

# **Automatizace zkoušky rázovou vlnou na vinutí elektrických strojů a matematického vyhodnocení naměřených průběhů**

Josef Nezval

Katedra elektroenergetiky, FEI, VŠB – Technická univerzita Ostrava  
17. listopadu 15, 708 33, Ostrava-Poruba  
Josef.Nezval.st@vsb.cz

**Abstrakt:** Tento příspěvek popisuje možnosti automatizace zkoušky rázovou vlnou na vinutí elektrických strojů. Dále se zabývá navrženým matematickým vyhodnocením naměřených komparačních průběhů. Téma dizertační práce, pro kterou byl tento příspěvek zpracován, je Diagnostické metody pro určování stavu elektrických zařízení.

**Klíčová slova:** vinutí elektrických strojů, rázový generátor, rázová vlna.

## **1 Úvod**

Zkouška rázovou vlnou je jedna ze zkoušek na vinutí elektrických strojů. Tato zkouška se provádí při výstupní kontrole výroby elektrických strojů. Jedná se zejména o elektromotory a transformátory. Touto zkouškou se zjišťují poruchy typu mezizávitového a mezifázového zkratu, nestejného počtu závitů vinutí elektrického stroje.

## **2 Princip zkoušky**

Pomocí rázového generátoru jsou velmi krátké napěťové pulsy přivedeny ke dvěma cívkám současně během zkoušky rázem, aby došlo k vytvoření napěťového gradientu přes délku vodiče ve vinutí. Tento gradient vytváří okamžité napěťové namáhání mezi závitů.

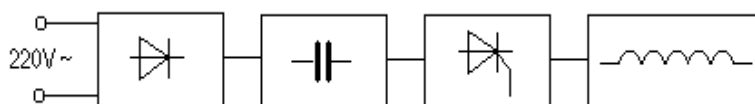
Cívky budou reagovat v časových úsecích mezi jednotlivými pulsy tlumenými kmitů sinusového tvaru. Každá cívka má svůj jednoznačný charakter odezvy, který je možno zobrazit na stínítku připojeného dvoukanalového osciloskopu.

Pokud je jedna z cívek poškozena proti zemi nebo má-li poruchu typu mezizávitového nebo mezifázového zkratu apod., pak je jedna z těchto zobrazovaných křivek odlišná od druhé. Pokud se porucha nezjistí ani do dvojnásobku provozního napětí plus 1000 V, vinutí se považuje za dobré a stroj se vrací do provozu.

Jestliže by nastal případ takový, že by dvě zkoušené cívky měly identickou poruchu, tak touto srovnávací metodou nejsme schopni poruchu odhalit. Pravděpodobnost takového případu je zanedbatelná a proto se s touto možností v praxi nezabýváme.

### 3 Popis použitého rázového generátoru

Blokové schéma generátoru se strmou vlnou je naznačeno na obr.1. Síťové napětí je usměrněno a kondenzátor je nabíjen. Po sepnutí tyristorů se kondenzátory vybíjejí do zkoušeného vinutí s frekvencí sítě.



Obr. 1. Blokové schéma generátoru.

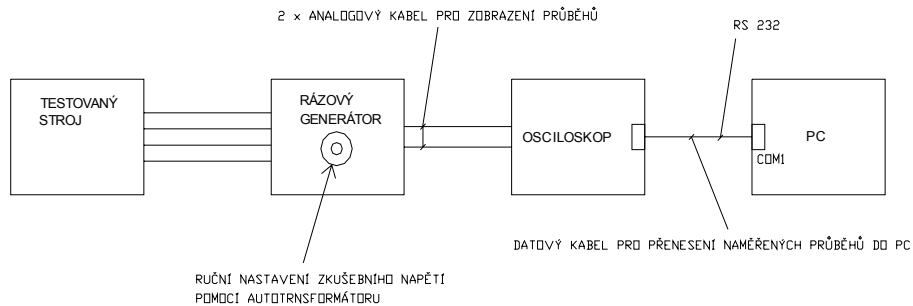
Jelikož špička strmé vlny má hodnotu až desítky kV, nejsou snímány přímo průběhy na zátěžích, ale jsou snímány pomocí kapacitních děličů paralelně připojených k zátěžím.

### 4 Popis stávajícího konceptu zkoušky

Zkušební napětí se nastavuje ručně pomocí autotransformátoru umístěného na čelní straně generátoru. Pro nastavení totožného napětí při opakované zkoušce je hřídel autotransformátoru vybavena úhloměrem pro odečtení počtu dílků.

Tímto autotransformátorem řídíme primární vinutí vn transformátoru v rázovém generátoru a tím nastavujeme velikost zkušebního napětí na výstupu. Velikost napětí hlídáme na stínítku digitálního osciloskopu.

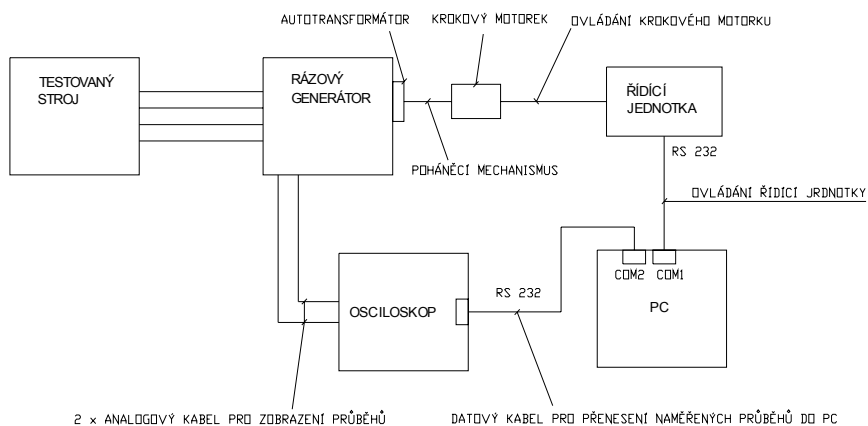
Průběhy napětí jsou sledovány a ukládány pomocí čtyřkanalového digitálního osciloskopu Lecroy, který je paralelně připojen k zátěži přes kapacitní děliče převodem 1000:1. Naměřené průběhy jsou uloženy do paměti osciloskopu. Tyto digitalizované průběhy napětí jsou přeneseny do počítače pomocí rozhraní RS 232, kde jsou dále zpracovávány a vyhodnocovány. Blokové schéma je zobrazeno na obr. č.2.



Obr. 2. Blokové schéma stávajícího postupu při měření.

## 5 Popis navrhovaného konceptu zkoušky

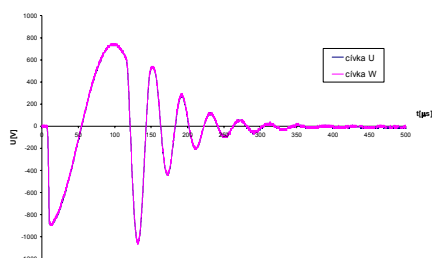
Automatizace zkoušky spočívá v nahrazení ručního nastavení zkušebního napětí autotransfátorem pomocí krokového motorku spojeného přes poháněcí mechanismus s hřídelí autotransfáturu. Tento krokový motorek bude ovládán pomocí řídicí jednotky, která bude spojena přes rozhraní RS232 s počítačem. Protože zde nejsou velké nároky na dynamičnost ovládání a z ekonomických důvodů, postačí systém komunikace přes RS232. Napájení řídicí jednotky bude uskutečněno ze stejnosměrného zdroje 24V ss. Řídicí jednotka bude osazena řídicím kontrolerem s vnitřní pamětí RAM. Kontroler je ovládán jednoduchými ASCII povely po sériové lince. ASCII znaky jsou posílány po sériové lince, která je galvanicky oddělena optočleny. Tato varianta je vhodná pro aplikace on-line, kdy je řídicí jednotka s tímto kontrolerem připojena trvale k nadřazenému systému (PC), který průběžně vysílá povely po sériové lince a je potřebná rychlá komunikace, nikoli zálohování.



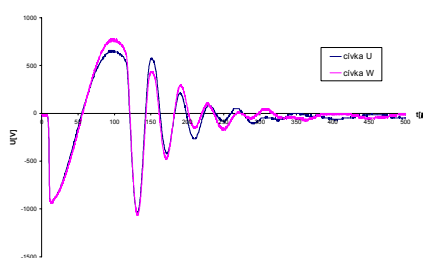
Obr. 3. Blokové schéma navrhovaného postupu při měření.

## 6 Popis zpracování naměřených průběhů na vinutí zkoušeného zařízení

Při jednom měření v průběhu zkoušky se naměří dva průběhy napěťového přechodného děje. Časová délka děje trvá maximálně 500  $\mu\text{s}$ , tato doba závisí na impedanci zkoušeného zařízení a existenci poruchy na měřeném vinutí. Přechodný děj obsahuje kolem 7 period, které jsou postupně utlumovány a amplitudy period se postupně tlumí viz. obrázek č.4. Velikost amplitudy závisí na jmenovitém napětí zkoušeného zařízení a toto zkušební napětí je snímáno s převodem 1000:1 kapacitním děličem. Maximální amplituda napětí může být 15V.



Obr. 4a). Bezporuchový stav.



Obr. 4b). Mezizávěťový zkrat ve vinutí.

### 6.1 Postup při zpracování průběhů:

Naměřené průběhy se v osciloskopu uloží do paměti ve standardním formátu osciloskopu Lecroy. Pomocí sériové linky, která je spojena mezi osciloskopem a počítačem, se přepokopírují tyto průběhy do předem připraveného adresáře. Tato data se musí překodovat pomocí firmního softwaru LECROY do datového formátu \*.txt. Komunikace počítač – osciloskop je zajištěna ovládacím programem, který byl dodán s osciloskopem. Ve vzniklém textovém souboru jsou data amplitudy seřazena do sloupce.

Pro zpracování a matematického vyhodnocení naměřených průběhů jsem navrhl aplikaci v programovém prostředí LabVIEW. Jedná se o matematické vyhodnocení dvou naměřených průběhů. Principem vyhodnocení této zkoušky je porovnání dvou téměř totožných křivek naměřených na dvou vinutích. Pro vyhodnocení průběhu byly zvoleny tato kritéria maximum rozdílu křivek, minimum rozdílu křivek, integrace vztažená na křivku 1 v [%], integrace vztažená na křivku 2 v [%], integrace rozdílu křivek vztažená na křivku 1 v [%], integrace rozdílu křivek vztažená na křivku 2 v [%]. Číselné hodnoty těchto kritérií jsou z aplikace exportovány ve formě \*.txt formátu do totožného souboru jako vstupní textové soubory. Na základě výsledků těchto kritérií se provede vyhodnocení zkoušky. Cílem mého snažení je celý tento postup od ovládání krokového motoru přes vyčtení dat s osciloskopu (měřicí karty) až po vyhodnocení a zpracování uskutečnit v jednom vývojovém prostředí. Cílem

celé disertační práce je zpřesnění vyhodnocení zkoušky rázovou vlnou na základě matematického vyhodnocení a automatizace procesu zkoušky.

## **7 Závěr**

Na základě tohoto návrhu bude realizována přestavba rázového generátoru na automatické nastavování zkušebního napětí pomocí krokového motorku a řídicí jednotky. Výsledkem by měl být prototyp testeru, který by převzala nějaká firma do výroby.

## **Reference**

1. Ing. Josef Nezval, Diagnostika mezizávitových zkratů na vinutí asynchronního motoru pomocí rázového generátoru, *DIAGO Plzeň*, 2002.
2. Ing. Josef Nezval, Diagnostika a vyhodnocení mezizávitových zkratů na vinutí elektrických strojů, *Současnost elektroenergetiky 2003*, 2003.
3. MICROCOM, firemní katalog firmy MICROCOM, 1999
4. Elektro-izolační systémy, *Rázový generátor PSG215A*, Říjen 1997

## **Annotation:**

This contribution describes the surge test of the winding of the motor. Furthermore, the paper deals with possibility when processing the waveforms measured.