Pomocné obvody v zmysle novej normy STN 33 2000-5-557 (meranie, ovládanie, regulácia)

doc. Ing. Dionýz GAŠPAROVSKÝ, PhD., STU FEI v Bratislave

1 ÚVOD

V roku 2014 vyšla nová norma STN 33 2000-5-557 „Elektrické inštalácie nízkeho napätia. Časť 5-557: Výber a stavba elektrických zariadení. Pomocné obvody“. Norma stanovuje požiadavky na pomocné obvody okrem tých, ktoré sú predmetom samostatnej výrobkovej alebo systémovej normy. Norma bola k dispozícii spočiatku len v anglickom jazyku. K 1.1.2017 vyšla zmena normy STN 33 2000-5-557/A11. Dňa 1. apríla 2017 vychádza táto norma so zapracovanou zmenou už aj v slovenčine. Norma je dôležitá všade tam, kde sa okrem hlavných silových obvodov používajú aj pomocné obvody na ovládanie, meranie, reguláciu a podobné účely.

Dôležité požiadavky týkajúce sa pomocných obvodov stanovuje aj norma STN EN 61439-1:2012 „Nízkonapäťové rozvádzače. Časť 1: Všeobecné pravidlá“, napr. požiadavky na vnútorné elektrické obvody a prípoje, svetelné návestia a tlačidlá, označovanie pomocných obvodov atď. V tomto príspevku sa sústredíme na ustanovenia normy STN 33 2000-5-557.

2 ZÁKLADNÉ POJMY A DEFINÍCIE

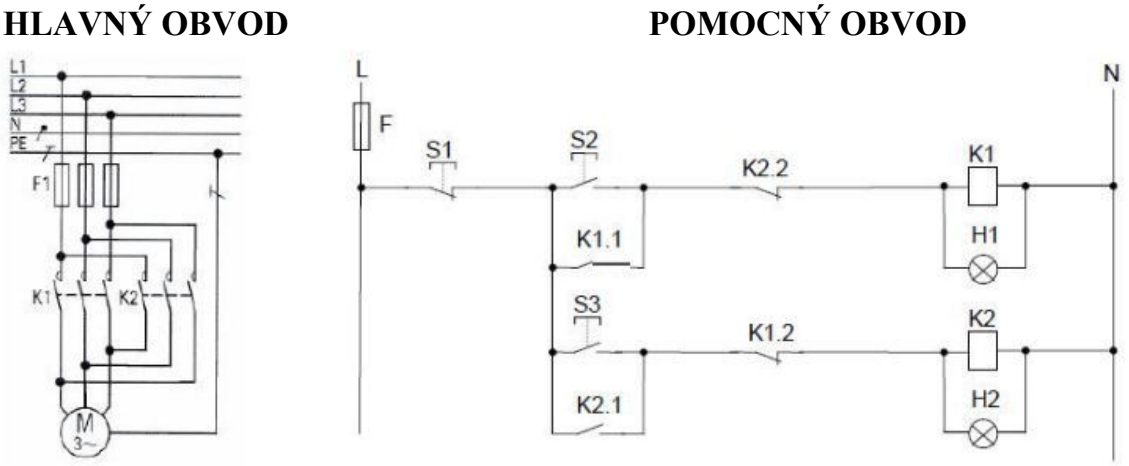
Mnohé elektrické schémy v priemysle, komunálnej sfére ale aj v domácnostiach sa dajú rozdeliť na hlavné a pomocné obvody, ktoré sú v norme STN 33 2000-5-557 definované takto:

Hlavný obvod je obvod, ktorý obsahuje elektrické zariadenie na výrobu, premenu, distribúciu alebo spínanie elektrickej energie alebo na spínanie elektrických spotrebičov.

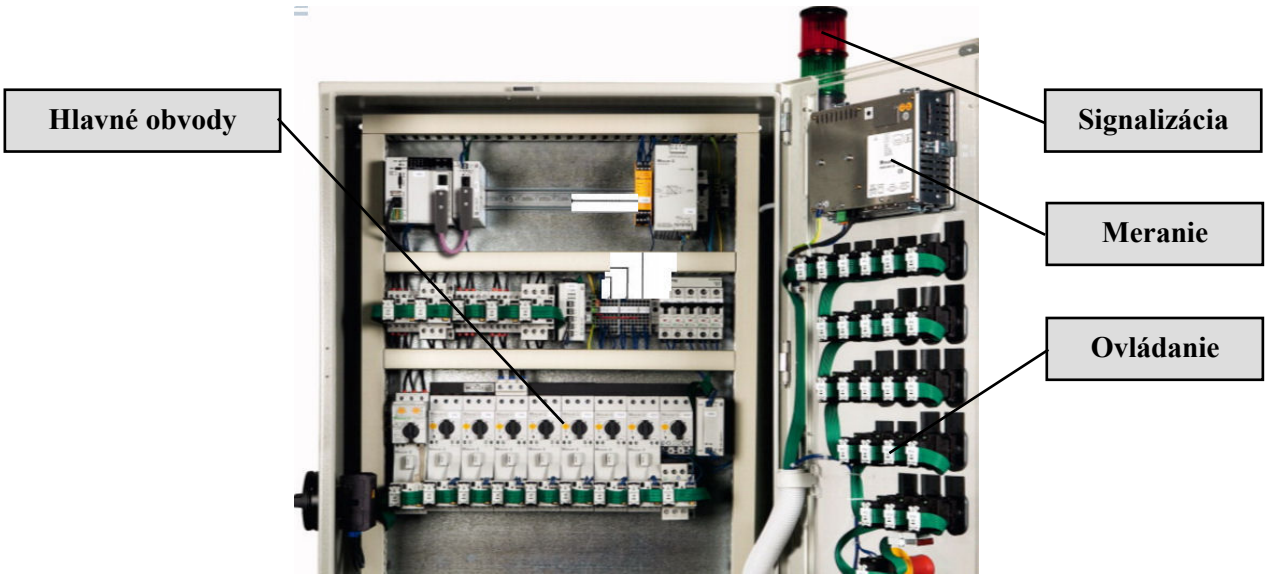
Pomocný obvod je obvod na prenos signálov, ktoré sú určené na riadenie, detekciu, dohľad alebo meranie funkčného stavu hlavného obvodu.

Hlavný obvod je teda silový (výkonový obvod). Pomocný obvod často nazývame „ovládacím“ obvodom, okrem ovládania však bežne slúži aj na signalizáciu a meranie. Príklad hlavných a pomocných obvodov vyjadrených formou obvodovej schémy je na obr. 1 – ide o jednoduché ovládanie asynchrónneho motora s reverzáciou chodu. Hlavný obvod v takýchto schémach tvorí istenie F1, stykačové ovládanie K1 a K2 a nadprúdové relé (na obr. 1 sa nenachádza), pričom tieto funkcie môžu byť kombinované do jedného prístroja. Pomocný obvod zahŕňa tlačidlá pre zapnutie (dva smery – S2 a S3) a vypnutie motora S1, svetelné signalizačné zariadenia H1 a H2 (zvyčajne žiarovky) a cievky

stykačov K1 a K2 so samodržnými kontaktmi K1.2 a K2.2. Prepojenie medzi oboma obvodmi predstavujú stykače K1 a K2, ktorých hlavné kontakty prináležia hlavným obvodom a pomocné kontakty spolu s cievkou k pomocným obvodom.



Obr. 1 Príklad obvodovej schémy hlavných a pomocných obvodov pre jednoduché ovládanie a signalizáciu chodu asynchrónneho motora s reverzáciou



Obr. 2 Rozvádzač s hlavnými a pomocnými obvodmi

Na obr. 2 je príklad rozvádzača s prístrojmi pri hlavné a pomocné obvody. Požiadavky na hlavné a pomocné obvody v rozvádzačoch rieši norma STN EN 61439-1.

3 POŽIADAVKY NA NAPÁJANIE A ISTENIE POMOCNÝCH OBVODOV

V závislosti od aplikácie môžu pomocné obvody pracovať v inej prúdovej sústave ako hlavné obvody. Napájanie pre pomocný obvod môže byť podľa požadovanej funkcie:

- jednosmerné alebo striedavé
- závislé alebo nezávislé od hlavného obvodu
- s uzemnením alebo bez uzemnenia

Menovité napätie pomocného obvodu a jeho častí musí byť kompatibilné s napájaním tohto obvodu. Ak je napájacie napätie pre daný obvod príliš nízke, potom jeho prevádzka nebude spoľahlivá, napríklad nebude zabezpečená správna funkcia reléových prvkov.

Vplyv úbytku napätia na správnu funkciu elektrických zariadení v pomocných obvodoch sa musí zvážiť napríklad v týchto prípadoch:

- pri striedavom napájaní môžu mať relé a solenoidové ventily nábehový prúd 7- až 8-krát vyšší, ako je prídržný prúd
- pri jednosmernom napájaní je nábehový prúd rovnaký ako ustálený prúd
- v prípade motorov s priamym rozbehom z vedenia môže rozbehový prúd znížiť napájacie napätie pomocného obvodu závislého od hlavného obvodu pod hodnotu minimálneho prevádzkového napätia príslušného spínacieho zariadenia

3.1 Jednosmerné a striedavé napájanie pomocného obvodu

V rozsiahlejších inštaláciách sa uprednostňuje jednosmerné napájanie pomocného obvodu. Ak sa má signalizovať stav hlavného obvodu, potom signalizačný obvod musí byť schopný nezávislej prevádzky od tohto hlavného obvodu.

a) Jednosmerné (DC) napájanie:

Napájanie zo siete: Menovité napätie riadiacich obvodov nemá podľa možnosti prekročiť 220 V.

Napájanie z batérií: Kolísanie napätia v dôsledku nabíjania a vybíjania batérií nesmie prekročiť hraničné hodnoty, ak pomocný obvod nie je špeciálne navrhnutý na vyrovnávanie takéhoto kolísania napätia. Vyrovnávanie kolísania napätia sa dá dosiahnuť napr. pomocou protičlánkov.

b) Striedavé (AC) napájanie:

Menovité napätie riadiaceho obvodu (so zohľadnením dovolenej tolerancie) nemá podľa možnosti prekročiť

- 230 V pre obvody s menovitou frekvenciou 50 Hz
- 277 V pre obvody s menovitou frekvenciou 60 Hz

Návrh dĺžky vedenia s ohľadom na kapacitnú impedanciu vodiča (napr. pri spojení s koncovým spínačom) sa musí koordinovať s vybranými relé alebo solenoidovými ventilmi. Výdržné napätie spôsobené vysokou kapacitnou impedanciou vedenia môže zhoršiť schopnosť vypnutia relé alebo solenoidového ventilu.

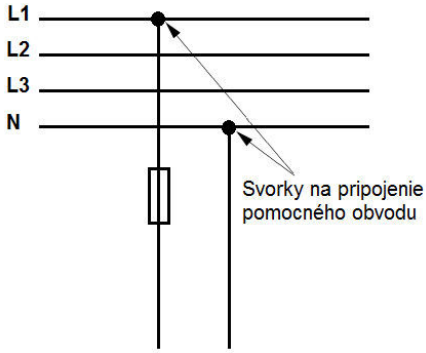
Ak sa na napájanie pomocných obvodov používa zálohové napájanie alebo bezpečnostné napájanie z generátorovej zostavy, musí sa zohľadniť kolísanie frekvencie.

3.2 Napájanie pomocného obvodu závislé a nezávislé od hlavného obvodu

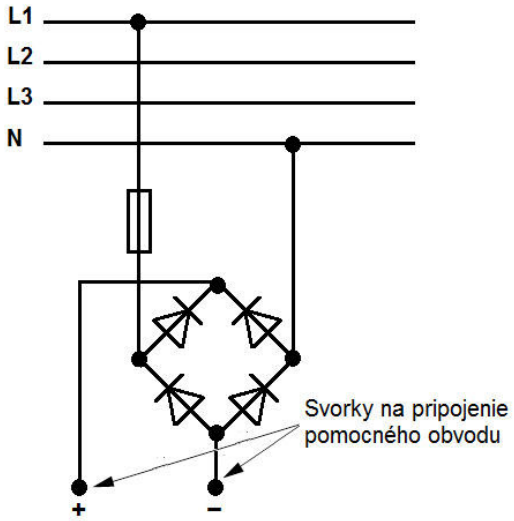
a) Napájanie závislé od hlavného obvodu: Pomocné obvody s napájaním závislým od hlavného obvodu so striedavým napätím sa k hlavnému obvodu pripájajú buď priamo (obr. 3), cez usmerňovač (obr. 4) alebo cez transformátor (obr. 5).

Ak sa pomocný obvod napája z hlavného obvodu priamo alebo cez usmerňovač, začiatok pomocného obvodu je v mieste pripojenia k hlavnému obvodu (obr. 3). Pri napájaní cez usmerňovač (obr. 4) alebo transformátor (obr. 5) sa pomocný obvod začína na jednosmernej strane usmerňovača, resp. na sekundárnej strane transformátora. Ak je pomocný obvod napájaný viac ako z jedného transformátora, tieto transformátory musia byť spojené paralelne na primárnej aj na sekundárnej strane.

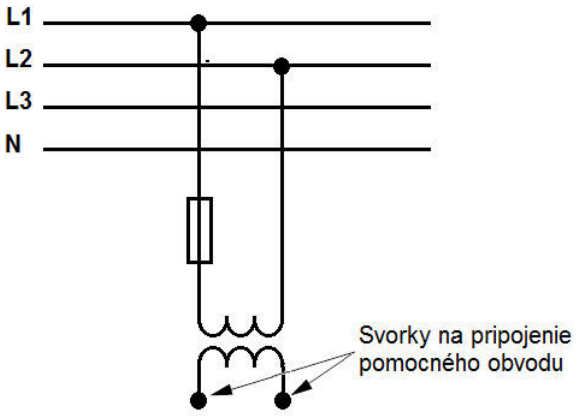
Pomocné obvody napájajúce elektronické zariadenia alebo systémy nemajú byť napájané priamo, ale aspoň cez jednoduché oddelenie od hlavného obvodu.



Obr. 3 Pomocný obvod napájaný priamo z hlavného obvodu



Obr. 4 Pomocný obvod napájaný z hlavného obvodu cez usmerňovač



Obr. 5 Pomocný obvod napájaný z hlavného obvodu cez transformátor

b) Pomocný obvod napájaný z nezávislého zdroja: Príkladom nezávislého napájania sú akumulátorové batérie a napájací systém nezávislý od siete. Pri nezávislom napájaní sa má detegovať strata napájania alebo podpätie v hlavnom obvode. Na tento účel slúžia tzv. podpäťové spúšte. Nezávisle napájaný pomocný obvod nesmie vytvárať nebezpečné situácie.

3.4 Pomocný obvod s uzemnením alebo bez uzemnenia

Či sa má pomocný obvod prevádzkovať s uzemnením alebo bez uzemnenia, závisí od konkrétnej aplikácie. Napríklad v uzemnenom pomocnom obvode zemné spojenie v neuzemnenom vodiči spôsobí vypnutie napájania pomocného obvodu. V izolovaných (neuzemnených) pomocných obvodoch zemné spojenie vo vodiči iba vyvolá signál z IMD. Preto použitie neuzemnených pomocných obvodov treba zvážiť všade tam, kde sa vyžaduje vysoká spoľahlivosť prevádzky. Pomocný obvod musí spĺňať všetky základné požiadavky na uzemnenie (napr. podľa STN 33 2000-5-54).

a) Uzemnené pomocné obvody napájané cez transformátor sa smú spojiť so zemou len v jednom bode na sekundárnej strane transformátora. Spojenie so zemou musí byť realizované v blízkosti transformátora. Miesto spojenia musí byť ľahko dostupné a spojenie sa musí dať rozdeliť na účely merania izolačného odporu.

b) Neuzemnený pomocný obvod: Ak sa pomocný obvod prevádzkuje ako neuzemnený cez transformátor, na sekundárnej strane transformátora sa musí inštalovať monitor izolačného stavu (IMD). Signál z IMD prístroja môže vyvolať akustický a/alebo svetelný poplach alebo hlásenie preniesť do monitorovacieho systému. Ktorý z uvedených spôsobov sa realizuje, sa musí určiť na základe posúdenia rizík.

3.5 Požiadavky na istenie elektrických rozvodov

a) Jednofázové **uzemnené** striedavé alebo jednosmerné pomocné obvody napájané zo sekundárnej strany transformátora je dovolené istiť jednopólovými istiacimi prístrojmi. Istiace prístroje sa smú zapojiť len do vodičov, ktoré nie sú priamo spojené so zemou.

b) **Neuzemnené** striedavé alebo jednosmerné pomocné obvody sa pred skratovým prúdom musia istiť pomocou istiacich prístrojov, ktoré prerušia všetky krajné vodiče. Takéto istenie pomáha pri diagnostike poruchy a pri činnostiach údržby. Jednopólové istenie je dovolené len vtedy, ak menovité napätie a vypínacia charakteristika príslušného istiaceho prístroja zabezpečí aj istenie vodiča s najmenším prierezom.

Spínacie kontakty elektrického spínacieho prístroja pomocného obvodu musia byť istené proti poškodeniu skratovými prúdmi podľa pokynov výrobcu.

Ak je prístroj istiaci pred skratom na primárnej strane transformátora pre pomocný obvod zvolený tak, že zároveň chráni pred skratovým prúdom na sekundárnej strane, samostatný ochranný prístroj na sekundárnej strane transformátora sa môže vynechať. Veľkosť skratového prúdu na primárnej strane pritom závisí aj od impedancie transformátora.

V prípade zložitých pomocných obvodov treba zabezpečiť, aby sa požadovaný vypínací prúd istiaceho prístroja dosiahol aj na vzdialenom konci príslušných káblov alebo vodičov.

4 DIMENZOVANIE VODIČOV A KÁBLOV

Základné požiadavky na dimenzovanie vodičov a káblov stanovuje norma STN 33 2000-5-52, ktorá sa uplatňuje aj pre pomocné obvody. Norma STN 33 2000-5-557 stanovuje doplnkové požiadavky z hľadiska mechanickej pevnosti. Na zabezpečenie patričnej mechanickej odolnosti musia byť dodržané aspoň minimálne prierezy vodičov uvedené v tabuľke 1; ak sa však na vodiče alebo káble kladú zvláštne požiadavky na mechanickú odolnosť, musí sa určiť vyšší prierez vodičov v súlade s STN 33 2000-5-52.

Minimálny prierez medených vodičov v mm^2 *Tabuľka 1*

Aplikácia	Typ vodiča				
	Jednožilový		Dvojžilový		Viačžilový
	S plným jadrom	So zlaneným jadrom	Tienený	Netienený	Tienený / netienený
Riadiace obvody*	0,5	0,5	0,5	0,5	0,1
Prenos údajov	–	–	–	–	0,1

* Niektoré pomocné obvody môžu vyžadovať vyšší prierez medeného vodiča, napr. na účely merania

5 POŽIADAVKY NA POMOCNÉ OBVODY NA MERANIE

Meracie obvody sú pomocné obvody so zvláštnymi požiadavkami uvedenými nižšie. Meranie elektrických veličín môže byť priame alebo nepriame cez prúdový alebo napäťový transformátor.

5.1 Pomocné obvody na priame meranie elektrických veličín

V prípade priameho kontaktu meracieho prístroja s hlavným obvodom sa na ochranu vedení pred prehriatím musí použiť prístroj istiaci pred skratom a musia sa splniť konkrétne požiadavky normy STN EN 61439-1 týkajúce sa pomocných obvodov.

Ak prerušenie meracieho obvodu odpojením prístroja istiaceho pred skratom môže viesť k nebezpečným situáciám, prístroj istiaci pred skratom musí zároveň odpojiť aj príslušný hlavný obvod.

Pri meracích prístrojoch s priamym kontaktom medzi meracím obvodom a pomocným zdrojom treba dať pozor na zhodu fáz a správnu polaritu.

5.2 Pomocné obvody na meranie elektrických veličín cez transformátor

a) Prúdový transformátor: Ak je merací prístroj pripojený k hlavnému obvodu cez prúdový transformátor, platia tieto požiadavky:

- sekundárna strana transformátora sa v inštalácii nízkeho napätia nesmie uzemniť; výnimkou je prípad, keď sa meranie dá vykonať iba pri spojení so zemou

- ochranné prístroje prerušujúce obvod sa nesmú použiť na sekundárnej strane transformátora
- vodiče na sekundárnej strane transformátora musia mať izoláciu na najvyššie napätie akýchkoľvek živých častí alebo musia byť inštalované tak, že ich izolácia nemôže prísť do styku s inými živými časťami (napr. do kontaktu s prípojnicami)
- musia byť zriadené svorky na dočasné merania

Aby sa znížil vplyv impedancie vodičov na výsledok merania, transformátor má mať na sekundárnej strane menovitý prúd 1 A.

Vyššieuvedené požiadavky neplatia pre súčtové prúdové transformátory, kde sa nebezpečné napätie neobjavuje (napr. pri zariadení na vyhľadávanie miesta poruchy izolácie).

b) Napäťový transformátor: Sekundárna strana napäťového transformátora musí byť chránená prístrojom istiacim proti skratu.

6 FUNKČNOSŤ

6.1 Funkčnosť v závislosti od napätia

Ak strata napätia, kolísanie napätia, prepätie alebo podpätie môžu spôsobiť neschopnosť pomocného obvodu vykonávať určenú funkciu, musia sa zabezpečiť prostriedky na pokračovanie prevádzky pomocného obvodu.

6.2 Kvalita signálov v závislosti od vlastností vedenia

Vlastnosti vedenia (vrátane impedancie a dĺžky vedenia) medzi jednotlivými prevádzkovými časťami nesmú nepriaznivo ovplyvňovať prevádzku pomocného obvodu. Kapacitná impedancia pomocného obvodu nesmie narušiť správnu činnosť akčného člena v pomocnom obvode. Charakteristiky a dĺžka vedenia sa musia zohľadniť aj pri výbere spínacieho alebo riadiaceho zariadenia alebo elektronických obvodov. Pre zložité pomocné obvody sa odporúča jednosmerné napájanie alebo prípojnicový systém.

6.3 Opatrenia proti strate funkčnosti

Ak je pre pomocný obvod so zvláštnym určením prvoradá spoľahlivosť, aby sa čo najviac znížila pravdepodobnosť možných chýb zapojenia, ktoré by mohli viesť k strate funkčnosti a/alebo strate signálu, vyžaduje sa pri návrhu zohľadniť tieto zásady:

- výber vhodnej metódy inštalovania vedení
- výber takých zariadení, v ktorých sa nemôže vyskytnúť skrat medzi neživými časťami (napr. v zariadeniach triedy ochrany II)
- použitie zariadení a inštalácií bezpodmienečne (vnútorne) odolných proti skratu a zemnému spojeniu

Bezpodmienečná (vnútorná) odolnosť proti skratu a zemnému spojeniu *je stav elektrického zariadenia alebo zostavy chránenej proti skratu alebo zemnému spojeniu vhodným návrhovým alebo realizačným opatrením (definícia podľa medzinárodného elektrotechnického slovníka IEC 60050-826).*

Pri použití zariadení alebo inštalácií bezpodmienečne odolných proti skratu a zemnému spojeniu sa musí zohľadniť:

a) usporiadanie jednotlivých vodičov, ak sú zavedené opatrenia na zábranu ich vzájomného dotyku a dotyku s neživými časťami (napr. prostredníctvom základnej izolácie) a kde sa nepredpokladá skrat vyvolaný vonkajšími vplyvmi; to sa dá dosiahnuť napríklad
   - inštalovaním vedení v úložnom elektroinštalačnom kanáli
   - inštalovaním vedení v elektroinštalačnej rúrke

b) usporiadanie
   - jednožilových vodičov
   - jednožilových káblov s nekovovým plášťom
   - šnúr s gumovou izoláciou

c) zaistenie ochrany káblov s nekovovým plášťom proti mechanickému poškodeniu a zaistenie ich bezpečnej vzdialenosti od horľavých materiálov

d) usporiadanie káblov s nekovovým plášťom s menovitým napätím U_0/U najmenej 0,6/1 kV (U_0 = napätie medzi vodičom a zemou, U = napätie medzi vodičmi)

e) použitie káblov so samozhášacou izoláciou a s odolnosťou proti šíreniu plameňa

f) použitie káblov, pre ktoré sa mechanická ochrana zabezpečuje skrytým spôsobom uloženia (napr. uložením v pôde alebo betóne)

Opatrenia proti skratu súbežných vodičov predstavujú zabezpečenie ochrany proti krátkemu spojeniu dvoch súbežných vodičov, ktoré sú súčasťou spoločnej zostavy. To sa dá dosiahnuť použitím vodičov s uzemneným tienením. V prípade namáhania vodičov tlakom alebo strihom je potrebné zvážiť možné spojenie tienenia so zemou. V uzemnených pomocných obvodoch navrhnutých na činnosť v uzavretých obvodoch môže prípadný skrat vyvolať vybavenie istiaceho prístroja proti skratu. V neuzemnených pomocných obvodoch sa skrat deteguje pomocou monitora izolačného stavu IMD.

6.4 Výstup signálu s prúdovým obmedzením

Výstupný signál obmedzujúci prúd *je výstupný signál z prístroja, ktorý slúži na obmedzenie prúdu.*

V uzemnených alebo neuzemnených pomocných obvodoch s prúdovo obmedzenými výstupnými signálmi alebo s elektronicky ovládanou ochranou pred skratom sa signálový obvod musí odpojiť v čase najviac 5 s. Vo zvláštnych prípadoch sa môže vyžadovať aj kratší čas odpojenia.

Pre výstupné signály s prúdovým obmedzením alebo pre elektronicky ovládanú ochranu výstupného signálu sa automatické odpojenie napájania môže vynechať, ak sa nepredpokladá možnosť vzniku nebezpečnej situácie.

6.5 Spojenie s hlavným obvodom

a) Pomocné obvody s priamym spojením s hlavným obvodom:

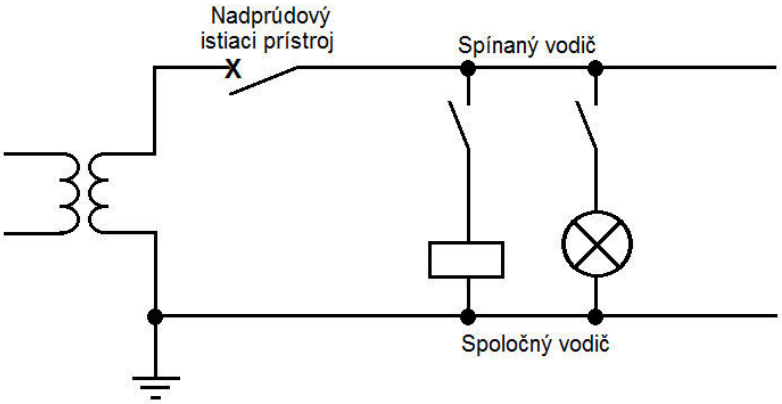
- Ak je pomocný obvod napájaný z dvoch krajných vodičov (napr. L1 a L2 v sústave IT), musia sa použiť dvojpólové spínacie kontakty.
- Ak je pomocný obvod pripojený na uzemnený neutrálny bod hlavného obvodu,

b) Pomocné obvody bez priameho spojenia s hlavným obvodom: Elektrické akčné členy (relé, stýkače, svetelná signalizácia, elektromagnetické zámky atď.) sa musia pripojiť na spoločný vodič (obr. 6):

- v uzemnených pomocných obvodoch v mieste uzemneného (spoločného) vodiča
- v neuzemnených pomocných obvodoch v mieste spoločného vodiča

Výnimkou sú spínacie prvky ochranných relé (napr. nadprúdového relé), ktoré môžu byť inštalované medzi uzemneným alebo neuzemneným vodičom a cievkou, pričom

- toto spojenie sa nachádza vnútri spoločného krytu
- vedie k zjednodušeniu vonkajších ovládacích prístrojov (napr. zberníc, káblových bubnov, konektorových systémov)



Obr. 6 Konfigurácia pomocného obvodu

6.6 Zásuvné spojenia

Zásuvné spojenia sú súčasťou pomocných obvodov a prechádzajú nimi rôzne signály.

Zameniteľnosť rôznych zásuvných spojení je dovolená len v prípade, že nespôsobí mechanické poškodenie alebo nevyvolá riziko požiaru, zásah elektrickým prúdom či zranenie osôb. Ochrana proti zameniteľnosti sa dá dosiahnuť pomocou značenia, mechanického kódovania , dizajnu alebo elektronického blokovania.

Konektory musia byť zabezpečené prostriedkom na zábranu neúmyselného rozpojenia.

7 FUNKČNÁ BEZPEČNOSŤ

Pre bezpečnostné systémy podľa súboru noriem STN EN 61508 (alebo ekvivalentných noriem) musia byť dodržané všetky špecifikácie a požiadavky na inštaláciu uvedené v návode výrobcu.

Poznámka: Norma STN 33 2000-5-557 pôvodne uvádzala definíciu úrovne bezpečnostnej integrity SIL prebratú z normy STN EN 61508-4, nestanovovala však žiadne konkrétne požiadavky ohľadne úrovní SIL a zmenou A11 bola táto definícia v norme STN 33 2000-5-557 zrušená.

8 EMC

Na zhodu s požiadavkami EMC musia byť dodržané všetky špecifikácie a požiadavky na inštaláciu uvedené v návode výrobcu ohľadne EMC. Platia pritom aj všeobecné požiadavky normy STN 33 2000-4-444.

LITERATÚRA

1. STN 33 2000-5-557:2014 Elektrické inštalácie nízkeho napätia. Časť 5-557: Výber a stavba elektrických zariadení. Pomocné obvody.
2. STN 33 2000-5-557/A11:2017 Elektrické inštalácie nízkeho napätia. Časť 5-557: Výber a stavba elektrických zariadení. Pomocné obvody.
3. STN 33 2000-5-557:2017 Elektrické inštalácie nízkeho napätia. Časť 5-557: Výber a stavba elektrických zariadení. Pomocné obvody.
4. STN EN 61439-1:2012 Nízkonapäťové rozvádzače. Časť 1: Všeobecné pravidlá

Ostatné citované normy:

1. STN 33 2000-4-43:2010 Elektrické inštalácie nízkeho napätia. Časť 4-43: Zaistenie bezpečnosti. Ochrana pred nadprúdom
2. STN 33 2000-4-444: 2011 Elektrické inštalácie nízkeho napätia. Časť 4-444: Zaistenie bezpečnosti. Ochrana pred rušivými prepätiami a elektromagnetickým rušením
3. STN 33 2000-5-52:2012 Elektrické inštalácie nízkeho napätia. Časť 5-52: Výber a stavba elektrických zariadení. Elektrické rozvody
4. STN 33 2000-5-54:2012 Elektrické inštalácie nízkeho napätia. Časť 5-54: Výber a stavba elektrických zariadení. Uzemňovacie sústavy a ochranné vodiče
5. STN EN 61508-4:2010 Funkčná bezpečnosť elektrických/ elektronických/ programovateľných elektronických bezpečnostných systémov. Časť 4: Definície a skratky.