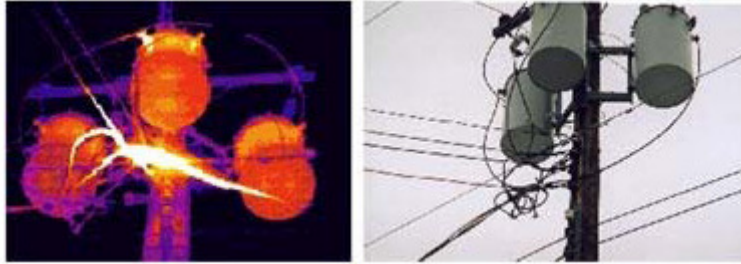


Unapređenje pouzdanosti električnog sistema sa infracrvenom termografijom

Temperatura i rezultujuće termičko ponašanje opreme za proizvodnju električne energije i njen prenos, kao i električnih sistema i procesa u industriji, su najkritičniji faktori, koji utiču na pouzdanost rada industrijskih kapaciteta. Temperatura je merna veličina koja se ubedljivo najčešće meri u industrijskom okruženju. Iz tog razloga, praćenje termičkih radnih uslova električne i elektromehaničke opreme, se smatra ključem za povećanje radne pouzdanosti.



Uvod

Infracrvena termografija (IC/T), kao tehnika nadgledanja uslova rada, se koristi za daljinsko dobijanje termičkih informacija za praćenje uslova rada skoro svih električnih komponenta celog sistema i to od samog mesta merenja, pa do krajnjeg korisnika.

Zašto kažemo sve opreme? Zato što kada sva oprema radi pod normalnim uslovima, ima normalnu radnu termičku sliku, koja je tipična za specifičnu komponentu koja se ispituje. Infracrvena termografija predstavlja tu normalnu sliku kao osnovu za nas.

Jednom, kada se ta osnova uspostavi, IC/T će nam otkriti termičke varijacije koje odstupaju od normale. Te lokalizovane termičke devijacije mogu biti prouzrokovane ili pregrevanjem, ili nedostatkom toplote. Informacije koje su dobijene i odluke koje se donose za popravku, ili izveštavanje temperaturnih promena tokom vremena i zamene komponenti u mnogo pogodnije vreme. Informacije se mogu čuvati i naknadno detaljno analizirati pomoću računara, čime se omogućuje preventivno održavanje kapaciteta i predviđanje kvarova.

Infracrvena termografija je tehnologija u stalnom, naglom i sigurnom usponu. Ovaj uspon je uzrokovan sve većom upotrebom u industrijskim sektorima i elektrotehnici, koja je vrlo prihvatila ovu tehnologiju. Razlog za ovo prihvatanje i rast je u radnicima kompanija, koji razumeju pogodnosti ovog bezkontaktnog i neoštećujućeg metoda. Glavna prednost je pronalaženje mesta potencijalnog kvara, pre nego što se dogodi katastrofalan kvar. Termografija, kao da daje još jedan par očiju, omogućujući potpuno novi nivo tehnologije dijagnostike i rešavanja problema.

Infracrvena termografija je prosto slika toplote koju, kada posmatrate naše prirodno okruženje, sve emituje, kao deo svoje toplotne energije. Naše oči nisu sposobne da vide tu infracrvenu energiju, osim ako je temperatura objekta viša od 5000°C. Uz pomoć uređaja za slikanje infracrvene energije, termička energija koja nas okružuje može biti detektovana, slikana, merena i snimljena, za eventualnu kasniju analizu.



Crno bela slika i termogram u boji malog dečaka

Nadgledanje infracrvenog okruženja

Temperatura je jedan od prvih i najprimetnijih parametara, koji ukazuje na stanje rada električne opreme. Toplota je nuzproizvod svih vrsta rada, bilo da je to električna, mehanika, ili hemija. Svi industrijski procesi rade sa mehaničkom, električnom, ili hemijskom energijom, tako što je konvertuju iz jednog oblika u drugi. Prirodni nuzproizvod ovog procesa konverzije je toplota. Toplota koja je generisana namerno, ili nenamerno se transformiše, održava i kontroliše prema odgovarajućim specifičnim zahtevima. Termička energija koja nije kontrolisana će prouzrokovati probleme u svakoj vrsti opreme, bilo da je ona električna, mehanička, ili vezana za sam proces.

Ni jedan električni sistem nije 100% efikasan. Bilo koja struja koja teče kroz električne žice će proizvesti malu količinu toplote, zbog električne otpornosti. Tokom vremena komponente i površine kontakata električnih sistema se habaju. Sa habanjem se povećava električna otpornost kontakta, a sa povećanjem otpornosti se povećava disipacija toplote. Ovaj trend se nastavlja, sve do potpunog otkaza uređaja. Povremena prevelika opterećenja, vibracije, habanja, starenja i specifični teški radni uslovi, kao što su ekstremne temperature okruženja, vetar, hemikalije i prljavština u atmosferi, će povećati brzinu propadanja i broj otkaza u električnom sistemu.

Univerzalno, električna industrija razume da je temperatura izvrstan indikator radnih uslova opreme i na taj način pokazuje pouzdanost i vek trajanja neke električne opreme. Udruženja kao što su IEEE, ANSI i IEC, kao i proizvođači, objavljuju standarde i temperaturni radni opseg za električne komponente. Dobro je poznato, da se životni vek električnih komponentata značajno smanjuje, kada se radna temperatura povećava.

Prema tome, logično je da će eventualno termičko snimanje električnog sistema sa infracrvenom termografijom obezbediti odeljenju održavanja, počev od proizvođača, pa do krajnjeg korisnika, vredne informacije, direktno povezane sa radnim uslovima o skoro svakoj komponenti nekog električnog sistema, kroz koju teče struja.

Nadgledanje toplotnih uslova je tehnika sposobna da otkrije prisustvo neke anomalije, na osnovu slike prenosa toplote, koju taj kvar prouzrokuje na površini komponente. Kvar će pod normalnim uslovima promeniti termičku sliku površine, zbog promene u generisanoj količini toplote i osobina prenosa toplote same komponente. Da bi se odredila neadekvatna radna temperatura komponente, mora se prvo odrediti referenca. Za električne sisteme, referenca se dobija kada sistem radi pod normalnim radnim uslovima, sa normalnim opterećenjem.

Jednom, kada se dobije čista i razumljiva referentna termička slika za većinu električnih aparata i komponenti, tehnika termografije će biti u stanju da brzo i lako identifikuje bilo kakvu termičku anomaliju. Na velikim i kritičnijim komponentama, kao što su transformatori, rastavljači, kondenzatori itd, referentna termička slika i njeni podaci se čuvaju i upoređuju sa novim preuzetim podacima, pri svakom intervalu testiranja. Posao je termografera da identifikuje, snimi, analizira i dijagnostikuje indikacije nenormalnog prenosa toplote u električnoj opremi, ili komponenti.

Veoma je važno da su podaci koji se prikupljaju tačni, pouzdani i na odgovarajući način analizirani. Ovo zavisi od mnogo parametara. Glavni je nivo razumevanja termografera infracrvene instrumentacije, teorije rada sistema i njegovog iskustva iz ovih oblasti.

Električna termografija

Glavna primena termografije je uvek bila i još uvek je ispitivanje električnih sistema. Infracrvena termografija se koristila kao alat za nadziranje uslova rada, zbog preventivnog održavanja električne opreme, čak pre nego što su se termini "nadziranje uslova rada" i "preventivno održavanje" koristili. Godine 1965 švedski Power Board je počeo sa testiranjem oko 150,000 komponenti godišnje. 1976. godine u Engleskoj, Electrical Generation Board je počeo koristiti infracrvenu termografiju za preventivno održavanje prenosnih vodova. Ontario Hydro kao i BC Hydro iz Kanade, takođe su uveli infracrvenu termografiju, u to vreme.

Do 2000. godine, skoro svaka kompanija koja se bavi proizvodnjom i distribucijom električne energije, kao i skoro svaki proizvođač i proizvodni pogon će koristiti infracrvenu termografiju, kao tehniku za praćenje uslova rada, da bi povećao pouzdanost sistema i smanjio vreme ispada sistema iz rada.

Odakle toliki interes za električnu termografiju? Prosto. Svi koji održavaju električnu opremu znaju da istog momenta, kada se nova električna komponenta ugradi, ona počinje da stari i propada. Zbog stalnih varijacija u opterećenju, vibracija, zamora materijala, starenja i drugih uticaja kao i uslova rada, dolazi do povećanja verovatnoće greške u električnoj komponenti. Ako se ova greška ne primeti blagovremeno i ne povede računa o njoj, ona će dovesti do katastrofalnih kvarova, neplaniranih prekida rada i gubitka proizvodnje.

Komponenta	Povećanje temperature u odnosu na temperaturu ambijenta	Aktuelna temperatura
Šinski razvod sa negalvanizovanim kontaktom bakar na bakar	30°C	70°C
Spoj izolovanog kabla galvanizovanog srebrom	45°C	85°C
Izolacija klase 90 (THHN)	50°C	90°C
Kontakti osigurača, provodni spojevi itd.	85°C	125°C
Vazdušni prekidač – kontakti – bakar ili legura bakra – provodni mehanički spojevi - bakar	33°C 43°C	75°C 90°C

Dobici od infracrvenog ispitivanja

Pošto je najviše problema na električnim sistemima prouzrokovano promenama u termičkim karakteristikama i temperaturi, bilo da su topliji, ili hladniji, dobro obučeni i iskusan termografer je u stanju da identifikuje i analizira te probleme, pre nego što se skupa greška dogodi.

Infracrveno električno testiranje obezbeđuje mnogo pogodnosti za primaoca. Dve glavne prednosti, između ostalih, su:

1. Nema potrebe za rastavljanje, reizgradnju, ili reparaciju komponenti, koje su i dalje ispravne. Ovaj tip popravki nije bez značaja i cene i može voditi do smanjenja proizvodnje i do 30%. Štaviše, ne može se garantovati da će komponenta bolje raditi posle popravke, pošto lokacija problema, ili uzroka nije postavljena. Sa infracrvenom termografijom vi identifikujete i popravljate samo ono, što popravku zahteva.
2. Problemi koji zaista postoje će biti identifikovani brzo dajući dovoljno vremena za popravku, pre nego što se kvar dogodi. U većini slučajeva problem se pronalazi dosta ranije, nego što problem postaje kritičan. U zavisnosti od temperature i važnosti komponente, donosi se odluka, da li popravku raditi odmah, popravljati kada se ukaže prilika, ili je pratiti kontinualno, sve dok se ne dostigne neka

kritična temperatura, ili dok popravka ne bude neophodna. Otkrivanje pravog razloga greške, planiranje popravke i eliminacija pravog razloga problema u zadovoljavajućim granicama vremena je najefikasniji i najjeftiniji način za održavanje sistema.

Ostale prednosti infracrvenog programa testiranja, koje nisu bazirane na gore opisanim prednostima, ali nisu ni malo nebitne su:

1. **Bezbednost** – kvar na električnoj komponenti može biti katastrofalan, može povrediti, ili čak ubiti nekog od zaposlenih osoba, nekog ko održava sistem, ili bilo koga drugog ko, se tu zatekne slučajno.
2. **Povećanje bezbednosti sistema** – lociranje problema, pre nego što se greška pojavi, značajno smanjuje neplanirana isključenja, oštećenja na sistemu i vreme kada je sistem van pogona.
3. **Povećanje prihoda** - sa većom zaposlenošću sistema i prihodi su veći. Sa manje intervencija na ispravnim komponentama i bržim intervencijama na komponentama koje su neispravne, troškovi održavanja se drastično smanjuju i čak teže nekoj minimalno mogućoj vrednosti.
4. **Smanjeni troškovi ispada sistema iz rada** – troškovi interventnih isključivanja sistema su čak deset puta veći, nego troškovi planiranog održavanja.
5. **Efikasnije ispitivanje** – pošto se svi poznati električni problemi manifestuju prethodnim povećanjem temperature, lako ih je detektovati u vrlo kratkom vremenu. Za vreme infracrvenog ispitivanja ne treba prekidati rad sistema.
6. **Unapređeno i jeftinije održavanje** –
 - a) Precizno definisanje problema i minimizovanje potrebnog vremena za predviđeno preventivno održavanje.
 - b) Napori u održavanju su direktno usmereni na merenje samog problema, a ne na traganje za problemom.
 - c) Popravlja se samo ono što treba da se popravlja, što smanjuje vreme potrebno za popravku, a ne popravljaju se ispravne komponente.
7. **Smanjenje lagera rezervnih delova** – sa unapređenim tehnikama ispitivanja, koje daju mogućnost predviđanja i ranog upozoravanja na kvarove, manje rezervnih delova treba držati na lageru. Šta bi to značilo u krajnoj liniji, ako bi vaš lager rezervnih delova mogao da se smanji za 10%?
8. **Smanjenje troškova proizvodnje** – kada je ovakav sistem u funkciji i radi duže vreme, smanjenje i unapređenje ispitivanja, održavanja, lagera rezervnih delova i ispada sistema iz rada, će smanjiti i ukupne troškove proizvodnje.

U prvom delu našeg teksta, smo se koncentrisali na to šta je termografija, kako ona radi, i zašto je ispitivanje električnih uređaja, glavna primena u industriji za infracrvenu termografiju. Bilo da kupite instrument, ili da iznajmite drugu servisnu kompaniju, povraćaj uloženi sredstava je iznenađujuće brz. Prednosti uvođenja programa infracrvenog ispitivanja na većini pogona, ma koliko velika ulaganja bila, su:

1. Bezbednost
2. Povećanje sistema sigurnosti
3. Povećanje prihoda
4. Smanjenje troškova zbog nerada sistema
5. Daleko efikasnije ispitivanje
6. Unapređeno i jeftinije održavanje
7. Smanjenje lagera rezervnih delova
8. Smanjenje troškova proizvodnje

Sada ćemo pogledati mnogo praktičniju stranu infracrvenog ispitivanja električne opreme. Prodiskutovaćemo izvore termičkih uzoraka na električnim sistemima. Termograferi čuvajte se!! Nisu svi "Vrući objekti" problematični... Posle ćemo pogledati različite primene i način upotrebe, povraćaj sredstava i obuku.

Izvori različitih termičkih uzoraka na električnim sistemima

Termička energija, koja se generiše u nekoj električnoj komponenti je direktno proporcionalna kvadratu struje koja protiče kroz tu komponentu, pomnoženom sa otpornošću same komponente (I^2R gubici). Kako komponenta stari, njena otpornost se povećava i ona generiše više toplote. Tako, kako se temperatura komponente povećava, njena otpornost se još više povećava. Ovaj samogenerišući proces se nastavlja, sve dok se ne dostigne tačka topljenja ove oslabljene komponente. Upotrebom termografije za ispitivanje električnih sistema i komponentata pod opterećenjem, neispravna komponenta može biti lako identifikovana i klasifikovana prema ozbiljnosti kvara. Interesantno je napomenuti da, zato što su termički gubici proporcionalni struji, neskladni uslovi rada, ili preopterećenja se mogu lako detektovati (I^2R gubici).

Kada izvodimo infracrveno ispitivanje nekog sistema, važno je da se shvati, da sva radijacija koja napušta površinu, nije uzrokovana samo zbog temperature površine. Ako ne razumemo, ne znamo i ne obratimo pažnju za vreme analize rezultata tokom ispitivanja, dokumentacije i interpretacije, možemo lako doći do pogrešnih zaključaka, da kvara uopšte nema, ili da kvar postoji.

Različiti termički uzorci se normalno pokazuju na dva načina:

1. **Razlika u stvarnoj temperaturi** – Ovakvi termički uzorci su prouzrokovani jedino infracrvenom energijom, koja postoji na površini objekta.
2. **Prividnim temperaturnim razlikama** – Ovo su uzorci nastali zbog drugih faktora, a ne zbog varijacija na površini objekta.

Uzroci za promene termičkih uzoraka uzetih sa električnih komponentata su:

Realni	Prividni
I^2R gubici - povećanje otpornosti - varijacije opterećenja	Emisivnost
Harmonici	Reflektivnost
Indukovano grejanje	Providnost
Konvekcija	Varijacije oblika
Termička kapacitivnost	
Isparavanje	

Od svih realnih varijacija termičkih uzoraka, samo tri će dati indicaciju problema, na nekom električnom sistemu:

1. I^2R gubici
2. Harmonici
3. Indukovano grejanje

Preostala tri (konvekcija, termička kapacitivnost i isparavanje) će praviti istinske promene u površinskoj temperaturi komponente, ali neće dati informaciju o nekoj električnoj grešci. U stvari, oni mogu dati pogrešnu informaciju, zato što kvare, ili smanjuju količinu termičke energije koja odgovara kvaru, ili zagrevanju komponente i čine da ona izgleda kao da je neispravna.

Sve ove realne i prividne uzroke promena u termičkim uzorcima je veoma važno dobro razumeti, za sve one koji izvode infracrveno ispitivanje, a posebno za električne inspekcije. Zapamtite, stvarna temperatura komponente se može menjati, ili se neće menjati. Te termičke varijacije ne moraju uvek biti uzrokovane samim električnim komponentama, nego mogu biti uzrokovane delovanjem spoljnih sila i problema sa zagađivanjem. Mnogo ljudi misli da je lako izvesti infracrveno termičko ispitivanje, ali budite pažljivi – lako je ispasti smešan. Pažnja, infracrveno ispitivanje električne opreme je jedna od najtežih primena, koje treba uraditi zadovoljavajuće, to nije samo pronalaženje "vrućeg objekta".

Razlozi za nastajanje pravih grešaka

1. I²R gubici

Najčešći gubitak u snazi u elektronskim kolima je toplota proizvedena kada struja prolazi kroz otpornost samog kola. Tačna relacija između ove tri veličine koje utiču na toplotu, snagu, struju i otpornost je data jednačinom:

$$P = I^2R$$

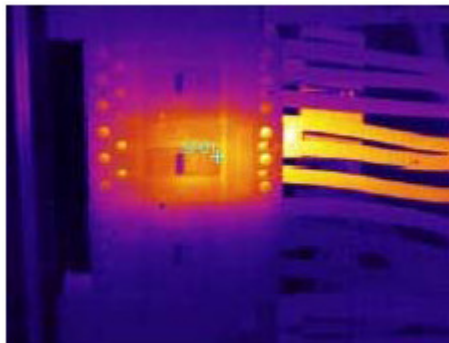
Gde je P = Snaga i predstavlja brzinu vršenja rada, ili brzinu kojom se toplota proizvodi. Iz jednačine se može videti da se količina proizvedene termičke energije povećava, ili smanjuje povećanjem, ili smanjenjem struje, ili otpornosti.

I²R grejanje, kako se ono često naziva, nastaje u žicama električnog kola, kao i u otpornicima. Osnovna jedinica snage je Wat, a vataža je jednaka naponu (E) na električnom kolu, pomnoženom sa strujom (I) kroz kolo. Dole smo podelili efekat snage na dva podnaslova, pošto nam razlog za utrošak snage daje indikaciju kako sistem, ili komponente rade.

1a) Opterećenje

Kako se opterećenje u električnom kolu povećava, izlazna snaga će se povećavati kao kvadrat opterećenja, a temperature celokupnog kola i komponenti u kolu, će se povećavati. Sa termografske tačke gledišta, opterećenje se obično posmatra kao specifičan tip problema, sa specifičnim termičkim indikacijama. Kako se opterećenje u električnim kolima povećava, tako se povećava i temperatura. Na primer: ravnomerno opterećenje na sve tri faze jednog trofaznog električnog sistema, će rezultovati u ravnomernim temperaturnim uzorcima na sve tri faze. Anomalije se uočavaju kada je celokupna temperatura neke komponente, ili provodnika previsoka, što ukazuje na uslove preopterećenja. U uslovima neizbalansiranosti se takođe može ukazati na problem, koji se vidi preko povećanog grejanja i temperature nekog od provodnika, u odnosu na druge provodnike.

Neizbalansirana, ili preopterećena komponenta se može uočiti termički, zato što je temperatura na njoj relativno konstantna celom dužinom provodnika, ili komponente, sve dok je dimenzija, ili masa komponente konstantna.



Ova termička slika pokazuje zagrejanu osigurač. Ovde nije problem u samom osiguraču, ovde je samo promenljivo opterećenje između tri osigurača.

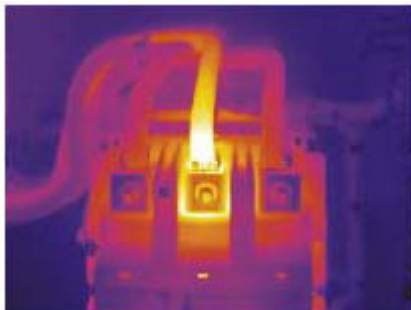
1b) Otpornost

Sada ćemo razmatrati otpornike. Otpornik je bilo koja komponenta u električnom kolu i to može biti spoj, osigurač, prekidač, osigurač itd. Pod normalnim radnim uslovima svaka komponenta će imati izvesnu "normalnu" otpornost, njoj svojstvenu. Kada ova otpornost počinje da se menja i odstupa od svoje normalne vrednosti, komponenta počinje da se greje i ovo grejanje treba primetiti i komponentu zameniti.

Pregrevanje komponenta može imati nekoliko izvora. Slab pritisak između kontakata se može desiti kada se kontakt uspostavlja, ili zbog starenja materijala, na primer slabljenja sile u oprugama, istrošenosti materijala, ili stanjenosti obloga. Sledeći izvor može biti dotrajalost namotaja elektromotora. Kako komponenta

nastavlja da stari, temperatura će nastaviti da se povećava, sve dok se ne dostigne tačka topljenja materijala i dok se ne dogodi kompletan ispad iz rada.

Ovaj tip grešaka se generalno može identifikovati, zato što se pojavljuje kao najtoplija tačka na termičkoj slici. Šta to znači? Toplota koja se generiše je najveća na mestu greške, odakle raznosi termičku energiju naokolo, od tačke najveće otpornosti.

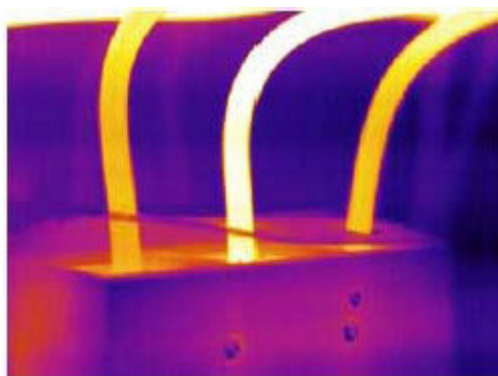


Povećanje otpornosti na zatvorenom spoju. Primetite trag koji je ostavila termička energija. Kada bi smo imali simetrično opterećenje, temperatura bi bila jednaka po celom provodniku.

2. Harmonici

Harmonici su struja ili napon koja je množilac osnovne dolazeće 50Hz frekvencije, koja se koristi u elektrodistributivnom sistemu. Mogući najrazorniji harmonici su neparni harmonici, poznati kao "tripleti". Harmonici tripleti se dodaju osnovnoj frekvenciji i mogu prouzrokovati prenapon, prekostruju, ili prekomerno grejanje. Frekvencija nije neprijatelj električnog sistema. Pravi neprijatelj je povećanje toplote, prouzrokovano višim frekvencijskim harmonicima.

Ti harmonici, tripleti, mogu izazvati drastična pregrevanja i čak topljenje neutralnih provodnika, spojeva, površine kontakata i priključnih kutija. Ostala oprema na koju utiču harmonici su transformatori, samostalni generatori, motori, telekomunikaciona oprema, električni paneli, osigurači i sabirnice.

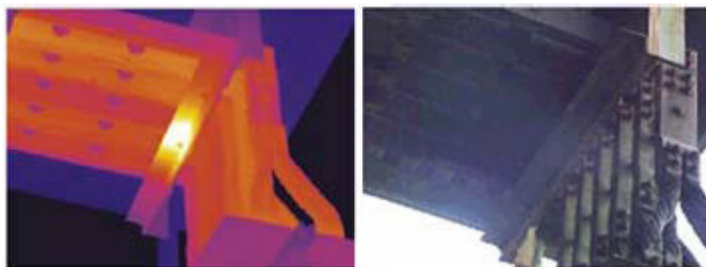


Harmonijski problemi na kolu, koje napaja sobu za obradu podataka

3. Indukovano grejanje

Naizmenična struja u električnim kolima prirodno indukuje tok struje i magnetni fluks u okolnim metalnim predmetima, kao što su cevovodi, metalne kutije, ili gvozdeni nosači. Taj fenomen se ispoljava u oblastima sa velikim elektromagnetnim poljima, kao što su visokonaponska oprema, mikrotalasni prenosnici i indukciona oprema za grejanje. Ovi uslovi se mogu indukovati u feritnim materijalima kada postoji električno indukovano elektromagnetno polje. Ovo polje indukuje rasipne struje, koje proizvode dodatno grejanje, koje može prouzrokovati prave promene u

temperaturi površine. Jedan primer je gvozdена oblogа u aluminijumskom električnom linijskom razvodniku. Ovo je težak uslov za identifikaciju i pojavljuje se kao nešto između kvara komponente i promene u emisivnosti.



Molimo primetite: Mi nećemo ići kroz varijacije prividnih termičkih uzoraka, ali je jednako važno za termografera da razume svih deset razloga za pravu i prividnu promenu temperature, koji se mogu uočiti u električnom sistemu. Ako termografer ovo ne razume, može izvesti i doneti pogrešne zaključke. Kontaktirajte autora ovog članka za više informacija o realnim i prividnim promenama temperature i kako se sa njima rukuje.

Električne primene

Može se nabrojati ogromna lista opreme i procesa od skoro svake komponente, od generisanja električne struje do niskonaponskih potrošača, koji mogu i treba da budu ispitivani. Dovoljno je reći, primene se dele u četiri kategorije:

- **Generisanje električne energije:** hidro, termo i nuklearne elektrane.
- **Distribucija električne energije:** prenosni vodovi, prekidačka postrojenja, podstanice i distribucija.
- **Industrijska upotreba:** svi procesi i proizvodnja u industriji.
- **Komercijalna upotreba:** domaćinstva, kancelarije, banke, škole, skoro sve zgrade i građevine.

Nadgledanje električnih uslova

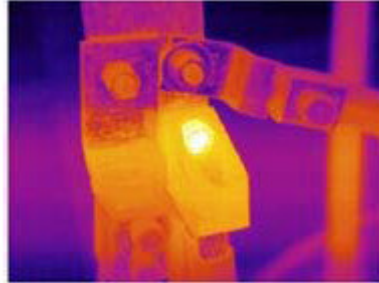
Kada razmatramo udaljenu dijagnostiku i testiranje električne opreme, infracrvena termografija se smatra najmoćnijom od svih dijagnostičkih alata, koji su trenutno na raspolaganju. Lista uređaja koji se ispituju je ogromna, jer skoro svaka komponenta, počev od generisanja struje u elektranama, pa do niskonaponskih elektronskih ploča u domaćinstvima, treba i može biti testirana i ispitivana.

Veoma je teško proceniti novčanu vrednost dobitaka koji se ostvaruju programom infracrvenog testiranja, zato što se greške uočavaju i popravljaju, pre nego što se kvar dogodi.

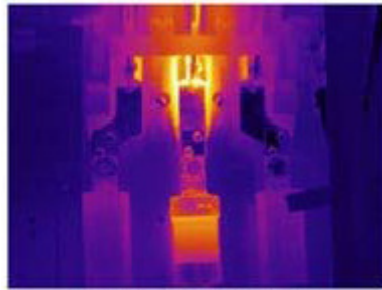
Donja tabela nabroja testiranu opremu, i u nekim slučajevima, ukazuje na potencijalni uticaj i potencijalne uštede prikazane od različitih organizacija za distribuciju električne energije, proizvodnih fabrika i osiguravajućih kompanija.

Primena	Detektovani uslovi	Potencijalni uzrok
Napajanje energijom, kondenzatori, osvetljenje, strujna kola, osigurači, provodnici, spojevi, prekidi veza.	Loši/korodirani/neodgovarajući kontakti i spojevi, neispravni kondenzatori, pokvarena rasvetna oprema, loši osigurači, konekcije, pregrevanje, preopterećenje, provodne žile u kablju prekinute.	Pregrevanje, električni luk, gorenje, vatra, prekid provodničkih žila - pad nadzemnih vodova. Neispravan kondenzator prouzrokuje gubitak zaštite od snažnih prenaponskih špicava i moguće kvarove na pridruženoj električnoj opremi, 1,000.00\$ - 100,000.00\$. Neispravna oprema za osvetljenja koja rasipa snagu ka zemlji. Zamena 5,000.00\$. Bezbednosna razmatranja.
Raznovrsna električna aparatura, prekidači, osigurači, centri opterećenja, centri za upravljanje motorima.	Gubitak ili korozija kontakta, konekcije, loši kontakti, neizbalansirano opterećenje, preopterećenje, pregrevanje.	Varničenje, kratki spojevi, gorenje, vatra. 25% od svih kvarova na raznovrsnim električnim aparatima je prouzrokovano gubitkom električnih kontakata. Srednja vrednost popravke glavne prekidačke ploče, 10,000.00\$ - 70,000.00\$; zamena 80,000.00\$ - 100,000.00\$. Bezbednosna razmatranja.
Transformatori	Gubitak/starenje konekcija, pregrevanje uvodnika, loši kontakti, (probušen izmenjivač) preopterećenje, neizbalansirano trofazno opterećenje, začepljenje/smanjenog protoka kroz cevi tečnosti za hlađenje, mali nivo tečnosti za hlađenje.	Varničenje, kratki spojevi, gorenje, vatra. Premotavanje (5000VA) 40,000.00\$ - 70,000.00\$; zamena 80,000.00\$ - 140,000.00\$.
Motori/generatori	Pregrevanje ležajeva, neizbalansirano opterećenje, kratkospojeni ili otvoreni namotaji, zagrevanje četkica, kliznih prstenova i komutatora, preopterećenje/pregrevanje, začepljeni kanali za hlađenje.	Neispravni ležajevi prouzrokuju oštećenja na gvožđu i/ili namotajima. Neispravne četkice prouzrokuju oštećenja na kliznim prstenovima ili komutatoru. Krajni rezultat je oštećenje namotaja. Oštećenje pogonjenog objekta. Premotavanje motora 3676KW/(5000KS) 50,000.00\$ - 100,000.00\$; zamena 100,000.00\$ - 200,000.00\$; Bezbednosna razmatranja.
Besprekidna napajanja, generatori za besprekidna napajanja, baterije, krajnji utikači, sklopke, automatski zaštitni prekidači.	Loši spojevi na izvodima baterija, mrtve ćelije u baterijama, neispravne sklopke ili sklopke koje uopšte ne funkcionišu, kao i automatski zaštitni prekidači.	Gubitak besprekidnog napajanja za vitalne službe – bolnice, telefonske centrale, računare itd.

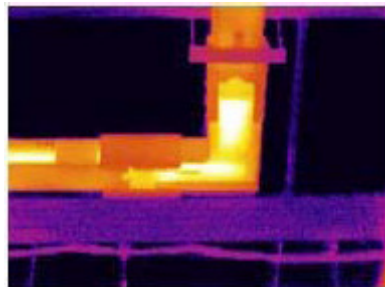
Spojevi – loši spojevi su najčešće uzroci problema u nekom električnom sistemu. Otkriveno je da rutinsko preventivno održavanje na konekcijama, ne ispravlja probleme sa konekcijama i oni onda naknadno prave dodatne probleme. Rutinsko ispitivanje sa termičkom kamerom vam daje na znanje tačno mesto gde problem nastaje i dozvoljava vam da planirate održavanje prema, zahtevima realnih problema.



Termička neispravnost na rastapanje ukazuje na problem sa rastopljenim kontaktom



Loš kontakt na osiguraču B faze



Lakatni kontakt na linijskom razvodniku iza kućišta razvodnika.