



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

Jahresbericht 27.11.2013

---

## **IEA Implementing Agreement: “Assessing the Impact of High Temperature Superconductivity in the Electric Power Sector” (ExCo Member)**

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
Forschungsprogramm Elektrizitätstechnologien & -anwendungen  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Kofinanzierung:**

Université de Genève,  
Dépt. Phys. Matière Condensée (DPMC)  
24, quai Ernest Ansermet  
CH-1211 Genève 4

**Autoren:**

Prof. René Flükiger, Université de Genève  
[rene.flukiger@unige.ch](mailto:rene.flukiger@unige.ch)

<b>BFE-Bereichsleiter:</b>	Dr. Michael Moser
<b>BFE-Programmleiter:</b>	Roland Brüniger
<b>BFE-Vertragsnummer:</b>	SI/500193-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

## Zusammenfassung

Das hier beschriebene Projekt verfolgt das Ziel, eine möglichst umfassende Information über die wichtigsten nationalen und internationalen Aktivitäten auf dem Gebiet der Hoch- $T_c$  - Supraleitung zu geben, mit Hauptinteresse auf den Entwicklungen auf dem Energiesektor. Das Hauptaugenmerk ist auf den Einsatz von Hoch- $T_c$  - Supraleitern in industriellen Anwendungen gerichtet, vor allem Strombegrenzer, aber auch Hochstrom-Kabel, Schwungräder und Windkraftgeneratoren, unter Berücksichtigung der anfallenden Kühlprobleme. Die industrielle Entwicklung von Supraleitermaterialien (High- $T_c$  und  $MgB_2$ ) mit hohen Stromdichten und niedrigen Wechselstromverlusten wird besonders aufmerksam verfolgt. Die Entwicklung vielversprechender neuer Materialien wird auch mit Interesse verfolgt, im Hinblick auf mögliche spätere Anwendungen (z.B. Prictide auf FeAs - Basis).

Die IEA hat der Verlängerung des Implementing Agreements „HTS Superconductor Applications“ bis Ende 2015 zugestimmt.

Auch im Jahr 2013 wurden bedeutende Fortschritte auf dem Gebiet der HTS - Anwendungen erreicht: R.E.YBCO - Bänder oder "Coated Conductors" in Längen bis über 1'000 Meter werden nun von fast allen Herstellern erreicht. Die Stromdichten für industrielle Längen von Bändern haben im 2013 bei allen Herstellern die 500 A für eine Standardbreite von 10 mm erreicht. Das Ziel bleibt nach wie vor die 1000 A/cm - Marke für Längen > 1 km, um die Produktionskosten deutlich zu senken.

Ein wesentliches Hindernis auf dem Wege einer weiten Verbreitung ist immer noch der hohe Herstellungspreis: die Absenkung des Preises erfolgt nur langsam aufgrund der noch zu niedrigen Bestellmengen. Der Herstellungspreis liegt immer aber noch deutlich über demjenigen von Bi-2223 - Bändern, deren Herstellung verbessert wurde: dies ist der Grund, warum letztere für den Bau des 1 km - Kabels in Essen (D) verwendet werden. Der Prototyp des Kabels wurde im 2013 erfolgreich getestet, mit dem Einbau wurde begonnen. Als High-light für supraleitende Anwendungen kann der 4 MVA - Motor von Siemens gelten sowie die 154 kV Strombegrenzer in Korea.

Aus Kostengründen werden in den nächsten Jahren für bestimmte Anwendungen vermehrt auch  $MgB_2$ -Drähte eingesetzt werden. Die laufende Testreihe hat gezeigt, dass für das „LINK“ – Projekt am CERN (über 1'000 km Draht) die  $MgB_2$  -Drähte das beste Preis-Leistungsverhältnis aufweisen. Der Einsatz von  $MgB_2$  - Drähten bei Windgeneratoren wird gegenwärtig erwogen; bis jetzt wurde noch kein Prototyp gebaut, aber eine wichtige Konzeptstudie ist in Europa im Gange.

## Projektziele

Die Projektziele beinhalten eine umfassende Information über die neuesten Fortschritte und Anwendungen auf dem Gebiet der Hoch- $T_c$ -Supraleitung (HTSL) im Energiebereich. Dazu zählen vor allem supraleitende Strombegrenzer, Kabel, Motoren und Schwungräder, weiter Generatoren und Transformatoren, sowie Magnetische Energiespeicher (SMES). Der Zugang zu dieser Dokumentation wird durch die Teilnahme der Schweiz am Programm "Implementing Agreement for a Cooperative Programme for Assessing the Impact of High Temperature Superconductivity on the Electric Power Sector" sichergestellt, das unter der Leitung der International Energy Agency (IEA) steht.

Die Projektziele umfassen den Informationsaustausch über die bisher erreichten Fortschritte, über den gegenwärtigen technischen Stand und den zukünftig vorgesehenen Arbeiten. Das Programm ermöglicht den Mitgliedstaaten, gegenseitig technische Berichte auszutauschen und Laboratorien und Testeinrichtungen, sowie industrielle Unternehmen zu besuchen. Das IEA - Implementing Agreement „HTS - Supraleiter“ umfasst 11 Partner, mit 3 industriellen Partnern. Ein besonderer Schwerpunkt dieser umfassenden Orientierung im IEA-Agreement ist das periodische Erscheinen von detaillierten, technisch hochstehenden Berichten, die ausser der Durchführbarkeit von neuen supraleitenden Lösungen auch Aspekte wie Umwelt und Sicherheit, aber auch die Durchdringung des Marktes durch HTSL - Produkte untersucht. Zusätzlich wird die Anwendbarkeit der hier entwickelten Konzepte auf den Schweizer Markt untersucht.

# Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

## 1. ExCo Implementing Agreement: Fortführung des Agreements

Das Jahr 2013 ist das dritte Jahr des gegenwärtigen IEA - Agreements, das nun bis Ende 2015 verlängert wurde. Seit November 2011 hat Dr. Luciano Martini (ERSE, Italien), die Nachfolge von Prof. Guy Deutscher als Chairman übernommen. Bisher waren zwei Vice-Chairmen aktiv: Prof. Osami Tsukamoto (J), zuständig für die technischen Anwendungen, und Prof. R. Flükiger (CH) für die Materialprobleme. Leider wurde Prof. Tsukamoto an eine andere Universität versetzt, sodass für 2012/2013 nur Prof. Flükiger als Vice-chairman zur Verfügung stand. Der zweite Vice-chairman wird Anfang 2014 bestimmt und wird sehr wahrscheinlich entweder aus Japan oder aus Korea kommen.

Das ExCo besteht nun aus den folgenden 11 Partnern: USA, Japan, Deutschland, Finnland, Kanada, Korea, Israel, Italien, der Schweiz, sowie den Firmen Bruker HTS (D), Nexans (F) und Columbus Superconductors (I). Die Firma Nexans (Deutschland), führend auf dem Gebiet der supraleitenden Kabel, war während zweier ExCo - Meetings durch Dr. J. Bock vertreten, hat aber immer noch kein Gesuch an die IEA Headquarters in Paris gestellt.

Die Förderung des Department of Energy (DOE) an die angewandte Supraleitung in den USA ist leider in den letzten 2 Jahren zurückgegangen. Gegenwärtig werden in den USA Anstrengungen unternommen, um die weitere Unterstützung des ExCo zu gewährleisten: die Antwort darauf wird im Laufe von 2014 erfolgen. Möglicherweise wird die Rolle vom DOE durch einen Verbund aus verschiedenen Firmen und Institutionen aus den USA übernommen. Die Aussichten stehen gut, da die Aktivitäten auf dem supraleitenden Gebiet in den USA weiterhin intensiv aus andern Quellen unterstützt werden.

### **Zusätzliche Information: Web-Site**

Um die Arbeit des Implementing Agreements auch für externe Stellen sichtbar zu machen, wurde ein entsprechender Bericht erstellt. Diese Aktivität kann eingesehen werden in der Web-Site des Implementing Agreements: <http://www.SuperconductivityIEA.org> . Diese Seite enthält alle Dokumente und "Minutes" der jährlichen ExCo Meetings.

## 2. Tätigkeiten des ExCo und allgemeine Informationen

Im Jahre 2013 fanden zwei Informationstreffen des IEA Executive Committees (ExCo) statt, das erste am 22./24.5. in der EPFL (Lausanne, CH). Beim zweiten Informationstreffen, am 21./24.10. in Paris (in den Gebäuden des IEA Headquarters) wurde gleichzeitig auch ein Workshop durchgeführt, mit der Teilnahme mehrerer europäischer Industrien (siehe Kapitel 4). Die neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet von HTS - Supraleitern wurden an der EUCAS Konferenz am 15./18.9. in Genua (I) vorgestellt. An dieser Konferenz fand auch ein informelles Informationstreffen einiger ExCo -Mitglieder statt.

### **Neu-Organisation des ExCo**

Das ExCo wird nach dem altersbedingten Abgang des Operating Agent (Dr. Alan Wolsky, 15 Jahre als Operating Agent tätig) im Moment neu organisiert. Alle ExCo-Mitglieder wurden gebeten, bis Ende November 2013 je einen Vorschlag für einen Nachfolger zu machen. Unter den eingegangenen Bewerbungen wird Anfang 2014 eine Vorentscheidung getroffen: die zwei geeignetsten Kandidaten werden ausgewählt und eingeladen, sich beim Frühlingstreffen des ExCo persönlich vorzustellen. Nach dem endgültigen Entscheid wird dann die Einstellung des ausgewählten Kandidaten erfolgen. Ein Problem stellt gegenwärtig die Verwaltung der eingehenden Beiträge von den verschiedenen ExCo-Partnern dar. Diese Beiträge werden dann für die Vergütung des Operating Agent zur Verfügung stehen und für seine anstehenden Unkosten (Reisen, usw.). Nach der positiven Erfahrung mit dem ersten Workshop wurde beschlossen, einen Teil der Beiträge für künftige Workshops zu verwenden.

### 3. ExCo – Treffen in der EPFL, 22./25.5.2013

Dieses Treffen wurde von R. Flükiger in den Räumen der EPFL in Lausanne organisiert. Ein besonderes Anliegen war es, die Tätigkeiten auf dem Gebiet der Angewandten Supraleitung in der Schweiz vorzustellen:

PSI, Villigen (Dr. D. Uglietti):	PSI activities for fusion
EPFL (Prof. B. Dutoit):	Challenges: Coated Conductors Used as RFCL in MV Grids
CERN (Dr. Amalia Ballarino):	The Superconducting “Link” MgB <sub>2</sub> Project for the LHC
CERN (Dr. Luca Bottura):	The LHC Upgrade Plan and Present Status
CERN (Dr. G. Bordini):	Status of Superconductors for ITER
Bruker BioSpin (Dr. R. Tediosi):	Sustaining the virtuous circle of s.c. science & technology
Univ. Geneva (Prof. R. Flükiger):	Superconducting wires: Progress in Bi-2212, MgB <sub>2</sub> , Nb <sub>3</sub> Sn

Die anderen Speaker waren:

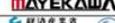
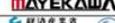
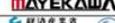
Sumitomo:	Cooling system progress in Japan
Kepeco (Korea) (Dr. S.W. Kim):	Development of 80 kV/500 MW DC HTS cable to be installed in Kepeco grid
Sunam (Korea) (Dr. G.W. Hong):	Conduction cooled 2G HTS magnet wound by No-insulation winding method (3T at 20K in 200 mm RT bore)
Siemens (D) (Dr. T. Arndt):	Recent results and updates from Europe/Germany
KIT (D) (Dr. M. Sanders):	Multifunctional hybrid Energy Storage systems incorporating SMES
Univ. Tokyo (Prof. H. Osaki):	Latest status of HTS technologies in Japan
TUT (Fi), (Dr. Antti Stenvall):	Ongoing PhD theses related to HTS at TUT

In der Folge werden hier die wichtigsten Resultate kurz aufgezeigt:

#### a) Yokohama Cable (Japan)

Das 3-phasige 240 m lange Yokohama-Kabel (66kV/200 MVA) ist mit Erfolg getestet worden.

### Overview of Yokohama project

<p><b>Purpose</b> Verifying the reliability and stability of HTS cable operation in a real grid</p> <p><b>System Target</b> 66kV/200MVA, 3-in-One, 240m</p> <p><b>Verifying items in Operation</b> Reliability and stability for one year operation System controllability for load fluctuation Monitoring and alarming system, Maintenance method</p> <p><b>Project period</b> July 2007 ~ March 2014</p>													
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;"> SUMITOMO ELECTRIC</td> <td style="padding: 2px;">HTS cable system design, manufacture and installation</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;"> TOKYO ELECTRIC POWER COMPANY</td> <td style="padding: 2px;">Host Power Company (provides an actual power grid)</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;"> MAYEKAWA</td> <td style="padding: 2px;">Cooling system design, manufacture and installation</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;"> NEDO</td> <td style="padding: 2px;">Project funding and management</td> </tr> </table>	 SUMITOMO ELECTRIC	HTS cable system design, manufacture and installation	 TOKYO ELECTRIC POWER COMPANY	Host Power Company (provides an actual power grid)	 MAYEKAWA	Cooling system design, manufacture and installation	 NEDO	Project funding and management	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;"> SUMITOMO ELECTRIC</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;"> TOKYO ELECTRIC POWER COMPANY</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;"> MAYEKAWA</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">5</td> </tr> </table>	 SUMITOMO ELECTRIC	 TOKYO ELECTRIC POWER COMPANY	 MAYEKAWA	5
 SUMITOMO ELECTRIC	HTS cable system design, manufacture and installation												
 TOKYO ELECTRIC POWER COMPANY	Host Power Company (provides an actual power grid)												
 MAYEKAWA	Cooling system design, manufacture and installation												
 NEDO	Project funding and management												
 SUMITOMO ELECTRIC	 TOKYO ELECTRIC POWER COMPANY	 MAYEKAWA	5										

## b) Das HTS - Kabel von Furukawa (275 kV, 3 kA)

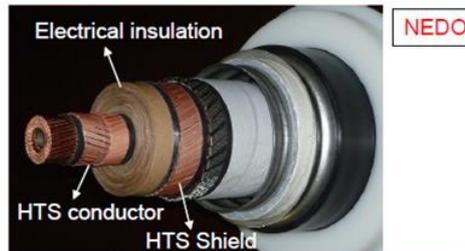
Dieses Kabel ist 2013 erfolgreich getestet worden.

### Development of 275 kV-3 kA HTS cable FURUKAWA ELECTRIC

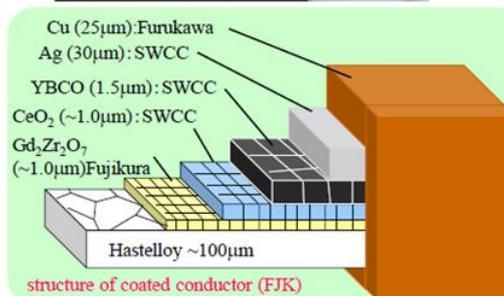
2008-2012

#### Technical Targets:

- (1) **Low Loss:**  
-AC loss and dielectric loss  
<0.8 W/m at 3 kA<sub>rms</sub> and 275 kV
- (2) **Design of Electrical insulation:**  
cable, termination and joint  
(PD free at AC 310 kV, no BD at impulse 1155 kV)  
\*[PD: Partial Discharge, BD: Breakdown]
- (3) **Endurance of over-current:**  
63.0 kA<sub>rms</sub> for 0.6 s;
- (4) **Compact:**  
<150 mm (outer diameter)



NEDO



I<sub>c</sub>: 300 A cm<sup>-1</sup> at 77 K  
Original width: 5 mm

All Rights Reserved, Copyright© FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD. 2013

14

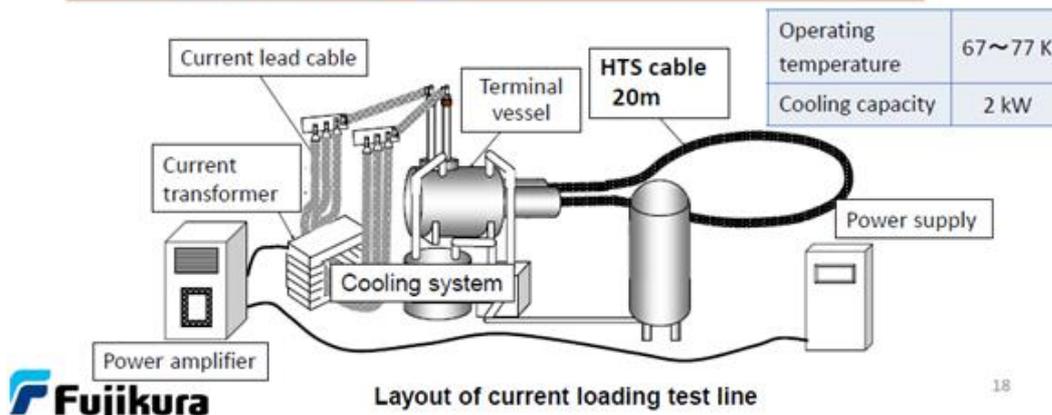
## c) Das HTS Kabel von Fujikura (66kV, 5 kArms)

Auch dieses Kabel ist 2013 erfolgreich getestet worden.

### Development of 66 kV - 5 kArms Class HTS Power Cable with 500 A/cm class Y-based IBAD/PLD tapes

Fujikura has succeeded in developing Y-based HTS power cable with 5 kArms and extremely low AC loss 1.37 W/m.

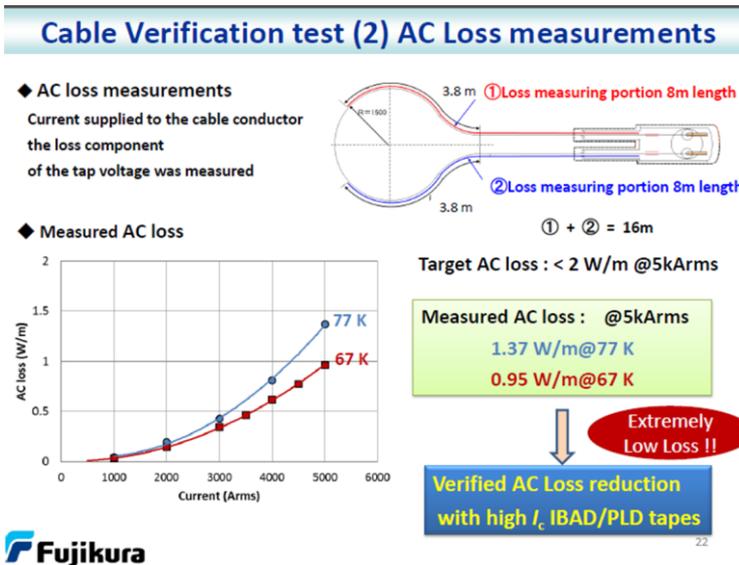
- ◆ Verification test of AC Loss reduction with high critical current HTS tapes
- ◆ April 2012 ~ Feb. 2013
- ◆ Single-core in one pipe cable system / 66kV - 5kArms / 10m class long
- ◆ Long term current loading test : 20 cycles (1 cycle = 8h ON / 16h OFF)
- ◆ Target AC loss : < 2 W/m @5kA



18

### d) Niedrige Wechselstromverluste in Kabeln

Ein Fortschritt wurde auch erzielt bezüglich der Wechselstromverluste, die in HTS – Kabeln, die sich nun innerhalb der angestrebten Werte befinden:



### e) Entwicklungen auf dem Bahnsektor in Japan

Langfristig wird in Japan (etwa 30 Jahre Gesamt-Bauzeit) eine supraleitende Magnet-Schwebebahnverbindung zwischen Tokyo und Osaka gebaut. Finanziert wird dieses Projekt vom jährlichen Ueberschuss von Japan Railways (im Prinzip ohne zusätzliche Finanzierung). Im Rahmen des japanischen Programms “Strategic Promotion of Innovative Research and Development Programs“ (kurz: S - Innovation), werden Eisenbahnsysteme entwickelt.

Auch Schiffsmotoren die NMR - Technologie werden im Rahmen diese Programms weiter entwickelt, das 2009 begann und mit 700'000 \$/year dotiert ist.

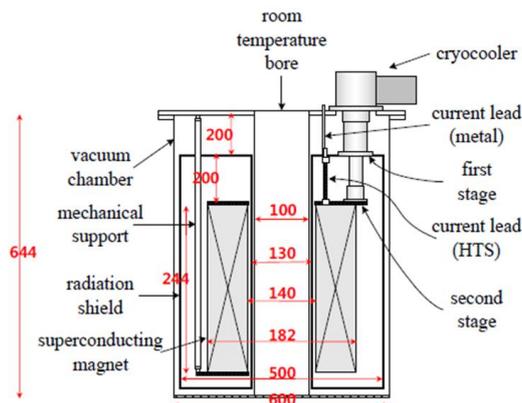
### f) 4 kW Stirling Cryocooler system (KEPCO, Korea)

Ein wichtiges Argument bei der künftigen Anwendung von HTS – Supraleitern betrifft die Kühlung. Diese muss effizient sein, bei deutlicher Verminderung der Herstellungskosten. Was den Energiesektor betrifft: eine Weiterentwicklung der Kühlsysteme kann nur erfolgen bei einer genügenden Anzahl Bestellungen. Diese ist notwendig, um die Entwicklungskosten für noch effizientere und kostengünstigere Modelle zu finanzieren.

Nachfolgend ein 4 kW - Stirling Kühlaggregat von Sumitomo.



### g) HTS - Solenoid (Y-123 tapes, Sunam, Korea)



SuNAM

12

Korea Polytechnic University CASS

Dieser Magnet wurde von SuNAM (Korea) erfolgreich getestet:

Bohrung: 102 mm

Feld : 4.1 T at 10K

Operating Current: 200A

Stored energy: 37 kJ

Feld-Homogenität: 20mm diameter for 0.1% homogeneity.

No-insulation winding technology

Die Stabilität dieses Magneten lässt Möglichkeiten offen für den späteren Bau von grösseren Magneten mit höheren Feldern für Energieanwendungen.

### h) Konzeptstudie eines 10 MW Windgenerators (KIT)

*Superconducting, Reliable, lightweight and Powerful offshore 10 MW wind turbine*

Based on a SC generator Direct Drive

Considered aspects: electric conversion, integration and manufacturability.

Allow scaling to 10 MW and beyond by radical reduction of the head mass

http://www.sunamower-fn7.eu/

- 2G HTS magnet was successfully fabricated with SuNAM's CC, having 102 mm RT generating 4.10 T consist of
  - 22 of double pancake
  - stored magnet energy : 37 kJ
  - $I_{opr}$ ,  $T_{op}$  : 200 A, 10 K
- No insulation coil winding method was successfully demonstrated with its compactness, stability and possibility to build higher field magnet for power application.
- Field homogeneities in radial and longitudinal direction were measured as
  - 0.021 % and 0.056 % in 10 mm DSV
  - 20 mm and 13 mm diameter for 0.1% homogeneity.

Das Projekt wurde Dezember 2012 gestartet und dauert noch 3 ½ Jahre

## Weight of the nacelle

Important for the support structures and foundations  
Reduction: SC generator and Direct Drive option  
Integration

## SC wire: $MgB_2$

Selection based on economical and technical reasons  
Used for MRI. Demonstration of viability for Wind Turbines

## Cryogenic system: conduction-cooled (cryogen-free)

Gifford-McMahon cryocoolers  
Heat is removed by means of the closed contact  
Complex cryostat design  
Compressors cannot rotate => High-pressure Helium rotary feed-through

## Industrially viable, installable and environmentally sustainable

Mit diesem Konzept wird eine Gewichtsreduktion von 30% angestrebt. Das Konzept wurde erstellt für eine 10 MW Turbine, basierend auf einem supraleitenden Generator, für stabile und schwimmende Plattformen.

Technische Details: 10 MW, bis zu 10 rpm, bis zu 10 MNm

Supraleiter:  $MgB_2$

Cryogen free system

Kosten:  $\leq 2.8$  M€ für 10 MW

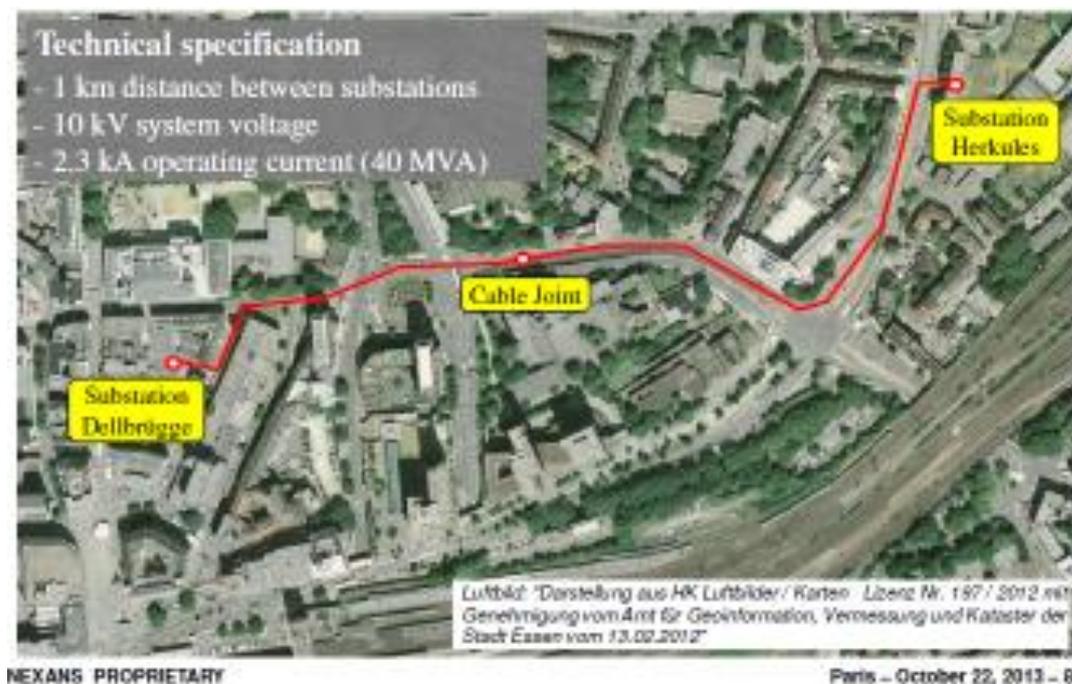
Wirkungsgrad bei Vollast: 95%

Wartungszyklus: jährlich

Proof of concept: durch den Bau eines reduzierten Modells

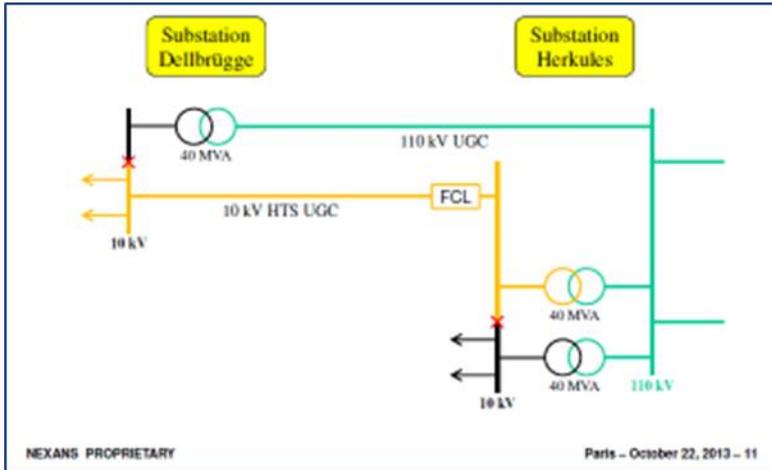
### i) 1km Superconducting cable (Ampacity project, Essen)

Dieses System wird gegenwärtig in Essen (D) gebaut und ist enthält Bi-2223 – Bänder.

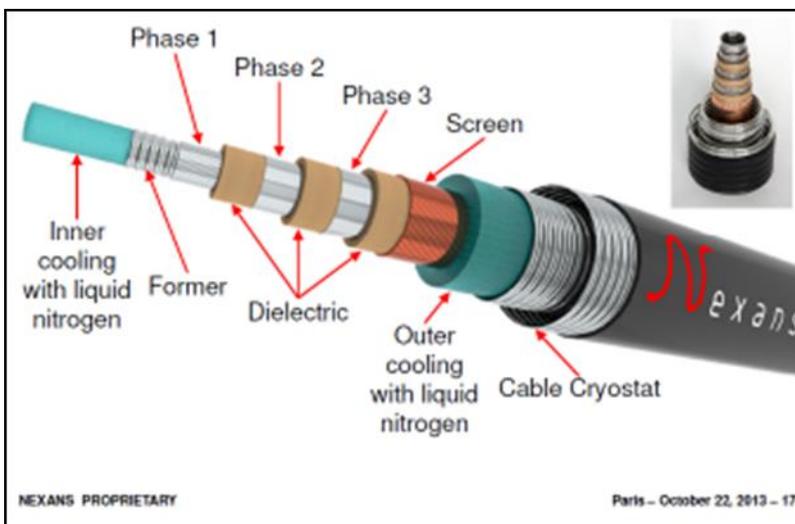


Im Folgenden sind Details dieses Kabels gezeigt, wie die Schaltung, die einen Strombegrenzer einschliesst, dann das 3-phasige Kabelkonzept und schliesslich die Verbindung zwischen 2 Kabeln.

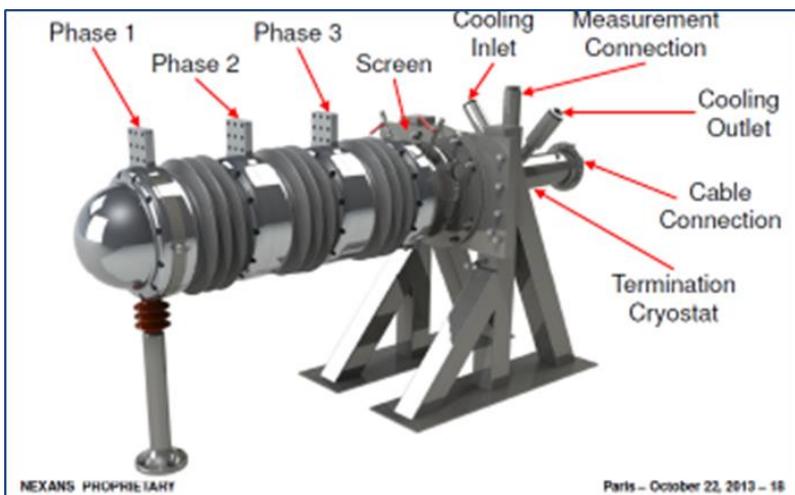
## Konfiguration von Ampacity, mit Strombegrenzer



## 3-phasiges Kabel in Ampacity (Nexans)



## Verbindung zwischen zwei 3-phasigen Kabeln in Ampacity



#### **4. ExCo - Treffen in Paris, 21.5. und 23./24.5. 5., und IEA Workshop in Paris, 22./23.5.2013**

Das Programm dieser beiden Treffen (die nacheinander im Hauptquartier der IEA in Paris stattfanden) ist in der Folge in den "Minutes" kurz beschrieben. Nachfolgend werden die herausragenden Resultate genauer kommentiert.

##### **ExCo Document No. 51 (written by Dr. Giuliano Angeli, RSE)**

Minutes from IEA Executive Committee Meeting, 21./24.10., 2013 (IEA HQ, Paris, France)

##### **Participants:**

Israel:	Prof. Guy Deutscher
Italy:	Dr. Luciano Martini (Chairman) Dr. Giuliano Angeli (observer)
Japan:	Dr. Nobuhiko Kusunose Prof. Hiroyuki Ohsaki
Korea:	Dr. Si-Dol Hwang Dr. Seong-Woo Yim
Switzerland:	Prof. René Flükiger (Vice-Chairman) Prof. Bertrand Dutoit (observer, October 23 <sup>rd</sup> only)
Bruker HTS GmbH	Dr. Reinhard Dietrich
Columbus Superconductors Operating Agent:	Dr. Giovanni Grasso (October 23 <sup>rd</sup> only) Dr. Alan M. Wolsky
IEA:	Dr. David Elzinga

##### **Top.1 Opening remarks, apologies for absence and approval of the agenda**

The meeting started on Monday 21<sup>st</sup> with the opening remarks from Martini, who, as chairman of the ExCo of the IEA Superconductivity Implementing Agreement (HTS IA), proceeded with the introduction to the ExCo meeting and to the HTS Workshop. First he welcomed all the participants in Paris at the IEA headquarter and then he presented the meeting agenda and reported about the apologies of absence received from Mathias Noe (KIT - Germany), Tabea Arndt (Siemens - Germany), Risto Mikkonen (TUT - Finland) and Debbie Haught (DOE - USA).

The meeting agenda was approved by the ExCo.

It was noticed that the ExCo meeting this time had an unusually low participation because of overlapping of business engagements and/or unhealthy conditions for several members. It was mentioned that the representative from Canada unfortunately was not able to join the last ExCo meetings. Martini informed the ExCo members that possibly a representative from another Canadian organization could support J. Cave in future. This is just a hypothesis but it was proposed to organize one of the next meetings in Canada ~~suddenly arose~~ in order to pursue a major involvement of the Canadian delegation in the ExCo activity.

##### **Top.2 Election of Chairman and Vice-Chairman**

L. Martini and R. Flükiger were re-confirmed as chairman and vice-chairman, respectively, of the HTS IA ExCo. Flükiger expressed some uncertainty about his re-election due to the fact that he is going to be part of the ExCo just for about one more year. Deutscher and the other members strongly supported the re-election of Flükiger, who then accepted to be again vice-chairman for an additional year. It was pointed out that it would be desirable to find an option for a new vice-chairman to be elected at the end of 2014, for a better participation to the elaboration of the new contract with IEA in 2015. Martini completely agreed with this point of view and re-proposed the idea of having two vice-chairmen, one for materials and one for applications as in the past, with one of the two new vice-chairmen coming from either Japan or Korea. The next meeting in Spring 2014 could represent the right opportunity to discuss the possible candidates.

### **Top.3 Discussion about ExCo contract to OA**

Martini explicitly thanked Wolsky for all his efforts as OA in the past many years. Wolsky, having come at the end of his OA duty, thanked all the ExCo members for their continuous support and briefly recalled the steps of the HTS IA from its foundation until now.

The attention was then focused on the duties of the new OA. For this sake, Wolsky already prepared and circulated the *OA Scoping Document* summarizing most of the duties that the OA has to be able to manage. All the members benefitted from the Wolsky presentation where he recalled the kinds of activities that have been performed and indicated the activities that need to be performed by the operating agent, but with the direct ExCo contribution and support. Here below are reported the main issues pointed-out in the Wolsky's presentation:

- Report on subjects of interest
- Improved web-site
- Document IA activities
- Be cognizant of relevant considerations within IEA
- Help renew IA and recruit new members
- Handle finances

Finally, Wolsky presented the document summarizing the income and the expenses; that was useful to check the present situation and to estimate the budget to be allocated for the work of the new OA.

After a discussion involving all ExCo members it was agreed that the accepted procedure to select the new OA is the following: each Contracting Party is invited to propose a potential OA candidate and to send his/her name and CV to chairman and vice-chairman. For the first selection, the ExCo members will be asked to cast a vote for the different OA candidates and the best two will first be chosen for a preliminary selection, as a basis for a later final decision.

The first point that all members agreed upon is that it is not required to the OA candidates to belong to one of the contracting parties, the most important thing being their capability to perform the OA duties at best. **The deadline fixed for receiving the candidates CV is November 22<sup>nd</sup>** and the documents will have to be edited in agreement with a common format, in order to be properly compared. The members agreed that a two-page format, also indicating his/her five most important publications, should be sufficient as a basis information completing the criteria for the choice of the two best OA candidates.

After the first selection, the two best candidates will be invited to the next ExCo meeting (with the support of the HTS IA) to present themselves, their approach and motivation for the OA position. They will also have to provide the ExCo with an estimate of the yearly budget that they need to carry-on the commissioned activities.

Since the HTS IA yearly ending period is now February 28<sup>th</sup>, it would be highly desirable that the new OA could start his activity as close as possible to March 1<sup>st</sup>, 2014, i.e. at the beginning of the next financial year.

To be re-defined is also the procedure for payment to the OA.

Until the new OA will be finally selected, a suggestion of Elzinga was agreed to send out a new invoice to all contracting parties, with the information about a new account to be temporarily used to collect all ExCo members' fees. An external firm offering this service will be the first option for opening and managing the new account on behalf of the ExCo.

The possibility was also discussed of paying the OA in two distinct stages, at the beginning of each fiscal year and at mid-term. This proposal will be re-discussed during the next ExCo meeting. Martini made a preliminary estimation about the available HTS-IA budget for the OA activity by means of an Excel file and discussed it with the ExCo members. The main outcome consists in the estimation of about 100 kUSD for the OA salary, that is to be considered as the upper bound for an 80% expert effort (i.e. about 1'350 hours per year). Elzinga pointed out that some OA duties may be "subcontracted" and this already happened for other IEA IAs where the OA has delegated external subjects to accomplish some tasks. This solution was mentioned just to inform

the ExCo members about all the possibilities, but it is to be considered case by case and it depends on the OA in charge. The general idea is to offer a 2-year contract to the new OA and to check the opportunity of re-confirming the contract at the end of this period.

In order to make a more reliable estimation of the budget available to be used by the OA to carry-on his/her activities, Martini asked to receive from all the contracting parties the invoices of the fees paid in the financial year 2013.

The general concept that was fully agreed by the ExCo members is that the contract for the new OA has to contain and duly describe the general rules and limits required for the OA during his/her activity: a reasonable flexibility must be surely foreseen, but the general guidelines has to be clear and agreed before the activities start. An example could be the introduction of an Ex-Co, or an ExCo dedicated team for the approval of expenditure beyond a certain threshold.

#### **Top.4 IEA High-Temperature Superconductivity (HTS) Workshop "Energy Technology 2020+: Contributions by superconductivity"**

Back-to-back with the ExCo meeting, it was organized also the IEA HTS Workshop "*Energy Technology 2020+: Contributions by superconductivity*" hold at the same IEA headquarters premises. This workshop was the chance to focus the attention on the status of the most important ongoing projects and activities worldwide concerned with the applied superconductivity. After the greetings of Houssin (Director, Directorate of Sustainable Energy Policy and Technology, IEA), the workshop benefitted from the participation of a selected group of speakers whose expertise in superconductivity is worldwide recognized. Some speakers were also members of the ExCo and summarized the latest achievements in superconductivity in their respective countries: Elzinga (*Energy Technology Perspectives - 2014 Update and Long-Term Vision*); De Nigris (*ISGAN: A co-operative programme on Smart Grids Achievements and challenges* - presented by Elzinga); Flükiger (*Industrial superconductors*); Martini (*Field Test experience on SFCL for MV applications* - presented by Angeli); Kusunose (*HTS power cable R&D status and case study results for grid connection in Japan*); Yim (*Real grid operation of 22.9 kV, 50/150 MVA HTS cables in KOREA*); Ohsaki (*Japanese Research Activities for HTS Coils and Magnets*); Hwang (*R&D status of 80 kV/500 MW DC HTS cable in Korea*); Wolsky (*From Pre-Commercial to Commercial: a roadmap to future use of HTS by the power sector*).

Important speakers have been invited to contribute to the event: Syed Ahmed (*High Temperature Superconducting, Fault Current Limiting, Transformer at Southern California Edison* - presented by Wolsky); Saugrain (*Ampacity, an economical superconducting cable system for city centers*); Schacherer (*HTS Motors and Generators – Benefits, Experience and Outlook*).

The contributions of this group of experts fostered an active discussion during the two panel sessions (moderated by A. Wolsky and L. Martini, respectively) scheduled in the program. This discussion greatly benefitted from the attendance of some of the most important manufacturers worldwide, e.g. Siemens, Bruker and Columbus.

#### **Top.5 Date and Place for Next Meetings**

The appropriate time for the next ExCo meeting is spring 2014. Since the ExCo wants to promote and reinforce the active participation of USA and Canada delegations, a proposal arose of organizing the next ExCo meeting in the North America. The most suitable location could be Washington DC (USA) and, in the light of this idea, Debbie Haight (DOE) is going to be contacted to check the feasibility of this option. Hwang notified the members about the availability of KEPCO to host the next fall ExCo meeting at the beginning of December 2014, and Martini offered RSE as location for a meeting in June 2014, if needed.

#### **Appreciation of the Host**

The ExCo greatly appreciated the IEA efforts to host the ExCo meeting and Workshop at its headquarter in Paris. The ExCo was particularly appreciative of the availability and effectiveness of D. Houssin, D. Elzinga and K. Rus in supporting the HTS IA for organization of the ExCo meeting and of the Workshop.

## Nationale Zusammenarbeit

Die Zusammenarbeit innerhalb der Schweiz wurde in den letzten 12 Jahren durch das Projekt MANEP (NCCR) stark gefördert. Ausser dem zielbewusst betriebenen Informations-Austausch wurden auch neue Zusammenarbeits-Projekte gefördert. Daran nahm die angewandte Supraleitung einen beachtlichen Anteil. Dieses Projekt ist nun beendet, sodass die weitere Forschung in der Angewandten Supraleitung nun durch eigene Projekte erfolgt.

Die Gruppe von Dr. Dutoit and der EPFL in Lausanne führt Berechnungen und Messungen von A.C. - Verlusten an Kabeln durch. Diese Gruppe nimmt auch an einem europäischen Projekt zur Entwicklung eines Strombegrenzers teil. Am PSI werden HTS – Leiter für verschiedene Magnete und Hochstromdurch-führungen sowie eine neue Testeinrichtung für 100kA entwickelt.

Die Universität Genf hat momentan keine eigenen Projekte, ist aber stark eingebunden in den Arbeiten an supraleitenden Spulen, einerseits mit der Firma Bruker, Fällanden (ZH) (HTS – Magnete), andererseits mit dem CERN.

## Internationale Zusammenarbeit

Wie in den vergangenen Jahren besteht die Internationale Zusammenarbeit aus dem regen Austausch von Informationen und der Teilnahme in gemeinsamen Projekten.

Wie schon erwähnt, ist die Gruppe von Dr. Bertrand Dutoit an der EPFL in Lausanne Partner eines europäischen Projekts (im Rahmen des 7. Frame programs), das die Entwicklung eines Fault Current Limiters zum Ziele hat. Dabei bringt diese Gruppe ihr Know How auf dem Gebiete der Berechnung der ablaufenden Prozesse ein. Die Gruppe von Dr. Pierluigi Bruzzone am PSI ist fest in internationale Projekte eingebunden, vor allem im Zusammenhang mit dem ITER Projekt, aber auch im Bau von HTS - Magneten.

## Bewertung 2013 und Ausblick 2014

Alle bekannten Projekte auf der Basis von HTSL - Supraleitern haben sich dieses Jahr - wie schon in den Jahren vorher - erfolgreich und ohne nennenswerte Probleme entwickelt. Dies ist auch ein Beweis für den Fortschritt, der in den letzten Jahren auf dem Gebiet der Betriebssicherheit von supraleitenden Geräten und Anlagen erzielt wurde.

Unter der grossen Anzahl von neuen Magneten und Anlagen verdienen folgende Fortschritte eine besondere Erwähnung:

- Nach jahrelangen Versuchen wurde bei den Nb<sub>3</sub>Sn-Kabeln für ITER ein deutlicher Fortschritt erzielt: so gelang es, durch eine geeignete Anordnung der Strands und der Twist Pitch - Länge eine gute Reproduzierbarkeit der Stromdichte nach wiederholter Belastung zu erreichen. Dies ist eine sehr gute Nachricht im Hinblick auf ITER.
- Die Tests für das Bi-2223-Kabel für das 1 km lange Kabelprojekt Ampacity in Essen sind alle erfolgreich verlaufen, und der weitere Ausbau geht ohne Verzögerungen vor sich.
- Hochspannungskabel in Japan und in Korea: verschiedene Kabelkonzepte wurden in Japan und in Korea erfolgreich getestet. Bemerkenswert ist das koreanische Projekt, mit 22.9 kV und 50/150 MVA.

Eine weitere Entwicklung konnte auch auf dem Materialsektor beobachtet werden:

- bei den Coated Conductor-Bändern bestehen die Fortschritte vor allem in den grösseren Längen und in den höheren Stromdichten ( $\geq 500 \text{ A/cm}$ ), die von den meisten Herstellern erzielt wurden.
- Bei den  $\text{MgB}_2$  - Drähten wurden durch die neue IMD - Technik die Dichten der einzelnen Filamente deutlich erhöht, was vor allem einen deutlichen Fortschritt bei höheren Feldern bewirkte. Obwohl schon grössere Drahtlängen erzeugt wurden, ist die Marktreife noch nicht erreicht. Drahtlängen von 6 km und mehr, die bei Columbus für *ex situ*  $\text{MgB}_2$ -Drähte erreicht wurden, können noch nicht erreicht werden.
- Bei Bi-2223-Bändern hat Sumitomo in Japan durch den Einsatz eines neuen Verstärkungsmaterials die Zugfestigkeit deutlich erhöhen können, sodass diese heute mit derjenigen von Y-123 (Coated Conductor) - Bändern vergleichbar ist. Dies erhöht die Konkurrenzfähigkeit für Bi-2223-Drähte solange bis die Herstellungskosten von Y-123-Bändern deutlich herabgesetzt werden.
- Unabhängig davon, ob sich diese Materialklasse durchsetzen wird oder nicht (Toxizitätsprobleme), wurde bei den neuen AsFe-Supraleitern ein deutliche Erhöhung der Stromdichte erzielt: der höchste Wert beträgt nun  $7 \times 10^4 \text{ A/cm}^2$  bei 4.2K/10T. Damit ist zwar der Wert für industrielle Anwendungen noch nicht erreicht; dieses unerwartete Resultat ist aber erwähnenswert, weil es einige negative Vorurteile im Hinblick auf die Eigenschaften von neuen Supraleitern wegschafft.

## Referenzen

G. Mondonico, PhD Thesis,

“High performance Nb<sub>3</sub>Sn superconductor wires: analysis of electromechanical properties”  
PhD thesis, 2.2.2013, Université de Genève.

M. Kulich, R. L. Flükiger and C. Senatore

“Effect of cold high pressure deformation on the properties of *ex situ* MgB<sub>2</sub> wires”  
Supercond. Sci. Technol. **26**,105019 (2013)

R. Flükiger, T. Baumgartner, H. Weber, C. Scheuerlein, C. Senatore, A. Ballarino, L. Bottura

“Variation of  $(J_c/J_{co})_{max}$  of ternary alloyed Internal Sn and PIT Nb<sub>3</sub>Sn wires submitted to neutron 1 MeV irradiation”

*IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, ASC, 23, 8001404 (2013)

T. Baumgartner, M. Eisterer, H.W. Weber, R. Flükiger, C. Scheuerlein, L. Bottura

“Effects of Neutron Irradiation on Pinning Force Scaling in State-of-the-Art Nb<sub>3</sub>Sn Wires”  
Accepted by Supercond. Sci. Technol.

R. Flükiger

“Superconductors for Magnets”

CAS CERN Summer School, Erice (I), 25.4.-3.5.2013

Hobl, W. Goldacker, B. Dutoit, L. Martini, A. Petermann, P. Tixador

“Design and Production of the ECCOFLOW Resistive Fault Current Limiter”

*IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, ASC, 23(3), 2013.

G. Angeli, D. Colangelo, M. Bocchi, B. Dutoit, L. Martini

“Electrical and Thermal Characterization of Commercial Superconducting YBCO Coated Conductors”

*IEEE Transactions on Applied Superconductivity* ASC, 23(3) 2013.

D. Colangelo and B. Dutoit.

“MV Power Grids Integration of a Resistive Fault Current Limiter Based on HTS-Coated Conductors”

*IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, ASC, 23(3), 2012.

P. Bruzzone, S. March, G. Croci, M. Jenner, D. Uglietti, B. Stepanov, R. Wesche, M. Vogel, A. Portone, F. Cau

“Commissioning of the main coil of the EDIPO facility”

Presented at MT23 in Boston, 14./19.7.2013. To be published in Proceedings.

D. Uglietti, R. Wesche, P. Bruzzone

“Design and strand tests of a fusion cable composed of coated conductor tapes”

Presented at MT23 in Boston, 14./19.7.2013. To be published in Proceedings.

R. Wesche, P. Bruzzone, S. March, C. Müller, M. Vogel, H. Quack, M. Börsch, E. Iten, N. Maggini, D. Oertig, F. Holdener

„Results of the tests of industrially manufactured HTS current leads with novel design features“

Presented at MT23 in Boston, 14./19.7.2013. To be published in Proceedings.

R. Wesche, P. Bruzzone, C. Fiamozza Zignani, L. Affinito, S. Chiarelli, R. Freda, J. Heinrich, P. Smeibidl

“Results of the test of a pair of 20 kA HTS current leads”

Presented at EUCAS in Genoa (Italy), 16./19.9.2013. To be published in Proceedings.