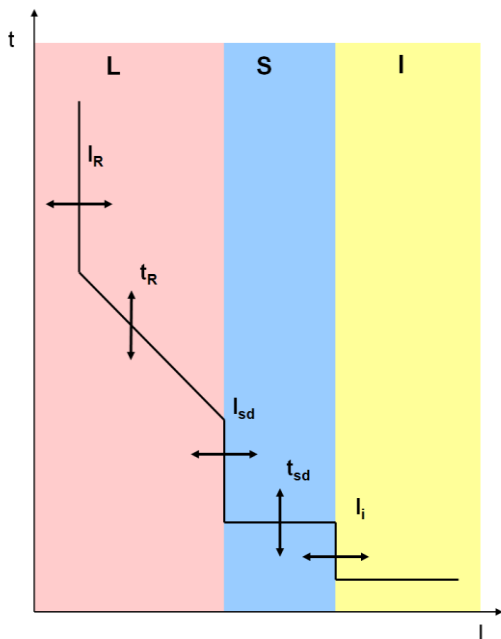


SELEKTIVITA JIŠTENÍ A JEJÍ OVĚŘENÍ POMOCÍ PROGRAMU SICHR

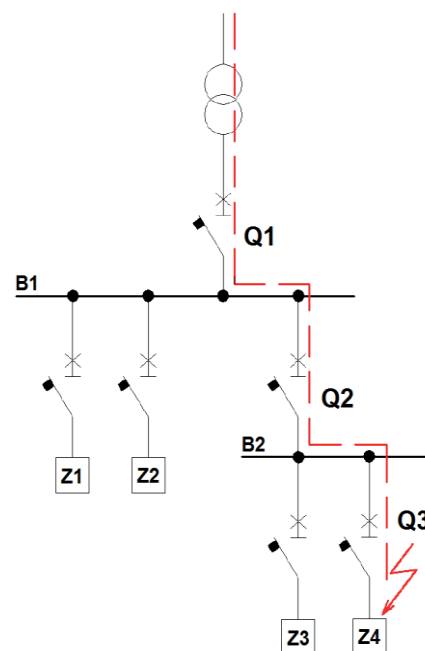
Ing. Adolf HUBÁLEK, OEZ s.r.o., Letohrad, Česká republika

V ČSN 33 2000-1, edice 2 se v článku 314.1 uvádí: „Každé elektrické zařízení a elektroinstalace musí mít obvody členěné do více částí s cílem zabránit nebezpečí a na nejmenší možnou míru omezit potíže v případě poruchy“ (v STN 33 2000-1: 2009 se uvádí „aby sa vyšlo nebezpečenstvu a minimalizovali sa následky poruchy“). Výpadky v dodávce elektrické energie s sebou přináší „potíže“ různého charakteru od pouhého nepohodlí přes riziko ekonomických ztrát až po ohrožení zdraví či životů lidí nebo zvířat. Při vzniku poruchy v elektrickém rozvodu je proto důležité, aby byla odpojena pouze ta část rozvodu, ve které k poruše došlo, nikoli části rozvodu bez poruchy. Dosahujeme toho vhodným členěním rozvodu a vhodnou kombinací ochranných přístrojů a jejich správným nastavením. Takové koordinaci ochranných přístrojů, kdy vypíná pouze ten, který je nejbližší předřazený poruše, říkáme **selektivní působení** nebo zkráceně **selektivita**.

Rozvod elektrické energie je téměř vždy tvořen rozvětvenou paprskovou sítí s mnoha ochrannými přístroji řazenými za sebou, viz obr. 1. Při naznačené poruše na zátěži Z4 prochází poruchový proud jističi Q1, Q2 a Q3. Aby nebyla přerušena dodávka do zátěží Z1 až Z3, je nutné aby na poruchu reagoval pouze jistič Q3. Pro dosažení takové koordinace je třeba zvolit jističe s vhodnými nadproudovými spouštěmi. Na přetížení reaguje závislá časová



obr. 2



obr. 1

nadproudová spoušť, u které se čas vypnutí zkracuje s rostoucím proudem (na obr. 2 označená „L“). Největší zkratové proudy vypíná nezávislá časová nadproudová spoušť okamžitá, označovaná jako zkratová, která jistič vypíná v nejkratším možném čase bez úmyslného zpoždění (na obr. 2 označená „I“).

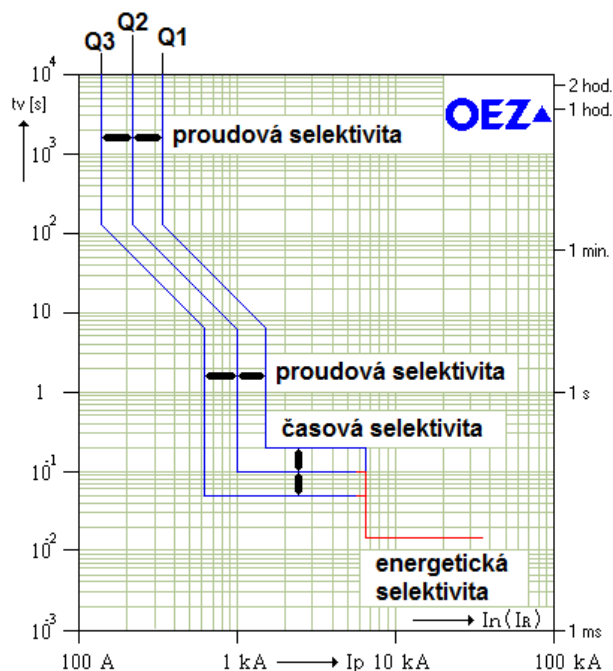
Jističe určené k selektivnímu jištění jsou vybaveny ještě třetí spouští, nezávislou časovou nadproudovou spouští zpožděnou, označovanou jako selektivní (na obr. 2 označená „S“). Vlastnosti této spouště popisuje v článku 4.4 předmětová norma EN 60947-2 Spínací a řídicí přístroje nízkého napětí – Část 2: Jističe. Jističe vyhovující tomuto článku pak nesou označení „kategorie užití B – jističe specificky určené pro zajištění časové selektivity“ (obr. 3).



obr. 3

Zatímco najjednoduchší jističe majú pouze pevně nastavené spouště „L“ a „I“, spouště jističů nejvyšší kategorie mají všechny parametry spouští „L“, „I“ i „S“ nastavitelné v širokých mezích (obr. 3). To je důležité pro dosažení jejich vzájemné selektivity. Vypínací charakteristiky za sebou zařazených jisticích prvků se nesmí křížit ani při nejnepříznivější kombinaci výrobních odchylek. Z toho vyplývá jejich „bezpečný“odstup.

Když se nyní vrátíme k zapojení na obr. 1, použijeme na pozice jističů Q1 a Q2 jističe s nastavitelnou selektivní spouští. Jistič na pozici Q3 selektivní spoušť mít může, ale nemusí. Vypínací charakteristiky nastavíme tak, aby mezi nimi byl dostatečný odstup jak ve vodorovném, tak ve svislém směru (obr. 4). V oblasti pod hranicí vybavovacích proudů nezávislých časových spouští hovoříme o proudové selektivitě. Je zajištěna dostatečným odstupem jmenovitých proudů jednotlivých jističů, výběrem vhodných průběhů vypínacích charakteristik v oblasti působení závislé časové spouště a odstupňováním vybavovacích proudů nezávislých časových spouští. V oblasti působení selektivních spouští je selektivita zajištěna dostatečným odstupem časů neboli nastavením různých zpoždění selektivních spouští jednotlivých jističů. V této oblasti hovoříme o časové selektivitě. Za hranicí nastavení zkratové



obr. 4

spouště předřazeného jističe již selektivitu z vypínacích charakteristik vyhodnotit nelze. Zde hovoříme o selektivitě energetické. Předřazený jistič nevypne, pokud přiřazený jistič nepropustí takový proudový pulz, který by způsobil inicializaci zkratové spouště předřazeného jističe.

Malá odbočka k tavným pojistkovým vložkám. Výrobci pojistkových vložek ve svých katalozích uvádějí jejich selektivitu poměrem 1:1,6. Je tím myšlen poměr jmenovitých proudů, tedy například předřazené pojistky 160 A gG a přiřazené pojistky 100 A gG. Toto tvrzení má oporu v předmětové normě EN 60269-1 Pojistky nízkého napětí – Část 1: Všeobecné požadavky, která selektivitu výkonových pojistkových vložek vyžaduje. Tato selektivita ale platí pouze pro tavné časy delší než 10 ms, což odpovídá mezi selektivity přibližně na hodnotě deseti až dvacetinásobku jejich jmenovitých proudů. Pro proudy větší lze selektivitu stanovit na základě porovnání tavné I^2t charakteristiky předřazené pojistky s celkovou I^2t_c charakteristikou přiřazené pojistky. Jouleův integrál I^2t charakterizuje energii propuštěnou jisticím přístrojem. Dvojice bude selektivní, jestliže celková propuštěná energie I^2t_c přiřazené pojistky nebude větší než tavná energie I^2t_t předřazené pojistky.

Jistič je ovšem mnohem složitější zařízení. Celková propuštěná energie je známá, ale s energií, která uvede v činnost jeho zkratovou spoušť, je to složitější. Nezáleží totiž jenom na jejím množství, ale i na časovém průběhu procházejícího proudu. Selektivitu v této oblasti lze stanovit pouze na základě provedených zkratových zkoušek. Výsledkem těchto zkoušek pak mohou být tabulky selektivity nebo pomůcka ve formě počítačového programu. Druhá varianta má výhodu v tom, že bere v úvahu i nastavení nadproudových spouští obou jističů.

Aby mohla být dvojice jističů selektivní do zkratového proudu většího, než je nastavení zkratové spouště předřazeného jističe, musí se jednat o jističe různých typových velikostí, tedy například o kaskádu jističů BL1600 – BH630 – BD250 (obr. 5). Jistič menší velikosti propustí méně energie než ten větší, více omezí procházející proud. Tento proudový pulz pak nestačí k inicializaci zkratové spouště většího z nich. Čím větší je rozdíl v typové velikosti, tím příznivěji selektivita vychází, proto je někdy vhodné z hlediska selektivity volit předřazený jistič větší typové velikosti, než by bylo

nezbytně nutné z hlediska jeho jmenovitého proudu. Naopak dvojice jističů stejné typové velikosti, například dvojice modulárních jističů LTN – LTN, bude vždy selektivní pouze do zkratového proudu rovného nastavení zkratové spouště předřazeného jističe. Dvojice jističů stejné velikosti reaguje na proud větší než je nastavení zkratové spouště stejně, vypnou oba dva.

Z uvedeného vyplývá, že dosažení selektivity není snadnou ani levnou záležitostí. Při návrhu rozvodu musí být vynaložené úsilí a náklady na dosažení selektivity úměrné závažnosti „potíží“ vzniklých v případě neselektivního zapůsobení ochran. Zejména tam, kde při výpadku dodávky elektrické energie hrozí nebezpečí ztrát na majetku či životech, se na dosažení selektivity vynakládá značné úsilí. Obecně je dosažení selektivity obtížné při kombinaci jisticích přístrojů s různým tvarem vypínacích charakteristik, tedy například při vzájemné kombinaci pojistek a jističů. Selektivitu díky potřebnému odstupu jednotlivých vypínacích charakteristik také komplikuje příliš mnoho ochranných prvků zapojených za sebou. Velikost zkratového proudu, do které je dvojice selektivní, se nazývá „mez selektivity“. Ideální je, pokud je mez selektivity výše než je efektivní hodnota počátečního rázového zkratového proudu I_k v místě přiřazeného jisticího přístroje. Takovému stavu říkáme „plná selektivita“. Selektivní působení jisticích přístrojů je zaručeno v celém možném rozsahu nadproudů, tzn. od malých přetížení až po maximální zkratové proudy, které mohou v daném elektrickém rozvodu vzniknout. Při jakékoli hodnotě nadproudu tedy vypíná jen jisticí přístroj nejbližší předřazený místu poruchy, což je ideální stav. V mnoha případech se ovšem musíme smířit se selektivitou částečnou, tedy takovou, kdy při zkratových proudech nad mezí selektivity nevypíná pouze prvek nejbližší předřazený poruše. Pak je třeba vyhodnotit pravděpodobnost vzniku tak velkého poruchového proudu a zvážit možné následky takové poruchy.

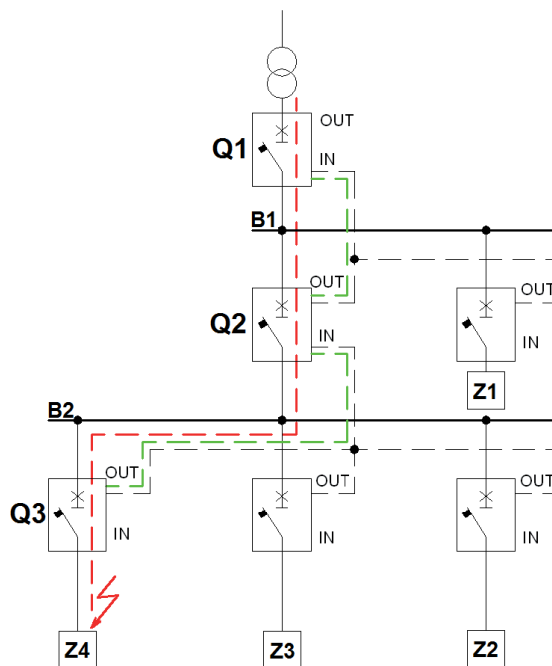
V nejnáročnějších provozech se k zajištění selektivity používají ještě další opatření. U jističe Arion WL při použití nadproudových spouští ETU45B nebo ETU76B propojených datovou sběrnicí CubicleBus s modulem ZSS je k dispozici funkce „Zone Selective Interlocking“ neboli časově zkrácené řízení selektivity, nazývané také zónová selektivita.

Časově zkrácené řízení selektivity je dokonalejším druhem časové selektivity. Lze ji tedy také použít jen u jističů, které mají selektivní spouště. I zde je nutné odstupňování jejich časového zpoždění a vybavovacího proudu, jako na obr. 4. Jističe jsou mezi sebou navíc propojeny datovým kabelem a vzájemně se informují o průchodu poruchového proudu (obr. 6). Při vzniku zkratu v některé části rozvodu prochází jističem zkratový proud. Informaci o jeho průchodu jistič předá svému předřazenému jističi. Vypíná jistič, kterým protéká zkratový proud, má podmínky k vypnutí a který tuto informaci neobdrží od svého přiřazeného jističe. Vypne po uplynutí času 50 ms bez ohledu, na jakou dobu zpoždění je nastavena jeho selektivní spoušť. V příkladu na obr. 6 nastal zkrat za jističem Q3.

Tento jistič odešle informaci předřazenému jističi Q2, že jím prochází zkratový proud a má podmínky k vypnutí. Sám tuto informaci neobdrží,



obr. 5



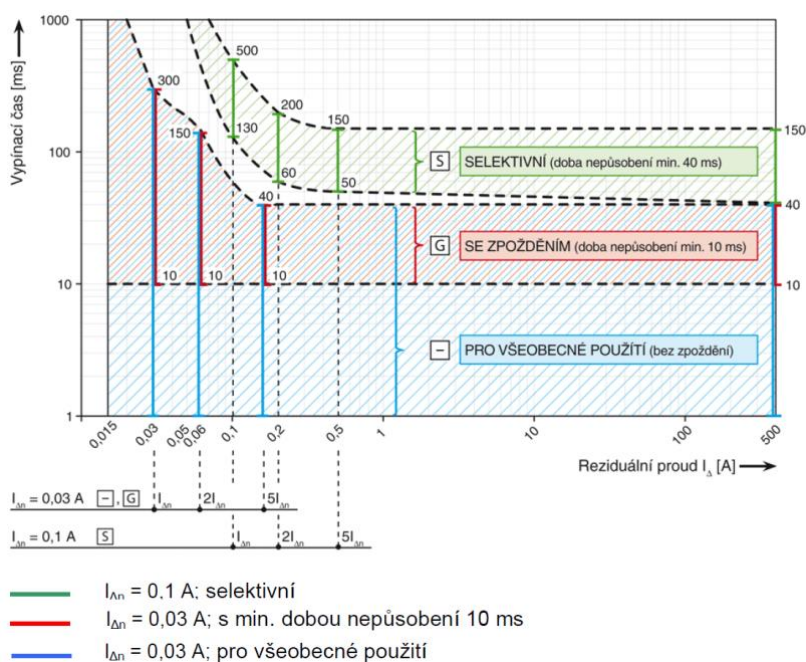
obr. 6

protože za ním je už jen spotřebič. Jistič Q2 také odešle svému předřazenému jističi Q1 informaci, že jím prochází zkratový proud a že má podmínky k vypnutí. Jističe Q2 a Q1 jsou připraveny vypnout, a to za dobu nastaveného zpoždění jejich selektivních spouští. Vypíná jistič Q3 po 50 ms, protože má podmínky k vypnutí a žádnou informaci neobdržel. Pokud by z nějakého důvodu jistič Q3 nevypnul, potom vypne tak jako u klasické časové selektivity jistič Q2 za dobu nastaveného zpoždění. V případě, že by došlo ke zkratu za jističem Q2, odešle tento jistič výše uvedenou informaci předřazenému jističi Q1 a vypíná, protože sám informaci neobdržel (jističem Q3 zkratový proud neprochází, neodesílá tedy žádnou informaci jističi Q2). Vypíná po 50 ms bez ohledu na nastavený čas zpoždění jeho selektivní spouště. Pomocí komunikace mezi jističi je tak možné i při použití časové selektivity výrazně omezit dobu průchodu zkratového proudu. Jištěné zařízení je podstatně méně tepelně namáháno.

V některých případech se selektivita nepožaduje nebo je dokonce nežádoucí. Jako příklad nežádoucí selektivity můžeme uvést selektivitu pojistek jisticích samostatně jednotlivé paralelní kabely proti společnému předřazenému jističi. Zde není žádoucí, aby pojistky při celkovém přetížení začaly vypínat dříve než vypne společný jistič. Pojistky mají v tomto případě za úkol reagovat pouze na nesymetrické rozdělení proudů do jednotlivých paralelních kabelů nebo při poruše na jednom z kabelů.

Pro úplnost zbývá zmínit ještě otázku vzájemné selektivity za sebou zapojených proudových chráničů. I proudové chrániče mají své vypínací charakteristiky (obr. 7). Formou pásem vyjadřují závislost času jejich vypnutí na velikosti reziduálního proudu I_{Δ} . Meze těchto pásem stanovuje jejich předmetová norma EN 61008-1. Proudové chrániče mohou vypínat již od poloviny svého jmenovitého reziduálního proudu $I_{\Delta n}$.

Čas vypnutí se postupně zkracuje a od pětinásobku $I_{\Delta n}$ se již nemění. U proudových chráničů pro všeobecné použití (bez dodatečného označení) a u rázově odolných proudových chráničů (označení „G“) je tento čas maximálně 40 ms. Naopak selektivní proudové chrániče (označení „S“) vypínají nejdříve za 40 ms. Podmínky selektivity lze popsat podobně jako u vypínacích charakteristik jisticů, nesmí se křížit. Z toho vyplývá, že předřazený proudový chránič musí být „S“ a přiřazený potom může být buď pro všeobecné použití nebo „G“. Aby se jejich charakteristiky nezkřížily při reziduálních proudech $I_{\Delta} = 0,5 \div 5 \times I_{\Delta n}$, musí mít ještě předřazený selektivní proudový chránič jmenovitý reziduální proud $I_{\Delta n}$ alespoň třikrát větší než přiřazený proudový chránič. Na obr. 7 jsou jako příklad v jednom rastru zakreslena pásma vypínacích charakteristik přiřazeného proudového chrániče s $I_{\Delta n} = 30$ mA a předřazeného, selektivního proudového chrániče s $I_{\Delta n} = 100$ mA. S běžnými proudovými chrániči pro domovní a podobné instalace lze tedy vytvořit selektivní kaskádu pouze dvou proudových chráničů. Existují však i proudové chrániče s nastavitelnou hodnotou $I_{\Delta n}$ i zpoždění v širokých mezích. Je to například jistič nebo odpínač BC160 s takzvaným chráničovým modulem. Pomocí této kombinace lze vytvořit selektivní kaskádu o několika stupních. Vzájemnou selektivitu jak proudových chráničů, tak selektivitu jisticů a pojistek vyhodnocuje výpočtový program Sichr. Jedná se o firemní program

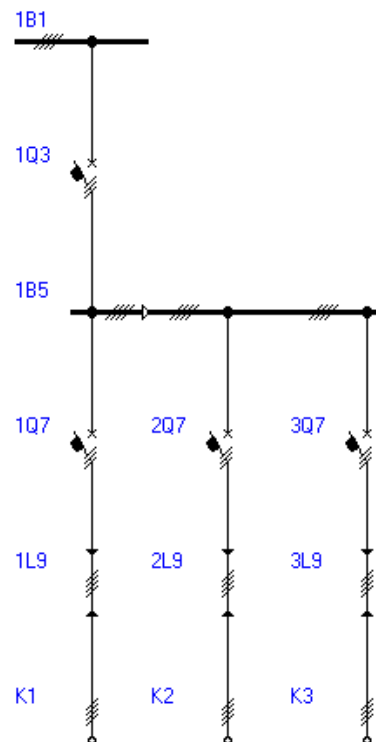


obr. 7

společnosti OEZ, který si je možné bezplatně stáhnout na stránkách www.oez.cz, www.oez.sk.

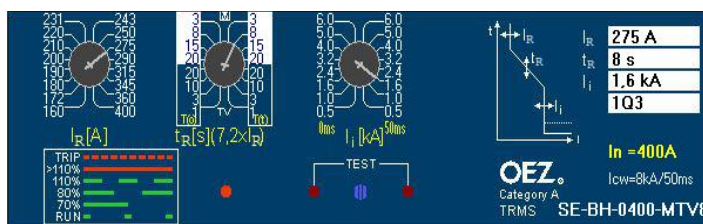
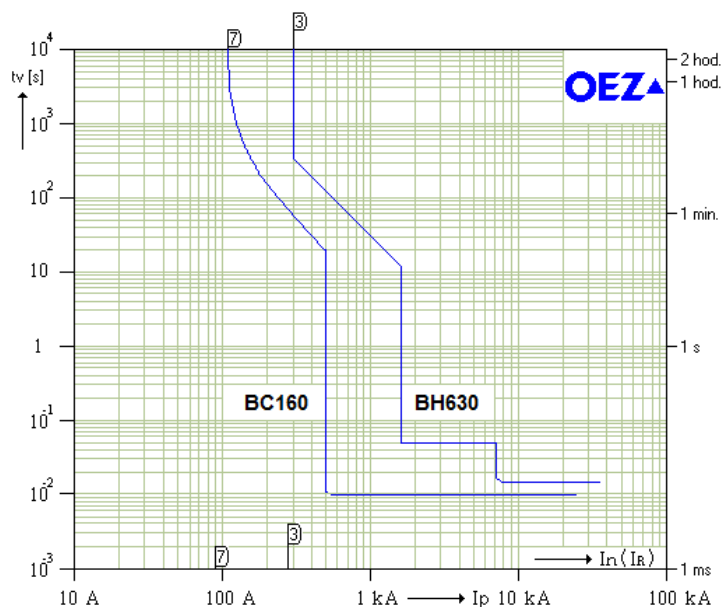
Program kromě selektivity vyhodnocuje zkratové proudy a ochranu před nimi, ochranu před přetížením, dimenzování kabelů, úbytky napětí, impedanci poruchových smyček v souvislosti s ochranou automatickým odpojením od zdroje při poruše a mnoho dalšího.

Na následujícím příkladu si ukážeme, jakým způsobem program Sichr selektivitu vyhodnocuje. Úkolem je navrhnout rozvod pro napájení vzduchotechniky ve velkovýkrmně kuřat. Rozvod je tvořen hlavním jističem a třemi vývodovými jističi, které jistí kabely napájející tři nezávislé jednotky vzduchotechniky. Pokud by při poruše na jedné jednotce vypnul hlavní jistič a vzduchotechnika přestala pracovat úplně, způsobilo by to kuřatům opravdu velké dýchací „potíže“ (ČSN 33 2000-1, čl. 314.1). Zde je selektivita mimořádně důležitá, je třeba se jí zodpovědně zabývat. Počáteční rázový zkratový proud I_k v místě instalace je 10 kA. Jednotky jsou vybaveny softstartéry a vlastní ochranou před nadproudy. Maximální příkon každé z jednotek je 55 kW při účinnosti 0,95. Délky vedení k jednotkám jsou 20, 40 a 60 m, kabely budou uloženy na vodorovných perforovaných lávkách, v části trasy vedou všechny tři kabely společně.



Obr. 8

Po spuštění programu Sichr máme připravený prázdný projekt sítě TN-C s jmenovitým napětím 230/400 V. V celkovém schématu vytvoříme strukturu projektu podle obr. 8. Příkonu každé z jednotek odpovídá proud 83,6 A. K přenesení tohoto proudu použijeme kabely 1-AYKY 4x35 uložené na vodorovných perforovaných lávkách. Protože jsou všechny tři kabely na části trasy umístěné na jedné lávce, bude počet seskupených obvodů roven třem, seskupené budou v jedné vrstvě volně. Dovolенý zatěžovací proud takto uložených kabelů je 94,1 A. Jmenovitý (redukovaný) proud vývodového jističe tedy musí ležet v rozmezí $83,6 \div 94,1$ A a nemusí mít selektivní spoušť. Takovým požadavkům vyhovuje jistič BC160NT305-100-D. Jedná se o jistič s klasickou termomagnetickou nadproudovou spouští. K vyhodnocení přetížení je použit bimetal a k vypínání zkratů elektromagnet. K jističi je k dispozici široká škála příslušenství včetně pomocných spínačů, které je možné použít na dálkovou signalizaci vypnutí jističe. Jmenovitý redukovaný proud je možné nastavit v rozmezí $I_R = 80 \div 100$ A a zkratovou spoušť v rozmezí $I_i = 500 \div 1\,000$ A. Regulační kotouč I_R nastavíme do poloviny



obr. 9

rozsahu, tedy přibližně na 90 A. Jednotky díky použitým softstartérům nevyvolávají velké záběrné proudy, proto můžeme nastavit zkratovou spoušť I_i na minimum, tedy 500 A. To bude výhodné při nastavování proudové selektivity se selektivní spouští předřazeného jističe.

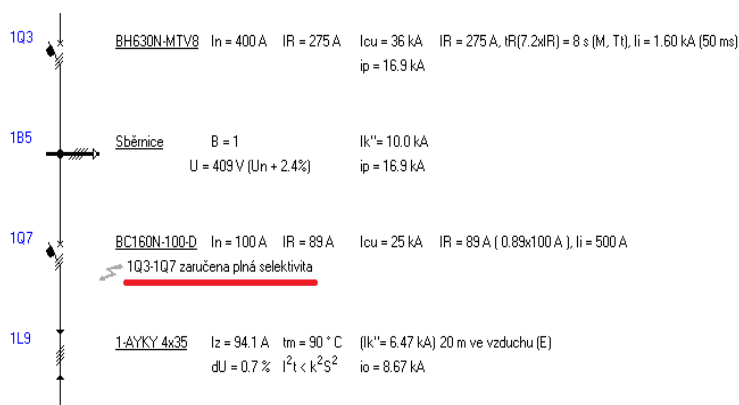
Hlavním jističem poteče při plném zatížení a činiteli soudobosti $\beta = 1$ proud 251 A. To je těsně nad hranicí maximálního jmenovitého proudu jističe BD250. Ten by ovšem nebylo možné použít ani při proudu menším než 250 A. Mez selektivity dvojice jističů BD250 – BC160 je pouhých 2 100 A, což je podstatně méně než zkratový proud 10 kA. Abychom dosáhli požadované plné selektivity, musíme tedy použít jistič o jeden stupeň vyšší typové velikosti, jistič BH630 s nadproudovou spouští MTV8. Odběr všech tří jednotek je při soudobosti $\beta = 1$ roven 251 A, jmenovitý redukováný tedy nastavíme prvním přepínačem na $I_R = 275$ A (viz obr. 9).

Druhý přepínač t_R slouží k nastavení tvaru a polohy vypínací charakteristiky spouště na přetížení. Vzhledem k tvaru vypínací charakteristiky jističe BC160 bude nejvhodnější nastavení $t_R = 8$ s v pravém horním kvadrantu. Na posledním přepínači použijeme pravou část, kde je aktivní selektivní spoušť se zpožděním 50 ms. Hodnota proudu 1,6 kA, na kterou je selektivní spoušť nastavena, má dostatečný odstup od nastavení zkratové spouště jističe BC160. Při nastavování jednotlivých přepínačů v programu Sichr se vypínací charakteristiky okamžitě překreslují, takže je vidět jejich odstup. Mez selektivity takto nastavené dvojice jističů BH630 – BC160 je ověřena do zkratového proudu 12 kA. Protože je v místě instalace efektivní hodnota počátečního rázového zkratového proudu $I_k'' = 10$ kA, je zaručena plná selektivita (viz obr. 10).

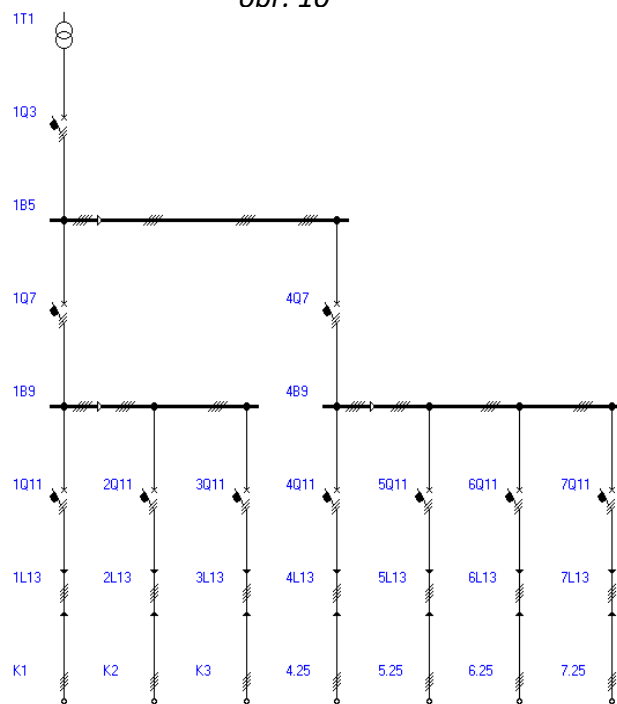
Tady ukázkový příklad končí. Celé zapojení rozvodu provozovny však bude mnohem složitější. Ze společného transformátoru budou napájeny i další obvody, jak je naznačeno na obr. 11.

I jistič 4Q7 musí být plně selektivní s hlavním jističem 1Q3, jinak by porucha v některém dalším obvodu mohla ohrozit chod vzduchotechniky. Snadno se také může stát, že bude zkratový proud v místě instalace vzduchotechniky vyšší než 12 kA. Pak by místo dvojice jističů BH630 – BC160 bylo nutné použít jinou kombinaci. Přehled mezí selektivity pro vybrané dvojice jističů je uveden v tabulce.

www.oez.cz, www.oez.sk
softwarova.podpora.cz@oez.com
 Šedivská 339
 561 51 Letohrad, ČR



obr. 10



Obr. 11

| Předřazený – přiřazený jistič | Mez selektivity |
|-------------------------------|-----------------|
| BH630 – BC160 | 12 kA |
| BH630 – BD250 | 15 kA |
| BL1000 – BD250 | 30 kA |
| BL1600 – BD250 | 65 kA |