

ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE SÜPERİLETKEN MALZEMELER

Rıfkı Terzioğlu, Türker Fedai Çavuş
Sakarya Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

İçerik

- Giriş



İçerik

- Giriş
- Süperiletkenler ve temel özellikleri,



İçerik

- Giriş
- Süperiletkenler ve temel özellikleri,
- Güç sistemlerinde karşılaşılabacak zorluk ve engeller,



İçerik

- Giriş
- Süperiletkenler ve temel özellikleri,
- Güç sistemlerinde karşılaşılabacak zorluk ve engeller,
- Süperiletken malzemelerin kullanım alanları ve enerji verimliliğini artırma potansiyelleri,



İçerik



- Giriş
- Süperiletkenler ve temel özellikleri,
- Güç sistemlerinde karşılaşılabilecek zorluk ve engeller,
- Süperiletken malzemelerin kullanım alanları ve enerji verimliliğini artırma potansiyelleri,
- Süperiletken malzemelerin mühendislik uygulamalarında daha etkili rol alabilmesi için yapılabilecekler.

Giriş



Elektrik enerjisinin yaşamımızın bütün alanlarına dahil olması güç sistemleri planlanmasının ve analizinin önemini arttırmaktadır. Fakat güç sistemleri sürekli olarak kısa devre (fault current), aşırı yüklenme (overload), gerilim çökmesi (voltage collapse), yeni iletim hatları için yeterli alanın bulunmaması ve yüksek kayıplar gibi birçok sorunla karşı karşıya kalmaktadır.

Giriş



Elektrik enerjisinin yaşamımızın bütün alanlarına dahil olması güç sistemleri planlanmasının ve analizinin önemini arttırmaktadır. Fakat güç sistemleri sürekli olarak kısa devre (fault current), aşırı yüklenme (overload), gerilim çökmesi (voltage collapse), yeni iletim hatları için yeterli alanın bulunmaması ve yüksek kayıplar gibi birçok sorunla karşı karşıya kalmaktadır. **Yüksek sıcaklık süperiletkenleri (YSS veya HTS) sahip oldukları sıfır direnç ve mükemmel diamanyetik özellikleriyle elektrik güç sistemlerindeki bu sorunları en aza indirmek üzere birçok alanda kendine uygulama alanı bulmuştur.**

Giriş



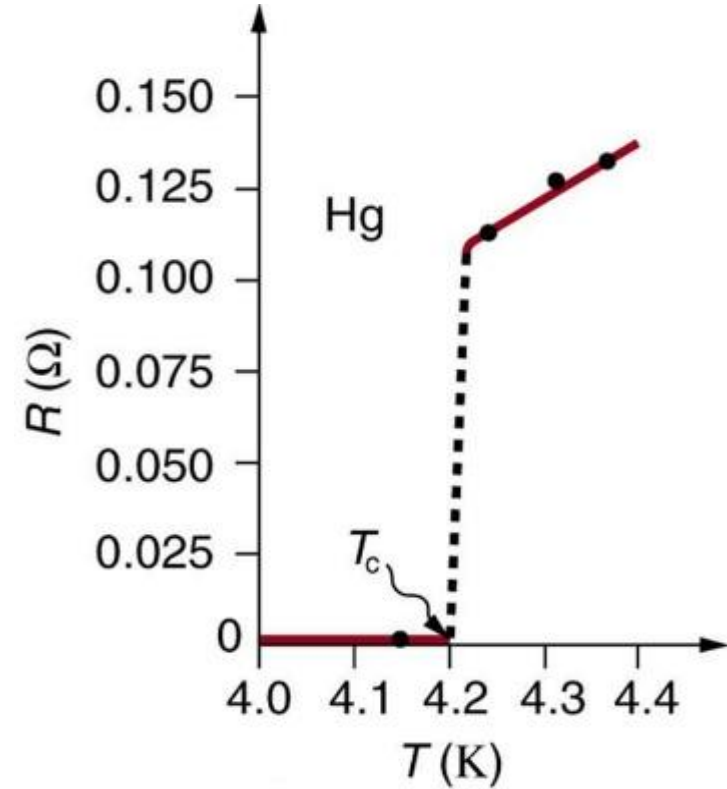
Güç sistemlerinde kullanılarak sistemin daha kararlı ve güvenilir çalışmasını sağlamak, sistemin verimini arttırmak, yeni teknolojilere imkan vermek, sistemde kullanılan elemanların boyutunu küçültmek, ağırlıklarını azaltmak ve karşılaştıkları güçlükleri (gerilim çökmesi, aşırı yüklenme, kayıplar vb.) en aza indirmek üzere süperiletken malzemelerden birçok uygulama yapılmış ve geliştirilmeye devam edilmektedir.

Süperiletkenler ve Temel Özellikleri

İlk süperiletken malzeme 8 Nisan 1911 yılında Lieden'de Hollandalı fizikçi Heike Kamerlingh Onnes ve çalışma grubu tarafından keşfedilmiştir [1]. Onnes yaptığı çalışmaların sonucunda cıva elementinin sıvı helyum kullanarak 4,2 kelvine kadar soğutulduğunda elektriksel direncinin sıfıra ($<10^{-27}\Omega m$) yaklaştığını görmüştür.



Onnes yaptığı bu buluşla 1913 yılında Nobel ödülü kazanmıştır.



Cıvanın sıcaklık-direnç grafiği [2].

Süperiletkenler ve Temel Özellikleri

Süperiletkenlik nedir?

- Süperiletkenlik en temel anlamda; belirli malzemelerin karakteristik kritik sıcaklıkları altına soğutulduklarında elektriksel dirençlerinin sıfır olması ve üzerlerine uygulanan manyetik alanı tamamen dışlaması olarak açıklanabilir.



Süperiletkenler ve Temel Özellikleri



- Her süperiletken malzemenin kendisine ait bir **kritik sıcaklığı (T_c)**,

Süperiletkenler ve Temel Özellikleri



- Her süperiletken malzemenin kendisine ait bir kritik sıcaklığı (T_c), **kritik manyetik alanı (B_c)**

Süperiletkenler ve Temel Özellikleri



- Her süperiletken malzemenin kendisine ait bir kritik sıcaklığı (T_c), kritik manyetik alanı (B_c) ve **kritik akım yoğunluğu (J_c)** vardır.

Süperiletkenler ve Temel Özellikleri



- Her süperiletken malzemenin kendisine ait bir kritik sıcaklığı (T_c), kritik manyetik alanı (B_c) ve kritik akım yoğunluğu (J_c) vardır. Eğer malzeme o kritik sıcaklık, kritik manyetik alan ve kritik akım yoğunluğu değerlerinden **herhangi birinde fazlasına maruz kalırsa**

Süperiletkenler ve Temel Özellikleri

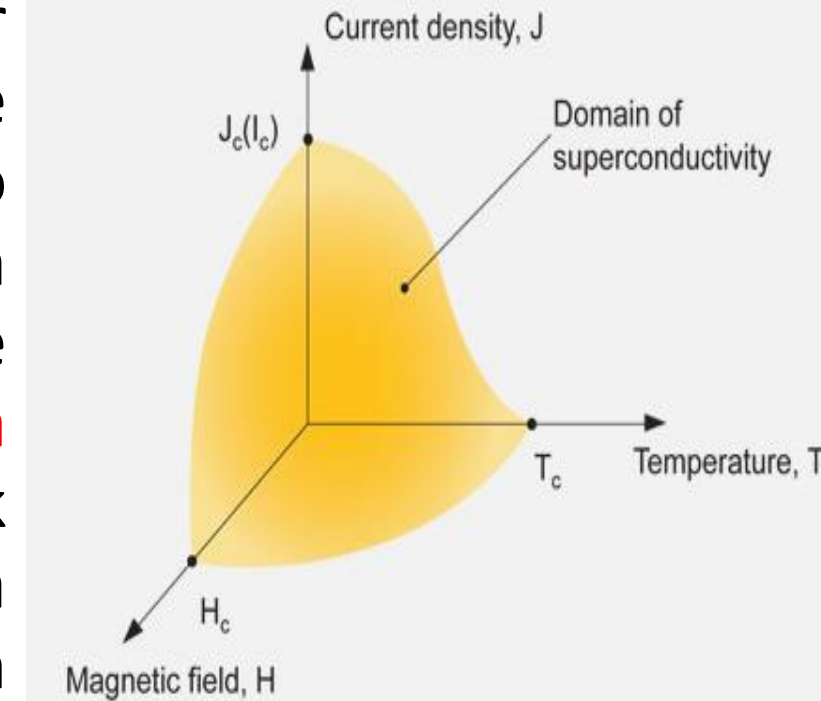


EVK'2015
VI. ENERJİ VERİMLİLİĞİ, KALİTESİ
SEMPOZYUMU ve FUARI

04-05-06
HAZİRAN
SAKARYA
ÜNİVERSİTESİ
KONGRE VE KÜLTÜR
MERKEZİ



- Her süperiletken malzemenin kendisine ait bir kritik sıcaklığı (T_c), kritik manyetik alanı (B_c) ve kritik akım yoğunluğu (J_c) vardır. Eğer malzeme o kritik sıcaklık, kritik manyetik alan ve kritik akım yoğunluğu değerlerinden herhangi birinde fazlasına maruz kalırsa **malzeme normal faza geçer ve süperiletkenlik bozulur**. Kritik manyetik alan süperiletken malzemenin sıcaklığına bağlıdır. Yüksek akım değerleri süperiletken özelliklerin yok olmasına sebebiyet vermektedir.



Süperiletkenler ve Temel Özellikleri

KNOWN SUPERCONDUCTIVE ELEMENTS

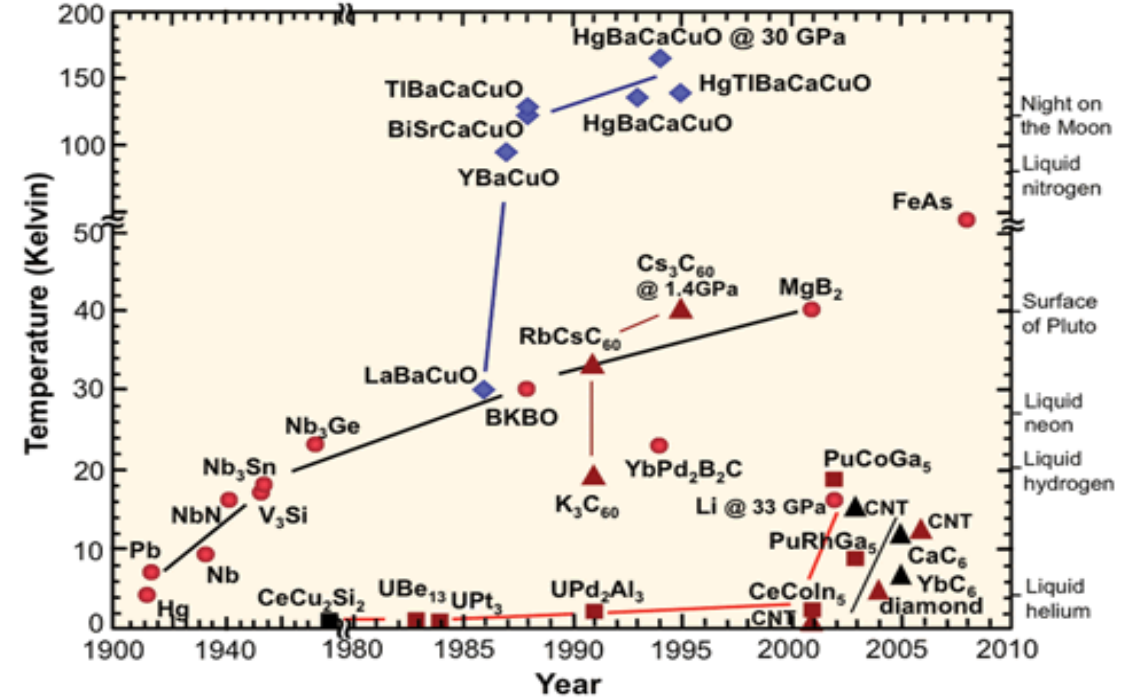
■ BLUE = AT AMBIENT PRESSURE
■ GREEN = ONLY UNDER HIGH PRESSURE

1	2																	10
1 H	IIA																	2 He
3 Li	4 Be																	10 Ne
11 Na	12 Mg	IIIB	IVB	VB	VIB	VII	VIIIB	IB	IIB	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	17 Cl	18 Ar		
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
55 Cs	56 Ba	57 *La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
87 Fr	88 Ra	89 +Ac	104 Rf	105 Ha	106 106	107 107	108 108	109 109	110 110	111 111	112 112							

* Lanthanide
Series

+ Actinide
Series

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr



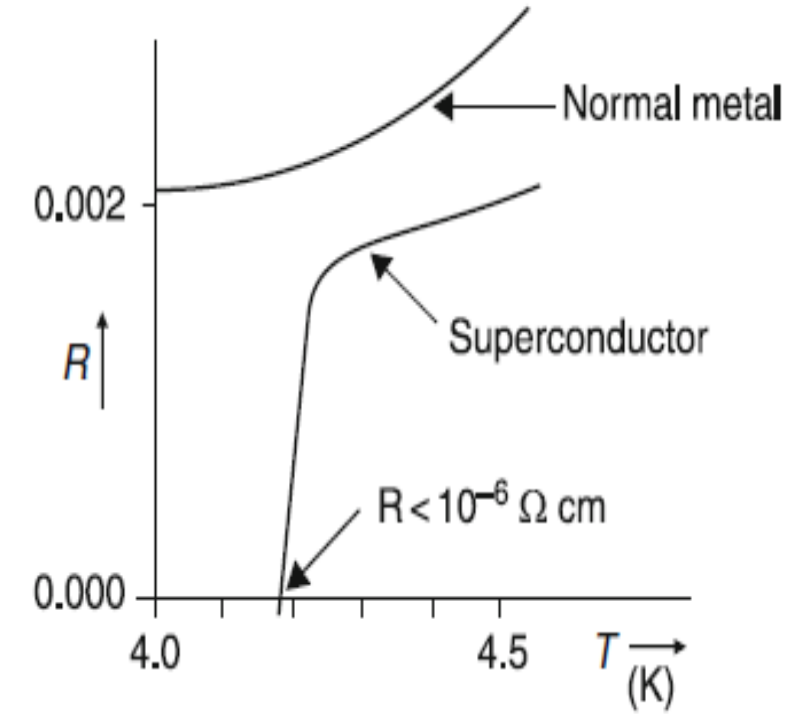
Süperiletken elementler (mavi renkler: ortam basıncı, yeşil renkler: yüksek basınç altında)

Kritik sıcaklığın yıllara göre artışı

Süperiletkenlerin en önemli iki temel özelliği mevcuttur:

Süperiletkenlerin en önemli iki temel özelliği mevcuttur:

-Doğru akımda sıfır direnç özelliğine sahiptirler. Alternatif akımda Alternatif akımları adı verilen kayıplar mevcuttur.



Süperiletkenlerin en önemli iki temel özelliği mevcuttur:

- Doğru akımda sıfır direnç özelliğine sahiptirler. Alternatif akımda Alternatif akımları adı verilen kayıplar mevcuttur.
- Mükemmel diamanyetik özelliğe sahiptirler.



EVK'2015
VI. ENERJİ VERİMLİLİĞİ, KALİTESİ
SEMPOZYUMU ve FUARI

04-05-06
HAZİRAN
SAKARYA
ÜNİVERSİTESİ
KONGRE VE KÜLTÜR
MERKEZİ



TMMOB
ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI
KOCAELİ ŞUBESİ

Süperiletkenlerin en önemli iki temel özelliği mevcuttur:

- Doğru akımda sıfır direnç özelliğine sahiptirler. Alternatif akımda Alternatif akımları adı verilen kayıplar mevcuttur.
- Mükemmel diamanyetik özelliğe sahiptirler.

Sıcaklık düşürüldükçe malzemenin özdirenci azalmakta ve T_C değerine gelindiğinde özdirenç ($\rho=0$) sıfır olmaktadır. Bu durumda manyetik alınganlık ($\chi=-1$) değeride -1 olmaktadır. Manyetik alınganlık değerinin -1 olması malzemenin mükemmel diamanyetik özellikte olduğunu göstermektedir. Malzeme üzerine uygulanan bütün manyetik alanı dışlamaktadır. Manyetik alanın dışlanması olayına Meissner etkisi denmektedir.

$$B = \mu_0 H (1 + \chi)$$

$$B = 0 \quad \chi = -1$$



EVK'2015
VI. ENERJİ VERİMLİLİĞİ, KALİTESİ
SEMPOZYUMU ve FUARI

04-05-06
HAZİRAN
SAKARYA
ÜNİVERSİTESİ
KONGRE VE KÜLTÜR
MERKEZİ



TMMOB
ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI
KOCAELİ ŞUBESİ

Süperiletkenlerin en önemli iki temel özelliği mevcuttur:

- Doğru akımda sıfır direnç özelliğine sahiptirler. Alternatif akımda Alternatif akımları adı verilen kayıplar mevcuttur.
- Mükemmel diamanyetik özelliğe sahiptirler.

Sıcaklık düşürüldükçe malzemenin özdirenci azalmakta ve T_C değerine gelindiğinde özdirenç ($\rho=0$) sıfır olmaktadır. Bu durumda manyetik alınganlık ($\chi=-1$) değeride -1 olmaktadır. Manyetik alınganlık değerinin -1 olması malzemenin mükemmel diamanyetik özellikte olduğunu göstermektedir. Malzeme üzerine uygulanan bütün manyetik alanı dışlamaktadır. Manyetik alanın dışlanması olayına Meissner etkisi denmektedir.

$$B = \mu_0 H (1 + \chi)$$
$$B = 0 \quad \chi = -1$$

$$B = \mu_0 (H + M) \quad H = -M$$

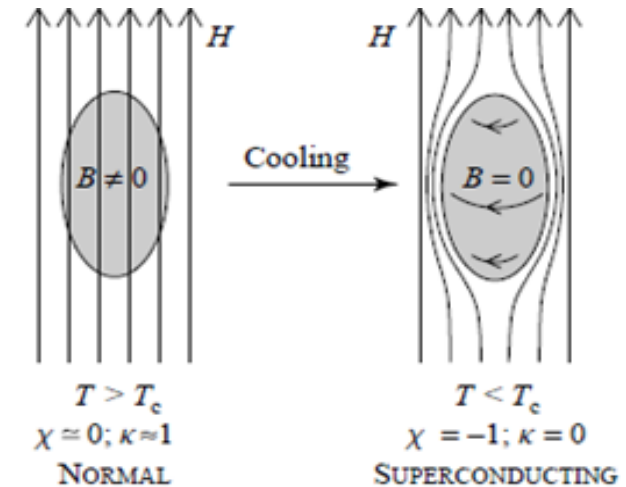
Süperiletkenlerin en önemli iki temel özelliği mevcuttur:

- Doğru akımda sıfır direnç özelliğine sahiptirler. Alternatif akımda Alternatif akımları adı verilen kayıplar mevcuttur.
- Mükemmel diamanyetik özelliğe sahiptirler.

Sıcaklık düşürüldükçe malzemenin özdirenci azalmakta ve T_C değerine gelindiğinde özdirenç ($\rho=0$) sıfır olmaktadır. Bu durumda manyetik alınganlık ($\chi=-1$) değeride -1 olmaktadır. Manyetik alınganlık değerinin -1 olması malzemenin mükemmel diamanyetik özellikte olduğunu göstermektedir. Malzeme üzerine uygulanan bütün manyetik alanı dışlamaktadır. Manyetik alanın dışlanması olayına Meissner etkisi denmektedir.

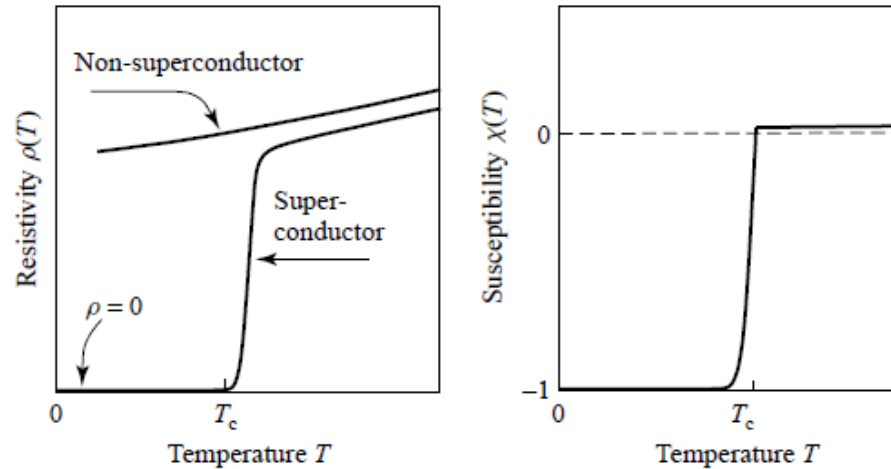
$$B = \mu_0 H (1 + \chi)$$
$$B = 0 \quad \chi = -1$$

$$B = \mu_0 (H + M) \quad H = -M$$



Süperiletkenlerin en önemli iki temel özelliği mevcuttur:

- Doğru akımda sıfır direnç özelliğine sahiptirler. Alternatif akımda Alternatif akımları adı verilen kayıplar mevcuttur.
- Mükemmel diamanyetik özelliğe sahiptirler.



Şekil 2. R-T ve Manyetik alınganlık-T grafiği [12].

- Manyetik alanın artmasıyla malzemenin verdiği tepkiye göre süperiletkenler iki kategoriye ayrılmaktadır:



EVK'2015
VI. ENERJİ VERİMLİLİĞİ, KALİTESİ
SEMPOZYUMU ve FUARI

04-05-06
HAZİRAN
SAKARYA
ÜNİVERSİTESİ
KONGRE VE KÜLTÜR
MERKEZİ

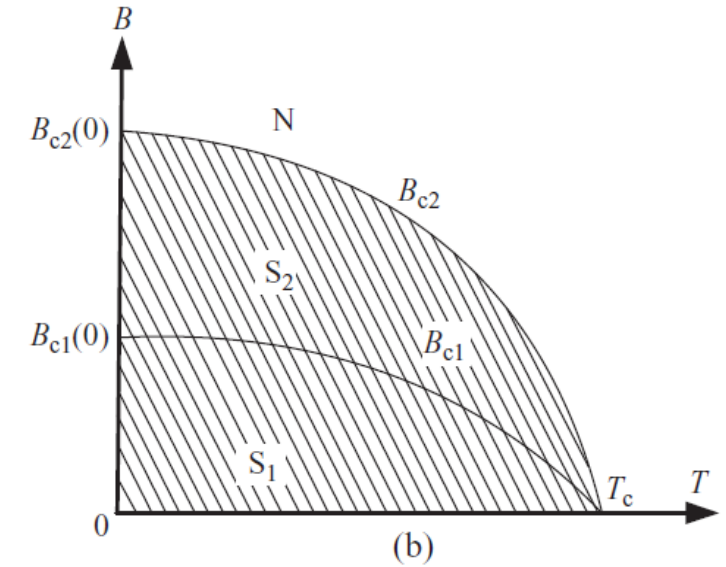
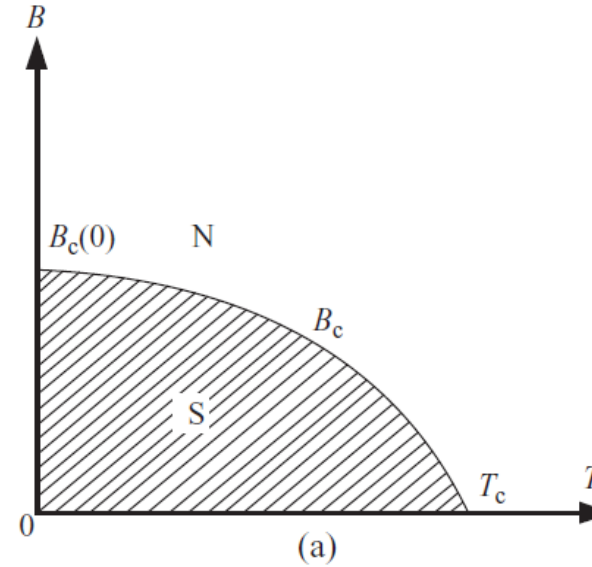


TMMOB
ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI
KOCAELİ ŞUBESİ

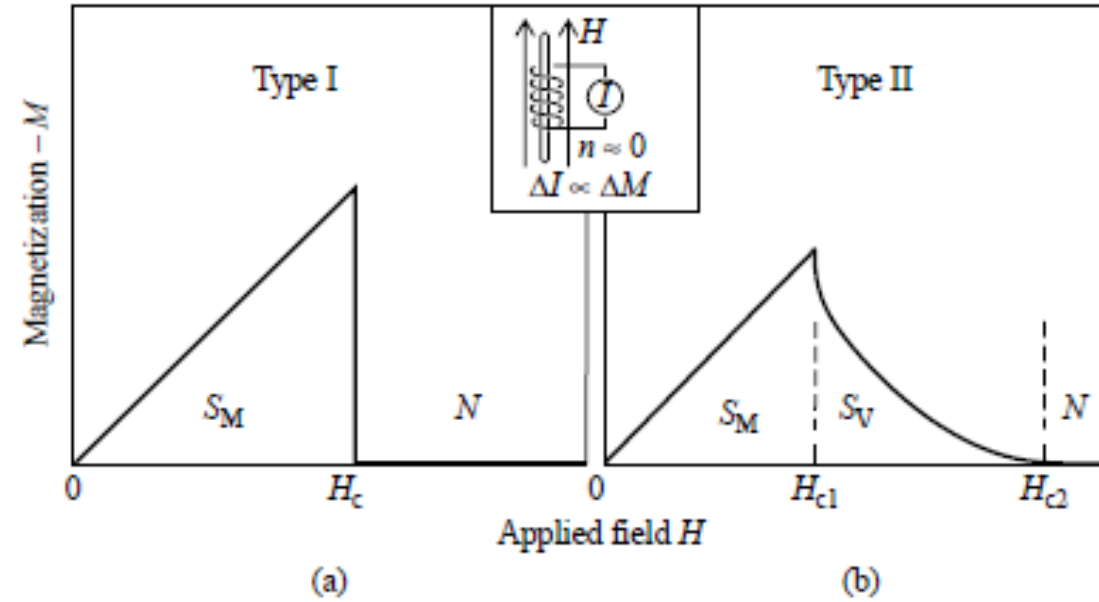
- Manyetik alanın artmasıyla malzemenin verdiği tepkiye göre süperiletkenler iki kategoriye ayrılmaktadır:
- I. Tip Süperiletkenler: Malzeme belirli bir manyetik alandan sonra meissner etkisinden kurtulup normal duruma geçerek içerisine manyetik akının tamamen nüfuz etmesine izin vermektedir. Genellikle kritik manyetik alanları küçüktür.

- Manyetik alanın artmasıyla malzemenin verdiği tepkiye göre süperiletkenler iki kategoriye ayrılmaktadır:
- I. Tip Süperiletkenler: Malzeme belirli bir manyetik alandan sonra meissner etkisinden kurtulup normal duruma geçerek içerisine manyetik akının tamamen nüfuz etmesine izin vermektedir. Genellikle kritik manyetik alanları küçüktür.
- II. Tip Süperiletkenler: Bu tip malzemelerde H_{c1} olarak adlandırılan alt kritik manyetik alan değerine kadar malzeme I. Tip ile aynıdır. Akı bünyesine nüfuz etmez. Bu değerden H_{c2} değerine kadar ise kısmi akı nüfuzu söz konusudur. Fakat süperiletkenlik devam etmektedir. H_{c2} değerinden sonra ise malzeme normal faza geçiş yaparak süperiletkenliğini kaybetmektedir.

- Manyetik alanın artmasıyla malzemenin verdiği tepkiye göre süperiletkenler iki kategoriye ayrılmaktadır:
- I. Tip Süperiletkenler (a):
- II. Tip Süperiletkenler (b):



- Manyetik alanın artmasıyla malzemenin verdiği tepkiye göre süperiletkenler iki kategoriye ayrılmaktadır:
- I. Tip Süperiletkenler (a):
- II. Tip Süperiletkenler (b):



Gelecekteki güç sistemlerinde karşılaşılabilecek zorluklar ve engeller



Gelecekteki Güç Sistemlerinde

Gelecekteki güç sistemlerinde karşılaşılabilecek zorluklar ve engeller



EVK'2015
VI. ENERJİ VERİMLİLİĞİ, KALİTESİ
SEMPOZYUMU ve FUARI

04-05-06
HAZİRAN
SAKARYA
ÜNİVERSİTESİ
KONGRE VE KÜLTÜR
MERKEZİ



Gelecekteki güç sistemlerinde karşılaşılabilecek zorluklar ve engeller



EVK'2015
VI. ENERJİ VERİMLİLİĞİ, KALİTESİ
SEMPOZYUMU ve FUARI

04-05-06
HAZİRAN
SAKARYA
ÜNİVERSİTESİ
KONGRE VE KÜLTÜR
MERKEZİ

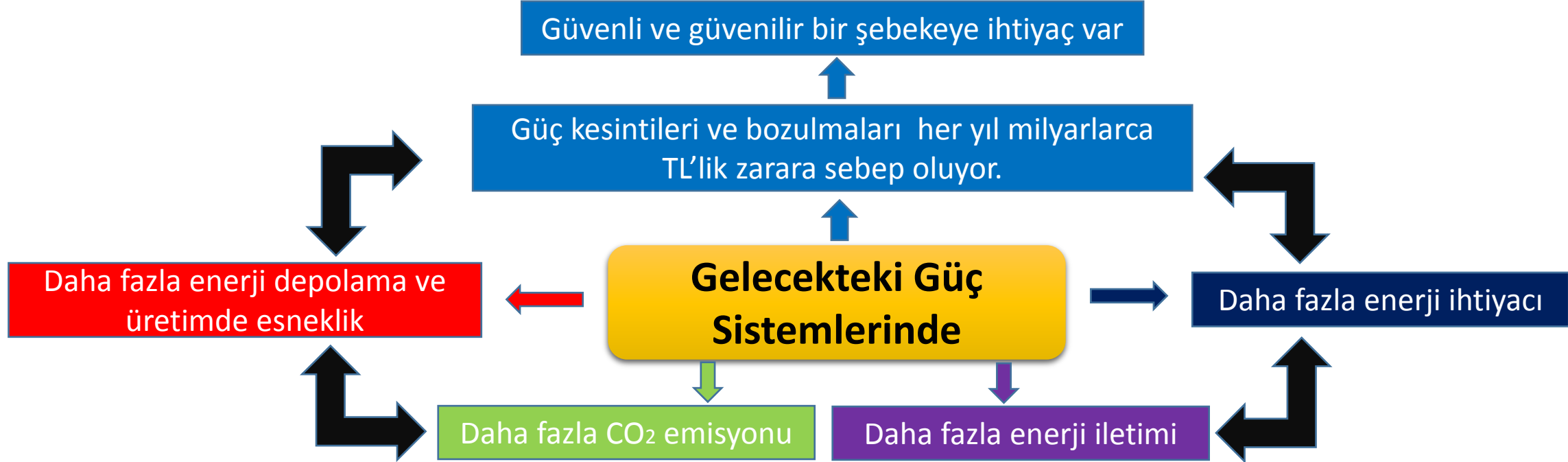


Gelecekteki güç sistemlerinde karşılaşılabilecek zorluklar ve engeller

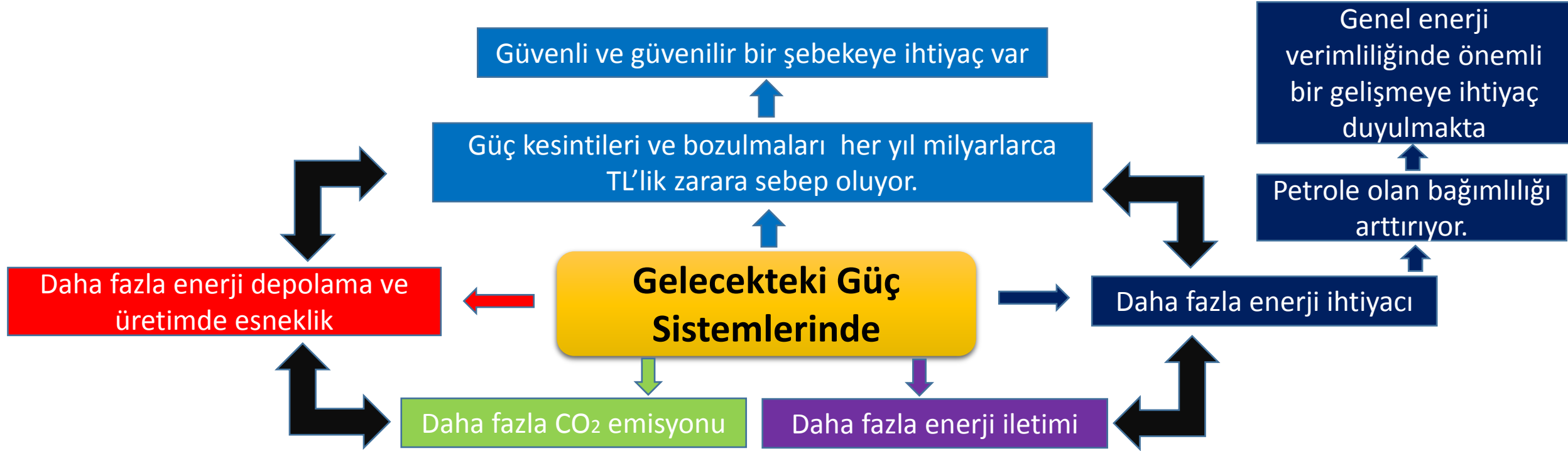


EVK'2015
VI. ENERJİ VERİMLİLİĞİ, KALİTESİ
SEMPOZYUMU ve FUARI

04-05-06
HAZİRAN
SAKARYA
ÜNİVERSİTESİ
KONGRE VE KÜLTÜR
MERKEZİ



Gelecekteki güç sistemlerinde karşılaşılabilecek zorluklar ve engeller

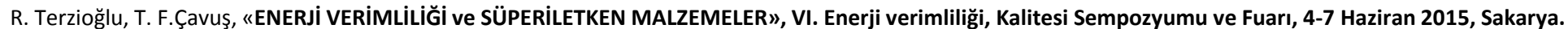


Gelecekteki güç sistemlerinde karşılaşılabilecek zorluklar ve engeller



Gelecekteki güç sistemlerinde karşılaşılabilecek zorluklar ve engeller





Gelecekteki güç sistemlerinde karşılaşılabilecek zorluklar ve engeller



Süperiletken malzemelerin kullanım alanları ve enerji verimliliğini arttırma potansiyelleri



Güç Sistemlerinde Uygulamaları:

- Süperiletken Güç Kabloları,
- Süperiletken Motor ve Jeneratörler,
- Süperiletken Transformatörler,
- FCL (Fault Current Limiter)
- SMES (Superconducting Magnetic Energy Storage)

Diğer Uygulamaları:

- Yüksek manyetik alan üreten bobinler,
- Manyetik ısıtma,
- MAGLEV Trenler,
- Biyomedikal,
- Hassas manyetik alan ölçümlerinde (SQUID)

Güç Sistemlerinde Uygulamaları:

Süperiletken Kablolar:

- Kayıp DC'de yok, AC'de normal kayıplardan çok düşük,
- Aynı iletken çapında daha fazla güç veya aynı gücü daha küçük iletken çapında iletme,
- Üretilen gerilim seviyesinde iletim gerçekleşebileceğinden daha basit şebeke imkanı,
- Elektromanyetik etki yok.

1 phase in 1 cryostat – cold dielectric design

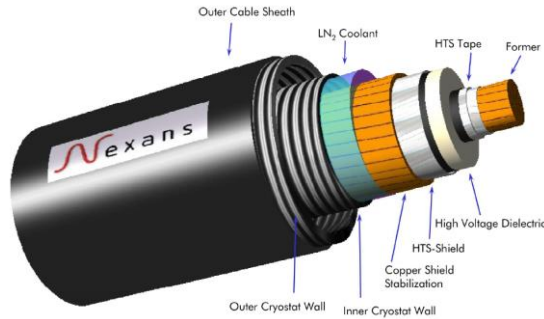
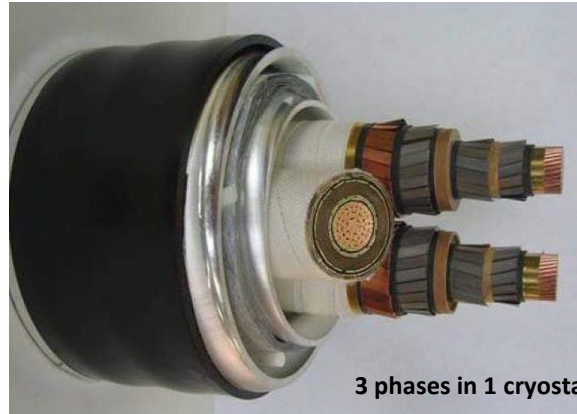
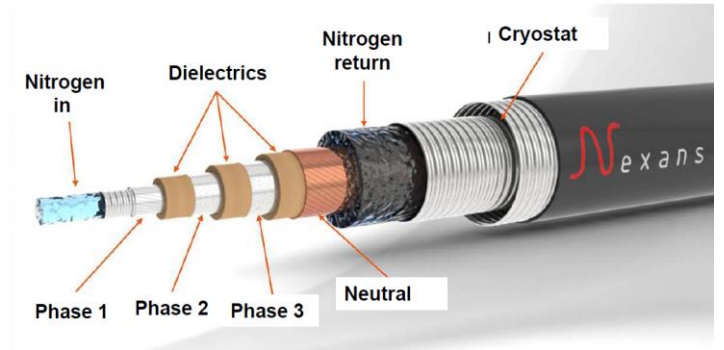


Figure: R. Soka, "Superconducting Power Cables" ESAS Summer School on Materials and Applications on Superconductivity, Karlsruhe 2010

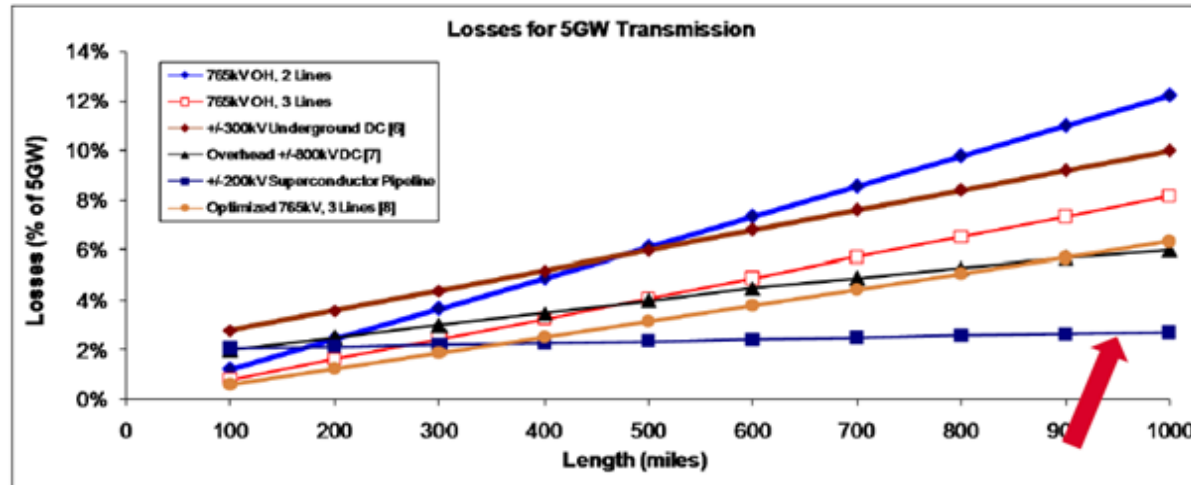
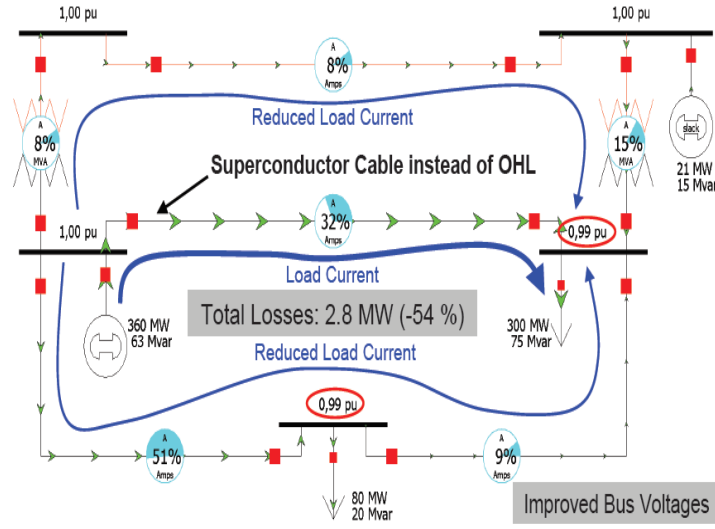
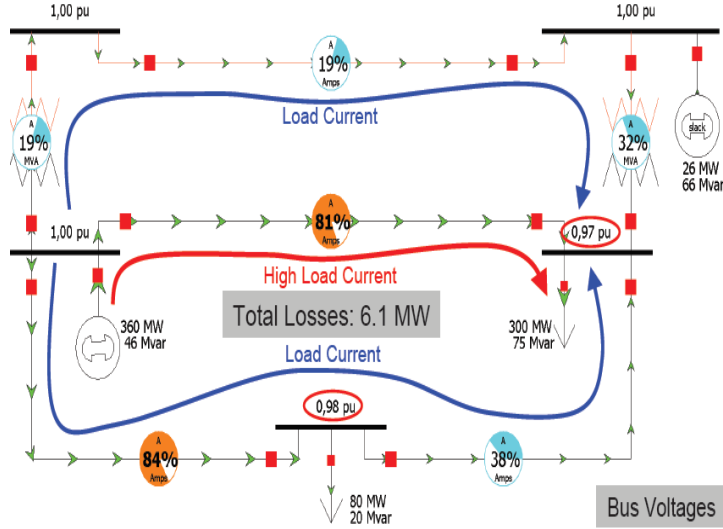


3 phases in 1 cryostat

3 concentric phases in one cryostat – cold dielectric design



Güç Sistemlerinde Uygulamaları: Süperiletken Kablolar:





EVK'2015

VI. ENERJİ VERİMLİLİĞİ, KALİTESİ SEMPOZYUMU ve FUARI

04-05-06
HAZİRAN
SAKARYA
ÜNİVERSİTESİ
KONGRE VE KÜLTÜR
MERKEZİ



TMMOB
ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI
KOCAELİ ŞUBESİ



Columbus



Ultera
13.2 kV, 3 kA, 200 m
Triaxial™ Design
BSCCO 2223
Energized 2006
High reliability

Figure:
Ultera

LIPA



Nexans
138 kV, 2.4 kA,
600 m
Single coaxial design
BSCCO 2223
Energized 2008

Figure:
Nexans

Gochang

Figure: LS Cable



LS Cable
22.9 kV, 50 MVA, 100 m
BSCCO 2223
Energized 2007
500 m field test with YBCO
in 2011

Güç Sistemlerinde Uygulamaları:

Süperiletken Motor ve Jeneratörler:

- **Boyut ve ağırlıkta azalma**
 - Hacim ve ağırlık yarı değerinde,
 - Güç yoğunluğu iki katında,



Güç Sistemlerinde Uygulamaları:

Süperiletken Motor ve Jeneratörler:

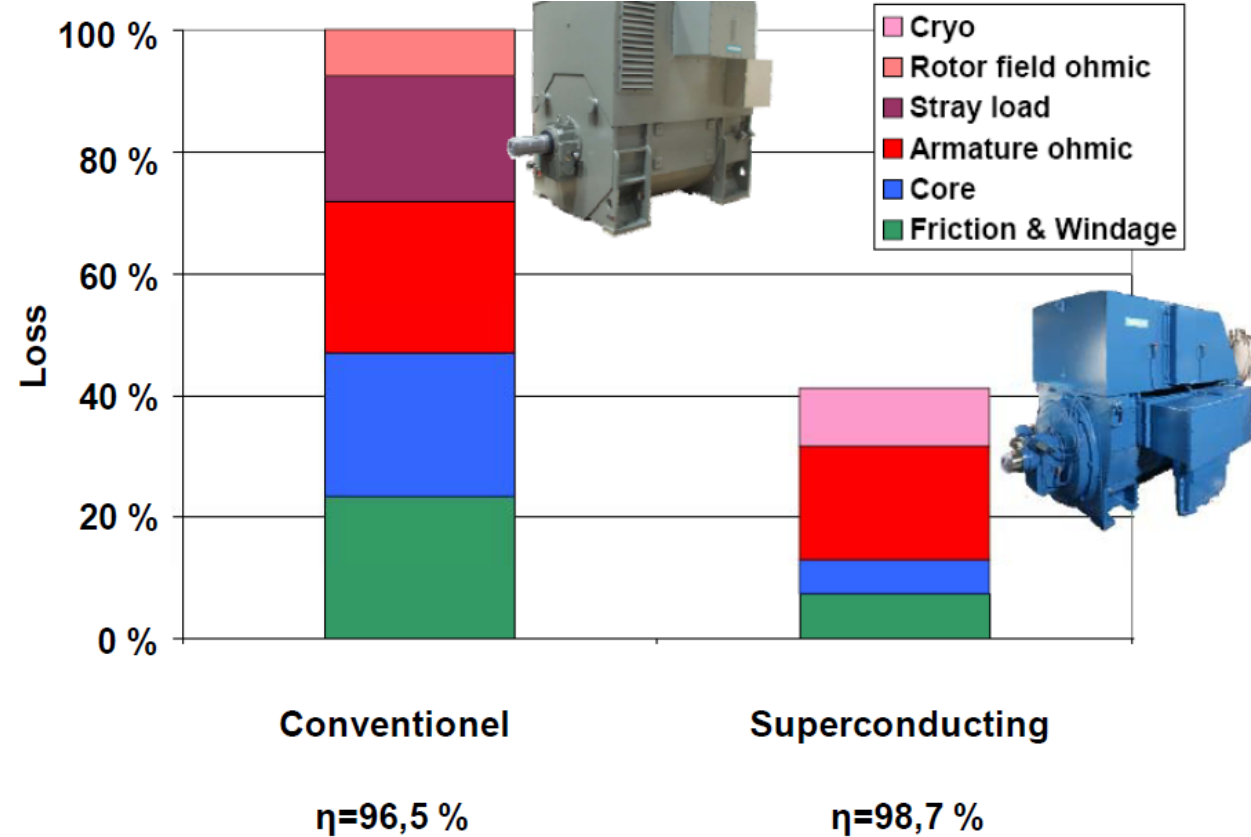
- Boyut ve ağırlıkta azalma
 - Hacim ve ağırlık yarı değerinde,
 - Güç yoğunluğu iki katında,
- **Yapımda daha az kaynak**
 - Yüksek verim,
 - Az malzeme,



Güç Sistemlerinde Uygulamaları:

Süperiletken Motor ve Jeneratörler:

- Boyut ve ağırlıkta azalma
 - Hacim ve ağırlık yarı değerinde,
 - Güç yoğunluğu iki katında,
- Yapımda daha az kaynak
 - Yüksek verim,
 - Az malzeme,
- Çalışma parametrelerinde gelişme
 - Düşük gerilim düşümü,
 - Yüksek kararlılık,
 - Yüksek tork ve dinamik,
 - Daha fazla reaktif güç.

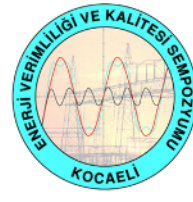


Manufacturer / Country	Machine	Timeline
AMSC (US)	5 MW demo-motor	2004
	8 MVA, 12 MVA synchronous condenser	2005/2006 (Field test)
	40 MVA generator design study	2006
	36 MW ship propulsion motor 8 MW wind generator design study	2008 2010
GE (US)	100 MVA utility generator	2006 (discontinued)
	5 MVA homopolar induction motor	2008
LEI (US)	5 MVA high speed generator	2006
Reliance Electric (US)	10.5 MVA generator design study	2008
Kawasaki (JP)	1 MW ship propulsion	2007
IHI Marine, SEI (JP)	365 kW ship propulsion motor	2007
	2.5MW ship propulsion motor	2010
Doosan, KERI (Korea)	1 MVA demo-generator	2007
	5 MW motor ship propulsion	2011
Siemens (Germany)	4 MVA industrial generator	2008 (Field test)
	4 MW ship propulsion motor	2010
Converteam (UK), now GE	1.25 MVA hydro-generator	2012
	500 kW demo-generator	2008
	8 MW wind generator design study	2010



Image Courtesy of Converteam

GE(Converteam)
 1.790 MW, 5.25 kV
 214 rpm, 77.3 kNm
 28 poles, 32.7 tons
 4.7 m x 5.2 m x 3.5 m
 Installation in 2012



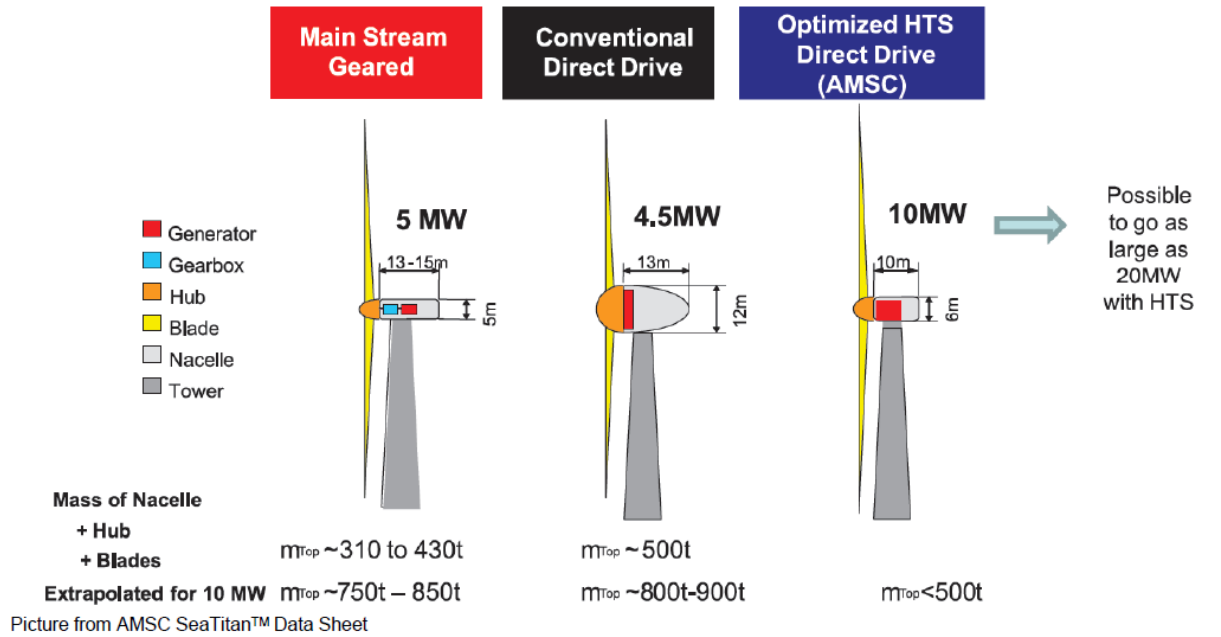
EVK'2015

VI. ENERJİ VERİMLİLİĞİ, KALİTESİ SEMPOZYUMU ve FUARI

**04-05-06
HAZİRAN
SAKARYA
ÜNİVERSİTESİ
KONGRE VE KÜLTÜR
MERKEZİ**



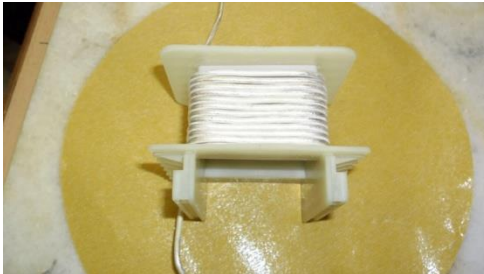
TMMOB
ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI
KOCAELİ ŞUBESİ



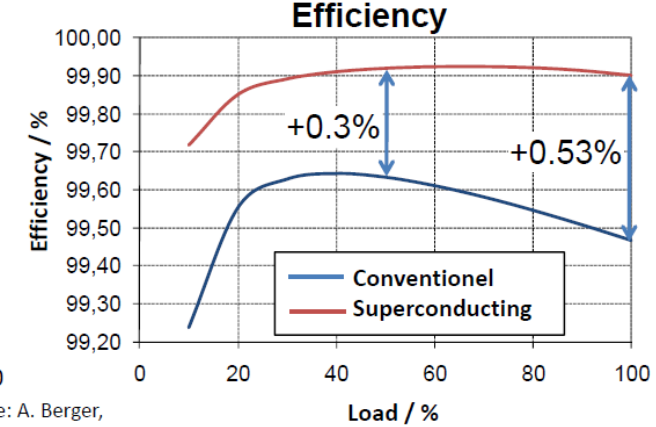
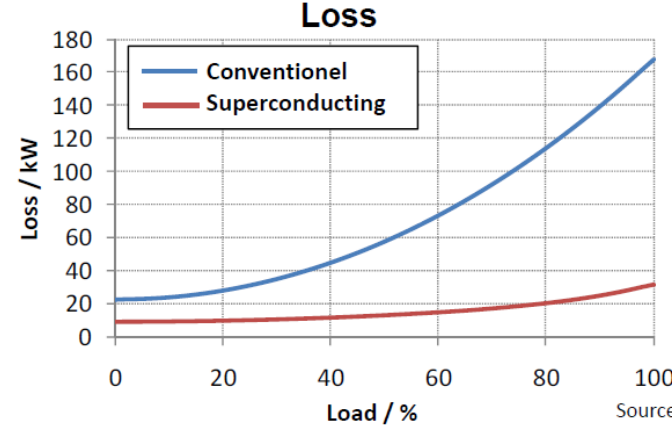
Güç Sistemlerinde Uygulamaları:

Süperiletken Transformatörler:

- Genelde elektrik üretimden tüketime kadar 4-5 transformatörden geçmektedir,
- Kompakt ve hafif,
- Enerji tasarrufu (yaklaşık %50),
- Yanıcı-patlayıcı değil (yağ yok),
- Düşük kısa devre empedansı,
- Daha kararlı,
- Daha az gerilim düşümü,



60 Wattlık trafoda yaklaşık yüzde 1.1-1.727 kayıp oluştu.



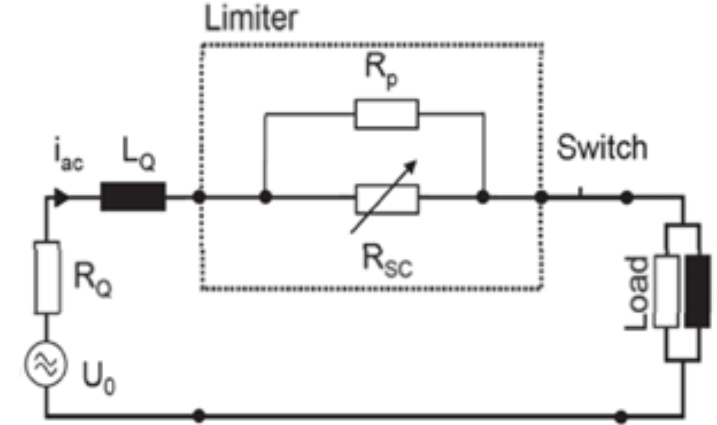
Source: A. Berger,
PhD Thesis to be published 2010
KIT Scientific Publishing

Country	Inst.	Application	Data	Phase	Year	HTS
Switzerland	ABB	Distribution	630 kVA/18.42 kV/420 V	3 Dyn11	1996	Bi 2223
Japan	Fuji Electric Kyushu Uni	Demonstrator	500 kVA/6.6 kV/3.3 kV	1	1998	Bi 2223
Germany	Siemens	Demonstrator	100 kVA/5.5 kV/1.1 kV	1	1999	Bi 2223
USA	Waukesha	Demonstrator	1 MVA/13.8 kV/6.9 kV	1		Bi 2223
USA	Waukesha	Demonstrator	5 MVA/24.9 kV/4.2 kV	3 Dy		Bi 2223
Japan	Fuji Electric U Kyushu	Demonstrator	1 MVA/22 kV/6.9 kV	1	< 2001	Bi 2223
Germany	Siemens	Railway	1 MVA/25 kV/1.4 kV	1	2001	Bi 2223
EU	CNRS	Demonstrator	41 kVA/2050 V/410 V	1	2003	P-YBCO S- Bi 2223
Korea	U Seoul	Demonstrator	1 MVA/22.9 kV/6.6 kV	1	2004	Bi 2223
Japan	U Nagoya	Demonstrator	2 MVA/22 kV/6.6 kV	1	2009	P-Bi 2223 S-YBCO
Germany	KIT	Demonstrator	1 MVA, 20 kV	1	2015	P-Cu/S-YBCO
USA	Waukesha	Prototype	28 MVA/69 kV	3	2013	YBCO
Japan	Kyushu	Demonstrator	400 kVA	1	2010	YBCO
Australia	Callaghan Innovation	Demonstrator	1 MVA	3	2013	YBCO

Active current limitation

Güç Sistemlerinde Uygulamaları: SFCL (Fault Current Limiter):

- Kısa devre akımını hızlı bir şekilde sınırlama,
- Sıfır veya düşük empedans (normal çalışma durumunda),
- Hızlı ve kendi kendini iyileşme,
- Arızaya kadar dayanıklı (daha yüksek kısa devre akımı kaldırabilir.),
- Yüksek gerilim seviyelerinde de kullanılabilen,
- Fiyat açısından diğer süperiletkenlere göre daha ekonomik.



Nexans SuperConductors



Resistive Type
12 kV, 800 A, 120 ms
YBCO material
Power system auxiliary
Energized 2011

Innopower



DC Biased Iron Core Type
220 kV, 800 A
Bi 2223 tapes
Substation
Energized 2012

KEPRI



Hybrid type
22.9 kV, 3 kA
YBCO tapes
Substation
Energized 2011

Güç Sistemlerinde Uygulamaları: SFCL (Fault Current Limiter):

- Kısa devre akımını hızlı bir şekilde sınırlama,
- Sıfır veya düşük empedans (normal çalışma durumunda),
- Hızlı ve kendi kendini iyileşme,
- Arızaya kadar dayanıklı (daha yüksek kısa devre akımı kaldırabilir.),
- Yüksek gerilim seviyelerinde de kullanılabilen,
- Fiyat açısından diğer süperiletkenlere göre daha ekonomik.

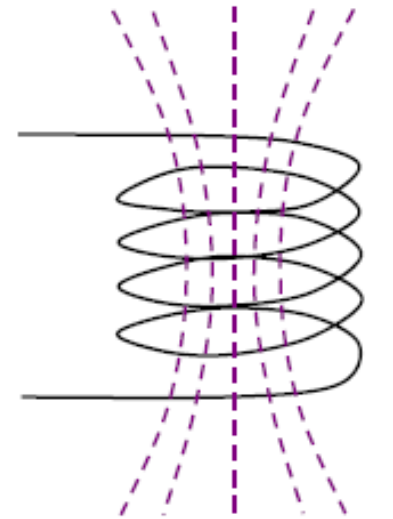


Lead Company	Country/Year ¹⁾	Type	Data ²⁾	Phase	Superconductor
ACCEL/NexansSC	D / 2004	Resistive	12 kV, 600 A	3-ph.✓	Bi 2212 bulk
CAS	China / 2005	Diode bridge	10.5 kV, 1.5 kA	3-ph.✓	Bi 2223 tape
CESI RICERCA	Italy / 2005	Resistive	3.2 kV, 220 A	3-ph.	Bi 2223 tape
Siemens / AMSC	D / USA / 2007	Resistive	7.5 kV, 300 A	1-ph.	YBCO tape
LSIS	Korea / 2007	Hybrid	24 kV, 630A	3-ph.	YBCO tape
Hyundai / AMSC	Korea / 2007	Resistive	13.2 kV, 630 A	1-ph.	YBCO tape
KEPRI	Korea / 2007	Res.-hybrid	22.9 kV, 630 A	3-ph.	Bi 2212 bulk
Innower	China / 2008	DC biased iron core	35 kV, 90 MVA	3-ph.✓	Bi 2223 tape
Toshiba	Japan / 2008	Resistive	6.6 kV, 72 A	3-ph.✓	YBCO tape
Nexans SC	D / 2009	Resistive	12 kV, 100 A	3-ph.✓	Bi 2212 bulk
Zenergy Power	USA / 2009	DC biased iron core	12 kV, 1.2 kA	3-ph.✓	Bi 2223 tape
Zenergy Power	USA / 2010	DC biased iron core	12 kV, 1.2 kA	3-ph.✓	Bi 2223 tape
Nexans SC	D / 2009	Resistive	12 kV, 800 A	3-ph.✓	Bi 2212 bulk
Nexans SC	D / 2011	Resistive	12 kV, 800 A	3-ph.✓	YBCO tape
Innower	China / 2010	DC biased iron core	220 kV, 300 MVA	3-ph.✓	Bi 2223 tape
ERSE	I / 2010	Resistive	9 kV, 250 A	3-ph.✓	Bi 2223 tape
ERSE	I / 2010	Resistive	9 kV, 1 kA	3-ph.✓	YBCO tape
KEPRI	Korea / 2010	Resistive	22.9 kV, 3 kA	3-ph.✓	YBCO tape
AMSC / Siemens	USA / D / 2012	Resistive	66 kV, 1.2 kA	1-ph.	YBCO tape
Innower	China / 2012	DC biased iron core	220 kV, 800 A	3-ph. ✓	Bi 2223 tape
Nexans SC	EU / 2012	Resistive	24 kV, 1005 A	3-ph. ✓	YBCO tape

Güç Sistemlerinde Uygulamaları:

SMES (Superconducting Magnetic Energy Storage):

- Kısa tepki süresi (msn),
- Hızlı şarj-deşarj olabilme,
- % 0-100 şarj imkanı,
- Yüksek verim (= %98-99),
- Çevre dostu,
- Bağımsız bir şekilde aktif ve reaktif güç sağlayabilmekte.



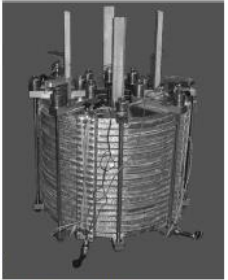
$$I = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \tau = \frac{L}{R}$$

Depolanan enerji:

$$Q = \frac{1}{2} L I^2$$

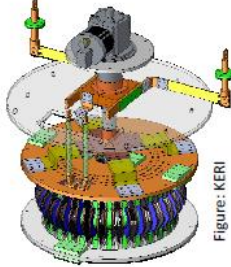
Lead Institution	Country	Year	Data	Super-conductor	Application
KIT	D	1997	320 kVA, 203 kJ	NbTi	Flicker compensation
AMSC	USA		2 MW, 2,6 MJ	NbTi	Grid stability
KIT	D	2004	25 MW, 237 kJ	NbTi	Power modulator
Chubu	J	2004	5 MVA, 5 MJ	NbTi	Voltage stability
Chubu	J	2004	1 MVA, 1 MJ	Bi 2212	Voltage stability
KERI	Korea	2005	750 kVA, 3 MJ	NbTi	Power quality
Ansaldo	I	2005	1 MVA, 1 MJ	NbTi	Voltage stability
Chubu	J	2007	10 MVA, 19 MJ	NbTi	Load compensation
CAS	China	2007	0,5 MVA, 1 MJ	Bi 2223	-
KERI	Korea	2007	600 kJ	Bi 2223	Power-, Voltage quality
CNRS	F	2008	800 kJ	Bi 2212	Military application
KERI	Korea	2011	2.5 MJ	YBCO	Power quality
BNL	USA	2013	3 MJ	YBCO	Grid storage

Chubu, Japan
Bridging voltage dips



1 MJ, 1 MW
Bi 2212 tape
500 A,
5 K conduction cooled
Voltage: 2.5 kV

KERI, Korea
Power quality

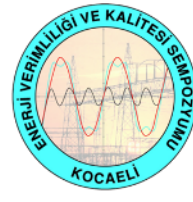


2.5 MJ
YBCO tape, 22 km
550 A
20 K conduction cooled
 B_{max} 6.24 T
Test in 2011

CNRS, France
Military application



814 kJ
Bi 2212 tape
315 A
20 K conduction cooled
Diameter: 300/814 mm
Height: 222 mm



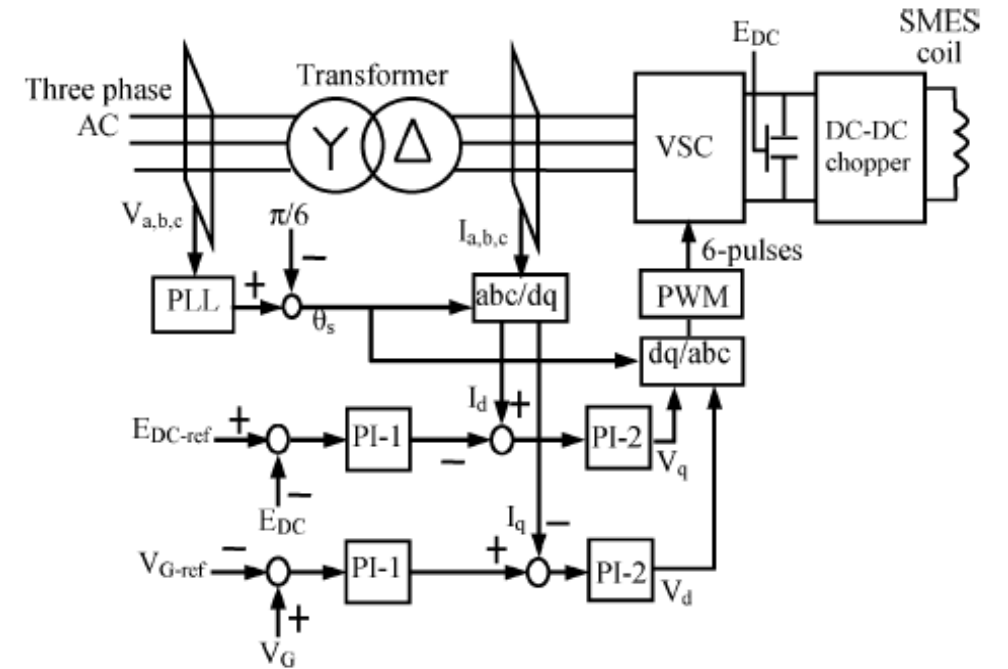
EVK'2015

VI. ENERJİ VERİMLİLİĞİ, KALİTESİ SEMPOZYUMU ve FUARI

**04-05-06
HAZİRAN
SAKARYA
ÜNİVERSİTESİ
KONGRE VE KÜLTÜR
MERKEZİ**



TMMOB
ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI
KOCAELİ ŞUBESİ



Özetleyecek Olursak S.i.'lerin Güç Sistemlerine Etkisi:

Geliştirilmiş enerji verimliliği



Daha yüksek güç yoğunluğu

Yeni teknolojiler

Daha yüksek güç kalitesi

Çevre dostu

Uygulama Alanı	Kayıptaki Azalma
Jeneratör (birkaç MVA)	%30-40
Jeneratör (yüzlerce MVA)	%40-50
Transformatörler	%50
Manyetik ısıtma	%50
HTS yüksek alan magnetleri	%90

Özetleyecek Olursak S.İ.'lerin Güç Sistemlerine Etkisi:

Geliştirilmiş enerji verimliliği

Daha yüksek güç yoğunluğu

Yeni teknolojiler

Daha yüksek güç kalitesi

Çevre dostu



Uygulama Alanı	Boyut ve ağırlıktaki azalma
Jeneratörler	%30-50
Transformatörler	%30-50
Kablolar	>%50

Özetleyecek Olursak S.İ.'lerin Güç Sistemlerine Etkisi:

Geliştirilmiş enerji verimliliği

Daha yüksek güç yoğunluğu

Yeni teknolojiler

Daha yüksek güç kalitesi

Çevre dostu



SFCL

SMES

Özetleyecek Olursak S.İ.'lerin Güç Sistemlerine Etkisi:

Geliştirilmiş enerji verimliliği

Daha yüksek güç yoğunluğu

Yeni teknolojiler

Daha yüksek güç kalitesi

Çevre dostu



Süperiletken ekipmanların düşük empedansı

SFCL'ler ile daha yüksek kısa devre kapasitesi

SMES'ler ile hataları daha hızlı kompanze etme

Özetleyecek Olursak S.i.'lerin Güç Sistemlerine Etkisi:

Geliştirilmiş enerji verimliliği

Daha yüksek güç yoğunluğu

Yeni teknolojiler

Daha yüksek güç kalitesi

Çevre dostu



Soğutmada ve elektriksel yalıtımda sıvı azot kullanılıyor.

Kolay ulaşılır (Havanın yüzde 78'i azot).



EVK'2015
VI. ENERJİ VERİMLİLİĞİ, KALİTESİ
SEMPOZYUMU ve FUARI

04-05-06
HAZİRAN
SAKARYA
ÜNİVERSİTESİ
KONGRE VE KÜLTÜR
MERKEZİ



TMMOB
ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI
KOCAELİ ŞUBESİ

Süperiletkenlerin mühendislik uygulamalarında daha etkili bir rol alabilmesi için yapılabilecekler

Süperiletken cihaz ve elemanların geleneksel ekipmanlar yerine kullanılabilmesi için;

- Daha fazla akım taşıyabilen süperiletken kablolar geliştirilmeli,
- Var olan süperiletken kablolarda maliyeti azaltılmalı,
- Soğutma sistemleri ucuz hale getirilebilmeli,
- Yüksek sıcaklıklarda süperiletken olabilen yeni malzemeler araştırılabilir.

Gelecekte enerjinin birim fiyatı...



EVK'2015
VI. ENERJİ VERİMLİLİĞİ, KALİTESİ
SEMPOZYUMU ve FUARI

04-05-06
HAZİRAN
SAKARYA
ÜNİVERSİTESİ
KONGRE VE KÜLTÜR
MERKEZİ



TMMOB
ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI
KOCAELİ ŞUBESİ

Mevcut Çalışmalarımız

Dinlediğiniz İçin Teşekkürler...

