



**Polovodičové měniče - Všeobecné požadavky  
a měniče se sítovou komutací -  
Část 1-2: Aplikační návod**

**ČSN  
IEC 146-1-2**

35 1530

Semiconductor convertors. General requirements and line commutated convertors. Part 1-2:  
Application guide

Convertisseurs à semiconducteurs. Spécifications communes et convertisseurs commutés par le  
réseau. Partie 1-2: Guide d' application

Halbleiter - Stromrichter; Allgemeine Anforderungen und netzgeführte Stromrichter. Teil 1-2:  
Anwendungsleitfaden

Tato norma je identická s IEC 146-1-2:1991.

This standard is identical with IEC 146-1-2:1991.

## **Národní předmluva**

### **Nahrazení předchozích norem**

Tato norma spolu s ČSN EN 60146-1-1 a ČSN EN 60146-1-3 nahrazuje v plném rozsahu ČSN 35 1530 a  
ČSN 35 1540 z 25. června 1979 a ČSN 35 1560 ze 6. června 1969.

### **Změny proti předchozím normám**

Tato norma představuje aplikační návod, který je doplněním norem ČSN 35 1530, ČSN 35 1540 a  
ČSN 35 1560 nahrazovaných normami ČSN EN 60146-1-1 a ČSN EN 60146-1-3.

### **Citované normy**

IEC 50 (551):1982 dosud nezavedena

IEC 70:1967 dosud nezavedena

IEC 146-1-1:1991 zavedena v ČSN EN 60146-1-1 Polovodičové měniče. Všeobecné požadavky a měniče se síťovou komutací. Část 1-1: Stanovení základních požadavků

IEC 146-1-3:1991 zavedena v ČSN EN 60146-1-3 Polovodičové měniče. Všeobecné požadavky a měniče se síťovou komutací. Část 1-3: Transformátory a tlumivky

IEC 664:1980 zavedena v ČSN 33 0420 Elektrotechnické předpisy. Koordinace izolace elektrických zařízení nízkého napětí. Vzdušné vzdálenosti a povrchové cesty (eqv IEC 664:1980, eqv IEC 664A:1981)

### **Souvisící ČSN**

Pro tento aplikační návod jsou souvisícími ČSN stejné normy pro výkonové polovodičové měniče a elektrotechnické předpisy, které uvádí shodně ČSN EN 60146-1-1 a ČSN EN 60146-1-3.

### **Vypracování normy**

Zpracovatel: ČKD ELEKTROTECHNIKA a.s., Kolbenova 159, 190 02 Praha 9. IČO 0056 5024 - Ing. Milan Čtvrtníček

Pracovník Českého normalizačního institutu: Ing. Michal Kříž

© Český normalizační institut, 1996

21316

Strana 2

---

Prázdná strana!

Strana 3

---

**MEZINÁRODNÍ NORMA**  
**Polovodičové měniče - Všeobecné**  
**požadavky a měniče se síťovou**  
**komutací - Část 1-2: Aplikační návod**

**IEC 146-1-2**  
**Třetí vydání**  
**1991-03**

---

<b>Obsah</b>	strana
<b>1</b> Všeobecně	9
<b>1.1</b> Předmět normy	9
<b>1.2</b> Použití výkonových polovodičových měničů	9
<b>1.2.1</b> Měničová zařízení	9
<b>1.2.2</b> Zlepšení přenosových vlastností sítí (činný a jalový výkon)	9
<b>1.3</b> Technické údaje zařízení	9
<b>1.3.1</b> Hlavní položky specifikace	9
<b>1.3.2</b> Další informace	10
<b>1.3.3</b> Zvláštní provozní požadavky	10
<b>1.4</b> Měničové transformátory a tlumivky	11
<b>1.5</b> Součinitelé pro výpočty	11
<b>1.5.1</b> Napěťové vztahy	11
<b>1.5.2</b> Proudový součinitel transformátoru na straně sítě	11
<b>1.5.3</b> Proudový součinitel transformátoru na straně součástek	11
<b>1.5.4</b> Úbytek napětí	12
<b>1.5.5</b> Magnetický obvod	12
<b>1.5.6</b> Součinitel výkonových ztrát	12
<b>1.6</b> Paralelní a sériové zapojení	15
<b>1.6.1</b> Paralelní nebo sériové zapojení součástek	15
<b>1.6.2</b> Paralelní nebo sériové zapojení sestav a jednotek	15
<b>1.7</b> Účinitel	15
<b>1.7.1</b> Všeobecně	15
<b>1.7.2</b> Symboly používané pro stanovení účinitku základní harmonické	16
<b>1.7.3</b> Kruhový diagram pro stanovení účinitku základní harmonické $\cos j_{IN}$ a jalového výkonu $Q_{1LN}$ pro usměrňovačový a střídačový provoz	17
<b>1.7.4</b> Výpočet účinitku základní harmonické $\cos j_1$	17
<b>1.7.5</b> Součinitel přeměny	19
<b>1.8</b> Úbytek stejnosměrného napětí	19
<b>1.8.1</b> Vlastní úbytek napětí	20
<b>1.8.2</b> Úbytek stejnosměrného napětí vlivem impedance střídavé sítě	21
<b>1.8.3</b> Informace o úbytku stejnosměrného napětí o kterém se musí vzájemně informovat dodavatel a odběratel	24
<b>1.9</b> Napěťové omezení pro zajištění spolehlivé komutace v invertorovém provozu	24
<b>1.10</b> Tvar vlny střídavého napětí	24
<b>2</b> Definice	26
<b>2.1</b> Definice týkající se poruch měničů	26

Strana 4

---

<b>2.1.1</b> Prohoření (selhání komutace) (IEV 551-05-58, upraveno)	26
<b>2.1.2</b> Chyby zapínání (IEV 551-05-57, upraveno)	26
<b>2.1.3</b> Selhání blokování (IEV 551-05-53, upraveno)	26
<b>2.1.4</b> Průraz (IEV 551-05-59, upraveno)	26
<b>2.1.5</b> Falešné zapínání (IEV 551-05-56, upraveno)	26
<b>2.1.6</b> Porucha komutace (IEV 551-05-52, upraveno)	26
<b>2.2</b> Definice týkající se přechodných složek vytvářených měničem	26
<b>2.2.1</b> Přechodné složky na stejnosměrné straně	26
<b>2.2.2</b> Komutační přechodné složky v napájecí síti (opakující se přechodné složky)	26

<b>3</b>	Aplikační informace	27
<b>3.1</b>	Praktický výpočet provozních parametrů	27
<b>3.1.1</b>	Předpoklady	27
<b>3.1.2</b>	Předběžné výpočty	28
<b>3.1.3</b>	Výpočet provozních podmínek	28
<b>3.2</b>	Změna napětí napájecí sítě vlivem zatížení měničů	30
<b>3.2.1</b>	Změna základní harmonické napětí	30
<b>3.2.2</b>	Požadavky na minimální $R_{SC}$ pro změnu napětí	31
<b>3.2.3</b>	Převod měničového transformátoru	31
<b>3.2.4</b>	Zatížitelnost transformátoru	32
<b>3.3</b>	Kompenzace odběru jalového výkonu měniče	32
<b>3.3.1</b>	Průměrný odběr jalového výkonu	32
<b>3.3.2</b>	Potřebná kompenzace průměrného jalového výkonu	33
<b>3.3.3</b>	Kolísání napětí s pevnou kompenzací jalového výkonu	33
<b>3.4</b>	Obsah harmonických ve stejnosměrném napětí	34
<b>3.5</b>	Zkreslení napájecího napětí	34
<b>3.5.1</b>	Komutační poklesy napětí	34
<b>3.5.2</b>	Provoz několika měničů na stejném napájecím vedení	36
<b>3.6</b>	Veličiny na straně sítě	37
<b>3.6.1</b>	Efektivní hodnota síťového proudu	37
<b>3.6.2</b>	Vyšší harmonické na straně sítě; přibližná metoda pro šestipulsní měniče	37
<b>3.6.3</b>	Požadavky na minimální $R_{SC}$ pro zkreslení vyššími harmonickými	38
<b>3.6.4</b>	Výpočet spektra vyšších harmonických proudů	39
<b>3.6.5</b>	Odhad fázového posuvu proudů vyšších harmonických	40
<b>3.6.6</b>	Sčítání proudů vyšších harmonických	42
<b>3.6.7</b>	Maximální a průměrná hodnota spektra vyšších harmonických	42
<b>3.6.8</b>	Fázový posuv v transformátoru	42
<b>3.6.9</b>	Postupné řízení dvou šestipulsních měničů	42
<b>3.7</b>	Kompenzace účinníku a zkreslení vyššími harmonickými	43
<b>3.7.1</b>	Rezonanční kmitočet	43
<b>3.7.2</b>	Přímo připojené kondenzátorové baterie	43
<b>3.7.3</b>	Odhad rezonančního kmitočtu	43
<b>3.7.4</b>	Rozladovací tlumivka	45

Strana 5

---

<b>3.7.5</b>	Kmitočty HDO (nosné kmitočty)	45
<b>3.8</b>	Ostatní úvahy	46
<b>3.8.1</b>	Náhodný řídicí úhel	46
<b>3.8.2</b>	Nestabilita subharmonických složek	46
<b>3.8.3</b>	Filtry vyšších harmonických	46
<b>3.8.4</b>	Přibližná kapacita kabelů	46
<b>3.9</b>	Výpočet stejnosměrného zkratového proudu měničů	46
<b>3.10</b>	Pravidla pro stanovení třídy odolnosti	47
<b>3.10.1</b>	Třída odolnosti měniče	47
<b>3.10.2</b>	Výběr třídy odolnosti	47
<b>4</b>	Požadavky na zkoušení	52
<b>4.1</b>	Návod pro určování výkonových ztrát zkouškou nakrátko	52
<b>4.1.1</b>	Jednofázová zapojení	52
<b>4.1.2</b>	Vícefázová dvoucestná zapojení	52
<b>4.2</b>	Postup pro určování výkonových ztrát metodou nakrátko	52
<b>4.3</b>	Zkušební metody	52
<b>4.3.1</b>	Metoda A1	52

<b>4.3.2</b>	Metoda B	53
<b>4.3.3</b>	Metoda C	53
<b>4.3.4</b>	Metoda D	54
<b>4.3.5</b>	Metoda E	55
<b>4.3.6</b>	Metoda A2	55
<b>5</b>	Provozní požadavky	56
<b>5.1</b>	Udávání jmenovitých maximálních zatěžovacích proudů	56
<b>5.2</b>	Definice a písmenové označení, týkající se virtuální teploty přechodu	57
<b>5.2.1</b>	Písmenové označení	57
<b>5.2.2</b>	Tepelný odpor $R_{th}$	57
<b>5.2.3</b>	Přechodná tepelná impedance $Z_{th}$	57
<b>5.2.4</b>	Virtuální teplota přechodu $q, j$	58
<b>5.3</b>	Stanovení schopnosti maximálního zatížení pomocí výpočtu virtuální teploty přechodu	58
<b>5.3.1</b>	Přibližné určení tvaru výkonových impulsů přiváděných na polovodičovou součástku	58
<b>5.3.2</b>	Metoda superpozice pro výpočet teploty	59
<b>5.3.3</b>	Výpočet virtuální teploty přechodu pro trvalé zatížení	59
<b>5.3.4</b>	Výpočet virtuální teploty přechodu pro cyklické zatížení	60
<b>5.3.5</b>	Výpočet virtuální teploty přechodu pro několik typických aplikací	61
<b>5.4</b>	Obvodové a provozní podmínky ovlivňující napětí přiváděná na výkonové součástky	62
<b>6</b>	Provoz měniče	63
<b>6.1</b>	Stabilizace	63
<b>6.2</b>	Statické vlastnosti	63
<b>6.3</b>	Dynamické vlastnosti řídicího systému	64
<b>6.4</b>	Způsob provozu jednosměrných a dvousměrných měničů	64
<b>6.4.1</b>	Jednosměrná zapojení	64

Strana 6

---

<b>6.4.2</b>	Dvousměrná zapojení a hranice pro usměrňovačový a střídavý provoz	65
<b>6.5</b>	Přechodný proud	66
<b>6.6</b>	Potlačení okružového stejnosměrného proudu u dvousměrných zapojení měničů	67
<b>6.6.1</b>	Omezení řídicích úhlů	67
<b>6.6.2</b>	Řízený okružový proud	67
<b>6.6.3</b>	Blokování řídicích impulsů	67
<b>6.7</b>	Zásady provozu reverzačních měničů pro řízení stejnosměrných motorů	67
<b>6.7.1</b>	Reverzace buzení motorů	67
<b>6.7.2</b>	Reverzace kotvy motoru reverzačním spínačem	68
<b>6.7.3</b>	Dvousměrné zapojení měničů pro kotvu motoru	68
<b>7</b>	Poruchy měničů	70
<b>7.1</b>	Všeobecně	70
<b>7.2</b>	Hledání poruchy	70
	Obrázky	
	1 - Kruhový diagram pro stanovení účinníku	17
	2 - Účinník jako funkce $d \times N$ pro $p = 6$	18
	3 - Účinník jako funkce $d \times N$ pro $p = 12$	19
	4 - $d \times LN$ jako funkce $d \times N$ pro $p = 6$ a pro $p = 12$	23
	5 - Tvar vlny střídavého napětí	25
	6 - Napětí při poruchách měničů	27
	7 - Spektrum harmonických proudů na střídavé straně pro $p = 6$	41
	8 - Rezonanční kmitočet a zesilovací činitel	44

9 - Příklad rozvodu energie	49
10 - Zkušební metoda A1	53
11 - Zkušební metoda D	54
12 - Jednotlivé špičkové zatížení	56
13 - Opakované špičkové zatížení	56
14 - Přibližné určení tvaru výkonových impulsů	59
15 - Výpočet virtuální teploty přechodu	60
16 - Výpočet virtuální teploty přechodu pro cyklická zatížení	61
17 - Obvodové a provozní podmínky, ovlivňující napětí přiváděné na součástky měniče	63
18 - Tvar vlny stejnosměrného napětí pro různé řídicí úhly	64
19 - Stejnoseměrné napětí pro různé zatížení a různé řídicí úhly	65
20 - Omezení stejnosměrného napětí ve střídačovém provozu	66
21 - Stejnoseměrné napětí při hodnotách proudu nižších než přechodný proud	67
22 - Pořadí provozních stavů měničů napájejících reverzační stejnosměrný motor	69
Tabulky	
1 - Zapojení a činitelé pro výpočty	13
2 - Efektivní hodnoty síťového proudu	37
3 - Minimální požadavky na R SC pro nn sítě	39
4 - Fázový posun transformátoru a řady harmonických	42
5 - Přibližná hodnota kVAr/km u kabelů	46

## Strana 7

---

6 - Hodnoty zkratových proudů měniče	47
7 - Vypočtené hodnoty pro příklad na obr. 9	51
8 - Virtuální teplota přechodu	62
<b>Příloha A</b> (informativní) Literatura	71
<b>Příloha B</b> (informativní) Rejstřík	72

## Strana 8

---

### Předmluva

1) Oficiální rozhodnutí nebo dohody IEC týkající se technických otázek připravené technickými komisemi, v nichž jsou zastoupeny všechny zainteresované národní komitety, vyjadřují v největší možné míře mezinárodní shodu názoru na předmět, kterého se týkají.

2) Mají formu doporučení pro mezinárodní použití a v tomto smyslu jsou přijímány národními komisemi.

3) Na podporu mezinárodního sjednocení vyjadřuje IEC přání, aby všechny národní komitety převzaly text doporučení IEC do svých národních předpisů v rozsahu, který národní podmínky dovolují. Jakýkoli rozdíl mezi doporučením IEC a odpovídajícím národním předpisem by měl být pokud možno v národním předpise vyznačen.

Tuto normu vypracovala subkomise 22B Polovodičové měniče Technické komise IEC 22: Silová

elektronika. Tato norma představuje část 1-2 IEC 146 (třetí vydání) a doplňuje IEC 146-1-1 a IEC 146-1-3. Částečně nahrazuje IEC 146:1973 a jeho změnu 1:1975.

Text normy je založen na těchto dokumentech:

Šestiměsíční řízení	Zpráva o hlasování
22B(CO)56	22B(CO)59

Úplnou informaci o hlasování pro přijetí této normy je možno nalézt ve zprávě o výsledku hlasování ve výše uvedené tabulce.

Přílohy A: Literatura a B: Rejstřík jsou informativní.

Strana 9

---

## **Oddíl 1 - Všeobecně**

### **1.1 Předmět normy**

Tato norma uvádí varianty specifikací v IEC 146-1-1. Má umožnit řízenou formou rozšíření těchto specifikací na zvláštní případy. Uvádí se také doplňující technické informace, které usnadní použití IEC 146-1-1.

Tato norma pojednává zejména o měničích komutovaných sítí. Sama o sobě, až na některé případy týkající se pomocných součástek, není, pokud stávající normy nemohou poskytnout potřebné údaje, specifikací.

---

**-- Vynechaný text --**