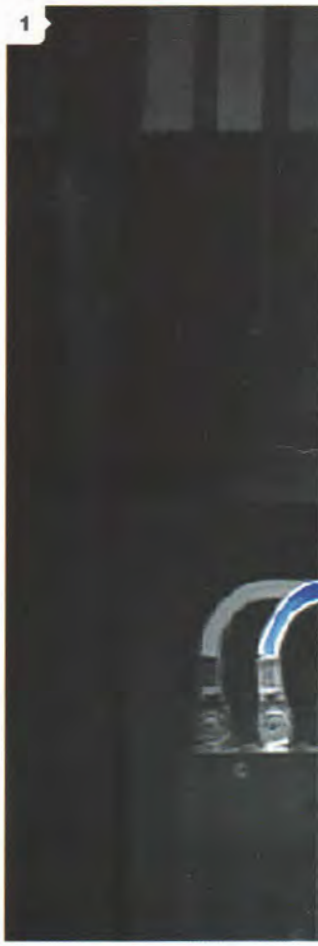
■ **Írta:** Rahne Eric okl. villamosmérnök
nemzetközi termográfiai szakértő (Termograph Level 3), igazságügyi szakértő

Villamos berendezések termográfiai vizsgálata

Néhány évvel ezelőtt már részletesen tárgyaltuk e lap oldalain a villamos berendezések termográfiai vizsgálatával kapcsolatos kérdéseket: nem tagadható azonban, hogy e vizsgálati módszer egyre jobban elterjedt hatékonysága és megbízhatósága révén az elektromos jellegű meghibásodások felderítése során. Így a korábbi cikksorozat egyes elemeit felelevenítve ismét kísérletet teszünk e tárgykör vázlatos áttekintésére.


1

A villamos berendezések termográfiai állapotfelmérése azon alapszik, hogy az alulméretezett vagy sérült vezetékek, a rossz kötések (a megnövekedett átmeneti ellenállásuk miatt), valamint a legtöbb esetben az elektromos szempontból meghibásodott készülékek a szokásosnál (megengedettnél) magasabb hőfokra melegszenek fel. A termográfiának az a legnagyobb előnye, hogy a mérések biztonságos távolságból – akár több kV-on üzemelő berendezéseknél is – elvégezhetők anélkül, hogy ez a vizsgált eszköz üzemeltetését befolyásolná.

■ Szokásos alkalmazási területek

- Villamos berendezések állapotfelmérése az energiaiparban: generátorok, transzformátorok, szigetelők, kapcsolók, levezetők, kábelek, kötések, elosztók... (magas-, közép- és kisfeszültségű hálózatokban egyaránt).
- Villamos berendezések ellenőrzése a termelési üzemekben: betáp-transzformátorok, fő- és alelosztók, kapcsolószekrények, egyéni bekötések...
- Villamos gépek, berendezések az iparban: villanymotorok, fázisjavítók, frekvenciaváltók...

■ Termográfiai úton megtalálható villamos hibák

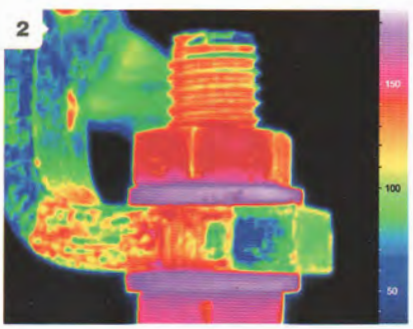
A feltérképezhető problémák körét az alábbi listával lehet érzékeltetni:

- alulméretezett (túlterhelt) kábelek, kapcsolószerelvények, kötések, transzformátorok;
- hibás (meglazult, korrodált) érintkezések villamos berendezésen vagy eszközön;
- sérült kábelfejek, gyűrűk, túlfeszültség-levezetők;
- gyenge érintkezés a biztosítók rugós kapcsain, késes megszakítókon, áramvezető betoldásoknál, kábelkötéseken, motorindítókon;
- sérült árammegszakítók, kapcsoló szerelvények,
- fázis-kiegyenlítetlenségek a háromfázisú betáplálásokon;
- túlterhelés vagy felharmonikusok miatti túlmelegedés,
- túlmelegedett (sérült vagy rossz beállítású) motor- és generátor-kefeszerelvények;
- eltömődött transzformátor- és generátor-hűtőrendszerek,
- hibás alkatrészek, mint pl. a kondenzátorok és teljesítmény-félvezetők.

■ Fontos tanácsok és gyakorlati példák

A mérésekhez természetesen érdemes és fontos bizonyos szabályokat betartani. Ezek közül az alábbiak emelhetők ki.

- Nagyfeszültségű berendezések esetén a biztonsági távolság feltétlenül betartandó! Életveszély állhat fenn!
- Kültéri mérések (pl. transzformátorok és távvezetékek) a hőreflexiók és a zavaró háttérsugárzás kiküszöbölése érdekében késő estétől kora hajnalig (napsütés nélküli napszakban) végzendők el.

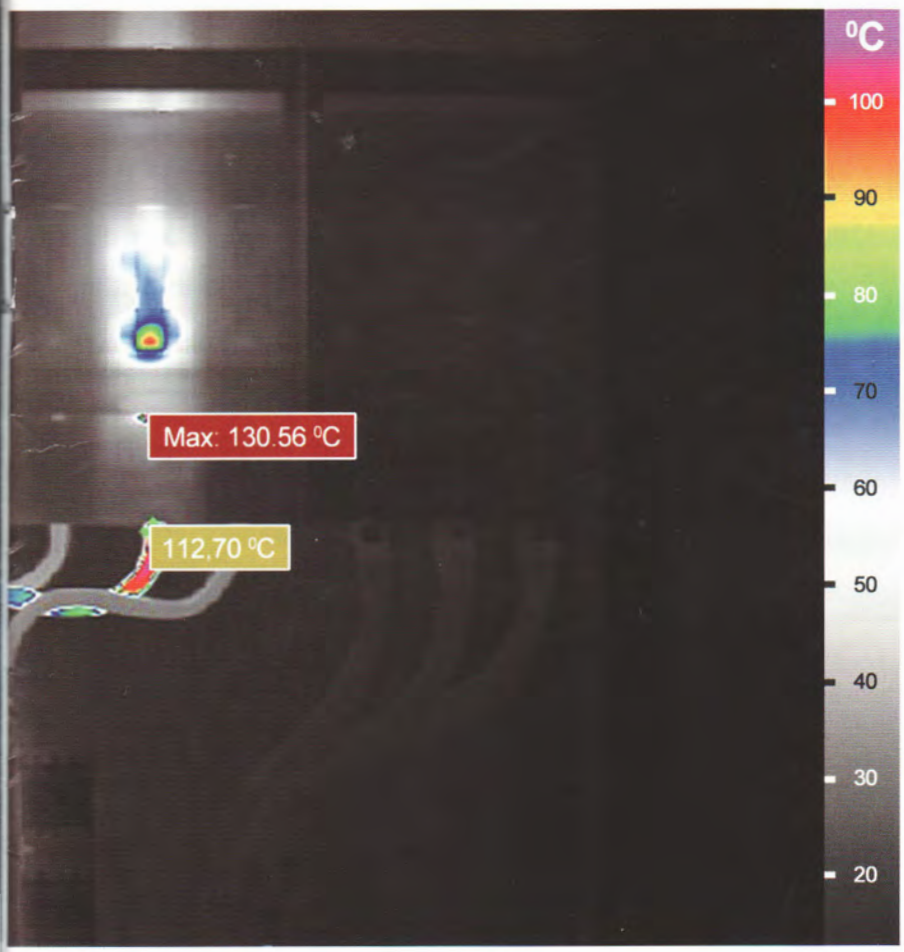


2

3

- Főleg új berendezések esetén (mivel a tükörfényes, illetve szépen megmunkált fémes felületek nagyon kis emissziós tényezővel rendelkeznek) hőreflexió lép(het) fel. Ilyen jellegű mérési hibák kiküszöbölése érdekében többféle mérési pozícióból is ajánlatos elvégezni a méréseket.
- Amennyiben a tükröződések miatt lehetetlen kiértékelhető méréseket végezni, a mérendő felületek részleges vagy teljes bevonása segíthet, jellegzetesen matt festék vagy ismert emissziós tulajdonsággal rendelkező, vékony szigetelőszalag alkalmazásával. Mindez csak feszültségmentes állapotban végezhető el.

Ahhoz, hogy névleges (illetve üzemi vagy „teljes") terhelés mellett veszélyessé váló hi-



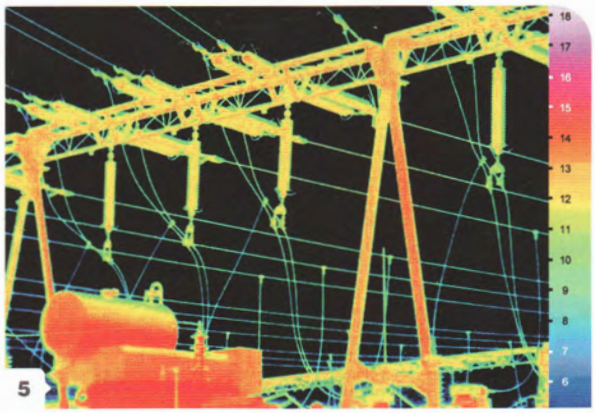
1. ábra ≪
Burkolat alatti hiba

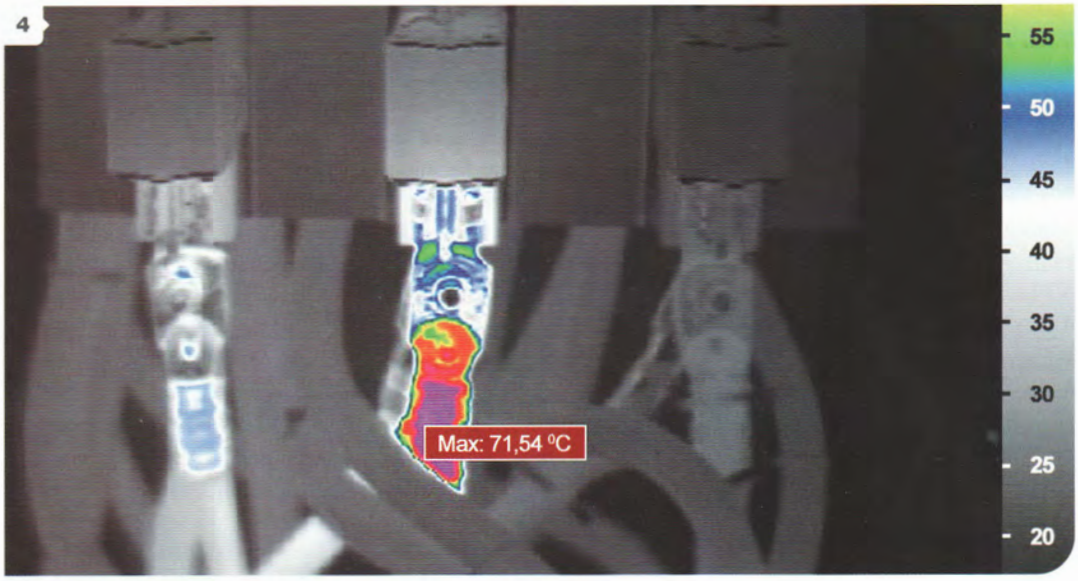
2. ábra ≪
Kontaktushiba

3. ábra ≪
Egyenetlen terhelésű áramsínek
(reflexió a nem poros felületeken!)

4. ábra ≪
Hibás kábelvéghüvely

5. ábra ≪
Alállomás vizsgálata





bahelyek a mérés alkalmával felderítésére kerüljenek, a mérés az üzemi terhelés mellett végzendő. Az áramerősség négyzetével nő a villamos alkatrészek teljesítményterhelése, és ezáltal a hőmérséklete is.

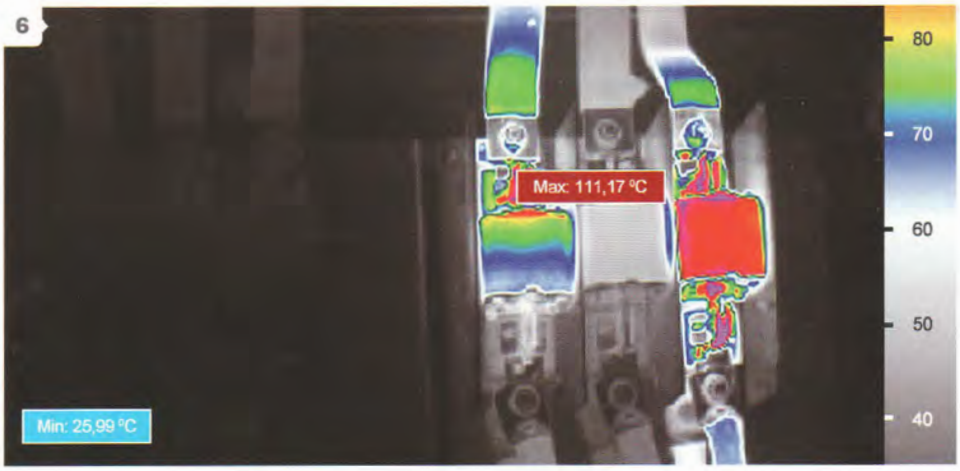
- A kapcsoló és elosztó szerelvények tokozott részei nem mérhetők közvetlenül. Plexi vagy más műanyag ablakokon keresztül nem lehet termográfiai méréseket végezni. Ezeket – ha lehetséges – a mérés előtt (feszültségmentes állapotban!) le kell szerelni.
- Kis mérési tárgyak vagy nagy távolságból (pl. távvezetékeken) történő mérések esetén figyelembe veendő az alkalmazott termográfiai eszköz (hőkamera) által nyújtott geometriai felbontás. Egy-egy mérési felületre legalább három képpont essen, hogy helyesen értékelhető legyen a mért hőmérsékleti adat. Szükség esetén megfelelő optika (speciális teleobjektív) alkalmazásával kell a geometriai felbontóképességet a tárgy méretéhez/távolságához hozzáigazítani.

Gyakorlati határértékek

Gyakran felmerül a kérdés, hol kell azt a határt meghúzni, hogy az észlelt melegedés számítson hibásnak, vagy akár már veszélyesnek is. Elsősorban akkor nehéz eme kérdés eldöntése, ha a maximális terhelésnél jóval kisebb áramerősség mellett történt a termográfiai felmérés. Alapvetően (e probléma elkerülése végett is)

■ Rahne Eric

Villamos berendezések termográfiai vizsgálata



6. ábra ≪
Laza kontaktus

érdemes elfogadni, hogy villamos berendezések termográfiai állapotfelmérését csak a névleges terhelés legalább 50%-ának megléte esetén szabad elvégezni. Kizárólag igen durva hibák fedezhetők föl 30%-os terhelés mellett.

■ Elfogadott határértékek, illetve döntési szabályok (min. 75%-os terhelés mellett)

Határértékek a környezeti hőmérséklethez képest

- Melegedés* <20 °C: rendben
- Melegedés* <40 °C: ellenőrizendő
- Melegedés* >40 °C: sürgősen ellenőrizendő
- Melegedés* >60 °C: kritikus

(* a környezeti hőmérséklet fölött)

Határértékek fázisok közötti különbségre

- Eltérés** <5 °C: rendben
- Eltérés** <20 °C: ellenőrizendő
- Eltérés** >20 °C: sürgősen ellenőrizendő
- Eltérés** >40 °C: kritikus

(** a fázisok között)

Határértékek szigetelőanyagtól függően

- Gumi szigetelésű kábelek: max. 60 °C ***
- PVC szigetelésű kábelek: max. 70 °C ***
- Szilikon szigetelésű kábelek: max. 180 °C ***

(*** abszolút hőmérsékletértékek)

Egyéb határértékek

- Villanymotorok (hűtőbordáin mérve): típustól függően max. 60...80 °C ***
- Műanyagburkolatok: anyagtól függően: max. 50...75 °C ***
- Mágneskapcsolók: tipikusan max. 85 °C ***
- Transzformátorok: tipikusan max. 85 °C ***

(*** abszolút hőmérsékletértékek)

Megjegyzés: kisebb terhelés mellett az összes fenti értéknél alacsonyabb határok érvényesek.

■ Névleges terhelés mellett várható melegedés becslése

A melegedés a bevizsgált villamos eszköz (kábel, sín stb.) vagy érintkező átmeneti ellenállása miatt fellépő, hő formájában keletkező energiaveszteség miatt alakul ki. Az eszköz pedig leadja ezt a teljesítményt hősugárzással, konvekcióval (a levegő felé), valamint hővezetéssel a hozzá csatlakozó elemek felé. Mivel a mérési időpontnál nagyobb terhelés (akár áram, akár feszültség) esetén várható melegedést a szóbanforgó eszköz vagy kontaktus terhelés- és hőmérsékletfüggő ellenállás-változása, de a várhatóan erősebb hővezetés, hősugárzás és konvekciós hőleadás is befolyásolja, a bekövetkező melegedést csak nagyon komplex matematikai összefüggésekkel lehetne pontosan meghatározni. Állandósult állapotban egy (végtelen hosszúnak feltételezett) sínben vagy vezetékben a várható hőmérséklet egy összetett egyenlet alapján kiszámolható, de mivel az ehhez szükséges egyenlet a gyakorlati alkalmazáshoz – a nehezen hozzáférhető anyagjellemzők miatt – eléggé bonyolult, javasoljuk helyette a következő becslést alkalmazni.

■ Egyszerűsített melegedés-becslés névleges terhelés esetére (a cikk szerzője által alkalmazott becslés)

Ha feltételezzük, hogy a méréskori terhelés és a névleges terhelés állapotok között olyan kicsi hőmérsékletnövekedés lép föl, hogy az anyagspecifikus ellenállás hőmérsékleti változása (növekvése) elhanyagolható, továbbá sem az áramkiszorítási tényező, sem a hőátadási tényezők nem változnak számottevően a megfigyelt eszköz hőmérsékletnövekedése révén, akkor az előbbi egyenletben mindezek a tényezők állandónak tekinthetők. (Ez néhány tíz °C-os hőmérsékletemelkedések esetén alkalmazható. Nagyobb hőmérsékletváltozásoknál viszont ezek az egyszerűsítések akár nagy hibákhoz is vezethetnek, tehát nem alkalmazhatók.)

A fenti egyszerűsítések alkalmazásával azt az összefüggést kapjuk, hogy a tárgy abszolút hőmérséklete a környezeti hőmérséklet fölé emelkedik a névleges és a méréskori feszültségértékek hányadosával, továbbá a névleges és a méréskori áramok négyzetének hányadosával arányosan, a tárgy méréskori és a környezeti hőmérséklet különbségének függvényében. Az így becsült hőmérsékletek ezután az előzőleg felsorolt határértékekkel összehasonlíthatók.

Fontos: alállomások és távvezetékek vizsgálatánál feltétlenül az összes szabadtéri mérésre vonatkozó feltétel szigorúan betartandó. A mérések éjjel (lehetőleg felhős ég mellett) vagy igen vastag, teljesen zárt – de csapadékmentes – felhőzet esetén nappal is elvégezhetők. (Tapasztalatból az éjjeli mérések elvégzését preferáljuk.) Ne feledkezzünk meg arról sem, hogy többnyire fémes – tehát számottevő hősugárzás-reflexiós képességgel bíró – tárgyak hőmérsékletét kívánjuk érintés mentesen meghatározni. A zavaró sugárzások hatásának minimalizálásához legjobb, ha akkor mérünk, amikor nincsenek. (Így például a tiszta nappali látás – tehát napsütéses időjárás – feltételéhez kötött repülési engedély mellett végzett helikopteres távvezeték-berepüléseknek nincs értelme, ha nem a sétarepülés volt a cél.)

Méréstechnikai szempontból kritikus a geometriai felbontás is: a 30 m magasságban lévő, akár csak 18 mm átmérőjű sodronyok túlterhelésének és kötéseik átmeneti ellenállásának növekedésének beméréséhez 0,2 mrad (vagy még jobb) geometriai felbontás, tehát nagy teleobjektív szükséges. A szigetelők egyes hibái talán ennél gyengébb geometriai felbontás mellett is még megtalálhatók. ■