

# Rozvod proudu

## Všeobecné informace

Při vývoji systémů přípojníc Rittal a jejich součástí vychází Rittal ze současných technických poznatků a příslušných platných norem a předpisů. Tyto systémy se používají v odborných provozech po celém světě. Kromě vlastních permanentních kontrol firmy Rittal je kvalita součástí pro rozvod proudu potvrzena mnoha zkouškami a certifikáty.

Protože vývoj výrobků představuje neustálý proces, vyhrazujeme si právo na změny, které slouží technickému pokroku.

## Použití

Aby nedošlo ke zranění osob nebo k věcným škodám, smí přípojnicové systémy používat, resp. montovat výhradně odborně vyškolený personál s odpovídající kvalifikací. Předpokladem přitom je dodržování platných technických předpisů, norem a vyhlášek.

Uživatel je povinen věnovat maximální pozornost všem informacím a pokynům vydaným firmou Rittal a případně je sdělit dalšímu uživateli nebo zákazníkovi se zvláštním upozorněním. Především je třeba dodržovat předepsané utahovací momenty elektrických svorek, aby byl vždy dosažen optimální kontaktní tlak. Po přepravě systému je nutné zkontrolovat spoje a v případě potřeby je dotáhnout.

Pojistky NH smí zásadně instalovat kvalifikovaní elektrikáři a technicky vyškolené osoby.

Při zapojování přístrojů NH je nutno dodržovat následující předpisy nebo pokyny:

- Dodržujte zadání dle VDE 0105 – 100
- Před zapnutím dbejte na přesné uložení víka v chassis
- Není-li kryt úplně otevřený, mohou být pojistkové vložky vždy podle směru napájení pod napětím
- Zařízení postupně zapněte

## Technické, resp. katalogové údaje a provozní podmínky

Komponenty pro rozvod proudu se používají v kombinaci s řadou různých spínacích přístrojů, modulů a komponentů pro rozvod proudu. Tyto různé moduly a komponenty vyžadují nejrůznější provozní podmínky a podmínky okolního prostředí, které na jedné straně nemůže Rittal ovlivnit, na druhé straně však musí výrobce zařízení garantovat bezpečnou funkci.

Pokud není uvedeno jinak, považují se za základ pro komponenty pro rozvod proudu Rittal na trhu IEC normy ČSN EN 61 439-1/ ČSN EN 61 439-2 a v nich stanovené podmínky okolního prostředí pro instalaci ve vnitřním prostoru do stupně znečištění 3 a kategorie přepětí IV. Při vnitřních teplotách rozváděčových skříní > 35 °C je případně nutné použít křivku závislosti na teplotě vztaženou k aplikaci. Speciálně s ohledem na povolené mezní teploty stanovené v ČSN EN 61 439-1 (tabulka 6) musí výrobce zařízení pečlivě posoudit následující faktory:

- Uspořádání komponent z hlediska vzájemně tepelně působících vlivů v celkové instalaci
- Ztrátový výkon použitých výkonových jističů a pojistek
- Aktivní/pasivní ventilaci

- Potřebné průřezy vodičů dle normy nebo údajů výrobce
- Režim provozu zařízení (spínací cykly atd.)
- Dodržování provozních podmínek a podmínek okolního prostředí
- Zohlednění součinitele současnosti
- Zohlednění součinitele jmenovitého zatížení (RDF)
- Zohlednění součinitele zatížení

Dále je nutno dbát na to, aby standardní montážní polohou systému přípojníc byla horizontální montážní poloha a tím byla montážní poloha nástavbových přístrojů vertikální. Při konečné instalaci zařízení je nutné zkontrolovat povrchové cesty a vzdušné vzdálenosti dle ČSN EN 60 664-1.

U komponent je nutné se vyvarovat chemického zatížení přímým kontaktem s látkami nebo s nadměrně chemicky zatíženou atmosférou během přepravy, skladování i provozu, protože to může mít za následek korozi kontaktů a další dlouhodobě negativní vlivy na zařízení.

Údaje u utahovacích momentů jsou maximální hodnoty s tolerancí ±10 %.

Zejména pro trh UL vyplývají pro výrobce zařízení požadavky dle UL 508A. Zejména je nutné zohlednit v závislosti na použití potřebné povrchové a vzdušné cesty.

**Glosář často používaných norem a směrníc pro přípojnicové systémy a komponenty**

- **ČSN EN 13 601**  
Měď a slitiny mědi –  
Tyče a dráty z mědi pro všeobecné využití v elektrotechnice
- **ČSN EN 60 269-1**  
Pojistky nízkého napětí  
Část 1: Obecné požadavky
- **ČSN EN 60 715/IEC 60 715**  
Rozměry nízkonapěťových spínacích přístrojů –  
Normované nosné lišty pro mechanické upevnění elektrických přístrojů ve spínacích zařízeních
- **ČSN EN 61 439-1/IEC 61 439-1**  
Kombinace nízkonapěťových spínacích přístrojů  
Část 1: Všeobecná ustanovení  
Nahrazuje ČSN EN 60 439-1
- **ČSN EN 61 439-2/IEC 61 439-2**  
Kombinace nízkonapěťových spínacích přístrojů  
Část 2: Kombinace energetických spínacích přístrojů  
Nahrazuje ČSN EN 60 439-1
- **ČSN EN 61 439-3/IEC 61 439-3**  
Kombinace nízkonapěťových spínacích přístrojů  
Část 3: Instalační rozváděče pro obsluhu laiky
- **ČSN EN 60 947-1/IEC 60 947-1**  
Nízkonapěťové spínací přístroje  
Část 1: Všeobecná ustanovení
- **ČSN EN 60 947-3/IEC 60 947-3**  
Nízkonapěťové spínací přístroje  
Část 3: Spínače zátěže, odpínače, odpínače zátěže a pojistkové spínací jednotky
- **ČSN EN 60 664-1/IEC 60 664-1**  
Koordinace izolace elektrických zařízení nízkého napětí  
Část 1: Zásady, požadavky a zkoušky
- **ČSN EN 60 999-1/IEC 60 999-1**  
Spojovací materiály – Elektrické měděné vodiče –  
Bezpečnostní požadavky na šroubové svorky a svorky bez šroubů  
Obecné požadavky a zvláštní požadavky na svorky pro vodiče o průřezu 0,2 mm<sup>2</sup> až 35 mm<sup>2</sup> (včetně)
- **ČSN EN 60 999-2/IEC 60 999-2**  
Spojovací materiály – Elektrické měděné vodiče –  
Bezpečnostní požadavky na šroubové svorky a svorky bez šroubů  
Část 2: Zvláštní požadavky na svorky pro vodiče nad 35 mm<sup>2</sup> do 300 mm<sup>2</sup> (včetně)
- **DIN 43 671**  
Přípojnice z mědi, dimenzování pro trvalý proud
- **DIN 43 673-1**  
Otvory a šrouby přípojnic, přípojnice s obdélníkovým průřezem
- **2006/42/ES**  
Směrnice o strojních zařízeních
- **2006/95/ES**  
Směrnice o nízkonapěťových zařízeních
- **UL 248**  
Low-Voltage Fuses
- **UL 4248-1**  
Fuseholders Part 1: General Requirements
- **UL 486 E**  
Equipment Wiring Terminals for use with Aluminium and/or Copper Conductors
- **UL 489**  
Molded-Case Circuit breakers, Molded-Case Switch and Circuit-Breaker Enclosures
- **UL 508**  
Industrial Control Equipment
- **UL 508A**  
Industrial Control Panels
- **UL 512**  
Fuseholders
- **UL 845**  
Motor Control Centers
- **UL 891**  
Switchboards

### Ri4Power kombinace nízkonapětových spínacích přístrojů s ověřením návrhu

Typy polí Ri4Power kombinací nízkonapětových spínacích přístrojů splňují ověření návrhu dle ČSN EN 61 439-1 a DIN EN 61 439-2. Probíhá-li plánování a provedení podle specifikací a návodů k montáži systémů Ri4Power, odpovídá kombinace typů polí kombinaci nízkonapětových spínacích přístrojů s ověřením návrhu dle ČSN EN 61 439-1 a DIN EN 61 439-2.

Zkoušky systémů Ri4Power byly provedeny se spínacími přístroji výrobců

- ABB
- Eaton
- GE
- Jean Müller
- Mitsubishi
- Schneider Electric
- Siemens
- Terasaki

a s komponenty RiLine Rittal. Na rozdíl od nezkoušené kombinace spínacích přístrojů jsou zadání pro výběr komponent a spínacích přístrojů vázána na zkoušené typy. Při plánování výkonových jističů je rovněž nutné zohlednit případné redukční činitele pro použití za zvýšených teplot uvnitř rozváděčových skříní.

Před plánováním a instalací zkoušené kombinace spínacích přístrojů by měl uživatel společně s výrobcem spínacího přístroje optimalizovat technické parametry zkoušené kombinace spínacích přístrojů. Pro zkoušené provedení zařízení Ri4Power doporučujeme software Rittal Power Engineering. Zde jsou integrovány všechny potřebné technické parametry, které dovedou uživatele k požadovanému řešení.

Ověřením návrhu kombinace spínacích přístrojů se ověří kombinace rozváděče, systému přípojníc a spínacích přístrojů jako funkční jednotky a potvrdí se dodržení všech technických mezních hodnot.

Technické údaje kombinace spínacích přístrojů s ověřením návrhu se přitom mohou lišit od testovaných hodnot jednotlivých komponent, protože tyto komponenty často podléhají také jiným zkušebními předpisům.

Také pro systémy přípojníc se mohou údaje v rámci zkoušené kombinace spínacích přístrojů lišit od údajů dle DIN 43 671, protože při zkoušce se vedle skříně a systému přípojníc zohledňují také spínací přístroje zatížené ztrátovým výkonem. Proto jsou pro kombinace spínacích přístrojů s ověřením návrhu rozhodující technická systémová data uvedená v kapitole 2-106, strana 1 až 7. Pokud se typy polí kombinují s různými jmenovitými parametry, je nutno dávat pozor, aby nejnižší parametry pro hlavní přípojnicový systém a také stupeň krytí celkové skříně určovaly jmenovité hodnoty pro celou kombinaci spínacích přístrojů.

### Ri4Power kombinace nízkonapětových spínacích přístrojů bez ověřením návrhu

Komponenty Ri4Power se však mohou používat také mimo kombinace spínacích přístrojů s ověřením návrhu. Přitom je však

nutné respektovat technické údaje výrobků, údaje o odolnosti proti zkratu a jmenovité data přípojnícových systémů.

### Plánování a projektování v souladu s předpisy

Nízkonapětové rozváděče a rozváděče je třeba zásadně projektovat tak, aby vyhovovaly provozním podmínkám na místě konečné instalace. Za tímto účelem musí provozovatel zařízení v koordinaci s výrobcem stanovit provozní podmínky a podmínky okolního prostředí. Kromě toho provozovatel, resp. příslušná projekční kancelář zpravidla sdělí výrobci všechny elektrické parametry na straně napájení z elektrické sítě i na straně výstupu z rozváděče. Pouze s takovým zadáním lze vyprojektovat, resp. vyrobit technicky optimálně přizpůsobené a cenově příznivé zařízení.

### Důležité základní údaje pro plánování a projektování

- Předpisy a ustanovení, místní nebo mezinárodní, jež mají být aplikovány
- Technické podmínky připojení (TAB) stanovené příslušným energetickým závodem
- Specifické podnikové předpisy
- Ochranné jištění v závislosti na síti/typ sítě
- Jmenovité napětí a frekvence
- Jmenovitý proud s ohledem na počet vodičů (napájení a přípojnice)
- Napětí, na které má být dimenzována odolnost izolace
- Zkratový proud na místě montáže
- Poloha napájecích kabelů, které jsou přivedeny shora nebo zdola
- Počet napájecích kabelů a jejich žil s uvedením typu a průřezu
- Počet vývodů s uvedením provozní zátěže a také s uvedením předpokládaného typu a průřezu kabelů na výstupní straně
- Pro výstupní stranu údaje o součiniteli současnosti a součiniteli jmenovitého zatížení příslušných spotřebičů

### Důležité provozní podmínky a podmínky okolního prostředí

- Jmenovité provozní napětí  $U_e$
- Frekvence sítě  $f_N$
- Jmenovité izolační napětí  $U_i$
- Jmenovitá odolnost proti rázovému napětí  $U_{imp}$
- Jmenovitý proud úseku kombinace spínacích přístrojů  $I_{NA}$
- Jmenovitý proud proudových obvodů  $I_{nc}$
- Součinitel jmenovitého zatížení RDF
- Podmíněný jmenovitý zkratový proud  $I_{cc}$
- Jmenovitý proud přípojnice  $I_{sas}$
- Jmenovitá odolnost proti rázovému proudu  $I_{pk}$
- Jmenovitá odolnost proti krátkodobému rázovému proudu  $I_{cw}$
- Podmínka teploty okolního prostředí  $\theta$
- Zatížení při atmosférických klimatických podmínkách s uvedením relativní vlhkosti vzduchu a teploty
- Stupeň krytí celého zařízení IP . . .  
Údaje dle normy ČSN EN 60 529
- Třída ochrany

### Součinitel zatížení RDF

#### dle ČSN EN 61 439-2 tabulka 101

Součinitel zatížení kombinace spínacích přístrojů nebo její části (např. jednoho pole), která zahrnuje několik hlavních proudových obvodů, je poměr nejvyššího součtu všech proudů, jež lze v libovolném časovém okamžiku očekávat v příslušných hlavních proudových obvodech, k součtu jmenovitých proudů všech hlavních obvodů kombinace spínacích přístrojů nebo její uvažované části.

Počet hlavních proudových obvodů	Součinitel zatížení
2 a 3	0,9
4 a 5	0,8
6 a 9	0,7
10 a více	0,6
Servopohon	0,2
Motory ≤ 100 kW	0,8
Motory ≥ 100 kW	1,0

### Připojení/spojení vodičů

Pokud není v dokumentaci výrobku Rittal nebo u výrobku výslovně uvedeno něco jiného, platí spojení vodičů výhradně pro připojení měděných vodičů. Spoje s hliníkovými vodiči podléhají speciální přípravě vodičů a musí se v pravidelných intervalech provádět jejich údržba.

Je nutné dodržovat utahovací moment uvedený na výrobku nebo v naší dokumentaci. Podle platného předpisu o svorkách ČSN EN 60 999-1 a -2 nesmí být svorky vystaveny zatížení tahem. Z tohoto důvodu se musí pro řádnou instalaci použít odlehčení tahu vhodné pro konkrétní případ použití. Rozsahy upnutí uvedené v dokumentaci Rittal představují příslušnou absolutní hodnotu minimálně/maximálně použitelného připojovacího vodiče. Použití nalisovaných dutinek nelze z důvodu různých tvarů lisování nelze univerzálně schválit, protože mohou vzniknout odchylky v rozsahu upnutí nebo elektromechanicky nevýhodné spoje. Obecně je nutné dbát na to, aby silový účinek svorky neuvolňoval přirozený způsob nalisování dutinky nebo dokonce nepůsobil proti němu. Tudiž se například pro svorky stlačující vodiče naplocho hodí přednostně nalisované spoje ve tvaru čtyřhranu a lichoběžníku. Pro kruhové svorky se proto hodí kulaté lisované spoje. U větších průřezů může například připojení vodičů s nalisovaným spojem ve tvaru čtyřhranu nebo lichoběžníku do kruhových svorek vytvořit elektromechanicky nedostačující spojení. Důvodem je samovolňovací účinek, protože při sešroubování svorky se do tvaru kruhu deformují nejprve rohy nalisované dutinky, a tím může být vlastní lisovaný spoj mezi vodičem a dutinkou neúčinný. Svorky nejsou mechanicky konstruovány k určování nového lisovaného tvaru vodiče. Takové použití by bylo klasickým příkladem nepovoleného zahřívání, které může kvůli ionizaci bezprostředního okolního vzduchu vést v nejhorším případě k zapálení elektrického obvodu a nakonec k úplnému zničení zařízení.

Označení druhů vodičů dle ČSN EN 60 228:

- re** kulatý vodič jednodrátový
- se** sektorový vodič jednodrátový
- rm** kulatý vodič laněný
- sm** sektorový vodič laněný
- f** jemně laněný

Pro svorky dle UL platí UL 486E. Rozlišují se svorky pro tovární (factory-) nebo praktické zapojení (field-wiring). Všechny svorky připojovacích a přístrojových adaptérů Rittal RiLine60 byly odzkoušeny pro vyšší požadavky certifikace pro praktické zapojení. Dle UL 486E se pro přípravu vodičů nesmí v současnosti používat nalisované dutinky. Provedení s úpravou dutinek se u UL nyní reviduje.

Označení druhů vodičů dle UL 486E:

- s** stranded (laněný)
- sol** solid (jednodrátový)

Následující tabulka znázorňuje přiřazení AWG a MCM průřezů k průřezům vodičů v mm<sup>2</sup>:

Velikost vodiče	Absolutní průřez v mm <sup>2</sup>	Nejbližší normalizovaný průřez v mm <sup>2</sup>
AWG 16	1,31	1,5
AWG 14	2,08	2,5
AWG 12	3,31	4
AWG 10	5,26	6
AWG 8	8,37	10
AWG 6	13,3	16
AWG 4	21,2	25
AWG 2	33,6	35
AWG 0	53,4	50
AWG 2/0	67,5	70
AWG 3/0	85	95
MCM 250	127	120
MCM 300	152	150
MCM 350	178	185
MCM 500	254	240
MCM 600	304	300

AWG = American Wire Gauges

MCM = Circular Mils (1 MCM = 1000 Circ. Mils = 0,5067 mm<sup>2</sup>)

# Rozvod proudu

## Všeobecné informace

### Proudová zatížitelnost přípojovacích vodičů

Proudová zatížitelnost kabelů a vodičů závisí na různých faktorech.

Vedle vlastní izolace, tzn. konstrukce pláště kabelu, jsou faktory

■ Způsob instalace

■ Kumulace

■ Teploty okolního prostředí

rozhodující pro skutečnou proudovou zatížitelnost vodiče.

Podle následujících tabulek lze pro průřezy vodičů od 1,5 do 35 mm<sup>2</sup> zjistit proudovou zatížitelnost se zohledněním uvedených faktorů.

Proudová zatížitelnost vodičů s PVC izolací při teplotě okolního prostředí +40 °C, způsob instalace E (ČSN EN 60 204-1:1998-11)	
Jmenovitý průřez mm <sup>2</sup>	Zatížitelnost A
1,5	16
2,5	22
4	30
6	37
10	52
16	70
25	88
35	114

Přepočítací koeficienty K <sub>2</sub> pro zatížitelnost vodičů (ČSN EN 60 204-1:1998-11)	
Teplota okolního prostředí °C	Koeficient
30	1,15
35	1,08
40	1,00
45	0,91
50	0,82
55	0,71
60	0,58

Redukční činitel pro kumulaci kabelů/vodičů K <sub>1</sub>				
Způsob instalace	Počet zatížených proudových obvodů			
	2	4	6	9
E	0,88	0,77	0,73	0,72

### Zadání vzorového výpočtu:

Pro 16mm<sup>2</sup> přípojovací vedení s PVC izolací H07 pro připojení k pojistce D 02-E 18 (SV 3418.010) je nutno zjistit maximální povolený proud vodiče za následujících podmínek:

Podmínky okolního prostředí a instalace

■ Instalace vedení v kabelovém kanálu s 6 zatíženými proudovými obvody

■ Teplota okolního prostředí v rozváděči 35 °C

■ Přímá teplota okolního prostředí vedení v kabelovém kanálu 50 °C

$$\begin{aligned} I_{\max} &= I_{(40^{\circ}\text{C})} \cdot K_1 \cdot K_2 \\ &= 70 \text{ A} \cdot 0,73 \cdot 0,82 \\ &= 41,9 \text{ A} \end{aligned}$$

### Shrnutí:

Za stávajících podmínek okolního prostředí je možné vyřízení přípojovacího vedení pojistky pouze max. do 41,9 A. Na základě dalších vlivů jako zapojení prvků do řady, nepříznivé konvekční podmínky v konstrukci atd. se může tato hodnota případně dále snížit.

### Jmenovité proudy a zkratové proudy normovaných transformátorů

Jmenovité napětí $U_N = 400 \text{ V}$	400 V		
Zkratové napětí $U_k$	4 % <sup>1)</sup>		6 % <sup>2)</sup>
Jmenovitý výkon $S_{NT}$ [kVA]	Jmenovitý proud $I_N$ [A]	Zkratový proud $I_k$ <sup>3)</sup> [kA]	
50	72	1,89	–
63	91	2,48	1,65
100	144	3,93	2,62
125	180	4,92	3,28
160	231	6,29	4,20
200	289	7,87	5,24
250	361	9,83	6,56
315	455	12,39	8,26
400	577	15,73	10,49
500	722	19,67	13,11
630	909	24,78	16,52
800	1155	–	20,98
1000	1443	–	26,22
1250	1804	–	32,78
1600	2309	–	41,95
2000	2887	–	52,44
2500	3608	–	65,55

<sup>1)</sup>  $U_k = 4 \%$  normováno dle normy DIN 42 503 pro  $S_{NT} = 50 \dots 630 \text{ kVA}$

<sup>2)</sup>  $U_k = 6 \%$  normováno dle normy DIN 42 511 pro  $S_{NT} = 100 \dots 1600 \text{ kVA}$

<sup>3)</sup>  $I_k$  = počáteční zkratový střídavý proud transformátoru při připojení na síť s neomezeným zkratovým výkonem

### Použití polovodičových pojistek v odpínačích NH/lištových pojistkových odpínačích výkonové zátěže NH RiLine a držácích pojistek s jezdcovým upevněním

Ochrana proti přetížení a zkratu polovodičových konstrukčních prvků klade velmi vysoké požadavky na pojistkové vložky. Jelikož polovodičové konstrukční prvky mají nepatrnou tepelnou kapacitu, musí být integrální hodnota vypinacích časů (hodnota  $I^2t$ -) polovodičových pojistkových vložek typů aR, gR oder gRL přizpůsobena mezní integrální hodnotě jištěných polovodičových obvodů. Z toho plyne, že spouštěcí charakteristika pojistkových vložek musí být velmi rychlá a přepětí během vypinacího procesu (vypinací napětí, popř. napětí elektrického oblouku) musí být co nejmenší. Ve srovnání s pojistkovými vložkami k ochraně kabelů, vodičů i transformátorů mají zvláštní vlastnosti polovodičových pojistkových vložek za následek poměrně vysoký ztrátový výkon.

Vysoký ztrátový výkon je předáván do okolí ve formě tepelné energie. Protože je každý spínací přístroj NH jen v omezené míře schopen odvádět tepelnou energii do okolního prostředí, uvádí se v technických datech spínacích přístrojů NH maximální ztrátový výkon ( $P_{V \max.}$  / tavná vložka). Jsou-li hodnoty ztrátového výkonu, uváděné výrobcem, překročeny, je ve smyslu vedlejší tabulky nutno snížit jmenovitý proud, popř. odpovídajícím způsobem zvýšit minimální průřez připojení, aby se přiměřeně zlepšil odvod tepla.

Tyto technické vlastnosti platí proto pro polovodičové pojistky, na bázi normy ČSN EN/IEC 60 269-3 a 60 269-4. Tyto pojistky odpovídají běžným pojistkám na trhu Neozed a Diozed a mohou se fyzicky používat v držácích pojistek s jezdcovým upevněním Rittal. Je nutno dbát na to, aby nebyl překročen ztrátový výkon srovnatelného jištění s charakteristikou gL nebo gG. V případě potřeby je nutné zohlednit redukční činitele.

### Ztrátový výkon pojistkových vložek pro držáky pojistek s jezdcovým upevněním

Maximální hodnoty výkonu na pojistkovou vložku pro držáky pojistek Rittal D 02/D II a D III jsou uvedeny v následující tabulce. Tyto hodnoty se opírají o DIN VDE 0636-3, resp. HD 60 269-3 „Pojistky nízkého napětí - část 3: Další požadavky pro obsluhu laiky“, tabulka 101. Pro odlišné ztrátové výkony se musí stanovit redukční činitele pro jmenovitý proud v závislosti na dané aplikaci. To platí převážně pro použití s pojistkami charakteristiky aR nebo gR (polovodičové pojistky), které mohou mít na základě své konstrukce daleko vyšší ztrátové výkony.

Jmenovitý proud $I_N$ A	Maximální výkon W	
	D 01/D 02	D II/D III
2	2,5	3,3
4	1,8	2,3
6	1,8	2,3
10	2,0	2,6
13	2,2	2,8
16	2,5	3,2
20	3,0	3,5
25	3,5	4,5
35	4,0	5,2
50	5,0	6,5
63	5,5	7,0