

Ing. Jan Š i m e k , VÚHU

VYUŽITÍ TERMovIZE NA POVRCHOVÝCH DOLECH

V prosinci 1989 byl ve VÚHU Most ukončen výzkum využití termovize pro diagnostikování technického stavu zařízení povrchových dolů. Tento výzkum probíhal v rámci úkolu RVT H50 125 017-02, trval celkem 18 měsíců a byl rozdělen do dvou etap.

V první etapě řešení, která probíhala od 7/88 do 12/88 byla věnována pozornost zejména využití termovize při vyhledávání závad na el. zařízení vn rozvoden 110kV/35kV a 35kV/6kV. V rámci řešení této problematiky byla vypracována metodika měření termovizí při vyhledávání závad na el. zařízení, postup měření a způsob vyhodnocování naměřených výsledků. Dále byl navržen postup racionalizace opravářských prací (revizí) na zařízení vn rozvoden na základě výsledků měření termovizí, včetně kontroly úspěšnosti odstranění zjištěných závad následným měřením termovizí.

Pro jednoznačné posouzení závažnosti závad zjištěných termovizním měřením byla vypracována metodika jednotné klasifikace závad na základě přepočtu oteplení zjištěného v místě vady na jednotné parametry. Tento přepočet eliminuje jak vliv zátěže, tak vliv větru na ochlazování zařízení umístěného na volném prostranství.

Na základě těchto výsledků byla v březnu a dubnu 1989 provedena termovizní kontrola všech vn rozvoden v SHR a následné vyhodnocení zjištěných závad. Při těchto měřeních bylo zjištěno celkem 410 závad. Pro zpracování výsledků měření a vypracování protokolů, ve kterých je uvedeno umístění zjištěných závad a jejich hodnocení, byl použit program KOM, který byl vytvořen též ve VÚHU a byl aplikován na počítači PC-AT.

V druhé etapě výzkumu využití termovize, která probíhala od 1/89 do 12/89, byly zkoumány jak možnosti využití termovize při vyhledávání závad na dalším el. zařízení (vzdušná vedení 35kV, přesuvné rozvodny TSM, el. zařízení velkostrojů a DPD), tak i využití termovize pro další specifické potřeby, zejména kontrolu tepelně izolačních vlastností plášťů budov a vyhledávání zápar uhelných slojí, ev. na výsypkách.

Na zařízení DPD bylo vyzkoušeno využití termovize při kontrole stavu ložisek válečků. Kontrola stavu ložisek válečků pomocí termovize se ukázala jako velmi efektivní, zejména při měření za jízdy terénního automobilu.

V prosinci 1990 byla termovize doplněna zařízením Superviewer II, které umožňuje superpozici termovizního obrazu do barevného obrazu snímaného objektu, který je pořizován současně s termovizním obrazem pomocí běžné videokamery. Při zjišťování zápar uhelných slojí je toto zařízení neocenitelným pomocníkem, protože umožňuje přesnou identifikaci místa zvýšené teploty a jeho velikosti. Zároveň lze toto zařízení velmi efektivně využít při výše uvedené termovizní kontrole stavu válečků DPD.

Tepelná diagnostika zařízení povrchových dolů

Tepelná diagnostika je jednou ze základních metod bezdemontážní diagnostiky. Technický stav zařízení je při aplikaci tepelné diagnostiky posuzován na základě měření teploty vybraných částí tohoto zařízení. Využití tepelné diagnostiky v SHR bylo směřováno na bezdotykové diskontinuální měření teploty za provozu sledované techniky.

Trvalé sledování teploty důležitých míst zařízení je řešeno výrobcí velkostrojů a dálkové pasové dopravy. Údaje trvale nainstalovaných měřidel teploty jsou vyhodnocovány obsluhou stroje a jsou využívány pro rozhodování o jeho dalším provozu, či eventuální potřebě opravářského zásahu.

Pro potřeby efektivního řízení oprav je nutné získat informace o technickém stavu všech částí velkostrojů, které ovlivňují jeho provozuschopnost. V případě tepelné diagnostiky je optimálním řešením tohoto problému periodicky prováděné bezdotykové měření teploty. Z výsledků těchto měření lze při správné interpretaci posoudit technický stav zařízení a v případě zjištění závady odhadnout dobu příští poruchy.

Tepelná diagnostika zařízení pro rozvod el. energie

Většina dobývací techniky na povrchových dolech je poháněna elektrickou energií. Proto má zabezpečení vysoké provozní spolehlivosti zařízení pro rozvod el. energie zásadní význam pro zajištění provozuschopnosti dobývací techniky. Přitom je třeba mít na zřeteli, že rozsáhlejší opravy zařízení pro rozvod el. energie lze provádět pouze jednou ročně, v rámci tzv. revizí el. zařízení. Těmto podmínkám jsme podřídili svůj přístup k řešení problematiky tepelné diagnostiky zařízení pro rozvod el. energie.

Ve vztahu k el. zařízení nachází tepelná diagnostika největší uplatnění při zjišťování vad různých spojů a kontaktů a při kontrole kvality izolátorů. Bezdotykovým měřením teploty lze u elektrických zařízení pod napětím určit takové vady, které se projevují oteplením vadného místa. Jsou to všechna místa se zvýšeným přechodovým odporem spojů a kontaktů, zvýšeným odporem vodičů (např. při jejich narušení, či poškození) a se sníženým izolačním odporem izolantů - např. izolátorů, průchodek a kabelů.

Pro bezdotykové měření teploty byl použit infračervený pyrometr Raynger II, model R2LT/SC a termovize SWB 782 firmy Agema Infrared Systems (Švédsko). Použití termovize se z hlediska rychlosti a spolehlivosti vyhledávání závad ukázalo mnohem výhodnější než použití infračerveného pyrometru.

Na základě výsledků měření a získaných zkušeností byla vypracována metodika pro měření vn rozveden termovizí, vyhodnocování termogramů a klasifikaci závad s cílem zabezpečit racionalizaci prací na revizi a opravách při zachování následujícího pracovního postupu :

- Revize provádět na základě výsledků měření termovizí, tzn. soustředit se na odstranění zjištěných vad.
- Vhodnou dobu a rozsah opravy zjištěné závady určovat na základě navržené jednotné klasifikace závad.
- Kvalitu opravy posoudit pomocí opakovaného měření termovizí.
- Průběžně sledovat vývoj závažných poruch, které nelze z provozních důvodů bezprostředně odstranit a které by eventuálně mohly způsobit havárii zařízení spojenou s větší ekonomickou ztrátou.

Základní podmínky pro měření termovizi

Termovizi lze používat pro měření povrchové teploty určitého zařízení za těchto základních podmínek :

- Volný výhled kamery na snímané zařízení. Měření může být nepříznivě ovlivněno i hustou mlhou v důsledku pohlcení infračerveného záření.
- Možnost přiblížení kamery k objektu na takovou vzdálenost, aby bylo možné sledované místo rozpoznat na obrazovce monitoru od pozadí.
- Přiměřené proudové zatížení el. zařízení při jeho kontrole a vyhledávání závad způsobených zvýšeným přechodovým odporem.

Čím vyšší je proudové zatížení, tím přesnější a spolehlivější jsou výsledky měření.

Metody zjišťování vad el. zařízení vn rozvoden

Diagnostika el. zařízení pomocí termovize spočívá, jak bylo již řečeno, v odhalování míst se zvýšeným přechodovým odporem, či sníženým izolačním odporem, které se projevují zvýšením teploty. Při kontrole zařízení vn rozvoden jsme dospěli k názoru, že je vhodné sledovat tato místa :

- napojení venkovního vedení na průchodky do budovy
- veškerá napojení sběrů na průchodky v budově rozvodny
- izolátory průchodek, proudových měničů a podpůrné izolátory
- kabelové koncovky vn kabelů
- odpojovače - kontakty i připojovací spoje
- vypínače
- spoje plochého vedení a napojení odboček na sběrný
- vývody z transformátorů.

Při zjišťování vad zařízení vn rozvoden je nejlépe postupovat ve směru toku energie. To znamená, že termovizní kamerou je sledováno zařízení od přívodu přes transformátor až po jednotlivé vývody. Tím je eliminováno nebezpečí přehlédnutí některé vady na minimum a zároveň lze snadno při vyhodnocování určit místo zjištěné vady. Při tomto postupu je též omezen nepříznivý vliv proměnné zátěže na chybu výpočtu prováděného při jednotné klasifikaci závad.

Při praktickém měření je tato metoda použitelná velmi dobře u venkovních rozvoden. Vnitřní rozvodny lze měřit tímto způsobem jen od přívodu po sběrníkový systém v sekundárním obvodu trafo. Avšak měření jednotlivých vývodů od odbočky na sběrnici přes odpojovač, vypínač, proudové a napětové měniče, vývodový odpojovač a výstupní průchodky z budovy rozvodny tímto způsobem je z časových důvodů neúnosné.

Prostorové uspořádání vnitřních rozvoden neumožňuje plynulé sledování el. zařízení jednoho vývodu ve směru toku energie bez značných ztrát v důsledku přemísťování termovize v různých podlažích rozvodny. Proto vnitřní rozvodny jsou měřeny jiným postupem. Od přívodu až po sběrníkový systém na sekundární straně trafo je sledována cesta toku energie, ale zařízení umístěné v jednotlivých kobkách je měřeno dle vzrůstajícího číslování kobek v jednotlivých patrech budovy rozvodny.

Vyhodnocování termogramů el. zařízení

Termogram el. zařízení lze vyhodnotit buď na místě, při použití kapesního počítače SHARP PC1262, nebo na diagnostickém pracovišti pomocí počítače Mitac 2000.

Pod pojmem vyhodnocení termogramu se rozumí :

- 1) Jednoznačné vyjádření, zda vyšší teplota určitého místa na termogramu je způsobena vadou el. zařízení
- 2) Přesná lokalizace vady
- 3) Stanovení nejvyšší teploty v místě zjištěné vady a stanovení běžné provozní teploty ve stejném, nebo obdobném místě zařízení, které je vystaveno stejné proudové zátěži

Při měření teplotního pole povrchu el. zařízení pomocí termovize je toto měření ovlivněno řadou různých vlivů, které mohou výsledek měření velmi nepříznivě ovlivnit. Nejčastěji působícími vlivy jsou ohřev slunečním zářením, indukční ohřev vířivými proudy, povrch předmětu s výrazně proměnlivou emisivitou či odrazivostí infračerveného záření, odraz infračerveného záření a ochlazování sledovaného místa větrem.

Jednotná klasifikace závad

Jestliže je pomocí termovize vyhledáno místo, které ohrožuje provozní spolehlivost zařízení, je splněna pouze část úkolu bezdemontážní diagnostiky. Pro efektivní využití výsledků měření je nutné též stanovit závažnost zjištěné závady, nebo jinak řečeno, stupeň ohrožení provozuschopnosti zařízení a z tohoto stupně ohrožení též nejpozději možný termín nutné opravy.

Jednotná klasifikace závad zjištěných termovizí vychází z přepočteného rozdílu teplot δt v místě závady a v místě bez závady. Tento rozdíl teplot se přepočítává v poměru kvadrátů proudu jmenovitého a pracovního. Jmenovitý proud je konstrukční proud zařízení, či maximální proud, kterým může být předmětná část zařízení zatěžována. Pracovní proud je ustálená hodnota proudu, který předmětným zařízením protékal v době měření termovizí.

Na základě zkušeností a sledování stavu různých vadných spojů byly závady rozděleny do čtyř klasifikačních stupňů :

1. stupeň		$\delta t \leq 10^{\circ}\text{C}$
2. stupeň		$10^{\circ}\text{C} < \delta t \leq 40^{\circ}\text{C}$
3. stupeň		$40^{\circ}\text{C} < \delta t \leq 100^{\circ}\text{C}$
4. stupeň		$\delta t > 100^{\circ}\text{C}$

1. stupeň charakterizuje závadu na počátku vývoje, která neohrožuje provozuschopnost zařízení. Odstranění závady je možné odložit do termínu plánované revize. Pokud se závada vyskytuje na exponovaném zařízení, které je vystaveno zvýšenému zatížení, doporučujeme následnou kontrolu po šesti měsících.
2. stupeň představuje již rozvinutou závadu, jejíž odstranění je nutné plánovat při pravidelné revizi. Bezprostřední ohrožení provozuschopnosti zařízení však nehrozí.
3. stupeň představuje vážnou závadu vyžadující odstranění při nejbližší příležitosti. Není vyloučeno prudké zhoršení stavu, které přímo ohrozí provozní spolehlivost zařízení.
4. stupeň představuje závadu ohrožující provozuschopnost zařízení. Tato závada vyžaduje individuální posouzení pracovníkem zodpovědným za provoz zařízení. Při posuzování je třeba brát ohled na důležitost zařízení pro provoz dolu a možnosti odstranění závady. Je třeba též vzít v úvahu běžné proudové zatížení vadného místa a porovnat ho s proudem zjištěným při měření termovizí a s výpočtovou hodnotou proudu (jmenovitým proudem).

Výše uvedená klasifikace má tato omezení:

- 1) Je-li pracovní proud menší než 10 % jmenovitého proudu, nelze klasifikaci provést z důvodu zkreslené hodnoty oteplení v místě závady v důsledku zhoršených podmínek ochlazování.
- 2) Při měření povrchové teploty olejových vypínačů a podobných zařízení, kde je teplo produkováno vadným kontaktem intenzivně odváděno do okolí, je třeba klasifikovat závady přísněji. Přehřátí zhášecí komory spínacího kontaktu olejového vypínače o 10°C odpovídá závadě 3. stupně.

Závěr

Doposud je termovizní technika využívána v SHR převážně k vyhledávání závad na rozvodech elektrické energie. Vzhledem k většímu důrazu kladenému v současné době na ekologii a úspory energií očekáváme, že ze strany důlních podniků vzroste též zájem o využití termovize při vyhledávání zápar uhelných slojí a proměrování tepelně izolačních vlastností pláštů různých budov a objektů.

V současné době jsme připraveni provádět termovizní měření a vyhodnocení zjištěných vad ve výše uvedených případech na základě objednávek jednotlivých koncernových podniků.