

Proudový chránič bez nadproudové ochrany

Zkušenosti z praxe a důvody pro použití proudových chráničů

z německého originálu časopisu *de*, 4/2009, vydavatelství Hüthig & Pflaum Verlag GmbH München, upravil Ing. Josef Košťál, redakce Elektro

Impedančně zatížené zemní zkratky, resp. spojení na kostru, která mohou vzniknout na základě vad izolace s tvorbou elektrických oblouků, nejsou dokonalé. Takovéto vady izolace vyvolávají toky malých proudů, které jsou hluboko pod úrovní citlivosti záúčinkování nadproudové ochrany (tavná pojistka, jistič vedení), a mohou tak téci poměrně dlouhou dobu. Zkratky tohoto typu ohrožují bezpečnost osob. Teplo takového zemního zkratu, které se uvolňuje v místě poškození izolace, může být příčinou vzniku požáru.

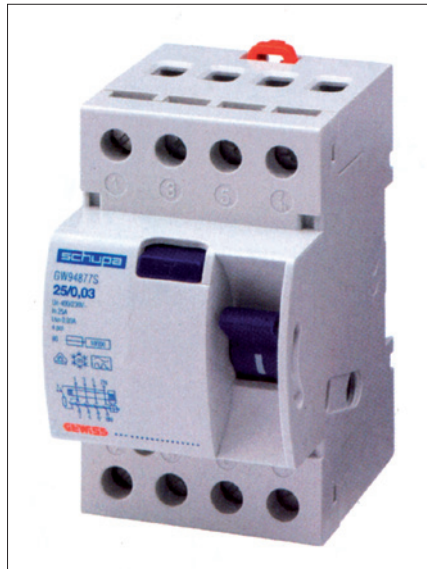
Protože proudové chrániče (RCD – *Residual Current Device*) bezpečně detekují i velmi malé proudy zemního zkratu, resp. spojení na kostru a vypínají ve všech pólech, jsou velmi vhodnými přístroji pro ochranu osob a ochranu proti požáru. Proudový chránič však může být poškozen nebo zničen přetížením či zkratem. Vady v proudovém chrániči narušují, nebo dokonce zcela znemožňují jeho fungování, a je proto třeba zamezit vzniku těchto vad.

Funkce proudového chrániče bez nadproudové ochrany

Pro vysvětlení ochrany čtyřpólovým proudovým chráničem (obr. 1) je v dalším textu popsána jeho konstrukce a princip činnosti v soustavě TN-S.

Všechny aktivní vodiče (L1, L2, L3 a N), které vedou od sítě k elektrickým zařízením chráněným proudovým chráničem, procházejí součtovým měřicím transformátorem proudu. Tyto vodiče představují primární vinutí transformátoru. Za normálního stavu, tj. není-li v chráněném obvodu žádná závada (zemní zkrat/spojení na kostru), je v měřicím transformátoru geometrický, resp. vektorový součet proudů přitékajících a odtékajících roven nule. V tomto případě se rovná nule rovněž geometrický, resp. vektorový součet všech magnetických toků v jádře součtového transformátoru (W). Při zemním zkratu/spojení na kostru za proudovým chráničem v síti TN-S dojde k porušení této rovnováhy (nulového stavu) a ochranným vodičem (PE) a zemí poteče vyrovnávací chybový proud k uzemněnému nulovému bodu napájecího transformátoru. V důsledku toho se výsledný magnetický tok již nebude rovnat nule. Tento

nestacionární magnetický tok v jádře součtového transformátoru indukuje do sekundárního vinutí (WS) součtového transformátoru napětí. Protože sekundární vinutí tvoří uzavřený obvod, bude jím protékat také proud. Tímto způsobem se vybudí cívka elektromagnetického vypínače (A) a uvede se do činnos-



ti zámek vypínače (S). Konečným důsledkem těchto procesů je pak vypnutí proudového chrániče na všech pólech.

Přetížení versus chránič

Na základě uvedeného principu fungování nemusí proudový chránič při bezporuchovém stavu chráněného elektrického zařízení vůbec zaregistrovat provoz při přetížení. Proudový chránič nezaznamená přetížení, ani když provozní proud překročí několikanásobně hodnotu jmenovitého proudu a v důsledku tohoto

stavu dojde k poškození jeho kontaktů. Toto proudové přetížení totiž nenarušuje zmíněnou elektromagnetickou rovnováhu.

V katalogích výrobců lze u technických údajů najít např. tuto informaci: „...max. provozní proud nesmí překročit jmenovitý proud proudového chrániče.“ Z tohoto vyplývá, že proudový chránič je třeba chránit před přetížením. Toto lze řešit buď omezeným počtem výkonových jističů zapojených v sérii, nebo vhodnou nadproudovou ochranou.

Proudový chránič je třeba chránit před přetížením

Při řešení ochrany před přetížením čtyřpólového proudového chrániče, který je použit ke skupinové ochraně proudovými chrániči, používají elektrotechnici v praxi většinou tavné pojistky s charakteristikou gG (dříve gL). Tyto pojistky jsou určeny především k ochraně kabelů a vedení před přetížením. K ochraně proudového chrániče před přetížením jsou však méně vhodné.

Analýza ochrany chrániče před přetížením

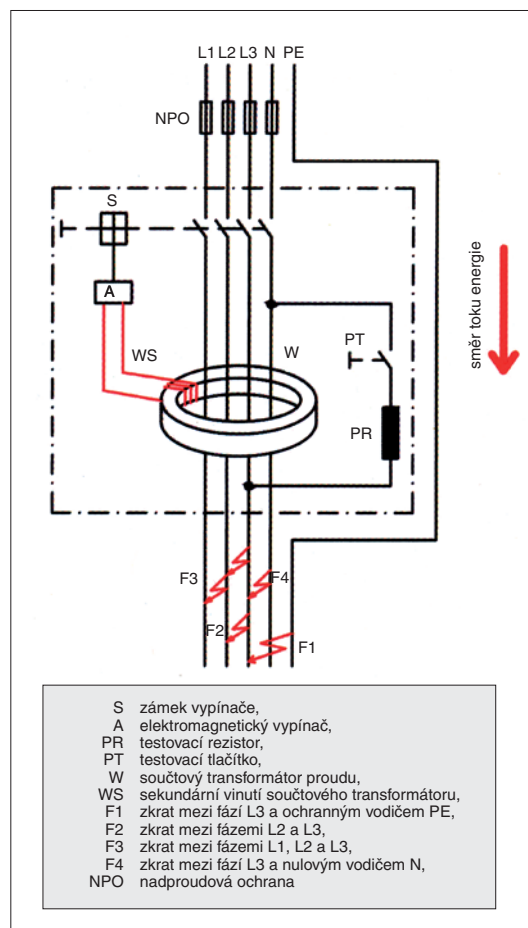
Pro lepší objasnění tohoto problému je v dalším textu analyzováno skupinové zapojení proudových chráničů (obr. 2). V tomto zapojení je čtyřpólový proudový chránič se jmenovitým proudem $I_n = 63$ A a se jmenovitým chybovým proudem 30 mA chráněn před přetížením tavnou pojistkou 63 A s charakteristikou gG.

Na základě standardních dob a proudů (podle DIN VDE 0636, idt IEC 60269 Pojistky nízkého napětí), které určují chování tavných pojistek při přetížení, nesmí tavná pojistka se jmenovitým proudem 63 A a s charakteristikou gG přerušit zatěžovací proud 78,75 A

Tabulka zkušebních proudů a zkušebních dob nadproudových ochrann

Nadproudová ochrana	Parametr				
	I_r (A)	I_1 (A)	t_1 (h)	I_2 (A)	t_2 (h)
63 A/gG tavná pojistka	63	78,75	>1	100,80	<1
50 A/gG tavná pojistka	50	62,50	>1	80,00	<1
63 A/B jistič vedení	63	71,19	>1	91,35	<1
63 A/E selektivní jistič vedení	63	66,15	>2	75,60	<2
50 A/E selektivní hlavní jistič vedení	50	52,50	>2	60,00	<2

(tj. nevybavovací proud I_{nr}) v délce trvání 1 h. Tento typ tavné pojistky musí však bezpečně zareagovat (vypnout) zatěžovací proud 100,8 A (tj. vybavovací proud I_f) v době kratší než 1 h. Oba standardní proudy tavné pojistky překračují přitom významně jmenovitý proud proudového chrániče 63 A. Použije-li se k ochraně před přetížením u stejného proudového chrániče předřadný selektivní hlavní jistič vedení se jmenovitým proudem 63 A, vybavovací charakteristikou E a jme-



Obr. 1. Principiální schéma čtyřpólového proudového chrániče bez vestavěné nadproudové ochrany (RCCB)

novitým spínacím proudem 25 kA (obr. 3), situace se změní.

Podle zkušebních dob a zkušebních proudů (podle DIN VDE 0645), které určují chování selektivních hlavních jističů vedení při přetížení, nesmí selektivní hlavní jistič vedení se jmenovitým proudem 63 A přerušit zatěžovací proud 66,15 A v délce trvání 2 h. Tento jistič musí však bezpečně zareagovat (vypnout) při zatěžovacím proudu 75,6 A v době kratší než 2 h.

Vyhodnocení ochrany chrániče před přetížením

Při srovnání selektivního hlavního jističe vedení s tavnou pojistkou se stejným jmenovitým proudem lze konstatovat, že také oba

standardní proudy tohoto jističe překračují jmenovitý proud proudového chrániče, i když ne tak výrazně.

Hodnoty zkušebních proudů a zkušebních dob tavných pojistek 63 A/gG a 50 A/gG, jističů vedení 63 A/B, jakož i selektivních hlavních jističů vedení 63 A/E a 50 A/E jsou uvedeny v tab. Při jejich porovnání lze zjistit, že u všech tří nadproudových ochranných (tavná pojistka, jistič vedení a selektivní jistič vedení) se jmenovitým proudem odpovídajícím jmenovitému proudu proudového chrániče existuje možnost proudového přetížení chrániče. Nejpříznivější situací s ohledem na ochranu před přetížením proudového chrániče představuje zapojení s předřazeným selektivním hlavním jističem vedení.

Zkratová ochrana chrániče

Na základě principu fungování je proudový chránič schopen detekovat pouze zkrat mezi fázovým vodičem a ochranným vodičem (viz chyba F1 na obr. 1). Nejistí však již dvou- nebo třípólové zkraty mezi fázovými vodiči ani zkraty mezi fázovým vodičem a nulovým (nulovým) vodičem (viz chyby F2, F3 a F4 na obr. 1).

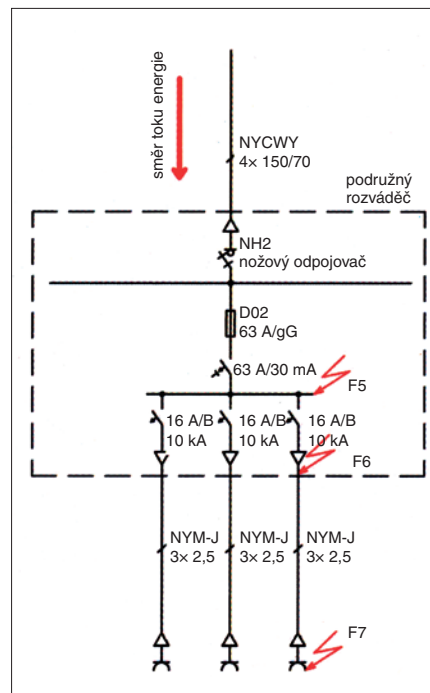
Dokonalé zkraty mezi fázovým vodičem a ochranným vodičem, které proudový chránič detekuje, však velmi často svým zkratovým zatí-

Vzájemná selektivita závisí ve skutečnosti na zatížení při zkratu

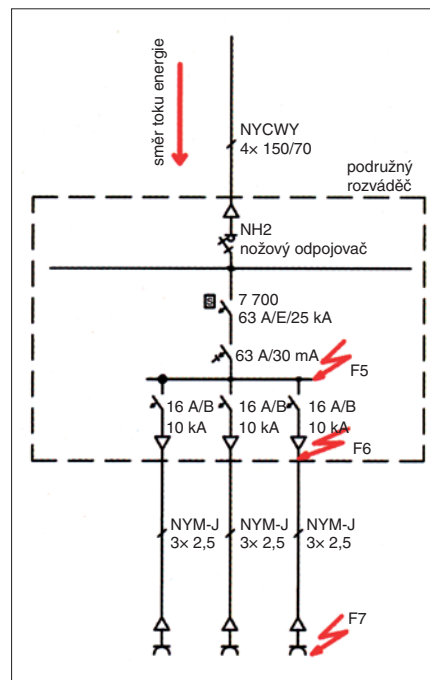
žením překračují hodnotu jmenovité chybové spínací schopnosti $I_{\Delta m}$, resp. zkratové odolnosti proudového chrániče proti chybovému proudu. V těchto případech musí proudový chránič ale také u zkratů, které vůbec nedetekuje, spínat a přenášet chybové zkratové proudy bez poškození až do okamžiku, než nějaká vhodná předřazená nadproudová ochrana přeruší zkratovou cestu. Taková nadproudová ochrana musí ovšem zaručovat, že jmenovitý podmíněný chybový zkratový proud $I_{\Delta c}$, resp. jmenovitý podmíněný zkratový proud I_{nc} příslušného proudového chrániče nebude v žádném případě překročen.

Dynamická zkratová odolnost

Výrobci proudových chráničů jsou podle DIN VDE 0664 Část 10 povinni uvádět tepelnou a dynamickou zkratovou odolnost proudových chráničů bez vestavěné nadproudové ochrany. Nejsou-li tyto hodnoty výrobcem



Obr. 2. Čtyřpólový proudový chránič 63 A/30 mA bez vestavěné nadproudové ochrany (RCCB) k ochraně skupiny střídavého zásuvkového obvodu - jistění tavnou pojistkou 63 A/gG (jednopolové zobrazení)



Obr. 3. Čtyřpólový proudový chránič 63 A/30 mA bez vestavěné nadproudové ochrany (RCCB) k ochraně skupiny střídavého zásuvkového obvodu - jistění selektivním hlavním jističem vedení 63 A/E/25 kA (jednopolové zobrazení s dokonalými zkraty F5 až F7)

uvedeny, platí nejmenší hodnoty, které jsou uvedeny v tab. 15 normy DIN VDE 0664-10 (idt IEC 61008-1 Proudové chrániče bez vestavěné nadproudové ochrany pro domovní a podobné použití (RCCB) - Část 1: Všeobecná pravidla).

Výrobci uvádějí v katalozích těchto přístrojů efektivní hodnotu střídavé složky neovlivněného zkratového proudu, do které je příslušný proudový chránič při zkratu chráněn při použití určité nadproudové ochrany. Doporučuje se tuto hodnotu porovnat s vypočtenou hodnotou zkratového proudu. Tímto způsobem lze zajistit dodržení zkratové pevnosti proudového chrániče.

Vliv dokonalých zkratů na selektivitu

V současné době je kladen stále větší důraz na selektivní vypínání zkratů v rozvodné síti. Tak by měly být dokonalé zkraty v místech poruchy F6 a F7 (obr. 2 a obr. 3) odpojeny jističem vedení, a ne tavnou pojistkou, resp. selektivním jističem. Kromě dostatečné jmenovité vypínací schopnosti jističe vedení je požadováno také jeho selektivní chování za podmínek zkratu mezi ním a nadřazenou tavnou pojistkou, resp. selektivním jističem.

Úvaha o tavné pojistce a jističi vedení

Tavné pojistky a jističe vedení mají – na základě rozdílné konstrukce a rozdílného způsobu účinkování – také rozdílné vybavovací charakteristiky. Vzájemná selektivita je splněna, je-li specifická propustná energie následně zapojeného jističe vedení menší než specifická tavná energie nadřazené tavné pojistky, resp. je-li Jouleův integrál (integrál propustné energie) jističe vedení menší než tavný integrál tavné pojistky:

$$\int_0^{t_a} I^2 dt < \int_0^{t_s} I^2 dt$$

kde

$\int_0^{t_a} I^2 dt$ je specifická propustná energie jističe vedení,

$\int_0^{t_s} I^2 dt$ specifická tavná energie tavné pojistky,

t_a vypínací doba jističe vedení,

t_s tavná doba tavné pojistky

U skupinové konfigurace proudových chráničů podle obr. 2 jde o sériové zapojení tavné pojistky 63 A/gG, čtyřpólového proudového chrániče 63 A/30 mA a dále ještě jističe vedení 16 A/B/10 kA. V tomto případě leží tzv. mez selektivity na efektivní hodnotě střídavé složky zkratového proudu 2 900 A. Jak však již bylo zmíněno, není tím automaticky dána ochrana proudového chrániče před přetížením. Proto by se zde použila tavná pojistka 50 A/gG a mez selektivity by se pak nacházela na hodnotě 2 000 A.

U sériového zapojení tavné pojistky 35 A/gG, proudového chrániče 40 A/30 mA a jističe vedení 16 A/B/10 kA by se snížila mez selektivity na efektivní hodnotu střídavé složky zkratového proudu 1 300 A.

Použití selektivního hlavního jističe vedení

Je-li k dispozici pro ochranu proudového chrániče 63 A/30 mA selektivní hlavní jistič vedení 63 A/E/25 kA (obr. 3), bude dodržena selektivita mezi tímto jističem a následně zapojeným jističem vedení do jmenovité vypínací schopnosti jističe vedení.

Proudový chránič se zabudovanou nadproudovou ochranou RCBO (*Residual Current circuit-Breaker with Overcurrent protection*) podle DIN VDE 0664-20 (EN 61009-1 Proudové chrániče s vestavěnou nadproudovou ochranou pro domovní a podobné použití (RCBO) – Část 1: Všeobecná pravidla) jako kombinace proudového chrániče a jističe vedení se jmenovitým proudem 63 A a jmenovitým chybovým proudem 30 mA, vybavovací charakteristikou B a jmenovitou vypínací schopností např. 15 kA by byla pro ochranu stejné skupiny zásuvkových obvodů s ohledem na selektivitu méně vhodná, protože uvažované selektivní chování by bylo možné jen do efektivní hodnoty střídavé složky zkratového proudu 315 A.

Nachází-li se rozdělení v elektrické blízkosti nízkonapětového hlavního rozvodu, který je napájen z několika paralelně spojených transformátorů (a jehož přípojnicový systém není rozdělen), musí se zkratová ochrana proudového chrániče velmi pečlivě ověřit a specifikovat.

Závěr

Na základě uvedeného příkladu z praxe lze konstatovat, že tavná pojistka, jejíž jmenovitý proud je roven jmenovitému proudu proudového chrániče, nemůže plnit funkci ochrany před přetížením proudového chrániče bez nadproudové ochrany. Může ale v mnoha případech zajišťovat zkratovou ochranu. Tam, kde lze předpokládat velká zkratová zatížení, je proto třeba situaci pečlivě analyzovat a teprve na základě zjištěných skutečností ji dále řešit.



**KDE JINÍ KONČÍ,
NASTUPOJEME MY**

V OBLASTI ENERGETICKÝCH ŘEŠENÍ
VELKÝCH VÝKONŮ JSME TI NEJLEPŠÍ

Phoenix-Zeppelin, spol. s r. o.,
Energetické systémy
Tel.: 266 015 331
Fax: 266 015 370
E-mail: motory@p-z.cz
www.p-z.cz

**PHOENIX
ZEPPELIN** **CAT**