

SBĚRNÉ ÚSTROJI A KARTÁČE

Ing. Mečislav HUDECZEK, Ph.D:
HUDECZEK SERVICE, s. r. o.
Albrechtice 287

Abstrakt

Na základě zjištěných negativních jevů, na systému sběracích ústrojí a kartáčů na stejnosměrných strojích a buzení synchronních strojů se při odstraňování poruch a havárií zjistilo, že při provozování dochází, k porušování elementárních zásad uvedených v návodech pro obsluhu a údržbu předmětných strojů a taktéž v návodech pro použití sběrných kartáčů. Článek připomíná základní principy péče o tato elektrická zařízení.

Klíčová slova

Sběrné ústrojí, kartáče, drážky, kroužky, lamely.

1. Úvod

K napsání tohoto článku mě vedly skutečnosti zjištěné v poslední době při odstraňování poruch na točivých elektrických strojích. Článkem chci upozornit na možné dopady na stav točivých strojů při opomenutí některých základních kritérií údržby, které jsou ve většině případů stanoveny výrobcem strojů. Podklady pro tento příspěvek jsem získal z firemních doporučení výrobců sběrných kartáčů a točivých strojů, které jsou buzeny nebo strojů stejnosměrných.

Fotografie poškození na sběrných ústrojích a taktéž bezkontaktních buzení jsou získány při odstraňování poruch nebo byly poskytnuty provozovatelem.

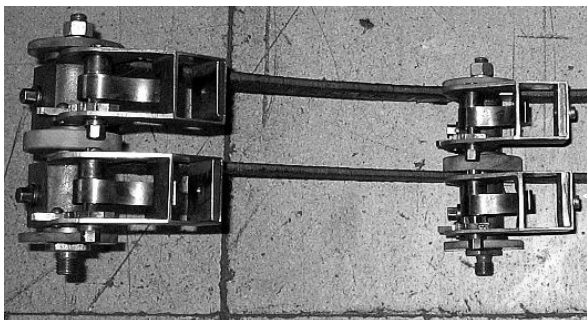


Foto č.1.: Držáky kartáčů s vymezením rozměrů uhlíků

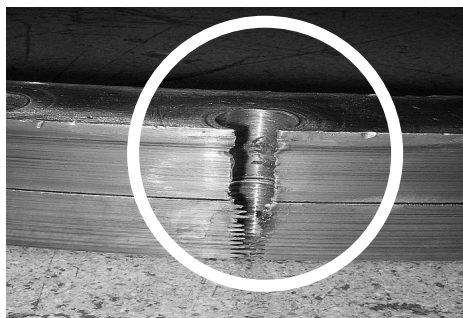


Foto.č.2.: Opotřebovaný sběrný kruh až na unášecí svorníky

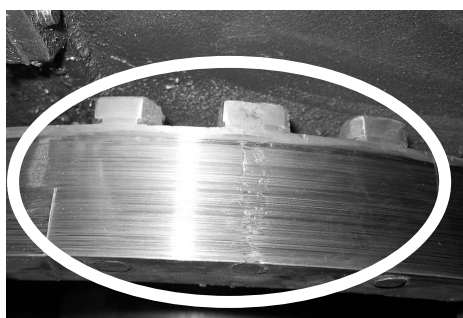


Foto.č.3.: Opotřebovaný sběrný kruh až na hlavy stahovacích šroubů

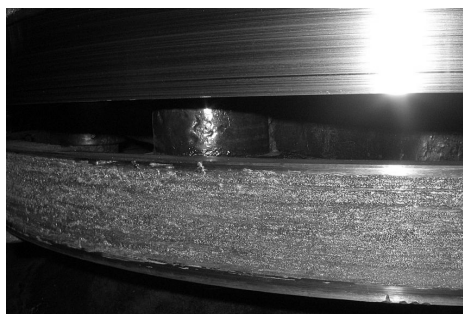


Foto č.4.: Poškozený kroužek generátoru



Foto č.5.: Opravený kroužek generátoru



Foto č.6.: Polovodiče z bezkontaktního budiče

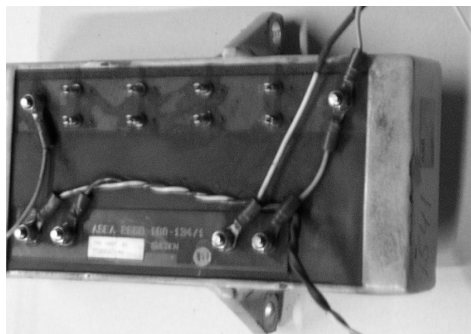


Foto č.7.: Zdroj pulzů bezkontaktního budiče

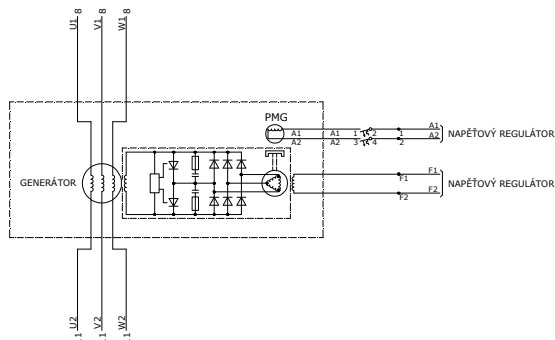
2. Druhy buzení

V současné době jsou používány dva druhy buzení synchronních strojů. Standardní buzení pomocí sběrných kroužků a kartáčů. Nový způsob a to buzení bezkontaktní. Viz foto č. 8 a obrázek č. 1.

V obou případech při nedodržení zásad doporučených výrobcem pro údržbu dochází ve většině případů k selháním o zbytečným ztrátám. V článku chci připomenout pouze staré známé zásady při péči o výše uvedené systémy.



Foto č.8.: Bezkontaktní budič generátoru



Obrázek č.1.: Schéma bezkontaktního budiče

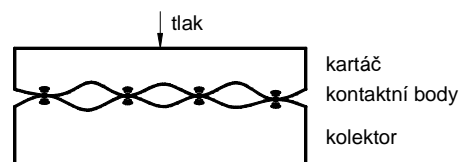
3. Sběrné ústrojí a péče o ně

Kluzný kontakt je jednou z praktických možností, jak převést elektrický proud z pevné části elektrického stroje na otáčivou a naopak. K zajištění spolehlivého chodu generátorů patří i péče o sběrné ústrojí, kroužky generátorů a komutátory budičů a jim odpovídající uhlíkové kartáče.

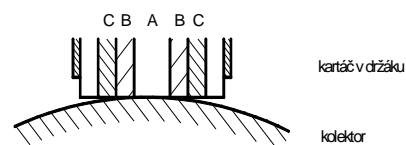
Na kartáče se kladou protichůdné požadavky:

- co nejdelší životnost kartáčů při co nejmenším opotřebením kolektoru
- dobrou komutační schopnost
- velkou elektrickou a tepelnou zatížitelnost
- co nejrovnoměrnější rozdělení proudu
- co největší schopnost snášet nezatížený stav a malou citlivost na atmosférické vlivy

Princip vedení proudu přes kartáč na kolektor vypadá asi takto: Činný proud vychází z místa upevnění přívodního lanka a prochází až do jeho dotykové plochy s kolektorem.



Obr. 2. Kontaktní body v kluzném kontaktu



Obr. 3. Pásmový výklad přechodu proudu mezi kartáčem a komutátorem

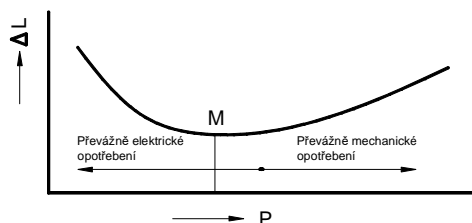
Povrch kolektoru není dokonale hladký. Kartáč s kolektorem se dotýkají navzájem v několika bodech, kterým říkáme kontaktní body a které nesou celé proudové zařízení (obr. 2). Tyto kontaktní body nejsou na dotykové ploše správně pracujícího kartáče, nijak vázány na určité místo. Pohybují se po ploše, vznikají a zanikají. Jednotlivé kontaktní body se průchodem koncentrovaného proudu přehřívají a tím likvidují, aby mohly neustále vznikat nové.

Popsaná rychlá výměna kontaktních bodů se odehrává v pásmu A (obr. 3) a představuje nejkratší a také nejvíce využitou cestou proudu. Kartáč sám dovede likvidovat již „použité“ kontaktní body tím, že je pomocí procházejícího proudu rozžhaví a odpálí.

Pro převod proudu jsou podle obr. 3 k dispozici ještě dvě další vrstvy. V pásmu B jsou v prostoru mezi nerovnými plochami kartáče a kolektoru přítomny volné částice uhlíkové a kovového materiálu spolu s prachem, které se starají o převedení proudu přes mezeru v tomto pásmu. Třetí cestou je cesta drobných elektrických oblouků

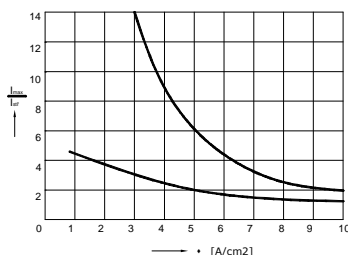
(pásmo C), které mohou být doprovázeny drobnými oblouky (jiskrami).

Velmi záleží i na správném tlaku na kartáč. Jestliže je tlak příliš malý, dochází k uvolnění kontaktu, které způsobuje obloučky mezi kolektorem a kartáčem. Je-li tlak příliš velký, kartáč se opotřebovává mechanicky.



Obr. 4. Opotřebování kartáče v závislosti na tlaku na kartáč (charakteristika)

Film je nutnou a nezbytnou součástí kluzného kontaktu. Jeho složení není jednoduché. Základem filmu jsou kysličníky. U měděných komutátorů jsou to kysličníky mědi, zejména kysličník měďný a kysličník měďnatý. Tato oxidová vrstva je velice tenká. Na povrchu tohoto filmu i v jeho hmotě jsou obsaženy rovněž částice vody, par a plynů z ovzduší.



Obr. 5. Empirické rozdělení proudu mezi kartáči

Film je tedy nezbytný pro spolehlivou a hlavně stabilní práci uhlíkového kartáče. A k jeho vzniku je nezbytně nutná přítomnost kyslíku, vody a tepla. Kyslík a vodu pro vznik filmu dodává okolní vzduch. Teplo musí vyrobít kartáč při práci na kolektoru sám. Dovede ho vytvořit dvojitým způsobem:

- Existence filmu na kolektoru a nehomogenita materiálu kartáče má ovšem jeden velmi nepříznivý důsledek tj. mezi paralelně pracujícími kartáči téže polarity se proud nerozděluje přísně aritmeticky. Proud v kartáčích se podle počtu kontaktních bodů a kvality kontaktu mění, dá se říci, že poměrně rytmicky pulsují. A dokud pulsují, je kontakt v pořádku.
- Nerovnoměrnost rozdělení při jmenovitém katalogovém proudu činí dle literatury asi 1:2,5 až 1:3. Při určité kvalitě kartáčů je rozdělení proudu závislé prakticky na proudovém zatížení kartáčů a z toho plnoucí teplotě kontaktu.

Z obr. 4 je zřejmé, že u kartáče s proudovou hustotou 3 A/cm^2 je pravděpodobnost rozdělení až 1:14!!!

Při výkyvech zatížení bereme v úvahu, že po dobu špičky, nepřesahující 15 sekund snese kartáč bez škody přetížení 200 %, po dobu až pěti minut 150 %, trvale pod zmíněných 75 až 125 % a nesnese trvale pod 40 % zatížení jmenovitého. Obecně kartáči prospívá spíše lehké přetížení, než chod pod hodnotou jmenovitého zatěžovacího proudu.

Během provozu stroje má mít kolektor optimální teplotu kolem $80 \text{ }^\circ\text{C}$. Při teplotách pod $60 \text{ }^\circ\text{C}$ se dostatečně neuplatňují impregnační činidla v kartáči, fixují se kontaktní body a nastává rychlé rýhování kolektoru a jeho opotřebování.

Vlivy, které působí na správnou práci kartáče:

- tlak
- rovnoměrné rozdělení proudu

Na rovnoměrné rozdělení proudu mezi kartáči se klade důraz proto, že kartáče mezi sebou samy o sobě nemohou rozdělit proud přesně rovnoměrně. Blížíme-li se složením kartáče k tomu ideálu, zabraňujeme tím přetížení jednotlivých kartáčů i jejich nadměrnému opotřebování. V extrémních případech vede přetížení až k přepálení lanek, zatížení přejde na zbylé kartáče a ty se mohou přestupem proudu přes krabičku v držáku zapéci.

4. Nenormální opotřebování komutátorů a kroužků

Zda se zahrnuje rýhování, posuv mědi, tvoření čistých drah bez filmu a silné jiskření tj. když se vytvářejí jednotlivé malé bílé nebo namodralé jiskřičky, které se objevují pod kartáči při náhlých změnách zatížení pro komutátor, žádné nebezpečí nepředstavují. Také tzn. perlení jemné jiskření na odbíhající hraně kartáče mezi kartáčem a kolektorem není na závadu.

Důležitost a složení filmu na povrchu kolektoru byla již probrána. Rýhování kolektoru může nastat vniknutím prachu mezi uhlík a kolektor, např. při zabrušování kartáčů pemzou nebo brusným papírem. Po zabrušování je třeba každý kartáč vyjmout a pečlivě očistit a vyčistit i celé sběrové soustrojí.

4.1 Rýhování následkem nedostatečného zatížení kartáčů

Kromě uhlíkových kartáčů neexistuje snad žádný jiný technický materiál, který by pracoval hůře, je-li zatížen méně než je pro něj předepsáno. Tento paradox, je logicky zdůvodnitelný:

Výše popsaný kontaktní bod je tvořen stykem dvou materiálů uhlíkem na straně jedné a na straně druhé filmem vytvořeným na povrchu kolektoru. Složení filmu bylo popsáno výše (oxid kovů, absorbovaná vrstva O_2 , H_2O , grafitová zrna atd.). Charakter této vrstvy je výrazně

polovodivý. Uhlík a polovodiče se vyznačují záporným teplotním koeficientem vodivosti v závislosti na teplotě. Proto mají zmíněné kontaktní body při vysoké proudové zátěži vysokou teplotu a v důsledku značnou vodivost. Při nedostatečně zatížených kartáčích je komutátor poměrně chladný. Zvolna a obtížně se tvoří film, o který kartáče ihned odřou. Tvrdost filmu je větší než na mědi. Koeficient tření filmu je menší než u mateřské mědi.

Je třeba se zmínit i o škodlivém vlivu oleje na komutátor. Zatímco na práci kartáčů nemají olejové páry obecně žádný vliv, je to za přítomnosti oleje na komutátoru nebo kroužků úplně jiné. Olej, jako nevodič, ztěžuje nebo znemožňuje přechod proudu mezi kartáčem a kolektorem a to se všemi důsledky. Dále působí olejový filtr jako chladič. Ochladzuje částice, které se mají vlivem elektrických ztrát roztavit nebo odpařit a tím je fixuje v kartáči.

Kartáč pracující například na měděném kroužku s olejovým filmem, vytvoří napřed povrch podobný plsti, ze kterého se pak oddělují až několik metrů dlouhé vlasové třísky, připomínající jemné třísky od soustruhu.

Vstupu oleje na komutátor nebo kroužky, popř. jeho kondenzaci na těchto místech, je třeba vždy zabránit.

Jako první pomoc při rýhování na málo zatíženém komutátoru lze použít těchto opatření:

- zredukovat počet kartáčů tak, aby jejich zatížení odpovídalo předepsanému,
- nasadit menší množství kartáčů s větším průřezem, místo většího množství menších.

4.2 Rýhování působením elektrolytických jevů

Jak probíhají elektrolytické pochody na komutátoru? Předpokládejme například, že je komutátor anodou a kartáč katodou. Elektrický proud tedy prochází od komutátoru ke kartáči. V tomto případě přechází kov komutátoru do rotoru a teče do kartáče. V opačném případě, kdy je uhlík anodou a komutátor katodou, vyvíjí se na nerozpustné uhlíkové anodě kyslík a na katodě vodík. Zde tedy putují produkty disociace vody.

Na kroužcích jsou polarity od sebe vždy odděleny. Jev, kterému se říká „katodový efekt“ se tu uplatňuje v plné šíři. Jsou zde na mysli kroužky vedoucí stejnoměrný proud. Jeden z kroužků bude vždy více ubývat a přitom bude lesklý a zvlněný, popř. drážkovaný, druhý bude matný, šedý a většinou hladký. Rozdíl v opotřebení kartáčů může mezi kroužky dosáhnout až hodnoty 1:3. V tomto případě je výraznou a prakticky jedinou pomocí občasné přepólování kroužků.

Doba potřebná k přepólování se pohybuje podle prostředí mezi jedním a třemi měsíci.

Jiným druhem elektrolytického napadení jsou skvrny, které vznikají pod kartáči na stojícím stroji, zejména ve vlhkých provozech. Uhlík tvoří vždy kladný pól a kov záporný pól. Časem se tak vytvoří na kolektoru plochá

místa. Po roztočení stroje se v porušené ploše usazuje grafit rychleji, než na hladkém okolí. Proto se objeví přesný černý otisk, až z rotace.

Eliminace tohoto negativního jevu je pouze ve zvedání kartáčů při odstavení stroje, nebo podkládání vodovzdorného podkladu pod kartáče.

4.3 Posuv mědi

Rozumíme tím obecně tvoření drobných šupinek mědi na odběhových hranách lamel. Nebezpečí posuvu mědi je v tom, že zanesou-li se drážky může mezi lamelami dojít ke zkratům a následně kruhovému ohni na komutátoru. Při úzkých šupinách lze obvykle současně pozorovat v místě šupiny světlou dráhu bez filmu. Za příčinu posuvu mědi můžeme považovat vše, co je příčinou neklidného chodu kartáčů, jejich chvění a chrastění. Stejným způsobem působí i velké předimenzování kartáčů a běh naprázdno. Důležitá je i správná teplota komutátoru nad 60 °C. Příčinou neklidného chodu kartáčů mohou být i mechanické rázy, nevyvážky a vibrace. K odstranění posuvu mědi je třeba odstranit všechny shora uvedené příčiny.

Pro výrobce kartáčů a pro odborníky bývá často velmi obtížné, najít případné vysvětlení a řešení.

V každém případě je však dobré, okamžitě vyzkoušet na postiženém stroji jednak kartáče ze stejného materiálu, ale u jiné dodávky a jednak jinou kvalitu. Tím se podaří některý z faktorů eliminovat.

Velmi důležité po osoustružení komutátoru a prožezání drážek, velice pečlivě opracovat hrany lamel. Sražení hrany – fazóna – musí být pouhým okem rozeznatelná jako rovná, jednodílná plocha a má být asi 0,2 mm široká. Pokud to dovolí šířka lamely (je-li větší než 5 mm), doporučuje se seříznout asi 0,3 mm.

4.4 Tvoření čistých hran bez filmu

Na začátku byla vyložena nutnost minimálních ztrát 40 W na kartáč, aby došlo k rušení kontaktních bodů v kartáči. Pokud se nepodaří při příliš nízkém zatížení tyto body likvidovat a nahrazovat novými, vznikají fixované kontaktní body, které převezmou bodové vedení celého proudu v kartáči. V těchto fixovaných kontaktních bodech vzniká vysoké místní oteplení, které je příčinou tvoření zejména užších (1 až 5 mm), čistých drah, ve kterých se komutátor opotřebovává do hloubky a kde dochází i k místnímu posuvu mědi.

I jednotlivé stopy na komutátoru mají ve většině případů rozdílné teploty. Může tedy nastat jev, že jedna ze stop převezme většinu proudu, dále se ohřeje, přehřátím ztratí film a vznikne na ní čistá dráha bez filmu.

4.5 Shrnutí

Shrnutím všech těchto poznatků je jednoznačně dáno, že sběrné ústrojí pracuje správně a spolehlivě jen v optimálních podmínkách, které jsou:

- proudové zařízení
 - o vhodné uhlíky
 - o vhodný počet uhlíků
 - o rovnoměrné rozdělení proudu mezi jednotlivými uhlíky
- čistota sběrného ústrojí
 - o zamezit průniku oleje na sběrné ústrojí a kolektor
 - o zamezit usazování uhlíkového prachu v krabičkách

5. Zjištění stavu kartáčů na některých strojích

Na některých strojích byly provozními pracovníky zjištěny nedostatky. Bylo zjištěno nadměrné oteplení jednotlivých kartáčů viz. termovizní snímky níže a nadměrné obrusy kartáčů. Kartáče byly měněny v týdenních intervalech.

5.1 Analýza stavu

Jedna z příčin nadměrného úbytku kartáčů může být zapříčiněná nevhodnou jakostí kartáčů. Důležitá je provozní teplota styku kartáče s kroužkem. Při malém proudovém zatížení a nízké obvodové rychlosti, je teplota nízká a dochází k jejich většímu úbytku, optimální teplota je kolem 80 °C. Styku kartáč - sběrací kroužek rovněž vadí vyšší obvodová rychlost, než je doporučovaná výrobcem. Další příčinou může být velká vzdálenost kartáčových držáků od kroužků. Při větší vzdálenosti než je 2 mm, může kartáč kmitat v držáku a tím se rychleji obrušovat.

Nejčastější příčinou bývá nekvalitní povrch kroužků (rýhy, ovalita, nesouosost atd.). Podmínkou spolehlivosti kroužkových strojů s trvale přiloženými kartáči je kruhovitost a souosost sběracích kroužků. Sběrací kroužky jsou proti hřídeli vždy na izolačním materiálu, který je obvykle poddajný, často termoplastický a podléhající stárnutí. Při výrobě kroužků nejsou vždy dokonale vymezeny vůle mezi jednotlivými díly a ke stabilizaci kroužků dochází, až při provozování stroje.

Kontrolu házivosti úchylkoměrem se doporučuje provádět při pomalém otáčení. Při tom se může projevit i házení čepů ložisek nebo vady ložisek valivých. Důležitá je i změna nebo stabilita házení po zkoušce zvýšenými otáčkami. Jestliže se radiální házení zhoršilo nad hodnoty dovolené normou ČSN 34 3205.

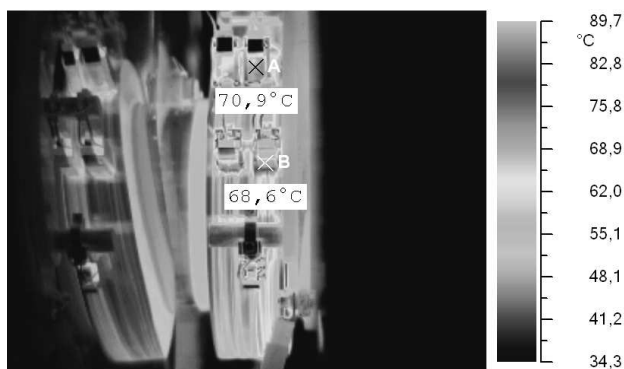
Počet pólů	Dovolené radiální házení [mm]
2	0,03
4,6	0,05
8	0,06

Je třeba prozkoumat příčinu. Někdy postačí dotáhnout stahovací části kroužků a přebrousit kroužky na obráběcím stroji nebo přímo v sestaveném stroji. Při sestaveném stroji

se demontuje sběrací ústrojí a vinutí rotoru se na východech spojí nakrátko. Stroj se pak napájí sníženým kmitočtem a menším napětím a při vhodných otáčkách se kroužky osoustruží nebo brousí přenosnou bruskou na vhodném suportu. Potom se znovu dělá zkouška se zvětšenými otáčkami a opakuje se kontrola házení kroužků.

Pokud nemáme možnost rotor demontovat a kroužky přesoustružit a přešetřit, můžeme podle stavu povrchu kroužků použít pro odstranění rýh, např. skelný papír, ovinutý kolem dřevěného špalíku. Tímto způsobem lze kroužky nejen čistit, ale odstranit špatné vodivé vrstvy, vznikne třeba abrazivním prostředím stejně jako lehké opaly a jemné rýhy.

Nejúčinnějším prostředkem k čištění kroužků a odstranění rýh je brusný kámen. Lze jím opravit nepříliš hluboké rýhy i nepříliš hluboké opaly. Existuje ve třech zrněních – hrubý, střední a jemný. Čím je kámen hrubší, tím silnější je jeho účinek. Zrnění jemné slouží vlastně jen k docílení hladkého povrchu kroužků po osoustružení, brusný kámen by měl být upnut do pevného zařízení suportu. Obvodová rychlost by měla být při tom 5 – 7 ms⁻¹. Hladký povrch se dá docílit také pemzou.



Výměna kartáčů

Má-li se na stroji provést kompletní výměna kartáčů, je vžité stroje osazovat předem zahlobenými kartáči, které se pak ve stroji nijak nezabrušují. Z praktických zkušeností doporučujeme i v tomto případě při výměně kompletní sady kartáče zabrousit. Místní proudové přetížení dotykové plochy však dosahují vysokých hodnot a mohou zvláště při těžkých rozběhích vést k poškození kroužků.

Někdy jsou v provozu takové podmínky, z nichž je těžké, nebo úplně nemožné kartáče ve stroji zabrousit. Mnoho provozovatelů používá tento postup:

Vyměňují v tomto případě na každém kroužku jen polovinu kartáčů a pak asi po 14 dnech, když se vyměněné kartáče zaběhly, vyměňují ostatní. V tomto případě je nutné kartáče od sebe barevně odlišit, aby se rozeznali kartáče nové od starých.

U turbogenerátorů je nebezpečí nerovnoměrného rozdělení proudu dáno už velkou obvodovou rychlostí. Doporučujeme tedy při výměně kompletních sad kartáčů pečlivě zabrousit. K dobroušení povrchu kartáčů se na

kroužcích provádějí spirálové drážky, část těchto strojů se dnes provozuje s držáky, které umožňují bezpečnou výměnu kartáčů za provozu. U těchto nejsou tedy žádné problémy s výměnou jednotlivých kartáčů a tím i se zabroušením.

Dále doporučujeme kontrolovat minimální průměr kroužků, který bývá vyznačen zápichem, aby nedošlo k jejich mechanické havárii. Polaritu kroužků je nutné po třech až šesti měsících měnit. Minusový kroužek zmenšuje průměr.

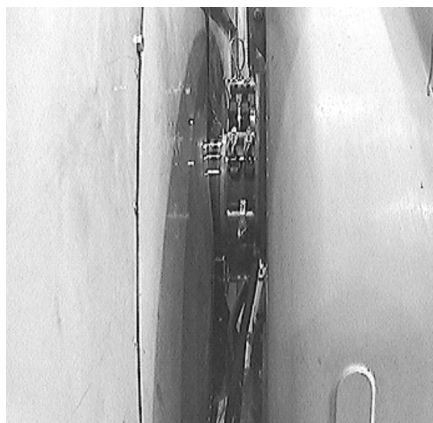
5.2 Zjištěný stav na stroji A při místním ohledání

Při místním ohledání elektromotoru bylo zjištěno následující:

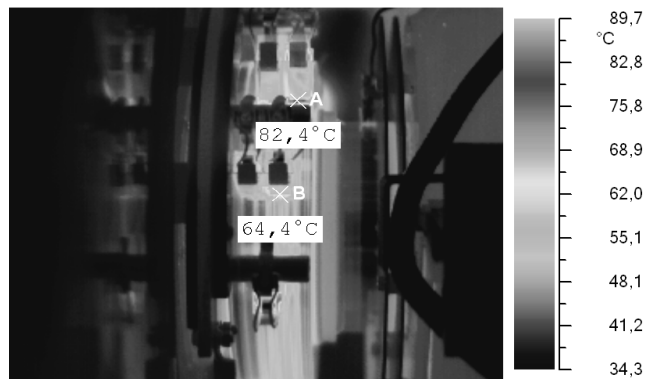
- kartáče jiskří,
- dochází k nadměrnému opotřebování kartáčů. Kartáče byly měněny v sedmidenních intervalech.
- stroj je vybaven nevhodnými držáky kartáčů. Jsou pro menší průměr sběracích kroužků,
- byly používány kartáče s nevhodnou délkou. Držáky uhlíků jsou pro kartáče s délkou 40 mm a byly používány kartáče s délkou 60 mm. Docházelo k přičení se kartáčů a k následnému ulamování,
- sběrací kroužky měly značnou ovalitu,
- sběrací kroužky jsou značně opotřebované.

5.3 Zjištěný stav na stroji B při místním ohledání

Při místním ohledání generátoru B bylo zjištěno, že kartáče se nerovnoměrně oteplují. Na požadavek provozu bylo pravidelně prováděno měření teplot jednotlivých uhlíků bodovým teploměrem a následně bylo provedeno termovizní měření. Výsledek je uveden na obrázcích.



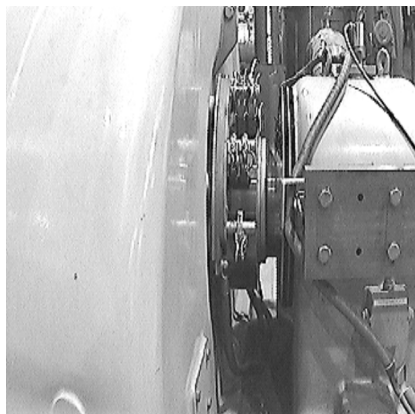
Obr. č. 6a.: B u turbíny jih, teplotní pole kartáčů na sběrných kroužcích



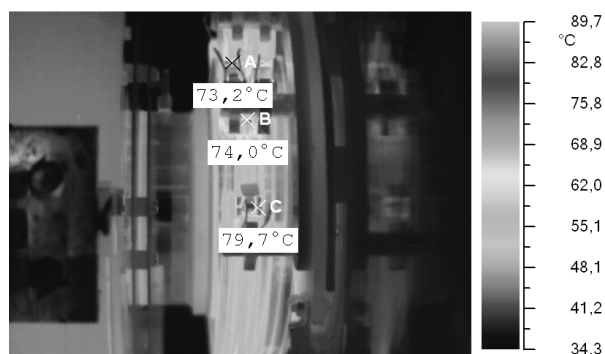
Obr. č. 6b.: B u turbíny jih, teplotní pole kartáčů na sběrných kroužcích

Z naměřených výsledků je patrné, že teplota uhlíků se pohybuje kolem teploty 80 °C. Maximální naměřená teplota na jednom z kartáčů byla 91,5 °C. Tato teplota nepatří k maximalistickým teplotám a je v oblasti teplot přijatelných pro provozování kartáčů.

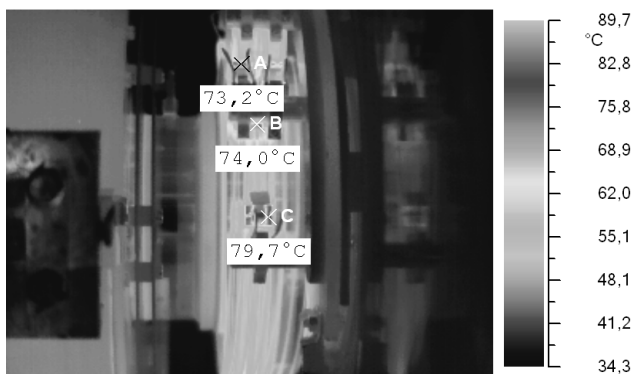
Není utěšující stav na sběrných kroužcích jih kde je značný rozdíl teplot na kartáčích stejného sběrného kroužku. Tato skutečnost svědčí o nestejném rozdělení budícího proudu na jednotlivé kartáče.



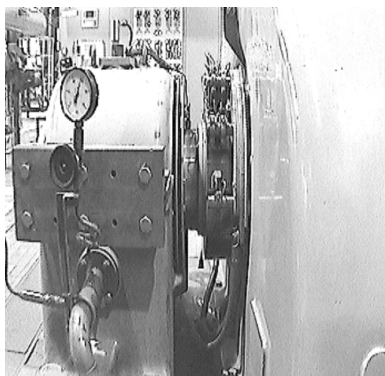
Obr. č. 7a.: TG 10 jih, teplotní pole kartáčů na sběrných kroužcích



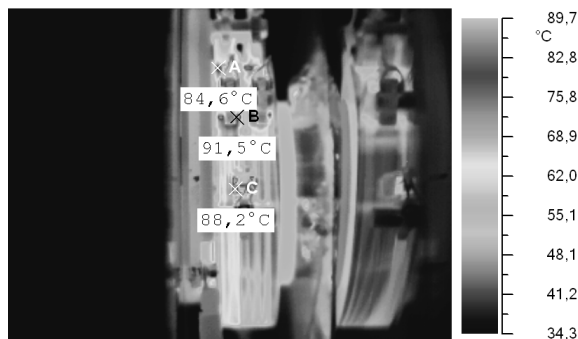
Obr. č. 7b.: TG 10 jih, teplotní pole kartáčů na sběrných kroužcích



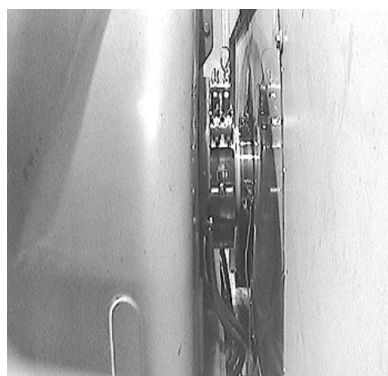
Obr. č. 8a.: TG 10 sever, teplotní pole kartáčů na sběrných krouzcích



Obr. č. 8b.: TG 10 sever, teplotní pole kartáčů na sběrných krouzcích



Obr. č. 9a.: TG 10 sever, teplotní pole kartáčů na sběrných krouzcích



Obr. č. 9b.: TG 10 sever, teplotní pole kartáčů na sběrných krouzcích

Není uspokojivý stav na sběrných krouzcích jich kde je značný rozdíl teplot na kartáčích stejného sběrného kroužku. Tato skutečnost svědčí o nesterodném rozdělení budícího proudu na jednotlivé kartáče.

5.4 Kontrolní přepočítání kvality kartáčů pro stroj A a stoj B

Byl proveden kontrolní přepočítání kvality kartáčů pro generátor A a kompresor B. Výpočet byl proveden na základě štitkových technických parametrů jednotlivých strojů dle běžné konstrukční metodiky pro návrh nových strojů.

5.4.1 Generátor A

Na základě provedených výpočtů stávající kartáče pro stroj A nevyhovují. Neshoda je ve velké obvodové rychlosti na sběracích krouzcích.

Na základě výpočtů doporučujeme kartáče o jakosti CG 319 (TOPOLČANY), $\delta = 8 \text{ A/cm}^2$, $v_o = 80 \text{ m/s}$; doporučený tlak na kartáč 20 – 25 kPa; měrný elektrický odpor 20 $\mu \Omega \text{ m}$, celkový úbytek napětí 3,8 V; koeficient tření 0,25.

5.4.2 Stroj B

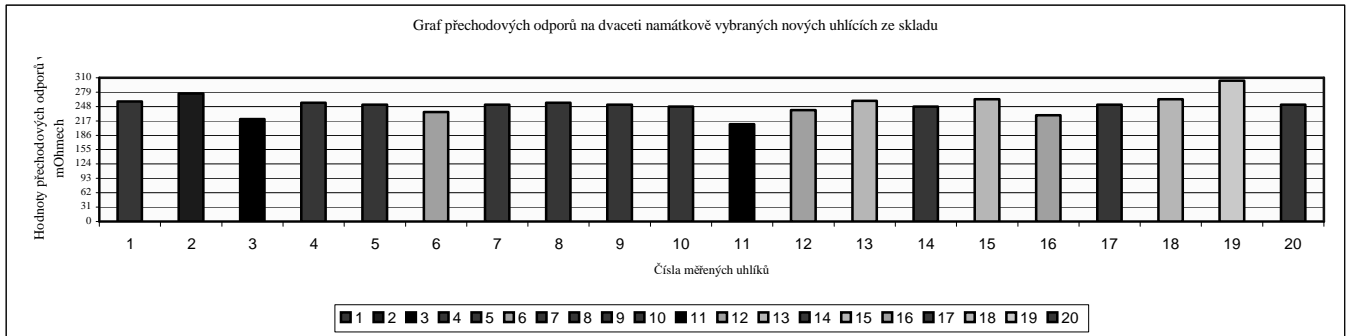
Na základě provedených výpočtů stávající kartáče pro stroj B nevyhovují. Neshoda je v malé proudové hustotě stávajících kartáčů.

Na základě výpočtů doporučujeme kartáče o jakosti MG 407 (TOPOLČANY) $\delta = 24 \text{ A/cm}^2$, $v_o = 47 \text{ m/sec}$, doporučený tlak na kartáč 20 – 25 kPa, měřený elektrický odpor 7 $\mu \Omega \text{ m}$; celkem úbytek napětí 2,6 V; koeficient tření 0,25.

5.5 Kontrola elektrických vlastností uhlíků

Odborníci společnosti HUDECZEK SERVICE, s. r. o. vybrali namátkově od zadavatele jeden balík náhradních nových kartáčů, v počtu 20 ks. Na vytvořené zkušební stolici, která nahrazovala soustavu sběrací kroužek, kartáč a kartáčový držák včetně příslušného tlaku byl připojen zdroj stejnosměrného proudu o jmenovité hodnotě 25 A. Tato hodnota byla dodržena pro každý měřený kartáč. Voltmetrem byl změřen úbytek napětí na kartáči v místě styku kartáč simulovaný kroužek a na připojovacím praporci kartáče. Hodnoty proudu a napětí byly zapisovány do tabulky a byl vypočítán přechodový odpor. Podmínky pro proměření všech dvaceti kartáčů byly stejné včetně okolní teploty. Měření bylo prováděno rychle, aby nedocházelo ke zbytečnému oteplení jednotlivých kartáčů. Naměřené výsledky jsou v níže uvedené tabulce.

Č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\Delta U[V]$	0,68	0,69	0,58	0,64	0,63	0,59	0,63	0,64	0,63	0,62	0,55	0,6	0,65	0,63	0,66	0,58	0,63	0,66	0,76	0,63
$I[A]$	26,5	25	26,25	25	25	25	25	25	25	25	26,25	25	25	25,417	25	25,417	25	25	25	25
$R[m\Omega]$	25,9	27,6	22,1	25,6	25,2	23,6	25,2	25,6	25,2	24,8	21,0	2,4	26	24,8	26,4	22,9	25,2	26,4	30,4	25,2



6. Závěr a návrh na opatření

Na základě výše uvedeného a zjištěných skutečností při místním ohledání doporučujeme zavést a realizovat níže uvedená opatření.

Provést ohledání a kontrolní přepočítání kvality kartáčů pro jednotlivé točivé stroje, které provozovatel stanoví jako stroje s nejvyšší důležitostí. Při zjištění neshod stanovit návrh na opatření.

U všech točivých strojů s nejvyšší důležitostí provést fyzickou revizi sběracích kroužků kartáčových držáků, působení přechodu kartáč sběrné ústrojí atd., odbornou organizací. Zjištěné závady a nedostatky odstranit.

V organizaci určit pracovníka přímo odpovědného za potřebnou kvalitu nakupovaných kartáčů pro jednotlivé stroje.

Na základě provedených výpočtů stávající kartáče pro stroj B nevyhovují. Neshoda je ve velké obvodové rychlosti na sběracích kroužcích. Nutno změnit kvalitu kartáčů.

Na základě provedených výpočtů stávající kartáče pro stroj A nevyhovují. Neshoda je v malé proudové hustotě stávajících kartáčů. Nutno změnit kvalitu kartáčů.

V jednoměsíčních intervalech provádět u strojů s nejvyšší důležitostí termovizní měření teplot kartáčů.

Zpracovat a vydat organizační akt ve formě instrukce pro provádění kontrol povrchu komutátoru, sběracích kroužků a zásad správného ustavení sběracích zařízení budičů a turboalternátorů. Nakoupené nové kartáče proměřit z hlediska vodivosti na zkušební stolici a na jednotlivé budič sběrací systémy vkládat kartáče s přibližně stejnou vodivostí.

Literatura

- [1] Návod pro obsluhu a údržbu synchronních a stejnosměrných strojů jednotlivých výrobců
- [2] Doporučení výrobců kartáčů
- [3] ČSN EN 60276 - 350801 Definice a třídění uhlíkových kartáčů, kartáčových držáků, komutátorů a sběracích kroužků (katalog: 20836)
- [4] ČSN 35 0801 – 350801 Elektrické stroje točivé. Kartáče, kartáčové držáky, komutátory a sběrací kroužky. Názvy a definice (katalog: 23624)
- [5] ČSN 35 0802 – 350802 Elektrické stroje točivé. Kartáčové držáky. Všeobecné technické požadavky a metody zkoušení (katalog: 2869)
- [6] ČSN 35 0804 – 350804 Elektrické stroje točivé. Kartáčové držáky radiální. Montážní a celkové rozměry (katalog: 2871)
- [7] ČSN 35 0805 – 350805 Elektrické stroje točivé. Kartáčové držáky dvojité. Montážní a celkové rozměry (katalog: 2872)
- [8] ČSN 35 0816 – 350816 Točivé elektrické stroje. Lamely pro komutátory elektrických strojů (katalog: 23625)
- [9] ČSN 35 0820 – 350820 Elektrické stroje točivé. Kefy elektrických strojů. Všeobecné technické požadavky (katalog: 23626)
- [10] ČSN 35 0821 – 350821 Elektrické stroje točivé. Kefy elektrických strojů. Rozměry (katalog: 23627)
- [11] ČSN 35 0822 – 350822 Elektrické stroje točivé. Kefy (kartáče) pro elektrické stroje točivé. Skúšobné metody (katalog: 2874)