

ROZVODNÉ ZARIADENIA

doc. Ing. LADISLAV VARGA, PhD.
Ing. STANISLAV ILENIN, PhD.



ABB

Technická
univerzita
Košice



OBSAH

1	ROZDELENIE ELEKTRICKÝCH STANÍC A DIMENZOVANIE ROZVODNÝCH ZARIADENÍ A ICH VÝZBROJE PODĽA ÚČINKOV SKRATOVÝCH PRÚDOV	11
1.1	Transformovne	11
1.2	Spínacie stanice	13
1.3	Meniarne	13
1.4	Kompenzovne	13
1.5	Dimenzovanie rozvodných zariadení a ich výzbroje podľa účinkov skratových prúdov	15
2	ZÁKLADNÉ ČASTI ROZVODNÝCH ZARIADENÍ	19
2.1	Prípojnice	19
2.2	Podperky	24
2.3	Priechodky	26
2.4	Spínacie prístroje	28
2.5	Poistky	29
2.6	Prístrojové transformátory	30
2.6.1	Prístrojové transformátory prúdu	30
2.6.2	Prístrojové transformátory napätia	32
2.6.3	Senzory	34
3	ODBOČKY V ROZVODNÝCH ZARIADENIACH	37
3.1	Hlavné odbočky v rozvodných zariadeniach nn	37
3.2	Hlavné odbočky v rozvodných zariadeniach vn	38
3.3	Hlavné odbočky v rozvodných zariadeniach vvn a zvn	39
3.4	Pomocné odbočky	40
3.4.1	Spínače prípojnic	40
3.4.2	Odbočka merania	43
3.4.3	Odbočka bleskoistky na prípojniciach	43
4	SCHÉMY ZAPOJENIA ELEKTRICKÝCH STANÍC	45
4.1	Zapojenie s jedným systémom prípojnic	45
4.2	Zapojenie s dvoma systémami prípojnic	46
4.3	Zapojenie s tromi systémami prípojnic	48
4.4	Zapojenia bez prípojnic	49
5	OVLÁDANIE A BLOKOVANIE SPÍNACÍCH PRÍSTROJOV	51
5.1	Ovládanie spínacích prístrojov	51

5.2	Blokovanie spínacích prístrojov.....	55
5.3	Ovládací a blokovací systém BLOKOR.....	58
6	RIADIACI A KONTROLNÝ SYSTÉM	63
6.1	Definície pojmov.....	63
6.1.1	Systém kontroly a riadenia	63
6.1.2	Integrovaná riadiaca technika v elektrických staniach	63
6.1.3	Riadiaci a informačný systém	63
6.1.4	Štruktúra RIS, resp. prostriedkov IRT.....	64
6.1.5	Spôsoby – režimy ovládania jednotlivých polí elektrickej stanice	64
6.1.6	Spôsoby – režimy ovládania rozvodne v elektrickej stanici	64
6.2	Koncepcia reálnej alternatívy IRT a RIS elektrickej stanice.....	64
6.2.1	Riadiaca úroveň stanice (vyššia úroveň).....	65
6.2.2	Riadiaca úroveň polí (nižšia úroveň)	69
6.3	Riadiaca úroveň stanice	71
6.3.1	Jednotka na riadenie a kontrolu stanice ako celku.....	71
6.3.2	Vizualizačná a obslužná jednotka.....	71
6.3.3	Diaľkové ovládanie	72
6.3.4	Ochrana prípojnic.....	72
6.3.5	Paralelné centrálné ovládanie.....	72
6.3.6	Centrálné spracovanie dát z ochrán	72
6.4	Riadiaca úroveň polí.....	72
6.4.1	Jednotka pre riadenie a kontrolu polí	72
6.4.2	Subsystem ochrán.....	73
6.4.3	Meranie elektrickej práce.....	74
6.4.4	Synchronizácia – paralelné zapnutie poľa	74
6.4.5	Vstupy / výstupy pre ochranu prípojnic	75
6.4.6	Informačné cesty.....	75
6.5	Miera zálohovania	76
6.5.1	Jednotka riadenia a kontroly stanice.....	76
6.6	Požiadavky pre diaľkové riadenie z národných a regionálnych dispečingov...77	
6.6.1	Súhrn základných požiadaviek pre diaľkové riadenie z národných a regionálnych dispečingov	78
6.7	Prenosové protokoly.....	81
6.8	Konštrukcia softvéru	81
6.9	MicroSCADA	81
7	KONŠTRUKČNÉ ZHOTOVENIE ROZVODNÝCH ZARIADENÍ	85
7.1	Rozvodné zariadenia nn	86
7.1.1	Rozvádzače nn.....	86
7.2	Rozvodné zariadenia vn.....	89

7.2.1	Kobkové rozvodné zariadenia vn	90
7.2.2	Skriňové rozvádzače vn.....	94
7.3	Rozvodné zariadenia vvn a zvn	98
7.3.1	Vonkajšie rozvodné zariadenia vvn a zvn.....	99
7.3.2	Vnútorne rozvodné zariadenia vvn a zvn.....	116
7.3.3	Zapuzdrené rozvodné zariadenia vvn a zvn.....	117
7.4	Vlastnosti fluoridu sírového	129
7.5	Použitie fluoridu sírového SF ₆ v ďalších rozvodných zariadeniach a v technike vysokého napätia.....	130
7.5.1	Transformátory vn a vvn s plynovou izoláciou SF ₆	130
7.5.2	Elektrovody s plynovou izoláciou SF ₆	131
7.5.3	Použitie elektronegatívnych plynov na špeciálne účely	134
7.5.4	Zhrnutie doterajších poznatkov.....	134

1 ROZDELENIE ELEKTRICKÝCH STANÍC A DIMENZOVANIE ROZVODNÝCH ZARIADENÍ A ICH VÝZBROJE PODĽA ÚČINKOV SKRATOVÝCH PRÚDOV

Elektrická stanica je definovaná ako ucelené zariadenie uzla elektrizačnej sústavy a slúži na:

- transformáciu elektrickej energie na iné napätie s tou istou frekvenciou a na jej rozvod,
- rozvod elektrickej energie toho istého napätia a frekvencie,
- premenu elektrickej energie striedavého napätia na inú frekvenciu, prípadne na jednosmerné napätie a na rozvod tejto energie,
- zmenu (reguláciu) parametrov prenosu s cieľom vyrovnať jalové zložky striedavého prúdu.

Na základe tejto definície možno potom rozdeliť elektrické stanice podľa účelu na: transformovne, spínacie stanice, meniarne a kompenzovne.

1.1 TRANSFORMOVNE

Transformovne podľa účelu sa delia na: energetické (pre potreby energetikov), priemyselné (pre napájanie priemyselných závodov) a distribučné (pre napájanie distribučných sietí a zásobovanie maloodberateľov).

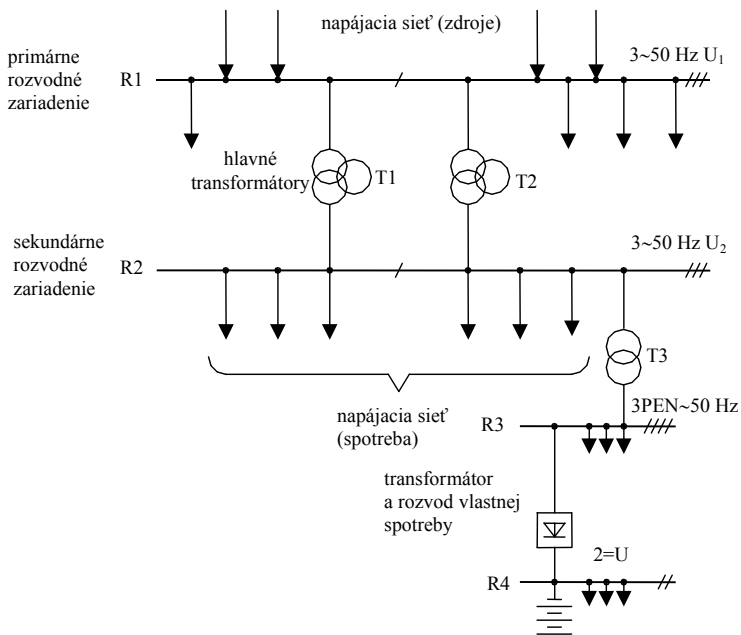
Hlavnou funkciou transformovni je transformovať elektrickú energiu určitého (primárneho) napätia U_1 na energiu iného napätia U_2 (sekundárneho) s tou istou frekvenciou. Ďalšou úlohou je rozvod elektrickej energie (primárneho aj sekundárneho napätia) v požadovanom množstve (Obr. 1.1).

K elektrickej časti transformovne patria tieto skupiny elektrických zariadení:

- a) Transformátory hlavné a vlastnej spotreby. Hlavné transformátory môžu byť znižovacie ($U_1 > U_2$), zvyšovacie ($U_1 < U_2$) a oddeľovacie ($U_1 = U_2$).
- b) Rozvodné zariadenia. Sú vybavené spínacími, meracími a regulačnými prístrojmi. Pomocou týchto prístrojov je možné spoľahlivo a bezpečne pripojiť, prípadne odpojiť vedenia a zariadenia (napr. transformátory, motory), chrániť ich pred poruchami (preťaženia, skraty, prepätia a pod.), merať alebo regulovať podľa potreby jednotlivé elektrické veličiny.
- c) Kompenzačné zariadenia (statické kondenzátory, rotačné kompenzátory).
- d) Spoločné zariadenia (napr. vlastná spotreba, uzemňovacia sústava, kompresorovňa).

- e) Pomocné zariadenia a ich priestory (revíznia veža, dielne, sklady, olejové hospodárstvo a pod.).

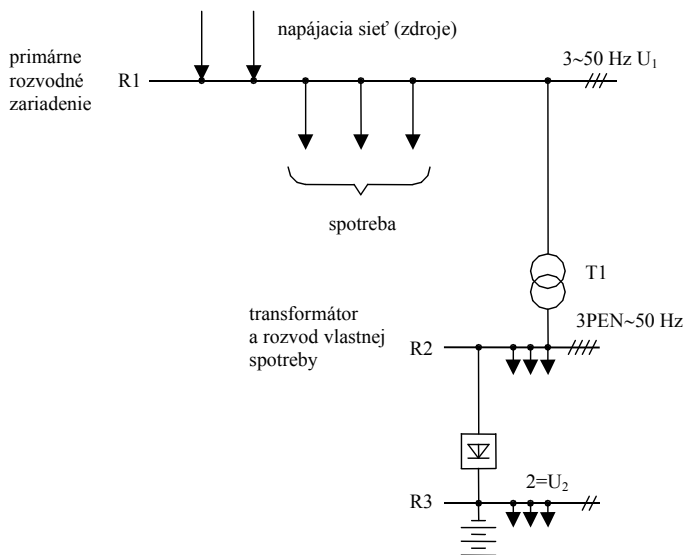
Transformovne vzv a vvn bývajú väčšinou vonkajšie alebo zapuzdrené s hlavnými transformátormi, umiestnené vonku. Transformovne vn a nn bývajú vnútorné (kobkové, skrinové) s vnútorným stanovištom hlavných transformátorov, alebo stožiarové (výkonovo aj veľkosťou najmenšie transformovne).



Obr. 1.1 Principiálna schéma zapojenia transformovne

1.2 SPÍNACIE STANICE

Spínacie stanice pozostávajú z tých istých základných častí ako majú transformovne, s jedným rozdielom, že neobsahujú hlavné transformátory (Obr. 1.2). Rozdeľujú privedenú elektrickú energiu bez zmeny prúdovej a napäťovej sústavy.



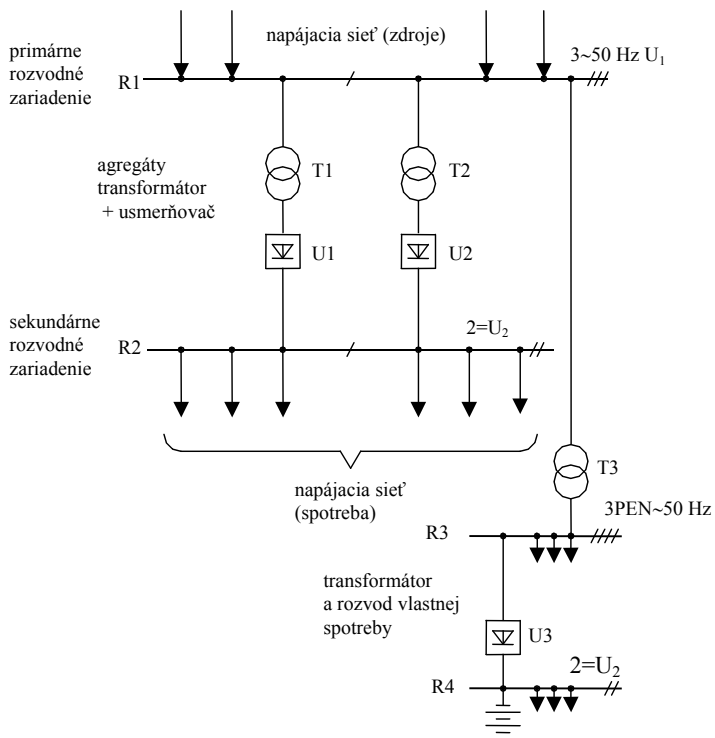
Obr. 1.2 Principiálna schéma spínacej stanice

1.3 MENIARNE

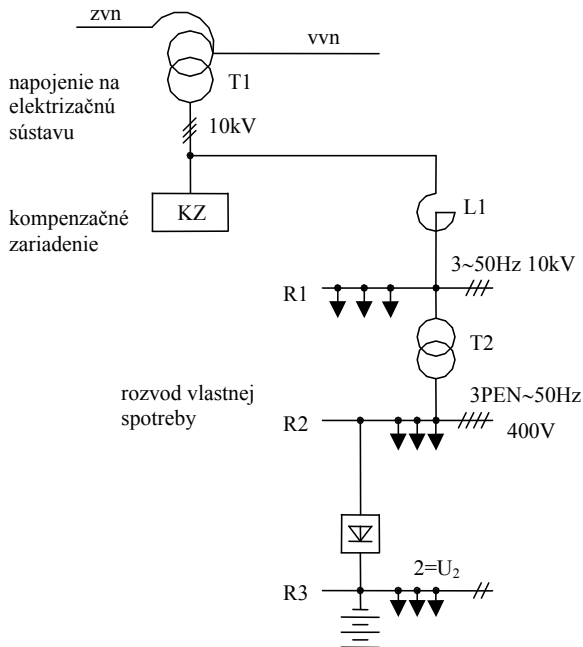
Meniarne slúžia na zmenu druhu prúdu alebo frekvencie. Obyčajne ide o premenu striedavej elektrickej energie na jednosmernú a naopak (Obr. 1.3).

1.4 KOMPENZOVNÉ

Kompensácia v elektrizačnej sústave sa robí s cieľom z hospodárniť a skvalitniť prenos elektrickej energie. Kompenzovne zmenou parametrov elektrických vedení ovplyvňujú prenos elektrickej energie. Kompensácia sa robí rotačnými synchronnými kompenzátorami, kondenzátorovými batériami, prípadne kompenzačnými tlmivkami. V prenosových sústavách sa kompenzáciou reguluje napätie zmenou jalového výkonu (Obr. 1.4), v distribučných sieťach sa kompenzáciou upravuje účinník.



Obr. 1.3 Principiálna schéma zapojenia usmerňovacej stanice



Obr. 1.4 Principiálna schéma kompenzovne

1.5 DIMENZOVANIE ROZVODNÝCH ZARIADENÍ A ICH VÝZBROJE PODĽA ÚČINKOV SKRATOVÝCH PRÚDOV

Základnou časťou každej elektrickej stanice je rozvodné zariadenie nezávislé od jej veľkosti (rozvodňa, rozvádzač, rozvodnica). Účelom rozvodných zariadení je rozvádzať privedenú elektrickú energiu k odberateľom (do viacerých paralelných vetiev). Rozvodné zariadenia tvoria uzly rozvodných systémov. Rozsah rozvodného zariadenia závisí od počtu prívodov a vývodov. Základom rozvodných zariadení sú prípojnice. Jednotlivé prívody a vývody sú vyzbrojené (vybavené) všetkými potrebnými prístrojmi na plnenie základných funkcií rozvodného zariadenia (zapínanie, vypínanie, istenie, meranie, regulácia).

Elektrické rozvodné zariadenie musí byť navrhnuté tak, aby pôsobením skratových prúdov nebolo prekročené jeho mechanické ani tepelné namáhanie, t. j. aby nedošlo k jeho poškodeniu v dôsledku účinku skratových prúdov.

Skratové pomery sú určené týmito parametrami:

- I_k'' – súmerný skratový prúd,
- i_p – nárazový (dynamický) skratový prúd,
- I_{th} – ekvivalentný (oteplovací) skratový prúd,
- I_{obmed} – obmedzovací skratový prúd, určený pôsobením obmedzujúcich spínačov alebo poistiek,
- t_k – trvanie skratu,
- u_{zot} – priebeh zotaveného napätia.

Pri voľbe el. zariadenia z hľadiska skratových pomerov je potrebné zvážiť tieto okolnosti:

- a) **Schému zariadenia.** Pri výpočte skratových pomerov sa uvažuje skutočná schéma zapojenia s rešpektovaním plánovitého rozvoja, bez uvažovania rezerv a prevádzkovej schémy vzniknutej krátkodobým prepínaním zdrojov.
- b) **Miesto skratu.** Uvažuje sa také miesto skratu, pri ktorom sú najvyššie hodnoty. Pri dimenzovaní jednotlivých neparalelných káblov sa uvažujú skratové pomery na začiatku, pri paralelných kábloch na ich konci. Pri jednofázových zapuzdrených vodičoch a jednožilových kábloch sa vychádza zo skratových pomerov na konci, pri trojfázových zapuzdrených vodičoch na začiatku vedenia.
- c) **Druh skratu.** Elektrické zariadenie sa kontroluje na ten druh skratu, pri ktorom vzniká najväčšie namáhanie. Pri kontrole mechanického namáhania vo všeobecnosti sa vychádza z trojpólového skratu, pri kontrole lanových vodičov z dvojpólového. Pri kontrole tepelného namáhania buď z trojpólového, alebo z jedнопólového skratu.
- d) **Trvanie skratu.** Trvanie skratu je dôležité iba pri kontrole tepelného namáhania elektrických zariadení. Uvažuje sa najdlhšie možné trvanie skratu. Je to čas od vzniku skratu až po jeho vypnutie (zhasnutie oblúka). Je dané časom nastavenia ochrany, vypínacím časom výkonového vypínača, prídavnými časmi medzičlánkov (spúšte, pomocné relé a pod.) a ich kladnými toleranciami.
- e) **Vplyv obmedzujúcich spínačov a poistiek.** Elektrické zariadenia umiestnené za obmedzujúcimi spínačmi alebo poistkami sa navrhujú podľa skutočných hodnôt skratových prúdov, znížených (obmedzených) týmito prístrojmi.
- f) **Vplyv reaktorov.** Reaktory sa umiestňujú pomerne často do vývodov vn na obmedzenie skratových prúdov. Prístroje umiestnené pred reaktorom v príslušných vývodoch sa dimenzujú podľa pomerov za reaktormi, ale musia byť od prípojnic oddelené stenkami a spojené s reaktorom pásovým vedením.

El. zariadenie z hľadiska odolnosti účinkom skratových prúdov je určené týmito parametrami (skratovú odolnosť elektrických zariadení vo väčšine prípadov udávajú výrobcovia):

- I_{dyn} – menovitý dynamický prúd,
- I_{zap} – menovitý zapínací prúd,
- I_{vyp} – menovitý vypínací prúd,
- I_{thr} – krátkodobý (tepelný) prúd,
- t – trvanie skratu.

I_{dyn} – je najvyššia (vrcholová) hodnota skratového prúdu, ktorého prechod elektrickým zariadením nespôsobí jeho mechanické poškodenie.

I_{zap} – je najvyšší zapínací prúd, ktorý môže výkonový vypínač zapnúť pri najvyššom napätí. Ak sa neudáva inak, je to hodnota rovnajúca sa $1,8\sqrt{2} = 2,54$ -násobku menovitého vypínacieho súmerného prúdu.

I_{vyp} – je najvyšší vypínací prúd, ktorý výkonový vypínač bezpečne vypne pri menovitom napätí a definovanom zotavenom napätí a za podmienok predpísaných pre činnosť výkonového vypínača. Je ním definovaná menovitá vypínacia schopnosť.

I_{thr} – je efektívna hodnota prúdu, ktorý elektrické zariadenie znesie stanovený čas za predpísaných podmienok. Jeho prechodom nenastane tepelné poškodenie elektrického zariadenia.

Vo všeobecnosti platí, že elektrické zariadenie sa navrhuje tak, aby jeho skratová odolnosť bola väčšia, nanajvýš rovná skutočným (vypočítaným) hodnotám parametrov určujúcim skratové pomery.

Pre dimenzovanie elektrických zariadení so zreteľom na tepelné účinky skratového prúdu musí byť splnená podmienka:

$$I_{th} \leq I_{thr} (A; A) \quad (1.1)$$

Obe porovnávané hodnoty prúdov sa musia vzťahovať na rovnaký čas trvania skratu.

Pre prepočet ekvivalentného skratového prúdu I_{th1} pre trvanie skratu t_{k1} na trvanie skratu t_{k2} platí (do 10 sekúnd):

$$I_{th1} \sqrt{t_{k1}} = I_{th2} \sqrt{t_{k2}} \quad (A, s; A, s) \quad (1.2)$$

Pre vodiče a káble sa neudáva krátkodobý prúd I_{thr} , ale sa určuje minimálny prierez S_{min} , pri

ktorom nenastane ohriatie vodiča nad jeho dovolenú teplotu pri skrate. Tento minimálny prierez sa určí zo vzťahu:

$$S_{\min} \geq \frac{I_{ke} \sqrt{t_k}}{k} \left(mm^2; A, s, A \cdot s^{\frac{1}{2}} mm^2 \right) \quad (1.3)$$

Pre dimenzovanie elektrických zariadení so zreteľom na **mechanické účinky** skratového prúdu musí byť splnená podmienka:

$$i_p \leq I_{dyn} \quad (A, A) \quad (1.4)$$

V prípade, že výrobca udáva dovolenú silu (F_{dov}) pôsobiacu na svorky elektrického zariadenia, potom musí byť splnená podmienka:

$$F_k \leq F_{dov} \quad (N, N) \quad (1.5)$$

kde F_k je sila pôsobiaca na svorky elektrického zariadenia pri skrate.