

Přehřívání konstrukce nosníku měřicích transformátorů proudů

Rostislav Naivert, Dalkia ČR, a. s.,
Martin Kubánek, AmpluServis, a. s.

Předmětem tohoto článku je seznámit čtenáře a širokou technickou obec s technickým řešením, které mělo vliv na zabránění kumulace tepla, snížení činných ztrát a případnou poruchu ve vyvedení elektrického výkonu jednoho bloku z Elektrárny Třebovice, největšího teplárenského zdroje skupiny Dalkia v České republice.

Něco o Dalkii

Základním předmětem podnikání společnosti Dalkia Česká republika, a. s., je především výroba, rozvod a prodej tepelné energie a výroba a prodej energie elektrické včetně poskytování podpůrných služeb. Výroba je realizována převážně v kombinovaném cyklu, přičemž proces kombinované výroby tepla a elektřiny přináší vedle většího využití energie obsažené v palivu také vysokou míru ohledu k životnímu prostředí.

Dalkia Česká republika působí na trhu s teplem, který pokrývá území měst Ostrava, Karviná, Havířov, Olomouc, Nový Jičín, Přerov, Frýdek-Místek, Krnov, Praha a prostřednictvím dceřiných společností působí rovněž ve městech Kolín, Ústí nad Labem a Mariánské Lázně. Dalkia Česká republika se dále snaží rozšiřovat své činnosti o dodávky chladu umožňující klimatizovat objekty zákazníků.

Jedním ze závazků Dalkie Česká republika je ochrana životního prostředí a přírodních zdrojů. Společnost má zavedený a certifikovaný systém řízení podle ISO 14001. Další rozšiřování oblasti ochrany životního prostředí je jedním z jejich nejdůležitějších cílů také do budoucna.

Dalkia Česká republika provozovala v 1. pololetí roku 2009 celkem 756 kotlů o instalovaném výkonu více než 3 484,4 MWt, 19 turbogenerátorů, 2 spalovací turbíny, 8 kogeneračních jednotek a 4 točivé redukce o instalovaném elektrickém výkonu ca 529,4 MWe.

Dalkia Česká republika nabízí prostřednictvím dceřiné společnosti AmpluServis, a. s., údržbu, opravy, rekonstrukce a montáže energetických zařízení v teplárnách a elektrárnách, ale i v průmyslu chemickém, petrochemickém, potravinářském, hutnickém a dalším. S tím úzce souvisí i nabídka specializovaných služeb, jako jsou revize vyhrazených elektrických, tlakových, plynových a zdvihacích zařízení, služby akreditovaných chemických laboratoří, jako jsou rozbory paliv, průmyslových vod a olejů, služby vibrační diagnostiky, termografie, rentgeny sva-



Obr. 1. Závod Elektrárna Třebovice s instalovaným výkonem 765 MWt a 180 MWe



Obr. 2. Turbogenerátor TG 33 – 3f synchronní generátor poháněný parní turbínou, dvou pólový, jmenovité napětí 6,3 kV, jmenovitý činný výkon 33 MW, jmenovitý zdánlivý výkon 41,25 MV·A, jmenovitý maximální jalový výkon 17,7 Mvar, jmenovitý proud 3 780 A, jmenovitá frekvence 50 Hz



Obr. 3. Kabelový prostor TG 33

rů a další činnosti v oblasti nedestruktivní defektoskopie.

Region Severní Morava

Region Severní Morava je největší organizační jednotkou Dalkie Česká republika, která dodává tepelnou energii pro zhruba 105 000 domácností, průmyslové podniky, nemocnice, obchody, školy a další zákazníky v Ostravě (prostřednictvím nejrozsáhlejší sítě dálkového tepla ve střední Evropě), v Krnově a okolních městech. Region Severní Morava je také významným výrobcem elektrické energie a poskytovatelem podpůrných služeb pro řízení přenosové soustavy České republiky (ČEPS). Cennou referencí je rovněž dodávka chladu absorpční metodou pro areál Avion Shopping Parku firmy IKEA v Ostravě. V rámci společnosti Dalkia Česká republika je Region Severní Morava lídrem ve spalování biomasy. Region Severní Morava má čtyři závody: Závod Elektrárna Třebovice, Závod Ostrava-Střed, Závod Krnov a Závod Distribuce a služby. Největším závodem je Elektrárna Třebovice.

Elektrárna Třebovice (obr. 1) má tři odběrově kondenzační turbogenerátory s maximálním tepelným výkonem 765 MWt a maximálním elektrickým výkonem 180 MWe. Nejnovější z nich, TG 16, má výkon 72 MWe, o něco starší TG 15 pracuje s maximálním výkonem 75 MWe a nejstarší TG 33, nyní už takřka „stařenka“ (vyrobena 1961), dokáže vyrobít 33 MWe.

Turbogenerátor TG 33

Turbogenerátor TG 33 (obr. 2) se skládá z parní turbíny a synchronního generátoru, které jsou vzájemně spoje-

ny pevnou spojkou. Z regulovaných odběrů parní turbíny se odebrává pára pro teplárenské a technologické účely.

Výkon z generátoru TG 33 je veden hliníkovými přípojnými obdélníkového průřezu pod podlahou strojovny (obr. 3). Přípojnice prostupují stěnou z vyústění generátoru v konstrukci nosníku, v níž jsou umístěny měřicí transformátory proudů do kabelového prostoru a následně do rozvodny 110 kV.

Popis diagnostikovaného problému

Problém, který byl odhalen díky propracovanému programu prediktivní údržby, a to jak v oblasti infračervené termografie, tak i v dalších oblastech činnosti, spočíval v přehřívání konstrukce nosníku, v němž jsou umístěny měřicí transformátory proudů. V této kon-



Obr. 4. Měřicí transformátor proudu ABB typ BB 103 pro vnitřní prostředí, dvoujádrový, jmenovitý převod 4 000/5/5 A, izolační napětí 12 kV, třída přesnosti 0,5/5P

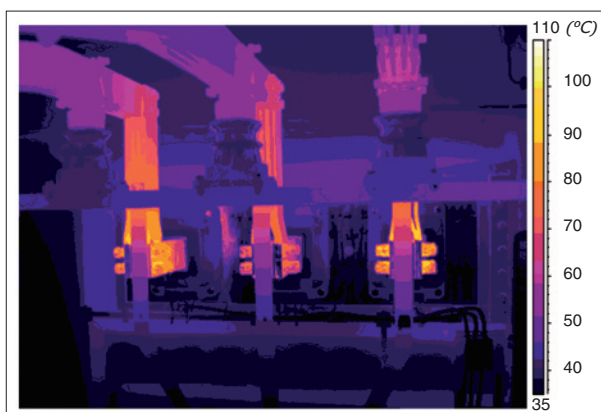
strukci jsou použity měřicí transformátory proudů ABB typu BB 103 (obr. 4).

Teplota, která vznikala mezi jednotlivými fázemi, dosahovala před opravou hodnoty více než 150 °C. Tato teplota byla změněna při činném výkonu 24 MW, což představuje ca 73 % výkonu (pro tato měření je hodnota doporučeného výkonu min. 50 % jmenovitého výkonu). Otázka však je, jaká teplota by byla v těchto místech při plném výkonu.

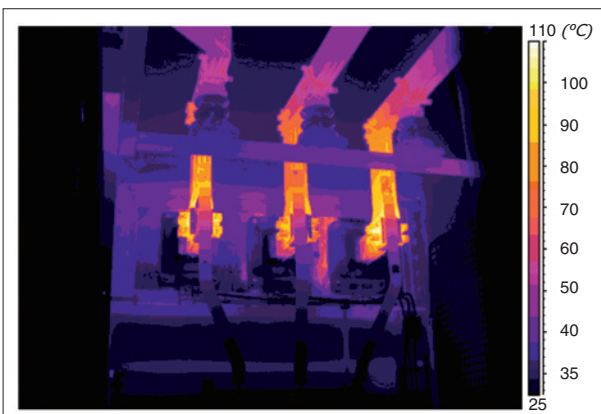
Příčina přehřívání spočívala v indukci vířivých proudů mezi primárními vodiči – přípojnými, které se uzavíraly mezi fázemi v konstrukci nosníku, který byl původně zhotoven z magneticky vodivého ocelového plechu. Přehřívání mělo za následek zvýšení činných ztrát a kumulaci tepla mezi fázemi. Současně zvýšená teplota působila na vnější kryty měřicích transformátorů, jejichž izolace jader má dovolené oteplení 85 °C při teplotě okolí 35 °C. Maximální dovolené oteplení je tedy 110 °C. Pokud by se teplota z konstrukce přenesla na izolaci jader transformátorů, mohla být výrazně snížena životnost těchto transformátorů a vlivem výpadku mohl být současně ohrožen provoz celého bloku. Dle Monsignorova zákona má zvýšení teploty o 10 °C nad dovolenou hodnotu za následek snížení život-



Obr. 5. Termogram místa před opravou (konstrukce z magneticky vodivého ocelového plechu)



Obr. 6. Termogram po opravě (konstrukce z nemagnetického vysokolegovaného nerezového plechu)



Obr. 7. Termogram po opravě (konstrukce z nemagnetického vysokolegovaného nerezového plechu) při plném výkonu (33 MWe)

nosti izolace o 50 %. Dle Monsignorova zákona platí, že doba života izolace je:

$$T_Z = T_0 \cdot e^{-b \cdot \Delta \nu} \text{ (h)}$$

T_0 – životnost izolace při teplotě okolí (20 °C) $6,22 \cdot 10^4$ h,

B – materiálová konstanta použité izolace, $\Delta \nu$ – oteplení.

Termogram místa před opravou je na obr. 5. Pro eliminaci problému přehřívání bylo nutné **přerušit indukci vířivých proudů** mezi jednotlivými fázemi, které vznikaly v kon-

strukci nosníku. Technicky se nabízela dvě řešení. První z nich bylo fyzické oddělení jednotlivých fází vložením měřicích transformátorů do samostatných plechů. To však nebylo možné, jelikož by v případě dynamických účinků zkratových proudů nebyla zajištěna dostatečná mechanická pevnost. Navíc by se vířivé proudy uzavíraly přes rám, do něhož je konstrukce nosníku vložena. Druhým řešením bylo použít nemagnetický materiál konstrukce nosníku. Z hlediska mechanické pevnosti tomuto vyhovovalo použití vysokolegovaného nerezového plechu, který nemá magnetickou přitažlivost, a má velmi dobré mechanické vlastnosti. Toto řešení se ukázalo jako správné, neboť následným termovizními měřeními po výměně plechu konstrukce bylo zjištěno, že parazitní oteplení mezi jednotlivými fázemi zmizelo, což je patrné z obr. 6. Toto termovizní měření bylo provedeno rovněž při odebíraném činném výkonu 24 MWe.

Na závěr bylo termovizní měření provedeno při plném výkonu zátěže. Z uvedeného termogramu (obr. 7) je patrné, že realizované opatření bylo skutečně správné.

Při tomto výkonu dochází pouze k oteplení přípojníc vlivem procházejícího proudu na základě Joulova tepla a k drobnému ohřevu konstrukce (na ca max. 80 °C) vlivem průchodu tepla ze samostatného vyústění z generátoru přes netěsnosti mezi jednotlivými transformátory a konstrukcí. Z termogramu je současně patrné největší oteplení celého systému, které bylo zjištěno na samotných přípojnících, kde teplota dosahovala max. 100 °C.

Termografická diagnostika

Pro termografickou diagnostiku je společností AmplusServis, a. s., používána technika švédské společnosti Flir Systems, a to především pro její bezkontaktní parametry detektorů, velkou přesnost a také dlouhou tradici v oblasti bezkontaktního měření a zobrazování.



Obr. 8.
Termokamera Flir P640

Pro danou aplikaci byla použita termokamera Flir P640 West s rozlišením detektoru 640×480 pixelů (obr. 8). Použitý měřicí rozsah -40 až $+500$ °C, použitý objektiv $f = 19$ mm. Pro vyhodnocení byl použit software Flir ThermaCAM Reporter 8.3 Std. Pro měření dat potřebných pro vypočtení správné povrchové teploty měřených objektů byla

použita měřicí ústředna Kestrel 4000. Z důvodu eliminace případné chyby vyplývající z rozdílné materiálové emisivity byly na měřených místech vylepeny měřicí značky (ThermaSpoty) s pevně definovanou emisivitou $e = 0,96$.

☒

The main scope of this article is to introduce to readers and broad technical community to the problem and subsequent technical solution, which influenced a prevention of heat accumulation, mitigation of energetic losses and possible failure of the power extraction at one power-station block in Trebovice Power Station, the largest energy supplier of Dalkia group in Czech Republic.

The problem was discovered thanks to the sophisticated predictive maintenance program, particularly in the area of infrared thermography. Thanks to this program could be discovered overheating of the console construction where the measuring power converters are placed. The reason for overheating lay in vortex current induction between prime power leads. The power leads are conductor bars that close in between phases of the console construction which was originally made of magnetically conductive steel plate. The overheating problem was solved by using a high-alloy stainless plate without any magnetic gravity however with very good mechanical qualities. Thermographic survey subsequently confirmed the problem was solved.



Ing. Rostislav Naivert získal v roce 2002 inženýrský titul ve studijním oboru Elektrické stroje, přístroje a pohony v magisterském studijním programu Elektrotechnika a informatika na Fakultě elektrotechniky a informatiky (FEI) Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava (VŠB-TU). Od roku 2006 studuje při zaměstnání studijní obor Elektrické stroje, přístroje a pohony v doktorském studijním programu Elektrotechnika, sdělovací a výpočetní technika na FEI VŠB-TU se zaměřením na metody řízení a diagnostiku střídavých regulovaných pohonů. Od roku 2008 pracuje jako technolog elektro v Elektrárně Trebovice, patří do skupiny Dalkia Česká republika, a. s. Zde je jeho pracovní náplní plánování, příprava, realizace a kontrola provozu a údržby při výrobě elektrické energie a tepla s hlavním zaměřením na turbogenerátory s instalovaným elektrickým výkonem 180 MWe.



Martin Kubánek ukončil v roce 1997 studium elektrotechniky na střední škole v Ostravě. Od roku 2003 se v rámci skupiny Dalkia Česká republika, a. s., věnuje oblasti bezdemontážní diagnostiky. Především termovizní diagnostice v elektrotechnice a strojirenství. Dále se zabývá měřením a posuzováním tepelně-izolačních vlastností průmyslových izolací používaných na tepelných sítích. Mezi další jeho činnosti patří oblast elektrického měření, především diagnostika napájecích proudů pro potřeby lokalizace vybraných vad asynchronních elektromotorů.

NOVĚ NA VÝSTAVIŠTI PRAHA - HOLEŠOVICE

15. mezinárodní veletrh interiéru, designu, nábytku, osvětlení, dekorací a dárků

soutěž top design, In Light a další soutěže o ceny v hodnotě více než 100.000 Kč



www.tendence.eu

• nejmodernější design • světové značky
• největší výběr nábytku, dekorací, bytového textilu, stolování, svítidel a doplňků • největší postel v ČR

tendence®

9 - 12 | 9 | 2010

souběžně probíhají výstavy:

