

2021

Vibrace - Měření a hodnocení vibračních strojů -  
Část 5: Soustrojí ve vodních elektrárnách a přečerpávacích elektrárnách ISO 20816-5

ČSN

01 1412

Mechanical vibration - Measurement and evaluation of machine vibration -  
Part 5: Machine sets in hydraulic power generating and pump-storage plants

Vibrations mécaniques - Mesurage et évaluation des vibrations des machines -  
Partie 5: Groupes de machines équipant des centrales hydroélectriques et des stations de pompage  
et de stockage

Tato norma je českou verzí mezinárodní normy ISO 20816-5:2018. Překlad byl zajištěn Českou agenturou pro standardizaci. Má stejný status jako oficiální verze.

This standard is the Czech version of the International Standard ISO 20816-5:2018. It was translated by the Czech Standardization Agency. It has the same status as the official version.

Nahrazení předchozí normy

Touto normou se nahrazuje ČSN ISO 10816-5 (01 1412) z dubna 2001 a ČSN ISO 7919-5 (01 1414) ze srpna 2006.

Národní předmluva

Změny proti předchozím normám

Toto první vydání ČSN ISO 20816-5 zrušuje a nahrazuje ČSN ISO 7919-5:2006 a ČSN ISO 10816-5:2001, které byly technicky revidovány. Důvodem je spojení norem pro hodnocení vibračních nerotujících a rotujících částí vodních turbín a jejich technická revize. Hlavní změny jsou popsány v Předmluvě této normy.

Informace o citovaných dokumentech

ISO 20816-1 zavedená v ČSN ISO 20816-1 (01 1412) Vibrace - Měření a hodnocení vibračních strojů -  
Část 1: Obecné pokyny

IEC 60994 zavedená v ČSN EN 60994 (08 5014) Pokyny pro měření vibračních a pulzací v hydraulických strojích (turbínách, přečerpávacích čerpadlech a čerpadlových turbínách) na díle

## Souvisící ČSN

ČSN ISO 2954 (35 6859) Vibrace strojních zařízení s rotačním a vratným pohybem - Požadavky na přístroje pro měření mohutnosti vibrací

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

ČSN ISO 7919-3 (01 1414) Vibrace - Hodnocení vibračních strojů na základě měření na rotujících hřídelích - Část 3: Průmyslová soustrojí

ČSN ISO 10816-3 (01 1412) Vibrace - Hodnocení vibračních strojů na základě měření na nerotujících částech - Část 3: Průmyslové stroje se jmenovitým výkonem nad 15 kW a jmenovitými otáčkami mezi 120 1/min a 15 000 1/min při měření in situ

ČSN ISO 10816-7 (01 1412) Vibrace - Hodnocení vibračních strojů na základě měření na nerotujících částech - Část 7: Odstředivá čerpadla pro průmyslová použití včetně měření na rotujících hřídelích

ISO 10817-1 (01 1418) Zařízení pro měření vibrací rotujících hřídelů - Část 1: Relativní a absolutní snímání radiálních vibrací

ČSN ISO 13373-7 (01 1440) Monitorování stavu a diagnostika strojů - Monitorování stavu vibrací - Část 7: Diagnostické metody pro soustrojí ve vodních a přečerpávacích elektrárnách

ČSN ISO 21940-11 (01 1449) Vibrace - Vyvažování rotorů - Část 11: Postupy a tolerance pro rotory v tuhém stavu

ČSN EN IEC 60034-14 (35 0000) ed. 3 Točivé stroje elektrické - Část 14: Mechanické vibrace určitých strojů s výškou osy od 56 mm - Měření, hodnocení a mezní hodnoty mohutnosti vibrací

ČSN EN 62006 (08 5008) Hydraulické stroje - Přejímací zkoušky malých vodních elektráren

## 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.....	8
<b>4.....</b> Uspořádání strojů.....	8
<b>5.....</b> Měřicí postupy a podmínky.....	11
<b>5.1.....</b> Obecně.....	11
<b>5.1.1...</b> Měření vibračních ložiskového tělesa.....	11
<b>5.1.2...</b> Měření hřídelových vibračních.....	11
<b>5.2.....</b> Typy měření.....	

.....	11
<b>5.2.1... Absolutní vibrace ložiskového tělesa.....</b>	<b>11</b>
<b>5.2.2... Radiální hřídelové vibrace.....</b>	<b>12</b>
.....	12
<b>5.2.3... Axiální ložiskové a hřídelové vibrace.....</b>	<b>12</b>
<b>5.2.4... Škodlivé vlivy.....</b>	<b>13</b>
.....	13
<b>5.3..... Místa a směry měření.....</b>	<b>13</b>
.....	13
<b>5.3.1... Obecně.....</b>	<b>13</b>
.....	13
<b>5.3.2... Měření relativních hřídelových vibrací.....</b>	<b>14</b>
<b>5.3.3... Měření absolutních vibrací ložiskového tělesa.....</b>	<b>14</b>
<b>5.4..... Měřicí zařízení.....</b>	<b>15</b>
.....	15
<b>5.4.1... Obecně.....</b>	<b>15</b>
.....	15
<b>5.4.2... Měření absolutních vibrací ložiskového tělesa.....</b>	<b>16</b>
<b>5.4.3... Měření hřídelových vibrací.....</b>	<b>17</b>
....	17
<b>5.4.4... Měření <math>S_{max}</math> nebo <math>S_p</math>.....</b>	<b>17</b>
p.....	17
..	17
<b>5.5..... Provozní podmínky.....</b>	<b>19</b>
.....	19

<b>6.....</b>	Hodnocení měření vibrací.....	
	....	19
<b>6.1.....</b>	Obecně.....	
	.....	19
<b>6.1.1... Základ hodnot</b>	vibrací.....	
	.....	19
<b>6.1.2... Vliv provozních podmínek turbíny na měření vibrací ložiskových těles.....</b>		20
<b>6.1.3... Vliv provozních podmínek turbíny na hřídelové vibrace.....</b>		20
<b>6.1.4... Provozní podmínky v čerpadlovém režimu.....</b>		20
<b>6.1.5... Zvláštní provozní podmínky.....</b>		20

<b>6.2.....</b> Kritérium I: Velikost vibrací.....	
... 20	
<b>6.3.....</b> Kritérium II: Změna velikosti a fáze vibrací.....	22
<b>6.3.1...</b> Kritéria hodnocení.....	22
..... 22	
<b>6.3.2...</b> Podmínky monitorování.....	
..... 23	
<b>6.3.3...</b> Zvláštní doporučení vztahující se ke generátoru.....	23
<b>6.4.....</b> Provozní meze.....	
..... 23	
<b>6.4.1...</b> Výstrahy (alarms) a přerušení provozu (trips).....	23
<b>6.4.2...</b> Nastavení výstrah.....	
..... 23	
<b>6.4.3...</b> Nastavení přerušení provozu.....	
. 23	
<b>6.4.4...</b> Zvláštní provozní podmínky.....	
..... 24	
<b>6.5.....</b> Porovnání výsledků hřídelových vibrací a vibrací ložiskového tělesa.....	24
<b>6.6.....</b> Hodnocení založené na informaci o vektoru vibrací.....	24
<b>Příloha A</b> (normativní) Hranice pásem hodnocení.....	25
<b>Příloha B</b> (informativní) Monitorování vibrací – předpoklady pro analýzu trendů.....	32
<b>Příloha C</b> (informativní) Zvláštní vlastnosti vibrací ložiskových těles a hřídelových vibrací hydraulických soustrojí.....	37

**Příloha D** (informativní) Databáze, postup analýzy a statistické  
hodnocení..... 39

**Příloha E** (informativní) Doporučené postupy při zpracování vibračních  
dat..... 44

Bibliografie.....  
..... 49



## **DOKUMENT CHRÁNĚNÝ COPYRIGHTEM**

© ISO 2018

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 fotokopii 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

Fax: + 41 22 749 09 47

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 neznamena 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 následující URL: [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Tento dokument vypracovala technická komise ISO/TC 108 *Vibrace, rázy a monitorování stavu*, subkomise SC 2 *Měření a hodnocení vibrací a rázů působících na stroje, vozidla a konstrukce* společně s technickou komisí IEC/TC 4 *Vodní turbíny*. Návrh normy byl předložen k hlasování národním orgánům jak ISO, tak IEC.

Toto první vydání ISO 20816-5 zrušuje a nahrazuje ISO 7919-5:2005 a ISO 10816-5:2000, které byly technicky revidovány. Hlavní změny jsou:

- Vibrace různých typů strojů a různých orientací hřídelů jsou jasně uvedeny.
- Důkaz, že pro každý typ stroje mají vibrace podobný profil statistického rozdělení (Burrovo rozdělení), což má za následek revidované hodnoty vibrací.
- Důrazné doporučení, aby byly sledovány jak hřídelové vibrace, tak vibrace nerotujících částí spolu s fyzickými parametry, jako je teplota kovu ložisek a fyzické vůle v ložiskách, aby bylo dosaženo úplného ohodnocení stavu stroje.
- Doporučení, aby byl použit společný přístup dodavatele a zákazníka při zkoumání případů, kdy jsou vibrace větší než statistické hodnoty, namísto přísného přístupu založeného pouze na hodnotách vibrací.

Seznam všech částí řady ISO 20816 lze najít na webových stránkách ISO.



# Úvod

ISO 20816-1 je základním dokumentem, který specifikuje obecné požadavky pro hodnocení vibrací různých typů strojů. Tento dokument však stanovuje zvláštní pokyny pro vibrace těles a hřídelů soustrojí, která jsou instalována ve vodních elektrárnách a přečerpávacích elektrárnách.

Pro hodnocení vibrací strojů jsou uvedena dvě kritéria:

- a) první kritérium zvažuje velikost naměřených vibrací;
- b) druhé kritérium zvažuje změny velikosti a fáze naměřených vibrací.

Tento dokument pokrývá analýzu jak hřídelových vibrací, tak vibrací pevných, nerotujících částí.

Jsou ustavena kritéria pro vibrace strojů s horizontální a vertikální osou. Tato kritéria byla stanovena pro každý typ turbíny (přímoproudou, Francisovu, Peltonovu, Kaplanovu), když jsou použity pro generování výkonu a také pro čerpání, podle potřeby. Kritéria pro velikost vibrací, uvedená v tomto dokumentu, jsou doporučení, založená na statistice; uvedené hodnoty velikosti nemají být použity jako záruky. Doporučuje se, aby hodnocení vibrací bylo provedeno expertem v oboru vibrací, který byl vybrán po společné dohodě všech stran. Aby byl zjištěn dobrý stav hydraulického stroje, je podstatné posoudit dohromady všechny následující okolnosti:

- velikost relativních hřídelových vibrací;
- velikost vibrací ložiskových těles;
- procento využití průměrové vůle vodicích ložisek za studena;
- provozní teplotu kovových částí vodicích ložisek;
- provozní režim (výtlak a průtok nebo spád a výkon), pro ověření, že stroj pracuje v obvyklém provozním rozsahu.

Jsou uvedeny doporučené činnosti pro ty případy, kdy jsou velikosti vibrací nad akčními mezemi uvedenými v tabulkách, které jsou v příloze A, aby bylo stanoveno, jestli je stroj ve stavu vhodném pro trvalý dlouhodobý provoz bez omezení.

Jsou uvedeny směrnice jak pro vibrace strojů za provozu, tak pro změny amplitudy nebo fáze těchto hodnot vibrací, které se mohou vyskytnout. Numerické hodnoty vibrací, které jsou uvedeny v příloze A, mají sloužit jako základ pro hodnocení stavu stroje, a pokud je to potřeba i při dalším zkoumání. V tomto dokumentu je doporučeno, aby byl stav stroje hodnocen při uvážení jak vibrací ložiskových těles, tak hřídelových vibrací.

# 1 Předmět normy

Tento dokument stanovuje pokyny pro hodnocení měření vibrací, provedených na ložiskách, ložiskových stojanech nebo ložiskových tělesech a také pro hodnocení měření relativních hřídelových vibrací, provedených na soustrojích ve vodních elektrárnách a přečerpávacích elektrárnách, když stroj pracuje v obvyklém rozsahu provozních režimů. Obvyklé rozsahy provozních režimů pro každý typ turbíny, pokrytý tímto dokumentem, jsou stanoveny v příloze A.

Tento dokument lze aplikovat na soustrojí ve vodních elektrárnách a v přečerpávacích elektrárnách s typickými otáčkami od 60 r/min do 1 000 r/min, která mají pánvová (skořepinová) nebo segmentová ložiska, mazaná olejem.

POZNÁMKA Aktuální databáze zahrnuje stroje s otáčkami od 60 r/min do 750 r/min (a velmi malý vzorek strojů s otáčkami 1 000 r/min).

Tento dokument stanovuje odlišné mezní hodnoty vibrací ložiskových těles a hřídelů v závislosti na typu turbíny, orientaci hřídele (tj. horizontální nebo vertikální) a pro každé umístění ložiska.

Tento dokument je založen na statistické analýze a poskytuje kritéria pro nejobvyklejší typy turbín, čerpadlových turbín a čerpadel. Zvláštní informace o tom, které typy jednotek jsou pokryty tímto dokumentem, viz příloha A.

Soustrojí, která jsou zahrnuta v tomto dokumentu, mohou mít následující konfiguraci:

- a) generátory poháněné vodními turbínami;
- b) motor-generátory poháněné čerpadlovými turbínami;
- c) motor-generátory poháněné vodními turbínami a samostatnými čerpadly;
- d) čerpadla poháněná elektromotory.

Tento dokument neplatí pro následující konfigurace jednotek, parametrů a provozních podmínek:

- hydraulické stroje s vodou mazanými ložisky;
- hydraulické stroje nebo soustrojí s valivými ložisky (tyto stroje viz IEC 62006 a/nebo ISO 10816-3);
- čerpadla v tepelných elektrárnách nebo průmyslových instalacích (tyto stroje viz ISO 10816-7);
- elektrické stroje pracující jako motory, s výjimkou při použití těchto strojů v přečerpávacích aplikacích;
- hydrogenerátory pracující jako synchronní kondenzátory (když je voda v turbíně snížena stlačeným vzduchem);
- hodnocení absolutní výchylky vibrací ložiskových těles;
- hodnocení axiálních vibrací;
- hodnocení přechodových podmínek;

- v nesynchronním provozu;
- hodnocení úrovně vibrací jádra statoru generátoru nebo nosné konstrukce statoru.

Měření vibrací provedená na ložiskových tělesech a měření hřídelových vibrací soustrojí ve vodních elektrárnách a přečerpávacích elektrárnách mohou být použita pro následující účely:

- 1) Účel A: pro zabránění poškození v důsledku nadměrné velikosti vibrací;
- 2) Účel B: k monitorování změn vibračního chování pro stanovení diagnózy a/nebo prognózy.

Kritéria jsou aplikovatelná na vibrace vytvářené samotným strojem. Zvláštní zkoumání je potřebné u vibrací, které jsou přenášeny na soustrojí z externích zdrojů, například přenášených na stroj přes základy elektrárny.

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