

**2018**

Vibrace - Hodnocení vibrací strojů na základě měření na nerotujících částech -  
Část 21: Větrné turbíny s vodorovnou osou rotoru s převodovkou

ČSN  
ISO 10816-21  
  
01 1412

Mechanical vibration - Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts -  
Part 21: Horizontal axis wind turbines with gearbox

Vibrations mécaniques - Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les parties non tournantes -  
Partie 21: Turbines éoliennes a axe horizontal avec multiplicateur

Tato norma je českou verzí mezinárodní normy ISO 10816-21:2015. 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 International Standard ISO 10816-21:2015. It was translated by the Czech Office for Standards, Metrology and Testing. 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 2954 zavedena v ČSN ISO 2954 (35 6859) Vibrace strojních zařízení s rotačním a vratným pohybem -  
Požadavky na přístroje pro měření mohutnosti vibrací

### Související ČSN

ČSN ISO 2631-1 (01 1405) Vibrace a rázy - Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím - Část 1: Všeobecné požadavky

ČSN ISO 4866 (01 1430) Vibrace a rázy - Vibrace pevně zabudovaných konstrukcí - Pokyny pro měření vibrací a hodnocení jejich účinků na konstrukce

ČSN ISO 5348 (35 6860) Vibrace a rázy - Mechanické připevnění akcelerometrů

ČSN EN ISO 8041 (36 4806) Vibrace působící na člověka - Měřicí přístroje

ČSN ISO 13372 (01 1470) Monitorování stavu a diagnostika strojů – Slovník

ČSN ISO 13373-1 (01 1440) Monitorování stavu a diagnostika strojů – Monitorování stavu vibrací – Část 1: Obecné postupy

ČSN ISO 13373-2 (01 1440) Monitorování stavu a diagnostika strojů – Monitorování stavu vibrací – Část 2: Zpracování, analýza a prezentace vibračních dat

ČSN IEC 60034-14 (35 0000) Točivé elektrické stroje – Část 14: Mechanické vibrace určitých strojů s výškou osy od 56 mm – Měření, hodnocení a mezní hodnoty mohutnosti vibrací

ČSN IEC 60050-415 (33 0050) Mezinárodní elektrotechnický slovník – Část 415: Větrné elektrárny

ČSN EN 61400-4 (33 3160) Větrné elektrárny – Část 4: Návrhové požadavky pro převodky větrných turbín

ČSN EN 61400-13 (33 3160) Větrné elektrárny – Část 13: Měření mechanických zatížení

Vysvětlivky k textu převzaté normy

Tato norma představuje další část souboru norem ISO 10816, které poskytují pokyny pro měření a hodnocení vibrací různých typů strojů s různými jmenovitými výkony. Předchozí části nemohou být aplikovány na větrné turbíny v důsledku speciální povahy jejich konstrukce a provozu.

Tato část ISO 10816 stanovuje měření a hodnocení vibrací větrných turbín a jejich komponent provedením měření na nerotujících částech. Platí pro větrné turbíny s vodorovnou osou s mechanickou převodkou a při jmenovitém výkonu generátoru větším než 200 kW a se specifickými konstrukčními a provozními charakteristikami:

V současnosti dochází k vytváření nového souboru norem ISO 20816. Důvodem je spojení norem pro hodnocení vibrací nerotujících i rotujících částí. Proto při používání této normy ČSN ISO 10816-21 je potřeba všude, kde je uveden odkaz na ISO 10816-1 použít normu ISO 20816-1, která je základním dokumentem, ve kterém jsou stanoveny obecné pokyny pro měření a hodnocení vibrací strojů, měřených na rotujících a nerotujících částech celých strojů (a tam, kde je to aplikovatelné i na částech bez vratného pohybu), jako jsou hřídele nebo ložiskové skříně. Doporučení pro měření a kritéria hodnocení, která se týkají specifických typů strojů, jsou uvedena v dalších částech ISO 20816, když se stanou dostupné jako náhrada odpovídajících částí ISO 7919 a ISO 10816. V ISO/TR 19201 je uveden přehled těchto a dalších norem pro vibrace strojů.

Vypracování normy

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

Technická normalizační komise: TNK 11 Vibrace a rázy

Pracovník Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Ing. Lubomír Drápal, CSc.

ICS 17.160

Obsah

Strana

[Předmluva](#)

[Úvod](#)

[1..... Předmět normy](#)

[2..... Citované dokumenty](#)

[3..... Termíny a definice](#)

[4..... Základní principy](#)

[4.1..... Měření a charakteristické veličiny](#)

[4.2..... Metody průměrování a veličiny pro hodnocení vibrační větrných turbín](#)

[4.3..... Doba hodnocení](#)

[5..... Instrukce pro měření a interpretaci](#)

[5.1..... Obecně](#)

[5.2..... Gondola a stožár](#)

[5.3..... Ložisko rotoru](#)

[5.4..... Převodovka](#)

[5.5..... Generátor](#)

[5.6..... Požadavky na měřicí zařízení](#)

[5.7..... Připevnění a zapojení snímačů vibrační](#)

[5.8..... Provozní podmínky v průběhu měření](#)

[6..... Kritéria hodnocení](#)

[6.1..... Obecně](#)

[6.2..... Pásma hodnocení](#)

[6.3..... Změna velikosti vibrací](#)

[7..... Hranice pásem hodnocení](#)

[8..... Nastavení provozních mezí](#)

[8.1..... Obecně](#)

[8.2..... Meze VÝSTRAHA](#)

[8.3..... Meze pro POPLACH](#)

[8.4..... Meze pro VYPNUTÍ](#)

[9..... Informace o monitorování vibrací](#)

[9.1..... Monitorování širokopásmových vibrací](#)

[9.2..... Monitorování stavu](#)

[\*\*Příloha A\*\* \(informativní\) Hranice pásem hodnocení](#)

[\*\*Příloha B\*\* \(informativní\) Schémata dvou typických konstrukcí větrné turbíny s převodovkou](#)

[Bibliografie](#)

## DOKUMENT CHRÁNĚNÝ COPYRIGHTEM



© ISO 2015, Published in Switzerland

Veškerá práva vyhrazena. Není-li specifikováno jinak, nesmí být žádná část této publikace reprodukována nebo používána v jakékoliv formě nebo jakýmkoliv způsobem, elektronickým ani mechanickým, včetně pořizování fotokopii nebo zveřejnění na internetu nebo intranetu, bez předchozího písemného svolení. O písemné svolení lze požádat buď přímo ISO na níže uvedené adrese, nebo členskou organizaci ISO v zemi žadatele.

ISO copyright office

Ch. de Blandonnet 8 · CP 401

CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland

Tel. + 41 22 749 01 11

Fax + 41 22 749 09 47

[copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)

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

# 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 významu specifických termínů a výrazů ISO, které se vztahují k posuzování shody, jakož i informace o tom, jak ISO dodržuje principy WTO týkající se technických překážek obchodu (TBT), jsou uvedeny na tomto odkazu URL: [Foreword – Supplementary Information](#).

Za tento dokument je odpovědná komise ISO/TC 108 *Vibrace, rázy a monitorování stavu*, subkomise SC 2 *Měření a hodnocení vibrací a rázů ve vztahu ke strojům, vozidlům a konstrukcím*.

ISO 10816 sestává z následujících částí s obecným názvem *Vibrace – Hodnocení vibrací strojů na základě měření na nerotujících částech*:

- *Část 1: Obecné směrnice*
- *Část 2: Parní turbíny a generátory nad 50 MW na pozemních základech s normálními pracovními otáčkami 1 500 r/min, 1 800 r/min, 3 000 r/min a 3 600 r/min*
- *Část 3: Průmyslové stroje se jmenovitým výkonem nad 15 kW a jmenovitými otáčkami mezi 120 r/min a 15 000 r/min při měření in situ*
- *Část 4: Soustrojí s plynovou turbínou na kluzných ložiskách*
- *Část 5: Soustrojí ve vodních elektrárnách a čerpacích stanicích*
- *Část 6: Stroje s vratným pohybem o jmenovitém výkonu nad 100 kW*
- *Část 7: Odstředivá čerpadla pro průmyslová použití, včetně měření na rotujících hřídelích*
- *Část 8: Pístové kompresory*

- *Část 21: Větrné turbíny s vodorovnou osou rotoru s převodovkou*

Část 22 pro větrné turbíny s vodorovnou osou rotoru bez převodovky je plánována.

# Úvod

Předchozí mezinárodní normy, které jsou k dispozici pro hodnocení vibrační konstrukcí a strojů, nemohou být aplikovány na větrné turbíny v důsledku speciální povahy jejich konstrukce a provozu. Vibrace stožáru a gondoly větrné turbíny, způsobené vlivy větru, narušení proudění od stožáru (vliv přehrazení stožárem), vlastními vibracemi rotorových lopatek a samotné konstrukce (stožáru a základu) a kromě toho například vlněním moře v případě příbřežních (offshore) větrných turbín, se liší od vibrační jiných průmyslových konstrukcí z hlediska časového průběhu a spektru vibrační.

ISO 10816-1, zabývající se měřením a hodnocením vibrační strojů, by mohla být použita pro komponenty větrných turbín (ložisko rotoru, převodovka a generátor). Tato norma je základem pro řadu dalších mezinárodních norem, včetně ISO 10816-3 pro průmyslové stroje všech druhů. Větrné turbíny jsou však výslovně vyloučeny z rozsahu ISO 10816-3.

Kritéria stanovená v jiných částech ISO 10816 by byla v principu aplikovatelná na komponenty větrné turbíny. Avšak tato kritéria platí pouze pro vibrace, které jsou generovány v samotném soustrojí, a tudíž ovlivňují přímo její komponenty. Kritéria jsou rovněž platná pro hodnocení emisí vibrační (tj. emise do prostředí soustrojí), ale nemohou být aplikována na vibrace, které jsou do strojů přenášeny z externích zdrojů (tj. na imisi vibrační, na zvuk šířený konstrukcí). U větrných turbín to jsou vlivy vibrační stožáru nebo gondoly, které jsou buzeny větrem a v případě příbřežních větrných turbín navíc vlněním moře. V důsledku extrémní pružnosti lopatek a stožáru a nízkých otáček rotoru je nezbytné do měření a hodnocení zahrnout nízkofrekvenční vibrace.

Nezbytnost měřit a hodnotit nízkofrekvenční vibrace komponent v odezvě na periodické a stochastické zdroje buzení vyžaduje modifikované veličiny hodnocení ve srovnání s ISO 10816-3 a toto je komplikováno vlivy větru a vln na konstrukci větrné turbíny, což vede na nízkofrekvenční vibrace s velkou amplitudou.

V důsledku velkého vlivu velikosti vibrační větrné turbíny na namáhání všech komponent a tedy na jejich provozní spolehlivost a životnost, existuje velký zájem zainteresovaných subjektů zúčastněných na výrobě, vlastnickém provozu, servisu, údržbě a financování větrných turbín na tom, aby měli uznanou normu, která dává kritéria a doporučení týkající se měření a hodnocení mechanických vibrační větrných turbín a jejich komponent. To je ústředním úkolem této části ISO 10816 a následující části 22, která je plánována.

Účelem této části ISO 10816 je normovat měření, napomáhat při jejich vyhodnocení a umožnit komparativní vyhodnocení vibrační naměřených na větrných turbínách a jejich komponentách. V případě překročení hranic pásem hodnocení mají výsledky takových měření umožnit vytvoření závěrů, které se týkají možných hrozeb pro odpovídající komponenty větrné turbíny nebo instalace jako celku, ale bez podrobného zjištění odpovídajících příčin. Pokud hranice pásem hodnocení nejsou překročeny, může být provozní chování obvyklé, ale to nevylučuje možnost individuálních případů poškození. Hodnoty hranic pásem hodnocení nejsou zamýšleny pro použití jako hodnoty pro přejímku. Takové hodnoty mají být vzájemně odsouhlaseny výrobcem a uživatelem.

Pracovní princip větrné turbíny, který je pokryt touto částí ISO 10816, je založen na rotujícím rotoru s vodorovnou osou otáčení. Rotor sestává z náboje rotoru s rotorovými lopatkami, které jsou buď připevněny nehybně, nebo mohou být natáčeny kolem jejich podélné osy. Náboj rotoru je připojen k hnacímu ústrojí větrné turbíny. Mechanická energie je přeměněna na elektrickou energii generátorem, který je poháněn přes převodovku nebo přímo. Tyto komponenty pro přeměnu energie jsou zpravidla uloženy ve skříni stroje, která se nazývá gondola. Gondola je uložena na ložiskách,



kteřá umožňují její otáčení na stožáru, zatímco samotný stožár stojí na svém vlastním základu.

Rotorové lopatky a tedy celý rotor jsou vystaveny nejen asymetricky nabíhajícímu proudu vzduchu, ale také stochastickým fluktuacím rychlosti větru. Asymetricky nabíhající proudění je například výsledkem turbulence větru, poryvů, vstupního proudění na rotor mimo osu a také důsledkem různé rychlosti větru rozložené po ploše rotoru. Navíc k aerodynamickému zatížení je větrná turbína také ovlivněna setrvačnými silami a zatížením, které je důsledkem různých provozních situací. Superpozice externích podmínek na provozní podmínky, jako je výkon a otáčky, když se vezme v úvahu konstrukční návrh větrné turbíny a jejích jednotlivých komponent, mají za následek střídavé zatížení celé větrné turbíny s jejím rotorem, hnacím ústrojím, stožárem a základem a vede tedy na buzení vibrací jednotlivých komponent.

Hnací ústrojí sestávají z montážních celků, které se liší co do typu konstrukce a jejich hřidelů. Mohou tudíž budít vibrace, které jsou závislé nebo nezávislé na otáčkách. V závislosti na výrobci a konstrukci vykazují generátory, převodovky a spojky různé vibrační chování a to nejen jako jednotlivé montážní celky, ale také ve vzájemné interakci a v závislosti na typu instalace větrné turbíny. V závislosti na zdroji buzení a rozsahu buzení se mohou vyskytovat vibrace, které jsou například důsledkem nesprávného ustavení, a vedou k buzení rázy od záběru zubů v převodovce. Mimo to se v hnacím ústrojí mohou vyskytnout rezonanční vibrace. Z těchto důvodů je ve všech případech nezbytně nutné vzít v úvahu celou větrnou turbínu, tj. hnací ústrojí s rotorovými lopatkami, gondolu a stožár.

Při uvážení velkého vlivu, který může mít typ mechanického hnacího ústrojí na velikost vibrací všech komponent větrné turbíny, je nezbytné rozdělit větrné turbíny na dvě skupiny:

- Skupina 1: instalace větrné turbíny s vodorovnou osou a s generátorem, který je připojen k rotoru přes převodovku;
- Skupina 2: instalace větrné turbíny s vodorovnou osou a s generátorem, který je připojen k rotoru bez převodovky (přímý pohon).

Tato část ISO 10816 platí pro větrné turbíny ve skupině 1. Část 22 pro větrné turbíny ve skupině 2 je plánována a omezené množství naměřených dat je již dostupné.

# 1 Předmět normy

Tato část ISO 10816 stanovuje měření a hodnocení vibrací větrných turbín a jejich komponent provedením měření na nerotujících částech. Platí pro větrné turbíny s vodorovnou osou s mechanickou převodovkou a při jmenovitém výkonu generátoru větším než 200 kW a s těmito konstrukčními a provozními charakteristikami:

- a) instalace na nosných systémech (stožár a základ) provedených z oceli a/nebo betonu;
- b) rotor s vodorovnou osou a několika rotorovými lopatkami;
- c) ložisko rotoru je oddělené od nebo integrované do převodovky;
- d) generátory jsou poháněné přes převodovku;
- e) generátory jsou synchronního nebo asynchronního typu (převážně vybavené čtyřpólovým generátorem);
- f) generátory jsou pouze s pevným počtem pólů, nebo které jsou s přepínáním pólů pro nastavení otáček;
- g) řízení výkonu rotorovými lopatkami (větrné turbíny regulované úhlem nastavení nebo podle utržení proudu);
- h) generátor je připojen na elektrickou síť přes frekvenční měnič nebo přímo.

Tato část ISO 10816 doporučuje pásma pro hodnocení vibrací při provozu s trvalým výkonem. Avšak ve většině případů tyto hranice pásem hodnocení nemusí být vhodné pro včasnou detekci závad. Tato část ISO 10816 nestanovuje hodnoty vibrací pro hranice pásem, protože není k dispozici dostatek dat pro celý rozsah větrných turbín ve světovém parku, pokrytém touto částí ISO 10816. Avšak pouze pro informaci jsou v příloze A uvedeny hranice pásem hodnocení pro pevninské větrné turbíny. Tyto hranice pásem jsou založeny na vibračních datech od asi 1 000 větrných turbín se jmenovitým výkonem generátoru až do 3 MW. Mohou být nápomocny při usnadnění diskuse mezi uživateli a výrobcí. Hranice pásem hodnocení pro příbřežní větrné turbíny nejsou zatím k dispozici.

Ačkoliv je popisován typ a implementace monitorování širokopásmových vibrací u větrných turbín, tato část ISO 10816 neplatí pro diagnostiku nebo detekci závad pomocí monitorování stavu větrných turbín.

POZNÁMKA 1 Informace o monitorování stavu a diagnostice větrných turbín budou uvedeny v ISO 16079 (všechny části)[1](#).

Hodnocení kvality vyvážení pomalu se otáčejícího rotoru větrné turbíny, které vyžaduje speciální měření a analýzu, není pokryto touto částí ISO 10816.

Tato část ISO 10816 neplatí pro hodnocení torzních vibrací hnacího ústrojí. Ačkoliv vázané příčné a torzní vibrace stožáru a hnacího ústrojí mohou ovlivnit amplitudy definovaných vibračních charakteristik, diagnóza tohoto druhu zdroje vibrací není proveditelná popsány metodami měření uvedenými v této části ISO 10816. Pro účely úplného ověření konstrukce a pro specifickou diagnózu závad jsou požadována speciální měření, která jsou mimo rozsah této části ISO 10816.

POZNÁMKA 2 IEC/TS 61400-13 popisuje měření zatížení s použitím tenzometrů na nosné konstrukci

a na lopatkách. Techniky na pomoc při detekci závad valivých ložisek a převodovek lze najít v ISO 13373-2. Měření a hodnocení zvuku vedeného konstrukcí u valivých ložisek je uvedeno ve VDI 3832.

Tato část ISO 10816 také neplatí pro přijímací měření převodovek a generátorů na zkušebním zařízení výrobce.

POZNÁMKA 3 Tyto jsou hodnoceny na základě odpovídajících norem, a to ISO 8579-2 a IEC 60034-14.

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

---

[1\)](#) Bude publikováno.