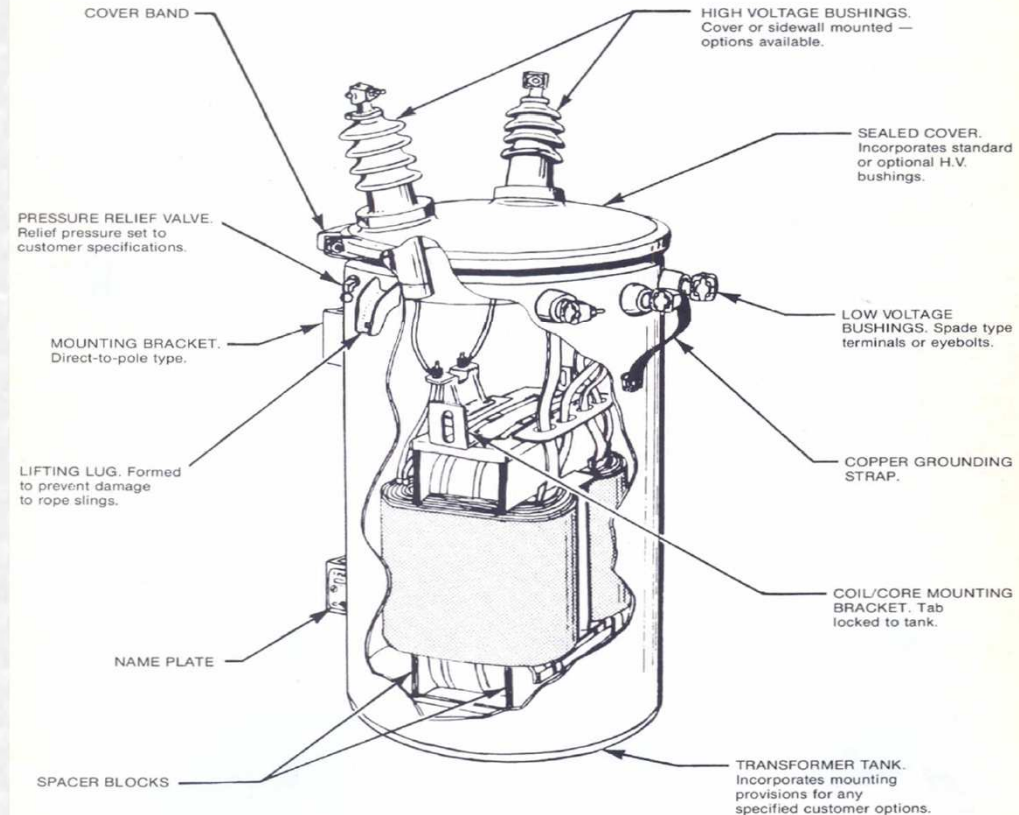


5. AMORF METAL NÜVELİ DAĞITIM TRAFOLARI

1 fazlı direk tipi orta gerilim dağıtım trafosu

SINGLE-PHASE POLEMOUNT

OVERHEAD DISTRIBUTION TRANSFORMERS



5. AMORF METAL NÜVELİ DAĞITIM TRAFOLARI

POLEMOUNT



**SINGLE-PHASE
OVERHEAD
DISTRIBUTION
TRANSFORMERS**



5. AMORF METAL NÜVELİ DAĞITIM TRAFOLARI

1 fazlı trafolar direğe monte ediliyor



5. AMORF METAL NÜVELİ DAĞITIM TRAFOLARI

Rüzgar direkleri içine sığacak şekilde dar yüksek trafo



6 . GÜÇ TRAFOLARI

Modern bir güç trafosundan istenen özellikler

A. Hassas bir elektromanyetik alan hesabı

- + girdap (eddy) akımı ve dağılma (stray) kayıpları minimizasyonu
- + yüksek kayıp kapitalizasyon kabiliyeti

B. Sistemdeki üst gerilim dalgalanmalarına dayanım

- + güvenilir YG yalıtım dizaynı

C. Kısa devreye dayanıklı dizayn

- + dinamik özellik analizi
- + kontrollü üretim prosedürü

D. Şu kısımlarda hot spot eliminasyonu

- + nüve, sargılar ve metal yapı parçaları

E. Robust bir metal yapı dizaynı

- + sismik dayanım, transport streslerine dayanım kabiliyeti

F. Düşük gürültü seviyesi



Son 20 yıldır trafoların hesaplanmaları bilgisayar programları ile çok kolay hale gelmiştir. Ancak hesap sonuçlarını muhakeme edebilmek ve yorum yaparak, en ekonomik ve istenen spesifikasyona en uygun olana ulaşmak için aşağıdaki konuları iyi bilmek gerekir:

MANYETİK DEVRE BİRİMLERİ - AMPER SARIM KANUNU-BOBİNLERİN ÖZ İNDÜKLEMİ-MANYETİK ENERJİ - ENDÜKSİYON KANUNU-ALTERNATİF AKIMIN OMİK, ENDÜKTİF, KAPASİTİF GERİLİM DÜŞÜMLERİ - ÇOK FAZLI AKIM SİSTEMLERİ

Hesaplar şu ana kısımlardan oluşur:

1. Manyetik devrenin hesaplanması
2. Elektrik devresinin hesaplanması
3. Isınmanın hesaplanması
4. Kazan ve diğer mekanik parçaların hesaplanması
5. Maliyet, verim vs gibi diğer hesaplar



Yağlı Güç Trafolarında Ana Parçalar

- A – MANYETİK DEVRE
- B – SARGILAR
- C – YALITKANLAR
- D – TANK
- E – KADEME DEĞİŞTİRİCİLERİ
- F - DİĞER AKSESUAR

Şimdi onları görelim.



A.MANYETİK DEVRE

İyi bir nüve dizaynında en önemlisi çalışma endüksiyonu seçimidir

- Malzeme maliyetini etkiler
- Gürültü seviyesini etkiler (0,1 Tesla da 2 dB)
- Nüve saçlarının birleşim yerleri çok önem kazanır
- Aşırı exitasyon kondisyonu dikkatli belirlenmelidir

En ince HI-B saçlardan üretilen laminasyonlar,daha Yüksek endüksiyon seçimini sağlar,
Kayıp kapitalizasyon degeri yüksek olur



A.MANYETİK DEVRE

Üretim proseslerinin nüve kayıplarına etkisi

- Dilme ve kesme işlemleri: mekanik stres ve çapak yapar
- Dikkatlice yapılan işlemler: kayıpların azalmasını sağlar
- Boyunduruklarda saplamalar: ilave kayıpları artırır
- Nüve köşe çıkıntıları: titreşim ve gürültüyü çoğaltır
- Çapakların etkisi: (genellikle limit max.20 mü. kesim bıçakları çok sık bilenmelidir)
- Yukardaki sayılanlar laminasyonların grain lerine etki ederek kayıpların artmasına sebep olur



A.MANYETİK DEVRE

Nüve kayıpları:

1. Malzeme kayıpları

- Klasik Hysteresis kayıpları ya da DC Hysteresis
- Klasik girdap(eddy) akım kayıpları
- Anormal kayıplar (domainlerin devinimi)

2. İşlemi bitmiş nüvelerdeki ilave kayıplar, (yapım faktörü olarak da tarif edilebilir)

- Rotasyonel Hysteresis (T birleşim yerlerindeki rotasyonel magnetizasyon ile meydana gelir)
- Distorsiyona uğramış Flux görüntüsü (birleşim yerlerindeki lokal doymalarla meydana gelir)
- Inter-laminar girdap (eddy) akımları (laminasyonlar arasındaki kısa devreyle meydana gelir)
- Diğer irregular olaylar (kros-fluxlar, magnetik uç çapakları vs)
- Üretimde meydana gelen etkiler (elleçler, kesme, dilme işleri vs)

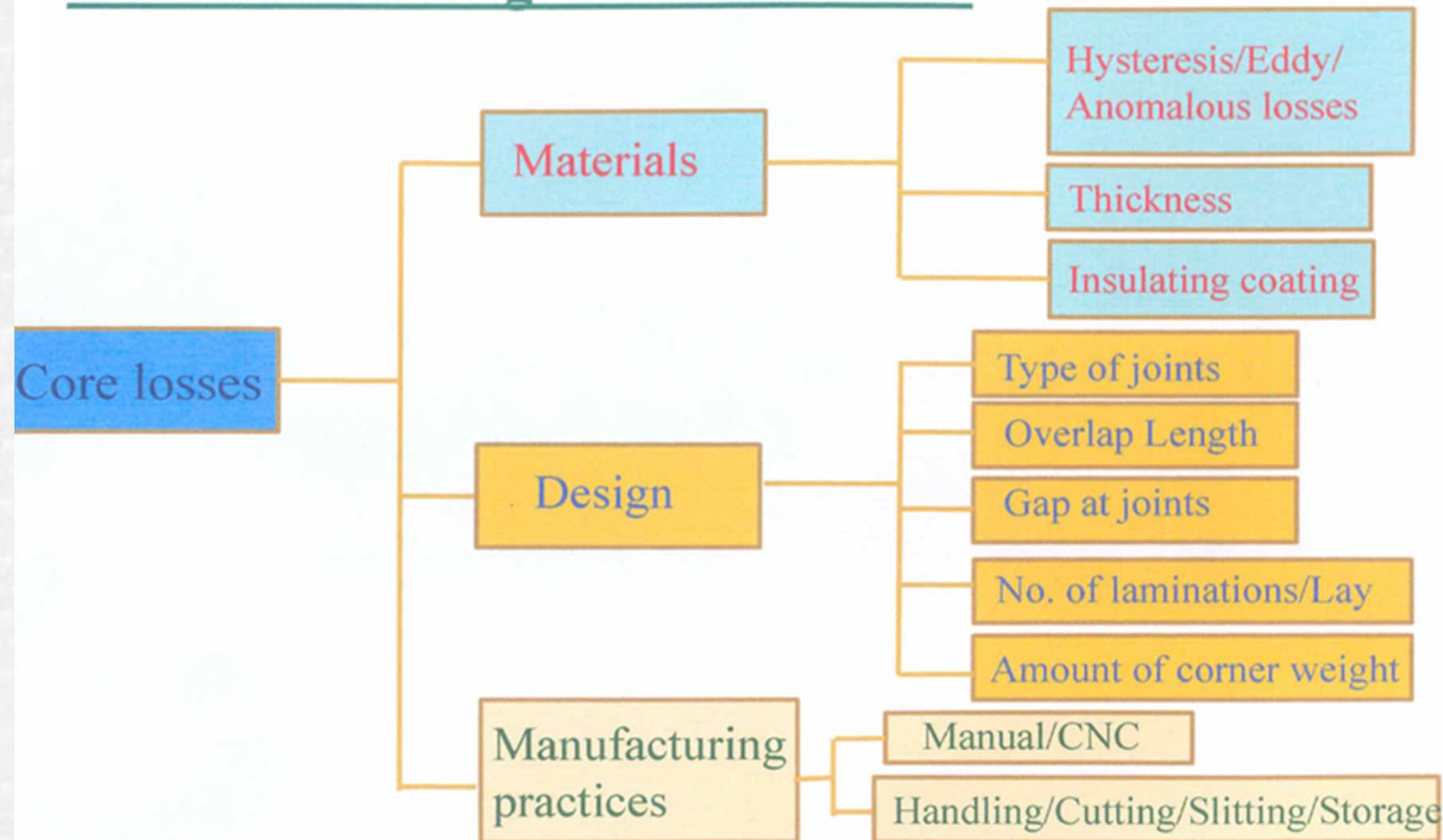


6. GÜÇ TRAFOLARI

A.MANYETİK DEVRE

NÜVE KAYBINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Factors Affecting the Core Losses



A.MANYETİK DEVRE

NÜVE MODELLEMELERİ

2-D FEM analizleri büyük ölçüde flux dağılımı ve kayıplar üzerine çalışmak için kullanılmaktadır

- Kompleks manyetik özellikleri:Non-linear,anisotropic ve hysteretic
- Kompleks geometrileri:laminasyonlu ve heterojen
- 3-D analiz:özel laminasyonların modellemesinde elverişsizdir

FEM modelleme:oldukça doğru ve sayısal olarak verimli yaklaşımdır

- Anisotrop özellikler:eliptik model yaklaşım
- Hysteretik özellikleri:Jiles-Atherton modeli ve Preisach modeli

Kompleks permeabilite yaklaşımı:büyük ölçüde trafo Nüvelerinin yüksek frekans modellemesinde kullanılır



A.MANYETİK DEVRE

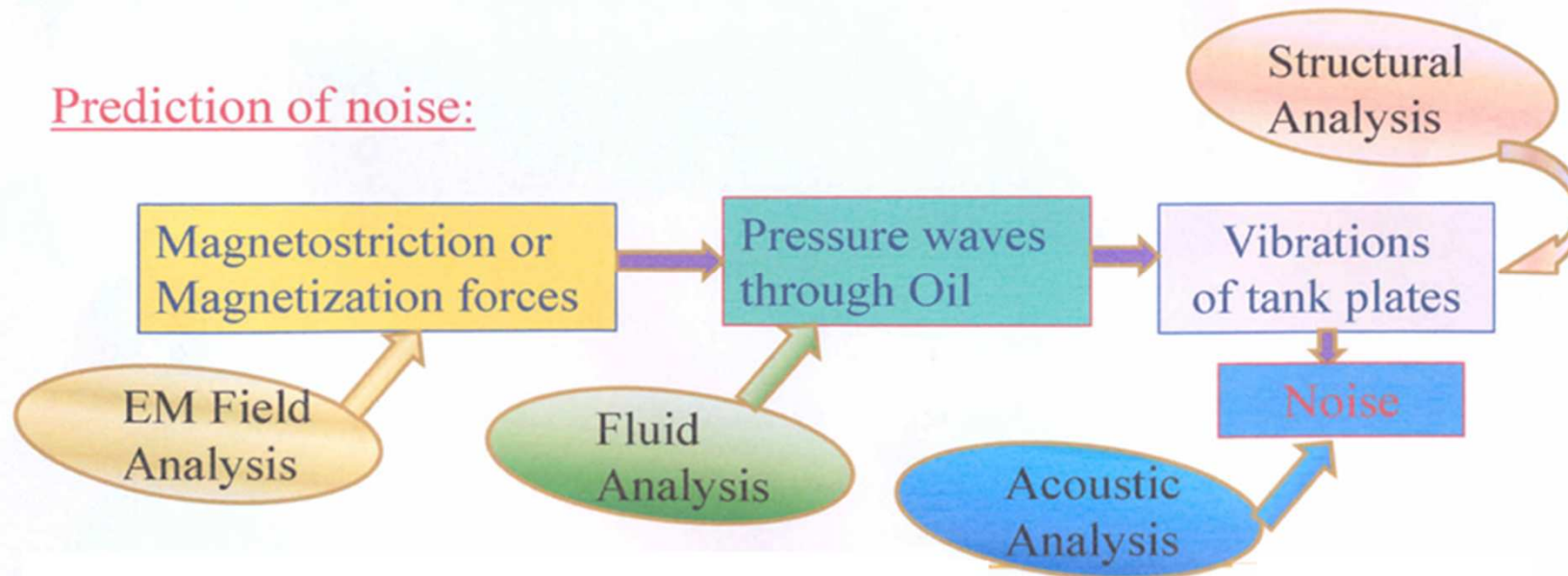
NÜVEDE GÜRÜLTÜ VE TİTREŞİM

Noise and Vibrations in Cores

Magnetic forces: Magnetization and magnetostriction forces

- ❖ Magnetization force: between surfaces of laminations and in joint regions, computed using virtual work method
- ❖ Magnetostriction: change in dimensions of laminations due to magnetization, computed using Maxwell stress tensor method

Prediction of noise:



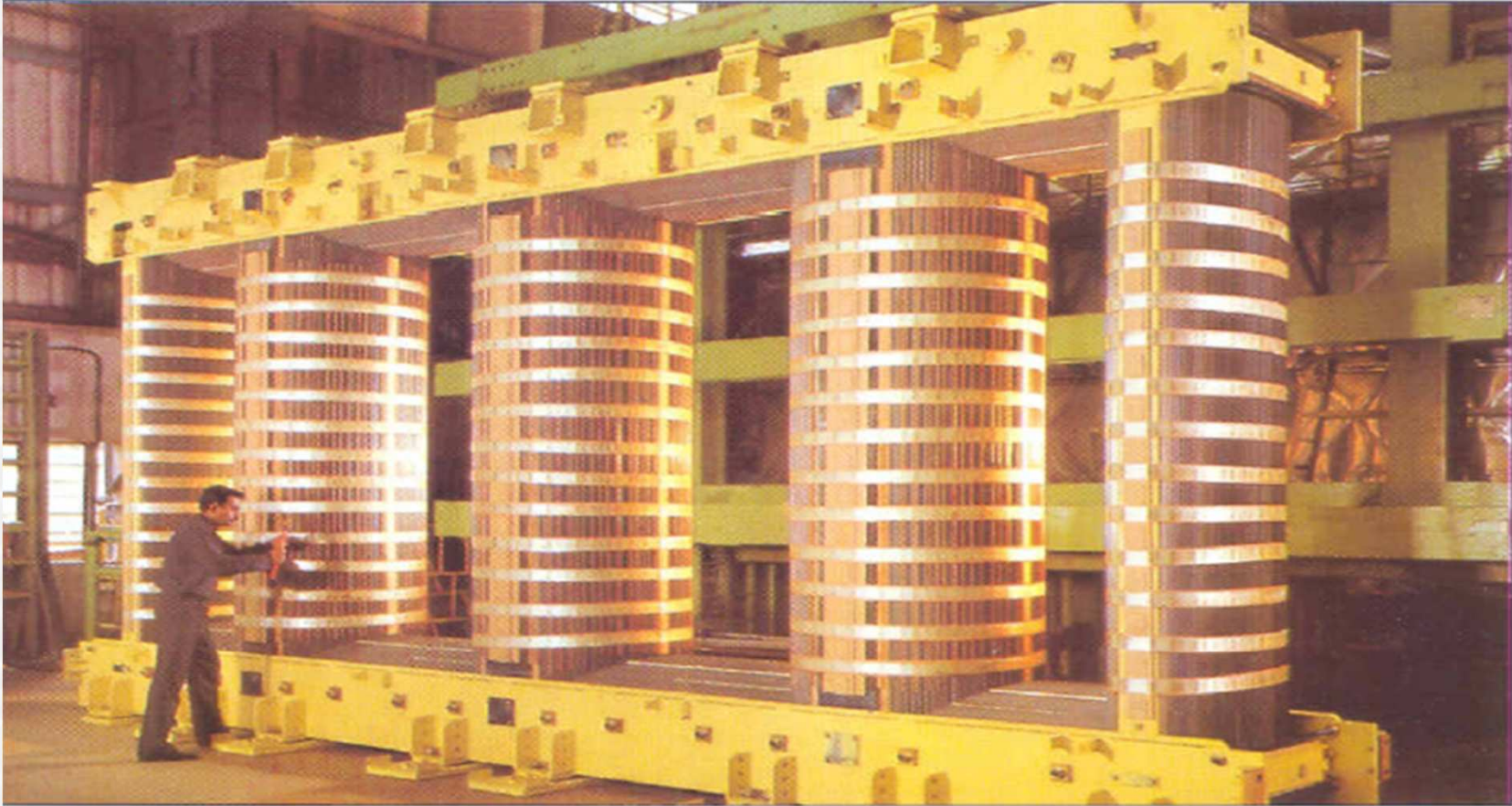
6. GÜÇ TRAFOLARI

A. MANYETİK DEVRE



6. GÜÇ TRAFOLARI

A. MANYETİK DEVRE



6. GÜÇ TRAFOLARI

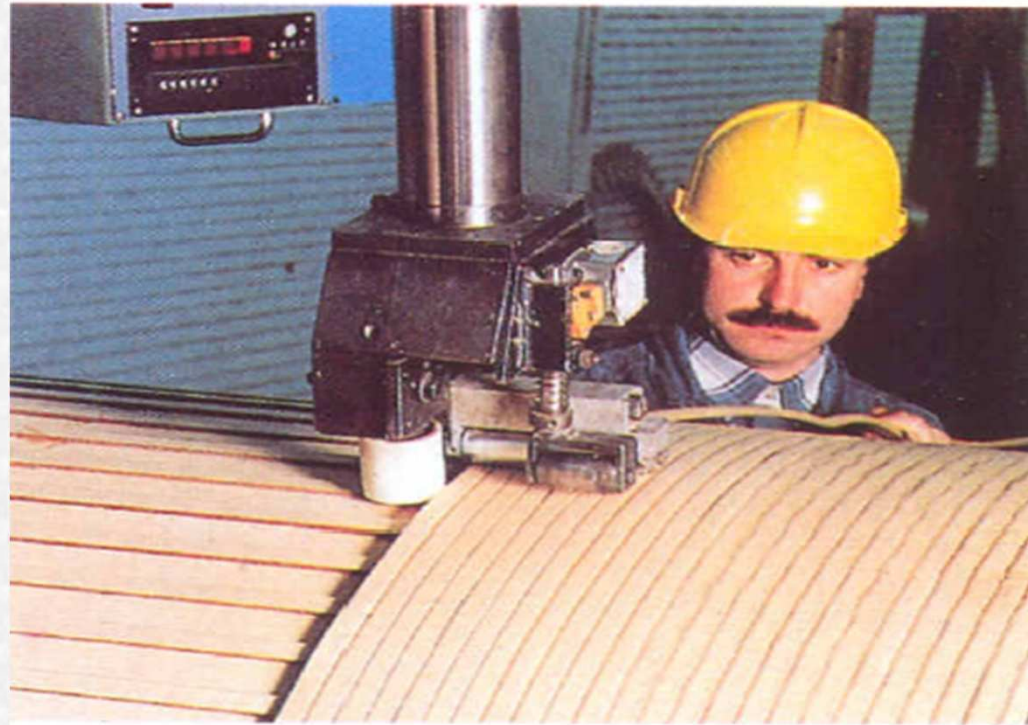
A. MANYETİK DEVRE



B. SARGILAR

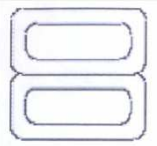
Son yıllarda geliştirilen sargı dizaynıyla şu faktörler iyileştirildi:

- dielektrik faktörleri
- kısa devre dayanımları arttı
- elektromanyetik eddy/girdap akımları azaltıldı
- termal etkiler azaltıldı



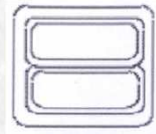
B.SARGILAR

Sargı iletkenlerinin seçimi



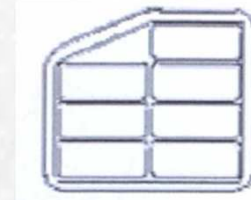
(strip)

Müstakil teller



(bunch)

İki paralel tel demeti



(ctc)

Devrik sistem

Dizaynda yapılan etüdler:

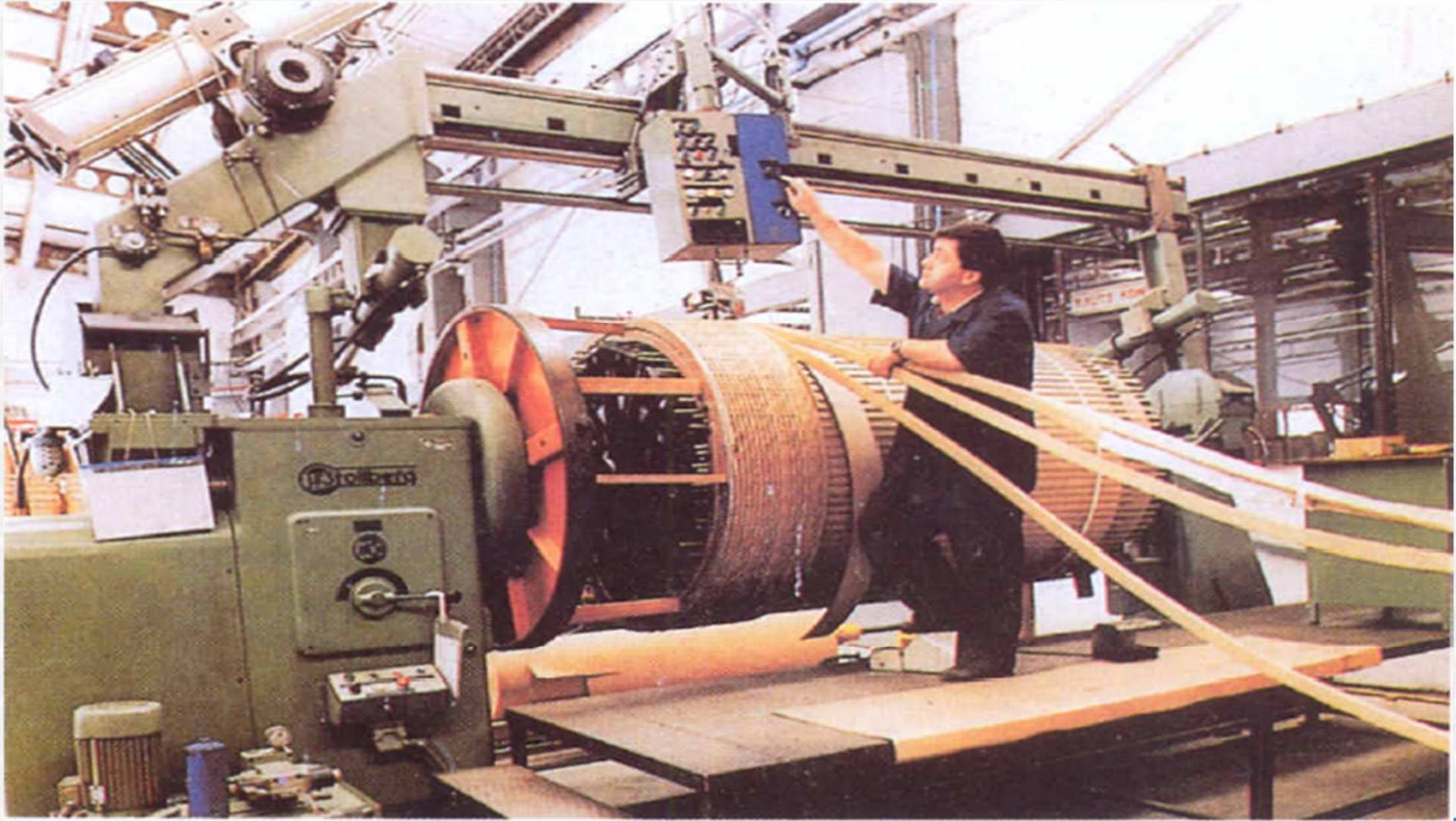
- girdap(eddy)kayıplarının azaltılması
- dolgu faktörünün iyileştirilmesi
- maliyet-karlılık analizi

Girdap/eddy kayıp evaluasyonu ve Optimizasyonu için 2D ve 3D FEM Programları kullanılır



6. GÜÇ TRAFOLARI

B. SARGILAR



B . SARGILAR

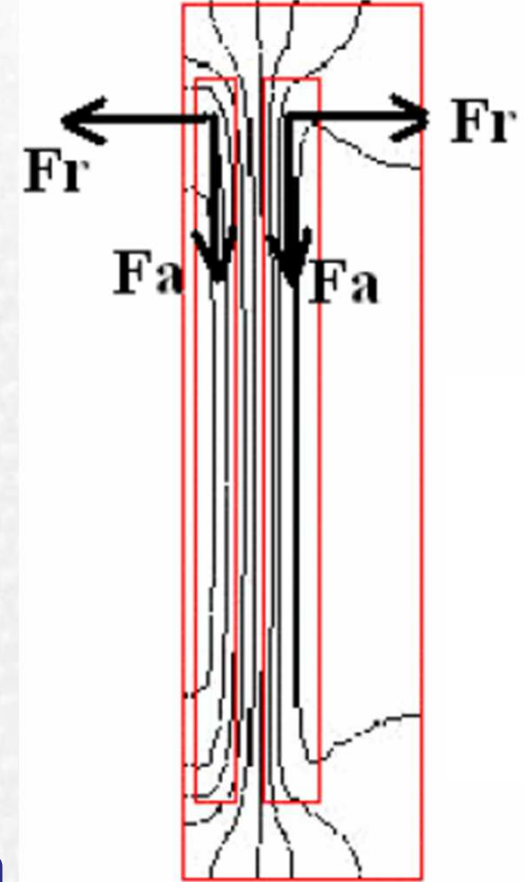
Sargılardaki kısa devre kuvvetleri ve dayanım

Elektromanyetik kuvvetlerin hesaplanmasında
Temel formül (vektöriyel olarak)

$$F = L \times B$$

burada, B kaçak alan yoğunluğu vektörü,
I akım vektörü ve L sargının uzunluğu dur.

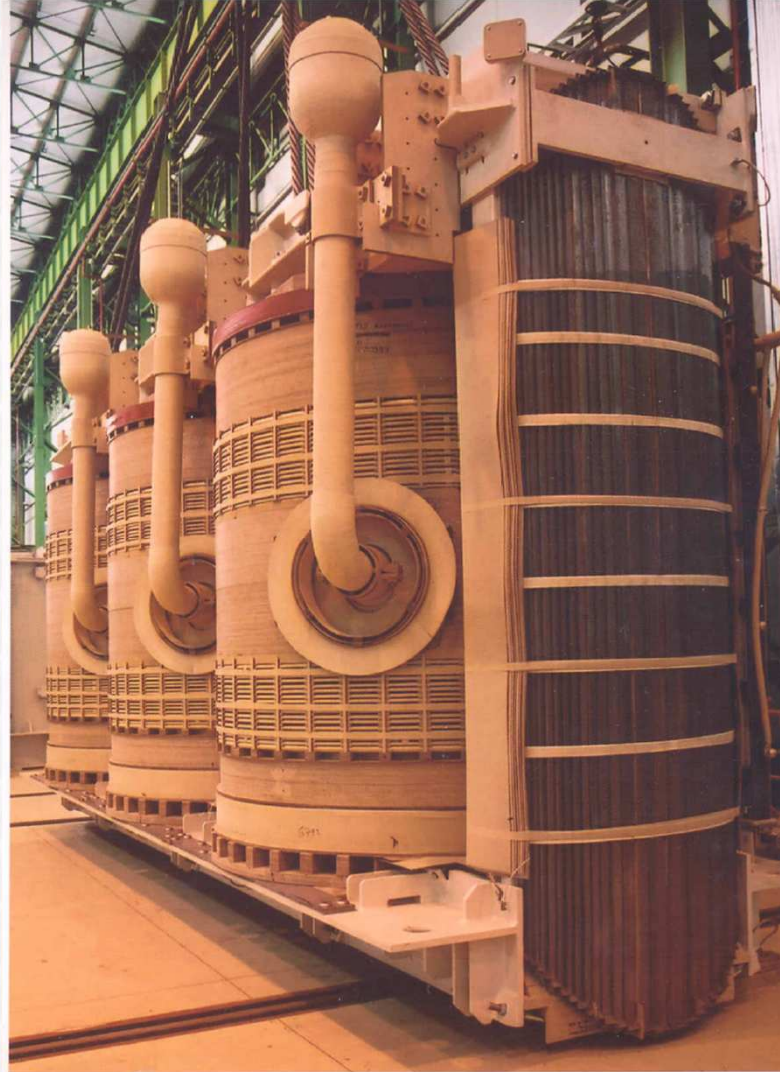
Yandaki şekilde F_r ,aksiyal kaçak flux yoğunluğunun meydana getirdiği radyal kuvveti, F_a ise radyal kaçak flux yoğunluğunun meydana getirdiği aksiyal kuvveti gösteriyor.



6. GÜÇ TRAFOLARI

C. YALITKANLAR

AKTİF KISIM



6. GÜÇ TRAFOLARI

C. YALITKANLAR

Transformerboard (ENBOARD) Production Hall

Hot Press



Board Machine

Stock Preparation



6. GÜÇ TRAFOLARI

C. YALITKANLAR

TRANSFORMERBOARD ÜNİTESİ



6. GÜÇ TRAFOLARI

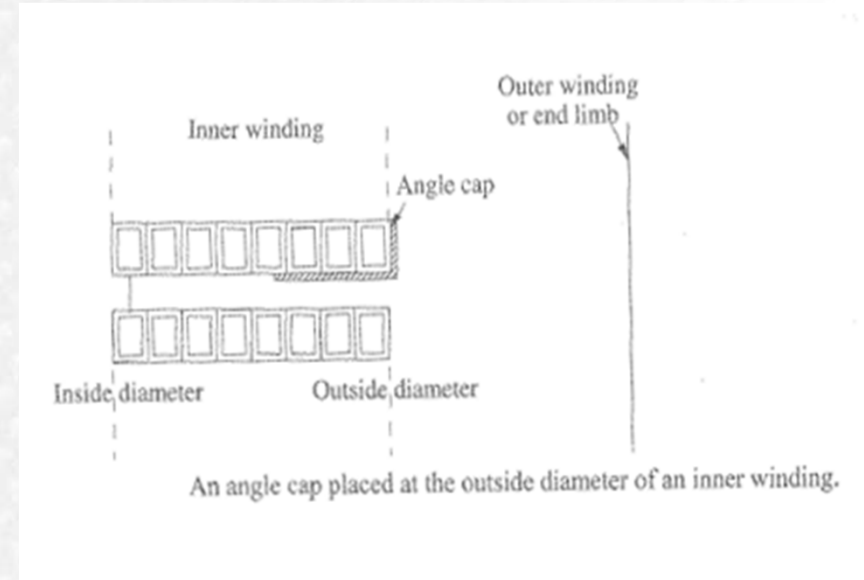
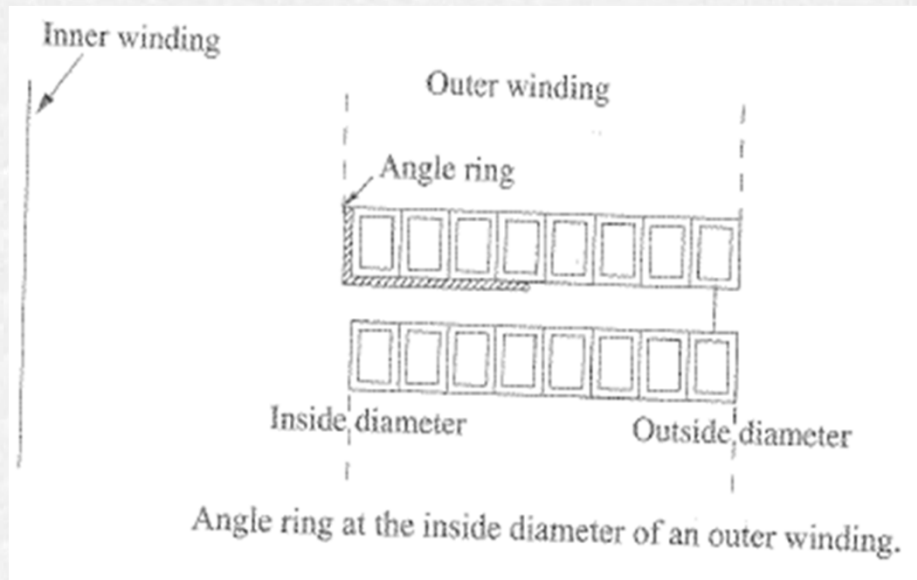
C. YALITKANLAR

SELÜLOZ BAZLI KATI YALITKANLAR

TRANSFORMERBOARD/PRESSBOARD



C. YALITKANLAR

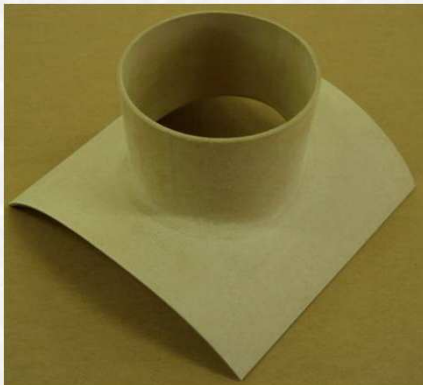


C. YALITKANLAR

HV Insulation Components up to 1200 kV

Snouts-Chimney Sectors-Flange Tubes

- Molded components made of Transformerboard according to IEC 60641
- Tailor-made according to the customer specification



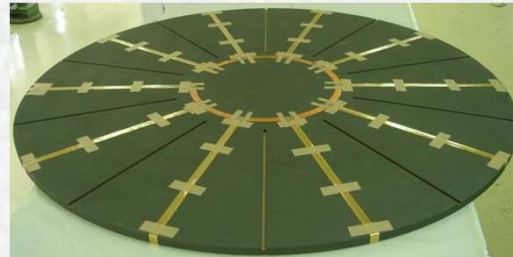
6. GÜÇ TRAFOLARI

C. YALITKANLAR

HV Insulation Components up to 1200 kV

Shield Rings (SCHIRMRING)

- Shielded Rings made of Laminated Wood or Transformerboard
- According to IEC 60641-3-1 Type B.3.1-IEC 61061-3-1 Type C2R



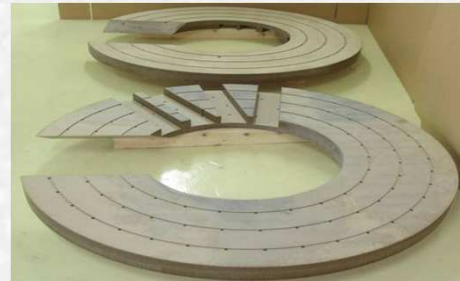
C. YALITKANLAR

HV Insulation Components up to 1200 kV

Press (Clamping) Rings

The Rings are made of;

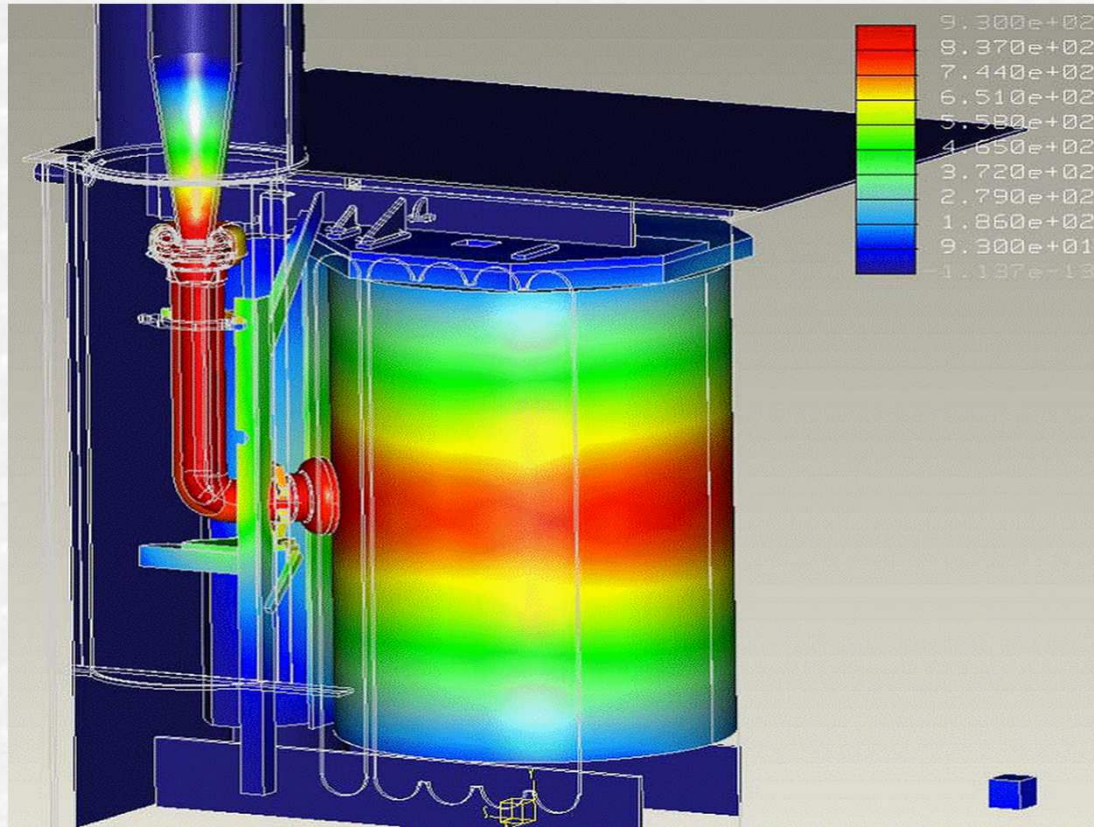
- Laminated Pressboard according to IEC 60763
- Laminated Wood according to IEC 61061 or
- Tangential Veneer Direction according to IEC 61061



6. GÜÇ TRAFOLARI

C. YALITKANLAR

3 D modeliyle dielektrik stres analizi gösterimi



(kaynak ABB,3D modeling in transformer design)



6. GÜÇ TRAFOLARI

C. YALITKANLAR

HV Insulation Components 220 kV-1200 kV

Lead Exits



550 kV



550 kV



1200 kV



800 kV



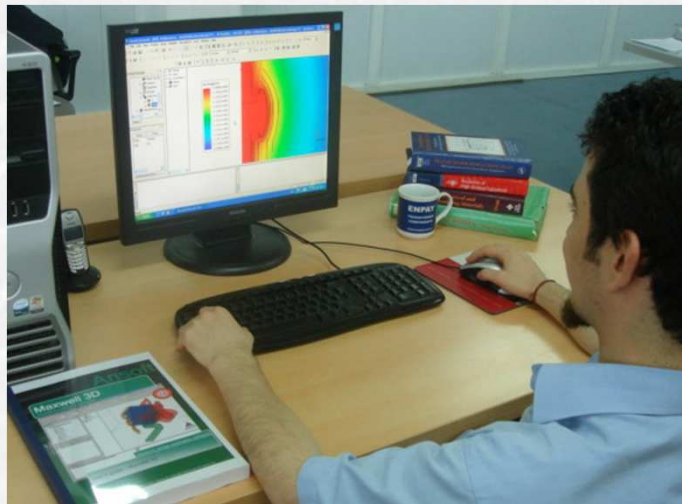
6. GÜÇ TRAFOLARI

C. YALITKANLAR

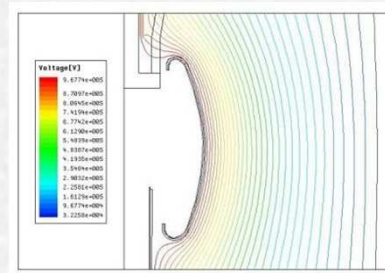
HV Insulation Components 220 kV-1200 kV

FEM – Finite Element Method

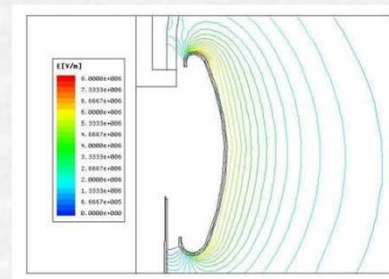
ENPAY designs department makes the most optimum and the most convenient design tailor made to the customer requirements by using 2D and 3D FEM programs.



Insulation Level
750 kV

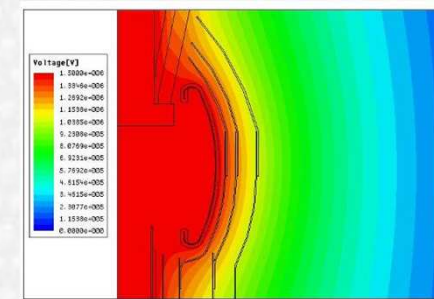


Equal Potential Line

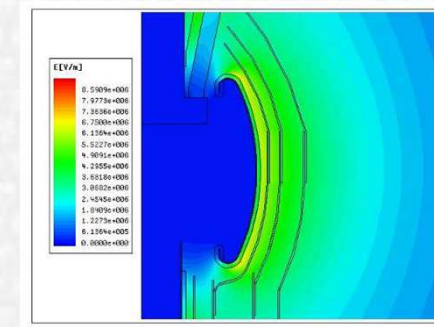


Electrostatic Field Lines

Insulation Level
1200 kV



Equal Potential Line

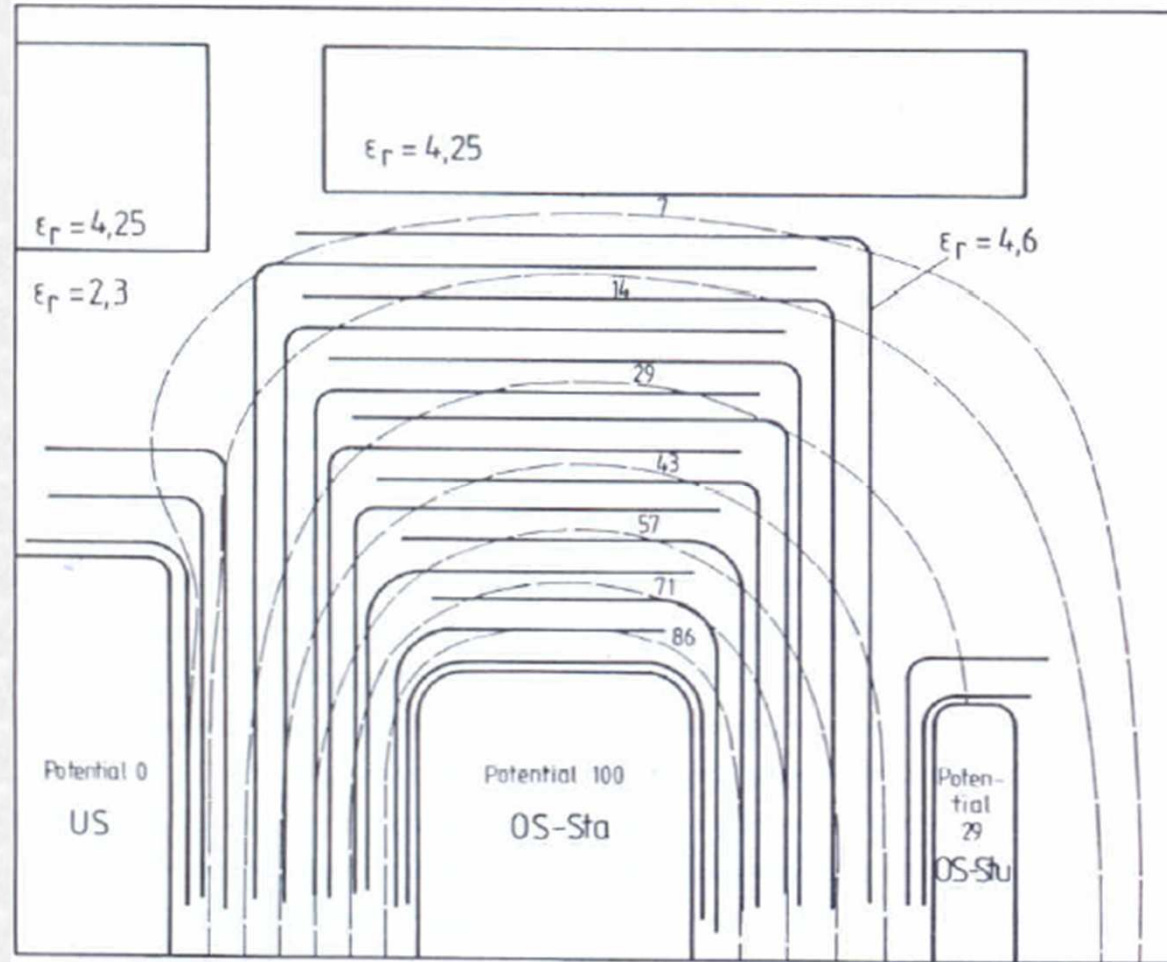


Electrostatic Field Lines

6. GÜÇ TRAFOLARI

C. YALITKANLAR

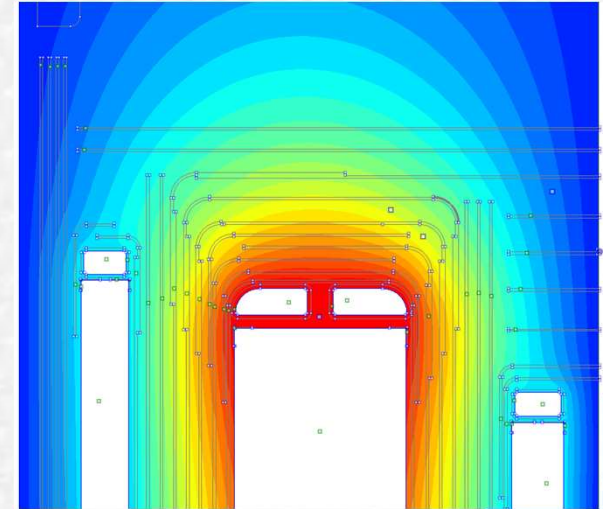
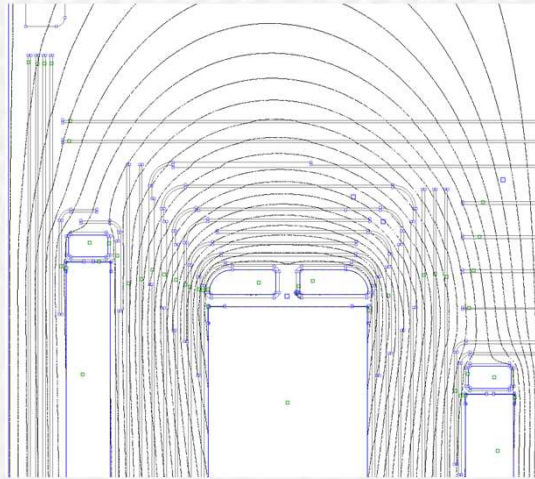
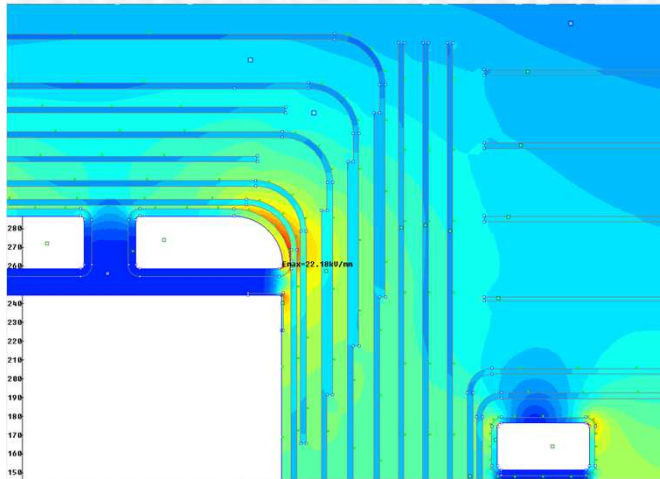
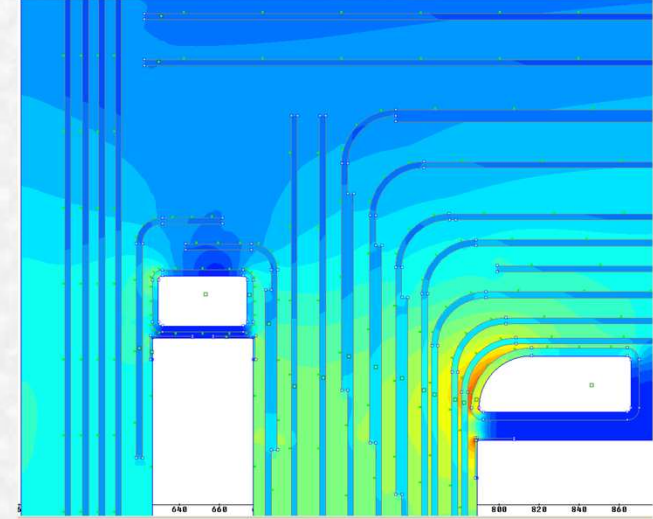
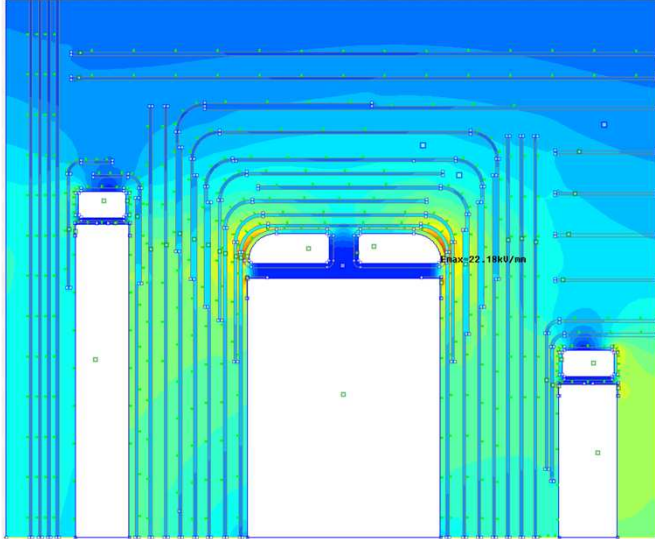
Sargı başlarındaki alan potansiyel hatlarına uygun yalıtkan kasknakların yerleştirilmesi



6. GÜÇ TRAFOLARI

C. YALITKANLAR

FEM programıyla sargı başlarındaki elektrik alan etüdüleri



6. GÜÇ TRAFOLARI

C. YALITKANLAR

HV Insulation Components 220 kV-1200 kV

X-Ray Inspection System

- Accurate X-Ray System for control of particle and air pocket
- High-resolution X-RAY tube
- Precision manipulator
- 2D and 3D inspection without mechanical conversion



6. GÜÇ TRAFOLARI

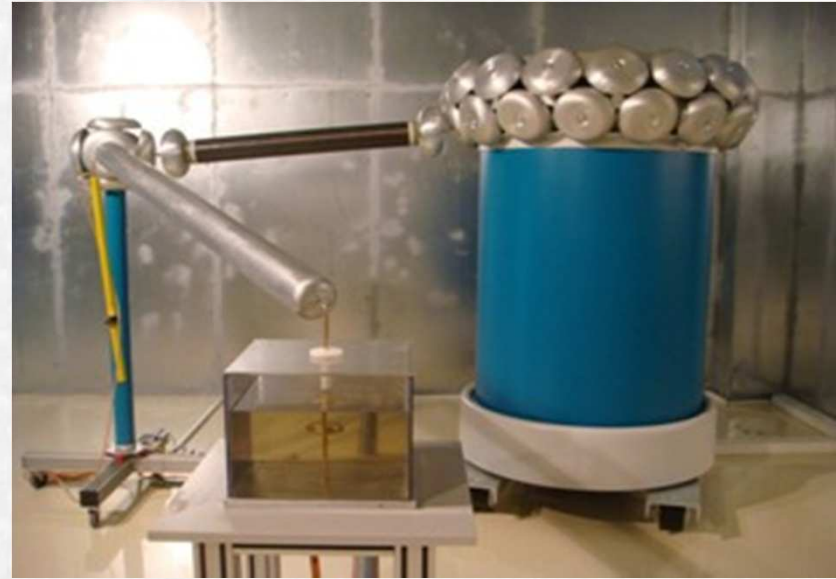
C. YALITKANLAR

Test Laboratory Conditions

Covered Area : About 200 m²

Temperature : 23±2°C

Relative Humidity : 50 ±5%



C. YALITKANLAR

Trafo yağları

Yağlı dağıtım ve güç trafolarında, gerek soğutucu ve gerekse yalıtım ortamı yağ ile sağlanır.

Kullanılan yağ cinsleri:

1- MADENİ YAĞLAR

- a) **PARAFİNİK BAZLILAR**
- b) **NAFTANİK BAZLILAR**

Her ülkede aynı bazda yağ kullanılmıyor.
Türkiye şebekelerindeki trafolarda **NAFTANİK** bazlı yağlar kullanılıyor.

2- NEBATİ YAĞLAR

Son yıllarda CO2 emisyonunu azaltma gayesiyle ve çevreyi kirletmemek için nebatî yağlar artan miktarlarda kullanılıyor. Örnek olarak **AYÇİÇEK YAĞI** nı verebiliriz. Elbette her ülkenin coğrafyasında yetişen değişik bitkilerden elde edilen yağlar kullanılıyor.



C.YALITKANLAR

- İşletme gerilimleri yükseldikçe trafoların yalıtkan dizaynı en önemli konu haline geldi.
- Güvenilir ve optimize edilmiş kapsamlı bir dizayn kaçınılmaz oldu.
- Dizayn Müh.leri malzeme seçimi ve tasarruf baskısı altındadır

MAJOR YALITIM

- Sargılararası ve sargı-nüve (bacak-boyunduruk)arası yalıtım
- Bobinlerle tank arasındaki yalıtım
- YG çıkış telleriile şase parçaları arasındaki yalıtım

MİNÖR YALITIM

- Sarım(sipir) ile sargı grubu arasındaki yalıtım

ÖNEMLİ DÖRT YALITIM TESTİ:

- Yıldırım darbe (Lightning impulse) test
- Anahtarlama darbe (Switching impulse) test
- Kısa müddetli İşletme frekanslı YG testi
- Uzun müddetli kısmi deşarj (PD) testi



6. GÜÇ TRAFOLARI

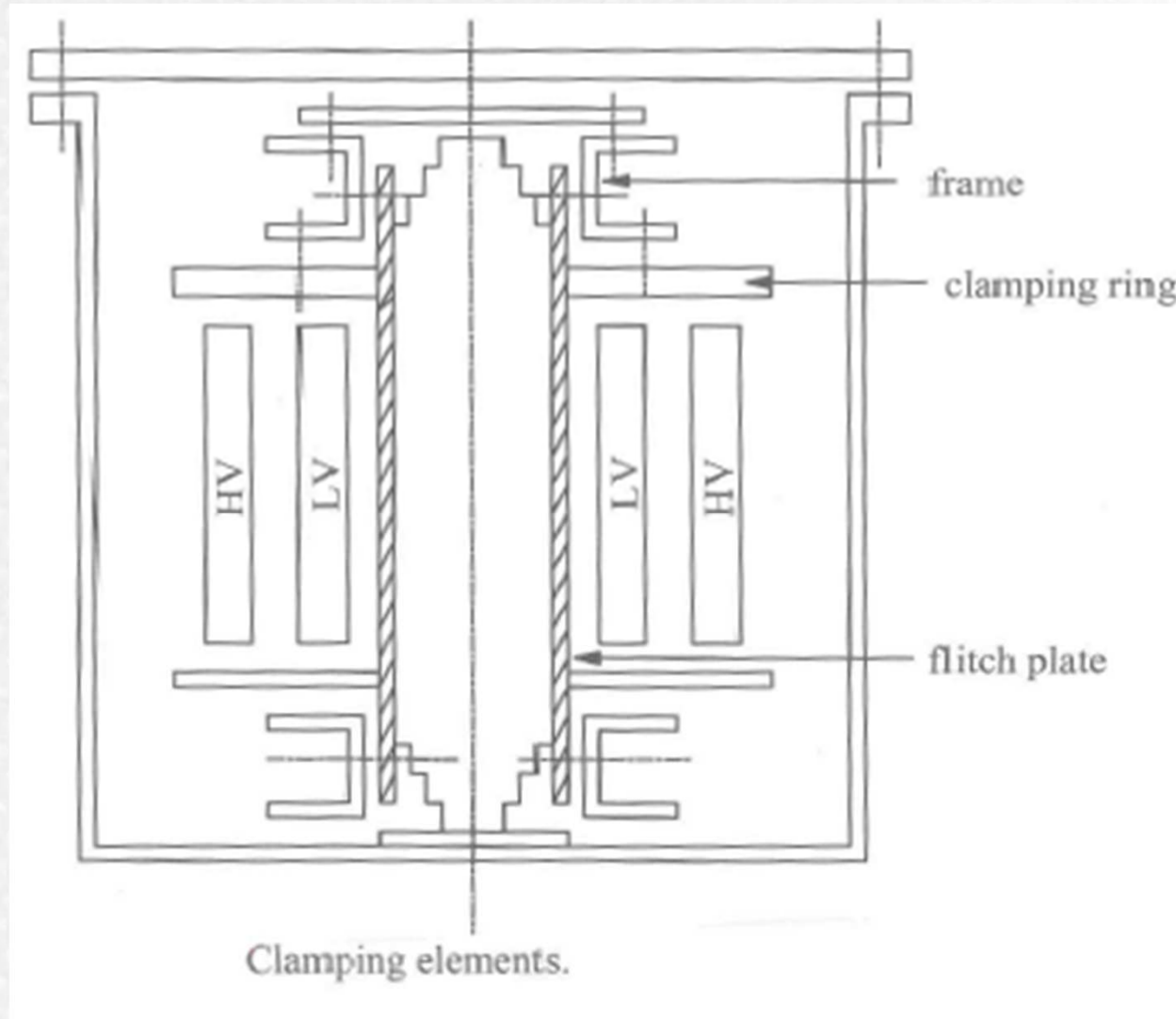
D. TANK

TANKS FOR HIGHVOLTAGE POWER TRANSFORMERS



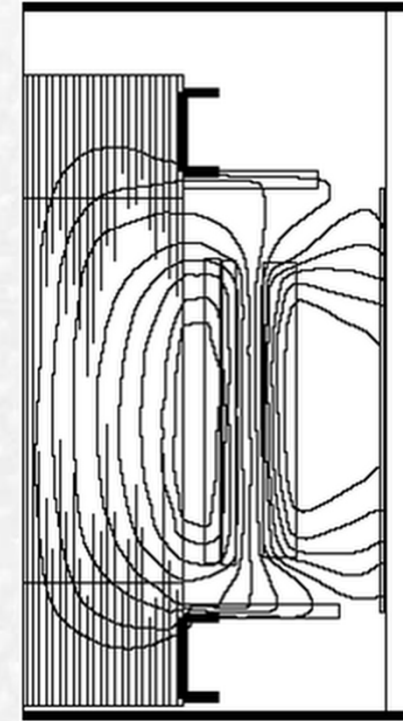
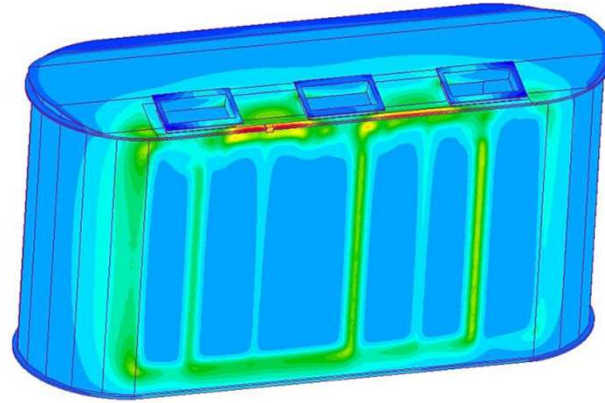
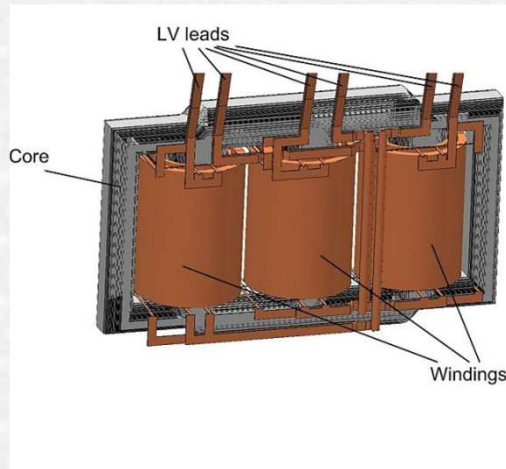
6. GÜÇ TRAFOLARI

D. TANK



D.TANK

Tank duvarlarına manyetik ekranlamalar (**Tank Shunts**) ile, dağılıma ve kaçak akıların meydana getirdiği kayıplar azaltılır



3D Calculation and Modeling of Eddy Current Losses in a Large Power Transformer

Bu kayıplar ,yükteki kayıplardan ayrı olarak ölçülemez



6. GÜÇ TRAFOLARI

D. TANK



6. GÜÇ TRAFOLARI

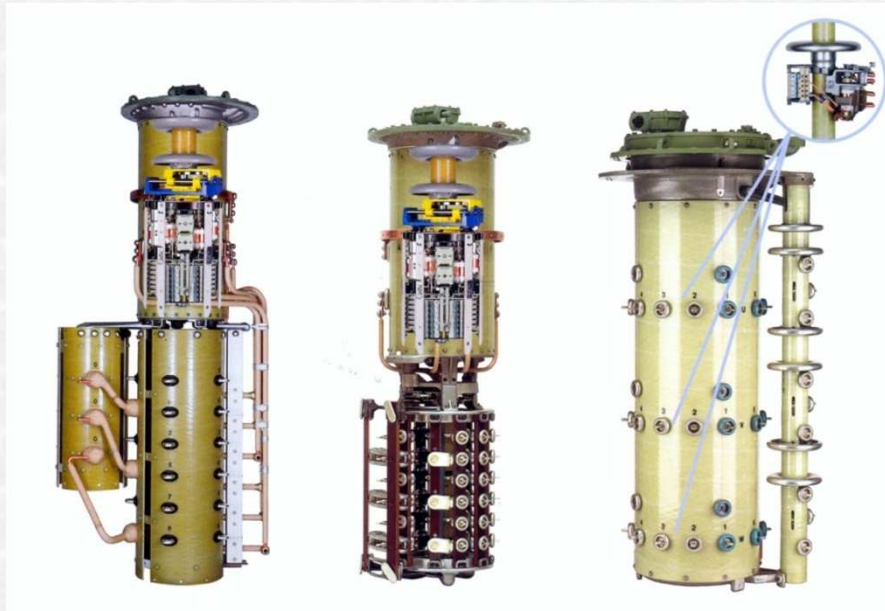
E. KADEME DEĞİŞTİRİCİLERİ

Trafoalarda gerilim ayarı yapmak için

Boşta veya yük altında kademe değıştiricileri kullanılır.

Aşğıda solda yük altındakileri ,sağda boşta kademe değıştiricisini gösteriyor

On-load-tap-changers (OLTC)



Off-circuit-tap-changer (OCTC)



MR-Maschinenfabrik Reinhausen



6. GÜÇ TRAFOLARI

F. DİĞER AKSESUAR

Yag filtre ünitesi



Kademe deđiřtiricisi
Motorlu kumanda panosu



Yag seviye göstergesi



Mekanik termometre
ve aksesuarı



MR-Messko

Basınc regülatörü

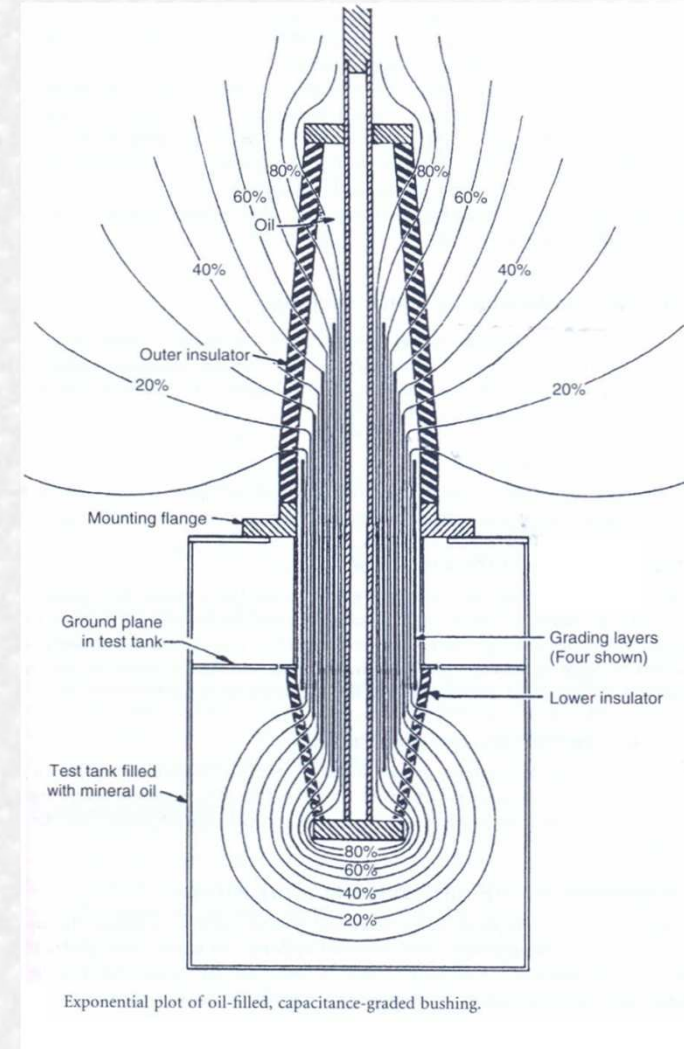
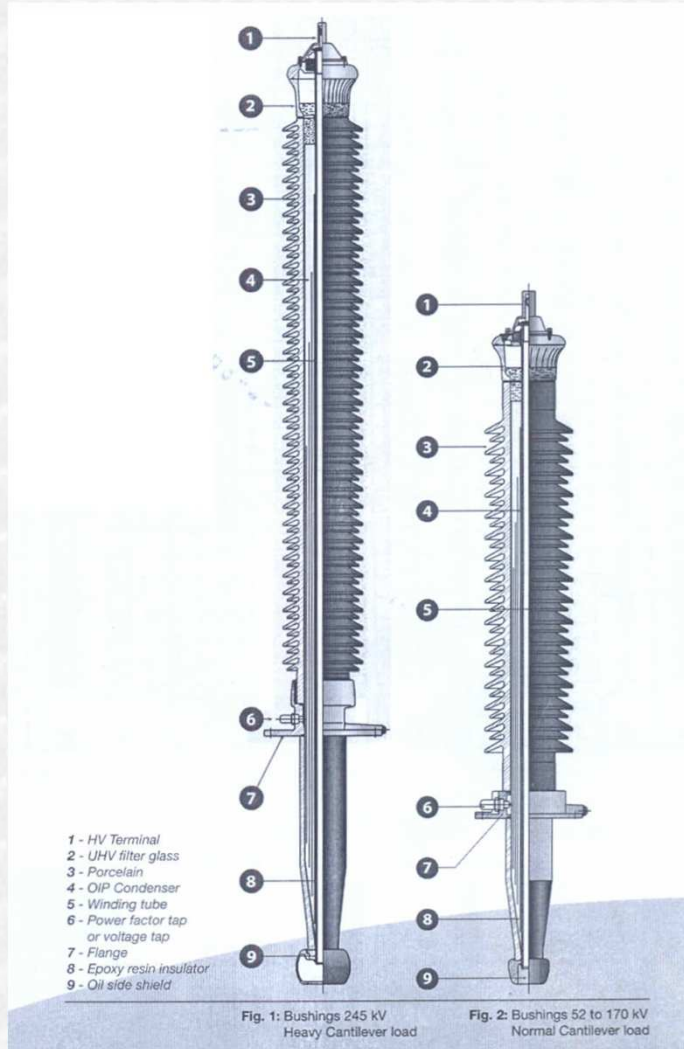


Digital termometre



6. GÜÇ TRAFOLARI

F. DİĞER AKSESUAR Buşingler



YÜKSEK GERİLİM CONVERTER TRAFOLARI



Bild 1-1: AC-Netz 1 wird über eine 4-stufige HGÜ Punkt-zu-Punkt-Verbindung mit AC-Netz 2 verbunden [9]^{S.1}.



6. GÜÇ TRAFOLARI

Converter Transformer



Siemens



6. GÜÇ TRAFOLARI

Converter Transformer



Siemens



6. GÜÇ TRAFOLARI

Converter Transformer



Siemens



International Conferences Presented by ENPAY in 2010-2014

- 1. Properties and Applications of Advance Magnetic Material (Nickel-Iron, Nanocrystalline Metal...)Tech-IT 2010 (21-22.01.2010 / India) Presented by E.Karaş**
- 2. Technical Assessment of Lead Exit and Design Process for HV. Power Transformers Travek VII. International Scientific and Technical Conference Large Power Transformers and Diagnostics Systems (22-23.06.2010 / Russia) Presented by E.Ozturk**
- 3. Shunt Reactor Cores up to 765 kV - 300 MVAR Travek VII. International Scientific and Technical Conference Large Power Transformers and Diagnostics Systems (22-23.06.2010 / Russia) Presented by S.Yurekten**
- 4. GIS – Current Transformers Interactive Workshop on "Gas Insulated Substation - Design, Construction and O&M" (15-16.07.2010 / India) NATIONAL CIGRE Presented by H.Turan**



International Conferences Presented by ENPAY in 2010-2011

- 5. Technical Assessment of Lead Exit and Design Process for Power Transformers, up to 1200 Kv International Conference on Development of 1200 kV National Test Station (29-30.09.2010 / India) NATIONAL CIGRE Presented by Mr. Bhatia**
- 6. Shunt Reactor Cores up to 800 kV - 300 MVAR ARWtr 2010 (03-06.10.2010 / Spain) NATIONAL CIGRE / IEEE Presented by S. Yurekten / Dr. K. Eckholz**
- 7. New Trends in UHV Shunt Reactor Core Technology TRAVEK 2011 (29-30.03.2011 / Moscow Presented by S.Yurekten**
- 8. Innovation in Transformer Manufacturing Amorphous Metal Cores for Environmental -Green Transformers TRAVEK 2011 (29-30.03.2011/ Moscow) Presented by S. Yurekten**



International Conferences Presented by ENPAY in 2010-2011

- 9. New Trends in UHV Shunt Reactor Core Technology GRIDTECH International Conference New Delhi (19-21 April 2011 / India) Presented by S.Yurekten**
- 10. Energoefficient Transformers with Amorphous Metal (Fe-Based) Cores TRAVEK 2011 (21-22.06.2011/ Moscow) Presented by Selim Yurekten**
- 11. Insulation Components for HV Transformers TRAVEK 2011 (21-22.06.2011/ Moscow) Presented by Selim Yurekten**
- 12. How to Reach the Quality Excellence in Transformer Technology with Tailor-made Components TRAVEK 2011 (8-9.11.2011 / Moscow) Presented by S. Yurekten**
- 13. Modern Trends in Application of Insulation Systems for Power Transformers TRAFOSEM 2011 (21-22.11.2011 / Delhi, India) Presented by S. Yurekten**



International Conferences Presented by ENPAY in 2010-2011

14. **Reliable Quality and Optimized Design of Components For Power Transformers and Reactors, S.Yurekten, TRAVEK, 20-21 March 2012, Moscow**
15. **Compability Test of Pressboard with Transformer Oil, International Colloquium Transformer Research and Asset Management, S.Yurekten, F.Erenler, G.Newesely, 16-18 May 2012, Dubrovnik**
16. **Magnetic and Insulation Solutions for HV Power Transformers and Gapped-Core Reactors, S. Yurekten, TRAVEK, 19-20 June 2012, Moscow**
17. **Herausforderung an die Komponentenfertigung für Leistungstransformatoren und Drosselspulen bis 1200 kV.-Stand der Technik und Entwicklungstrends, TLM 2012, S.Yurekten, 24-25 September 2012, Halle**
18. **Magnetic Performances and the Types of Current Transformersfor HV Switching Equipment in Smart Grid Metering Applications, S.Yurekten, H.Turan, TRAVEK, 7-8 November 2012 , Moscow**



International Conferences Presented by ENPAY in 2010-2011

- 19. Modern Trends in Design and Manufacturing Practices of the Core in Power Transformers, A.P.S.Baghel, S.V.Kulkarni, S.Yurekten, 5th International Conference CBIP (CIGRE), 22-25 January 2013, New Delhi**
- 20. The Quality Aspects of Solid Insulation in Power Transformers and Reactors, S.Yurekten, F.Erenler, 5th International Conference CBIP (CIGRE) , 22-25 January 2013, New Delhi**
- 21. Trend in the Recent Improvement of Gapped-Core UHV Shunt Reactor Design, S.Yurekten, CIGRE, 3-4 April 2013, New Delhi**
- 22. The Recent Improvements on Extra High Voltage Shunt Reactors , S. Yurekten, Istanbul Technical University ,28 May 2013, İstanbul**
- 23. Insulation and Aging Performance of Laminated Pressboard Versus Laminated Wood in HV Power Transformers, S.Yurekten, F.Erenler, TRAVEK, 25-26 June 2013, Moscow**



International Conferences Presented by ENPAY in 2010-2011

- 24. State- of- the- art Tank Shieldings (Shunts) for HV Power Transformers, S.Yurekten , TRAVEK , 25-26 June 2013, Moscow**
- 25. Energy Efficient Green Transformer Manufacturing with Amorphous Cores, S.Yurekten, ICRERA ,20-23 October 2013, Madrid**
- 26. Exit Insulation Systems (EIS) & Middle Exit Systems , E.Öztürk , TRAFOSEM , 15 November 2013, Bengaluru**
- 27. Using Nanocrystalline Material in Toroidal Cores for Current Transformers Analytical Studies, Computational Simulations and Ageing Tests, H. Turan, A.Panchal, National High Voltage engineering Conference (NHVEC-2014), 7-8 March 2014 , Hyderabad**



Selim Yürekten'in Yurtiçinde Yayınlanan Makaleleri

1. Türkiye'de Magnetik Teknoloji Üzerine Düşünceler – 3E Electrotech – Mayıs 2007
2. Güç trafolarında sargı yalıtkanlarının Önemi ve Özellikleri , S.yürekten– Kaynak elektrik – Ağustos 2007
3. Magnetik Malzemelerin Çeşitleri ve Kullanım Alanları ,S.Yürekten– 3E Electrotech – Ekim 2007
4. Trafo sargı yalıtkanı malzemesi : Transformerboard , S.Yürekten– Kaynak Elektrik – Ekim 2009
5. Magnetik Malzemeler Grubunda Nano Teknolojisi ,S.yürekten – 3E Electrotech – Aralık 2009
6. Transformerboard , S.Yürekten, 3E Electrotech -Şubat 2010
7. Trafo Üretiminde Innovasyon Çevreci – Yeşil Trafolar için (Fe – Bazlı) Amorf Metal Nüveler , S.Yürekten, 3E Electrotech – Kasım 2010
8. Şönt Reaktör Teknolojisinde Gelişmeler,S.Yürekten, 3E Elektrotech, Nisan 2011
9. Sempozyum,Trafo Dünyası, S.Yürekten, Kocaeli Üniversitesi, Aralık 2011
- 10.Yağlı Trafoların Ömrünü Etkileyen Katı Yalıtkanlar, S.Yürekten, 3E Electrotech, Ağustos 2012
- 11.Sempozyum,The Recent Improvements on Extra High Voltage Shunt Reactors, S.Yürekten, ITU , 28 Mayıs 2013



**Türkiye'de 3 yüksek , 40 civarında orta,
yüzün üzerinde alçak gerilim trafo ve
reaktör (endüktör) üreticisi var**



TEŞEKKÜRLER

