

**2023**

Vibrace - Torzní vibrace točivých strojních zařízení -  
Část 1: Hodnocení soustrojí parní a plynové turbíny s generátorem  
v důsledku elektrického buzení

ČSN  
ISO 22266-1

01 1410

Mechanical vibration - Torsional vibration of rotating machinery -  
Part 1: Evaluation of steam and gas turbine generator sets due to electrical excitation

Vibrations mécaniques - Vibration de torsion des machines tournantes -  
Partie 1: Évaluation des groupes électrogènes a turbine a vapeur et a gaz due a žexcitation  
électrique

Tato norma je českou verzí mezinárodní normy ISO 22266-1:2022. Překlad byl zajištěn Českou agenturou pro standardizaci. Má stejný status jako oficiální verze.

This standard is the Czech version of the International Standard ISO 22266-1:2022. It was translated by the Czech Standardization Agency. It has the same status as the official version.

Národní předmluva

Informace o citovaných dokumentech

ISO 2041 zavedena v ČSN ISO 2041 (01 1400) Vibrace, rázy a monitorování stavu - Slovník

ISO 11086 nezavedena

IEC 60050-602 zavedena v ČSN 33 0050-602 (33 0050) Mezinárodní elektrotechnický slovník.  
Kapitola 602: Výroba, přenos a rozvod elektrické energie. Výroba.

Související ČSN

ČSN ISO 20816-2 (01 1412) Vibrace - Měření a hodnocení vibrací strojů - Část 2: Plynové turbíny, parní turbíny a generátory nad 40 MW s kluznými ložisky, na pozemních základech a jmenovitými otáčkami 1 500 r/min, 1 800 r/min, 3 000 r/min a 3 600 r/min

ČSN EN IEC 60034-3 ed. 3 (35 0000) Točivé elektrické stroje - Část 3: Specifické požadavky na synchronní generátory poháněné parními turbínami nebo spalovacími plynovými turbínami a na synchronní kompenzátory

## Vysvětlivky k textu této normy

V případě nedatovaných odkazů na evropské/mezinárodní normy jsou ČSN uvedené v článku „Souvisící ČSN“ nejnovějšími vydáními, platnými v době schválení této normy. Při používání této normy je třeba vždy použít taková vydání ČSN, která přejímají nejnovější vydání nedatovaných evropských/mezinárodních norem (včetně všech změn).

## Vysvětlivky k textu převzaté normy

V textu a na obrázcích této normy jsou podle ISO 22266-1:2022 použity pro nízkotlaké, středotlaké a vysokotlaké turbíny anglické zkratky „LP“, „IP“ a „HP“. V technické praxi v ČR se v těchto případech běžně používají zkratky „NT“, „ST“ a „VT“ podle ČSN 08 0000:1971 Názvosloví parních turbín.

## Vypracování normy

Zpracovatel: JANDÁK Praha, IČO 12494372, Dr. Ing. Jan Biloš

Technická normalizační komise: TNK 11 Vibrace a rázy

Pracovník České agentury pro standardizaci: Ing. Lubomír Drápal, CSc.

Česká agentura pro standardizaci je státní příspěvková organizace zřízená Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví na základě ustanovení § 5 odst. 2 zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

ICS 29.160.40; 17.160

Obsah

Strana

Předmluva.....	5
Úvod.....	6
<b>1.....</b> Předmět normy.....	7
<b>2.....</b> Citované dokumenty.....	7
<b>3.....</b> Termíny a definice.....	7
<b>4.....</b> Zkratky a značky.....	9
<b>4.1.....</b> Zkratky.....	9
<b>4.2.....</b> Značky.....	9
<b>5.....</b> Modelování hřídelové soustavy a nejistoty.....	10
<b>5.1.....</b> Obecně.....	10
<b>5.2.....</b> Modelování hřídelové soustavy a elektrického systému.....	10

<b>5.2.1...</b>	
Obecně.....	10
<b>5.2.2... Modelování pružných lopatek.....</b>	11
<b>5.2.3... Modelování vinutí rotoru generátoru.....</b>	11
<b>5.2.4... Modelování sítě/buzení.....</b>	11
<b>5.2.5... Modelování tlumení.....</b>	12
<b>5.2.6... Modelování převodovky.....</b>	12
<b>5.2.7... Modelování pružné spojky.....</b>	12
<b>5.3..... Nejistoty prvků návrhu.....</b>	12
<b>5.4..... Určení nejistot výpočtů.....</b>	13
<b>6..... Hodnocení hřídelové soustavy.....</b>	14
<b>6.1..... Obecně.....</b>	14
<b>6.2..... Hodnocení vlastních frekvencí.....</b>	15
<b>6.2.1... Obecně.....</b>	15
<b>6.2.2... Odstupy torzních frekvencí.....</b>	

.....	17
<b>6.2.3... Kritéria pro vlastní frekvence</b> .....	
.....	17
<b>6.3..... Hodnocení napětí</b> .....	
.....	20
<b>6.3.1... Obecně</b> .....	
.....	20
<b>6.3.2... Odborné kritérium</b> .....	
.....	20
<b>6.3.3... Kritérium napětí/únava</b> .....	
.....	20
<b>7..... Výpočet torzních vibrací hřidelové soustavy</b> .....	21
<b>7.1..... Obecně</b> .....	
.....	21
<b>7.2..... Výpočtová data</b> .....	
.....	21
<b>7.3..... Výsledky výpočtů</b> .....	
.....	21
<b>7.4..... Výpočtová zpráva</b> .....	
.....	21
<b>8..... Měření torzních vibrací hřidelové soustavy</b> .....	21
<b>8.1..... Obecně</b> .....	
.....	21
<b>8.2..... Metoda měření</b> .....	
.....	22

<b>8.3.....</b> Zpráva o měření.....	22
<b>9.....</b> Obecné požadavky.....	22
<b>9.1.....</b> Odpovědnost dodavatele a zákazníka.....	22
<b>9.2.....</b> Kritéria přejímky.....	23
<b>Příloha A</b> (informativní) Metody měření torzních vibrací.....	24
<b>Příloha B</b> (informativní) Příklady frekvenčních odstupů od síťové a dvojnásobné síťové frekvence pro módy hřídelové soustavy.....	33
<b>Příloha C</b> (informativní) Obvyklé elektrické poruchy.....	35
Bibliografie.....	38



## **DOKUMENT CHRÁNĚNÝ COPYRIGHTEM**

© ISO 2022

Veškerá práva vyhrazena. Žádná část této publikace nesmí být, není-li specifikováno jinak nebo nepožaduje-li se to v souvislosti s její implementací, reprodukována nebo používána v jakékoliv formě nebo jakýmkoliv způsobem, elektronickým ani mechanickým, včetně pořizování fotokopíí nebo zveřejňování na internetu nebo intranetu, bez předchozího písemného souhlasu. O souhlas lze požádat buď ISO na níže uvedené adrese, nebo členskou organizaci ISO v zemi žadatele.

ISO copyright office

CP 401 · Ch. de Blandonnet 8

CH-1214 Vernier, Geneva

Tel.: + 41 22 749 01 11

E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)

Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publikováno ve Švýcarsku

# Předmluva

ISO (Mezinárodní organizace pro normalizaci) je celosvětová federace národních normalizačních orgánů (členů ISO). Mezinárodní normy obvykle vypracovávají technické komise ISO. Každý člen ISO, který se zajímá o předmět, pro který byla vytvořena technická komise, má právo být v této technické komisi zastoupen. Práce se zúčastňují také vládní i nevládní mezinárodní organizace, s nimiž ISO navázala pracovní styk. ISO úzce spolupracuje s Mezinárodní elektrotechnickou komisí (IEC) ve všech záležitostech normalizace v elektrotechnice.

Postupy použité při tvorbě tohoto dokumentu a postupy určené pro jeho další udržování jsou popsány ve směrnících ISO/IEC, část 1. Zejména se má věnovat pozornost rozdílným schvalovacím kritériím potřebným pro různé druhy dokumentů ISO. Tento dokument byl vypracován v souladu s redakčními pravidly uvedenými ve směrnících ISO/IEC, část 2 (viz [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

Upozorňuje se na možnost, že některé prvky tohoto dokumentu mohou být předmětem patentových práv. ISO nelze činit odpovědnou za identifikaci jakéhokoliv nebo všech patentových práv. Podrobnosti o jakýchkoliv patentových právech identifikovaných během přípravy tohoto dokumentu budou uvedeny v úvodu a/nebo v seznamu patentových prohlášení obdržných ISO (viz [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents)).

Jakýkoliv obchodní název použitý v tomto dokumentu se uvádí jako informace pro usnadnění práce uživatelů a neznamená schválení.

Vysvětlení nezávazného charakteru technických norem, významu specifických termínů a výrazů ISO, které se vztahují k posuzování shody, jakož i informace o tom, jak ISO dodržuje principy Světové obchodní organizace (WTO) týkající se technických překážek obchodu (TBT), viz [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Tento dokument byl vypracován technickou komisí ISO/TC 108 *Vibrace, rázy a monitorování stavu*, subkomisí SC 2 *Měření a hodnocení vibrací a rázů působících na stroje, vozidla a konstrukce*.

Toto druhé vydání zrušuje a nahrazuje první vydání (ISO 22266-1:2009), které bylo technicky revidováno.

Hlavní změny jsou:

- ? termíny a definice byly revidovány tak, aby odpovídaly definicím uvedeným v jiných normách;
- ? koncept hodnocení byl propracován a doložen důkazy, protichůdná ustanovení byla odstraněna;
- ? byly přidány pokyny pro nejistoty modelování;
- ? příloha byla upravena tak, aby poskytovala pokyny pro měřicí zařízení na monitorování torzních vibrací;
- ? formulace byly v některých případech revidovány tak, aby byl obsah jednoznačný.

Seznam všech částí ISO 22266 lze nalézt na webových stránkách ISO.

Jakékoliv podněty nebo dotazy k tomuto dokumentu je třeba předkládat národnímu normalizačnímu orgánu uživatele. Kompletní seznam těchto orgánů lze nalézt na [www.iso.org/members.html](http://www.iso.org/members.html).





# Úvod

V průběhu sedmdesátých let minulého století se v elektrárnách vyskytla řada mimořádných událostí, o kterých se soudilo, že jsou způsobeny nebo souvisí s torzními vibracemi rotorů. V těchto případech byly poškozeny rotory generátorů a některé z dlouhých pružných turbinových lopatek na nízkotlakých LP rotorech. Obecně byly tyto případy důsledkem vibračních módů vázaného systému hřídele a lopatek, které byly v rezonanci s budicími frekvencemi z elektrické sítě. Byly provedeny podrobné výzkumy a bylo zjevné, že matematické modely, použité v té době pro výpočet vlastních torzních frekvencí, nebyly adekvátní. Zejména nebraly s dostatečnou přesností v úvahu vazbu mezi dlouhými pružnými turbinovými lopatkami a hřídelovým systémem. Proto byly provedeny výzkumné práce pro přesnější analýzu vlivů vazby mezi lopatkami, diskem a hřídelem a byly vyvinuty větvené modely pro přesné uvážení těchto vlivů ve výpočtech vlastních torzních frekvencí hřídelové soustavy (shaft train).

V osmdesátých letech byly vyvinuty tovární torzní zkoušky pro ověření vypočtených vlastních torzních frekvencí LP rotorů. Tyto tovární zkoušky byly velmi užitečné při zjišťování nezbytných korekčních činností před uvedením výrobku do provozu. Avšak není vždy možné zkoušet všechny prvky, ze kterých se skládá sestavený rotor. Takže pokud není provedeno zkoušení hřídelové soustavy na místě, mohou ještě stále existovat určité rozdíly mezi celkovým modelem systému a instalovaným strojem.

Nevyhnutelně existuje určitá nejistota týkající se přesnosti vypočtených a měřených vlastních torzních frekvencí. Proto je nezbytné navrhnout hřídelovou soustavu s vlastními torzními frekvencemi, které mají dostatečný odstup od síťových frekvencí systému, pro kompenzování takových nepřesností, pokud nejsou módy necitlivé vůči budícím krouticím momentům. Přijatelné odstupy se budou měnit v závislosti na rozsahu, ve kterém byla provedena experimentální validace vypočtených vlastních torzních frekvencí. U těchto odstupů se také má vzít v úvahu citlivost vlastních torzních frekvencí a vybuditelnost módů na nejistoty modelování. Hlavním cílem tohoto dokumentu je poskytnout pokyny pro výběr frekvenčních odstupů v průběhu návrhu, a u plně vázané hřídelové soustavy na místě.

Obecně může být přítomnost vlastní torzní frekvence problémem jen tehdy, pokud souhlasí s budicí frekvencí, a má modální rozložení takové, které umožňuje předávání energie odpovídajícímu vibračnímu módu (rezonance). Pokud jedna z těchto podmínek není splněna, pak přítomnost vlastní frekvence nemá žádné praktické důsledky (například určitý mód vibrací není problémem, pokud nemůže být buzený). V souvislosti s tímto dokumentem je buzení důsledkem odchylek elektromechanického krouticího momentu, indukovaného ve vzduchové mezeře generátoru. Jakékoliv torzní módy hřídelové soustavy, které nejsou citlivé na tyto vyvolané budicí krouticí momenty, nepředstavují riziko pro integritu soustrojí turbíny a generátoru, bez ohledu na hodnotu vlastní frekvence tohoto módu.

## 1 Předmět normy

Tento dokument poskytuje pokyny pro hodnocení vlastních torzních frekvencí a pevnosti komponent vázané hříde-

lové soustavy včetně dlouhých pružných rotorových lopatek, u soustrojí generátoru a parní nebo plynové turbíny za obvyklých provozních podmínek. Tyto pokyny platí zejména pro torzní odezvy vázané hřídelové soustavy na síťovou a dvojnásobnou síťovou frekvenci v důsledku elektrického buzení z elektrické sítě, ke které je soustrojí turbíny a generátoru připojeno. Buzení při jiných frekvencích (například subharmonickými frekvencemi) není tímto dokumentem pokryto.

Nejsou uvedeny žádné pokyny, týkající se torzní vibrační odezvy způsobené buzením párou nebo jinými budicími mechanismy, které nejsou ve vztahu k elektrické síti.

Tam, kde příčné řezy hřídelů a spojek nesplňují požadovaná kritéria na pevnost, a/nebo vlastní torzní frekvence nevyhovují definovaným frekvenčním odstupům, mají být stanoveny další činnosti pro řešení problému.

Požadavky uvedené v tomto dokumentu jsou aplikovatelné na:

- a) soustrojí parní turbíny a generátoru připojená k elektrické síti, a
- b) soustrojí plynové turbíny a generátoru připojená k elektrické síti.

Rovněž jsou popsány metody, které jsou v současnosti k dispozici pro provedení jak analytického ohodnocení, tak zkoušek pro validaci vlastních torzních frekvencí hřídelové soustavy.

POZNÁMKA Radiální (příčné) a axiální vibrace soustrojí s parní a/nebo plynovou turbínou a generátorem jsou pojednány v ISO 20816-2.

**Konec náhledu - text dále pokračuje v placené verzi ČSN.**