■ **író:** Rahne Eric, okl. villamosmérnök

Napcellás rendszerek termográfiai állapotfelmérése III.

Mérési nehézsége megoldási javasla

Amilyen széles lehetőségek nyílnak a szigetüzemű rendszerek vagy fotovoltaikus erőművek állapotfelmérésében és karbantartásának megszervezésében a termográfia lehetőleg rendszeres alkalmazásával, olyan sok nehézség is adódik a mérések megvalósítása során. Néhány jelentősebb problémára térünk ki a cikkünkben, egyben tanácsokat adva az adódó mérési hibák mértékének minimalizálására.

A környezeti hősugárzás reflexiójával kapcsolatos problémák

A legnagyobb gond a mérési tárgyból, pontosabban annak üvegfedéséből, valamint a szikrázó napsütésben végzett mérési időszakból adódik. Ha átgondoljuk a termográfiai mérésekről korábban taglaltakat, már tudjuk, hogy a mérni kívánt hőmérsékletek miatt hosszúhullámú hőkamerát célszerű választanunk. A mérendő üvegfedésű felületek emissziós tulajdonságai miatt megfelelő szűrővel rendelkező, középhullámú hőkamerák lennének az igaziak, ehhez azonban túlságosan alacsonyak a mérendő hőmérsékletek. A középhullámú fotondetektoros hőkamerák ezenfelül igen költségesek is. Ezért a villamos berendezések felméréséhez is alkalmas hosszúhullámú spektrális tartományú bolométeres hőkamerákat szokás választani. Természetesen tudva, hogy a megfigyelési szög igen erősen befolyásolja majd a mérési eredményeinket.

A megfelelő megfigyelési szög megtalálása a napcellás rendszerek felmérése esetében igen nehéz. Ugyanis az üveg hosszúhullámú reflexiója akár 25%-ot is elérhet, így a napsütés, az égbolt és még a mérést végző személy testének hősugárzása is számottevő értékű, látószögfüggő zavaró sugárzásforrást alkot. A látószögtől függő reflekció hatását jól illusztrálja az 1. kép. Mérés közben nem szabad tartósan leárnyékolni a mérni kívánt napcellákat, ami állványos vagy emelőkosaras megoldásoknál komoly problémát okozhat. A

mérési bizonytalanság és a félreinterpretálható hőképek rögzítésének elkerülése érdekében tehát igen pontosan kell a megfigyelési szöget megválasztanunk. Ehhez a mérés közben előforduló napsütésre is tekintettel kell lennünk, amely az évszak és a napszak függvényében magassági és oldalirányú szögben is változik.

Mindezt figyelembe véve felmérhető, hogy a hőkamera magassági pozicionálása

k és tok

függvényében mely szolármodulok figyelhetők meg éppen. Könnyen érthető, hogy 1,5–1,7 méter magasságban, kézben tartott kamerával alig van esélyünk több modul egymás fölé való összeállításával készült, nagy modulasztalok felső moduljainak korrekt megfigyelésére. A 8. képen látható helyzetben tehát a felső modul megfigyelése ily módon már lehetetlen. Nem csoda tehát, hogy a hőkamera pozíciójának magassága növelése érdekében a legkülönb módszerek terjedtek el, beleértve fotovoltaikus rendszerek drónos lerepülését is. A 2–3. képek betekintést adnak a jelenlegi, földről történő bevizsgálásokról. A légi felvételekkel egy korábbi cikkünkben már foglalkozunk.

A geometriai felbontással kapcsolatos problémák

Nem alábecsülendő további probléma a termográfiai mérőeszköz geometriai felbontásával függ össze. Nem igaz ugyanis, hogy a többi termográfiai alkalmazáshoz képest elég kisebb geometriai követelmény is, hogy minél gazdaságosabb legyen a termográfia alkalmazása a szolárrendszerekben. Ehhez ugyanis el kellene fogadnunk, hogy nem mindegyik hibát, csak a nagy felületi kiterjedésű problémát fogjuk észlelni. Ennek következtében például észrevétlenek maradhatnak a cellaszintű összekötők és forraszpontok hibáira utaló hőhatások. Akkor pedig joggal merül fel a kérdés, hogy valóban gazdaságos a drága bevizsgálás, ha nem terjed ki mindenre? Ha költségesebb is, még mindig megéri egy vizsgálatot teljeskörűen elvégezni, minthogy fél áron csak félig. Ugyanis a többi hiba felderítésére is költségek merülnek föl, illetve az elvárt termelés mégis csak elmarad a várakozástól, ami szintén tetemes veszteség okozója lehet.

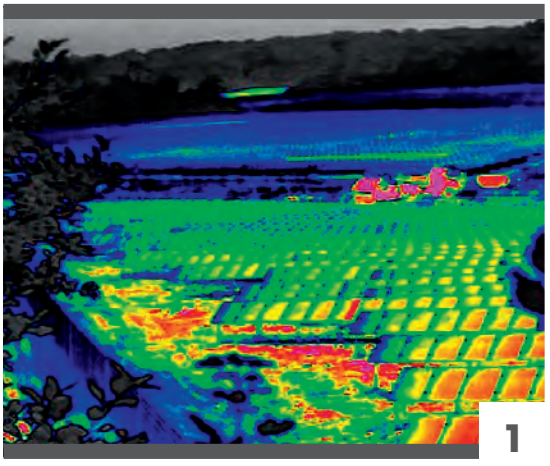
A további általánosságok helyett azonban inkább beszéljünk a méréstechnikai tényekről. Elsődleges szempont, hogy milyen területi kiterjedésűek a tipikus hibajelenségek szokásos hőhatásai? Egy cella sérülése, teljes kiesése, így ellenálláskénti melegedése, méretének megfelelő melegebb felülethez vezet. Egy részleges letörés magával arányos méretű melegedő felületet eredményez, egy kötődoboz érintkező, vagy bypass-dióda hibája pedig a kötődoboz méretének megfelelő hőhatást vált ki. A legkisebb területű hőhatásokkal egy cellakontaktus-összekötő hibája, vagy egy cellán belüli helyi rövidzárlat jár. Abból kiindulva, hogy a néhány milliméteres üveg fedőréteg merőleges és oldalirányú hővezetéssel is rendelkezik, ezek a legkisebb területű hibák is legalább 25x25 mm felületi kiterjedésű hőhatással járnak.

A termográfiai mérési alapszabályok szerint a szükséges geometriai felbontás mindig a legkisebb felületi kiterjedésű hiba méreteinek figyelembevételével határozandó meg. Esetünkben ez 8 mm méretű ideális mérőfoltot igényel, vagyis 8 m távolságból 1 mrad geometriai felbontást. A jelenleg elfogadható áron elérhető hőkamerák 640x480 képpontos pixelfelbontását alapul véve, ez egy felvétellel kb. 4x3=12 darab 1x1,6 m méretű modul mérését teszi lehetővé. Tekintettel arra, hogy MW-méretű fotovoltaikus erőművek 4000 darabot meghaladó modulmennyiségből állnak, ez geometriailag szorosan egymás mellett elrendezett modulokat feltételezve több mint 400 hőkép készítését teszi szükségessé.

Amíg a fenti számítás minden hibatípus 100%-os felfedezésére irányul, addig egy német cég egy helyszíni tanulmányában azt igazolta, hogy 30% találati arány mellett már cellánként 6x6 pixel is elegendő. Ez tehát körülbelül 24 mm ideális mérőfolt-követelményt jelent, így 8 m távolságból csupán 3 mrad geometriai felbontást. Azt azonban már az olvasóra bízom, hogy ugyan háromszoros hőkép mennyiség árán 100% találati aránnyal elvégezhető mérés helyet inkább egy „gazdaságos" felmérést választ 30% találati aránnyal. Főleg abból az aspektusból, hogy a szigorúbb bevizsgálás nem szokta a kompromisszumos felmérés költségeinek kétszeresét sem elérni.

Légi felmérés

A fent nevezett mérések mennyisége és a látószöggel kapcsolatos nehézségek egyre inkább a szolárrendszerek, elsősorban a nagy



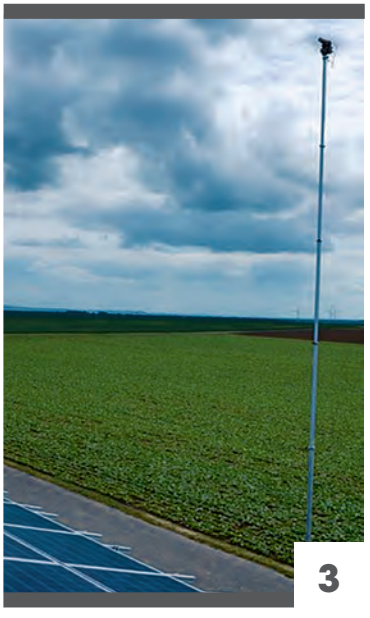
1

1. kép: Látószögfüggő (reflektált) hőhatásokat tartalmazó kiértékelhetetlen hőkép. (Forrás: HaWe Engineering GmbH)

2

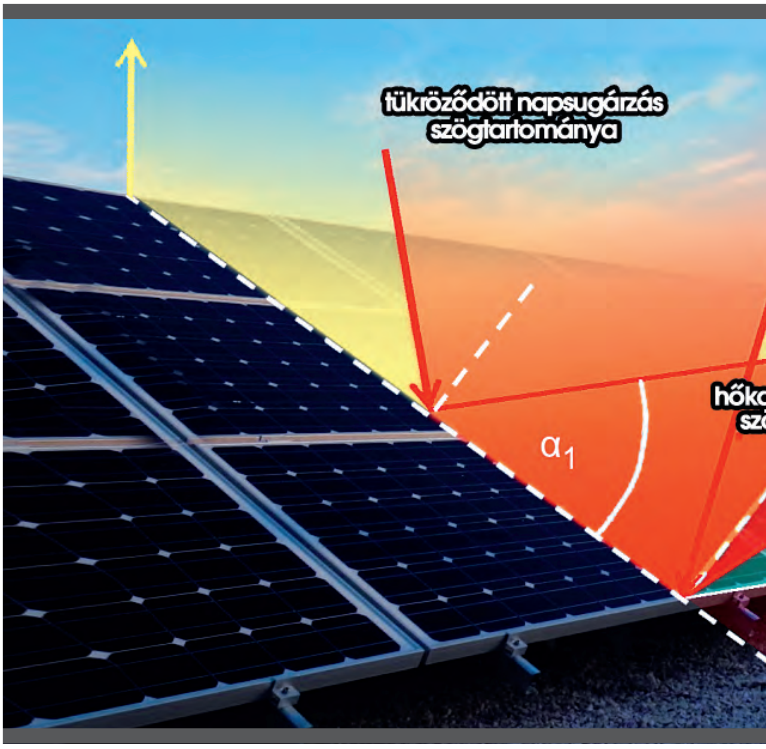
2. kép: Szolármodulok felmérése mobilemelővel. (Forrás: HaWe Engineering GmbH)

3. kép: Hosszú teleszkóp alkalmazása (Forrás: Photovoltaik Aachen Andreas Fladung)



3

Napcellás rendszerek termográfiai állapotfelmérése III.
Mérési nehézségek és megoldási javaslatok



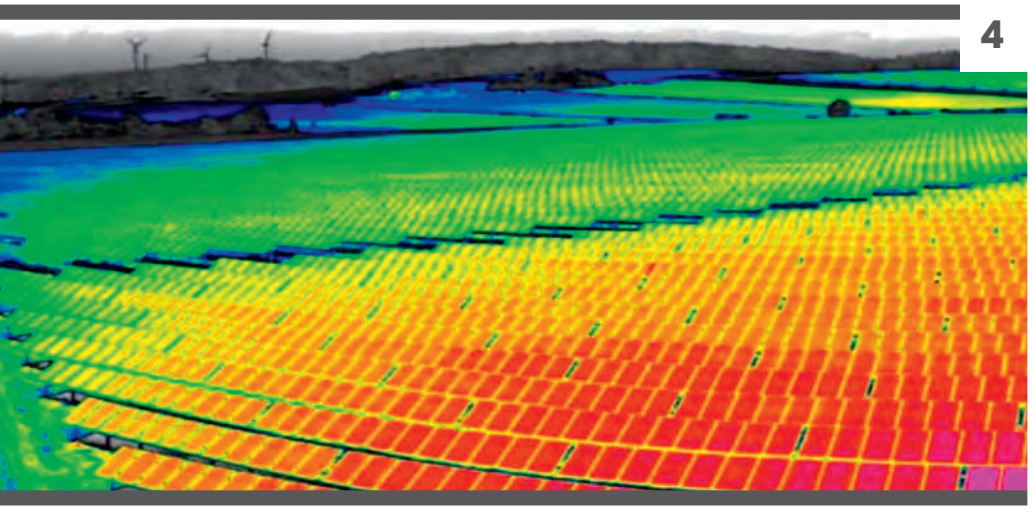
8. kép: megfigyelési szög megválasztásának határai

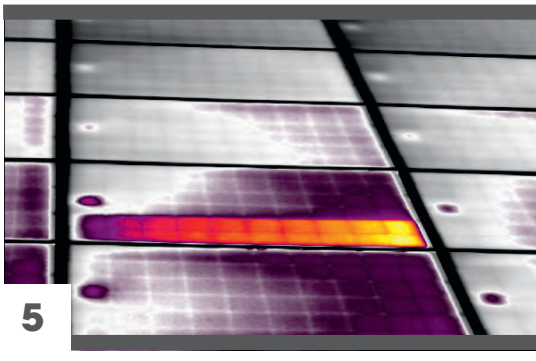
kiterjedésű, többhektáros fotovoltaikus erőművek légi felmérésére késztetnek.

Erre jó alkalom az egyre nagyobb teherbírású és könnyebben alkalmazható, akár automatizálható küldetésű drónok megjelenése. Természetesen eközben ne felejtsük el, hogy a drónok alkalmazására szigorú előírások, törvényi szabályozások vonatkoznak, amelyeken felül további műszaki és jogi kockázat is felmerülhet.

A küldetések szervezése során legyünk tekintettel a drón tankolásának, illetve akkumulátorcseréjének időtartamára, valamint az adatok letöltése, memóriakártya-csere időszükségletére is. Ezen túl készüljünk föl arra, hogy a korrekt termográfiai értékelés kötődik a megfelelő napbesugárzáshoz is, ami a naptári időponttól függően erős időkorlátokat jelenthet. A lenti példában csak 10 órától 15:30 óráig állt rendelkezésre a szükséges besugárzás, amit tehát a küldetés közti időszük-

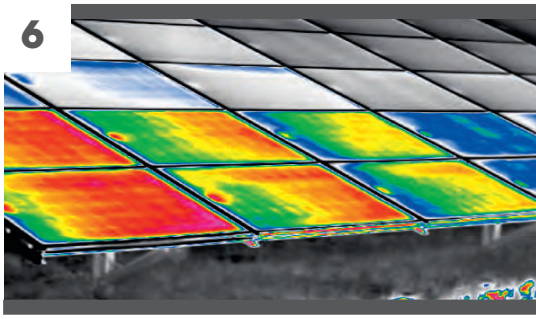
4





5

6

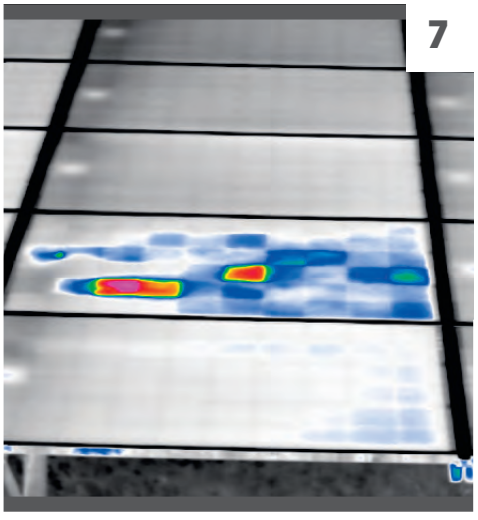


4. kép: Naperőmű ághiba (sztringhiba) látványos kimutatása panorámahőképpel. (forrás: HaWe Engineering GmbH)
5. kép: Modul üresjáratban lévő belső ággal (kontaktushiba vagy rossz áthidaló dióda miatt).

ségletek levonásával éppen 8 darab félórás repülést tett lehetővé.

Szerencsés időjárást és szolárrendszer üzemeltetést feltételezve, a bevizsgálás menetrendjének és az egyes drónos küldetéseinek gondos megszervezését követően elvégzett adatfelvétel után kerülhet sor az adatok kiértékelése.

6. kép:
Üresjáratban lévő modulsor (sztring).



7. kép:
Napelemmodul jégverés okozta súlyos károsodással.

9. kép:
Növény okozta letakarás miatt melegedő cella (>85 °C).

Hasznos, ha a hőképek mellé egyben vizuális képeket tudunk rögzíteni, lehetőleg szinkronizálva és talán GPS-koordinátákkal ellátva. A sok egyforma modul és modulasztal esetében e nélkül könnyen összekeverhetjük a mérési adatok „földrajzi" helyeit, aminek köszönhetően a bevizsgálás pont a célzott karbantartást támogató jellegét veszítené el. Amennyiben nincs GPS-koordináta rögzítési lehetőség, akkor ajánlatos minden új sor elejére egy-egy egyértelmű, olyan nagy méretű sorszámot vagy egyéb jelölést kitenni, mely a sor azonosítását a hőképeken és a látképeken egyaránt lehetővé teszi. Ez lehet akár egy matt festékes szám fényes fehér alapon, vagy néhány alumíniumfóliás csíkból kirakott jel vagy római szám is.
Megfelelő szoftverrel természetesen a hőképek panorámaképpé való összeillesztése szinte automatizáltan is megtörténhet. A hibaarányok áttekintését és prezentálását ez természetesen sokban segíti.

Ezzel cikksorozatunk végére értünk. A témában közölt nyolc részben igyekeztünk betekintést nyújtani a termográfia elképesztő sokoldalúságába, elméleti és gyakorlati korlátaiba, a szerző „Thermográfia – elmélet és gyakorlati méréstechnika" című, 650 oldal terjedelmű szakkönyvéből merítve. ■

meter.hu
ÉRINTÉSVÉDELMI MŰSZEREK
METREL EUROTEST XE BT
... TÖBB MINT ÉV

FŐBB MÉRÉSI FUNKCIÓK:
• Bluetooth, RS232, USB
• automatikus mérési sorozat
• szigetelési ellenállás mérése
• hurok és vonali impedancia mérése
• védővezető folytonosság vizsgálata
• RCD analízis, fázissorrend vizsgálata
• földelési ellenállás 3 vezetékes módszerrel
• IT rendszerek vizsgálata
METREL EUROTEST XD
AZ ÉV „ÚJ GENERÁCIÓJA"
FŐBB MÉRÉSI FUNKCIÓK:
• szigetelés ellenállás mérése
• hurok és vonali impedancia mérése
• védővezető folytonosság vizsgálata
• RCD teljes analízise, fázissorrend vizsgálata
• fajlagos talajellenállás mérése
• túlfeszültség védelem vizsgálata
• földelési ellenállás mérése

KIEGÉSZÍTŐ MÉRÉSEK ÉS FUNKCIÓK:
• megvilágítás mérés
• TRMS árammérés, csúcsáram mérés
• fogyasztás-, és teljesítmény
• felharmonikus vizsgálat
• IT rendszerek vizsgálata
• kábel-, és vezetékkeresés
• Li-ion akkumulátor
• színes érintőképernyő
• struktúrakezelés, mérési jegyzőkönyv nyomtatás
ÉRTÉKESÍTÉS, SZERVÍZ
KALIBRÁLÁS, GYAKORLATI OKTATÁS
C+D AUTOMATIKA
C+D AUTOMATIKA KFT.
1191 Budapest, Földváry u. 2.
Tel.: (+36-1) 282-9676
meter.hu