

Légi termográfia energetikai rendszereken

Szerző: Rahne Eric, okl. villamosmérnök, a PIM Professzionális Ipari Méréstechnika Kft. alapítója, Tanúsított termográfiai szakértő (Thermograph Level 3), Igazságügyi szakértő

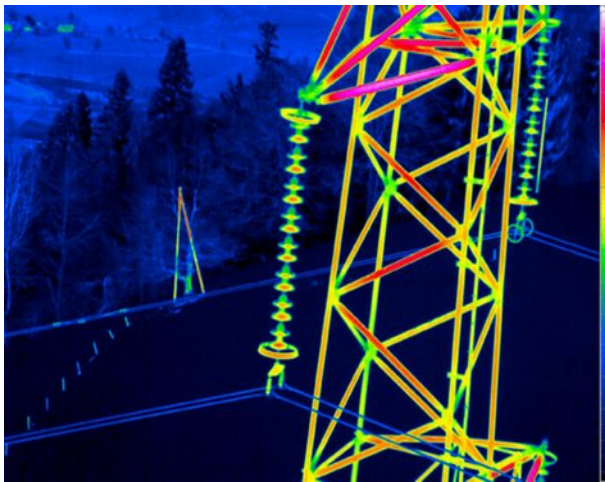
Ez a cikk a Villanyszerelők lapja hibájából nem jelent meg!

A termográfiáról szóló cikksorozatunk betekintést kíván nyújtani a termográfia elképesztő sokoldalúságába és elméleti, illetve gyakorlati korlátaiba, Rahne Eric "TERMOGRÁFIA - elmélet és gyakorlati méréstechnika" című, 650 oldal terjedelmű szakkönyvéből merítve. A jelenlegi rész az előző "Energetikai rendszerek és a légi termográfia" című cikk folytatása.

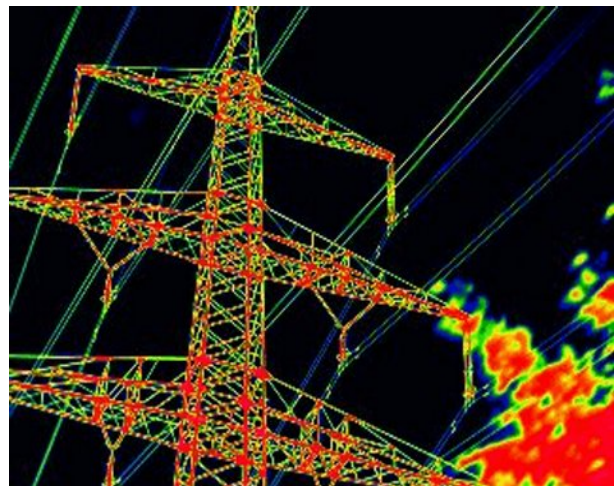
Villamos távvezeték állapotfelmérése légi termográfiával

Amennyiben távvezeték felméréséről van szó, akkor a kültéri mérésekre vonatkozó korlátokon túl méréstechnikai szempontból kritikus a geometriai felbontás is. A 30 m magasságban lévő, akár csak 18 mm átmérőjű sodronyok túlterhelésének és kötéseik átmeneti ellenállása növekedésének beméréséhez 0,2 mrad, vagy még jobb, geometriai felbontás, tehát nagy „optikai nagyítású” teleobjektív szükséges. Csupán a szigetelők egyes hibái ennél gyengébb geometriai felbontás mellett is még megtalálhatóak. A következő hőképek mind a mérési napszak, mind a látható geometriai felbontás miatt termográfiai értékelésre alkalmatlanok. Függetlenül attól, hogy a földről vagy a levegőből (helikopterrel, repülőgéppel vagy dronnal) készültek. (Ezek a példák sajnos a jelenleg végzett távvezeték-felmérések többségére jellemzők, alig akadt korrekt mérés a publikációk és reklámkiadványok között!)

Termográfiai példafelvételek villamos távvezeték kiértékelhetetlen felmérésekre:



1. kép: távvezeték helikopteres felvétele (láthatóan napközbeni felmelegedéssel) [H51]

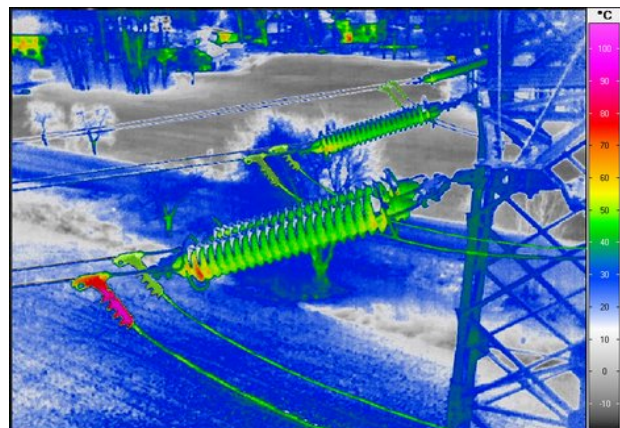


2. kép: napsugárzás-felmelegedés hatása [H53]

Korrekt termográfiai példafelvételek villamos távvezeték hibaira:



3. kép: távvezeték hibával [T167]



4. kép: drónos részlet (készült [H54] felhasználásával)

Nagy kiterjedésű szolárrendszerek termográfiai felmérése drónokkal

A bevezetésben felsorolt mérések jellege, a velük kapcsolatos felvételek mennyisége, valamint a látómezővel és látószöggel kapcsolatos nehézségek kifejezetten a légi termográfia alkalmazására készítettek. Tipikusnak mondható a repülőgépről vagy helikopterről történő termográfiai felmérés a környezetvédelemben, környezetfigyelésben (akár vízgazdálkodás, növénytermesztés vagy vadszámlálás szempontjából), a nagy területű régészeti és geológiai kutatásokban. Egyre inkább elterjedt a szolárrendszerek, első sorban a nagy kiterjedésű, több hektáros fotovoltaikus erőművek légi felmérése is, amihez az egyre nagyobb teherbírású és könnyebben alkalmazható, akár automatizálható küldetésű drónok megjelenése ad lehetőséget. (Természetesen eközben ne felejtsük el, hogy a drónok alkalmazására szigorú előírások, törvényi szabályozások vonatkoznak, amelyeken felül további műszaki és jogi kockázat is felmerülhet.)

A légi felvételeknek legnagyobb előnye, hogy viszonylag gyorsan nagy területeket lehet bevizsgálni optimális megtekintési szög mellett, gyakorlatilag beárménykolási veszély nélkül. Viszont ez a technológia sem problémamentes. Az éles, helyes fókuszálási hőképek érdekében igen pontosan kell betartani a bemért szolárasztaloktól, moduloktól való távolságot. A nagy teljesítményű hőkamerák esetleges motoros fókuszálása eléggé energiaigényes, tehát nagyobb akkumulátor kell a hőkamerához. A hőkamerák viszonylag kis mélységélessége miatt, amennyiben a napbesugárzás szöge nem gátolja, lehetőleg közel merőlegesen célszerű a modultáblákra nézni, hogy a felvétel minden része éles legyen.

Gondot okoz a mozgásból történő felvétel is. Az alkalmazott hőkamera integrálási idő alapján bekövetkező pixel-elnyúlás számításával megállapítandó a maximális repülési sebesség, ezzel együtt a legkisebb detektálható hibahely függvényében a mérési távolság és felvétel-rögzítési gyakoriság. Mivel ezek a paraméterek mind egymástól függenek, célszerű egy egyszerű egyenletrendszeren alapuló, a következő oldalon bemutatott döntési, küldetés-tervezési táblázatot alkalmazni. Ebben pedig addig kell a repülési sebesség paramétereit változtatni, amíg egy elfogadható, optimális repülési idő és felvételmennyiség adódik. Közben még tekintettel kell lenni a tárgyon mért hőkép repülési irányra merőleges szélességére is. Amennyiben ez biztonsággal meghaladja egy napcella-asztal szélességét, akkor a sorokat elegendő egyszer lerepülni. Máskülönben többszörös lerepüléssel hatványosodik a szükséges idő és felvételszám.

Objektumparaméter		Megjegyzés	
Bevizsgálendő terület			
Területi méret [m] x [m]	730	430	Ügyféladat
Tagoltság [%]		25	geometria „forma” alapján
Sorok (asztalok) szélessége [m]		6	Ügyféladat
A) Nagy felületű hibahely-detektálás			
Kamera paraméterek			
Vízszintes felbontás (repülési irányra merőleges)		382	Kamera fix műszaki paraméter
Függőleges felbontás (repülési irányban)		288	Kamera fix műszaki paraméter
Geometria felbontás IFOV [mrad]		1,8	Kamera-lencse konfiguráció műszaki paraméter
Integrálási idő (minimális expozíciós idő) [ms]		10	Kamera fix műszaki paraméter
Látómező (10m távolságban) [mm]	692,6	507,9	vízszintes x függőleges
Küldetés paraméterek			
Legkisebb detektálható felület [mm]		50	állítható paraméter
Tervezett átfedés soron belül [%]		20	állítható paraméter
Tervezett átfedés sorok között [%]		20	állítható paraméter
Repülési sebesség [km/h] ill. [m/s]	11,5	3,2	állítható küldetés paraméter [m/s]
Számított adatok			
Pixelvándorlás (elnyúlás) integrálás alatt [mm]		32,0	Hat a kép felismerhetőségére, kisebb legyen a mérendő felületnél.
Kamera - tárgy távolság (1 pixellel számolva) [m]	Küldetés paraméter	10,0	Ennél messzebb nem lehet a kamera a napelemektől.
Tárgyon mért kép szélesség (repülési irányra merőleges) [m]		6,9	Felvétel mérete repülési irányra merőleges
Tárgyon mért kép magasság (repülési irányban) [m]		5,1	Felvétel mérete repülési irányban.
Felvételi időköz [s]	Küldetés paraméter	1,3	Kamera beállítás a küldetés során
Repülési sorok távolsága [m]	Küldetés paraméter	6,0	Sorok (asztalok) szélességével összehasonlítani (repülési tervhez)
Repülési úthossz [km]		39,8	
Repülési idő (fordulók nélkül) [óra] ill. [perc]	3	207,2	
Kelekező felvételek száma [ezer darab]		9,7	
* egy pixel elegendő, mert mozgásból rögzítünk átfedéssel			

* egy pixel elegendő, mert mozgásból rögzítünk átfedéssel

1. táblázat: légi felmérést optimalizáló számítási lap naperőművek bevizsgálásához

A fenti táblázat egy viszonylag kicsi hőkamera paramétereivel van kalkulálva, mely elektromos drónnal is szállítható. Természetesen nagyobb teljesítményű, több pixeles, rövidebb integrálási idejű hőkamerával a fenti, tagoltan elrendezett 31 hektárnyi felületen lévő 72 ezer modul lényegesen rövidebb idő alatt és akár csak fele, vagy harmad annyi felvétellel bemérhető. A táblázatban alkalmazott egyenletek a könyv megfelelő elméleti részeiben szerepelnek, itt nem ismételjük meg ezeket.

A következő lépés maga a repülési terv elkészítése, tehát az egyes küldetések megtervezése. Gondot általában nem a hőkamera memóriájának kapacitása szokott okozni, hanem az alkalmazott drón repülési ideje és hatótávolsága. E probléma előzetes felmérése érdekében célszerű a modulasztalok, modulsorok elrendezésének és a teljes mező tagoltságának függvényében a legoptimálisabb útvonalakat előre is megtervezni. Ehhez nagy segítség, ha a bevizsgálendő napcellapark korrekt GPS-koordinátaival, térképészeti adataival, magassági profilokkal rendelkezünk, s maga a drón ez alapján küldetésszerűen, automatizáltan vezérelhető.



5. kép: 6-rotoros villamos drón kis méretű hőkamerával és videokamerával [K265]

A (rövidített) szöveg, ábrák és a hőképek forrása:

Rahne Eric: TERMOGRÁFIA - elmélet és gyakorlati méréstechnika
656 oldal (A4, színes), 303 ábra, 452 kép, 754 hőkép, 50 táblázat
ISBN 978-963-87401-6-8 (nyomtatott könyv, nincs elektronikai kiadás)
Bővebb tájékoztatás: www.termokamera.hu

fenti műben felhasznált (külön megjelölt) források:

H51 www.infratec-infrared.com/uploads/tx_templavoila/Airborne-thermography-VarioCAM_InfraTec-HD_03.jpg

H53 http://thermal-imaging-camera.irpod.net/wp-content/uploads/2012/01/Wire_Animation.gif

H54 www.workswell-thermal-camera.com/wp-content/uploads/2016/07/vysoke_napeti.png

K265 Rotors & Cams Kft. és PIM Kft.