

Rozdělení budícího proudu turbogenerátorů velkých výkonů na jednotlivé kartáče sběrného ústrojí

Rada P., Valenta J.
BRUSH SEM s.r.o. Plzeň

Anotace

Unequal distribution of excitation current between particular parallel brushes is generally known as well as a sequence of influences which these phenomena implicate. Measurements performed in former times by classical ampere-meters didn't guarantee instantaneous information about all currents in fixed time as well as about variance of currents in-process of generator. Recent diagnostic and monitoring methods, applied on large generators in Temelín, Dukovany and Bohunice, made possible complex evaluation of current distribution on individual bushes in the course of a long time and statistical calculation of mean value of current on particular polarity, standard deviation and variation coefficient. Following consideration demonstrate one of the way how to qualify current distribution between brushes.

ÚVOD

Rozdělení budícího proudu na jednotlivé kartáče fyzikálně představuje rozdělení proudu do několika paralelních cest. Rozdělení se děje nepřímo úměrně velikosti odporu každé paralelní cesty. K rozdělení proudu do paralelních cest přes jednotlivé kartáče dochází na tzv. sběrném zařízení. Konstrukční části sběrného zařízení, které vedou proud, se dělají z vodivých materiálů (Cu, Fe) a rozdělení proudů příliš neovlivňují. Rovněž odpor kartáčů samotných je nízký, a pokud se jedná o kartáče stejného typu od jednoho dodavatele pak lze předpokládat, že rozdíly mezi jednotlivými kartáči budou minimální. Mezi kartáčem a sběracím kroužkem vzniká tzv. kluzný kontakt, jehož elektrické parametry jsou ovlivňovány řadou vnějších příčin, jako je přítlak kartáčů, vlhkost, vibrace, prašnost prostředí atd. Elektrické vlastnosti kluzného kontaktu v provozu významně ovlivňují rozdělení proudů na jednotlivé kartáče.

Rozdělení budícího proudu mezi jednotlivé kartáče se v minulosti odhadovalo spíše intuitivně. Byly pokusy měřit proudy přes jednotlivé kartáče, ale měření v těchto případech bylo prováděno klešťovým ampérmetrem a tudíž neprobíhalo současně na všech kartáčích. Odpor kluzného kontaktu je však veličina časově proměnná (nestabilní) a tudíž nesoučasné měření proudů nedávalo správný obraz o rozdělení proudů mezi kartáči na sběrném zařízení. Uvádí se, že rozdíl mezi proudovým zatížením jednotlivých kartáčů v poměru 2/3 až 1/3 je považován za standardní.

S rozvojem měřicí techniky byly postupně vyvinuty monitorovací systémy, které umožňují průběžné a současné měření proudů, které tečou přes jednotlivé kartáče na sběrném zařízení. Nám známá nasazení těchto systémů jsou:

Elektrárna	Monitorovací systém
Dukovany	RE DI GO
Bohunice	BRUSH SEM
Temelín	MOSAD - IRIS

ANALÝZA NAMĚŘENÝCH HODNOT

Rozdělení budícího proudu na jednotlivé kartáče je možné považovat za náhodnou veličinu a analýza byla provedena statistickými metodami. Jako sledovaný parametr byl zvolen tzv. variační koeficient, který je ve statistice definován jako poměr směrodatné odchylky a střední hodnoty měřeného proudu přes kartáče.

$$v_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100 \%$$

pro rozdělení proudu mezi kartáče v poměru 2/3 je variační koeficient 0,2 tj. 20 %

pro rozdělení proudu mezi kartáče v poměru 1/3 je variační koeficient 0,5 tj. 50 %

Těmito hodnotami jsou určeny meze, ve kterých lze považovat rozdělení proudů mezi kartáče na sběrném zařízení za rovnoměrné. V případě předpokládaného normálního rozdělení se bude v intervalu dvou směrodatných odchylek $(\bar{x} - \sigma, \bar{x} + \sigma)$ nacházet celkem 68,2 % kartáčů osazených na sběrném zařízení.

Elektrárna Jaslovské Bohunice, Slovenská republika

Instalované zařízení:

Generátor 2H 6688/2-VH (TG41)

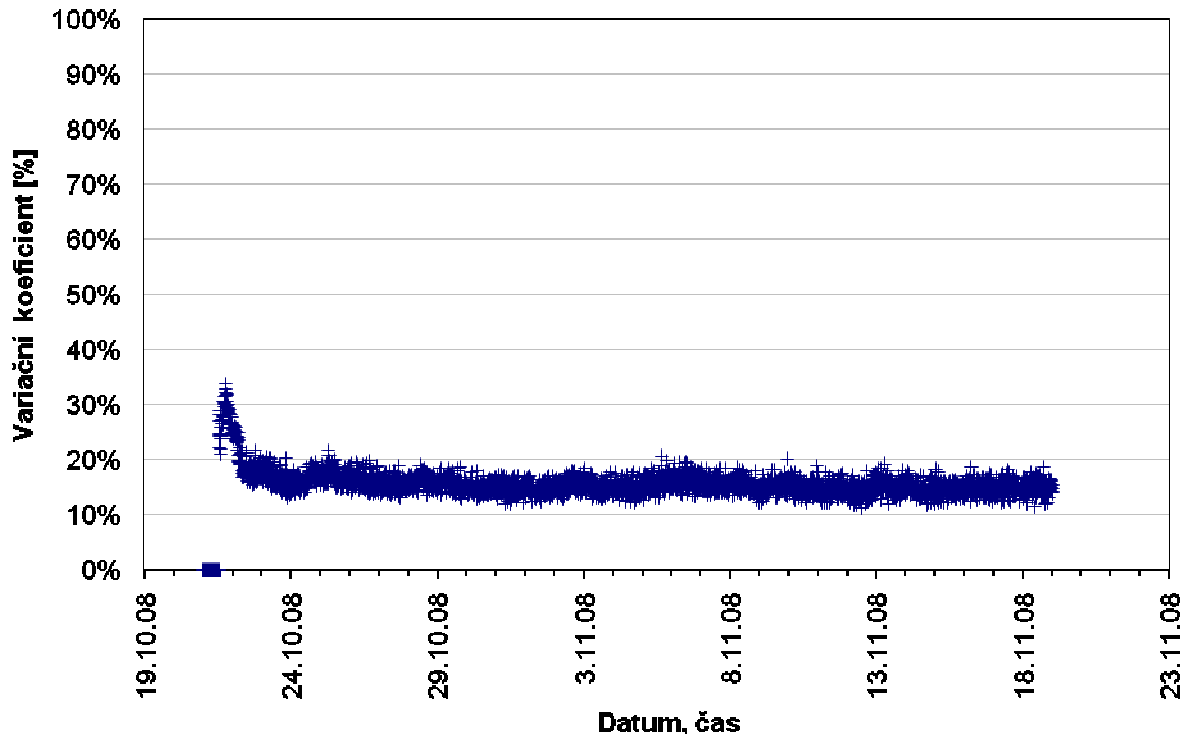
Sběrné zařízení: počet kroužků 2

počet kartáčů 2x24ks, o rozměrech 32 mm x 32 mm,

kvalita E104, SCHUNK

držáky s vinutou pružinou, výměnné za provozu (jednotlivé kartáče)

Monitorovací zařízení: BRUSH SEM, hodnoty proudů byly zaznamenány s četností 1/10 min.



Měření bylo provedeno v rámci zkoušek při uvádění generátoru do provozu po rekonstrukci generátoru. S výjimkou počátečního najetí, rozdělení budícího proudu mezi kartáče lze klasifikovat jako rovnoměrné s variačním koeficientem pod hodnotou 20 %.

Elektrárna Dukovany, Česká republika

Instalované zařízení:

Generátor: 2H 6688/2-VH

Sběrné zařízení: počet kroužků 2
počet kartáčů 2x24ks, o rozměrech 32 x 32 mm
kvalita E104, SCHUNK

držáky se svinovací pružinou, výměnné za provozu (blok 4 kartáčů)

Monitorovací zařízení: RE DI GO, hodnoty proudů byly zaznamenány s četností 1/sek

Rozdělení budícího proudu mezi kartáče lze považovat za rovnoměrné na obou kroužcích, variační koeficient se pohyboval v době měření mezi hodnotou 20 % až 30 %. Pro vyhodnocení byly k dispozici také záznamy ze sběrného zařízení generátoru TG32, která bylo v době měření osazeno kartáči National 634. Z pohledu sledovaného parametru variačního koeficientu rozdělení proudu nebyly patrné žádné podstatné rozdíly.

Elektrárna Temelín, Česká republika

Instalované zařízení:

Generátor: 2H 682732/2-VH

Sběrné zařízení: počet kroužků 4
počet kartáčů 4x32ks, o rozměrech 32 x 32 mm,
kvalita LFC 554, CARBONE LORRAINE
držáky se svinovací pružinou, výměnné za provozu (blok 4 kartáčů)
Monitorovací zařízení: MOSAD-IRIS, hodnoty proudů byly zaznamenány s četností 1/min

Sběrné zařízení generátoru 1000 MW je složitější než u generátorů 200 MW. Budící proud je přiváděn na každé polaritě vždy přes dva kroužky.

Na bloku 1 po najetí po odstávce, při níž byla provedena revize kroužkového hřídele, se variační koeficient pohyboval mezi 30 % až 50 % pro všechny čtyři kroužky. Tento stav z pohledu rovnoměrnosti rozdělení budícího proudu mezi kartáče lze hodnotit jako dobrý.

Současnému uspokojivému provoznímu stavu sběrného ústrojí na bloku 1 předcházela celá řada opatření, která měla za cíl zlepšit kvalitu kluzného kontaktu, zvláště pak snížit lavinovitě narůstající opotřebení kartáčů a stabilizovat provozně přijatelný stav. Jednalo se o zlepšení provozních podmínek, jako jsou vlhkost a teplota a vyzkoušení vhodných typů kartáčů (náhrada původních LFC 501). I když uvedená opatření měla příznivý vliv na provoz sběrného zařízení, jako rozhodující se ukázala až výměna kroužkového nástavce s přebroušenými kroužky. Tímto opatřením byl zlepšen mechanický stav sběrného zařízení a předchozí potíže byly odstraněny.

Vyhodnocení obdobných dat na bloku 2 ukazuje na poněkud horší stav v rovnoměrnosti rozdělení budícího proudu mezi kartáče sběrného zařízení. Variační koeficient se pohybuje mezi 50 % až 80 %. To znamená, že rozptyl mezi jednotlivými proudy přes kartáče je větší než střední hodnota proudu připadajícího na jeden kartáč. Takové rozdělení lze již hodnotit jako nerovnoměrné.

ZÁVĚR

Zdá se, že největší vliv na rovnoměrnost rozdělení proudů mezi jednotlivé kartáče na sběrném zařízení bude asi mít mechanický stav zařízení. Tím je míněna především ovalita, drsnost a házivost kroužků. Pokud sběrné zařízení bylo mechanicky v dobré kondici, variační koeficient se pohyboval mezi 20 % až 50 %. Komplikované sběrné zařízení umístěné na samostatném hřídeli jako je u generátoru 1000 MW je náchylnější k nerovnoměrnému rozdělení proudu mezi jednotlivé kartáče. Sběrná zařízení ve sledovaných elektrárnách byla vybavena diagnostickými systémy různých dodavatelů, ale z hlediska jejich hlavní funkce, tj. monitorování proudu přes jednotlivé kartáče není patrný žádný významný rozdíl a výsledky měření jsou vzájemně dobře porovnatelné. Z analýzy není patrný žádný významný vliv druhu kartáčů na rozdělení proudů.

AUTOŘI

Ing. Petr Rada, CSc; BRUSH SEM s.r.o., Edvarda Beneše 39, 301 00 Plzeň

e-mail: *prada@sem.fki-et.com*

Ing. Jindřich Valenta, CSc; BRUSH SEM s.r.o., Edvarda Beneše 39, 301 00 Plzeň

e-mail: *jvalenta@sem.fki-et.com*