

ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA

ICS 29.160.01 **Březen 2014**

**Točivé elektrické stroje -
Část 27-2: Online měření částečných výbojů
na izolaci statorových vinutí točivých elektrických strojů**

ČSN
IEC/TS 60034-27-2
35 0000

Rotating electrical machines –
Part 27-2: On-line partial discharge measurements on the stator winding insulation of rotating electrical machines

Tato norma je českou verzí technické specifikace IEC/TS 60034-27-2:2012. Překlad byl zajištěn Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Má stejný status jako oficiální verze.

This standard is the Czech version of the Technical Specification IEC/TS 60034-27-2:2012. It was translated by the Czech Office for Standards, Metrology and Testing. It has the same status as the official version.

Národní předmluva

Upozornění na používání této normy

Tato norma přejímá technickou specifikaci IEC/TS 60034-27-2:2012 vydanou v souladu se směrnicemi ISO/IEC, část 1.

Převzetí TS do národních norem členů ISO/IEC není povinné a tato TS nemusí být na národní úrovni převzata jako normativní dokument.

Informace o citovaných dokumentech

IEC 60270:2000 zavedena v ČSN EN 60270:2001 (34 5641) Technika zkoušek vysokým napětím – Měření částečných výbojů

IEC/TS 60034-27 zavedena v ČSN CLC/TS 60034-27 (35 0000) Točivé elektrické stroje – Část 27: Offline měření částečných výbojů na izolaci statorových vinutí točivých elektrických strojů

Související ČSN

ČSN EN 60270 (34 5641) Technika zkoušek vysokým napětím – Měření částečných výbojů

ČSN CLC/TS 60034-27 (35 0000) Točivé elektrické stroje – Část 27: Offline měření částečných výbojů

na izolaci statorových vinutí točivých elektrických strojů

Vypracování normy

Zpracovatel: ORGREZ Brno, IČ 46900829, Ing. Pavel Ryška, Ph.D.

Technická normalizační komise: TNK 129 Točivé elektrické stroje

Pracovník Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Viera Borošová

Technická specifikace

Točivé elektrické stroje – IEC/TS 60034-27-2

Část 27-2: Online měření částečných výbojů První vydání

na izolaci statorových vinutí točivých elektrických strojů 2012-03

Obsah

Strana

Předmluva 6

Úvod 8

1 Rozsah platnosti 10

2 Citované dokumenty 10

3 Termíny a definice 10

4 Charakter částečných výbojů (ČV) v točivých strojích 12

4.1 Základní principy ČV 12

4.2 Typy ČV v točivých strojích 12

4.2.1 Obecně 12

4.2.2 Vnitřní výboje 13

4.2.3 Drážkové výboje 13

4.2.4 Výboje v čelech vinutí 13

4.2.5 Vodivé částice 14

4.3 Tvoření oblouku a jiskření 14

4.3.1 Obecně 14

4.3.2 Tvoření oblouku u přerušených vodičů 14

4.3.3	Vibrační jiskření	14
5	Šum a rušení	14
5.1	Obecně	14
5.2	Zdroje šumu a rušení	14
5.3	Separace kmitočtové domény	15
5.4	Separace časové domény	15
5.5	Kombinace separace kmitočtové a časové domény	16
5.6	Řízení spínání	17
5.7	Separace rozpoznávání obrazců	17
6	Techniky měření a měřicí přístroje	18
6.1	Obecně	18
6.2	Šíření impulzů ve vinutích	18
6.3	Charakteristiky přenosu signálu	18
6.4	Snímače ČV	21
6.4.1	Obecně	21
6.4.2	Provedení snímačů ČV	21
6.4.3	Spolehlivost snímačů ČV	21
6.5	Měřicí zařízení ČV	22
6.6	Parametry měření ČV	22
6.6.1	Obecně	22
6.6.2	Úroveň ČV	22
6.6.3	Další parametry ČV	23
7	Instalace online systémů pro měření ČV	23
7.1	Obecně	23
7.2	Instalace snímačů ČV	23
7.3	Vnější přístupový bod a kabeláž	23
7.4	Instalace měřicího zařízení ČV	24

7.5	Instalace systémů pro provozní sběr dat	24
8	Normalizace měření	24
8.1	Obecně	24
8.2	Normalizace pro nízkokmitočtové systémy	25
8.2.1	Obecně	25
8.2.2	Postup normalizace	25
8.3	Kontrola normalizace / citlivosti u systémů s vysokými a velmi vysokými kmitočty	26
8.3.1	Specifikace pro elektronické generování impulzů	26
8.3.2	Konfigurace stroje	27
8.3.3	Kontrola citlivosti	27
9	Měřicí postupy	27
9.1	Obecně	27
9.2	Provozní parametry stroje	28
9.3	Měření základní linie	28
9.3.1	Obecně	28
9.3.2	Doporučený zkušební postup	28
9.4	Periodická online měření ČV	29
9.5	Průběžné online měření ČV	29
10	Vizualizace měření	30
10.1	Obecně	30
10.2	Vizualizace parametrů trendu	30
10.3	Vizualizace obrazců ČV	31
11	Interpretace online měření	33
11.1	Obecně	33
11.2	Hodnocení základních parametrů trendu	33
11.3	Hodnocení obrazců ČV	34
11.3.1	Obecně	34
11.3.2	Interpretace obrazců ČV	34

11.4 Vliv provozních faktorů stroje 34

11.4.1 Obecně 34

11.4.2 Provozní faktory stroje 34

11.4.3 Podmínky při stálém zatížení 35

11.4.4 Podmínky při přechodném zatížení 35

12 Zkušební protokol 36

Strana

Příloha A (informativní) Příklady fázově rozlišených obrazců částečných výbojů (PRPD) 39

Bibliografie 50

Obrázky

Obrázek 1 – Separace rušení v časové doméně pomocí času příchodu impulzu 16

Obrázek 2 – Kombinovaná separace rušení v časové a kmitočtové doméně (mapa TF) 17

Obrázek 3 – Idealizovaná kmitočtová odezva impulzu ČV u zdroje ČV a na svorkách stroje; kmitočtová odezva různých měřicích systémů ČV: a) rozsah nízkých kmitočtů, b) rozsah vysokých kmitočtů, c) rozsah velmi vysokých kmitočtů 20

Obrázek 4 – Předmět měření během normalizace 25

Obrázek 5 – Uspořádání pro kontrolu citlivosti 26

Obrázek 6 – Doporučený zkušební postup s následným zatížením a teplotními podmínkami 29

Obrázek 7 – Příklad vizualizace parametrů trendu 30

Obrázek 8 – Příklad obrazce částečných výbojů $f-q-n$ s barevným kódem pro počet impulzů $H(n)/s$ 31

Obrázek 9 – Příklad trojfázového, fázově posunutého grafu $f-q-n$ 32

Obrázek A.1 – Stylizované příklady fázově rozlišených obrazců ČV 39

Obrázek A.2 – Příklad obrazce PRPD pro vnitřní výboje v dutinkách, zaznamenaného během simulace v laboratoři 40

Obrázek A.3 – Příklad obrazce PRPD pro vnitřní delaminaci, zaznamenaného během simulace v laboratoři 41

Obrázek A.4 – Příklad obrazce PRPD při delaminaci mezi vodičem a izolací, zaznamenaného během simulace v laboratoři 42

Obrázek A.5 – Aktivita drážkových částečných výbojů a odpovídající obrazec PRPD zaznamenaný během simulace v laboratoři 42

Obrázek A.6 – Koronová aktivita na rozhraní drážka/vodič – ochrana proti koruně na výstupu z drážky a odpovídající obrazec PRPD zaznamenaný během simulace v laboratoři 43

Obrázek A.7 – Aktivita vytváření vodivých cest na povrchu podél koncové části a odpovídající obrazec PRPD zaznamenaný během simulace v laboratoři 43

Obrázek A.8 – Výbojová aktivity v mezeře a odpovídající obrazce PRPD zaznamenané během simulace v laboratoři 44

Obrázek A.9 – Příklad obrazce PRPD pro aktivitu vnitřních výbojů v dutinkách, zaznamenaného online 45

Obrázek A.10 – Příklad obrazce PRPD pro vnitřní delaminaci, zaznamenaného online 45

Obrázek A.11 – Příklad obrazce PRPD pro delaminaci mezi vodičem a izolací, zaznamenaného online 46

Obrázek A.12 – Degradace způsobená aktivitou drážkových částečných výbojů a odpovídající obrazec PRPD zaznamenaný online 47

Obrázek A.13 – Degradace způsobená koronovou aktivitou na rozhraní drážka/vodič – ochrana proti koruně na výstupu z drážky a odpovídající obrazec PRPD zaznamenaný online 47

Obrázek A.14 – Aktivita vytváření vodivých cest na povrchu podél koncové části a odpovídající obrazec PRPD zaznamenaný online 48

Obrázek A.15 – Degradace způsobená výboji v mezeře a odpovídající obrazce PRPD zaznamenané online 48

Obrázek A.16 – Obrazec PRPD, zaznamenaný online, znázorňující četné zdroje ČV 49

Předmluva

1. IEC (Mezinárodní elektrotechnická komise) je celosvětová normalizační organizace zahrnující všechny národní elektrotechnické komitety (národní komitety IEC). Cílem IEC je podporovat mezinárodní spolupráci ve všech otázkách, které se týkají normalizace v oblasti elektrotechniky a elektroniky. Za tím účelem, kromě jiných činností, IEC vydává mezinárodní normy, technické specifikace, technické zprávy, veřejně dostupné specifikace (PAS) a pokyny (dále „publikace IEC“).
Jejich vypracování je svěřeno technickým komisím, každý národní komitét IEC, který se zajímá o projednávaný předmět, se může těchto prací zúčastnit. Mezinárodní vládní i nevládní organizace, s nimiž IEC navázala pracovní styk, se těchto prací rovněž zúčastňují. IEC úzce spolupracuje s Mezinárodní organizací pro normalizaci (ISO) v souladu s podmínkami dohodnutými mezi těmito dvěma organizacemi.
2. Oficiální rozhodnutí nebo dohody IEC týkající se technických otázek vyjadřují v největší možné míře mezinárodní shodu v názoru na předmět, kterého se týkají, protože v každé technické komisi jsou zastoupeny všechny zainteresované národní komitety.
3. Publikace IEC mají formu doporučení pro mezinárodní používání a v tomto smyslu jsou přijímány národními komitety IEC. Přestože je věnováno velké úsilí tomu, aby byl obsah publikací IEC přesný, IEC nemůže nést odpovědnost za způsob, jakým jsou používány, nebo za jakoukoliv chybnou interpretaci uživatelem.
4. Na podporu mezinárodního sjednocení národní komitety IEC transparentně přejímají publikace IEC v maximální možné míře do svých národních a regionálních publikací. Každý rozdíl mezi publikací IEC a odpovídající národní nebo regionální publikací v nich musí být jasně vyznačen.
5. IEC se nezabývá ověřováním shody. Služby posuzování shody a v některých oblastech přístup ke značkám shody poskytují nezávislé certifikační orgány. IEC nenese odpovědnost za žádné služby prováděné nezávislými certifikačními orgány.
6. Všichni uživatelé se mají ujistit, že mají poslední vydání této publikace.

7. IEC ani její řídicí pracovníci, zaměstnanci, pomocné síly nebo zástupci, včetně samostatných expertů a členů technických komisí a národních komisí IEC, neodpovídají za jakékoliv zranění osob, poškození majetku nebo poškození čehokoliv, ať už přímé, nebo nepřímé, ani za náklady (včetně právních poplatků) a výdaje spojené s publikováním, používáním a spoléháním se na tuto publikaci IEC nebo na jiné publikace IEC.
8. Je věnována pozornost normativním odkazům citovaným v této publikaci. Používání citovaných publikací je nezbytné ke správnému používání této publikace.
9. Upozorňuje se na možnost, že některé prvky této publikace IEC mohou být předmětem patentových práv. IEC nelze činit odpovědnou za identifikaci jakéhokoliv nebo všech patentových práv.

Hlavním úkolem technických komisí IEC je vypracovat mezinárodní normy. Ve zvláštních případech mohou technické komise navrhnout vydání technické specifikace, jestliže

- nelze získat potřebnou podporu ke schválení jako mezinárodní normy;
- předmětná záležitost je stále ve stadiu technického vývoje; nebo kde existuje jiný důvod znemožňující její okamžité schválení jako mezinárodní normy

Technické specifikace podléhají do tří let od vydání revizi, aby se rozhodlo, zda mohou být převedeny na mezinárodní normy.

IEC/TS 60034-27-2, která je technickou specifikací, vypracovala technická komise IEC/TC 2 *Točivé stroje*.

Text této normy se zakládá na těchto dokumentech:

Návrh k vyjádření 2/1636/DTS	Zpráva o hlasování 2/1649/RVC
---------------------------------	----------------------------------

Úplnou informaci o hlasování při schvalování této technické specifikace lze najít ve zprávě o hlasování ve výše uvedené tabulce.

Tato publikace byla vypracována v souladu se směrnicemi ISO/IEC, část 2.

POZNÁMKA Tabulku odkazů na všechny publikace IEC TC 2 je možné najít v řídicím panelu IEC/TC 2 na webových stránkách IEC.

Komise rozhodla, že obsah této publikace se nebude měnit až do výsledného data aktualizace uvedeného na webových stránkách IEC (<http://webstore.iec.ch>) v údajích o této publikaci. K tomuto datu bude publikace buď

- přeměněna na mezinárodní normu;
- znovu potvrzena;
- zrušena;
- nahrazena revidovaným vydáním, nebo
- změněna.

Dvojjazyčná verze této publikace může být vydána později.

DŮLEŽITÉ – Tato publikace obsahuje barevné obrázky, které jsou považovány za užitečné pro správné pochopení jejího obsahu. Proto je zapotřebí, aby si uživatelé vytiskli tento dokument na barevné tiskárně.

Úvod

Měření částečných výbojů (ČV) se mnoho let používá jako citlivý prostředek pro hodnocení kvality nové izolace a také u použité elektrické izolace vinutí jako prostředek pro detekování lokalizovaných zdrojů ČV, které vznikají v důsledku namáhání v provozu. Ve srovnání s jinými diagnostickými zkouškami (tj. s měřením ztrátového činitele nebo izolačního odporu) umožňuje rozlišovací charakter měření ČV určit lokalizovaná slabá místa izolačního systému. Zejména online měření ČV nejsou citlivá pouze na částečné výboje, ale také na různé jevy ve smyslu tvoření oblouku a jiskření.

S ohledem na posouzení stavu točivých strojů poskytuje měření částečných výbojů informace o:

- slabých místech v izolačních systémech;
- degradačních procesech;
- opatřeních údržby a intervalech mezi revizemi.

I když se zkouškám ČV točivých strojů dostalo obecného přijetí, z několika studií vyplynulo, že existuje nejen mnoho různých metod měření, ale že se také kritéria a metody pro analýzu a konečné vyhodnocení naměřených dat často liší a nedají se ve skutečnosti porovnat. V důsledku toho je nutné poskytnout určitý návod těm uživatelům, kteří uvažují o použití měření ČV k hodnocení stavu svých izolačních systémů.

Zkoušky ČV statorových vinutí lze rozdělit do dvou širokých skupin:

- a. offline měření, při kterých je statorové vinutí izolováno od napájecí soustavy a pro buzení vinutí se používá samostatný napájecí zdroj;
- b. online měření, při kterých se točivý stroj normálně provozuje a je připojen k napájecí soustavě.

Oba tyto přístupy mají vůči sobě své výhody a nevýhody. Podrobné pojednání o offline zkouškách ČV je poskytnuto v IEC/TS 60034-27. Koncepte zabývat se online a offline měřicími technikami ve dvou různých technických specifikacích je považována za nezbytnou k tomu, aby každá předložená specifikace byla dostatečně výstižná pro laiky v oboru měření ČV.

Online měření ČV se zaznamenávají u točivých elektrických strojů, které podstupují všechna provozní namáhání: tepelné, elektrické, environmentální a mechanické. Online zkoušky ČV mají tyto výhody:

- rozložení napětí na vinutí je stejné jako při provozu;
- měření se provádějí při provozní teplotě;
- působí běžné mechanické síly.

Vzhledem k dopadu skutečného namáhání na vinutí během měření a ke skutečnosti, že se měření provádí při běžném provozu, se online zkoušky ČV staly velmi populárními. Jelikož není požadováno žádné přerušení provozu, jakmile se během plánované odstávky stroje instalují snímače ČV a když není potřeba žádného externího zdroje energie, jsou obvykle online zkoušky ČV ve srovnání s offline měřením ČV cenově výhodné. Změny stavu izolačního systému statorového vinutí lze v raném stádiu identifikovat a hodnotit na základě posuzování stavu v reálném čase, a tak lze vylepšit strategie prediktivní údržby a údržby založené na stavu.

V praxi lze ověřené empirické mezní hodnoty použít jako základ pro hodnocení výsledků zkoušek. Kromě toho se pro spolehlivé posouzení stavu izolace statorového vinutí doporučuje hodnocení trendu ČV a porovnání se stroji obdobného provedení a s obdobným izolačním systémem, které jsou měřeny při podobných podmínkách stejným měřicím zařízením.

Tato technická specifikace se nezabývá online měřeními ČV na elektrických strojích poháněných z měničů, protože pro rozlišení mezi šumem z měniče a ČV z vinutí jsou potřebné různé měřicí techniky. Pro tento účel se může použít IEC/TS 61934.

Omezení

Online zkoušky na statorových vinutích představují spíše srovnávací než absolutní měření. To vytváří základní omezení pro interpretaci dat ČV a vede to k tomu, že nemohou být stanoveny jednoduché meze pro dovolené ČV, pokud se nepřijmou četná opatření. Ze stejných důvodů nemohou být stanovena přijímací kritéria pro nová a převinutá statorová vinutí, pokud se nepřijmou četná opatření. Mezi důvody obtížnosti při nastavení absolutních mezí patří:

- Existuje mnoho typů snímačů ČV, jakož i přístrojů pro záznam a analýzu. Obecně jsou nekompatibilní a vedou k různým výsledkům pro tu samou aktivitu ČV.
- Dokonce i při použití stejného měřicího systému se budou částečné výboje vzájemně ovlivňovat s kapacitou vinutí, indukčností a/nebo vlnovou impedancí a budou tak generovat napěťové a proudové impulzy. Takto mohou měření ČV ze strojů s různými jmenovitými hodnotami a/nebo zapojením vinutí přinášet různé výsledky ČV, i když skutečný rozsah poškození může být stejný.
- Rozdílné typy defektů mohou vytvářet rozdílné úrovně ČV, dokonce i při stejném rozsahu poškození.
- ČV se mohou vyskytovat poblíž nebo daleko od snímače ČV. Obecně platí, že pokud jsou ČV fyzicky daleko od snímače ČV, budou vytvářet menší odezvu na snímači ČV v důsledku útlumu.

Uživatelé si musí být vědomi, že neexistuje žádný důkaz o tom, že dobu do poruchy izolace statorového vinutí lze odhadnout pomocí jakékoliv veličiny ČV, dokonce i v kombinaci s dalšími elektrickými zkouškami. Stanovení prvotní příčiny procesu znehodnocování izolace pomocí rozpoznávání obrazců, zejména pokud se vyskytuje více než jeden proces, je stále poněkud subjektivní, třebaže se technologie rozvíjí rychle.

Šum a rušení mohou mít velký dopad na detekované signály, zejména u online měření ČV. Křížová vazba ČV a šum na jedné fázi může zamaskovat ČV na druhé fázi. U některých měřicích systémů to může ztížit objektivní interpretaci výsledků zkoušky.

Ti, kdo využívají měření ČV, si mají uvědomit, že v důsledku principů metody nelze ve statorových vinutích detekovat měření ČV všechny problémy spojené s izolací, např. poruchy izolace týkající se trvalých svodových proudů v důsledku vodivých drah mezi různými částmi izolace nebo výboje bez přítomnosti impulzů.

1 Rozsah platnosti

Tato část IEC 60034, která je technickou specifikací, poskytuje společný základ pro

- měřicí techniky a přístroje;
- uspořádání instalace;
- normalizaci a posuzování citlivosti;
- měřicí postupy;
- snížení šumu;
- dokumentaci výsledků;
- interpretaci výsledků;

s ohledem na měření částečných výbojů na izolaci statorového vinutí točivých elektrických strojů se jmenovitým napětím 3 kV a vyšším, které nejsou poháněny z měniče. Tato technická specifikace zahrnuje měřicí systémy částečných výbojů (ČV) a metody pro detekování signálů částečných výbojů (ČV) elektrické povahy. Stejná měřicí zařízení a stejné postupy lze také použít pro detekci elektrického jiskření a pro detekci jevu tvoření oblouku.

POZNÁMKA Hlavní rozdíly mezi online měřeními a offline měřeními tkví v rozdílném rozložení napětí podél vinutí a v různých tepelných a mechanických účincích spojených s provozem, jakými jsou vibrace, tvoření oblouku mezi kontakty, nebo teplotní gradienty mezi mědí statoru a železným jádrem

statoru. Kromě toho se zejména u strojů chlazených vodíkem liší plyn a tlak plynu pro offline a online měření ČV.

Konec náhledu - text dále pokračuje v placené verzi ČSN.