

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Determinació dels desfasaments duals en materials termoelèctrics porosos

Document: Document 0 – Resum

Alumne: Marc Teixidor Vilarrasa

Tutor: Eduard Massaguer Colomer; Albert Massaguer Colomer

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Màquines i Motors Tèrmics

Convocatòria (mes/any): Juny 2023

·RESUM DEL TREBALL

Els generadors termoelèctrics són uns dispositius que permeten transformar gradients de temperatura en corrent elèctric. Actualment el seu rendiment és relativament baix (al voltant d'un 5% en versions comercials), tot i que el potencial teòric d'aquesta tecnologia és més elevat. Una de les línies de recerca de GREFEMA UdG és la possible utilització de materials porosos, com per exemple els nanotubs de carboni, sotmesos a polsos de calor per tal de poder-ne augmentar el rendiment, el qual depèn directament del flux energètic que s'aprofita respecte el gradient de temperatura que es genera a les plaques del generador. Actualment GREFEMA està treballant en un projecte dins la convocatòria "Proyectos de Transición Ecológica y Transición Digital", amb el projecte "Mejora de la eficiencia de generadores termoeléctricos mediante el uso de materiales de medio poroso con respuesta térmica no-Fourier y pulsos térmicos periódicos".

Per materials porosos s'entén que són aquells materials on gran part del seu volum està compost per cavitats. En el cas del material utilitzat per aquest estudi, al tractar-se d'un agregat format a partir d'una gran quantitat de nanotubs individuals, la porositat global del material és molt alta, ja que cada nanotub té l'interior buit, i entre nanotubs també es formen cavitats al no estar compactat. En aquests materials porosos, quan se'ls apliquen polsos de calor, s'observen un certs desfasaments temporals entre el flux de calor i el gradient de temperatura respecte del model de la llei de Fourier de transmissió de calor per conducció. Aquests desfasaments poden variar segons diversos factors, com poden ser el gruix del material, la seva porositat i la tortuositat del flux de calor, etc. Aprofitant aquests desfasaments entre temperatura i flux de calor, segons els models teòrics, hi ha una zona temporal en el règim transitori on el rendiment obtingut podria ser més elevat. El projecte de GREFEMA es basa en aprofitar els desfasaments temporals d'aquests materials per millorar el rendiment de generadors termoelèctrics mitjançant polsos tèrmics.

L'objectiu principal del treball és determinar els valors dels desfasaments en materials termoelèctrics porosos. O sigui, a partir de dades experimentals obtingudes realitzant assajos al laboratori, aplicar el model teòric de desfasaments duals, i obtenir els valors dels desfasaments del material.

Per aconseguir l'objectiu, s'ha dissenyat i construït un muntatge experimental des de zero, ja que no n'hi ha cap al mercat i hi ha molt poca literatura al respecte. També s'ha hagut d'adquirir una bona base teòrica per tal d'entrar a l'estat de l'art de la temàtica i poder entendre els conceptes amb els que s'ha treballat.

El muntatge, descrit de manera bàsica, consisteix en dos compartiments d'assaig simètrics on s'hi aboca el material d'assaig. Al mig, entre els dos compartiments, hi ha una resistència de grafit per tal de generar els polsos de calor al passar-hi un corrent elèctric. Això permet mesurar i controlar la potència i la durada del pols de calor aplicat. En un dels compartiments d'assaig hi ha 10 termoparells per tal d'enregistrar la temperatura a diverses posicions de l'eix paral·lel a la direcció del flux de calor. Es va implementar un sistema de control de la duració del pols de calor amb una placa Arduino, i es va muntar el sistema d'adquisició de dades per tal d'enregistrar la temperatura dels 10 termoparells, i la intensitat i el voltatge de l'alimentació de la resistència escalfadora. Es pot observar un esquema general del muntatge a la Figura 1.

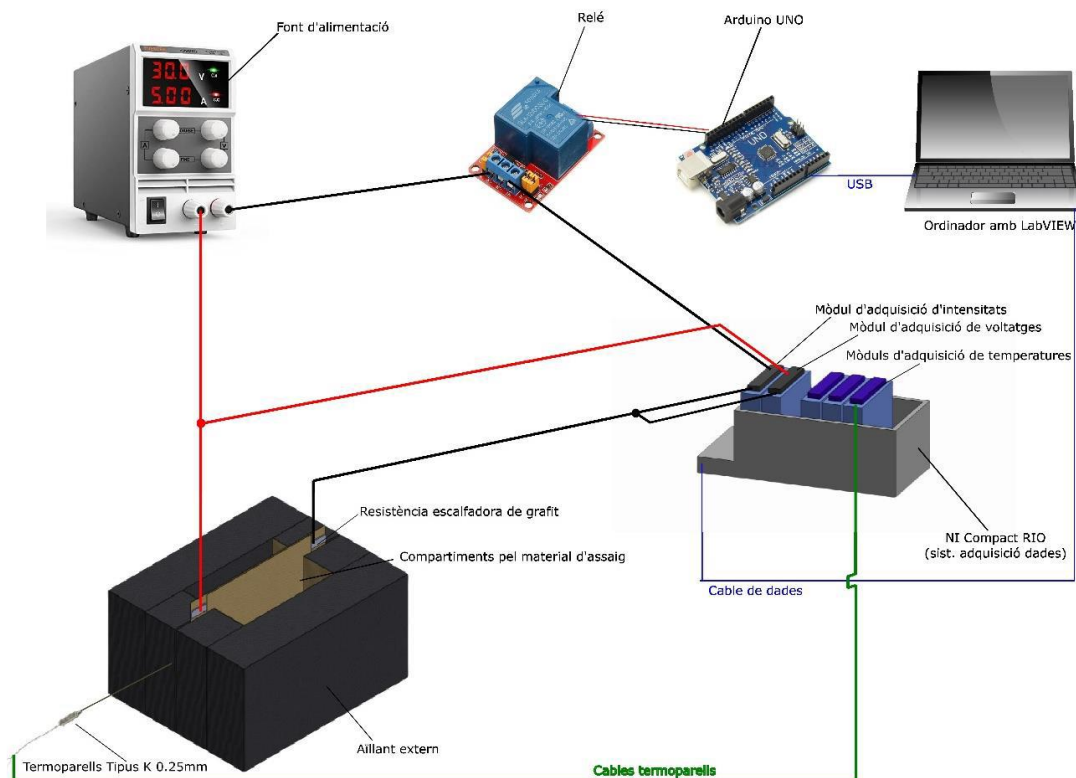


Figura 1.- Esquema general del muntatge al laboratori.

Un cop finalitzat el muntatge experimental, es van realitzar diversos assajos i se'n van analitzar els resultats. En una primera fase d'assajos es van observar discrepàncies entre les dades experimentals i les simulacions del model de desfasaments duals. Una vegada analitzades les possibles causes es va arribar a la conclusió que l'error era degut a les pèrdues tèrmiques degut a la convecció. Per tal de millorar la fiabilitat de les dades, en una segona fase, es va aïllar el muntatge amb escuma de polietilè i es van repetir els assajos.

Els assajos es van realitzar a diverses potències del pols de calor, paràmetre que es controlava a partir del voltatge d'alimentació de la resistència escalfadora de grafit present al muntatge. Finalment, els assajos realitzats van tenir una duració del pols de 5 segons i el voltatge va ser de 10V, 15V i 20V. Es van realitzar 3 repeticions a cada voltatge, sumant un total de 9 assajos dels quals se'n van extreure les dades utilitzades per l'estudi final.

Un cop obtingudes les dades al laboratori, es va procedir al tractament i preparació de les dades. Posteriorment, a partir d'aquestes dades es va aplicar el model teòric de desfasaments duals amb un programa propi del grup de recerca, escrit en Fortran. Aquest programa, realitza càlculs iteratius de temperatura-temps, per diversos rangs assignats als paràmetres bàsics, per tal de poder comparar els càlculs i les dades de temperatura-temps obtingudes experimentalment, i trobar quins valors s'adapten millor.

El següent pas va ser realitzar un programa en Matlab per tal de representar gràficament les corbes experimentals juntament amb els resultats teòrics de les simulacions per tal de comparar-los i veure si s'adaptaven bé. En cas favorable, s'obtenien els valors de desfasament d'aquella simulació, en cas desfavorable es tornava a realitzar la simulació amb uns altres rangs de desfasament.

L'estratègia seguida va ser començar amb uns rangs de valors de desfasament amplis, i anar acotant el rang i millorar la resolució del càlcul. Per fer-ho, es va desenvolupar des de zero un programa de Matlab per tal de representar gràficament un mapa dels valors d'error, segons la variació dels valors de desfasaments.

Pel que fa al tractament de l'error, s'han tingut en compte les incerteses i errors de mesura dels diversos mòduls del sistema d'adquisició de dades, i dels termoparells. Pels errors de la potència, s'ha tingut en compte a l'hora d'acotar els possibles rangs de potència del pols de calor a les simulacions del codi Fortran. Per les lectures de temperatura, on s'hi suma l'error del sistema d'adquisició i el propi dels termoparells, s'ha calculat l'error relatiu que suposa aquesta incertesa respecte la temperatura absoluta dels assajos, i s'han generat corbes tenint en compte aquests errors. S'ha observat com afectaven aquestes modificacions de les corbes als valors de desfasament obtinguts a les simulacions, i finalment s'ha obtingut l'error relatiu dels desfasaments que suposa la incertesa de les mesures de temperatura, i s'han establert els rangs de desfasaments.

Pel que fa als resultats obtinguts, al treball s'hi presenten les gràfiques temperatura-temps experimentals i teòriques dels diversos termoparells i dels diversos assajos, també les taules amb els valors dels rangs de desfasament obtinguts i els gràfics

desfasament-posició dels assajos. També es va fer un anàlisi i quantificació de les fluctuacions de temperatura prèvies a l'inici del pols, que són un indicatiu de la precisió de les mesures dels termoparells.

Finalment, a l'apartat de conclusions s'hi exposen els anàlisis dels resultats. L'objectiu del treball s'ha vist satisfet, s'han obtingut els valors dels desfasaments de manera satisfactòria. Per tant, s'ha observat també que el model de desfasaments duals s'ha adaptat correctament a les dades experimentals i ha permès obtenir-ne els desfasaments.

També és important destacar que els valors de desfasament obtinguts s'adapten a la literatura que hi ha al respecte, igual que les corbes desfasament-posició. Els rangs de tolerància del desfasament són relativament baixos, cosa que també es considera satisfactori.

La repetibilitat de les corbes entre els diversos assajos és bona, i les fluctuacions locals prèvies a l'aplicació dels polsos són baixes, per aquests motius s'han considerat les corbes experimentals com a bones.

Una altra conclusió important és que el desfasament no depèn de la potència del pols de calor. És lògic, ja que teòricament els valors de desfasaments són una propietat intrínseca del material, tal i com s'ha pogut demostrar experimentalment.

En aquest apartat també s'hi fa un anàlisi més en profunditat de la millora dels experiments gràcies a l'aïllament aplicat al muntatge per tal de reduir pèrdues tèrmiques per convecció. També s'exposen les causes per les quals s'han descartat les dades d'alguns termoparells, i es proposen diverses millores a l'assaig per tal de millorar-lo en un futur.

Per finalitzar amb les conclusions experimentals cal observar que els valors de desfasament obtinguts pels CNT, de mateixa manera que ho descriu la literatura existent, són elevats. Això reafirma, tal i com ja s'insinua en alguns articles, que els nanotubs de carboni poden ser un bon candidat com a generador termoelèctric operant en règims transitoris (sotmesos a polsos de calor) aprofitant aquests alts valors de desfasament. L'objectiu és treballar en una zona òptima on s'obtinguin gradients de temperatura superiors als esperats per Fourier per a un flux de calor donat. Per tant, de cares al futur, la utilització d'aquest material, o d'altres de porosos, sembla adequada, i confirma la viabilitat de la línia d'investigació.