

<p>ČEPS ČEZ distribuce E.ON distribuce, E.ON ČR, ZSE</p>	<p>PROVOZ, NAVRHOVÁNÍ A ZKOUŠENÍ OCHRAN A AUTOMATIK</p>	<p>PNE 38 4065 3.vydání</p>
<p>Odsouhlasení normy</p> <p>Konečný návrh podnikové normy energetiky pro rozvod elektrické energie odsouhlasily tyto organizace: ČEZ Distribuce, a.s., E.ON Distribuce, a.s., E.ON Česká republika, s.r.o, PRE distribuce , a.s., ZSE, a.s. a ČEPS, a.s.</p> <p>Tato norma platí pro provoz, navrhování a zkoušení ochran a automatik elektrických zařízení přenosové a distribuční soustavy. Účelem normy je stanovit požadavky na zajištění správné a spolehlivé činnosti systému ochran a automatik v energetických provozech pro zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti rozvodného a elektrárenského zařízení. Pro elektrárny, teplárny a průmyslové závody platí norma v objektech, kde se stýkají jejich elektrické sítě se sítěmi organizací energetiky. Tuto normu lze využít i pro vnitřní elektrické sítě elektráren, tepláren a průmyslových závodů.</p> <p>Nahrazení předchozích norem</p> <p>Tato norma nahrazuje PNE 38 4065:1998 a její změnu A1:2001.</p>		
<p>Nahrazuje: ČSN 38 4065:1998 +A1:2001, PNE 38 4065 z 1.3.2004</p>	<p>Účinnost: 2008-01-01</p>	

Obsah

Strana

I. NÁZVOSLOVÍ:.....	4
II. VŠEOBECNĚ	5
Podmínky pro správnou činnost a provoz ochran a automatik	6
Přístrojové transformátory proudu (PTP)	6
Přístrojové transformátory napětí (PTN)	8
Spínací přístroje	9
Zdroje pomocného napětí	9
Spojovací kabelové vedení	9
Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím.....	10
Uzemňování	10
Ochrana před přepětím	10
Druhy elektrických poruch v trojfázové síti	10
Druh poruchy a její význam.....	11
Nenormální provozní stavy v trojfázové soustavě a jejich důsledky	12
Následky poruch a jejich omezování.....	12
III. TECHNICKÉ POŽADAVKY	13
Požadavky na ochrany a automatiky z hlediska zajištění hospodárného provozu elektrizační soustavy	13
Základní požadavky na ochrany a automatiky	14
Požadavky na konstrukci ochran a automatik z hlediska provozu	15
Činitelé ovlivňující volbu ochran a automatik	16
Navrhování ochran a automatik	16
Výpočet poměrů při zkratech v trojfázové elektrizační soustavě pro návrh ochran	20
Stanovení největšího a nejmenšího zkratového proudu	21
Stanovení stupně časové selektivity	22
Seřizování ochran	22
Výpočet nastavení a charakteristik nejpoužívanějších druhů ochran	23
Připojení ochran na přístrojové transformátory	25
Výpočet nastavení zkratové spoustě jističe TN.....	27
IV. PROVOZ, ÚDRŽBA A ZKOUŠENÍ	29
Provoz ochran a automatik.....	29
Evidence o činnosti ochran a automatik.....	29
Druhy a termíny zkoušek ochran a automatik.....	30
Kontrola a zkoušky ochran, automatik a příslušenství.....	31
Primární zkoušky ochran.....	31
Zabezpečení primárních zkoušek	32
Sekundární zkoušky ochran	32
Zabezpečení sekundárních zkoušek.....	33
Zkoušky činnosti automatik	33

Ukončení zkoušek ochran a automatik	34
PŘÍLOHA A: Požadavky na parametry přístrojových transformátorů proudu	35
PŘÍLOHA B: Výpočet nastavení nadproudových časově nezávislých ochran	38
PŘÍLOHA C: Výpočet nastavení mžkových nadproudových ochran	40
PŘÍLOHA D: Výpočet nastavení časově závislých nadproudových ochran	42
PŘÍLOHA E: Výpočet nastavení ochran na zpětnou složku proudu generátoru	44
PŘÍLOHA F: Výpočet nastavení distančních ochran	45
PŘÍLOHA G: Vybrané příčiny nesprávného měření vzdálenosti poruchy u distančních ochran ..	47
PŘÍLOHA H: Zemní ochrany sítí vn	52
PŘÍLOHA I: Nastavení zkratové spouště jističe sekundárního obvodu transformátoru napětí ...	59

Použité normy

- ČSN IEC 60050–101 Mezinárodní elektrotechnický slovník, Kapitola 448: Ochrany elektrizační soustavy
- ČSN EN 60909-0 Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách – Část 0: Výpočet proudů ČSN 33 3051 Ochrany elektrických strojů a rozvodných zařízení
- ČSN EN 60865–1: Zkratové proudy. Výpočet účinků. Část 1: Definice a výpočetní metody
- ČSN 33 2160 Předpisy pro ochranu sdělovacích vedení a zařízení před nebezpečnými vlivy trojfázových vedení vn, vvn a zvn
- ČSN 33 2000-5 Elektrická zařízení část 5. Výběr a stavba el. zařízení – kap. 52: Výběr soustav a stavba vedení
- ČSN 33 3201 Elektrické instalace AC nad 1 kV
- ČSN EN 60044-1 Přístrojové transformátory-část 1: Transformátory proudu
- ČSN EN 60044-6 Přístrojové transformátory-část 6: Požadavky na jistící transformátory proudu pro přechodové jevy
- ČSN EN 60 044-2 Přístrojové transformátory napětí- Část 2: Induktivní transformátory napětí
- ČSN EN 60 044-5 Přístrojové transformátory napětí- Část 5: Kapacitní transformátory napětí
- PNE 33 0000-6 Obsluha a práce na elektrických zařízeních pro výrobu, přenos a distribuci elektrické energie
- PNE 38 2157 Kabelové kanály, podlaží a šachty
- PNE 18 3410 Standardizované informační soubory dispečerských řídicích systémů

Další použitá literatura

- [1] Procházka, K.: Podmínky činnosti zemních ochran v sítích vysokého napětí, Energetika 8/1977, str. 253 – 260, Praha, 1977
- [2] Procházka, K.: Technická instrukce pro volbu způsobu zemnění uzlu u smíšených sítí vn, in „Provozně technická pravidla č. 18/78“, ČEZ, 1978
- [3] Procházka, K.: Vybrané problémy provozu distribučních sítí vn, příručka pro provozní pracovníky, Výzkumný ústav energetický Brno, odbor České Budějovice, České Budějovice, 1992

Vypracování normy:

Zpracovatel: EGC-EnerGoConsult ČB, s.r.o. České Budějovice,
Ing. Karel Procházka, CSc.

Pracovník ONS odvětví energetiky: ÚJV Řež, a.s. divize Energoprojekt Praha,
Ing. Jaroslav Bárta

I. NÁZVOSLOVÍ

1. Ochrana souhrn technických opatření určený ke zjištění poruch nebo jiných abnormálních stavů v elektrizační soustavě, umožňující odpojení poruchy přerušením abnormálních stavů a k vyslání signálů nebo jiných příkazů. Termín ochrana může být použit pro popis ochrany celkového energetického systému nebo jednotlivého zařízení elektrizační soustavy.

2. Integrovaný systém řízení a chránění - systém, který kombinuje funkce řízení a chránění.

3. Hlavní ochrana je určena přednostně vypnout poruchu nebo ukončit abnormální provozní stav elektrizační soustavy. Pro daný prvek elektrizační soustavy mohou být určeny dvě nebo více hlavních ochran zpravidla s různými funkčními algoritmy.

4. Záložní ochrana je určena k vypínání, nebyla-li porucha v soustavě odstraněna nebo nebyl zjištěn abnormální stav v průběhu určené doby v důsledku selhání nebo neschopnosti funkce jiné ochrany nebo selhání vypnutí příslušného vypínače(ů).

5. Místní záložní ochrana - záložní ochrana napájená stejnými přístrojovými transformátory jako příslušné hlavní ochrany.

6. Vzdálená záložní ochrana - ochrana umístěná v sousedním chráněném úseku a působící zpravidla s časovým zpožděním.

7. Citlivost ochrany - je schopnost rozlišit stav, při kterém má působit, od stavu, při kterém nemá působit. (čl. 15).

8. Selektivita - schopnost ochrany určit poruchový úsek a/nebo fázi(e) s poruchou elektrizační soustavy.

9. Spolehlivost ochrany je pravděpodobnost, že ochrana vykoná požadovanou funkci za daných podmínek a v daném časovém intervalu.

10. Bezporuchovost ochrany je pravděpodobnost nepřítomnosti poruchy působení ochrany za daných podmínek v daném časovém intervalu.

11. Nesprávné působení ochrany je nežádoucí působení ochrany.

12. Selhání funkce ochrany je neschopnost působení ochrany, která měla působit, ale nezapůsobila.

13. Selhání principu je nesprávná funkce ochrany vyvolaná chybou nebo omezenými možnostmi v projektování, konstrukci (programovém vybavení v digitální ochraně) nebo instalaci nebo použití ochrany, popř. omezenými možnostmi principu při určitých typech poruch.

14. Stupeň (časové) selektivity - je rozdíl nastavení (časového zpoždění) ochran (zpravidla dvou sousedních úseků).

15. Koeficient citlivosti - u ochran působících při zvětšování kontrolované veličiny je dán poměrem minima elektrické veličiny (např. proudu) v obvodu ochrany při poruše a při omezeném provozu elektrizační soustavy (dále ES) k hodnotě této veličiny nastavené na ochraně. U ochran působících při zmenšování kontrolované veličiny je dán převratnou hodnotou. Pro správnou činnost ochrany musí být větší než 1. Jeho velikost se stanovuje individuálně podle druhu a provedení ochrany.

16. Koeficient větvení proudu - je dán poměrem části zkratového proudu tekoucího zařízením s kontrolovanou ochranou, ke zkratovému proudu procházejícímu vedením, na kterém je porucha.

17. Koeficient bezpečnosti - vylučuje vliv nepřesnosti výpočtu parametrů pro nastavení ochrany, chyby základní části ochrany, přístrojových transformátorů, apod.

18. Doba vypnutí poruchy - je určena dobou od vzniku poruchy do přerušení poruchové veličiny.

POZNÁMKA: Další názvosloví je udáno v souvisejících normách.

19. až 29. na doplňky.

II. VŠEOBECNĚ

30. Elektrické stroje a zařízení musí být chráněny odpojením při poruchách. Porucha je způsobena změnou izolačního stavu některé části chráněného zařízení. Hlavní druhy poruch jsou uvedeny v článku 84.

31. Nenormální provozní stav je provoz, při kterém dochází k odchylce jedné nebo více provozních veličin chráněného zařízení mimo pracovní oblast. Hlavní druhy nenormálních stavů jsou uvedeny v článku 87.

Elektrické stroje a elektrická zařízení mohou být vybaveny též ochranami pro kontrolu nenormálního provozu (např. přetížení; nesymetrie) anebo pro případ poruchy, která dané zařízení anebo přilehlou část elektrizační soustavy bezprostředně neohrožuje (např. zemní spojení v sítích s malým zemním proudem). Tyto ochrany signalizují nenormální provozní stav příslušného zařízení anebo působí na jeho vypnutí, jestliže další jeho provoz by pravděpodobně způsobil poruchu anebo havárii v přilehlé části ES. Přitom je nutno též vzít v úvahu způsob provozu tohoto zařízení (se stálou obsluhou, bez stálé obsluhy) a v některých případech i jeho důležitost.

32. Ochrany musí zajistit rychlé a selektivní automatické odpojení postižené části elektrizační soustavy pomocí vypínačů. Doba vypnutí musí odpovídat požadavkům spolehlivého provozu elektrizační soustavy (udržení stability ES, požadované velikosti napětí, zmenšení rozsahu poruch, zajištění pokud možno rychlého obnovení normálního provozu ES, apod.).

Ochrany musí zajistit vypnutí postiženého úseku anebo odpojení el. stroje při vnitřní poruše (zkratu), případně při bezprostředním ohrožení jeho provozu.

33. Záložní zdroje el. energie, záložní el. pohony, el. vedení vn, vvn a zvn mají být vybaveny automatikou pro obnovení provozu daného objektu, při poruše základního zařízení anebo při poruše na vedení, v co nekratší době.

Havarijní automatické odpínání spotřebitelů je nutné v oblastech, kde může vzniknout značný nedostatek výkonu výpadkem zdrojů anebo rozpadem elektrizační soustavy.

Alternátory, kompenzátory a transformátory mají být vybaveny automatickou regulací napětí pro přesné udržování napětí a rozdělení jalového výkonu mezi zdroji jalové energie uvnitř ES a pro udržování nastavené hladiny napětí na přípojnicích.

Podmínky pro správnou činnost a provoz ochran a automatik

34. Umístění. Ochrany a automatiky musí být v provozu umístěny ve snadno přístupných a pro obsluhu bezpečných místech a musí být zabráněno jejich mechanickému poškození.

Prostory, v nichž jsou umístěny, je třeba chránit proti prachu, vlhkosti, nadměrné teplotě, působení agresivního prostředí v souladu s doporučeními výrobce.

V prostorách, v nichž jsou ochrany a automatiky trvale umístěny, musí být pamatováno s dočasným umístěním příslušného zkušebního zařízení vč. přístupu obsluhy pro revizní činnost.

U ochran a automatik musí být nápisy označující jejich určení, shodné s technickou dokumentací.

35. Skladování. Při uskladnění ochran a prvků automatik a jejich transportu musí být dodržena ustanovení příslušných předměťových norem a pokynů výrobce.

36. Rušivé vlivy. Ochrany a automatiky je nutno chránit proti rušivým vlivům. Nesmějí být umístěny v těsné blízkosti zdrojů tepla, chvění, otřesů a v blízkosti zdrojů interferenčních napětí (magnetického, elektromagnetického a elektrostatického pole), které by přesahovaly jejich zaručované odolnosti.

Pracovní podmínky ochran a prvků automatik a přípustné hodnoty pro zaručení jejich spolehlivé činnosti jsou udány v příslušných předměťových normách a doporučeních IEC.

37. Požadavky na přístrojové transformátory. Pro zajištění spolehlivé činnosti ochran musí být výrobcem ochran stanoveny požadavky na příslušné parametry přístrojových transformátorů a na spojovací vedení mezi nimi a ochranami. Pokud ochrana není schopna za všech podmínek bezchybné činnosti s přesycenými transformátory proudu nebo kapacitními transformátory napětí, musí být omezující podmínky uvedeny v technických podmínkách ochrany.

Přístrojové transformátory proudu (PTP)

Pro ochrany jsou používány jistící PTP, charakterizované podle ČSN EN 60044-1 jmenovitým převodem, normalizovanou třídou přesnosti (např. 5P, 10P), jmenovitým břemenem a nadproudovým činitelem.

Využití PTP s jedním sekundárním vinutím pro měření i ochrany je možné u integrovaných systémů řízení a chránění.

V těch případech, kdy jsou kladeny zvláštní požadavky na činnost ochran při přechodových dějích na začátku zkratu, tj. především v sítích, kde jsou relativně vysoké zkratové proudy a velká časová konstanta ss složky, se používají speciální transformátory proudu podle ČSN EN 60044-6, charakterizované jmenovitým ekvivalentním dovoleným sekundárním budícím napětím U_{al} , mezním budícím sekundárním proudem I_{al} , primární časovou konstantou T_p , sekundární časovou konstantou T_s , odporem sekundárního vinutí R_{ct} a dalšími parametry. Pro zběžné výpočty podle starších norem se uvažovaly limitní napětí U_{lim} , limitní proud I_{lim} a vnitřní odpor vinutí R_2 .

Potřebné pojmy jsou uvedeny a vysvětleny v ČSN EN 60044-1 a ČSN EN 60044-6.

38. Požadavky na přístrojové transformátory proudu. Protože moderní ochrany jsou schopné pracovat i při určité míře zkreslení vstupních proudů (vyvolaného např. přesycením PTP), která se liší jak u jednotlivých typů ochran, tak i podle jejich výrobců, je vhodné a zapotřebí již ve fázi jejich volby vycházet z požadavků jednotlivých typů ochran na PTP, popř. vyžadovat od dodavatelů potřebné údaje. Požadavky na parametry PTP jsou uvedeny v příloze A této normy.

Nadproudové vlastnosti PTP jsou charakterizovány nadproudovým činitelem (viz ČSN EN 60044-1), což je poměr jmenovitého primárního nadproudu při dané

přesnosti a jmenovitého primárního proudu. Pro účely této normy přijmeme pro nadproudový činitel zkratku n .

39. Při kontrole PTP z hlediska správné činnosti ochran se provede:

- určení jejich vnějšího břemene (Z) podle schématu jejich spojení a druhu zkratu (tabulky Tabulce 3 v příloze A této normy).

- pro zběžné výpočty určení skutečného nadproudového činitele n_s podle vypočteného břemene Z z křivek 5 % (10 %) chyby transformátorů proudu, tj. závislosti $Z = f(n)$ pro různé převody transformátorů proudu. Pokud nejsou závislosti $Z = f(n)$ k dispozici, předpokládá se, že nadproudový činitel je závislý na zátěži podle vztahů v příloze A.

- pro přesnější výpočty a jsou-li k dispozici přesnější parametry PTP a sekundárního obvodu se při určení potřebného nadproudového činitele n_p , případně dalších parametrů dle normy ČSN EN 60044-6 postupuje podle vztahů v příloze A.

Jestliže potřebný nadproudový činitel n_p je větší než skutečný nadproudový činitel PTP je nutné buď zmenšit vnější břemeno nebo použít transformátor proudu s větším jmenovitým převodem.

40. Pro správné zapojení ochran se směrovým článkem je důležitá polarita transformátoru proudu. Primární svorky se označují P1, P2, (K, L) sekundární S1, S2 (k, l). Protéká-li vinutím proud v určitém okamžiku ve směru od svorky P1 k P2, (K ke svorce L) musí sekundární proud téci vně od svorky S1 (k) ke svorce S2 (l).

41. Sekundární vinutí PTP musí být uzavřeno buď proudovými vstupy přístrojů (zapojenými v sérii), náhradní zátěží nebo se musí zkratovat.

Sekundární vinutí PTP se nesmí za provozu rozpojit, aby nevzniklo přepětí, které by ohrozilo osoby a izolaci PTP. Nebezpečná napětí mohou vzniknout na svorkách sekundárního vinutí i při velkém vnějším břemeni a průtoku zkratového proudu primárním vinutím.

42. V rozvodnách se zpravidla uzemňuje sekundární svorka souhlasná s primární svorkou připojenou směrem k přípojnicím.

43. PTP zapojené do hvězdy na spínači pomocné přípojnice směrem k hlavní přípojnici, na spínači přípojnic v rozvodně s bypasy směrem k přípojnici bez připojených bypasů a na spínači přípojnic s rovnocennými přípojnicemi se doporučuje uzemnit směrem k přípojnici s dřívějším písmenem v abecedě nebo nižším číslem.

44. PTP pro rozdílové ochrany, jejichž sekundární vinutí je zapojeno do trojúhelníka, se neuzemňují. Uzemnění se provede pro celý soubor jistících transformátorů proudu rozdílové ochrany v jednom místě (v rozvodně anebo v rozváděči ochran). Obvody transformátoru proudu se nesmí spojovat pájením, nýbrž svorkami a svorkovnicemi anebo zvláštními konektory. Svorky, svorkovnice a konektory musí být umístěny v místech přístupných prohlídce.

45. Zkratová odolnost proudových cívek nebo náhradní zátěž musí být taková, aby nedošlo k poškození přístroje ani při největším možném zkratovém proudu, který se může krátkodobě vyskytovat na transformátoru proudu. Podle zkušenosti vyhoví z hlediska zkratové odolnosti přístroj s následující odolností

Tabulka 1 - Doporučené zkratové odolnosti v sekundárních obvodech jisticích transformátorů proudu

I_k/I_{In}	I_{dyn}/I_n	I_{ekv}/I_n
< 30	$\geq 5 n_s$	$\geq 2 n_s$
30 až 100	$\geq 10 n_s$	$\geq 3 n_s$
100 až 1000	$\geq 20 n_s$	$\geq 4 n_s$

kde I_{dyn}/I_n je poměrná dynamická přetížitelnost (poměr dovoleného dynamického proudu a jmenovitého proudu ochrany)

I_{ekv}/I_n je poměrná tepelná přetížitelnost (poměr dovoleného oteplovacího proudu a jmenovitého proudu ochrany)

46. a 47. na doplňky.

Přístrojové transformátory napětí (PTN)

48. Třídy přesnosti (T_p) přístrojových jisticích transformátorů napětí jsou 3P a 6P.

Dovolené chyby jisticích transformátorů napětí jsou pro T_p :

3P - chyba napětí $\pm 3 \%$, chyba úhlu 120 minut,

6P - chyba napětí $\pm 6 \%$, chyba úhlu 240 minut.

Ostatní údaje jsou v ČSN EN 60044-2 a ČSN EN 60044-5

49. Značení svorek:

Izolovaná svorka se značí písmenem A, B, C, svorka v provozu uzemněná písmenem N. Svorky sekundární se značí písmeny a, n.

50. U pomocného vinutí jednofázového, jednopólově izolovaného PTN není dovoleno spojovat nakrátko jednotlivá vinutí ani konce vinutí zapojeného do otevřeného trojúhelníku. Při zapojení do otevřeného trojúhelníka se doporučuje jednotně uzemňovat svorku dn (do) vnějšího vrcholu otevřeného trojúhelníka.

51. Pojistky nebo jističe se musí instalovat ve všech neuzemněných fázích, co nejbliže za svorkami sekundárního vinutí transformátoru napětí. Ve zvláštních případech je možno upustit od jištění sekundárního obvodu (např. u automatických regulátorů napětí alternátorů, u PTN v uzlu generátorů).

V obvodech otevřeného trojúhelníku se instaluje pouze jistič jednopólový, kterým se jistí neuzemněný konec.

52. Pro jištění sekundární strany transformátorů napětí zapojených do hvězdy se mohou užít trojfázové (čtyřpólové) nebo jednofázové jističe s pomocným kontaktem pro zablokování ochrany působících při poklesu anebo ztrátě měřeného napětí.

Ochrany mohou být opatřeny členem pro zablokování činnosti ochrany při poruše v sekundárním obvodu transformátoru napětí (k tomu lze i využít softwarového vybavení ochrany).

POZNÁMKA: Doporučuje se kontrolovat vypínací dobu jističe.

53. Kapacitní transformátor napětí má obsahovat prvky pro kompenzaci chyb transformace a pro útlum subharmonického ferorezonančního kmitání.

V případě použití pro rychlé ochrany se musí dodržet požadavky výrobce ochrany.

54. Činitele zvýšení napětí a dobu jeho trvání podle zapojení primárního vinutí transformátorů napětí udává ČSN EN 60044-2 a ČSN EN 60044-5.

55. na doplňky.

Spínací přístroje

56. Vypínače elektrického vedení mají být z hlediska ochran a automatiky uzpůsobeny pro opětné automatické zapínání s přestávkou bez napětí odpovídající potřebám obnovení provozu příslušné části ES, musí mít co nekratší dobu nesusoučasnosti spínání jednotlivých jeho pólů (menší než 5 ms), musí vyhovovat požadavkům vypínání blízkých zkratů, vypínání vedení naprázdno, musí být zajištěny zábranou proti "pumpování" a prioritou funkce vypnutí.

57. Vypínače energetických bloků velkých výkonů a vypínače vvn a zvn mají mít dvě nezávislé vypínací cívky. Doporučuje se kontrola vypínacích obvodů.

58. až 63. na doplňky.

Zdroje pomocného napětí

64. V energetických objektech se použije pro napájení ochran a automatik a k provedení jejich úkonů jako zdroj pomocného napětí akumulátorové baterie.

65. Namísto akumulátorové baterie se může použít jako zdroje proudu přístrojových transformátorů proudu anebo jiných pomocných zařízení (kondenzátorů apod.).

66. Velikost napětí baterie se volí s ohledem na úbytek v ovládacích kabelech, rozlehlost zařízení, velikost energetického objektu, proudovou zapínací a vypínací schopnost kontaktů ochran a relé, napětí ovládacích cívek spínacích přístrojů a s ohledem na použité systém kontroly a řízení energetického objektu. Používaná stejnosměrná napětí jsou (24), 48, (60), 110, 220 V (viz ČSN 33 0120). Kapacita baterie se volí s ohledem na požadovanou dobu zálohování.

67. V těch případech, kdy ochranné funkce jsou integrovány v řídicím systému s napájením AC napětím, je zapotřebí nepřerušené napájení střídači, podle důležitosti a způsobu zálohování ochran ev. se 100 % zálohou.

68. Napájení ochranných soustav zvláště důležitých energetických zařízení (energetické bloky velkých výkonů, přenosová vedení apod.) musí být ze dvou nezávislých trvale připojených přívodů, v oddělených kabelech. Tato energetická zařízení mají mít dvě nezávislé vypínací, případně i zapínací cívky podle čl. 57 této normy.

69. Obvody pro napájení ochran a ovládacích cívek příslušných vypínačů jedné odbočky se musí samostatně jistit. Při použití souborů ochran pro více vývodů se společným napájením je zapotřebí dbát na selektivitu (zálohování) ochran a zajištění údržbových prací.

70. Stejnosměrné obvody připojené na baterii s neuzemněným pólem mají být navrženy tak, aby bylo možné snadné zjištění místa zemního spojení.

71. Výskyt zemního spojení v těchto obvodech a ztráta napětí musí být návěštěny na řídicím pracovišti.

72. Jištění stejnosměrných ovládacích a návěštních obvodů se provádí dle norem řady ČSN 33 2000.

Spojovací kabelové vedení

73. Ovládací obvody, návěštní obvody, obvody přístrojových transformátorů proudu pro ochrany a obvody automatik se provádějí:

a) v kobkách vodiči nebo kabely podle PNE 38 2157

b) v ovládacích skříních a rozváděčích podle příslušných předmětových norem.

74. Při volbě typu kabelů a kabelových tras pro ochrany a řídicí systémy (automatizační zařízení) se musí zejména v zařízení zvn a vvn uvažovat rušivé vlivy způsobené zdroji interferenčních napětí (magnetického, elektromagnetického a

elektrostatického pole ve smyslu příslušných norem pro zkoušky odolnosti z hlediska EMC), a to zejména u systémů pracujících na úrovni malých napětí.

Požadavky na provedení těchto kabelů (stínění, kroucení apod.) a na jejich uložení je zapotřebí vyžadovat od dodavatelů ochranných a řídicích systémů jako součást nutných podkladů o zařízení a předpokladů jeho odolnosti.

Pro kladení kabelů platí ČSN 33 2000-5-52.

75. Uzemnění kovového pláště kabelů a kabelových koncovek musí být připojeno na společné uzemnění. Při jednostranném uzemnění (používá se u pomocných kabelů) se kovový obal kabelu spojuje s ochrannou soustavou v místě přístrojů citlivých na rušivé vlivy. Při oboustranném uzemnění (používá se u silových kabelů) pláště kabelů je zapotřebí volit dostatečný průřez pláště vyhovující možným proudům při zemních zkratech ve stanici, popř. paralelně s kabelem položit pomocný vodič.

Volba a uložení kabelů z hlediska protipožární ochrany musí odpovídat ČSN 33 2000-5-52.

76. Při určování průřezů přívodů od sekundární strany transformátorů proudu k připojeným přístrojům je nutno dbát, aby součet spotřeby přístrojů a ztrát v sekundárních obvodech nepřestoupil zátěž transformátoru přípustnou pro požadované ns, limitní napětí U_{lim} (čl. 38, 39 této normy) apod.

77. Při určování průřezů přívodů od sekundární strany transformátoru napětí k připojeným přístrojům je nutno dbát, aby součet vlastní chyby transformátorů napětí při skutečné zátěži a chyby způsobené úbytkem napětí na sekundárním obvodu, včetně úbytku na použitém jističi nebo pojistkách, nepřestoupil hranici požadované přesnosti.

78. a **79.** na doplňky.

Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím

80. Pro ochranu před nebezpečným dotykovým napětím platí ČSN 33 3201 a PNE 33 0000-1.

Uzemňování

81. Uzemnění elektrického zařízení musí vyhovovat ČSN 33 2000-5-54.

Ochrana před přepětím

82. Ochrana před přepětím se řeší podle ČSN 38 0810.

83. na doplňky.

Druhy elektrických poruch v trojfázové síti

84. Druhy poruch v trojfázové síti a jejich definice s ohledem na způsob provozu sítě (v soustavě s účinně uzemněným nulovým bodem a odporovým uzemněním uzlu označujeme poruchy se zemí jako zkraty, u sítí s izolovaným uzlem a zhášecí tlumivkou zemní spojení):

- a) spojení jedné z fází se zemí - jednofázový zkrat - zemní spojení,
- b) spojení závitů jedné fáze - závitový zkrat,
- c) spojení dvou fází:
 - ca) spojení mezi dvěma fázemi (dvojfázový zkrat),
 - cb) spojení dvou fází se zemí v jednom místě vedení (dvojfázový zemní zkrat),
 - cc) spojení dvou fází se zemí v různých místech vedení (dvojitý zemní zkrat - dvojitě zemní spojení),
- d) spojení tří fází:
 - da) spojení mezi třemi fázemi (trojfázový zkrat),

- da) spojení tří fází se zemí v jednom místě (trojfázový zemní zkrat),
- db) spojení tří fází se zemí v různých místech vedení (trojitý zemní zkrat, trojitě zemní spojení)

POZNÁMKA: Podle povahy styku vodiče se zemí v místě poruchy a fázovými vodiči mezi sebou jsou poruchy např. kovové, obloukové, odporové a přerušované.

- e) přerušování jedné anebo dvou fází.

Druh poruchy a její význam

85. Stupeň závažnosti poruchy je charakterizován jejím vlivem na stabilitu ES a na spotřebitele:

- a) jednofázový zkrat - je nečastější poruchou v sítích, avšak z hlediska ohrožení dynamické stability a spotřebitelů je méně nebezpečný než vícefázové zkraty.
- b) jednofázové zemní spojení v sítích s kompenzací zemních kapacitních proudů nebo s izolovaným uzlem - je nejčastější poruchou v těchto sítích.

Bezprostředně neohrožuje provoz spotřebitelů, ale rozvodné zařízení sítě je při vzniku a zániku zemního spojení namáháno nebezpečnými přepětími a v okolí místa poruchy jsou ohroženy i živé bytosti.

- c) dvojfázový zkrat - je složitým druhem zkratu a těžkou poruchou pro elektrizační soustavu.
- d) dvojfázové zemní spojení v sítích s neúčinně uzemněným nulovým bodem - oproti dvojfázovému zkratu nabývají příslušné fáze v místě zemního spojení potenciálu země a nulový bod soustavy $0,5 U$ zdravé fáze.
- e) dvojfázové zemní zkrat v sítích s účinně uzemněným nulovým bodem - je složitým druhem zkratu a způsobuje:
 - ea) hluboký pokles fázových a sdružených napětí příslušných fází (v místě zkratu k nule),
 - eb) nevyváženost systému a vznik všech složek nesouměrné soustavy.
- f) dvojitě a vícenásobně zemní spojení - vyskytuje se pouze v sítích s neúčinně uzemněným nulovým bodem.

Vzniká v místech se zeslabenou izolací následkem zvýšení napětí anebo přepětí při jednofázových zemních spojeních.

- fa) jsou-li místa zemního spojení na různých paprskových vedeních odcházejících z týchž přípojníc, poruchový proud protéká pouze jednou fází (se zemním spojením) každého vedení,
- fb) v obecném případě při oboustranném napájení mohou se objevit proudy i v neporušených fázích a dosahují velikostí proudů ve fázích s poruchou.

Vypnutím jednoho místa zemního spojení se zvyšuje spolehlivost napájení spotřebitelů. V rozvětvených sítích značné délky se však při provozu sítě se zemním spojením zvyšuje pravděpodobnost vzniku dalšího zemního spojení.

- g) trojfázový zkrat - je těžkou poruchou pro elektrizační soustavu.

Místo zkratu je nutno odpojit v co nejkratším čase, aby nedošlo k porušení dynamické stability ES.

86. Přerušování fáze v trojfázové soustavě může vzniknout:

- a) následkem mechanické poruchy vedení bez působení zkratového proudu (např. přetržení vodiče),
- b) v důsledku působení zkratových proudů (např. přepálení přeponky nebo pojistky),
- c) při působení jednofázového opětovného zapínání neseputím některé fáze vypínače při jeho poruše,
- d) neseputím (event. rozepnutím) jedné fáze odpojovače nebo vypínače.

Nenormální provozní stavy v trojfázové soustavě a jejich důsledky

87. Nenormálními provozními stavy jsou zejména:

- a) nadproudy (proudy převyšující jmenovité hodnoty daného zařízení anebo vedení) a poklesy napětí vyvolané přetížením anebo zkraty v jiných místech ES, nebo poruchou poháněného zařízení (u elektrických motorů) apod.,
- b) kývání anebo narušení synchronismu paralelně pracujících synchronních alternátorů a motorů charakterizované pulzováním proudů a napětí, nejčastěji způsobené pomalým vypnutím zkratů,
- c) odchylky napětí a kmitočtu (při vypnutí dlouhých vedení vvn, odlehčení, vzniku ostrovního provozu atd.),
- d) zvýšená nesouměrnost proudů a napětí,
- e) výskyt harmonických v průběhu proudů nebo napětí převyšujících dovolené meze.

88. Důsledky nenormálního provozu:

- a) přetížení působí tepelně na vedení a stroje, způsobuje poruchu anebo předčasnou opotřebení, zvláště v místě všech styků spojů a kontaktů, zvýšeným ohřevem porušuje izolaci s případným následným zkratem mezi závity, mezi fázemi apod., a vlivem teplotního roztažení vede k mechanickému poškození. Přetížení venkovního vedení může vést protažením vodičů k jejich poklesu a přiblížení se k vzrostlé vegetaci až na přeskokovou vzdálenost. Tím může nastat ohrožení osob zvířat a majetku.

- b) při kývání a asynchronním chodu vznikají jevy uvedené v čl. 89 této normy.

Působení ochran při kývání je kromě zdůvodněných případů obecně nepřijatelné (pro zachování provozu systému, napájení spotřebitelů apod.).

Při ohrožení synchronismu se doporučuje v mimořádných případech rozdělit elektrizační soustavu v předem určených místech (např. v místech slabých mezisystémových spojů) na nesynchronně pracující části tak, aby byly pokud možno v rovnováze výkony alternátorů a příkony spotřebitelů (systémová automatika). V omezeném rozsahu mohou v přenosové soustavě tuto funkci zajistit 1. impedanční zóny distančních ochran, které nejsou blokovány při kývání.

- c) při odchylkách napětí a kmitočtu může docházet k výpadkům odběratelů vypnutím od napěťového nebo frekvenčního odlehčování.
- d) při výskytu zvýšené nesouměrnosti proudu se musí kontrolovat, zda nedojde k vypínání zařízení působením ochran na nesymetrickou složku proudu.
- e) výskyt harmonických převyšujících dovolené meze může v krajních případech ovlivnit činnost ochran.

Následky poruch a jejich omezování

89. Poruchy na elektrických vedeních a zařízeních v závislosti na jejich druhu rozsahu a trvání mohou způsobovat:

- a) ohrožení osob zvířat a majetku při zkratech na elektrickém zařízení,
- b) hluboký pokles napětí v příslušné části elektrizační soustavy a tím poruchu normálního provozu, především v elektrárnách ztrátou stability a u širokého okruhu spotřebitelů odpadem stykačů,
- c) zničení zařízení el. obloukem, který často vznikne v místě porušení izolace,
- d) zničení anebo poškození energetického zařízení i v nepostižené části elektrizační soustavy v důsledku tepelného a dynamického působení zkratových proudů,
- e) zničení nebo poškození zařízení jiných organizací následkem průchodu zemních proudů (sdělovací a zabezpečovací zařízení, plynovody a pod),

- f) porušení dynamické stability elektrizační soustavy,
- g) rozpad elektrizační soustavy (systémové havárie), což je vynucené rozdělení elektrizační soustavy na několik nesynchronně pracujících částí, doprovázené dalším vážným ohrožením stability elektráren a nedodáním el. energie spotřebitelům, snížením její kvality, případně zničením energetického zařízení,
- h) ohrožení mechanické pevnosti vodičů a svorek, ohrožení elektrické pevnosti izolace kabelů,
- i) škody u zákazníků vyplývající z přerušení dodávky elektrické energie nebo přepětím při selhání automatiky regulace napětí u transformátoru.

Indikátory poruch

90. Pro urychlení zjištění úseku nebo místa s poruchou se v sítích vn se složitější strukturou používají indikátory poruch a to buď pevně instalované (samostatné na venkovních nebo kabelových vedeních, či součást dalších prvků sítí) nebo přenosné. Jejich vlastnosti musí odpovídat nejčastějším druhům poruch v sítích, tzn.:

- a) v sítích s kompenzací zemních kapacitních proudů zhášecími tlumivkami zjišťovat zemní spojení i mezifázové zkraty
- b) v sítích s nízkohmovým uzemněním uzlu omezené jednopólové zkraty i mezifázové zkraty.

91. až 94. na doplňky.

III. TECHNICKÉ POŽADAVKY

Požadavky na ochrany a automatiky z hlediska zajištění hospodárného provozu elektrizační soustavy

95. Ochrany mají zjistit nenormální provozní a poruchové stavy ES a energetického zařízení. Podle povahy těchto stavů mají:

- a) v případě poruchy selektivně vymezit porušený úsek anebo zařízení, rychle ho odpojit a tím omezit následky poruchy a zabránit jejímu rozšíření na ostatní části ES anebo ostatní energetická zařízení,
- b) v nenormálních provozních stavech předat informaci o povaze těchto stavů na příslušné řídicí pracoviště,
- c) v poruchových anebo nenormálních provozních stavech předat informaci o povaze těchto stavů řídicímu systému (automatikám) příslušné úrovně, které po vyhodnocení provedou zásahy k obnovení normálního provozu anebo udržení chodu ES a energetického zařízení, a na příslušné řídicí pracoviště.

96. Automatiky na všech úrovních mají zajistit:

- a) v případě: poruchy v ES anebo na energetickém zařízení podle jejich druhu a stupně důležitosti obnovení provozu ES anebo záložního energetického zařízení v co nekratší době (automatické opětné zapínání vedení, automatické zapnutí rezervního zdroje nebo vedení, automatická regulace napětí, protihavarijní automatiky apod.),
- b) v nenormálních provozních stavech udržení chodu ES anebo energetického zařízení (automatické snížení zatížení při poklesu kmitočtu automatická regulace napětí, automatické zapnutí záložního el. pohonu apod.),
- c) usnadnění a dodržení předepsaného postupu při najíždění a odstavování technologického zařízení ve výrobnách, el. stanicích a průmyslových závodech z hlediska zvýšení provozní bezpečnosti, prodloužení životnosti energetického zařízení apod.

Ochrany a automatiky umožňují provoz neporušeného zařízení, umožňují využití přetížitelnosti některých zařízení pro udržení optimálního chodu ES v poruchových a nenormálních provozních stavech.

97. U ochran působících na vypnutí má být zajištěna selektivita tak, aby při poruše kterékoliv části ES byla vypnuta pouze tato část. Je-li nutné urychlit vypnutí zkratu (pro zachování stability, napětí u spotřebitelů, při zkratu na konci vedení apod.), připouští se neselektivní působení při současném použití opětného zapínání anebo automatického připojení záložního zdroje. Neselektivní působení ochran se připouští také tam, kde nelze selektivitu vypínání zaručit z důvodů parametrů chráněného zařízení nebo z důvodů omezených funkčních vlastností ochran (např. střídání velmi krátkých a velmi dlouhých vedení v sérii za sebou nebo u vedení s jednou nebo více „T“ odbočkami).

98. Ochrany s časovým zpožděním zajišťující selektivní působení jsou přípustné, v případech, kde:

- a) vypnutí zkratů s časovým zpožděním je možné z hlediska spolehlivého provozu ES a přípustného rozsahu škod vzniklých zpožděným vypnutím,
- b) ochrana působí jako záložní.

99. Ochrany musí vyhovovat požadavkům spolehlivého působení, které má být též zajištěno jednoduchým schématem jejich zapojení co nejmenším počtem pomocných prvků, obvodů, mezisvorkovnic apod.

Při návrhu elektrického schématu zařízení (objektu) a sítě je nutno vytvořit podmínky pro spolehlivou činnost ochran, nejlépe volbou jednoduchého schématu silové části.

100. V provozu ES se smí používat jen těch typů ochran a automatik, které svými parametry (včetně spolehlivosti a odolnosti pro dané prostředí) vyhovují pro požadované ochranové funkce. V místě styku se sítěmi jiného provozovatele (např. průmyslového odběratele nebo místního zdroje a distribuční síť rozvodné společnosti stejně jako styku distribuční sítě rozvodné společnosti a dodavatele elektřiny z přenosové soustavy nebo ze zahraničí apod.) je zapotřebí vybavení ochranami (vč. zálohování) koordinovat, aby nedocházelo k nežádoucímu ovlivnění provozu a činnosti při poruchách.

Toto ustanovení platí u průmyslových závodů jen pro ochranu, které budou použity k přímé spolupráci s ochranami distribučních společností.

Základní požadavky na ochrany a automatiky

jsou selektivita, citlivost, spolehlivost, a rychlost působení.

101. Selektivita. Selektivní ochrana zajistí vypnutí pouze poruchy v daném úseku vedení nebo chráněného zařízení. Při napájení spotřebitelů záložním zdrojem vylučuje přerušování dodávky. Selektivita nezabraňuje působení ochran jako zálohy při selhání ochran anebo vypínačů sousedních úseků.

Rozlišuje se:

- a) **absolutní selektivita** - nezáleží na použití časového zpoždění a je založena např. na principu porovnání el. veličin na koncích chráněného úseku (ochrany rozdílové, srovnávací) nebo na jednoznačném měření veličiny (kostrová, nádobová apod.),
- b) **relativní selektivita** - docílí se stupňovitým výběrem nastavení (času, proudu apod.).

102. Citlivost. Ochranu má být dostatečně citlivá při poruchách a nenormálním provozu na daném úseku elektrizační soustavy jako ochrana základní a při poruchách na přilehlém úseku jako ochrana záložní, pokud to její princip

umožňuje. Je nutno se vyvarovat příliš velké citlivosti, která vede k chybným působením ochrany, např. u nadproudových ochrany při přetížení apod. Ochrany se zvýšenou citlivostí se použije jen v případě, nezhoršují-li se ostatní ukazatele (selektivita, rychlost, spolehlivost provozu apod.). Citlivost je vyjádřena zpravidla koeficientem citlivosti (k_c).

103. Rychlost. Ochrany a automatiky mají zajistit co nekratší dobu vypnutí zkratů zejména z důvodů:

- a) snížení nebezpečí ohrožení osob, zvířat a majetku,
- b) zachování dynamické stability elektrizační soustavy,
- c) zmenšení rozsahu poškození zařízení,
- d) zkrácení doby provozu spotřebitelů se sníženým napětím v neporušené části systému,
- e) zvýšení efektivity automatického opětovného zapínání,
- f) obnovení provozu systému za součinnosti automatiky opětovného zapínání, automatického zapnutí záložního napájení, samonajždění el. motorů apod.,
- g) zkrácení doby nepříznivého ovlivňování slaboproudého zařízení.

104. Časové zpoždění ochrany musí odpovídat požadavkům spolehlivého provozu elektrizační soustavy.

105. Delší doba vypnutí se může připustit pro zkraty vzdálené od přípojníc s napájecími zdroji v zauzlené síti, kdy na těchto přípojnících je dostatečné zbytkové napětí, nebo tam, kde to vyžadují anebo dovolují podmínky selektivity ochrany spotřebitele (průmyslového závodu).

106. Požadavky na ochrany a automatiky je zapotřebí posuzovat společně s ekonomickými hledisky. Náklady na ochrany jsou investiční a provozní (zkoušení, seřizování a údržba).

V rozvodné soustavě a u spotřebitele se doporučuje navrhovat jednoduché a spolehlivé ochrany a automatiky s ohledem na snadnou údržbu. V propojené a přenosové soustavě, jakož i v důležitých částech distribuční soustavy, nejsou rozhodující náklady na ochrany. Chybné vypnutí anebo selhání zde vede k značným ztrátám a může vést i k ohrožení osob, zvířat a majetku. Nutno vzít v úvahu:

- a) bezpečnost osob, zvířat a majetku,
- b) význam chráněného objektu s cílem zajištění nepřerušeno napájení důležitých spotřebitelů,
- c) důsledky nesprávného působení ochrany a automatik v nepostižené části soustavy,
- d) poruchovost článků soustavy,
- e) střední periodu správného anebo chybného působení ochrany,
- f) procento správných působení různých druhů ochrany a automatik,
- g) možnost ekonomického řešení hlavního elektrického zařízení.

107. a **108.** na doplňky.

Požadavky na konstrukci ochrany a automatik z hlediska provozu

109. Ochrany a automatiky musí mít samostatné jištění napájecího napětí, oddělené od jiných obvodů.

110. Ochrany a automatiky důležitých energetických zařízení musí mít stálou kontrolu obvodů napájení pomocným napětím a časovou synchronizaci.

111. V místě ochrany se mohou použít zkušební zásuvky, umožňující bez odpojení obvodů ochrany od svorkovnic jejich odzkoušení. Zkušební zásuvky nejsou zapotřebí v případě, že se použijí svorkovnice, umožňující přerušení napěťových a zkratování proudových okruhů za provozu.

112. O činnosti ochran anebo automatik musí být podávány informace na řídicí pracoviště (např. na prvky poruchového návěstění, do řídicího systému apod.).

113. Hodnoty tepelného a dynamického namáhání ochrany relé udává výrobce pro jednotlivé typy relé, nesmí být však menší než jsou zkratové proudy v nejnepríznivějším případě.

114. Dynamická přetížitelnost musí být rovna anebo větší než je vypočtený největší dynamický (nárazový zkratový) proud při zkratu.

115. Pro výstupy ochran a jejich komunikaci s řídicím systémem pro oblasti distribučních soustav platí PNE 18 4310.

116. až 119. na doplňky.

Činitelé ovlivňující volbu ochran a automatik

120. Způsob provozu vedení anebo elektrických zařízení v daném uzlu elektrizační soustavy, konfigurace sítě, možnost záložního napájení spotřebitelů a přetížení článků elektrizační soustavy v normálním provozu a v havarijních situacích.

121. Způsob uzemnění nulového bodu soustavy (uzemnění všech nulových bodů transformátorů přímo, přes zhášecí tlumivku anebo činný odpor, izolované nulové body transformátorů apod.).

V sítích s přímo uzemněným nulovým bodem a uzlem uzemněným přes činný odpor musí být zvolen takový způsob chránění, při kterém hodnoty proudu, případně napětí při zemním zkratu, ovlivněné počtem a rozmístěním uzemněných transformátorů zajistí působení ochran ve všech možných provozních stavech.

122. Velikost napětí, délka vedení, nesymetrie fázových impedancí netransponovaných vedení, reaktance a kapacitní vodivost vedení, výkon, napětí a schéma elektrických strojů a jejich zapojení do elektrizační soustavy.

123. Technické parametry přístrojových transformátorů.

124. Typy vypínačů, jejich počet a rozmístění, vypínací a zapínací doba vypínačů, jejich přizpůsobení pro opětné zapínání (jedno- až několikanásobné, jedno- a vícepólové) apod.

125. Možnosti využití anebo vybudování spojovacích cest, např. kabelových, vf, optických, VKV, technické parametry přístrojových transformátorů apod.

126. Způsoby konfigurace elektrických sítí:

- a) jednoduchá paprsková vedení s jednostranným napájením,
- b) jednoduchá paprsková vedení s oboustranným napájením,
- c) paralelní vedení,
- d) jednoduchá anebo paralelní vedení s odbočujícími vedeními k distribučním transformovněm,
- e) vedení v okružní el. síti s jedním napájecím bodem,
- f) vedení připojená k el. síti složité konfigurace s několika napájecími body,
- g) vedení připojená k el. síti složité konfigurace s několika napájecími body v různých napěťových hladinách.

Navrhování ochran a automatik

127. Druhy ochran a automatik částí rozvodu 110 kV a vn se volí podle následující tabulky:

Tabulka 2

Chráněné zařízení	Nutné ochrany a automatiky	Doplnění chránění (v odůvodněných případech)	Poznámka
Strana 110 kV transformátorů ZVN/110 kV a VVN/110 kV	distanční ochrana, aut. synchronizační zařízení, automatická regulace napětí	rozdílová ochrana kabelu k transformátoru	
Přípojnice 110 kV	rozdílová ochrana přípojníc	automatika selhání vypínače	
Přípojnice vn	zemní napěťová ochrana	logická ochrana	
Linky 110 kV – uzemněná soustava	distanční ochrana	rozdílová (srovnávací) ochrana, 2. distanční automatika OZ aut. synchronizační zařízení (uzlové rozvodny 110 kV, s velkým počtem linek 110 kV a připojenými velkými elektrárnami)	Rozdílová ochrana zajistí selektivitu při střídání krátkých a dlouhých linek, zrychlí vypínací časy při zkratech mimo 85% délky vedení, vidí i odporové (stromové) poruchy díky citlivějšímu rozběhu.
Vývod HDO 110 kV	balanční ochrana, nadproudová ochrana, kostrová ochrana		
Transformátory vvn/vn	nadproudová vvn, rozdílová, nadproudová vn automatická regulace napětí plynové relé	distanční ochrana kostrová ochrana	Distanční ochrana zajistí selektivní ochranu přípojníc zejména při připojení generátorů.
Uzlový odporník	nadproudová,	tepelná ochrana	Tepelná ochrana (model)

	kostrová ochrana		zajistí odporník při přerušovaných poruchách, nebo při častém zapínání do poruchy.
Vývod vn – kompenzovaná síť (stejně pro části vedení s dělicím vypínačem nebo odpínačem)	nadproudová, zemní směrová pro signalizaci zemního spojení	směrové nadproudové ochrany, zkratová ochrana, signalizace proudové nesymetrie automatika OZ	Směrové ochrany jsou nutné při paralelních provozech, při napájení více rozveden v řadě pro zajištění selektivity
Vývod vn – odporová síť	nadproudová, zemní nadproudová pro vypnutí zemního zkratu	směrové nadproudové ochrany fázové a zemní, zkratová ochrana, signalizace proudové nesymetrie, automatika OZ, tepelná ochrana (u kabelových vývodů)	Směrové ochrany jsou nutné při paralelních provozech, při napájení více rozveden v řadě pro zajištění selektivity. Zemní směrová ochrana umožní citlivější nastavení – rozliší kapacitní proud zdravé linky od proudu způsobeného zemním zkratem.
Vývod vn – kompenzovaná síť, nebo odporová síť (stejně pro části vedení s dělicím vypínačem nebo odpínačem)	nadproudová, zemní směrová pro signalizaci zemního spojení a zemní nadproudová pro vypnutí zemního zkratu	směrové nadproudové ochrany fázové a zemní, zkratová ochrana, signalizace proudové nesymetrie, automatika OZ, tepelná ochrana (u kabelových vývodů)	Zemní ochrany musí umět signalizovat zemní spojení při provozu na tlumivce a zároveň vypnout zemní zkrat při provozu přes odpor.
Vývod HDO vn	nadproudová	zemní směrová	
Trafo vn/nn do 1,6 MVA	nadproudová ochrana nebo pojistky		
Trafo vn/nn nad 1,6 MVA	nadproudová ochrana		

Při návrhu ochran el. vedení a energetického zařízení je nutné provést výpočet základních parametrů pro volbu ochran, seřízení (parametrizaci) měřících a časových obvodů (článeků) ochran podle jejich druhu, schémat zapojení, účelu chránění a údajů výrobce. Ochrany energetických silových zařízení musí být navrženy a instalovány

tak, aby zajistily spolehlivé vypnutí chráněného zařízení ze všech stran napájení třífázovými zkratovými příspěvků. Tento požadavek se vztahuje hlavně na vedení včetně všech jejich T odboček a na transformátory.

Je potřebné provést porovnání parametrů navrhovaných nebo instalovaných přístrojových transformátorů, s parametry požadovanými pro správnou a spolehlivou činnost v daném místě sítě příslušnými ochranami a to i se zahrnutím parametrů spojovacích vedení na které jsou ochrany připojeny.

K tomu je zapotřebí výpočet zkratových a napěťových poměrů, výpočet poměrů při samonajíždění anebo rozběhu el. pohonů, výpočet průřezu vodičů apod., při uvážení činitelů ovlivňujících činnost ochran a podle čl. 137 až 143 této normy.

128. Při návrhu ochran transformátorů a přívodů do rozveden vlastní spotřeby s asynchronními motory nutno respektovat přechodný provozní stav, při kterém protéká obvodem největší proud, např. při samonajíždění el. motorů, při rozběhu skupiny el. motorů připojených k přípojnicím vlastní spotřeby se zatížením apod.

Při zběžném výpočtu se uvažuje rozběh el. motorů z klidu.

129. Navrhování ochran elektrických zařízení a navrhování automatik se provádí podle tabulky v čl. 126 a ČSN 33 3051.

130. Napěťová relé pro blokování nadproudové ochrany se zapojí u zařízení s neúčinně uzemněným nulovým bodem na sdružená napětí a u zařízení s účinně uzemněným nulovým bodem na napětí sdružená nebo fázová. Přitom je nutno postupovat dle čl. 127 této normy.

131. Pro každý článek elektrizační soustavy je nutno navrhnout ochranu anebo ochranný systém zajišťující rychlé a selektivní vypnutí poruchy daného úseku (hlavní činnost ochrany). Pro záložní působení s časovým zpožděním při poruchách na sousedním úseku vedení nebo na sousedním zařízení platí ustanovení čl. 88.

132. Jestliže základní ochrana svým principem nemůže zálohovat základní ochrany anebo vypínače sousedních úseků (srovnávací, rozdílové ochrany apod.), v napájecích a přenosových sítích, u energetických bloků apod., použije se samostatná místní záložní ochrana na všech úsecích anebo na části úseků ES.

Užije-li se samostatná místní záložní ochrana, je nutné zajistit možnost odděleného zkoušení anebo opravy základní a záložní ochrany za provozu.

Na vedeních přenosové soustavy 400 kV a 220 kV a na vybraných vedeních 110 kV se doporučují dvě samostatné hlavní ochrany, přednostně různých konstrukcí, vybavené rozdílnými funkčními algoritmy. Ochrany mohou být vybaveny vzájemným strháváním impedančních nebo časových stupňů pomocí vhodných komunikačních schémat.

133. Kritéria pro návrh schématu ochran:

bezpečnost, důležitost, charakter a poruchovost el. zařízení a vedení podle provozních zkušeností a statistik.

134. Při návrhu automatik jsou podle jejich účelu zapotřebí např. výpočty stability v částech ES při náhlém odpojení zátěže a výpočty celkového příkonu odpínaných spotřebitelů při návrhu havarijní automatiky na snížení zatížení.

135. Při návrhu automatiky na odpojení el. pohonů vlastní spotřeby vyroben pro umožnění samonajíždění důležitých el. pohonů jsou nutné výpočty napěťových poměrů, rovněž tak pro automatiku připojení záložních zdrojů.

136. Síť vn s kompenzací zemních kapacitních proudů musí být vybaveny automatikou ladění zhášecích tlumivek, zajišťující nalezení a udržování nastavení zhášecí tlumivky, odpovídající zemnímu kapacitnímu proudu sítě s odchylkou do $\pm 10\%$ (viz ČSN 33 3201) a přídatným zařízením pro zlepšení činnosti selektivních zemních ochran.

Výpočet poměrů při zkratech v trojfázové elektrizační soustavě pro návrh ochran

137. Při výpočtu poměrů při zkratech se postupuje podle ČSN EN 60909-0 (33 3022), avšak pro určení základních parametrů ochrany a kontrolu její činnosti při poruše je zapotřebí respektovat ještě tyto podmínky:

a) místo zkratu

- aa) zkratové proudy se počítají v různých místech zkratového obvodu (např. na počátku a konci vedení) a pro nejnepríznivější a omezený provozní stav ES v uvažovaném úseku; u zdrojů též v různých časových stavech ve stejném místě,
- ab) zkratový proud procházející místem, pro které se stanovují parametry ochrany,
- ac) pro stanovení největšího zkratového proudu v daném provozním stavu se místo zkratu volí u ochrany (na začátku vedení, před reaktorem, před transformátorem apod., uvažováno od zdroje zkratového proudu),
- ad) pro stanovení nejmenšího zkratového proudu se místo zkratu volí zpravidla na konci chráněného úseku vedení nebo za chráněným zařízením (v závislosti na konfiguraci) se zahrnutím reálného odporu v místě zkratu, vlivu nejmenšího proudu přechodného nebo ustáleného stavu z generátoru, a při kontrole činnosti záložní ochrany na konci sousedního úseku nebo sousedního chráněného zařízení opět se zahrnutím reálného odporu v místě zkratu,
- ae) pro porovnání citlivosti dvou ochran se místo zkratu volí zpravidla na konci úseku té ochrany, s kterou se porovnává citlivost,
- af) pro určení koeficientu větvení (přídavného napájení, odběru) se místo zkratu volí zpravidla na konci úseku následujícího za uzlem, v kterém je přídavné napájení

b) druhy zkratu a doby jeho trvání:

- ba) nadproudové ochrany (s podpětovým blokováním i bez něho) pro mezifázové zkraty s časovým zpožděním 0,5 s a více,

Úkon	Uvažuje se
stanovení proudu nebo napětí pro nastavení ochrany	zkrat trojfázový
stanovení koeficientu citlivosti	zkrat dvojfázový
porovnání citlivosti druhých a třetích stupňů	zkrat trojfázový

- bb) nadproudové ochrany (s podpětovým blokováním i bez něho) pro jednofázové zkraty s časovým zpožděním 0,5 s a více,

úkon	Uvažuje se
stanovení proudu nebo napětí pro nastavení ochrany	zkrat
stanovení koeficientu citlivosti	jednofázový
porovnání citlivosti druhých a třetích stupňů	

- bc) mžikové nadproudové ochrany pro mezifázové zkraty

Úkon	Uvažuje se
stanovení proudu pro nastavení ochrany stanovení koeficientu citlivosti nebo stanovení dosahu ochrany pro jednofázové zkraty	zkrat trojfázový zkrat dvojfázový jednofázový nebo dvojfázový zemní

bd) při stanovení koeficientu větvení k určení nastavení druhých a třetích stupňů distančních ochran pro mezifázové zkraty se uvažuje zkrat trojfázový a ustálený zkratový proud,

be) při stanovení koeficientu citlivosti rozdílových a srovnávacích ochran se uvažuje pro všechny druhy zkratů doba odpovídající času působení použitých ochran,

138. V případě, že koeficienty citlivosti stanovené z trojfázového zkratového proudu jsou 1,5 a vícekrát větší než je jejich nejmenší přípustná velikost, není nutná kontrola citlivosti ochrany pro dvojfázový zkrat.

139. V případech, kde je možné působení ochrany daného úseku při selhání ochrany předcházejícího úseku v důsledku nedostatečné citlivosti ochrany (např. ochrana v okružní síti s jedním napájecím bodem), je nutno citlivost těchto ochran porovnat mezi sebou.

Tato zásada neplatí pro sítě s koncepcí místního zálohování ochran.

140. Pro elektricky vzdálený zkrat je možno nahradit ustálený zkratový proud počátečním rázovým zkratovým proudem.

141. V některých případech (např. u alternátorů) je zapotřebí počítat s velikostí zkratového proudu v čase nastaveném na nadproudové ochraně.

142. Uvažování činného odporu a kapacity.

Činný odpor a kapacita se pro zkratové výpočty uvažuje, pokud to vyžaduje přesnost výpočtu a umožňuje to výpočetní program. V ostatních případech platí následující:

- a) činný odpor článků elektrizační soustavy při praktických výpočtech se uvažuje, je-li $R > 1/3 X$, při výpočtu zkratů v kabelových vedeních, u venkovních vedení s malým průřezem a vedení s izolovanými vodiči,
- b) činný odpor se zanedbává i u podrobných výpočtů, nedovolí-li jej uvažovat výpočtová metoda (např. některé transfigurace, zkratové křivky apod.),

143. Při výpočtech se doporučuje brát v úvahu rezistanci (oblouk) v místě zkratu.

Stanovení největšího a nejmenšího zkratového proudu

144. Způsob provozu ES má podstatný vliv na velikost zkratového proudu. Proto při výpočtu nastavení ochran anebo kontrole jejich správné činnosti, kde se stanovuje největší a nejmenší velikost zkratového proudu, je třeba rozlišovat:

- a) nejnepříznivější provozní stav ES (provoz ES s největším počtem energetických zdrojů - tzv. maximální provozní stav), při kterém se uvažují:
 - aa) všechny zdroje (alternátory, vedení, transformátory) napájející místo zkratu,
 - ab) všechny transformátory provozované s uzemněným nulovým hodem (při výpočtu jednofázového zkratového proudu),
 - ac) schéma sítě v blízkosti místa zkratu takové, aby chráněným úsekem procházel největší zkratový proud.

Při kontrole činnosti a výpočtu nastavení mžikových nadproudových ochran, rozdílových a jiných mžikově působících ochran se uvažují podmínky pro nejvyšší

zkratový proud (včetně perspektivního rozšíření ES a automatické regulace napětí u všech alternátorů), jako při výpočtu pro volbu a kontrolu silového zařízení,

- b) omezený provozní stav (provoz ES s nejmenším počtem energetických zdrojů - tzv. minimální provozní stav), charakterizovaný opačnými podmínkami.

Pro stanovení nejmenšího zkratového proudu se ve výpočtu uvažuje zvolená odpojená, prakticky možná část zdrojů (alternátorů, vedení, transformátorů) a schéma sítě se volí v takovém zapojení, aby zkratový proud, procházející chráněným úsekem, byl co nejmenší. Při výpočtu se uvažuje obvykle jeden ze dvou paralelně pracujících transformátorů vypnutý, jedno ze dvou paralelních vedení vypnuté a 60 % energetických zdrojů připojeno.

Při kontrole spolehlivé činnosti ochran, definované koeficientem citlivosti, se volí při výpočtu omezený provozní stav.

Stanovení koeficientu větvení k porovnání charakteristik ochran se provede rovněž pro omezený provozní stav.

Stanovení stupně časové selektivity

145. Při návrhu časového odstupňování ochran se stanoví stupeň časové selektivity (prodlevy) rozdílem časového zpoždění ochran dvou sousedních úseků:

$$\Delta t = t_n - t_{n-1} \quad (s) \quad (1)$$

Stupeň časové selektivity musí být takový, aby porucha na předchozím úseku (n-1) byla odpojena dříve, než působí ochrana následujícího úseku (n-tého); má být pokud možno nejmenší, aby se snížila úroveň časového zpoždění ochrany systému.

Při stanovení Δt se uvažuje:

- doba vypnutí ($t_v(n-1)$) vypínače předcházejícího (n-1) úseku, tj. doba od vydání povelu na vypnutí do rozpojení obvodu zkratového proudu kontakty vypínače,
- vlastní čas ochrany tvloch,
- celková absolutní nejvyšší kladná chyba ($t_m - 1$) časového členu ochrany předcházejícího úseku,
- celková absolutní nejvyšší záporná chyba (t_m) časového členu následující ochrany,
- bezpečnostní časová rezerva čas (t_b), zahrnující nepřesnosti předcházejících činitelů (cca 0,1 s).

Stupeň časové selektivity je dán součtem činitelů a) až d), případně e):

$$\Delta t = t_{v(n-1)} + t_{vloch} + t_{r(n-1)} + t_m + t_b \quad (2)$$

- f) u ochran s indukčním článkem se Δt zvětšuje ještě o čas t_s daný setrvačností článku po vypnutí zkratového proudu.

Stupeň selektivity je prakticky v rozmezí 0,25 až 0,5 s, podle typů vypínačů a ochran.

146. až 150. na doplňky.

Seřizování ochran

151. Pro každou výrobu, el. stanici anebo komplex el. zařízení zvn, vvn a vn má být vypracován plán seřizení ochran a automatik, který navrhuje a schvaluje příslušné odborné útvary.

152. Plán seřizení ochran a automatik se vypracuje na základě znalostí parametrů chráněného zařízení (délka vedení, průřezy vodičů, zatížitelnost, zkratová a tepelná odolnost, důležitost v soustavě, možnost bezprostředního ohrožení osob nebo objektů apod.), a na základě výpočtu zkratových poměrů. Ve výrobnách a

průmyslových závodech též na základě výpočtů poměrů při rozběhu a samonajíždění el. pohonů apod.

153. Správné seřízení ochran vyžaduje znalost parametrů příslušného zařízení. Zejména před prvním uvedením vedení do provozu se doporučuje měření jeho parametrů, (u strojů je lze vyžádat od dodavatele). Tabulkové hodnoty např. podle ČSN 33 3020 se použijí pouze pokud nejsou naměřené hodnoty k dispozici.

POZNÁMKA: Měření parametrů je důležité zejména pro digitální distanční ochrany vedení se zabudovaným lokátorem poruch, protože urychluje nalezení místa poruchy. Pro distanční ochrany je třeba změřit souslednou a netočivou složku impedance, u dvojitých vedení ještě netočivou složku vzájemné impedance.

Pro nádobovou ochranu transformátoru se doporučuje měřit rozdělení proudů přiloženým nn napětím z izolačního zdroje na nádobu, tj. změřit

- zemní odpor základu transformátoru za deště a odpor zemnicí soustavy- (pokud není znám),

- zemní zkratový proud vracející se do nulového bodu transformátoru při vnějším zkratu.

154. U ochran se vzájemnou vazbou mají být pro správnou činnost ochran ověřeny parametry spojovací cesty.

Výpočet nastavení a charakteristik nejpoužívanějších druhů ochran

Postupy výpočtů nastavení včetně charakteristik ochran jsou zpravidla uváděny v návodech výrobců ochran. Pro zběžné výpočty a ve vybraných případech je možné postupovat při výpočtech nastavení ochran podle postupů uvedených v přílohách této normy.

155. Nadproudová ochrana časově nezávislá

Proudové nastavení ochrany včetně případné napěťové blokády se vypočítá podle vztahů v příloze B této normy.

Časové nastavení nadproudových ochran se stanoví podle čl. 145.

Při časovém nastavení ochrany zapojené na vypínání je zapotřebí dbát na požadavky časové selektivity.

POZNÁMKA: Je nutné mít na zřeteli, že tato ochrana nesleduje oteplovací konstanty jištěného zařízení. Tuto funkci lépe zajišťují tepelné modely (tepelné ochrany).

156. Mžiková nadproudová ochrana

Proudové nastavení ochrany se vypočítá podle vztahů v příloze C této normy. Zvláštní případ mžikové nadproudové ochrany představuje nádobová ochrana transformátoru, jejíž nastavení se vypočítá podle dalších vztahů v příloze C této normy.

157. Nadproudové ochrany časově závislé

se doporučuje používat u kolísavé zátěže a zátěže s velkými proudovými rázy.

Nastavení závislých nadproudových ochran se vypočítá podle vztahů v příloze D této normy.

158. Ochrana na zpětnou složku proudu alternátorů (působí při nesouměrném zatížení alternátorů). Nastavení ochrany se vypočítá podle vztahů v příloze E této normy.

159. Rozdílová ochrana transformátoru

Většina moderních rozdílových ochran umožňuje vnitřní přizpůsobení odlišným převodům proudových transformátorů u jednotlivých vinutí i přizpůsobení při různých spojení vinutí. V těchto případech je zapotřebí se řídit pokyny výrobce.

U některých typů rozdílových ochran se přizpůsobení spojení vinutí dociluje zapojením jistících transformátorů proudu, příp. užitím pomocných transformátorů proudu (viz čl. 44).

Hodnota proudu primárního vinutí transformátoru proudu se volí z řady jmenovitých primárních proudů podle ČSN EN 60044-1.

V ostatních případech se pomocné transformátory proudu použijí jen tehdy, není-li možné jiné řešení.

Koeficient citlivosti se stanoví podle druhu použité ochrany a pokynů výrobce.

Výpočet ostatních charakteristických hodnot nutných pro nastavení ochrany je odvislý od konstrukce ochrany a udává ho výrobce ochran. Při výpočtu nastavení je nutné respektovat rozdílový proud při krajních odbočkách transformátoru.

160. Distanční ochrana

Nastavení distančních ochran se vypočítá podle vztahů v příloze F této normy.

Kontrola ostatních parametrů ochrany je odvislá od konstrukce ochrany a stanoví se podle instrukcí výrobce. Chyby měření impedance distančních ochran jsou uváděny v návodech výrobců ochran. Pro zběžné výpočty jsou výpočty vybraných chyb měření distančních ochran uvedeny v příloze G této normy.

161. Základní stupeň ochrany trojfázového vedení zvn a vvn s účinně uzemněným nulovým bodem musí vypínat bez časového zpoždění. U ostatních vedení toto zpoždění nemá překročit 0,3 s. Výjimečné případy, kdy tato podmínka není splněna, se řeší individuálně. Pro výpočet nebezpečných vlivů silových vedení na vedení sdělovací podle ČSN 33 2160 nemá doba odpojení zemního zkratu překročit 1 sec.

162. Výpočet nastavení a kontrola parametrů složitějších ochran je odvislá též od konstrukce ochrany a je nutno pro příslušný typ ochrany postupovat podle technické dokumentace a instrukcí výrobce ochran.

163. Směrové nadproudové ochrany

Použijí se zpravidla tam, kde jsou zdroje z obou stran nebo kde jsou paralelní vedení.

Jejich nastavení v daném směru se řídí podobnými pravidly jako u ochran nesměrových. Časová selektivita je nezávislá pro oba směry (podobně jako u distančních ochran). Mžikové ochrany mohou být nesměrové se směrovým chováním – záleží na proudovém nastavení (nutno kontrolovat při přepojování sítě).

POZNÁMKA: Pro účinně uzemněné soustavy je třeba dát pozor – směrové ochrany většiny výrobců se v této síti při zemních zkratech neorientují a mohou nabíhat chybně na proudy nepostížených fází, které tekou ve směru při zkratu v protisměru ochrany.

Při oboustranném napájení se v odůvodněných případech doporučuje použít směrové (nadproudové nebo distanční) ochrany nejen na vedeních, ale i u transformátorů, a to zejména na transformátorech 110 kV/vn se zdroji připojenými do sítě vn.

164. Zemní ochrany vývodů vn

Zemní ochrany působí při vzniku zemní poruchy na vývodu. Principy a nastavení jsou uvedeny v příloze H.

165. Volba typu OZ

U většiny moderních ochran venkovních vedení 110 kV lze volit následující typy OZ (u sítě vn je vždy třípólový):

- a) třípólový
- b) třípólový + jednopólový
- c) jednopólový

Tam kde je možné volíme přednostně kombinaci třípólový + jednopólový.

- U paprskových i jednostranně napájených vedení s transformátorem (transformátory) na konci volíme zpravidla třípólový OZ.
- U vedení s připojenými zdroji volíme OZ jednopólové nebo provoz bez OZ. Třípólové OZ by mohlo vést k nesynchronnímu spínání.
- U vedení s velkými motorickými odběry nebo zdroji lze použít kombinaci třípólový + jednopólový za předpokladu, že ochrana je vybavena kontrolou synchronizmu.
- Na vedeních přenosové soustavy se používá zpravidla jednopólové OZ.

166. na doplňky.

Připojení ochran na přístrojové transformátory

167. Schéma spojení PTP a připojení ochran:

- PTP ve třech fázích L1, L2, L3 (R, S, T) zapojení do hvězdy. Ochrany v tomto zapojení mohou působit při všech druzích jedno, dvoj- a trojfázových zkratů.

Toto zapojení musí být užito v sítích s nulovým bodem uzemněným buď přímo anebo přes činný odpor.

V sítích uzemněných přes činný odpor je nutné pro zajištění spolehlivého vypnutí jednopólových zkratů zapojit jeden proudový článek do součtové větve PTP nebo použít zvláštní součtový proudový transformátor. Nastavení a citlivost článku pro zjišťování zemních poruch je nutno stanovit při návrhu ochran výpočtem.

Při dvojitých zemních spojeních v sítích vn a stejném časovém nastavení ochran paralelních vedení dojde při tomto zapojení PTP k vypnutí obou vedení.

Na paprskových vedeních při dvojitěm zemním spojení bude vypnuto pouze vedení s kratším časovým nastavením ochrany, ostatní zůstávají připojena.

Při dvojfázových zkratech za transformátory s vinutím spojeným Y/d nebo D/y jednou z fází protéká $2/\sqrt{3} I_k^{(2)}$, ostatními fázemi $1/\sqrt{3} I_k^{(2)}$.

Jeden ze tří článků ochrany má koeficient citlivosti v tomto případě

$$k_{c3} = \frac{\frac{2}{\sqrt{3}} I_k^{(2)}}{I_k^{(3)}} \quad (3)$$

u zbývajících článků je

$$k_{c31} = \frac{\frac{1}{\sqrt{3}} I_k^{(2)}}{I_k^{(3)}} = 0,5 k_{c3}, \quad (4)$$

tedy poloviční.

- PTP ve dvou fázích L1, L3 (R, T) - zapojení do neúplné hvězdy. Ochrany mohou působit pouze při všech druzích mezifázových zkratů.

Toto zapojení je správné jen v sítích s neúčinně uzemněným nulovým bodem.

Při dvojitých zemních spojeních v sítích vn, kdy na jednom z paralelních vedení je zemní spojení ve fázi bez PTP (fáze L2), bude vypnuto pouze druhé vedení (kde je zemní spojení ve fázi L1 nebo L3), což odpovídá požadavkům provozu soustavy. Jsou-li na všech vedeních vn PTP ve fázích L1, L3, potom ve 2/3 případů bude vypnuto pouze jedno vedení. Další viz čl. 85 této normy.

Na paprskových vedeních v případě, že zemní spojení ve fázi bez PTP je dále od zdroje, bude vypnuto vedení bližší ke zdroji (kde je zemní spojení ve fázi L1 anebo L3), což je nežádoucí.

Pro tento případ je výhodnější zapojení podle předchozího odstavce (čl. 167a).

Pro dvojfázové zkraty za transformátory s vinutím spojeným Y/d, Y/y0(d), D/y anebo za transformátory Y/y s uzemněným nulovým bodem se ochrana s články ve dvou fázích nesmí použít. Její citlivost v některých případech je poloviční oproti citlivosti ochrany zapojené do tří fází ($k_{c31}=0,5 k_{c3}$). V tomto případě se použije zapojení dle čl. 167a nebo 167c této normy.

- c) PTP ve dvou fázích L1, L3 (R, T) - zapojení do neúplné hvězdy. Ochrany mohou působit při všech druzích dvojfázových zkratů a při zkratech za transformátory Y/d, D/y anebo Y/y s uzemněným nulovým bodem.

Třetí článek ochrany se zapojí do součtové větve (uzlu) PTP.

- d) PTP ve třech fázích zapojené do trojúhelníku.

Užijí se pro vybrané typy konstrukcí rozdílových ochranných transformátorů s vinutím ve spojení Y/d, instalují se na stranu vinutí výkonového transformátoru spojeného do Y a jejich zapojení musí odpovídat zapojení vinutí (d) výkonového transformátoru.

Převod těchto PTP se musí volit s ohledem na potřebu vyrovnání proudů obou stran transformátoru pro rozdílové ochrany starších konstrukcí. Jsou určeny k fázovému natočení sekundárních proudů na stejný úhel jako má vinutí výkonového transformátoru zapojené do trojúhelníku a k vyrovnání nestejně velikosti proudů, způsobené nestejnými PTP proudy obou stran transformátoru, podle čl. 159 této normy.

- e) PTP ve třech fázích, souhlasné konce sekundárního vinutí zapojené paralelně (filtr na netočivou složku proudu). Ochrana působí pouze při poruchách, kdy vznikne netočivá složka proudu.

Schéma s filtrem na netočivou složku proudu se užije především pro připojení zemních ochranných venkovních vedení v kompenzovaných sítích vn s přidavným zvyšováním činné složky proudu zemní poruchy; kde není možné použít prstencové PTP.

Ochrany připojené na tyto PTP mají časově zpožděny pro případ mezifázových zkratů na vedení, kdy vlivem přechodových jevů v transformátoru proudu na počátku zkratu se podstatně zvýší vyrovnávací proud.

POZNÁMKA: U zemních ochranných motorů vn se považuje toto zapojení za nevhodné, vyrovnávací proudy se vyskytují i při rozběhu motorů a jejich doznívání trvá i několik vteřin až desítek vteřin (podle druhu pohonu).

Pro toto zapojení v sítích s velkými převody PTP a malými proudy zemních poruch, tj. např. sítě vlastní spotřeby elektráren a tepláren musí být užito speciálních PTP pro zemní jištění třídy H podle ČSN 351361, jejichž vyrovnávací proud $I_v = 2,5 \text{ mA}$ při břemeni v rozmezí $Z_b = 10 \text{ až } 20 \ \Omega$. Převod PTP pro toto zapojení je 100:1 (sekundární proud je 1/100 proudu primárního).

- f) prstencový PTP - užívá se převážně jako transformátor násuvný. Ochrana připojená k tomuto transformátoru působí pouze při poruchách, kdy vznikne netočivá složka proudu. Ostatní udává ČSN 351360.

Použije se u kabelových vedení a venkovních vedení s kabelovými vývody. Ochranné uzemnění kabelové koncovky se provede vodičem, který se provlékne PTP ve směru kabelu (proud ochranného uzemnění a v plášti kabelu jsou stejné a v protisměru).

K zamezení chybného působení ochrany připojené na tyto transformátory při vnějších zemních spojeních a snížení citlivosti ochrany při poruše na chráněném vedení, se kabely od PTP ke kabelovým koncovkám a kabelové koncovky izolují od země (při zemním spojení v síti se zemní proudy uzavírají jak zemí, tak i po plášti a pancéřem kabelu). Jeden konec sekundárního vinutí transformátoru proudu se uzemní.

- g) násuvný transformátor proudu - PTP vybavený jen magnetickým obvodem s navinutým sekundárním vinutím bez vestavěného primárního vodiče. Je určen pro nasunutí na přípojnici nebo na průchodku. Ostatní udává ČSN 351360.

Užije se v některých případech, např. pro zemní nádobovou ochranu transformátoru.

168. Schéma spojení přístrojových transformátorů napětí a relé:

Vinutí jednofázových, jednopólově izolovaných transformátorů se zapojuje do hvězdy, nulové body se uzemňují. Primární vinutí se připojuje na fázové napětí systému.

Přístroje připojené na sekundární vinutí se mohou připojit na fázové anebo sdružené napětí (obr. 1).

Jednofázové, dvoupólově izolované transformátory se užijí, jsou-li zapotřebí pro měření anebo ochrany pouze sdružená napětí, v sítích s izolovaným nulovým bodem. Nejčastěji se používají dva transformátory; jeden se použije, je-li požadována pouze kontrola sdruženého napětí a kontrolní fázování v dané síti (obr. 2).

Schéma spojení vinutí pro ochrany na netočivou složku napětí: Použijí se jednofázové, jednopólově izolované transformátory (případně ve zvláštních případech trojfázové, pětijádrové), primární vinutí se zapojí do hvězdy, jejich uzlový bod se uzemní.

Druhé sekundární vinutí s označením svorek d_a , d_n (dříve d_m , d_0 ; r, s) a s jmenovitým napětím 100/3 V se zapojí do otevřeného trojúhelníku (obr. 1), a uzemní se jeden jeho vrchol (z praktických důvodů se doporučuje zemnit krajní vrchol d_n). Pro každou přípojnicovou část systému (části vlastní spotřeby) se doporučuje použít zařízení pro omezení ferorezonančních přepětí (např. tlumicí odpor připojený k otevřenému trojúhelníku).

V případech, kdy transformátor napětí nemá sekundární vinutí 100/3 V, použije se pro ochranu na netočivou složku napětí pomocných transformátorů napětí ve spojení hvězda - otevřený trojúhelník. Konce vinutí zapojeného do hvězdy se připojí na sekundární fázové napětí hlavních transformátorů napětí.

V normálním provozu a při mezifázových zkratech je napětí na otevřeném trojúhelníku prakticky rovno nule, při zemním spojení je zde napětí $3 U_0$.

Jistič v obvodu otevřeného trojúhelníku bude v činnosti jen při zemním spojení, ačkoliv zkrat zde může být dlouho před tím.

Pro ochrany na netočivou složku napětí lze též použít sekundární vinutí zhášecí tlumivky anebo sekundární vinutí Büttowova transformátoru.

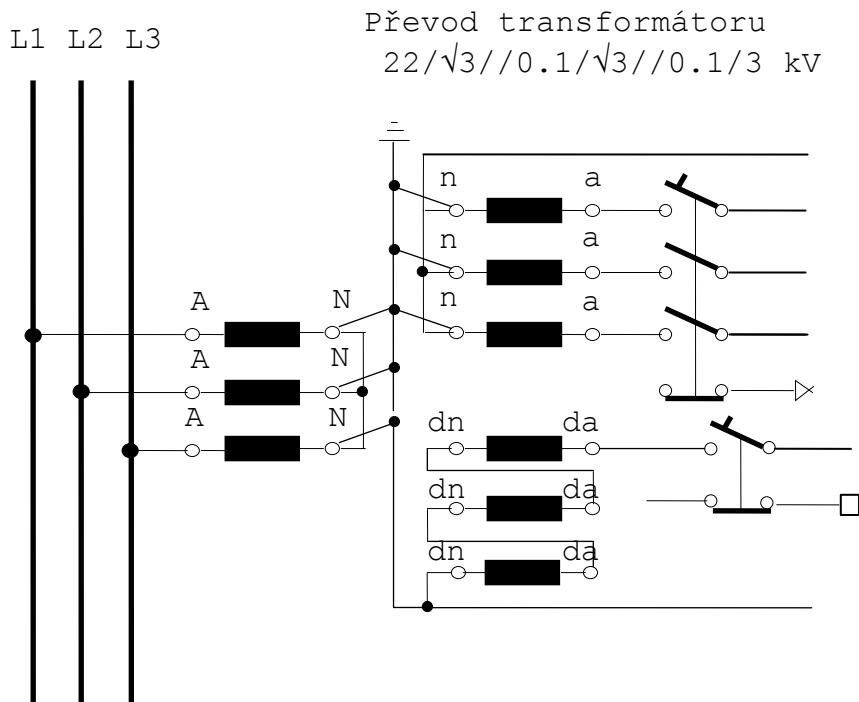
169. Ochrany el. zařízení a el. vedení, které jsou připojeny na transformátory napětí, musí být opatřeny zařízením:

- automaticky odpojícím ochrany z činnosti při vypnutí jističe, pojistek anebo při jiných poruchách v sekundárním napěťovém obvodu, které mohou způsobit chybnou činnost ochrany za normálního provozu chráněného úseku,
- pro návěstění poruchy v sekundárním obvodu, ve všech případech.

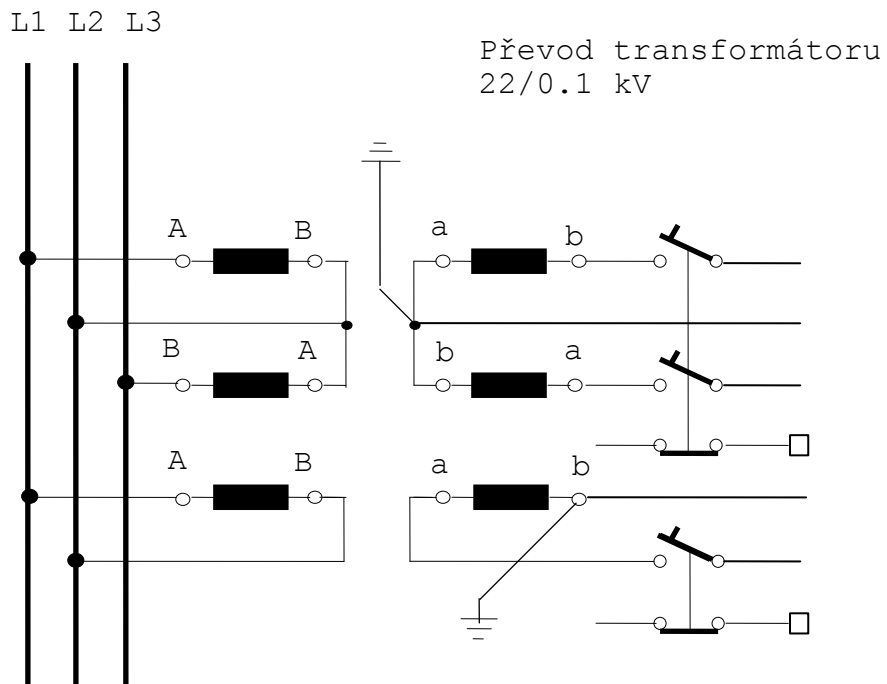
Výpočet nastavení zkratové spouště jističe TN

Nastavení zkratové spouště jističe sekundárního obvodu přístrojového transformátoru napětí se vypočítá podle postupu v příloze H této normy.

Obr. 1



Obr. 2



170. na doplňky.

IV. PROVOZ, ÚDRŽBA A ZKOUŠENÍ

Provoz ochran a automatik

171. Ochranám a automatickým zařízením musí být věnována náležitá péče a pozornost. Jejich správná činnost zvyšuje bezpečnost osob, omezuje vypnutí dodávky elektrické energie na nezbytné nutné úseky, čímž se zabraňuje značným ztrátám a škodám. Musí být správně nastaveny, musí se předepsaným způsobem udržovat, pravidelně zkoušet a musí mít bezpečné a spolehlivé napájení pomocným napětím.

O jejich působení musí být vedeny jednoznačné a přesné zápisy a je vhodné vést statistiky.

172. Provozovatel soustavy zajišťuje správu a provoz ochran a automatik vlastními pracovníky nebo ve spolupráci s jinými odbornými organizacemi v rozsahu:

- a) zapojení přístrojových transformátorů a spojovacího vedení mezi nimi a ochranami,
- b) spojovacích cest pro účely ochran a automatik,
- c) místních automatik,
- d) poruchových signálů a zápisů příslušného zařízení,
- e) návaznosti ochran na řídicí systémy.

Konkrétní pracovní činnost provozu ochran závisí na organizačním uspořádání.

173. Útvary provozu ochran na všech organizačních stupních spolupracují při:

- a) sestavování investičních úkolů;
- b) schvalování projektů všech stupňů;
- c) přejímkách zařízení;
- d) rozborech poruch a havárií v rozvodu i výrobnách;
- e) určování nastavení ochran ve styčných bodech se zařízením jiných provozovatelů.

Tuto spolupráci ve vlastním podniku zajišťují pro všechna zařízení ve vztahu k ostatním podnikům (dodavatelům, odběratelům) jen z hlediska zařízení ovlivňujícího provoz ES.

Při zkouškách nových energetických zařízení anebo po jejich opravách, nebo po GO musí být zajištěna účast pracovníků provozu ochran.

Rozdělení péče o provoz a údržbu ochranných zařízení a automatik mezi sousední energetické podniky, výrobní anebo rozvodné, musí být určeno jednoznačně a v dohodě s příslušným odpovědným provozovatelem ochran.

174. Vedoucí útvarů provozu ochran na všech organizačních stupních spolupracují při volbě uspořádání příslušné části elektrizační soustavy a jsou spoluodpovědní za selektivitu ochran a automatik ve zvoleném zapojení soustavy.

175. Aby mohly útvary provozu ochran a automatik vykonávat povinnosti vyplývající z této normy a daných platných předpisů, doporučuje se v energetickém podniku zřídit laboratoř vybavenou zařízením, které umožní zkoušky, provozní měření a ev. opravy příslušných zařízení.

176. až 181. na doplňky.

Evidence o činnosti ochran a automatik

182. V dozorných výroben a elektrických stanic je třeba provádět tyto zápisy:

- a) zápis o činnosti ochran a automatik
 - ve výrobnách a elektrických stanicích s trvalou obsluhou: do knihy ochran (pokud evidenci nezajišťuje řídicí systém). Zapisují se ihned po každém náběhu

anebo vypnutí ochran všechny indikované fáze, časy, časové stupně a další údaje o činnosti ochrany a automatiky, nutné k rozboru poruch,

- v dálkově ovládaných výrobnách a elektrických stanicích: provádí automaticky řídicí systém včetně přenosu vybraných informací na nadřízený dispečink,

Ve vybraných případech pro detailnější rozbor poruch provede záznam činnosti ochran a automatik odborný pracovník ochrany přímo v místě ochrany nebo automatiky.

- b) zápis o nastavení, revizích, zkouškách anebo výměnách ochran a automatik do knihy revizí. Zapisují se ihned po skončení práce všechny revize, výměny ochran, automatik, přístrojů v dozorně, změny v nařízení ochran a změny v sekundárních obvodech (pokud evidenci nezajišťuje řídicí systém).

183. Útvar provozu ochrany eviduje a archivuje doklad o zadaném nastavení ochrany protokoly o provedené revizi ochrany.

184. Údaje o činnosti ochrany a automatik se podle možností a potřeby zavedou do řídicího systému dispečinku příslušné úrovně.

185. Pro analýzu poruch v elektrizační soustavě mají být racionálně rozmístěny samočinné zapisující přístroje a zajištěno vyhodnocení činnosti ochrany a navazujících zařízení i pro statistiky. U digitálních ochran s funkcí poruchového zapisovače a lokátoru poruch je vhodné zajistit dálkové vyhodnocení záznamů a přenášet je na řídicí dispečerské pracoviště, resp. na řídicí pracoviště provozu ochrany.

186. Pro analýzu poruch el. zařízení energetických výroben se zavedou údaje ochrany do řídicího systému energetického bloku a zaznamenají mezi poruchovými hlášenými.

Druhy a termíny zkoušek ochran a automatik

187. Zkoušky přijímací se provádějí při uvádění ochrany a automatik do provozu. Po namontování ochrany a automatik a ukončení montáže základního el. zařízení se těmito zkouškami za účasti dodavatele musí prokázat, že soustava ochrany a automatik, včetně příslušenství, odpovídá projektu a požadavkům na ně kladeným.

Doporučuje se provádět zkoušky primární podle čl. 197 až 201, sekundární podle čl. 202 až 206 této normy.

Pozn.: Po provedení sekundárních zkoušek je možné při provozní zátěži ověřit hodnoty proudů a napětí, směrování ochrany, příp. provozní impedance, u rozdílových ochran rozdílový a stabilizační proud vč. úhlů, u srovnávacích ochran ověřit proudy i z protějších stran a jejich úhly.

188. Zkoušky pravidelné se provádějí plánovitě podle řádu preventivní údržby nebo doporučení výrobců koordinovaně s kontrolami ostatních energetických zařízení.

V rozvodnách zvn a vvn a důležitých výrobnách se zkoušky elektromechanických a statických elektronických ochran a automatik provádějí 1x za rok. Zkoušky digitálních ochran a automatik, vybavených autodiagnostikou se provádějí podle doporučení výrobce, zpravidla 1x za 3 - 5 let.

V ostatních rozvodnách a výrobnách se zkoušky elektromechanických a statických elektronických ochran a automatik provádějí 1x za 2 roky. Pro zkoušky digitálních ochran a automatik platí totéž jako v rozvodnách zvn a vvn.

Doporučuje se provádět zkoušky primární a kontrolu zkoušky podle čl. 192, 197, 213 a 214 této normy.

189. Zkoušky příležitostné se provádějí podle příkazu technika provozu ochrany, je-li zařízení přechodně mimo provoz.

190. Zkoušky mimořádné se provádějí po těžších poruchách, při mimořádných úkazech na zařízení anebo při nesprávné činnosti ochran a automatik.

Podle výsledku mimořádné zkoušky může být provedena i mimořádná revize.

Druh zkoušky, její rozsah a termín určí vedoucí příslušného útvaru provozu ochran.

Kontrola a zkoušky ochran, automatik a příslušenství

191. Podle požadavků na jednotlivé druhy zkoušek podle čl. 187 až 190 této normy (přejímací, pravidelné, příležitostné apod.) se provádí kontrola dodávky zařízení, provedení montáže, kontrola a zkoušky kabelových spojovacích vedení, přístrojových transformátorů, ochran a automatik podle čl. 192, 197 až 214 této normy.

192. Kontrola správnosti montáže a označení se provede porovnáním ukončené montáže s funkčními a montážními schématy ochran nebo automatik.

Zkontroluje se zapojení vnějších spojů ochrany nebo prvků automatik, kabelů, jednotlivých žil a provede se kontrola jejich označení.

193. až 196. na doplňky.

Primární zkoušky ochran

197. Při primárních zkouškách ochran se zkouší soustava ochran včetně přístrojových transformátorů a ostatního příslušenství. Tyto zkoušky umožní ověřit též správnost sekundárních obvodů, správnost zapojení přístrojových transformátorů, případně činnost vypínačů apod.

Při těchto zkouškách se nerozpojují obvody PTP.

198. Podle typu ochran a místních podmínek se primární zkoušky provádějí:

- proudem jednofázového zdroje. Tento způsob je vhodný např. při zkoušení nadproudových ochran. Provede se takové spojení primárních vinutí transformátorů proudu, na které jsou připojeny ochrany, aby proud protékal všemi transformátory proudu a jejich sekundární proudy, aby protékaly všemi fázemi a středním vodičem,
- proudem trojfázového zdroje. Tento způsob se užije hlavně při zkouškách rozdílových ochran transformátorů a alternátorů. Jedno z vinutí transformátoru se připojí na napětí trojfázového zdroje (např. 3x400/231 V) a u ostatních vinutí se zkratují fáze. Transformátorem v tomto případě protéká proud

$$I_k = \frac{U_{ZK}}{(Z_p + Z_{TR})} = \frac{U_{ZK}}{\left(Z_p + \frac{U_n^2}{100 \cdot S_{TR}} \cdot u_k\right)} \quad (A; V, \Omega, \%) \quad (5)$$

kde U_{zk} značí zkušební napětí,

Z_p impedance přívodních kabelů,

Z_{tr} impedance transformátoru,

S_{tr} zdánlivý výkon transformátoru,

U_n jmenovité napětí transformátoru,

u_k štítkový údaj napětí nakrátko transformátoru,

- zkratovým proudem alternátoru. Při použití alternátoru mohou být realizovány zkoušky do umělého zkratu s malým proudem (např. při zkoušce rozdílových ochran) anebo zkoušky s velkým zkratovým proudem při zkoušce jiných druhů ochran. Při zkouškách s alternátorem a nesymetrickém zkratu je nutno kontrolovat zpětnou složku proudu.

Při zkouškách s alternátorem musí být respektována, ČSN 35 0220 a přidružené normy.

- d) pracovním proudem a napětím v případě, že:
- ochrany nemohou být zkoušeny jiným způsobem, a to zejména ochrany, které jsou připojeny na transformátory proudu a napětí,
 - zkouška ochran se provádí při zapnutém silovém zařízení, na kterém jsou instalovány,
 - tento způsob je jednodušší a časově méně náročný.
- e) umělým zemním spojením u směrových zemních ochran na vybraném vývodu rozvodny.

199. Jestliže zkoušená ochrana je jedinou ochranou příslušného úseku anebo jestliže zbývající ochrany téhož úseku nezabezpečí rychlé a spolehlivé vypnutí poruchy daného úseku, potom na dobu zkoušky se použije náhradní ochrana, např. ochrana spínače přípojnic, nebo dočasně se na úseku instaluje další ochrana (např. při zkoušce podle čl. 198 c, d této normy). Přitom musí být učiněna opatření, aby nedošlo k chybnému vypnutí příslušného úseku, např. v důsledku vzájemných vazeb mezi ochranami anebo mezi ochranou a automatikou pro opětné zapínání apod.

200. Výsledky kontroly a zkoušek (např. naměřené rozběhové a návratové hodnoty měřicích a časových článků ochran a ostatní charakteristické hodnoty) ochran, přístrojových transformátorů, izolace, pomocných napětí, spojovacích cest apod. se zapíše do protokolu.

Zabezpečení primárních zkoušek

201. Při primárních zkouškách ochran je nutno:

- a) vypracovat přesný program zkoušek a odsouhlasit ho s příslušnými provozními a dispečerskými složkami,
- b) bezpečnost při práci zajistit příkazem "B" v souladu s bezpečnostními předpisy podle PNE 33 0000-6 a vypsát pracovní postup na základě odsouhlaseného programu zkoušek,
- c) provést opatření k zamezení přístupu k živým částem, na nichž se neprovádí měření,
- d) zajistit proti vypnutí všechny vypínače zkoušeného obvodu při zkouškách podle čl. 198 c, d této normy,
- e) odbudit bezpečně alternátor před zapnutím do zkratu při zkoušce podle čl. 198 c této normy (po instalaci umělého zkratu je potřeba celou trasu zapojit v beznapětovém stavu, pak zapnout roztočený generátor a ten pomalu přibuzovat; zablokovat ochrany vedení),
- f) přezkoušet soustavu ochran určenou ke zkouškám, vypínání vypínačů a při zkoušce podle čl. 198 c) této normy i činnost odbuzovače,
- g) zapojit vypínací obvody vypínačů před zkouškou stavu izolace, popř. vhodně nastavit ochrany zkoušeného obvodu.

Sekundární zkoušky ochran

202. Při sekundárních zkouškách se zkouší samostatně ochranná soustava bez připojení na přístrojové transformátory.

203. Zkoušení ochran za provozu jištěného zařízení musí být uvedeno již v návrhu na zkoušky a odsouhlaseno dispečerskou službou příslušného stupně.

204. Činnost ochrany (soustavy ochran) jištěného zařízení se přezkouší podle instrukcí výrobce a požadavků provozovatele při nastavených hodnotách všech rozběhových, měřicích, směrových a časových článků ochran.

205. U ochran, které jsou ve vzájemné vazbě s ochranami druhého konce téhož chráněného úseku (srovnávací ochrany, v některých případech distanční ochrany),

se přezkouší činnost ochran obou konců chráněného úseku, včetně příslušných spojovacích cest a přenosového zařízení. Při zkouškách se postupuje podle instrukcí výrobce ochran a přenosového zařízení.

206. Výsledky kontroly a zkoušek se podle čl. 200 této normy zapíše do protokolu.

207. až 211. na doplňky.

Zabezpečení sekundárních zkoušek

212. Při sekundárních zkouškách ochran u zařízení v provozu je nutno:

- a) vypracovat program zkoušek a odsouhlasit ho s příslušnými provozními a dispečerskými složkami,
- b) zajistit proti vypnutí (případně zapnutí) zkoušenou ochranou anebo automatikou (OZ) všechny vypínače zkoušeného obvodu (jištěné zařízení je v provozu anebo bez napětí),
- c) zajistit potřebné měřicí přístroje pro vyhodnocení zkoušky a prostředky pro spojení pracovníků provádějící zkoušky s řídicím pracovištěm,
- d) zabezpečit proti spuštění systém automatiky selhání vypínače.

Zkoušky činnosti automatik

213. Činnost automatik se zkouší:

- a) za provozu příslušného základního zařízení v součinnosti s tímto zařízením. Tento způsob umožní ověřit též správnost navrženého algoritmu řízení a dodaného základního zařízení.

Tento druh zkoušek se doporučuje při uvádění automatiky do provozu.

- b) bez součinnosti se základním zařízením. V tomto případě se zkouší samostatně automatika, výstupy jsou odpojeny a vstupní podmínky jsou simulovány. Proměřují se časové členy, čidla a další prvky podle instrukcí dodavatele a požadavků provozu.

Tento druh zkoušek se doporučuje při zkouškách pravidelných a příležitostných.

Při zkouškách automatik se provádí kontrola a zkoušky spojovacích kabelových vedení, izolace, čidel apod. podle požadavků na jednotlivé druhy zkoušek podle čl. 187 až 190 této normy. Je nutno zajistit též zkoušky příslušných akčních orgánů.

Při zkouškách automatik je zapotřebí provést opatření podle čl. 201 a 212 této normy.

Výsledky zkoušek se zapíše do protokolu a provede se vyhodnocení.

214. Postup při zkoušení automatiky pro opětné zapínání vedení (OZ):

- a) zkoušení automatiky OZ se provádí zároveň při zkoušení příslušné ochrany;
- b) změří se příslušné časové zpoždění včetně času vypínače;
- c) zkontrolují se všechny blokovací obvody pro zamezení činnosti OZ;
- d) činnost OZ se odzkouší krátkým impulsem od ochrany a přitom se zkontroluje působení pomocných relé, vypínače a hlášení. Kontrola se provede pro všechny provozované druhy OZ (jednopolové, trojpolové apod.);
- e) ověří se konečné vypnutí vypínače při dalším popudu od ochrany, který nastal během blokovací doby;
- f) provede se vypnutí ochranou a ovládačem při vyřazení OZ;
- g) všechny údaje ze zkoušky a měření se zapíše do protokolu.

215. a 216. na doplňky.

Ukončení zkoušek ochran a automatik

217. Po ukončení primárních zkoušek ochran se odstraní dočasná propojení obvodů, umělé zkratování zkoušených obvodů, provedená bezpečnostní uzemnění, demontují se náhradní ochrany a obnoví se původní spojení zařízení.

218. Po provedených sekundárních zkouškách ochran se demontuje zkratování transformátorů proudu, připojí se transformátory napětí a vypínací obvody. Pokud byly použity zkušební zásuvky, provedou se potřebné úkony vytažením vidlice ze zásuvky.

219. Pokud to provozní poměry dovolí, provede se zkušební vypnutí ochranou a přezkouší se působení pomocných relé a příslušných výstražných a poruchových návěstí a strojových zápisů.

220. Po zkouškách automatik se provede připojení vstupů, aktivují se výstupy automatiky, odstraní se dočasné propojení obvodů a pro zkoušky předepsaná bezpečnostní opatření a obnoví se původní zapojení zařízení. Podle požadavků provozu se přepne na automatický provoz anebo ruční řízení.

221. V případě, že na ochraně byla zjištěna hrubá závada, která ohrožuje anebo znemožňuje další provoz, a je-li přitom z vážných důvodů nutno obnovit provoz chráněného zařízení (je-li ovšem samo provozuschopné), může být ve výjimečných případech ochrana odstavena a zařízení zapnuto. To však je možné pouze se souhlasem příslušného útvaru zodpovědného za provoz ochran a se souhlasem dispečerské služby příslušného stupně. Doba tohoto nouzového provozu musí být co nejkratší, nezbytně nutná k odstranění závady

Výsledky zkoušek se zapíše do protokolu o funkční zkoušce ochrany.

222. Všechny části soustavy ochran, automatik a ovládání, které byly uvedeny do provozu, musí být trvale zapojeny bez ohledu na to, je-li chráněné zařízení v provozu anebo v záloze. Výjimku tvoří zařízení, která je třeba vypínat při změnách provozních podmínek. Poruchové návěstění musí být vždy v pohotovosti.

223. a 224. na doplňky.

PŘÍLOHA A: Požadavky na parametry přístrojových transformátorů proudu

Tyto požadavky mohou být dány:

1. Pro přesnější výpočty postupem dle normy ČSN EN 60044-6:

- a) potřebnou velikostí skutečného nadproudového činitele n_p , který se zjistí podle vztahu

$$n_p = \frac{I_K}{I_{pn}} \cdot \frac{R_{ct} + R_b}{R_s} \cdot K_{td} \quad (6)$$

kde I_K je primární zkratový proud protékající přes PTP, I_{pn} je jmenovitý primární proud PTP, R_{ct} je odpor sekundárního vinutí, R_b je jmenovitá odporová zátěž, R_s je celkový odpor sekundárního obvodu ($R_{ct} + R_{bs}$), kde R_{bs} je skutečná zátěž, K_{td} je jmenovitý činitel pro dimenzování pro přechodné stavy. Jmenovitý činitel pro dimenzování pro přechodné stavy K_{td} se vypočítá podle vztahů v příloze A normy ČSN EN 60044-6 a jeho velikost závisí na primární časové konstantě, sekundární časové konstantě a dále na druhu provozního cyklu, pro který počítáme dimenzování PTP (vypnutí bez OZ, úspěšné automatické OZ, neúspěšné automatické OZ).

Pokud je zájem vyloučit přesycení PTP vlivem maximální stejnosměrné složky zkratového proudu, musí být dodržen vztah

$$n_p \leq n \quad (7)$$

který omezuje velikost potřebného n_p na hodnotu nižší nebo maximálně rovnou hodnotě n , uvedené na štítku PTP.

2. Pro zběžné výpočty postupem dle starších norem:

- a) potřebnou velikostí skutečného nadproudového činitele n_p definovaného způsobem podle čl. 39,

$$n_p \geq n_{min} \quad (8)$$

kde n_{min} je minimální velikost požadovaná výrobcem pro daný typ ochrany a podmínky jejího použití,

- b) závislostí požadovaného n_p na časové konstantě sítě a násobku překročení jmenovitého proudu transformátorů proudu I_{1n} ustáleným zkratovým proudem I_k

$$n_p \geq k_{ss} \cdot k_k = k_{ss} \cdot (I_k / I_{1n}) \quad (9)$$

kde k_{ss} je činitel předdimenzování pro ss složku,

k_k je činitel dovoleného překročení nadproudového činitele ustálenou složkou zkratového proudu¹

- c) požadovanou velikostí limitního napětí U_{lim} a limitního proudu I_{lim}

¹ Pro elektromechanické nadproudové ochrany (čl. A11, A15) bylo zkratovými zkouškami ověřeno, že požadovaný nadproudový činitel pro spolehlivou činnost je závislý na proudovém nastavení ochrany. Nastavený proud I_r přepočtený na primární stranu převodem p_p nesmí překročit polovinu součinu skutečného nadproudového činitele a jmenovitého primárního proudu I_{1n} ; požadovaný nadproudový činitel n_p je dán vztahem

$$n_p \geq \frac{2 \cdot I_r \cdot p_p}{I_{1n}}$$

$$U_{lim} \geq k_d \cdot \frac{I_{In}}{p_p} \cdot (R_2 + R_p) \quad (10)$$

kde k_d je činitel překročení statického nadproudového činitele (udán buď jako konstanta respektující možné poměry X/R soustavy nebo funkcí X/R soustavy,

p_p je převod transformátoru proudu,

R_2 je činný odpor sekundárního vinutí transformátorů proudu,

R_p je činný odpor vedení od transformátorů proudu a odpor přístrojů (ochrany- vnější břemeno); při výpočtu vnějšího břemene je nutno vycházet z tabulky 0 této normy.

Pokud nejsou známy požadavky výrobce ochran na dimenzování PTP, pak pro sítě vvn a zvn je zapotřebí vycházet z následujících nároků pro ochrany, které vyžadují nezkreslený přenos proudu, a to:

pro jistící transformátory rozdílových ochran

$$U_{lim} > 0,7 \frac{I_k}{p_p} \cdot \frac{X}{R} (R_2 + R_p) \quad (V; A, \Omega) \quad (11)$$

pro jistící transformátory distančních ochran

$$U_{lim} > 0,5 \frac{I_k}{p_p} \cdot \frac{X}{R} (R_2 + R_p) \quad (V; A, \Omega) \quad (12)$$

Současně musí být splněna podmínka:

$$U_{lim} > 2 I_{lim} \frac{X}{R} (R_2 + R_p) \quad (V; A, \Omega) \quad (13)$$

kde I_k značí počáteční rázový zkratový proud - střídavá, efektivní složka,

X/R poměr reaktance k činnému odporu zkratového obvodu,

ve kterém jsou kontrolovány podmínky pro správnou činnost ochran

POZNÁMKA: Činný odpor sekundárního vinutí PTP je závislý na jejich konstrukčním provedení a dimenzování. Jeho velikosti je zapotřebí vyžádat u výrobce (dodavatele). U instalovaných PTP se zjistí měřením ss odporu sekundárního vinutí vhodným způsobem.

Při skutečném břemenu se vypočte skutečné nadproudové číslo (n_s) podle výrazu:

$$n_s = \frac{Z_i + Z_n}{Z_i + Z_s} \cdot n_n \quad (\Omega) \quad (14)$$

kde Z_i značí vnitřní břemeno transformátoru proudu,

Z_n jmenovité břemeno transformátoru proudu,

Z_s skutečné vnější břemeno transformátoru proudu,

které se stanoví dle tabulky 1 této normy:

$$Z_n = \frac{P_n}{I_{2n}^2} \quad (\Omega, VA, A) \quad (15)$$

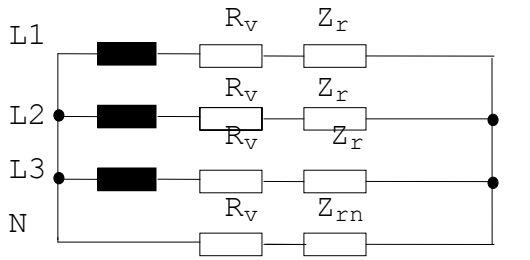
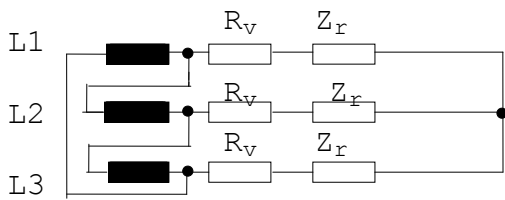
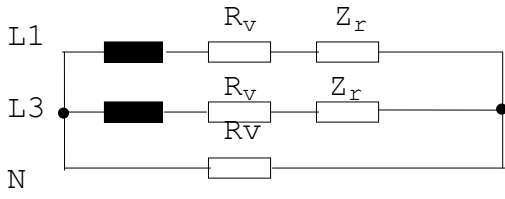
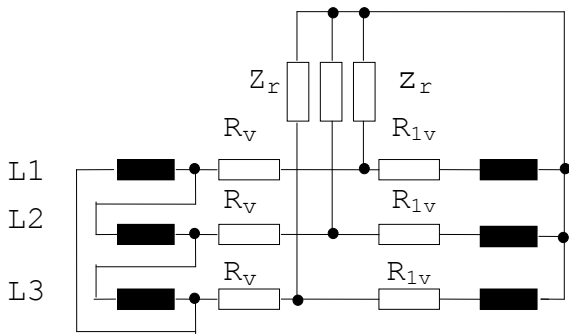
kde I_{2n} značí jmenovitý sekundární proud,

P_n jmenovitou zátěž.

POZNÁMKA: Uvedený vztah neplatí pro kaskádní přístrojové transformátory proudu.

Nadproudové číslo udává též nejvyšší napětí na sekundární straně transformátoru proudu a rezervu výkonu transformátoru proudu (např. $P_n=30VA$, $n_n=10$, $I_n=5A$, $U_2=6 V$; při $10 I_n$, $U_2 = 60 V$, $P = 3000 VA$).

Tab.3 – Stanovení vnějšího břemene transformátoru proudu

Schéma spojení transformátoru proudu a zátěže	Druh zkratu	Vnější břemeno transformátoru
	Trojfázový a dvojfázový Jednofázový	$Z = R_v + Z_r + R_{pr}$ $Z = 2R_v + Z_r + Z_m + R_{pr}$
	Trojfázový a dvojfázový Dvojfázový za transformátorem Y/d Jednofázový	$Z = 3(R_v + Z_r) + R_{pr}$ $Z = 2(R_v + Z_r) + R_{pr}$
	Trojfázový Dvojfázový a jednofázový Dvojfázový za transformátorem Y/d	$Z = \sqrt{3}R_v + Z_r + R_{pr}$ $Z = 2R_v + Z_v + R_{pr}$ $Z = 3R_v + Z_r + R_{pr}$ $\text{pro } I_R = I_T$
	Trojfázový a dvojfázový vnější	$Z_Y = R_{1v} + R_{pr}$ $Z_D = 3R_v + R_{pr}$
Ve vzorcích pro Z značí R_v odpor vedení od transformátorů proudu k připojeným přístrojům, Z_r impedanci přístrojů zapojených ve fázích, Z_m impedanci přístrojů zapojených v uzlu PTP R_{pr} přechodový odpor kontaktů		

POZNÁMKA: Hodnota vnějšího břemene transformátoru proudu je závislá též na schématu spojení sekundárního vinutí transformátoru proudu a na druhu zkratu. Pro zjednodušení se odpory a impedance sčítají aritmeticky (tabulky 1). Přechodový odpor kontaktů $R_{př} = 0,05 \Omega$ se uvažuje neměnný.

PŘÍLOHA B: Výpočet nastavení nadproudových časově nezávislých ochran

a) Nastavení proudu ochrany

aa) pro alternátory a transformátory s odblokováním působení při poklesu napětí

$$I_r \geq \frac{k_b \cdot I_n}{k_p \cdot p_p} \quad (A) \quad (16)$$

a

$$I_r \leq \frac{I_{k \min}}{k_c \cdot p_p} \quad (A) \quad (17)$$

kde k_b značí koeficient bezpečnosti; volí se zpravidla 1,1 až 1,35,

k_p přídržný poměr relé (0,85 až 0,95 - udává výrobce ochrany); nejmenší přípustná hodnota je 0,85,

k_c koeficient citlivosti (viz dále),

p_p převod transformátoru proudu,

I_n jmenovitý primární proud chráněného zařízení,

$I_{k \min}$ nejmenší zkratový proud při zkratu na konci chráněného úseku pro omezený provozní stav, případně pro nastavený čas na ochraně;

ab) pro venkovní a kabelová vedení s odblokováním při poklesu napětí

$$I_r \geq \frac{k_b \cdot I_{zn}}{k_p \cdot p_p} \quad (A) \quad (18)$$

kde I_{zn} značí největší dovolený proud zatížení v normálním provozu venkovního vedení, u kabelů dovolený proud příslušného druhu vodiče uloženého v zemi při teplotě 20 °C, uloženého ve vzduchu při teplotě 30 °C.

Při výpočtu seřízení ochrany vedení je nutno kontrolovat přípustné oteplení podle ČSN 33 2000-5-523;

ac) pro alternátory, transformátory a el. vedení bez odblokování působení při poklesu napětí

$$I_r \geq \frac{k_b \cdot I_{z \max}}{k_p \cdot p_p} \quad (A) \quad (19)$$

kde $I_{z \max}$ značí proud při největším zatížení jištěného úseku, např. při vypnutí paralelního vedení nebo transformátoru apod.;

U nadproudových ochrany vedení anebo úseků řazených za sebou nemá být ochrana blíže ke zdroji citlivější než ochrana dalších úseků. Nastavení proudu na ochranách musí vyhovovat podmínce:

$$I_{rn} = (1,1 \div 1,3) \frac{I_{r(n-1)}}{k_v} \quad (A) \quad (20)$$

kde k_v značí koeficient větvení proudů,

$I_{r(n-1)}$ nastavení proudu ochrany předchozího úseku.

b) Posouzení koeficientu citlivosti nadproudových ochrany (jistota náběhu ochrany při $I_{k \min}$)

$$k_c = \frac{I_{k \min}}{I_r \cdot p_p} \quad (21)$$

Pro elektromechanické nadproudové ochrany se doporučuje koeficient citlivosti nejméně 1.5, pro digitální ochrany postačí 1.2.

c) Nastavení napěťového relé pro odblokování nadproudové ochrany

$$U_r = \frac{U_{\min} \cdot k_p}{k_b \cdot p_n} \quad (V) \quad (22)$$

kde p_n značí převod transformátorů napětí,
 U_{\min} nejnižší možné provozní napětí v místě ochrany.

Pro zamezení působení ochrany při samonajíždění el. motorů a při asynchronním chodu alternátorů se připouští:

$U_r = (0,5 \text{ až } 0,6) U_n$ u ochrany transformátorů vlastní spotřeby,

$U_r = (0,65 \text{ až } 0,85) U_n$ u ochrany alternátorů

kde U_n značí jmenovité napětí

Tyto hodnoty je však zapotřebí kontrolovat výpočtem.

d) Stanovení koeficientu citlivosti napěťového relé pro odblokování nadproudové ochrany (velikost se doporučuje 1.3)

$$k_c = \frac{U_r \cdot p_n}{U_{k \max}} \quad (23)$$

kde $U_{k \max}$ značí největší zbytkové napětí při zkratu na konci úseku, vypočtené pro nejnepříznivější provozní stav (max. provozní stav), podle čl. 144 této normy;

e) Nastavení proudu ochrany proti přetížení

$$I_r = \frac{k_b \cdot I_n}{k_p \cdot p_p} \quad (A) \quad (24)$$

$k_b = 1,05$ pro ochrany zapojené pouze pro návěštění přetížení,

$k_b = 1,1 \text{ až } 2$ pro ochrany alternátorů a transformátorů zapojené na vypínání anebo snížení zátěže (podle charakteru provozu),

$k_b = 1,2$ pro ochrany el. motorů.

PŘÍLOHA C: Výpočet nastavení mžikových nadproudových ochran

a) Nastavení proudu ochrany

aa) pro el. vedení a el. stroje (nastavení zajišťující selektivitu při zkratech mimo chráněný úsek)

$$I_r \geq \frac{k_b \cdot I_{kmax}}{p_p} (A) \quad (25)$$

kde k_b se volí zpravidla (u číslicových ochran necitlivých na ss složku zkratového proudu jsou možné i nižší hodnoty, např. 1.2)

1,4 až 1,5 pro el. vedení,

1,5 až 1,6 pro transformátory,

p_p značí převod transformátorů proudu,

I_{kmax} počáteční rázový zkratový proud I''_{k0} (střídavá složka) v nejnepříznivějším provozním stavu podle čl. 144. této normy, při zkratu na přípojnících protější rozvodny u paprskových vedení s jednostranným napájením nebo u transformátorů při zkratu za transformátorem s uvažováním nejmenšího převodu. U vedení s oboustranným napájením se dosadí I_{kmax} větší ze dvou hodnot. Je-li na protějších přípojnících připojen jeden snižovací transformátor, potom u paprskových vedení s jednostranným napájením je I_{kmax} při zkratu za tímto transformátorem.

Mžiková proudová ochrana nemůže z důvodů selektivity chránit celé zařízení. Poměrný úsek chráněný touto ochranou se stanoví graficky anebo podle výrazu:

$$x = \frac{1}{X_v} \left(\frac{U_i}{I_r} - X_s \right) (-; \Omega, V, A) \quad (26)$$

kde X_v značí reaktanci chráněného zařízení,

I_r proud nastavený na ochraně převedený na primární stranu transformátorů proudu,

U_i vnitřní fázové napětí systému,

x poměrnou délku chráněného úseku vedení (dosah ochrany);

ab) pro asynchronní motory

$$I_r \geq \frac{k_b \cdot I_{rozb}}{p_p} (A) \quad (27)$$

kde I_{rozb} značí skutečný vypočtený rozběhový proud el. motoru,
 k_b se volí 1,5 až 2.

POZNÁMKA: Téměř mžikové funkce nadproudové ochrany lze docílit logickou vazbou.

b) Koeficient citlivosti mžikové nadproudové ochrany

$$k_c = \frac{I_{kmin}}{I_r \cdot p_p} \quad (28)$$

kde I_{kmin} značí nejmenší zkratový proud při zkratu v omezeném provozním stavu v blízkosti ochrany.

Pro mžikové elektromechanické ochrany má být $k_c \geq 2.0$; pro digitální ochrany postačí $k_c \geq 1.3$.

Nastavení proudu pro nádobovou ochranu transformátorů $zvn//vvn$, vvn/vvn , vvn/vn .

Způsob orientačního výpočtu nastavení proudu je závislý na předpokládaném stavu izolace nádoby proti zemi, případně na změřených parametrech koeficientu větvení proudu podle čl. 153 této normy.

V případě, že zemní odpor základu je předepsán nebo změřen jako:

- ba) mnohonásobně vyšší než zemní odpor uzemňovacího vodiče a připojené zemnicí soustavy (stav při dobře izolované nádobě od země) použije se vztah

$$I_r > 3 k_b \cdot \frac{I_{0min}}{P_p} \quad (29)$$

kde k_b je koeficient bezpečnosti a volí v tomto případě 1.3.

I_{0min} značí nejmenší proud netočivé složky v uzemňovacím vodiči při zkratu mezi vinutím a nádobou transformátoru v takovém místě vinutí, kam (impedančně nejdále od vstupních svorek) požaduje provozovatel zachytit poruchu nádobovou ochranou (např. 90 % vinutí). Současně musí být volbou parametrů PTP a spojovacího vedení mezi PTP a ochranou zajištěno, že nádobová ochrana bude spolehlivě působit i při největších zkratových proudech (zkrat mezi počátkem vinutí a nádobou transformátoru).

- bb) řádově srovnatelný nebo nižší než zemní odpor zemnicího pásku a připojené uzemňovací soustavy (nedostatečně izolovaná nádoba od země) použije se vztah

$$I_r > 3 k_b \cdot k_v \cdot \frac{I_{0max}}{P_p} \quad (30)$$

kde k_b je koeficient bezpečnosti a volí se 3 až 4

k_v je koeficient větvení proudu - poměr proudu procházejícího uzemněním nádoby transformátoru k proudu procházejícímu nulou tohoto transformátoru (závisí na odporu uzemnění a základu transformátoru)

- c) Koeficient citlivosti pro nádobovou ochranu transformátoru (pro mžikové elektromechanické ochrany má být $k_c \geq 2.0$, pro digitální ochrany postačí $k_c \geq 1.3$)

$$k_c = \frac{3 I_{0min}}{I_r} \quad (31)$$

kde I_{0min} značí nejmenší proud netočivé složky v zemním vodiči při zkratu na nádobu jištěného transformátoru.

POZNÁMKA: Přídržný poměr se u těchto ochran při výpočtu neuvažuje, jelikož ochrana je mžiková a při vnějších zkratech nesmí působit.

PŘÍLOHA D: Výpočet nastavení časově závislých nadproudových ochran

Závislé ochrany podle IEC 255.

Vypínací čas u těchto ochran závisí na proudu podle tohoto vztahu:

$$t = \frac{k}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^\alpha - 1} \cdot T_p \quad (32)$$

- kde t je teoretický čas působení
 k konstanta charakterizující relé
 T_p časový násobitel
 I je poruchový proud
 I_s nastavený rozběhový proud
 α je index charakterizující algebraickou funkci

IEC 255-3 rozlišuje tři druhy charakteristik, s přednostními hodnotami podle tabulky 4

- typ A - normální inverzní,
 typ B- velmi inverzní,
 typ C - extrémně inverzní

Tab.4

	A	B	C
K	0.14	13.5	80.0
A	0.02	1.0	2.0

Zaručovaný pracovní rozsah těchto ochran je minimálně od $1.3 I/I_s$, rozsah, ve kterém je zaručována přesnost je přitom 2 až $20 I/I_s$, (pokud výrobce nestanoví jinak).

Přesnost je udána buď graficky křivkami minimální a maximální meze chyb v závislosti na I/I_s , nebo tabulkou pro $I/I_s = 2, 5, 10$ a 20 .

Tepelné ochrany podle IEC 255-8

jsou závislé tepelné ochrany, chránící zařízení před elektrickým tepelným poškozením měřením proudu protékajícím tímto zařízením.

Dělí se na dva typy:

- a) ochrany s úplnou pamětí zatížení před jejím působením

Obecný vztah pro vypínací čas je v tomto případě

$$t = \tau \cdot I_n \frac{I^2 - I_p^2}{I^2 - (k \cdot I_B)^2} \quad (33)$$

- kde I_p je proud zátěže před vznikem přetížení
 t je čas působení
 τ časová konstanta
 I_B vztažný proud
 k konstanta
 I proud ochranou

POZNÁMKA: Uvedený vztah uvažuje stejnou oteplovací a ochlazovací časovou konstantu. Pro točivé stroje se doporučuje použít složitější tepelný model.

b) ochrany s částečnou pamětí, tj. vyhodnocující pouze proud při přetížení.

$$t = \tau \cdot I_n \frac{I^2}{I^2 - (k \cdot I_B)^2} \quad (34)$$

Pro konstantu k mají být hodnoty v národních předpisech nebo udány výrobcem. Pro motorové ochrany má být v rozsahu 1.0 až 1.2 a udána výrobcem.

Totéž platí pro rozsah nastavení vztažného proudu I_B , s tím, že u ochran motorů má být 0.8 až 1.1 jmenovitého proudu.

Pro čas uvolnění (návratu do klidové polohy) nejsou žádné normalizované hodnoty, mají být určeny národními normami nebo udány výrobcem.

Pracovní rozsah ochrany má být rovněž definován národními normami nebo udán výrobcem, meze rozsahu mají být udány násobkem vztažného proudu. U motorové ochrany má být standardní rozsah $1.25 I_B$ až $8 I_B$.

PŘÍLOHA E: Výpočet nastavení ochran na zpětnou složku proudu generátoru

Závislost dovolené doby provozu alternátoru t_p při nesouměrném zatížení:

$$i_{v2}^2 t_p = K \quad ; \quad i_{v2} = \sqrt{\frac{K}{t_p}} \quad (35)$$

Poměrná zpětná složka proudu

$$i_{v2} = \frac{I_2}{I_n} \quad (36)$$

Nastavení ochrany

$$I_{r2} \leq \frac{I_n}{p_p} \cdot \sqrt{\frac{K}{t_p}} \quad (A, s) \quad (37)$$

kde t_p značí přípustnou dobu nesouměrného zatížení (s),
 K konstantu pro alternátor daného typu. (udává výrobce)
 p_p je převod transformátorů proudu

Koeficient citlivosti ochrany se kontroluje při zkratu za zvyšovacím transformátorem (blokovým). Zkratový proud se stanoví pro dvojfázový a jednofázový zemní zkrat.

Koeficient citlivosti má být: $k_c \geq 1.2$

POZNÁMKA: Pro seřízení některých ochran alternátorů je zapotřebí od výrobce pro každý alternátor vyžádat hodnoty konstant pro dovolené krátkodobé přetížení statoru

$$K_s = \left(\frac{I_p^2}{I_n^2} - 1 \right) \cdot t \quad (A, s) \quad (38)$$

dovolené krátkodobé přetížení rotoru

$$K_r = \left(\frac{I_p^2}{I_n^2} - 1 \right) \cdot t \quad (A, s) \quad (39)$$

dovolené převýšení napětí

$$K_u = \left(\frac{U^2}{U_n^2} - 1 \right) \cdot t \quad (V, s) \quad (40)$$

kde I_p značí proud při přetížení statoru, např. rotoru,
 I_n jmenovitý proud statoru, popř. rotoru,
 U zvýšené napětí stroje,
 U_n jmenovité napětí,
 t přípustnou dobu přetížení (zvýšení napětí).

Dále je nutno požadovat přípustnou dobu zpětného činného výkonu turbosoustrojí P_{zp} (%) a jeho velikost, hodnoty reaktancí, včetně hodnoty příčné nasycené reaktance x_q .

PŘÍLOHA F: Výpočet nastavení distančních ochran

F1. Distanční ochrany vedení

Nastavení prvního stupně linkové charakteristiky pro jednoduché vedení:

$$Z_{r1}^I = (0,80 \div 0,90) \cdot Z_{v1} \quad (\Omega; \Omega) \quad (41)$$

$$Z_{v1} = I_{v1} \cdot Z_I \frac{p_p}{p_n} \quad (\Omega; km, \Omega / km,) \quad (42)$$

kde I_{v1} značí délku vedení,

Z_{I1} měrnou impedanci sousledné složky vedení,

p_p, p_n převod přístrojového transformátoru proudu a napětí,

Z_{v1} impedanci vedení přepočtenou na sekundární stranu přístrojového transformátoru proudu a napětí;

nastavení druhého stupně linkové charakteristiky

$$Z_{r1}^{II} = (0,80 \div 0,90) \left(Z_{v1} + \frac{1}{k_v} Z_{r2}^I \right) \quad (43)$$

kde k_v značí koeficient přídavného napájení při zkratu na druhém úseku; v daném případě:

$$k_v = \frac{I_{kv1}}{I_{k2}} \quad (44)$$

(poměr části zkratového proudu procházejícího místem ochrany prvního úseku ke zkratovému proudu tekoucímu do místa zkratu na druhém úseku)

Z_{r2} nastavení prvního stupně ochrany druhého úseku;

koeficient citlivosti druhého stupně ochrany prvního úseku

$$k_{c2} = \frac{Z_{r1}^{II}}{Z_{v1}} \geq 1,2 \quad (45)$$

Nastavení druhého event. dalších impedančních stupňů se doporučuje volit na základě výpočtů zkratových poměrů sítě se zahrnutím možných provozních stavů.

Rozběhový člen ochrany nesmí působit v normálním provozu, proto

$$Z_r \succ Z_{\min} = \frac{U_{\min}}{I_{\max}} \quad (46)$$

kde U_{\min} značí nejnižší možné fázové napětí na přípojnicích v normálním provozu (obvykle je $U_{\min} = 0,9 U_n$),

I_{\max} nejvyšší proud vedení,

Z_{\min} nejnižší fiktivní impedanci za provozu.

Po vypnutí vnějších zkratů se rozběhový člen (obálka (GFC) nebo největší zóna ochrany) musí bezpečně vrátit do klidové polohy.

Návratová hodnota relé:

$$Z_{nav} \succ Z_{\min} \quad (47)$$

Přídržný poměr

$$k_p = \frac{Z_{nav}}{Z_r} \langle 1 \quad (48)$$

Seřízení impedance rozběhového členu při uvažování přídržného poměru relé

$$Z_r = \frac{Z_{\min}}{k_p} \quad (49)$$

Doporučený koeficient citlivosti

$$k_c = \frac{Z_r}{Z_{rk \max}} \geq 1,2 \quad (50)$$

kde $Z_{rk \max}$ značí impedanci měřenou ochranou při zkratu na konci potřebného dosahu (největší hodnota).

Citlivost ochrany se kontroluje pro dvojfázový a jednofázový zkrat na konci druhého úseku, v omezeném provozu.

POZNÁMKA: Uvedené velikosti koeficientu citlivosti platí pro elektromechanické distanční ochrany, u digitálních ochran jsou možné hodnoty nižší, které je zapotřebí konzultovat s výrobcem nebo dodavatelem ochran.

F2. Distanční ochrany generátorů zapojených v blocích s blokovými transformátory

V místě vyvedení generátoru do sítě vvn bude osazena tzv. bloková distanční ochrana. Tato distanční ochrana bude nastavena tak, že bude min. 2 zónami směřována do generátoru, tedy bude tvořit ochranu blokového transformátoru a zálohu generátorových ochran, resp. zálohu ochrany na straně vn vývodu transformátoru. Ostatní zóny (minimálně 2) budou směřovány opačně. Tyto budou poskytovat chránění přípojnic vvn rozvodny a dále budou tvořit zálohu distančních ochran odchozích vedení z rozvodny vvn.

Nastavení prvního impedančního stupně

$$Z_{r1}^I = (0,50 \div 0,60) Z_{BTR} (\Omega; \Omega)$$

kde Z_{BTR} je impedance blokového transformátoru (BTR) měřená z nižší strany blokového transformátoru, kterou lze vypočítat následovně:

$$Z_{BTR} = \frac{u_k \%}{100 \%} \cdot \frac{U_{ng}^2}{S_{BTR}} \quad (51)$$

Kde $u_k \%$ je procentní napětí nakrátko BTR

U_{ng} jmenovité napětí generátoru shodné s jmenovitým napětím vinutí na nižší straně blokového transformátoru

S_{BTR} je jmenovitý zdánlivý výkon blokového transformátoru.

Časové zpoždění prvního impedančního stupně je $t_1 = 0$ s.

Nastavení druhého impedančního stupně

$$Z_{r1}^{II} = (1,1 \div 1,2) k \cdot Z_{BTR} (\Omega; \Omega)$$

Kde k je koeficient závislý na typu zkratu.

Velikost koeficientu k je následující:

- pro třífázové a dvoufázové zkraty bez země $k = 1$
- pro jednofázové zemní zkraty a dvoufázové zemní zkraty $k > 1$ v případech, kdy je uzel na straně vyššího napětí blokového transformátoru účinně uzemněn. Velikost k pro tyto případy může být zjištěna zběžným ručním výpočtem nebo modelováním příslušného zkratu výpočetním programem.

Časové zpoždění druhého impedančního stupně se volí v návaznosti na ochrany sítě.

PŘÍLOHA G: Vybrané příčiny nesprávného měření vzdálenosti poruchy u distančních ochran

Hlavní příčiny nesprávného měření článků distančních ochran jsou:

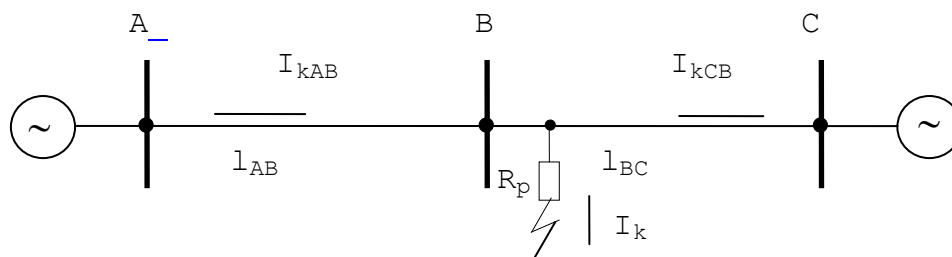
- a) přechodový odpor v místě poruchy - je to celkový odpor dráhy proudu při poruše od jedné z fází k druhé při mezifázových zkratech anebo od jedné z fází k zemi při jednofázových zkratech.

Složkami přechodového odporu jsou: odpor elektrického oblouku, odpor cizích předmětů, odpor mezi vodičem a zemí (při pádu vodiče na zem), odpor uzemnění kovových konstrukcí apod.

Při mezifázových zkratech je obvykle přechodovým odporem odpor oblouku.

Přechodový odpor ovlivňuje proudy, napětí a jejich fázový posun a může podstatně ovlivnit činnost ochran (obr. 3).

Obr. 3



Impedance měřená ochranou v místě A při mezifázových zkratech na začátku vedení BC je:

$$Z_{rA} = \frac{\bar{U}_s}{\bar{I}_k} = \frac{\bar{I}_{kAB} Z_{lAB} + \bar{I}_k R_{pr}}{\bar{I}_{kAB}} = Z_{lAB} + \frac{\bar{I}_k}{\bar{I}_{kAB}} R_{pr} e^{j\alpha} \quad (52)$$

kde α značí fázový posun mezi I_k v místě poruchy a proudem I_{kAB} na vedení AB,

Z_{lAB} je impedance úseku vedení mezi A, B

R_{pr} přechodový odpor v místě zkratu.

Impedance měřená ochranou v místě B při zkratu na začátku vedení BC:

$$Z_{rB} = \frac{\bar{I}_k}{\bar{I}_{kAB}} R_{pr} \quad (53)$$

Při jednostranném napájení vedení $I = I_{kAB}$

z čehož vyplývá

$$Z_{rA} = Z_{lAB} + R_{pr}$$

Odpor elektrického oblouku na počátku zkratu (orientačně):

$$R_0 \approx \frac{28700 l_0}{I_0^{1,4}} \quad \text{nebo} \quad R_0 \approx l_0 \frac{2X_I}{U_s} \quad \text{nebo} \quad R_0 \approx \frac{50 U_s}{I_0} \quad [\Omega, m, kV, A] \quad (54)$$

Odpor oblouku za dobu t od počátku zkratu je dán výrazem:

$$R_{ot} = \frac{28700}{I_0^{1,4}} (s + 4,8 v \cdot t) \quad (\Omega, A, m, km/h, s) \quad (55)$$

kde l_0 značí délku elektrického oblouku,
 s vzdálenost mezi vodiči,
 I_0 proud v elektrickém oblouku,
 X_1 celkovou reaktanci sousledné složky v místě zkratu,
 U_s jmenovité sdružené napětí,
 v rychlost větru,
 t dobu hoření el. oblouku.

Na počátku poruchy je I_0 největší, R_0 nejmenší.

Tímto jevem jsou ovlivňovány ochrany s časovým zpožděním.

Diagram závislosti odporu oblouku na proudu je v příloze této normy.

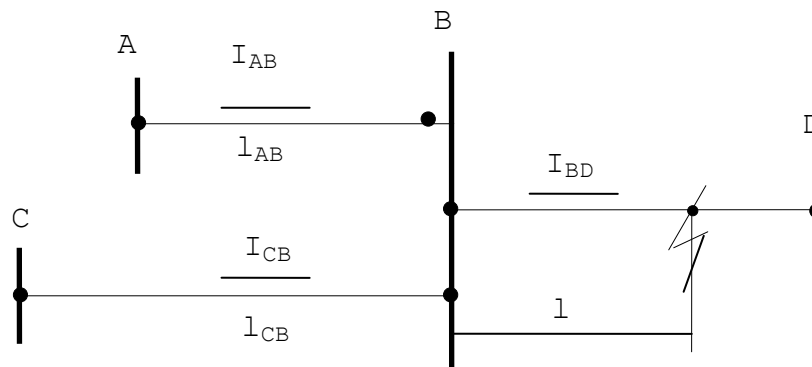
Při oboustranném (případně vícestranném) napájení vedení při odporovém zkratu dochází ke zvyšování měřené impedance vlivem napájení z protilehlé strany natáčením úbytku napětí na poruchovém odporu v závislosti na velikosti a směru přenosu činného výkonu po vedení.

Přechodový odpor v místě poruchy ovlivňuje výrazněji přesnost měření distančních ochran hlavně starších konstrukčních typů (elektromechanických, statických analogových). Digitální distanční ochrany jsou, vzhledem k dokonalejším impedančním charakteristikám a dokonalejším algoritmům, ovlivňovány odporem v místě poruchy výrazně méně.

b) vliv přidavného napájení nebo odběru mezi ochranou a místem zkratu (obr.4, 5).

Při kontrole činnosti druhých stupňů distančních ochran nutno počítat s tím, že proudy přilehlých úseků sítě mají při zkratu různé hodnoty vlivem přidavného napájení (odběru) od dalších vedení přivedených na přípojnice rozvodny. Tyto proudy neprotékají místem kontrolované ochrany, musí se tedy při návrhu ochran uvažovat.

Obr. 4



$$Z_{rA} = \frac{\bar{I}_{AB} \cdot Z_{lAB} + \left[\bar{I}_{AB} + \bar{I}_{CB} \right] \cdot Z_l}{\bar{I}_{AB}} \quad (56)$$

$$\text{kde } \bar{I}_{BD} = \bar{I}_{AB} + \bar{I}_{CB} > \bar{I}_{AB} \quad (57)$$

$$Z_{rA} = Z_{AB} + Z_l \frac{\bar{I}_{BD}}{\bar{I}_{AB}} = Z_{AB} + \frac{1}{k_v} \cdot Z_l \quad (58)$$

$$k_v = \frac{\bar{I}_{AB}}{\bar{I}_{BD}} < 1 \quad (59)$$

kde Z_{rA} značí fiktivní impedanci měřenou distanční ochranou v místě A při mezifázových zkratech,

k_v koeficient větvení proudu (koeficient přídavného napájení).

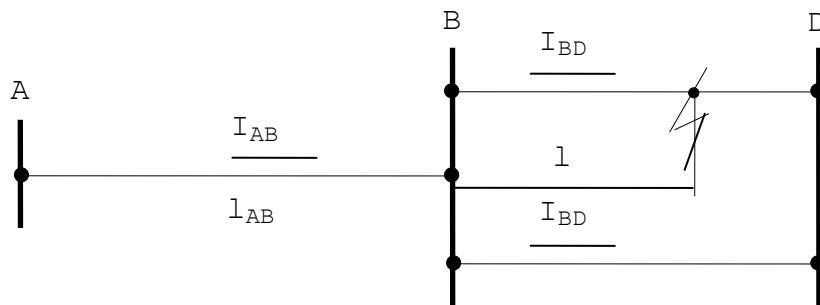
Impedance měřená ochranou je určena i poměrem proudů ve větvích.

$$Z_{rA} = \frac{\bar{I}_{AB} \cdot Z_{AB} + \bar{I}_{BD} \cdot Z_l}{\bar{I}_{AB}} = Z_{AB} + Z_l \cdot \frac{\bar{I}_{BD}}{\bar{I}_{AB}} \quad (60)$$

$$\bar{I}_{BD} = \bar{I}_{AB} - \bar{I}'_{BD} < \bar{I}_{AB} \quad Z_{rA} = Z_{AB} + \frac{1}{k_v} Z_l \quad (61)$$

$$\text{kde } k_v = \frac{\bar{I}_{AB}}{\bar{I}_{BD}} > 1 \quad (\text{koeficient odběru}) \quad (62)$$

Obr. 5



Je-li $k_v < 1$, impedance Z_{rA} měřená ochranou se zvětší, ochrana by reagovala jako při vzdálenějším zkratu a působila např. s časovým zpožděním dalšího stupně (obr.6).

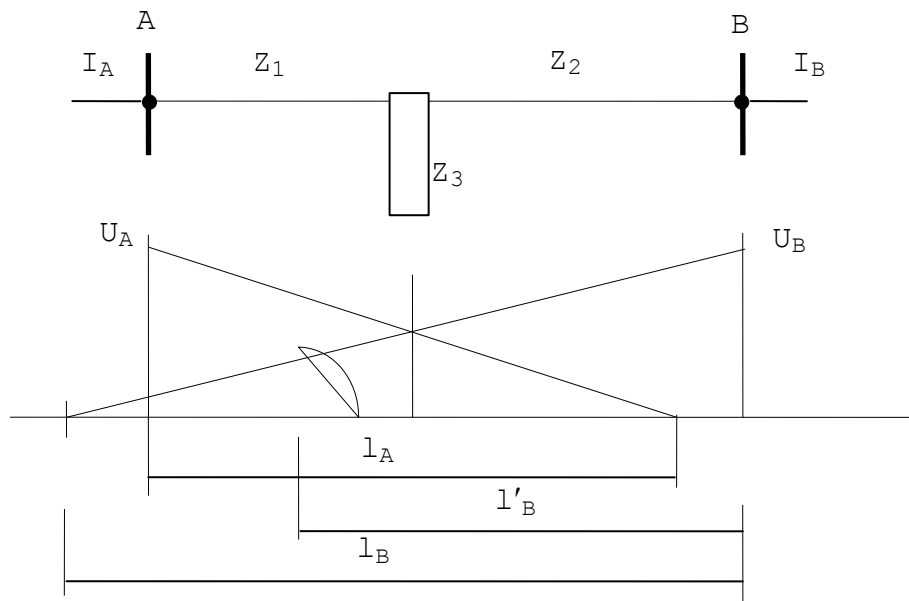
Při $k_v > 1$ by ochrana reagovala jako při zkratu v menší vzdálenosti a mohla by být neselektivní (obr. 5).

Výpočet tohoto vlivu se provede při konfiguraci sítě pro nejnepříznivější a omezený provozní stav, dle čl. 144 této normy.

Při kontrole činnosti distančních ochran při nesouměrných zkratech je nutno při výpočtu vycházet ze schémat složkových soustav.

c) vliv odbočky na vedení (obr. 6)

Obr. 6



Při jednostranném napájení měří do místa zkratu:

- ochrana v místě A : $Z_A = Z_1 + Z_3$

- ochrana v místě B : $Z_B = Z_2 + Z_3$

Při oboustranném napájení měří do místa zkratu:

- ochrana v místě A zkrat ve vzdálenosti l_A :

$$Z_A = Z_1 + Z_3 \frac{\bar{I}_A + \bar{I}_B}{\bar{I}_A} \quad (63)$$

- ochrana v místě B zkrat ve vzdálenosti l_B :

$$Z_B = Z_2 + Z_3 \frac{\bar{I}_A + \bar{I}_B}{\bar{I}_B} \quad (64)$$

Po vypnutí vedení ze strany A zmenší se l_B na l'_B (obr. 6). Příkladné napájení místa poruchy ze strany snížovacího transformátoru v odbočce na vedení snižuje citlivost ochran vedení.

Parametry ochran se stupňovitými časovými charakteristikami, instalované na napájecích koncích vedení, je nutno porovnat s parametry ochran snížovacích transformátorů v odbočkách (mimo prvý stupeň).

Pro odpojení přídatného napájení místa zkratu na vedení ze strany snížovacího transformátoru se obvykle použije nadproudová směrová ochrana. V případě nedostatečné citlivosti této ochrany se použije ochrana napěťová;

d) vliv chyby přístrojových transformátorů:

da) chyby transformátoru proudu souvisící s počátkem jeho nasycení mají za následek snížení sekundárního proudu, což způsobí zvětšení fiktivní impedance ochrany (pokud ochrana neměří pouze v nepřesycené části periody),

db) chyba úhlu transformátoru napětí má vliv na některé druhy ochran (např. reaktanční relé),

dc) chyba napětí transformátorů napětí se neuvažuje, je však nutné provést kontrolu úbytku napětí na vedení od transformátorů napětí.

Chyba napětí je dána jednak přesností transformátoru napětí a jednak úbytkem napětí na vedení mezi transformátorem napětí a ochranou.

Výjimkou mohou být kapacitní děliče, u kterých je nutno uvažovat chybu napětí při přechodových jevech;

- e) vliv kývání v ES je charakterizován vyrovnávacími pulzujícími proudy a pulzujícím napětím, které dosahují hodnot jako při trojfázovém zkratu.

Při kývání v elektrické síti mohou chybně působit ochrany anebo může dojít i k jejich selhání. Selhání ochran s proudovým rozběhovým článkem může nastat např. při zkratu na samostatném vedení odcházejícím z přípojníc rozvodny, kde současně probíhá kývání mezi napájecími zdroji.

V případech, kdy je možné kývání, které by mohlo způsobit nadbytečné vypnutí je zapotřebí volit ochrany se závorou proti kývání. U digitálních distančních ochran je kývání zjišťováno selektivně po fázích, proto při poruše v jedné fázi a kývání v neporušených fázích ochrana zablokuje závoru při kývání a upřednostní vypnutí poruchy.

- f) vliv Bauchova jevu: V sítích s účinně uzemněnými nulovými body transformátorů při nesymetrických zemních zkratech dochází k průtoku významnějších proudů netočivé složky i ve zdravých (nepostižených) fázích. Tyto proudy ve zdravých fázích mohou být v nepříznivých případech tak velké, že měřené impedance ve zdravých fázích vstoupí do impedanční charakteristiky distanční ochrany a dojde k chybnému výběru měřené distanční smyčky.

POZNÁMKA: Tento jev se nepříznivě projevoval zvláště u starších (elektromechanických) typů distančních ochran, které byly vybaveny pouze jedním systémem distančního měření a příslušné proudy a napětí pro měřenou smyčku byly voleny tzv. popudovými členy. U moderních zvláště digitálních ochran ustupuje tento jev do pozadí, vzhledem k vícesystémovému měření a dále k mnohem selektivnějšímu výběru postižené fáze než tomu bylo u starších typů ochran.

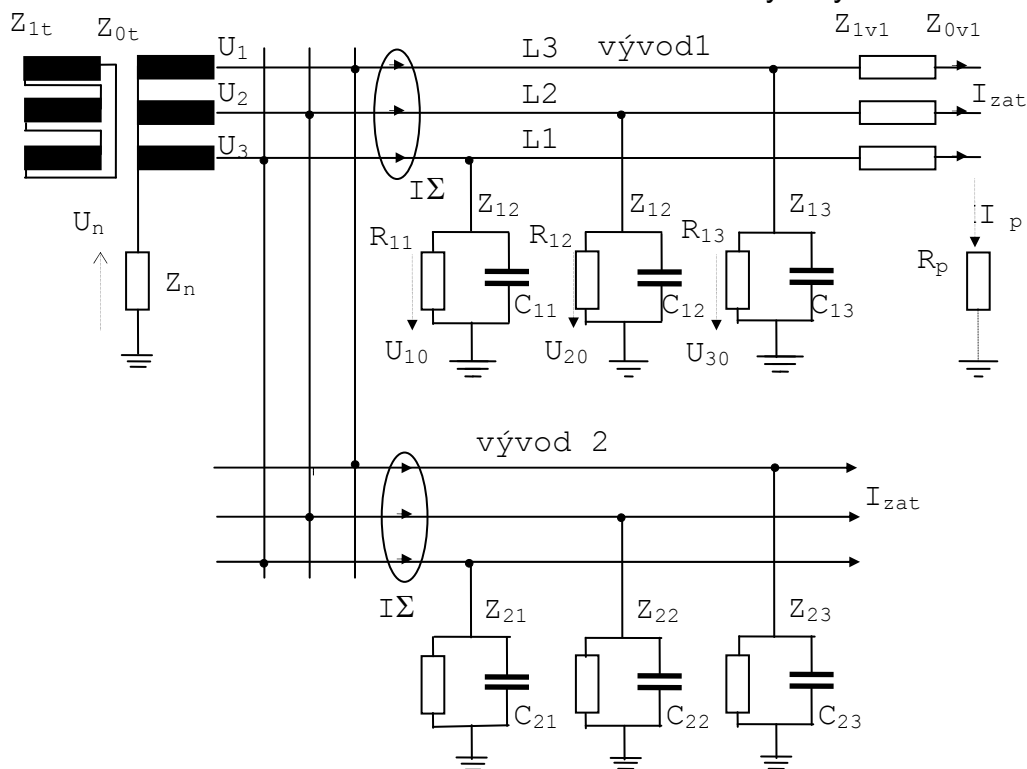
- g) Změny sousledné a netočivé impedance (včetně jejich úhlů) na vlastním vedení i následných zařízeních: U vlastního vedení se jedná někdy o vkládání kabelových úseků nezanedbatelných délek do venkovního vedení, případně u delších vedení o výrazné změny netočivých parametrů podél vedení. Výrazně odlišné parametry následných zařízení oproti vlastnímu vedení zhoršují možnosti zálohování ochran a je někdy potřebné těmto změnám přizpůsobit nastavení záložních impedančních stupňů.

PŘÍLOHA H: Zemní ochrany sítí vn

Zjišťování zemních poruch v sítích vn lze rozdělit do dvou skupin, rozpoznání zemní poruchy "někde" v síti a zjištění vývodu se zemní poruchou. K těmto dvěma účelům se používají i různé druhy ochrany, reagující na veličiny, které jsou charakteristické pro síť s poruchou a veličin, charakteristických pro vývod se zemní poruchou. U sítí, které mohou být provozovány se zemní poruchou a mají malý rozsah postačí obvykle pouhá informace o zemní poruše v síti. U sítí s povinností rychle vypínat při zemních poruchách jsou zemní ochrany jednotlivých vývodů podmínkou jejich bezpečného a spolehlivého provozu.

Pro ilustraci podmínek pro činnost zemních ochrany sítí vn uvádíme na obr.7 modelový příklad sítě se dvěma vedeními, jedním s odporovou poruchou a druhým zdravým vedením zdravým,

Obr. 7 Obecná síť vn se dvěma vývody



ZJIŠTĚNÍ ZEMNÍHO SPOJENÍ V SÍTI VN.

Veličina, podle které v sítích s izolovaným uzlem nebo kompenzací zemních kapacitních proudů rozlišujeme mezi normálním stavem a stavem se zemní poruchou, je napětí uzlu sítě

Dosáhne-li v síti přechodový odpor poruchy R_p takovou velikost, při které napětí uzlu přesáhne stanovenou mez 33% fázového napětí, je tento stav podle [1] považován za zemní spojení. Jak je zřejmé, tomuto meznímu napětí uzlu v síti neodpovídá žádná stálá hodnota R_p , čím větší je síť, tím menší odpor R_p se projeví jako zemní spojení. U sítí s kompenzací zemních kapacitních proudů pak postačí mnohem menší pokles svodového odporu jedné fáze, aby napětí uzlu stoupl nad mez pro zemní spojení, než u sítí s izolovaným uzlem.

Prakticky se napětí uzlu sítě zjišťuje měřením napětí pomocných vinutí transformátorů napětí spojených do otevřeného trojúhelníka (obr. 8). Poruší-li se symetrie napětí fází sítě proti zemi, na výstupu otevřeného trojúhelníka mezi svorkami d_a , d_n (dříve r , s), který odpovídá součtu fázorů jednotlivých napětí proti

zemi, je netočivá složka napětí. Převod pomocného vinutí je volen tak, aby při plné nesymetrii napětí (kovovém zemním spojení) bylo na výstupu jmenovité napětí 100 V.

ZJIŠŤOVÁNÍ VÝVODŮ SE ZEMNÍM SPOJENÍM.

Vývod se zemní poruchou se odlišuje od ostatních zdravých vývodů poruchovým proudem, jehož velikost je pro síť s izolovaným uzlem popsána vztahem (65), pro síť s kompenzací zemních kapacitních proudů vztahem (66) a pro síť s odporovým uzemněním uzlu vztahem (67).

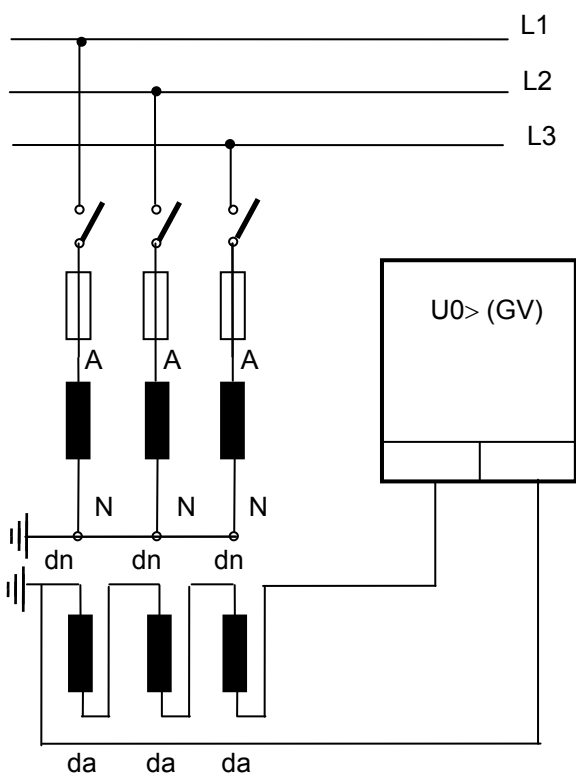
$$I_{pi} = U_f \frac{1/R_p}{1/R_p + 3/R_c + j3\omega C} (3/R_c + j3\omega C) \quad (65)$$

$$I_{pk} = UN [1/RL + 3/R_c + j(3\omega C - 1/\omega L)] \quad (66)$$

$$I_{po} = 3U_f / (2Z_1 + Z_0 + 3R_{por}) \quad (67)$$

$$I_{\Sigma} = I_1 + I_2 + I_3 \quad (68)$$

Obr. 8 Zemní ochrana sítě vn



Vzhledem k velikostem těchto proudů ve srovnání s proudy zátěže je ve většině případů nelze jednoduše zjišťovat přímo měřením proudů jednotlivých fází, jako je tomu např. v sítích 110 kV, kde proudy zemních poruch většinou mnohonásobně překračují provozní proudy. U sítí s kompenzací pak dokonce ve vyladěném stavu může být poruchový proud menší, než kapacitní proudy jednotlivých vývodů. Ke zjišťování postiženého vývodu se proto používají takové veličiny, ve kterých se fázové proudy neuplatňují, tzn. opět netočivá složka proudu, popř. pro určení směru netočivá složka výkonu, proudu nebo admitance.

Ke zjištění netočivé složky proudu vývodu se používá většinou tzv. součtové zapojení proudových transformátorů (Holmgreen), v jejichž uzlu se uzavírá proud (je součástí obr.9), popř. se pro její zjištění (u kabelových vývodů) užívají součtové proudové transformátory, které obepínají všechny tři fáze (obr.10). Převod těchto součtových transformátorů je obvykle 100/1 A, případně 120/1, event. 60/1 A. Speciální proudové transformátory pro zemní jištění, tzv. transformátory třídy H se v našich distribučních sítích nepoužívají.

Přímé využití proudu k určení vývodu se zemní poruchou přichází v úvahu jen u těch sítí, u kterých principiálně i prakticky je proudové kritérium dostatečné a jednoznačné, jinak se používá směrové výkonové, popř. směrové nadproudové, či směrové admitanční kritérium.

SÍŤ S IZOLOVANÝM UZLEM.

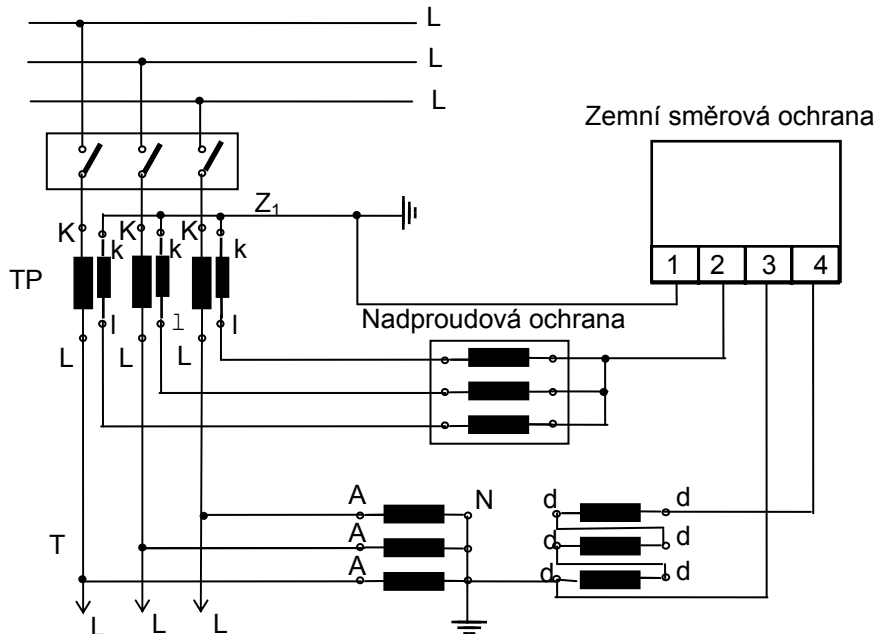
U sítě s izolovaným uzlem platí, že součtový proud vývodu s poruchou má velikost danou rozdílem kapacitního proudu celé sítě a proudu vlastního vývodu (u sítě s jedním vývodem je tedy tento proud nulový!). U sítě na obr.7 je to u vývodu č. 1 s poruchou.

$$I_{\Sigma 1} = I_{\text{kap}} - I_{\text{kap}1} \quad (69)$$

U zdravého vývodu č.2 má přitom součtový proud velikost

$$I_{\Sigma 2} = -I_{\text{kap}2} \quad (70)$$

Obr. 9 Zapojení zemní směrové ochrany do uzlu fázových TP



Aby bylo možné využít pro zjištění vývodu se zemní poruchou proudové kritérium, musí platit pro každý vývod, že proud zemní ochrany se dostatečně liší při poruše na vlastním vývodu a mimo vývod.

Tato podmínka však musí být splněna nejen při ideálním kovovém zemním spojení, ale i při zemních spojeních odporových. V mezním stavu při napětí uzlu sítě 33% se vývodem s poruchou může uzavírat pouze 33% kapacitního proudu sítě, které by však ještě s dostatečnou bezpečností měly přesáhnout nastavení zemní nadproudové ochrany, vyjádřené obvykle formulovanou podmínkou

$$I_{\text{nast}} \leq 0,33 I_{\text{kap}} / (k_c \cdot p_i) \quad (71)$$

kde k_c ... koeficient citlivosti ochrany, zaručující spolehlivý náběh,

p_i ... převod proudového transformátoru.

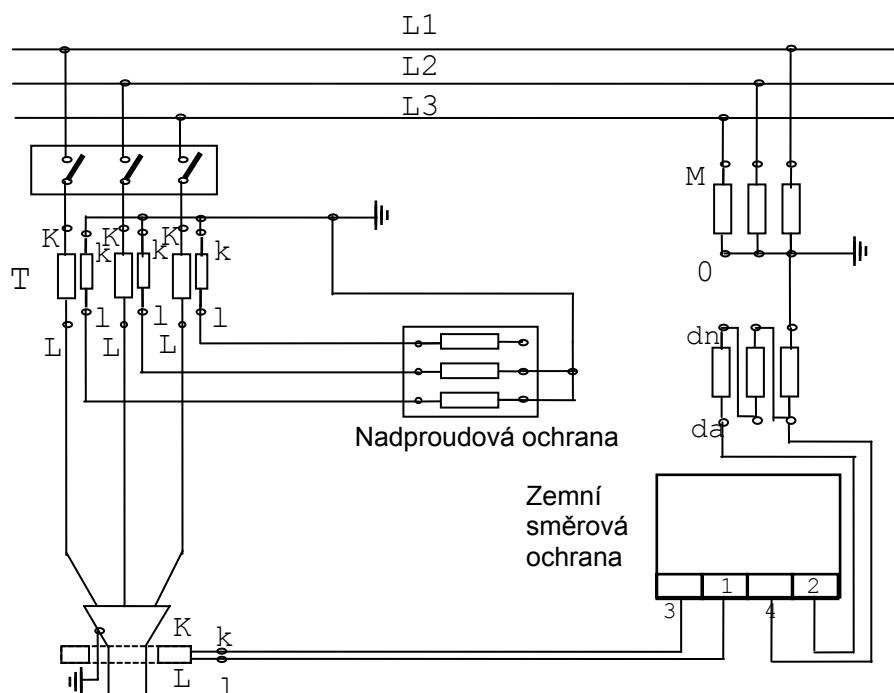
Současně však musí být zajištěno, aby tato ochrana nenabíhala falešně při zemní poruše na jiném vedení, kdy zdravým vývodem protéká jeho plný vlastní kapacitní proud, tedy

$$I_{\text{nast}} \geq k_b \cdot I_{\text{kap}1} / p_i \quad (72)$$

Spojením těchto podmínek je možné formulovat podmínku použitelnosti nadproudového kritéria např. pro vývod č.1

$$I_{\text{kap}} \geq 3 \cdot k_b \cdot k_c \cdot I_{\text{kap}1} \quad (73)$$

Obr. 10



Pro minimální hodnoty $k_c = 1.2$ a $k_b = 1.3$ to znamená, že kapacitní proud sítě musí být alespoň 4,7 násobek vlastního kapacitního proudu vývodu.

Dalším samozřejmým předpokladem je, aby použité nadproudové ochrany měly potřebnou citlivost.

Protože tyto předpoklady obvykle splněny nejsou, používají se v sítích s izolovaným uzlem směrové ochrany.

$$Q = UN \cdot I \Sigma \cdot \sin \varphi \quad (74)$$

Protože v tomto případě se směr proudu a tím i výkonu od sebe u zdravého vývodu a vývodu s poruchou jednoznačně liší, postačí splnit podmínku dostatečné citlivosti relé

$$Q_{nast} \leq 0,11 \cdot 100 \cdot (I_{kap} - I_{kap1}) / (k_c \cdot \pi) \quad (75)$$

U silně zatížených sítí malého rozsahu a zapojením zemní ochrany podle obr. 2 (součtové zapojení proudových transformátorů) může být splnění této podmínky nereálné. Je pochopitelně otázkou, do jaké míry kategoricky požadovat činnost ochrany i při zemních spojeních s mezní velikostí $U_N = 33\% U_f$.

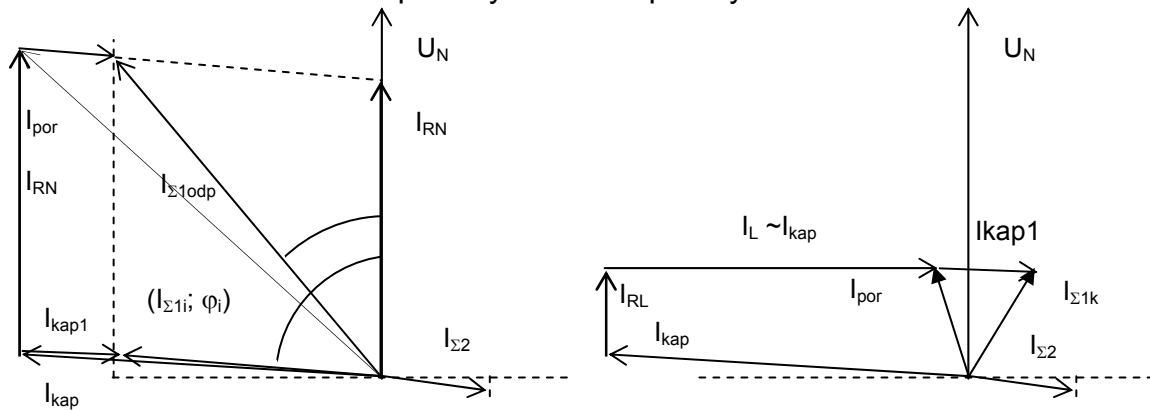
SÍŤ S KOMPENZACÍ ZEMNÍCH KAPACITNÍCH PROUDŮ.

U kompenzovaných sítí můžeme pomocí vztahu (74) psát pro součtový proud u vývodu s poruchou analogicky (přehled o úhlových poměrech mezi napětím uzlu a součtovým proudem v jednotlivých druzích sítí vn dává obr. 11)

$$I \Sigma 1 = UN [1/RL + 3/Rc + j(3\omega C - 1/j\omega L - 3\omega C1)] = I_w + j(I_{kap} - I_L - I_{kap1}) \quad (76)$$

zatímco u zdravého vývodu platí obdobně jako u sítě s izolovaným uzlem (s respektováním složky odpovídající svodovému odporu)

$$I \Sigma 2 = -UN \cdot (3/Rc2 + j3\omega C2) \quad (77)$$

Obr. 11 Proudové poměry v síti s odporovým uzemněním uzlu

Velikost i směr jalové složky proudu u vývodu s poruchou jsou závislé i na vyladění sítě (velikosti I_L). Proto se u těchto sítí používal jako kritérium zemní poruchy obvykle činný výkon (u zemních ochran GSC), nově pak směr součtového proudu nebo směr činné složky součtové admittance.

Protože vlivem primárních nesymetrií v sítích i ev. nesymetriích ve vlastních proudových transformátorech či jejich zátěžích se uzlem proudových transformátorů uzavírá určitý "rušivý" proud, používá se u kompenzovaných sítí zvyšování proudu při trvajících zemních spojeních, které umožňuje, aby zemní ochrany byly nastaveny nad hodnoty těchto rušivých proudů.

Podmínku pro dostatečný výkon ke spolehlivému rozběhu vyjadřuje vztah

$$P_{nast} \leq (P_{\Sigma} - P_{ruš})/k_c \quad (78)$$

- kde P_{nast} ... je výkon, který odpovídá nastavení relé,
 P ... je přepočtený zbytkový výkon působící na relé,
 $P_{ruš}$... je možný rušivý výkon, vyvolaný rušivým proudem,
 k_c ... je koeficient citlivosti zemního relé.

Současně je třeba, aby nastavení relé bylo dostatečně nad rušivým výkonem. S ohledem na orientační určení rušivých výkonů je tento požadavek formulován v [3]

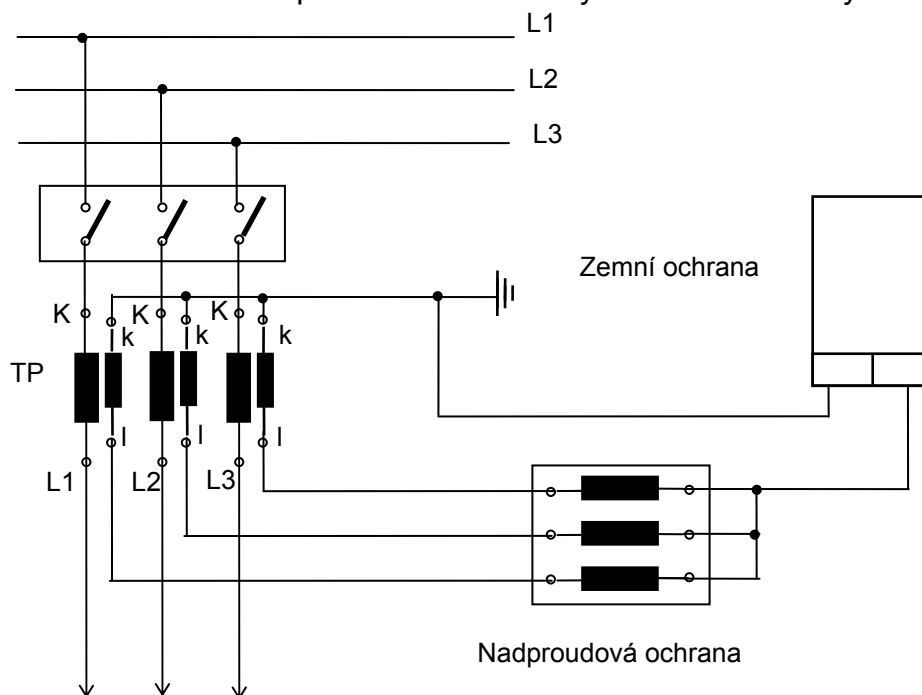
$$P_{nast} \geq 2P_{ruš} \quad (79)$$

Kromě odstupů od rušivých proudů (výkonů), dostatečné velikosti činného výkonu při zemním spojení je pro činnost směrových ochran zapotřebí správně orientované připojení jejich proudových a napěťových obvodů. Doporučené zapojení pro starší ochrany GSC podle [2] je na obr. 9, resp. obr. 10.

SÍŤ S ODPOROVÝM UZEMNĚNÍM UZLU.

Jedním z důvodů pro zavádění těchto sítí je možnost jednoduchého zjišťování zemních poruch pomocí nadproudového kritéria. Vzhledem k velikostem jmenovitých proudů uzlových odporníků se nepředpokládá, že by proudy zemních poruch byly dostatečně nad proudy zátěže a proto i u těchto sítí zemní ochrany vyhodnocují součtový proud (obr. 12). Proudové poměry v síti ilustruje obr. 11.

Součtový proud opět může být vyhodnocován jako proud v uzlu fázových TP, nebo přídavným součtovým TP.

Obr. 12 Zemní nadproudové ochrana vývodu v uzlu fázových TP

Jako u obvyklých nadproudových ochran je zapotřebí, aby minimální proud ochranou při poruše byl dostatečně nad rozběhovou hodnotou, tj.

$$I_{nast} \leq I_{min} / (k_c \cdot \pi) \quad (80)$$

Druhou podmínkou je, aby toto nastavení bylo dostatečně nad součtovým proudem (vlastním kapacitním proudem) vedení při poruše mimo vedení, tj.

$$I_{nast} > I_{kapvl} \cdot k_b \quad (81)$$

Ve směrnici [5] byla pro k_b zemních nadproudových ochran doporučena podle francouzské praxe velikost $k_b = 1,3.2$

Pro obloukové poruchy v distribučních sítích vn energetiky byla ve směrnici [5] doporučena mez pro kabelová vedení

$$I_{pmin} = 0,7U_f / (R_N + R_v) \quad (82)$$

kde R_v je činný odpor vedení.

Pro venkovní vedení byla doporučena stejná velikost minimálního poruchového proudu jako u ochran uzlových odporů, tj.

$$I_{pmin} = 0,1U_f / R_N \quad (83)$$

U některých, zejména velkých kabelových (příp. smíšených) sítí nelze výše uvedené podmínky splnit, protože velké vlastní kapacitní proudy vývodů nepřipouštějí dostatečně nízké seřízení. Řešením je použití zemní wattové ochrany nebo zemní směrové nadproudové ochrany.

Protože sítě s odporovým uzemněním uzlu patří mezi sítě, u kterých je povinnost zemní poruchy rychle vypínat, je u sítí s více ochranovými úseky za sebou pro docílení selektivity zapotřebí používat přídatné časové zpoždění. Většinou se využívá společně časové zpoždění fázových nadproudových ochran, zemní poruchy se tedy vypínají ve stejných časech jako mezifázové zkraty.

² V našich sítích se dosud žádné měření, či sledování, které by potvrdilo správnost této volby dosud neuskutečnilo. Totéž platí prakticky i pro minimální velikosti proudů při poruchách či přechodové odpory poruch (dílní krátkodobé sledování proběhlo v r.1991 v PRE). Nové dílní poznatky jsou v [5].

ADMITANČNÍ OCHRANOVÝ PRINCIP.

Některé nové typy ochran využívají tzv. admitančního kritéria, které vychází z poznatku, že zatímco činný výkon měřený zemní wattovou ochranou je závislý na kvadrátu napětí na uzlu a proud je napětí přímo úměrný, velikost admitance vyhodnocované z napětí uzlu a součtového proudu vývodů je na napětí uzlu nezávislá [2].

Pro její velikost u vývodu s poruchou platí pro síť s izolovaným uzlem

$$Y_{\Sigma 1} = \frac{I_{\Sigma 1}}{U_N} = \frac{3}{R_c} - \frac{3}{R_{c1}} + j(3\omega C - 3\omega C_1) \quad (84)$$

tzn. má prakticky kapacitní charakter.

Pro síť s kompenzací zemních kapacitních proudů zhašecí tlumivkou má velikost

$$Y_{\Sigma 1} = \frac{I_{\Sigma 1}}{U_N} = \frac{1}{R_N} + \frac{3}{R_c} - \frac{3}{R_{c1}} + j(3\omega C - 3\omega C_1 - \frac{1}{\omega L}) \quad (85)$$

charakter může být činný, resp. podle stavu vyladění a poměrné velikosti kapacity vývodu s poruchou C_1 k celkové kapacitě sítě C i částečně kapacitní nebo induktivní.

Pro síť s odporovým uzemněním uzlu platí analogicky

$$Y_{\Sigma 1} = \frac{I_{\Sigma 1}}{U_N} = \frac{1}{R_N} + \frac{3}{R_c} - \frac{3}{R_{c1}} + j(3\omega C - 3\omega C_1) \quad (86)$$

Pro zdravý vývod má velikost stejnou pro všechny způsoby provozu uzlu

$$Y_{\Sigma 2} = \frac{I_{\Sigma 2}}{U_N} = -\frac{3}{R_{c2}} - j 3\omega C_2 \quad (87)$$

tedy charakter prakticky kapacitní, ale s opačným znaménkem než u sítě s izolovaným uzlem.

V závislosti na způsobu provozu uzlu sítě se proto volí buď susceptanční charakteristika nebo konduktanční.

Tabulka 5

Druh ochrany	Uzel sítě					
	Izolovaný	Uzemněný přes tlumivku bez automat. připnutí SO	Uzemněný přes tlumivku s automat. připnutím SO	Uzemněný přes rezistor	Paralelní systém uzemnění tlumivky a rezistoru	Uzemněný přes tlumivku nebo přes rezistor
U0>	+	+	+	+	+	+
Směrová na činnou složku výkonu P0>	-	/	+	+	+	+
Směrová na jalovou složku výkonu Q0>	+	/	/	/	/	/
I0>	*	#	#	+	+	+
Y0>	*	*	*	+	+	+
G0>, nesměrová	/	/	+	+	+	+
G0>, směrová	/	/	#	#	#	#
B0>, směrová	+	/	/	*	*	*

Použité symboly:

U0> ochrana působící při překročení nastavené meze netočivé složky napětí

P0> ochrana působící při překročení nastavené meze činné složky výkonu daného U_0 a I_0
 Q0> ochrana působící při překročení nastavené meze jalové složky výkonu daného U_0 a I_0
 I0> působící při překročení nastavené meze proudu I_0
 Y0> ochrana působící při překročení nastavené meze admitance dané U_0 a I_0
 G0>, ochrana působící při překročení nastavené meze činné složky admitance dané U_0 a I_0
 B0>, ochrana působící při překročení nastavené meze jalové složky admitance dané U_0 a I_0

Nastavení zkratové spouště jističe sekundárního obvodu transformátoru napětí

$$I_r = (1,2 \div 1,5) I_{\max}; \quad k_c = \frac{I_{k \min}}{I_r} \geq 2 \div 3 \quad (88)$$

Při stanovení největšího zatížení jedné fáze transformátoru napětí (I_{\max}) je zapotřebí respektovat zapínací náraz vstupních transformátorů přístrojů a ochran.

Nejmenší zkratový proud ($I_{k \min}$) musí být nejméně 2 až 3násobek proudu zkratové spouště jističe.

Stanovení zkratového proudu v sekundárním obvodu transformátoru napětí:

Výpočet se provádí pro výběr pojistek anebo jističů. Při výpočtu se neuvažuje reaktance obvodu.

$$I_{k \min} = \frac{U_2}{k_1 Z + k_2 R} \quad (A, V, \Omega) \quad (89)$$

$$Z = \frac{u_k \% \cdot U_2^2}{100 P} \quad (\Omega, V, VA) \quad (90)$$

kde U_2 značí sekundární sdružené napětí,

R činný odpor jednoho vodiče od transformátoru napětí do místa zkratu,

Z impedanci transformátoru napětí převedenou na sekundární stranu,

P výkon transformátoru napětí, pro který je udáno u_k (napětí nakrátko),

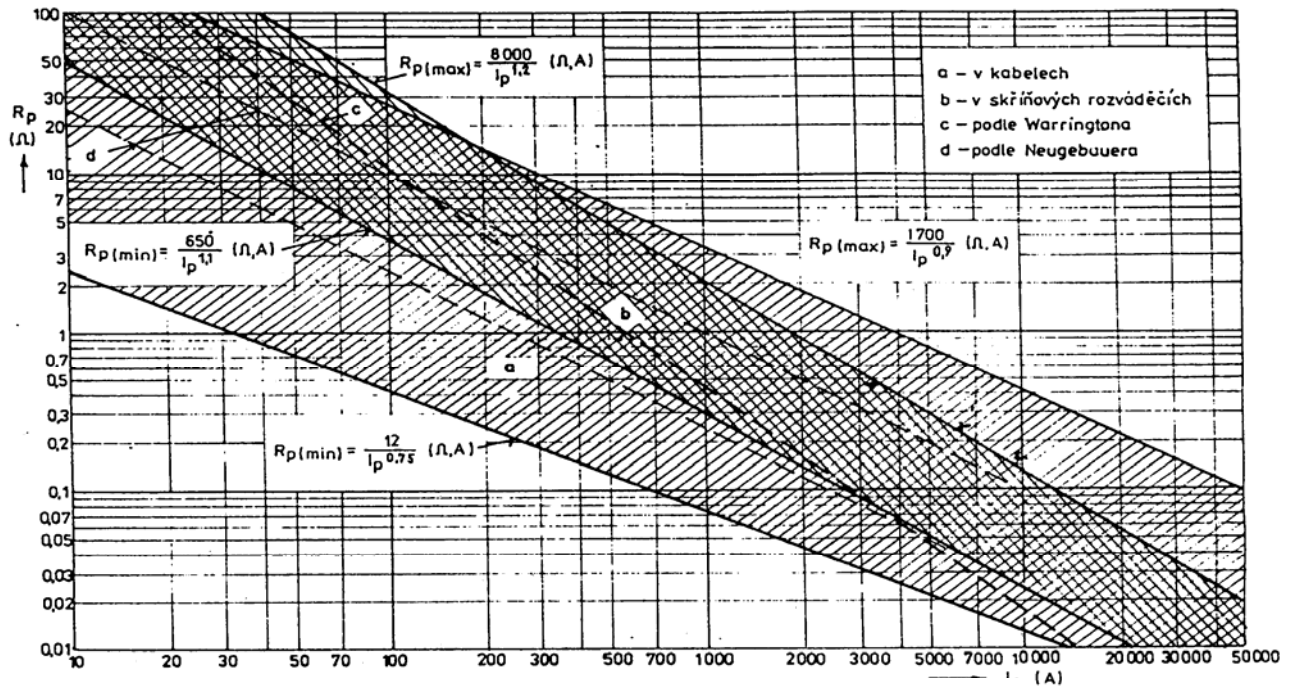
k_1, k_2 koeficienty závislé na způsobu spojení transformátoru napětí a druhu zkratu, podle tabulky 6 této normy.

Tabulka 6 - Hodnoty koeficientu k_1, k_2

Schéma zapojení transformátoru napětí	Druh zkratu	k_1	k_2	Poznámka
Hvězda – hvězda s uzemněnými nulovými body	trojfázový	$\sqrt{3}$	$\sqrt{3}$	
	dvojfázový	2	2	
	jednofázový	$\sqrt{3}$	$2 \cdot \sqrt{3}$	
Dvoupólově izolované transformátory	trojfázový	1	$1 + \sqrt{3}$	Nejvyšší hodnota I_k Nejnižší hodnota I_k
	dvojfázový	1	2	
		2	2	
Hvězda s uzemněným nulovým bodem otevřený trojúhelník	dvojfázový	$\sqrt{3}$	$2 \cdot \sqrt{3}$	Nejvyšší hodnota I_k Nejnižší hodnota I_k
		$2 \cdot \sqrt{3}$	$2 \cdot \sqrt{3}$	

PŘÍLOHA I: Přechodové odpory poruch

Obr. 13 Obloukové poruchy v rozvodu vn



Obr. 14 Vodič vedení 22 kV na zemi

