



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia
e lo sviluppo economico sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Sistema di alimentazione e controllo potenza impianto NACIE

M. Tarantino, V. Sermenghi

Report RdS/2012/059

SISTEMA DI ALIMENTAZIONE E CONTROLLO POTENZA IMPIANTO NACIE

M. Tarantino, V. Sermenghi - ENEA

Settembre 2012

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale

Progetto: Nuovo nucleare da fissione: collaborazioni internazionali e sviluppo competenze in materia nucleare

Responsabile del Progetto: MAriano Tarantino; ENEA

Titolo

Sistema di Alimentazione e Controllo Potenza Impianto NACIE

Descrittori

Tipologia del documento: Specifica Tecnica di Fornitura
Collocazione contrattuale: Accordo di programma ENEA-MSE: tema di ricerca "Nuovo nucleare da fissione"
Argomenti trattati: Macchine e Impianti Elettrici
 Controllo Comando

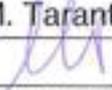
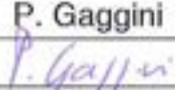
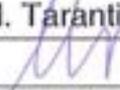
Sommario

IL presente documento riporta la Specifica Tecnica per la fornitura e installazione del sistema di alimentazione e controllo potenza dell'impianto NACIE

Note

Autori: M. Tarantino, V. Sermenghi (ENEA)

Copia n.
In carico a:

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMMISSIONE	19/09/2012	NOME	M. Tarantino	P. Gaggini	M. Tarantino
			FIRMA			
REV.	DESCRIZIONE	DATA		REDAZIONE	CONVALIDA	APPROVAZIONE

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP3 - 039	0	L	2	15

INDICE

INTRODUZIONE	3
1. SCOPO DELLA FORNITURA	4
2. DESCRIZIONE DELLA FORNITURA.....	5
2.1 CONVERTITORE AC/DC	6
2.2 QUADRO DISTRIBUZIONE POTENZA	8
3. REQUISITI DELLA FORNITURA	9
4. ESTENSIONE DELLA FORNITURA.....	9
4.1 PARTI DI RICAMBIO.....	9
4.2 IMBALLO E TRASPORTO	9
4.3 ASSISTENZA IN SITO.....	10
4.4 ACCETTAZIONE E GARANZIA	10
4.5 DURATA DELLA FORNITURA, PENALI, PAGAMENTI.....	10
5. ALLEGATI.....	12
5.1 ALLEGATO 1	12

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP3 - 039	0	L	3	15

INTRODUZIONE

Con riferimento alle attività di ricerca e sviluppo inerenti i sistemi nucleari di IV generazione refrigerati a piombo - Lead cooled Fast Reactor (LFR) -, nell' ambito del PAR2011 dell' ADP ENEA-MSE, Linea Progettuale 3, Obiettivo C4, e in sinergia con il progetto europeo SEARCH (FP7, CE), si prevede la installazione e strumentazione di un pin bundle da 250 kW per le misure di scambio termico e perdite di carico in regime di convezione mista o circolazione naturale, che caratterizzano il comportamento del nocciolo LFR in condizioni di transitori operazionali o incidentali.

A tale scopo quindi si rende necessario provvedere all'approvvigionamento, installazione e collaudo sull' impianto NACIE del sistema di alimentazione e controllo potenza (SACP) del pin bundle.

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione NNFISS – LP3 - 039	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 4	di 15
--	---	------------------	----------------------	------------------	-----------------

1. SCOPO DELLA FORNITURA

La presente specifica tecnica descrive l'oggetto della fornitura, denominato Sistema di Alimentazione e Controllo Potenza (SACP) dell' impianto NACIE, che comprende:

- l'approvvigionamento dei materiali;
- assemblaggio dei componenti;
- certificato di collaudo;
- imballo e spedizione presso il sito ENEA del Brasimone;
- messa in opera presso il sito ENEA del Brasimone;
- controlli e test di fine realizzazione per accettazione fornitura.

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP3 - 039	0	L	5	15

2. DESCRIZIONE DELLA FORNITURA

Il sistema di alimentazione e controllo della potenza (SACP) per l'impianto NACIE, dovrà essere dimensionato applicando i seguenti parametri per gli elementi scaldanti (vedi allegato 1):

- Geometria elemento scaldante: tri-coassiale
- Tipo: resistivo
 - Resistenza @ 20°C → 0,489 – 0,573 OHM
 - Resistenza @ 550°C → 0,582 – 0,670 OHM
- Isolamento dielettrico elemento scaldante > 1.1×10^8 OHM (@20°C)
- Lunghezza attiva elemento scaldante: 600 mm
- Flusso termico elemento scaldante: 1 MW/m²
- Potenza nominale elemento scaldante: 12.35 kW
- Numero di elementi scaldanti: 19
- Potenza nominale fuel bundle: 235 kW
- Tensione alimentazione nominale: 100 ± 10% Volt
- Potenza SACP: 300 kW

La fornitura prevede principalmente (vedi figura 1):

- un convertitore AC/DC della potenza di 300 kW;
- un quadro distribuzione potenza con 19 canali.

La macchina nel suo complesso dovrà essere posizionato nel locale quadri elettrici dell' impianto NACIE, provvedendo alla realizzazione dei supporti per il posizionamento del componente sulla soletta in calcestruzzo.

La fornitura comprende inoltre:

- l'allacciamento del convertitore AC/DC alla rete ENEL (380 Va 50 Hz, 400 Amp);
- il collegamento elettrico, tra il Convertitore AC/DC e il Quadro di Distribuzione, provvedendo alla installazione e messa in opera delle vie cavi necessarie

E' esclusa dalla fornitura la connessione della morsetteria del Quadro Distribuzione Potenza al carico installato nella sezione di prova.

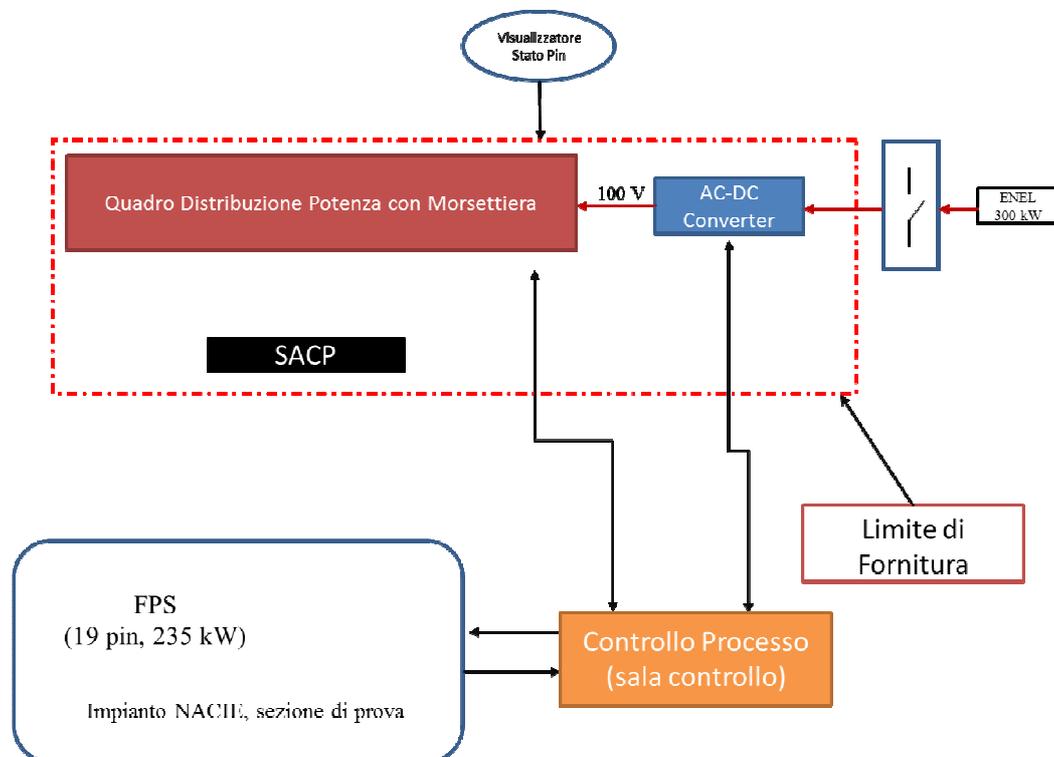


Figura 1. Limiti di Fornitura

2.1 CONVERTITORE AC/DC

Il Convertitore AC/DC dovrà essere realizzato adottando le seguenti caratteristiche:

- tensione di alimentazione 380 Vca 50 Hz, 3Ph + N (fornita da trasformatore di isolamento dedicato);
- morsetteria ingresso in grado di accogliere 3 cavi da 240 mm² + un cavo 240 mm² per il neutro (se utilizzato dal convertitore);
- tensione in uscita regolabile da 0 a 100 Vcc;

- regolazione lineare della tensione da 0-5% al 100% del valore massimo per mezzo del segnale di controllo 4-20mA, stabilizzando il valore impostato con una precisione dell' 1%;
- gruppo raddrizzante a diodi in configurazione "total controllato";
- ondulazione residua (ripple) della tensione in uscita inferiore al 3% a partire dal 25% della tensione di uscita;
- corrente di uscita massima di 2900A continuativa alla tensione di 100V;
- segnale di controllo analogico in corrente 4-20mA;
- retroazione in tensione;
- servizio continuo ad alta affidabilità;
- installazione in ambiente chiuso protetto dagli agenti atmosferici di ampiezza tale da smaltire il calore dissipato dal convertitore;
- temperatura ambiente fra 0°C e 25°C;

Il convertitore deve essere inoltre fornito di:

- teleruttore di potenza in ingresso per azionamento alimentazione al convertitore in remoto tramite PLC;
- controllo elettronico delle fasi di alimentazione;
- protezione da cortocircuito in uscita mediante limitazione della corrente al valore nominale;
- protezione termica sui componenti di potenza (trasformatore, tiristori, diodi, ecc)
- ingresso analogico di comando in modalità 4-20mA;
- uscite analogiche in modalità 4-20mA proporzionali alla tensione e corrente di uscita;
- ingressi per marcia - stop in remoto e segnalazione di malfunzionamento in uscita;
- classe di protezione componenti IP-21
- predisposizione nella parte superiore di ancoraggi per la movimentazione tramite carroponete e nella parte inferiore di supporti per la movimentazione con muletto.

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP3 - 039	0	L	8	15

2.2 QUADRO DISTRIBUZIONE POTENZA

Il Quadro Distribuzione ha la funzione di alimentare e sezionare in maniera selettiva le 19 barrette resistive che compongono il carico dell'impianto.

Il quadro dovrà essere dotato di una unità di ventilazione ed un alimentatore 220 V e 24Vcc per alimentazione trasduttori e relè.

Il Quadro di Distribuzione, realizzato in classe di protezione IP-21, dovrà essere dotato, nella parte superiore, di ancoraggi per la movimentazione tramite carroponete e nella parte inferiore di supporti per la movimentazione con muletto.

Il Quadro è composto da 19 linee parallele ognuna delle quali costituita da:

- Teleruttore di potenza bipolare con bobina a 220 Vac e contatti da 160 A in CC. Il componente deve sopportare in maniera continuativa ed interrompere la massima corrente erogata al carico (152 A). L'apertura sotto carico avviene solo in emergenza a causa di guasto.
- Relè di interfaccia tra il comando esterno (PLC) e la bobina del teleruttore di potenza. La bobina del relè dovrà essere alimentata a 24 Vcc. Il PLC lavora in modalità sink sul negativo della bobina.
- Trasduttore di corrente da 200 A. Deve rendere disponibile in tempo reale la misura della corrente assorbita dalla singola barretta, e dotato di uscita in modalità 4-20 mA. Le caratteristiche del componente dovranno essere tali da non essere disturbati da interferenze elettromagnetiche.
- Fusibile ultra-rapido (< 1 ms) da 152 A

Il Quadro Distribuzione si completa inoltre di un trasduttore di tensione con uscita da 4-20mA.

Per quanto concerne la morsettiera di potenza, essa è composta da 38 morsetti (dimensionati per una corrente continuativa di 160A) per le uscite verso il carico.

Ognuna delle 19 barrette che compongono il carico è dotata di due cavi ognuno con sezione 50 mm², con connessione diretta alla morsettiera.

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP3 - 039	0	L	9	15

3. REQUISITI DELLA FORNITURA

La fornitura dovrà essere in accordo alle prescrizioni descritte nelle seguenti normative:

CEI 17.13 / EN 60439

CEI 22.7 / EN 60146-1

IEC 726

Direttiva BT 73/23/CEE

Direttiva EMC 89/336/CEE

4. ESTENSIONE DELLA FORNITURA

La fornitura include, relativamente ai componenti denominati Convertitore AC/DC e Quadro di Distribuzione:

- Disegni Meccanici
- Schema elettrico unifilare;
- Tabelle Morsettiere;
- Manuale uso e Manutenzione;
- Rapporto di Collaudo con indicazione delle prove eseguite;
- Certificato di collaudo;
- Dichiarazione conformità CE.

4.1 PARTI DI RICAMBIO

Nella fornitura sono incluse, come parti di ricambio consigliate, i componenti che garantiscono il normale funzionamento del SACP per un periodo di 36 mesi in esercizio continuo.

4.2 IMBALLO E TRASPORTO

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP3 - 039	0	L	10	15

Gli imballi dovranno essere idonei a garantire la conservazione della pulizia, la protezione delle parti e l'integrità della fornitura, per il trasporto fino al sito ENEA del Brasimone e per lo stoccaggio prima della installazione in sito.

4.3 ASSISTENZA IN SITO

Il Fornitore dovrà garantire la necessaria assistenza tecnica in sito, al fine di provvedere, coadiuvato dal personale tecnico ENEA, alla corretta installazione e collaudo della macchina presso il C.R. Brasimone.

4.4 ACCETTAZIONE E GARANZIA

L'accettazione della fornitura avverrà presso il Centro ENEA del Brasimone a seguito verifica dell'integrità dei componenti e del buon stato di conservazione dopo l'effettuazione del trasporto.

A seguito della installazione in sito, e con la supervisione ENEA, saranno inoltre realizzate prove di avvio e di funzionamento a carico nullo.

La garanzia avrà la durata di 24 mesi e inizierà dalla data di accettazione della fornitura.

4.5 DURATA DELLA FORNITURA, PENALI, PAGAMENTI

La presente fornitura dovrà essere ultimata entro il **14 settembre 2012**.

Per ogni giorno solare di ritardo nella consegna della fornitura sarà applicata la penale dello 0,3% (tre per mille) dell'importo totale.

L'importo globale della penale applicabile non potrà superare, comunque, il 10% dell'importo totale della fornitura.

I pagamenti saranno effettuati, a fronte di presentazione di regolare fattura posticipata, come di seguito riportato:

- 40% ad approvazione da parte di ENEA del piano di fabbricazione e controllo

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP3 - 039	0	L	11	15

- 60% dell'ammontare totale ad esito positivo dell'accettazione della fornitura presso il C.R. Brasimone.

Le fatture, in originale e una copia, dovranno essere inviate tramite posta ovvero per mezzo di agenzie di recapito autorizzate al seguente indirizzo:

ENEA - C.R. Brasimone, Ufficio Protocollo Fatture, 40032 Camugnano (BO)

Il pagamento verrà effettuato dall'ENEA mediante bonifico bancario a 90 giorni data ricevimento fattura.

Nel caso di eventuali controversie sarà competente unicamente il Foro di Roma.



5. ALLEGATI

5.1 ALLEGATO 1

THERMOCOAX								N° EC2732D017																																
<small>Sole Commercial - Commercial Dept 40 Rue Henry Bellet</small>		<small>Solex Socon - Head Office Planqueville - 61400 AIVRE-DE-L'ORNE - France</small>		<small>THERMOCOAX S.A.S. au capital de 457 500 € RCS-ORNE SURMORÉAU 8 323 459 829 N° Identification - VAT No CEE FR 32 323 459 829</small>		<small>F 82106 BUREAUX Cedex Tel: +33 (0) 41 38 80 50 Fax: +33 (0) 41 38 80 70 http://www.thermocoax.com</small>		<small>F 26 - F 61428 FLEURS Cedex Tel: +33 (0) 23 62 81 00 Fax: +33 (0) 23 62 81 09 e-mail: Planqueville@thermocoax.fr</small>		Page : 1/4																														
ENEA TRIAXIAL FUEL PIN SIMULATORS								Diffusion / Distribution : Date : 05 AVR. 2012 Niveau / Level : C																																
BUNDLE POWER SUPPLY								Documents annexes / Attached documents :																																
								Référence THERMOCOAX / THERMOCOAX reference : Dossier AQ : EC2732 OF : C01105174 SAQ																																
								Client / Customer: ENEA – AFIEST Références / Reference:																																
T1002	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rév.</th> <th>Date</th> <th>Doct.</th> <th>Auteur Author</th> <th>Ingénierie Engineering</th> <th>Etudes Development</th> <th>Fabrication Manufacturing</th> <th>Assurance Qualité Quality Assurance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>04/04/2012</td> <td>DLE</td> <td>DLE</td> <td></td> <td>D. LECHARPENTIER </td> <td></td> <td>P. GUILLON </td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>G. MARIE </td> <td></td> <td>P. BOUTELOUP </td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Rév.	Date	Doct.	Auteur Author	Ingénierie Engineering	Etudes Development	Fabrication Manufacturing	Assurance Qualité Quality Assurance	1	04/04/2012	DLE	DLE		D. LECHARPENTIER 		P. GUILLON 						G. MARIE 		P. BOUTELOUP 															
Rév.	Date	Doct.	Auteur Author	Ingénierie Engineering	Etudes Development	Fabrication Manufacturing	Assurance Qualité Quality Assurance																																	
1	04/04/2012	DLE	DLE		D. LECHARPENTIER 		P. GUILLON 																																	
					G. MARIE 		P. BOUTELOUP 																																	

Ce document appartient à la société THERMOCOAX SAS et peut être réproduit ou communiqué sans autorisation écrite.
This document is the property of THERMOCOAX SAS and can be reproduced or communicated without written authorization of THERMOCOAX SAS.

1. SCOPE

The scope of this document is to define a suitable power supply parameters for the NACIE loop bundle. The bundle is made of 19 triaxial fuel pin simulators (FPS) of 12.35 kW each. The maximum working temperature of the lead bismuth is 550°C.

2. LINE RESISTANCE OF THE FPS

Regarding line resistance of the 19 FPS, it appears that the maximum is 0.573 Ohms for # 17 and the minimum is 0.498 Ohms for # 15 at 20°C.

At the maximum service temperature ($\approx 550^\circ\text{C}$) the resistances become 0.670 Ohms for # 17 and 0.582 Ohms for # 15.

Thanks to tests performed at Thermocoax, the variation of the line resistance with the temperature can be defined as follow :

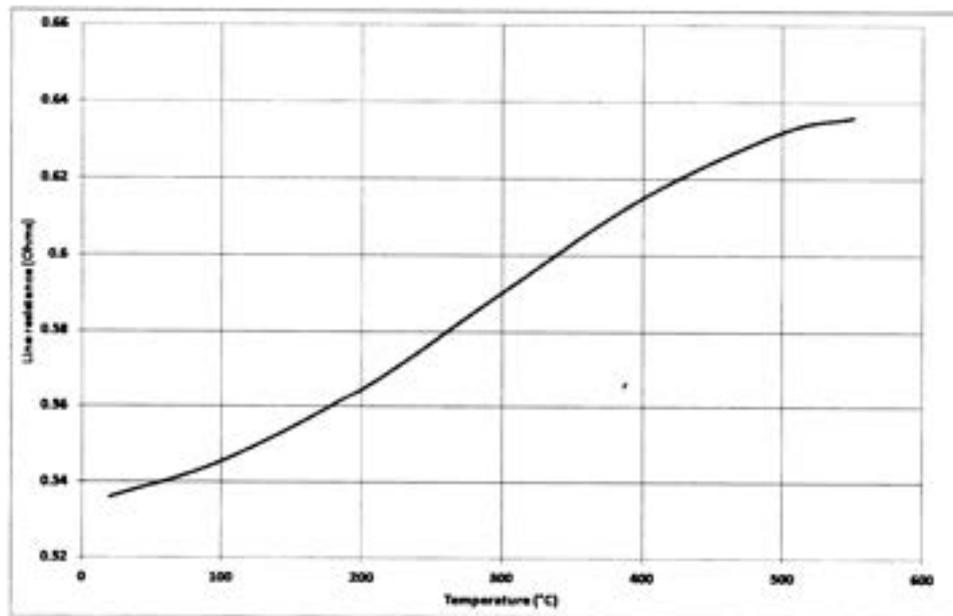


Figure 1. Evolution of the average line resistance with temperature.

Considering a constant power generated by the bundle ($19 \times 12.35 = 235 \text{ kW}$) this variation induces voltage / current tunes during experimentation.

T1002



Power supply

Code		
EC2732D017	Rev	1
Date	Author/Author	Page
04/04/12	DLE	2/4

THERMOCOAX

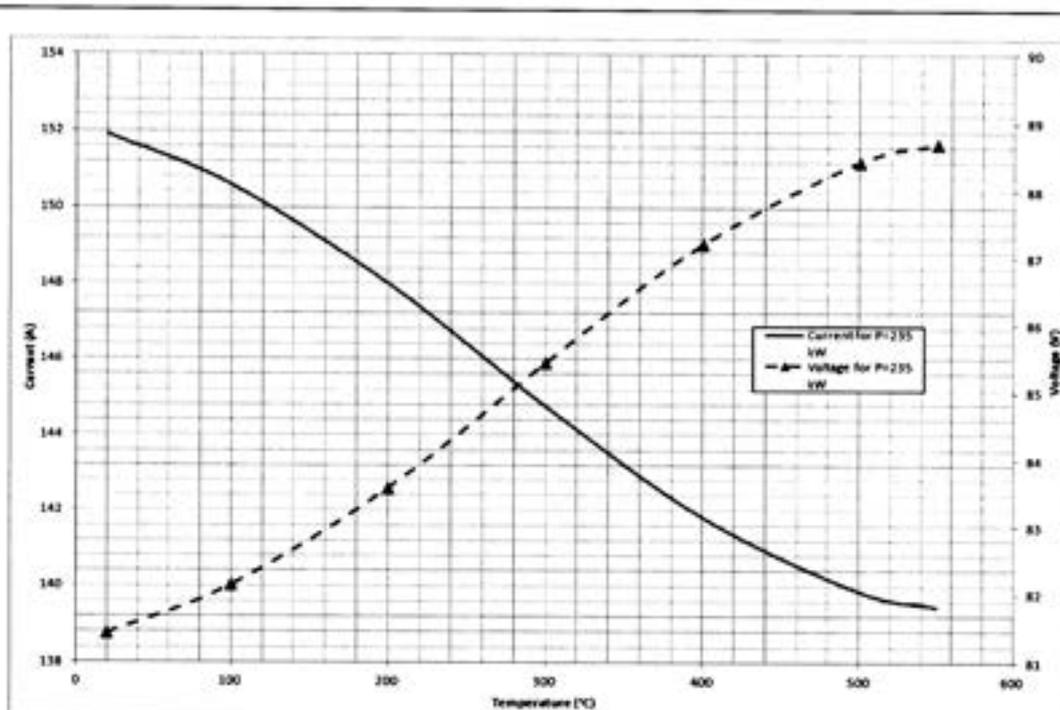


Figure 2. Required voltage / current values per FPS for delivering a constant power (235 kW).

Considering the minimum and maximum resistance (FPS N°15 and N°17), we can calculate the maximum deviation in power between 2 FPS. In this case FPS N°15 will produce 7.63% more power than the nominal power (163 A instead of 152 A) and the FPS N°17 will produce 6.46% less (142 A instead of 152 A). The difference between the most and the less powerful FPS could reach 1.7 kW. These deviations from the nominal power are not detrimental for the FPS themselves.

3. POWER SUPPLY

Regarding the previous analysis the power supply dedicated to the bundle must be able to provide :
 152 A x 19 = 2888 Amps minimum with 90 V minimum
 A 300 kW power supply is required. It means that it must be defined taking into account of the low voltage and must have a good efficiency at 100 V.

A direct current power supply is recommended (best lifetime, no harmonic). The output signal must be as "clean" as possible in order to avoid any difference between power indicated and "real" power received by the FPS.

Depending of the working temperature, the setups could be adapted according to figure 2.

T1002



Power supply

Code
EC2732D017 Rev. **1**

Date 04/04/12	Author/Author DLE	Page 3/4
-------------------------	-----------------------------	--------------------

THERMOCOAX

4. POWER RAMP UP

A maximum power ramp-up of 10% per minute is recommended. As the line resistance changes a little bit with the core temperature, adjusting the voltage may be necessary after stabilization.

5. CONNECTOR TEMPERATURE

Due to room available and high current going through the cold parts and the connections, a cooling system must be installed (fans for example). It's recommended to not exceed 200°C at this location.

6. PROTECTION

In order to avoid incidental damages to electrical breakdown on a FPS, an over current protection is necessary. Due to high current, a breakdown can severely damage the bundle. The response time of the breaker system must be as quick as possible. A FF (very Fast, < 1 ms) fuse is recommended on each FPS power lead.

T1002



Power supply

<i>Code</i>		EC2732D017	<i>Rev.</i>	1
<i>Date</i>	<i>Autore/Author</i>	04/04/12	DLE	<i>Page</i>
				4/4

THERMOCOAX