

RESUM DEL PROJECTE FINAL DE CARRERA

TRACEJAT ELÈCTRIC D'UNA PLANTA TERMOSOLAR

Jordi Martínez Olivares

a. Descripció del tema del treball

Aquest treball tracta de realitzar un tracejat elèctric, que és bàsicament un acompanyament de calor als elements d'una planta termosolar (de cilindres parabòlics i amb sistema d'emmagatzematge de sals foses), ja siguin canonades, dipòsits, vàlvules, etc.

La planta Termosolar triada es caracteritza per tenir un extens camp solar d'aproximadament 200 hectàrees ple de miralls parabòlics tal i com podem veure a la figura 1.



Fig. 1. Camp solar amb miralls parabòlics.

Aquests estan creuats per centenars de tubs d'oli tèrmic que formen llaços entre les diferents files de miralls. Quan aquest oli s'escalfa el suficient, passa directament a l'intercanviador d'aigua per generar vapor i a l'intercanviador de sals per emmagatzemar calor. A partir d'aquests processos generem vapor durant el dia amb el sol i durant la nit amb les sals foses per produir l'energia.

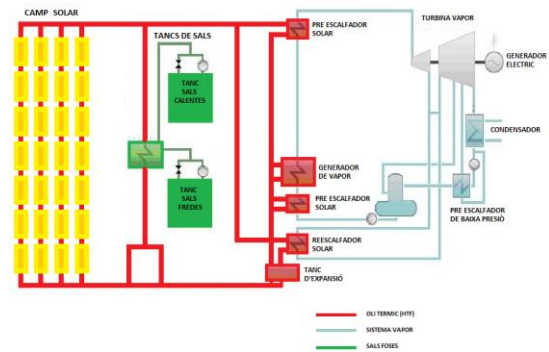


Fig. 1. Esquema de la planta termosolar

La planta termosolar que tractarem té 3 fluids crítics en quant a mantenir una temperatura.

El primer és l'oli Tèrmic, conegut com (HTF). Aquest s'utilitza com a fluid caloportador des del camp solar fins als intercanviadors d'aigua i sals. Durant tot el seu recorregut manté una temperatura constant per sobre dels 400 °C, aconseguits aquests amb l'escalfor del sol potenciada pels miralls parabòlics.

Durant tot aquest procés no cal activar el tracejat. Aquest està pensat per actuar en quant hi hagi parades a la planta ja que el fluid solidifica per sota dels 12°C i augmenta molt la seva densitat per sota dels 25°C. Per tant l'objectiu és mantenir sempre totes les canonades per sobre d'aquests 25°C.

El segon fluid són les Sals foses. Aquestes s'utilitzen per absorbir tot l'excés de calor que hi ha a les hores de més alta producció i durant la nit mitjançant intercanviadors d'aigua són capaces de generar vapor i fer que la planta funcioni sense sol. Aquest fluid també arriba a sobrepassar els 400°C, però comença a tenir problemes de viscositat a per sota dels 290°C. Es llavors quan ha d'actuar el tracejat elèctric. Cal pensar que la càrrega de sals a la planta ja es fa en forma fosa instal·lant un forn provisional amb una

canonada de carrega, aquesta també s'ha de tracejar amb un tracejat elèctric provisional.

Les sals s'emmagatzemen a 2 grans tancs de 28500 tones cada un, el cycle tracta d'anar buidant el tanc de sals fredes escalfant-les amb l'oli tèrmic durant les ores de sol i fer el circuit invers escalfant l'oli amb les sals a l'intercanviador d'oli per produir vapor a hores que no tenim sol.



Fig. 1. Vista dels tancs de sals a la planta

El tercer fluid són les aigües de procés també anomenades (BOP). Es tracta de tots els sistemes d'aigua de la planta, des del sistema contra incendis fins a l'aigua de refrigeració del secundari de la turbina. Amb aquest fluid hem d'evitar que la temperatura baixi de 0°C per que no es congeli.

Amb tot això fem primer una descripció de tots els tipus de plantes existents per després centrar-nos en la planta de Cilindre Parabòlic amb emmagatzematge de sals per veure detalladament el seu funcionament.

Descriuim els diferents fluids que intervenen a la central i ens centrem en l'oli tèrmic (HTF), les sals foses i les aigües de procés (BOP). Mirant aquests fluids comprovem que tenen una temperatura mínima per fluir correctament i es quan presentem el tracejat com acompanyament de calor.

Pel que fa al tracejat, anomenem els diferents tipus que existeixen així com vapor, aigua calenta, elèctric, etc. i després de comparar-los i destacar els avantatges i desavantatges de cada un acabem centrant-nos en l'elèctric.

Anomenem les diferents classes de tracejat elèctric que tenim al mercat i quins son els criteris de selecció per triar un o un altre.

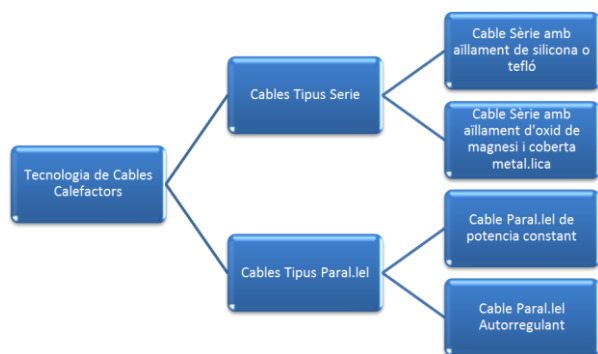


Fig. 2. Classificació de cables calefactors

Mostrem la formula que demostra el principi de pèrdua tèrmica tant a una canonada com a un dipòsit i comentem totes les variables que intervenen a la mateixa.

$$P = \frac{2 * \pi * K * (T^a \text{ fluid} - T^a \text{ ambient})}{\ln \frac{(D + 2e)}{D}}$$

Fig.3. Formula de principi de pèrdua tèrmica a una canonada.

- On:
 P = Pèrdues tèrmiques (W/m)
 K = Conductivitat de l'aïllament (W/m °C)
 D = Diàmetre exterior de la canonada (mm)
 e = Gruix d'aïllament (mm)

$$P = \frac{S * K * (T^a \text{ fluid} - T^a \text{ ambient})}{e}$$

Fig.4. Formula de principi de pèrdua tèrmica a un dipòsit.

- On:
 P = Pèrdues tèrmiques (W/m)
 S = Superfície (m2)
 K = Conductivitat de l'aïllament (W/m °C)
 e = Gruix d'aïllament (mm)

b. Resum dels objectius plantejats.

Mostrar una planta termosolar, analitzant el funcionament de la mateixa realitzant una breu descripció del procés de producció així com els beneficis i avantatges que genera. Veurem els diferents fluids que hi intervenen per convertir l'energia del sol en energia elèctrica. Després d'això podrem entendre millor els possibles problemes que poden sorgir a la mateixa i com podem solucionar-los.

Donar a conèixer el Tracejat Electric com a sistema d'acompanyament de calor, ressaltant els avantatges davant altres sistemes de tracejat així com les virtuts a l'hora d'estalviar energia. Coneixerem el principi de pèrdua d'energia d'un cos i com podem compensar aquesta amb l'acompanyament de calor. Nomenarem els diferents tipus de tracejat elèctric que existeixen i comentarem les seves avantatges i inconvenients.

Mostrar un cas real de l'aplicació del tracejat elèctric a una Planta Termosolar recalcant les peculiaritats de cada un dels fluids tracejats. Veurem quins fluids tenen problemes de temperatura i quan és realment necessari aportar energia en cada cas. Veurem quin cable apliquem a cada procés argumentant el per que i el com. Veurem plànols de situació, càlculs de pèrdua de calor, PID dels circuits tracejats així com un pressupost final.

c. Resum de les solucions adoptades.

A la part del dimensionament anomenem les característiques de cada un dels fluids i creem una taula amb totes les variables per poder calcular les pèrdues de cada fluid en cada cas. Diem quin tipus de cable és el més idoni per cada un dels fluids i així determinem que tant a l'Oli tèrmic com a les Sals hem de col·locar un cable amb aïllament mineral (un cable que aguanta altes temperatures) ja que en els dos casos ha de suportar temperatures iguals o superiors als 400°C.

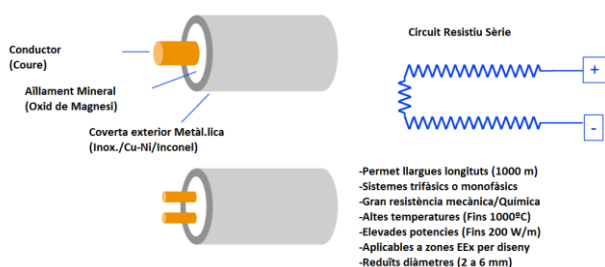


Fig.5. Detall del cable d'aïllament mineral.

Pel que fa a les aigües de procés, triaríem un cable paral·lel autorregulant ja que dintre dels cables paral·lels són els de tecnologia més avançada. En aquest cas només es tracta d'evitar la congelació de l'aigua i es necessita un cable de poca potència.

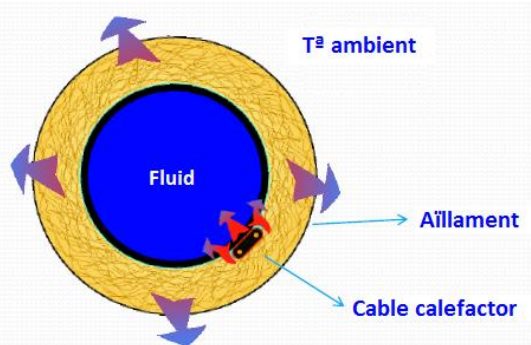


Fig.6. Detall del cable entre calorífugat i canonada.

No obstant es decideix no tracejar les aigües ja que la suma de temperatures suaus de la zona durant tot l'any i el gruix d'aïllament que es col·locarà aconseguim que les pèrdues s'estabilitzin i no permetin que les canonades es congelin.

Parlem també de tota la part elèctrica associada al tracejat elèctric:

Pel que fa als armaris, ensenyem els existents mostrant la interconnexió dels mateixos així com els components que contenen i la potència que penja de cada un.

Pel que fa a les línies d'alimentació mostrem el dimensionament enumerant els metres de cada cable que necessitarem separant les Sals del HTF.

El sistema de control consta d'un panel PC amb una electrònica que consta d'una capçalera de la qual penjen targetes amb entrades analògiques per les sondes PT-100 que col·loquem a planta, targetes amb sortides digitals per activar relés d'estat sòlid quan el programa ho mani, targetes d'entrada digital per detectar les errades de protecció, etc.

SISTEMA CENTRALITZAT

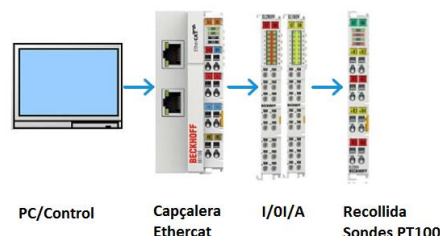


Fig.7. Imatge del sistema de control.

Realitzem tots els càlculs aplicant les fórmules esmentades a les figures 3 i 4, els fem per separat, primer la part de l'oli tèrmic i després la part de les sals foses. Ho fem automàticament amb una taula Excel a la qual introduïm les dades necessàries. Al final, la taula ens diu la potència per metre necessària en el cas de les canonades i la potència total en el cas dels dipòsits. A partir d'aquí triem la resistència dels cables d'aïllament Mineral ja que aquests es fabriquen a mida i s'ha de combinar mida amb resistència per metre per aconseguir la resistència total desitjada per que així i per llei d'Ohm ens doni la potència que busquem.

Finalment fem un recompte dels materials, tant de tracejat com elèctric, calculem la ma d'obra necessària per realitzar tota la instal·lació, sumem enginyeria i la resta de patides i creem 2 pressupostos separats, un per l'oli tèrmic i l'altre per les sals foses.

d. Resum de les conclusions del treball.

Després d'analitzar els resultats del projecte podem concloure que a la finalització del mateix s'ha obtingut;

- Un llistat dels diferents tipus de plantes termosolars existents fixant-nos en la més comuna definint-la i explicant tant les seves parts més vitals com el seu funcionament.
- Conèixer el principi de pèrdua tèrmica a una canonada i un dipòsit amb la demostració de la seva fórmula i les seves variables.
- Un enumerament dels diferents tipus de cables calefactores que podem trobar al mercat i quin és el més adient per cada un dels cassos que hem analitzat.

- Una idea clara del cost econòmic que pot tenir un sistema de tracejat elèctric aplicat en una planta termosolar de les característiques esmentades.
- Dimensionament en longituds i consums d'un tracejat elèctric a la planta termosolar.
- Hem pogut comprovar que la producció d'energia elèctrica a través d'una planta termosolar es beneficiós pel medi ambient.

e. Agraïments

Voldria mostrar el meu agraïment a totes aquelles persones que m'han donat el seu suport durant l'execució del projecte aportant-me consells útils i donant-me idees en tot moment, i molt especialment a:

- a l'empresa *TRACELEC GROUP*, per haver posat al meu abast tots els seus recursos, sent l'empresa de la que formo part actualment i espero que per molts anys.

- al meu ponent Eusebi Martínez Piera, per haver-me guiat i corregit en moltes ocasions mostrant-me tot el seu suport durant els mesos que ha durat el projecte.

- a la meua dona, Ana, pel seu suport i per la seva col·laboració a l'hora de preparar la presentació.

- i al Raul Gervasio Navarro, ex company d'estudis que m'ha ajudat amb el tota la logística dels plànols.

f. Bibliografia

Pagina Web: www.protermosolar.com
www.solarweb.net
<http://ener-coop.es/central-termosolar-andasol-1/>

Ingenieria de Centrales Termosolares CCP

Renovetec

Sistemas solares térmicos - diseño e instalación

Felix A. Peuser (Autor), Karl-Heinz Remmers (Autor), Martin Schnauss (Autor)

Energía solar térmica de media y alta temperatura: 6 (Monografías Técnicas De energías Renovables / Technical Monographs of Renewable Energy)

M. Castro Gil (Autor), A. Colmenar Santos (Autor)