

Participarea Romaniei la EUROfusion WPEDU

Director de proiect : Dr. Gheorghe Dinescu (INFLPR)

Contribuția consorțiului EUROfusion la educație prin cercetare de nivel predoctoral și doctoral în domeniul fuziunii nucleare (partea I)

Prin Pachetul de lucru dedicat educației (WPEDU) consorțiul EUROfusion urmărește sprijinirea, inclusiv financiară, a activităților de educație prin cercetare a tinerilor cercetători doctoranzi sau masteranzi. Activitățile prevăzute și desfășurate sunt axate pe recrutarea, formarea, îndrumarea și monitorizarea doctoranzilor și masteranzilor, având drept scop desfășurarea cu succes a cercetărilor acestora în domeniul fuziunii. Activitățile sunt susținute de experimente, interpretări și întâlniri periodice între cercetătorii în curs de formare și cercetători cu experiență. Doctoranzii sunt inserați în grupuri de cercetare specializate din instituțiile participante la consorțiul EUROfusion și sunt îndrumați să parcurgă mai întâi etapele obligatorii ale primei perioade a programului doctoral, în special promovarea examenelor aferente anului pregătitor și elaborarea și prezentarea unor Referate utilizând literatura de cercetare. Ulterior, doctoranzii elaborează și prezintă Proiectul de cercetare doctorală, urmat de etapa cercetării experimentale sau teoretice, în funcție de specificul temei. În etapa de cercetare, în urma activităților desfășurate în laboratoare sunt elaborate și prezentate Rapoarte de cercetare. Doctoranzii aflați în anul terminal sunt îndrumați în interpretarea rezultatelor și elaborarea tezei de doctorat. În cadrul proiectului WPEDU-RO se finalizează anual 1-2 teze de doctorat, fiecare doctorand fiind co-autor la cel puțin două publicații în reviste de specialitate.

Perioada de desfășurare: 2014-2022

Obiective:

Obiectivul principal al acestui proiect este de dezvoltare a resurselor umane prin educație în domeniul fizicii și tehnologiei fuziunii nucleare controlate prin acordarea unui suport direct cercetătorilor tineri doctoranzi și masteranzi. Proiectul urmărește asigurarea excelenței științifice prin selectarea unor subiecte de cercetare relevante pentru prioritățile domeniului și în acord cu liniile de dezvoltare viitoare, asigurarea accesului tinerilor în instituțiile de cercetare ale consorțiului EUROfusion, creșterea atractivității domeniului fuziunii pentru tineri. Aceste acțiuni urmăresc să conducă pe ansamblu la o bază comună de educație și cunoaștere la nivel european.

Etape si activități:

Activitățile sunt continue, sunt dedicate identificării tinerilor capabili si interesați de domeniul fuziunii nucleare, recrutării si îndrumării acestora ca studenți doctoranzi/masteranzi si asigurării unui program de cercetare in conformitate cu cerințele școlilor doctorale/masterale, dar dedicat fuziunii, program realizat in cadrul instituțiilor de cercetare participante la consorțiul EUROfusion. Doctoranzilor/masteranzilor li se asigura suport financiar sub forma de bursa sau salariu pe perioada studiilor doctorale/masterale si, in limita fondurilor, participarea la evenimente științifice dedicate fuziunii (scoli de vara, conferințe, etc).

Rezultatele obținute:

Pe parcursul anilor 2014-2019 au beneficiat de sprijin financiar in cadrul proiectului 8 doctoranzi si 5 masteranzi. Au fost finalizate zece teze de doctorat cu tematica in domeniul fuziunii nucleare si 5 dizertații, tinerii cercetători desfășurând activitățile de cercetare in Institutul de Fizica Laserilor, Plasmei si Radiațiilor, Institutul de Fizica si Inginerie Nucleara, Institutul de Fizica Materialelor.

Perspective:

Proiectul se va desfășura si de-a lungul anilor 2020-2022, cu perspective de continuare si dupa aceea. In anul 2020 isi continua activitatea de cercetare doctorala doi cercetatori doctoranzi si un masterand si urmează sa se finalizeze o disertație si sa se recruteze doctoranzi si masteranzi noi. Tinerii masteranzi care doresc realizarea unui doctorat in domeniul fuziunii, in condițiile de support financiar asigurate de programul WPEDU sunt invitați sa ia legătura cu Directorul de proiect WPEDU-RO, Gheorghe Dinescu (**Persoana de contact**, G. Dinescu: dinescug@infim.ro)

- **Investigații multi scalare și multi fizice asupra parametrilor care prezintă riscuri asociate funcționării magneților supraconductori de tip CICC (WPEDU-R / part 2)**

Responsabil de proiect : Dr. Mihail Lungu (INFLPR)

Acest proiect este susținut prin programul EUROfusion Researcher Grants și este dedicat în dezvoltarea tinerilor cercetătorilor, acesta fiind inclus în EUROfusion-WPEDU și cercetări complementare / WPEDU-RO.

Activitățile propuse în cadrul proiectului implica investigații complexe multi-scală asupra cablurilor, firelor și a îmbinărilor relevante configurației CICC (Cablu Conductor în Conductă) în vederea studiului elementelor fizice cheie care prezintă un risc în determinarea tranzițiilor de la stare de supraconductivitate la cea normală. Conceptul CICC consta în structuri complexe și torsadate din fire de cupru și supraconductor (ex. Nb_3Sn), trasee de răcire, toate înfășurate într-o folie de oțel și inserate printr-o teacă din inox cu rol structural.

Această complexitate ridicată a conceptului a dus la imposibilitatea modelării poziției firelor cu o precizie mărită. Prin urmare, tehnici nedistructive precum tomografia de raze X (XCT) pot contribui în determinarea defectelor din structurile complexe precum cele regăsite în cazul configurației CICC. Drept urmare, laboratorul de Microtomografie de raze X din cadrul Institutului Național de Fizică, Laseri, Plasmă și Radiații (INFLPR) deține infrastructura necesară pentru examinarea nedistructivă a supraconductoarelor de tip CICC prin tehnica XCT. De asemenea, alte metode de măsură esențiale pentru activitățile propuse în cadrul proiectului, precum măsurători asupra proprietăților hidraulice și a pierderilor de curent se vor efectua prin aplicarea infrastructurii prezente în cadrul laboratoarelor din CEA-Cadarache, Franța.

Concret, proiectul de cercetare o să fie orientat către studiul fenomenelor care au la baza proprietăți fizice esențiale menținerii proprietăților de supraconductivitate precum cele: hidraulice, de magnetizare și electro-mecanice.

Perioada de desfășurare: 2020-2022

Obiective:

Obiectiv 1. Caracterizarea și modelarea la scala macro a filamentelor Nb_3Sn (0.95 mm) implicând: măsurători μ CT (înainte și după tratament termic și modificări structurale, factor de torsadare); măsurători SEM și EDX (pentru caracterizările defectelor induse de tratamentele termice, validarea rezoluției μ CT); procesări de imagini și modelări electrice (corelarea redistribuției curentului cu defecte / deformările structurale);

Obiectiv 2. Caracterizare și modelare la nivel de cabluri prototip. Diferite cabluri cu 500 până la 2000 fire incluzând prepararea probelor și examinare nedistructivă a acestora (μ CT), cât și măsurători distructive (statistică de contact). De asemenea, procesarea și analiza imaginilor

precum reconstrucția traiectoriilor, statistică de deformare și comparații cu rezultatele determinate prin metode distructive.

Obiectiv 3. Caracterizarea și modelarea conductorilor (JT-60SA, DEMO). Se vor efectua măsurători uCT, măsurători de pierderi de curent AC (prin metoda de magnetizare) în facilitatea JOSEFA CEA și măsurători hidraulice (corelarea porozității cu traseul de răcire a He) în facilitatea OTHELO; traiectorii fire (statistică de contact, traseul de răcire de He); modelarea rețelei de contact rezistive și corelarea acesteia cu pierderile de curent AC;

Obiectiv 4. Caracterizarea cablurilor și modelarea joncțiunilor (ITER, JT-60SA) realizate pentru ultimele tipuri de joncțiuni (ITER, JT-60SA) implicând măsurători uCT (analiza microstructurală și detecție de fire) și distribuția de contacte fire – copper sole și reconstrucția traiectoriei agentului de răcire.

Etape și activități:

În cadrul proiectului este propus studiul pierderilor de curenți prin magnetizare care pot induce o creștere locală de temperatură, punând astfel la risc stabilitatea supraconductorilor. În ciuda traiectoriilor complexe de fire, se vor efectua măsurători de magnetizare prin aplicarea tehnicilor ne invazive. De asemenea, se vor efectua măsurători hidraulice pentru înțelegerea mecanismelor de schimb de temperatură între agentul de răcire și structura CICC, astfel încât riscul de ieșire din stare de supraconductivitate din cauza temperaturii crescute să fie diminuat. Prin urmare, se vor efectua evaluări privind distribuția de goluri din jurul firelor care reprezintă și traseului agent de răcire.

O altă activitate importantă constă în evaluarea deformării firelor din timpul procesului de manufacturare a CICC; acestea pot prezenta o degradare în proprietățile de supraconductivitate. Neomogenități de structura exprimate prin variații de granularitate, ductilitate și fragilitate pot amplifica deformarea integrală a structurii multifilare din timpul procesului de înfășurare și cablare, rezultând turtiri locale a structurii filamentelor. Impactul reprezentat prin deformarea firelor asupra performanței produsului final CICC este greu de evaluat. În mod uzual, evaluările structurale sunt efectuate în mod distructiv și cu prezența riscului pierderii de informații esențiale. Drept urmare, în această etapă este propusă utilizarea metodei nedistructive XCT.

Ultima activitate a proiectului este legată de studiul diferitelor configurații de îmbinare a firelor supraconductoare și cupru prin investigarea calității joncțiunii dintre două cabluri CICC. Calitatea joncțiunilor determină distribuția omogenă a curentului, factor relevant pentru proprietatea de supraconductivitate a cablurilor.

Pe durata proiectului propus, activitățile de cercetare vor fi implementate în faze:

Faza I: Investigații structurale multiscala la etapa de producere și fabricare a firelor și cablurilor de tip CICC;

Faza II: Investigații multi-fizice pe cabluri și joncțiuni de tip CICC;

Faza III: Evaluarea complexă multi-scala și multi-fizica pe supraconductori CICC;

Rezultatele obținute (04.2020-12.2020):

Titlul fazei în execuție: Investigații structurale multi-scala în etapa de producere și manufacturare a firelor ale cablurilor relevante CICC;

În raportarea prezenta s-au efectuat caracterizări de filamente supraconductoare din Nb₃Sn fabricate prin tehnologia bronzului, acestea prezentând stres rezidual în urma procesului de fabricație. Prin urmare, măsurători de înaltă fidelitate prin μ CT au fost aplicate asupra filamentelor supuse unor tratamente termice și mecanice în vederea evaluării modificărilor structurale induse și determinării gradului de torsadare. Adițional, măsurători prin SEM și EDX au fost realizate pentru determinarea defectelor induse și a validării rezoluției de măsurare a instrumentului uCT. Principalul scop urmărit a fost de determinare a unei tehnici nedestructive alternative pentru obținerea unor informații relevante modelării redistribuției de curenți în interiorul filamentelor și care sunt sensibile la deformări structurale.

Articol rezultat:

“Extensive Analyses of Superconducting Cables 3D Geometry with Advanced Tomographic Examinations”, L. Zani, M. Chiletto, D. Dumitru, M. Lungu, I. Tiseanu, F. Topin Journal: IEEE Transactions on Applied Superconductivity (TAS) - ISSN: 1051-8223, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Volume: 31, Issue: 5, On Page(s): 1-5, ISSN: 1051-8223, doi: 10.1109/TASC.2021.3059600;

Participare conferințe:

Poster: “Extensive Analyses of Superconducting Cables 3D Geometry with Advanced Tomographic Examinations”, L. Zani, M. Chiletto, D. Dumitru, M. Lungu, I. Tiseanu, F. Topin, ASC 2020 Virtual Conference October 24 – November 7, 2020.

Perspective:

Activitățile propuse în cadrul proiectului sunt suportate prin programul EUROfusion Researcher Grants și orientate spre dezvoltarea tinerilor cercetători, incluși în EUROfusion-WPEDU și cercetări complementare / WPEDU-RO.

Proiectul are la baza studiul magneților supraconductori tip CICC și susține studiul amplu al mecanismelor care ar putea induce trecerea din stare de supraconducție în stare de tranziție normală. Drept urmare, sunt studiate următoarele tipuri de fenomene fizice relevante: proprietățile hidraulice, magnetice și electro-mecanice.

Corelarea structurilor multi-scalare cu rezultatele multi fizice (magnetizare și hidraulice) vor contribui mai departe la optimizarea configurațiilor viitoare a cabluri supraconductoare propuse în cadrul consorțiului EUROfusion.

Prin realizarea tuturor activităților propuse în cadrul proiectului, responsabilul de proiect va dobândi cunoștințe profunde referitoare la aspectele multi-fizice care sunt relevante cablurilor CICC, rezultând în formarea sa ca specialist capabil în corelarea rezultatelor 3D determinate ne distructiv asupra structurii cablurilor / firelor și proprietăților hidraulice, de magnetizare și electromecanice.