



A XVII-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2017

CAMERELE DE TERMORIZIUNE, APARATE DE MĂSURĂ UTILE ÎN INGINERIE

Gabriel Nicolae POPA, Corina Maria DINIȘ
Iosif POPA, Sorin Ioan DEACONU

THERMAL IMAGERS, USEFUL MEASUREMENT DEVICES IN ENGINEERING

The paper presents an analysis of thermal imagers used in different fields of industries. Thermal imagers are used in almost all industries, and can be used in laboratory applications, because of their advantages: measurement without contact, the visible and thermal images saving and transferring to a personal computer, measuring without interrupting technological process, comparing the visible image with the thermal image. Thermal imagers can be used to maintenance, debugging, and control of equipment and installations.

Keywords: thermal imagers, power engineering, electronics

Cuvinte cheie: camere de termoviziune, electroenergetică, electronică

1. Introducere

Termoviziunea reprezintă măsurarea câmpului termic prin înregistrarea radiațiilor infraroșii și vizualizarea distribuției de temperatură pe suprafețele observate. Este o metodă nedistructivă și fără contact, utilă pentru întreținere și depistarea defectelor în timpul operării sistemelor industriale, fără întreruperea procesului tehnologic. În prezent, domeniul de utilizare a termografiei în infraroșu este într-o continuă dezvoltare și extindere, în principal datorită avantajului de a permite examinarea unor suprafețe mari într-un timp scurt. Imaginile

termice preluate de camera de luat vederi în infraroșu pot fi comparate cu imaginile preluate de o cameră în domeniul vizibil [1, 2, 8].

2. Noțiuni de termografia în infraroșu

Termografia este utilizată de mult timp în industrie pentru monitorizarea regimurilor termice ale instalațiilor și proceselor tehnologice. În ultimii ani, termografia a căpătat o importanță deosebită în activitatea de întreținere și depanare. Un exemplu de utilizare în industrie a termografiei este controlul periodic, preventiv, al instalațiilor electrice, pentru identificarea punctelor "calde" generate de conexiuni de rezistență mare, a unor împământări necorespunzătoare, precum și a circuitelor electrice în care apar circulații anormale de puteri datorită dezechilibrelor sau suprasarcinilor, controlul echipamentelor mecanice și electrice, în asociere cu analiza vibrațiilor; controlul izolațiilor termice etc. [7, 8]

Termografia în infraroșu este tehnica ce permite să se obțină, cu ajutorul unui echipament sau aparat corespunzător, imaginea termică a unei scene termice observată într-un domeniu spectral de infraroșu.

Scena termică reprezintă partea de spațiu (obiect) observabil cu ajutorul aparatelor sau echipamentelor destinate termografiei în infraroșu.

Imaginea termică constă în repartiția structurată a datelor reprezentative ale radiației în infraroșu, ce provin de pe o scenă termică. Sub formă schematică a fost reprezentat în figura 1 cadrul sinoptic general al termenilor relativi privind termografia.

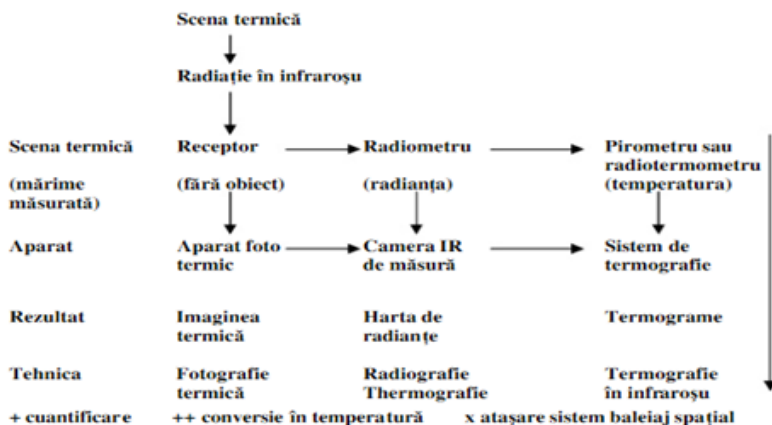


Fig. 1 Schemă sinoptică a termenilor relativi privind termografia

Radiația electromagnetică este o undă determinată de vectorii câmp electric și câmp magnetic, care se propagă într-o direcția dată și se caracterizează prin lungimea de undă, în μm și puterea vehiculată, în W .

În figura 2 este reprezentat spectrul radiației electromagnetice. Banda spectrală utilizată în termografie este în domeniul de la 2 la 15 μm .

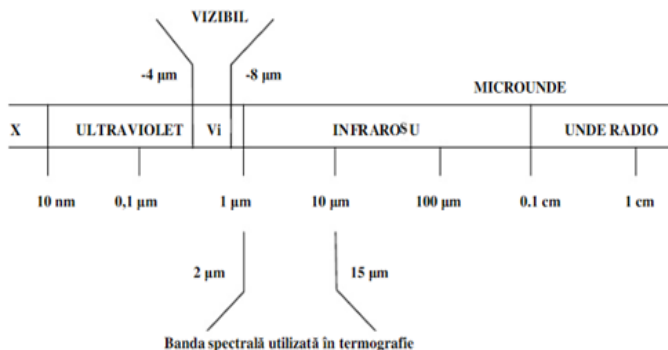


Fig. 2
Spectrul
radiației
electro-
magnetice

Într-un mediu semitransparent omogen și izotrop, radiația electromagnetică se propagă în linie dreaptă și, din acest motiv, se folosește, în mod curent, noțiunea de fascicul infraroșu.

3. Echipamente de termoviziune

Termoviziunea este termenul ce face referire la o tehnică modernă, de înaltă performanță, ce permite vizualizarea și generarea în timp real a unor hărți termice (imagini termice, termograme) ale sistemelor tehnice sau biologice aflate sub investigație. Pentru realizarea activității de scanare termică se utilizează echipamente specializate numite camere de termoviziune, asemănătoare ca dimensiuni și aspect cu camerele video din viața cotidiană. În prezent, sunt diferite firme care produc camere de termoviziune [5, 6]. Cele mai cunoscute sunt Fluke (fig.3) [4] și Flir [3].

Termoviziunea este o metodă de a vizualiza obiectele din punctul de vedere al radiației infraroșii emise de acestea și nu din cel al radiației vizibile care poate fi detectată fără nici o dificultate de ochiul uman. De foarte mult timp se cunoaște că orice corp cu temperatura mai mare de 0 $^{\circ}\text{K}$ (-273,15 $^{\circ}\text{C}$) emite energie în infraroșu. Sursa primară a radiației infraroșii este căldura corpurilor. Energia infraroșie este generată de vibrația și rotația atomilor și moleculelor din orice sistem tehnic sau biologic.

Legile pe care se bazează termoviziunea sunt:

Legea lui Planck, care a introdus ipoteza cuantelor de energie și a stabilit pentru densitatea spectrală a emitanței unui corp o formula care a verificat datele experimentale în toată gama de frecvențe.

Legea Ștefan - Boltzmann, care a stabilit legătura dintre emitanța energetică integrală a corpului și temperatura lui absolută.

Legea deplasării Wien, care a stabilit legătura dintre temperatura corpului și lungimea de undă a maximumului densității spectrale a emitanței.

Nu trebuie omisă contribuția excepțională a lui Einstein - asocierea cuantelor cu particule, numite fotoni, care se deplasează cu viteza luminii.

Cu cât temperatura obiectului este mai mare, cu atât radiația infraroșie produsă este mai intensă. De exemplu, corpul uman, la temperatura sa normală, radiază în domeniul infraroșu în jurul lungimii de undă de 10 mm. Cu toate că nu putem vedea în infraroșu, suntem înconjuțați zilnic de acest tip de radiație.



Fig. 3 Camera de termoviziune
Fluke Ti 25

Cele mai importante caracteristici ale camerelor de termoviziune sunt [4]:

- domeniul de temperatură măsurat (ex. $-20 \div +350$ °C);
- precizia (± 2 °C);
- sensibilitatea termică

(ex. 0,1 °C);

- modificarea coeficientului de corecție al emisiei ($\varepsilon \leq 1$, se poate regla de pe camera de termoviziune sau calculator personal);
- dimensiunea câmpului analizat (ex. $23^0 \times 17^0$);
- rezoluția spațială (ex. 2,5 mRad);
- frecvența imaginii (ex. 9 Hz);
- dimensiunea detectorului în infraroșu (ex. 160 x 120 pixeli);
- lungimea de undă detectată (ex. $7,5 \div 14$ μm);
- dimensiunea display-ului de pe cameră (ex. 640 x 480 pixeli);
- paleta de culori pentru reprezentarea imaginii termice;
- alte facilități ale reprezentării (ex. imagine termică în imagine în domeniul vizibil);
- și altele.

Domeniile unde termoviziunea are un rol din ce în ce mai important sunt tot mai multe și mai diversificate. Se utilizează în aproape toate ramurile ingineresti [7, 8].

Una dintre principalele aplicații este în electroenergetică (pentru instalații de înaltă, medie și joasă tensiune) pentru testare instalații, tablouri de distribuție, celule de tensiune, sisteme de bare colectoare, turbine, generatoare, transformatoare, bobine de compensare, cabluri, izolatori, contactoare etc. (figurile 4, 5).

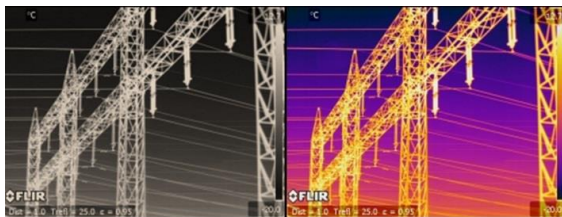


Fig.4 Aplicații în electroenergetică ale termoviziunii



Fig.5 Aplicații în instalații electrice industriale ale termoviziunii

Alte aplicații importante sunt în termoenergetică pentru detectarea pierderilor de agent termic, blocaje, izolații necorespunzătoare, depuneri de reziduuri la conducte și rezervoare, verificarea etanșității vanelor etc. (figura 6).



Fig.6 Aplicații în termoenergetică ale termoviziunii

Electronica constituie o altă ramură a ingineriei. Camera de termoviziune se folosește pentru depistarea zonelor de supraîncălzire a circuitelor (uneori foarte complexe), testarea componentelor electronice și ale radiatoarelor, și a contactelor electrice.

În aplicațiile electromecanice, camerele de termoviziune sunt utilizate la depistarea supraîncălzirii bobinajelor cauzate de

suprasarcină sau izolație defectuoasă, blocaje sau funcționare cu frecare mare la elementele subansamblelor rotative gen lagăre, rulmenți, axe, transmisii, cauzate de lubrifiere slabă, dezechilibrarea sistemelor în mișcare, etc.

Foarte des se utilizează camerele de termoviziune în construcții pentru identificarea surselor de umezeală, detectarea pierderilor de căldură, izolații slabe, testarea instalațiilor de încălzire, de ventilație și de aer condiționat, identificarea punctelor slabe ale structurilor, audhuri energetice etc. (figura 7).



Fig.7 Aplicații în construcții ale termoviziunii

Nu în ultimul rând, aceste echipamente performante de măsură, au aplicații la evaluarea aplicațiilor din instalațiile industriale, de exemplu la localizarea pierderilor de căldură în fluxul tehnologic (figura 8).

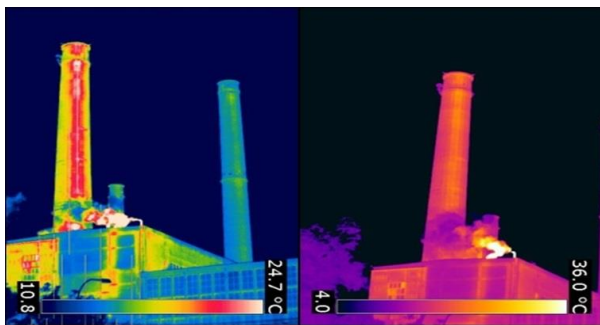


Fig.8 Aplicații în instalații industriale ale termoviziunii

De asemenea, camera de termoviziune au aplicații în medicină, atât umană cât și veterinară, unde se pot vizualiza și evalua, schimbările de temperatură de pe suprafața corpului. Alte aplicații sunt pentru instalațiile electrice casnice/industriale, în domeniul militar, transporturi, cercetare, biotehnologie, etc.

4. Aplicații în electronică

O aplicație a termoviziunii în domeniul electronicii este prezentată în continuare. Multimetrul Fluke 289 este *TRMS*, cu sistem de operare, este unul dintre cele mai performante (și scumpe)

multimetre de pe piață (figura 9). S-a constatat că bateriile de alimentare (6x1,5 V, tip R6, alcaline), se descarcă foarte repede (într-o zi), chiar dacă multimetrul nu funcționa. S-a măsurat curentul absorbit de multimetru când era în stand-by; curentul a fost de 48,5 mA, curent considerat a fi foarte mare. S-a desfăcut multimetrul, până la cablajul principal (foarte complex) și s-au evaluat, în special conexiunile.



Fig. 9 Multimetrul Fluke 289, TRMS: în exterior și în interior

S-a utilizat o cameră de termoviziune Flir, tip OSXL-I3 [3], pentru a evalua piesele de pe cablajul principal, atunci când sunt alimentate cu tensiune. În zona dreapta sus a cablajului, în zona unui supercondensator (tip 104 J, C145, figura 10) utilizat pentru memorarea datei, orei și a setărilor multimetrului, s-a constatat că această zonă are o temperatură mai mare (figura 11) decât celelalte zone (aproximativ 40 °C, la o temperatură a mediului ambiant de 22 °C). S-a măsurat tensiunea pe supercondensatorul defect și era 0,1 mV.

Înainte de a fi montat un nou supercondensator, tip GC, C = 0,22 μF, U = 5,5 V a fost verificat și experimentat. A fost încărcat aproximativ 5 h la tensiunea de 3 V, apoi a fost lăsat să se descarce în gol (figura 12). După aproximativ 10 zile, tensiunea a ajuns la jumătate (1,5 V).

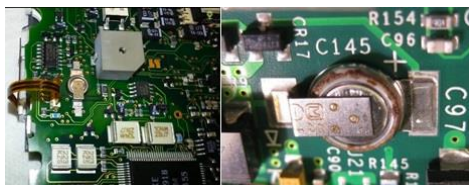


Fig.10 Multimetrul FLUKE 289 desfăcut și detalii cu zona supercondensatorului tip 104 J (C145), C = 0,2 μF, U = 3,3 V



Fig. 11 Temperatura maximă măsurată pe supercondensator, pentru FLUKE 289:
a. 40 °C; b. 40,55 °C; c. 38,89 °C

a.

b.

c.

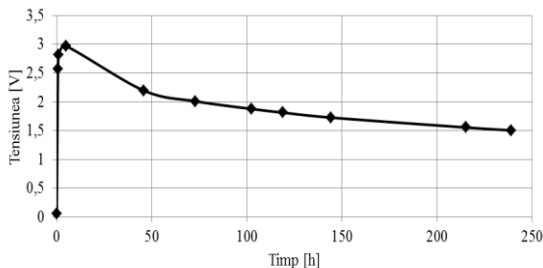


Fig. 12 Încărcarea și descărcarea unui supercondensator tip GC 5,5 V, 0,22 μF care a fost încărcat la 3 V – măsurători în gol

Energia electrică înmagazinată în supercondensator este:

$$W = \frac{C \cdot U^2}{2} \tag{1}$$

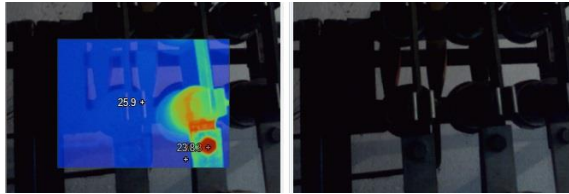
Pentru supercondensatorul tip 104 J, $C = 0,2 \mu\text{F}$, $U = 3,3 \text{ V}$, pentru tensiunea de alimentare de 3 V, energia electrică înmagazinată este de 0,9 μJ , iar pentru supercondensator tip GC, $C = 0,22 \mu\text{F}$, $U = 5,5 \text{ V}$, energia electrică înmagazinată este de 0,99 μJ . Supercondensatorul tip 104 J (C145), $C = 0,2 \mu\text{F}$, $U = 3,3 \text{ V}$ de pe cablaj a fost înlocuit cu un supercondensator tip GC, $C = 0,22 \mu\text{F}$, $U = 5,5 \text{ V}$. Curentul în standby a scăzut sub 0,5 mA, iar, în prezent, multimetru funcționează foarte bine.

5. Aplicații în electroenergetică

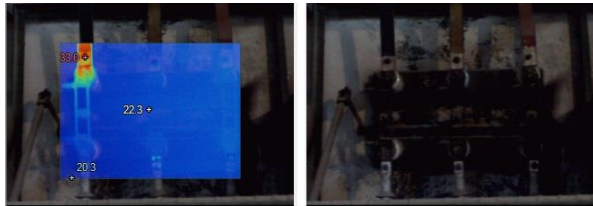
Termoviziunea are aplicații importante în electroenergetică, pentru întreținere, depanare și stabilirea regimurilor anormale de funcționare, suprasarcină sau dezechilibre pe faze (figurile 13-16). S-a utilizat camera de termoviziune Fluke Ti25 [4].



Fig. 13 Transformator de putere dintr-un post de transformare, cu contact imperfect la una dintre bornele de joasă tensiune



a.



b.

Fig. 14 Separator electric de putere de joasă tensiune, din posturi de transformare, cu un contacte imperfecte la una dintre faze

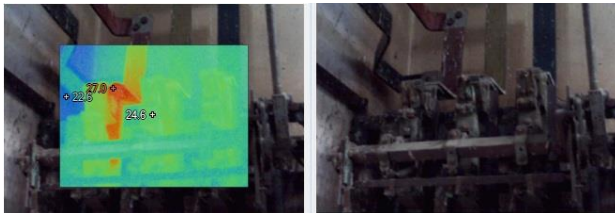


Fig. 15 Separator electric de putere de joasă tensiune, cu una dintre faze încărcată mai mult decât pe celelalte (dezechilibru dintre faze)

Se pot identifica ușor contactele imperfecte (figurile 13,14) de la transformatoarele de putere și separatoare electrice, precum și, barele de alimentare (figura 15) și siguranțele electrice (figura 16) supraîncărcate.

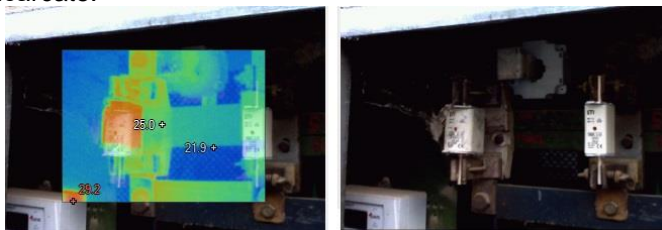


Fig. 16 Tablou de distribuție de joasă tensiune, cu o siguranță de tip MPR încălzită

6. Concluzii

■ Camerele de termoviziune au aplicații atât în laborator, dar mai ales sunt utile în diverse industrii. Zonele care se doresc a fi analizate în infraroșu pot fi extrem de complexe, iar imaginea în infraroșu este greu de analizat.

■ Din acest motiv, la camerele de termoviziune moderne, la achiziția unei poze în infraroșu, automat se face și o poză, pentru aceeași zonă, și în domeniul vizibil.

■ Deși prețul lor este mare, aceste aparate de măsurare sunt de neînlocuit, datorită avantajelor care le au (măsurarea temperaturii fără contact, asigurarea unei întrețineri corespunzătoare la timp a echipamentelor analizate etc.).

BIBLIOGRAFIE

[1] Iagăr, A., Popa, G.N., Diniș, C.M., *Calitatea energiei electrice – de la teorie la experimentări*, Editura Politehnica, Timișoara, 2017.

[2] Popa, G.N., *Senzori și traductoare. Măsurări, traductoare, instrumentație*, Facultatea de Inginerie Hunedoara, Universitatea Politehnica Timișoara, 2013.

[3] * * * *Flir I3. Technical Data, Farnell, USA, 2013.*

[4] * * * *Fluke Ti25, Ti 10, and Ti9 Thermal Imagers. Technical Data, USA, 2012.*

[5] * * * www.flir.com

[6] * * * www.fluke.com

[7] * * * www.termoinspecție.ro

[8] * * * www.termoviziune.com

Conf.Dr.Ing. Gabriel Nicolae POPA,
Senior Member IEEE, membru AGIR,
e-mail: gabriel.popa@fih.upt.ro

Șef lucr.Dr.Ing. Corina Maria DINIȘ,
membru IEEE, membru AGIR,
e-mail: corina.dinis@fih.upt.ro

Conf.Dr.Ing. Iosif POPA,
membru AGIR, e-mail: iosif.popa@fih.upt.ro

Conf.Dr.Ing. Sorin DEACONU,
membru IEEE, membru AGIR, e-mail: sorin.deaconu@fih.upt.ro

Facultatea de Inginerie Hunedoara, Universitatea Politehnica Timișoara